

Technologia ogólna

podstawy technologii mechanicznych

ALEKSANDER GÓRECKI



ALEKSANDER GÓRECKI

Technologia ogólna

podstawy
technologii
mechanicznych

Wydanie szóste



Warszawa 1997
Wydawnictwa
Szkolne i Pedagogiczne

Okladkę projektował: **Jan Sarnecki**

Redaktor: **Małgorzata Grzegórska**

Redaktor techniczny: **Teresa Chruścikowska, Ewa Kowalska-Żołądek**

Książka zawiera podstawowe wiadomości dotyczące materiałów konstrukcyjnych i ich obróbki oraz sposobów łączenia. Została opracowana na podstawie programu nauczania nr P-41318-9/86 z 24 czerwca 1986 r.

Wydawnictwa polecają tę książkę uczniom kl. I zasadniczych szkół zawodowych następujących grup: mechanicznej, mechaniki precyzyjnej, żeglugi, górniczej, hutniczej, odlewniczej, budowlanej, komunikacyjnej, elektrycznej i poligraficznej.

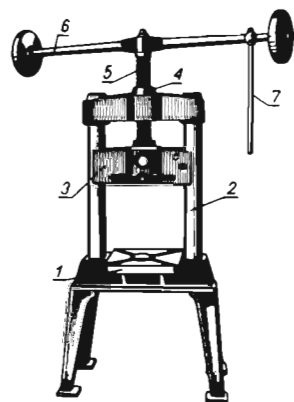
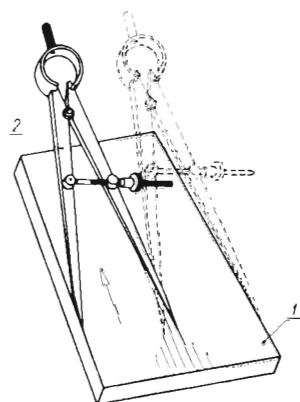
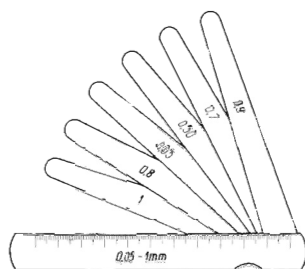
ISBN 83-02-04233-1

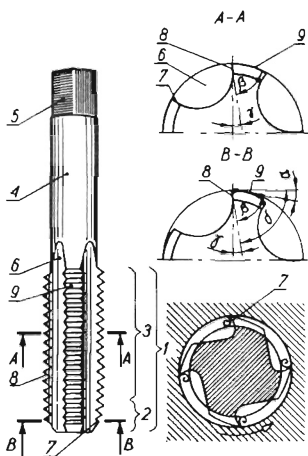
© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne
Warszawa 1984

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa 1997 r.
Wydanie VI. Ark. druk. 18,25
Druk wykonała
Łódzka Drukarnia Dzielowa S.A.
Łódź, ul. Rewolucji 1905 r. nr 45

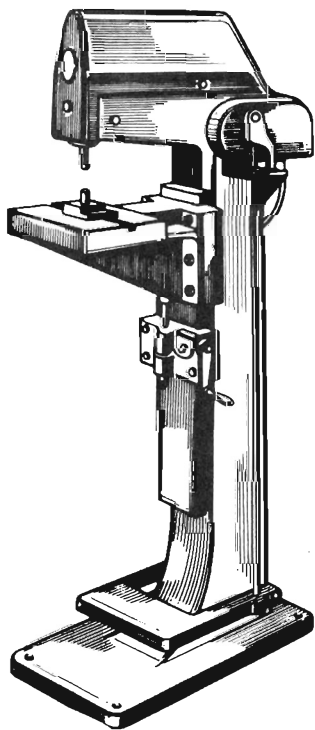
Spis treści

1. Wiadomości wprowadzające do technologii ogólnej . . .	9
2. Proste przyrządy i narzędzia pomiarowe oraz sposoby pomiaru	11
2.1. Cel i dokładność pomiarów warsztatowych	11
2.2. Metody pomiarowe	12
2.3. Narzędzia pomiarowe	12
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	19
3. Trasowanie na płaszczyźnie i przestrzenne	20
3.1. Wiadomości ogólne	20
3.2. Trasowanie na płaszczyźnie	20
3.3. Trasowanie przestrzenne	25
3.4. Zasady bezpiecznej pracy podczas trasowania	29
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	29
4. Ścinanie, wycinanie i przecinanie metali	30
4.1. Narzędzia do ścinania, przecinania i wycinania	30
4.2. Ścinanie	32
4.3. Przecinanie	32
4.4. Wycinanie	33
4.5. Przecinanie metali piłką	33
4.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas ścinania i wycinania	37
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	37
5. Cięcie metali nożycami i na pilach	38
5.1. Cięcie metali nożycami	38
5.2. Cięcie metali na pilach	41
5.3. Zasady bezpiecznej pracy podczas cięcia nożycami i na pilach	45
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	45
6. Gięcie i prostowanie metali	46
6.1. Wiadomości ogólne	46
6.2. Narzędzia i urządzenia do gięcia i prostowania	47
6.3. Prostowanie	52
6.4. Zwijanie sprężyn	53
6.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas gięcia i prostowania	55
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	55

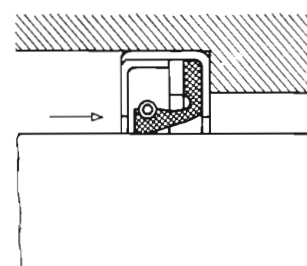
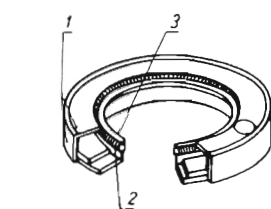
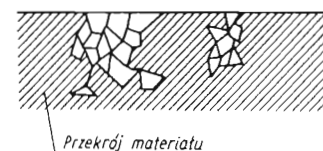
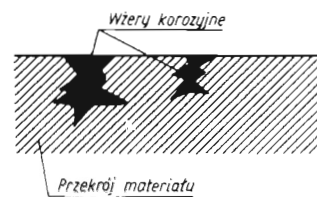
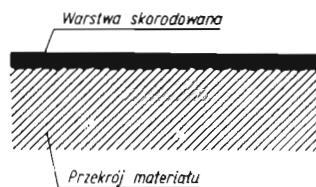


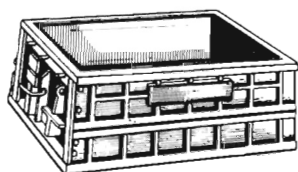
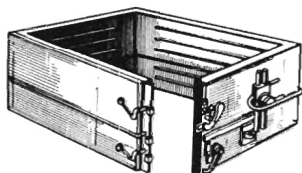


7. Piłowanie	55
7.1. Wiadomości ogólne	55
7.2. Pilniki	56
7.3. Technika piłowania	60
7.4. Piłowanie mechaniczne	64
7.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas piłowania	65
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	66
8. Ręczne wiercenie, pogłębianie, rozwieranie	66
8.1. Wiadomości ogólne	66
8.2. Wiertła	66
8.3. Wiertarki	67
8.4. Zamocowanie przedmiotu do wiercenia	71
8.5. Technika wiercenia	72
8.6. Ostrzenie wiertel	74
8.7. Pogłębianie otworów	74
8.8. Rozwieranie otworów	75
8.9. Zasady bezpiecznej pracy podczas wiercenia	77
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	77
9. Gwintowanie ręczne	78
9.1. Wiadomości ogólne	78
9.2. Rodzaje gwintów	79
9.3. Narzędzia do gwintowania ręcznego	80
9.4. Technika nacinania gwintów	83
9.5. Sprawdzanie gwintów	86
9.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas gwintowania	87
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	87
10. Nitowanie	88
10.1. Wiadomości ogólne	88
10.2. Nity i ich zastosowanie	88
10.3. Sposoby nitowania	89
10.4. Nitowanie zmechanizowane	90
10.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas nitowania	91
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	91
11. Skrobanie metali	92
11.1. Wiadomości ogólne	92
11.2. Skrobaki	93
11.3. Przyrządy sprawdzające	93
11.4. Technika skrobania	94
11.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas skrobania	98
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	98
12. Własności metali i stopów	99
12.1. Wiadomości ogólne	99
12.2. Własności chemiczne metali i stopów	99
12.3. Własności fizyczne metali i stopów	100
12.4. Własności mechaniczne metali i stopów	101
12.5. Własności technologiczne metali i stopów	102
Dział powtórzeniowy -- ćwiczenia testowe	103
13. Stopy żelaza z węglem	103



13.1. Wiadomości ogólne	103
13.2. Otrzymywanie surowek żelaza	104
13.3. Otrzymywanie stali	106
13.4. Stale i ich podział	110
13.5. Staliwo	117
13.6. Otrzymywanie żeliwa	118
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	120
14. Metale nieżelazne i ich stopy	121
14.1. Miedź i jej stopy	121
14.2. Aluminium i jego stopy	124
14.3. Magnez i jego stopy	126
14.4. Cynk i jego stopy	127
14.5. Cyna i jej stopy	127
14.6. Ołów i jego stopy	128
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	128
15. Korozja metali	130
15.1. Wiadomości wstępne	130
15.2. Rodzaje korozji	131
15.3. Ochrona przed korozją	132
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	134
16. Tworzywa sztuczne	135
16.1. Wiadomości ogólne	135
16.2. Rodzaje i zastosowanie tworzyw sztucznych	135
16.3. Przetwórstwo tworzyw sztucznych	142
16.4. Materiały lakiernicze	144
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	146
17. Tworzywa ceramiczne, szkło i materiały uszczelniające	147
17.1. Tworzywa ceramiczne	147
17.2. Szkło	148
17.3. Materiały ściernicze	149
17.4. Materiały uszczelniające	150
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	152
18. Paliwa i smary	152
18.1. Paliwa	152
18.2. Oleje i smary	155
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	156
19. Lutowanie	157
19.1. Rodzaje i zastosowanie lutowania	157
19.2. Lutowanie lutem miękkim	158
19.3. Lutowanie lutem twardym	159
19.4. Lutospawanie	160
19.5. Sprawdzanie połączeń lutowanych	161
19.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas lutowania	161
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	162
20. Klejenie metali	162
20.1. Zastosowanie połączeń klejonych	162
20.2. Rodzaje klejów	163





20.3. Przygotowanie do klejenia powierzchni metalu	164
20.4. Proces klejenia	165
20.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas klejenia	165
Dział powtórzeniowy - ćwiczenia testowe	166

21. Odlewnictwo 166

21.1. Wiadomości ogólne	166
21.2. Modele odlewnicze, rdzenie i formy	167
21.3. Materiały na masy formierskie	170
21.4. Przygotowanie materiałów formierskich	170
21.5. Formowanie	172
21.6. Oczyszczanie i wykańczanie odlewów	174
21.7. Odlewanie w kokilach	175
21.8. Specjalne metody odlewania	176
21.9. Zasady bezpiecznej pracy w odlewniach	176
Dział powtórzeniowy - ćwiczenia testowe	177

22. Obróbka plastyczna 177

22.1. Wiadomości ogólne	177
22.2. Kucie	179
22.3. Tłoczenie	184
22.4. Walcowanie	188
22.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas obróbki plastycznej	189
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	190

23. Obróbka cieplna i ciepłno-chemiczna 190

23.1. Obróbka cieplna	190
23.2. Obróbka ciepłno-chemiczna	197
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	198

24. Spawanie i zgrzewanie metali 198

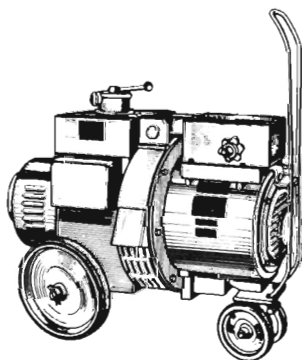
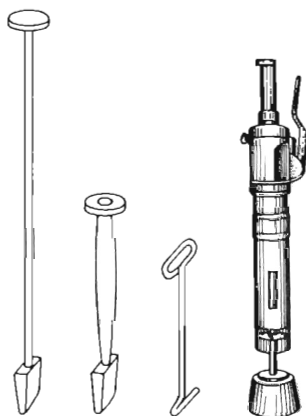
24.1. Charakterystyka procesu i rodzaje spawania	198
24.2. Materiały i urządzenia do spawania łukowego	201
24.3. Organizacja stanowiska pracy spawacza	203
24.4. Przygotowanie materiału do spawania	204
24.5. Spawanie elektryczne	205
24.6. Spawanie gazowe	207
24.7. Zgrzewanie elektryczne	212
24.8. Bhp podczas spawania i zgrzewania metali	213
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	214

25. Dokładne przyrządy pomiarowe i sposoby pomiarów . 215

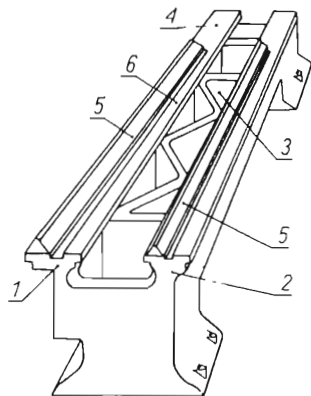
25.1. Płytki wzorcowe	215
25.2. Czujniki	217
25.3. Przyrządy do pomiaru kątów	218
25.4. Sprawdziany, ich podział i zastosowanie	220
25.5. Mikroskop warsztatowy	221
25.6. Elektroniczne przyrządy pomiarowe	222
Dział powtórzeniowy - ćwiczenia testowe	224

26. Toczenie 225

26.1. Wiadomości ogólne	225
-------------------------	-----

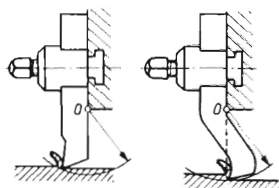


26.2.	Charakterystyka toczenia	226
26.3.	Parametry toczenia	227
26.4.	Budowa i rodzaje noży tokarskich	228
26.5.	Ogólna budowa tokarek	233
26.6.	Tokarki pociągowe	233
26.7.	Mocowanie przedmiotu obrabianego	240
26.8.	Toczenie zewnętrznych powierzchni walco- wych	243
26.9.	Toczenie stożków	243
26.10.	Tokarko-kopiarka	245
26.11.	Radełkowanie	246
26.12.	Bhp podczas toczenia	246
	Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	247



27. Frezowanie i struganie 247

27.1.	Rodzaje i sposoby frezowania	247
27.2.	Rodzaje frezów	250
27.3.	Budowa i klasyfikacja frezarek	250
27.4.	Mocowanie narzędzi i przedmiotu obrabiane- go na frezarkach	253
27.5.	Rodzaje, ogólna budowa i zastosowanie stru- garek	256
27.6.	Rodzaje i mocowanie noży strugarskich	257
27.7.	Zasady bezpieczeństwa pracy podczas frezowa- nia i strugania	258
	Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	259



28. Wiercenie i rozwieranie 259

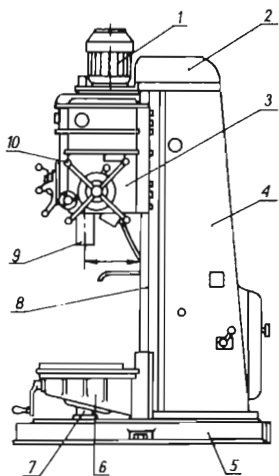
28.1.	Rodzaje wierconych otworów i sposoby ich wy- konywania	259
28.2.	Rozwieranie	260
28.3.	Parametry skrawania podczas wiercenia	260
28.4.	Rodzaje, budowa i obsługa wiertarek	261
28.5.	Rozwieranie i pogłębianie otworów	264
28.6.	Bhp podczas wiercenia i rozwierania	264
	Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	265

29. Obróbka maszynowa gwintów 265

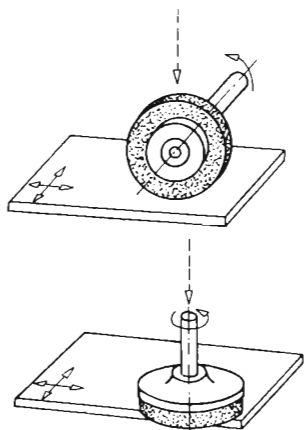
29.1.	Wiadomości ogólne	265
29.2.	Wykonywanie gwintów na gwinciarkach, fre- zarkach i szlifierkach	266
29.3.	Nacinanie gwintów na tokarkach	269
29.4.	Bhp podczas gwintowania maszynowego	270
	Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	271

30. Szlifowanie 271

30.1.	Charakterystyka procesu szlifowania	271
30.2.	Budowa, zasada działania i obsługa szlifierek	272
30.3.	Technika szlifowania	275
30.4.	Budowa, rodzaje i przeznaczenie ściernic	278
30.5.	Bhp podczas szlifowania	281
	Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	282



31. Obróbka powierzchniowa 283



31.1. Wpływ obróbki powierzchniowej na właściwości użytkowe warstwy wierzchniej	283
31.2. Toczenie i wytaczanie gładkościowe	284
31.3. Frezowanie gładkościowe	284
31.4. Wiórkowanie uzębień	285
31.5. Docieranie	285
31.6. Gładzenie	285
31.7. Dogładzanie	287
31.8. Polerowanie	287
31.9. Wygładzanie	288
31.10. Obróbka powierzchniowa zgniotem	289
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe	290

Prawidłowe odpowiedzi ćwiczeń testowych 291

Źródła ilustracji 292

1 Wiadomości wprowadzające do technologii ogólnej

Wiadomości ogólne

Technologia jest nauką o procesach wytwarzania produktów z materiałów wyjściowych. Zależnie od rodzaju otrzymywanych produktów rozróżnia się np. **technologię metali** (stali, żeliwa, metali nieżelaznych), **drewna, tworzyw sztucznych, budowy maszyn** (obrabiarek, samochodów, samolotów itp.), a zależnie od stosowanych metod — **technologię chemiczną**, która obejmuje zmiany składu chemicznego i struktury materiału, oraz **technologię mechaniczną** obejmującą metody kształtowania materiałów połączone ze zmianą niektórych własności, np. wytrzymałościowych. Do technologii mechanicznej zalicza się np. procesy odlewania, kucia, tłoczenia, spawania, skrawania itp.

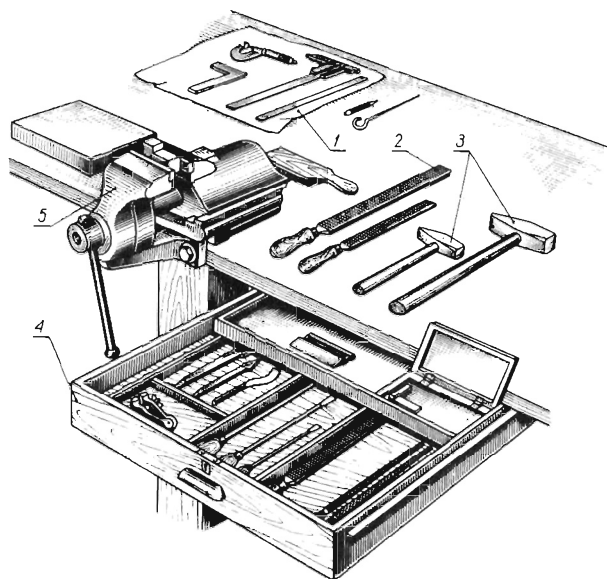
W wielu działach technologii występują zarówno procesy technologii mechanicznej, jak i technologii chemicznej. Na przykład w technologii budowy maszyn, obok procesów kształtowania należących do technologii mechanicznej, występują procesy obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej należące do technologii chemicznej.

W węższym znaczeniu (w przemyśle) technologią nazywa się zestawienie przebiegu operacji (instrukcje, wykresy, rysunki), które należy wykonać, aby otrzymać określony produkt.

Stanowisko robocze do obróbki ręcznej metali

Stanowiskiem roboczym do obróbki ręcznej metali jest zasadniczo stół ślusarski z przymocowanym do niego imadłem, szufladą z narzędziami oraz innymi przyborami pomocniczymi. Inne stanowiska, na których pracuje się dorywczo, są **stanowiskami pomocniczymi**.

Każde stanowisko do obróbki ręcznej metali jest wyposażone w komplet narzędzi (**rys. 1-1**), którymi robotnik stale się posługuje. Inne narzędzia, jak wiertła, gwintowniki itp., otrzymuje się w wypożyczalni narzędzi. Każde narzędzie powinno mieć ściśle określone miejsce w szufladzie stołu. To samo dotyczy przyborów pomocniczych i dokumentacji.



Rys. 1-1. Prawidłowe rozmieszczenie narzędzi w szufladzie i na stole ślusarskim

1 — narzędzia pomiarowe, 2 — pilniki, 3 — młotki, 4 — szuflada, 5 — imadło

Dokumentacja techniczna

Dokumentacją techniczną nazywa się zestaw dokumentów zawierających niezbędne dane techniczne, które umożliwiają wyprodukowanie określonego wyrobu. Dokumentacja techniczna maszyny obejmuje dane dotyczące konstrukcji (rysunki konstrukcyjne, opis działania, warunki techniczne itp.) oraz dane dotyczące technologii wytwarzania danej maszyny.

Dokumentacja techniczna może być niekiedy ograniczona do niewielkiej liczby dokumentów, np. receptura, opis przebiegu procesu technologicznego, warunki techniczne produkcji, skład wsadu.

Podstawowe wiadomości z zakresu bhp i przepisów przeciwpożarowych

Obowiązkiem pracowników wszystkich zakładów pracy jest przestrzeganie zasad bhp oraz przepisów przeciwpożarowych.

Ślusarze i mechanicy wszystkich specjalności powinni utrzymywać swoje stanowisko pracy w czystości i porządku pamiętając, że bałagan jest często przyczyną nieszczęśliwych wypadków. Powinni także utrzymywać w porządku odzież ochronną, pamiętając o nakryciu głowy oraz aby kołnierzyk i mankiety rękawów przylegały do ciała. Zwisające części odzieży mogą być przyczyną wypadków, szczególnie podczas pracy przy obrabiarkach. Pracownicy powinni przestrzegać zasad higieny osobistej. Poza tym powinni unikać przechodzenia pod podwieszonymi ładunkami, np. na suwnicy. Podłogi oraz stopnie schodów nie mogą być śliskie.

Wypadki podczas pracy zdarzają się najczęściej wskutek złego stanu narzędzi lub nieprawidłowego posługiwania się nimi, a czasem również wskutek niewłaściwej organizacji pracy.

Młotek może stać się przyczyną wypadku, gdy podczas uderzania spadnie z trzonka. W razie pojawienia się zadziorów na obuchu młotka lub na łbie przecinaką należy je usunąć na szlifierce, ażeby zapobiec zranieniom przez odpryski. Podczas ścinania materiałów kruchych należy używać okularów ochronnych. Okulary należy również zakładać podczas spawania i szlifowania.

Należy również pamiętać, że nie wolno dotykać gołą ręką przewodów elektrycznych z uszkodzoną izolacją; nie wolno zbliżać się z ogniem do zbiorników z materiałami łatwo palnymi, jak również do zbiorników opróżnionych z tych materiałów.

Pracując narzędziami z elektrycznym napędem trzeba przed włączeniem prądu sprawdzić uziemienie obudowy narzędzia i stan izolacji przewodów elektrycznych.

W każdym zakładzie pracy, oprócz instrukcji bhp wywieszonych w widocznym miejscu, powinny się również znajdować instrukcje przeciwpożarowe.

Na terenie zakładu pracy i na niebezpiecznych pod względem pożaru stanowiskach powinny się znajdować środki do gaszenia pożaru (koce azbestowe, woda, piasek, gaśnica itp.). Sprzęt przeciwpożarowy powinien być sprawny, rozmieszczony w widocznym i łatwo dostępnym miejscu.

Uwaga: Rodzaje podręcznego sprzętu przeciwpożarowego i ogólne zasady posługiwania się nim podano w obowiązującym podręczniku Stanisława Maca i Jerzego Leowskiego — Bezpieczeństwo i higiena pracy dla zsz. W podręczniku tym podano również warunki dotyczące wietrzenia, oświetlenia i ogrzewania pomieszczeń pracy, zasady transportu wewnątrzzakładowego oraz wiadomości z zakresu higieny osobistej, sprzętu i odzieży ochronnej pracowników.

2 Proste przyrządy i narzędzia pomiarowe oraz sposoby pomiaru

2.1. Cel i dokładność pomiarów warsztatowych

Celem pomiarów warsztatowych jest sprawdzenie prawidłowości wykonania przedmiotu obrabianego zgodnie z rysunkiem technicznym.

Pomiar jest to doświadczalne wyznaczanie z określoną dokładnością miary danej wielkości. Tradycyjnie pomiar jest traktowany jako porównywanie mierzonej wartości danej wielkości ze znaną wartością tej wielkości przyjmowaną za jednostkę miary.

Sprawdzenie kształtu przedmiotu polega na ogół na pomiarze długości krawędzi lub wielkości średnic, pomiarze kątów, tj. wzajemnego położenia płaszczyzn względem siebie oraz na określeniu chropowatości powierzchni.

Każdy pomiar jest obarczony pewnym **błędem** powstałym wskutek niedokładności przyrządów pomiarowych, niedoskonałości wzroku oraz warunków, w jakich pomiar się odbywa, np. temperatury. Pomiar zaleca się wykonywać w temperaturze ok. 20°C.

2.2. Metody pomiarowe

W zależności od sposobu otrzymywania wartości wielkości mierzonej rozróżnia się metody pomiarowe: bezpośrednią i pośrednią.

Metoda pomiarowa bezpośrednia występuje wówczas, gdy wartość wielkości mierzonej jest otrzymywana wprost, bez konieczności wykonywania obliczeń (np. z odczytania wskazania narzędzia pomiarowego).

Metoda pomiarowa pośrednia polega na tym, że poszukiwana wartość wielkości mierzonej jest obliczana na podstawie zależności wiążącej ją z wielkościami, których wartości były mierzone bezpośrednio (np. wyznaczanie objętości stożka na podstawie pomiarów wysokości i średnicy podstawy).

W zależności od sposobu porównywania wartości wielkości mierzonej ze znanymi wartościami tej wielkości rozróżnia się metody: bezpośredniego porównywania oraz różnicową.

Metoda bezpośredniego porównywania występuje wówczas, gdy cała wartość wielkości mierzonej jest porównywana ze znaną wartością tej samej wielkości (np. pomiar długości pryzmiarem).

Metoda różnicowa polega na pomiarze niewielkiej różnicy między wartością wielkości mierzonej a znaną wartością tej wielkości (np. pomiar średnicy średnicówką czujnikową).

2.3. Narzędzia pomiarowe

Narzędzia pomiarowe podzielono na dwie grupy: wzorce miar i przyrządy pomiarowe. Do **wzorców miar** zalicza się wszystkie narzędzia pomiarowe, które odtwarzają jedną lub wiele znanych wartości danej wielkości, np. pryzmiary, odważniki, menzury.

W przeciwieństwie do wzorców miar **przyrządy pomiarowe** są wyposażone w przetworniki, które spełniają różne funkcje, np. przetwarzanie jednej wielkości w inną, powiększanie dokładności odczytania.

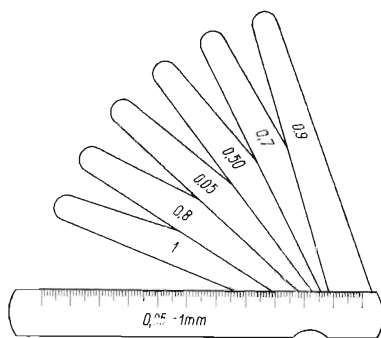
Przymiar kreskowy

Do pomiarów mniej dokładnych używa się pryzmiaru kreskowego z podziałką milimetrową. Niektóre pryzmiary mają również podziałkę co pół milimetra. Do pomiaru większych długości używa się pryzmiaru taśmowego.

Szczelinomierz

Szczelinomierz (**rys. 2-1**) służy do określenia wymiaru szczelin lub luzów między sąsiadującymi powierzchniami. Składa się z kompletu płytek, każda o innej grubości, osadzonych obrotowo jednym końcem w oprawie. Szczelinomierze składają się z 11, 14 lub 20 płytek. Szczelinomierz 11-płytkowy składa się z płytek o grubości: 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, i 1 mm. Sposób dokonywania pomiarów jest następujący: jeżeli np. płytka 0,2 łatwo wchodzi w szczelinę tak, że wyczuwa się jeszcze luz, a płytka 0,3 nie wchodzi wcale, to grubość szczeliny przyjmuje się jako wartość średnią

$$\frac{0,2 + 0,3}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ mm}$$

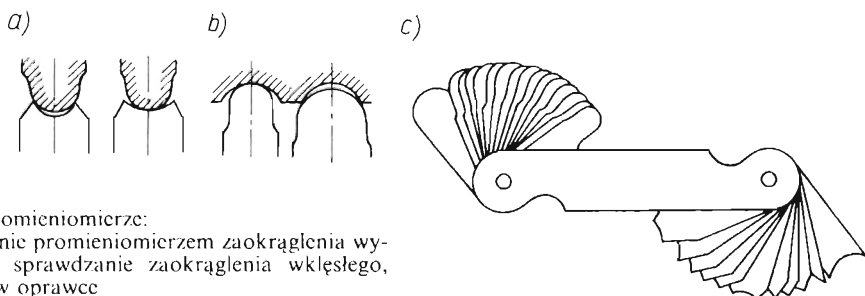


Rys. 2-1. Szczelinomierz

Szczelinomierze najczęściej są stosowane w czasie regulacji luzu zaworowego silnika spalinowego 4-suwowego, oraz podczas montażu maszyn do pomiaru luzów między powierzchniami współpracujących ze sobą części maszyn.

Promieniomierze

Promieniomierzami (**rys. 2-2**) nazywamy wzorniki do sprawdzania promieni zaokrągleń wypukłych (**rys. 2-2a**) i wklęsłych (**rys. 2-2b**). Zestaw takich wzorników o różnych promieniach zaokrąglenia (**rys. 2-2c**) stanowi komplet promieniomierzy o określonym zakresie pomiarowym. Sprawdzanie zaokrąglenia odbywa się przez



Rys. 2-2, Promieniomierze:

a) sprawdzanie promieniomierzem zaokrąglenia wypukłego, b) sprawdzanie zaokrąglenia wklęsłego, c) komplet w oprawce

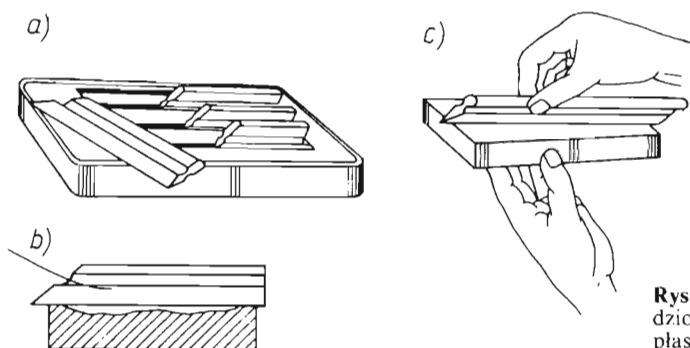
przymierzanie kolejnych wzorników, aż do dopasowania takiego, który będzie dokładnie przylegał. Wtedy z tego wzornika odczytujemy uwidoczny na nim promień zaokrąglenia.

Na **rys. 2-2a, b** przedstawiono ponadto przykład sprawdzania krzywizn za pomocą dwu wzorników granicznych, czyli o najmniejszym i największym promie-

niu granicznym. W przypadku zaokrąglenia wypukłego (rys. 2-2a) zarys można uznać za prawidłowy, jeżeli po przyłożeniu wzornika o najmniejszym dopuszczalnym promieniu daje się zaobserwować szczelinę świetlną w środku zarysu, a w przypadku wzornika o największym promieniu na krańcach sprawdzonego zarysu. W przypadku zaokrąglenia wklęsłego (rys. 2-2b) zarys można uznać za prawidłowy, gdy rozkład szczelin świetlnych jest odwrotny.

Liniał krawędziowy

Liniał krawędziowy służy do sprawdzania płaskości powierzchni. Zestaw liniałów krawędziowych o różnej długości tworzy komplet (rys. 2-3a). Jedno czoło liniału jest ścięte pod kątem prostym, a drugie pod kątem 45°. Robocza część liniału krawędziowego jest minimalnie zaokrąglona ($R = 0,1 \div 0,2$ mm).

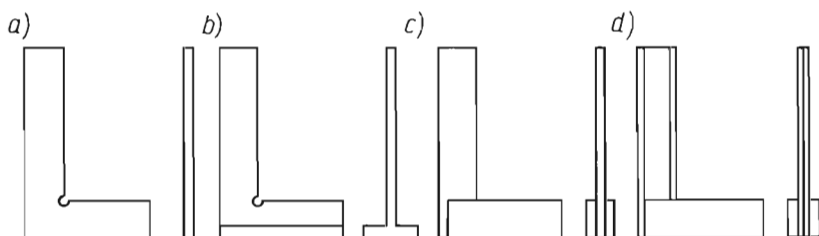


Rys. 2-3. Komplet liniałów krawędziowych i sposoby sprawdzania płaskości powierzchni obrabianej

Liniał przykłada się do sprawdzanej powierzchni w różnych kierunkach i miejscach obserwując, czy występuje szczelina świetlna między krawędzią liniału a sprawdzaną powierzchnią (rys. 2-3b). Pochylenie liniału (rys. 2-3c) ułatwia obserwację szczeliny świetlnej.

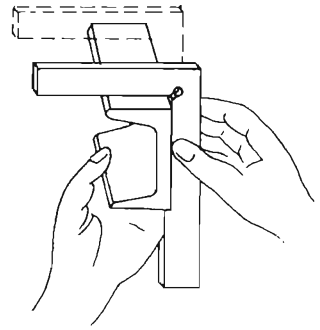
Kątowniki

Kątowniki (rys. 2-4) są to wzorniki służące do sprawdzania kąta prostego. Sprawdzając kąt prosty zewnętrzny kątownik przykłada się wewnętrznymi bokami ramion do obrobionych płaszczyzn przedmiotu prostopadłe do krawędzi



Rys. 2-4. Kątowniki: a) płaski, b) ze stopą, c) z grubym ramieniem, d) krawędziowy

przedmiotu i obserwuje szczelinę świetlną (rys. 2-5). Badając kąt wewnętrzny, kątownik przykłada się bokami zewnętrznymi, jak na przykład na rys. 8-15a lub rys. 9-9a.

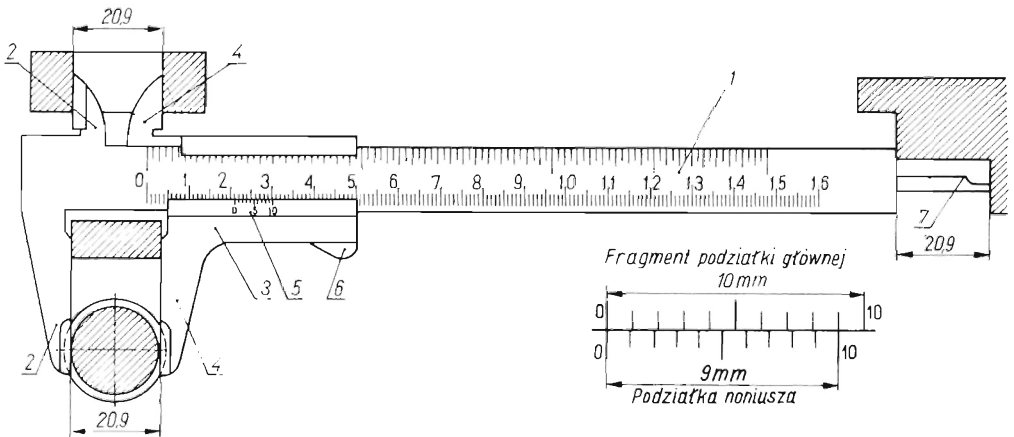


Rys. 2-5. Sprawdzanie kąta prostego

Suwmiarka

Suwmiarką nazywa się przyrząd pomiarowy z noniusem, przystosowany do pomiaru wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych, a gdy ma wysuwkę głębokościomierza — również do pomiaru głębokości. Suwmiarką można dokonać pomiaru zwykle z dokładnością do 0,1 mm.

Suwmiarka uniwersalna (rys. 2-6) składa się z prowadnicy stalowej 1 z podziałką milimetrową, zakończonej dwiema szczękami nieruchomymi 2. Po prowadnicy przesuwają się dwie szczęki przesuwne 4 (dolną dłuższą i górną krótszą), odpowiadające szczękom stałym 2. Na suwaku znajduje się



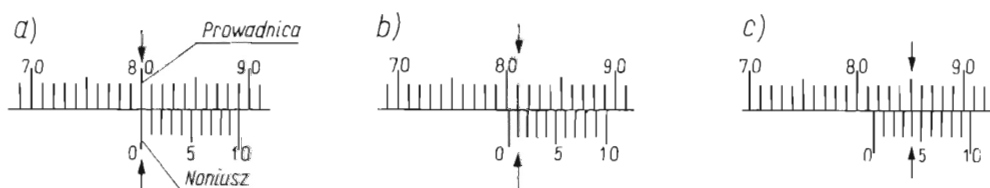
Rys. 2-6. Suwmiarka

specjalna podziałka długości 9 mm, zwana noniusem 5, składająca się z 10 równych części; działka noniusza jest równa $9/10$, tj. 0,9 mm. Suwak jest wyposażony w dźwignię zacisku 6, za pomocą której ustala się położenie suwaka. Suwmiarka warsztatowa jest wyposażona w wysuwkę głębokościomierza 7 do pomiaru głębokości.

Pomiaru suwmiarką dokonuje się następująco: suwak odsuwa się w prawo i między rozsunięte szczęki wkłada się mierzony przedmiot; następnie dosuwa się

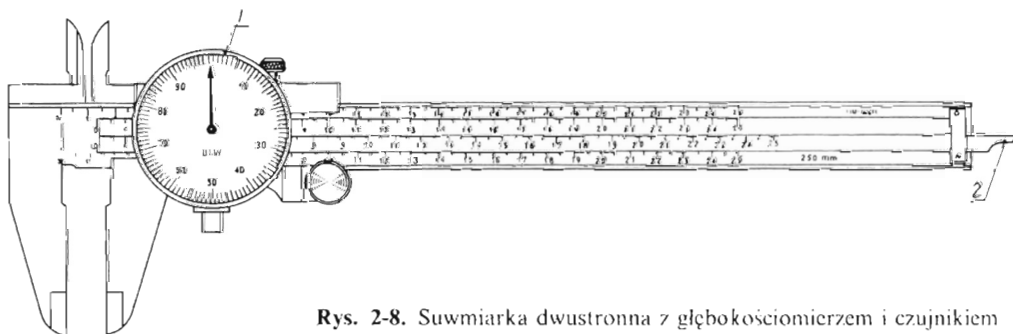
suwak do zetknięcia płaszczyzn stykowych szczęk z krawędzią przedmiotu. Teraz odczytuje się, ile całych działek prowadnicy (milimetrów) odcina zerowa kreska noniusza, co odpowiada mierzonemu wymiarowi w milimetrach. Następnie odczytuje się, która kreska noniusza znajduje się na przedłużeniu kreski podziałki prowadnicy (kreska noniusza wskazuje dziesiąte części milimetra).

Na **rys. 2-7** podano sposoby odczytywania wymiarów. Pomiary zostały wykonane z dokładnością do 0,1 mm.



Rys. 2-7. Przykłady położenia podziałki noniusza suwmiarki podczas pomiaru: a) wymiar 80,0 mm. b) wymiar 80,1 mm. c) wymiar 81,4 mm

Oprócz suwmiarek o dokładności pomiaru 0,1 mm niekiedy używa się suwmiarek o dokładności pomiaru 0,05 mm i 0,02 mm. Te dwie ostatnie suwmiarki różnią się nacięciami noniusza. Na **rys. 2-8** pokazano suwmiarkę dwustronną z głębokościomierzem i czujnikiem, przeznaczoną do pomiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych. Zakres pomiarowy tej suwmiarki wynosi 150 mm, a wartość działki elementarnej noniusza 0,05 lub 0,02 mm.



Rys. 2-8. Suwmiarka dwustronna z głębokościomierzem i czujnikiem
1 - czujnik, 2 — wysuwka głębokościomierza

Wysokościomierz suwmiarkowy

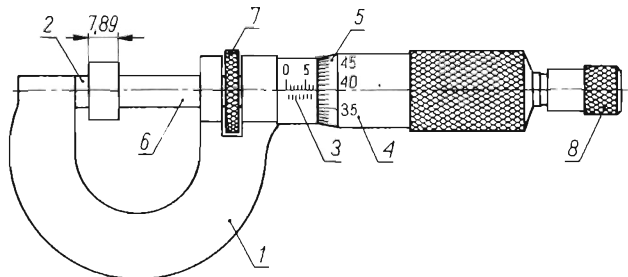
Do pomiaru wysokości przedmiotów lub wzajemnych odległości punktów albo powierzchni przedmiotu służy wysokościomierz suwmiarkowy (**rys. 2-9**). Zasada działania jest taka sama, jak suwmiarki. Jest on wyposażony w śruby zaciskowe 5 i 6 do ustalenia położenia suwaka. Wysokościomierz ten może być zastosowany do nanoszenia rys traserskich na powierzchni przedmiotu, po uprzednim założeniu na ramię przesuwne rysika, zamiast końcówki pomiarowej.

Mikrometr

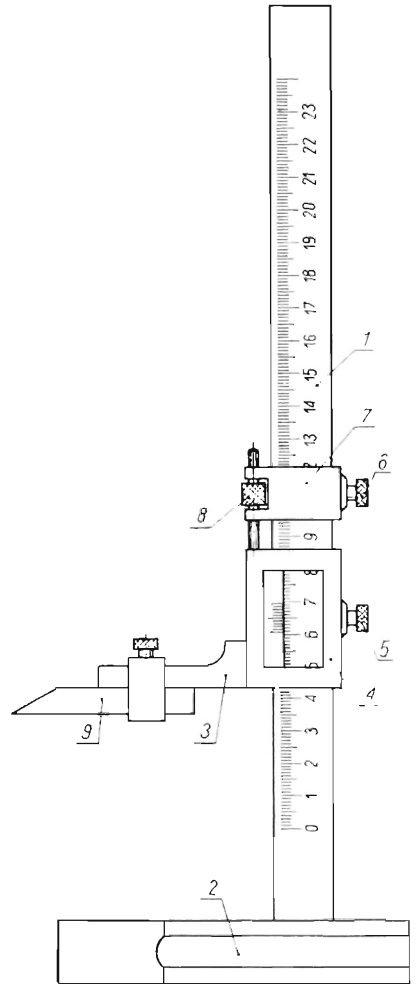
Mikrometr zewnętrzny (rys. 2-10) jest przeznaczony do pomiaru długości, grubości i średnicy z dokładnością do 0,01 mm. Składa się on z kabląka 1, którego jeden koniec jest zakończony kowadłkiem 2, a drugi nieruchomą tuleją z podziałką wzdłużną 3 i obrotowym bębnem 4, z podziałką poprzeczną 5. Poza tym mikrometr jest wyposażony we wrzeciono 6, zacisk ustalający 7 i pokrętło sprzęgła ciernego 8. Wrzeciono ma nacięty gwint o skoku 0,5 mm i jest wkręcone w nakrętkę zamocowaną wewnątrz nieruchomej tulei z podziałką wzdłużną. Obracając bęben można dowolnie wysuwać lub cofać wrzeciono. Aby dokonać właściwego pomiaru i uniknąć uszkodzenia gwintu, przez zbyt mocne dociśnięcie czoła wrzeciona do powierzchni mierzonego przedmiotu, mikrometr jest wyposażony w sprzęgło cierne z pokrętłem. Obracając pokrętłem sprzęgła ciernego, obracamy wrzeciono do chwili zetknięcia go z mierzonym przedmiotem lub kowadłkiem, po czym sprzęgło ślizga się i nie przesuwają wrzeciono. Położenie wrzeciona ustala się za pomocą zacisku. Nieruchoma tuleja z podziałką jest wyposażona w kreskę wskaźnikową wzdłużną, nad którą jest naniesiona podziałka milimetrowa. Pod kreską wskaźnikową są naniesione kreski, które dzielą na połowy podziałkę milimetrową (górną). Na powierzchni bębna jest nacięta podziałka obrotowa poprzeczna dzieląca obwód bębna na 50 równych części.

Skok śruby mikrometrycznej (gwintu wrzeciona) wynosi 0,5 mm. Pełny obrót bębna powoduje przesunięcie wrzeciona o 0,5 mm. Obrócenie więc bębna o 1 działkę podziałki poprzecznej powoduje przesunięcie się wrzeciona o

$$\frac{\text{skok śruby}}{50} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ mm.}$$



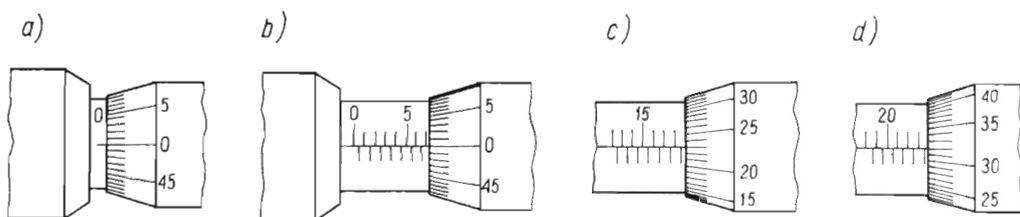
Rys. 2-10. Mikrometr zewnętrzny



Rys. 2-9. Wysokościomierz suwmiarkowy

1 — prowadnica z podziałką główną, 2 — podstawa, 3 — ramię przesuwne, 4 — suwak z podziałką noniusza, 5, 6 — śruby zaciskowe, 7 — suwak dodatkowy, 8 — nakrętka śruby nastawczej, 9 — końcówka pomiarowa

Wartość mierzonej wielkości określa się najpierw odczytując na podziałce wzdłużnej liczbę pełnych milimetrów i połówek milimetrów odsłoniętych przez brzeg bębna, a następnie odczytuje się setne części milimetra na podziałce bębna patrząc, która działka na obwodzie bębna odpowiada wzdłużnej kresce wskaźnikowej tulei. Przykłady położenia bębna w czasie pomiaru pokazano na **rys. 2-11**. Na **rys. 2-11a** przedstawiono położenie tulei i bębna w czasie zetknięcia się wrzeciona z kowadełkiem (odczyt — 0,00). Na **rys. 2-11b** pokazano odczytanie wymiaru 7,50 mm, na **rys. 2-11c** — 18,73 mm, a na **rys. 2-11d** — 23,82 mm.



Rys. 2-11. Przykłady położenia podziałki bębna mikrometru w czasie pomiaru

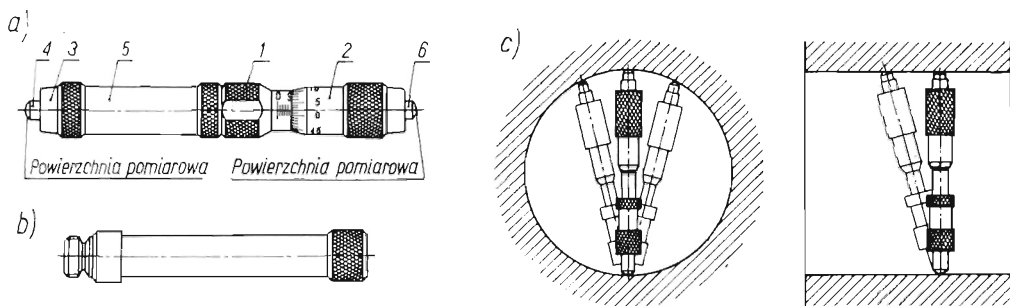
Mikrometry są wykonywane w różnych wielkościach o zakresach pomiarowych $0 \div 25$ mm, $25 \div 50$ mm, $50 \div 75$ mm i dalej co 25 mm do 1000 mm. Duże mikrometry wykonuje się z czterema wymiennymi kowadełkami o długościach stopniowanych co 25 mm, dzięki czemu jeden mikrometr pokrywa zakres pomiarowy 100 mm (np. od 200 do 300 mm). Rozróżnia się trzy klasy dokładności mikrometrów: 0, I i II. Dopuszczalne błędy pomiarów, w zależności od klasy dokładności mikrometru i zakresu pomiarowego, wynoszą $\pm 2 \div \pm 40$ μm .

Mikrometr wewnętrzny jest stosowany do pomiaru średnic otworów, wgłębień i szerokości rowków. Odczytywanie wyników i sposób pomiaru są identyczne jak w mikrometrze zewnętrznym. Mikrometry wewnętrzne są budowane o zakresach pomiarowych: $5 \div 30$ mm i $30 \div 55$ mm.

Średnicówka mikrometryczna

Średnicówka służy do wyznaczania wymiarów otworów, głównie średnic, w zakresie $75 \div 575$ mm. Średnicówka mikrometryczna (**rys. 2-12**) zbudowana jest z tulei 1, wrzeciona 6 ze śrubą mikrometryczną, bębna 2, końcówki stałej 3 z trzpieniem pomiarowym 4 i przedłużacza 5. Na tulei znajduje się kreska wzdłużna i podziałka o zakresie pomiarowym 13 mm. Na jednym końcu tulei znajduje się końcówka o powierzchni sferycznej, a na drugim nagwintowany wewnątrz otwór, w którym przesuwają się wrzeciono ze śrubą mikrometryczną o skoku 0,5 mm. Na wrzecionie jest zamocowany bęben z podziałką o zakresie pomiarowym 0,5 mm, co umożliwi odczyt z dokładnością do 0,01 mm.

Do sferycznej powierzchni tulei przylega trzpień pomiarowy osadzony w przykręconej do tulei oprawie ze sprężyną zapewniającą odpowiedni docisk. Jeden koniec wrzeciona ma sferyczną powierzchnię pomiarową i zabezpieczone nakrętką dwie śruby regulacyjne do nastawienia dolnej granicy zakresu pomiarowego.



Rys. 2-12. Średnicówka mikrometryczna: a) widok, b) przedłużacz, c) prawidłowe (linie grube) położenie średnicówki w otworze

Dla zwiększenia zakresu pomiarowego między tuleją a końcówką stałą wkręca się odpowiedni przedłużacz lub ich zestaw. W skład kompletu wchodzi przedłużacze długości 13, 25, 50, 100 i 200 mm. Zakres pomiarowy średnicówki bez przedłużacza wynosi $75 \div 88$ mm, a ze wszystkimi przedłużaczami $75 \div 575$ mm.

Głębokościomierz mikrometryczny

Głębokościomierz służy do pomiarów głębokości otworów nieprzelotowych, zagłębień lub uskoków. Elementem pomiarowym tego głębokościomierza jest śruba mikrometryczna. Umożliwia on dokonywanie pomiarów z dokładnością 0,01 mm.

Głębokościomierze mikrometryczne mogą być z przedłużaczami wymiennymi lub bez przedłużaczy. Najczęściej stosowane zakresy pomiarowe wynoszą $0 \div 100$ mm, a wartość działki elementarnej, podobnie jak w mikrometrze, wynosi 0,01 mm.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe*

1. Przymiar kreskowy jest wyposażony w podziałkę: a) centymetrową, b) milimetryczną, c) półcentymetrową
2. Szczelinomierze składają się: a) z 11, 14 lub 20 płytek? b) z 7, 15 lub 25 płytek? c) z 10, 20 lub 30 płytek?
3. Podziałka noniusza suwmiarki ma długość: a) 10 mm? b) 9 mm? c) 1 mm? d) 15 mm?
4. Działka noniusza jest równa: a) 0,7 mm? b) 0,8 mm? c) 0,9 mm? d) 0,5 mm?
5. Suwmiarki buduje się o dokładności pomiaru: a) 0,1 mm, 0,05 mm, 0,02 mm? b) 0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm? c) 0,1 mm, 0,5 mm, 0,2 mm?
6. Mikrometr służy do pomiaru z dokładnością: a) 0,1 mm? b) 0,2 mm? c) 0,01 mm?
7. Obwód bębna mikrometru jest podzielony na: a) 50 równych części? b) 100 równych części? c) 10 równych części?
8. Najczęściej stosowane zakresy pomiarowe głębokościomierza mikrometrycznego wynoszą: a) $10 \div 50$ mm? b) $20 \div 80$ mm? c) $0 \div 100$ mm? d) $60 \div 100$ mm?

* Prawidłowe odpowiedzi wszystkich ćwiczeń testowych zamieszczonych w poszczególnych rozdziałach są podane na str. 291.

3 Trasowanie na płaszczyźnie i przestrzenne

3.1. Wiadomości ogólne

Trasowaniem nazywa się czynności wyznaczania na powierzchni półwyrobu (blachy, odlewu, odkuwki) środków i okręgów kół, osi, obrysów warstw przewidzianych do obróbki i wykreślanie rozwinięć elementów konstrukcji stalowych z zachowaniem wymiarów wskazanych na rysunkach warsztatowych. Rozróżnia się **trasowanie płaskie** (na płaszczyźnie) oraz **trasowanie przestrzenne** (w odniesieniu do baz technologicznych, wg których część ustawia się na obrabiarkach).

3.2. Trasowanie na płaszczyźnie

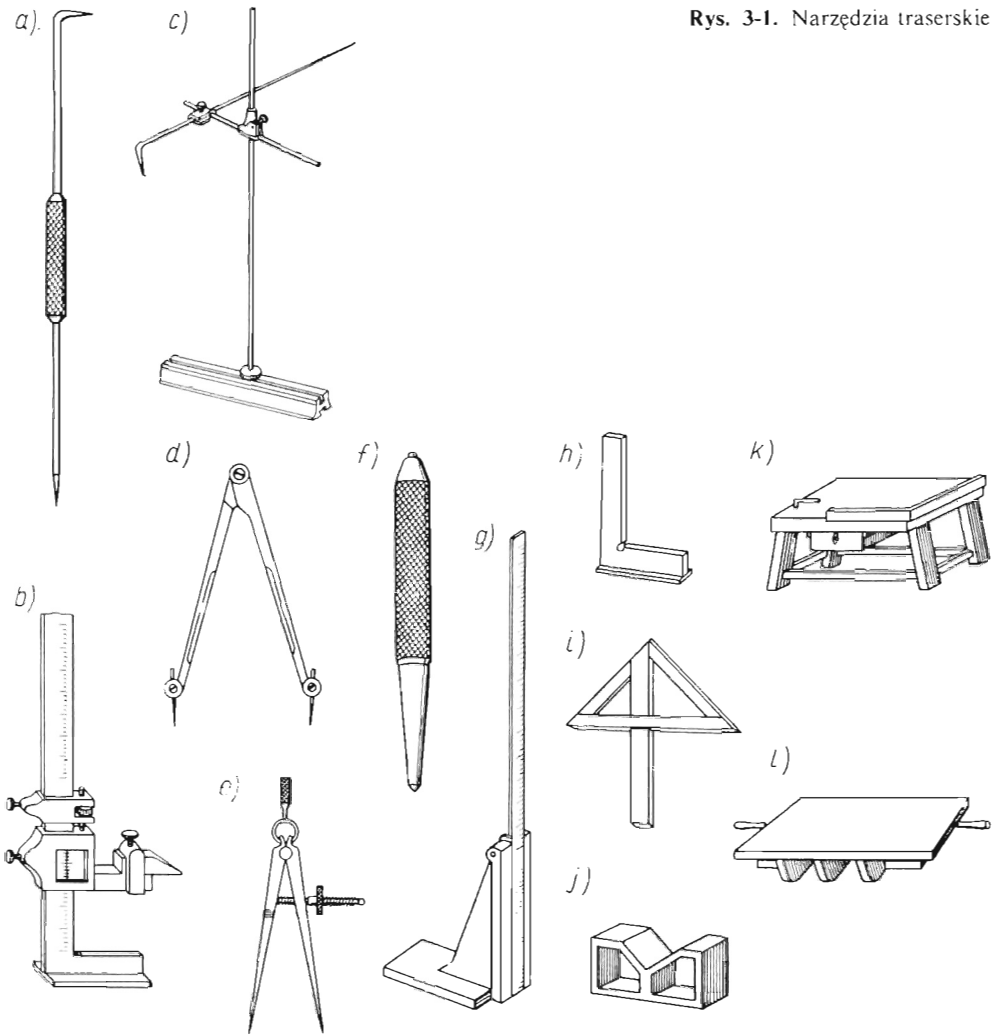
Jeżeli czynności traserskie wykonuje się na płaszczyźnie, np. na blasze, to ma się do czynienia z trasowaniem płaskim, które jest pewną odmianą kreślenia. Trasowania można również dokonywać na płytach, stali kształtowej, odkuwkach, nie obrobionych odlewach itp. Materiały te muszą mieć wymiary większe od wymiarów przedmiotu podanych na rysunku technicznym o tzw. naddatek na obróbkę.

Narzędzia do trasowania

Do trasowania potrzebne są następujące narzędzia:

- rysik (**rys. 3-1a**), stosowany do wykreślenia na trasowanym przedmiocie linii według liniału lub wzornika,
- suwmiarka traserska z podstawą, stosowana do wyznaczania linii poziomych (**rys. 3-1b**),
- znacznik (**rys. 3-1c**), składający się z podstawy, słupka i rysika, stosowany również do wyznaczania linii poziomych,
- cyrkle traserskie (**rys. 3-1d, e**), stosowane do trasowania okręgów kół, budowy kątów, podziału linii itp.,
- punktak (**rys. 3-1f**), stosowany do punktowania wyznaczanych linii,
- liniał traserski z podstawą (**rys. 3-1g**) jako przyrząd pomocniczy znacznika i cyrkli,
- kątownik (**rys. 3-1h**), stosowany do wyznaczania linii pionowych i poziomych,
- środkownik (**rys. 3-1i**), stosowany do wyznaczania środka na płaskich powierzchniach przedmiotów walcowych,
- pryzma traserska (**rys. 3-1j**), używana za podstawę podczas trasowania niektórych przedmiotów walcowych.

Rys. 3-1. Narzędzia traserskie



W skład wyposażenia traserskiego wchodzi ponadto: płyty traserskie (rys. 3-1k i l), młotki, kątomierze, przyrządy kreskowe i cyrkle drążkowe.

Przygotowanie powierzchni do trasowania

Przed przystąpieniem do trasowania należy:

- sprawdzić jakość i stan materiału przeznaczonego do trasowania, zwracając szczególną uwagę na porowatość, skrzywienia, pęknięcia i inne widoczne wady,
- sprawdzić główne wymiary materiału, grubość jego ścianek, rozstawienie wgłębień lub wypukłości, odległości otworów od krawędzi itp.,
- sprawdzić prawidłowość naddatków na późniejszą obróbkę,
- pomalować materiał w celu zwiększenia widoczności trasowanych linii.

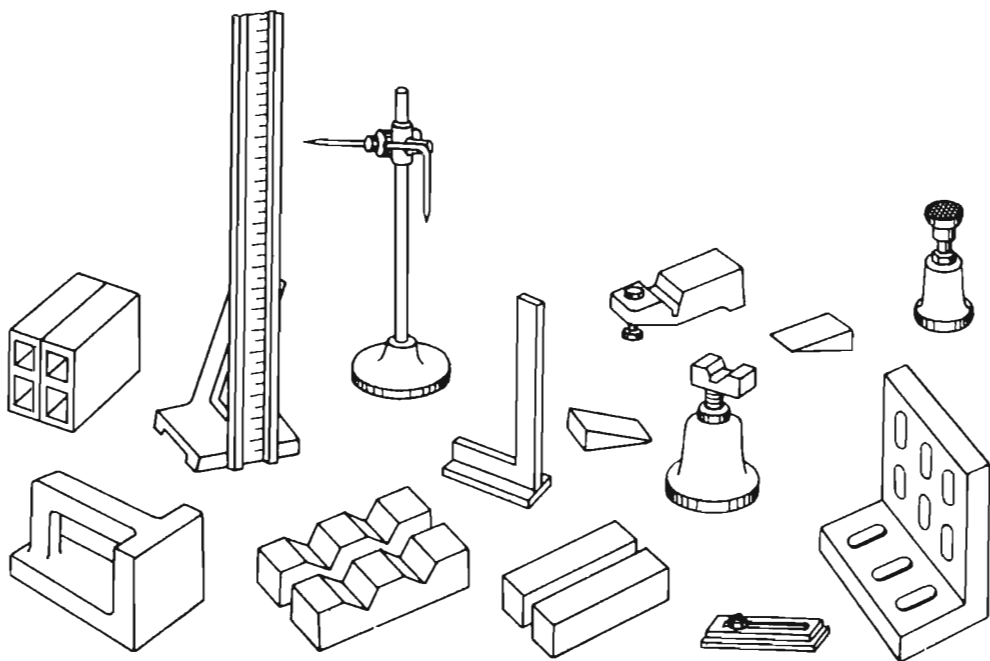
Do malowania odlewów lub dużych przedmiotów nie obrabionych stosuje się kredę rozrobioną w wodzie z dodatkiem oleju lnianego. Przedmioty stalowe lub żeliwne obrabione maluje się roztworem wodnym siarczanu miedzi. Na tak przygotowanych powierzchniach nanoszone linie są widoczne i trwałe. Po przygotowaniu powierzchni wybiera się podstawy (bazy) traserskie. **Podstawą** (bazą) nazywa się taki punkt, oś lub płaszczyznę, od której odmierza się wymiary na przedmiocie. Przy trasowaniu na płaszczyźnie podstawami są zwykle dwie osie symetrii lub zamiast nich dwa obrabione boki, albo jeden bok obrabiony i prostopadła do niego oś symetrii.

Stanowisko do trasowania na płaszczyźnie

Miejszem pracy traserów jest **stół traserski** wyposażony w płytę, której płaszczyzna jest równa i bardzo dobrze obrabiona. Płyty traserskiej nie należy używać do żadnych innych celów poza trasowaniem. Płytę taką należy utrzymywać w należytym stanie, a po skończonej pracy zabezpieczyć przed uszkodzeniem, np. przez założenie drewnianej pokrywy.

Płyta traserska, zwykle wykonana z żeliwa, jest dość ciężka i dokładnie usztywniona od spodu żebrami. Do ustawienia przedmiotów na płycie traserskiej używa się przyzm, klocków i podkładek traserskich pokazanych na **rys. 3-2**.

Stanowisko robocze traserów jest wyposażone w **narzędzia traserskie**, które powinny być tak rozmieszczone, a praca tak zorganizowana, żeby nie tracić czasu na zbędne czynności.



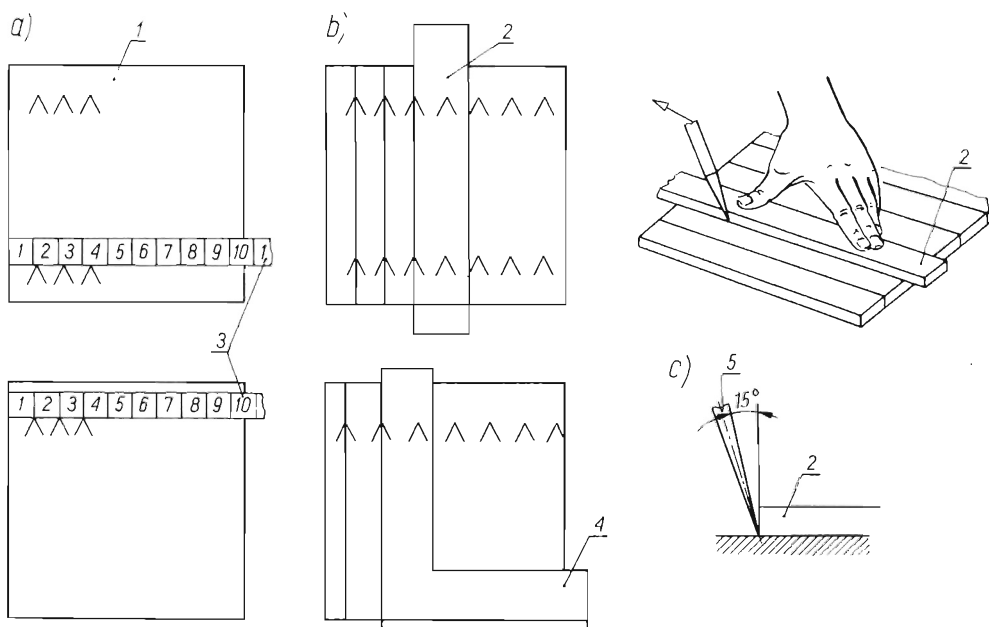
Rys. 3-2. Przyrządy do ustawiania przedmiotów trasowanych

Pomieszczenie (lub wydzielona powierzchnia w hali produkcyjnej), w którym znajdują się stanowiska traserskie, nazywa się **trasernią**. W produkcji jednostkowej i małoseryjnej trasernia stanowi odrębny dział, natomiast w produkcji seryjnej stanowisko traserskie umieszcza się w linii produkcyjnej.

Technika trasowania na płaszczyźnie

Trasowanie rozpoczyna się zwykle od wyznaczenia głównych osi symetrii przedmiotu. Jeżeli rysunek przedmiotu składa się z odcinków linii prostych i krzywych, to najpierw wykreśla się linie proste, a następnie łączy się je odpowiednimi łukami lub krzywymi. Ponieważ podczas obróbki wyznaczone linie mogą się zetrzeć, więc żeby można je było łatwo odtworzyć, punktuje się wszystkie przecięcia tych linii oraz środki okręgów, łuki i dłuższe rysy w odstępach $20 \div 50$ mm. Rysy krótkie, łuki i okręgi punktuje się w odstępach $5 \div 10$ mm.

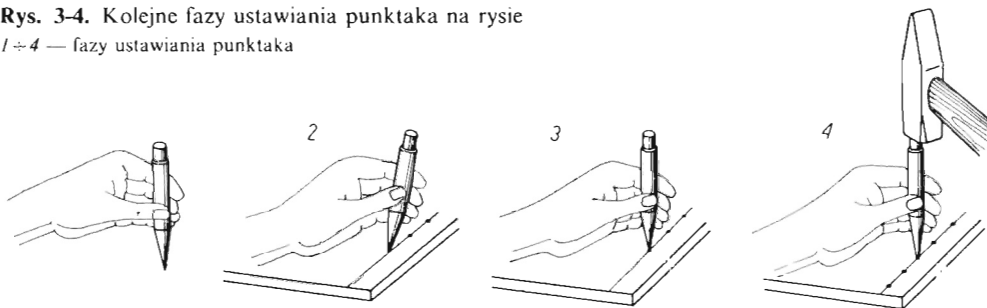
Wymiary odczytuje się za pomocą przymiaru lub cyrkla według rysunku technicznego. Wykreślanie na płycie linii prostych równoległych wzdłuż wykonanych uprzednio oznaczeń przedstawiono na **rys. 3-3**. Na **rys. 3-3a** przedstawiono odmierzanie odstępów między liniami, a na **rys. 3-3b** — sposób wykorzystania liniału 2 i kątownika 4 do kreślenia linii równoległych za pomocą rysika. Na **rys. 3-3c** przedstawiono właściwy kąt nachylenia rysika 5 podczas nanoszenia linii. Prawidłowe posługiwanie się punktykiem pokazano na **rys. 3-4**.



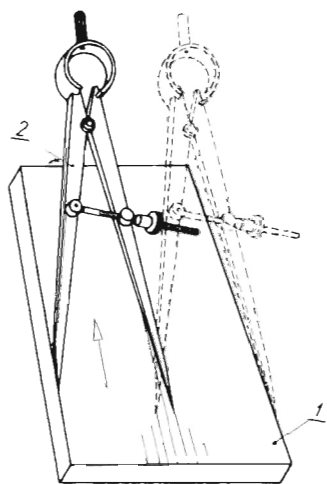
Rys. 3-3. Trasowanie linii prostych równoległych
 1 — płyta, 2 — liniał, 3 — przymiar, 4 — kątownik, 5 — rysik

Rys. 3-4. Kolejne fazy ustawiania punktaka na rysie

1 ÷ 4 — fazy ustawiania punktaka



Trasowanie głównych osi symetrii przedmiotów płaskich o zarysach prostokątnych dokonuje się następująco: przedmiot 1 układa się na płycie traserskiej i za pomocą ostrego cyrkla 2 dzieli się przeciwległe boki przedmiotu na połowę (rys. 3-5), a następnie łączy się przeciwległe punkty podziału. Otrzymane odcinki prostych będą osiami symetrii przedmiotu.



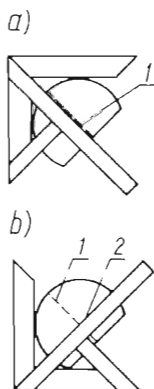
Rys. 3-5. Trasowanie osi symetrii płaskownika

Wykreślanie okręgów i luków wykonuje się za pomocą ostrego cyrkla. Cyrkiel rozwiera się na wymiar danego promienia i umieszcza się jego jedno ramię w napunktowanym środku okręgu lub łuku. Następnie lekko naciskając na drugie ramię cyrkla zatacza się żądany okrąg lub łuk.

Trasowanie środka otworu, który ma być wiercony, polega przeważnie na trasowaniu dwóch wzajemnie prostopadłych linii, na przecięciu których znajduje się środek otworu.

Środki czół wałków najłatwiej wyznacza się za pomocą środkownika (rys. 3-6). W tym celu przykłada się środkownik do wałka w ten sposób, żeby jego ramiona boczne były styczne do okręgu i wzdłuż ramienia środkowego wykreśla się rysę 1 (rys. 3-6a), a następnie obraca się środkownik o kąt 90° i wykreśla rysę 2 (rys. 3-6b). Jeżeli czoło wałka jest okręgiem prawidłowym, to środek tego okręgu będzie położony w punkcie przecięcia tych rys.

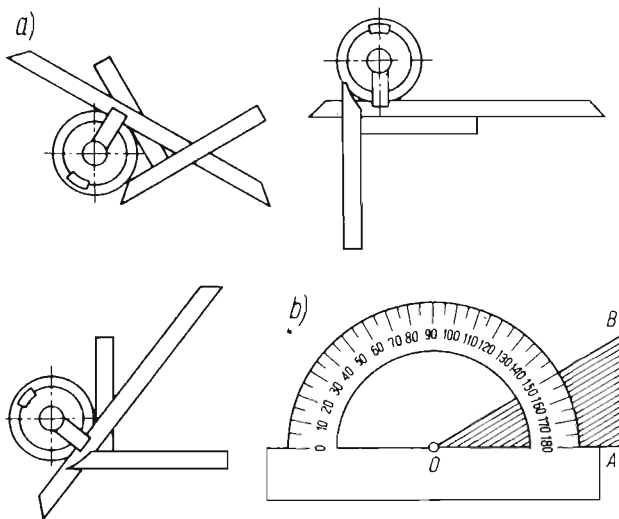
Trasowanie wg wzorników jest powszechnie stosowane podczas wykonywania większej liczby jednakowych przedmiotów. Polega ono na przyłożeniu wzornika do płaszczyzny materiału i wyznaczeniu zarysów przedmiotu przez obrysowanie zarysu wzornika rysikiem. Osie otworów wyznacza się przez specjalne otwory we wzorniku, stosując do tego celu specjalny punktak. Trasując wg wzornika trzeba pamiętać, żeby wzornik był zawsze



Rys. 3-6. Wyznaczanie środków czół wałków

jednakowo ustawiony, co osiąga się za pomocą wykonywania we wzorniku wycięć, które muszą trafiać na osie przedmiotu.

Trasowanie kątów może być wykonywane za pomocą kątomierzy lub metodą geometryczną. Trasowanie kątów za pomocą kątomierzy uniwersalnych pokazano na rys. 3-7a, a za pomocą kątomierzy zwykłych na rys. 3-7b.



Rys. 3-7. Ustawienie kąta: a) za pomocą kątomierza uniwersalnego. b) za pomocą kątomierza zwykłego

3.3. Trasowanie przestrzenne

Stanowisko do trasowania przestrzennego

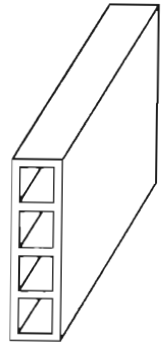
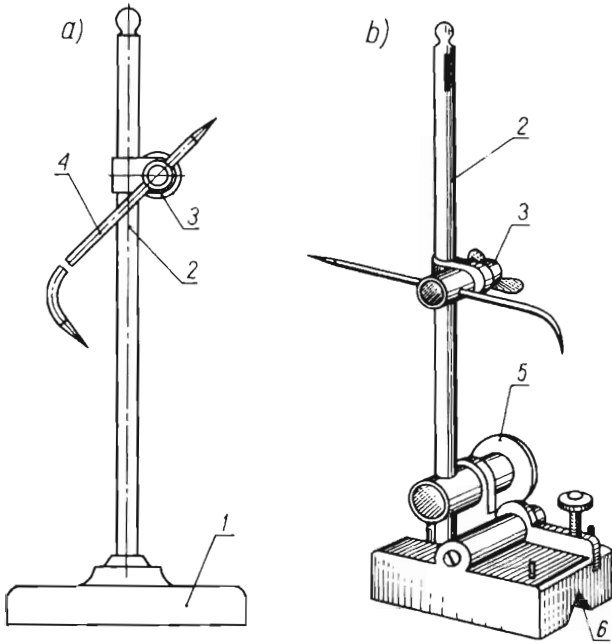
Trasowanie przestrzenne stosuje się do brył. Do narzędzi i przyrządów używanych do trasowania przestrzennego zalicza się:

- płytę traserską,
- znaczniki słupkowe,
- przymiary kreskowe,
- skrzynki traserskie,
- podstawki traserskie.

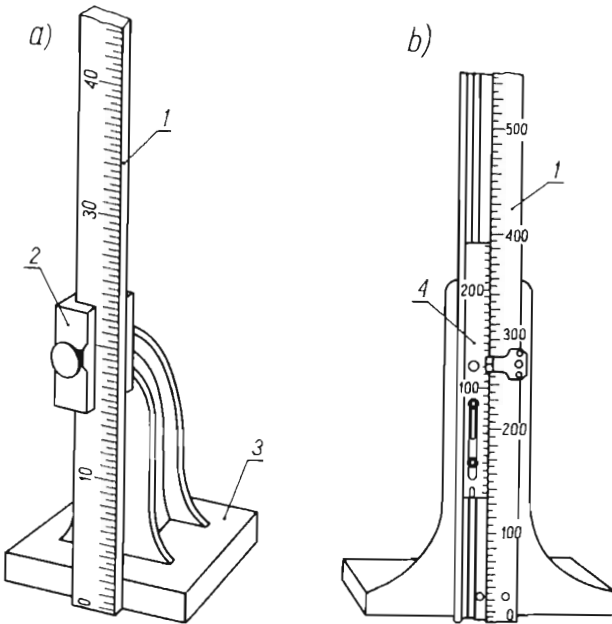
Znacznik słupkowy zwykły (rys. 3-8a) składa się z żeliwnej podstawy 1, nieruchomo w niej osadzonego słupka 2 oraz przesuwanego po słupku łącznika 3 z rysikiem 4. Rysik ma jeden koniec prosty, a drugi wygięty; może on w łączniku obracać się dookoła osi poziomej oraz przesuwac.

Znacznik słupkowy uniwersalny (rys. 3-8b) tym różni się od zwykłego, że słupek może się wychylać od położenia pionowego. Położenie słupka ustala się za pomocą nakrętki 5. Żeliwna podstawa znacznika ma od spodu pryzmowe wycięcie 6 do ustawienia znacznika na wałku.

Rys. 3-8. Znaczniki słupkowe:
a) zwykły, *b)* uniwersalny



Rys. 3-10. Skrzynka traserska

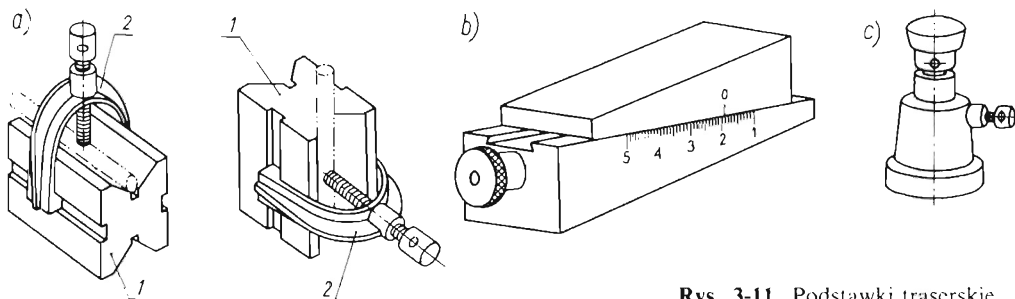


Rys. 3-9. Przymiary kreskowe pionowe:
a) zwykły, *b)* różnicowy

Przymiar kreskowy zwykły (rys. 3-9a) składa się z pionowo ustawionej listwy stalowej 1 z podziałką, osadzonej przesuwnie w uchwycie 2 wspornika 3. Zero podziałki znajduje się na poziomej płycie traserskiej. Wadą przymiaru zwykłego jest konieczność odejmowania lub dodawania wymiarów złożonych.

Przymiar różnicowy (rys. 3-9b) dodatkowo jest wyposażony w przesuwny przymiar 4 umożliwiający dodawanie lub odejmowanie wymiarów.

Skrzynki traserskie są to prostopadłościennne bryły żeliwne, wewnątrz puste i poprzdzielane poprzecznymi żebrami. Mają one równe płaszczyzny, kąty proste w narożach i równoległe do siebie krawędzie podłużne oraz poprzeczne (rys. 3-10).



Rys. 3-11. Podstawki traserskie

Podstawki traserskie są stosowane do umieszczania trasowanych przedmiotów na płycie. Na rys. 3-11a pokazano pryzmę traserską 1 z jarzmem 2, na rys. 3-11b — podstawki klinowe nastawne, natomiast na rys. 3-11c przedstawiono podstawkę śrubową, zwaną podnośnikiem traserskim.

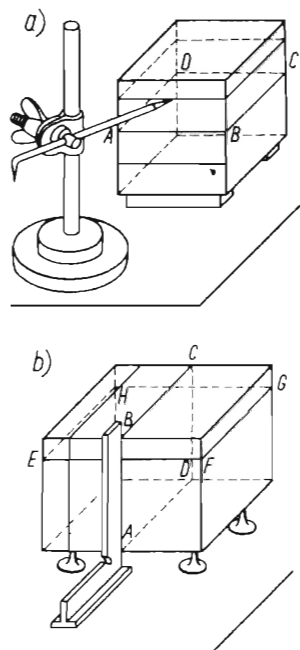
Stanowisko do trasowania przestrzennego jest wyposażone również w materiały do malowania powierzchni.

Technika trasowania przestrzennego

Są stosowane trzy metody trasowania przestrzennego prostokątnej siatki przestrzennej:

- za pomocą obrotu przedmiotu obrabianego,
- za pomocą kątownika,
- za pomocą skrzynek traserskich.

Trasowanie metodą **obrotu przedmiotu obrabianego** polega na ustawieniu przedmiotu albo bezpośrednio na płycie, jeżeli jedna jego powierzchnia jest obrobiona — to na tejże powierzchni, albo na płycie za pomocą podstawek traserskich, w przypadku gdy powierzchnia trasowanego przedmiotu jest nie obrobiona. Następnie na płycie traserskiej ustawia się obok znacznik z rysikiem. Wysokość ostrza rysika w stosunku do płyty ustala się na podstawie rysunku wykonawczego za pomocą np. przymiaru kreskowego. Obracając trasowany przedmiot wykonuje się jednocześnie rysę rysikiem (rys. 3-12a). W ten sposób można wykreślić wszystkie linie poziome i pionowe, a tym samym można wyko-



Rys. 3-12. Trasowanie prostokątnej siatki traserskiej: *a)* z obracaniem przedmiotu, *b)* za pomocą kątownika

wymiarów za pomocą kątownika ze stopą (rys. 3-12*b*). Zastosowanie tego rodzaju trasowania jest ograniczone i odnosi się tylko do takich przedmiotów, które mają powierzchnie przystające do krawędzi kątownika.

Trasowanie za pomocą **skrzynek traserskich** stosuje się w przypadku, gdy mamy do czynienia z przedmiotem ciężkim, trudnym do obracania, oraz w przypadku trasowania przedmiotów o powierzchniach kształtowych, uniemożliwiających ustawienie przedmiotu wg kątownika. W takim przypadku przedmiot

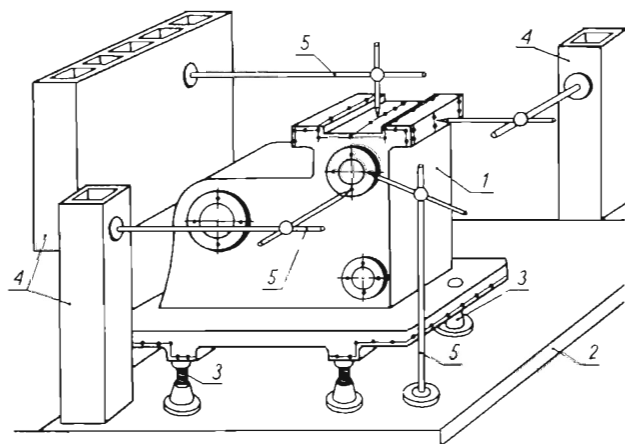
nać żadaną siatkę przestrzenną na przedmiocie. Jest to szeroko stosowana metoda trasowania przestrzennego.

W trasowaniu przestrzennym występują trzy główne czynniki: 1) wybór podstawowej powierzchni (bazy) traserskiej, 2) ustawienie przedmiotu (półwyrobu) na płycie traserskiej, 3) kreślenie rys traserskich.

Za podstawową powierzchnię (bazę) traserską obiera się powierzchnię już obrobioną. W przypadku, gdy przedmiot przewidziany do trasowania nie ma żadnej powierzchni obrobionej, to za powierzchnię podstawową przyjmuje się tę, która nie będzie obrabiana i która znajduje się obok głównych powierzchni przeznaczonych do obróbki.

Przed przystąpieniem do trasowania sprawdza się stan przedmiotów przewidzianych do trasowania (odlewy, odkuwki), a więc czy nie zawierają pęknięć, skrzywień i czy ich wymiary odpowiadają rysunkowi technicznemu. Po sprawdzeniu powleka się je farbą traserską.

Trasowanie **za pomocą kątownika** polega na wykreślaniu rys poziomych w taki sam sposób, jak w metodzie obracania przedmiotu, natomiast rysy pionowe wykonuje się rysikiem wzdłuż odmierzonych



Rys. 3-13. Trasowanie za pomocą skrzynek traserskich

trasowany 1 (rys. 3-13) ustawia się bezpośrednio na płycie 2, lub na podstawkach traserskich 3, wyznacza się ostrzem rysika konieczne rysy poziome, następnie ustawia się na tej płycie 2 skrzynkę lub skrzynki traserskie 4 w ten sposób, żeby ich krawędź lub krawędzie przystawały do rysy na płycie. Traktując skrzynkę jako płytę, przykładą się do niej podstawę znacznika 5, którego ostrze zostało nastawione na odpowiedni wymiar i obwodzi się rysikiem przedmiot kreśląc rysę pionową. W przypadku gdy jedna skrzynka jest niewystarczająca stosuje się skrzynki o płaszczyznach roboczych prostopadłych do siebie.

3.4. Zasady bezpiecznej pracy podczas trasowania

W czasie trasowania należy zwracać szczególną uwagę na staranne ustawienie, zamocowanie oraz ostrożne przenoszenie ciężkich przedmiotów. Ważne jest również prawidłowe oświetlenie stanowiska roboczego. Porządek na stanowisku, a zwłaszcza sposób rozmieszczenia i przechowywania narzędzi traserskich, chroni przed wszelkimi skaleczeniami.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

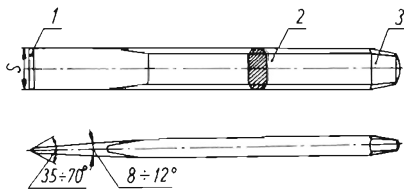
1. Punktak traserski jest stosowany do: **a)** wykreślenia linii? **b)** punktowania wyznaczonych linii?
2. Malowanie materiału przed trasowaniem ma na celu: **a)** zwiększenie widoczności trasowanych linii? **b)** nadanie przedmiotowi estetycznego wyglądu? **c)** zabezpieczenie przed korozją?
3. Trasowanie rozpoczyna się zwykle od: **a)** punktowania wszystkich przecięć linii traserskich? **b)** wyznaczania głównych osi symetrii przedmiotu?
4. Wykreślanie okręgów i łuków kół wykonuje się za pomocą: **a)** rysika? **b)** środkownika? **c)** ostrego cyrkla?
5. Środki czół wałków wyznacza się najłatwiej za pomocą: **a)** trasowania dwóch wzajemnie prostopadłych linii? **b)** środkownika? **c)** odpowiedniego wzornika?
6. Rozróżnia się trasowanie: **a)** na płaszczyźnie i przestrzenne? **b)** zwykle i kształtowe? **c)** normalne i uniwersalne?
7. Znacznik słupkowy uniwersalny tym różni się od znacznika słupkowego zwykłego, że: **a)** jest większy? **b)** słupek może się wychylać od położenia pionowego? **c)** ma żeliwną podstawę?
8. Przymiar różnicowy tym różni się od przymiaru kreskowego zwykłego, że: **a)** nie ma podziałki? **b)** nie ma listwy stalowej? **c)** jest dodatkowo wyposażony w przesuwny przymiar umożliwiający dodawanie lub odejmowanie wymiarów?
9. Trasowanie metodą obrotu przedmiotu obrabianego polega na: **a)** obracaniu trasowanego przedmiotu i wykonywaniu kreski rysikiem? **b)** wykonywaniu rys pionowych rysikiem za pomocą kątownika? **c)** trasowaniu za pomocą skrzynek traserskich?

4 Ścinanie, wycinanie i przecinanie metali

4.1. Narzędzia do ścinania, przecinania i wycinania

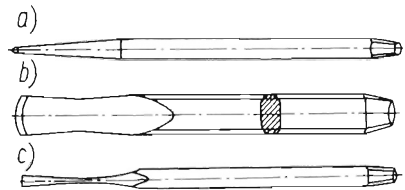
Narzędzia do ścinania, przecinania i wycinania metali są wykonane w kształcie klinów. Do przecinania niezbyt grubych płaskowników, prętów i blach używa się **przecinaków** (rys. 4-1). Częścią roboczą przecinaka jest klin o kącie rozwarcia $8 \div 12^\circ$, zakończony ostrzem l również w kształcie klina o kącie β , którego wartość jest zależna od skrawanego materiału. Przybliżone wartości kąta są następujące:

- do obróbki stali $\beta = 60^\circ$
- do obróbki żeliwa i brązu $\beta = 70^\circ$
- do obróbki cynku i aluminium $\beta = 35^\circ$
- do obróbki mosiądzu i miedzi $\beta = 45^\circ$



Rys. 4-1. Przecinak

1 — ostrze, 2 — chwyt, 3 — łeb



Rys. 4-2. Wycinaki

Do wycinania są używane następujące **wycinaki** (rys. 4—2):

- prosty do wycinania rowków prostokątnych na powierzchniach płaskich i wypukłych (rys. 4-2a),
- wygięty do wycinania rowków na powierzchniach wklęsłych (rys. 4-2b),
- czterokrawędziowy do wycinania szczelin w rurach (rys. 4-2c).

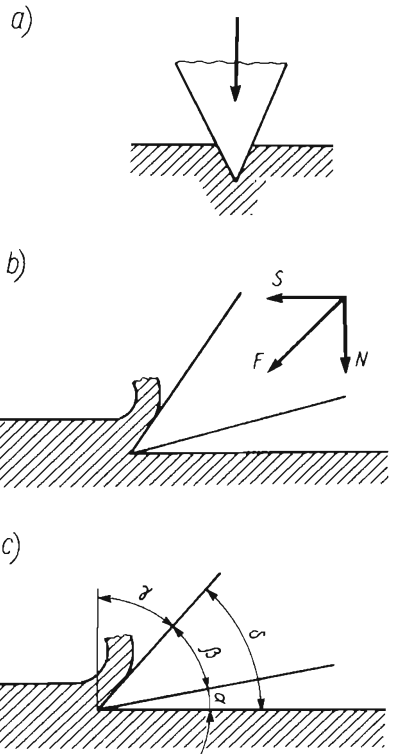
Geometria ostrza narzędzia

Jeżeli narzędzie o kształcie klina zostanie ustawione tak, jak to przedstawiono na rys. 4-3a, to pod wpływem siły nacisku lub uderzenia klin zagłębi się w materiał, rozdzielając go w miejscu przecinanym. Jeżeli natomiast przecinak zostanie ustawiony względem powierzchni pod pewnym kątem (rys. 4-3b), to siła F działającą wzdłuż osi przecinaka rozłoży się na dwie siły składowe: N i S .

Na rys. 4-3c przedstawiono narzędzie o kącie β , zwanym **kątem ostrza**, nachylone do materiału pod kątem α , zwanym **kątem przyłożenia**. Kąt δ równy sumie kątów przyłożenia i ostrza nazywa się **kątem skrawania**. Powierzchnia klina przecinaka zwrócona do materiału nazywa się **powierzchnią przyłożenia**, natomiast

powierzchnia klina, po której zsuwają się wióry, nazywa się **powierzchnią natarcia**. Kąt γ zawarty między powierzchnią natarcia a prostopadłą do powierzchni skrawania nazywa się **kątem natarcia**.

Im kąt ostrza β jest mniejszy, tym łatwiej narzędzie zagłębia się w materiał. Kąt przyłożenia α powinien być taki, żeby tarcie o powierzchnię skrawania było jak najmniejsze. Im kąt skrawania δ jest większy i bardziej zbliża się do kąta prostego, tym trudniej ostrze narzędzia zagłębia się w materiał.

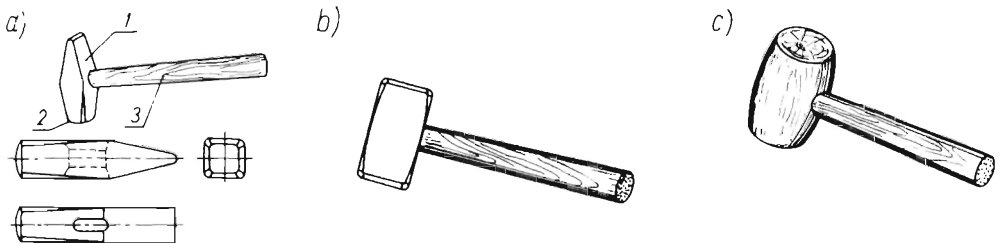


Rys. 4-3. Geometria ostrza narzędzia: a) ostrze klina, b, rozkład siły działającej na ostrze, c) kąty skrawania

Rodzaje i budowa młotków ślusarskich

Młotki ślusarskie wykonuje się ze stali narzędziowej. Są one zakończone z jednej strony klinowym **rażbem** 1, a z drugiej — lekko wypukłym **obuchem** 2 (rys. 4-4a) i są osadzone na drewnianym **trzonku** 3.

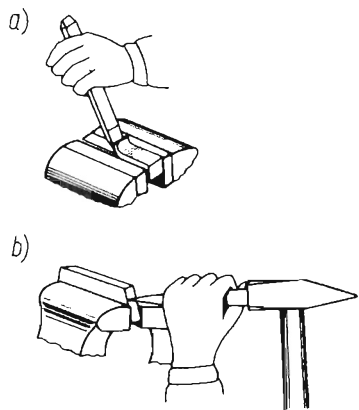
Młotki monterskie (rys. 4-4b) używane do pasowania części wykonuje się z metali miękkich, np. miedzi lub ołowiu, żeby nie uszkadzały składanych części. Do prostowania blach stosuje się młotki drewniane lub z twardej gumy (rys. 4-4c).



Rys. 4-4. Różne typy młotków ślusarskich: a) stalowy, b) monterski, c) drewniany lub z twardej gumy

4.2. Ścinanie

Materiał poddawany ścinaniu mocuje się w imadle, a następnie przystawia się w odpowiednim miejscu przecinak i uderzeniami młotka powoduje usuwanie jego nadmiaru. Ścinania wąskich płaszczyzn można dokonywać na poziomie szczęk imadła albo powyżej szczęk według rys uprzednio wytrasowanych na przedmiocie (rys. 4-5).

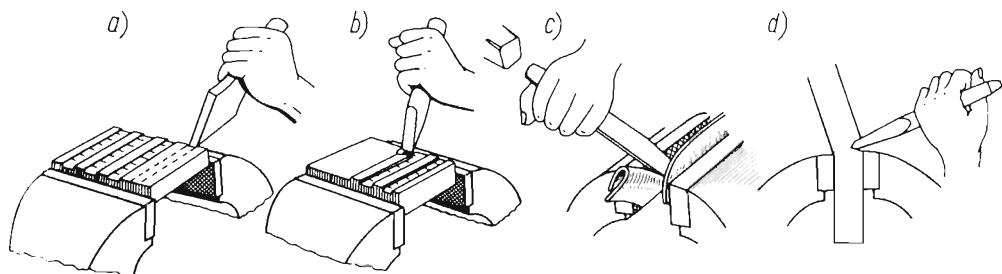


Rys. 4-5. Ścinanie wąskich płaszczyzn: a) wzdłuż poziomu szczęk imadła, b) wg rys powyżej poziomu imadła

Ścinając materiał wzdłuż szczęk imadła materiał zamocowuje się w imadle tak, aby nad poziom szczęk wystawała jedynie warstwa materiału przeznaczona do ścicia. Grubość tej warstwy nie powinna przekraczać 4 mm. Jeżeli trzeba zebrać z materiału warstwę grubszą niż 4 mm, to ścinania dokonuje się kilkakrotnie.

Ścinania materiału z dużych powierzchni dokonuje się przecinakami i wycinakami. Początkowo wycinakiem wycina się równoległe rowki (rys. 4-6a), a następnie przecinakami ścina się wystające grzbiety materiału (rys. 4-6b).

Ścinanie cienkiej blachy najczęściej odbywa się w imadle po wytrasowaniu rysy, wzdłuż której trzeba dokonać ścinania (rys. 4-6c). Ścinania można również dokonywać za pomocą przenośnych przyrządów z napędem mechanicznym.



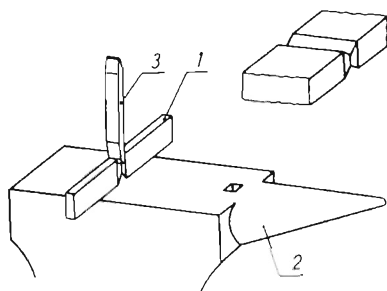
Rys. 4-6. Ścinanie i przecinanie: a) nacinanie wycinakiem równoległych rowków, b) ścinanie przecinakami powstałych występów, c) ścinanie cienkiej blachy, d) przecinanie w imadle krótkich prętów

4.3. Przecinanie

Przecinania dokonuje się w imadle, na płycie lub na kowadle. Przecinając np. krótkie pręty mocuje się je w imadle w ten sposób, żeby rysa przecięcia znalazła się na wysokości szczęk imadła, a przecinak przystawia się tak, żeby powierzchnia przyłożenia była styczna do powierzchni szczęk (rys. 4-6d).

Przecinania na płycie lub kowadle stosuje się w przypadku przecinania

grubszego materiału. W tym celu materiał przecinany 1 umieszcza się na powierzchni kowadła 2, a przecinak 3 ustawia się prostopadle do materiału (rys. 4-7). Po tych przygotowaniach dokonuje się przecinania materiału uderzeniami młotka.



Rys. 4-7. Przecinanie na kowadlc (na gorąco)

4.4. Wycinanie

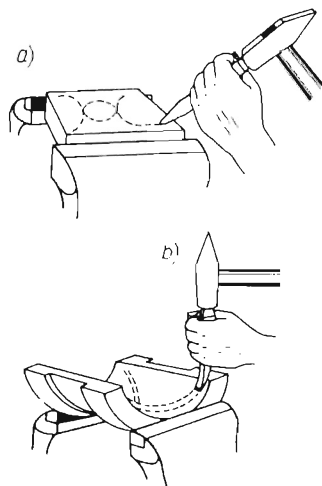
Wycinaniem nazywa się czynność wykonywania wgłębień, rys lub rowków za pomocą wycinaka i młotka. Niekiedy trzeba wycinać rowki o skomplikowanym kształcie. Na rys. 4-8a pokazano wycinanie rowków w płaskiej płycie, a na rys. 4-8b wycinanie rowków w panewce łożyska ślizgowego: Przed wycinaniem osie rowków powinny być wytrasowane.

Wycinanie cienkiej blachy polega na wytrasowaniużądanego kształtu, a następnie, po położeniu blachy na płycie, przecinaniu jej przecinakiem.

Wycinając rowki podłużne lub poprzeczne na obwodzie rury trzeba pamiętać o właściwym jej zamocowaniu. W tym przypadku rurę mocuje się w imadle z użyciem specjalnych nakładek, nawierca na początku i na końcu rowka otwór o średnicy równej szerokości rowka, a następnie specjalnym wycinakiem (czterokrawędziowym) do rur wycina się materiał między otworami. Wycinania można dokonywać za pomocą przenośnych przyrządów z napędem mechanicznym.

Ścinanie i wycinanie ręczne są operacjami przestarzałymi i mało wydajnymi. W dużych zakładach przemysłowych procesy te są zmechanizowane.

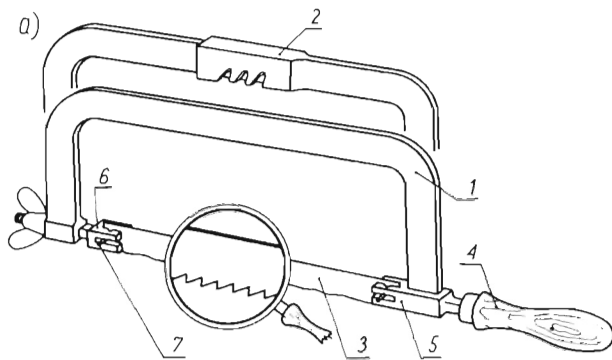
Ostrzenia przecinaków dokonuje się na ostrzarcce. W czasie ostrzenia bardzo ważne jest ustawienie ostrza narzędzia względem ściernicy. Po naostrzeniu narzędzia sprawdza się kąt ostrza wzornikiem.



Rys. 4-8. Wycinanie rowków w różnych częściach maszyn

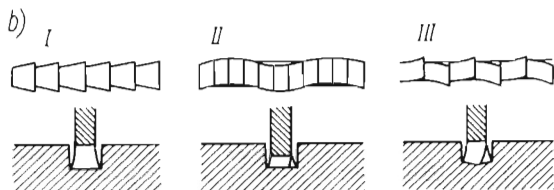
4.5. Przecinanie metali piłką

Piłkę ręczną do przecinania metali pokazano na rys. 4-9a. Głównymi częściami piłki są: oprawka (jednolita 1 lub rozsuwana 2), brzeszczot 3, rękojeść 4. W oprawkach nastawnych można mocować brzeszczoty o różnych długościach.



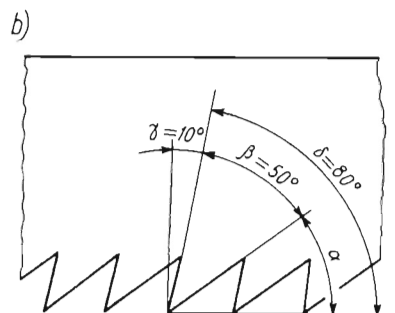
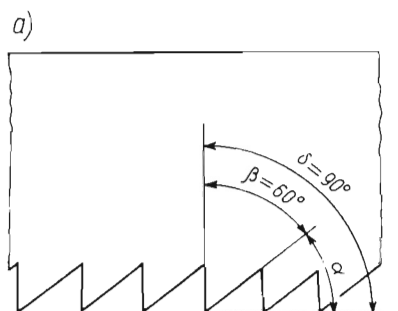
Rys. 4-9. Piłka ręczna: a) budowa piłki ręcznej, b) ukształtowanie ostrzy brzeszczotu

I — zęby zgrubiane, *II* — zęby rozwierane i falistość brzeszczotu, *III* — zęby rozwierane



Oprawka jest wyposażona w dwa uchwyty do mocowania brzeszczotu: stały 5 i przesuwany 6 (nastawny). W obu uchwytach znajdują się dwa prostopadłe przecięcia oraz otwory. Brzeszczot wsuwa się w przecięcia i przez otwory w uchwytach przetyka się kołeczki 7.

Brzeszczot jest wykonany w postaci cienkiej taśmy stalowej z naciętymi na jednej lub obu krawędziach ostrzami w postaci ząbków (rys. 4-9b). Podczas mocowania brzeszczotu w oprawce trzeba zwracać uwagę, żeby ząbki piłki miały kierunek nachylenia ku przedniemu uchwytowi (rys. 4-9a).



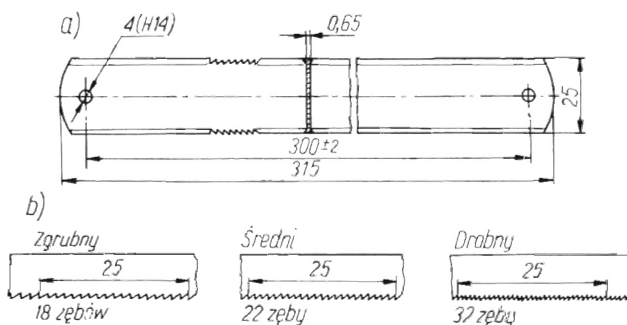
Rys. 4-10. Kształt zębów brzeszczotu
 α — kąt przyłożenia, β — kąt ostrza, γ — kąt natarcia, δ — kąt skrawania, P — podziałka

Geometria ostrza brzeszczotu

Kształty i geometrię ostrzy ząbków brzeszczotu przedstawiono na rys. 4-10. Najczęściej stosuje się zarys ząbków pokazany na rys. 4-10a, do przecinania metali miękkich zaś bardziej odpowiedni jest kształt ząbków przedstawiony na rys. 4-10b. Uzębienie brzeszczotu jest rozwierane, zgrubiane lub falowane (rys. 4-9b) i dlatego szerokość powstającego przecięcia jest większa od grubości brzeszczotu, co zapobiega zakleszczaniu się brzeszczotu w materiale.

Dobór brzeszczotu

Brzeszczoty piłek ręcznych do metali są znormalizowane. Główne wymiary brzeszczotu podano na **rys. 4-11a**. Brzeszczoty charakteryzuje się również określeniem liczby zębów (ostrzy) przypadających na 25 mm długości (**rys. 4-11b**) lub podziałką P , czyli odległością dwóch sąsiednich ostrzy w mm (**rys. 4-11a**). Produkuje się brzeszczoty o 22 zębach, a także o 18 i 32 zębach na 25 mm długości, lecz tylko na specjalne zamówienie.



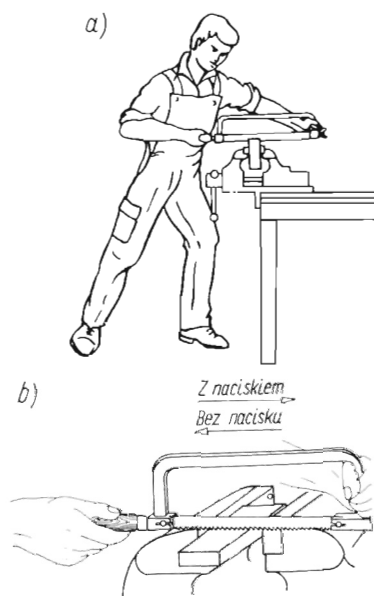
Rys. 4-11. Brzeszczot dwustronny pił ręcznych do metali: a) wymiary, b) uzębienie

Brzeszczotami o 32 zębach na 25 mm długości przecina się materiały twarde i cienkie, jak blachy i rury cienkościenne, natomiast materiały grube i miękkie przecina się brzeszczotami o 18 zębach.

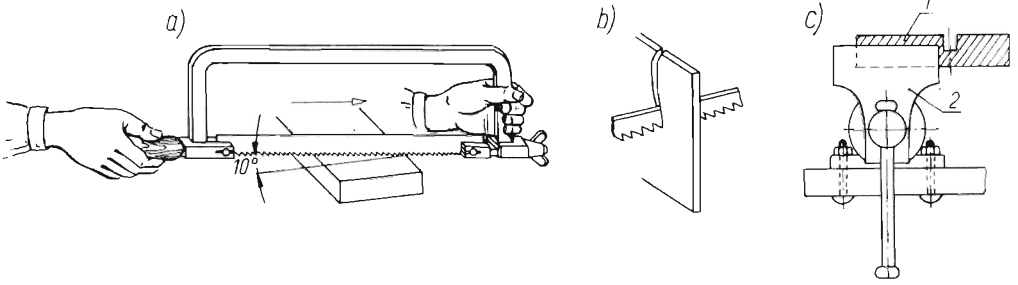
Technika przecinania metali piłką

Prawidłową postawę podczas przecinania pokazano na **rys. 4-12a**. Prawidłowy sposób trzymania piłki pokazano na **rys. 4-12b**. Nacisk na piłkę wywiera się podczas ruchu roboczego, czyli w kierunku do imadła, natomiast ruch powrotny jako jałowy odbywa się bez nacisku. Ruch piłki powinien być płynny bez szarpnięć, a przesuw piłki powinien wynosić około 2/3 użytecznej długości brzeszczotu.

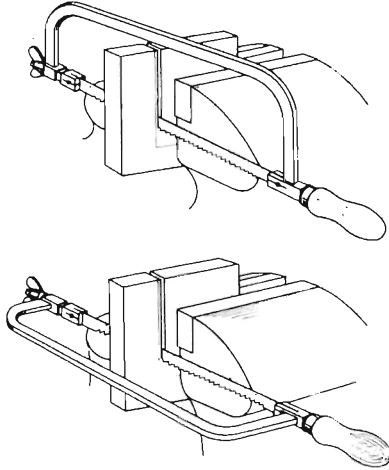
Przedmioty płaskie przecina się wzdłuż szerszej krawędzi (**rys. 4-13a**), przecinanie płaskich przedmiotów wzdłuż węższej krawędzi (**rys. 4-13b**) jest niewłaściwe, ponieważ piłka łatwo zbacza z wyznaczonego kierunku. Przecinanie trzeba rozpoczynać lekko pochyloną od siebie piłką (**rys. 4-13a**) z małym naciskiem. Wykonanie małego wgłębienia trójkątnym pilnikiem w miejscu rozpoczęcia przecinania ułatwia początek przecinania piłką.



Rys. 4-12. Technika przecinania metali piłką ręczną: a) prawidłowa postawa podczas przecinania, b) prawidłowy sposób trzymania piłki



Rys. 4-13. Przecinanie piłką przedmiotów płaskich: *a)* właściwe, *b)* niewłaściwe, *c)* zamocowanie przedmiotu w imadle



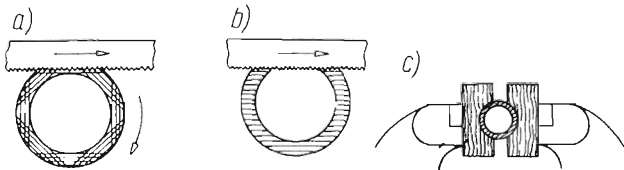
Materiał 1 przeznaczony do przecinania mocuje się w imadle 2 w ten sposób, żeby linia cięcia znajdowała się blisko szczęk imadła (**rys. 4-13c**). Zapobiega to występowaniu drgań w czasie przecinania, zwiększa dokładność przecięcia i zmniejsza możliwość uszkodzenia brzeszczotu.

Przedmioty długie przecina się początkowo brzeszczotem zamocowanym w oprawce pionowo, a następnie brzeszczot obraca się o kąt 90° (**rys. 4-14**). Błachę cienką podczas przecinania mocuje się w imadle między dwiema drewnianymi nakładkami (**rys. 4-14**).

Rys. 4-14. Przecinanie piłką długich przedmiotów

Przecinanie rur

Rury mocuje się w imadle za pomocą drewnianych nakładek (**rys. 4-15c**) i przecina się z jednoczesnym obracaniem rury (po przecięciu ścianki) o kąt 45° – 60° (**rys. 4-15a**), co zapobiega wyłamaniu ząbków piłki.



Rys. 4-15. Przecinanie piłką rury: *a)* prawidłowe, *b)* nieprawidłowe, *c)* zamocowanie rury cienkościennych w drewnianych nakładkach

Cięcie piłką według rys traserskich

Przecinanie wytrasowanych przedmiotów powinno się odbywać w odległości $0,5 \div 1$ mm od wytrasowanej linii. Pozostawiony nadmiar materiału spiłowuje się pilnikiem uzyskując dokładne wymiary przedmiotu.

4.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas ścinania i wycinania

W celu zapewnienia bezpiecznej pracy podczas ścinania, przecinania i wycinania należy: 1) często sprawdzać prawidłowe osadzenie młotka na trzonku, 2) do pracy używać jedynie przecinaków i wycinaków dobrze naostrzonych i nie uszkodzonych, 3) używać okularów ochronnych podczas ścinania i przecinania materiałów twardych oraz w czasie ostrzenia narzędzi, o ile ostrzarka nie jest wyposażona w specjalną osłonę, zwaną ekranem.

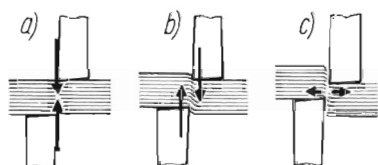
Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Częścią roboczą przecinaka jest klin o kącie rozwarcia: **a)** $8 \div 12$? **b)** $15 \div 18$? **c)** $25 \div 30$? **d)** $35 \div 40$?
2. Wycinak prosty służy do wycinania: **a)** rowków na powierzchniach wklęsłych? **b)** szczelin w rurach? **c)** rowków prostokątnych na powierzchniach płaskich i wypukłych?
3. Powierzchnia klina przecinaka, po której zsuwają się wióry nazywa się: **a)** powierzchnią przyłożenia? **b)** powierzchnią natarcia? **c)** powierzchnią roboczą?
4. Do prostowania blach stosuje się młotki wykonane: **a)** z drewna lub twardej gumy? **b)** ze stali? **c)** z żeliwa?
5. Wycinaniem nazywa się czynność: **a)** wykonywania wgłębień, rys lub rowków za pomocą wycinaka i młotka? **b)** cięcia materiału? **c)** ścinania materiału za pomocą przecinaka i młotka?
6. Podczas mocowania brzeszczotu piłki w oprawce trzeba zwracać uwagę, żeby ząbki piłki miały kierunek nachylenia: **a)** ku tylnemu uchwytowi piłki? **b)** ku przedniemu uchwytowi piłki? **c)** ku tylnemu bądź przedniemu uchwytowi piłki?
7. Liczba ząbków przypadających na 25 mm długości brzeszczotu wynosi: **a)** 18, 22 i 32? **b)** 16, 20 i 25? **c)** 15, 30 i 45?
8. Podczas przecinania metali nacisk na piłkę wywiera się: **a)** podczas powrotnego ruchu jałowego? **b)** podczas ruchu roboczego, czyli w kierunku imadła? **c)** stale, tj. podczas ruchu roboczego i jałowego?
9. Przedmioty płaskie przecina się za pomocą piłki wzdłuż: **a)** węższej krawędzi? **b)** szerszej krawędzi? **c)** obojętnie, wzdłuż szerszej lub węższej krawędzi?
10. Przecinanie materiału rozpoczyna się: **a)** lekko pochyłoną od siebie piłką? **b)** lekko pochyłoną do siebie piłką? **c)** bez pochylania piłki?
11. Cięcie piłką wg rys traserskich powinno odbywać się obok wytrasowanych linii w odległości: **a)** od 0,5 do 1 mm? **b)** od 2 do 3 mm? **c)** od 1,5 do 2,5 mm? **d)** od 4 do 5 mm?

5 Cięcie metali nożycami i na pilach

5.1. Cięcie metali nożycami

Do cięcia blach różnej grubości, a także materiałów kształtowych i prętów używa się nożyc. Blachy stalowe cienkie (do 1mm) można ciąć **nożycami ręcznymi**, a blachy grubsze (do 5 mm) — **nożycami dźwigniowymi**. Nożyce równoległe, czyli **gilotynowe** o napędzie mechanicznym są stosowane do cięcia blach grubości do 32 mm, a pręty oraz kształtowniki przecina się nożycami **uniwersalnymi**.



Rys. 5-1. Kolejne fazy cięcia: a) nacisk, b) przesunięcie materiału, c) rozdzielenie materiału

W czasie cięcia materiału pracują dwa noże nożyc, z których jeden jest przeważnie nieruchomy. Proces cięcia przebiega w trzech kolejnych fazach przedstawionych na rys. 5-1.

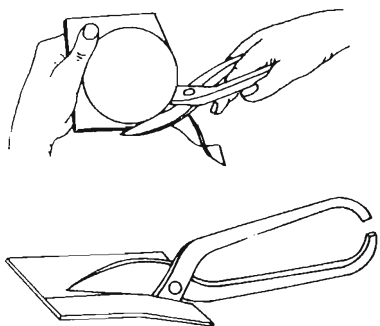
Cięcie nożycami ręcznymi

Nożyce składają się z dwóch noży, które wciskając się w materiał początkowo tną, a następnie przerywają go. Istnieje kilka typów nożyc ręcznych (rys. 5-2). W zależności od położenia szczęki górnej podczas cięcia nożyce bywają **prawe** lub **lewe**. Jeżeli szczęka górna nożyc znajduje się z prawej strony szczęki dolnej, są to nożyce prawe (rys. 5-2b), a jeżeli odwrotnie, są to nożyce lewe (rys. 5-2a). Do wycinania otworów służą nożyce przedstawione na rys. 5-2c.

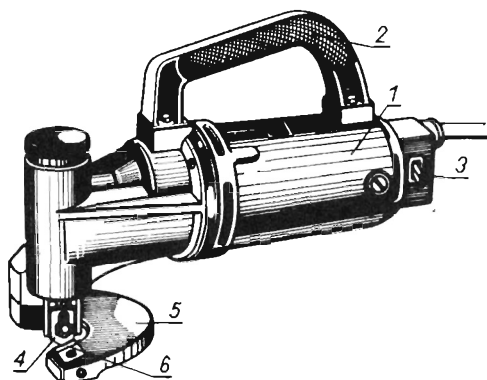


Rys. 5-2. Nożyce ręczne: a) proste lewe, b) proste prawe, c) do wycinania otworów

Przed cięciem należy wytrasować na blasze zarys wycinanego przedmiotu. Podczas cięcia nożyce powinny być tak ustawione, żeby nie zasłaniały wytrasowanej linii cięcia (rys. 5-3). W czasie cięcia nożycami ręcznymi światło powinno padać z prawej strony, a w czasie cięcia nożycami dźwigniowymi lub gilotynowymi — z lewej. Do cięcia blach grubości 3 mm o skomplikowanym kształcie



Rys. 5-3. Cięcie blachy nożycami

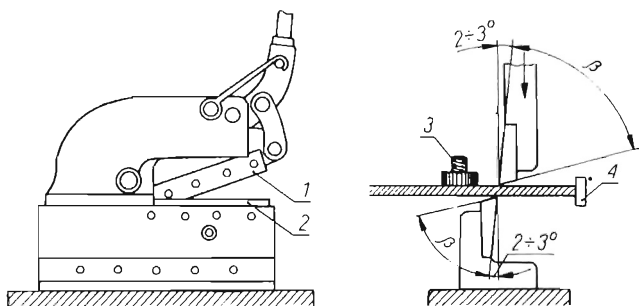


Rys. 5-4. Nożyce elektryczne

i małych krzywiznach znajdują zastosowanie **nożyce elektryczne (rys. 5-4)**. W czasie pracy trzyma się je w ręce za rękkość 2 i prowadzi wzdłuż linii cięcia. Nóż ruchomy 4, zamontowany na końcu suwaka, jest napędzany silnikiem elektrycznym wbudowanym w korpus 1. Suwak wraz z nożem wykonuje ruch postępowo-zwrotny kilkaset razy na minutę. Nóż ruchomy 4 tnie łącznie z nożem nieruchomym 6 zamontowanym na końcu kabłąka 5. Nóż uruchamia się za pośrednictwem włącznika 3.

Cięcie nożycami dźwigniowymi i równoległymi

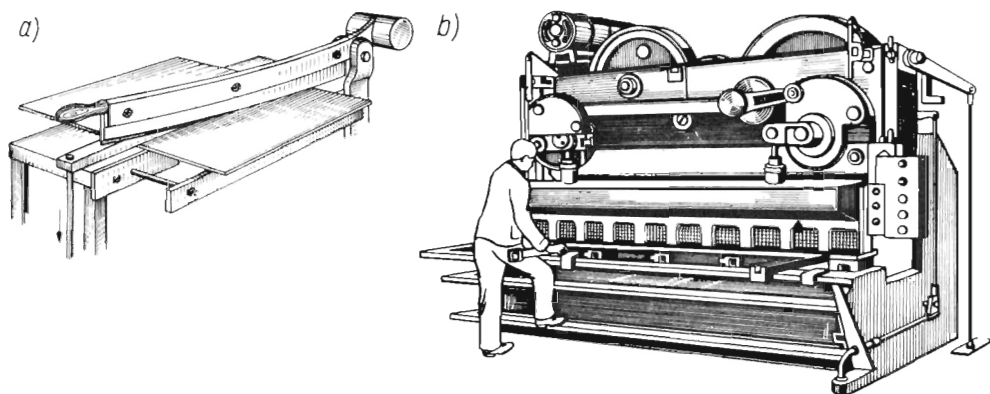
Nożyce dźwigniowe przedstawiono na rys. 5-5. Służą one do przecinania blach grubych i płaskowników. Powierzchnie noży są nachylone względem płaszczyzny cięcia pod kątem $2 \div 3^\circ$. Wartość kąta ostrza β zależy od przecinanego materiału i wynosi: dla materiałów średniej twardości 75° , dla materiałów twardych $80 \div 85^\circ$, a dla materiałów miękkich $60 \div 65^\circ$. Dolny nóż 2 nożyc dźwigniowych jest nieruchomy i przymocowany do dolnej części korpusu. Nóż górny 1 jest ruchomy i połączony z dźwignią.



Rys. 5-5. Nożyce dźwigniowe
1 — nóż górny, 2 — nóż dolny,
3 — przytrzymywacz, 4 — zderzak

Nożyce dźwigniowe często są wyposażone w przytrzymywacz 3, który zapobiega wyginaniu się blach podczas cięcia, oraz w zderzak 4 ułatwiający cięcie dużej liczby odcinków materiału o tych samych wymiarach.

Nożyce równoległe, czyli **gilotynowe**, służą do cięcia blach wzdłuż linii prostej. Nożyce równoległe ręczne (stołowe) przedstawione na rys. 5-6a służą

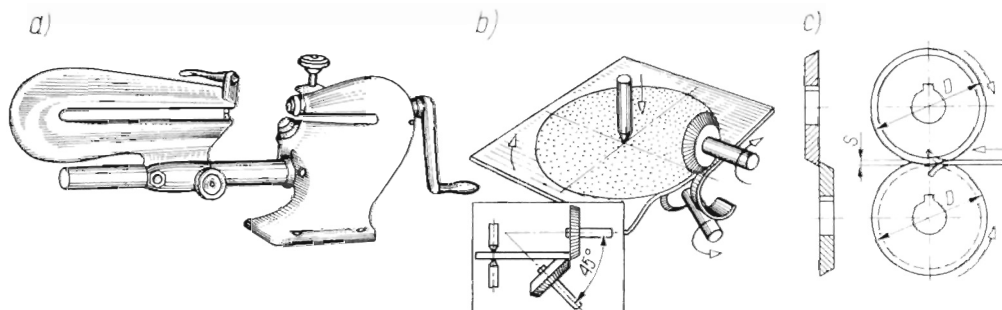


Rys. 5-6. Nożyce gilotynowe: a) ręczne, b) mechaniczne

do cięcia długich pasków blach o bardzo małej grubości. Do cięcia dużych arkuszy blach o grubości nawet do 32 mm są stosowane nożyce równoległe mechaniczne (rys. 5-6b). Nóż dolny jest mocowany nieruchomo w dolnej części korpusu. Nóż górny zaś jest mocowany w korpusie suwaka, który przesuwa się w górę i w dół w prowadnicach, a jest poruszany mechanizmem mimośrodowym od wału roboczego napędzanego silnikiem elektrycznym.

Cięcie nożycami krążkowymi

Rozróżnia się nożyce krążkowe do cięcia **po okręgu** (rys. 5-7) oraz do cięcia **wzdłuż linii prostej**.

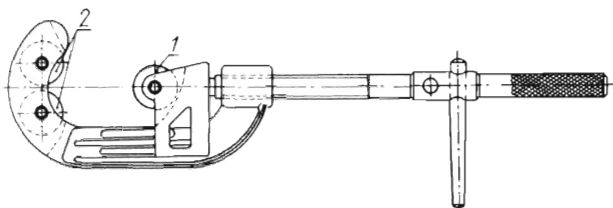


Rys. 5-7. Nożyce krążkowe: a) widok, b) cięcie na nożycach krążkowych po okręgu, c) cięcie na nożycach krążkowych wzdłuż linii prostej

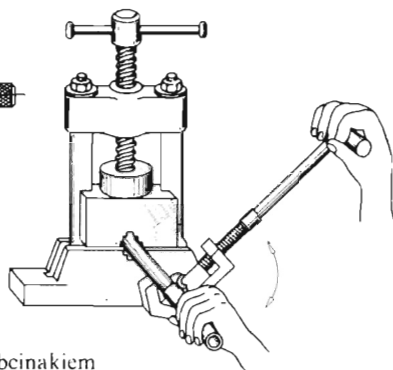
Noże w nożycach krążkowych mają kształt krążków o zaokrąglonych krawędziach tnących. Oba noże są napędzane i obracają się z jednakową prędkością w przeciwnych kierunkach. Do napędu noży sprzęgniętych ze sobą za pomocą przekładni zębatej służy silnik elektryczny wbudowany w korpus. Nożyce krążkowe umożliwiają cięcie blach o nieograniczonej długości.

Obcinaki do rur

Obcinak do rur (rys. 5-8) służy do przecinania rur grubościennych o dużych średnicach. Narzędziem tnącym są noże krążkowe 1. Są produkowane dwa rodzaje obcinaków: trzynożowe oraz z jednym nożem i dwiema rolkami 2. Cięcie rur grubościennych obcinakiem przedstawiono na rys. 5-9. Rurę mocuje się w specjalnym imadle do rur, zakłada obcinak i dociska krążek do rury pokrętką.



Rys. 5-8. Obcinak do rur



Rys. 5-9. Cięcie rur obcinakiem

Następnie obraca się obcinak dookoła rury, stale dociskając krążek, aż do całkowitego obcięcia. Obcinaki trzynożowe są wygodniejsze w użyciu, ponieważ do całkowitego obcięcia rury wystarczają tylko ruchy wahadłowe obcinaka.

5.2. Cięcie metali na piłach

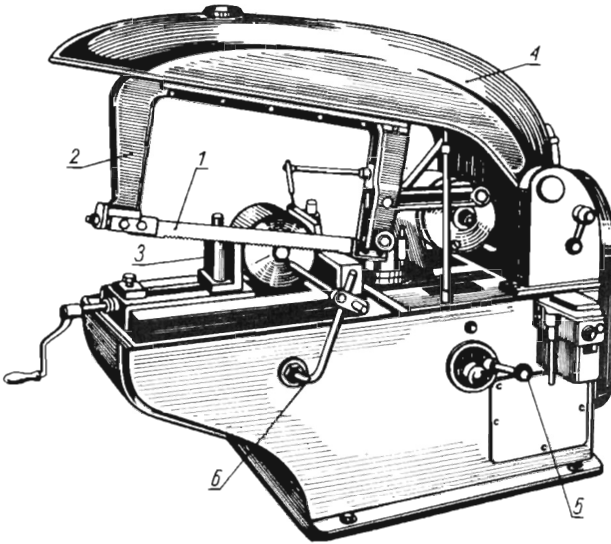
Do przecinania materiałów o większych przekrojach, przeważnie w celu przygotowania materiału wyjściowego do dalszej obróbki oraz w celu przygotowania odpowiednich odcinków materiałów kształtowych do konstrukcji metalowych, są stosowane **piły mechaniczne** ramowe, tarczowe, taśmowe i cierne.

Piły ramowe

Piły ramowe są obrabiarkami do cięcia metali, w których narzędzie (brzeszczot) wykonuje ruch postępowo-zwrotny.

Piłę ramową przedstawiono na rys. 5-10. Brzeszczot 1 jest zamocowany w suwaku 2. Suwak przesuwają się w prowadnicach ramienia 4 ruchem postępowo-zwrotnym za pośrednictwem mechanizmu mimośrodowego napędzanego silnikiem elektrycznym. Długość skoku można regulować przez przesunięcie mimośrodów. Posuw, czyli opuszczenie ramienia, odbywa się hydraulicznie za pośrednictwem pompy i tłoka roboczego znajdującego się w korpusie i połączonego ciągnem z ramieniem. Nastawiając odpowiednio dźwignię 5 zaworu sterującego, powoduje się podnoszenie i opuszczanie ramienia, a także wywieranie odpowiedniego nacisku w czasie suwu roboczego i lekkie uniesienie brzeszczotu

Rys. 5-10. Piła ramowa



w czasie ruchu jałowego. W starych typach pił ramowych nacisk na brzeszczot jest wywierany przez zawieszenie ciężarków na ramieniu. Materiał przeznaczony do cięcia mocuje się w imadle 3 i ogranicza zderzakiem 6. Brzeszczoty do pił ramowych są uzębione tylko na jednej krawędzi. Długość brzeszczotów wynosi $300 \div 600$ mm. Brzeszczoty mogą się różnić między sobą podziałką, czyli odległością krawędzi skrawających dwóch sąsiednich ostrzy. Zęby brzeszczotów są rozwierane.

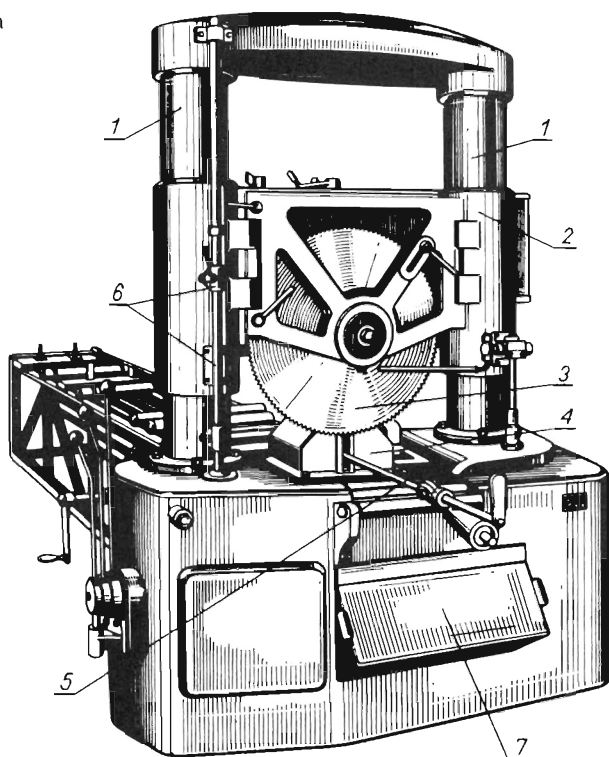
Piły tarczowe

Bardzo wydajnymi obrabiarkami do cięcia metali na zimno są piły tarczowe. Wadą pił tarczowych jest stosunkowo duża strata materiału podczas cięcia, gdyż szerokość narzędzia (tarczy) jest dość duża i wynosi $4 \div 12$ mm. Narzędzie jest wykonane w postaci uzębionej tarczy o średnicy $300 \div 1200$ mm. Piły mogą mieć zęby nacięte wprost na tarczy, częściej jednak stosuje się zęby wykonane w postaci segmentów przymocowanych do tarczy. Segmenty te wykonuje się ze stali narzędziowej szybko tnącej. Stosuje się również piły tarczowe z nakładkami z węglików spiekanych.

Narzędzie (piła tarczowa) wykonuje ruch roboczy obrotowy i ruch posuwowy. Materiał przeznaczony do cięcia jest mocowany w imadle. Docisk szczęk imadła może być mechaniczny lub hydrauliczny.

Prędkość obwodowa piły tarczowej może być regulowana w zakresie $5 \div 1200$ m/min. Prędkości obwodowe powyżej 50 m/min stosuje się podczas cięcia materiałów miękkich, np. stopów aluminium. Niektóre piły tarczowe są wyposażone w rolkowy podajnik materiału z napędzanymi rolkami, co przy przecinaniu materiałów o dużej długości znacznie ułatwia pracę. Piłę tarczową przedstawiono na rys. 5-11. Na dwóch słupach 1 jest umieszczona przesuwana belka poprzeczna 2 z piłą 3 oraz zespołem napędowym piły. Materiał jest zamocowany w imadle 4. Docisk szczęki imadła jest hydrauliczny, a wartość

Rys. 5-11. Piła tarczowa



siły docisku odczytuje się na manometrze. Podczas cięcia większej liczby odcinków o jednakowej długości korzysta się ze zderzaka 5, którego położenie ustala się uprzednio. Posuw belki w dół i przyspieszony powrót do góry po przecięciu odbywa się za pomocą mechanizmu hydraulicznego. Posuw belki jest ograniczony zderzakiem 6. Posuw hydrauliczny jest regulowany samoczynnie w zależności od oporu skrawania, co zapobiega wyłamaniu zębów piły. Wióry opadają do szuflady 7, co ułatwia ich usuwanie. Piłą tarczową można przecinać materiały o średnicy do 250 mm.

Piły taśmowe

Piły taśmowe są stosowane przede wszystkim do wycinania przedmiotów o skomplikowanych kształtach, a szczególnie otworów kształtowych oraz do obcinania nadlewów ze stopów aluminium.

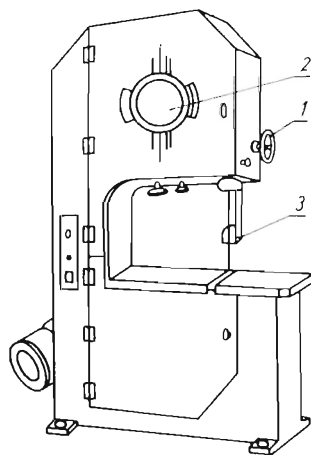
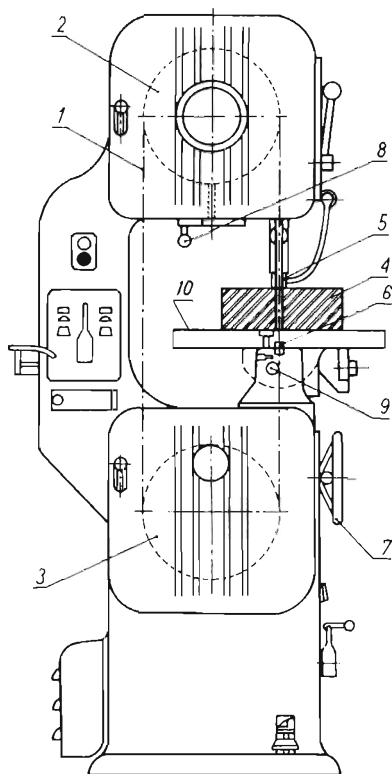
Piłę taśmową przedstawiono na rys. 5-12. Narzędziem jest piła 1, osadzona na dwóch tarczach 2 i 3. Tarcza dolna 3 jest napędzającą, tarcza górna 2 może przesuwać się, co umożliwia zakładanie i naprężanie taśmy. Taśma przesuwa się z prędkością $10 \div 50$ m/min. Przedmiot obrabiany umieszcza się na stole 10, który można ustawić pod kątem.

Piła taśmowa ma grubość $0,65 \div 1,1$ mm i szerokość $3 \div 40$ mm. Mała grubość taśmy powoduje małe straty materiału. Piła taśmowa przesuwa się pionowo w dół ruchem ciągłym, dzięki czemu praca jest bardzo wydajna. Przecinany

przedmiot przesuwany ręcznie na stole obrabiarki zgodnie z kierunkiem rys traserskich. Wycinając otwory kształtowe przedmiot najpierw należy przewiercić i przeciągnąć przez ten otwór przeciętą piłę taśmową, której oba końce należy następnie zgrzać. Otrzymane złącze należy oszlifować na grubość taśmy.

Rys. 5-12. Piła taśmowa

1 — piła, 2 — tarcza nastawna, 3 — tarcza napędzająca, 4 — przedmiot przecinany, 5, 6 — urządzenia prowadzące taśmę, 7 — kółko ręczne napędowe (używane przed uruchomieniem maszyny), 8 — kółko ręczne do przesuwania tarczy 2 (naciąg piły), 9 — mechanizm do ustawiania stolika pod kątem, 10 — stółik



Rys. 5-13. Taśmowa piła cierna

Piły cierne

Rozróżnia się piły cierne **tarczowe** i **taśmowe**. Narzędziem tnącym jest stalowa tarcza lub taśma. Cięcie następuje na zasadzie tarcia, które jest wystarczające do stopienia warstwy materiału w miejscu przecinania dzięki stosowaniu dużych roboczych prędkości narzędzia i nacisku na przecinany materiał. Tarcza lub taśma są wykonywane z miękkiej stali węglowej. Grubość tarcz i taśm wynosi 0,3÷2 mm. Prędkość obwodowa tarcz wynosi 100 m/s. Piły tarczowe znajdują często zastosowanie w produkcji masowej. Są to najbardziej wydajne piły mechaniczne. Czas przecinania stalowego wálka o średnicy 120 mm wynosi 90 sekund. Na rys. 5-13 przedstawiono piłę cierną taśmową. Budowa tej piły jest bardzo podobna do piły taśmowej; prędkość robocza taśmy jest większa od piły taśmowej i wynosi 15÷50 m/s. W związku z tym w roboczej strefie taśmy przewidziano przewodnicowe urządzenie ochronne 3 umożliwiające bezpieczną pracę. Do regulacji położenia tego urządzenia służy pokrętka 1. Do regulacji naciągu taśmy służy pokrętło 2.

5.3. Zasady bezpiecznej pracy podczas cięcia nożycami i na pilach

W czasie cięcia metali nożycami nietrudno o wypadek. Bardzo często zdarzają się okaleczenia rąk o zadziory na krawędziach blach. W związku z tym zadziory należy natychmiast usuwać specjalnym skrobakiem lub pilnikiem. Przyczyną okaleczeń rąk często jest przeginanie blachy w czasie cięcia, dlatego podczas cięcia nożycami ręcznymi należy blachę dobrze uchwycić, a podczas cięcia na nożycach dźwigniowych — stosować przytrzymywacz blachy.

Do pracy należy używać nożyc naostrzonych. Ostrzyć należy powierzchnie pracujące nożyc, szlifując je tak, aby kąt przyłożenia wynosił $2 \div 3^\circ$. Właściwy stan nożyc zapobiega tworzeniu się zadziorów i przeginaniu blachy.

Nożyce dźwigniowe należy zabezpieczać przed samoczynnym opadnięciem dźwigni.

Nożyce gilotynowe (stołowe) powinny być wyposażone w listwę ochronną umieszczoną nisko nad stołem, tak żeby nie przechodziły pod nią palce obsługującego.

Nożyce krążkowe powinny być wyposażone w odpowiednic osłony, a osłona górnego krążka musi mieć szczelinę do obserwacji linii cięcia.

Wszystkie nożyce o napędzie mechanicznym muszą być wyposażone w osłony na obracające się części napędowe.

Korpusy nożyc o napędzie elektrycznym muszą być uziemione.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Nożycami ręcznymi można ciąć blachy stalowe do grubości: **a)** 4 mm? **b)** 0,5 mm? **c)** 1 mm? **d)** 3 mm?
2. Ręcznymi nożycami elektrycznymi można ciąć blachy stalowe do grubości: **a)** 5 mm? **b)** 1 mm? **c)** 4 mm? **d)** 3 mm?
3. Powierzchnie nożyc dźwigniowych są nachylone względem płaszczyzny pod kątem: **a)** $1 \div 2^\circ$? **b)** $2 \div 3^\circ$? **c)** $4 \div 6^\circ$? **d)** $3 \div 4^\circ$?
4. Wartość kąta ostrza β nożyc dźwigniowych do cięcia materiałów średniej twardości wynosi: **a)** 35° ? **b)** 75° ? **c)** 60° ? **d)** 85° ?
5. Który z noży w nożycach równoległych jest ruchomy: **a)** dolny? **b)** dolny i górny? **c)** górny?
6. Który z noży w nożycach krążkowych jest napędzany: **a)** dolny? **b)** dolny i górny? **c)** górny?
7. Które piły mechaniczne są najbardziej wydajne: **a)** piły ramowe? **b)** piły tarczowe? **c)** piły cierne? **d)** piły cierne taśmowe? **e)** piły taśmowe?
8. Które piły mechaniczne powodują największą stratę materiału: **a)** piły ramowe? **b)** piły tarczowe? **c)** piły cierne? **d)** piły taśmowe?
9. Prędkość obwodowa piły tarczowej wynosi: **a)** $5 \div 1200$ m/min? **b)** $200 \div 600$ m/min? **c)** $400 \div 1100$ m/min? **d)** $10 \div 2000$ m/min?
10. Narzędzie piły taśmowej, czyli taśma użębiona ma grubość: **a)** $0,5 \div 3$ mm? **b)** $1 \div 2$ mm? **c)** $0,65 \div 1,1$ mm? **d)** $0,43 \div 2,3$ mm?
11. Które piły mechaniczne są najmniej wydajne: **a)** piły tarczowe? **b)** piły ramowe? **c)** piły taśmowe? **d)** piły cierne?

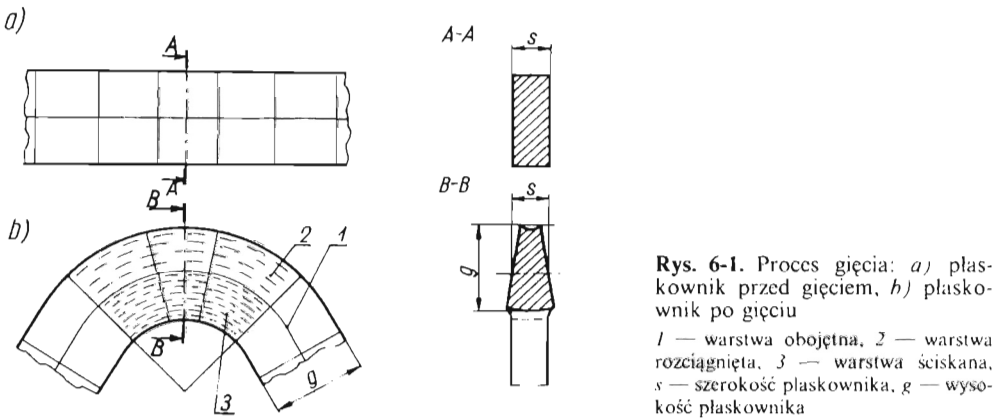
6 Gięcie i prostowanie metali

6.1. Wiadomości ogólne

Gięcie i prostowanie należą do operacji obróbki plastycznej, podczas których, dzięki działaniu odpowiednich sił, nadaje się przedmiotowi żądany kształt bez skrawania materiału. Podczas gięcia grubość materiału nie ulega zasadniczym zmianom.

Gięcie i prostowanie można wykonać na zimno lub gorąco. **Gięcie na gorąco** stosuje się do materiałów grubszych, gdyż metale i ich stopy po podgrzaniu wykazują większą plastyczność i wówczas do gięcia jest potrzebna mniejsza siła. **Gięcie na zimno**, w przypadku dużych odkształceń oraz wykonywania bardziej odpowiedzialnych części, należy zakończyć wyżarzaniem rekrytalizującym w celu usunięcia naprężeń i skutków zgniotu powstałych podczas gięcia. Wyżarzanie rekrytalizujące po obróbce plastycznej na zimno polega na rozgrzaniu przedmiotu wykonanego ze stali do temperatury $550 - 650^{\circ}\text{C}$, wygrzaniu w tej temperaturze i ostudzeniu na wolnym powietrzu. Gięcie i prostowanie można wykonywać ręcznie lub maszynowo z użyciem pras lub walców.

Podczas gięcia materiał zostaje odkształcony w miejscu zginania (rys. 6-1).

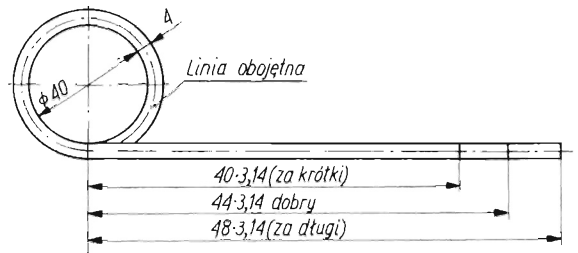


Rys. 6-1. Proces gięcia: a) płaskownik przed gięciem, b) płaskownik po gięciu

1 — warstwa obojętna, 2 — warstwa rozciągnięta, 3 — warstwa ściskana, s — szerokość płaskownika, g — wysokość płaskownika

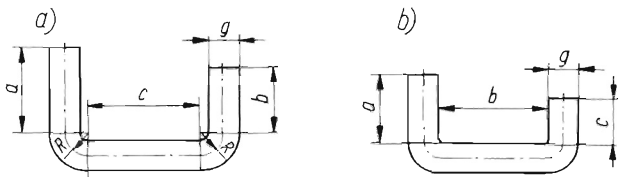
Warstwy zewnętrzne materiału są w czasie gięcia rozciągane, a po zakończeniu gięcia wydłużane na pewnym odcinku. Warstwy wewnętrzne materiału są w czasie gięcia ścisane, a po zakończeniu gięcia skrócone na pewnym odcinku. Warstwy środkowe leżące na linii obojętnej, przechodzącej przez środek grubości materiału, nie ulegają rozciąganiu ani ścisaniu. Do wykonywania przedmiotu gięciem konieczna jest znajomość długości materiału wyjściowego. Długość materiału wyjściowego musi być równa długości linii obojętnej w wygiętym przedmiocie (rys. 6-2).

Rys. 6-2. Ustalenie materiału wyjściowego podczas gięcia pierścienia



Długość L materiału wyjściowego do wykonania przedmiotu przedstawionego na rys. 6-3a określa się następująco:

$$L = a + b + c + 2 \cdot \frac{\pi \cdot R}{2}$$



Rys. 6-3. Szkice do określenia długości materiału wyjściowego

W przypadku gięcia bez zaokrąglenia po stronie wklęsłej lub z zaokrągleniem mniejszym niż 0,3 grubości zginanego płaskownika długość części wygiętej przyjmuje się równą 0,5 grubości zginanego płaskownika. Długość L materiału wyjściowego do wykonania przedmiotu bez zaokrąglenia po stronie wewnętrznej (rys. 6-3b) określa się następująco:

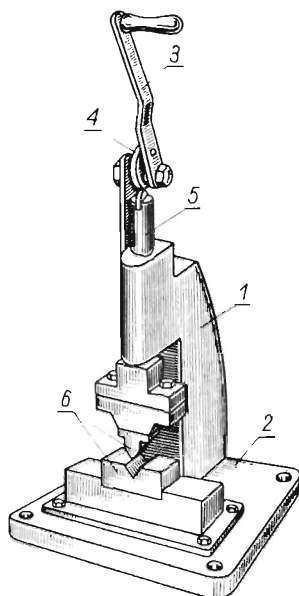
$$L = a + b + c + 2 \cdot \frac{g}{2}$$

6.2. Narzędzia i urządzenia do gięcia i prostowania

Gięcia i prostowania ręcznego dokonuje się przede wszystkim za pomocą różnego rodzaju **młotków** na kowadłach, płytkach żeliwnych oraz w szczękach imadeł.

Do gięcia metali nieżelaznych oraz cienkich blach używa się młotków miedzianych, ołowianych, a czasem drewnianych lub z twardej gumy. W celu ułatwienia zginania pod kątem 90° szczęki imadeł wyposaża się w nakładki w kształcie kątowników. Nakładki te zapobiegają również powstawaniu na powierzchni giętego materiału śladów nacisku szczęk.

Do gięcia w imadłach są stosowane różnego rodzaju **podkładki** ułatwiające proces gięcia. Zaokrąglenia kształtuje się na wałkach o odpowiednio dobranych średnicach.



Rys. 6-4. Prasa dźwigniowa ręczna
1 — korpus, 2 — podstawa, 3 — dźwignia,
4 — mimośród, 5 — suwak, 6 — wyginak

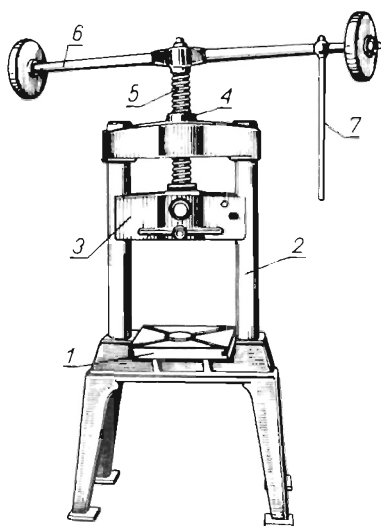
Do gięcia większej liczby przedmiotów są stosowane przyrządy, zwane **wyginakami**, zamocowane na prasach. Na rys. 6-4 przedstawiono prasę dźwigniową ręczną z zamocowanym wyginakiem. Prasę dźwigniową stołową o nacisku do 10 kN nadają się do gięcia cienkiej blachy. Znacznie większy nacisk — do 200 kN — mają prasę śrubowe ręczne (rys. 6-5). Prasa śrubowa składa się ze stołu 1, do którego są przymocowane dwie prowadnice słupowe 2, po których porusza się suwak 3. W górnej belce prasy jest osadzona nakrętka 4, w którą wkręca się śrubę 5 połączoną obrotowo z suwakiem. Gwint śruby jest prostokątny o dużym skoku. Śruba u góry jest zakończona belką z ciężarkami 6, które spełniają zadanie koła zamachowego. Po wprowadzeniu belki z ciężarkami w ruch obrotowy za pomocą dźwigni 7 obracająca się śruba przesuwając suwak w dół.

Oprócz wyginaka na prasach można mocować płyty do prostowania blach, wykrojniki i inne przyrządy.

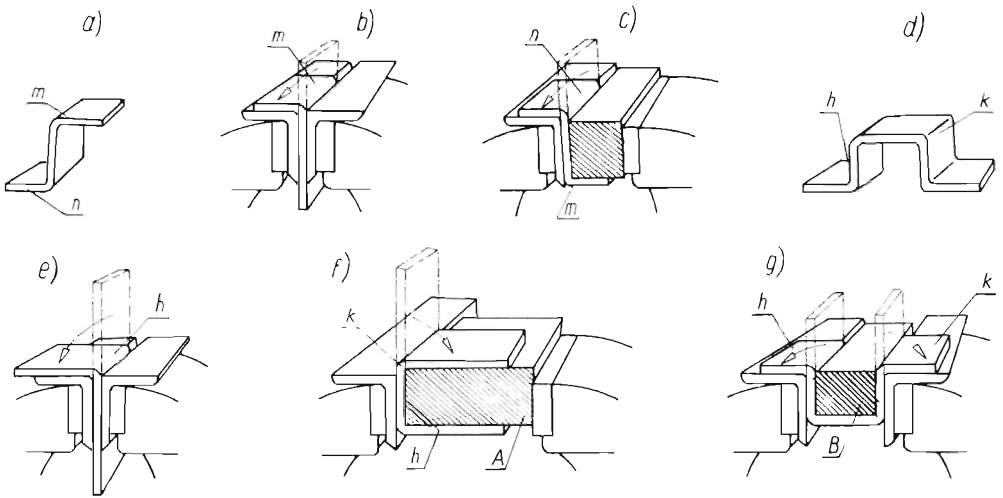
W produkcji masowej do gięcia części są stosowane prasę o napędzie mechanicznym, najczęściej prasę mimośrodową. Znajdują tu także zastosowanie prasę hydrauliczne.

Gięcie płaskowników

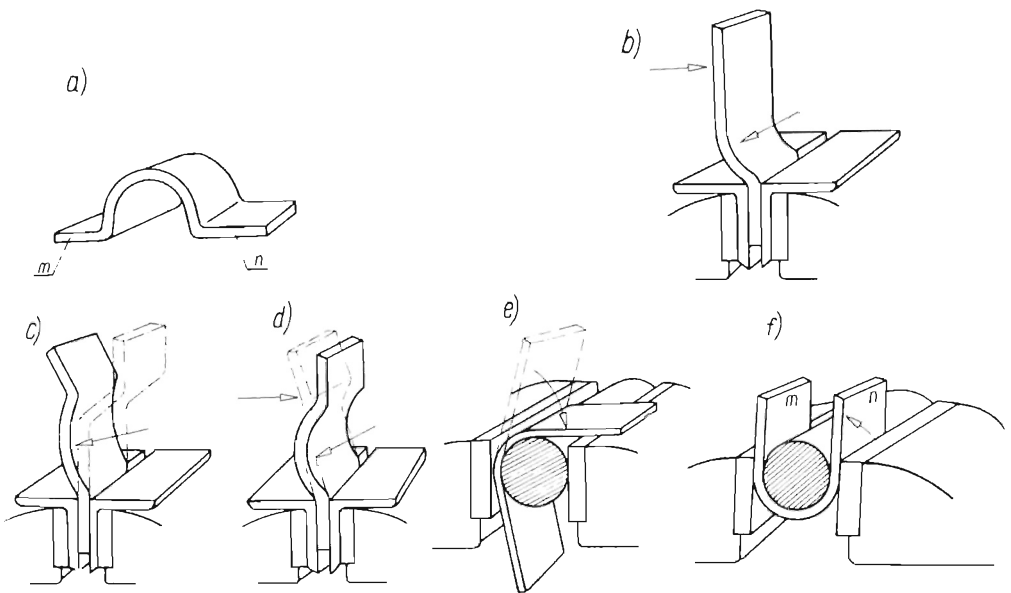
Gięcia płaskowników najczęściej dokonuje się w szczękach imadła. Na rys. 6-6 przedstawiono gięcie zetownika i skobla prostokątnego w imadle, a na rys. 6-7 — gięcie skobla półokrągłego. Gięcia grubych płaskowników oraz prętów dokonuje się, przeważnie po uprzednim nagraniu, najczęściej na prasach śrubowych.



Rys. 6-5. Prasa śrubowa ręczna



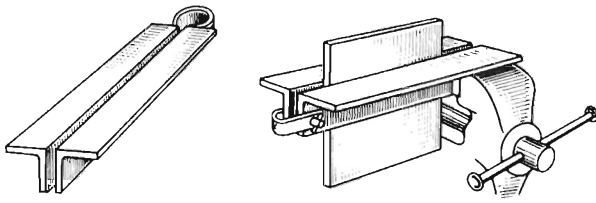
Rys. 6-6. Gięcie zetaownika i skobła prostokątnego w imadle: *a)* rysunek zetaownika, *b)* zginanie ramienia *m*, *c)* zginanie ramienia *n*, *d)* rysunek skobła prostokątnego, *e)* zginanie ramienia *h*, *f)* zginanie ramienia *k* za pomocą klocka *A*, *g)* odginanie końcówek ramion *h* i *k* za pomocą klocka *B*



Rys. 6-7. Gięcie skobła półokrągłego w imadle: *a)* rysunek skobła, *b), c), d)* gięcie skobła bez sworznia pomocniczego, *e), f)* gięcie za pomocą sworznia pomocniczego

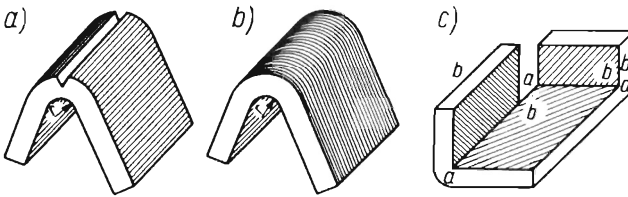
Gięcie blach

Ręcznie blachy cienkie gnie się w szczękach **imadła** bez żadnych środków pomocniczych. W przypadku gięcia blach znacznej szerokości lub długości należy je mocować w dwóch kątownikach osadzonych w imadle (**rys. 6-8**). W przypadku gięcia blach pod kątem ostrym i małych promieniach gięcia należy zwrócić uwagę

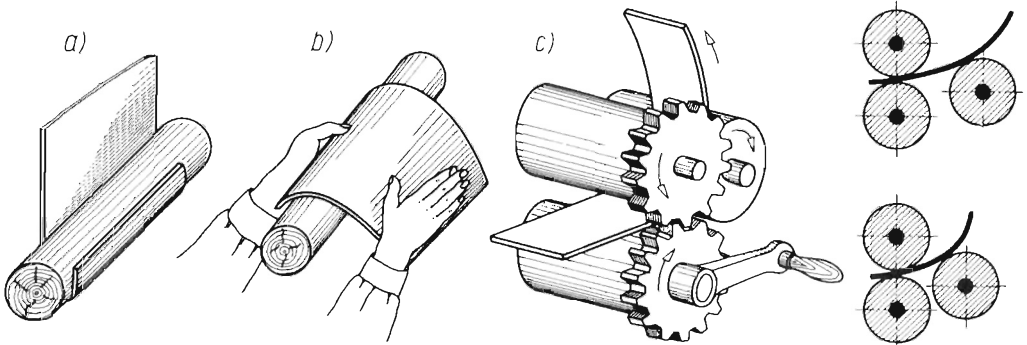


Rys. 6-8. Zamocowanie blachy w imadle za pomocą dwóch kątowników

na kierunek włókien w blasze, powstałych podczas jej walcowania. Linia gięcia nie powinna być zgodna z kierunkiem tych włókien, gdyż blacha może pęknąć na krawędzi gięcia (rys. 6-9a).



Rys. 6-9. Gięcie blachy: a) gięcie niewłaściwe wzdłuż włókien, b) gięcie prawidłowe prostopadłe do włókien, c) gięcie w dwóch prostopadłych kierunkach ukośnie do włókien



Rys. 6-10. Zwijanie blachy: a) i b) ręcznie, c) na walcach

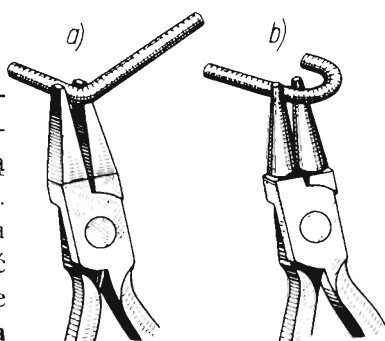
Przy gięciu w dwóch kierunkach włókna powinny przebiegać ukośnie. Gięcie blachy w dwóch kierunkach występuje zawsze podczas wykonywania skrzynek. Gięcie blach można wykonać również maszynowo na **krawędziarkach**. Podczas wykonywania zbiorników i innych przedmiotów z blachy o kształcie cylindrycznym zachodzi konieczność zwijania blachy. Czynność tę można wykonać ręcznie lub maszynowo (rys. 6-10).

Wygniatanie blach

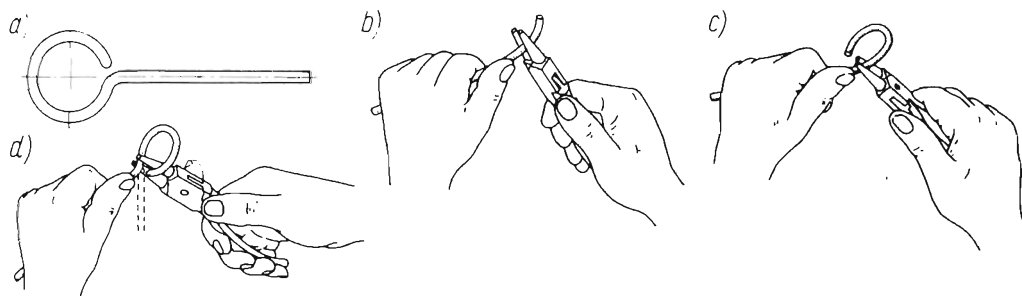
Operację tę wykonuje się w celu usztywnienia lub jako ozdobę. Wygniatanie można wykonywać ręcznie lub pod prasą z zastosowaniem tłoczników, zwanych **wygniatakami**. Ręczne wygniatanie stosuje się tylko do blach cienkich (do 0,5 mm) i wykonuje się je na wzorniku.

Gięcie drutu, prętów i rur

Gięcie drutu cienkiego wykonuje się **szczypcami** okrągłymi i płaskimi (rys. 6-11). Kolejne czynności podczas wykonywania oczka z drutu za pomocą szczypiec okrągłych przedstawiono na rys. 6-12. Gięcie prętów stalowych grubości do 5 mm można wykonywać na zimno. Grubsze pręty należy giąć po uprzednim nagraniu. Gięcia prętów dokonuje się w imadle lub na kowadle za pomocą **młotka** (rys. 6-13). Ażeby nie zniszczyć pręta *1* podczas gięcia, imadło wyposaża się w specjalne wkładki

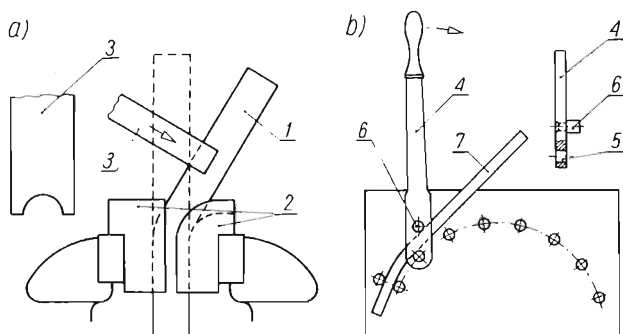


Rys. 6-11. Gięcie drutu szczypcami: a) płaskimi, b) okrągłymi



Rys. 6-12. Gięcie oczka z drutu: a) gięty przedmiot, b, c, d) kolejne operacje gięcia

szczękowe 2, a uderzenia młotka są przenoszone przez klocek metalowy 3 z odpowiednim wycięciem (rys. 6-13a). Do gięcia prętów ma zastosowanie również przyrząd przedstawiony na rys. 6-13b. Składa się on z płyty z zamocowanymi na niej kołkami stalowymi i dźwigni 4. Dźwignia ma wycięty otwór 5 i kołek 6. Dźwignię zakłada się kolejno na kołki i dogina pręt 7 do wymaganego kształtu za pomocą kołka 6 dźwigni.



Rys. 6-13. Wyginanie pręta okrągłego: a) w imadle, b) w przyrządzie

Gięcia rur dokonuje się w imadle, posługując się przeważnie wzornikiem lub przyrządem rolkowym, a także na specjalnych maszynach do gięcia rur. Przed przystąpieniem do gięcia rurę należy wypełnić suchym piaskiem, kalafonią lub łożem, żeby uniknąć odkształceń w miejscu gięcia.

Gięcie rur można wykonywać na zimno lub gorąco. Rury stalowe grubościennie o średnicy do 25 mm i promieniu gięcia ponad 30 mm można giąć na zimno bez wypełniania piaskiem. Rury ze szwem należy tak ustawić do gięcia, żeby szew znajdował się na linii obojętnej.

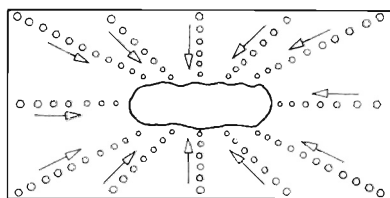
6.3. Prostowanie

Celem prostowania jest przywrócenie pierwotnych kształtów materiałom zniekształconym. Prostować można na zimno lub na gorąco, ręcznie lub maszynowo.

Prostowanie blach

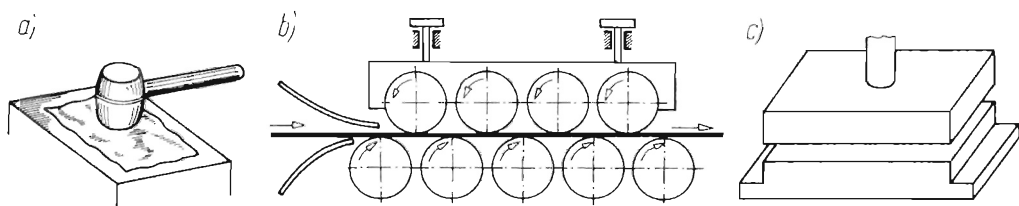
Cienkie blachy z metali nieżelaznych prostuje się przeciągając je przez gładką krawędź z drewna lub metalu kilkakrotnie w kierunkach prostopadłych. Cienkie blachy stalowe prostujemy na gładkiej stalowej płycie młotkiem drewnianym, a blachy grubsze młotkiem stalowym. Chcąc wyprostować blachę, układamy ją na płycie wypukłościami do góry i uderzamy młotkiem między te wypukłości. Osiągamy przez to wyciąganie blachy i sprowadzanie nierówności do jednej wypukłości w środkowej części powierzchni blachy. Wypukłość tę należy obrysować kredą.

Prostowanie wypukłości polega na zastosowaniu serii uderzeń młotkiem wg schematu przedstawionego na **rys. 6-14**. Uderzenia powinny być częste, silne przy krawędziach blachy, a coraz słabsze w miarę zbliżania się do wypukłości. Gdy



Rys. 6-14. Schemat uderzeń przy prostowaniu blachy

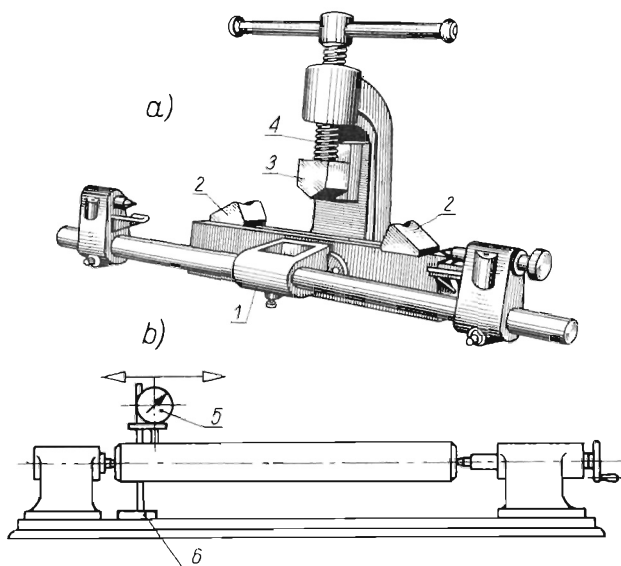
wypukłość się zmniejszy, to odwracamy blachę na drugą stronę i postępując jak poprzednio, lekkimi uderzeniami doprowadzamy powierzchnię blachy do płaskości (**rys. 6-15a**). Prostowania blach i taśm można dokonywać również mechanicznie za pomocą walców (**rys. 6-15b**) lub na prasach za pomocą przyrządu składającego się z dwóch płyt (**rys. 6-15c**).



Rys. 6-15. Prostowanie blachy: a) młotkiem, b) na walcach, c) w przyrządzie

Prostowanie płaskowników, prętów i wałków

Zgięty płaskownik lub pręt odginamy wstępnie w imadle, a następnie kładziemy na kowadle lub płycie wypukłością do góry uderzając młotkiem w wypukłe miejsce. Pod koniec prostowania należy stosować coraz słabsze uderzenia i płaskownik obracać o kąt 180° , żeby zapobiec wygięciu w przeciwną stronę. Podczas prostowania prętów okrągłych należy w końcowej fazie prostowania obracać je dookoła osi. Wyniki prostowania sprawdza się wzrokowo, a zauważone nierówności oznacza kredą i ponownie prostuje. Pręty grube prostuje się, po uprzednim nagraniu w miejscu skrzywionym, przeważnie na prasie, stosując odpowiednie podkłady.



Rys. 6-16. Prostowanie i sprawdzanie prostoliniowości wałka: *a)* prasa do prostowania, *b)* sprawdzanie prostoliniowości

1 — przyrząd kołowy, 2 — podpory, 3 — klocek, 4 — śruba, 5 — czujnik, 6 — podstawa czujnika

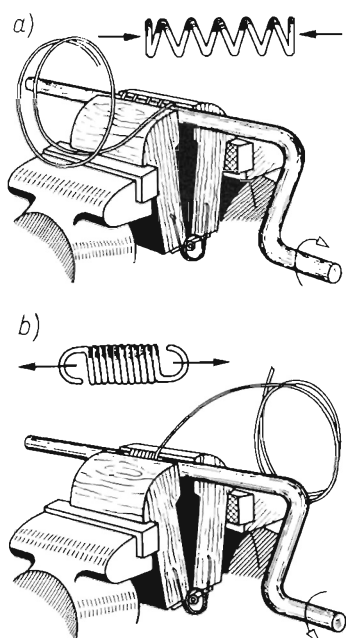
Prostowania wałków powinno dokonywać się na specjalnej prasie wyposażonej w przyrząd kłowy do sprawdzania prostoliniowości wałka (**rys. 6-16**). Prostowanie na takiej prasie daje najlepsze wyniki.

6.4. Zwijanie sprężyn

Przed przystąpieniem do zwijania sprężyny należy obliczyć długość drutu L potrzebną do jej wykonania, korzystając z wzoru:

$$L = \pi \cdot D_o \cdot n$$

w którym: L — długość drutu,
 D_o — średnia średnica sprężyny,
 n — liczba zwojów.

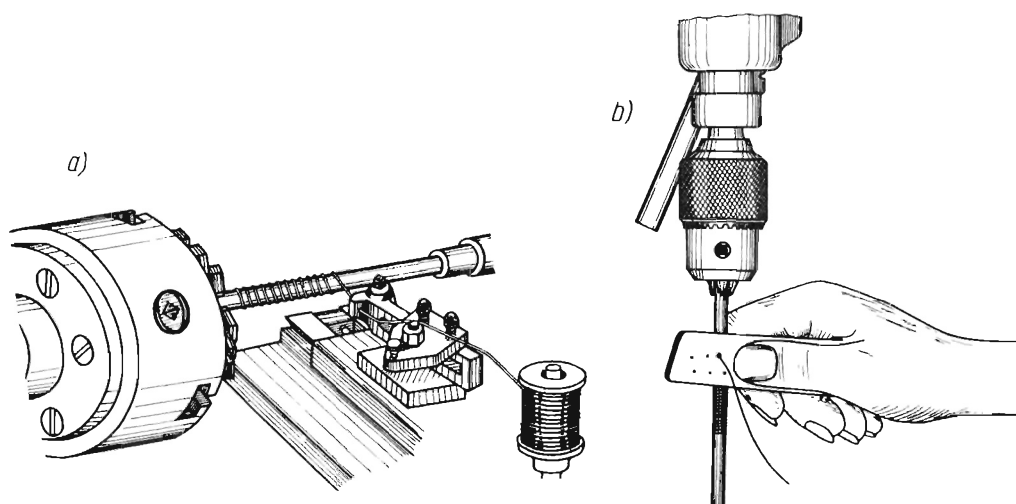


Rys. 6-17. Zwijanie ręczne sprężyn w imadle: *a)* zwijanie sprężyny pracującej na ściskanie, *b)* zwijanie sprężyny pracującej na rozciąganie

Średnia średnica sprężyny jest równa średnicy wewnętrznej powiększonej o grubość drutu lub średnicy zewnętrznej pomniejszonej o grubość drutu.

Zwijanie sprężyn śrubowych z drutu wykonuje się na trzpieniu ręcznie w szczękach imadła (**rys. 6-17**), na tokarkach (**rys. 6-18a**), na wiertarkach (**rys. 6-18b**) i na specjalnych automatach. Ze względu na sprężystość drutu średnica trzpienia powinna być o 1/5 mniejsza od wewnętrznej średnicy sprężyny. Na jednym końcu trzpienia musi znajdować się otwór do zamocowania końca drutu. Przy ręcznym zwijaniu sprężyn trzpień ma kształt korby i jest zamocowany w imadle między dwiema przekładkami drewnianymi.

Sprężyny rozciągane mają końce zawinięte pierścieniowo lub półpierścieniowo i dlatego po zwinięciu należy ostatni zwoj lub pół zwoju odgiąć o kąt 90° i odpowiednio ukształtować po uprzednim podgrzaniu. Końce sprężyn ścisanych należy po wykonaniu podgrzać, następnie docisnąć do zetknięcia z poprzednim zwojem i zeszlifować tak, aby ich powierzchnia czołowa była prostopadła do osi sprężyny. Zamiast podgrzewania i doginania ostatniego zwoju sprężyny ścisanej można go ukształtować już podczas zwijania, a następnie tylko zeszlifować.



Rys. 6-18. Zwijanie sprężyn: *a)* na tokarce, *b)* na wiertarce

6.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas gięcia i prostowania

Przed rozpoczęciem pracy należy każdorazowo sprawdzić, czy narzędzia znajdują się w należyтым stanie. Należy zwrócić uwagę na właściwe zamocowanie przedmiotu w imadle. Podczas gięcia i prostowania blach trzeba szczególnie uważać, żeby nie skaleczyć rąk o ostre krawędzie blach.

Podczas gięcia i prostowania na prasach i krawędziarce należy uważać, żeby nie położyć ręki w obszarze pracy suwaka prasy.

Podczas gięcia i prostowania na gorąco należy szczególnie uważać by uniknąć poparzenia.

Zwijając sprężyny na tokarce i wiertarce należy szczególnie uważać, ażeby zwijający drut nie zahaczył o rękaw ubrania roboczego.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Wyżarzanie rekrystalizujące stali po obróbce plastycznej na zimno wykonuje się w temperaturze: **a)** $800 \div 950$? **b)** $700 \div 830$?? **c)** $250 \div 350$?? **d)** $650 \div 700$??
2. Na zimno można giąć pręty stalowe do grubości: **a)** 2 mm? **b)** do 5 mm? **c)** do 8 mm? **d)** do 6 mm?
3. Średnica trzpienia do zwijania na nim sprężyn śrubowych powinna być mniejsza od wewnętrznej średnicy sprężyny o:
a) $\frac{1}{4}$? **b)** $\frac{1}{8}$? **c)** $\frac{1}{5}$? **d)** $\frac{1}{3}$?

7 Piłowanie

7.1. Wiadomości ogólne

Piłowanie ma na celu skrawanie z powierzchni obrabianego materiału cienkiej warstwy grubości $0,5 \div 1,5$ mm za pomocą narzędzia zwanego **piłnikiem**. Podczas piłowania powstają drobne wiórki, zwane **opilkami**.

Piłowanie stosuje się obecnie głównie w małych warsztatach rzemieślniczych oraz do usuwania zbędnego materiału z odlewów i odkuwek. W zakładach przemysłowych piłowanie stosuje się przeważnie podczas napraw maszyn i urządzeń oraz podczas montażu wyrobów do usuwania zadziorów i dopasowywania części. Piłowanie znajduje zastosowanie w prototypowniach do nadawania ostatecznego kształtu pojedynczo wykonywanym częściom. Piłowanie jest stosowane również niekiedy w narzędziowniach podczas wykonywania jednostkowych spec-

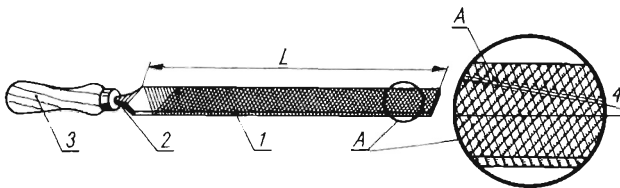
jalnych narzędzi, szczególnie tłoczników i matryc, oraz podczas obrabiania niektórych części jednostkowo wykonywanych przyrządów.

Ponieważ pilowanie jest operacją bardzo pracochłonną, więc stosuje się małe nadatki na pilowanie w granicach $0,5 \div 1,5$ mm.

7.2. Pilniki

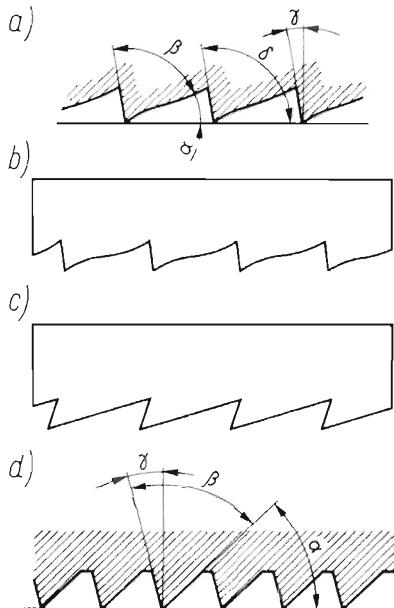
Budowa pilników

Pilnik (rys. 7-1) składa się z części roboczej 1 i chwytu 2 osadzonego w drewnianej rękojeści 3. Na części roboczej są wykonane nacięcia, czyli zęby. Wielkość pilnika jest określona długością części roboczej L . Większość pilników produkuje się w zakresie długości $L = 100 \div 450$ mm. Pilniki wykonuje się ze stali niestopowej narzędziowej. Twardość części roboczej powinna wynosić minimum 59 HRC, a chwyt musi być miękki.



Rys. 7-1. Pilnik

1 — część robocza, 2 — uchwyt, 3 — drewniana rękojeść, 4 — linia kolejnych zębów utworzonych przez przecięcie nacięcia górnego z dolnym

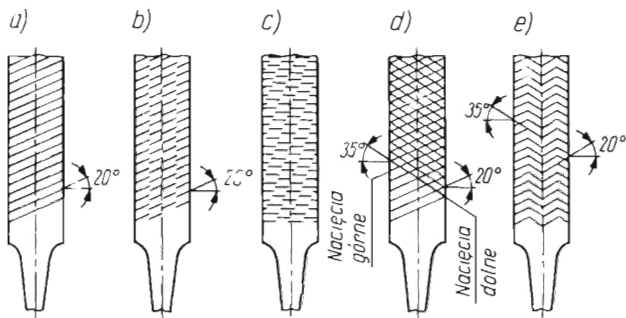


Rys. 7-2. Zęby pilnika: a) kąty zębów, b) zęby nacinane przecinakiem, c) zęby frezowane, d) zęby przeciągane

Zęby na części roboczej wykonuje się przez maszynowe nacinanie przecinakiem, frezowanie lub przeciąganie. Zależnie od sposobu wykonania zęby mają różne kształty oraz inną geometrię ostrzy (rys. 7-2). Zęby nacięte przecinakem mają kąt przyłożenia $\alpha = 36^\circ$, kąt ostrza $\beta = 70^\circ$, kąt natarcia $\gamma = 16^\circ$, kąt skrawania $\delta = 106^\circ$. Zęby wykonane innymi metodami mają następujące kąty: $\alpha = 20 \div 25^\circ$, $\beta = 60 \div 63^\circ$, $\gamma = (+2) \div (-10^\circ)$, $\delta = 80 \div 90^\circ$.

Rozróżnia się pięć rodzajów nacięć pilników (rys. 7-3). Na powierzchniach płaskich pilników mogą być nacięcia jednorzędowe pojedyncze (rys. 7-3a) i jednorzędowe podwójne (rys. 7-3d). Na powierzchniach wypukłych pilników mogą być nacięcia wielorzędowe pojedyncze (rys. 7-3b), nacięcia wielorzędowe śrubowe (rys. 7-3c) albo nacięcia wielorzędowe podwójne (rys. 7-3e). Pilniki o nacięciu jednorzędowym są używane do pilowania materiałów miękkich. Zbierają one wiór równy sze-

Rys. 7-3. Nacięcia pilników:
 a) pojedyncze jednorzędowe,
 b) pojedyncze wielorzędowe,
 c) pojedyncze wielorzędowe śrubowe,
 d) podwójne jednorzędowe,
 e) podwójne wielorzędowe



rokości pilnika, co przy piłowaniu twardych materiałów wymagałoby bardzo dużego wysiłku.

Nacięcia podwójne są nachylone pod kątem 35° do osi pilnika, a nacięcia górne pod kątem 20° . Nacięcie dolne jest nacięciem podstawowym, a górne ma tylko znaczenie pomocnicze (dzieli jedno nacięcie podstawowe na wiele odcinków). Powoduje to, że zamiast jednego wióra o szerokości równej szerokości pilnika otrzymuje się drobne wióry, co zmniejsza wysiłek fizyczny podczas piłowania. Różnica między nacięciami górnymi a dolnymi dotyczy również głębokości nacięć oraz podziałki, czyli liczby nacięć przypadających na 10 mm długości pilników. Liczba nacięć dolnych jest mniejsza od liczby nacięć górnych około 12%. Dzięki temu kolejne zęby powstałe w wyniku przecinania się nacięć górnych z dolnymi tworzą linię skośną nachyloną względem osi pilnika. Takie rozstawienie zębów nie powoduje powstawania na powierzchni obrabianej rowków, które odpowiadałyby liczbie rzędów ostrzy.

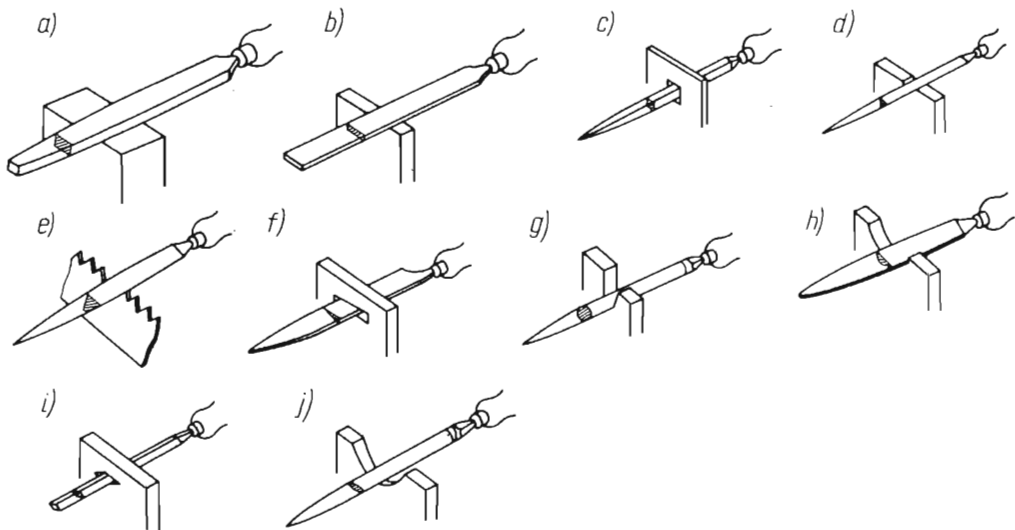
Podział pilników

Rozróżnia się podział pilników według liczby nacięć oraz według kształtu przekroju poprzecznego.

Podział pilników **według liczby nacięć** polega na tym, że zależnie od liczby nacięć przypadających na długości 10 mm, licząc w przekroju równoległym do osi pilnika, rozróżnia się następujące rodzaje pilników:

- nr 0 — zdzieraki — liczba nacięć od 4,5 do 10
- nr 1 — równiaki — liczba nacięć od 6,3 do 28
- nr 2 — półgładziki — liczba nacięć od 10 do 40
- nr 3 — gładziki — liczba nacięć od 14 do 56
- nr 4 — podwójne gładziki — liczba nacięć od 25 do 80
- nr 5 — jedwabniki — liczba nacięć od 40 do 80.

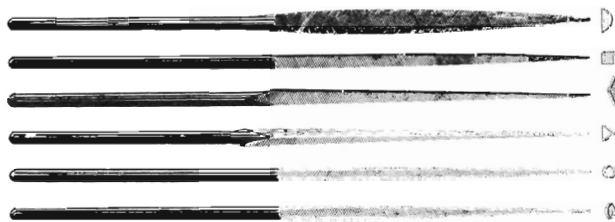
Liczba nacięć zależy od długości L pilnika. Podane liczby nacięć odnoszą się do pilników długości $L = 50 \div 500$ mm, przy czym mniejsze liczby dotyczą pilników długich, a większe pilników krótkich. Liczba nacięć stanowi o przeznaczeniu pilnika. Im większa liczba nacięć, tym bardziej gładka powierzchnia obrabiana.



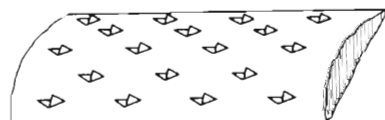
Rys. 7-4. Rodzaje pilników zależnie od kształtu przekroju poprzecznego: *a)* płaski zbiczny, *b)* płaski, *c)* kwadratowy, *d)* trójkątny, *e)* do ostrzenia pił, *f)* nożowy, *g)* okrągły, *h)* półokrągły, *i)* mieczowy, *j)* soczewkowy

W zależności od **kształtu przekroju poprzecznego** rozróżnia się pilniki: płaskie, okrągłe, półokrągłe, kwadratowe, trójkątne, płaskie zbiczne, nożowe, owalne, soczewkowe i mieczowe (**rys. 7-4**).

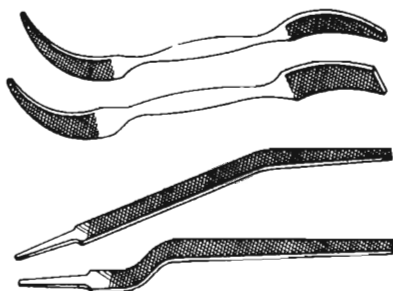
Odrębną grupę stanowią **pilniki igielkowe** (**rys. 7-5**). Są to pilniki o bardzo drobnych nacięciach i małych długościach. Znajdują one zastosowanie do pilowania wykańczającego bardzo drobnych powierzchni z dużą dokładnością. Pilniki te nie są osadzone w drewnianych rękojeściach.



Rys. 7-5. Pilniki igielkowe



Rys. 7-6. Wycinek tarnika



Rys. 7-7. Pilniki wygięte

Są stosowane również pilniki o powierzchni mającej ząbki w kształcie zadziorów, zwane **tarnikami** (rys. 7-6). Tarniki są stosowane do zgrubnej obróbki materiałów bardzo miękkich, jak ołów, stopy cyny, cynku, aluminium i miedzi, a także drewna, gdyż nie tak łatwo zanieczyszczają się opiłkami.

Do obróbki powierzchni trudno dostępnych są stosowane pilniki **wygięte** przedstawione na rys. 7-7.

Dobór pilników do wykonywania obróbki

Pilniki dobiera się w zależności od wymiarów, kształtu i wymaganej chropowatości obrabianej powierzchni. Do piłowania zgrubnego używa się **zdzieraków**, które skrawają warstwę metalu grubości ok. 1 mm. Po piłowaniu zgrubnym zdzierakiem stosuje się **równiak**, który zbiera warstwę metalu grubości 0,3 ÷ 0,5 mm. Pozostałe pilniki, tzn. od **półgładzików** do **jedwabników**, używa się do wykończania powierzchni zależnie od wymaganej gładkości.

Zasady eksploatacji i konserwacji pilników

Pilników nie należy używać do piłowania surowych powierzchni odlewów i odkuwek oraz do piłowania stali hartowanej. Nowe pilniki należy początkowo używać do piłowania materiałów miękkich, jak mosiądz, brąz i stal miękka, a dopiero później do piłowania żeliwa i stali twardej. Nowych pilników nie należy używać do piłowania powierzchni zardzewiałych. Pilników o drobnym nacięciu nie używa się do piłowania metali miękkich, gdyż opiłki zalepią wręby między zębami. Pilniki należy chronić przed korozją, nie piłować ostrych krawędzi nowym pilnikiem, a zabrudzone należy czyścić szczotką stalową prowadząc ją wzdłuż nacięcia.

Nie wolno rzucać pilnika na twarde powierzchnie, gdyż grozi to jego pęknięciem. Nie kłaść go w miejsca pokryte smarem, ani też nie obrabiać nim powierzchni pokrytej smarem lub olejem oraz wilgotnych. Pilniki należy chronić przed wilgocią, zamoczeniem w wodzie oraz przed pyłem szlifierskim. Pilniki zaolejone należy czyścić odpowiednim rozpuszczalnikiem, a następnie szczotką stalową; zanieczyszczone klejem stolarskim i trocinami należy zamoczyć w ciepłej wodzie, a następnie oczyścić szczotką stalową i osuszyć.

Regeneracja pilników

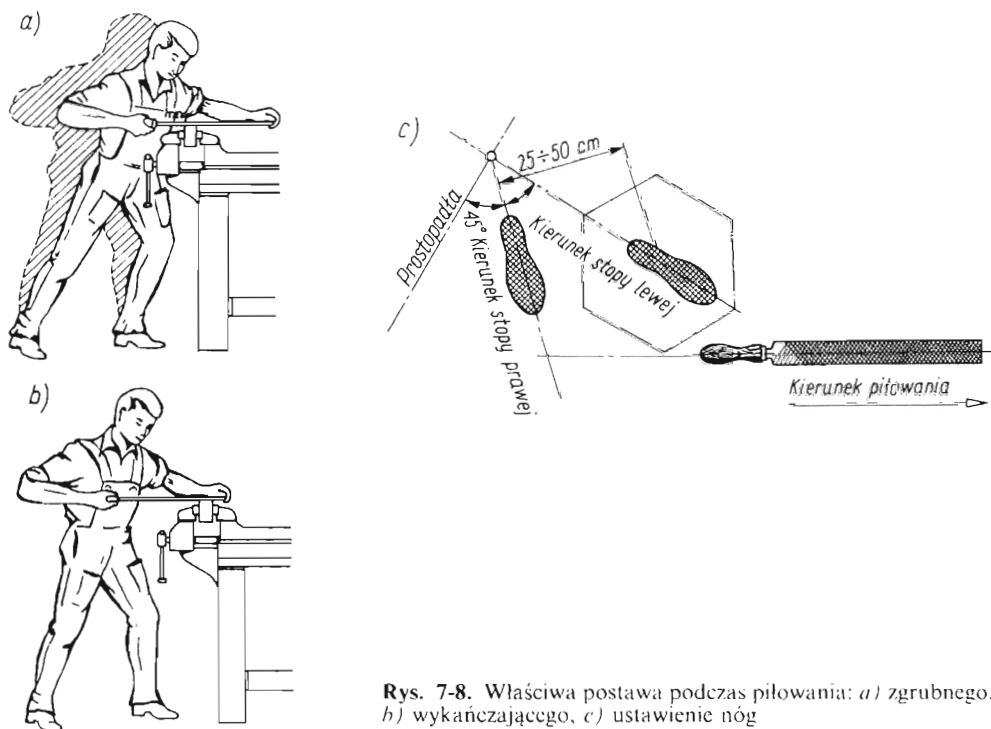
Zużyte pilniki można regenerować metodą chemiczną lub mechaniczną. **Sposób chemiczny** polega na oczyszczeniu pilnika szczotką stalową, wygotowaniu w roztworze sody, płukaniu, trawieniu w roztworze kwasu azotowego, płukaniu, suszeniu i naoliwieniu. **Regeneracja mechaniczna** polega na ponownym nacinaniu pilnika. Zużyte pilniki należy odpuścić, zeszlifować nacięcia, ponownie naciąć i zahartować.

7.3. Technika piłowania

Właściwa technika piłowania ma decydujący wpływ na dokładność obróbki oraz wydajność pracy.

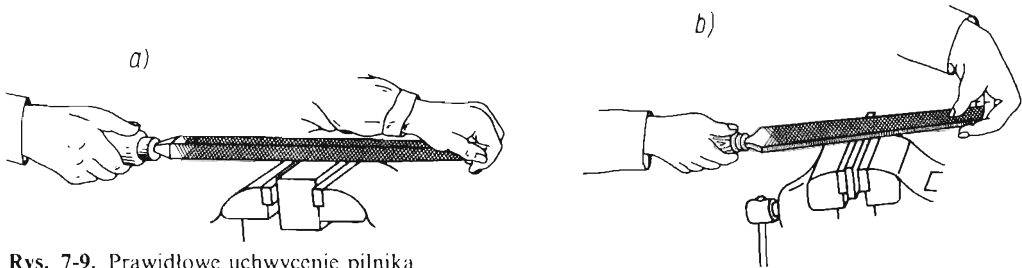
Postawa podczas piłowania i uchwycenie pilnika

Właściwą postawę podczas piłowania zgrubnego przedstawiono na **rys. 7-8a**, a podczas piłowania wykańczającego — na **rys. 7-8b**. Podczas piłowania zgrubnego zacierakiem, wymagającym dużego nacisku, należy wykorzystać ciężar ciała, przesuwając tułów wraz z ramionami do przodu i z powrotem, przy czym ciężar ciała przesuwa się z nogi prawej na lewą. Podczas piłowania wykańczającego ciężar ciała powinien być równomiernie rozłożony na obie nogi, a ruchy robocze wykonują tylko ramiona, gdy tymczasem tułów jest w równowadze.



Rys. 7-8. Właściwa postawa podczas piłowania: a) zgrubnego, b) wykańczającego, c) ustawienie nóg

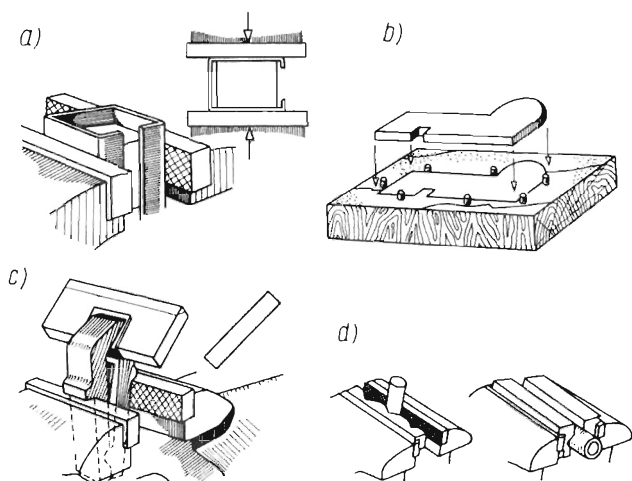
Prawidłowe uchwycenie pilnika dużego przedstawiono na **rys. 7-9a**, natomiast pilnika średniej wielkości — na **rys. 7-9b**. Podczas piłowania ruch pilnika powinien być ciągły i równomierny na całej długości roboczej pilnika. Nacisk na pilnik należy wywierać tylko podczas ruchu roboczego, czyli ruchu do przodu. Nacisk ten powinien być równomierny w stosunku do przedmiotu obrabianego, czyli w czasie ruchu pilnika do przodu nacisk prawej ręki powinien się zwiększać, a lewej zmniejszać. Ma to duży wpływ na otrzymanie prostej i równej powierzchni.



Rys. 7-9. Prawidłowe uchwycenie pilnika

Zamocowanie przedmiotu do piłowania

Zamocowanie musi zapewnić całkowite unieruchomienie i usztywnienie obrabianego materiału. Mocując przedmiot należy zwracać uwagę, żeby obrabiana powierzchnia znajdowała się o $5 \div 10$ mm ponad szczękami imadła. Na rys. 7-10



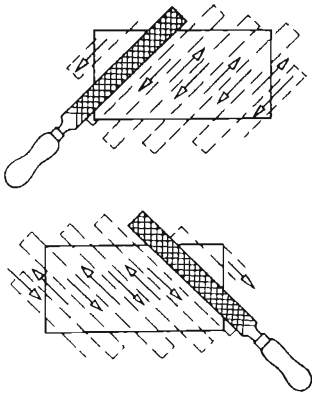
Rys. 7-10. Sposoby zamocowania przedmiotów: *a)* w imadle z użyciem klocka w celu uniknięcia zniekształceń, *b)* cienkiej płytki na klocku drewnianym, *c)* w imadle skośnym do piłowania pod kątem, *d)* przedmiotów walcowych

przedstawiono różne sposoby zamocowania przedmiotów. Przy zamocowywaniu przedmiotów ze stopów miękkich oraz przedmiotów o obrabianych płaszczyznach należy stosować miękkie nakładki na szczęki imadła.

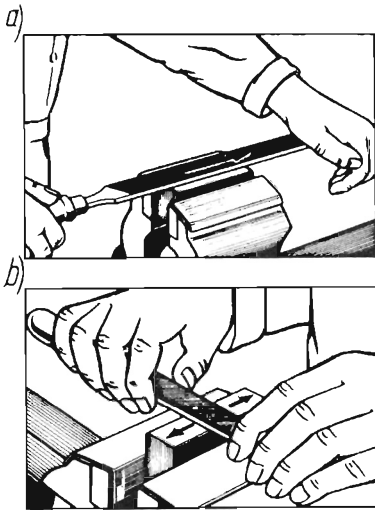
Piłowanie płaszczyzn

Płaszczyzny obrabia się pilnikami **plaskimi**. W czasie piłowania większych płaszczyzn pilnik należy prowadzić na krzyż (rys. 7-11). Wówczas należy stanąć z jednej strony imadła i piłować płaszczyznę pod kątem $30 \div 45^\circ$ do osi imadła, a następnie z drugiej strony i również piłować pod kątem $30 \div 45^\circ$. Główna os pilnika powinna być zawsze zgodna z kierunkiem piłowania. Pilnika nie należy przesuwac skośnie. Podczas piłowania należy często sprawdzać płaskość obrabianej powierzchni liniałem krawędziowym.

Podczas piłowania cienkich płytek należy prowadzić pilnik wzdłuż dłuższej krawędzi, żeby uniknąć drgań przedmiotu. Podczas piłowania wykańczającego nie



Rys. 7-11. Piłowanie płaszczyzny na krzyż.



Rys. 7-12. Piłowanie wykańczające gładzikiem: a) wzdłuż osi pilnika, b) w poprzek osi pilnika

należy zmieniać kierunku piłowania, a pilnik można prowadzić wzdłuż jego osi lub w poprzek (rys. 7-12). Piłując gładzikiem lub podwójnym gładzikiem należy go często czyścić i nacierać kredą.

Podczas piłowania płaszczyzn wzajemnie prostopadłych należy najpierw opiłować jedną płaszczyznę, a następnie po sprawdzeniu płaskości powierzchni obrócić przedmiot o kąt 90° i przystąpić do piłowania drugiej płaszczyzny. Podczas piłowania należy często sprawdzać kątownikiem prostopadłość obu płaszczyzn i po osiągnięciu właściwych wymiarów wygładzić gładzikiem obie powierzchnie, ponownie sprawdzając kąt między płaszczyznami.

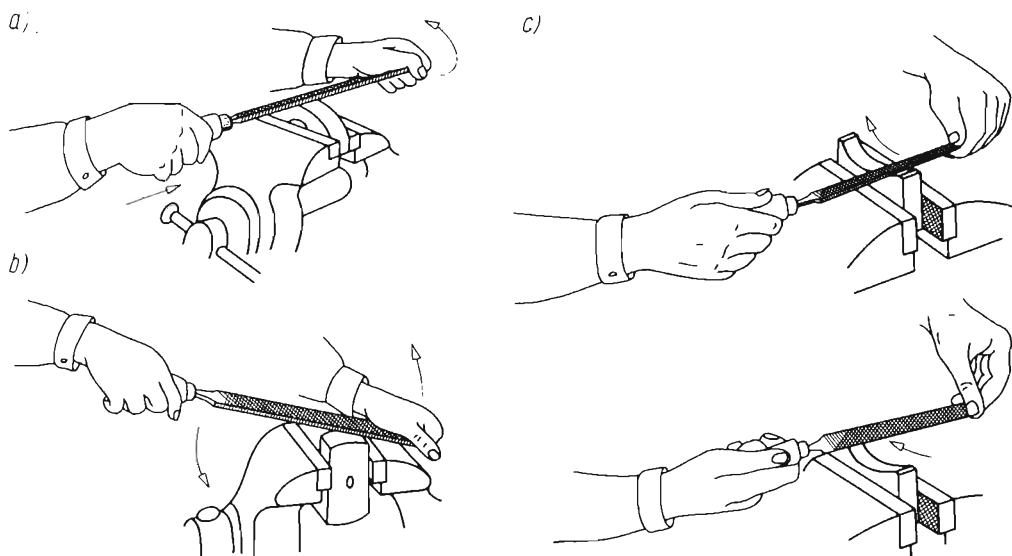
Piłowanie płyty prostopadłościennej należy rozpocząć od obrobienia jednej z dwóch większych płaszczyzn równoległych do siebie. Następnie należy wytrasować na powierzchniach bocznych rysy, których odległość od piłowanej płaszczyzny odpowiada grubości płyty i przystąpić do piłowania równoległej płaszczyzny. W ten sposób należy opiłować następne równoległe płaszczyzny.

Piłowania płaszczyzn nachylonych do siebie pod kątem dokonuje się po uprzednim wytrasowaniu ramion tych kątów. Przedmiot należy tak zamocować w imadle, żeby jedna z płaszczyzn tworzących kąt zajęła położenie poziome. Po opiłowaniu zgrubnym tej płaszczyzny zmienia się zamocowanie i w ten sam sposób obrabia drugą płaszczyznę. Następnie piluje się wykańczając po kolei obie płaszczyzny według trasowanych rysek.

Piłowanie powierzchni kształtowych

Powierzchnie kształtowe obrabia się przeważnie według wytrasowanych linii. Do piłowania powierzchni wypukłych stosuje się pilniki płaskie, a do powierzchni wklęsłych pilniki półokrągłe, okrągłe, owalne i soczewkowe, zależnie od kształtu wklęsłości. Przed przystąpieniem do piłowania należy nadmiar materiału usunąć pilką.

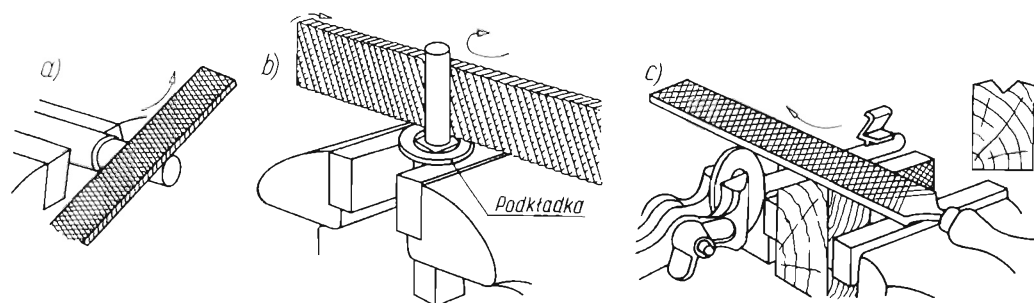
Piłowania zgrubnego powierzchni wypukłych należy dokonywać w kierunku poprzecznym do przedmiotu, a wykańczającego wzdłuż przedmiotu, przy czym pilnik powinien wykonywać ruch wahadłowy (rys. 7-13a, b). Podczas piłowania



Rys. 7-13. Piłowanie powierzchni kształtowych: *a)* zgrubne powierzchni wypukłej, *b)* wykańczające powierzchni wypukłej, *c)* powierzchni wklęsłej

powierzchni wklęsłych należy przesuwac pilnik ruchem obrotowym, zaczynając piłowanie końcem pilnika na początku kształtu (**rys. 7-13c**).

Piłowanie powierzchni walcowych można wykonywać po zamocowaniu przedmiotu w imadle (**rys. 7-14a, b**) lub korzystając z podkładki z wycięciem pryzmowym (**rys. 7-14c**). Piłowanie na podkładce stosuje się tylko do drobnych przedmiotów o małej średnicy. Przedmiot zamocowany w imadle ręcznym należy podczas piłowania obracać w kierunku przeciwnym do ruchu pilnika. Podczas piłowania powierzchni walcowych należy zwrócić uwagę na takie prowadzenie pilnika, aby jego koniec przesunął się ruchem półokrągłym w kierunku od przedmiotu obrabianego.

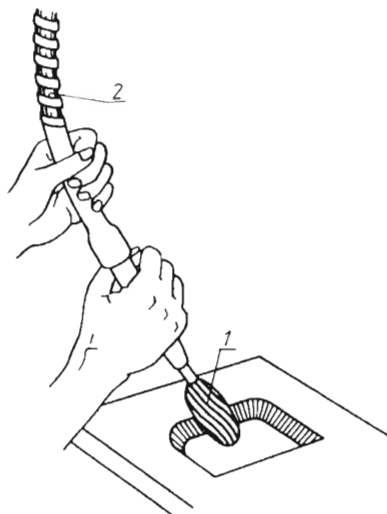


Rys. 7-14. Piłowanie powierzchni walcowych

Sprawdzanie wyników piłowania

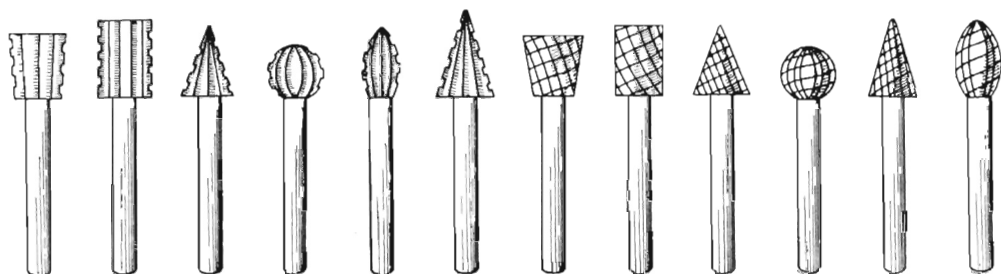
Podczas piłowania należy kilkakrotnie sprawdzać wymiary i kształt obrabianego przedmiotu, żeby uniknąć błędnego wykonania. Po zakończeniu piłowania należy również dokonać dokładnego sprawdzenia wymiarów i kształtu, sprawdzając zgodność z rysunkiem. Do sprawdzenia wymiarów służy **suwmiarka**. Płaskość powierzchni sprawdza się **liniałem krawędziowym**, a wzajemną prostopadłość **kątownikiem**. Pomiary kątów wykonuje się **kątomierzem uniwersalnym**. Prawdliwość wykonania powierzchni kształtowych oraz o skomplikowanych kształtach kontroluje się z zastosowaniem **wzorników**, obserwując pod światło szczelinę, podobnie jak przy sprawdzaniu płaskości powierzchni liniałem krawędziowym. Chropowatość powierzchni piłowanej, przewidzianą na rysunku, sprawdza się porównując ją z **wzorcem chropowatości**.

7.4. Piłowanie mechaniczne



Rys. 7-15. Praca na przyrządzie ręcznym z giętkim wałkiem
1 — frez, 2 — wałek giętki

Piłowanie ręczne jest mało wydajne i dlatego coraz częściej stosuje się **pilnikarki**, czyli maszyny o napędzie elektrycznym lub pneumatycznym do piłowania mechanicznego. Rozróżnia się pilnikarki pionowe (wychodzące obecnie z użycia) oraz pilnikarki tarczowe. Do piłowania mechanicznego używa się bardzo często przyrządów ręcznych z **giętkim wałkiem**. Przyrząd taki składa się z silnika elektrycznego i wału giętkiego zakończonego uchwytem do zamocowania małych pilników (frezów) o różnych kształtach (rys. 7-15). Przyrządy te szczególnie nadają się do wykonywania wgłębień, np. wykroju matryc do kucia, form do tworzyw sztucznych. Kształty narzędzi stosowanych w przyrządach ręcznych z giętkim wałem przedstawiono na rys. 7-16.



Rys. 7-16. Narzędzia do przyrządu ręcznego z giętkim wałkiem

Przedmiot obrabiany frezem osadzonym w przyrządzie ręcznym z giętkim wałkiem może być zamocowany w imadle, a jeżeli jest dość duży i ciężki, jak np. matryca, może stać na stole ślusarskim o odpowiedniej wysokości. Praca obsługującego przyrząd z giętkim wałkiem polega na dobieraniu odpowiedniego freza, zamocowaniu go w uchwycie, ustaleniu właściwej prędkości obrotowej, prowadzeniu freza po powierzchni przeznaczonyj do piłowania i na sprawdzeniu wyników piłowania. Frez należy dociskać do materiału tak mocno, aby nie tracił w widoczny sposób prędkości obrotowej i nie zatrzymywał się. Wybór prędkości obrotowej zależy od rodzaju obróbki, twardości obrabianego materiału, średnicy freza oraz mocy silnika napędzającego przyrząd ręczny. Jeśli średnica freza jest mała, a materiał przeznaczony do obróbki miękki i zbieramy z jego powierzchni bardzo cienką warstwę metalu, to należy zastosować prędkość obrotową jak największą. Przyrządy ręczne z giętkim wałem, a w szczególności małe, mają delikatną budowę, szybko się grzeją, łatwo więc je uszkodzić. Takimi przyrządami trzeba pracować z przerwami i stosować je tylko do tych robót, które rzeczywiście wymagają tego rodzaju obróbki. Przyrządy ręczne z wałkiem giętkim muszą być szczególnie dobrze smarowane za pomocą smarowniczk, która wprowadza smar pod ciśnieniem do osłony wału.

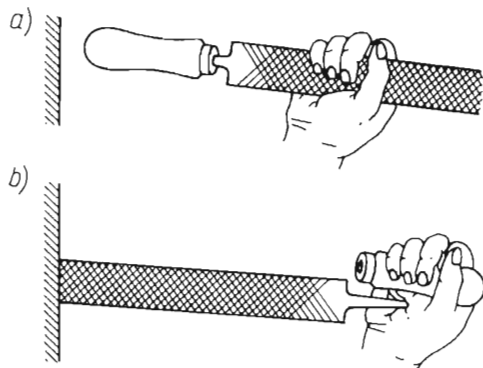
Pilnikarki tarczowe są pod względem budowy podobne do zwykłych szlifierek, z tym że zamiast ściernicy wiruje na poziomej osi pilnik tarczowy. Pilniki te są bardzo rzadko stosowane.

7.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas piłowania

Podczas piłowania często zdarzają się skaleczenia rąk na skutek przesunięcia ręki po ostrych krawędziach obrabianego przedmiotu, zsunięcia pilnika z rękocyści (rys. 7-17) lub usuwania rękami opiłków z powierzchni przedmiotu. Wadliwy sposób osadzania rękocyści może także spowodować wypadek. Zbyt głębokie osadzenie rękocyści może spowodować jej pęknięcie w czasie pracy i w następstwie skaleczenia.

Podczas piłowania nie należy używać pilników pękniętych oraz bez rękocyści lub z wadliwie osadzoną rękocyścią. Podczas piłowania przedmiotów o ostrych krawędziach nie należy podginać palców pod pilnikiem przy powrotnym ruchu pilnika. Podczas piłowania nie wolno wykonywać gwałtownych ruchów do przodu, żeby nie uderzać rękocyścią pilnika o przedmiot, gdyż może się zsunąć, nie wolno usuwać opiłków ręką ani też zdmuchiwać ustami.

Przed rozpoczęciem piłowania nale-



Rys. 7-17. Osadzanie pilnika w rękocyści: a) sposób właściwy, b) niedopuszczalny

ży sprawdzić, czy przedmiot jest dobrze zamocowany w imadle. Podczas pracy na pilnikarkach i przyrządach ręcznych z giętkim wałkiem należy uważać, żeby ręka nie dostała się w obszar działania pilnika lub frezu obrotowego.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Są produkowane pilniki długości: a) 50 ÷ 100 mm? b) 70 ÷ 300 mm? c) 100 ÷ 450 mm? d) 150 ÷ 550 mm?
2. Twardość części roboczej pilnika powinna wynosić minimum: a) 50 HRC? b) 59 HRC? c) 51 HRC? d) 54 HRC?
3. Liczba nacięć dolnych jest mniejsza od liczby nacięć górnych pilnika około: a) 5%? b) 10%? c) 18%? d) 12%?
4. W pilnikach zdzierakach liczba nacięć przypadających na długość 10 mm wynosi: a) 4,5 ÷ 10? b) 3 ÷ 6? c) 14 ÷ 45? d) 6,3 ÷ 16?
5. W pilnikach gładzikach liczba nacięć przypadających na długość 10 mm wynosi: a) 40 ÷ 90? b) 14 ÷ 56? c) 25 ÷ 63? d) 12 ÷ 22?
6. Do piłowania zgrubnego są stosowane pilniki: a) równiaki? b) jedwabniki? c) zdzieraki? d) gładziki?
7. Płaszczyzna przedmiotu zamocowanego w imadle w celu jej piłowania powinna wystawać ponad szczęki imadła o: a) 2 ÷ 5 mm? b) 5 ÷ 10 mm? c) 1 ÷ 3 mm? d) 4 ÷ 6 mm?
8. Podczas piłowania większych płaszczyzn na krzyż należy prowadzić pilnik w stosunku do osi imadła pod kątem: a) 15 ÷ 20°? b) 20 ÷ 30°? c) 40 ÷ 60°? d) 30 ÷ 45°?

8 Ręczne wiercenie, pogłębianie, rozwiercanie

8.1. Wiadomości ogólne

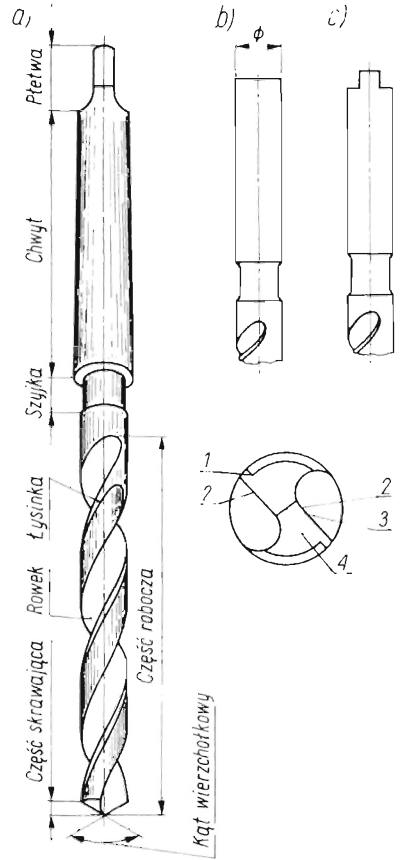
Wierceniem nazywa się wykonywanie otworów w pełnym materiale za pomocą narzędzia skrawającego zwanego **wiertłem**. W czasie obróbki wiertło wykonuje ruch obrotowy i posuwowy, a przedmiot obrabiany jest nieruchomy. Wiertło usuwa obrabiany materiał w postaci wiórów tworząc walcowy otwór, przy czym średnica otworu odpowiada średnicy wiertła.

8.2. Wiertła

Wiertło kręte (rys. 8-1) składa się z **części roboczej**, **szyjki** i **chwytu**. Część robocza składa się z części skrawającej i części prowadzącej. Chwyty może być stożkowy z płetwą (w wiertłach o średnicy powyżej 10 mm) oraz walcowy z płetwą

lub bez (w wiertłach o średnicy poniżej 10 mm). Część robocza wiertła ma nacięte na obwodzie dwa przeciwległe rowki śrubowe do pomieszczenia i odprowadzania wiórów z wierconego otworu. Dwie łysinki w kształcie wąskich paszków, położone wzdłuż rowków, służą do prawidłowego prowadzenia wiertła w otworze. Tarcie o ścianki otworu występuje tylko na powierzchni łysinek prowadzących. Aby jeszcze bardziej zmniejszyć tarcie o ścianki otworu, część robocza wiertła jest lekko stożkowa, zbieżna w kierunku chwytu.

Część skrawająca stanowią dwie proste krawędzie tnące jednakowej długości, które łączą się ze sobą poprzeczną krawędzią tnącą, zwaną **ścinem**. Ścin jest wierzchołkiem wiertła, a krawędzie tnące tworzą kąt wierzchołkowy, którego wartość zależy od rodzaju wierconego materiału. Im twardszy jest materiał obrabiany, tym mniejszy powinien być kąt wierzchołkowy. Do żelaza i stali stosuje się wiertła o kącie wierzchołkowym wynoszącym 118° , do mosiądzu, brązu i stopów aluminium — $130 \div 140^\circ$, do miedzi — 125° , do tworzyw sztucznych — $85 \div 90^\circ$ i do gumy twardej — 50° . Wiertła wykonuje się ze stali szybko tnącej, a także z płytkami z węglików spiekanych.



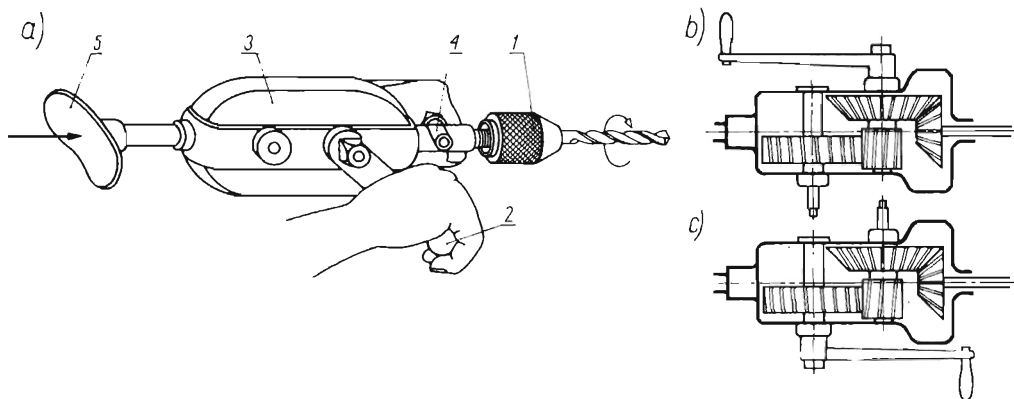
Rys. 8-1. Wiertło kręte: a) części składowe, b) chwyt walcowy bez pletwy, c) chwyt walcowy z pletwą
1 — łysinka, 2 — krawędzie tnące, 3 — ścin, 4 — powierzchnia przyłożenia

8.3. Wiertarki

Rodzaje wiertarek

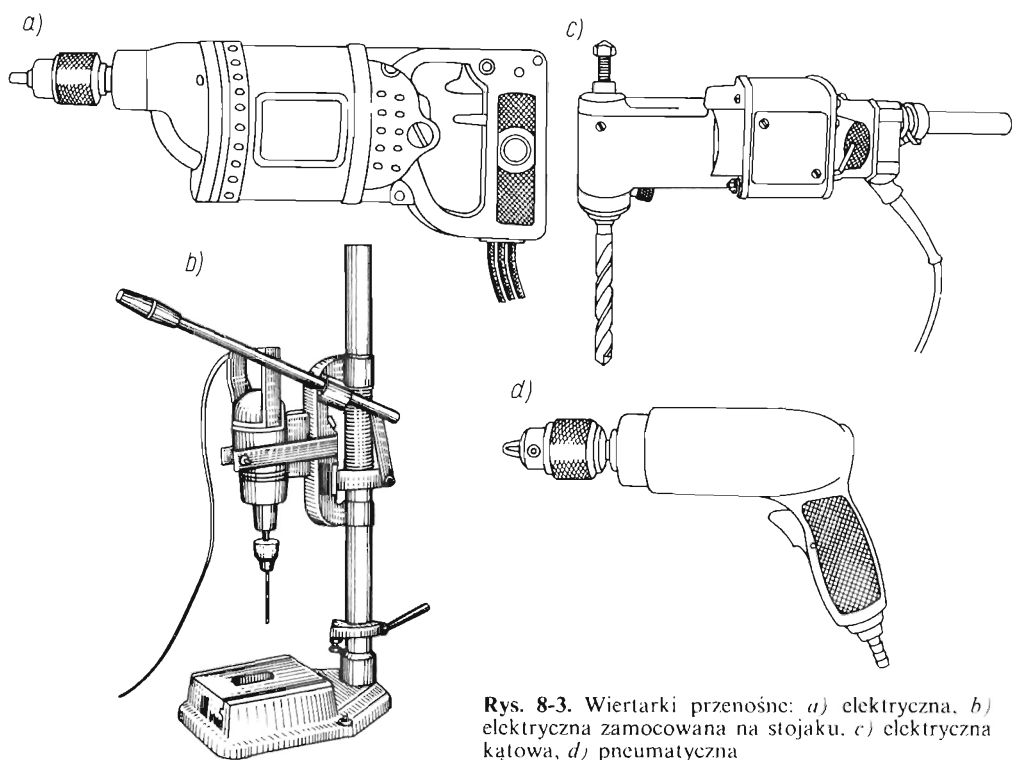
Do wiercenia otworów stosuje się wiertarki o napędzie ręcznym, elektrycznym lub pneumatycznym. Rozróżnia się wiertarki **przenośne**, które podczas pracy trzyma się rękami (**rys. 8-2 i 8-3**) oraz wiertarki **stałe**, które są omówione w rozdziale 28. W pracach ślusarskich największe zastosowanie znajdują wiertarki o **napędzie elektrycznym**. Wiertarki **pneumatyczne** mogą być stosowane tylko w zakładach dysponujących instalacją sprężonego powietrza. Do napędu wiertarki pneumatycznej jest wymagane sprężone powietrze o ciśnieniu 0,6 MPa.

Wiertarki elektryczne i pneumatyczne można mocować w specjalnych stojakach (**rys. 8-3b**). Odgrywają one wówczas rolę wiertarek stołowych. Na **rys. 8-4**



Rys. 8-2. Wiertarka przenośna o napędzie ręcznym: *a)* budowa, *b)* zamocowanie korby przy wolnych obrotach wrzeciona, *c)* zamocowanie korby przy szybkich obrotach wrzeciona
 1 — uchwyt szczękowy, 2 — korba, 3 — korpus z przekładnią zębatą, 4 — uchwyt, 5 — oparcie

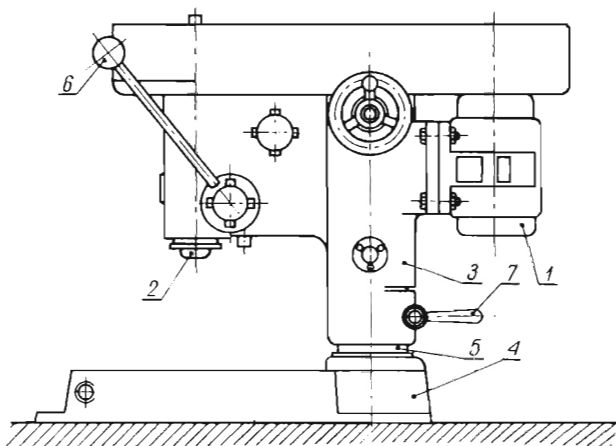
przedstawiono wiertarkę stołową. Wiertarki te są powszechnie stosowane w warsztatach ślusarskich. Zmianę prędkości wrzeciona uzyskuje się za pośrednictwem kół stopniowych pasowych, a w bardziej nowoczesnych konstrukcjach za pośrednictwem skrzynek przekładniowych.



Rys. 8-3. Wiertarki przenośne: *a)* elektryczna, *b)* elektryczna zamocowana na stojaku, *c)* elektryczna kątowna, *d)* pneumatyczna

Rys. 8-4. Wiertarka stołowa

1 — silnik elektryczny, 2 — wrzeciono,
3 — korpus, 4 — podstawa, 5 — słup,
6 — dźwignia, 7 — zacisk



Wielkościami charakteryzującymi wszystkie wiertarki są: maksymalna średnica otworu wierzonego w stali lub żeliwie oraz prędkość obrotowa wrzeciona, którą w niektórych wiertarkach można regulować.

Przygotowanie wiertarki do pracy

Przygotowanie wiertarki przenośnej do pracy ogranicza się w zasadzie do właściwego zamocowania wiertła. Przed rozpoczęciem pracy wiertarką elektryczną należy sprawdzić stan przewodu i wtyczki, a szczególnie podłączenia przewodu uziemiającego lub zerującego. Korzystając z wiertarki pneumatycznej trzeba przed połączeniem jej z przewodem gumowym przedmuchać przewód powietrzem, ażeby usunąć z niego pył i wodę. Należy sprawdzić również szczelność przewodu powietrza. Wiertarki nie powinny się uruchamiać bez zamocowania wiertła.

Przygotowanie do pracy wiertarki stołowej polega na ustawieniu i zamocowaniu przedmiotu na stole wiertarki, ustawieniu na właściwą wysokość kadłuba wiertarki oraz ustaleniu odpowiedniej prędkości obrotowej wrzeciona. W większości wiertarek stołowych istnieje możliwość ustawienia na odpowiednią wysokość kadłuba wiertarki w zależności od wysokości przedmiotu wierzonego. Przedmiot należy tak ustawiać i mocować na stole wiertarki, żeby wierzchołek wiertła trafiał w napunktowany środek otworu.

Właściwą prędkość obrotową wrzeciona wiertarki ustawia się wg tabliczki umieszczonej na skrzynce przekładniowej, a wiertarki, które takiej skrzynki nie mają — przez odpowiednie przełożenie pasa na stopniowych kołach pasowych. Właściwą prędkość obrotową wrzeciona wiertarki określa się na podstawie prędkości skrawania, która powinna być dostosowana do rodzaju obrabianego materiału i średnicy wiertła (tablice ułatwiające dobór prędkości skrawania w zależności od rodzaju wierzonego materiału są zawarte w poradnikach technicznych).

Prędkość skrawania v jest to prędkość punktu leżącego na obwodzie wiertła. Prędkość skrawania wyraża się w metrach na minutę (m/min). Po wyszukaniu

w tablicy właściwej prędkości skrawania v należy obliczyć prędkość obrotową n wrzeciona wg wzoru

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

w którym: d — średnica wiertła w mm.

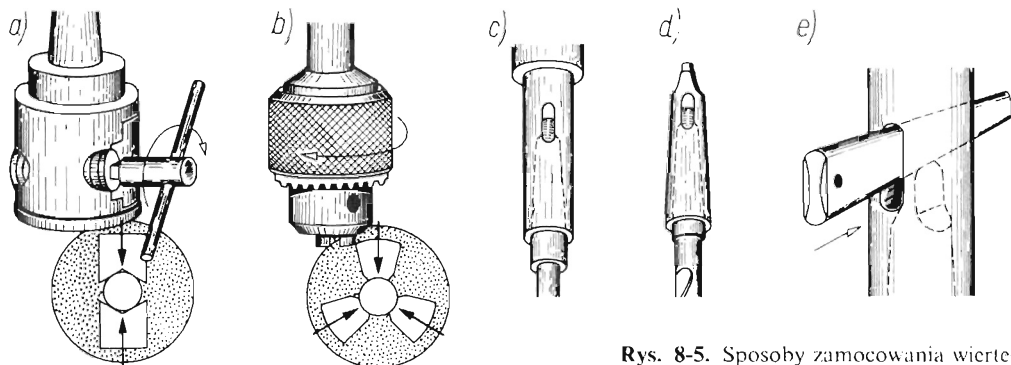
Wiertarkę należy ustawić na prędkość obrotową wrzeciona najbliższą wartości obliczonej. Najmniejszą prędkość wrzeciona stosuje się do wiercenia stali twardej, a największą do wiercenia miękkich stopów metali nieżelaznych.

Uchwyty wiertarskie i tulejki redukcyjne

Do zamocowania wiertel z chwytem walcowym służą uchwyty **dwuszcękowe** (rys. 8-5a) lub **trójszcękowe** (rys. 8-5b), które są osadzone na zakończeniu wrzeciona wiertarki. W korpusie uchwyty dwuszcękowego znajdują się teowe wycięcia, w których przesuwa się dwie szczęki. Pokręcając kluczem śrubę, która ma na jednym końcu gwint prawy, a na drugim lewy, powoduje się przesunięcie szczęk, które zbliżając się do siebie powodują zaciskanie wiertła lub przy obrocie kluczem w drugą stronę oddalają się od siebie luzując wiertło.

Uchwyt trójszcękowy składa się z korpusu z gniazdem stożkowym, w którym znajdują się trzy szczęki do zaciskania wiertła. Na zewnętrznej części szczęk jest nacięty gwint. Przesuwanie szczęk w korpusie odbywa się za pomocą nakrętki połączonej z zewnętrznym pierścieniem. Obracając pierścieniem w prawo powoduje się zaciskanie szczęk, a w lewo — luzowanie.

Wiertła, a także pogłębiacze i rozwiertaki z chwytem stożkowym, można mocować wprost w gnieździe wrzeciona wiertarki (rys. 8-5c), gdy wielkości stożków chwyty i gniazda są jednakowe, lub za pośrednictwem tulei redukcyjnych (rys. 8-5d), gdy chwyt jest mniejszy. W razie potrzeby można użyć dwóch tulei złożonych jedna w drugą. Przed zamocowaniem wiertła należy dokładnie oczyścić część stożkową chwyty i gniazda. Wiertło należy ostrożnie wprowadzić częścią chwytową w otwór wrzeciona i silnym ruchem do góry osadzić w gnieździe. Wiertło trzyma się w gnieździe dzięki sile tarcia na powierzchniach stożkowych. Stosując tuleje redukcyjne należy najpierw osadzić wiertło w tulei, a dopiero potem całość we wrzecionie. Wyjmowanie wiertła z wrzeciona lub tulei powinno się odbywać za pomocą klina (rys. 8-5e).

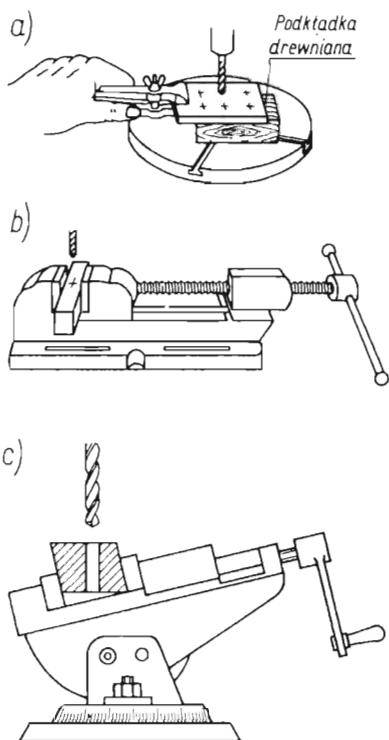


Rys. 8-5. Sposoby zamocowania wiertel

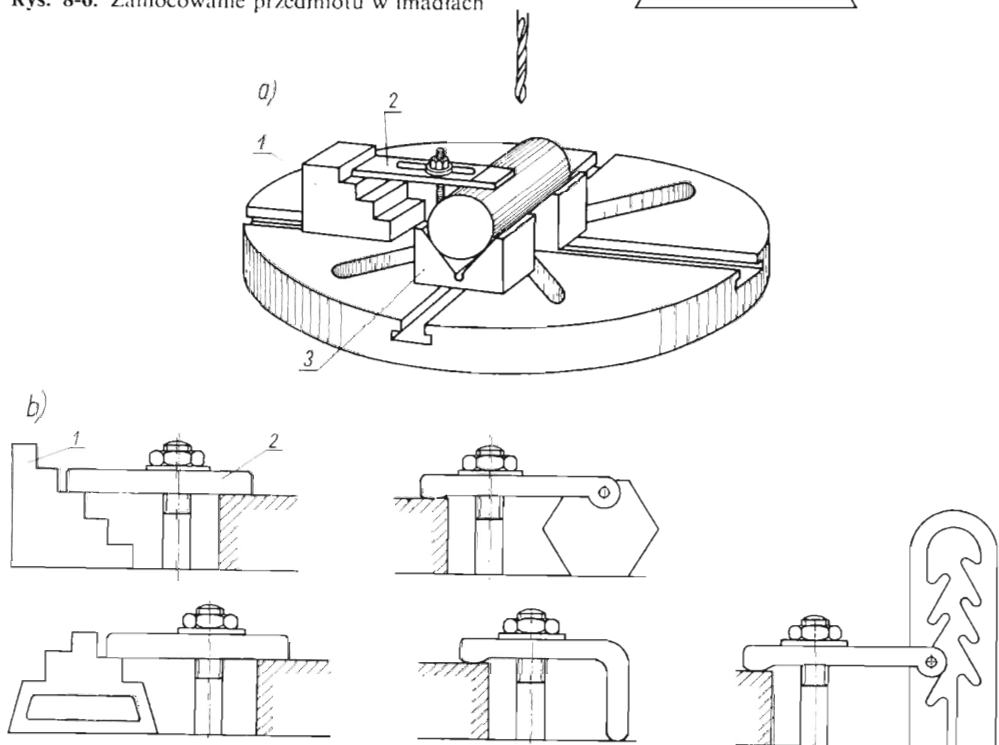
8.4. Zamocowanie przedmiotu do wiercenia

Przedmioty ciężkie i duże nie wymagają mocowania podczas wiercenia. Podczas wiercenia otworów o małej średnicy wystarczy przytrzymać przedmiot ręką za pośrednictwem **imadła ręcznego** (rys. 8-6a). Przedmioty o niewielkich wymiarach należy mocować w **imadle maszynowym** (rys. 8-6b), a do wiercenia otworów pod różnymi kątami stosuje się **imadło maszynowe uniwersalne przychylne i obrotowe** (rys. 8-6c).

Do wiercenia otworów w wałku prostopadle do jego osi stosuje się **podstawę pryzmową 3** (rys. 8-7a). Przedmioty duże i o nieregularnych kształtach mocuje się na stole wiertarki za pomocą **podkładek 1** i **docisków 2** (rys. 8-7b).



Rys. 8-6. Zamocowanie przedmiotu w imadłach

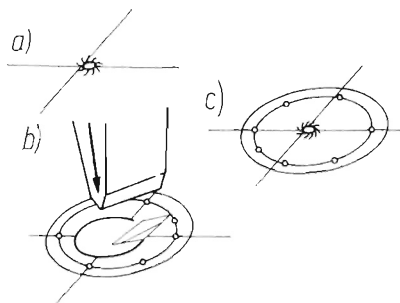


Rys. 8-7. Zamocowanie przedmiotów na stole wiertarki
1 — podkładyki, 2 — dociski, 3 — podstawa pryzmowa

8.5. Technika wiercenia

Przebieg wiercenia

Przed przystąpieniem do wiercenia należy najpierw wytrasować osie otworu i napunktować punktami położenie jego środka (rys. 8-8a). Następnie cyrklem wytrasować koło o średnicy otworu i napunktować je w paru miejscach oraz drugie koło współśrodkowe o średnicy nieco większej (rys. 8-8c). Po tych czynnościach należy przystąpić do wiercenia próbnego wykonując wiertłem niewielkie wgłębienie, sprawdzając czy jest ono współśrodkowe do wytrasowanych kół. Jeżeli stwierdzi się brak współosiowości, czyli zboczenie wiertła z osi otworu, to należy za pomocą wycinaka naciąć rowek z wgłębieniem (rys. 8-8b), powtórnie napunktować i powtórzyć wiercenie.



Rys. 8-8. Trasowanie i punktowanie środka otworu

Podczas wiercenia głębokich otworów należy wiertło co pewien czas wyjmować z otworów w celu oczyszczenia otworu i rowków wiertła z wiórów. Po przewierceniu otworu należy najpierw wysunąć wiertło z otworu, a dopiero

potem wyłączyć napęd wrzeciona wiertarki, gdyż zatrzymanie obrotów wiertła w otworze może spowodować złamanie wiertła. Złamanie wiertła może nastąpić również przy zbyt małej prędkości wrzeciona, a dużym posuwie oraz przy zbyt dużym luzie wrzeciona wiertarki. Wiertło może również ulec złamaniu, jeżeli przy wierceniu trafi w materiale wierconym na lukę spowodowaną pęcherzem lub złym usytuowaniem otworu. Krzywe osadzenie wiertła i niewłaściwe zamocowanie przedmiotu wierconego może też doprowadzić do złamania wiertła.

Wyciągnięcie złamanego wiertła z otworu nastęrcza wiele trudności. Jeżeli część wiertła wystaje ponad powierzchnią, to za pomocą szczypiec można wykręcić wiertło z otworu. Wiertło jest jednak kruche i przy tej czynności może nastąpić dalsze złamanie części wystającej. Najczęściej trzeba przedmiot wraz z wiertłem nagrzać do barwy czerwonej, a następnie wolno studzić odpuszczając w ten sposób wiertło i następnie usunąć je stosując wiercenie.

Wiercenie otworów przelotowych i nieprzelotowych

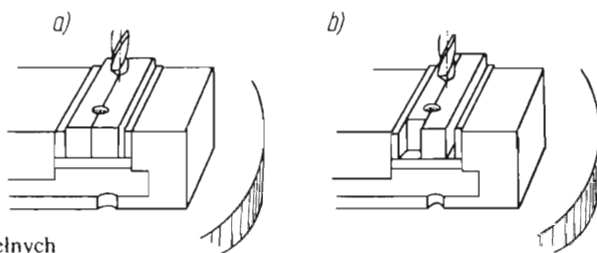
Podczas wiercenia **otworów przelotowych** trzeba zabezpieczyć powierzchnie imadła lub przyrządu, na którym spoczywa przedmiot, przed uszkodzeniem wiertłem. Dlatego należy stosować podkładki najczęściej drewniane, gdyż umożliwiają one przejście wiertła przez materiał, nie powodując uszkodzenia powierzchni stołu. W przypadku gdy wiertło zaczyna przechodzić przez materiał na wylot, należy zmniejszyć posuw, gdyż wiertło może się zakleszczyć i złamać.

Wiercenie **otworów nieprzelotowych**, czyli określonej głębokości, wymaga szczególnej uwagi. Należy na wiertle oznaczyć kredą wymiar głębokości otworu

lub założyć na wiertło na określonej wysokości pierścień oporowy zamocowany wkrętem. Wiertarki z posuwem mechanicznym są wyposażone w urządzenia do nastawiania żądanej głębokości wiercenia oraz wyłączania posuwu mechanicznego po osiągnięciu nastawionej głębokości.

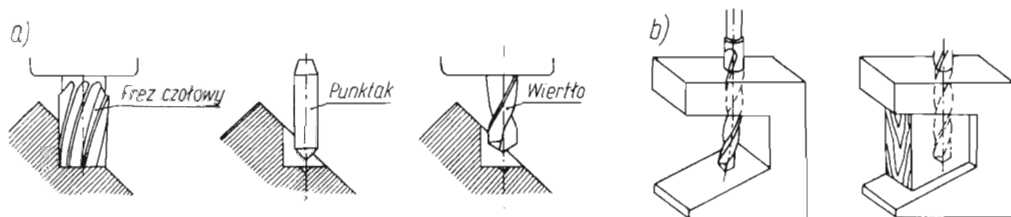
Szczególne rodzaje wiercenia

Wiercenie **otworów niepełnych** należy wykonywać zamocowując razem dwa identyczne przedmioty (rys. 8-9a) lub stosować wkładkę z tego samego materiału, co wiercony przedmiot (rys. 8-9b).



Rys. 8-9. Wiercenie otworów niepełnych

Wiercenie otworów w **ścianach pochyłych** zewnętrznych wymaga przygotowania frezowaniem wgłębienia i napunktowania w nim środka otworu (rys. 8-10a). Wiercenie w ścianie pochylej wewnętrznej wymaga zastosowania wkładki z drewna. Wiercenie bez wkładki może spowodować złamanie wiertła lub wadliwe wykonanie otworu (rys. 8-10b).



Rys. 8-10. Wiercenie otworów w ścianach pochyłych: a) zewnętrznej, b) wewnętrznej

Wiercenie **wtórne**, zwane również **powiercaniem**, stosuje się do wykonywania otworów o średnicy powyżej 20 mm dwoma wiertłami. Najpierw należy wywiercić otwór o średnicy 8 ÷ 10 mm, a następnie wiertłem o średnicy odpowiadającej żądanej średnicy otworu.

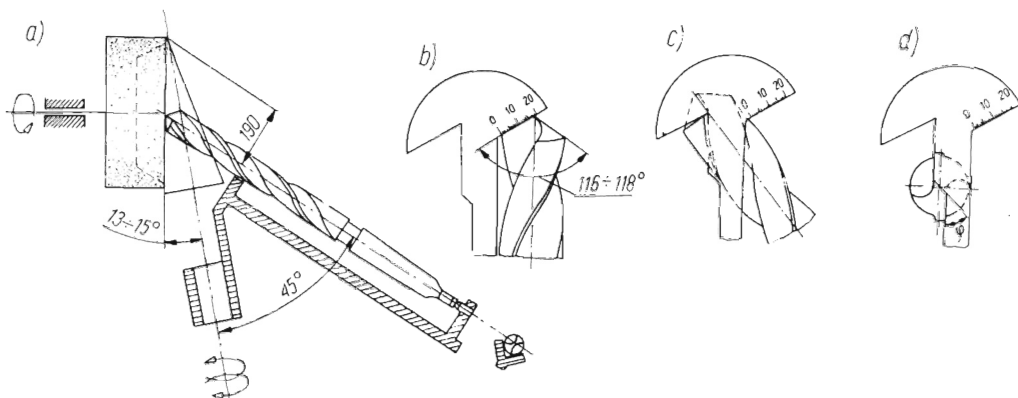
Chłodzenie podczas wiercenia

Podczas wiercenia na skutek tarcia wytwarza się ciepło, które podwyższa temperaturę wiertła. Przy zbyt dużym nagraniu części tnące wiertła odpuszczają się i tracą twardość, co powoduje szybkie tępienie wiertła. Aby nie dopuścić do nagrzania się wiertła, stosuje się ciecze obróbkowe, które oprócz chłodzenia mają

właściwości smarujące i zmniejszające tarcie. Do wiercenia stosuje się **cieczce obróbkowe** wodno-olejowe, czyli emulsje oraz cieczce obróbkowe olejowe. Właściwy rodzaj i gatunek cieczy obróbkowej dobiera się z tabel CPN w zależności od rodzaju wierzonego materiału i głębokości wierzonego otworu.

8.6. Ostrzenie wiertel

Wiertła, których krawędzie tnące uległy stępieniu, należy ostrzyć na szlifierce wyposażonej w specjalny przyrząd zapewniający właściwe położenie wiertła podczas szlifowania (rys. 8-11a). Do sprawdzenia prawidłowości zaostrenia wiertła służy specjalny wzornik (rys. 8-11b, c, d). Należy zwrócić szczególną uwagę, żeby krawędzie tnące miały jednakową długość i jednakowe kąty nachylenia do osi wiertła, w przeciwnym bowiem razie wiertło będzie wierciło otwór większy od swojej średnicy i o nierównej ścianie.

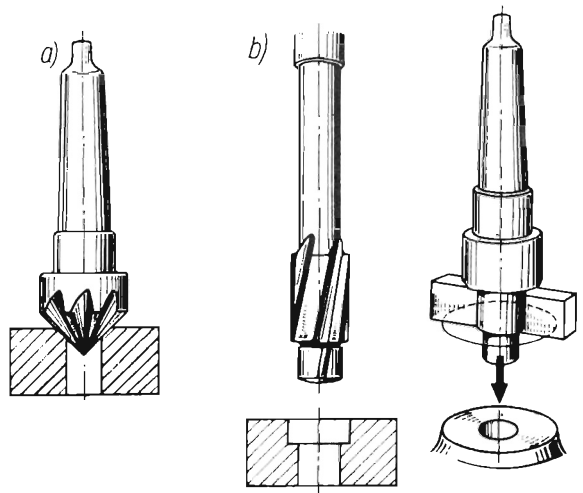


Rys. 8-11. Ostrzenie wiertel: a) przyrząd do ostrzenia wiertel, b) sprawdzanie długości i pochylenia krawędzi tnących, c) sprawdzanie powierzchni przyłożenia, d) sprawdzanie kąta pochylenia ścienu

8.7. Pogłębianie otworów

Pogłębianie jest to powiększanie na pewnej długości wykonanego otworu w celu ścięcia ostrych krawędzi otworu lub wykonania wgłębienia na umieszczenie walcowego lub stożkowego łba wkręta lub nitu. Pogłębianie otworów wykonuje się za pomocą narzędzi zwanych **pogłębiaczami** (rys. 8-12). Rozróżnia się pogłębiacze stożkowe i czołowe. Pogłębiacze czołowe mają czop prowadzący o średnicy równej średnicy otworu w celu utrzymania współosiowości. Chwyty pogłębiaczy są takie same jak wiertel. Podczas pogłębiania należy zwrócić szczególną uwagę na wykonanie właściwej głębokości wgłębienia, tak żeby łeb śruby nie wystawał lub nie był położony zbyt nisko.

Rys. 8-12. Poglębiacze: a) stożkowy, b) czołowe

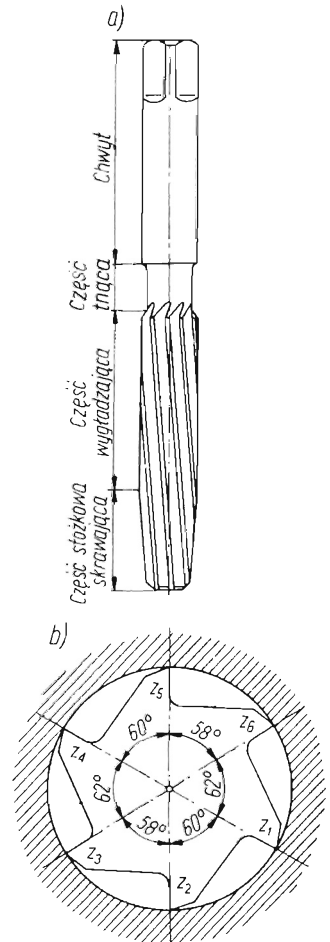


8.8. Rozwiercanie otworów

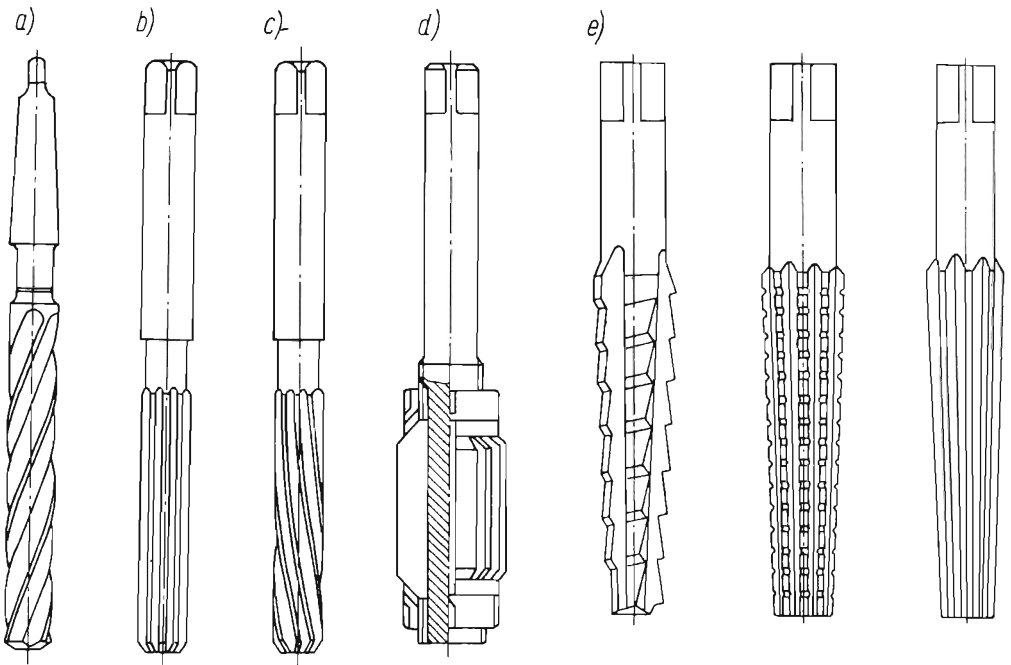
Narzędzia zwane **rozwiertarkami** są używane do dalszej obróbki otworu wykonanego wiertłem w celu uzyskania dużej dokładności oraz gładkości powierzchni lub w celu otrzymania otworu stożkowego.

Rozwiertaki

W zależności od dokładności obróbki rozróżnia się rozwiertaki **zdzieraki** i **wykańczaki**. Rozróżnia się **rozwiertaki ręczne** mające chwyt walcowy z łbem kwadratowym oraz **rozwiertaki maszynowe** z chwytem stożkowym lub walcowym. Zasadnicze części rozwiertaka przedstawiono na **rys. 8-13a**. Rozwiertaki są narzędziami wieloostrowymi z zębami prostymi lub śrubowymi na części roboczej w liczbie 3 ÷ 12. Podziałka zębów jest nierównomierna (**rys. 8-13b**), co zapewnia większą dokładność obrabianego otworu. Rozwiertaki z zębami śrubowymi lewoskrętnymi stosuje się do rozwiercania otworów z rowkami. W zależności od kształtu otworu rozróżnia się rozwiertaki walcowe i stożkowe.



Rys. 8-13. Rozwiertaki: a) części składowe, b) podziałka zębów rozwiertaka

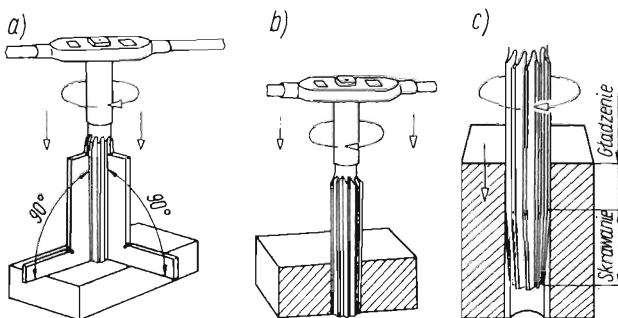


Rys. 8-14. Rodzaje rozwiertaków: a) zdzierak, b) o zębach prostych, c) o zębach śrubowych, d) nastawny, e) komplet rozwiertaków stożkowych

Otwory stożkowe o dużej zbieżności obrabia się kolejno trzema rozwiertakami: wstępnym, zdzierakiem i wykańczakiem. Są stosowane również rozwiertaki nastawne, w których można regulować średnicę w niewielkim zakresie. Na **rys. 8-14** przedstawiono różnego rodzaju rozwiertaki.

Rozwiercanie otworów walcowych

Otwory wykonane wiertłami nie są zbyt dokładne pod względem wymiarów i chropowatości ścianek. Otwory o niewielkiej dokładności wystarczają do nitów i śrub złącznych, natomiast są za mało dokładne do umieszczania w nich części obrotowych lub przesuwnych, jak wałki, trzpienie i tulejki. W celu uzys-



Rys. 8-15. Rozwiercanie otworów walcowych: a) sprawdzenie prostopadłości, b) rozwiercanie, c) proces rozwiercania

kania dokładnego otworu najpierw należy go wywiercić wiertłem o mniejszej średnicy, następnie rozwiertać zgrubnie i wykańczająco. Odpowiednią średnicę wiertła i rozwiertaka zdzieraka dobiera się wg tabel zamieszczonych w poradnikach.

Przystępując do rozwiercania, przedmiot należy zamocować w imadle i ostrożnie wprowadzać rozwiertak do wywierconego otworu, sprawdzając prostopadłość kątownikiem (rys. 8-15a). Następnie na kwadratowy koniec chwytu należy założyć pokrętkę i obracać rozwiertak równomiernie w prawo, wywierając lekki nacisk do dołu (rys. 8-15b). Nie należy nigdy obracać rozwiertaka w stronę przeciwną, a jedynie przy zakleszczeniu w otworze lekko cofnąć w lewo i dalej pokręcać w prawo. W czasie rozwiercania należy rozwiertak smarować cieczą obróbkową olejową.

Rozwiercanie powierzchni stożkowych

Rozwiercania otworów stożkowych o małej zbieżności (1:50, 1:100) dokonuje się jednym rozwiertakiem, wierząc uprzednio otwór o średnicy odpowiadającej najmniejszej średnicy otworu stożkowego.

Rozwiercanie otworów stożkowych o dużej zbieżności wykonuje się trzema rozwiertakami, przedstawionymi na rys. 8-14e, wykonując uprzednio otwór stopniowy. Otwór stopniowy wykonuje się wierząc kolejno kilkoma wiertłami o coraz większej średnicy coraz płytsze otwory. Wymiary rozwierconych otworów sprawdza się sprawdzianami.

8.9. Zasady bezpiecznej pracy podczas wiercenia

Wszystkie obracające się części napędowe wiertarki podczas wiercenia powinny być zabezpieczone osłonami, a wiertarka uziemiona.

Ubiór pracownika nie powinien mieć żadnych zwisających części, mankiety powinny być obcisłe, a głowa nakryta. Nie wolno trzymać przedmiotu wierzonego rękoma i należy przestrzegać dobrego zamocowania materiału obrabianego.

Nie wolno zakładać narzędzi podczas ruchu wiertarki. Wióry należy usuwać tylko szczotką i to po wyłączeniu wiertarki. Nie wolno dotykać wrzeciona ani narzędzia w czasie ruchu wiertarki. Do wiercenia nie wolno używać uszkodzonych narzędzi.

Po zakończonej pracy należy wyłączyć silnik wiertarki.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Łysinki wzdłuż rowków wiertła służą do: a) skrawania? b) usuwania wiórów? c) prowadzenia wiertła w otworze?
2. Kąt wierzchołkowy wiertła do wiercenia stopów aluminium wynosi: a) $85 \div 90^\circ$? b) $130 \div 140^\circ$? c) $110 \div 120^\circ$? d) $50 \div 75^\circ$?

3. Do napędu wiertarki pneumatycznej wymagane jest ciśnienie powietrza wynoszące ok.: a) 0,3 MPa? b) 0,8 MPa? c) 0,4 MPa? d) 0,6 MPa?
4. Wiercenie wtórne stosuje się do wiercenia otworów o średnicy powyżej: a) 20 mm? b) 10 mm? c) 25 mm? d) 15 mm?
5. Rozwiercanie wykonuje się w celu: a) pogłębienia otworu, b) uzyskania dużej dokładności otworu? c) uzyskania większej średnicy otworu?
6. Część robocza wiertła ma kształt: a) walcowy? b) stożkowy? c) owalny?
7. Rozwiercanie otworów stożkowych o dużej zbieżności wykonujemy: a) jednym rozwiertakiem? b) dwoma rozwiertakami? c) trzema rozwiertakami?

9 Gwintowanie ręczne

9.1. Wiadomości ogólne

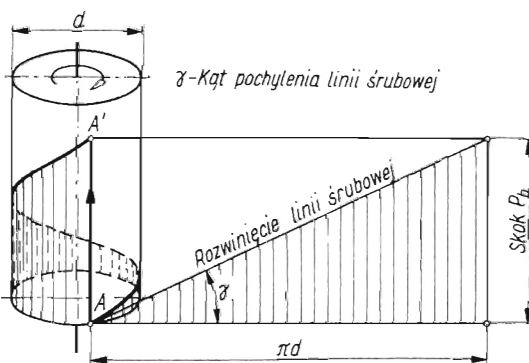
Połączenia gwintowe są bardzo często stosowane w budowie maszyn i służą przede wszystkim do łączenia elementów maszyn. Połączenia gwintowe zalicza się do rozłącznych połączeń kształtowych. Połączenia gwintowe są stosowane bezpośrednio przy wkręcaniu śruby lub wkręta w nagwintowany otwór innego elementu maszyny, np. korpusu, lub pośrednio, gdy skręca się elementy maszyn za pośrednictwem łączników w postaci śrub lub wkrętów i nakrętek. Różnica między śrubą a wkrętem polega na tym, że wkręty mają nacięcia i dokręca się je wkrętakiem, podczas gdy śruby — kluczem.

Nacinanie gwintu, czyli **gwintowanie**, polega na wykonaniu na powierzchni wałka lub otworu wgłębień wzdłuż linii śrubowej.

Powstawanie linii śrubowej na powierzchni walca przedstawiono na rys. 9-1. Jeżeli na walcu punkt A przesuwa się po tworzącej w kierunku A' , a jednocześnie walec się obraca, to na powierzchni walca powstaje linia śrubowa. Zależnie od kierunku ruchu obrotowego walca może powstać linia śrubowa prawo- lub lewoskrętna.

Odległość $A - A'$, czyli odcinek drogi, jaką przebył punkt A w czasie jednego pełnego obrotu walca, nazywamy **skokiem P_h linii śrubowej**.

W czasie nacinania gwintu ostrze narzędzia wykonuje w stosunku do obrabianej części ruch po linii śrubowej, tworząc rowek o odpowiednim zarysie gwintu. Gwint można nacinąć na powierzchni walcowej zewnętrznej — otrzymując wtedy **śrubę**, lub na powierzchni walcowej wewnętrznej — otrzymując **nakrętkę**.



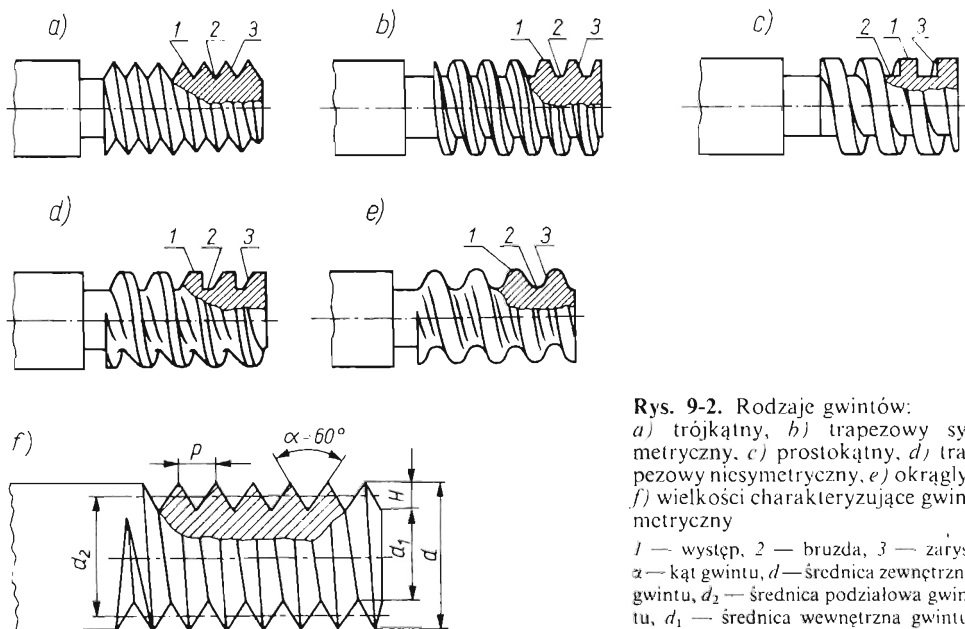
Rys. 9-1. Powstanie linii śrubowej

9.2. Rodzaje gwintów

Gwinty dzieli się wg ich zarysów i systemów. W zależności od zarysu gwintu w płaszczyźnie przechodzącej przez jego oś rozróżnia się gwinty: **trójkątne**, **prostokątne**, **trapezowe** (symetryczne i niesymetryczne) i **okrągłe** (rys. 9-2). W zależności od systemów rozróżnia się gwinty **metryczne**, **calowe** (Whitwortha) i inne.

Do połączeń nieruchomych, czyli jako gwinty złączne, stosuje się wyłącznie gwinty trójkątne. Gwinty trapezowe i prostokątne stosuje się w śrubach do przenoszenia ruchu, jak np. śruba pociągowa w obrabiarkach.

W gwincie rozróżnia się następujące elementy: występ, bruzdę, zarys i kąt gwintu. **Zarysem gwintu** nazywa się zarys występu i bruzdy w płaszczyźnie przechodzącej przez oś gwintu. **Kąt gwintu** α jest to kąt zawarty między bokami zarysu. W gwincie metrycznym $\alpha = 60^\circ$, a w gwincie calowym $\alpha = 55^\circ$. Zależnie od kierunku nacięcia gwintu rozróżnia się gwint **prawy** i **lewy**. Gwint charakteryzują następujące wielkości (rys. 9-2f): średnica zewnętrzna d , średnica wewnętrzna d_1 , średnica podziałowa d_2 , skok gwintu P , i podziałka P . W gwintach jednokrotnych skok gwintu jest równy podziałce.



Rys. 9-2. Rodzaje gwintów: a) trójkątny, b) trapezowy symetryczny, c) prostokątny, d) trapezowy niesymetryczny, e) okrągły, f) wielkości charakteryzujące gwint metryczny
1 — występ, 2 — bruzda, 3 — zarys.
 α — kąt gwintu, d — średnica zewnętrzna gwintu, d_2 — średnica podziałowa gwintu, d_1 — średnica wewnętrzna gwintu, P — podziałka, H — wysokość

Gwinty metryczne wg PN-83/M-02013 są określane przez podanie symbolu gwintu — M, wartości średnicy zewnętrznej, np. M20 — dla gwintów zwykłych, a w przypadku gwintów drobnozwojnych podaje się jeszcze podziałkę gwintu, np. M20 \times 1,5.

Gwinty lewe oznacza się dodatkowo symbolem LH. Na przykład oznaczenie gwintu metrycznego drobnozwojowego o podziałce $P = 3$ mm i średnicy zewnętrznej

nej 64 mm określa się symbolem M64 × 3LH. Podobnie jak wymiary wszystkich części maszyn, tak i wymiary gwintów wykonuje się z określonymi tolerancjami. Pasowania gwintów mogą być **luźne, suwliwe, ciasne i mieszane**. Normy przewidują wykonywanie gwintów metrycznych w trzech klasach dokładności:

- klasie **dokładnej** dla gwintów do urządzeń precyzyjnych,
- klasie **średnio dokładnej** dla gwintów ogólnego przeznaczenia,
- klasie **zgrubnej** dla gwintów o obniżonej dokładności.

Tolerancje i pasowania gwintów metrycznych określa norma PN-83/M-02113. Inne częściej spotykane gwinty oznacza się następująco: 3/4" — gwint calowy Whitwortha o średnicy 3/4", R3" — gwint rurowy o średnicy 3", Tr48 × 8 — gwint trapezowy symetryczny o średnicy 48 mm i skoku 8 mm, S48 × 8 — gwint trapezowy niesymetryczny o średnicy 48 mm i skoku 8 mm.

9.3. Narzędzia do gwintowania ręcznego

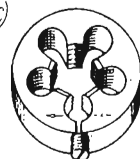
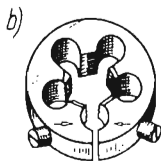
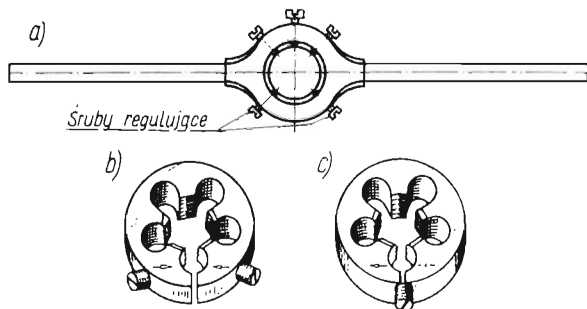
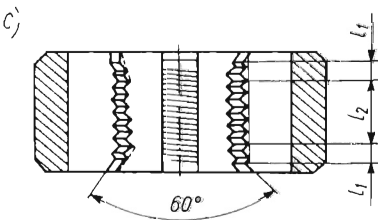
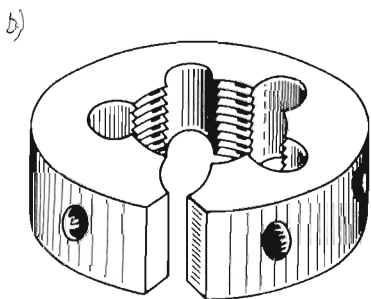
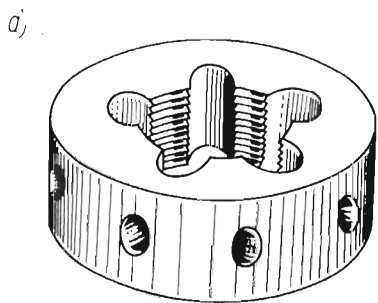
Do nacinania gwintów zewnętrznych (śrub) służą **narzynki**, a do wewnętrznych (nakrętek) — **gwintowniki**. Gwinty można nacinac również na tokarkach za pomocą specjalnych noży, na frezarkach za pomocą frezów oraz walcować za pomocą odpowiednio ukształtowanych walców.

Narzynki

Narzędzia do nacinania gwintów zewnętrznych, czyli narzynki, są to stalowe hartowane pierścienie, wewnątrz nagwintowane, z wywierconymi otworami tworzącymi krawędzie tnące i jednocześnie służącymi do odprowadzania wiórów (**rys. 9-3**). Liczba krawędzi skrawających równa jest liczbie otworów i zależy od średnicy gwintu. Narzynki z trzema krawędziami stosuje się do gwintów o średnicy do 6 mm, z czterema krawędziami do gwintów 6 ÷ 16 mm, z pięcioma krawędziami do gwintów powyżej 16 mm. Część skrawająca narzynki l_1 (**rys. 9-3c**) jest ukształtowana w postaci stożka o kącie rozwarcia 60° i jest jednakowa po obu stronach narzynki. Część walcowa l_2 służy do wykańczania gwintu i prowadzenia.

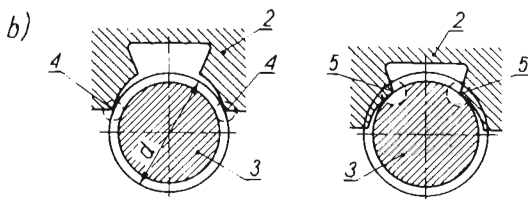
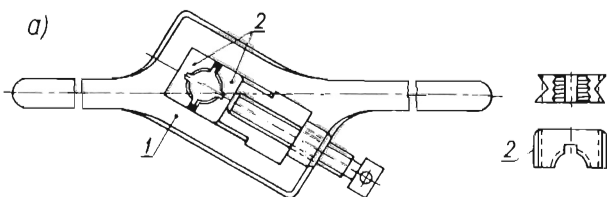
Narzynki okrągłe mogą być pełne (**rys. 9-3a**) i przecięte (**rys. 9-3b**). Narzynki pełne są dokładniejsze od narzynek przeciętych. W narzynkach przeciętych można w niewielkich granicach regulować średnicę nacinanego gwintu. Regulacji dokonuje się trzema wkrętami umieszczonymi w oprawce do narzynek (**rys. 9-4**). Regulacja ta umożliwia stopniowe wykonanie gwintu w paru przejściach.

Do nacinania gwintów zewnętrznych są używane również **narzynki dzielone** (**rys. 9-5**). Narzynka dzielona składa się z dwóch części, umieszczonych przesuwnie w prowadnicach oprawki (**rys. 9-5a**). Każda część ma półokrągłe nagwintowane wgłębienie, przecięte trapezowym rowkiem (**rys. 9-5b**), na skutek czego powstają krawędzie skrawające i miejsce do odprowadzania wiórów. Narzynką dzieloną gwintuje się w paru przejściach, dokręcając po każdym przejściu połowki narzynki.



Rys. 9-4. Oprawa z pokrętką do narzynek okrągłych i sposób regulacji: a) pokrętka b) regulacja zmniejszająca średnicę gwintu (dokręcanie wkrętów bocznych). c) regulacja zwiększająca średnicę gwintu (dokręcanie wkręta w przecięciu)

Rys. 9-3. Narzynki okrągłe: a) pełna, b) przecięta, c) przekrój narzynki

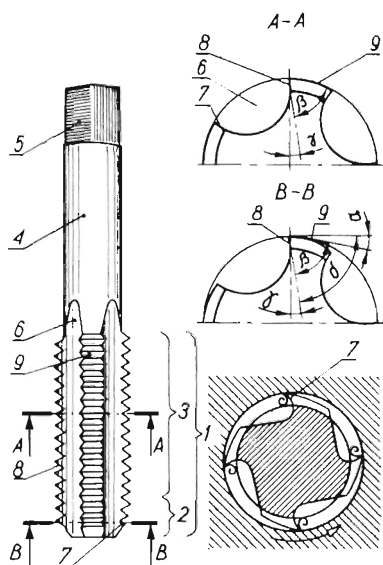


Rys. 9-5. Narzynka dzielona: a) narzynka zamocowana w oprawce, b) schemat gwintowania

1 — oprawka, 2 — narzynka, 3 — sworzeń nacinany, 4 — początek nacinania, 5 — koniec nacinania

Gwintowniki

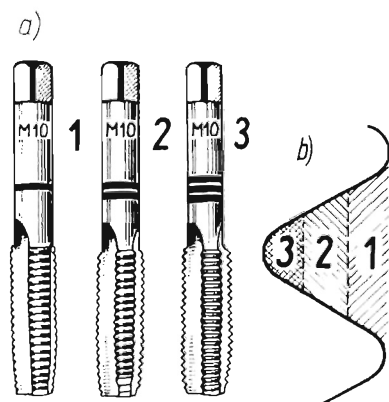
Na rys. 9-6 przedstawiono gwintownik. Ma on kształt śruby o stożkowym zakończeniu z rowkami wyciętymi na powierzchni wzdłuż osi gwintownika. Rowki te tworzą krawędzie tnące i służą do odprowadzania wiórów. Gwintownik składa się z części roboczej i chwytu o zakończeniu kwadratowym umożliwiającym założenie pokrętki. Część robocza dzieli się na stożkową skrawającą i walcową wykańczającą.



Rys. 9-6. Gwintownik i jego elementy
 1 — część robocza, 2 — część skrawająca, 3 — część wygładzająca, 4 — uchwyt, 5 — leb kwadratowy, 6 — rowek, 7 — krawędź tnąca, 8 — powierzchnia natarcia, 9 — powierzchnia przyłożenia, α — kąt przyłożenia, β — kąt ostrza, γ — kąt natarcia, δ — kąt skrawania

Do gwintowania otworów używa się комплекtu składającego się z trzech gwintowników (rys. 9-7a); gwintownika **wstępnego** (nr 1) oznaczonego na obwodzie jedną rysą, **zdzieraka** (nr 2) oznaczonego dwiema rysami i **wykańczaka** (nr 3) oznaczonego trzema rysami. Za pomocą gwintowników wstępnego i zdzieraka wykonuje się tylko część zarysu gwintu, a dopiero za pomocą wykańczaka nacina się pełny zarys gwintu (rys. 9-7b). Każdy gwintownik z комплекtu ma stożek skrawający o innej długości. Najdłuższy stożek ma gwintownik wstępny, a najkrótszy wykańczak. Gwinty drobnozwojne wykonuje się jednym lub dwoma kolejnymi gwintownikami.

Gwintowniki maszynowe mają wiele odmian w zależności od zastosowania, jak np. do gwintowania nakrętek z chwytym prostym lub załamanym, gwintowniki o śrubowej linii rowków dostosowane do pracy na automatach. Gwintowniki te budową niewiele różnią się od ręcznych. Chwyt przeważnie jest cylindryczny, zakończony zabierakiem. Do wykonywania otworów nieprzelotowych gwintowniki te mają bardzo krótką część stożkową, a do przelotowych dłuższą niż gwintowniki ręczne, ponieważ gwint wykonuje się jednym gwintownikiem, a nie jak przy gwintowaniu ręcznym kompletem trzech gwintowników.



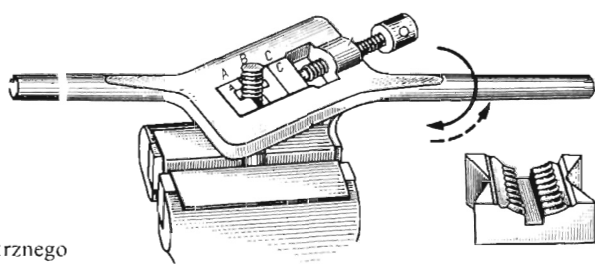
Rys. 9-7. Komplet gwintowników do otworów: a) komplet gwintowników, b) kolejne zarysy gwintu wykonane poszczególnymi gwintownikami

9.4. Technika nacinania gwintów

Nacinanie gwintu zewnętrznego

Sworznię, na którym ma być nacięty gwint, musi mieć odpowiednie wymiary oraz stożkowe zakończenie. Średnica sworznia musi być mniejsza od średnicy zewnętrznej gwintu. Wartość średnicy należy dobrać (z tablic zawartych w poradnikach technicznych) w zależności od rodzaju i średnicy gwintu. Jeżeli np. na sworzniu ma być nacięty gwint M16, to najpierw należy obtoczyć wałek na znalezionej w tabeli średnicę ($15,7 \div 15,82$ mm) oraz wykonać stożkowe zakończenie na tokarce lub ręcznie pilnikiem.

Po takim przygotowaniu sworznia należy zamocować go w imadle, nasmarować jego część stożkową i przystąpić do gwintowania (rys. 9-8).



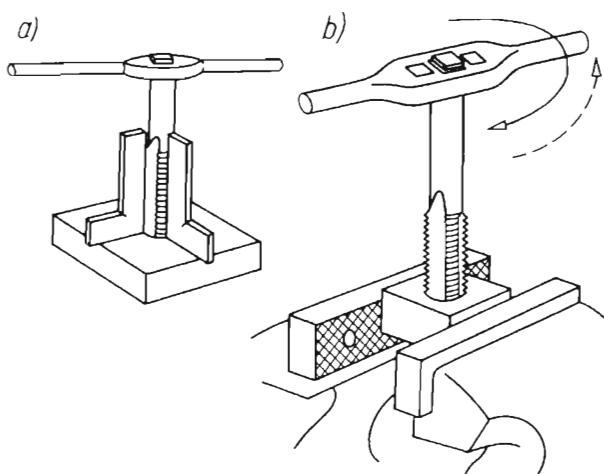
Rys. 9-8. Nacinanie gwintu zewnętrznego

Przed rozpoczęciem nacinania gwintu należy szczególną uwagę zwrócić na prostopadłe położenie narzynki względem osi sworznia. Po założeniu narzynki na koniec sworznia należy rozpocząć obrót w prawo, wywierając niewielki nacisk osiowy w dół aż do momentu, gdy zacznie powstawać bruzda i narzynka będzie prowadzona samoczynnie. Po wykonaniu każdego pełnego obrotu w prawo należy cofnąć narzynkę o pół obrotu w lewo, powtarzając tę czynność aż do nacięcia całego gwintu.

Nacinanie gwintu wewnętrznego

Średnicę wiertła do otworu pod gwint dobiera się wg tablic w zależności od rodzaju gwintu, jego średnicy i rodzaju materiału. Na przykład do gwintu M10 średnica wiertła do otworu pod gwint powinna wynosić w przypadku gwintowania w żeliwie i brązie 8,2 mm, a w stali i stopach cynku i aluminium 8,4 mm. Dobór właściwej średnicy wiertła ma bardzo duże znaczenie, ponieważ przy zbyt dużej średnicy otrzymuje się gwint niepełny, a przy za małej łamie się gwintownik lub zrywa nitka gwintu. Podczas wiercenia otworów pod gwinty nieprzelotowe należy przestrzegać zasady, że otwór musi mieć większą głębokość niż wymagana głębokość gwintu.

Przedmiot z otworem należy odpowiednio zamocować (małe przedmioty w imadle). Następnie w otwór wkłada się nasmarowany gwintownik nr I i sprawdza



Rys. 9-9. Gwintowanie otworu: *a)* sprawdzenie prostopadłości. *b)* przebieg gwintowania

kątownikiem prostopadłość położenia gwintownika względem powierzchni przedmiotu (rys. 9-9a). Wywierając lekki nacisk osiowy należy obracać pokrętkę gwintownik w prawo aż do momentu, gdy zacznie powstawać bruzda i gwintownik będzie wgłębiał się samoczynnie. Po niewielkim wgłębieniu gwintownika należy ponownie sprawdzić kątownikiem prostopadłość. Po wykonaniu każdego pełnego obrotu w prawo należy cofnąć gwintownik o pół obrotu w lewo, powtarzając tę czynność aż do nacięcia całego gwintu (rys. 9-9b). Po nagwintowaniu otworu gwintownikiem nr 1 należy włożyć w otwór gwintownik nr 2 i wkręcić go ostrożnie w nacięty już zarys gwintu. Po nałożeniu pokrętki należy gwintować otwór podobnie jak gwintownikiem nr 1. Gwint należy wykończyć gwintownikiem nr 3, postępując tak, jak podczas gwintowania poprzednimi gwintownikami. Jeżeli przy obracaniu gwintownika napotyka się duży opór, to nie należy przewyciskać go siłą, gdyż można złamać gwintownik, lecz należy go wykręcić i stwierdzić przyczynę oporu.

Nacinając gwint w otworach metali miękkich oraz w otworach głębokich i nieprzelotowych należy co pewien czas gwintownik wykręcać w celu oczyszczenia otworu i rowków gwintownika z wiórów oraz smarowania.

Nacinanie gwintów wewnętrznych na wiertarkach

Do nacinania gwintu w **otworach przelotowych** na wiertarce używa się gwintowników maszynowych o długiej części stożkowej. Do nacinania gwintu nakrętek jest potrzebna jeszcze dodatkowo długa część chwytowa. Umożliwia ona nacinanie gwintu całej serii nakrętek — nakrętki podchodzą coraz wyżej, przechodząc na część chwytową, skąd zdejmuje się całą serię.

Do nacinania gwintu w **otworach nieprzelotowych** ma zastosowanie przyrząd, który po nacięciu gwintu w otworze nieprzelotowym powoduje wykręcenie się gwintownika.

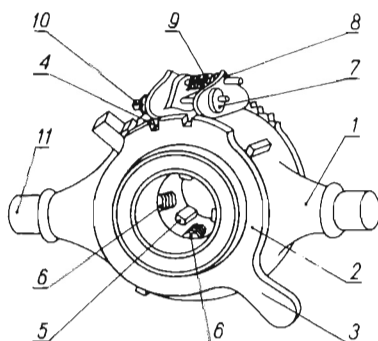
Wiertarka do nacinania gwintu powinna być wyposażona w mechanizm umożliwiający zmianę kierunku obrotowego wrzeciona, potrzebną do wycofania gwintownika z otworu.

Gwintowanie rur

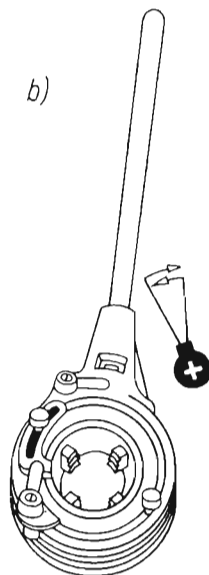
Do nacinania gwintów zewnętrznych na rurach są używane różnego rodzaju **gwintownice**. Najprostsza, lecz przestarzała, jest gwintownica o dwóch narzynkach dosuwanych śrubą, podobnie jak w narzynce dzielonej.

Obecnie są stosowane prawie wyłącznie **gwintownice uniwersalne** o czterech wymiennych narzynkach (rys. 9-10). Narzynki mogą być przesuwane w korpusie gwintownicy promieniowo przez pokręcenie rękojeści 3. Ponieważ przy gwincie całowym rurowym do kilku średnic stosuje się tę samą liczbę skoków przypadających na 1 cal, przeto narzynki mogą być wykorzystane do kilku średnic rur. Dla umożliwienia ustawienia narzynek na żądany wymiar na korpusie i pokrywie gwintownicy jest umieszczona podziałka średnic rur. Po ustawieniu narzynek wprowadza się zapadkę 8 w wycięcie na obwodzie tarczy 4 i zabezpiecza śrubą 10. Do prowadzenia rur służą prowadnice 5 umieszczone na obwodzie przed narzynkami 6.

a)



b)



Rys. 9-10. Gwintownice do rur: a) uniwersalna, b) uniwersalna z mechanizmem zapadkowym

1 — korpus żeliwny, 2 — tarcza, 3 — rękojeść tarczy, 4 — wycięcie tarczy, 5 — prowadnica, 6 — narzynki, 7 — przeciwnakrętka, 8 — zapadka, 9 — ślimak, 10 — śruba z łbem, 11 — rączka

Przygotowanie rury do gwintowania polega na oczyszczeniu jej oraz sprawdzeniu kątownikiem prostopadłości płaszczyzny czołowej do osi rury. Jeżeli płaszczyzna nie jest prostopadła, to należy ją opiłować pilnikiem. Następnie zakończenie rury należy nasmarować, założyć gwintownicę i naciąć gwint obracając gwintownicę. W przypadku gwintownic wyposażonych w zapadkę (rys. 9-10b) wykonuje się tylko ruch wahadłowy. Po nacięciu gwintu na żadaną długość należy za pomocą rękojeści cofnąć narzynki i zdjąć gwintownicę.

Przyczyny wadliwego wykonywania gwintów

Wadliwy gwint może powstać na skutek nieuwagi lub nieumiejętności pracownika albo z powodu złego stanu narzędzia. Bardzo często uszkodzeniem gwintu jest jego naderwanie. Wada ta może wystąpić wskutek gwintowania bez smarowania, używania tępego gwintownika lub narzynki oraz wskutek złego ustawienia narzędzia.

Gwint niepełny może powstać z powodu wywiercenia za dużego otworu pod gwint, lub gdy średnica sworznia jest za mała dla danego gwintu.

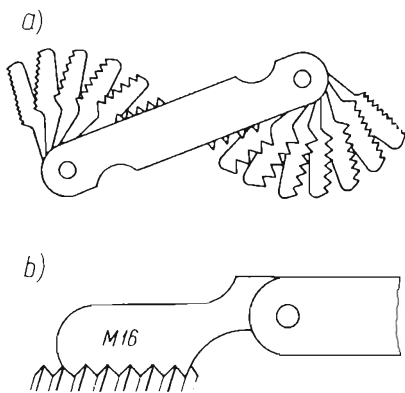
Złamanie gwintownika w otworze może nastąpić wskutek nieumiejętnego gwintowania, używania tępego gwintownika lub wady narzędzia, polegającej na złej obróbce cieplnej gwintownika.

9.5. Sprawdzanie gwintów

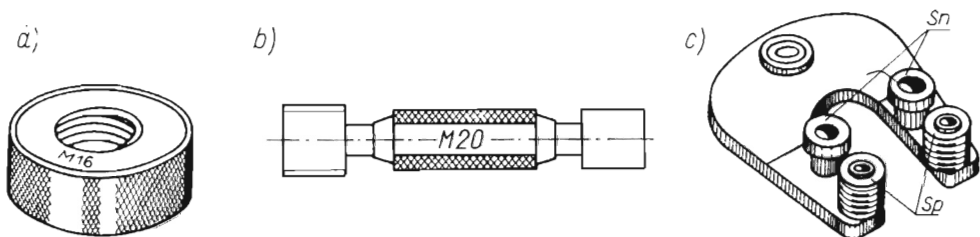
Średnicę zewnętrzną gwintu sprawdza się **suwmiarką**. Prawidłowość zarysu gwintu oraz skok sprawdza się **wzornikami** (rys. 9-11a, b), obserwując pod światło prześwit między wzornikiem a zarysem gwintu. Wzornik służy również do szybkiego rozpoznania gwintów przez przykładanie kolejnych „grzebyków” do gwintu o nieznanym zarysie. Jest to szczególnie przydatne, jeżeli należy wykonać np. nakrętkę do śruby o nieznanym zarysie gwintu. Na każdym wzorniku jest podane oznaczenie gwintu (rys. 9-11b).

Gwinty sprawdza się również **sprawdzianami** jednogranicznymi (rys. 9-12a, b) i dwugranicznymi (rys. 9-12c). Sprawdzian jednograniczny do gwintu zewnętrznego jest przedstawiony na rys. 9-12a. Sprawdzian jednograniczny do gwintów wewnętrznych (rys. 9-12b) ma z jednej strony część walcową do sprawdzania średnicy otworu nakrętki, a z drugiej część nagwintowaną do sprawdzania gwintu. Sprawdzian jednograniczny powinien podczas sprawdzania wkręcać się lekko, bez zbytniego luzu.

Sprawdziany dwugraniczne umożliwiają dokładniejsze sprawdzenie gwintu. Sprawdzian dwugraniczny do gwintów wewnętrznych (rys. 9-12c) ma z jednej strony część przechodnią *Sp*, a z drugiej część nieprzechodnią *Sn*. Strona przechodnia powinna wkręcać się łatwo, a nieprzechodnia (o 2÷3 zwojach) powinna tylko chwytać gwint, nie wkręcając się głębiej. Sprawdzian dwugraniczny do gwintów zewnętrznych składa się z dwóch pierścieniowych nakrętek. Nakrętka nieprzechodnia ma nacięty rowek na obwodzie. Ostatnio używa się coraz częściej sprawdzianów dwugranicznych szczękowych do sprawdzania gwintów zewnętrznych.



Rys. 9-11. Wzorniki do gwintów



Rys. 9-12. Sprawdziany do gwintów: a), b), jednograniczne. c) dwugraniczne

Do bardzo dokładnych pomiarów gwintu stosuje się **mikrometry** i **średnicówki** z wymiennymi końcówkami o zarysie gwintu. Za pomocą mikrometrów i średnicówek można dokładnie pomierzyć średnicę podziałową i zewnętrzną gwintu.

9.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas gwintowania

Do pracy nie należy używać narzędzi uszkodzonych. Nie wolno usuwać wiórów palcami ani ich zdmuchiwać. Należy przestrzegać dobrego zamocowania gwintowanych przedmiotów.

Podczas gwintowania na wiertarkach obowiązują te same zasady bezpiecznej pracy, jak podczas wiercenia.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Kąt rozwarcia gwintu metrycznego wynosi: **a)** 45° ? **b)** 80° ? **c)** 60° ? **d)** 30° ?
2. Liczba krawędzi skrawających narzynek okrągłych do nacinania gwintów zewnętrznych o średnicach powyżej 16 mm wynosi: **a)** 2? **b)** 3? **c)** 4? **d)** 5?
3. Z ilu sztuk składa się komplet gwintowników do ręcznego wykonywania gwintów wewnętrznych: **a)** 5? **b)** 3? **c)** 2? **d)** 4?
4. Ile rys na obwodzie jako oznakowanie ma naciętych gwintownik wykańczak: **a)** 3? **b)** 4? **c)** 2? **d)** 1?
5. Oznaczenie $M20 \times 1,5$ dotyczy gwintu: **a)** calowego? **b)** rurowego? **c)** metrycznego drobnozwojowego? **d)** metrycznego?

10 Nitowanie

10.1. Wiadomości ogólne

Nitowaniem nazywa się łączenie nierozłączne elementów za pomocą nitów. Stosowane jest przy wyrobie zbiorników, kotłów oraz w konstrukcjach stalowych, np. mosty, dźwignice, słupy. W zależności od rodzaju połączenia i wymiarów stosowanych nitów nitowanie może być **ręczne** lub **maszynowe**, **na gorąco** lub **na zimno**.

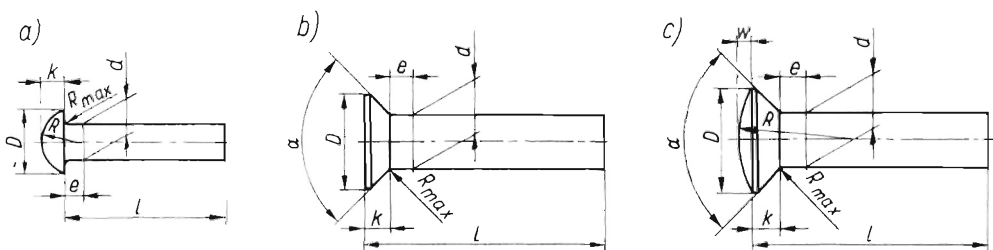
Połączenia za pomocą nitów zostały w zasadzie zastąpione spawaniem, głównie do wykonywania konstrukcji stalowych, ale w wielu przypadkach, zwłaszcza do łączenia drobnych elementów oraz w konstrukcjach ze stopów aluminiowych, nitowanie jest nadal stosowane. Obecnie najczęściej stosuje się nitowanie na zimno do łączenia drobnych elementów przeważnie za pomocą nitów ze stopów aluminiowych.

10.2. Nity i ich zastosowanie

Wymiary i kształty nitów są znormalizowane. Zależnie od średnicy rozróżnia się nity **normalne**, zamykane najczęściej na gorąco (np. nity mostowe, kotłowe, kryte, półkryte) o średnicy nominalnej $d \geq 10$ mm, oraz nity **drobne**, zamykane z reguły na zimno (np. nity blacharskie, rymarskie) o średnicy nominalnej $d < 10$ mm.

Zależnie od kształtu łba rozróżnia się następujące nity normalne (**rys. 10-1**): z łbem kulistym, z łbem płaskim, z łbem soczewkowym, z łbem grzybkowym, z łbem trapezowym.

Nity z łbem kulistym są stosowane w konstrukcjach metalowych do połączeń trwałych. Są stosowane również we wszystkich zbiornikach z ciśnieniem wewnętrznym (np. kotły parowe i wodne, naczynia ciśnieniowe).



Rys. 10-1. Wybrane rodzaje nitów normalnych: *a)* z łbem kulistym, *b)* z łbem płaskim, *c)* z łbem soczewkowym, d – średnica nominalna, D – średnica łba, l – długość trzonu nitu

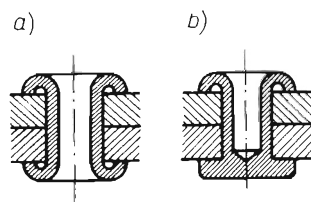
Nity z łbem płaskim, zwane również krytymi, oraz nity z łbem **soczewkowym**, zwane również półkrytymi, stosuje się wówczas, gdy powierzchnie części łączonych powinny być gładkie.

Nity z łbem soczewkowym o bardzo małej wysokości są stosowane do łączenia części cienkich.

W każdym nicie pełnym rozróżnia się walcowy sworzень, zwany **trzonem** lub szyjką oraz **łeb**. Drugi łeb zwany **zakuwką** tworzy się dopiero podczas nitowania.

Do nitowania cienkich blach oraz materiałów niemetalowych używa się nitów **rurkowych** lub drążonych półrurkowych z łbem płaskim lub grzybkowym (**rys. 10-2**). Stosuje się również różnego rodzaju nity **zamykane** jednostronnie, do których zalicza się również nity **wybuchowe**, czyli rozsadzane. Nity wybuchowe są stosowane w miejscach niedostępnych dla wspornika przy nitowaniu. Małe nity wybuchowe ze stopów aluminiowych o średnicy do 9 mm są stosowane w przemyśle lotniczym.

Nity są wykonywane z tego samego materiału co materiał nitowany.

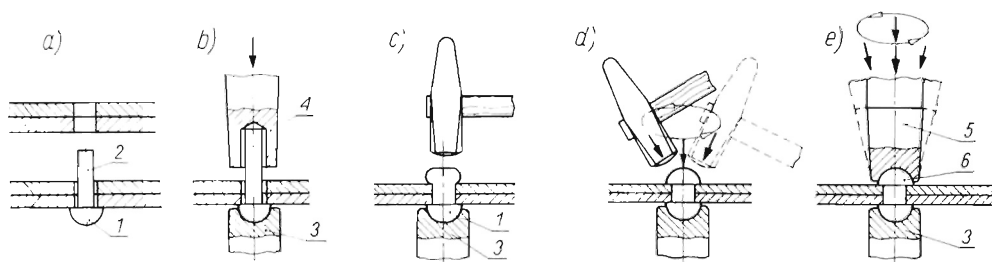


Rys. 10-2. Nity: a) rurkowy, b) drążony

10.3. Sposoby nitowania

Wykonanie połączenia nitowego polega na wykonaniu otworów nitowych w elementach łączonych, wstawieniu nitu w otwory i jego zamknięciu, czyli wykonaniu drugiego łba, tzw. **zakuwki** (**rys. 10-3**).

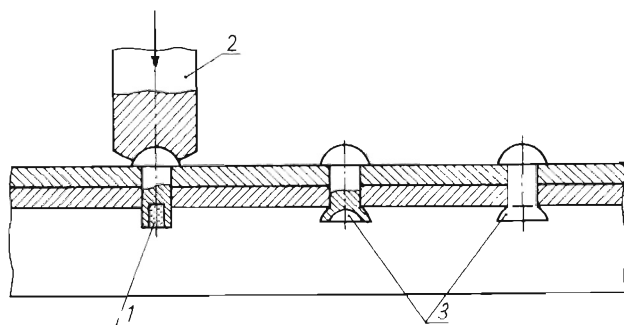
Przebieg nitowania jest następujący: do otworów łączonych zakłada się nit 2 (**rys. 10-3a**), którego łeb 1 opiera się o przypór 3. Po oparciu łba nitu na przyporze nakłada się dociskacz 4 (**rys. 10-3b**) i mocnymi uderzeniami młotka w łeb dociskacza dociska się do siebie blachy nitowane. Po zdjęciu dociskacza uderzeniami młotka kształtuje się zakuwkę 6 (**rys. 10-3c, d**) i wykańcza ją nagłówniakiem 5 (**rys. 10-3a**).



Rys. 10-3. Kolejne fazy nitowania

1 — łeb, 2 — trzon, 3 — przypór, 4 — dociskacz, 5 — nagłówniak, 6 — zakuwka

Nitowanie może być wykonywane **na zimno i na gorąco**. Nity pełne ze stopów aluminiowych i miedzianych zamyka się na zimno. Nity stalowe pełne, o średnicy trzona do 10 mm zamyka się również na zimno. Nity stalowe o większej średnicy trzona zamyka się na gorąco. Nagrzewa się je do temperatury ok. 1000 C w piecach stałych lub przenośnych. Nity zamykane na zimno mogą być pasowane ciasno w otworze. Przy nitowaniu na gorąco średnica otworu powinna być o ok. 1 mm większa od średnicy nitu. Nity rurkowe i drążone zamyka się na zimno.



Rys. 10-4. Przebieg nitowania nitem wybuchowym

1 — materiał wybuchowy, 2 — grzałka, 3 — nit po wybuchu (zakuwka)

Przebieg nitowania **nitami wybuchowymi** przedstawiono na **rys. 10-4**. Do otworów łączonych części wprowadza się nit wybuchowy, który w dolnej części trzonu ma materiał wybuchowy 1. Do łba nitu przykładana się grzałka 2 wykonana w kształcie nagłowniaka. Po osiągnięciu temperatury ok. 300°C materiał wybuchowy rozsadza dolną część nitu tworząc zakuwkę. Jako materiału wybuchowego używa się przeważnie termitu.

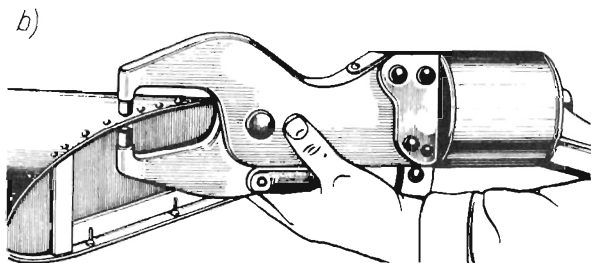
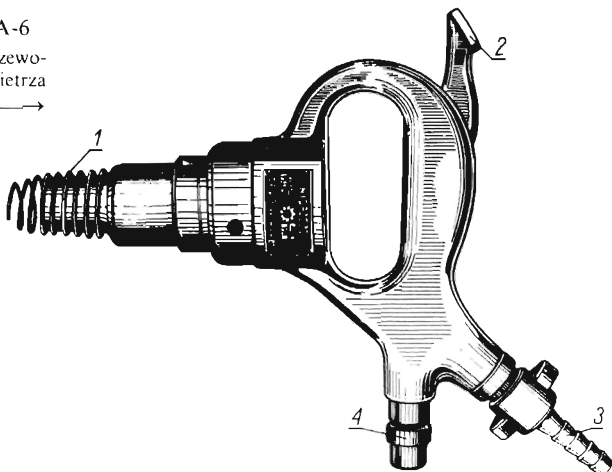
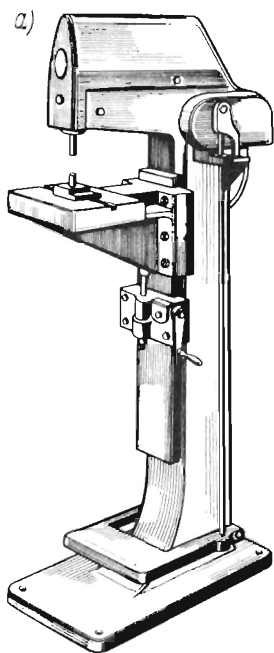
10.4. Nitowanie zmechanizowane

Nitowanie ręczne zostało prawie całkowicie zastąpione nitowaniem zmechanizowanym. Nitowanie zmechanizowane wykonuje się za pomocą maszyn zwanych **niciarkami** lub za pomocą przyrządów ręcznych zwanych **nitownikami** (**rys. 10-5**). W nitownikach przypór i nagłowniak zamykający nit są dociskane przez robotnika za pośrednictwem mechanizmu dźwigniowego. Nitownik przedstawiony na **rys. 10-5** jest stosowany do nitowania na zimno nitów stalowych i ze stopów aluminiowych o średnicy do 6 mm. Jest zasilany sprężonym powietrzem o ciśnieniu ok. 0,5 MPa. Jest wyposażony w regulator dopływu powietrza dolotowego, co umożliwia pracę z różną wartością energii uderzenia.

Na **rys. 10-6a** przedstawiono niciarkę mechaniczną, a na **rys. 10-6b** niciarkę elektryczną. Niciarki znajdują zastosowanie do nitowania na zimno drobnych elementów. Między innymi są używane w przemyśle motoryzacyjnym do nitowania okładzin ciernych tarcz sprzęgłowych i okładzin hamulcowych.

Rys. 10-5. Nitownik pneumatyczny NA-6

1 — bijak, 2 — włącznik, 3 — końcówka przewodu powietrza, 4 — regulator dopływu powietrza



Rys. 10-6. Niciarki: a) mechaniczna, b) elektryczna

10.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas nitowania

Narzędzia używane do nitowania nie mogą mieć pęknięć i innych uszkodzeń. Używając nitownika pneumatycznego nie wolno włączać dopływu powietrza przed zetknięciem bijaka-nagłownika z trzonem nitu.

Podczas nitowania na gorąco należy uważać, ażeby nie ulec poparzeniu. W czasie nitowania konstrukcji na rusztowaniach lub w czasie pracy na wysokościach należy pamiętać o zabezpieczeniu przed spadnięciem. Używając niciarki mechaniczne lub elektryczne należy sprawdzać ich uziemienie lub zerowanie.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Do nitowania elementów stalowych używa się nitów: a) aluminiowych? b) stalowych? c) miedzianych?
2. Na zimno można zamykać nity stalowe o średnicy: a) do 5 mm? b) do 3 mm? c) do 10 mm? d) do 7 mm?

3. Średnica otworów łączonych elementów podczas nitowania na gorąco musi być większa od średnicy trzonu nitu o: **a)** 1 mm? **b)** 2 mm? **c)** 0,5 mm? **d)** 1,5 mm?
4. W czasie nitowania na gorąco nagrzewa się nity stalowe do temperatury: **a)** 600°C? **b)** ok. 400°C? **c)** ok. 800°C? **d)** ok. 1000°C?
5. Nitownik pneumatyczny NA—6 pracuje pod ciśnieniem: **a)** 0,4 MPa? **b)** 0,5 MPa? **c)** 0,8 MPa? **d)** 1 MPa?

11 Skrobanie metali

11.1. Wiadomości ogólne

Skrobanie nazywa się obróbkę wykańczającą powierzchni przedmiotów metalowych przez ręczne usuwanie nierówności i śladów poprzedniej obróbki za pomocą narzędzi zwanych **skrobakami**.

Obróbka skrobanie ma na celu otrzymanie gładkich i wzajemnie do siebie przylegających powierzchni części lub urządzeń współpracujących, szczególnie, jeżeli części te przesuwają się względem siebie, jak np. prowadnice obrabiarek. Skrobaniu podlegają też panewki łożysk ślizgowych w czasie pasowania ich z czopami wałów oraz powierzchnie płyt kontrolnych. Obróbka skrobanie została obecnie w dużym stopniu zastąpiona szlifowaniem dokładnym, ale w wielu przypadkach dla zapewnienia dużej dokładności współpracujących części jest stosowana nadal do napraw prowadnic obrabiarek i łożysk ślizgowych.

Tablica 11-1

Naddatki na skrobanie płaszczyzn

Szerokość skrobanej płaszczyzny w mm	Długość skrobanej płaszczyzny w mm			
	od 100 do 500	od 500 do 1000	od 1000 do 2000	od 2000 do 4000
Naddatki na skrobanie w mm				
do 100	0,1	0,15	0,2	0,25
od 100 do 500	0,15	0,2	0,25	0,3
od 500 do 1000	0,18	0,25	0,35	0,45
Naddatki na skrobanie powierzchni walcowych				
Średnica skrobanego otworu w mm	Długość skrobanego otworu w mm			
	od 100	od 100 do 200	od 200 do 300	powyżej 300
Naddatki na skrobanie w mm				
do 80	0,05	0,08	0,12	—
od 80 do 180	0,1	0,15	0,2	0,2
od 180 do 360	0,15	0,2	0,25	0,3

Jeżeli powierzchnia ma być wykończona skrobaniem, to w poprzedniej obróbce pozostawia się odpowiedni naddatek. Wartość naddatku zależy od wymiarów powierzchni i jej kształtu i wynosi $0,05 \div 0,45$ mm (**tabl. 11-1**).

11.2. Skrobaki

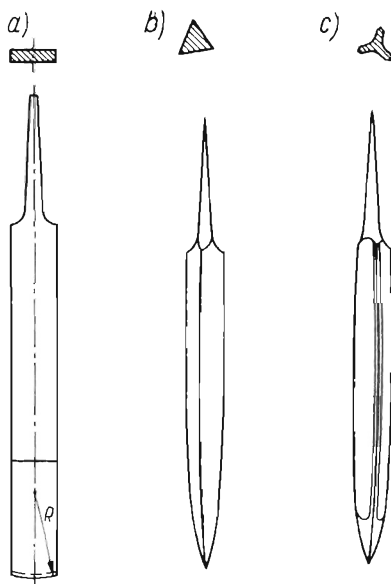
Skrobaki wykonuje się ze stali narzędziowej niestopowej (węglowej) lub stopowej. Skrobaki hartuje się i odpuszcza, a twardość części roboczej po obróbce cieplnej wynosi zwykle 64 HRC.

Zależnie od kształtu skrobanej powierzchni używa się różnego rodzaju skrobaków (**rys. 11-1**). Do skrobania powierzchni płaskich używa się skrobaka **płaskiego** (**rys. 11-1a**), a do skrobania w miejscach trudno dostępnych znajduje zastosowanie skrobak płaski **wygięty**. Do skrobania powierzchni wklęsłych używa się skrobaka **trójkątnego pełnego** (**rys. 11-1b**) lub **wygiętego** (**rys. 11-1c**) oraz skrobaków **łyżkowych**. Stosuje się również skrobaki **uniwersalne** z wymiennymi płytkami, stanowiącymi część skrawającą. Płytki takie wykonuje się ze stali szybko tnącej lub węglików spiekanych.

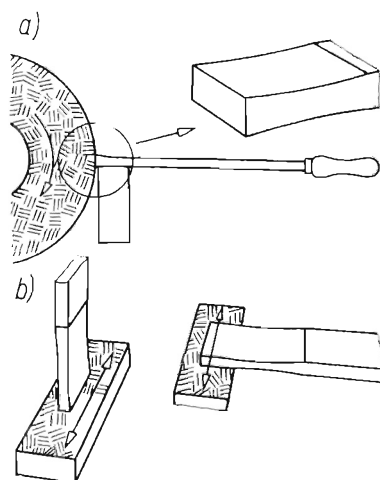
Skrobaki należy często ostrzyć na szlifierce (**rys. 11-2a**) i dogładzać pilnikiem ściernym (**rys. 11-2b**). W przypadku gdy powierzchnia czołowa ma być wypukła, to podczas szlifowania i dogładzania należy skrobakiem wykonywać ruchy wahadłowe.

11.3. Przyrządy sprawdzające

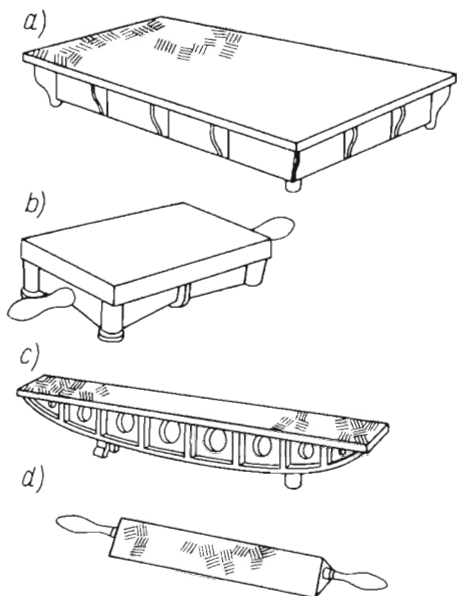
Podstawowymi przyrządami sprawdzającymi są **płyty kontrolne**: stałe i przenośne (**rys. 11-3**). Płyty wykonane z żeliwa mają bardzo gładką powierzchnię uzyskaną też przez skrobanie. Płyta kontrolna stała służy do sprawdzania przedmiotów o różnych wymiarach. Płaszczyzny sprawdzane umieszcza się na powierzchni płyty. Płyta kontrolna przenośna służy do sprawdzania dużych przedmiotów, których nie można umieścić



Rys. 11-1. Skrobaki: *a)* płaski, *b)* trójkątny pełny, *c)* trójkątny wygięty



Rys. 11-2. Ostrzenie i dogładzanie skrobaka



Rys. 11-3. Przyrządy sprawdzające: a) płyta kontrolna stała, b) płyta kontrolna przenośna, c) liniał powierzchniowy, d) liniał trójkątny

cić na płycie stałej. Do sprawdzenia płytę umieszcza się na powierzchni skrobanej.

Liniały powierzchniowe (rys. 11-3c) stosuje się do sprawdzania długich, wąskich płaszczyzn. Liniały trójkątne (rys. 11-3d) o różnych kątach stosuje się do sprawdzania powierzchni wewnętrznych dwuciennych.

Wszystkie te przyrządy służą do sprawdzania prawidłowości skrobanych powierzchni, ujawniając nierówności. Nierówności stają się widoczne przy pocieraniu skrobanej powierzchni o uprzednio pokrytą tuszem powierzchnię płyty kontrolnej lub przy pocieraniu natuszowanymi liniałami lub płytą przenośną o powierzchnię skrobaną.

11.4. Technika skrobania

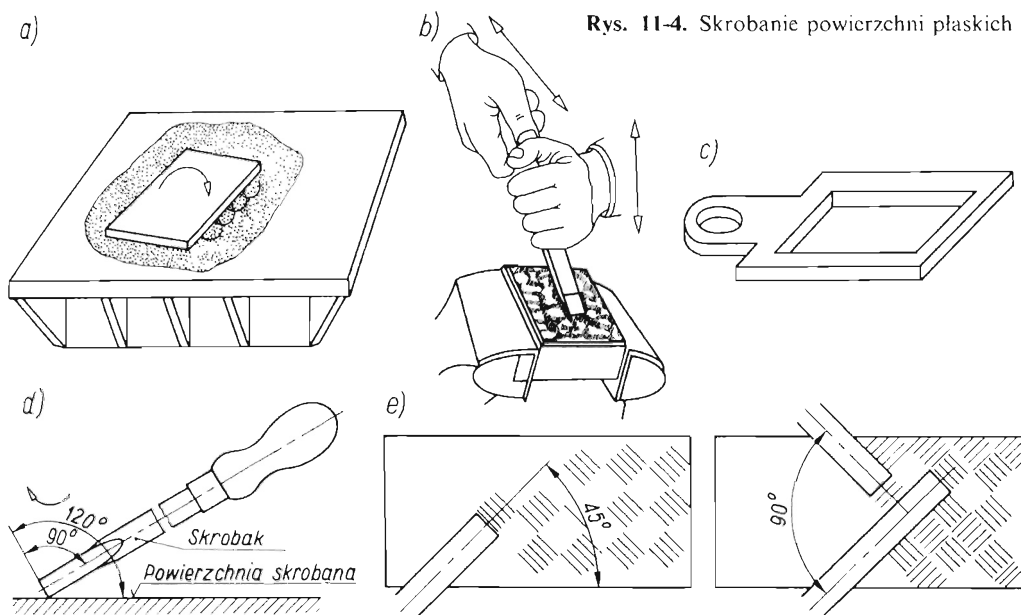
Skrobanie jest obróbką bardzo pracochłonną. Pracochłonność tej obróbki zależy od opanowania właściwej techniki skrobania i wykształcenia właściwych nawyków w opanowaniu czynności manualnych podczas praktycznej nauki wykonywania tej obróbki. Opanowanie właściwej techniki skrobania wpływa na wydajność tego procesu.

Skrobanie płaszczyzn

Przed przystąpieniem do skrobania należy sprawdzić powierzchnię liniałem krawędziowym. Jeżeli szczelina światła jest nierównomierna, czyli powierzchnia wykazuje nierównomierności, to należy ją wstępnie opiłować pilnikiem gładzikiem. Powierzchnię należy uznać za przygotowaną do skrobania, jeżeli szczelina światła przy sprawdzaniu liniałem krawędziowym będzie równomierna o szerokości około 0,05 mm. Następnie należy ściąć krawędzie przedmiotu i dokładnie wytrzeć czystą szmatką powierzchnię przygotowaną do skrobania.

Przygotowanie płyty kontrolnej polega na dokładnym wytarciu jej powierzchni i nałożeniu tuszu. Tusz należy rozetrzeć tamponem, tak, żeby utworzyć ciekłą, równomierną warstwę. Tusz przygotowuje się z sadzy angielskiej lub holenderskiej i oleju maszynowego lub z błękitu pruskiego zmieszanego również z olejem.

Po takim przygotowaniu powierzchnię przeznaczoną do skrobania kładzie się na płycie kontrolnej i przesuwając kilkakrotnie ruchem kołowym po płycie (rys. 11-4a). Po zdjęciu przedmiotu z płyty ustawia się go na stole, a przedmioty o mniejszych wymiarach mocuje się w imadle powierzchnią obrabianą poziomo. Na powierzchni przedmiotu można zauważyć plamy od tuszu; są to wypukłości, które starły tusz z płyty kontrolnej. Plamy te, czyli wypukłości, trzeba wraz z warstwą metalu usunąć skrobakiem (rys. 11-4b) i ponownie pocierać powierzchnię o płytę kontrolną. Po zdjęciu przedmiotu z płyty okaże się, że tym razem plamek jest więcej, ale o mniejszej powierzchni. Należy je zeszkrobać i postępować tak, jak poprzednio. Jeżeli na powierzchni obok czarnych plam występują również szare plamy, to należy przede wszystkim usuwać szare, oznaczają one bowiem największe wypukłości (przy pocieraniu o płytę kontrolną tusz uległ starciu). Skrobanie należy przerwać po osiągnięciu żądanego stanu powierzchni.



Dokładność skrobania określa się według **liczby plamek** występujących na powierzchni o wymiarach 25×25 mm. Do obliczania tych plamek służy **ramka kontrolna** (rys. 11-4c). Najdokładniejsze skrobanie jest wówczas, gdy na powierzchni pomiarowej będzie $25 \div 32$ plamek. Tak dokładne skrobanie stosuje się podczas wykonywania powierzchni przyrządów wzorcowych i kontrolnych. Skrobanie wyjątkowo dokładnych przewodnic obrabiarek należy wykonywać do uzyskania $16 \div 20$ plamek, skrobanie przewodnic większości obrabiarek — $8 \div 12$ plamek, a skrobanie przewodnic ciężkich obrabiarek — $5 \div 8$ plamek. Najmniej dokładnemu skrobaniu odpowiada $3 \div 5$ plamek.

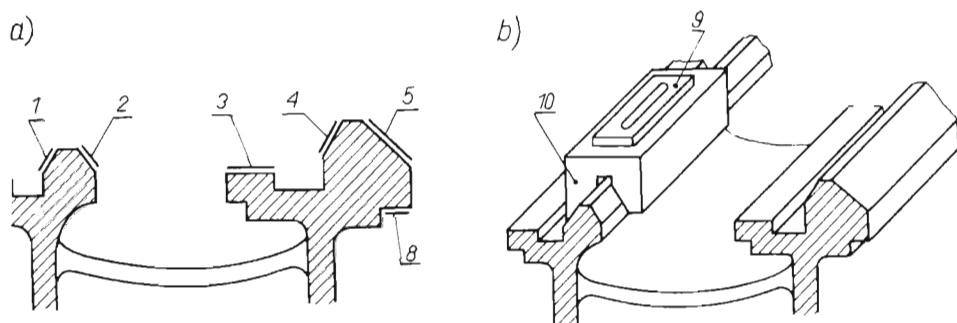
Pierwsze operacje skrobania określa się jako **skrobanie zgrubne**, ostatnie natomiast jako **wykańczające**. Do skrobania zgrubnego używa się płaskiego

szerokiego skrobaka o zaokrąglonej krawędzi, a do wykańczającego — płaskiego wąskiego o prostej krawędzi.

Prawidłowe uchwycenie skrobaka podczas pracy przedstawiono na **rys. 11-4b**. W czasie pracy skrobak powinien być pochylony do powierzchni roboczej pod kątem 30° . Skrobanie wykonuje się krótkimi posuwistymi ruchami półkolistymi (**rys. 11-4d**).

Długość posuwu skrobaka zależy od dokładności skrobania. Podczas skrobania zgrubnego należy stosować posuw długi, a podczas wykańczającego bardzo krótki. Kierunek skrobania powinien wynosić ok. 45° w stosunku do obrabianej powierzchni; co parę ruchów zmienia się go o 90° (**rys. 11-4e**). Postawa pracującego powinna być swobodna, podobnie jak podczas piłowania.

Podczas skrobania płaszczyzn wzajemnie równoległych, prostopadłych czy też pochylonych pod pewnym kątem obowiązuje zasada, że najpierw skrobie się wykańczająco jedną płaszczyznę, a dopiero potem przystępuje się do skrobania następnych. Pierwszą skrobaną płaszczyznę traktuje się jako podstawę (bazę), względem której wykonuje się następne. Opierając się na powierzchni podstawowej można przyrządami pomiarowymi ustalić dokładne położenie powierzchni pozostałych do skrobania. Na przykład przy skrobaniu łoża tokarki (**rys. 11-5a**)



Rys. 11-5. Skrobanie powierzchni łoża tokarki

1-8 — kolejność skrobania powierzchni, 9 — poziomnica, 10 — nakładka pryzmowa

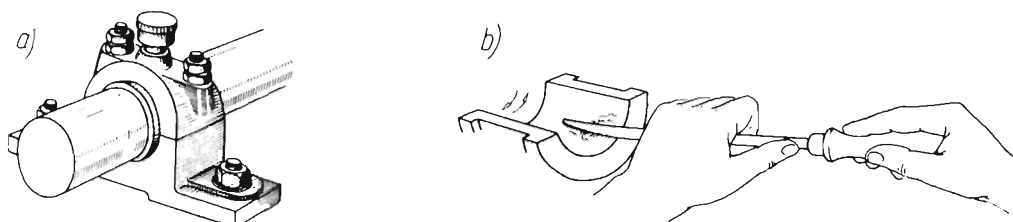
przyjmuje się jako bazę jedną z prowadnic konika 1, 2, a dopiero względem niej skrobie się następne, określone na **rys. 11-5a** kolejnymi liczbami. Każdą płaszczyznę należy sprawdzić na tusz linią, a kąt zawarty między pochylonymi powierzchniami prowadzącymi również na tusz za pomocą nakładki pryzmowej. Prostoliniowość sprawdza się poziomnicą 9, ustawioną na nakładce pryzmowej 10 (**rys. 11-5b**).

Skrobanie powierzchni wklęsłych

Najczęściej skrobanie stosuje się do powierzchni wewnętrznych łożysk ślizgowych, czyli panewek, przy pasowaniu w nich czopów wałów. Do skrobania panewek używa się skrobaków trójkątnych lub tyżeczkowych, a do sprawdzania stosuje się dokładny szlifowany wałek o średnicy równej żądanej średnicy otworu.

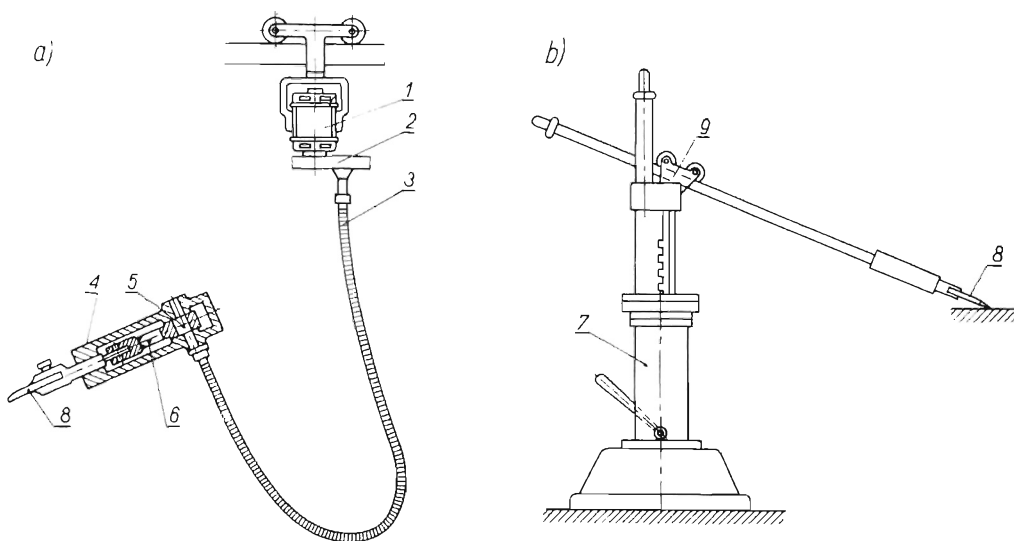
Jako wałek sprawdzający przeważnie stosuje się czop wałka, który będzie w tym łożysku pracował.

Wałek pokryty cienką warstwą tuszu osadza się na panewkach i skręca łożysko śrubami tak, żeby wałek obracał się z oporem. Następnie należy wałek kilkakrotnie obrócić (rys. 11-6a), rozkręcić łożysko i wyjąć wałek oraz panewki. Panewki mocuje się kolejno w imadle i przystępuje do skrobania miejsc pokrytych plamkami.



Rys. 11-6. Skrobanie powierzchni wklęsłych

Kierunek skrobania jest prostopadły do osi podłużnej skrobaka. Skrobak należy trzymać obiema rękami, przy czym lewa ręka wykonuje główne czynności, to znaczy naciskając skrobak wykonuje ruchy wahadłowe (rys. 11-6b). Skrobać należy w obu kierunkach, czyli w lewo i prawo. Zabieg skrobania i sprawdzania powtarza się tak długo, póki nie osiągnie się żądanej dokładności. Panewki, zależnie od ich przeznaczenia, należy skrobać aż do uzyskania 12÷20 plamek na powierzchni 25×25 mm.



Rys. 11-7. Skrobarki: a) z giętkim wałkiem, b) stojąca

1 — silnik elektryczny, 2 — przekładnia zębata, 3 — wałek giętki, 4 — oprawka, 5 — wałek mimośrodowy, 6 — korbówód, 7 — kolumna, 8 — skrobak, 9 — głowica

Skrobanie zmechanizowane

Do skrobania mechanicznego mają zastosowanie skrobaki o różnych konstrukcjach. Na rys. 11-7 przedstawiono skrobak z giętkim wałkiem. Ruch obrotowy wałka giętkiego zmienia się w ruch postępowo-zwrotny skrobaka, dzięki umieszczonemu w oprawce mechanizmowi mimośrodowemu. Skrobanie ogranicza się do odpowiedniego kierowania i dociskania skrobaka. Na rys. 11-7b przedstawiono skrobak mechaniczny stojący, napędzany silnikiem elektrycznym umieszczonym w kolumnie. Ruch obrotowy z silnika zostaje przeniesiony na głowicę, gdzie za pośrednictwem mechanizmu jarzmowego zostaje zamieniony w ruch postępowo-zwrotny suwaka, przy czym ruch roboczy jest powolny, a jałowy szybki. Czynności pracownika obsługującego skrobak ograniczają się do dosuwania skrobaka do miejsc, które mają być wyrównane.

11.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas skrobania

Podczas skrobania należy uważać, aby nie skaleczyć rąk o krawędzie skrobanych przedmiotów oraz ostrza skrobaków. Należy zwracać także uwagę na dobre osadzenie skrobaka w oprawce.

Przed rozpoczęciem pracy skrobakiem mechanicznym należy sprawdzić, czy jest on uziemiony lub zerowany.

Przedmioty skrobane, zwłaszcza o małej masie, powinny być dobrze zamocowane. Przytrzymywanie przedmiotu ręką jest niedopuszczalne i może zakończyć się wypadkiem.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Wielkość naddatków pozostawionych na obróbkę skrobaniem wynosi: **a)** $0,01 \div 0,15$ mm? **b)** $0,05 \div 0,45$ mm? **c)** $0,1 \div 0,35$ mm? **d)** $0,25 \div 0,55$ mm?
2. Twardość części roboczej skrobaka powinna wynosić: **a)** 48 HRC? **b)** 54 HRC? **c)** 58 HRC? **d)** 64 HRC?
3. Płyty kontrolne wykonuje się z: **a)** stali węglowej? **b)** brązu? **c)** żeliwa? **d)** stali stopowej?
4. Dokładność skrobania określa się według ilości płamek występujących na powierzchni: **a)** 25×25 mm? **b)** 15×15 mm? **c)** 30×30 mm? **d)** 20×20 mm?
5. Najdokładniejsze skrobanie ma miejsce, gdy na powierzchni jest: **a)** 15 : 20 plamek? **b)** 8 ÷ 12 plamek? **c)** 25 ÷ 32 plamek? **d)** 20 ÷ 28 plamek?
6. Prowadnice ciężkie obrabiarek należy skrobać do uzyskania na powierzchni pomiarowej: **a)** 12 ÷ 18 plamek? **b)** 10 ÷ 16 plamek? **c)** 8 ÷ 12 plamek? **d)** 5 ÷ 8 plamek?
7. W czasie pracy skrobak powinien być pochylony do powierzchni roboczej pod kątem: **a)** 15 °? **b)** 45 °? **c)** 25 °? **d)** 30 °?
8. Panewki należy skrobać do uzyskania na powierzchni pomiarowej: **a)** 8 ÷ 12 plamek? **b)** 12 ÷ 20 plamek? **c)** 16 ÷ 24 plamek? **d)** 5 ÷ 8 plamek?

12 Własności metali i stopów

12.1. Wiadomości ogólne

Wszystkie pierwiastki występujące w przyrodzie można podzielić na **metale** i **niemetale**.

Metale stanowią znaczną większość pierwiastków i wyróżniają się takimi własnościami, jak: połysk, nieprzezroczystość, dobra przewodność elektryczna i przewodnictwo cieplne, a także w licznych przypadkach wykazują dobrą plastyczność. Metale odznaczają się innymi własnościami chemicznymi niż niemetale. Na przykład tlenki metali w połączeniu z wodą dają zasady, podczas gdy tlenki niemetali dają kwasy.

Technicznie czyste metale, to znaczy takie, które zawierają pewną niewielką ilość zanieczyszczeń pochodzących z procesów metalurgicznych, są bardzo rzadko używane do wyrobu przedmiotów użytkowych.

Metale przeważnie miesza się i stapia ze sobą w różnych proporcjach, tworząc **stopy**. Stopy metali mają lepsze własności mechaniczne i technologiczne od czystych metali. Czyste metale mają gorsze własności odlewnicze niż ich stopy, ponieważ w stanie ciekłym rozpuszczają w sobie pewną ilość gazów, które wydzielając się podczas krzepnięcia tworzą w odlewach pęcherze obniżające ich jakość. Również na skutek swej niskiej twardości i dużej plastyczności czyste metale gorzej się obrabiają niż ich stopy, gdyż wióry przywierają do narzędzi skrawających.

Natomiast korzystnymi własnościami czystych metali jest ich większa odporność na niszczące działanie czynników chemicznych i elektrochemicznych, czyli odporność na korozję. Czyste metale odznaczają się również lepszą przewodnością elektryczną i przewodnictwem cieplnym niż ich stopy. Własności metali i stopów technicznych dzieli się na: chemiczne, fizyczne, mechaniczne i technologiczne.

12.2. Własności chemiczne metali i stopów

Do własności chemicznych metali i stopów zalicza się odporność na korozję i działanie czynników chemicznych oraz na działanie temperatury. Dużą odpornością na korozję odznaczają się niektóre metale, jak: srebro, złoto i platyna i w mniejszym stopniu nikiel i chrom. Wykonuje się również specjalnie odporne na korozję i działanie czynników chemicznych stopy techniczne, jak np. stale nierdzewne, kwasoodporne i żaroodporne, zawierające duże ilości niklu i chromu.

12.3. Własności fizyczne metali i stopów

Do własności fizycznych zalicza się: gęstość, temperaturę topnienia, temperaturę wrzenia, ciepło właściwe, przewodnictwo cieplne, przewodność elektryczną, własności magnetyczne, rozszerzalność cieplną i wygląd zewnętrzny.

Gęstość jest to stosunek masy ciała jednorodnego do objętości, wyrażany w kg/m^3 lub g/cm^3 .

Stopy i metale lekkie, jak np.: lit, sód, magnez, aluminium i ich stopy, odznaczają się małą gęstością. Dużą gęstość mają metale ciężkie, jak np.: żelazo, nikiel, miedź, wolfram, platyna i ich stopy.

Temperatura topnienia metali i ich stopów jest wyrażana w stopniach Celsjusa ($^{\circ}\text{C}$). Wszystkie metale są topliwe, a ponieważ ich temperatura topnienia waha się w bardzo szerokich granicach, więc dzieli się je na łatwo topliwe, trudno topliwe i bardzo trudno topliwe. Do metali łatwo topliwych, których temperatura topnienia wynosi do 650°C , zalicza się między innymi takie metale, jak: cynę, cynk, bizmut, kadm, magnez i ołów. Metale trudno topliwe mają temperaturę topnienia do 2000°C . Są to np.: chrom, kobalt, miedź, nikiel, platyna i żelazo. Do metali trudno topliwych zalicza się molibden, tantal i wolfram. Temperatura topnienia tych metali wynosi ponad 2000°C . Metale mają stałą temperaturę topnienia, natomiast temperatura topnienia większości stopów mieści się w pewnych zakresach temperatury. Temperatura topnienia stopów metali jest zwykle niższa od temperatury topnienia składnika o najwyższej temperaturze topnienia.

Temperatura wrzenia dla większości metali jest dość wysoka. Do łatwo wrzących metali zalicza się kadm i cynk. Temperatura wrzenia kadmu wynosi 767°C , a cynku 907°C . Tę własność cynku wykorzystuje się w hutnictwie otrzymując czysty cynk przez odparowanie z rudy.

Ciepło właściwe jest to ilość ciepła pobierana (lub oddawana) przez 1 g danej substancji przy zmianie temperatury o 1°C . Ciepło właściwe zależy od rodzaju substancji, temperatury i sposobu ogrzewania. Na ogół ciepło właściwe cieczy jest większe niż ciała stałego. Ciepło właściwe jest zawsze podawane wraz z zakresem temperatury, dla jakiej je określono.

Przewodnictwo cieplne jest jedną z charakterystycznych cech metali i stopów. Najlepszym przewodnikiem ciepła jest srebro, a następnie miedź, złoto i aluminium. Najgorzej natomiast przewodzi kadm, bizmut, antymon, ołów, tantal i nikiel. Miarą przewodnictwa cieplnego jest ilość ciepła, jaka przepływa przez przewodnik o długości 1 m o przekroju 1 m^2 w ciągu 1 godziny przy różnicy temperatury 1°C .

Przewodnością elektryczną metali i stopów nazywamy zdolność przewodzenia prądu elektrycznego. Najlepszym przewodnikiem prądu jest srebro, a następnie miedź, złoto i aluminium. Dlatego na przewody elektryczne używa się miedzi lub aluminium, gdyż stawiają one najmniejszy opór przepływającemu prądowi elektrycznemu. Przewodność elektryczna maleje ze wzrostem temperatury przewodnika.

Własności magnetyczne metali i stopów polegają na zdolności magnesowania się. Najlepsze własności magnetyczne mają żelazo, nikiel i kobalt, a ze stopów — stal. Z materiałów tych buduje się najlepsze magnesy trwałe.

Rozszerzalność cieplna metali i stopów przejawia się we wzroście wymiarów liniowych i objętości pod wpływem wzrostu temperatury i kurczeniu się podczas chłodzenia. Największą rozszerzalność cieplną wykazuje kadm, a najmniejszą wolfram. Zjawisko rozszerzalności cieplnej ma duże znaczenie praktyczne i musi być uwzględniane w konstrukcjach mostów, urządzeń pracujących w zmiennych temperaturach i silnikach cieplnych.

12.4. Własności mechaniczne metali i stopów

Własności te stanowią zespół cech określających zdolność do przeciwstawiania się działaniu sił zewnętrznych oraz zmian temperatury. Pod wpływem działania tych sił mogą nastąpić odkształcenia, a w przypadku niedostatecznie wytrzymałej konstrukcji — nawet zniszczenie danej części.

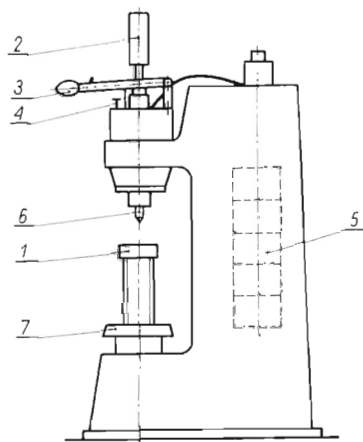
Do własności mechanicznych zalicza się: wytrzymałość, twardość i udarność, czyli odporność na uderzenia.

Wytrzymałość jest określona jako stosunek największej wartości obciążenia uzyskanego w czasie próby wytrzymałościowej do pola powierzchni przekroju poprzecznego badanego elementu. W zależności od rodzaju obciążeń rozróżnia się wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie, zginanie, skręcanie, ścinanie i wyboczenie.

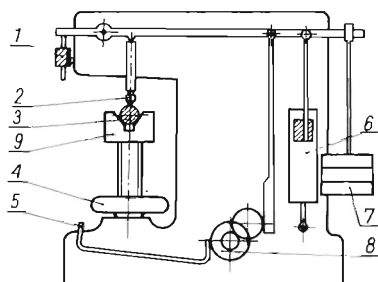
Twardość określa odporność materiału na odkształcenia trwałe, powstające wskutek wciskania weń węgelnika. Próby twardości dokonuje się sposobem: Brinella, Rockwella i Vickersa.

Próba twardości **sposobem Brinella** polega na statycznym wciskaniu w określonym czasie twardziej kulki w powierzchnię metalu. Próby dokonuje się na twardościomierzu Brinella (rys. 12-1), stosując kulki o średnicach 1, 2, 2,5, 5 i 10 mm i siłę nacisku w granicach $10 \div 30\,000$ N.

Średnicę próbki dobiera się w zależności od grubości badanego materiału, a wartość siły obciążającej w zależności od rodzaju materiału i średnicy kulki. Po wykonaniu próby mierzy się, za pomocą specjalnej lupy z podziałką, średnicę odcisku i z odpowiednich tabel odczytuje się twardość Brinella, oznaczaną HB. Dokładny przebieg próby, tabele do doboru średnicy kulki i siły obciążającej oraz tabele do odczytania wyników zawiera norma PN-91; /H-04350. Metoda Brinella nadaje się do badania metali i stopów nieżelaznych, żeliwa i stali nieutwardzonej.



Rys. 12-1. Twardościomierz Brinella
1 — stół twardościomierza, 2 — manometr, 3 — dźwignia pompki, 4 — zawór, 5 — obciążniki, 6 — oprawka z kulką, 7 — kółko do przesuwania stołu



Rys. 12-2. Twardościomierz Rockwella

1 — czujnik, 2 — węgelnik, 3 — badany przedmiot, 4 — kółko podnoszenia stołu, 5 — zwalniacz obciążenia, 6 — tłumik olejowy, 7 — obciążniki, 8 — korbka, 9 — stół twardościomierza

Próba twardości **sposobem Rockwella** polega na dwustopniowym wciskaniu w badaną próbkę metalu kulki stalowej lub stożka diamentowego o kącie wierzchołkowym 120° . Próby dokonuje się na twardościomierzu Rockwella (rys. 12-2). Miarą twardości Rockwella jest głębokość wnikania w badany materiał stożka lub kulki. Twardość odczytuje się bezpośrednio na odpowiednio wyskalowanym czujniku umieszczonym w twardościomierzu, co stanowi duże udogodnienie. Jeżeli pomiar jest dokonywany za pomocą kulki, wtedy twardość oznacza się symbolem HRB, stosując stożek — HRC. Pomiar twardości sposobem Rockwella za pomocą stożka stosuje się do twardych metali i stopów, a zwłaszcza stali utwardzanej cieplnie.

Próba twardości **sposobem Vickersa** polega na wciskaniu w badany materiał ostrosłupa diamentowego o podstawie kwadratowej i kącie wierzchołkowym 136° . Na badanym materiale otrzymuje się odcisk o zarysie kwadratowym, którego przekątną należy zmierzyć i zależnie od jej długości odczytać w tabeli twardość Vickersa oznaczoną symbolem HV. Próby dokonuje się twardościomierzem Vickersa, który jest przeważnie wyposażony w mikroskop pomiarowy do mierzenia przekątnej. Metoda ta jest szczególnie przydatna do badania twardości bardzo cienkich warstw powierzchniowo utwardzonej stali.

Udarność, czyli odporność materiałów na uderzenia, sprawdza się za pomocą próby udarności polegającej na złamaniu jednym uderzeniem młota wahadłowego próbki o określonym kształcie i wymiarach. Miarą udarności jest stosunek pracy zużytej na złamanie próbki do pola przekroju poprzecznego próbki. Próbie udarności poddaje się materiał przeznaczony na części, które są narażone na uderzenia lub nagłe obciążenia, a niekiedy nawet gotowe już części.

12.5. Własności technologiczne metali i stopów

Własności technologiczne określają przydatność materiału w procesach wytwarzania przedmiotów. Do własności technologicznych zalicza się lejność (własności odlewnicze), plastyczność i skrawalność.

Liejność, czyli zdolność ciekłego metalu lub stopu do wypełniania formy odlewniczej, zależy od składu chemicznego, struktury i temperatury ciekłego metalu. Dla określenia lejności stosuje się próbę odlewania spirali o znormalizowanych wymiarach. Im większa jest lejność metalu, tym dłuższy odcinek spirali zostanie w czasie odlewania wypełniony metalem.

Plastyczność określa zdolność ciał stałych do osiągnięcia znacznych odkształceń trwałych pod działaniem sił zewnętrznych bez naruszania spójności. Inaczej — jest

to przydatność materiału do obróbki plastycznej, czyli do kucia, tłoczenia, walcowania itp. Przydatność materiału do kucia sprawdza się stosując próby spęczania i splaszczania metali. Technologiczna próba zginania określa zdolność materiału do odkształceń plastycznych podczas zginania. Przydatność blach do tłoczenia określa się stosując próbę tłoczności blach metodą Erichsena.

Skrawalność, czyli podatność materiału do obróbki skrawaniem, bada się stosując próby, podczas których określa się powierzchnię skrawaną oraz rodzaj wiórów.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Przewodność elektryczną zaliczamy do własności: **a)** chemicznych? **b)** technologicznych? **c)** fizycznych? **d)** mechanicznych?
2. Do metali bardzo trudno topliwych zaliczamy: **a)** miedź? **b)** wolfram? **c)** kadm? **d)** chrom?
3. Bardzo dużą odpornością na korozję odznacza się: **a)** żelazo? **b)** cyna? **c)** aluminium? **d)** platyna?
4. Najlepszym przewodnikiem prądu jest: **a)** srebro? **b)** aluminium? **c)** miedź? **d)** nikiel?
5. Przez udarność określa się odporność materiału na: **a)** rozciąganie? **b)** uderzenie? **c)** ściskanie? **d)** zginanie?
6. Do badania twardości bardzo cienkich warstw powierzchniowo utwardzonej stali stosuje się metodę: **a)** Vickersa? **b)** Brinella? **c)** Rockwella?
7. Próbę Erichsena stosuje się do badania: **a)** właściwości odlewniczych? **b)** skrawalności? **c)** tłoczności blachy? **d)** przydatności do kucia?
8. Stożek diamentowy stosowany do badania twardości sposobem Rockwella ma kąt wierzchołkowy o wartości: **a)** 60°? **b)** 45°? **c)** 140°? **d)** 120°?

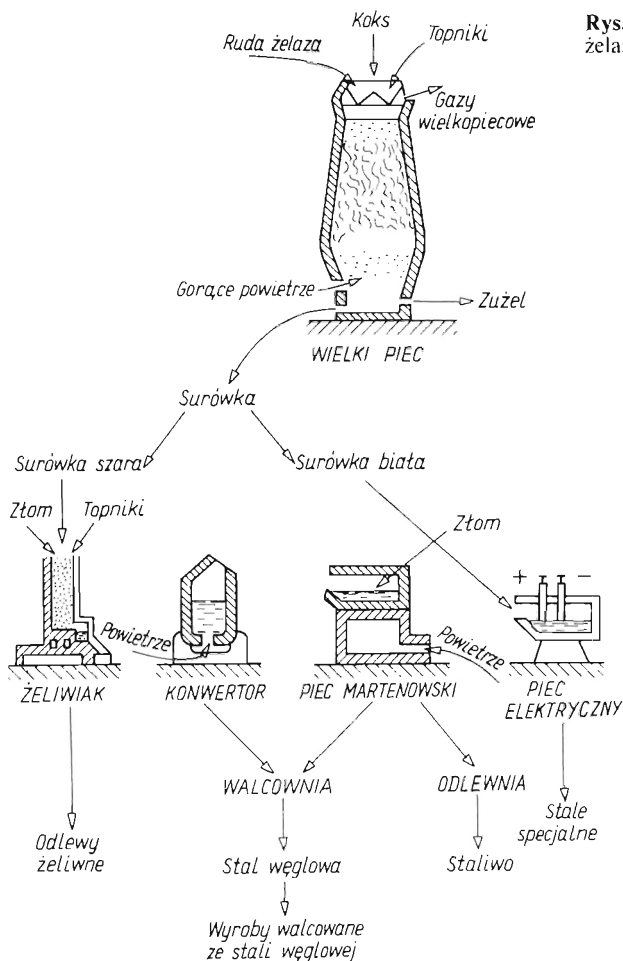
13 Stopy żelaza z węglem

13.1. Wiadomości ogólne

Podstawowymi stopami stosowanymi w technice są stopy żelaza z węglem. Uproszczony schemat procesu otrzymywania stopów żelaza z węglem przedstawiono na rys. 13-1. Produktem wyjściowym, z którego otrzymuje się techniczne stopy żelaza z węglem, jest surówka otrzymywana w wielkim piecu z rudy żelaza. Stopy żelaza z węglem zawierają również domieszki pochodzące z procesu metalurgicznego w postaci krzemu, manganu, siarki i fosforu. Siarka i fosfor są domieszkami szkodliwymi. Zawartość siarki powoduje kruchość stopu na gorąco, a zawartość fosforu kruchość na zimno oraz pogarsza własności plastyczne i udarność stopu.

Stopy żelaza z węglem dzieli się na surówki, żeliwa i stale.

Rys. 13-1. Proces otrzymywania stopów żelaza z węglem

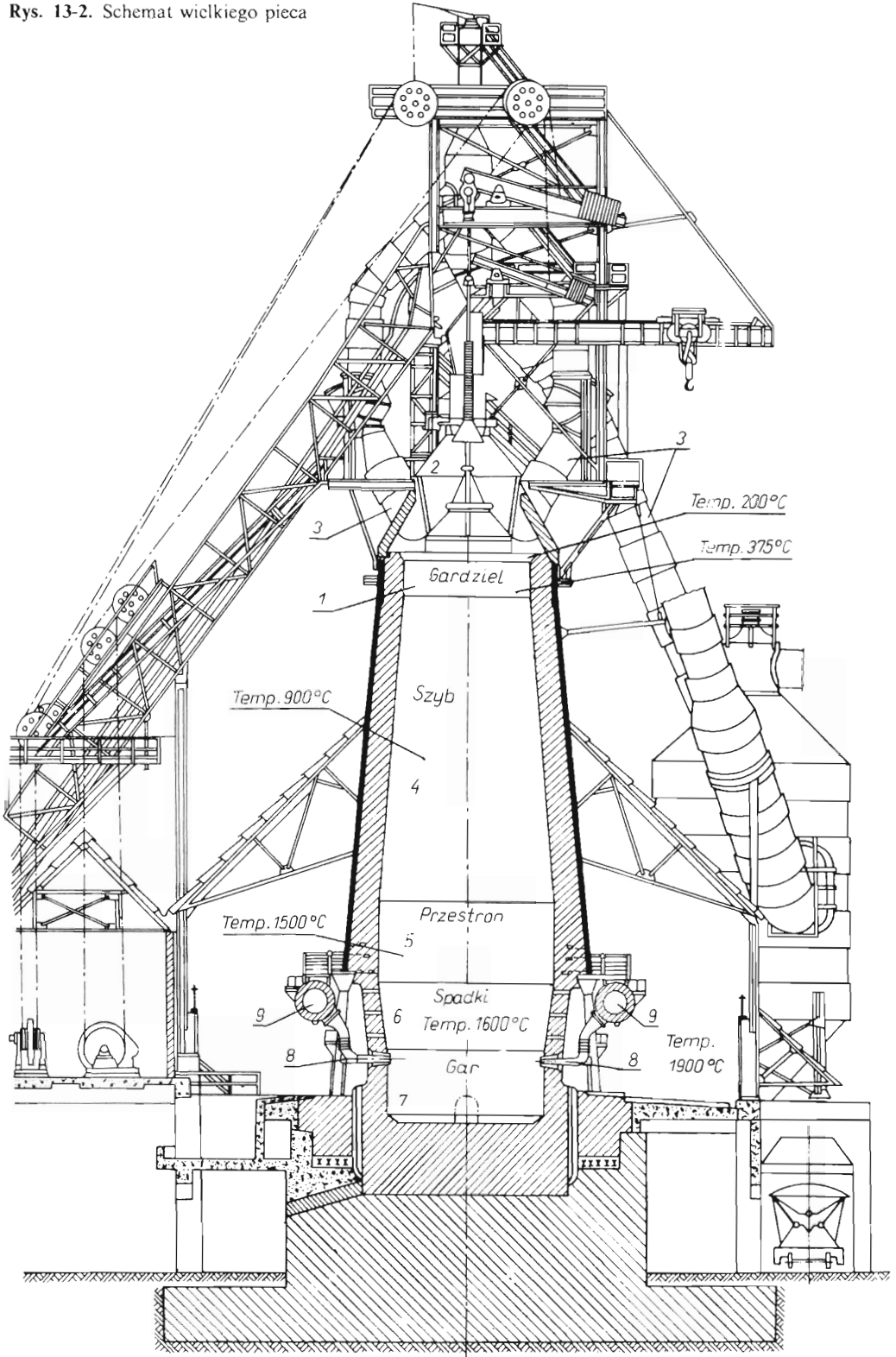


13.2. Otrzymywanie surówek żelaza

Otrzymywanie surówek żelaza z rud odbywa się w piecach hutniczych zwanych **wielkimi piecami**. Piece te są budowane w kształcie wieży o wysokości do 30 m i średnicy do 8 m. Wnętrze wielkiego pieca jest wyłożone cegłą ogniotrwałą. Objętość (a ściślej: pojemność) użyteczna wielkiego pieca, czyli objętość zapełniona materiałami wsadowymi wynosi do 1500 m³. Piec jest ładowany z góry.

Budowę wielkiego pieca z jego dodatkowymi urządzeniami przedstawiono na **rys. 13-2**. Na rysunku są widoczne urządzenia dźwigowo-wciągowo do dostarczania materiałów wsadowych oraz gazociągi. W górnej części wielkiego pieca znajduje się otwór zwany **gardzielą 1**, wyposażony w urządzenia zasypowe 2. Gazy wielkopiecowe są odprowadzane gazociągami 3. Poniżej gardzieli znajduje się stożkowa (największa objętościowo) część pieca zwana **szybem 4** przechodząca ku dołowi w najszerszą część pieca, **przestron 5**. Poniżej prze-

Rys. 13-2. Schemat wielkiego pieca



stronu znajduje się część stożkowa, zwana **spadkami** 6, przechodząca w dolną część cylindryczną pieca, czyli **gar** 7. Do garu są doprowadzane dysze 8, przez które wtłacza się pod ciśnieniem do pieca z kolektora 9 ogrzewane powietrze ze specjalnych nagrzewnic wieżowych. W dolnej części garu znajduje się otwór służący do spuszczenia surówki.

Procesem wielkopieczowym nazywa się zespół zjawisk fizycznych i reakcji chemicznych zachodzących w wielkim piecu, w wyniku których z rudy powstaje surówka.

Wielki piec wypełnia się do połowy gardzieli materiałami wsadowymi ułożonymi warstwami w kolejności: warstwa koksu, warstwa rudy i warstwa topników. W gardzieli następuje stopniowe nagrzewanie wsadu i odparowanie z niego wody. W środkowej części szybu w temperaturze $600 \div 900^{\circ}\text{C}$ z rudy powstaje żelazo gąbczaste, które w okolicach przestronu nasycza się węglem w temperaturze ok. 1500°C . W spadkach, gdzie panuje temperatura ok. 1600°C , następuje topnienie nawęglonego żelaza oraz tworzenie się żużłu. Najwyższa temperatura ok. 1900°C panuje w garze z powodu silnego nadmuchu ciepłego powietrza i intensywnego spalania koksu. W garze następuje dalsze nawęglanie żelaza i dodanie domieszek; powstaje ciekła surówka. Co pewien czas otwiera się otwór żużłowy, przez który z powierzchni surówki spływa żużel, a następnie przebija się niżej położony otwór, dokonując spustu surówki.

Surówka, jako stop żelaza z węglem (ponad 2%) i innymi składnikami (Si, Mn, P, S), otrzymany w wyniku redukcji rudy w wielkim piecu, stanowi materiał wyjściowy do produkcji stali.

Rozróżnia się **surówkę białą**, która jest stosowana do dalszej przeróbki na stal, oraz **surówkę szarą**, której używa się do dalszej przeróbki na żeliwo. Surówki te dzieli się jeszcze na wiele gatunków w zależności od zawartości domieszek i struktury.

Gaz wielkopieczowy jest używany do podgrzewania nagrzewnic powietrza dostarczanego do wielkiego pieca oraz do celów ogrzewczych.

Żużel jest używany do wyrobu cegły, żużlobetonu i waty żużłowej. Produkcja wielkopieczowa zalicza się do tzw. produkcji ciągłej, co oznacza, że wielki piec pracuje przez okres $2 \div 3$ lat bez przerwy, a następnie jest poddawany remontowi. Wydajność obecnie eksploatowanych wielkich pieców wynosi $250 \div 2000$ ton surówki na dobę.

13.3. Otrzymywanie stali

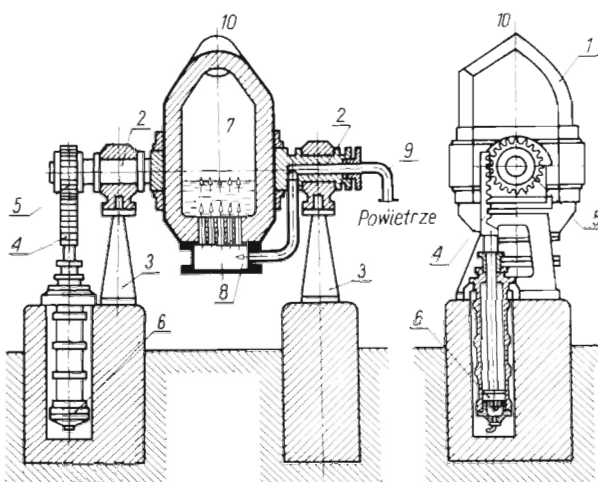
Wiadomości ogólne

Stal otrzymuje się w wyniku przeróbki surówki, a ponieważ stal może zawierać do 2% węgla, podczas gdy surówka zawiera $3,2 \div 4,3\%$ węgla, więc głównym celem procesu otrzymywania stali jest odwęglenie surówki. Surówka zawiera również domieszki w postaci krzemu, manganu, siarki i fosforu. Podczas przerobu surówki

na stal zarówno węgiel, jak i domieszki ulegają częściowemu wypaleniu. Otrzymana w ten sposób ciekła stal użyta na odlewy nazywa się **staliwem**, a odlana we wlewki i przewalcowana na walcarkach, zwanych zgniataczami, nazywa się **stalą**. Do wyrobu stali stosuje się metody: konwertorową, martenowską oraz elektryczną, stosowaną głównie do rafinacji stali.

Otrzymywanie stali metodami konwertorowymi

Proces konwertorowy polega na otrzymywaniu stali z płynnej surówki przez utlenianie zawartych w niej domieszek w konwertorze za pomocą wdmuchiwanego sprężonego powietrza (lub tlenu), bez doprowadzania ciepła z zewnątrz. Proces ten jest dokonywany w urządzeniach zwanych **konwertorami** (rys. 13-3).



Rys. 13-3. Konwertor

Konwertor składa się z podłużnego zbiornika stalowego 1, wyłożonego wewnątrz wyprawą ceramiczną ogniotrwałą o charakterze kwaśnym lub zasadowym. Zbiornik 1 jest otoczony pierścieniem stalowym wyposażonym w czopy 2, które są łożyskowane w słupach 3. Na słupach tych spoczywa cały zbiornik. Zbiornik może się obracać dookoła osi czopów za pomocą koła zębatego 5 i listwy zębatej 4, napędzanej przez tłok 6 urządzenia hydraulicznego lub pneumatycznego. Zbiornik konwertora składa się z dwóch komór. Większa komora 7 stanowi właściwą komorę roboczą, w której odbywa się proces metalurgiczny. Druga, mała komora 8 jest komorą powietrzną, do której przewodem 9 jest doprowadzone pod ciśnieniem powietrze lub tlen. Obie komory 7 i 8 są przedzielone grubą ścianą z licznymi otworami, przez które pod ciśnieniem jest wtłaczane powietrze lub tlen.

Proces otrzymywania stali przebiega następująco: do pochylonego i rozgrzanego zbiornika konwertora nalewa się przez otwór 10 ciekłą surówkę i wdmuchuje powietrze, obracając jednocześnie zbiornik do położenia pionowego. Powietrze przechodzące przez ciekłą surówkę wypala zawarty w surówce węgiel

i domieszki w czasie ok. 20 minut. Po zakończeniu procesu zbiornik konwertora przechyla się, wylewając otrzymaną stal do form lub tygli.

Rozróżnia się procesy konwertorowe: Bessemera, Thomasa i tlenową (LD).

Proces bessemerowski polega na otrzymywaniu stali z ciekłej surówki w konwertorach o wyłożeniu kwaśnym (krzemionkowym), tzw. konwertorach Bessemera. Z uwagi na kwaśne wyłożenie pieca nie można tą metodą przerabiać surówek zawierających fosfor, gdyż nie zostanie on usunięty, a pozostając w stali powoduje zbyt dużą kruchość. Odsiarczanie surówki jest także minimalne.

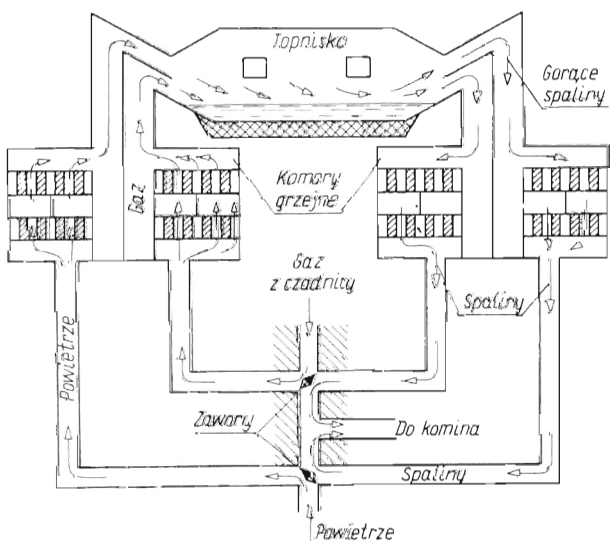
Proces tomasowski polega na otrzymywaniu stali z ciekłej surówki w konwertorach o wyłożeniu zasadowym (dolomitowym). W konwertorach Thomasa wyłożenie zasadowe umożliwia przeróbkę surówki zawierającej fosfor.

Wadą procesów bessemerowskiego i tomasowskiego jest wprowadzenie do stali azotu zawartego w powietrzu. W celu wyeliminowania tej wady zaczęto wzbogacać powietrze tłoczone do surówki w tlen, ale jest to możliwe w zasadzie tylko przy bocznym nadmuchu powietrza, gdyż przy dolnym nadmuchu wzrost zawartości tlenu w powietrzu przyspiesza zużycie wyprawy zbiornika.

Proces LD polega na otrzymywaniu stali z surówki martenowskiej oraz rudy lub złomu w konwertorze ustawionym pionowo przez wdmuchiwanie czystego tlenu do góry za pomocą lancy tlenowej. Zbiornik konwertora ma wyprawę zasadową. Metoda ta umożliwia przerabianie surówek o dowolnym składzie chemicznym i nie powoduje naazotowania stali. Proces otrzymywania stali trwa 12-15 minut, a wydajność jest znacznie wyższa od pozostałych metod i wynosi do 400 ton na godzinę.

Otrzymywanie stali w piecach martenowskich

Piec martenowski jest płomiennym wannowym piecem do wytapiania stali z surówki odlewniczej i złomu żelaznego; jest opalany gazem, który wraz



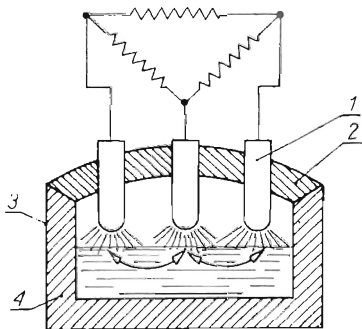
Rys. 13-4. Przekrój pionowy pieca martenowskiego

z dmuchem jest podgrzewany zazwyczaj w regeneratorach. Na **rys. 13-4** przedstawiono przekrój pieca martenowskiego ze schematem obiegu gazów. W przestrzeni roboczej pieca, czyli tzw. **topnisku**, następuje palenie gazu i topnienie wsadu składającego się z surówki, złomu i topników dostarczanych w stanie stałym. Gorące spaliny wychodzące z topniska rozgrzewają komory grzejne powietrza i gazu, a następnie uchodzą do komina. Gaz i powietrze doprowadzane do pieca nagrzewa się przez dotarcie do topniska w komorach grzejnych, które uprzednio zostały nagrzane uchodzącymi spalinami. Zasada nagrzewania powietrza i gazu polega więc na okresowej zmianie kierunku wlotu do pieca powietrza i gazu oraz uchodzenia spalin. Uzyskuje się to przez zmianę ustawienia zaworów gazu i powietrza przy wlocie do pieca. Proces wytapiania stali w piecu martenowskim trwa ok. 8 godzin. Pojemność pieców martenowskich dochodzi do 500 ton. Otrzymana w piecach martenowskich stal jest lepsza od otrzymanej w konwertorach, gdyż zawiera mniej fosforu i siarki. Otrzymywanie stali w piecach martenowskich jest najbardziej powszechną metodą otrzymywania stali, chociaż obecnie częściowo jest ona zastępowana metodą konwertoro-tlenową (LD).

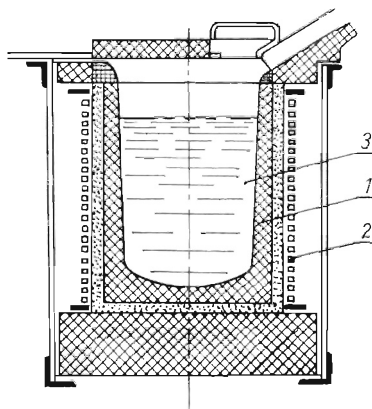
Rafinacja stali w piecach elektrycznych

Otrzymana w piecu martenowskim stal zawiera jeszcze pewne ilości zanieczyszczeń, szczególnie fosforu i siarki, których nie mogą zawierać stale wysokogatunkowe. Do dalszego oczyszczania stali służą piece elektryczne. Obecnie są stosowane piece elektryczne indukcyjne i elektrodowe.

Zasadę działania **pieca elektrodowego** przedstawiono na **rys. 13-5**. Piec ma trzy elektrody **1**, wprowadzone do przestrzeni roboczej przez sklepienie **2** pieca. Płaszcz pieca **3** jest wykonany z grubej blachy stalowej. Wyłożenie **4** pieca może być kwaśne lub zasadowe. Topienie odbywa się przez wytwarzanie łuku między elektrodami a wsadem. W celu regulacji łuku elektrody można obniżyć i podnosić. Piec daje się przechylać, co ułatwia spust stali. Wsad może być dostarczany w stanie stałym lub ciekłym.



Rys. 13-5. Zasada konstrukcji pieca elektrycznego — elektrodowego



Rys. 13-6. Piec indukcyjny

Piec indukcyjny wielkiej częstotliwości przedstawiono na rys. 13-6. Tygiel 1 jest wykonany z materiałów ogniotrwałych. Tygiel jest otoczony cewką 2, w której płynie prąd wielkiej częstotliwości. Powoduje on powstanie we wnętrzu cewki i tygla szybkozmiennego pola magnetycznego, które z kolei powoduje w metalu 3 załadowanym do tygla powstanie indukowanych prądów wirowych. Prądy te nagrzewają, a następnie topią wsad.

Piece elektryczne umożliwiają otrzymanie najlepszych stali; zawartość szkodliwych dodatków (fosforu i siarki) można zmniejszyć do 0,03%. Dzięki możliwości uzyskania wysokiej regulowanej temperatury i długotrwałego wytrzymywania kąpeli można dodawać do stali dodatki stopowe o wysokiej temperaturze topienia, jak np. wolfram i molibden. W piecach elektrycznych można dokonywać również normalnego wytopu stali z surówki, a nie tylko rafinacji, lecz ze względu na duży koszt energii elektrycznej w zasadzie dokonuje się w nich rafinacji.

13.4. Stale i ich podział

Podział stali

Stal jest to stop żelaza z węglem (do 2,06% C) z dodatkiem krzemu, manganu, siarki i fosforu, a często również z innymi pierwiastkami wprowadzanymi celowo, aby uzyskać żądane własności. Podstawę podziału i klasyfikacji stanowią najczęściej skład chemiczny i zastosowanie.

Ze względu na skład chemiczny stale dzieli się na **niestopowe** i **stopowe** (wg PN-91/H-01010/03). Uwzględniając zastosowanie stale dzieli się na: **konstrukcyjne**, **narzędziowe** i **o szczególnych własnościach***. Schemat klasyfikacji stali przedstawiono w tabl. 13-1.

W **stali niestopowej** głównym składnikiem wpływającym na własności jest węgiel, a małe ilości takich składników, jak: krzem, mangan, miedź, nikiel, chrom, fosfor i siarka, pochodzą z procesów metalurgicznych i złomu.

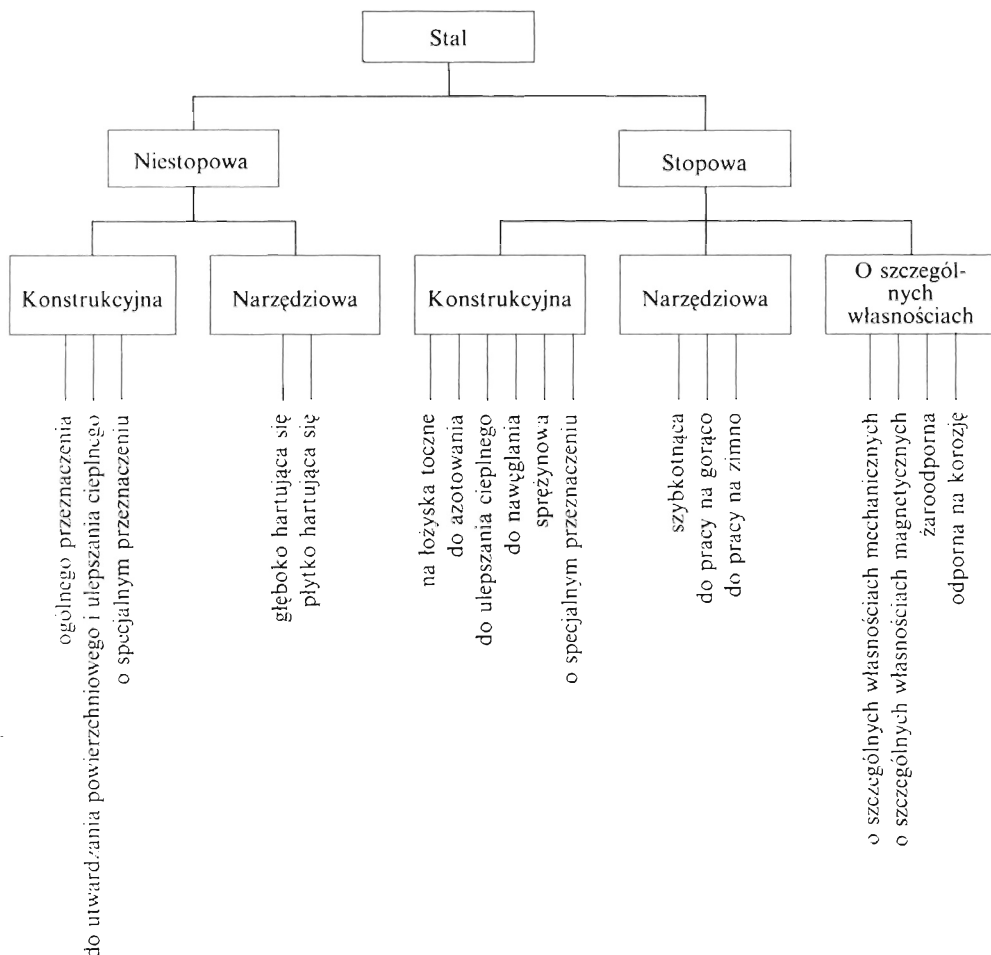
Stalą stopową nazywamy taką, która oprócz węgla zawiera celowo dodane domieszki jednego lub kilku pierwiastków podwyższających własności mechaniczne, hartowność oraz nadające specjalne własności chemiczne i fizyczne. Najczęściej są stosowane następujące dodatki stopowe: chrom, nikiel, krzem, mangan, molibden, wolfram i wanad.

Chrom zwiększa wytrzymałość, twardość i zdolność przehartowywania stali. Zwiększa odporność stali na ścieranie, korozję, działanie czynników chemicznych i wysokiej temperatury.

Nikiel zwiększa ciągliwość i wytrzymałość stali oraz sprzyja głębokiemu hartowaniu, a także uodparnia na korozję i działanie wysokich temperatur.

Krzem zwiększa sprężystość i wytrzymałość stali. Do stali resorowych i sprężynowych dodaje się 0,5 ÷ 2,5% krzemu.

* Z powodu trwającego obecnie wprowadzania norm europejskich w klasyfikacji stali węglowych (niestopowych) oraz stopowych występuje brak spójności. W różnych normach pojawiają się różne nazwy. Tych niekonsekwencji nie można uniknąć w tym wydaniu książki.



Mangan zwiększa wytrzymałość i sprzyja głębokiemu hartowaniu. Stale manganowe są odporne na uderzenia i ścieranie. Stosuje się je między innymi na osie samochodów.

Molibden zwiększa hartowność stali oraz wytrzymałość w podwyższonych temperaturach.

Wolfram nadaje stali drobnoziarnistość, zwiększa hartowność, twardość i odporność na zużycie. Stale narzędziowe szybkotnące zawierają do 18% wolframu i utrzymują twardość w temperaturze do 600°C.

Wanad zwiększa drobnoziarnistość i hartowność stali. Dodaje się go w niewielkich ilościach do stali sprężynowych i narzędziowych.

Stale konstrukcyjne

Stale konstrukcyjne **niestopowe** są stosowane do wyrobu części i urządzeń oraz elementów konstrukcji. Podział stali podano w **tabl. 13-1**.

Stale konstrukcyjne **niestopowe ogólnego przeznaczenia** są znakowane literami

St i liczbami porządkowymi 0, 3, 4, 5, 6 i 7 (np. St5), określającymi numer gatunku w miarę wzrastającej zawartości węgla. Litera S na końcu znaku oznacza, że stal jest przeznaczona na konstrukcje spawane, np. St3S. Litera V na końcu znaku oznacza stal o ograniczonej zawartości węgla, a litera W — stal o ograniczonej zawartości węgla, fosforu i siarki. Zawartość miedzi w stali jest oznaczana symbolem Cu na końcu znaku. Gatunki od 0 do 4 występują wyłącznie jako spawalne, czyli zawsze z literą S na końcu znaku (St0S, St3S i St4S).

Stale konstrukcyjne **niestopowe do utwardzania powierzchniowego i ulepszenia cieplnego** są stosowane na części maszyn i konstrukcji poddawanych obróbce cieplnej przez normalizowanie i ulepszanie cieplne, a w przypadku stali niskowęglowych — również przez nawęglanie. Znak stali składa się z liczb, które mogą być uzupełnione literami. Liczby określają przybliżoną średnią zawartość węgla w setnych częściach procentu. Na końcu znaku stali dodaje się litery, które wg PN-93/H-84019 oznaczają:

G — stal o podwyższonej zawartości manganu,

A — stal o podwyższonej czystości w zakresie fosforu i siarki,

AA — stal o zaokrąglonych wymaganiach w zakresie składu chemicznego (ograniczonym zakresie zawartości węgla, ograniczonej zawartości fosforu i siarki i ograniczonej sumie zawartości Cr + Mo + Ni),

rs — stal o regulowanej zawartości siarki,

h — stal o wymaganej hartowności,

H — stal o podwyższonej dolnej granicy twardości w stosunku do wymaganego pasma hartowności,

L — stal o obniżonej górnej granicy twardości w stosunku do wymaganego pasma hartowności.

Stale konstrukcyjne **niestopowe o specjalnym przeznaczeniu** o składzie chemicznym i właściwościach określonych szczegółowymi wymaganiami norm i warunków odbioru mają zastosowanie między innymi do wyrobu:

- drutów patentowych ogólnego przeznaczenia — gatunki D35, D45, D85,
- drutów na sprężyny — gatunki DS75, DS88, DS65G,
- drutów i elektrod do spawania, np. gatunek Sp1,
- ogniw łańcuchów technicznych i okrętowych — gatunki I0E, I5E,
- na obręcz kół kolejowych — gatunek P70.

Do grupy tej zalicza się również stal o specjalnych własnościach fizycznych (Żelazo Armco) gatunek E04A, stosowaną na blachy magnetyczne miękkie, stal automatową przeznaczoną do obróbki skrawaniem na automatach o gatunkach A35 i A45 o podwyższonej do 0,25% zawartości siarki i do 0,15% zawartości fosforu. Zawartość tych składników powoduje powstawanie podczas obróbki skrawaniem bardzo krótkich i łamliwych wiórów. Stali tej jednak nie można stosować na części bardziej odpowiedzialne.

Stale konstrukcyjne stopowe są znakowane cyframi i literami. Pierwsze dwie cyfry określają średnią zawartość węgla w setnych procentu, a litery oznaczają następujące pierwiastki stopowe:

F — wanad, G — mangan, H — chrom, M — molibden, N — nikiel, S — krzem, T — tytan, J — aluminium.

Tablica 13-2

Najczęściej stosowane stale stopowe konstrukcyjne (wg PN-89/H-84030)

Znak stali	Zawartość w %		Temperatura w °C		R_m MPa min	A_5 % min
	węgla	głównych składników stopowych	hartowania	odpuszczania		
Stale do nawęglania						
15H	0,12 ÷ 0,18	Cr 0,70 ÷ 1,00	880 woda lub olej	180 powietrze lub olej	690	12
20H	0,17 ÷ 0,23	Cr 0,70 ÷ 1,00	880 woda lub olej	180 powietrze lub olej	780	11
16HG	0,14 ÷ 0,19	Cr 0,80 ÷ 1,10	860 olej	180 powietrze	830	12
18HGT	0,17 ÷ 0,23	Cr 1,00 ÷ 1,30 Mn 0,80 ÷ 1,10	870 olej	200 powietrze lub olej	980	9
15HGM	0,12 ÷ 0,19	Cr 0,80 ÷ 1,10 Mn 0,80 ÷ 1,10 Mo 0,15 ÷ 0,25	840 olej lub woda	180 powietrze	930	11
17HGN	0,15 ÷ 0,21	Cr 0,80 ÷ 1,10 Mn 1,00 ÷ 1,30 Ni 0,60 ÷ 0,90	860 olej	160 powietrze lub olej	1030	11
15HN	0,12 ÷ 0,18	Cr 1,40 ÷ 1,70 Ni 1,40 ÷ 1,70	860 olej lub woda	190 powietrze	980	12
Stale do ulepszenia cieplnego						
30G2	0,27 ÷ 0,35	Mn 1,40 ÷ 1,80	850 woda lub olej	530 powietrze lub olej	780	14
45G2	0,41 ÷ 0,49	Mn 1,40 ÷ 1,80	830 olej	580 powietrze lub olej	880	10
35SG	0,31 ÷ 0,39	Mn 1,10 ÷ 1,40 Si 1,10 ÷ 1,40	900 woda	590 woda	880	15
30H	0,27 ÷ 0,35	Cr 0,80 ÷ 1,10	860 olej	500 woda lub olej	880	12
40H	0,36 ÷ 0,44	Cr 0,80 ÷ 1,10	850 olej	500 woda lub olej	980	10
45H	0,41 ÷ 0,49	Cr 0,80 ÷ 1,10	840 olej	520 woda lub olej	1030	9
30HGS	0,28 ÷ 0,35	Cr 0,80 ÷ 1,10 Mn 0,80 ÷ 1,10 Si 0,90 ÷ 1,10	880 olej	540 woda lub olej	1080	10
35HM	0,34 ÷ 0,40	Cr 0,90 ÷ 1,20 Mo 0,15 ÷ 0,25	850 olej	540 woda lub olej	980	12
45HN	0,41 ÷ 0,49	Cr 0,45 ÷ 0,75 Ni 1,00 ÷ 1,40	820 olej lub woda	530 woda lub olej	1030	10
37HGNM	0,35 ÷ 0,43	Cr 0,40 ÷ 0,70 Mn 0,80 ÷ 1,10 Ni 0,40 ÷ 0,70 Mo 0,15 ÷ 0,25	850 woda lub olej	525 powietrze	930	13
Stal do azotowania						
3811MJ	0,35 ÷ 0,42	Cr 1,35 ÷ 1,65 Mo 0,15 ÷ 0,25 Al 0,70 ÷ 1,10	940 olej lub ciepła woda	640 woda lub olej	980	14

Liczby występujące za literami oznaczają zaokrąglone do liczby całkowitej średnie zawartości pierwiastka, jeżeli jego ilość przekracza 1,5%. Na przykład stal o znaku 18H2N2 jest stalą chromowo-niklową o średniej zawartości węgla 0,18% oraz chromu i niklu po ok. 2%.

Niektóre najczęściej stosowane stale stopowe konstrukcyjne do nawęglania, ulepszenia cieplnego i azotowania podano w **tabl. 13-2**.

Stale konstrukcyjne do nawęglania mają zawartość węgla do 0,25%. Do nawęglania stosuje się stale konstrukcyjne niestopowe wyższej jakości (10, 15 i 20) oraz stale stopowe. Stale węglowe używa się na części mniej obciążone, które nie muszą się odznaczać dużą wytrzymałością. Ze stali do nawęglania wykonuje się części, które muszą mieć twardą (do 68 HRC) i odporną na ścieranie powierzchnię oraz miękką i odporną na zmienne obciążenia rdzeń.

Stale do ulepszenia cieplnego mają zawartość węgla w zakresie 0,25 ÷ 0,50%. Do ulepszenia cieplnego używa się zarówno stali niestopowych konstrukcyjnych wyższej jakości (35, 45, 55) jak i stali stopowych, które mają lepsze własności mechaniczne, fizyczne i chemiczne. W budowie maszyn i urządzeń większość odpowiedzialnych części wykonuje się ze stali konstrukcyjnych stopowych. Części o małych przekrojach (do ok. 40 mm), które są narażone na zginanie i skręcanie, jak np.: wały i osie, wykonuje się ze stali manganowych (np. 30G2), a jeżeli dodatkowo mają być odporne na ścieranie — to ze stali manganowo-krzemowych (np. 35SG). Na części o większych przekrojach mocno obciążonych stosuje się stale chromowo-molibdenowe (np. 35HM). Bardzo odpowiedzialne części maszyn i samochodów wykonuje się ze stali 37HGNM.

Stale sprężynowe mogą być **niestopowe** (węglowe) i **stopowe**. W **stalach niestopowych** (węglowych) zawartość węgla wynosi 0,6 ÷ 0,9%; różni się gatunki 65, 75 i 85. Stosuje się je na mało odpowiedzialne sprężyny hartowane i odpuszczane. Stale sprężynowe stopowe podano w **tabl. 13-3** (wg PN-74/H-84032).

Sprężyny o małych przekrojach wykonuje się ze stali krzemowych (np. 45S i 55S2). Na sprężyny i resory pojazdów samochodowych stosuje się stal 60S2A

Tablica 13-3

Stalowe sprężynowe stopowe

Znak stali	Zawartość w %		Temperatura w °C		R_m MPa min	A_5 , % min
	węgla	głównych składników stopowych	hartowania	odpuszczania		
65G	0,60 ÷ 0,70	Mn 0,90 ÷ 1,20	830 olej	480	980	8
45S	0,40 ÷ 0,50	Si 1,00 ÷ 1,30	830 woda	420	1176	6
55S2	0,52 ÷ 0,60	Si 1,50 ÷ 1,80	870 woda lub olej	460	1324	6
60S2A	0,57 ÷ 0,63	Si 1,60 ÷ 2,00	870 olej	420	1521	5
60SGH	0,55 ÷ 0,65	Si 1,00 ÷ 1,30 Mn 0,90 ÷ 1,10	850 olej	480	1372	7
50HS	0,45 ÷ 0,55	Cr 0,40 ÷ 0,60 Cr 0,90 ÷ 1,20	850 olej	520	1324	6
50GF	0,46 ÷ 0,54	Si 0,80 ÷ 1,20 Cr 0,80 ÷ 1,10	850 olej	500	1274	10
50HG	0,46 ÷ 0,54	V 0,10 ÷ 0,20 Cr 0,90 ÷ 1,20 Mn 0,80 ÷ 1,10	840 olej	440	1372	7

(litera A na końcu oznacza stal o zwiększonych wymaganiach). Na bardzo odpowiedzialne elementy sprężynujące stosuje się stale 50HF, 50HS i 50HG.

Stale stopowe konstrukcyjne do azotowania stosuje się na mocno obciążone sworznie, wały korbowe, korbowody, wały rozrządu i inne części. Na części te jest używana stal 38 HMJ. Azotowanie stosuje się w celu uzyskania bardzo twardej warstwy powierzchniowej odpornej na ścieranie i zmęczenie, a jednocześnie rdzenia o dużej wytrzymałości.

Stale na łożyska toczne odznaczają się dobrymi własnościami mechanicznymi, odpornością na ścieranie, dobrą obrabialnością i hartownością. Są to stale wysokowęglowo-chromowe, zawierające 0,7-1,65% Cr i ok. 1% węgla. Produkowane są cztery stale łożyskowe ŁH6, ŁH9, ŁH15 i ŁH15SG.

Stale stopowe konstrukcyjne o specjalnym przeznaczeniu produkuje się z przeznaczeniem do określonych zastosowań zgodnie z zaleceniami norm państwowych i branżowych lub warunków technicznych. Na przykład stal manganowa P55G jest używana na haki i śruby sprzęgowe w kolejnictwie. Stal nikłowa 13N2 jest stosowana na odkuwki w przemyśle lotniczym. Łańcuchy dla górnictwa są wykonywane ze stali chromowo-manganowej G17HG. Blachy kotłowe wykonuje się ze stali manganowej K22M. Specjalne druty spawalnicze wykonuje się ze stali manganowej Sp1GA i z dodatkiem krzemu Sp5.

Stale narzędziowe

Stale te są stosowane do wyrobu różnego rodzaju narzędzi oraz bardziej odpowiedzialnych części przyrządów pomiarowych. Stale narzędziowe dzieli się na węglowe, stopowe do pracy na zimno, stopowe do pracy na gorąco i szybko tnące.

Stale węglowe narzędziowe (PN-84/H-85020) dzieli się na stale płytko hartujące się i głęboko hartujące się. Stale płytko hartujące się są stosowane do wyrobu narzędzi, których średnica lub grubość nie przekracza 20 mm, a głęboko hartujące się — do wyrobu narzędzi o średnicy lub grubości ponad 20 mm. Znak stali węglowej narzędziowej składa się z litery N oznaczającej stal narzędziową oraz z liczby określającej przybliżoną zawartość węgla wyrażoną w dziesiętnych częściach procentu (np. N8). Stale płytko hartujące się mają dodatkowo na końcu znaku literę E (np. N9E). Stale narzędziowe węglowe nadają się na narzędzia, które nie nagrzewają się w czasie pracy do temperatury powyżej 180°C, gdyż po przekroczeniu tej temperatury stal ulega odpuszczeniu, co powoduje obniżenie twardości narzędzia i jego szybkie zużycie.

Stale narzędziowe stopowe do pracy na zimno (PN-86/H-85023) są przeznaczone na narzędzia do obróbki materiału w stanie zimnym oraz na części przyrządów i narzędzi pomiarowych, które powinny być odporne na ścieranie i nie odkształcać się podczas hartowania. Znak tych stali składa się z litery N oznaczającej stal narzędziową do pracy na zimno i liter określających zawarte w stali dodatki stopowe. Cyfry występujące w niektórych znakach stali służą do odróżnienia poszczególnych gatunków zawierających te same dodatki stopowe. Litery oznaczają następujące składniki stopowe:

- W — wolfram,
- V — wanad,
- C — chrom,
- M — mangan,
- S — krzem,
- L — molibden,
- P — grupę składników: chrom—nikiel—wanad,
- Z — grupę składników: krzem—chrom—wolfram—wanad.

Na przykład znak NMWV oznacza stal narzędziową stopową do pracy na zimno, zawierającą mangan, wolfram i wanad.

Stale narzędziowe stopowe do pracy na gorąco (PN-86/H-85021) są używane do wyrobu narzędzi kształtujących materiał w stanie nagrzanym lub ciekłym, czyli na matryce kuzienne, walce, ciągadła i formy do odlewania pod ciśnieniem. Znak tych stali składa się z litery W oznaczającej stal narzędziową do pracy na gorąco oraz liter określających składniki stopowe. Na przykład znak WCL oznacza stal narzędziową stopową do pracy na gorąco zawierającą chrom i molibden.

Stale szybko tnące stosuje się do wyrobu narzędzi skrawających. Stale te zachowują twardość i zdolność skrawania w warunkach powodujących nagrzewanie się narzędzi do 600°C. Norma PN-86/H-85022 podaje 10 gatunków tych stali. Głównymi składnikami stopowymi tych stali są: wolfram — do 19%, molibden do 10%, kobalt do 10,5%, wanad do 4,8% i chrom do 4,5%. Przy czym nie wszystkie gatunki zawierają kobalt i molibden. Stale te nie mogą zawierać więcej niż 0,4% manganu, 0,5% krzemu, 0,030% fosforu i 0,030% siarki. Znak stali składa się z litery S oznaczającej stal szybko tnącą, litery oznaczającej główny składnik stopowy oraz liczby określającej średnią zawartość tego składnika w procentach. Na przykład znak SW18 oznacza stal szybko tnącą, której głównym składnikiem jest wolfram w ilości ok. 18%. Znak SW7M oznacza stal szybko tnącą o zawartości 7% wolframu z dodatkiem molibdenu. Stale szybko tnące zawierają od 0,75 do 1,45% węgla i osiągają twardość do 66 HRC po zahartowaniu i odpuszczeniu. Charakterystyczną cechą jest wzrost twardości po odpuszczeniu uprzednio zahartowanych stali szybko tnących.

Stale o specjalnych własnościach fizycznych i chemicznych

Stale te są stosowane na części maszyn i urządzeń pracujących w ośrodkach korodujących i w podwyższonych temperaturach, a także są to stale o szczególnych własnościach mechanicznych i magnetycznych.

Stale odporne na korozję, czyli **nierdzewne** i **kwaso odporne**, są to stale stopowe chromowe zawierające 12 ÷ 25% Cr. Niektóre z nich zawierają również do 29% niklu. Stale te, zależnie od gatunku, są odporne na korozję atmosferyczną oraz korozję w kwasach i innych ośrodkach korodujących.

Stale żaroodporne są przeznaczone do pracy w wysokich temperaturach. Są to przeważnie stale chromowo-niklowe, zawierające 5,5 ÷ 26% Cr i do 25% Ni oraz do 2,5% krzemu.

Stale te, zależnie od gatunku, zawierają dodatki aluminium, molibdenu i tytanu, ale wówczas mają małą zawartość niklu. Do grupy tych stali zalicza się również stale na zawory silników spalinowych. Na mniej obciążone zawory stosuje się stal H9S2 zawierającą 9% Cr i 2,5% Si oraz H10S2M, która zawiera dodatkowo 0,8% molibdenu. Na bardzo obciążone zawory wylotowe niektórych silników samochodowych i lotniczych stosuje się stal o zawartości 14% Cr, 14% Ni, 2,4% W i 0,35% Mo.

Stale o specjalnych własnościach mechanicznych odznaczają się bardzo dużą wytrzymałością i odpornością na ścieranie; typowa jest stal 11G12, zwana również **stalą Hadfielda** (manganowa o zawartości 11 ÷ 14% Mn i 1,3% węgla). Stal ta jest stosowana na szczęki kruszarek, rozjazdy kolejowe, kule i płyty do młynów i tulejki łańcuchów gąsienicowych.

Stale o specjalnych własnościach magnetycznych są stosowane na magnesy trwałe. Rozróżnia się stale magnetyczne twarde zawierające do 10% chromu i do 16,5% kobaltu, a także molibden, nikiel, mangan i krzem. Ze stali tych wykonuje się wszelkiego rodzaju magnesy.

Stale magnetyczne miękkie znalazły zastosowanie w postaci blach na rdzenie transformatorów. Mają one minimalną zawartość węgla (do 0,09%) i do 4,5% krzemu oraz poniżej 0,015% fosforu i siarki.

Systemy oznaczania stali są także podane w normie europejskiej.

PN-EN 10027-1 jest pierwszą częścią normy europejskiej „Systemy oznaczania stali. Znaki stali, symbole główne”. Druga część PN-EN 10027-2 obejmuje system cyfrowy.

Niniejsze normy są polską wersją normy europejskiej EN 10027-1 z lipca 1992 r. Zostały przetłumaczone przez Polski Komitet Normalizacyjny i mają ten sam status co wersje oficjalne.

13.5. Staliwo

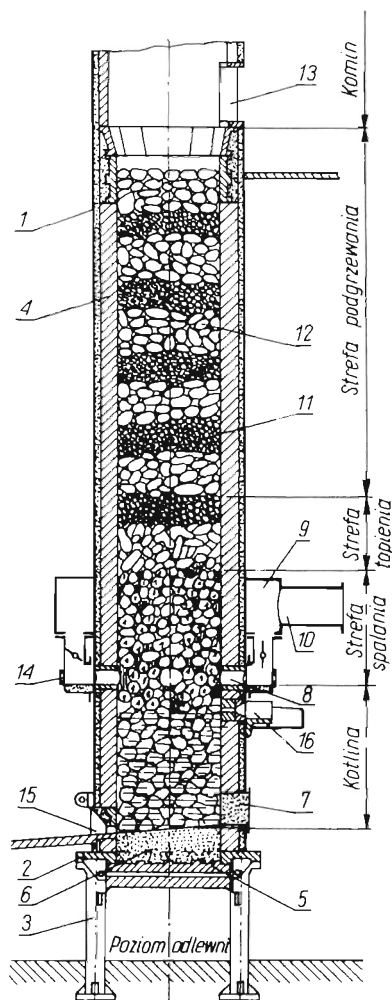
Staliwem nazywa się stal o zawartości węgla od 0,1 do 0,25%, nie poddana obróbce plastycznej i odlaną w formy odlewnicze. Staliwo otrzymuje się — tak jak stal — w konwertorach oraz piecach martenowskich i elektrycznych. Rozróżnia się staliwo węglowe i stopowe.

Staliwo węglowe konstrukcyjne (PN-ISO 3755:1994 zamiast PN-86/H-83152), w zależności od wymaganych własności, dzieli się na 8 gatunków różniących się między sobą wytrzymałością, udurowieniem i zawartością poszczególnych pierwiastków.

Gatunek staliwa określa znak, który składa się z litery, z trzycyfrowej liczby określającej wymaganą minimalną wartość wytrzymałości na rozciąganie oraz czasami litery W oznaczającej ograniczony skład chemiczny mający wpływ na jednolitą spawalność.

Staliwo stopowe konstrukcyjne zawiera 0,15 ÷ 0,4% węgla oraz dodatki stopowe: 0,40 ÷ 1,60% manganu, 0,20 ÷ 0,80% krzemu, 0,30 ÷ 1,40% chromu, 0,30 ÷ 0,80% niklu, 0,20 ÷ 0,60% molibdenu i 0,15 ÷ 0,30% wanadu. Znak staliwa składa się z litery L, liczby określającej średnią zawartość węgla oraz litery oznaczającej pierwiastki stopowe wg malejących zawartości procentowych składnika. Znaki

liter oznaczające składnik stopowy są identyczne jak przy oznaczaniu stali. Na przykład znak staliwa L35 HNM oznacza staliwo stopowe o zawartości ok. 0,35% węgla i zawierające chrom, nikiel i molibden. Wytrzymałość staliw konstrukcyjnych stopowych w stanie ulepszonym cieplnie wynosi $550 \div 1200$ MPa. Staliwa stopowe są stosowane na odlewy elementów bardziej obciążonych oraz — zależnie od składników stopowych — na elementy pracujące w podwyższonych temperaturach i środowiskach powodujących korozję, a także na części narażone na ścieranie.



Rys. 13-7. Żeliwiak bez zbiornika

1 — płaszcz stalowy, 2 — płyta podstawowa, 3 — kolumny, 4 — wykładzina ogniotrwała, 5 — drzwiczki dno, 6 — drzwiczki włazowe, 7 — drzwiczki włazowe, 8 — dysze, 9 — skrzynia powietrzna, 10 — przewód powietrzny, 11 — warstwa koksu i topnika, 12 — warstwa wsadu metalowego, 13 — okno wsadowe, 14 — wziernik, 15 — otwór spustowy żeliwa, 16 — otwór spustowy żużla

13.6. Żeliwo

Otrzymywanie żeliwa

Żeliwo otrzymuje się przez przetopienie surówki z dodatkiem złomu żeliwnego i stalowego w piecu zwanym **żeliwiakiem**. Żeliwiak jest wykonany z blachy stalowej wyłożonej wewnątrz materiałem ogniotrwałym. Metale przeznaczone do topienia (surówki odlewnicze, złom żeliwny, złom stalowy oraz żelazostopy) zasypuje się na przemian z koksem i topnikiem (kamieniem wapiennym) od góry przez specjalny otwór, zwany oknem wsadowym (rys. 13-7). Powietrze potrzebne do spalania koksu doprowadza się przez otwory, zwane dyszami. Stopione żeliwo gromadzi się u dołu na trzonie pieca, skąd przez otwór spustowy w ścianie jest spuszczone okreso-wo do kadzi.

Rodzaje żeliwa

Żeliwo odznacza się dobrymi własnościami odlewniczymi i jest używane do wyrobu wielu części samochodów i maszyn wytwarzanych odlewaniem. Węgiel zawarty w żeliwie może występować w postaci grafitu lub cementytu. Zawartość krzemu i wolne stygnięcie odlewu sprzyja wydzieleniu się węgla w postaci grafitu, a zawartość manganu i szybkie stygnięcie wpływa na wydzielenie się węgla w postaci cementytu. Żeliwo, w którym węgiel wydzielił się w postaci grafitu, nazywa się **żeliwem szarym**, a żeliwo, w którym węgiel wydzielił się w postaci cementytu, nosi nazwę **żeliwa białego**. Rozróżnia się następujące rodzaje żeliw: szare, białe, modyfikowane sferoidalne, ciągliwe i stopowe.

Żeliwo szare odznacza się dobrymi własnościami odlewniczymi, dużą wytrzymałością na ścieranie i małą udurowieniem. Wytrzymałość na rozciąganie wynosi $100 \div 350$ MPa, a twardość $185 \div 290$ HB. Temperatura topnienia żeliwa szarego wynosi $1135 \div 1400^\circ\text{C}$. Rozróżnia się sześć gatunków żeliwa szarego (**tabl. 13-4**).

Tablica 13-4

Gatunki żeliwa szarego (wg PN-92/H-83101)

Gatunek	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie $R_m^{1)}$ MPa
100	100
150	150
200	200
250	250
300	300
350	350

Żeliwo szare oznacza się trzycyfrowym znakiem określającym wytrzymałość na rozciąganie w MPa. Żeliwo 350 zostaje poddane w procesie otrzymywania modyfikacji przez dodanie przy spuszczeniu z żeliwiaka żelazokrzemu lub wapnia — co zapewnia duże rozdrobnienie struktury oraz wydzielanie grafitu i znacznie poprawia własności mechaniczne.

Żeliwo szare znalazło zastosowanie przede wszystkim na odlewy kadłubów obrabiarek, silników spalinowych i innych urządzeń oraz płyty fundamentowe. Żeliwo 350 stosuje się na bardziej odpowiedzialne części, między innymi na tuleje cylindrowe silników spalinowych oraz tarcze dociskowe sprzęgieł i bębny hamulcowe samochodów.

Żeliwo białe nie nadaje się na części konstrukcyjne, gdyż ze względu na dużą zawartość cementytu jest twarde, kruche i nieobrabialne. Zastosowanie znajduje jedynie żeliwo zabilone, którego struktura przy powierzchni zawiera odporny na ścieranie cementyt, podczas gdy reszta odlewu zawiera węgiel w postaci grafitu. Odlewy z żeliwa białego wykonuje się przede wszystkim jako produkt wyjściowy do otrzymania żeliwa ciągliwego.

Żeliwo modyfikowane charakteryzuje się rozłożonym grafitem płytkowym na drobnym podłożu perlitycznym. Otrzymuje się je przez dodanie do żeliwa ciekłego tzw. modyfikatorów, np. stopu krzemu z wapniem. Wytrzymałość na rozciąganie żeliwa modyfikowanego po obróbce cieplnej dochodzi do 600 MPa.

Żelivem sferoidalnym nazywa się żeliwo, w którym grafit występuje w postaci kulistej (sferoidalnej) i otrzymuje się je w wyniku dodania magnezu do ciekłego żeliwa.

Żeliwo ciągliwe otrzymuje się przez długotrwałe wyżarzanie odlewów z żeliwa białego. W wyniku wyżarzania następuje rozkład cementytu na grafit i żelazo. Żeliwo ciągliwe odznacza się bardzo dobrymi własnościami mechanicznymi i dobrą plastycznością. Rozróżnia się dwie metody otrzymywania odlewów z żeliwa ciągliwego. Jeżeli wyżarzanie odlewów dokonuje się w ośrodku chroniącym przed utlenieniem, to otrzymuje się żeliwo ciągliwe czarne o przelomie ciemnym

i matowym. Jeżeli natomiast wyżarzania dokonuje się w ośrodku utleniającym, to otrzymuje się żeliwo ciągliwe białe o przełomie jasnym i błyszczącym. Żeliwo ciągliwe białe stosuje się na cienkościennie odlewy, jak np. obudowa tylnego mostu i przekładni kierowniczej samochodu. Żeliwo to charakteryzuje się dobrą spawalnością, ale złą skrawalnością. Żeliwo ciągliwe czarne stosuje się na drobne części maszyn i urządzeń, jak np. wsporniki, wieszaki oraz łączniki rur.

Żeliwa stopowe zawierają dodatki stopowe, jak: krzem, chrom, nikiel, aluminium, molibden, mangan, miedź, tytan i wanad. Zastosowanie odpowiednich dodatków stopowych zależy od tego, do jakich celów będzie używany wyrób z określonego gatunku żeliwa. Przez zastosowanie odpowiednich dodatków stopowych można otrzymać żeliwa odznaczające się odpornością na ścieranie, korozję, wysoką temperaturę lub działanie różnego rodzaju chemikaliów. Produkuje się między innymi następujące rodzaje żeliw stopowych: krzemowe, aluminiowe, chromowe, manganowe i niklowe. **Żeliwa krzemowe** zawierają również mangan, a niektóre z nich jeszcze chrom i molibden. Są stosowane na odlewy ognio- i żaroodporne oraz odporne na korozję i czynniki chemiczne. **Żeliwa aluminiowe** zawierają ponadto krzem, mangan i chrom i są używane na odlewy ognio- i żaroodporne oraz stosowane w warunkach ośrodków gazowych zawierających tlen, związki tlenowe, związki węgla i siarki. **Żeliwa chromowe** zawierają oprócz chromu krzem i mangan i są używane na odlewy tulei i bloków cylindrowych oraz głowic silników spalinowych, tarcz sprzęgłowych, bębnow hamulcowych oraz odlewy żaroodporne, odporne na ścieranie, korozję i działanie czynników chemicznych. **Żeliwa manganowe** zawierają również krzem, aluminium, miedź i nikiel. Są stosowane na odlewy niemagnetyczne oraz odporne na działanie ośrodków gazowych i czynników chemicznych. **Żeliwa niklowe** zawierają również krzem i mangan. Są używane na odlewy aparatury chemicznej pracującej w słabo korodujących ośrodkach oraz na odlewy odporne na korozję i ścieranie, jak tuleje cylindrowe i gniazda zaworów silników spalinowych.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Najwyższa zawartość węgla w stali może wynosić: **a)** 1%? **b)** 3,2%? **c)** 2%? **d)** 2,5%?
2. Surówkę żelaza otrzymuje się w: **a)** piecu martenowskim? **b)** wielkim piecu? **c)** konwertorze? **d)** piecu elektrycznym?
3. Temperatura w garze wielkiego pieca wynosi: **a)** 1900°C? **b)** 160°C? **c)** 2100°C? **d)** 1600°C?
4. Zawartość węgla w surówce wynosi: **a)** 2,3 ÷ 3,2%? **b)** 5,1 ÷ 6,3%? **c)** 4,3 ÷ 5,1%? **d)** 3,2 ÷ 4,3%?
5. Proces otrzymywania stali metodą konwertorowo-tlenową (LD) trwa: **a)** 20 ÷ 25 min? **b)** 12 ÷ 15 min? **c)** 8 ÷ 12 min? **d)** 15 ÷ 20 min?
6. Proces otrzymywania stali w piecu martenowskim trwa: **a)** ok. 4 godzin? **b)** ok. 2 godzin? **c)** ok. 8 godzin? **d)** ok. 6 godzin?
7. Najlepsze gatunki stali otrzymuje się w: **a)** piecach elektrycznych? **b)** konwertorach? **c)** piecach martenowskich?
8. Który z wymienionych składników pogarsza własności stali: **a)** krzem? **b)** wolfram? **c)** molibden? **d)** siarka?

9. W znaku stali konstrukcyjnych stopowych mangan oznaczony jest literą: **a) M?**
b) H? **c) S?** **d) W?**
10. Maksymalna zawartość węgla w stalach do nawęglania wynosi: **a) 0,15%?**
b) 0,25%? **c) 0,10%?** **d) 0,30%?**
11. Zawartość węgla w stalach do ulepszania cieplnego wynosi: **a) 0,25 ÷ 0,50%?**
b) 0,10 ÷ 0,30%? **c) 0,40 ÷ 0,60%?** **d) 0,35 ÷ 0,60%?**
12. Przy których stalach (uprzednio zahartowanych) następuje wzrost twardości po odpuszczeniu: **a) narzędziowych węglowych?** **b) konstrukcyjnych stopowych?**
c) sprężynowych? **d) szybko tnących?**
13. Największa wytrzymałość na rozciąganie (R_m) żeliwa szarego wynosi: **a) 600 MPa?** **b) 200 MPa?** **c) 400 MPa?** **d) 300 MPa?**

14 Metale nieżelazne i ich stopy

14.1. Miedź i jej stopy

Miedź jest metalem o barwie czerwonożółtej. Jest odporna na korozję, plastyczna i dobrze przewodzi ciepło i prąd elektryczny. Miedź można obrabiać plastycznie na zimno lub na gorąco w temperaturze ok. 700°C. Miedź stosuje się na przewody elektryczne, elementy chłodziń i innych urządzeń w przemyśle spożywczym i chemicznym oraz — przede wszystkim — jako składnik stopów. Niskie własności wytrzymałościowe czystej miedzi ograniczały jej zastosowanie i dlatego rozpoczęto wprowadzanie do miedzi różnych składników stopowych.

Miedź stopowa zawiera niewielkie ilości składników stopowych w ilości nie przekraczającej 3%. **Miedź arsenowa** zawiera 0,3 ÷ 0,5% As; jest stosowana na części aparatury chemicznej i innych urządzeń. Jest ona odporna na utlenianie w podwyższonej temperaturze. **Miedź chromowa** zawierająca 0,4 ÷ 1,2% Cr i do 0,5 Zn jest używana na elektrody do zgrzewarek. **Miedź kadmowa** zawiera 0,9 ÷ 1,2% Cd i jest używana na przewody trakcji elektrycznej. Oprócz wyżej wymienionych gatunków miedzi stopowej stosuje się też **miedź srebrową**, **manganową**, **cynową**, **cynkową** i **telurową**.

Znak miedzi stopowej jest określony symbolem miedzi, następnie symbolem składnika stopowego i liczbą określającą zawartość procentową składnika stopowego, np. symbol gatunku CuAg2 oznacza miedź srebrową o zawartości 1,85 ÷ 2,15% Ag.

Stopy miedzi

Stopy miedzi znajdują bardzo duże zastosowanie. Do najważniejszych stopów miedzi należy zaliczyć **mosiądze** i **brązy**.

Znakowanie stopów miedzi i wszystkich innych stopów metali nieżelaznych jest następujące. Na początku znaku stawia się symbol metalu zasadniczego, po nim umieszcza się symbol głównego dodatku stopowego z liczbą całkowitą wskazującą jego procentową zawartość w stopie, wyrażoną w liczbach całkowitych. Dalej w kolejności zmniejszających się zawartości procentowych podaje się pozostałe dodatki stopowe z liczbami ich procentowych zawartości. Gdy zawartość składnika dodatkowego nie przekracza 1%, to cyfrę się opuszcza. Na przykład CuZn40Mn3Fe , jest znakiem mosiądzu manganowo-żelazowego, w którym zawartość cynku wynosi ok. 40%, manganu ok. 3% i żelaza ok. 1%, a resztę stanowi miedź.

Mosiądz jest to stop miedzi z cynkiem zawierającym 46,5÷97% miedzi. **Mosiądze specjalne** zawierają (oprócz miedzi i cynku) mangan, ołów, żelazo, aluminium, krzem, nikiel i cynę.

Mosiądz jest odporny na korozję, ma dobre własności plastyczne i odlewnicze oraz odznacza się dobrą skrawalnością. Własności mechaniczne mosiądzwów zależą od zawartości cynku. Ze wzrostem zawartości cynku zwiększa się wytrzymałość i plastyczność. Największą plastyczność ma mosiądz zawierający ok. 30% cynku, natomiast zawartość powyżej 39% cynku gwałtownie pogarsza plastyczność stopu. Największą wytrzymałość (ok. 420 MPa) osiąga mosiądz o zawartości 45% cynku. Dalszy wzrost zawartości cynku powoduje kruchość stopu. Mosiądze dają się łączyć przez lutowanie miękkie i twarde oraz przez spawanie acetylenowe.

Mosiądze dzieli się na odlewnicze i do obróbki plastycznej. **Mosiądze odlewnicze** są stopami wieloskładnikowymi i zawierają: ołów do 4%, mangan do 4%, aluminium do 3%, żelazo do 1,5% i krzem do 4,5%. Ołów i krzem poprawiają lejność, a aluminium, mangan i żelazo podwyższają własności wytrzymałościowe. Aluminium i krzem podwyższają odporność na korozję i dlatego mosiądze aluminiowe i krzemowe są stosowane na odlewy części, które powinny być odporne na korozję i ścieranie.

Mosiądze do obróbki plastycznej mają mniejszą zawartość składników stopowych niż mosiądze odlewnicze, ponieważ zwiększona zawartość niektórych dodatków stopowych pogarsza własności plastyczne stopu. Mosiądze do obróbki plastycznej są stosowane w postaci odkuwek, prętów, kształtowników, drutów, blach, rur i taśm. Mosiądze dwuskładnikowe, czyli bez dodatków stopowych, mają dużą podatność do obróbki plastycznej, szczególnie na zimno. Mosiądze wieloskładnikowe, czyli specjalne, z dodatkiem aluminium, niklu, manganu, żelaza i ołowiu, znalazły duże zastosowanie w przemyśle okrętowym i elektromaszynowym. Nadają się do obróbki plastycznej na gorąco, są odporne na korozję i mają podwyższone własności mechaniczne. Największe zastosowanie w przemyśle samochodowym ma mosiądz CuZn10Sn , zawierający ok. 10% cynku i 0,25÷75% cyny.

Brązy dzieli się na **odlewnicze i do obróbki plastycznej**. W zależności od nazwy głównego składnika stopowego rozróżnia się brązy: **cynowe, aluminiowe, berylowe, krzemowe, manganowe** i inne, lecz zazwyczaj, gdy brązy są stopami wieloskład-

nikowymi to i nazwy ich są bardziej złożone (np. brąz krzemowo-cynkowo-manganowy).

Brązy odlewnicze są przeważnie wieloskładnikowe i zawierają: cynę do 11%, ołów do 33%, aluminium do 11%, krzem do 4,5%, cynk do 7%, mangan do 2%, żelazo do 5,5%, nikiel do 5,5% i fosfor do 1,5%. Ołów polepsza leżność stopu, a aluminium, żelazo, mangan i nikiel podwyższają własności mechaniczne. Cynk stosuje się głównie w celu zastąpienia drogiej cyny. Zastosowanie brązów odlewniczych jest bardzo wszechstronne. Stosuje się je m.in. na części maszyn, osprzęt parowy i wodny, łożyska ślizgowe, aparaturę chemiczną w przemyśle chemicznym, okrętowym, lotniczym, papierniczym, górniczym i wielu innych.

Brązy do obróbki plastycznej zawierają: mangan do 5,5%, aluminium do 11%, cynę do 7%, krzem do 3,5%, nikiel do 6,5%, beryl do 8,6%, fosfor do 0,3%, cynk do 5%, ołów do 3,5% i żelazo do 5,5%. W brązach do obróbki plastycznej stosuje się mniejsze ilości dodatków stopowych niż w brązach odlewniczych w celu uzyskania lepszych własności plastycznych stopów.

Brązy cynowe o zawartości cyny ok. 11% znajdują największe zastosowanie. Ze wzrostem cyny do 13% wzrasta również wytrzymałość brązów (do 470 MPa), ale dalszy wzrost zawartości cyny powoduje obniżenie wytrzymałości.

Brązy cynowe do obróbki plastycznej na zimno zawierają najczęściej 3,5 ÷ 9% cyny i ok. 0,2% fosforu, a do obróbki plastycznej **na gorąco** zawartość fosforu musi być mniejsza i wynosi do 0,15%. Obróbkę plastyczną na gorąco wykonuje się w temperaturze do 700°C. Z brązów cynowych z dodatkiem fosforu wykonuje się sprężyny, elementy przyrządów kontrolno-pomiarowych, rurki manometryczne, sita papiernicze, elementy przeciwcierne i druty do spawania.

Jako stopy odlewnicze stosuje się brązy o zawartości ok. 10% cyny, niekiedy z dodatkiem ok. 1% fosforu poprawiającego leżność. Brąz ten jest stosowany na łożyska ślizgowe i osprzęt parowy i wodny. Często stosuje się brązy cynowe z dodatkiem cynku i ołowiu. Na przykład brązy CuSn4ZnPb4 i CuSn4ZnPb3 (zawierające 3 ÷ 5% Sn, 3 ÷ 5% Zn i 1,5 ÷ 4,5% Pb) stosuje się z powodzeniem jako stopy łożyskowe na łożyska ślizgowe. Brąz ten służy do obróbki plastycznej na zimno i na gorąco.

Brązy krzemowe zawierają 2,5 ÷ 4,5% Si oraz dodatkowo mangan, cynk lub żelazo. Krzem i cynk polepszają znacznie własności odlewnicze, a mangan i żelazo własności mechaniczne. Charakteryzują się dobrą leżnością i są odporne na korozję. Są stosowane na łożyska ślizgowe i części pracujące przy dużych zmiennych obciążeniach. Brąz CuSi3Mn1 o zawartości 2,7 ÷ 3,5% Si i 1,0 ÷ 1,5% Mn nadaje się do obróbki na zimno i gorąco. Jest stosowany na części narażone na ścieranie oraz na siatki, sprężyny i armaturę w przemyśle chemicznym i maszynowym.

Brązy aluminium odlewnicze zawierają 8 ÷ 11% Al oraz 2 ÷ 5,5% Fe, a niektóre dodatki do 2% Mn lub 3,5 ÷ 5,5% Ni. Odznaczają się dobrymi własnościami mechanicznymi, lecz słabymi własnościami odlewniczymi. Do obróbki plastycznej są przewidziane brązy aluminium zawierające 4 ÷ 11% Al, a niektóre z nich zawierają dodatkowo 2,0 ÷ 5,5% Fe, 1,0 ÷ 2,5% Mn i 3,5 ÷ 5,5% Ni. Są one stosowane na części pracujące w wodzie morskiej, monety, części dla przemysłu

chemicznego, sprężyny, styki ślizgowe, sita rurowe wymienników ciepła, gniazda zaworów, koła zębate i części narażone na ścieranie.

Brązy berylowe zawierają $1,9 \div 2,10\%$ berylu oraz $0,2 \div 0,5\%$ niklu i kobaltu. a niektóre dodatkowo $0,10 \div 0,25\%$ tytanu. Są to brązy do obróbki plastycznej na zimno i na gorąco. Mają bardzo dobrą wytrzymałość ($R_m = 1275$ MPa) i twardość (370 IIB), dużą odporność na korozję oraz dobrą przewodność elektryczną i przewodnictwo cieplne. Przy uderzeniach brązy te nie iskrzą i dlatego znalazły zastosowanie na urządzenia pracujące w ośrodkach grożących wybuchem, np. na narzędzia górnicze. Ponadto są używane na sprężyny, membrany i części narażone na ścieranie.

Brązy manganowe są stosowane jako odlewnicze i do obróbki plastycznej. Brąz krzemowo-manganowy odlewniczy zawiera $0,5 \div 1,5\%$ Mn, $3,0 \div 5,5\%$ Zn, $0,5 \div 1,2\%$ Fe i $3 \div 4\%$ Si. Jest stosowany jako żaroodporny w armaturze pary wodnej. Brąz manganowy CuMn12Ni3 do obróbki plastycznej zawiera $11,5\% \div 13\%$ Mn i $2,5 \div 3,5\%$ Ni. Jest to brąz do obróbki plastycznej na zimno i na gorąco. Jest stosowany na oporniki najwyższej jakości do precyzyjnych aparatów.

Brązy ołowiane są stosowane jako odlewnicze. Brąz CuPb30 zawiera $27 \div 33\%$ ołowiu. Stosuje się go jako stop łożyskowy na łożyska ślizgowe.

14.2 Aluminium i jego stopy

Aluminium jest pierwiastkiem o barwie srebrzystobiałej. Jest metalem odpornym na korozję oraz dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego i ciepła. Zastosowanie aluminium w stanie czystym jest ograniczone, głównie ze względu na niską wytrzymałość. Czyste aluminium jest stosowane na przewody elektryczne, do wyrobu folii, proszków do platerowania naczyń, do wyrobu farb i jako składnik stopów. Dużo większe zastosowanie mają stopy aluminium, które ze względu na małą gęstość są nazywane **stopami lekkimi**. Najczęściej stosowanymi dodatkami stopowymi są: miedź, krzem, magnez, mangan, nikiel i cynk. Dodatki stopowe zwiększają przede wszystkim wytrzymałość, odporność na korozję i polepszają obrabialność. Stopy aluminium dzieli się na odlewnicze i do obróbki plastycznej.

Odlewnicze stopy aluminium

Głównymi składnikami odlewniczych stopów aluminium są: krzem, miedź, magnez, a ponadto w niektórych stopach występują jeszcze mangan, nikiel i tytan. Największe zastosowanie mają stopy aluminiowe o dużej zawartości krzemu. Zawartość krzemu w odlewniczych stopach aluminium wynosi $0,8 \div 23\%$ Si. Stop AlSi21CuNi, znany również pod nazwą Sifusil, zawiera $20 \div 23\%$ krzemu, $1,1 \div 1,5\%$ miedzi, $0,5 \div 0,9\%$ magnezu, $0,1 \div 0,3\%$ manganu, $0,8 \div 1,1\%$ niklu i jest stosowany na odlewy wysoko obciążonych tłoków silników spalinowych. Odlewany jest w zasadzie pod ciśnieniem.

Stopy aluminium zawierające 10÷13% krzemu noszą nazwę **siluminów**. Typowymi siluminami są stopy AlSi11 i AlSi3Mg1CuNi . Pierwszy z nich zawiera 10÷13% Si i stosuje się go na odlewy części o skomplikowanych kształtach, średnio obciążone pracujące w podwyższonych temperaturach i odporne na korozję nawet w wodzie morskiej. Ma dobre własności wytrzymałościowe i dobrą spawalność. Stop AlSi13Mg1CuNi zawiera 11,5÷13% Si, 0,8÷1,5% Cu, 0,8÷1,5% Mg i 0,8÷1,3% Ni i jest stosowany na odlewy tłoków silników spalinowych.

Stopy aluminium z miedzią mają dobre własności odlewnicze i odporność na korozję, ale skłonności do pęknięć na gorąco. Stop AlCu4 zawiera 4÷5% Cu i jest stosowany na galanterię stołową i odlewy wymagające dobrej lejukości i plastyczności. Stop AlCu4TiMg zawiera 4,2÷5% Cu, 0,15÷0,4 Mg, 0,15÷0,30 Ti i jest stosowany na odlewy części samochodowych i na średnio- i wysokoobciążone odlewy do przemysłu maszynowego.

Stopy aluminium z magnezem jak AlMg10 i AlMgSi1 są stosowane na odlewy o wysokiej odporności na korozję.

Stopy aluminium do obróbki plastycznej

Stopy te zawierają procentowo mniejsze zawartości dodatków stopowych niż stopy odlewnicze aluminium. Jest to podyktowane tym, że duże ilości dodatków stopowych pogarszają własności plastyczne stopu. Głównymi składnikami stopów aluminium do obróbki plastycznej są: magnez, miedź, mangan, krzem, i w mniejszym stopniu także nikiel, żelazo, cynk, chrom i tytan.

Stopy aluminium z magnezem odznaczają się dobrą odpornością na korozję i działanie wody morskiej. Stop AlMg1 zawierający 0,7÷1,2% Mg nadaje się do obróbki plastycznej na zimno i na gorąco; jest szczególnie podatny do głębokiego tłoczenia i spawania. Jest stosowany na części kute w matrycach i tłoczone, na części urządzeń w przemyśle chemicznym i spożywczym. Stop AlMg4,5Mn zawiera 4÷4,9% Mg i 0,4÷1% Mn; jest stosowany do obróbki plastycznej na zimno i gorąco. Jako stop odporny na korozję jest stosowany na obciążone konstrukcje okrętowe i przemysłu chemicznego.

Stop ten oraz stopy AlMg2 i AlMg5 są nazywane **hydronalium**. Do wyrobu średnio obciążonych elementów konstrukcji lotniczych, pojazdów samochodowych, części głęboko tłoczonych i części o złożonych kształtach kutych w matrycach stosuje się stopy zwane **avial** AlMg1SiCu i AlMg1Si .

Stopy aluminium z miedzią i magnezem oraz częściowo również z manganem i krzemem charakteryzują się dużym oporem plastycznym przy obróbce na zimno i na gorąco. Stopy te są przede wszystkim używane na konstrukcje lotnicze. Duże zastosowanie przemysłowe znalazły wieloskładnikowe stopy zwane **duralami**. Zaliczamy do nich stopy AlCu4Mg , AlCu4Mg1A , AlCu4Mg i AlCu4Mg1 stosowane na nity do konstrukcji lotniczych, obciążone elementy konstrukcji lotniczych i pojazdów samochodowych oraz konstrukcyjne elementy budowlane. Duraluminium ma dużą odporność na korozję i po utwardzeniu drogą obróbki cieplnej uzyskuje znaczną wytrzymałość (290÷440 MPa).

Na części pracujące w wysokich temperaturach do 300°C, szczególnie w konstrukcjach lotniczych, stosuje się stopy z dodatkiem żelaza i niklu, czyli AlCu2Mg2NiSi i AlCu2Mg2NiI. Nadają się do obróbki plastycznej na gorąco, a szczególnie do kucia w matrycach.

Stopy z dodatkiem cynku AlZn6Mg2Cu i AlZn5MgI są stosowane na bardzo obciążone elementy różnych konstrukcji, a zwłaszcza konstrukcji lotniczych.

14.3. Magnez i jego stopy

Magnez jest metalem bardzo lekkim o niskich własnościach mechanicznych i dużej aktywności chemicznej. Wytrzymałość na rozciąganie magnezu wynosi ok. 245 MPa, a twardość ok. 35 HB. Ze względu na te własności jest stosowany w technice przede wszystkim w postaci stopów. Czysty magnez jest używany w pirotechnice do wyrobu rakiet świetlnych oraz w metalurgii jako modyfikator lub środek redukujący. Jednak główne zastosowanie magnez znajduje do wyrobu stopów lub jako dodatek do stopów.

Stopy magnezu

Stopy magnezu dzieli się na **odlewnicze** i **do obróbki plastycznej**. Głównym składnikiem stopów magnezu jest aluminium, którego zawartość w stopach odlewniczych może dochodzić do 10%, a w stopach do obróbki plastycznej do 9%. Stopy magnezu zawierają jeszcze cynk do 5,5%, mangan do 2,5%, a także cer i cyrkon. Stopy magnezu z aluminium i cynkiem noszą nazwę **elektronów**. Stopy magnezu są najłżejsze ze znanych stopów. Odnaczają się one odpornością na działanie wpływów atmosferycznych i niektórych czynników chemicznych. Z uwagi na to, że stopy magnezu w połączeniu z tlenem tworzą substancję wybuchową, nie można tych stopów podczas obróbki chłodzić wodą, a przy ich szlifowaniu należy stosować urządzenia do pochłaniania pyłu. Stopy magnezu można obrabiać skrawaniem, stosując specjalne narzędzia i duże prędkości skrawania.

Stopy odlewnicze magnezu są stosowane na odlewy wykonywane przeważnie pod ciśnieniem, szczególnie dla przemysłu lotniczego. Stop MgAl3ZnMn jest stosowany na odlewy o dużej szczelności, jak korpusy pomp i armatura. Stopy MgAl6Zn3Mn i MgAl8ZnMn są stosowane na odlewy części lotniczych silnie obciążone, części silników, agregatów oraz aparatów fotograficznych i maszyn do pisania. Utrzymują dobre własności do temperatury 120°C.

Stopy do obróbki plastycznej wykazują większą przydatność do obróbki plastycznej na gorąco niż na zimno. Obróbka plastyczna na gorąco zaleźnie od stopu odbywa się w temperaturze 230 ÷ 450°C. Stop MgMn2 jest stosowany na mało obciążone elementy konstrukcji lotniczych i samochodowych, od których jest wymagana wysoka plastyczność i dobra spawalność. Na bardziej obciążone elementy konstrukcji lotniczych i samochodowych są stosowane stopy

MgAl₆ZnMn, MgAl₆Zn₃Mn i MgAl₉ZnMn. Na średnio obciążone elementy konstrukcji lotniczych, szczególnie poszycia samolotów i śmigłowców, stosuje się stop MgMn₂Ce, a na bardzo obciążone elementy konstrukcji samolotów i raket stop MgZn₃Zr.

14.4. Cynk i jego stopy

Cynk jest metalem o dobrych własnościach plastycznych, małej wytrzymałości na rozciąganie i niskiej temperaturze topnienia, wynoszącej 418°C. Cynk stosuje się głównie na przeciwkorozyjne powłoki ochronne głównie blach i drutów. Cynk stosuje się również w budownictwie w postaci blach płaskich i falistych na pokrycia dachów. Jest stosowany również do wyrobu baterii elektrycznych oraz w postaci folii do opakowań, a także jako składnik różnych stopów.

Stopy cynku

Głównymi składnikami stopów cynku są: aluminium, miedź i niekiedy mangan. Większość stopów cynku może być stosowana do odlewania i do obróbki plastycznej. Stopy zawierające powyżej 5,4% aluminium są stopami wyłącznie **odlewniczymi**.

Stopy cynku znane są pod nazwą **znal**. Można je łatwo spawać i hartować oraz obrabiać. Znale po obróbce plastycznej mają dobrą wytrzymałość i plastyczność. Duże znaczenie techniczne mają stopy odlewnicze ZnAl₁₀Cu₅ i ZnAl₂₈Cu₄. Są stosowane jako stopy łożyskowe oraz na ślimacznice i przewodnice. Odlewy ciśnieniowe ze stopów cynku znalazły zastosowanie w przemyśle maszynowym na: korpusy, armaturę, gaźniki samochodowe, części maszyn drukarskich, klamki, obudowy itp.

14.5. Cyna i jej stopy

Własności mechaniczne czystej cyny są tak niskie, że nie nadaje się jako materiał konstrukcyjny. Folia cynowa ma duże zastosowanie do pakowania produktów żywnościowych. Cynę stosuje się do cynowania puszek do konserw, a największe zastosowanie znalazła jako dodatek stopowy.

Stopy cyny

Stopy cyny dzieli się na **odlewnicze** i **do obróbki plastycznej**. Stopy do obróbki plastycznej są stosowane głównie na folie. Stop SnSb_{2,5} (zawierający 1,9 ÷ 3,1% Sb) jest stosowany do wyrobu folii na otuliny i do platerowania folii ołowiowej, a stop SnPb₁₃Sb na folie kondensatorowe.

Stop odlewniczy SnSb15Pb10Cu4 (zawierający 14÷16% Sb, 9,5÷11,5% Pb i 4÷5% Cu) jest stosowany na odlewy ciśnieniowe na części aparatury precyzyjnej i pomiarowej.

14.6. Ołów i jego stopy

Ołów ma bardzo małą wytrzymałość i bardzo dobre własności plastyczne. Jest odporny na działanie niektórych środowisk chemicznych, jak kwas siarkowy. Istnieje szereg gatunków ołowiu różniących się między sobą ilością zanieczyszczeń srebrem, arsenem, antymonem, cyną, żelazem, miedzią, cynkiem i bizmutem. Ołów łatwo obrabia się plastycznie na zimno, dobrze się skrawa i daje się łatwo lutować oraz spawać.

Stopy ołowiu

Stopy ołowiu znalazły szerokie zastosowanie w elektrotechnice, przemyśle chemicznym na spoiwa do lutowania jako stopy drukarskie i jako stopy łożyskowe. Podstawowymi składnikami stopów ołowiu są: antymon, cyna, miedź i niekiedy arsen. Stopy ołowiu z antymonem i niekiedy dodatkiem cyny i arsenu noszą nazwę **ołowiu twardego**; zawierają one 0,15÷10% antymonu. Są one stosowane na powłoki kabli, podkładki, uszczelki, rury, blachy, elementy aparatury chemicznej, anody do galwanizacji, folie, akumulatory, odlewy pomp kwasoodpornych, śrut i stopy drukarskie. Na płyty akumulatorów są używane stopy PbSb8A i PbSb8B, a na stopy drukarskie PbSb9.

Stopy łożyskowe są stosowane na łożyska ślizgowe. Są to stopy ołowiu, cyny i antymonu z dodatkiem miedzi i niekiedy arsenu, kadmu, niklu, chromu, a nawet telluru. Struktura stopu łożyskowego składa się z podatnej osnowy (cyna lub ołów), która umożliwi przenoszenie obciążeń uderzeniowych oraz z równomiernie rozłożonymi w niej twardymi wtrąceniami fazy kryształów antymonu lub innych pierwiastków, co powoduje odporność na ścieranie. Stopy te charakteryzują się niskim współczynnikiem tarcia między czopem wału a panewką, małym zużyciem powierzchni trących i odpornością na działanie nacisków jednostkowych. Warunki te mogą być oczywiście spełnione przy odpowiednim smarowaniu łożysk. Główne zastosowanie stopów łożyskowych podano w **tabl. 14-1**.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Mosiądz jest stopem miedzi z: **a)** ołowiem? **b)** cyną? **c)** cynkiem? **d)** aluminium?
2. Stop CuZn10Sn zawiera: **a)** 10% miedzi? **b)** 10% cynku? **c)** 10% cynku i miedzi? **d)** 10% cyny?
3. Zawartość cyny w brązach odlewniczych wynosi: **a)** do 11%? **b)** do 33%? **c)** do 4,5%? **d)** do 16%?
4. Zawartość aluminium w brązach do obróbki plastycznej wynosi: **a)** 5,5%? **b)** 7%? **c)** 8,6%? **d)** 11%?

Główne zastosowanie stopów łożyskowych

Znak	Cecha stopu	Przykład zastosowania	Dane orientacyjne warunków pracy
1	2	3	4
SnSb8Cu3	Ł89	Wylewanie odśrodkowe taśm bimetalowych na panewki łożysk ślizgowych pracujących przy obciążeniach dynamicznych i statycznych, lecz o dużym natężeniu i o średnich prędkościach obwodowych czopa ponad 1000 m/min	Obciążenia statyczne i dynamiczne, nacisk do 10 MPa, prędkość obwodowa powyżej 5 m/s, iloczyn nacisku i prędkość poniżej 50 MPa·m/s
SnSb11Cu6	Ł83	Wylewanie panewek łożysk ślizgowych pracujących przy obciążeniach dynamicznych i statycznych, lecz i dużym natężeniu pracy i o średnich prędkościach obwodowych	
SnSb11Cu6Te	Ł83Te	Wylewanie panewek łożysk ślizgowych pracujących przy obciążeniach dynamicznych i statycznych, przy dużym natężeniu oraz dużych i średnich prędkościach obwodowych	Obciążenia statyczne i dynamiczne, nacisk do 10 MPa, prędkość obwodowa powyżej 3 m/s, iloczyn nacisku i prędkości w granicach 15÷50 MPa·m/s
SnSb12Cu6Cd	Ł80S	Wylewanie panewek łożysk turbin parowych oraz wysokoobciążonych przekładni zębatych pracujących przy obciążeniach dynamicznych i statycznych i dużych prędkościach obrotowych	Obciążenia statyczne i dynamiczne, nacisk do 19 MPa, iloczyn nacisku i prędkości do 380 MPa·m/s; prędkość obwodowa do 20 m/s
PbSn16Sb16Cu2	Ł16	Panewki łożysk pracujących przy średnim natężeniu pracy i średnich lub dużych prędkościach obwodowych	Obciążenie statyczne, nacisk do 10 MPa, prędkość obwodowa powyżej 1,5 m/s, iloczyn nacisku i prędkości 15 MPa·m/s
PbSn10Sb14Cu2As	Ł10As	Panewki łożysk pracujących przy średnich obciążeniach uderzeniowych lub panewki łożysk pracujących przy obciążeniach statycznych przy średnim natężeniu i średnich prędkościach obwodowych	Obciążenie statyczne, nacisk do 10 MPa, prędkość obwodowa powyżej 1,5 m/s, iloczyn nacisku i prędkości poniżej 30 MPa·m/s
PbSn6Sb6	Ł6	Wylewanie taśm bimetalowych na panewki łożysk samochodowych pracujących przy obciążeniach uderzeniowych o dużym natężeniu pracy tylko do grubości warstwy stopu poniżej 0,5 mm	Obciążenie uderzeniowe jak w silnikach gaźnikowych samochodowych

5. Zawartość krzemu w brązach krzemowych wynosi: **a)** 2,5 ÷ 4,5%? **b)** 8 ÷ 12%? **c)** do 11%? **d)** 5,5 ÷ 8,5%?
6. Jaki stop używa się na narzędzia pracujące w ośrodkach grożących wybuchem, aby nie spowodować iskrzenia: **a)** miedź kadmową? **b)** brąz berylowy **c)** mosiądz? **d)** brąz aluminiowy?
7. Na oporniki najwyższej jakości precyzyjnych aparatów stosuje się: **a)** brąz berylowy? **b)** mosiądz krzemowy? **c)** brąz cynowy? **d)** brąz manganowy?
8. Największe zastosowanie wśród stopów odlewniczych aluminiowych mają stopy o dużej zawartości: **a)** manganu? **b)** niklu? **c)** krzemu? **d)** miedzi?
9. Silumin jest stopem: **a)** magnezu? **b)** aluminium? **c)** miedzi? **d)** ołowiu?
10. Avial jest stopem: **a)** aluminium? **b)** magnezu? **c)** cynku? **d)** miedzi?
11. Elektron jest stopem: **a)** miedzi? **b)** ołowiu? **c)** magnezu? **d)** aluminium?
12. Które stopy podczas obróbki nie mogą być chłodzone wodą: **a)** cynku? **b)** aluminium? **c)** miedzi? **d)** magnezu?
13. Głównym składnikiem stopów cynku jest: **a)** magnez? **b)** ołów? **c)** aluminium? **d)** wolfram?
14. Znal jest stopem: **a)** magnezu? **b)** cynku? **c)** ołowiu? **d)** aluminium?
15. Ołów twardy jest stopem ołowiu z: **a)** miedzią? **b)** cynkiem? **c)** aluminium? **d)** antymonem?

15 Korozja metali

15.1. Wiadomości wstępne

Korozją nazywa się stopniowe niszczenie metali wskutek chemicznego lub elektrochemicznego oddziaływania środowiska. Niszczenie rozpoczyna się na powierzchni metalu i postępuje w głąb. Wszystkie metale z wyjątkiem złota, srebra, platyny, rtęci i częściowo miedzi ulegają korozji pod działaniem wilgoci.

Straty spowodowane niszczeniem korozyjnym wielokrotnie przewyższają skutki mechanicznego zużycia metali. Na całokształt strat spowodowanych korozją składają się:

- nakłady na prace zabezpieczające przed korozją, jak np. malowanie mostów, kadłubów statków, zabezpieczanie przeciwkorozyjne samochodów,
- koszty związane z wymianą skorodowanych elementów,
- straty spowodowane przestojem urządzeń związanych z wymianą skorodowanych elementów lub okresem ich ponownego zabezpieczenia, jak np. malowanie kadłubów statków,
- straty spowodowane zmniejszoną wydajnością maszyn i urządzeń na skutek korozji ich elementów, jak np.: pomp, wymienników ciepła itp.,
- straty powstałe w wyniku wypadków spowodowanych osłabieniem elementów na skutek korozji, jak np. lin i łańcuchów dźwigów itp.

15.2. Rodzaje korozji

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje korozji:

- chemiczną,
- elektrochemiczną.

Korozja chemiczna polega na niszcącym działaniu gazów lub cieczy nie będących elektrolitami. Cząsteczki takiego środowiska stykają się z powierzchnią metalu i tworzą z nim związki, najczęściej tlenki, rzadziej siarczki, węgliki lub azotki. Wzrost temperatury przyspiesza tworzenie się tych związków.

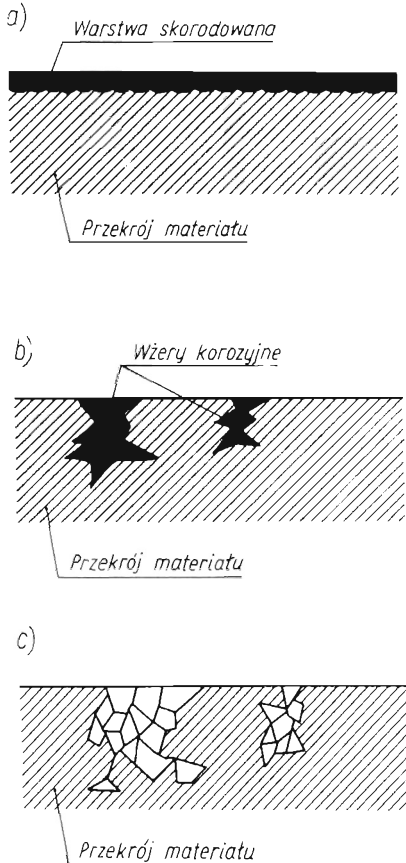
Niekiedy powstająca na powierzchni metalu warstwa związku jest ścisła i trwała. Wówczas chroni ona przedmiot przed dalszą korozją. Jeżeli jednak utworzona warstewka związków nie jest ścisła lub gdy łatwo odpada, wówczas metal jest stale narażony na agresywne działanie środowiska i szybko ulega zniszczeniu.

Korozja elektrochemiczna jest procesem niszczenia metalu związanym z przepływem prądu elektrycznego przez granicę faz metal — elektrolit (np. korozja metali w roztworach wodnych, stopionych solach, wilgotnych glebach). Przepływ prądu jest najczęściej wynikiem działania istniejących w korodującym układzie makroogniw lub mikroogniw elektrochemicznych. Przyczyną powstawania makroogniw może być np. połączenie dwóch różnych metali stykających się jednocześnie z elektrolitem, nierównomierny dostęp tlenu do powierzchni metalu, różnica temperatury itp. Mikroogniwa tworzą się w wyniku niejednorodności strukturalnej metali — różne składniki fazowe istniejące w stopach, wtrącenia niemetaliczne, lokalne zaburzenia sieci itp.

Najważniejszymi w praktyce przypadkami korozji elektrochemicznej są:

- korozja atmosferyczna, gdy wilgotność powietrza wynosi powyżej 70%, w wyniku czego na powierzchni metali może kondensować się warstewka wody, która wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami spełni zadanie elektrolitu,
- korozja morska (w wodzie morskiej),
- korozja ziemna.

Zarówno w przypadku korozji chemicznej, jak elektrochemicznej mogą wystąpić czynniki przyspieszające jej przebieg. Czynnikiem takim są np. naprężenia działające na metale lub dzia-



Rys. 15-1. Rodzaje korozji: *a*, korozja równomierna lub powierzchniowa, *b*) korozja miejscowa lub punktowa, *c*) korozja międzykrystaliczna

nie czynników ścierających. Niekiedy czynnikiem zwiększającym korozję lub ją wywołującym mogą być tzw. prądy błędzące, pochodzące np. z trakcyjnej sieci elektrycznej. W zależności od objawów i skutków procesu korozyjnego rozróżnia się korozję: równomierną, miejscową, międzykrystaliczną i inne.

- **Korozja równomierna (rys. 15-1a)** obejmuje swym zasięgiem całą powierzchnię przedmiotu metalowego.
- **Korozja miejscowa (rys. 15-1b)** występuje tylko w pewnych miejscach przedmiotu w postaci plam lub wżerów sięgających nieraz głęboko w materiał. Ze względu na możliwość znacznego osłabienia przedmiotu korozja miejscowa jest groźna dla trwałości konstrukcji.
- **Korozja międzykrystaliczna (rys. 15-1c)** pojawia się na granicy ziarna powodując bardzo znaczne zmniejszenie własności wytrzymałościowych materiału.

15.3. Ochrona przed korozją

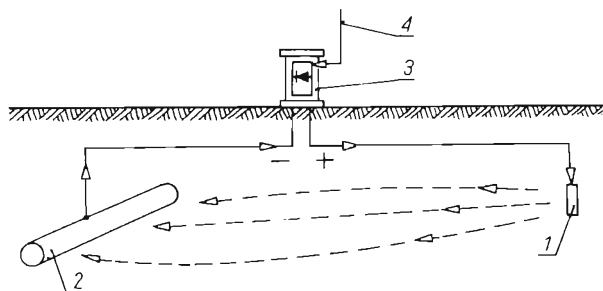
Bardzo duże korzyści ekonomiczne przynosi stosowanie skutecznych metod ochrony metali przed korozją.

Rozróżnia się następujące metody zabezpieczenia przed korozją:

- ochronę elektrochemiczną,
- nakładanie i wytwarzanie powłok ochronnych,
- dobór właściwych materiałów i prawidłowa konstrukcja elementów narażonych na korozję.

Ochrona elektrochemiczna

Jedną z metod ochrony elektrochemicznej, która znalazła duże praktyczne zastosowanie jest **polaryzacja katodowa**. Polega ona na podłączeniu chronionej konstrukcji do ujemnego bieguna prądu stałego. Biegun dodatni jest podłączony do elektrody (anody), która ma przez to wyższy potencjał od obiektu chronionego



Rys. 15-2. Schemat układu ochrony katodowej

1 — anoda, 2 — chromony rurociąg stalowy, 3 — szafka ochronnej katodowej, 4 — źródło prądu przemiennego

(rys. 15-2). Prąd płynie od dodatniego bieguna do anody, a następnie przez środowisko korozyjne do ochronnej konstrukcji (katody) i dalej do bieguna ujemnego źródła prądu. Tworzy się ogniwo, anoda ulega rozpuszczaniu i katoda

(obiekt chroniony) nie będzie korodować. Metoda ta jest stosowana z powodzeniem do zabezpieczenia rurociągów, szczególnie ciepłowniczych, dużych zbiorników wodnych itp. Metodą tą chroni się również kadłuby statków.

Powłoki ochronne

Rozróżnia się powłoki ochronne nakładane i wytwarzane.

Powłoki ochronne nakładane dzieli się na metalowe i niemetalowe. Na **powłoki metalowe** o dużej odporności na korozję używa się niklu, chromu, miedzi, srebra, cyny, cynku, ołowiu, kadmu, aluminium. Powłoki ochronne nakłada się galwanicznie oraz przez zanurzenie, natryski i platerowanie.

Powłoki niemetalowe oddzielają mechanicznie metal od agresywnego środowiska. Są stosowane powłoki pochodzenia organicznego, jak np. farby, oleje, lakiery szybko schnące i lakiery piecowe, a ponadto smoły i asfalty oraz różnego rodzaju smary. Ostatnio stosuje się do tego celu tworzywa sztuczne.

Czasowe zabezpieczenie metali przed korozją można uzyskać przez pokrycie powierzchni specjalnymi smarami lub wazeliną techniczną. Przed przystąpieniem do zabezpieczenia powierzchni metalowych wyżej wymienionymi środkami należy powierzchnie te dobrze oczyścić z brudu i innych zanieczyszczeń. Przechowywanie materiałów metalowych powinno się odbywać w pomieszczeniach suchych.

Powłoki ochronne wytwarzane są łączone z materiałem chronionym chemicznie, tzn. na granicy warstw tworzą się związki chemiczne lub roztwory. Rozróżnia się wytwarzane powłoki metalowe i niemetalowe.

Powłoki metalowe uzyskuje się w wysokiej temperaturze na zasadzie dyfuzji metalu ochronnego w głąb metalu chronionego. Najbardziej znane są procesy wprowadzania do stali aluminium, czyli kaloryzowanie, wprowadzanie cynku, czyli schererardyzowanie oraz nachromowywanie.

Powłoki niemetalowe są wytwarzane metodami chemicznymi lub elektrochemicznymi. Najczęściej są stosowane metody oksydowania i fosforanowania stali.

Oksydowanie (czernienie) polega na wytwarzaniu na powierzchni stali warstwy tlenków żelaza. Oksydować można nie tylko na kolor czarny lub brunatny, lecz również na brązowy i różne odcienie czerni.

Fosforanowanie polega na wytwarzaniu na powierzchni stali warstwy krystalicznej fosforanów żelaza.

Dobór właściwych materiałów i prawidłowa konstrukcja elementów narażonych na korozję

Najmniej odporne na korozję są metale i stopy zawierające zanieczyszczenia. Na przykład niektóre gatunki cynku i aluminium o bardzo dużej czystości są bardzo odporne na korozję. Podobnie stal o specjalnych własnościach fizycznych, tzw. żelazo Armco zawierające tylko 0,1% wszystkich domieszek, jest znacznie odporniejsze na korozję od zwykłych stali.

Wprowadzenie do metalu lub stopu nieodpornego na korozję składnika nie korodującego, zabezpiecza w znacznym stopniu stop przed korozją. Na przykład wprowadzenie do stali niskowęglowej chromu w ilości 12 ÷ 14% uodparnia ją na korozję atmosferyczną, wody naturalnej i pary wodnej.

Zastępowanie elementów metalowych częściami wykonanymi z tworzyw sztucznych w zasadniczy sposób eliminuje korozję. Oczywiście jest to możliwe tylko wtedy, jeżeli względy wytrzymałościowe i technologiczne na to pozwalają.

Właściwa konstrukcja elementów i dobór materiałów łączących części ma bardzo duże znaczenie w ochronie przed korozją. Korozja bardzo często występuje w miejscach połączeń poszczególnych części. Należy więc odpowiednio dobierać materiały łączników, czyli śrub, nitów, lutów i materiału spoin, a także rodzaj materiału łączonych części. Zależy to od tego, jakie miejsce w szeregu napięciowym metali zajmują stykające się ze sobą metale. Jeżeli odległe od siebie — to tworzy się przy sprzyjających warunkach korozja elektrochemiczna, gdyż tworzą się wtedy ogniwa galwaniczne. Na przykład sprzyjać będzie korozji połączenie stali węglowej oraz żelaza ze stopami aluminium, zwłaszcza z magnezem, albo połączenie ołowiu, cyny i stopów miedzi ze stopami aluminium. Rozmiary korozji w tych przypadkach zależą od wielkości powierzchni przylegania tych metali lub stopów do siebie. Wszelkie miejsca połączeń muszą być dokładnie zabezpieczone kitem chemoutwardzalnym i pomalowane farbą podkładową.

Duży wpływ na występowanie korozji ma właściwa konstrukcja poszczególnych części maszyn i urządzeń, a zwłaszcza samochodów. Dotyczy to szczególnie cienkich blach narażonych na korozję. Zła konstrukcja kształtu części blach nadwozi samochodów bardzo sprzyja korozji, zwłaszcza wtedy, gdy nieprawidłowe wygięcia blach tworzą zagłębienia, w których zatrzymuje się woda.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Korozja chemiczna polega na niszczącym działaniu: **a)** elektrolitów? **b)** kwasów? **c)** gazów lub cieczy? **d)** zasad?
2. Korozja atmosferyczna powstaje, gdy wilgotność powietrza wynosi: **a)** 70%? **b)** 50%? **c)** 35%? **d)** 65%?
3. Oksydowanie polega na wytwarzaniu na powierzchni stali warstwy: **a)** siarczków miedzi? **b)** tlenków żelaza? **c)** fosforanów żelaza? **d)** tlenków aluminium?
4. Na powłoki ochronne metalowe nakładane używa się między innymi: **a)** fosforu? **b)** molibdenu? **c)** wolframu? **d)** niklu?

16 Tworzywa sztuczne

16.1. Wiadomości ogólne

Tworzywa sztuczne są to wielkocząsteczkowe materiały organiczne, przede wszystkim o skomplikowanej budowie chemicznej, którym w określonych warunkach, tzn. przy odpowiedniej temperaturze i ciśnieniu można nadawać określone kształty. Poza związkiem wielkocząsteczkowym tworzywa sztuczne zawierają dodatkowe składniki, które nadają im własności użytkowe. Są nimi: stabilizatory, utwardzacze, napelniacze, zmiękczacze, barwniki i inne.

Do zalet tworzyw sztucznych zalicza się:

- dobrą, a niekiedy bardzo dobrą odporność chemiczną,
- łatwość formowania wyrobów nawet o skomplikowanych kształtach,
- dobre własności mechaniczne, bardzo dobre własności izolacyjne i małą gęstość,
- łatwość otrzymywania wyrobów o estetycznym wyglądzie oraz barwie, a także uzyskiwanie wyrobów przezroczystych,
- możliwość stosowania ich w różnorodnej postaci, czyli jako tworzywa konstrukcyjne, materiały powłokowe, spoiwa, kleje, kity i włókna syntetyczne.

Do wad tworzyw sztucznych zalicza się:

- niższą wytrzymałość i twardość niż metali i ich stopów,
- małą odporność na działanie podwyższonej temperatury.

16.2. Rodzaje i zastosowanie tworzyw sztucznych

Zależnie od własności chemicznych związków wielkocząsteczkowych wchodzących w skład tworzyw sztucznych rozróżnia się tworzywa termoplastyczne i termoutwardzalne oraz chemoutwardzalne.

Tworzywa termoplastyczne (termoplasty) każdorazowo pod wpływem działania podwyższonej temperatury stają się miękkie, a po obniżeniu temperatury z powrotem stają się twarde i sztywne. Umożliwia to wielokrotną przeróbkę tych tworzyw.

Tworzywa termoutwardzalne podczas ogrzewania początkowo miękną, ale przetrzymane w podwyższonej temperaturze stają się twarde nieodwracalnie. Po utwardzeniu stają się nietopliwe i nierozpuszczalne, co uniemożliwia powtórny ich przerób.

Tworzywa chemoutwardzalne ulegają utwardzeniu już w temperaturze pokojowej pod wpływem działania dodanego do tworzywa utwardzacza. Reakcja utwardzania przebiega szybciej w temperaturze podwyższonej.

Tworzywa termoplastyczne

Do najważniejszych tworzyw termoplastycznych zaliczamy: polietylen, polipropylen, polichlorek winylu, polistyren, poliamidy, polimetakrylan metylu, azotan celulozy, policzterofluoroetylen i poliestry termoplastyczne nasycone.

Polietylen jest tworzywem elastycznym o dużej odporności na działanie wody i większość czynników chemicznych, odznacza się dobrymi własnościami izolacyjnymi i dużą uduernością. Może być stosowany w zakresie temperatury od -70 do $+70^{\circ}\text{C}$. Jest przerabiany za pomocą wytłaczania i formowania wtryskowego. Polietylen stosuje się podczas wytwarzania powłok ochronnych oraz do laminowania. Z tworzywa tego wytwarza się folię o bardzo dużym zastosowaniu jako opakowanie w przemyśle spożywczym, na namioty foliowe w ogrodnictwie, do wykładania zbiorników wodnych itp. Metodą wtryskową wytwarza się z polietylenu artykuły gospodarstwa domowego, części dla przemysłu elektrotechnicznego, skrzynki akumulatorów, opakowania, zabawki i wiele innych drobnych przedmiotów. Polietylen jest stosowany do powlekania przewodów i kabli elektrycznych, zwłaszcza wysokiej częstotliwości oraz kabli telewizyjnych i podmorskich. Z tworzywa tego produkuje się również rury do zimnej wody i kanalizacyjne oraz dreny. W Polsce produkuje się polietylen o nazwie handlowej **Politen** oraz wiele gatunków o nazwie **Polietylen**.

Polipropylen jest jednym z najłżejszych tworzyw sztucznych. Może być używany w zakresie temperatury od -5° do $+100$; przez dodanie etylenu i napelnaczy, jak włókno szklane i azbest, jest odporny również na niższe temperatury. Odznacza się uduernością i bardzo dobrą odpornością na działanie czynników chemicznych oraz dobrymi własnościami dielektrycznymi. Polipropylen przetwarza się metodą wtryskową i wytłaczania. Podczas formowania temperatura nie powinna przekraczać 270°C . Jest stosowany do produkcji opakowań farmaceutycznych, pojemników do przechowywania agresywnych chemikaliów oraz elementów aparatury i sprzętu medycznego. Jako tworzywo konstrukcyjne jest stosowany w przemyśle maszynowym i samochodowym na osłony i obudowy, jak np. obudowa nagrzewnicy samochodu. Znajduje również zastosowanie na włókna do produkcji tkanin przemysłowych i odzieży, w przemyśle elektronicznym na części (z uwagi na dobre własności izolacyjne).

Polichlorek winylu (PCW) jest odporny na działanie różnego rodzaju czynników chemicznych, ma dobre własności mechaniczne i elektroizolacyjne oraz jest niepalny. Może być stosowany w zakresie temperatury od -30°C do $+100^{\circ}\text{C}$. Polichlorek winylu przetwarza się wieloma metodami, ale najczęściej za pomocą walcowania, wytłaczania i formowania wtryskowego. Jest to typowe tworzywo, które zawiera w swoim składzie zależnie od zastosowania dużo substancji dodatkowych, jak np.: napelniacze, plastyfikatory, stabilizatory i barwniki. Polichlorek winylu twardy, dzięki dobrym własnościom elektroizolacyjnym, stosuje się na części wyposażenia elektrycznego, a dzięki odporności na działanie kwasu siarkowego wykonuje się z niego skrzynki i zakrętki do akumulatorów oraz rury dla przemysłu chemicznego i wody zimnej oraz kanalizacji. Na obicia mebli i tapicerki

samochodowej oraz teczek i torebek stosuje się tkaniny powlekkane pastami z polichlorku winylu. Poddaje się je płytkiemu wytłaczaniu i barwieniu. Są estetyczne, trwale i można je łatwo czyścić.

Z miękkiego polichlorku winylu są wyrabiane tworzywa piankowe w postaci bloków, płyt oraz gotowych kształtek stosowanych do wyrobu foteli siedzeń i oparć. Miękki polichlorek winylu jest stosowany do produkcji węży do wody, kwasów, benzyny, ochrony przewodów elektrycznych, wykładzin podłogowych, profili do poręczy schodów, uszczelek, folii do opakowań środków spożywczych i namiotów ogrodniczych oraz płaszczy przeciwdeszczowych. Największe zastosowanie polichlorek winylu znajduje do powlekania nim taśm i blach stalowych, które są stosowane w budownictwie i na elementy nadwozi samochodowych.

Polistyren jest odporny na działanie kwasów i zasad. Odnacza się dobrą przezroczystością, gładką powierzchnią i można go barwić na dowolne kolory. Jest jednym z najlżejszych tworzyw sztucznych. Może być stosowany w zakresie temperatury od -40°C do $+75^{\circ}\text{C}$. Jest przetwarzany głównie za pomocą formowania wtryskowego oraz wytłaczania. Istnieje dużo gatunków polistyrenu zarówno niskoudarowego jak wysokoudarowego. Jest dobrym dielektrykiem i dlatego wykonuje się z niego drobne elementy w przemyśle elektromaszynowym i samochodowym. Jest odporny na działanie kwasów i dlatego nadaje się do wykonywania skrzynek akumulatorowych. W przemyśle motoryzacyjnym z polistyrenu wykonuje się różnego rodzaju gałki, uchwyty, tablice rozdzielcze, klosze świateł wewnętrznych, kierunkowskazy itp. Tworzywa piankowe produkowane z polistyrenu stosuje się jako izolatory termiczne w budowie samochodów-chłodni. Z polistyrenu produkuje się również folię używaną między innymi do pakowania produktów spożywczych z wyjątkiem tłuszczów i alkoholi. Z polistyrenu wytwarza się bardzo dużo przedmiotów użytkowych, jak np. zabawki, płytki ścienne, galanterię łazienkową, talerze, tacki, obudowy aparatów telefonicznych, rękojeści wkrętaaków, pojemników do wnętrza chłodziarek. Ma również duże zastosowanie w przemyśle maszynowym, elektromaszynowym i radiowo-telewizyjnym jako tworzywo konstrukcyjne między innymi do wytwarzania drobnych części odborników radiowych i telewizyjnych, przekładki do kondensatorów, obudowy magnetofonów i radioodborników, osłony silników elektrycznych oraz różnego rodzaju osłony i drobne części maszyn i urządzeń. Polistyren jest produkowany w Polsce w wielu gatunkach i o różnej barwie.

Poliamidy odznaczają się dobrymi własnościami mechanicznymi, dużą twardością, odpornością na ścieranie oraz dużą uduarnością. Nie wykazują toksycznego działania ani własności elektrostatycznych; mają mały współczynnik tarcia. Zakres temperatury użytkowania wynosi od -40°C do $+100^{\circ}\text{C}$. Są przetwarzane za pomocą formowania wtryskowego, wytłaczania, nakładania powłok i wytwarzania włókien.

Poliamidy znalazły największe zastosowanie w przemyśle włókienniczym i maszynowym. Ponad połowa produkcji światowej poliamidów jest przeznaczona na wytwarzanie włókien, a następnie tkanin z tych włókien. Tkaniny poliamidowe znalazły duże zastosowanie szczególnie na tzw. kordy do opon

samochodowych oraz na taśmy w przenośnikach taśmowych, na tkaniny do filtrowania cieczy, nierozciągliwe pasy transmisyjne, osłony zsypowe oraz jako tworzywa nietoksyczne w przemyśle chemicznym i spożywczym. Włókna poliamidowe są używane do wyrobu obić i pokryć tapicerskich oraz pasów bezpieczeństwa w samochodach.

Poliamidy stosuje się także do wyrobu łożysk ślizgowych. Tulejki łożyskowe można obrabiać mechanicznie lub wykonywać w formach na gotowo. Zaletami łożysk z poliamidów są: duża ich trwałość, mały współczynnik tarcia, mała ścieralność, dobre tłumienie drgań, cicha praca, sprężystość, odporność na czynniki chemiczne i niskie koszty produkcji. Do smarowania można używać oleje, smary, a nawet wodę. Przy dużych prędkościach i małych obciążeniach części te mogą być w ogóle nie smarowane. W przemyśle motoryzacyjnym z poliamidów wykonuje się tulejki zwrotnic, gniazda kuliste drążków kierowniczych, tulejki wieszaków resorów, płytki gaźników itp. Poliamidy znalazły szerokie zastosowanie do produkcji kół zębatach. Z poliamidów wykonuje się również zbiorniki paliwa i kanistry oraz folie.

Stosuje się poliamidy modyfikowane przez dodanie napełniaczy, jak: włókno szklane, grafit i dwusiareczek molibdenu. Zwłaszcza dodanie włókna szklanego wpływa na wzrost wytrzymałości, a grafit i dwusiareczek molibdenu — na zmniejszenie współczynnika tarcia. Poliamidy napełnione włóknem szklanym stosuje się nawet na korpusy wiertarek ręcznych oraz do wytwarzania zawiasów w przemyśle meblarskim. W Polsce produkuje się poliamidy pod nazwą handlową **Polan, Tarnamid**.

Polimetakrylan metylu odznacza się bardzo dobrą przezroczystością i przepuszczalnością światła i dlatego nazywa się również **szkłem organicznym**. Daje się barwić na różne kolory, jest odporny na działanie większości chemikaliów i olejów. Charakteryzuje się dobrymi własnościami mechanicznymi i dużą odpornością na działanie czynników atmosferycznych. Szkło organiczne stosuje się na szyby, szczególnie wtedy, gdy jest wymagana duża krzywizna lub skomplikowane kształty. Szyby te przepuszczają promienie nadfioletowe i dlatego są często używane w autobusach turystycznych. Z zabarwionych płyt szkła organicznego produkuje się szyby przeciwoślepowe. Szkło organiczne jest używane do produkcji szyb bezpiecznych warstwowych (laminowanych). Szyby te są wykonane z kilku warstw szyb krzemianowych przekładanych na przemian z szybami ze szkła organicznego. Ze szkła organicznego wykonuje się również klosze lamp, szyby przyrządów kontrolnych, klosze świateł sygnalizacyjnych samochodów, gałki, uchwyty, elementy aparatury optycznej i chemicznej, szyby aparatów telewizyjnych, szkła zegarków itp.

Formowania wyrobów z polimetakrylenu metylu dokonuje się metodą wtrysku, kształtowania ciśnieniowego i wytłaczania. Wyroby z tego tworzywa dają się łatwo obrabiać skrawaniem. Polimetakrylan metylu produkuje się w Polsce pod nazwą handlową **Metapleks**.

Azotan celulozy jest używany do wytwarzania lakierów i klejów. Azotan celulozy używa się do produkcji celulozoidu.

Policzterofluoroetylen (PTFE) jest nazywany popularnie **teflonem** od nazwy pierwszego producenta. Zaletami tego tworzywa są wyjątkowo duża odporność chemiczna, wysoka udarność i elastyczność, mały współczynnik tarcia i zupełna niepalność. Tworzywo to może być użytkowane w zakresie temperatury od -190°C do $+250^{\circ}\text{C}$. Wadami tworzywa jest wysoka cena, mała twardość, duży współczynnik rozszerzalności cieplnej i wysoka gęstość.

Policzterofluoroetylen w postaci proszku stosuje się do nanoszenia powłok przeważnie drogą natrysku płomieniowego, np. na wewnętrzną stronę patelni, na część roboczą żelazek do prasowania i na powierzchnie łożysk ślizgowych. W przemyśle PTFE stosuje się w budowie urządzeń i aparatury chemicznej, na wykładziny antykorozyjne, elementy uszczelniające, łożyska ślizgowe nie wymagające smarowania, przełączniki, przekładniki, izolacje kabli i wiele innych elementów.

PTFE wytwarza się w kraju pod nazwą handlową **Tarflen**.

Poliestry termoplastyczne nasycone służą przede wszystkim do wytwarzania włókna syntetycznego o nazwach handlowych **Elana** i **Torlen** oraz folii o nazwie handlowej **Estrogal**. Włókna poliestrowe znalazły bardzo duże zastosowanie w przemyśle tekstylnym do wyrobu tkanin odzieżowych i technicznych z uwagi na bardzo dobre własności mechaniczne i odporność na czynniki chemiczne.

Tworzywa termoutwardzalne

Do tworzyw termoutwardzalnych zalicza się **fenoplasty** i **aminoplasty**.

Fenoplasty, zwane również **bakelitami**, należą do najstarszych, a jednocześnie nadal stosowanych tworzyw. W zależności od otrzymywania i przetwórstwa mają najbardziej różnorodne zastosowanie ze wszystkich tworzyw sztucznych. Z żywic fenolowych wytwarza się: kity, kleje, spoiwa lakiernicze, spoiwa do tarcz ściernych, spoiwa formierskie. Żywice te są używane również do powlekania metali, tkanin i papieru. Przede wszystkim jednak żywic tych używa się do produkcji tłoczyw, czyli półproduktów przemysłowych. Tłoczywo zawiera oprócz żywicy jeszcze różne napełniacze, przyspieszacze i barwniki, a jest przeznaczone do produkowania przedmiotów użytkowych za pomocą wytlaczenia i prasowania. Wyroby z tłoczyw fenolowych mają dobre własności mechaniczne i cieplne, dużą twardość powierzchni, znaczną odporność na odkształcenia termiczne, trudną palność i odporność na działanie olejów i rozpuszczalników organicznych. Odporność na działanie podwyższonej temperatury zależy od rodzaju napełniacza i wynosi przeciętnie ok. 120°C . Zastosowanie fenoplastów jest bardzo różnorodne zależnie od zastosowanego napełniacza. Są stosowane do produkcji elementów elektrotechnicznych, jak: wtyczki, gniazdka obudowy aparatów telefonicznych. W przemyśle maszynowym tłoczywa te stosuje się na różne części maszyn i urządzeń, jak: osłony, korpusy, tulejki łożyskowe, tarcze sprzęgłowe i okładziny hamulcowe. Tłoczywa fenolowe produkuje się w kraju w dużej ilości gatunków i noszą nazwę handlową **Polofen**.

Dalsze zastosowanie fenoplastów to **laminaty fenolowe** otrzymywane przez nasycanie lub powleczenie tkanin różnego rodzaju i papieru. Tą metodą są

produkowane płyty izolacyjne stosowane w przemyśle elektromaszynowym. Laminaty można obrabiać skrawaniem. Z laminatów z wypełniaczem w postaci włókien bawełnianych są produkowane elementy nadwozia samochodu Trabant. Tworzywo to nosi nazwę handlową **Duroplast**. Naprawa uszkodzonego nadwozia polega na łataniu i klejeniu klejami epoksydowymi.

Laminaty są stosowane do wyrobu tworzyw warstwowych, zwanych tekstolitami. Wypełniaczem jest tu papier lub tkanina bawełniana. Z tworzyw warstwowych wykonuje się między innymi koła zębate. Zaletą kół zębatach wykonanych z tworzyw warstwowych jest cichobieżność i elastyczność zębów, co wpływa dodatnio na ich trwałość. Z tworzyw warstwowych produkuje się również tulejki łożyskowe. Zaletą tych tulejek jest przede wszystkim mały współczynnik tarcia i samosmarowność polegająca na tym, że tulejki można nasycać pewną ilością oleju.

Laminaty fenolowe produkuje się w kraju w postaci płyt w dużej ilości gatunków o nazwie handlowej **Rezotekst** i **Rezokart**.

Aminoplasty podobnie jak fenoplasty mają bardzo różne zastosowanie. Żywice aminowe, podobnie jak fenolowe, służą do wytwarzania klejów, spoiw lakierniczych, spoiw do rdzeni odlewniczych, a także do garbowania skóry. Głównie jednak żywice aminowe są używane do wytwarzania tłoczyw. W kraju produkuje się te żywice pod nazwami handlowymi **Melolak**, **Karbadur** i **Karbafulyl**.

Tłoczywa aminowe stosuje się na sprzęt elektrotechniczny i sprzęty gospodarstwa domowego. W kraju tłoczywa aminowe są produkowane pod nazwami **Polomel** i **Polamin**.

Tłoczywa aminowe przetwarza się metodą prasowania tłoczego i metodą formowania wtryskowego. Wyroby z tłoczywa aminowego mają dobre własności izolacyjne, a zwłaszcza odporność na działanie łuku elektrycznego. Odporność na działanie chemikaliów jest podobna jak fenoplastów, ale mają mniejszą odporność na działanie kwasów. Tłoczywa aminowe dzieli się na **melaminowe** i **mocznikowe**. Melaminowe mają w porównaniu z mocznikowymi wyższą wytrzymałość cieplną i lepszą odporność na działanie chemikaliów. Wyroby z tłoczyw melaminowych mogą pracować w temperaturze do 100°C, a mocznikowych — do 80°C.

Większe zastosowanie mają **laminaty aminowe**. Laminaty dekoracyjne są produkowane przez nasycanie papieru żywicami aminowymi. Produkuje się je w postaci płyt o grubości 1 ÷ 5 mm w różnych barwach i wzorach. Produkowane są w Polsce pod nazwą **Unilam** i **Unifleks**. Są stosowane jako wykładziny ścian, mebli w wagonach kolejowych, tramwajowych, autobusach i statkach. Są produkowane również laminaty tzw. grawerskie o warstwach czarnej i białej na tabliczki informacyjne. Po wygrawerowaniu np. na warstwie czarnej napisu ujawnia się warstwa biała tworząc biały napis.

Laminaty techniczne produkuje się przez nasycenie melaminą papieru lub szkła. Laminaty te są stosowane głównie w elektrotechnice jako izolacyjne. W kraju produkuje się laminaty techniczne o nazwie handlowej **Melotekst** w postaci płyt.

Tworzywa chemoutwardzalne

Do tworzyw chemoutwardzalnych zaliczamy żywice poliestrowe i epoksydowe.

Żywice poliestrowe ulegają utwardzeniu przeważnie w reakcji ze styrenem w obecności inicjatora. Żywice te są odporne na działanie niektórych kwasów nieorganicznych, zimnej wody i benzyny oraz alkoholi, natomiast nie są odporne na działanie wodnych roztworów zasad, rozpuszczalników organicznych i gorącej wody. Wadą tych żywic jest skurcz objętościowy, a zaletą dobre własności elektryczne.

Żywice poliestrowe są stosowane do wytwarzania laminatów poliestrowych i tłoczyw poliestrowych; przetwarza się je bezpośrednio przez odlewanie.

Laminaty poliestrowe produkuje się przez nasycanie żywicami poliestrowymi włókien szklanych w postaci tkanin, włókien ciętych i mat. Są to laminaty poliestrowo-szklane. Odnaczają się bardzo dobrymi własnościami mechanicznymi, izolacyjnymi i antykorozyjnymi. Formowanie laminatów może odbywać się ręcznie na modelu lub przez prasowanie w ogrzewanych formach. Laminaty poliestrowe są stosowane na kadłuby łodzi, konstrukcje szybowcowe, części nadwozi samochodów i autobusów oraz przyczep campingowych, w budowie maszyn i urządzeń oraz silników elektrycznych w przemyśle elektromaszynowym, jako płyty faliste i płaskie na dachy i elementy składanych domków campingowych, na helmy ochronne.

Tłoczywa poliestrowe składają się z żywicy poliestrowej, napelniaczy, utwardzacza, środków smarujących i barwników. Tłoczywa te przetwarza się metodami wtrysku lub prasowania. Tłoczywa te odznaczają się bardzo dobrymi własnościami mechanicznymi i izolacyjnymi, a przedmioty z nich wykonane odznaczają się dużą stabilnością kształtów. Z poliestrów wytwarza się elementy izolacyjne do prądów wysokiego napięcia, obudowy silników elektrycznych, elementy aparatów radiowych i telewizyjnych, obudowy odkurzaczy, wentylatorów i maszyn do pisania. Tłoczywa poliestrowe są używane również jako tworzywa konstrukcyjne w przemyśle maszynowym i motoryzacyjnym na różnego rodzaju osłony i części.

Żywice epoksydowe można utwardzać w temperaturze pokojowej lub w temperaturze podwyższonej stosując utwardzacze. Zastosowanie żywic epoksydowych jako klejów i kitów omówiono w rozdziale 20. Utwardzone żywice epoksydowe mają dobre własności izolacyjne i wytrzymałościowe oraz dużą odporność chemiczną i na wpływy atmosferyczne. Żywice epoksydowe są stosowane do wytwarzania laminatów epoksydowych i tłoczyw epoksydowych, a także przetwarza się je bezpośrednio przez odlewanie oraz stosuje się na powłoki w postaci proszków. W kraju produkuje się żywice epoksydowe w różnych odmianach o nazwie handlowej **Epidian**.

Żywice epoksydowe formowane przez odlewanie stosuje się głównie jako materiał izolacyjny zastępujący porcelanę oraz na obudowę aparatów elektrycznych, elementy przekładników prądowych, do zalewania metalowych części urządzeń elektrycznych i inne części izolujące. Żywice epoksydowe są stosowane

również do wykonywania tłoczników zwłaszcza prototypowych w przemyśle motoryzacyjnym, na formy prototypowe do prasowania i wtrysku tworzyw. Metodą odlewania wykonuje się również rury i elementy aparatury chemicznej.

Laminaty epoksydowe produkuje się głównie stosując włókno szklane oraz papier i tkaninę bawełnianą. Laminaty epoksydowo-szklane znajdują zastosowanie na elementy nadwozi samochodowych, przyczep campingowych i samolotów oraz rur i zbiorników. **Laminaty foliowane** miedzią są stosowane w przemyśle elektronicznym na obwody drukowane. Powszechnie stosuje się te laminaty jako materiały konstrukcyjno-izolacyjne w przemyśle elektromaszynowym.

Laminaty bawełniano-epoksydowe stosuje się również do produkcji rur o nazwie handlowej **Eponan**. Stosuje się między innymi na koszyczki łożysk tocznych i inne elementy konstrukcyjne pracujące w zakresie temperatury od -40°C do $+120^{\circ}\text{C}$.

Tłoczywa epoksydowe zawierają przeważnie napełniacze w postaci włókien szklanych, azbestowych lub syntetycznych, co powoduje ich dużą udarność. Tłoczywa te formuje się przez wtryskiwanie lub prasowanie. Znajdują zastosowanie przede wszystkim w elektrotechnice i elektronice jako elementy izolacyjne. W kraju tłoczywa te produkuje się pod nazwą handlową **Epoksyfen**.

Powłokowe proszki epoksydowe stosuje się do wytwarzania powłok antykorozyjnych i elektroizolacyjnych, a także dekoracyjnych. Powłoki te wytwarza się przez natrysk płomieniowy lub elektrostatyczny. W kraju jest produkowany powłokowy proszek epoksydowy o nazwie handlowej **Epifluid**.

16.3. Przetwórstwo tworzyw sztucznych

Głównymi metodami przerabiania tworzyw sztucznych są:

- odlewanie w formach lub pod ciśnieniem,
- prasowanie tłoczne i przetłoczne,
- wtryskiwanie,
- wytłaczanie,
- walcowanie.

Odlewanie polega na wlaniu płynnego tworzywa do formy, w której po oziębieniu następuje zestalenie kształtki. Odlewanie pod ciśnieniem odbywa się za pomocą urządzenia doprowadzającego do formy tworzywo pod ciśnieniem.

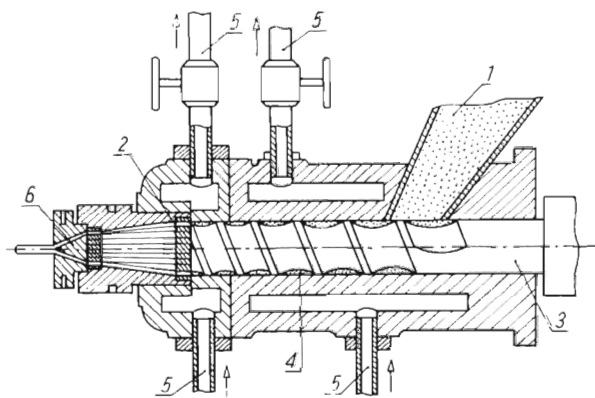
Prasowania dokonuje się na prasach hydraulicznych lub mechanicznych w specjalnych formach. Rozróżnia się formy do prasowania tłocznego i do prasowania przetłocznego. Formy te muszą być wyposażone w urządzenia grzewcze, a elementy stykające się bezpośrednio z tworzywem muszą być wykonane ze stali odpornych na działanie czynników chemicznych. Prasowanie tłoczne polega na wprowadzeniu do formy tworzywa w postaci proszku lub granulek, zimnego lub wstępnie ogrzanego, i następnie uplastycznienie go przez ogrzewanie. Pod wpływem nacisku stempla forma wypełnia się, nadając wyprasce właściwy kształt.

Tworzywo termoutwardzalne zestala się przez dalsze grzanie, a tworzywo termoplastyczne przez ochładzanie. Po zestaleniu się tworzywa wypaska zostaje usunięta z formy wypychaczem. Ten sposób prasowania stosuje się przede wszystkim do tworzyw termoutwardzalnych.

Prasowanie przetłoczone różni się od tłocznego tym, że uplastycznienie tworzywa odbywa się w cylindrze przetłoczonym, skąd pod naciskiem stempla wypływa do formy. Prasowanie przetłoczone w porównaniu z tłocznym jest korzystniejsze, gdyż skraca czas utwardzania przez zastosowanie urządzenia wstępnie uplastyczniającego.

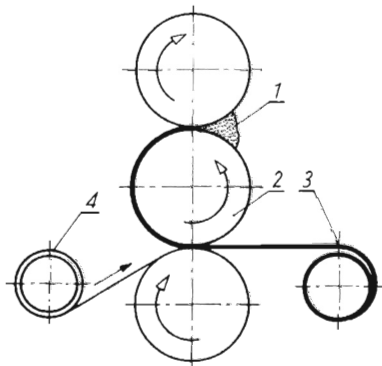
Wtryskiwanie polega na wciśnięciu pod ciśnieniem do formy uplastycznionego tworzywa. Podczas wtryskiwania tworzywa termoplastycznego forma powinna być chłodzona, a podczas wtryskiwania tworzywa termoutwardzalnego — ogrzewana.

Wytłaczanie stosuje się do wyrobów prętów, rur, płyt i innych kształtek. Wytłaczania dokonuje się za pomocą wytłaczarki ślimakowej (rys. 16-1). Tworzywo umieszczone w zasobniku 1 jest przenoszone za pomocą ślimaka 3 do cylindra roboczego 4, gdzie uplastycznia się przez podgrzanie parą przepływającą przewodami 5. Uplastycznione tworzywo zostaje ściśnięte przez sitko 2 i wypływa dyszą 6 na zewnątrz, czyli do formy lub na walce, gdzie następuje zestalenie tworzywa. Na dyszę można zakładać głowice do kształtowania rur, płyt, folii, prętów o różnym kształcie przekroju.



Rys. 16-1. Wytłaczarka ślimakowa

1 — zasobnik na tworzywo, 2 — sitko,
3 — ślimak, 4 — cylinder roboczy,
5 — przewody parowe, 6 — dysza



Rys. 16-2. Schemat produkcji taśmy z tworzyw sztucznych
1 — ładunek tworzywa, 2 — walec roboczy, 3 — zwijarka taśmy,
4 — przekładka celofanowa

Walcowanie służy do wyrobu folii i taśm płyt. Przebieg tego procesu przedstawiono na **rys. 16-2**. Tworzywo 1 przechodzi między walcami 2, które nadają kształt taśmie o odpowiedniej grubości. Taśma nawija się na bęben zwijarki 3. Ażeby zapobiec sklejeniu taśmy, nawija się łącznie z nią na bęben przekładkę (taśmę) celofanową 4. Na **rys. 16-2** przedstawiono tylko zasadę otrzymywania taśmy; w skład ciągu technologicznego wchodzi ponadto: zasobnik, walcarka wstępna, pojemnik walcarki formującej i bębnow chłodzących. Jeżeli na powierzchni taśmy ma być jeszcze wyciśnięty wzór, to w skład ciągu technologicznego dochodzi jeszcze walcarka odciskająca wzór. Metodą walcowania można również nanosić tworzywa na tkaniny.

16.4. Materiały lakiernicze

Wiadomości ogólne

Materiałami lub wyrobami lakierniczymi nazywa się zawiesiny ciał stałych w cieczy, które są przeznaczone do wytwarzania powłok lakierowych o określonych własnościach ochronnych, dekoracyjnych lub gładzących.

Materiały lakiernicze składają się z:

- substancji powłokotwórczych, czyli spoiwa,
- barwników i pigmentów,
- wypełniaczy i obciążników,
- rozpuszczalników.

Substancje powłokotwórcze spełniają zadanie ciekłego spoiwa tworzącego powłokę. Stanowią one najważniejszy składnik wyrobu lakierniczego, gdyż utrzymują jak najlepszy stan wymieszania barwników i związania powłoki lakierniczej z podłożem. Substancje te nadają powłoce lakierniczej elastyczność i połysk. Substancje powłokotwórcze to przeważnie żywice naturalne lub syntetyczne, a ich rodzaj jest uwzględniony w nazwie wyrobu lakierniczego. np. emalia ftalowa lub emalia celulozowa.

Barwniki i pigmenty nadają wyrobowi lakierniczemu barwę oraz uodparniają powłokę na działanie czynników korozyjnych i światła słonecznego. Barwniki nie mają wpływu na jakość powłoki, a pigmenty działają antykorozyjnie. Jako pigmenty stosuje się między innymi: minię ołowianą, pył aluminiowy i biel cynkową oraz pył cynkowy.

Wypełniacze i obciążniki zmieszane z pigmentami uszczelniają powłoki i zwiększają ich wytrzymałość mechaniczną. Jako wypełniacze i obciążniki stosuje się między innymi: kredę, szpat. talk oraz włókno azbestowe lub pył azbestowy.

Rozpuszczalniki powodują rozpuszczenie składników powłokotwórczych, dzięki czemu można nałożyć odpowiednio cienką powłokę lakierniczą. Powodują również utrzymanie jednolitej gęstości materiału lakierniczego. Rozpuszczalniki wyparowują z powłoki rozpoczynając proces jej wysychania lub utwardzania.

Wszystkie wymienione składniki, a szczególnie ich skład chemiczny i proporcje wymieszania, decydują o własnościach powłok lakierniczych i technologii ich nakładania.

Rodzaje materiałów lakierniczych

Wszystkie wyroby lakiernicze dzieli się na cztery rodzaje, różniące się między sobą własnościami i zastosowaniem. Są to farby, emalie, lakiery i lakiernicze wyroby pomocnicze.

Farby są to zawiesiny wypełniaczy i pigmentów w spoiwie lub jego roztworze. Farby zawierają duże ilości wypełniaczy i pigmentów, co ma wpływ na ich dobre własności ochronne i kryjące.

Emalie są również zawiesinami pigmentów i wypełniaczy w spoiwie. Różnią się od farb przede wszystkim tym, że zawierają znacznie mniej pigmentów i wypełniaczy, co powoduje że mają bardzo dobre własności dekoracyjne i dlatego są stosowane na ostateczne warstwy nawierzchniowe.

Lakiery są roztworami substancji powłokotwórczych w rozpuszczalnikach. Nie zawierają wypełniaczy i pigmentów, a jedynie barwniki w przypadku lakierów barwnych.

Lakiernicze wyroby pomocnicze stanowią szeroki asortyment materiałów stosowanych w pracach lakierniczych, ale nie wytwarzają powłok, jak np. szpachel, pasty do szlifowania, materiały ściernie, kity uszczelniające itp.

Podział materiałów lakierniczych w zależności od rodzaju spoiwa i zastosowania

Z uwagi na bardzo dużą ilość stosowanych spoiw omówione zostaną tylko najważniejsze.

Materiały lakiernicze nitrocelulozowe są łatwe do nakładania i schną w temperaturze pokojowej. Spoiwem jest żywica nitrocelulozowa. Są bardzo łatwo palne i wychodzą obecnie z użycia. Powłoka po wyschnięciu wymaga polerowania.

Materiały lakiernicze chlorokauczukowe dają powłoki bardzo odporne na działanie wody i schną w temperaturze pokojowej. Nie nadają się do natrysku. Stosowane głównie do powłok antykorozyjnych.

Materiały lakiernicze poliwinylowe dają powłoki szybko schnące, elastyczne i wodoodporne. Spoiwem są żywice poliwinylowe. Są stosowane głównie jako farby podkładowe oraz pasty gładzące.

Materiały lakiernicze ftalowe mają szerokie zastosowanie jako wyroby schnące w temperaturze pokojowej oraz jako emalie piecowe. Przez zastosowanie spoiwa w postaci żywic alkaloidowych wyroby schną w temperaturze pokojowej. Są stosowane jako szpachlówki, farby podkładowe i emalie nawierzchniowe.

Przez zastosowanie spoiwa w postaci żywic melaminowych otrzymuje się bardzo dobre emalie nawierzchniowe, zwane emaliami ftalowymi karbamidowymi, które utwardzają się w temperaturze $110 \div 130^{\circ}\text{C}$ lub odpowiednio modyfikowane w temperaturze $80 \div 110^{\circ}\text{C}$, a nawet z zastosowaniem odpowiednich utwardzaczy w temperaturze pokojowej. Emalie te są powszechnie stosowane do lakierowania pojazdów samochodowych.

Materiały lakiernicze akrylowe są stosowane na najwyższej jakości emalie i lakiery. Spoiwem są żywice akrylowe. Powłoki otrzymane z emalii akrylowych

odznaczają się dużą odpornością na działanie wody i chemikaliów. Są stosowane coraz powszechniej do lakierowania nadwozi samochodowych mimo wysokiej ceny oraz do celów dekoracyjnych.

Materiały lakiernicze poliestrowe zawierają jako spoiwo żywice poliestrowe. Stosuje się je głównie do wyrobu kitów szpachlowych.

Ze względu na zastosowanie materiały lakiernicze dzieli się na: pokosty — do nasycania drewna, farby podkładowe — do drewna i do metali, emalie olejne wewnętrzne — do malowania drewna i metali nie narażonych na wpływ atmosferyczne, farby antykorozyjne, pasty gładzące, kity uszczelniające, kity szpachlowe — do wyrównywania nierówności i emalie oraz lakiery używane na powłoki zewnętrzne dekoracyjno-ochronne.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Największą wadą tworzyw sztucznych jest: **a)** niska wytrzymałość? **b)** słaba odporność na działanie czynników chemicznych? **c)** mała odporność na działanie podwyższonej temperatury? **d)** mała udurowienie?
2. Polistyren zaliczamy do tworzyw: **a)** chemoutwardzalnych? **b)** termoplastycznych? **c)** termoutwardzalnych?
3. Polietylen może być stosowany w zakresie temperatury: **a)** -70 do $+70^{\circ}\text{C}$? **b)** -10 do $+115^{\circ}\text{C}$? **c)** -30 do $+60^{\circ}\text{C}$? **d)** -20 do $+110^{\circ}\text{C}$?
4. Z którego tworzywa wytwarza się włókna, a następnie tkaniny stosowane między innymi na tzw. kordy opon samochodowych: **a)** Polichlorek winylu? **b)** Polistyren? **c)** Polietylen? **d)** Poliamidy?
5. Z którego tworzywa produkuje się płyty zastępujące szkło: **a)** Fenoplasty? **b)** Polimetakrylan metylu? **c)** Polietylen, **d)** Polipropylen?
6. Jakie tworzywo ma nazwę handlową Teflon: **a)** Octan celulozy? **b)** Polietylen? **c)** Policzterofluoroetylen, **d)** Polistyren?
7. Fenoplasty zaliczamy do tworzyw: **a)** termoutwardzalnych? **b)** chemoutwardzalnych? **c)** termoplastycznych?
8. Włókna syntetyczne o nazwach handlowych Elana i Torlen produkuje się z tworzyw: **a)** aminoplastów? **b)** poliamidów? **c)** polietylenów? **d)** poliestrów termoplastycznych?
9. Kadłuby łodzi wykonuje się z: **a)** laminatów polietylenowych? **b)** polipropylenu? **c)** laminatów poliestrowych? **d)** tłoczyw epoksydowych?
10. Rury z tworzyw produkuje się przez: **a)** odlewanie? **b)** wytłaczanie? **c)** walcowanie? **d)** prasowanie?
11. Żywice alkidowe stanowią spoiwo w materiałach lakierniczych: **a)** nitrocelulozowych? **b)** poliwinylowych? **c)** akrylowych? **d)** ftalowych?
12. Które materiały lakiernicze są bardzo łatwo palne: **a)** nitrocelulozowe? **b)** chlorokauczukowe? **c)** akrylowe? **d)** poliwinylowe?

17 Tworzywa ceramiczne, szkło i materiały uszczelniające

17.1. Tworzywa ceramiczne

Tworzywami ceramicznymi nazywa się elementy konstrukcyjne uformowane w temperaturze otoczenia z materiałów mineralnych proszkowych lub plastycznych, a następnie utrwalane za pomocą wypalania lub spiekania.

Podstawowymi materiałami do wytwarzania tworzyw ceramicznych są: glina i jej odmiany, jak: szamot i kaolin, krzemionka, magnezyt, kwarc, skaień, talk, związki wapnia, związki metali.

Tworzywa ceramiczne odznaczają się wieloma zaletami, z których do najważniejszych należy zaliczyć: dużą odporność chemiczną i cierną, bardzo małą przewodność elektryczną, odporność na ścieranie i dużą twardość. Największe zastosowanie w przemyśle znalazły: porcelana, kamionka, steatyt, klinkier.

Porcelanę otrzymuje się z kaolinu pławionego, kwarcu i skalenia, spiekanych w temperaturze ok. 1400°C. Porcelana jest złym przewodnikiem ciepła, ma dużą twardość oraz odporność na korozję i ścieranie. Znajduje zastosowanie w produkcji izolatorów i innych części w przemyśle elektrotechnicznym oraz na elementy pomp i wentylatorów o specjalnym przeznaczeniu, pracujących głównie w atmosferze korodująco działających cieczy i gazów. Wirniki porcelanowe pomp wirnikowych wykonuje się o średnicach do 400 mm z uwagi na małą wytrzymałość na rozciąganie porcelany. Inne elementy pompy, często korpus, też są wykonywane z porcelany, a na zewnątrz osłonięte blachą. Z porcelany wykonuje się również rury i kształtki do przepływu cieczy działającej korodująco pod niewielkim ciśnieniem. Porcelana twarda, stosowana na elementy pomp, wentylatorów i rury, wytrzymuje temperaturę do 120°C. Porcelana znalazła zastosowanie również do produkcji walców używanych w przemyśle tkackim, papierniczym, tworzyw sztucznych i spożywczych. W przemyśle spożywczym dodatkową zaletą walców porcelanowych jest to, że nie wpływają na zapach i smak produktów.

Kamionka jest wytwarzana z plastycznej gliny z dodatkiem skalenia. Kamionkę stosuje się jako tworzywo izolacyjne podobnie jak porcelanę z tym, że nie nadaje się ona na izolatory cienkościenne i drobne. Kamionka jest również odporna na cieple i gazy działające korodująco. Znajduje więc zastosowanie na części pomp specjalnego przeznaczenia z tym zastrzeżeniem, że kamionka jest trochę mniej odporna na podwyższoną temperaturę niż porcelana (wytrzymuje do 100°C).

Steatyt jest otrzymywany z talku z domieszką gliny. Odznacza się bardzo dobrymi własnościami izolacyjnymi i mechanicznymi. Jest używany na części izolacyjne w wyrobach przemysłu elektrotechnicznego.

Cermetale, czyli materiały metaloceramiczne, są otrzymywane z mieszaniny proszków metalowych z niemetalami. Odznaczają się dużą odpornością na działanie wysokich temperatur oraz korozji. Elementy z cermetali wykonuje się

przez prasowanie pod bardzo wysokim ciśnieniem, a następnie spiekanie w wysokiej temperaturze. Cermetale w postaci płytek są stosowane na robocze części narzędzi skrawających. Najczęściej stosuje się do tego celu cermetal wykonany z trójtlenku glinu (Al_2O_3) z niewielką domieszką tlenku magnezu i korundu. Ostrze z tego cermetalalu nie traci własności skrawających nawet w temperaturze $1200^{\circ}C$, a ponadto odznacza się małym współczynnikiem tarcia. Podobne własności ma cermetal wykonany z azotku baru i wiele innych o różnych nazwach handlowych.

Wadą płytek na narzędzia skrawające z cermetali jest niska wytrzymałość i kruchość. Cermetale znalazły zastosowanie także do wyrobu materiałów żaroodpornych, półprzewodników oraz na łopatki turbin gazowych samolotów odrzutowych.

17.2. Szkło

Szkło powstaje przez stopienie głównie tlenków: krzemu, wapnia, sodu i potasu i ochłodzenie poniżej temperatury rekrytalizacji.

Szkło jest nieprzenikliwe dla cieczy i gazów, odporne na działanie czynników chemicznych, niepalne i wytrzymałe na podwyższoną temperaturę. W wysokiej temperaturze w stanie plastycznym daje się łatwo kształtować. Szkło — mimo swej przezroczystości — nie przepuszcza promieni nadfioletowych. Obecnie produkuje się specjalne szkło kwarcowe, stosowane w autobusach turystycznych, które częściowo przepuszcza promienie nadfioletowe.

Istnieje wiele odmian szkła, dlatego omówimy tylko te, które w przemyśle mają największe zastosowanie.

Szkło bezpieczne

Szyby samochodowe, lotnicze oraz stanowiące ściany niektórych pomieszczeń są wykonywane ze szkła bezpiecznego.

Szyby budowlane dzieli się na pięć grup:

- zwykle,
- bezpieczne,
- o zwiększonej odporności na włamanie,
- odporne na ostrzał broni palnej,
- o zwiększonej odporności na działanie fali detonacyjnej.

Szyby bezpieczne wykonuje się jako jednowarstwowe termicznie naprężone (tzw. hartowane), które rozpadają się w czasie pęknięcia na drobne kawałki pozbawione ostrych krawędzi lub jako jednowarstwowe zabezpieczane folią antywłamaniową, które pękają promieniowo od miejsca uderzenia.

Pozostałe szyby są klejonymi strukturami wielowarstwowymi, które składają się z kilku połączonych ze sobą części składowych (szkło, powłoki z tworzyw sztucznych).

Szkło kwarcowe

Odnacza się ono dużą odpornością chemiczną i cieplną. Wytrzymuje długotrwałe działanie temperatury do 980°C, nie ulegając przy tym stopieniu, pęknięciom i innym uszkodzeniom. Stosuje się je na wykładziny pieców elektrycznych, indukcyjnych, osłony termoelementów oraz sprzęt i aparaturę laboratoryjną.

Szkło piankowe

Zawiera ono pęcherze gazowe różnego kształtu, co nadaje mu dużą porowatość. Stanowi lekki i stosunkowo mocny materiał konstrukcyjny. Ze względu na dobre własności wytrzymałościowe i izolacyjne oraz dobrą obrabialność szkło piankowe znajduje zastosowanie w budownictwie oraz do izolacji cieplnej kotłów parowych i chłodni. Własności wytrzymałościowe szkła piankowego polepsza się przez zbrojenie drutem stalowym.

Włókno szklane

Włókno szklane produkuje się jako watę, włókno ciągłe i cięte włókno tekstylne. Jest doskonałym materiałem izolacyjnym, powszechnie stosowanym. Włókno szklane znalazło duże zastosowanie jako wypełniacz różnych żywic do produkcji części nadwozi samochodowych, łodzi i innych elementów. Jako wypełniacza używa się włókna szklanego w postaci tkaniny, taśmy i plecionki.

17.3. Materiały ściernie

Materiały ściernie są używane do szlifowania, docierania, polerowania i wygładzania powierzchni przedmiotów. Służą również do ostrzenia narzędzi oraz czyszczenia przedmiotów skorodowanych, utlenionych, pokrytych lakierem itp.

Materiały te działają ścierająco na powierzchnię przedmiotu, zbierając z niej drobne wiórki. Aby spełnić te wymagania, materiały ściernie muszą składać się z bardzo twardych o ostrych krawędziach ziarn, stosowanych w postaci proszku ściernego. Proszek ten — naklejony na papier lub płótno — jest stosowany jako papier ścierny lub płótno ściernie. Proszek jest również stosowany do produkcji ściernic, past ściernych, kamieni i pilników ściernych.

Twardość materiałów ściernych określa się w skali Mohsa. Skala ta ma 10 stopni twardości, przy czym stopień najwyższy, czyli największa twardość, wynosi 10 i odpowiada twardości diamentu, a stopień 1 — twardości talku. Materiały ściernie dzieli się na **naturalne** i **sztuczne**. Do materiałów naturalnych należą: diament, korund, kwarc, szmergiel i pumeks.

Diament jest najtwardszym minerałem i stanowi regularną odmianę węgla. Jest stosowany w przemyśle w postaci kamienia i proszku diamentowego. Znajduje również zastosowanie jako ostrze skrawające do specjalnych noży i do równania ściernic oraz do pomiarów twardości metali. Proszek diamentowy jest używany do specjalnych ściernic i szlifowania drogich kamieni. Szersze zastosowanie ogranicza bardzo wysoka jego cena.

Korund jest minerałem o twardości 9 wg skali Mohsa. Składa się głównie z tlenku aluminium Al_2O_3 oraz drobnych domieszek innych minerałów. Jest bardzo dobrym materiałem ściernym, stosowanym głównie do wyrobu ściernic. Ziarna korundu ulegają jednak odkształceniom i w związku z tym nie nadaje się on jako materiał ścierny do obróbki zgrubnej.

Kwarc jest minerałem o twardości 7÷8 wg skali Mohsa. Jest to dwutlenek krzemu SiO_2 . Jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych minerałów i znajduje zastosowanie do wyrobu papierów ściernych oraz w postaci luźnego piasku do bębnow szlifierskich i piaskownic. Jest bardzo tanim materiałem ściernym.

Szmergiel jest ciemną drobnoziarnistą skałą metamorficzną o twardości 6÷8 wg skali Mohsa, zawierającą ok. 65% korundu oraz inne składniki stanowiące związki żelaza i kwarcu. W postaci luźnego ziarna jest używany do polerowania i docierania; poza tym służy jako nasyp na papiery i płótna ścierne.

Najbardziej rozpowszechnionymi materiałami ściernymi wytwarzanymi sztucznie są: sztuczne diamenty, karborund, ekektrokorund.

Sztuczne diamenty mają podobne własności do naturalnych diamentów, lecz są bardziej kruche.

Karborund ma twardość 9÷9,5 wg skali Mohsa. Jest związkiem chemicznym węgla z krzemem, czyli węglikiem krzemu. Jest stosowany jako materiał ścierny, materiał ognioodporny, materiał do wyrobu elementów oporowych w piecach elektrycznych i in. Jest to krystaliczny tlenek glinowy Al_2O_3 otrzymywany z boksytu w piecach łukowych. Odznacza się dużą twardością i jest stosowany jako ścierniwo.

Zastosowanie materiałów ściernych do wyrobu ściernic jest omówione w rozdziale 30.4.

17.4. Materiały uszczelniające

Materiały uszczelniające służą do wyrobu elementów zapewniających szczelność połączeń między poszczególnymi częściami maszyn i urządzeń. Uszczelnienia dzieli się na **spoczynkowe** i **ruchowe**, zależnie od tego, czy uszczelniają one części znajdujące się w spoczynku, czy w ruchu. Typowym uszczelnieniem spoczynkowym jest uszczelka pod głowicę silnika spalinowego, a uszczelnieniem ruchowym — pierścienie tłokowe silnika spalinowego lub sprężarki.

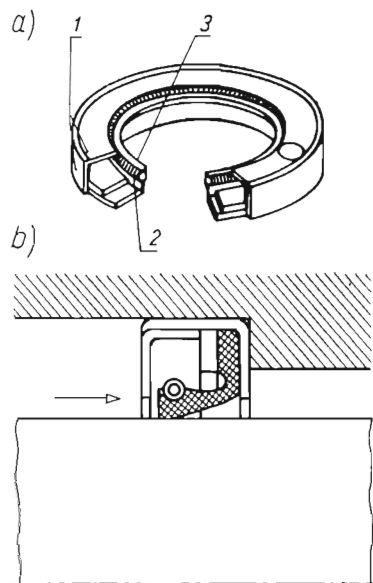
Istnieje bardzo dużo materiałów stosowanych do uszczelniania. Najczęściej znajdują zastosowanie:

Materiały metalowe, a przede wszystkim żeliwo, miedź, ołów i aluminium. Żeliwo jest stosowane przede wszystkim na rozprężne pierścienie tłokowe silników

spalinowych i sprężarek. Miedź — dzięki dużej plastyczności i odporności na korozję — jest używana na uszczelki przewodów hydraulicznych, wysokociśnieniowych przewodów parowych oraz do przewodów niektórych chemikaliów. Ołów jest używany na uszczelki przewodów kwasu siarkowego i kwasów organicznych. Aluminium i jego stopy są używane do przewodów kwasu azotowego, amoniaku i niektórych kwasów organicznych.

Azbest jest minerałem o budowie włóknistej. Jest używany na uszczelnienia w postaci sznurów, płyt i tkanin. Znajduje zastosowanie w postaci uszczelki w urządzeniach narażonych na działanie wysokich temperatur oraz kwasów i ługów. Najczęściej są stosowane uszczelki wykonane z płyt azbestowo-kauczukowych o nazwach handlowych **Klingerit**, **Nomax**, **Wolbromit**, **Ursus**. Uszczelki te wytrzymują wysokie temperatury i ciśnienie.

Guma jest stosowana bardzo szeroko na różnego rodzaju uszczelnienia. Zależnie od rodzaju gumy uszczelki gumowe są odporne na oleje, benzyny, niektóre rozpuszczalniki organiczne i płyny hamulcowe. Uszczelki gumowe są używane powszechnie w instalacjach wodnych, wszelkiego rodzaju maszynach, pojazdach samochodowych, kolejnictwie i wielu innych urządzeniach oraz w budownictwie. Do uszczelniania wałków pracujących w oleju są stosowane samouszczelniacze typu Siemmera (rys. 17-1). Samouszczelniacz jest wykonany z gumy usztywnionej obudową metalową 1. Elementem uszczelniającym wałek jest krawędź uszczelniająca 3, która pod działaniem sprężynki dociskowej 2 obejmuje obracający się wałek i zabezpiecza przed wyciekami oleju (rys. 17-1b). Guma jest również używana do uszczelniania szyb, zwłaszcza w pojazdach samochodowych (rys. 17-2).



Rys. 17-1. Samouszczelniacz typu Siemmera

1 — obudowa, 2 — sprężyna, 3 — krawędź uszczelniająca



Rys. 17-2. Kształty przekroju uszczelki szyb okien nieotwieranych

Tworzywa sztuczne znalazły bardzo szerokie zastosowanie jako materiały uszczelniające ze względu na dużą odporność na działanie czynników chemicznych. Najczęściej są stosowane: polichlorek winylu (winidur, igelit), bakelit, politylen, poliamid (nylon, perlon), polipropylen, teflon i wiele innych.

Z wyżej wymienionych tworzyw na szczególną uwagę zasługuje teflon, który jest odporny na działanie czynników chemicznych oraz wytrzymuje temperaturę od -190°C do $+250^{\circ}\text{C}$, czyli odznacza się najwyższą odpornością na niską i wysoką temperaturę.

Różne wyroby warstwowe nasycone żywicami syntetycznymi, jak tekstolit i novotex, znalazły także duże zastosowanie jako materiały uszczelniające.

Bawełna i konopie są używane jako materiały uszczelniające przede wszystkim w postaci sznurów, niekiedy nasyconych grafitem lub minią. Sznurowe te są używane do uszczelniania połączeń gwintowych rur wodociągowych i innych oraz dławnic zaworów różnych instalacji rurowych.

Z materiałów stosowanych na uszczelki wymienić można ponadto korek, papier, tekturę, filc, skórę i wiele innych.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Głównym składnikiem porcelany jest: **a)** kwarc? **b)** korund? **c)** kaolin? **d)** talk?
2. Głównym składnikiem steatytu jest: **a)** kaolin? **b)** talk? **c)** skaień? **d)** kwarc?
3. Głównym składnikiem cermetu stosowanego na płytki części roboczych narzędzi skrawających jest: **a)** steatyt? **b)** kwarc? **c)** węgiel krzemu? **d)** trójtlenek glinu?
4. Do surowców podstawowych w produkcji szkła zalicza się: **a)** tlenek krzemu? **b)** tlenek aluminium? **c)** chlorek wapnia? **d)** tlenek boru?
5. Najtwardszym materiałem ściernym jest: **a)** korund? **b)** diament? **c)** kwarc? **d)** karborund?
6. Pod względem chemicznym kwarc jest: **a)** trójtlenkiem aluminium? **b)** węglikiem boru? **c)** węglikiem sodu? **d)** dwutlenkiem krzemu?
7. Pod względem chemicznym karborund jest: **a)** dwutlenkiem krzemu? **b)** tlenkiem boru? **c)** węglikiem krzemu?
8. Materiałem uszczelniającym najbardziej odpornym na działanie wysokich temperatur jest: **a)** azbest? **b)** guma? **c)** bakelit? **d)** bawełna?
9. Z materiałów uszczelniających z tworzyw sztucznych największą odporność na działanie wysokich i niskich temperatur ma: **a)** polietylen? **b)** poliamid? **c)** teflon? **d)** polipropylen?

18 Paliwa i smary

18.1. Paliwa

Wiadomości ogólne

Paliwem nazywa się palne ciało stałe, ciecz lub gaz wykorzystywane jako źródło energii cieplnej. Paliwa dzieli się na **stałe**, **ciekłe** i **gazowe** oraz na **naturalne** i **sztuczne**. Do paliw naturalnych zalicza się węgiel kamienny, węgiel brunatny i gaz

ziemny. Paliw sztucznych jest znacznie więcej i są przeważnie otrzymywane drogą przeróbki paliw naturalnych. Do paliw sztucznych zalicza się: koks, pył węglowy, brykiety, węgiel drzewny, benzynę, naftę, benzol, olej napędowy, olej opałowy, spirytus, gaz generatorowy, gaz wielkopicowy, gaz świetlny, gaz wodny i gaz płynny.

Najważniejszymi z własności paliw są: wartość opałowa i temperatura zapłonu.

Wartość opałowa jest miarą energii zawartej w jednostce paliwa. Wartością opałową paliwa nazywamy ilość ciepła w dżulach (J), którą otrzymuje się przy pełnym spalaniu jednego kilograma paliwa stałego lub ciekłego, albo 1 m³ paliwa gazowego w warunkach, gdy spaliny unoszą nie skroploną parę wodną. Najwyższą wartość opałową mają produkty otrzymywane z ropy naftowej (jak oleje napędowe) i benzyny, a najniższą węgiel brunatny.

Temperatura zapłonu jest to najniższa temperatura, w której dana substancja, ogrzewana w ściśle określony sposób, wydziela ilość pary wystarczającą do wytworzenia z powietrzem mieszaniny zapalającej się przy zbliżeniu płomienia. Na skutek przemiany energii chemicznej w ciepłą temperaturę paliwa nie zmniejsza się już później poniżej temperatury zapłonu i spalanie jest procesem ciągłym trwającym aż do wyczerpania paliwa. Najniższą temperaturę zapłonu ma benzyna (25 ÷ 35°C), a najwyższą koks hutniczy (ok. 600°C).

Warunkiem niezbędnym do procesu spalania paliwa jest zapewnienie obecności tlenu zawartego głównie w powietrzu. Warunkiem ekonomicznego spalania jest doprowadzenie dostatecznej ilości powietrza i dokładne wymieszanie go z palącym się paliwem. Znając skład chemiczny paliwa można określić teoretyczne zapotrzebowanie powietrza potrzebnego do spalania 1 kg lub 1 m³ paliwa. Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza zależy od paliwa i jest największe dla paliw ciekłych, a najmniejsze dla węgla brunatnego i niektórych gazów. W praktyce stosuje się zawsze nadmiar powietrza, ażeby uzyskać całkowite spalanie paliwa. Jednak zbyt duży nadmiar powietrza powoduje stratę ciepła potrzebnego na jego ogrzanie, które uchodzi wtedy ze spalinami. Dozowanie powietrza potrzebnego do spalania odbywa się w różny sposób, np. podczas spalania węgla lub koksu w paleniskach kotłów centralnego ogrzewania dopływ powietrza reguluje się przez otwieranie lub przyamykanie zasuw lub drzwiczek.

Charakterystyka ważniejszych paliw

Węgiel kamienny jest naturalnym paliwem stałym o niejednorodnej budowie i złożonym składzie chemicznym. Występuje w różnych gatunkach, a po wydobyciu jest sortowany zależnie od wielkości brył na gruby, kostkę i orzech.

Węgiel brunatny ma mniejszą wartość opałową niż kamienny. Jest łatwiejszy do wydobycia, gdyż zalega na mniejszych głębokościach niż kamienny i może być wydobywany metodą odkrywkową. Obecnie jest używany do opalania kotłów elektrowni i do przerobu na brykiety.

Koks jest paliwem sztucznym otrzymywanym za pomocą suchej destylacji węgla kamiennego. Jest trudno zapalny, pali się wolno i prawie bezdymnie. Ma duże zastosowanie techniczne, szczególnie w hutnictwie.

Ropa naftowa ma obecnie największe zastosowanie. Wprawdzie nie jest używana bezpośrednio jako paliwo, ale otrzymuje się z jej przeróbki prawie wszystkie paliwa płynne, oleje, smary i wiele przetworów chemicznych.

Benzyna jest paliwem silnikowym otrzymywanym z przeróbki ropy naftowej lub syntetycznie z węgla oraz wodoru. Odporność na detonację benzyny jest jedną z głównych cech charakteryzujących to paliwo. Miernikiem odporności paliwa na spalanie detonacyjne jest jego **liczba oktanowa** (symbol LO). Liczbę oktanową paliwa ustala się przez porównanie badanego paliwa z paliwem wzorcowym, którym jest mieszanina izooktanu (LO = 100) i heptanu (LO = 0). Do porównania badanego paliwa z paliwem wzorcowym stosuje się wzorcowy silnik jednocylindrowy o zmiennym stopniu sprężania. Istnieją dwie metody oznaczania liczby oktanowej paliwa: badawcza oznaczana symbolem LOB i motorowa oznaczana symbolem LOM. Zasada oznaczania liczby oktanowej jest w obu metodach taka sama, a różnią się od siebie tylko warunkami pracy silnika wzorcowego. Metoda motorowa przewiduje nieco trudniejsze warunki pracy silnika i wykazuje o 3÷6 jednostek mniej niż metoda badawcza. W Polsce oznacza się liczbę oktanową benzyny metodą badawczą. Liczba oktanowa benzyny zależy od wielu czynników, do których należy zaliczyć: gatunek ropy naftowej i jej skład chemiczny, sposób rafinacji i stosowane dodatki. Powszechnie stosowaną metodą podnoszenia liczby oktanowej benzyny jest stosowanie różnych **dodatków przeciwstukowych** dodawanych do benzyn. W Polsce zgodnie z PN stosuje się dodatek alkilów ołowiu. Benzyna z takim dodatkiem nazywa się **etyliną**. W Polsce znajduje się w sprzedaży kilka gatunków etyliny — **E94** i **E98**. Liczby oktanowe tych paliw zostały oznaczone metodą badawczą. Wadą etyliny jest emitowanie w spalinach związków ołowiu do atmosfery. Od wielu lat dąży się na całym świecie do **ograniczenia zawartości ołowiu w benzynie**. Nie tylko po to, aby obniżyć jego emisję, ale również ażeby umożliwić katalityczne dopalanie, a więc i radykalną redukcję wyrzucanych ze spalinami tlenku węgla, węglowodorów i tlenków azotu. Katalityczne dopalanie umożliwiają mają **katalizatory** montowane obecnie obowiązkowo do samochodów. Samochody wyposażone w katalizatory muszą być jednak zasilane **benzyną bezołowiową**. W Polsce znajdują się w sprzedaży: benzyna bezołowiowa o liczbie oktanowej **98** oraz benzyna bezołowiowa **Eurosuper 95** produkowana w kraju zgodnie z normą PN-92/C-96025/06. Benzyny bezołowiowe są produkowane z komponentów rafineryjnych najwyższej jakości. Benzynę bezołowiową można stosować w samochodach posiadających odpowiednio przystosowane silniki do spalania benzyny bezołowiowej.

Silniki muszą mieć gniazda zaworowe i zawory, zwłaszcza wylotowe, wykonane z materiałów o zdecydowanie wyższych właściwościach żaroodpornych. Okazuje się bowiem, że benzyny nieetylizowane powodują szybsze zużywanie zespołu gniazdo-zawór. Stosowanie benzyny o odpowiedniej liczbie oktanowej zależy od stopnia sprężania silnika. Im wyższy jest stopień sprężania silnika, tym większą liczbę oktanową powinno mieć stosowane do niego paliwo.

Olej napędowy jest otrzymywany z ropy naftowej i stosowany do napędu silników z zapłonem samoczynnym. Powinien charakteryzować się: dobrą zapłon-

nością, małą skłonnością do koksowania, dużą czystością, niską temperaturą krzepnięcia, właściwą lepkością i małą zawartością siarki. W Polsce są produkowane 3 rodzaje olejów napędowych lekkich (wg PN-92/C-96051):

- **DL - letni** — przeznaczony do stosowania w temperaturze nie mniejszej niż 0°C,
- **DP - przejściowy** — przeznaczony do stosowania w temperaturze nie niższej niż -12°C, gdyż w tej temperaturze następuje zablokowanie zimnego filtra,
- **DZ zimowy** — przeznaczony do stosowania w temperaturze nie niższej niż -20°C, gdyż w tej temperaturze następuje zablokowanie zimnego filtra.

Zawartość siarki dla wszystkich trzech gatunków wynosi do 0,3%.

Paliwa gazowe są stosowane przede wszystkim do celów gospodarstwa domowego, a w przemyśle i energetyce do opalania pieców i kotłów. Gaz płynny i gaz sprężony znalazły również zastosowanie do napędu samochodów, zastępując tradycyjne paliwo (etylinę). Płynny propan-butan jest paliwem ekologicznym.

18.2. Oleje i smary

Wiadomości ogólne

Oleje i smary są to substancje, które wprowadza się między trące się powierzchnie w celu zmniejszenia współczynnika tarcia, a tym samym przedłużenia trwałości tych powierzchni. Właściwe smarowanie wszystkich urządzeń technicznych ma olbrzymie znaczenie i jest podstawowym elementem konserwacji i racjonalnej eksploatacji maszyn i urządzeń. Przy ocenie zastosowania i przydatności olejów i smarów bierze się pod uwagę lepkość, smarność, temperaturę krzepnięcia, temperaturę zapłonu oraz zawartość zanieczyszczeń mechanicznych i kwasowych.

Lepkością nazywamy tarcie wewnętrzne występujące między przesuwającymi się wzajemnie sąsiednimi warstwami cieczy. Między lepkością a **płynnością** istnieje ściśle powiązanie. Im mniejsza jest lepkość, tym większą wykazuje on płynność. Im mniej zmienia się lepkość oleju (przy zmianie temperatury), tym olej jest lepszy. Do smarowania maszyny, urządzenia lub silnika należy zawsze stosować olej o takiej lepkości, jaką podaje instrukcja obsługi.

Smarność oleju jest to zdolność przylegania do powierzchni współpracujących ze sobą i tworzenia na nich trwałych warstw zmniejszających opór tarcia.

Temperatura krzepnięcia oleju lub smaru jest bardzo ważnym wskaźnikiem dotyczącym zastosowania oleju w zależności od temperatury otoczenia. Oleje i smary o niskiej temperaturze krzepnięcia nie powinny zawierać zbyt dużych ilości węglowodorów parafinowych.

Temperatura zapłonu olejów i smarów powinna być wysoka, szczególnie jeżeli olej pracuje w podwyższonej temperaturze. Oleje i smary nie powinny zawierać zanieczyszczeń mechanicznych, gdyż mogą uszkodzić współpracujące powierzchnie.

Rodzaje olejów i smarów i ich zastosowanie

Ze względu na pochodzenie oleje i smary dzieli się na: **mineralne, roślinne, zwierzęce i syntetyczne**.

Największe zastosowanie w technice mają obecnie oleje **mineralne rafinowane** przede wszystkim z ropy naftowej. Coraz większe zastosowanie mają **oleje syntetyczne**, np. silikonowe lub estrowe. Do olejów i smarów mineralnych często dodaje się różnego rodzaju dodatki chemiczne poprawiające ich własności. Do smarowania maszyn i urządzeń używa się **olejów maszynowych i wrzecionowych, olejów do sprężarek oraz smarów maszynowych**. Rodzaj oleju i smaru dla konkretnej maszyny lub urządzenia podany jest zawsze w instrukcji smarowniczej zawartej w dokumentacji techniczno-ruchowej danej maszyny lub w tabelach polecających Centrali Produktów Naftowych.

Regeneracja zużytych olejów i smarów

Zużyte oleje i smary można odzyskać dla celów przemysłu przez regenerację. Regeneracji można dokonać metodami:

- fizyczną,
- fizykochemiczną,
- chemiczną.

Regeneracja metodą fizyczną polega na odstaniu, filtracji, odwirowaniu, przemyciu wodą oraz oddestylowaniu.

Regeneracja metodą fizykochemiczną polega na koagulacji lub adsorpcji. Koagulacja polega na wprowadzaniu do roztworu pewnych substancji, które oddziałując na produkty utleniania opadają na dno i mogą być oddzielone przez odstanie lub filtrowanie. Adsorpcja polega na wykorzystaniu zdolności przyłączania się cząstek niektórych zanieczyszczeń olejów do niektórych substancji, zwanych **adsorbentami**. Do zużytych olejów wprowadza się adsorbent i po połączeniu się jego z zanieczyszczeniami oddziela się je przez filtrowanie lub odwirowanie.

Metoda chemiczna regeneracji polega na wykorzystaniu reakcji chemicznych, w wyniku których zanieczyszczenia osadzają się i mogą być następnie oddzielone metodą fizyczną.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Najwyższą wartość opałową ma: **a)** gaz ziemny? **b)** węgiel brunatny? **c)** olej napędowy? **d)** węgiel kamienny?
2. Najwyższą temperaturę zapłonu ma: **a)** koks? **b)** olej napędowy? **c)** węgiel kamienny? **d)** benzyna?

3. Naturalna benzyna ma liczbę oktanową: **a)** 80 ÷ 90? **b)** 65 ÷ 70? **c)** 75 ÷ 85? **d)** 50 ÷ 65?
4. W celu uzyskania wyższej liczby oktanowej dodaje się do benzyny naturalnej: **a)** siarczek ołowiu? **b)** kwas azotowy? **c)** czteroetylen ołowiu? **d)** tlenek ołowiu?
5. Oleje napędowe dostarczane w okresie letnim mają temperaturę krzepnięcia: **a)** -15°C ? **b)** -5°C ? **c)** -8°C ? **d)** -12°C ?
6. Oleje i smary o niskiej temperaturze krzepnięcia nie powinny zawierać: **a)** grafitu? **b)** nafty? **c)** benzyny? **d)** węglowodorów parafiny?
7. Adsorpcję zaliczamy do metod regeneracji: **a)** fizykochemicznej? **b)** fizycznej? **c)** chemicznej?

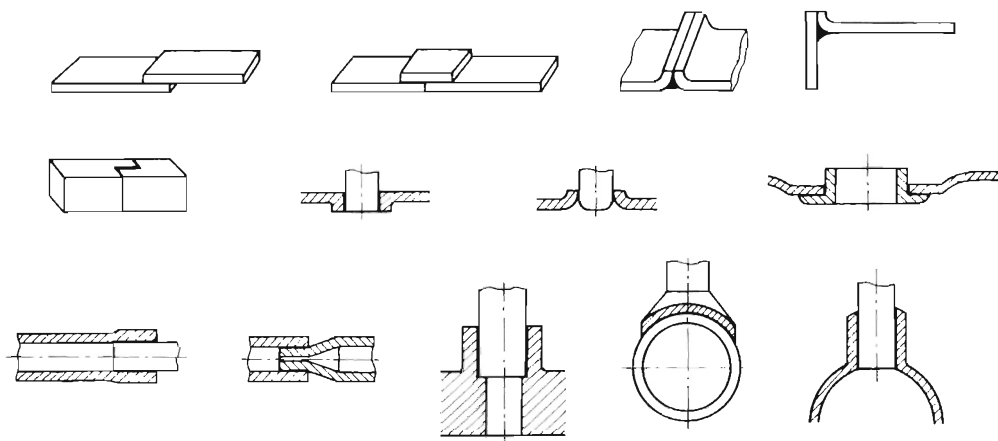
19 Lutowanie

19.1. Rodzaje i zastosowanie lutowania

Lutowaniem nazywamy metodę spajania metali za pomocą wprowadzania między łączone powierzchnie innego roztopionego metalu lub stopu (czynnika łączącego), zwanego **spoiwem**. Podczas lutowania części łączone nagrzewają się, lecz nie topią w miejscu łączenia, jak to ma miejsce podczas spawania. Połączenie trwale uzyskuje się dzięki przyczepności lutu do materiałów łączonych, dlatego warunkiem otrzymania prawidłowego połączenia jest staranne oczyszczenie (mechaniczne i chemiczne) powierzchni lutowanych.

Lutowanie jest jednym z najstarszych sposobów łączenia metali. Jest jedną z nielicznych metod umożliwiających łączenie ze sobą różnych metali i stopów o różnych właściwościach. Lutowanie jest jedyną metodą zapewniającą połączenia właściwej jakości. Największe zastosowanie znajduje w przemyśle elektrotechnicznym, elektronicznym i telekomunikacyjnym do łączenia przewodów elektrycznych. Jest stosowane podczas prac blacharskich, szczególnie do lutowania blach ocynkowanych, np. w produkcji rynien, do zamykania blaszanych puszek z konserwowanymi produktami spożywczymi. Ponadto lutowanie stosuje się w blacharstwie samochodowym, np. przy wypełnianiu wgłębień, wykonywaniu i naprawie chłodnic samochodowych, łączeniu uzwojeń silników elektrycznych, a także w naprawach pękniętych odlewów. Połączenia lutowane dobrze przewodzą prąd i dlatego są stosowane zamiast spawania w przypadkach, gdy spoiny nie muszą przenosić dużych obciążeń, ale powinny zapewnić dobre przewodzenie prądu. Przykład złączy lutowanych podano na **rys. 19-1**.

Rozróżnia się lutowanie **lutami miękkimi** (temperatura topnienia lutu poniżej 500°C), **twardymi** lub **specjalnymi** (temperatura topnienia lutu powyżej 500°C) oraz **lutospawanie**.



Rys. 19-1. Przykłady złącz lutowanych

19.2. Lutowanie lutem miękkim

Lutowanie lutami miękkimi stosuje się do łączenia części o niedużych naprężeniach w złączu i niewysokiej temperaturze pracy, jak również do uszczelniania połączeń zawalcowanych i innych (np. cienkościennych zbiorników, pojemników, rynien, rurociągów).

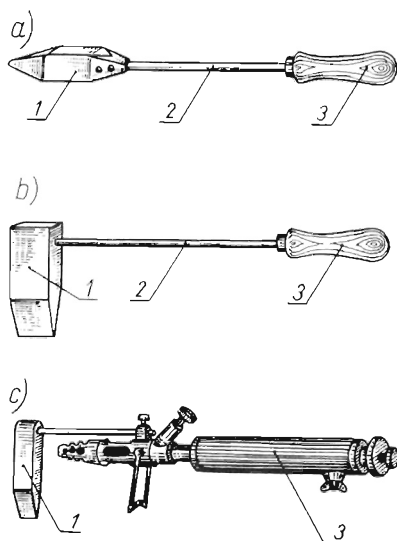
Luty miękkie są wykonywane w postaci prętów, drutu, płytek, proszków, a najczęściej paleczek. Do lutowania miękkiego są stosowane przede wszystkim **spoiwa cynowo-olowiowe** ujęte w normie PN-76/M-69400. Istnieje bardzo dużo gatunków tych spoiw o różnej zawartości cyny i ołowiu. Niektóre z nich zawierają ponadto drobne domieszki antymonu, srebra i miedzi, a prawie wszystkie zanieczyszczenia w postaci śladowej zawartości żelaza, bizmutu, arsenu, aluminium, cynku i kadmu. Zawartość poszczególnych składników stopowych spoiwa wynika z jego znaku, i tak na przykład spoiwo PbAg 1,5 Sn 1,5 zawiera ok. 1,5% Sn, ok. 1,5% Ag i ok. 97% Pb i jest stosowane do lutowania przewodów w źródłach światła. Spoiwo SnPb37Sb zawiera ok. 63% Sn, 0,2 ± 0,5% Sb i ok. 37% Pb. Spoiwo to ze względu na małą zawartość ołowiu jest używane do lutowania i pobielania wewnętrznych części opakowań na produkty spożywcze. Do lutowania potrzebne są również **topniki**, bez których lut się utlenia i źle wypełnia szczeliny między łączonymi powierzchniami. Jako topników do lutowania miękkiego stali, miedzi i mosiądzu używa się najczęściej wody lutowniczej, którą tworzy chlorek cynku rozpuszczony w wodzie (np. 300 gramów stopionego technicznego chlorku cynku na 1 litr wody).

Jako topników do oczyszczania chemicznego powierzchni łączonych części używa się także salmiaku, kałafonii, stearyny i specjalnie przyrządzonych past. Oczyszczania mechanicznego powierzchni łączonych dokonuje się piłowaniem, skrobaniem, ścieraniem itp.

Lutowanie wykonuje się za pomocą narzędzia zwanego **lutownicą** (rys. 19-2). Najważniejszą częścią lutownicy jest końcówka miedziana 1, która po nagrza-

niu służy do roztopienia cyny i przeniesienia jej na miejsce lutowania. Końcówka najczęściej jest osadzona na pręcie 2 zakończonym rękojeścią 3. Miedzianą końcówkę lutownicy nagrzewa się w płomieniu lampy lutowniczej, palnika gazowego lub w ognisku kowalskim. Obecnie są stosowane (jako wygodniejsze w użyciu) lutownice gazowe, benzynowe (rys. 19-2c), a najczęściej elektryczne (rys. 19-3). Ostrze końcówki każdej lutownicy należy co pewien czas, w miarę zanieczyszczenia się, opiłowywać pilnikiem.

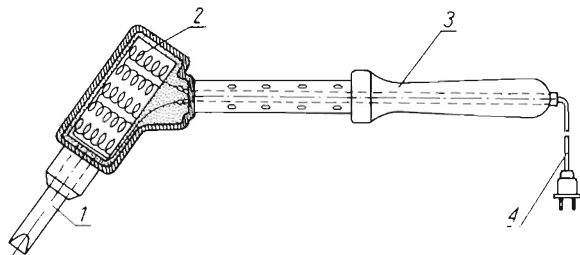
Przebieg lutowania jest następujący: Po nagraniu lutownicy szybko pociera się jej ostrze o salmiak i przykłada do lutu, który roztopia się i przylepia do ostrza lutownicy. Następnie ostrze lutownicy przykłada się do miejsca lutowanego i pociąga ostrzem wzdłuż szwu. Lutując większe połączenia należy lut trzymać



Rys. 19-2. Lutownice: a), b) zwykłe, c) benzynowa

Rys. 19-3. Schemat lutownicy elektrycznej

1 — końcówka miedziana, 2 — spirala grzejna, 3 — rękojeść, 4 — przewód doprowadzający prąd elektryczny



lewą ręką nad spoiną. Lutownica trzymana prawą ręką rozgrzewa materiał łączony i jednocześnie topi lut. Roztopiony lut ścieka i łączy powierzchnie, zastygając między nimi. Gdy zachodzi potrzeba, to lutownicę kilkakrotnie przesuwamy wzdłuż szczeliny łączącej. W czasie lutowania należy tak prowadzić lutownicę, żeby lut nie rozplywał się po wierzchu, lecz spływał w głąb szwu. Po zalutowaniu usuwa się nadmiar lutu za pomocą skrobaka lub pilnika i przemywa się szew letnią wodą. Do lutowania przewodów elektrycznych stosuje się małe lutownice elektryczne, w których końcówkę nagrzewającą stanowi wygięty drut miedziany.

19.3. Lutowanie lutem twardym

Lutowanie lutami twardymi stosuje się przy znacznych naprężeniach w złączu i wysokiej temperaturze pracy (ponad 150°C). Jest używane do połączeń ślusarskich, w budowie ram rowerowych, w kołnierzach połączeń rurociągów, do łączenia części mechanizmów precyzyjnych, w produkcji narzędzi skrawają-

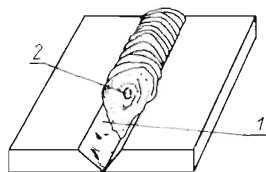
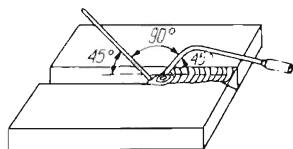
cych. Jako czynnik odtleniający podczas lutowania ma zastosowanie **boraks**. Lutami twardymi (normy PN-80/M-69411 i PN-70/M-69413) są miedź lub stopy miedzi (mosiądze, brązy, stopy miedzi z fosforem, srebrem, krzemem, manganem), stopy srebra z miedzią, cynkiem i in. oraz prawie czysty nikiel z dodatkiem manganu.

Lutowanie odbywa się następująco: Powierzchnie łączone dokładnie czyści się i dopasowuje do siebie. Następnie smaruje się je pędzlem zanurzonym w roztworze boraksu i kładzie się między te powierzchnie blaszkę lutu, a potem wiąże się obie części drutem. Po posypaniu boraksem związanych części nagrzewa się je w ognisku kowalskim, palnikiem gazowym lub lampą lutowniczą tak długo, aż lut się roztopi i zwiąże części łączone. Do podgrzewania można używać także palnika acetylenowego, lecz trzeba bardzo uważać, aby nie przegrzać spoiny. W niektórych przypadkach lut umieszcza się nie między powierzchniami łączonymi, lecz na zewnątrz wzdłuż szwu. Wiązanie drutem łączonych elementów nie zawsze jest konieczne, zwłaszcza podczas nagrzewania palnikiem. Łączone elementy można zamocować w imadle, położyć na stalowej płycie lub stole spawalniczym, ale trzeba wtedy bardzo uważać, aby łączone elementy i lut nie zmieniły swojego położenia podczas lutowania. Po wykonaniu lutowania wyjmuje się połączone części i zostawia je do powolnego ostygnięcia, a następnie przemywa szew wodą zakwaszoną i usuwa nadmiar lutu pilnikiem.

Do oczyszczania chemicznego używa się przeważnie roztworu wodorotlenku sodu, który skutecznie usuwa tlenki z powierzchni przeznaczonych do lutowania.

19.4. Lutospawanie

Lutospawanie jest w zasadzie lutowaniem twardym dokonywanym bez nadtapiania materiału łączonego. Stosuje się tu przeważnie luty mosiężne. Łączone elementy wymagają jednak przed lutowaniem jednostronnego lub dwustronnego ukosowania krawędzi, gdyż złącze lutospawane musi mieć w przekroju kształt litery V (przy jednostronnym ukosowaniu) lub kształt litery X (przy obustronnym ukosowaniu). Ukosowanie dwustronne stosuje się do lutospawania części o dużej grubości. Przygotowanie łączonych elementów jest podobne jak do spawania. Lutospawania dokonuje się za pomocą palnika acetylenowego, a spoiwo w postaci pręta trzyma się w ręce. Na **rys. 19-4** przedstawiono sposób wykonywania złącza lutospawanego w kształcie litery V. Po ukosowaniu krawędzi materiału łączonego należy je dobrze oczyścić, a następnie pobielić łączone krawędzie rozprzewadzając po ich powierzchni cienką warstwę lutu. Po tej operacji można przystąpić do stop-



Rys. 19-4. Lutospawanie: *a)* położenie palnika i drutu, *b)* obraz spoiny

niowego wypełniania rowka lutem. Pręt lutowy należy topić przez zagrzanie końca w jeziorku 2 (rys. 19-4). Jeziorko tworzy się w środku spoiny, gdzie lut najpóźniej stygnie. Po wykonaniu złącza należy pozostawić je do powolnego stygnięcia.

Lutospawanie znalazło szerokie zastosowanie szczególnie do naprawy pękniętych odlewów żeliwnych (kadłubów maszyn i urządzeń). Stosowanie lutospawania w tych przypadkach jest znacznie korzystniejsze od spawania, gdyż jest ono dokonywane w temperaturze do 850°C i nie powoduje powstawania naprężeń wewnętrznych, czyli nie powstaje niebezpieczeństwo zmiany kształtu. Lutospawanie stosuje się zawsze tam, gdzie spawanie sprawia trudność z powodu konieczności stosowania wysokiej temperatury lub niedostatecznej spawalności danego metalu.

19.5. Sprawdzanie połączeń lutowanych

Połączenie lutowane należy poddać sprawdzeniu zwracając uwagę na równomierne rozłożenie lutowy i estetyczne wykonanie spoiny. Następnie należy sprawdzić połączenie na szczelność. Wstępnego sprawdzenia szczelności dokonuje się próbą wodną obserwując, czy nie ma przecieku przez spoinę. Dokładne sprawdzenie szczelności spoiny wykonuje się w następujący sposób: jedną stronę spoiny pokrywa się warstwą kredy, a na drugą stronę wlewa się niewielką ilość nafty obserwując, czy na warstwie kredy nie pojawiają się tłuste plamy. W przypadku lutowania zbiorników szczelność należy sprawdzać pod ciśnieniem powietrza lub wody. Ciśnienie stosowane podczas badań powinno być wyższe od ciśnienia, pod jakim mają pracować badane złącza.

Do sprawdzania bardziej odpowiedzialnych połączeń lutowanych stosuje się badania defektoskopowe, rentgenowskie, wytrzymałościowe, metalograficzne, oporności elektrycznej i inne, jak np. próby na odrywanie, które umożliwiają określenie stopnia wypełnienia szczeliny lutem.

19.6. Zasady bezpiecznej pracy podczas lutowania

Podczas pracy z kwasami należy chronić ciało i ubiór przed ich żrącym działaniem.

Przygotowując wodny roztwór kwasu należy zawsze wlewać kwas do wody, a nie odwrotnie.

Lampę lutowniczą powinno się zapalać i rozgrzewać w miejscach nie zagrożonych powstaniem pożaru. Paliwo do lampy można nalewać tylko po jej wygaszeniu i całkowitym ostudzeniu. Stosując lutownicę elektryczną należy sprawdzić, czy jest uziemiona lub zerowana.

W czasie naprawy lutowaniem zbiorników po benzynie lub innym płynie łatwo zapalnym należy dobrze wypłukać zbiornik, a następnie lutować go, gdy jest częściowo napełniony wodą.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Do lutowania miękkiego stosuje się luty, których temperatura topnienia nie przekracza: **a)** 600 °C? **b)** 500°C? **c)** 800°C? **d)** 200°C
2. Do lutowania twardego stosuje się luty, których temperatura topnienia przekracza: **a)** 200°C? **b)** 800°C? **c)** 500°C? **d)** 300°C?
3. Jako topnika do lutowania miękkiego używa się: **a)** chlorku cynku? **b)** boraksu? **c)** chlorku sodu? **d)** chlorku potasu?
4. Przed lutowaniem ostrze lutownicy pociera się, o: **a)** amoniak? **b)** pumeks? **c)** boraks? **d)** salmiak?
5. Do lutowania twardego jako czynnika odtleniającego używa się: **a)** salmiaku? **b)** boraksu? **c)** chlorku cynku? **d)** kalafonii?
6. Do lutowania jako luty używa się: **a)** brązu? **b)** stopów cyny? **c)** mosiądzu? **d)** stopów aluminium?
7. Lutowania dokonuje się w temperaturze: **a)** do 300°C? **b)** do 1000°C? **c)** do 600°C? **d)** do 850°C?

20 Klejenie metali

20.1. Zastosowanie połączeń klejonych

Łączenie metali za pomocą klejenia jest coraz częściej stosowane ze względu na dużą wytrzymałość połączenia, brak naprężeń w złączu oraz niskie koszty tej technologii łączenia. Zaletami połączeń klejonych są ponadto zdolność tłumienia drgań, możliwość wykonania połączenia bez stosowania obrabiarek, drogich narzędzi i materiałów oraz brak zjawisk elektrochemicznych, występujących zwykle podczas łączenia metali innymi metodami. Wadą połączeń klejonych jest ich stosunkowo mała odporność na wzrost temperatury otoczenia (maleje wówczas wytrzymałość połączenia). Niektóre kleje są mało odporne na działanie wody, mimo że są jednocześnie odporne na działanie benzyny i olejów. Można jednak połączenie uodpornić na działanie wody przez pomalowanie złącza. Metodą klejenia łączyć można ze sobą nie tylko metale i stopy, ale także metale z niemetalami, metale z tworzywami sztucznymi, szkłem, porcelaną, tkaninami i innymi materiałami. Klejenie metali jest stosowane w produkcji nowych wyrobów oraz w naprawie maszyn i urządzeń. Połączenia klejone metali są obecnie stosowane w konstrukcjach lotniczych, pojazdach samochodowych, taborze kolejowym i wielu innych maszynach i urządzeniach.

Naprawa części maszyn klejeniem i kitowaniem z użyciem kitów, najczęściej epoksydowych, ma wiele zalet: 1) technologia klejenia i kitowania jest bardzo prosta, bez konieczności stosowania specjalnych maszyn i narzędzi, 2) istnieje

możliwość dokonania naprawy bez demontażu lub przy częściowym demontażu maszyn czy urządzenia oraz bez konieczności używania dźwigów, 3) można dokonać naprawy na miejscu wystąpienia awarii, 4) obróbka wykańczająca po naprawie jest prosta, 5) naprawy można dokonać w miejscach trudno dostępnych, 6) połączenie odznacza się dobrą szczelnością.

20.2. Rodzaje klejów

Do klejenia metali używa się najczęściej **klejów epoksydowych, fenolowych, karbinolowych, poliuretanowych, kauczukowych, poliestrowych, silikonowych, winylowych i poliamidowych**. Kleje i kity składają się przede wszystkim z żywicy podstawowej oraz utwardzacza i rozcieńczalnika. Niekiedy stosuje się jeszcze przyspieszacze, środki modyfikujące i napełniacze. Najczęściej klej przyrządza się bezpośrednio przed użyciem, dodając do żywicy utwardzacza i rozcieńczalnika lub innych środków. Kleje na ogół są dostarczane w zestawach i zawierają dokładny opis przygotowania kleju i technologii klejenia.

Kleje epoksydowe produkuje się w Polsce pod nazwą **Epidian**. Kleje te są oznaczone różnymi numerami zależnie od zastosowania i własności.

Epidian 5 — utwardzany na zimno — należy przed użyciem przygotować, dodając do żywicy epoksydowej utwardzacza w ilości dziesięciokrotnie mniejszej w stosunku do ilości żywicy. Utwardzacz należy bardzo dokładnie i równomiernie wymieszać z żywicą, aby otrzymać dobrą jednorodność klejonego złącza. Czas mieszania powinien wynosić ok. 3 minut. Do mieszania należy używać szklanej pałeczki.

Powierzchnię przeznaczoną do sklejenia należy dokładnie oczyścić i zmyć załączonym do kleju specjalnym zmywaczem, a następnie nałożyć cienką warstwę kleju na powierzchnię obu klejonych części i dokładnie docisnąć. Czas utwardzania kleju w temperaturze pokojowej wynosi 12 godzin. Klej ten (podobnie jak pozostałe) jest sprzedawany w zestawie składającym się z żywicy, utwardzacza i zmywacza do oczyszczenia klejonej powierzchni.

Epidian 100 — utwardzalny na gorąco — jest gotowym klejem, czyli nie wymaga dodawania utwardzacza ani innych składników przed użyciem. Ma on postać żółtego lub pomarańczowego proszku. W temperaturze $40 \div 50^{\circ}\text{C}$ ma konsystencję ciastowatą, a w temperaturze $100 \div 120^{\circ}\text{C}$ staje się cieczą. Klej przed użyciem należy podgrzać i w postaci płynnej lub półpłynnej nałożyć na powierzchnie klejone po uprzednim ich oczyszczeniu. Utwardzenie kleju następuje wyłącznie na gorąco w temperaturze $130 \div 190^{\circ}\text{C}$. Czas utwardzania zależy od temperatury utwardzania. Minimalny czas utwardzania w temperaturze 150°C wynosi 4 godziny, a w temperaturze 190°C — 50 minut. Najdaje się wyłącznie do klejenia i jest наносzony na powierzchnie rozgrzane.

Epidian 51, 52, 53 i 58 jest używany do klejenia oraz do klejenia połączonego z laminowaniem.

Epidian 55 jest stosowany do klejenia, klejenia z laminowaniem i kitowania.

Epidian 101 stosuje się głównie do klejenia i uszczelniania odlewów. W przeciwieństwie do Epidianu 100 może być on наносzony na zimne powierzchnie. Klej ten utwardza się tylko w temperaturze $130 \div 190^{\circ}\text{C}$, podobnie jak epidian 100. Składa się on z dwóch płynnych składników, które miesza się ze sobą bezpośrednio przed użyciem.

Oprócz klejów stosuje się również pasty. **Pasta Epidian 410** służy przede wszystkim do kitowania, szczególnie elementów ze stopów aluminium. Może być również zastosowana do klejenia.

Epidiany 430 i 433 są kitami i składają się z dwu składników. Oba składniki miesza się ze sobą bezpośrednio przed użyciem. Kity te znajdują również zastosowanie do kitowania przedmiotów ceramicznych, betonowych i kamiennych.

Do klejenia metali znajduje zastosowanie również **klej karbinolowy stabilizowany**. Czas utwardzania kleju w temperaturze pokojowej wynosi od trzech do pięciu dni.

Obecnie można stosować wiele innych, dostępnych klejów, których cechą eksploatacyjną jest bardzo krótki czas uzyskiwania prawidłowego połączenia (np. **Cyjanopan**, **PASCFIX**).

20.3. Przygotowanie do klejenia powierzchni metalu

Powierzchnie klejone powinny być bez ciał obcych i jednorodne. Powierzchnie pokryte smarem lub w jakikolwiek inny sposób zanieczyszczone nie nadają się do klejenia.

Przygotowanie powierzchni stali do klejenia polega na mechanicznym oczyszczeniu powierzchni za pomocą szlifowania na szlifierce lub za pomocą piaskowania. Jako operację końcową stosuje się zwykle odtłuszczenie w ciekłym trójchloroetylenie lub w jego parach. Jeżeli powierzchnia jest ogrzewana w czasie nakładania kleju, to wystarczy samo odtłuszczenie.

Jako środki obróbki chemicznej stosuje się również krótkotrwałe kąpiele w stężonym roztworze amoniaku, po którym następuje przemywanie wodą i suszenie w piecu.

Przygotowanie powierzchni stopów aluminium polega przeważnie tylko na chemicznym oczyszczeniu. Powierzchnie miedzi i jej stopów mogą być przygotowane mechanicznie i chemicznie.

Przygotowanie powierzchni zapewniające największą wytrzymałość na ścinanie połączeń klejonych składa się z następujących operacji:

- odtłuszczenie w parach trójchloroetyleny w ciągu ok. 5 minut,
- odtłuszczenie w specjalnym ciekłym rozpuszczalniku w ciągu ok. 20 minut,
- płukanie w zimnej wodzie ok. 5 minut,
- trawienie w temperaturze 60°C w roztworze o składzie: 27,3 części (masy) kwasu siarkowego, 7,5 części dwuchromianu sodowego, 65,2 części wody,
- płukanie w wodzie o temperaturze nie wyższej niż 65°C w ciągu ok. 5 minut,
- suszenie gorącym powietrzem w ciągu ok. pół godziny.

20.4. Proces klejenia

Proces klejenia metali składa się z dwu operacji:

- naniesienia kleju na powierzchnię elementów łączonych,
- dociśnięcia klejonych powierzchni do siebie i utrzymania docisku, aż do doprowadzenia lepkiej masy kleju do postaci nieodwracalnie utwardzonej.

Klej na powierzchnie łączone nanosi się za pomocą pałeczki szklanej, pędzla lub pistoletu natryskowego. Powierzchnię najczęściej pokrywa się dwiema warstwami. Ilość nałożonego kleju decyduje o wytrzymałości połączenia klejonego. Zbyt mała ilość kleju powoduje obniżenie wytrzymałości połączenia klejonego.

Przed sklejeniem części należy pamiętać o wstępnym podsuszeniu warstwy naniesionego kleju do stanu największej przylepności. Po ustawieniu i dociśnięciu sklejanых elementów należy uniemożliwić ich wzajemne przesuwanie się. Proces sklejanя (utwardzania klejów) jest zależny od temperatury, ciśnienia i czasu, dlatego często klejenia dokonuje się na prasach.

Utwardzanie warstwy klejowej w złączu zależy w znacznej mierze od kształtu klejonych części. Najprościej proces ten przebiega, gdy mamy do czynienia z klejem utwardzalnym w temperaturze pokojowej i bez udziału ciśnienia. W tym przypadku do prawidłowego sklejenia części płaskich wystarczy zastosowanie zwykłych zacisków lub belek dociskowych.

Elementy łączone uważa się za sklezione wówczas, gdy klej dobrze stwardnieje. Należy przestrzegać ściśle czasu wymaganego do utwardzenia, który jest dla każdego kleju ściśle określony i podany w opisie używania kleju. Dopiero po upływie tego czasu można użytkować element klejony.

Oczyszczanie sklein może się odbywać — po stwardnieniu wycieków — za pomocą skrobaków ręcznych lub przyrządów zmechanizowanych. Lepiej jednak jest usunąć nadmiar kleju przed jego utwardzeniem poprzez potarcie tkaniną umoczoną w odpowiednim rozpuszczalniku.

Próbki bardziej odpowiedzialnych połączeń klejonych poddaje się badaniom wytrzymałościowym. Jakość klejenia zależy od kontroli dokonywanej w każdym etapie cyklu produkcyjnego. Kontrola wstępna ma miejsce w czasie przyjmowania i przechowywania kleju w magazynie. Kontrola podczas klejenia polega na sprawdzeniu jakości przygotowanej powierzchni i ścisłym przestrzeganiu warunków klejenia oraz na przygotowaniu próbek kontrolnych z zachowaniem tych samych parametrów klejenia i warunków pracy. Kontrola końcowa polega na kontroli gotowego zespołu. W przypadku wykonywania lub naprawy zbiorników metodą klejenia kontrola polega również na sprawdzaniu ich szczelności.

20.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas klejenia

Wszystkie operacje w procesie technologicznym klejenia należy wykonywać w rękawicach gumowych, w fartuchu szczelnie przylegającym do szyi i przegubu rąk. Wskazane jest pokrywanie skóry rąk, szyi i twarzy kremem ochronnym.

Gdy podczas klejenia ma się do czynienia bezpośrednio z odczynnikami chemicznymi, to należy używać okularów ochronnych. Szczególną uwagę należy zachować przy posługiwaniu się trójchloroetylenem (szkodliwym dla zdrowia); w tych przypadkach należy pracować przy włączonych wentylatorach i wyciągach.

W pomieszczeniach, w których dokonuje się klejenia, istnieje duże zagrożenie pożarowe i dlatego nie wolno w tych pomieszczeniach palić papierosów ani używać otwartego ognia. Pomieszczenia te powinny być starannie wietrzone.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Czas utwardzania kleju Epidian 5 wynosi: **a)** 2 godziny? **b)** 8 godzin? **c)** 12 godzin? **d)** 10 godzin?
2. Klej Epidian 100 staje się cieczą w temperaturze: **a)** $40 \div 50^{\circ}\text{C}$? **b)** $100 \div 120^{\circ}\text{C}$? **c)** $80 \div 100^{\circ}\text{C}$? **d)** $120 \div 140^{\circ}\text{C}$?
3. Utwardzanie kleju Epidian 100 następuje w temperaturze: **a)** $130 \div 190^{\circ}\text{C}$? **b)** $100 \div 130^{\circ}\text{C}$? **c)** $60 \div 110^{\circ}\text{C}$? **d)** $190 \div 220^{\circ}\text{C}$?
4. Czas utwardzania kleju karbinolowego w temperaturze pokojowej wynosi: **a)** 24 godziny? **b)** 2÷3 dni? **c)** 5÷8 dni? **d)** 3÷5 dni?
5. Trójchloroetylen służy w procesie klejenia: **a)** jako utwardzacz kleju? **b)** do odtłuszczenia powierzchni klejonej? **c)** jako rozpuszczalnik do kleju? **d)** jako przyspieszacz do kleju?

21 Odlewnictwo

21.1. Wiadomości ogólne

Odlewnictwem nazywa się dziedzinę techniki obejmującą wytwarzanie części maszyn lub przedmiotów przez wypełnianie ciekłym metalem odpowiednio przygotowanych form. Otrzymane przedmioty nazywamy ogólnie **odlewami**, a metodę ich wytwarzania — **odlewaniem**.

W procesie wytwarzania odlewów rozróżnia się kilka kolejno następujących po sobie etapów:

- przygotowanie modelu przedmiotu, którego odlew ma być wykonany,
- przygotowanie materiałów formierskich,
- przygotowanie formy odlewniczej,
- wypełnienie ciekłym metalem formy odlewniczej,
- wyjęcie odlewu z formy,
- oczyszczenie i wykończenie odlewu.

Kształt przedmiotu w formie odtwarza się za pomocą modelu, który swym kształtem musi odpowiadać kształtowi wykonywanego odlewu. Powierzchnie wewnętrzne odlewu odtwarza się za pomocą odrębnych części formy, zwanych rdzeniami.

Najczęściej stosowanym sposobem wykonywania odlewów jest zalewanie ciekłym metalem formy jednorazowej, sporządzonej z masy formierskiej. Formę wykonuje się najczęściej z dwóch lub kilku części, aby umożliwić wyjęcie modelu. Większe formy i rdzenie suszy się po wykonaniu, żeby stały się dostatecznie wytrzymałe. Ciekły metal doprowadza się do wnętrza formy kanałami (wykonanymi w czasie formowania), które stanowią tzw. układ wlewowy. Po zalaniu, tj. wypełnieniu formy metalem, jego zakrzepnięciu i ostygnięciu wyjmuje się z formy otrzymany odlew i oczyszcza z zanieczyszczeń. Oczyszczanie odlewu i usuwanie zbędnych dodatków metalu zakrzepłego w układzie wlewowym i w szczelinach nazywa się wykańczaniem odlewu. Wykończony odlew starannie się sprawdza, czy nie ma wad odlewniczych i czy odpowiada wymaganiom technicznym. Te ostatnie czynności nazywają się odbiorem lub kontrolą odlewów.

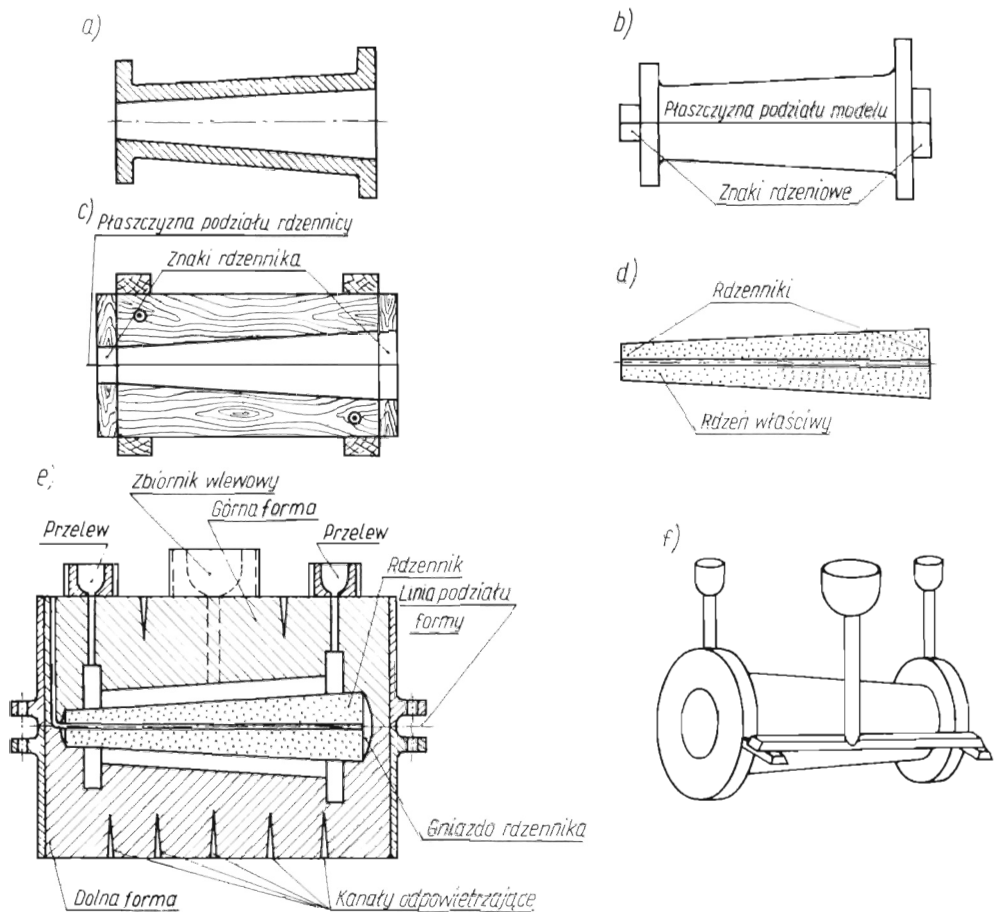
21.2. Modele odlewnicze, rdzenie i formy

Zewnętrzne kształty odlewu odtwarza się za pomocą **modelu**. Kształty wewnętrzne odtwarza się za pomocą **rdzeni**, które mocuje się w odpowiednich gniazdach formy. Modele używane do wyrobu form z rdzeniami powinny nie tylko odtwarzać kształty zewnętrzne odlewów, lecz również kształty gniazd rdzeniowych. Ta część modelu, która odtwarza kształt gniazda, nazywa się **znakiem rdzeniowym**.

Rdzenie wykonywane przeważnie w specjalnych skrzynkach, zwanych **rdzennicami**, powinny mieć tzw. **rdzennik** do mocowania rdzenia w gniazdach rdzeniowych formy. Część rdzennicy, która odpowiada kształtem rdzennikowi, nazywa się **znakiem rdzennika**. W celu wykonania odlewu rury (**rys. 21-1a**) trzeba wykonać model (**rys. 21-1b**), następnie rdzennicę, a przy jej pomocy rdzeń (**rys. 21-1c, d**). Gotową do zalania ciekłym metalem formę przedstawiono na **rys. 21-1e**. W celu odtworzenia wewnętrznych kształtów rury wkłada się do formy rdzeń (**rys. 21-1d**). Modele wykonuje się z drewna, metalu, gipsu, tworzywa sztucznego itp.

Podstawą opracowania kompletu modelowego jest rysunek odlewanej części. Na jego podstawie określa się sposób wykonania poszczególnych części kompletu modelowego, tj.:

- położenie linii podziału modelu w skrzynkach formierskich,
- naddatki wymiarowe uwzględniające skurcz odlewniczy metalu,
- pochylenia odlewnicze modeli i skrzynek rdzeniowych,
- naddatki wymiarowe na obróbkę mechaniczną,
- położenie znaków rdzeniowych.



Rys. 21-1. Wykonanie formy do odlewu rury z kolnierzem: a) przekrój rury z kolnierzem, b) model rury, c) rdzennica, d) rdzeń, e) forma rury, f) odlew rury z układem wlewowym

Modele odlewnicze wykonuje się przeważnie jako **dzielone**, co ułatwia wykonanie formy. Od wyboru linii podziału modelu zależy jego budowa, przebieg formowania oraz dokładność wymiarów odlewu. Główną przyczyną stosowania podziału modelu jest możliwość wyjęcia modelu z formy.

Podczas wykonywania modeli i rdzennic uwzględnia się wielkość skurczu metalu w formie, tak żeby otrzymany odlew swymi wymiarami odpowiadał wymiarom podanym na rysunku odlewu. Skurcz różnych tworzyw jest różny i przeciętnie wynosi ok. 1% dla żeliwa szarego, ok. 1,5% dla brązów i stopów aluminium oraz ok. 2% dla staliwa i żeliwa ciągliwego.

W celu ułatwienia wyjęcia modelu z formy i wyjęcia rdzenia z rdzennicy nadaje się pionowym płaszczyznom modeli i rdzennic odpowiednie pochylenie. Wartość stosowanego pochylenia zależy od materiału, z jakiego jest wykonany model, oraz od wysokości ścianki modelu i sposobu formowania. Pochylenia ścian w modelach metalowych wynoszą zwykle $0,5 \div 1^\circ$, a w modelach drewnianych $1 \div 3^\circ$. Należy

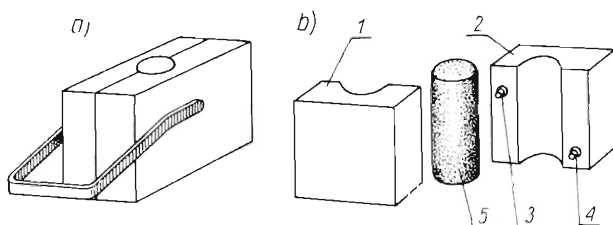
pamiętać, że im większa jest wysokość modelu, tym mniejsze pochylenie nadaje się ściankom.

Projektując rysunek odlewu na podstawie rysunku części, która ma być wykonana jako odlew, trzeba uwzględnić naddatki dla obrabianych powierzchni odlewu. Wartości naddatków określają normy. Naddatki na obróbkę odlewów z żeliwa wynoszą od 3 mm (w drobnych i średnich odlewach) do kilkunastu milimetrów (w odlewach bardzo dużych). Naddatki dla odlewów stalowych są większe niż dla odlewów żeliwnych. Wartość naddatków zależy nie tylko od materiału, z jakiego jest wykonany odlew, ale również od wymiarów i położenia powierzchni obrabianej oraz od liczby wykonywanych sztuk.

Wykonywanie modeli z drewna i metalu jest bardzo pracochłonne i wymaga wysokich kwalifikacji, zwłaszcza gdy modele mają skomplikowane kształty. Modele drewniane muszą być wykonywane z bardzo suchego drewna i po wykonaniu pomalowane lakierem, aby zapobiec zawilgoceniu, a tym samym zmianie kształtu.

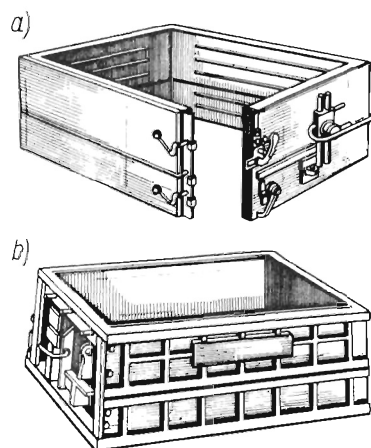
Rdzenie wykonuje się ręcznie według wzorników lub maszynowo. Skrzynki rdzeniowe stosowane do wytwarzania ręcznego rdzeni wykonuje się przeważnie z drewna. Na rys. 21-2 przedstawiono przebieg formowania prostego rdzenia wal-

Rys. 21-2. Formowanie prostego rdzenia: a) rdzennica przygotowana do napełniania, b) rdzennica rozłożona



cowego. Formowanie odbywa się w drewnianej rdzennicy składającej się z dwóch części symetrycznych 1 i 2. Prawidłowe położenie obu części rdzennicy ustala się za pomocą kołków 3 i 4. Rdzennicę (po jej złożeniu) napełnia się masą rdzeniową, którą zagęszcza się ubijakiem. W celu ułatwienia odprowadzania gazów wydzielających się w formie podczas zalewania środek rdzenia 5 przekłuwają się szpilką.

Formy większości odlewów wykonuje się w **skrzynkach formierskich** (rys. 21-3). Skrzynki te stanowią rodzaj sztywnych ram sporządzonych najczęściej z żeliwa, blachy stalowej, lekkich stopów, tworzyw sztucznych, a nawet z drewna. Powinny one być wytrzymałe i lekkie. Skrzynki formierskie mogą mieć różne kształty przystosowane do kształtu modelu. Najczęściej jednak są używane skrzynki prostokątne.



Rys. 21-3. Skrzynki formierskie: a) skrzynka otwierana, b) skrzynka zdejmowana

21.3. Materiały na masy formierskie

Podstawowymi materiałami formierskimi są piaski o określonych właściwościach, zwane **piaskami formierskimi**. Piaski formierskie są głównym składnikiem masy formierskiej, z której wykonuje się formy odlewnicze.

Głównym składnikiem piasków formierskich jest **kwarc** oraz **glina**, która stanowi naturalne lepiszcze wiążące w masie formierskiej ziarenka kwarcu. Rolę lepiszcza w masach formierskich, przewidzianych głównie na rdzenie, odgrywają również tzw. spoiwa. Do najczęściej stosowanych spoiw należą: ług posulfitowy, melasa, dekstryna, pokost, różne żywice syntetyczne i inne.

Dobre piaski formierskie powinny się odznaczać plastycznością, spoistością, przepuszczalnością, odpornością na wysoką temperaturę i trwałością. **Plastyczność** charakteryzuje zdolność piasków formierskich do zachowywania kształtów odcisniętych w nich modeli. **Spoistość** charakteryzuje w pewnej mierze odporność piasku formierskiego na wstrząsy i uderzenia formą. **Przepuszczalność** piasków formierskich charakteryzuje ich zdolność do przepuszczania gazów; zależy ona od porowatości masy formierskiej. Odporność na działanie wysokiej temperatury jest niezbędna w warunkach działania ciekłego metalu. Niedostateczna odporność masy na wysoką temperaturę jest przyczyną powstawania zanieczyszczeń powierzchni odlewu przypalonymi ziarenkami piasku. Zwiększenie tej odporności uzyskuje się przez dodanie do masy formierskiej pyłu węglowego lub koksowego. **Trwałością** piasków nazywa się zdolność do zachowania dobrych właściwości formierskich po kilkakrotnym ich użyciu.

W skład **masy formierskiej** wchodzi również gliny, spoiwa, materiały rozluźniające i poprawiające przepuszczalność formy. Są to trociny, torf włóknisty, paździerz itp.

W celu uniknięcia przywierania ziarenek piasku do powierzchni odlewu stosuje się różnego rodzaju pokrycia form, np. grafitem. Często używanym, zwłaszcza w produkcji odlewów aluminiowych, materiałem na pokrycie form jest mączka kwarcowa.

Części składowe formy, skrzynek rdzeniowych oraz części modeli przed przystąpieniem do formowania posypuje się proszkami rozdzielczymi, np. pyłem kwarcowym, kredą, talkiem.

21.4. Przygotowanie materiałów formierskich

Przygotowanie mas formierskich obejmuje następujące czynności:

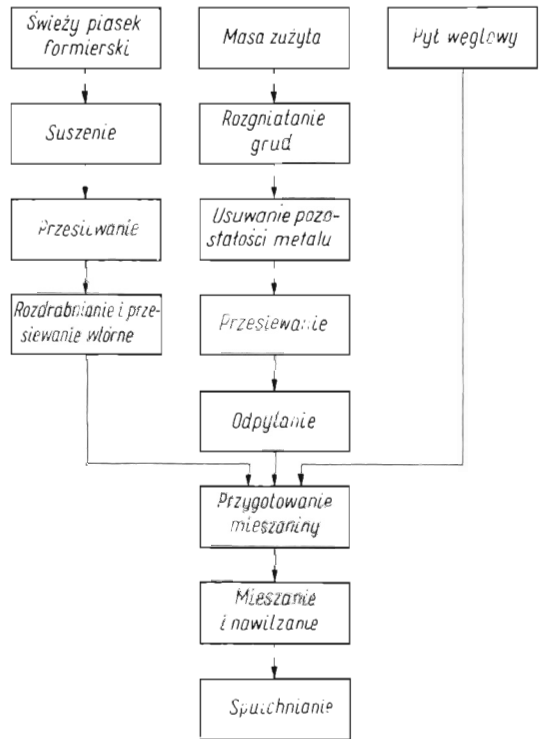
- przeróbkę świeżych materiałów formierskich,
- przeróbkę masy używanej (wybitej ze skrzynek formierskich),
- wymieszanie i spulchnienie masy.

Na **rys. 21-4** podano schemat przygotowania mas formierskich. Suszenie materiałów formierskich odbywa się najczęściej w obrotowych bębnowych piecach poziomowych lub w piecach pionowych.

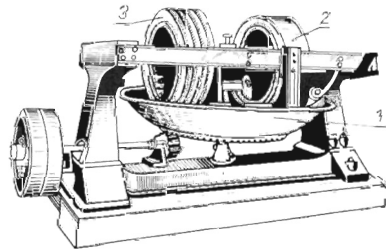
Materiały formierskie po wysuszeniu i przesianiu są rozdrabniane zwykle w **gniotniku** (rys. 21-5). Główną jego częścią jest misa 1, po której toczą się dwa ciężkie walce 2 i 3, rozgniatające swoim ciężarem umieszczony w misie materiał.

Niekiedy rozdrobnione składniki masy formierskiej przesiewa się jeszcze raz przez sita, w celu oddzielenia rozdrobnionych części od jeszcze nie rozdrobnionych. Do tego celu stosuje się **sita wstrząsowe** lub **bębnowe**, a w małych odlewniach **sita ręczne**.

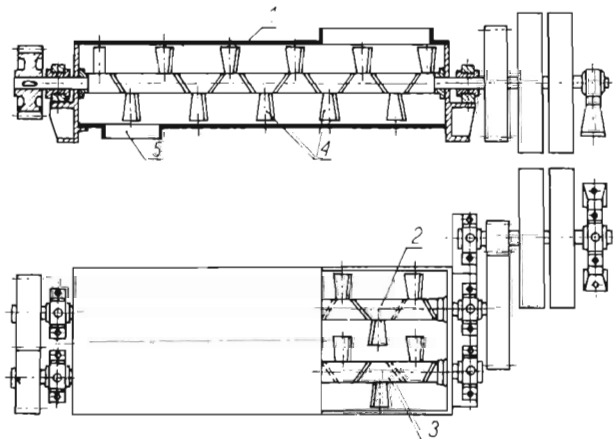
Do mieszania składników masy w odmierzonych ilościach służą **mieszarki**. **Mieszarka łopatkowa** (rys. 21-6) składa się z żeliwnego koryta 1, w którym obracają się w przeciwnych kierunkach dwa wały 2 i 3 z łopatkami 4 umieszczonymi pod pewnym kątem do osi wału. Dzięki takiej budowie składniki masy nie tylko mieszają się ze sobą, lecz również są przesuwane wzdłuż mieszarki do otworu zsypanego 5. Niekiedy do mieszania masy formierskiej stosuje się również **mieszarki krążnikowe**.



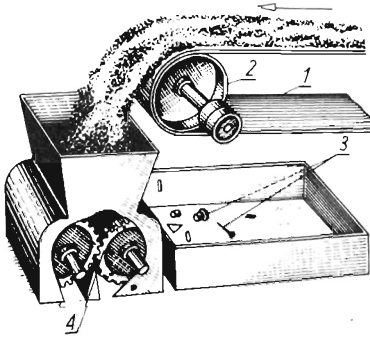
Rys. 21-4. Schemat przygotowania masy formierskiej



Rys. 21-5. Gniotownik



Rys. 21-6. Schemat mieszarki łopatkowej



Rys. 21-7. Oddzielacz magnetyczny i walce rozdrabniające
1 — taśma przenośnika, 2 — bęben magnetyczny, 3 — oddzielone kawałki metalu, 4 — walce rozgniatające grudy masy formierskiej

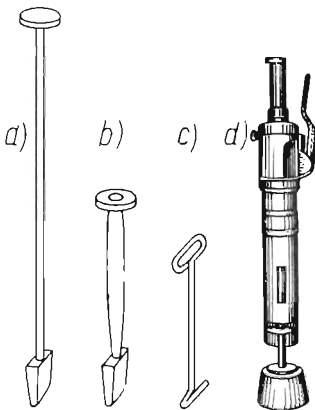
Zużytą masę formierską przed dalszym jej użyciem przepuszcza się przez **oddzielacz magnetyczny** (rys. 21-7) w celu wyeliminowania z niej części metalowych. Po wymieszaniu masę formierską spulchnia się za pomocą **spulchniarek**.

21.5. Formowanie

Proces mający na celu przygotowanie form odlewniczych nazywa się **formowaniem**. Rozróżnia się formowanie **ręczne** i **maszynowe**.

W czasie wykonywania formy używa się narzędzi do ubijania masy formierskiej i wykańczania formy. Na rys. 21-8 przedstawiono różne rodzaje ubijaków do ubijania form, a na rys. 21-9 komplet narzędzi stosowanych do wykańczania form.

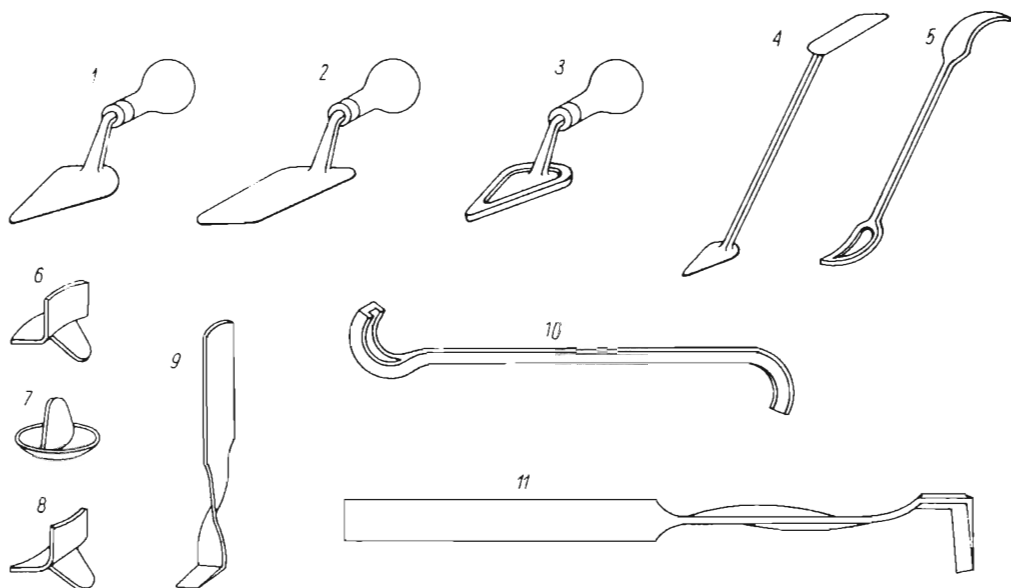
Najprostszą metodą formowania jest **formowanie ręczne** w gruncie. Dzieli się je na formowanie zakryte i odkryte. Na rys. 21-10 przedstawiono sposób formowania odkrytego w gruncie. Model 1 przedmiotu przewidzianego do odlania osadza się w masie formierskiej i za pomocą poziomnicy 4 sprawdza się położenie modelu. Po ustaleniu modelu za pomocą ubijaków zagęszcza się dookoła niego masę, a jej nadmiar zgarnia się do poziomu górnej powierzchni modelu. W celu odprowadzenia gazów nakłuwka się formę nakłuwakiem 3, potem wykonuje się wlew 5, zbiornik wlewowy 6 i przelew 7. Model wyjmuje się z formy za pomocą uchwytu 2.



Rys. 21-8. Ubijaki: a) długi, b) krótki, c) hakowy, d) pneumatyczny

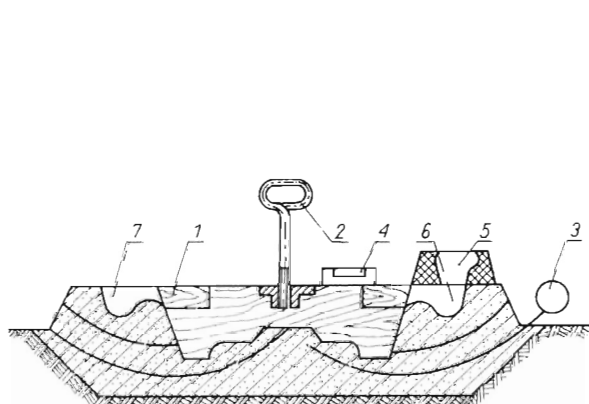
Formowanie odkryte stosuje się do przedmiotów, których strona wierzchnia stanowić będzie płaszczyznę. W formach odkrytych otrzymuje się odlewy o górnej powierzchni chropowatej, zanieczyszczonej żużlem.

Najczęściej stosowaną metodą formowania, zwłaszcza gdy model jest dzielony, jest **formowanie w dwóch skrzynkach** (rys. 2-11). Na płycie podmodelowej układa się płaszczyznę podziału część modelu i po ustawieniu skrzyni formierskiej ubija się masę (rys. 21-11b). Następnie odwraca się skrzynkę i na

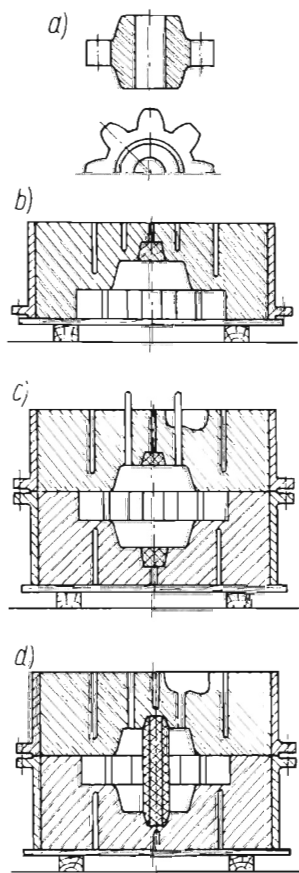


Rys. 21-9. Narzędzia do gładzenia form

1, 2 — gładziki płaskie, 3 — sercówka, 4 — jaszczurka, 5, 10 — esy, 6, 7, 8 — gładziki kształtowe, 9, 11 — lancety



Rys. 21-10. Formowanie odkryte w gruncie

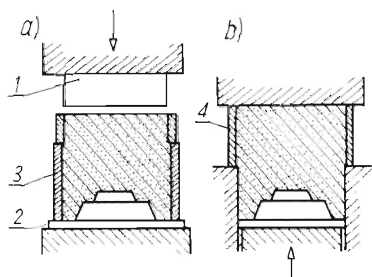


Rys. 21-11. Formowanie w dwóch skrzynkach z modelu dzielonego: a) odlew, b) wykonanie dolnej formy, c) wykonanie górnej formy, d) forma złożona

zagłębioną w dolnej skrzynce część modelu nakłada się górną część modelu. Dokładne ustawienia drugiej części modelu uzyskuje się za pośrednictwem kołków ustalających i otworów w obu częściach modelu. Po nałożeniu górnej skrzynki formierskiej i ustawieniu modeli układu wlewowego ubija się masę w górnej skrzynce (rys. 21-11c). Z kolei zdejmuje się górną skrzynkę i wyjmuje się ze skrzynek obie części modelu. Po wykonaniu poprawek i włożeniu rdzenia następuje złożenie formy (rys. 21-11d), która po wysuszeniu będzie gotowa do zalania ciekłym metalem.

Formowanie maszynowe stosuje się przeważnie w wielkoseryjnej i masowej produkcji odlewów. Ułatwia ono i przyspiesza proces wykonywania form, a ponadto wpływa na poprawę dokładności wymiarów i jakości odlewów. Maszyny stosowane do produkcji form odlewniczych nazywa się **formierkami**. Rola formierek sprowadza się przeważnie do zagęszczania masy i wyjmowania modelu z formy.

Modele stosowane do formowania maszynowego są mocowane na stole do płyty podmodelowej i stanowią wraz z nią tzw. **plytę modelową**. Płyta modelowa jest wyposażona w sworznie, na których ustawia się podczas formowania skrzynki formierskie. Formierki różnią się między sobą sposobem zagęszczania masy i sposobem wyjmowania modelu. Najczęściej stosowanymi sposobami zagęszczenia masy formierskiej są: prasowanie, narzucanie i wstrząsanie. Na rys. 21-12 przedstawiono formowanie prasowaniem, które można dokonywać przez nacisk płyty od góry (rys. 21-12a) lub płytą modelową od dołu (rys. 21-12b).



Rys. 21-12. Formowanie prasowaniem
1 — płyta prasująca, 2 — płyta modelowa,
3 — skrzynka formierska, 4 — masa formierska

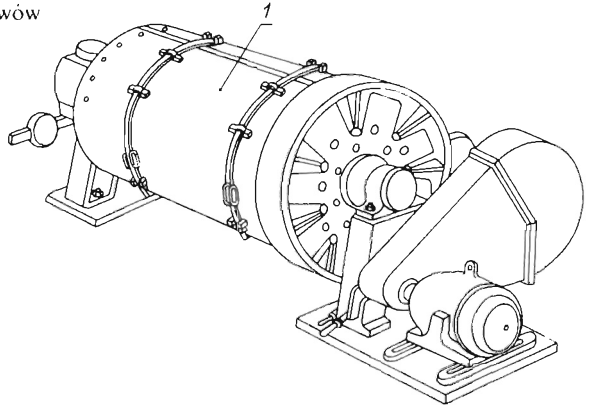
21.6. Oczyszczanie i wykańczanie odlewów

Oczyszczanie odlewów polega na usunięciu z ich powierzchni cząstek masy formierskiej lub zgorzeliiny powstałej podczas obróbki cieplnej. Oczyszczać można szczotkami stalowymi lub przez bębnowanie i piaskowanie, a także ręcznie przez młotkowanie za pomocą młotków pneumatycznych.

Bębnowanie odbywa się w specjalnych bębnach (rys. 21-13). Do wnętrza bębna 1 załadowuje się, oprócz odlewów, tzw. gwiazdki z białego żeliwa. W czasie obrótu bębna znajdujące się wewnątrz niego odlewy uderzają o siebie wzajemnie i o gwiazdki, i w ten sposób ulegają oczyszczeniu.

Piaskowanie polega na tym, że na oczyszczoną powierzchnię odlewu kieruje się pod ciśnieniem sprężonego powietrza strumień piasku lub śrutu żeliwnego. Podczas oczyszczania powstają ogromne ilości pyłu i dlatego przeważnie stosuje się oczyszczanie śrutem.

Rys. 21-13. Bęben do oczyszczania odlewów



Zalewki i nierówności usuwa się przecinakami pneumatycznymi lub za pomocą szlifierek. Do szlifowania odlewów często mają zastosowanie szlifiereki z giętym wałkiem. Niektóre odlewy wymagają specjalnych zabiegów wykańczających, jak malowanie, emaliowanie i trawienie.

Malowania dokonuje się zwykle przez natryskiwanie w specjalnych komorach lub przez zanurzanie w kadziach z farbą.

Emaliowanie może być wykonywane na mokro i sucho. W pierwszym przypadku odlewy po dokładnym opiaskowaniu pokrywa się masą emalierską rozmieszaną z wodą, po czym suszy się je, a następnie wypala w specjalnych piecach w temperaturze ok. 700°C. Emaliowanie suche (wanien, umywalek) wykonuje się w ten sposób, że nagrzewa się odlewy do temperatury ok. 700°C, a następnie gorące odlewy posypuje się sproszkowaną emalią i natychmiast wsuwa z powrotem do pieca.

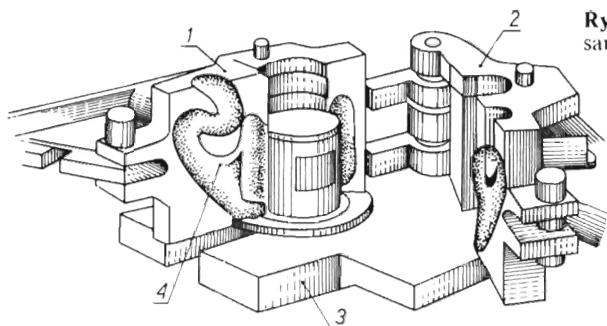
Trawieniu podlegają odlewy żelazne, a niekiedy stalowe. Odlewy trawi się w kwasie siarkowym lub solnym w celu dokładnego usunięcia śladów piasku. Odlewy ze stopów magnezu są trawione w kwasie azotowym (z dodatkiem soli chromowych), żeby nadać ich powierzchni większą odporność na korozję.

21.7. Odlewanie w kokilach

Odlewaniem w kokilach nazywa się zalanie ciekłego metalu do formy metalowej, zwanej **kokilą**. Odlewanie to jest najczęściej stosowane w odlewniach stopów aluminium i magnezu oraz stopów miedzi.

Zależnie od kształtu odlewu wykonuje się kokilę z dwóch lub więcej części. Na rys. 21-14 przedstawiono kokilę złożoną z trzech części 1, 2, 3 do odlewania tłoków samochodowych. Układ wlewowy 4 znajduje się na płaszczyźnie podziału, dzięki czemu po rozebraniu formy można z niej wyjąć odlew wraz z częściami układu wlewowego.

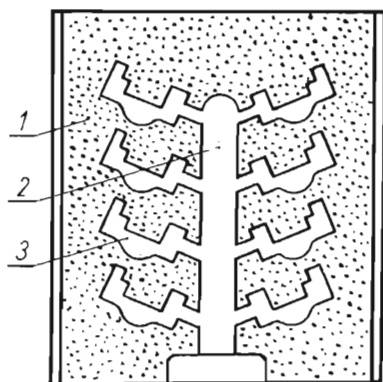
Wytrzymałość kokili mierzy się liczbą sztuk odlanych odlewów. Liczba ta wynosi kilkanaście tysięcy odlewów aluminiowych.



Rys. 21-14. Forma do odlewania tłoków samochodowych

21.8. Specjalne metody odlewania

Do specjalnych sposobów odlewania, poza odlewaniem w kokilach, należy **odlewanie pod ciśnieniem**, odlewanie **odśrodkowe**, odlewanie **do form skorupowych** oraz odlewanie **precyzyjne**, tzw. metodą wytapiania modeli (dawniej zwaną metodą traconego wosku). Ta ostatnia metoda zapewnia dokładność wymiarów i gładkość powierzchni, a polega na wykonaniu pod ciśnieniem w stalowej matrycy modelu z wosku ziemnego, parafiny i żywicy syntetycznych. Otrzymany w ten sposób model pokrywa się cienką warstwą zawiesiny mielonego piasku kwarcowego, zmieszanego z grafitem w szkle wodnym. Po wyschnięciu formuje się go w skrzynce formierskiej, a następnie umieszcza w piecu i w temperaturze $100 \div 120^{\circ}\text{C}$ wytapia się model woskowy (rys. 21-15).



Rys. 21-15. Schemat formy do odlewania metodą wytapiania modeli
1 — masa formierska, 2 — woskowy model układu wlewowego, 3 — modele woskowe

21.9. Zasady bezpiecznej pracy w odlewniach

Ze względu na charakter procesu technologicznego i warunki eksploatacji urządzeń odlewniczych praca w odlewniach musi być podporządkowana w sposób szczególnie przepisom bhp. Najczęstszymi chorobami zawodowymi występującymi wśród robotników pracujących w odlewniach są: schorzenia dróg oddechowych (m.in. krzemica), schorzenia układu krążenia (choroby serca), schorzenia układu ruchu (reumatyzm) oraz schorzenia skóry.

W odlewniach najwięcej wypadków zdarza się podczas przenoszenia i przewożenia ciężarów, następną grupę stanowią oparzenia (przeważnie ciekłym metalem lub żużlem).

Do czynników szkodliwych występujących w odlewniach zalicza się: pył krzemowy powstały podczas przerobu masy formierskiej, gazy i pary wydzielane

podczas topienia metalu, zalewanie form i suszenie rdzeni oraz hałas spowodowany pracą maszyn. W związku z powyższym w każdej odlewni musi być dobrze zorganizowany transport, powinna być dobra wentylacja i klimatyzacja oraz prawidłowe oświetlenie.

Ważną rolę odgrywają również środki ochrony osobistej. Formierze wykonujący formy w gruncie powinni być wyposażeni w skórzane nakolanniki chroniące przed działaniem wilgoci. Pracujący przy transporcie powinni być wyposażeni w rękawice oraz w specjalne obuwie chroniące stopy przed zmiążdżeniem w razie przewrócenia się ciężkiego odlewu. Pracujący przy zalewaniu form lub przy piecach do topienia metalu powinni być wyposażeni w specjalną odzież trudno palną lub ogniotrwałą. Bluza pod szyją i na przegubach rąk musi być dobrze zapięta; bluza powinna wychodzić na spodnie, a spodnie na buty.

Na stanowiskach pracy, na których występują odpryski metali, duży blask lub odpryski śrutu i piasku (przy oczyszczaniu odlewów) jest konieczne stosowanie okularów zabezpieczających oczy.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Rdzenie wykonuje się z: **a)** drewna? **b)** masy? **c)** metalu? **d)** tworzywa sztucznego?
2. Skurcz odlewu ze stopów aluminium wynosi: **a)** ok. 3%? **b)** ok. 1%? **c)** ok. 1,5%? **d)** ok. 2%?
3. Pionowe płaszczyzny modeli drewnianych mają pochylenie: **a)** $1 \div 3^{\circ}$? **b)** $1,5 \div 2^{\circ}$? **c)** $0,5 \div 1^{\circ}$? **d)** $2 \div 3,5^{\circ}$?
4. Ostatnią operacją podczas przygotowania masy formierskiej jest: **a)** przesiewanie? **b)** suszenie? **c)** nawilżanie? **d)** spulchnianie?
5. W kokilach odlewa się przede wszystkim: **a)** staliwo? **b)** żeliwo szare? **c)** stopy aluminium? **d)** żeliwo ciągliwe?

22 Obróbka plastyczna

22.1. Wiadomości ogólne

Obróbka plastyczna jest to rodzaj obróbki, podczas której — w wyniku działania sił zewnętrznych — następuje zmiana kształtu i własności materiału. Rozróżnia się obróbkę plastyczną **na zimno** i **na gorąco**. Gdy odkształcenie plastyczne następuje w temperaturze niższej od temperatury rekrytalizacji, to mamy do czynienia z obróbką plastyczną na zimno, gdy zaś powyżej tej temperatury — z obróbką plastyczną na gorąco.

Temperatury rekrytalizacji różnych metali i stopów zależą głównie od ich temperatury topnienia i wynoszą:

- dla stali ok. 550°C,
- dla aluminium ok. 200°C,
- dla miedzi ok. 250°C,
- dla mosiądzu ok. 300 ÷ 400°C,
- dla cyny i cynku ok. 20°C.

Wynika z tego, że np. obróbka plastyczna stali w temperaturze ok. 500°C jest obróbką plastyczną na zimno, natomiast obróbka plastyczna cynku w temperaturze ok. 30°C jest obróbką plastyczną na gorąco. Nie znaczy to jednak, że obróbki plastycznej na gorąco dokonuje się w temperaturze niewiele przekraczającej temperaturę rekrytalizacji, gdyż w miarę jej wzrostu zwiększa się plastyczność materiału i do kształtowania są potrzebne mniejsze naciski. Temperatura obróbki plastycznej na gorąco dla różnych metali i stopów wynosi:

- dla stali 800 ÷ 1200°C,
- dla aluminium 350 ÷ 450°C,
- dla miedzi 900 ÷ 1050°C,
- dla mosiądzu 700 ÷ 800°C,
- dla cyny i cynku ok. 150 ÷ 170°C.

Podczas **obróbki plastycznej na zimno** nieodwracalne odkształcenia plastyczne zachodzą przy obciążeniach przekraczających granicę sprężystości materiału. Materiałowi odkształconemu na zimno towarzyszy zjawisko **umocnienia**, które powoduje wzrost wytrzymałości i twardości oraz zmniejszenie plastyczności odkształcanego materiału. Ulega również zmianie struktura zgniecionego materiału. Następuje deformacja ziarn, które ulegają wydłużeniu, co powoduje otrzymanie struktury o charakterze włóknistym. W celu przywrócenia materiałowi odkształconemu na zimno pierwotnych własności należy dokonać wyżarzania rekrytalizującego, które usunie skutki umocnienia. Wyżarzania rekrytalizującego dokonuje się w temperaturze przekraczającej temperaturę rekrytalizacji. Zjawisko umocnienia uniemożliwia niekiedy dokonywanie dalszej obróbki plastycznej na zimno. Jeżeli np. wytłacza się element z blachy w paru operacjach, to na skutek umocnienia i związanego z tym zmniejszenia plastyczności materiału trzeba po każdej lub po co drugiej operacji stosować wyżarzanie rekrytalizujące, aby w następnej operacji uniknąć pęknięcia blachy.

Podczas obróbki **plastycznej na gorąco** nie zachodzi zjawisko **umocnienia**. Powstaje jednak struktura włóknista materiału zwiększająca jego wytrzymałość wzdłuż włókien.

Rozróżnia się podstawowe sposoby obróbki plastycznej:

- kucie,
- tłoczenie,
- walcowanie,
- ciągnięcie.

22.2. Kucie

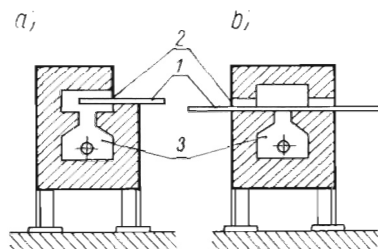
Kucie dzieli się na **ręczne** i **maszynowe**. Proces technologiczny kucia obejmuje następujące czynności:

- przygotowanie materiału do kucia, tj. cięcie, czyszczenie, nagrzewanie,
- kucie,
- wykańczanie odkuwek, tj. okrawanie, oczyszczanie, wyżarzanie i ewentualne dogniatanie.

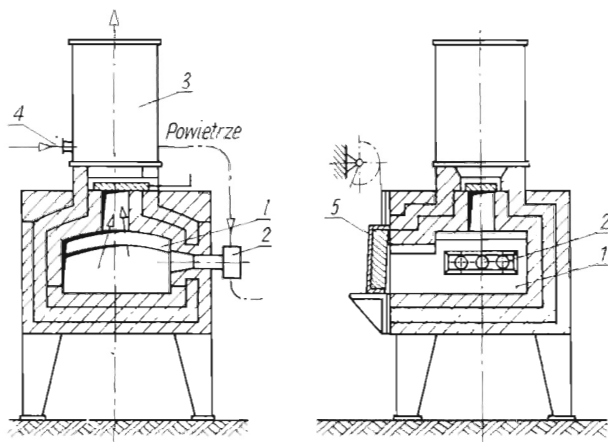
Nagrzewanie materiału do kucia

Do kucia ręcznego materiał nagrzewa się przeważnie w **ogniskach kowalskich** lub małych **piecach komorowych**. Do miejscowego nagrzewania materiału stosuje się **piece oczkowe** lub **szczelinowe** opalane gazem lub mazutem. Piece te są piecami komorowymi, które zamiast drzwiczek wsadowych mają w ścianie przedniej otwory lub szczelinę do wkładania prętów w celu nagrzania ich odcinków.

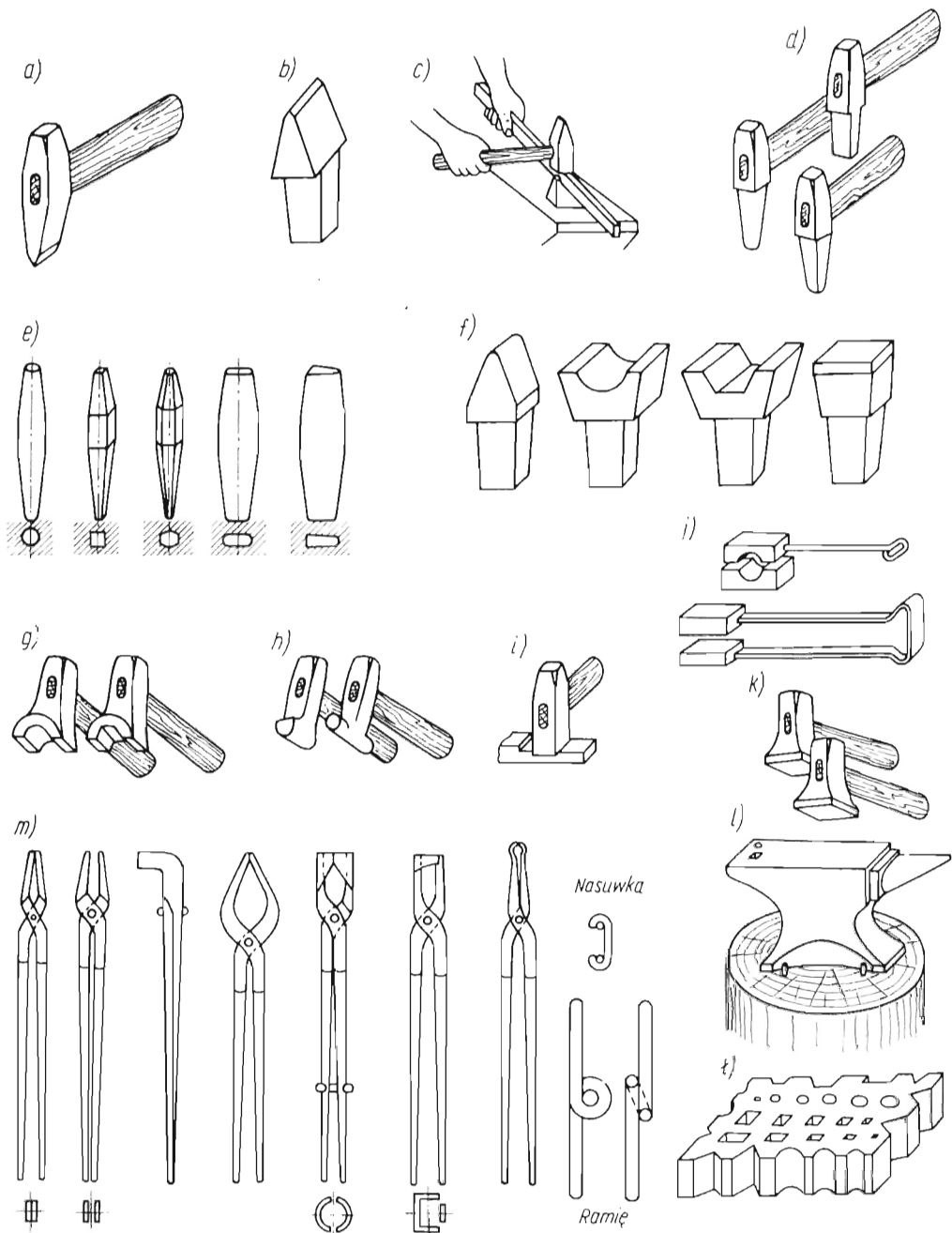
Piec szczelinowy dostosowany do nagrzewania końców pręta przedstawiono na **rys. 22-1a**, a do nagrzewania prętów w dowolnym miejscu na **rys. 22-1b**. Komora spalania 3 znajduje się pod komorą grzejną, do której przez szczelinę 2 wkłada się pręty 1 przeznaczone do ogrzania. Do nagrzewania całkowitego materiałów są stosowane piece komorowe gazowe lub na paliwo ciekłe (**rys. 22-2**). W ścianie komory 1 znajdują się palniki 2. Uchodzące spaliny przechodzą przez rekuperator 3, który nagrzewa powietrze 4 doprowadzane do palników. W ścianie przedniej znajdują się drzwiczki 5 do załadunku wsadu. Piece te mają bardzo prostą konstrukcję i są wykonywane w różnych wielkościach. Piece małe wykonuje się jako przenośne, a większe (o



Rys. 22-1. Piec szczelinowy



Rys. 22-2. Piec gazowy komorowy



Rys. 22-3. Narzędzia kowalskie robocze: *a)* przecinak, *b)* podcinka, *c)* zastosowanie podcinki, *d)* przebijaki, *e)* trzpienie, *f)* podsadzki, *g)* nadstawki, *h)* żłobniki, *i)* obsadzak, *j)* foremniki, *k)* gładziki, *l)* kowadło na pieńku, *ł)* dziurownica (płyta kowalska), *m)* kleszcze

powierzchni trzonu powyżej 4 m²) jako stałe. Piece na paliwa ciekłe różnią się od gazowych tylko konstrukcją palników oraz brakiem rekuperatorów, gdyż przy opalaniu paliwem ciekłym podgrzewanie powietrza nie ma większego znaczenia. Są stosowane również piece elektryczne oraz urządzenia do grzania oporowego prądem elektrycznym, ale są bardzo drogie w eksploatacji z uwagi na bardzo duże zużycie prądu.

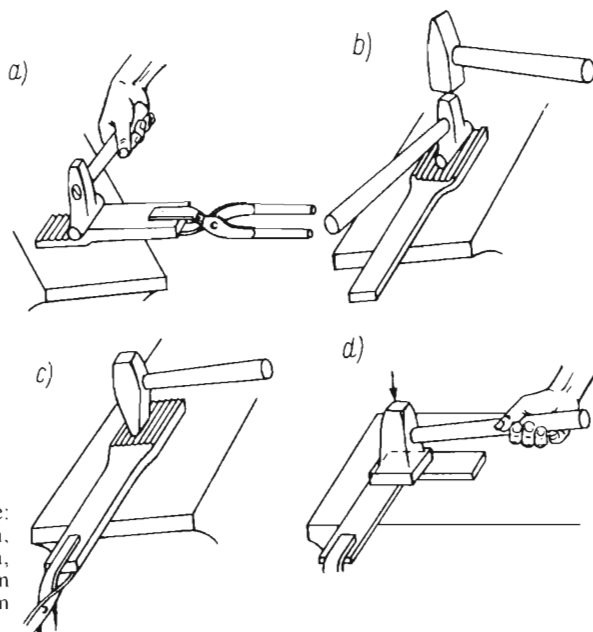
Kucie ręczne

Narzędzia do kucia ręcznego przedstawiono na **rys. 22-3**. Podstawowymi operacjami kucia ręcznego są: przecinanie, przebijanie, wydłużanie, spęcznie, wyginanie, odsadzanie i zgrzewanie.

Przecinanie odbywa się na kowadle za pomocą przecinaków i podcinek.

Przebijanie otworów może się odbywać na kowadle lub dziurownicy.

Wydłużanie materiału wykonuje się młotkiem lub żłobnikiem na kowadle (**rys. 22-4**). Falistą powierzchnię materiału, powstałą po przejściu żłobnika, wygładza się gładzikiem.



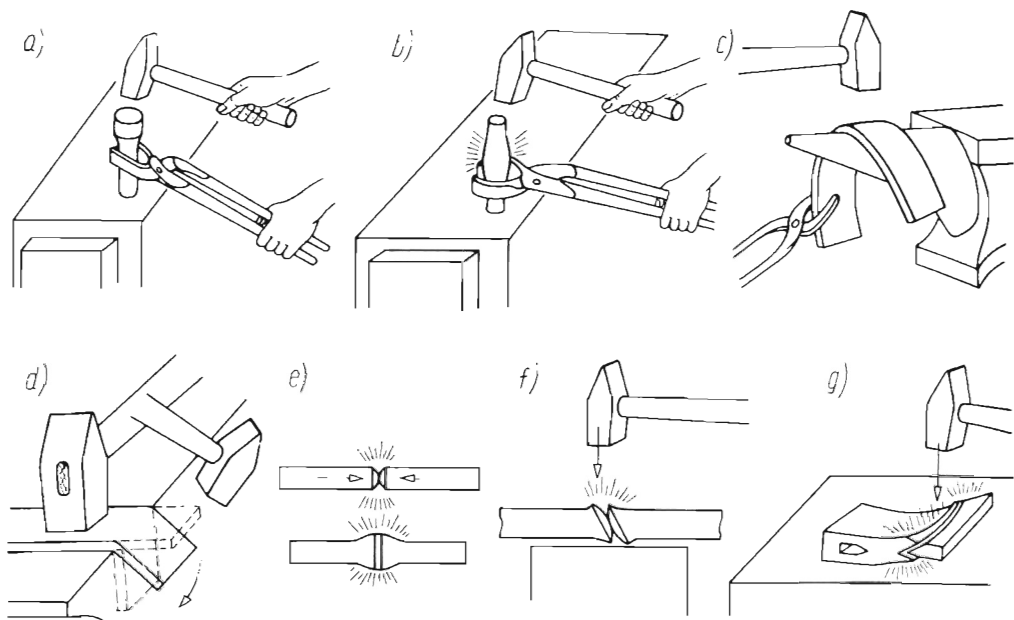
Rys. 22-4. Wydłużanie na kowadle: *a)* wydłużanie za pomocą żłobnika, *b)* rozszerzanie za pomocą żłobnika, *c)* rozszerzanie płaskowniką rąbem młotka, *d)* wygładzanie gładzikiem kowalskim

Spęcznie polega na uderzaniu młotkiem w materiał ustawiony pionowo na kowadle (**rys. 22-5a, b**), wskutek czego pręt staje się krótszy i grubszy. Chcąc spęczyć pręt w określonym miejscu, np. w środku lub na końcu, należy go nagrzać w tym miejscu.

Wyginanie materiału przedstawiono na **rys. 22-5c, d**.

Odsadzaniem nazywa się zmniejszenie grubości materiału na jego końcu; jest ono wykonywane na kowadle za pomocą odsadzki.

Zgrzewanie polega na łączeniu stali przez nagrzanie jej do wysokiej temperatury (ok. 1200°C) i złączenie pod uderzeniami młota (**rys. 22-5e, f, g**). Końce



Rys. 22-5. Niektóre operacje kowalskie: *a)* spęcanie sworznia na końcu, *b)* spęcanie sworznia w środku, *c)* wyginanie na rogu kowadła, *d)* wyginanie na krawędzi kowadła, *e)* zgrzewanie stykowe (doczołowe), *f)* zgrzewanie na zakładkę, *g)* zgrzewanie w klin

materiału ścina się ukośnie, nagrzewa, starannie oczyszcza ze zgorzeliny i łączy pod odpowiednim naciskiem.

Kucie ręczne, zwłaszcza odkuwek o skomplikowanych kształtach, wymaga wysokich kwalifikacji kowala. Jest stosowane obecnie tylko w nielicznych małych warsztatach oraz do wykonywania wyrobów artystycznych, jak np. ozdobne kraty, lichtarze, ozdobne okucia.

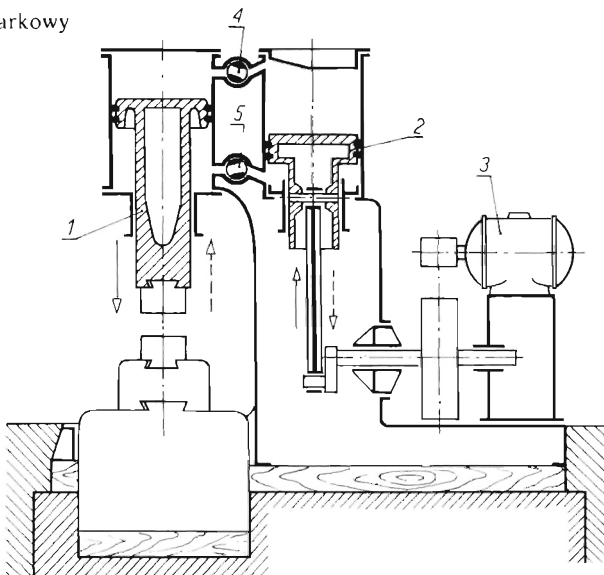
Kucie maszynowe

Kucie maszynowe jest to sposób kucia, w którym nacisk na materiał wywiera maszyna, działająca naciskiem lub uderzeniem (prasa, kuźniarka, młot mechaniczny itp.). Kucie na prasach nazywa się **prasowaniem**.

Kucie maszynowe dzieli się na **swobodne** i **matrycowe**. Najczęściej kucie maszynowe jest wykonywane **na młotach**. Młoty ze względu na zastosowanie dzieli się na: do kucia swobodnego i do kucia matrycowego. Ze względu na rodzaj napędu rozróżnia się młoty o napędzie mechanicznym oraz młoty parowo-powietrzne.

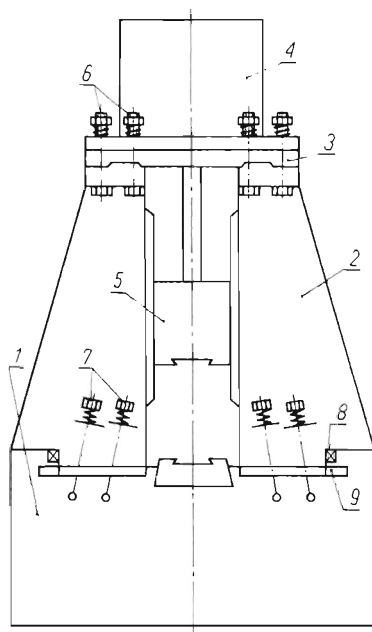
Najczęściej stosowanym młotem do kucia swobodnego o napędzie mechanicznym jest młot sprężarkowy (**rys. 22-6**). Młot ten jest używany w małych kuźniach. Bijak 1 jest napędzany za pomocą sprężonego powietrza, które dostarcza sprężona z młotem sprężarka. Tłok sprężarki 2, napędzany mechanizmem korbowym poprzez przekładnię pasową z silnika elektrycznego 3.

Rys. 22-6. Młot sprężarkowy



spręża w cylindrze sprężarki powietrze i przetłacza je do cylindra bijaka, powodując jego ruch w dół. Jednocześnie powietrze znajdujące się pod tłokiem bijaka przepływa pod tłok sprężarki. Zmiana kierunku ruchu tłoka sprężarki powoduje przetłoczenie sprężonego powietrza pod tłok bijaka i podniesienie go. Siłę uderzenia bijaka można regulować za pomocą zaworów 4 i 5. Młoty te buduje się w różnych wielkościach o ciężarze bijaka $0,5 \div 5$ kN. W dużych kuźniach do kucia swobodnego są stosowane młoty parowo-powietrzne o ciężarze bijaka do 60 kN.

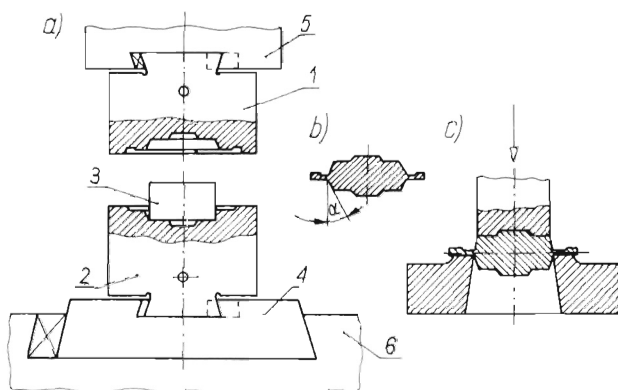
Kucie matrycowe jest wykonywane przede wszystkim na **młotach matrycowych** (rys. 22-7). Dolną część młota stanowi szabota 1 spoczywająca na fundamencie. Do szaboty są zamocowane dwa stojaki 2, na których spoczywa płyta 3 utrzymująca stojaki w stałej odległości. Na płycie jest zamocowany mechanizm napędowy 4. Może to być najczęściej spotykany mechanizm parowo-powietrzny lub mechaniczny, w którym bijak 5 jest podnoszony za pośrednictwem pasów, lin, desek lub łańcucha. W zależności od rodzaju napędu rozróżnia się młoty parowo-powietrzne, linowe, deskowe i łańcuchowe. Stojaki 2 są połączone elastycznie z szabotą i mechanizmem napędowym za pośrednictwem śrub i sprężyn 6 i 7. Elastyczne połączenie jest konieczne, ażeby nie wywołać naprężeń i uszkodzeń w stojakach przy wstrząsach podczas kucia. W płaszczyźnie poziomej stojaki są sztyw-



Rys. 22-7. Młot matrycowy

no połączone z szabotą za pomocą klinów podłużnych 9 i poprzecznych 8, co uniemożliwia poziome przesuwanie się stojaków względem szaboty. Zapewnia to dobre prowadzenie bijaka w prowadnicach stojaków, co podczas kucia matrycowego jest bardzo ważne, gdyż musi być zapewniona współosiowość dolnej i górnej części matrycy, a tym samym dokładność wykonania odkuwki.

W czasie kucia matrycowego rozgrzany materiał umieszcza się w dolnej części matrycy i uderza górną częścią matrycy zamocowaną do bijaka młota (rys. 22-8). Rozgrzany materiał wypełni wtedy wykrój matrycy, dając odkuwkę o kształcie odtworzonym w matrycy. Dla zapewnienia dokładnego wypełnienia wykroju matrycy nadmiar materiału wypływa, tworząc dookoła odkuwki tzw. **wypływkę**, którą następnie obcina się w specjalnym okrojniku (rys. 22-8c) zamocowanym na prasie.



Rys. 22-8. Kucie matrycowe: a) mocowanie matryc, b) odkuwka, c) okrojnik

Kucie matrycowe ma duże zastosowanie w produkcji seryjnej odkuwek, przede wszystkim w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym. Umożliwia ono wykonywanie odkuwek o skomplikowanych kształtach w bardzo krótkim czasie. Ostatnio coraz częściej do dokładnego kucia (prasowania) matrycowego stosuje się prasy korbowe, przeważnie typu Maxi.

Kuźniarki są to prasy poziome służące do spęczania końców prętów lub rur w matrycach. Na kuźniarkach produkuje się między innymi odkuwki pierścieni łożysk tocznych i zaworów silników spalinowych.

22.3. Tłoczenie

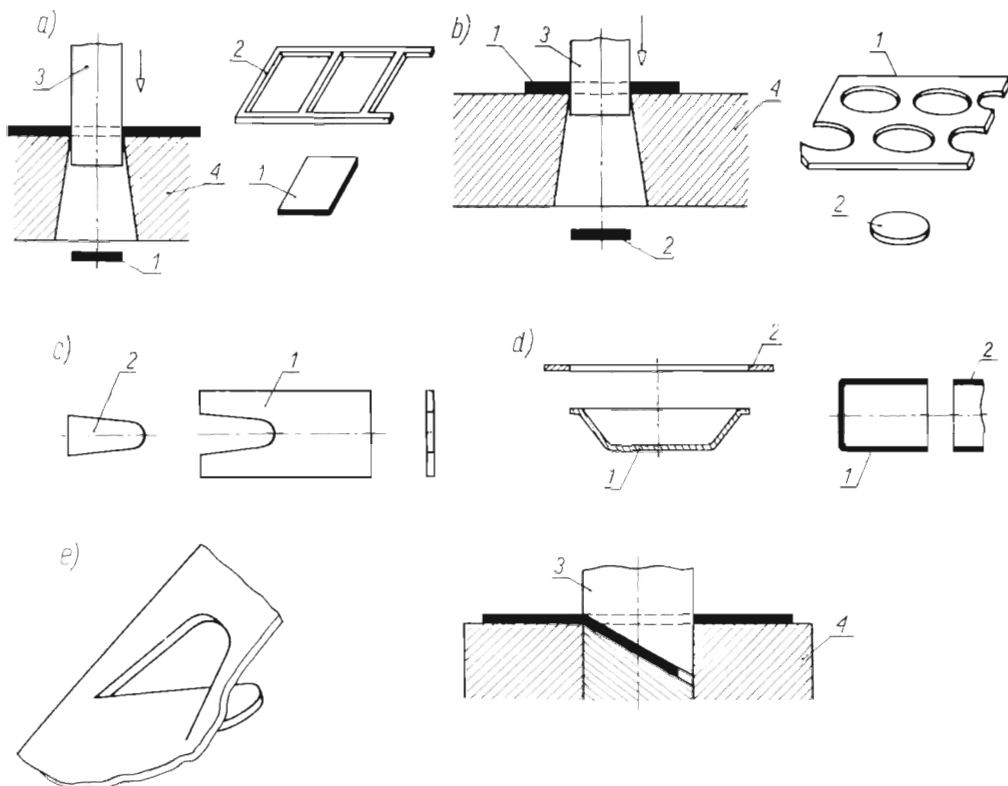
Tłoczenie jest to obróbka plastyczna **na zimno** lub **na gorąco**, obejmująca operacje cięcia i kształtowania blach, a także folii i płyt niemetalowych.

Cięciem nazywa się proces tłoczenia, podczas którego następuje całkowite lub częściowe oddzielenie jednej części materiału od drugiej.

Kształtowanie polega na nadawaniu blachom założonego z góry kształtu i wymiarów.

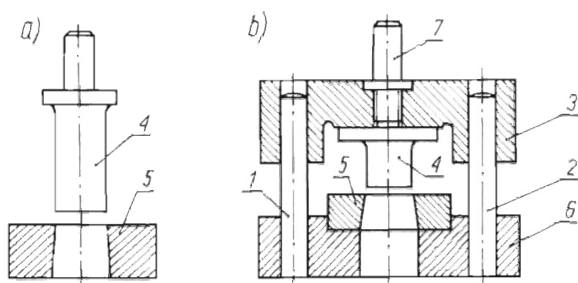
Cięcie

Operacje cięcia można podzielić na: **odcinanie, wycinanie, dziurkowanie, przycinanie, okrawanie, nacinanie, rozcinięcie i wygładzanie** (rys. 22-9).



Rys. 22-9. Operacje cięcia: *a)* wycinanie, *b)* dziurkowanie, *c)* przycinanie, *d)* okrawanie, *e)* nacinanie
1 — wyrób, 2 — odpad, 3 — stempel, 4 — matryca

Najczęściej stosowanymi operacjami cięcia są wycinanie, zwane również wykrawaniem, i dziurkowanie. Operacje te wykonuje się na prasie za pomocą przyrządu zwanego **wykrojnikiem** (rys. 22-10). Rozróżnia się wykrojniki bez prowadzenia (rys. 22-10*a*) i z prowadzeniem płytowym lub słupowym (rys. 22-10*b*).



Rys. 22-10. Wykrojniki: *a)* bez prowadzenia, *b)* z prowadzeniem słupowym

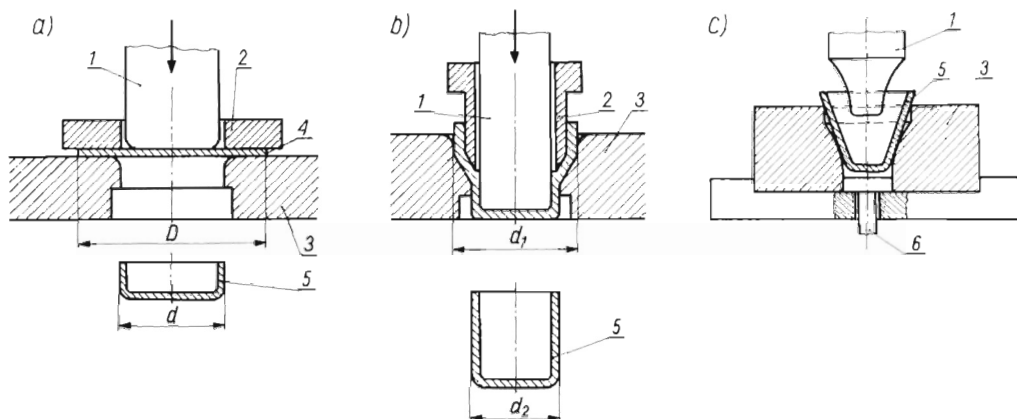
1, 2 — słupy, 3 — głowica, 4 — stempel, 5 — płyta tnąca, 6 — płyta podstawowa, 7 — czop

Wykrojnik bez prowadzenia jest przeznaczony do mniej dokładnego wykrawania. Stempel jest zamocowany w suwaku prasy, a płyta tnąca — na stole prasy dokładnie w osi stempla. W wykrojniku z prowadzeniem stempel 4 jest zamocowany w głowicy 3 prowadzonej w dwóch słupach 1 i 2. Płyta tnąca jest zamocowana na płycie podstawowej 6 mocowanej do stołu prasy. Czop 7 jest zamocowany w suwaku prasy. Wykrojniki z prowadzeniem zapewniają większą dokładność wycinania lub dziurkowania. Należy zaznaczyć, że między wycinaniem a dziurkowaniem jest tylko różnica w określeniu, która część ciętej blachy jest wyrobem, a która odpadem. Przy dziurkowaniu blacha z otworami jest wyrobem, a przy wycinaniu odwrotnie. Wszystkie operacje cięcia są wykonywane przeważnie za pomocą wykrojników na prasach mimośrodowych.

Kształtowanie

Operacje kształtowania dzieli się na: **gięcie, ciągnięcie, obciąganie, wywijanie, wygniatanie, rozpęczanie, obciskanie, wyoblanie, wyciskanie** itp.

Ciągnięcie składa się z następujących operacji: wytłaczanie, przetłaczanie i dotłaczanie. Pierwszą operacją ciągnięcia jest wytłaczanie, czyli wykonanie np. z krążka blachy o średnicy D naczynia w kształcie miseczki za pomocą stempla o średnicy d (rys. 22-11a). Następną operacją ciągnięcia jest przetłaczanie, w czasie którego następuje zmniejszenie wymiarów miseczki uprzednio wytłoczonej, np. ze średnicy d_1 na średnicę d_2 (rys. 22-11b). Jeżeli chcemy uzyskać miseczkę o małej



Rys. 22-11. Operacje ciągnięcia: a) wytłaczanie, b) przetłaczanie, c) dotłaczanie
1 — stempel, 2 — dociskacz, 3 — matryca, 4 — krążek blachy, 5 — miseczka, 6 — wyrzutnik

średnicy i dużej wysokości, to należy powtórzyć operację przetłaczania nawet kilkakrotnie, stosując międzyoperacyjne wyżarzanie rekrytalizujące w celu usunięcia skutków umocnienia. Dotłaczanie stosuje się po wytłoczeniu, jeżeli przedmiotowi należy nadać ostateczny kształt (rys. 22-11c).

Wytłaczania dokonuje się za pomocą wytłaczaka (rys. 22-12a). Oba przyrządy ogólnie określamy jako **ciągowniki**. Konstrukcja ich jest podobna. Podstawa 5 jest

mocowana do stołu prasy, a czop 6 zamocowany w suwaku prasy. Ciągowniki różnią się konstrukcją dociskacza 1. Wytlaczak ma dociskacz sprężynowy, a przetłaczak dociskacz przystosowany do prasy podwójnego działania, tzn. że nacisk na niego wywiera prasa. Kształt tego dociskacza musi odpowiadać średnicy wewnętrznej przetłaczanej miseczki. Pierścienie ciągowe 3 różnią się promieniem zaokrąglenia krawędzi. Wytlaczak ma pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego 4. Wytlaczak ma pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego 4.

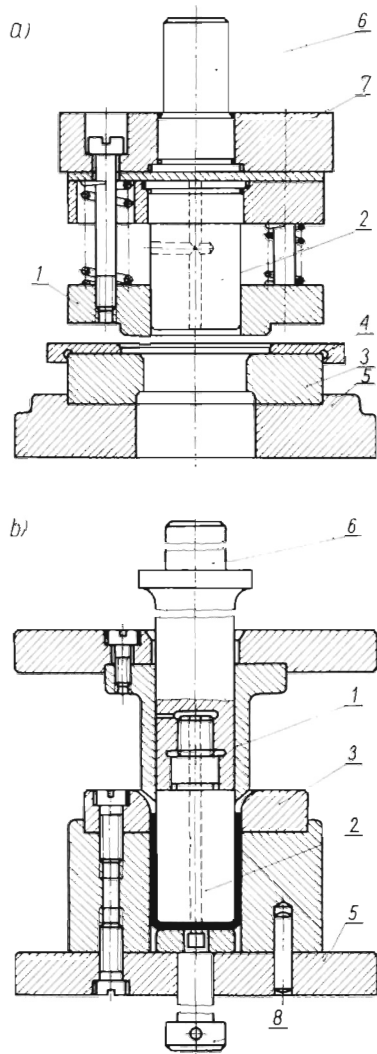
Poza omówionymi metodami kształtowania stosuje się tłoczenie gumą, w którym zadanie stempla lub matrycy spełnia guma, albo ciecz w worku gumowym w przypadku tłoczenia hydraulicznego. Zaletą tłoczenia gumą i tłoczenia hydraulicznego jest zmniejszenie kosztu wykonania tłoczniaka, wadą - - mniejsza wydajność tłoczenia i mniejsza trwałość tłoczniaka.

Do nowoczesnych metod tłoczenia zalicza się:

- tłoczenie wybuchowe, przy którym wykorzystuje się energię detonacji materiałów wybuchowych.
- tłoczenie pneumatyczne, które polega na wykorzystaniu energii wysokoprężnych gazów,
- tłoczenie elektrohydrauliczne, polegające na wykorzystaniu energii wyładowań elektrycznych w cieczy,
- tłoczenie elektromagnetyczne, w którym jest wykorzystane działanie na blachę impulsu pola magnetycznego.

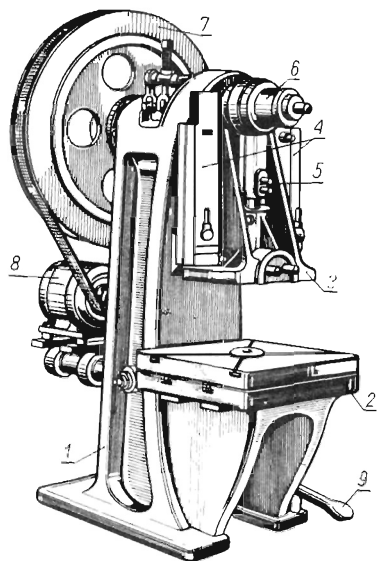
Prasy do tłoczenia

Do tłoczenia używa się najczęściej **pras mimosrodowych, korbowych i hydraulicznych**. Do ciągnięcia używa się bardzo często pras podwójnego działania, aby zapewnić zróżnicowany nacisk na stempel i na dociskacz. Do cięcia, a najczęściej wycinania i dziurkowania używa się pras mimosrodowych. Na rys. 22-13 przedstawiono prasę mimosrodową jednostronnie ułożyskowaną. Tego typu prasy buduje się o nacisku $5 \div 2000$ kN. Korpus prasy 1 jest wykonany jako odlew żeliwny lub stalowy. Z korpusem jest połączony stół 2, do którego mocuje się dolne części tłoczniaków. W górnej części korpusu jest umieszczony wał korbowy połączony z kołem



Rys. 22-12. Ciągowniki: a) wytlaczak, b) przetłaczak

1 — dociskacz, 2 — stempel, 3 — pierścień ciągowy, 4 — pierścień ustalający położenie krążka wyjściowego, 5 — podstawa, 6 — czop, 7 — płyta głowicowa, 8 — wyrzutnik



Rys. 22-13. Prasa mimośrodowa jednostronnie ułożyskowana ze stałym stołem

1 — korpus, 2 — stół, 3 — suwak, 4 — prowadnica suwaka, 5 — korbowód, 6 — czop korby z tuleją mimośrodową, 7 — koło zamachowe, 8 — silnik, 9 — pedał uruchamiający

zamachowym 7 za pośrednictwem sprzęgła włączanego dźwignią 9. Prasa jest wyposażona w urządzenie, które zatrzymuje suwak po każdym ruchu roboczym i powrotnym. Wielkość skrajnych położenia suwaka reguluje się przez skracanie lub wydłużanie korbowodu 5. Długość skoku reguluje się za pomocą tulei mimośrodowej 6 osadzonej na czopie korby.

Do ciągnięcia mają zastosowanie prasy korbowe, kołanowe, a również hydrauliczne (przeważnie podwójnego działania).

Wszystkie prasy są uruchamiane dźwignią ręczną lub nożną i powinny być zabezpieczone przed możliwością włożenia ręki w obszar pracy suwaków. Ostatnio stosuje się zabezpieczenia za pomocą fotokomórki, która powoduje natychmiastowe zatrzymanie prasy w przypadku, gdy zbliży się rękę do obszaru pracy suwaków. Nowoczesne prasy są sterowane wyłącznie elektrycznie i zamiast dźwigni są wyposażone w pulpity sterownicze z przyciskami do uruchamiania i sterowania mechanizmami prasy.

22.4. Walcowanie

Walcowanie obejmuje m.in. technologię wytwarzania półwyrobów i wyrobów walcowanych ze stali, metali nieżelaznych i ich stopów. Walcowanie metali może się odbywać **na gorąco** i **na zimno** za pomocą nacisków wywieranych na materiał przez obracające się walce, które nadają mu wymagany kształt. Bardzo cienkie blachy, taśmy i folie walcuje się na walcarkach wielowalcowych na zimno. **Walcowanie kształtowników, prętów i walców** polega na stopniowym kształtowaniu profilu walcowanego materiału w kolejnych kalibrowanych wykrojach walców bruzdowych. Stosuje się również proces **walcowania** do produkcji **rur, obręczy kół, gwintów, kół zębatach** itp.

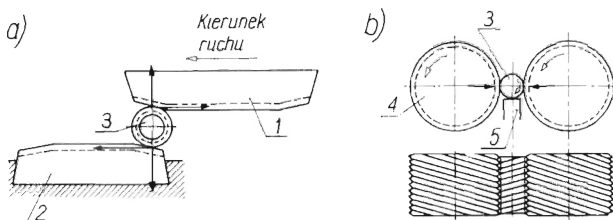
Walcowanie gwintów

Podczas walcowania zarys gwintu uzyskuje się wskutek plastycznego odkształcenia. Walcowania gwintu można dokonywać:

- szczękami,
- rolkami,

Walcowanie gwintu szczękami (rys. 22-14a) polega na tym, że jedna ze szczęk 2 jest umocowana nieruchomo na obrabiarce, a druga 1 w ruchomym jej suwaku.

W czasie pracy szczęki są przesunięte względem siebie o wartość połowy skoku gwintu, a na powierzchniach roboczych szczęk są nacięte rowki pochylone pod kątem, równym kątowi wzniosu gwintu.



Rys. 22-14. Walcowanie gwintu:
a) szczękami, b) rolkami

Walcowanie gwintu za pomocą rolek (rys. 22-14b) odbywa się na specjalnych obrabiarkach, wyposażonych w obracające się rolki 4 ustawione do siebie równolegle. Przy walcowaniu gwintu za pomocą rolek uzyskuje się większą dokładność, ponieważ oś przedmiotu 3 wspartego na prowadnicy 5 znajduje się na linii łączącej środek rolek.

Metodą walcowania wykonuje się również wiertła kręte, które odznaczają się dużą wytrzymałością i trwałością ze względu na korzystny układ włókien uzyskany podczas walcowania.

22.5. Zasady bezpiecznej pracy podczas obróbki plastycznej

W zakładach obróbki plastycznej istnieje szczególnie duże zagrożenie wypadkowe ze względu na operowanie gorącymi materiałami oraz pracę młotów, pras i innych urządzeń. Stałym zagrożeniem bezpiecznej i higienicznej pracy są hałas, zapylenie, dym i gazy oraz wysoka temperatura od pieców grzewczych. Podczas pracy przy takim zagrożeniu sprawą niezmiernie ważną jest zapoznanie się każdego pracownika ze stanowiskową instrukcją bhp oraz wyposażenie we właściwą dla danego stanowiska odzież ochronną i sprzęt ochrony osobistej.

W szczególności należy:

- zabezpieczyć wszystkie młoty mechaniczne w kuźniach od strony przejść ekranami, ażeby odpryskująca zgorzelina nie poparzyła przechodzących,
- zachować szczególną ostrożność podczas przenoszenia gorącego materiału wsadowego z pieca pod młot.
- przestrzegać zasady, że rozpalanie pieców grzewczych może być dokonywane tylko przez uprawnione osoby, z zachowaniem wszystkich wymogów bezpieczeństwa,
- przestrzegać, aby pedał uruchamiający młoty i pras był zabezpieczony przed możliwością przypadkowego włączenia,
- zwrócić uwagę, by wszystkie ruchome części młotów i pras były zabezpieczone osłonami,

- przestrzegać, by przy prasach do cięcia i tłoczenia były stosowane osłony lub inne zabezpieczenia obszaru pracy tłoczniaka uniemożliwiającego włożenie rąk do tej niebezpiecznej strefy,
- używać rękawic do przenoszenia wytłoczek z blach i odpadów, aby uniknąć skaleczeń o krawędzie blach.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Temperatura rekrytalizacji dla aluminium wynosi: **a)** ok. 350°C? **b)** ok. 200°C? **c)** ok. 450°C? **d)** ok. 520°C?
2. Temperatura obróbki plastycznej na gorąco dla cynku wynosi: **a)** 350 : 450°C? **b)** 500 ÷ 600°C? **c)** 230 ÷ 300°C? **d)** 150 ·· 170°C?
3. Zgrzewania stali podczas kucia dokonuje się w temperaturze: **a)** ok. 1200°C? **b)** ok. 950°C? **c)** ok. 850°C? **d)** ok. 1100°C?
4. Młoty sprężarkowe buduje się o ciężarze bijaka do: **a)** 2 kN? **b)** 1,5 kN? **c)** 5 kN? **d)** 10 kN?
5. Pierwszą operacją tłoczenia jest: **a)** przetłaczanie? **b)** wytłaczanie? **c)** dotłaczanie? **d)** wygniatanie?
6. Praszy mimośrodowe buduje się o nacisku do: **a)** 2000 kN? **b)** 400 kN? **c)** 1000 kN? **d)** 20 000 kN?
7. Do operacji wycinania lub dziurkowania stosuje się najczęściej praszy: **a)** korbowe? **b)** hydrauliczne? **c)** mimośrodowe? **d)** kolanowe?

23 Obróbka cieplna i ciepłno-chemiczna

23.1. Obróbka cieplna

Obróbką cieplną nazywa się zabiegi cieplne, w wyniku których zmienia się własności mechaniczne, fizyczne lub chemiczne metali i stopów w stanie stałym, przede wszystkim przez wywołanie zmian strukturalnych będących funkcją temperatury, czasu oraz działania środowiska.

Pojęcia podstawowe z zakresu obróbki cieplnej

Operacją nazywa się część procesu technologicznego, np. hartowanie, odpuszczanie, wyżarzanie (**rys. 23-1**).

Zabiegiem nazywa się część operacji, np. nagrzewanie, wygrzewanie, chłodzenie (**rys. 23-1**).

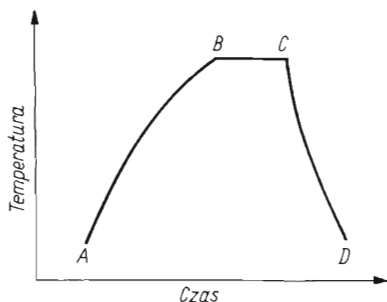
Do zabiegów w obróbce cieplnej zalicza się:

- grzanie — podwyższanie i następnie utrzymywanie temperatury przedmiotu,
- nagrzewanie — ciągle lub stopniowe podwyższanie temperatury przedmiotu,
- podgrzewanie — podwyższanie temperatury przedmiotu do wartości pośredniej,
- dogrzewanie — podwyższanie temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej,
- wygrzewanie — wytrzymywanie przedmiotu w temperaturze pośredniej lub docelowej,
- chłodzenie — obniżanie temperatury przedmiotu do temperatury otoczenia lub innej,
- podchładzanie — obniżanie temperatury przedmiotu do wartości wyższej niż zamierzona końcowa temperatura chłodzenia,
- dochładzanie — obniżanie temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej,
- wychładzanie — wytrzymywanie przedmiotu w temperaturze podchładzania lub w temperaturze końca chłodzenia ciągłego.

Zabiegi cieplne różnią się między sobą szybkością nagrzewania i chłodzenia oraz wysokością temperatury i czasem wygrzewania. Powoli przebiegający proces chłodzenia nazywa się **studzeniem**.

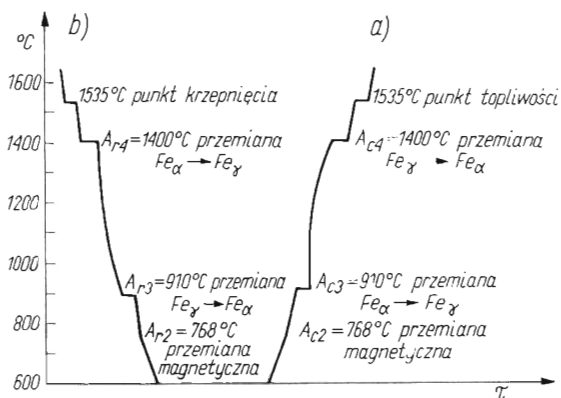
Jeżeli stal nagrzej się do pewnej określonej temperatury, a następnie nagle ją oziębi, to stanie się ona znacznie twardsza niż była poprzednio, mimo że skład chemiczny pozostanie ten sam. Stosując więc odpowiednie zabiegi cieplne, można twardą stal zmiękczyć, można jej nadać lepsze własności wytrzymałościowe itp.

Istotę obróbki cieplnej stanowią zmiany jej struktury zachodzące podczas zabiegów cieplnych, np. żelazo występujące w dwóch odmianach alotropowych. Przemiana alotropowa polega na zmianie układu atomów w siatce krystalograficznej metalu znajdującego się w stanie stałym. Pierwsza odmiana (trwała do 910 °C)

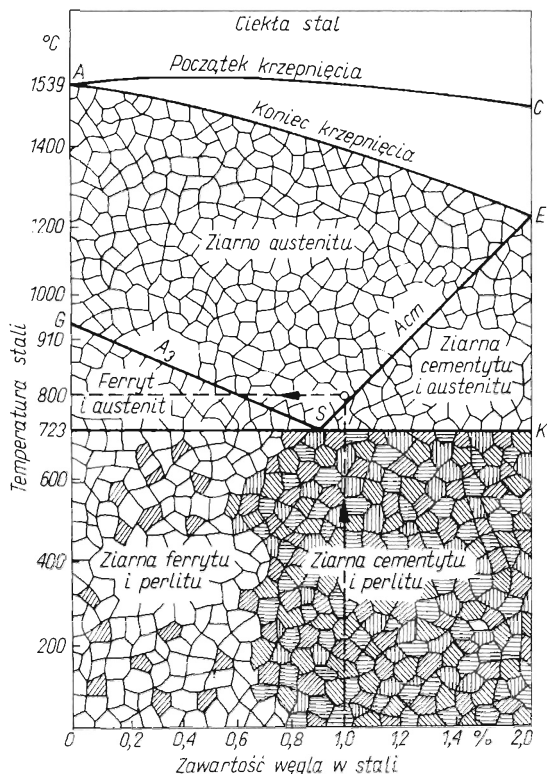


Operacja: ABCD — hartowanie
 Zabiegi: AB — nagrzewanie
 BC — wygrzewanie
 CD — chłodzenie

Rys. 23-1. Pojęcia podstawowe z zakresu obróbki cieplnej



Rys. 23-2. Analiza termiczna żelaza: a, krzywa ogrzewania, b) krzywa chłodzenia



Rys. 23-3. Uproszczony wykres żelazo-węgiel

stopów zawierających 5%, a nawet 6,67% węgla, czyli do **cementytu**. W układzie żelazo-węgiel występują następujące rodzaje składników strukturalnych: ferryt, perlit, austenit, cementyt i inne.

Pokazane na wykresie żelazo-węgiel stopy dzieli się na **surówki** i **stale**. Stopy na prawo od punktu *E* nazywają się **surówkami**; natomiast na lewo od punktu *E* — **stalami**.

Własności metali zależą od ich składu chemicznego i od charakteru budowy strukturalnej. Stale zawierające mniejsze ilości węgla odznaczają się większą plastycznością i mniejszą wytrzymałością. Natomiast w miarę wzrostu zawartości węgla plastyczność stali maleje, a wytrzymałość wzrasta, ponieważ wzrasta ilość perlitu.

Hartowanie

Hartowanie polega na nagrzewaniu stali do odpowiedniej temperatury, zależnej od rodzaju materiału, zwykle o około 30°C od temperatury przemiany *A₃* (rys. 23-4), wygrzaniu jej w tej temperaturze, w celu uzyskania jednakowej temperatury w całej masie materiału, i szybkim chłodzeniu. Celem hartowania jest uzyskanie struktury materiału o większej twardości. Zwiększenie twardości stali

jest żelazem α . W temperaturze 910°C żelazo α przechodzi przemianę alotropową w żelazo γ . Odmiana żelaza γ jest trwała do temperatury 1390÷1400°C. W temperaturze tej żelazo γ zmienia się ponownie w żelazo α trwałe do temperatury topnienia (rys. 23-2).

Trzeba pamiętać, że zarówno w żelazie α jak w żelazie γ węgiel rozpuszcza się w stanie stałym. Roztwór stały węgla w żelazie α nazywa się **ferrytem**, a roztwór węgla w żelazie γ nazywa się **austenitem** (rys. 23-3). Największa rozpuszczalność węgla w żelazie α wynosi około 0,025%, a w żelazie γ około 2%.

Temperatura powstawania austenitu zależy od zawartości węgla; jej najniższa wartość 723°C występuje w stopie o zawartości 0,8% węgla. Przedstawiony na rys. 23-3 uproszczony wykres równowagi faz stopów żelaza rozciąga się od czystego żelaza do

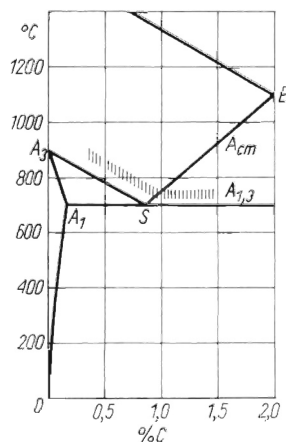
zahartowanej jest spowodowane utworzeniem się tzw. **martenzytu**. Jeżeli stal nagrzana powyżej temperatury oznaczonej na **rys. 23-3** linią *GSK* ostygnie powoli, to powróci do swej pierwotnej struktury typu perlitycznego. Przy szybkości chłodzenia, zwanej **krytyczną**, powstaje **przemiana martenzytyczna**. W tym przypadku węgiel nie zdąży się wykrystalizować z austenitu w postaci cementytu zawartego w perlicie i austenit zmieni się w **martenzyt**. Jest to przesycony roztwór węgla w żelazie α , oznaczający się dużą twardością i kruchością.

Szybkie chłodzenie, podobnie jak szybkie grzanie materiału, powoduje powstawanie tzw. **naprężeń hartowniczych**. Korzystne jest zatem zmniejszenie szybkości chłodzenia, zwłaszcza podczas przemiany martenzytycznej. Szybkość chłodzenia dobiera się dla danego gatunku stali. Największą szybkość chłodzenia uzyskuje się w wodzie, mniejszą w oleju, a najmniejszą w powietrzu.

Zależnie od sposobu nagrzewania rozróżnia się hartowanie z ogrzewaniem na wskroś i hartowanie powierzchniowe.

Hartowanie z ogrzewaniem na wskroś dzieli się na zwykłe, stopniowe i z przemianą izotermiczną.

- **Hartowanie zwykłe** polega na nagrzaniu stali do temperatury powyżej linii *GSK*, wygrzaniu w tej temperaturze i szybkim chłodzeniu. Odmianą hartowania zwykłego jest hartowanie przerywane. Przedmiot po ochłodzeniu w wodzie do temperatury około 300°C wyjmuje się i zanurza w oleju lub pozostawia w powietrzu, aby przemiana austenitu w martenzyt odbywała się wolniej w celu zmniejszenia naprężeń własnych i kruchości. Po hartowaniu zwykłym stosuje się przeważnie odpuszczanie. Hartowanie zwykłe stosuje się do nieskomplikowanych części wykonanych ze stali węglowych oraz różnych części ze stali stopowych.
- **Hartowanie stopniowe** polega na nagrzaniu i wygrzaniu stali jak w czasie hartowania zwykłego, oziębieniu w kąpeli (najczęściej solnej) o temperaturze nieco wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej, krótkim wygrzaniu w tej kąpeli do wyrównania temperatury w przekroju przedmiotu i następnie chłodzeniu w powietrzu. Zaletą tej obróbki jest uzyskanie budowy martenzytycznej bez powstawania naprężeń towarzyszących hartowaniu zwykłemu. Hartowanie stopniowe stosuje się do obróbki części o skomplikowanych kształtach, wykonanych zwykle ze stali stopowych.
- **Hartowanie z przemianą izotermiczną** polega na ochłodzeniu stali w kąpeli o temperaturze wyższej od temperatury początku przemiany martenzytycznej i utrzymaniu przedmiotu w tej kąpeli, aż do zakończenia przemiany austenitu w bainit. Obróbka ta wymaga stosowania odpuszczania. Hartowanie z przemianą izotermiczną stosuje się do drobnych części ze stali węglowych. Zaletą tego hartowania jest uniknięcie naprężeń, które powodują odkształcanie, a niekiedy pęknięcia przedmiotów hartowanych.



Rys. 23-4. Zakres temperatury nagrzewania do hartowania stali węglowych

Hartowanie powierzchniowe polega na szybkim ogrzaniu warstwy powierzchniowej przedmiotu do temperatury wyższej od temperatury krytycznej i oziębieniu. Celem tego hartowania jest uzyskanie twardej powierzchni odpornej na ścieranie z zachowaniem plastycznego rdzenia, który przy zmiennych obciążeniach nie ulega pęknięciu.

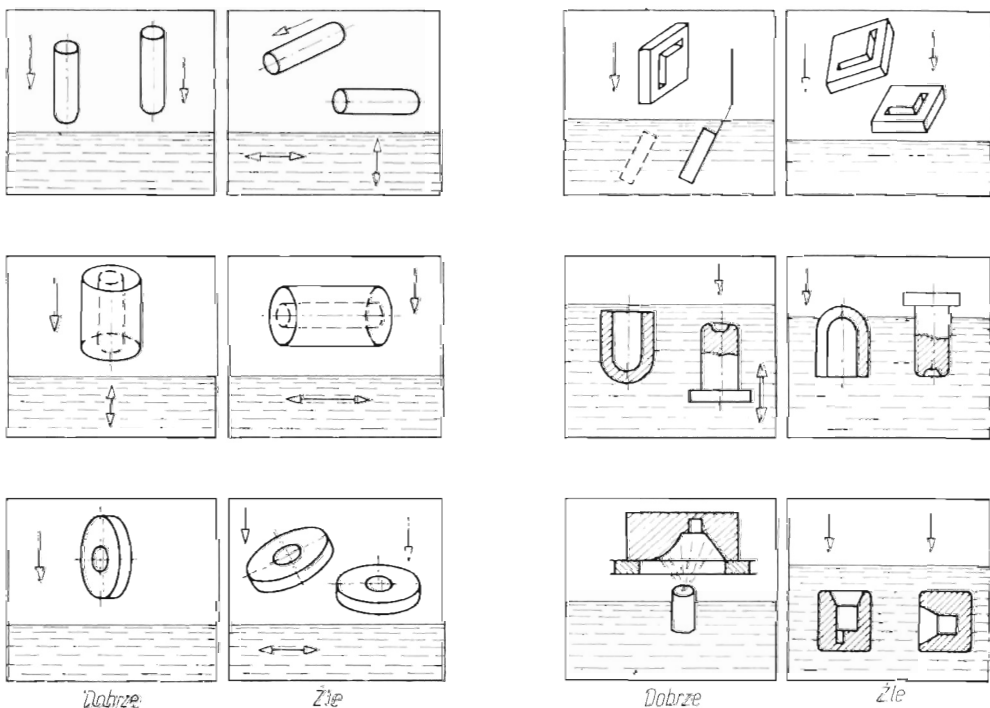
W zależności od sposobu nagrzewania rozróżnia się hartowanie powierzchniowe:

- **plamieniowe**, polegające na nagrzewaniu przedmiotu palnikiem gazowym,
- **indukcyjne**, polegające na nagrzewaniu przedmiotu prądami wirowymi wzbudzonymi w warstwie powierzchniowej przedmiotu oraz prądami szybkoprzemiennymi w induktorze (wzbudniku),
- **kąpielowe**, polegające na nagrzewaniu przez krótkie zanurzenie przedmiotu w kąpeli solnej lub ołowiowej, o temperaturze dużo większej od temperatury hartowania stali.

Podczas hartowania trzeba zwracać uwagę, aby zbyt nie przekroczyć temperatury grzania, ponieważ powoduje to przegrzanie stali, a w konsekwencji jej gruboziarnistość i kruchość.

Urządzenia do hartowania dzieli się na urządzenia do nagrzewania oraz urządzenia do chłodzenia. Przedmioty w czasie obróbki cieplnej nagrzewa się w specjalnych piecach. Zależnie od sposobu nagrzewania rozróżnia się **piece gazowe, elektryczne i z kąpielą**.

Do chłodzenia używa się **wanien hartowniczych**, które wypełnia się cieczami



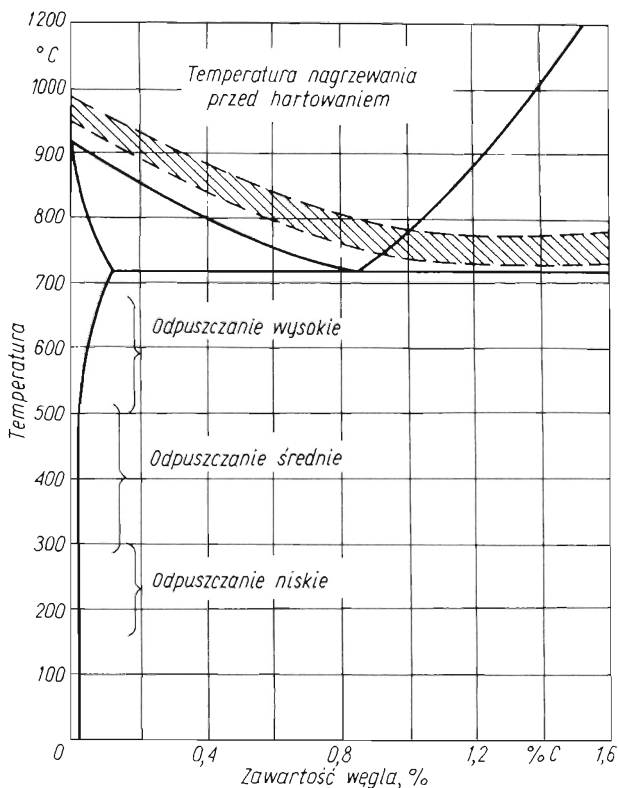
Rys. 23-5. Zanurzanie i poruszanie przedmiotami podczas hartowania

chłodzącymi. Wanny wykonane z blachy stalowej są wyposażone w urządzenia do dopływu wody lub oleju. Wanny olejowe mają zazwyczaj podwójne ściany, między którymi przepływa woda. Przedmiotem chłodzonym należy poruszać w czasie kąpeli, aby ułatwić odrywanie się od jego powierzchni pęcherzyków pary utrudniających chłodzenie. Przedmiot powinien być zanurzony w ten sposób, aby wszystkie jego miejsca były ochłodzone jednocześnie. Sposoby zanurzania i poruszania przedmiotami podczas hartowania przedstawiono na **rys. 23-5**.

Odpuszczanie

Odpuszczanie umożliwia usunięcie naprężeń wewnętrznych powstałych w przedmiotach podczas hartowania i polepsza ich własności plastyczne. Odpuszczanie polega na nagrzaniu uprzednio zahartowanego przedmiotu poniżej temperatury 723°C , wygrzaniu w tej temperaturze, a następnie chłodzeniu. Zależnie od temperatury nagrzewania rozróżnia się odpuszczanie niskie, średnie i wysokie (**rys. 23-6**).

- **Odpuszczanie niskie** (w temperaturze $150 \div 250^{\circ}\text{C}$) usuwa naprężenia własne materiału z zachowaniem dużej twardości. Odpuszczanie niskie stosuje się do narzędzi, sprawdzianów oraz części maszyn ze stali węglowych i niskostopowych.
- **Odpuszczanie średnie** (w temperaturze $250 \div 500^{\circ}\text{C}$) zwiększa wytrzymałość i sprężystość materiału przy dostatecznie dużej ciągliwości. Stosuje się je do przedmiotów narażonych w czasie pracy na uderzenia, jak np. matryce.



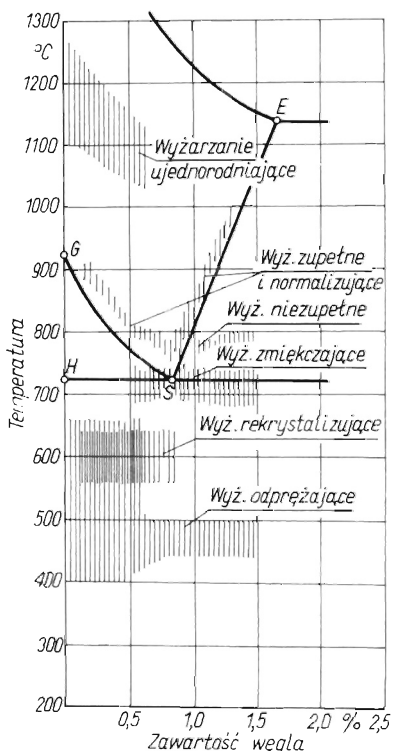
Rys. 23-6. Wykres temperatur hartowania i odpuszczania stali węglowych

- **Odpuszczanie wysokie** (w temperaturze $500 \div 650^{\circ}\text{C}$) zwiększa wytrzymałość i sprężystość materiału z jednoczesnym zachowaniem dużej twardości i odporności na uderzenia (uzyskanie możliwie dużej plastyczności). Stosuje się je do materiałów przeznaczonych na części maszyn pracujących pod znacznym obciążeniem i narażonych na uderzenia, jak np. wały, korbowody.

Hartowanie oraz następujące po nim wysokie lub średnie odpuszczanie jest nazywane **ulepszaniem cieplnym**. Obecnie materiał z reguły jest ulepszany już w hutach.

Wyżarzanie

Wyżarzanie jest operacją cieplną polegającą na nagraniu materiału do żądanej temperatury, wygrzaniu w tej temperaturze i następnie powolnym chłodzeniu do temperatury otoczenia (rys. 23-7). Zależnie od temperatury wyżarzania, sposobu studzenia oraz celu zabiegu rozróżnia się: wyżarzanie ujednorodniające, normalizujące, zupełne, niezupełne, zmiękczające, rekrytalizujące, odpężające.



Rys. 23-7. Zakres temperatur wyżarzania stali węglowych

- **Wyżarzanie ujednorodniające** ma na celu zmniejszenie miejscowych niejednorodności składu chemicznego, które powstają w czasie odlewania i krzepnięcia materiału, np. wlewków stali stopowych. Ujednorodnienie materiału osiąga się przez wygrzewanie wlewków staliwnych w temperaturze $1000 \div 1250^{\circ}\text{C}$ w ciągu 12 : 15 godzin. Po wyżarzaniu ujednorodniającym, wykonywanym w hucie, następuje obróbka plastyczna wlewka, polegająca na kuciu lub walcowaniu.
- **Wyżarzanie normalizujące** ma na celu otrzymanie równomiernej budowy drobnoziarnistej, która ma lepsze własności mechaniczne niż budowa gruboziarnista. Wyżarzanie to stosuje się również w celu usunięcia naprężeń własnych i polepszenia własności wytrzymałościowych. Polega ono na nagraniu stali do temperatury $30 \div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej linii GSE, wygrzaniu w tej temperaturze i po wyjęciu z pieca chłodzeniu na wolnym powietrzu. Wyżarzanie normalizujące, zwane również **normalizowaniem**, w przemyśle maszynowym najczęściej jest stosowane jako operacja przygotowawcza przed hartowaniem i nawęglaniem.

- **Wyżarzanie zupełne** polega na nagraniu stali do temperatury $30 \div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej linii *GSE*, wygraniu w tej temperaturze i następnie studzeniu do przekroczenia temperatury 723°C . Celem wyżarzania zupełnego jest przekształcenie stali, nadanie jej jednorodnej drobnoziarnistej struktury o małej twardości i dużej ciągliwości, usunięcie naprężeń własnych oraz często polepszenie obrabialności.
- **Wyżarzanie niezupełne**, podobne do wyżarzania zupełnego, jest stosowane w celu zmniejszenia twardości, usunięcia naprężeń własnych i zwiększenia plastyczności stali.
- **Wyżarzanie zmiękczające** jest stosowane w celu uzyskania zmniejszenia twardości stali.
- **Wyżarzanie rekrytalizujące** polega na nagraniu uprzednio zgniecionej stali do temperatury $550 \div 650^{\circ}\text{C}$, wygraniu w tej temperaturze, a następnie studzeniu. Wyżarzanie to jest stosowane w celu usunięcia zgniotu i przywrócenia stali początkowej plastyczności.
- **Wyżarzanie odprężające** polega na nagraniu stopu (stal, stopy aluminium, stopy miedzi) do temperatury poniżej przemian ($450 \div 650^{\circ}\text{C}$), wygraniu w tej temperaturze i studzeniu. Jest stosowane w celu zmniejszenia naprężeń własnych w materiale, powstałych wskutek zgrubnej obróbki skrawaniem, spawania, obróbki plastycznej na zimno itp.

23.2. Obróbka cieplno-chemiczna

Obróbka cieplno-chemiczna stali polega na wzbogaceniu w węgiel lub azot powierzchniowej warstwy przedmiotu z miękkiej stali. Zabiegu tego dokonuje się w środowisku chemicznym przez dyfuzję węgla lub azotu w głąb stali w wysokiej temperaturze. W wyniku tego procesu otrzymuje się twardą powierzchnię zewnętrzną oraz miękką i ciągliwą rdzeń.

Do ważniejszych rodzajów obróbki cieplno-chemicznej (wg PN-93/H-01200) należą: nawęglanie, azotowanie i cyjanowanie, czyli węgloazotowanie.

- **Nawęglanie**, zwane również cementowaniem, polega na wzbogacaniu powierzchniowej warstwy przedmiotu w węgiel, zwykle na głębokość $0,5 \div 2$ mm, przez dłuższe wygrzewanie w temperaturze $890 \div 930^{\circ}\text{C}$, w ośrodku wydzielającym węgiel. Nawęglanie stosuje się do przedmiotów stalowych o zawartości węgla do 0,25%. Znalazło ono szerokie zastosowanie w budowie maszyn podczas produkcji kół zębatach, tulei, osi, czopów, wałów korbowych, wałów rozrządu itp.
- **Azotowanie** polega na nasyceniu warstwy powierzchniowej przedmiotu azotem. Przedmioty azotowane umieszcza się w szczelnie zamkniętej komorze pieca, do której doprowadza się suchy amoniak (NH_3), rozkładający się pod wpływem wysokiej temperatury ($500 \div 850^{\circ}\text{C}$) na azot i wodór. Azot w stanie atomowym jest absorbowany przez stal, tworząc trwałe azotki żelaza, glinu i innych składników stopowych.

● **Cyjanowanie** polega na nasyceniu powierzchni przedmiotów stalowych jednocześnie węglem i azotem w temperaturze $500 \div 950^{\circ}\text{C}$. Po zahartowaniu i odpuszczeniu zyskuje się twardą i odporną na ścieranie warstwę powierzchniową.

W zależności od rodzaju ośrodka wydzielającego węgiel i azot rozróżnia się cyjanowanie kąpielowe i gazowe.

Głównymi zaletami cyjanowania są: skrócenie czasu procesu w stosunku do czasu nawęglania, uzyskanie bardzo twardych powłok odpornych na ścieranie, stosunkowo niska temperatura procesu.

Do ważniejszych wad cyjanowania zalicza się: niebezpieczeństwo zatrucia pracowników parami soli cyjanowych oraz konieczność częstego kontrolowania składu kąpeli.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Nagrzewanie polega na: **a)** ciągłym lub stopniowym podwyższaniu temperatury przedmiotu? **b)** podwyższaniu temperatury przedmiotu do wartości pośredniej? **c)** podwyższaniu temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej?
2. Chłodzenie polega na: **a)** obniżaniu temperatury przedmiotu do wartości wyższej niż zamierzona końcowa temperatura chłodzenia? **b)** obniżaniu temperatury przedmiotu do temperatury otoczenia lub innej? **c)** obniżaniu temperatury przedmiotu od wartości pośredniej do docelowej? **d)** wytrzymywaniu przedmiotu w temperaturze podchładzania lub w temperaturze końca chłodzenia ciągłego?
3. Ferrytem nazywa się: **a)** roztwór węgla w żelazie gamma? **b)** roztwór stały węgla w żelazie alfa?
4. Hartowanie ma na celu: **a)** usunięcie naprężeń wewnętrznych przedmiotu? **b)** zmniejszenie miejscowych niejednorodności składu chemicznego? **c)** uzyskanie struktury materiału o większej twardości?
5. Obróbka cieplno-chemiczna polega na: **a)** wyżarzaniu normalizującym przedmiotu? **b)** wzbogacaniu w węgiel lub azot powierzchniowej warstwy przedmiotu z miękkiej stali? **c)** ulepszeniu cieplnym materiału?

24 Spawanie i zgrzewanie metali

24.1. Charakterystyka procesu i rodzaje spawania

Wiadomości ogólne

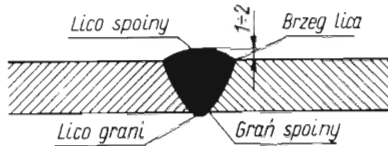
Spajanie jest to metoda łączenia materiałów, w wyniku której uzyskuje się połączenie o fizycznej ciągłości materiałowej. Pojęcie spajania obejmuje **spawanie**, **zgrzewanie**, **lutowanie** i inne.

Spawanie polega na łączeniu materiałów przez ich nagrzanie i stopienie w miejscu łączenia z dodaniem lub bez dodania spoiwa. Metal części łączonych nazywa się **metalem rodzimym**. Stopione spoiwo łącznie ze stopionymi brzegami części łączonych, czyli materiałem rodzimym, tworzą po ostygnięciu **spoinę**.

W zależności od źródła ciepła użytego do stopienia materiału rodzimego złącza i spoiwa rozróżnia się: **spawanie elektryczne** (łukowe, elektronowe, elektrożuźlowe), **gazowe** i **termitowe**. Najbardziej rozpowszechnione jest spawanie elektryczne łukowe oraz gazowe.

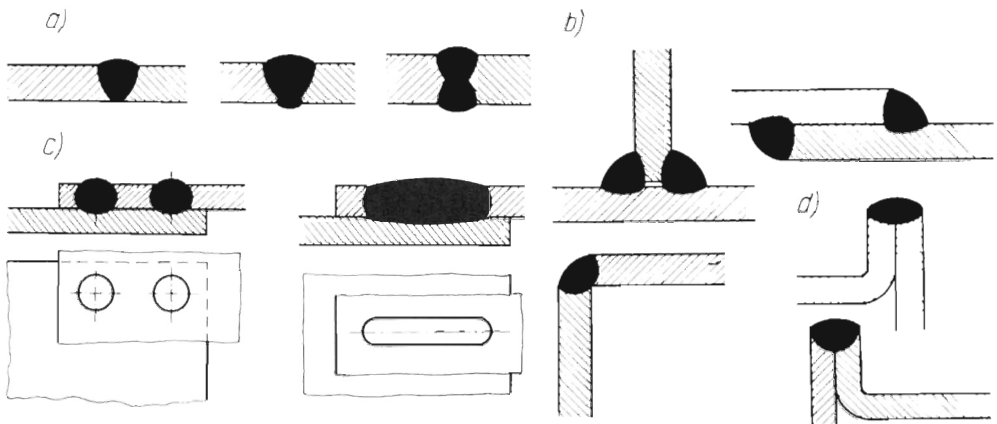
Nie wszystkie metale nadają się w jednakowym stopniu do spawania. Szczególnie łatwo spawalne są stale o małej zawartości węgla (do 0,27%) oraz ołów, aluminium i stopy magnezu. Do metali trudno spawalnych zalicza się stale wysokowęglowe i stopowe, żeliwo, brązy i nikiel.

Spawanie elektryczne łukowe polega na wytworzeniu między elektrodą spawalniczą a materiałem spawanym łuku elektrycznego wydzielającego ciepło, pod wpływem którego topią się brzegi łączonych części i dodawane zwykle spoiwo, oraz na tworzeniu złącza, zwanego **spoiną** (rys. 24-1). Złącze tworzy się przy przesuwaniu odpowiednim ruchem elektrody wzdłuż łączonych brzegów.



Rys. 24-1. Złącze spawane

Spoina składa się ze stopionego metalu rodzimego oraz ze stopionego spoiwa. Stopiony w obszarze spoiny metal na skutek stygnięcia krzepnie i łączy trwale obie części metalu rodzimego. Zależnie od wzajemnego ustawienia spawanych części rozróżnia się spoiny: czołowe, pachwinowe, otworowe, grzbietowe (rys. 24-2). Spoiny te tworzą złącza o różnych nazwach. Na przykład rys. 24-2a przedstawia złącze doczołowe, mimo że spoina nazywa się czołową. Za pomocą spoin otworowych (rys. 24-2c) tworzy się złącza przylgowe, gdyż łączy się w ten sposób blachę do blachy.



Rys. 24-2. Rodzaje spoin: a) czołowe, b) pachwinowe, c) otworowe, d) grzbietowe

Krótką charakterystyka poszczególnych rodzajów spawania

Ze względu na rodzaj elektrody i osłony łuku procesy spawania lukowego dzieli się na:

- **Spawanie elektrodą topliwą gołą i lukiem nieosłoniętym** -- obecnie już prawie nie stosowane, gdyż metal spoiny pod wpływem tlenu i azotu z powietrza staje się porowaty i kruchy.
- **Spawanie elektrodą topliwą otuloną** warstwą topników, najczęściej stosowane przy spawaniu ręcznym; podczas topienia się otuliny wydzielają się gazy tworzące wokół łuku osłonę oraz powstaje płynny żużel, który oczyszcza metal, wypływa na jego powierzchnię i chroni go przed dostępem powietrza.
- **Spawanie lukiem krytym** elektrodą gołą topliwą pod warstwą topnika w proszku spełniającym podobne zadanie jak otulina; jest stosowane głównie jako spawanie automatyczne (maszynowe).
- **Spawanie elektrodą gołą** topliwą lub nietopliwą w osłonie gazów szlachetnych (argonu lub helu). Jest stosowane do spawania stali stopowych, np. nierdzewnych, kwasoodpornych, żaroodpornych oraz metali nieżelaznych (aluminium, magnez, miedź) i ich stopów; elektroda jest umieszczona w rurce, przez którą dopływa do łuku gaz szlachetny.
- **Spawanie elektrodą topliwą w osłonie dwutlenku węgla (CO₂)** wykonywane podobnie jak spawanie w osłonie gazów szlachetnych. Jest stosowane w budowie kotłów parowych, okrętów, konstrukcji budowlanych.
- **Spawanie dwiema elektrodami wolframowymi**, między którymi jarzy się łuk, w osłonie wodoru; jest to tzw. spawanie atomowe. Elektrody umieszczone są w rurkach, przez które dopływa wodór; podczas jego przejścia przez łuk elektryczny cząsteczki wodoru rozczepiają się na atomy, pochłaniając ciepło. W pobliżu spawanego przedmiotu atomy wodoru łączą się w cząsteczki, oddając ciepło i wytwarzając wysoką temperaturę w miejscu spawania. Metoda ta jest stosowana do spawania stali stopowych, m.in. do naprawy narzędzi skrawających, matryc itp.
- **Spawanie elektronowe** polegające na wykorzystaniu energii wiązki elektronów, wysyłanych w próżni przez żarzącą się elektrodę wolframową, do wytwarzania ciepła potrzebnego do spawania. Metoda ta jest stosowana do łączenia bardzo cienkich blach z metali trudno spawalnych, np. beryl, cyrkon, molibden, tantal, tytan, wolfram.
- **Spawanie żużłowe** stosowane do łączenia grubych blach stalowych, ustawianych zwykle pionowo z pozostawieniem odpowiedniego odstępów między brzegami. Zamiana energii elektrycznej w ciepło odbywa się w warstwie żużła, który spełnia zadanie elementu grzejnego. Przestrzeń, w której ma powstać spoina, zamyka się nakładkami miedzianymi chłodzonymi wodą. Do przestrzeni tej wprowadza się elektrodę i wysypuje porcjami topnik. Ciepło wytwarza się wskutek oporu elektrycznego, jaki stawia żużel.
- **Spawanie gazowe** polegające na łączeniu przez stopienie materiału łączonych części i spoiwa płomieniem gazowym, otrzymanym przez spalanie gazu palnego, najczęściej acetylenu, rzadziej wodoru lub propanu, zmieszanego

z tlenem. Spawanie to stosuje się do spawania przedmiotów stalowych o niewielkiej grubości, żeliwa oraz metali i stopów nieżelaznych. Płomień wodorowo-tlenowy jest stosowany również do spawania aluminium, ołowiu i cynku. Obecnie spawanie gazowe jest coraz mniej stosowane w produkcji przemysłowej, natomiast szeroko rozpowszechnione w pracach remontowych.

- **Spawanie termitowe** stosowane np. do łączenia szyn tramwajowych i kolejowych. Źródłem ciepła jest reakcja chemiczna zachodząca w mieszaninie sproszkowanych tlenków żelaza i aluminium, tzw. termicie. W wyniku zaistniałej w tyglu reakcji otrzymuje się ciekłe żelazo (na dnie tygla) i tlenek glinu. Żelazo spuszcza się do formy odlewniczej, w której są ujęte końce łączonych przedmiotów, np. szyn.

24.2. Materiały i urządzenia do spawania łukowego

Elektrody do spawania łukowego

Elektrody do spawania elektrycznego łukowego dzieli się na **topliwe** i **nietopliwe**. Do elektrod nietopliwych zalicza się elektrody wolframowe, węglowe i grafitowe. **Elektrody wolframowe** o średnicy $1 \div 8$ mm stosuje się do spawania i cięcia metali w atmosferze gazów ochronnych, natomiast **elektrody węglowe** i **grafitowe** o średnicy $4 \div 25$ mm stosuje się do spawania cienkich blach stalowych, miedzi i aluminium.

Obecnie do spawania elektrycznego łukowego używa się przeważnie metalowych elektrod topliwych, które dzieli się na: nie otulone i otulone.

Elektrody nie otulone (goły drut) nie są zalecane do spawania elektrycznego ręcznego w atmosferze powietrza, gdyż dają spoinę o bardzo niskich własnościach mechanicznych. Elektrody te są używane do spawania pod topnikiem i w atmosferze gazów ochronnych, tj. argonu i dwutlenku węgla (CO_2).

Elektrody otulone są stosowane najczęściej do spawania elektrycznego. W zależności od grubości otulin dzieli się je na cienko otulone, średnio otulone i grubo otulone.

- Elektrody cienko otulone stosuje się przeważnie do spawania cienkich blach. Mają one otulinę, której dwustronna grubość nie przekracza 20% średnicy rdzenia.
- Elektrody średnio otulone, o dwustronnej grubości otulin $20 \div 40\%$ średnicy rdzenia, są stosowane często do prac montażowych.
- Elektrody grubo otulone mają otulinę o grubości dwustronnej ponad 40% średnicy rdzenia.

W zależności od składu chemicznego otulin elektrody do ręcznego spawania elektrycznego dzieli się na elektrody o otulinie: **kwaśnej (A)**, **zasadowej (B)**, **rutylowej (R)**, **celulozowej (C)**, **utleniającej (O)**.

Otulina chroni stapiane spoiwo i metal przed dostępem tlenu i azotu z powietrza, a ponadto tworzy ze spalających się składników warstwę żużla, który

chroni stopiony metal przed zbyt szybkim stygnięciem oraz wiąże ze sobą niepożądane składniki (tlenki). Poza tym otulina uzupełnia składniki stopowe w metalu spawanym, które ulegają wypaleniu w czasie spawania oraz wprowadza dodatkowe pierwiastki, które polepszają wytrzymałość i ciągliwość spoiny.

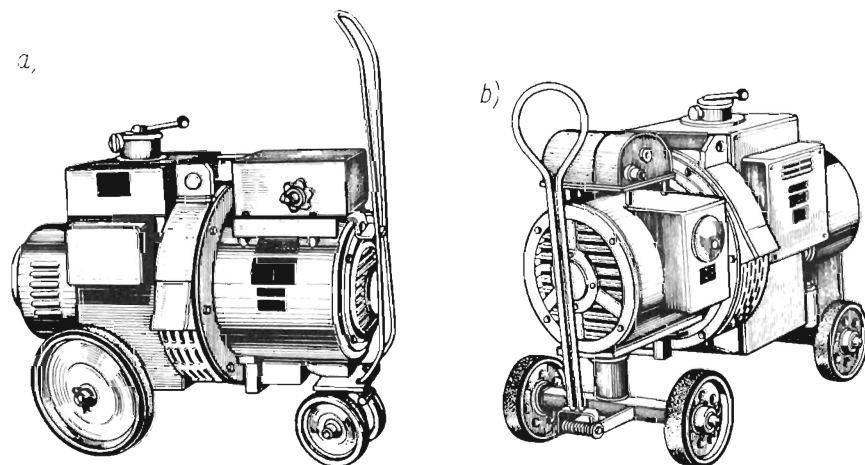
Stosowane obecnie elektrody do spawania są najczęściej wykonane z drutu o składzie chemicznym podobnym do spawanego materiału. W niektórych przypadkach skład chemiczny drutu elektrodowego i spawanego może być różny.

Maszyny spawalnicze do spawania elektrycznego

Do maszyn spawalniczych zalicza się: przetwornice, transformatory i prostowniki spawalnicze.

Przetwornica spawalnicza składa się z dwóch zasadniczych zespołów, tj. silnika napędowego i prądnicy spawalniczej. Silnikiem napędowym jest najczęściej trójfazowy asynchroniczny silnik elektryczny, rzadziej silnik spalinowy. Przetwornice spawalnicze mogą być jednostanowiskowe i wielostanowiskowe.

Przetwornica spawalnicza, zwana również **spawalnicą (spawarką) prądu stałego**, wchodzi w skład stanowiska roboczego spawacza. Daje ona prądy o natężeniu od kilkuset do kilku tysięcy amperów przy napięciu 20-70 V. Na **rys. 24-3** przedstawiono dwa typy krajowych przetwornic spawalniczych.



Rys. 24-3. Przetwornice spawalnicze: a) typu EW-23u, b) typu EW-32a

Transformator spawalniczy, zwany również **spawalnicą (spawarką) prądu przemiennego**, otrzymuje prąd z sieci i przetwarza go na prąd odpowiedni do spawania. A więc działanie transformatora polega na przekształceniu prądu przemiennego sieciowego o wyższym napięciu na prąd spawania o dużym natężeniu i niskim napięciu. Na **rys. 24-4** przedstawiono schemat transformatora spawalniczego z dławikiem na wspólnym rdzeniu. Transformator ten ma trzy uzwojenia. Uzwojenia pierwotne 1 i wtórne 2 są nawinięte na głównych kolumnach rdzenia,

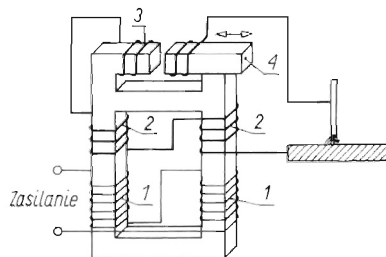
natomiast trzecie uzwojenie 3 jest połączone szeregowo z uzwojeniem wtórnym i umieszczone na górnej, dodatkowej części rdzenia. Regulacja prądu spawania odbywa się przez zmianę szczeliny powietrznej częścią ruchomą 4 w obwodzie uzwojenia dławiącego 3.

Rdzeń transformatora jest wykonany z blachy ze stali miękkiej i tworzy zamknięty obwód magnetyczny. Jeżeli przez uzwojenie pierwotne połączone z siecią popłynie prąd, to wytworzy on strumień magnetyczny i magnesuje rdzeń stalowy transformatora. Zmienny strumień magnetyczny wytwarza na zasadzie indukcji siłę elektromotoryczną w uzwojeniu wtórnym.

W transformatorach spawalniczych zostaje obniżone napięcie sieciowe, wynoszące zazwyczaj 220 lub 380 V, do napięcia około 70 V potrzebnego do zajarzenia łuku elektrycznego.

W czasie spawania napięcie jest mniejsze i wynosi około 20 V. Natężenie szczytowe prądu pobieranego z transformatora spawalniczego wynosi od kilkuset do kilku tysięcy amperów.

Prostownik spawalniczy służy do przetwarzania prądu przemiennego sieciowego na prąd pulsujący stały. Prostownik spawalniczy składa się z transformatora i regulatora służącego do zmiany natężenia prądu oraz z urządzenia prostującego prąd. Urządzenie prostujące przepuszcza prąd tylko w jednym kierunku, dzięki działaniu zespołu płytek selenowych lub półprzewodnikowych.



Rys. 24-4. Schemat transformatora spawalniczego z dławikiem na wspólnym rdzeniu

24.3. Organizacja stanowiska pracy spawacza

Stanowisko robocze spawacza elektrycznego

Stanowisko robocze powinno być odgrodzone od otoczenia zasłonami zabezpieczającymi przed działaniem szkodliwych promieni. Podczas wykonywania prac montażowych ustawia się zasłony przenośne, wykonane z tkaniny, blachy lub drewna względnie z tworzyw sztucznych. Wysokość zasłon powinna wynosić około 2 m.

Spawacze w czasie pracy powinni mieć (oprócz ubrania roboczego) rękawice i fartuch skórzany lub azbestowy, a także okrytą głowę czapką bez daszka. Stałe stanowisko robocze spawacza powinno się znajdować w osobnej kabinie z dobrą wentylacją. Każde stanowisko do spawania elektrycznego powinno być wyposażone w tarczę lub przyłbicę, uchwyt do elektrod, przewody niskiego napięcia, dziobak (młotek do odbijania żużla ze spoiny), szczotkę drucianą do oczyszczania spawanego materiału z żużla, zgorzeli i korozji.

Stanowisko robocze spawacza gazowego

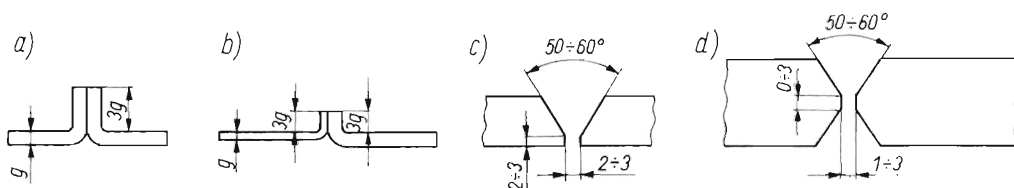
W skład tego stanowiska wchodzi butle tlenowe i acetylenowe, stół roboczy, narzędzia pomocnicze oraz odzież robocza (ochronna). Niektóre stanowiska robocze, zamiast butli z acetylenem, mają wytwornicę acetylenową, wyposażoną przeważnie w oczyszczacz gazu oraz bezpiecznik wodny.

Podstawowymi narzędziami pomocniczymi na stanowisku roboczym spawacza gazowego są: młotek, szczotki stalowe i komplet kluczy do zamocowywania zaworów na butlach oraz do otwierania butli z acetylenem.

24.4. Przygotowanie materiału do spawania

Czynności przygotowawcze

Przed przystąpieniem do spawania przygotowuje się odpowiednio krawędzie łączonych blach, oczyszcza je i ustawia. Przygotowanie krawędzi polega na odpowiednim odgięciu łączonych blach cienkich o grubości poniżej 2 mm (rys. 24-5a, b) lub odpowiednim zukosowaniu blach o grubości powyżej 4 mm (rys. 24-5c, d). Wygięte blachy cienkie o grubości poniżej 2 mm spawa się bez dodatku



Rys. 24-5. Przygotowanie materiału do spawania: a) cienkich blach o grubości do 2 mm, b) blach o różnej grubości, c) — o grubości 4 ÷ 12 mm, d) — ponad 12 mm

spoiwa; spoinę tworzy przetopiony brzeg blachy wygięty do góry. Przy łączeniu blach o różnej grubości wysokość wywinięcia przyjmuje się zwykle równą potrójnej grubości cieńszej blachy.

Przy spawaniu blach o grubości 4 ÷ 2 mm nie wygina się ich, lecz rozsuwa na odległość równą połowie ich grubości. Blachy o grubości 4 ÷ 12 mm ukosuje się w kształcie litery V pod kątem $50 \div 60^\circ$, a blachy grubsze ukosuje się w kształcie litery X pod kątem $50 \div 60^\circ$.

Krawędzie łączonych blach muszą być starannie oczyszczone z tlenków, zgorzeli i tłuszczów.

Elektrody dobiera się w zależności od wymagań wytrzymałościowych spoiny, rodzaju połączenia, pozycji spawania oraz względów ekonomicznych. Do spawania połączeń mało odpowiedzialnych używa się elektrod niskowartościowych, tj. elektrod gołych lub cienko otulonych.

Natężenie prądu dobiera się w zależności od średnicy elektrody. Dla elektrod o średnicy do 3,25 mm przyjmuje się natężenie około 30 A na 1 mm elektrody, a dla elektrod o średnicach większych — około 40 A na 1 mm.

Elektrody nie otulone wymagają mniejszego natężenia prądu niż elektrody grubo otulone. Poza tym im grubszy materiał będzie poddawany spawaniu, tym większe musi być natężenie prądu.

Biegunowość

Spawając prądem stałym trzeba zwrócić uwagę na sposób podłączenia elektrody. Przy spawaniu miękkiej stali elektrodę podłącza się tak, aby stanowiła biegun ujemny łuku, a przedmiot spawany biegun dodatni. Przy spawaniu elektrodami otulonymi trzeba się stosować do wskazań wytwórcy podanych na opakowaniu i stosować biegunowość określoną przez producenta.

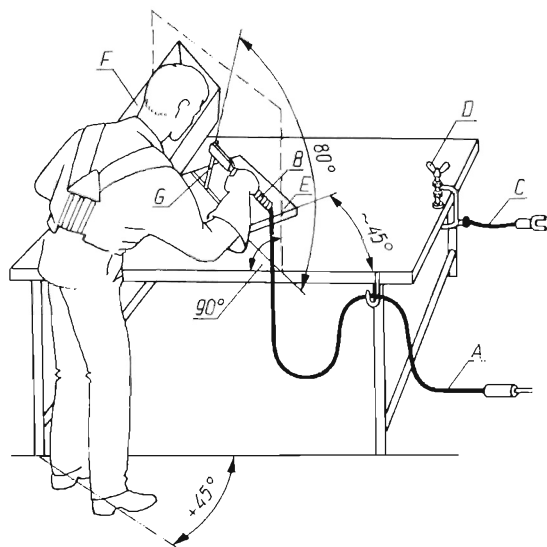
24.5. Spawanie elektryczne

Jak już powiedziano, łuk elektryczny jest źródłem ciepła, które wykorzystuje się do spawania. Temperatura łuku jest bardzo wysoka i często sięga kilku tysięcy stopni Celsjusza.

Spawanie można przeprowadzać **elektrodą topliwą** lub **elektrodą nietopliwą** — elektrodą wolframową. Przy spawaniu elektrodą topliwą jest ona jednocześnie spoiwem i ulega stopieniu podczas spawania. Spawając elektrodą nietopliwą wytwarza się łuk elektryczny pomiędzy przedmiotem spawanym a elektrodą wolframową, która nie ulega stopieniu. Spoiwo w postaci pręta (drutu) topi się w tym łuku wytwarzając spoinę. Spawacz w tym przypadku trzyma w jednej ręce elektrodę wolframową w uchwycie, a w drugiej drut lub pręt. Metoda ta jest bardzo rzadko stosowana.

Na **rysunku 24-6** przedstawiono stanowisko spawania łukowego. Przewód dodatni *C* jest doprowadzony i połączony zaciskiem *D* do metalowego stołu, na którym kładzie się spawany przedmiot *E*. Przewód ujemny *A* zakończony uchwytem trzyma spawacz. W uchwycie zamocowana jest elektroda *G*, a rękkojeść *B* dobrze izolowana. Tarcza *F* chroni oczy pracownika przed blaskiem łuku. Położenie elektrody i ruchy wykonywane elektrodą w czasie spawania są zależne od rodzaju spoiny, rodzaju elektrody, grubości łączonych blach i rodzaju złącza.

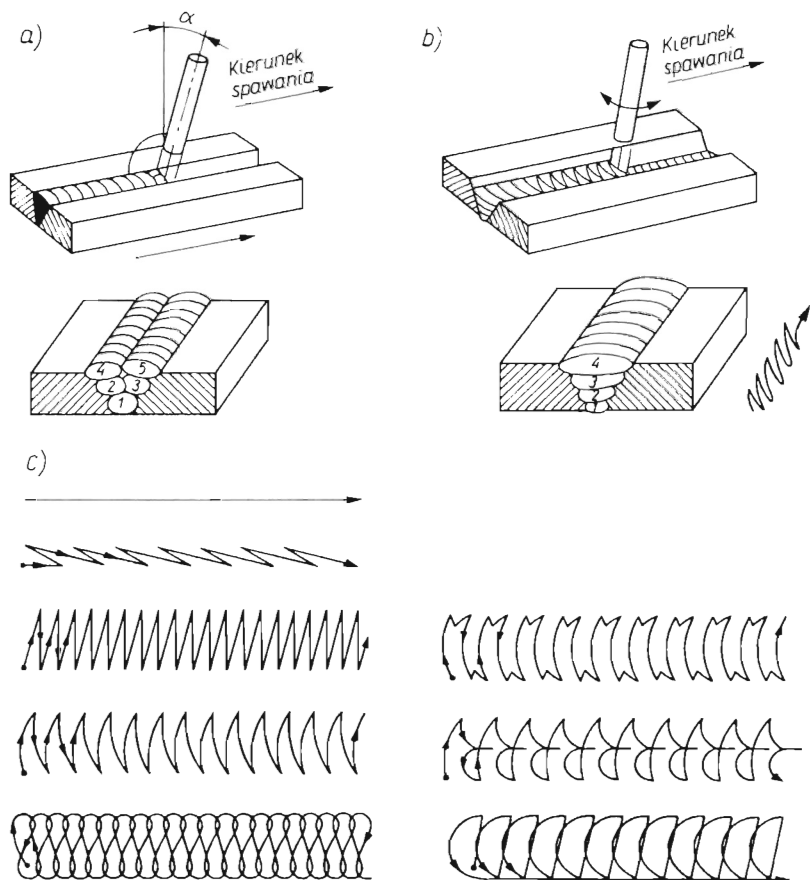
Spawanie powinno się przeprowadzać w pozycji podolnej,



Rys. 24-6. Stanowisko spawania łukowego

czyli poziomo, gdyż jest to pozycja najdogodniejsza i najbardziej ekonomiczna. Spoiny wykonane w innych pozycjach mogą mieć gorsze własności mechaniczne i dlatego należy spawać poziomo, a inne pozycje stosować tylko w montażu, gdy pozycja podolna nie jest możliwa.

Na rys. 24-7 przedstawiono pochylenie elektrody podczas spawania, rodzaje ruchów bocznych wykonywanych elektrodą podczas spawania oraz sposób układania spoin wielowarstwowych. Elektroda powinna być pochylona pod kątem α . Dla elektrod nie otulonych i cienkich kąt α wynosi $10 \div 30^\circ$, a dla elektrod średnio i grubo otulonych — $20 \div 50^\circ$.



Rys. 24-7. Technika spawania: a) prowadzenie elektrody ściegami prostymi, b) prowadzenie elektrody ściegami zakosowymi, c) rodzaje ściegów

Podczas spawania koniec elektrody można prowadzić ściegiem prostym (rys. 24-7a) lub zakosowym (rys. 24-7b). Przy spawaniu blach o grubości powyżej 20 mm należy koniecznie stosować ścieg zakosowy z uwagi na mniejsze odkształcenia. Istnieje zasada: układać możliwie płaskie ściegi, ażeby uniknąć ostrych wgłębień, w których gromadzi się trudny do usunięcia żużel.

Dobór grubości elektrody ma również duży wpływ na jakość wykonywanej

spoiny. W spoinach w kształcie X i V pierwsze ściegi wykonuje się cieńszą elektrodą, a w miarę przechodzenia do szerszej części spoiny należy stosować elektrody coraz grubsze.

Łuk elektryczny zajarza się przez dotknięcie elektrodą przedmiotu spawanego ruchem przypominającym zapalenie zapalki. W czasie spawania trzeba utrzymać prawidłową długość luku, tj. nie przekraczającą grubości elektrody. Zbyt długi luk powoduje dostanie się do spoiny tlenu i azotu, zmniejsza głębokość wtopienia, daje duży rozprysk metalu.

24.6. Spawanie gazowe

Materiały do spawania gazowego

Do spawania gazowego są stosowane: tlen, acetylen, wodór, gaz koksowniczy i gaz świetlny, propan i butan, gaz ziemny — metan, argon, azot i inne. Karbid (CaC_2) jest stosowany do wytwarzania acetyleny.

Do spawania gazowego stosuje się **spoiwa** w postaci stalowych drutów i prętów o różnym składzie chemicznym w celu dobrania ich do spawanych elementów. Druty są dostarczane w kręgach, a pręty w wiązkach o długości 1 m.

Najczęściej jest używany drut stalowy o małej zawartości węgla do spawania stali konstrukcyjnej węglowej. Do spawania części stalowych o wymaganej twardości używa się drutu o zawartości $0,6 \div 1,7\%$ węgla i $0,7 \div 1,7\%$ manganu. Do spawania żeliwa używa się prętów żeliwnych o zawartości $3 \div 4\%$ węgla z dodatkiem krzemu i manganu. Do spawania aluminium lub stopów aluminium są stosowane spoiwa w postaci drutów lub prętów z prawie czystego aluminium, względnie ze stopów aluminium z magnezem, manganem, krzemem, chromem i tytanem.

Topniki do spawania gazowego stosuje się w nielicznych przypadkach przy połączeniowym spawaniu stali wysokostopowych nierdzewnych i kwaso- oraz żaroodpornych. Działanie topnika w tych przypadkach polega na rozpuszczeniu w topniku trudno topliwych tlenków chromu (Cr_2O_3), których temperatura topnienia wynosi 2050°C . Podstawowymi składnikami tych topników są: boraks, sól, kwarcyt, fluoryt, kreda, żelazokrzem.

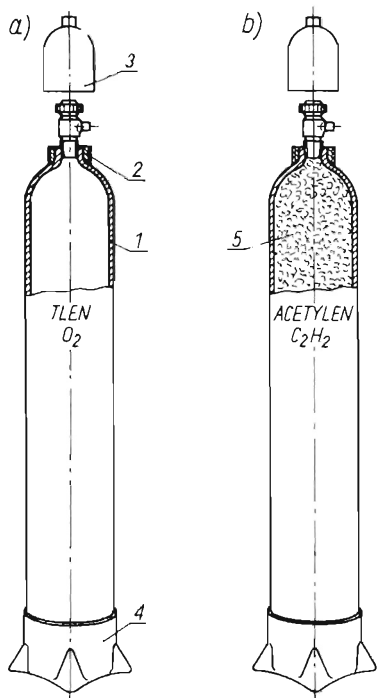
Do lutospawania żeliwa stosuje się topniki produkcji krajowej Uni-Lut lub Ms-Gaz.

Urządzenia do spawania gazowego

Najczęściej stosowane w spawalnictwie gazy sprężone (tlen i acetylen) są przechowywane w odpowiednich **butlach** (rys. 24-8).

Butla tlenowa (rys. 24-8a) składa się z korpusu 1 (cylindra), szyjki, na którą jest wciągnięty na gorąco pierścień 2 (zewnątrznie gwintowany), kołpaka ochronnego 3 oraz stopy 4. Stopa umożliwia ustawienie butli w pozycji pionowej.

W kraju produkuje się butle tlenowe o pojemności $0,5 \div 50$ l. Pojemność



Rys. 24-8. Butle: a) tlenowa, b) acetylenowa

najbardziej rozpowszechnionych butli do transportu tlenu wynosi 40 l. Ciśnienie robocze butli wynosi 15 MPa przy 15°C.

Butle tlenowe maluje się niebieską farbą olejną i oznacza się czarnym napisem „**Tlen O₂**”.

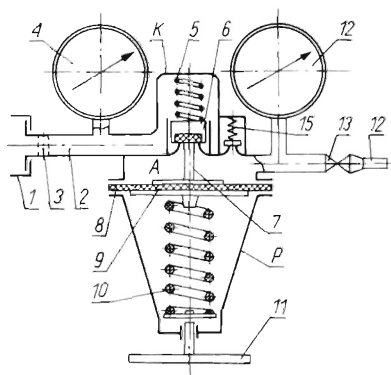
Butle acetylenowe (rys. 24-8b), ciągnięte bez szwu ze stali, są produkowane najczęściej o pojemności 40 l. Dopuszczalne ciśnienie robocze w butlach wynosi 1,5 MPa. Wnętrze butli acetylenowej jest wypełnione masą porowatą 5, której zadaniem jest zapobieganie rozprzestrzenianiu się acetonu (produktu rozpadu acetyleny) pod wpływem np. wstrząsów. Aceton rozpuszcza acetylen. W jednym litrze acetonu pod ciśnieniem 0,1 MPa rozpuszcza się 23 litry acetyleny i w miarę wzrostu ciśnienia wzrasta proporcjonalnie ilość pochłoniętego acetyleny.

Butle acetylenowe są malowane białą farbą olejną z czerwonym napisem „**Acetylen C₂H₂**”.

Pobieranie gazu z butli wymaga zastosowania tzw. **reduktorów**, których zadaniem jest obniżenie ciśnienia wylotowego gazu przez cały czas pracy, mimo że ciśnienie w butli maleje, w miarę jej opróżniania. Na rys. 24-9 przedstawiono schemat reduktora i jego działanie. Grzybek zaworu redukcyjnego pod naciskiem górnej sprężyny 5 zamyka dopływ gazu z butli. Manometr lewy 4 wskazuje ciśnienie gazu w butli. W celu otwarcia zaworu 6 trzeba podnieść przeponę 8 przez pokręcenie śrubą 11, która za pomocą popychacza 7 powoduje przeniesienie się grzybka zaworu 6. Otwarcie zaworu umożliwia przedostawanie się gazu z butli do komory A, w której gaz się rozpręża. Manometr 12 z prawej strony wskazuje ciśnienie gazu po rozprężeniu. Z komory A gaz przedostaje się przewodem do palnika.

Obecnie każdy reduktor ma wmontowany zawór bezpieczeństwa 15, który wypuszcza nadmiar gazu z komory roboczej w razie nadmiernego wzrostu ciśnienia.

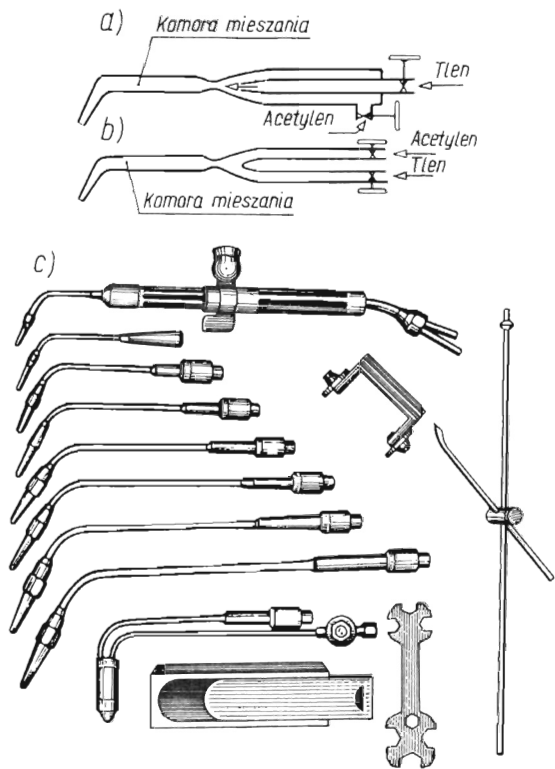
Reduktory do tlenu i acetyleny różnią się tylko sposobem mocowania ich na zaworze butli.



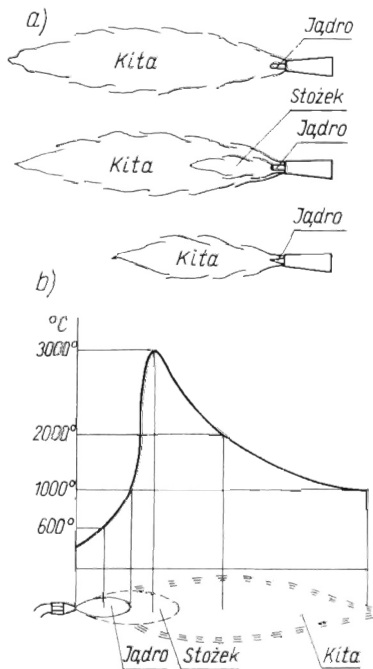
Rys. 24-9. Schemat jednostanowiskowego reduktora butlowego

Palniki

Służą one do spalania gazów dobrze wymieszanych z tlenem. Rozróżnia się palniki **wysokiego ciśnienia** oraz palniki **niskiego ciśnienia** (rys. 24-10). W palnikach wysokiego ciśnienia doprowadzenie gazów odbywa się prawie pod jednakowym ciśnieniem wynoszącym $0,01 \div 0,1$ MPa. Palnik niskiego ciśnienia jest palnikiem smoczkowym, w którym podczas przepływu gazu (tlenu) o wyższym ciśnieniu przez środkową dyszę następuje zasysanie gazu drugiego ze zbiornika o niskim ciśnieniu.



Rys. 24-10. Palniki: *a*, acetylenowo-tlenowy na niskie ciśnienie, *b*, palnik na wysokie ciśnienie, *c*) komplet palników niskiego ciśnienia typu Normus-bis produkcji krajowej



Rys. 24-11. Płomień acetylenowo-tlenowy: *a*) rodzaje płomieni acetylenowo-tlenowych, *b*) podział na strefy płomienia acetylenowo-tlenowego

Palnik nie może być zanieczyszczony olejem ani smarem. Aby zapalić palnik, trzeba najpierw otworzyć zawór do tlenu, a następnie do acetyleny. W przypadku zatkania się wylotu dzioba palnika w czasie pracy trzeba natychmiast zamknąć najpierw zawór do acetyleny, a następnie do tlenu.

Poprawne wyregulowanie płomienia ma istotne znaczenie dla przebiegu i wyników spawania. Płomień acetylenowo-tlenowy można podzielić na trzy strefy: jądro, stożek oraz kitę. Na rys. 24-11 przedstawiono trzy rodzaje płomieni: **redukujący**, **nawęglający** i **utleniający**. Spawacz powinien tak regulować płomień, aby spawanie odbywało się płomieniem redukującym, tj. takim, w którym w najgorętszej strefie

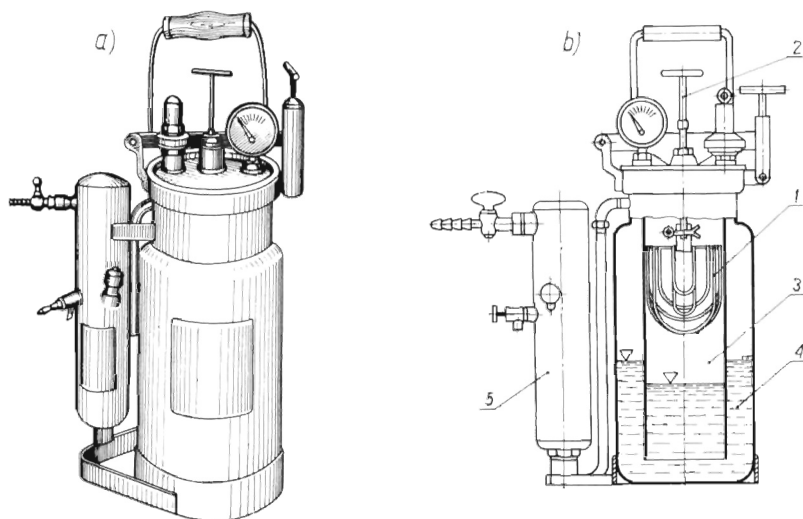
środkowej nie ma swobodnego węgla ani tlenu. Regulację płomienia rozpoczyna się od regulacji dopływu acetyleny. Trzeba dodać, że płomień chroni spoinę przed dostępem powietrza.

Dokładne wyregulowanie płomienia redukującego (normalnego) jest łatwe i polega na uzyskaniu ostrego zarysu jądra. W czasie spawania przedmiot powinien się znajdować w odległości $2 \div 5$ mm od jądra, co jest uzależnione od wielkości palnika.

Wytwornice acetylenowe

Wytwornicami acetyleny nazywa się urządzenia do wytwarzania acetyleny przez działanie wody na karbid. Wytwornice dzieli się na: **niskiego i wysokiego ciśnienia** przenośne i stałe, a ze względu na konstrukcję na: **wsypowe, dopływowe i wyporowe**.

Każda wytwornica acetyleny składa się z reaktora, gdzie odbywa się reakcja między karbidem a wodą, pojemnika na karbid, oczyszczacza, bezpiecznika wodnego, manometru i zaworu bezpieczeństwa.



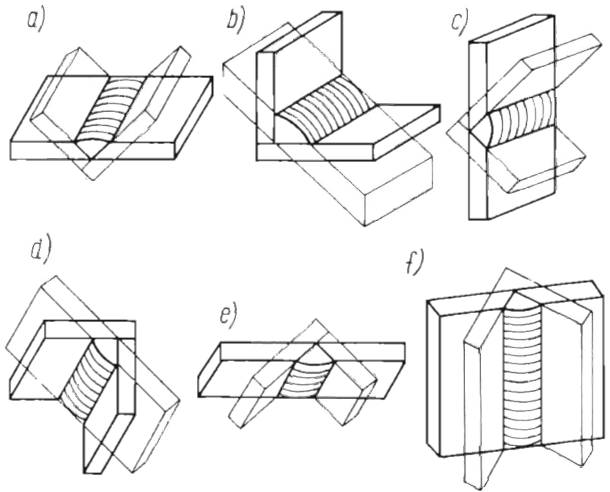
Rys. 24-12. Wytwornica acetylenowa wysokiego ciśnienia: *a*) widok, *b*) schemat

Na rys. 24-12 pokazano wytwornicę TAS-01, w której kosz 1 wypełniony karbidem jest zawieszony na otwieranej pokrywie. Karbid stykając się okresowo z wodą wydziela acetylen.

Wytwornicę uruchamia się przez przesunięcie do dołu rączki 2 do opuszczania kosza z karbidem. Wytwarzany acetylen zbiera się w górnej części reaktora do zbiornika wyporowego 4. Gdy po zużyciu acetyleny ciśnienie gazu obniży się, to poziom wody w reaktorze podniesie się i produkcja acetyleny rozpocznie się na nowo. W przypadku gdy ciśnienie gazu wzrośnie powyżej 0,15 MPa, zaczyna działać bezpiecznik 5.

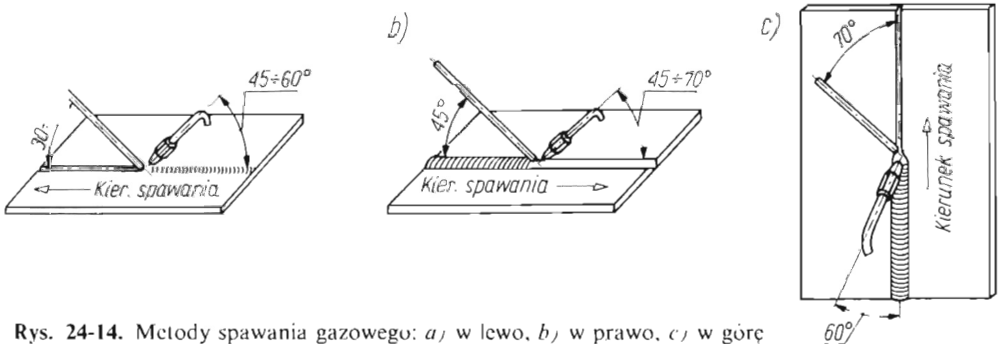
Technika spawania acetylenowego

Przedmioty przeznaczone do spawania należy oczyścić z rdzy, farby i tłuszczów oraz innych zanieczyszczeń. Ważną czynnością poprzedzającą spawanie jest prawidłowe wyregulowanie płomienia acetylenowo-tlenowego, a następnie wybranie odpowiedniej pozycji spawania (rys. 24-13). Najlepszą spoinę można wykonać w pozycji podłonej.



Rys. 24-13. Pozycje spawania: a) podłona, b) naboczna, c) naścienna, d) okapowa, e) pułapowa, f) pionowa

Znane są trzy metody spawania gazowego: **w lewo**, **w prawo** i **w górę** (rys. 24-14). Przy każdej metodzie palnik trzyma się w prawej ręce, a drut do spawania w lewej. Przy metodzie spawania w lewo palnik przesuwa się z prawej strony do lewej bez ruchów poprzecznych. Płomień osłania stopiony metal i podgrzewa brzegi blach



Rys. 24-14. Metody spawania gazowego: a) w lewo, b) w prawo, c) w górę

przed ich stopieniem. Metoda ta nadaje się do spawania blach cienkich o grubości do 4 mm. Blachy grubsze spawa się metodą w prawo, natomiast metoda spawania w górę jest stosowana przede wszystkim do takich przedmiotów, które można ustawić pionowo.

Cięcie termiczne

Cięciem termicznym nazywa się sposób cięcia materiałów, głównie metali i ich stopów, polegający na miejscowym utlenieniu lub wytopieniu w odpowiednio wysokiej temperaturze. Zależnie od źródła ciepła rozróżnia się cięcia: gazowe, łukowe, gazowo-łukowe.

Cięcie gazowe (cięcie tlenowe) polega na miejscowym spalaniu materiału w strumieniu czystego tlenu przy odpowiednim miejscowym ogrzaniu metalu do temperatury spalania. Cięcie to odbywa się za pomocą palnika, który przypomina palnik do spawania, lecz jest wyposażony w dodatkową dyszę tlenową. Jeżeli spawacz zwiększy dopływ tlenu do płomienia palnika, to płomień taki będzie spalał nagrzewany metal wypalając w nim wąską szczelinę. Cięcie samym tlenem stosuje się do stali konstrukcyjnych węglowych i niskostopowych, natomiast żeliwo, stale austenityczne oraz metale nieżelazne można przecinać tym sposobem przez wprowadzenie do strumienia tlenu topników, np. proszku żelaza.

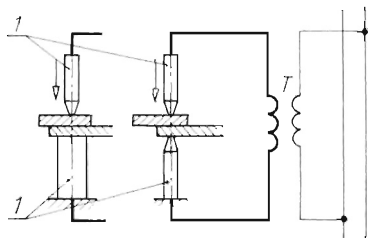
Cięcie łukowe elektrodą węglową lub metalową polega na wytapianiu szczeliny w pełnym metalu ciepłem łuku elektrycznego.

Cięcie gazowo-łukowe polega na podgrzaniu metalu ciepłem łuku elektrycznego i jednoczesnym miejscowym spalaniu metalu w strumieniu czystego tlenu.

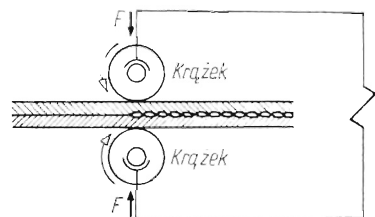
Obecnie można ciąć termicznie wszystkie metale i stopy stosowane w przemyśle, a nawet beton i kamień. Grubość przecinanego metalu może wynosić do 3 m. W zależności od stosowanych urządzeń rozróżnia się **cięcie termiczne ręczne i maszynowe**. Cięcie może być wykonywane w sposób zautomatyzowany za pomocą mechanizmów prowadzących palniki wg określonych linii.

24.7. Zgrzewanie elektryczne

Zgrzewanie elektryczne dzieli się na: **doczółowe, punktowe, liniowe i garbowe**. Źródłem ciepła w zgrzewaniu elektrycznym **oporowym** jest prąd elektryczny, który w miejscu największego oporu zamienia się w ciepło. Miejsce styku dwóch metali wykazuje tak duży opór dla przepływającego prądu, że przy dostatecznym natężeniu prądu nagrzewa się ono do wysokiej temperatury, a materiał staje się plastyczny. Po wywarceniu nacisku stykające się ze sobą części łączą się bez trudu. Do



Rys. 24-15. Schemat zgrzewania punktowego

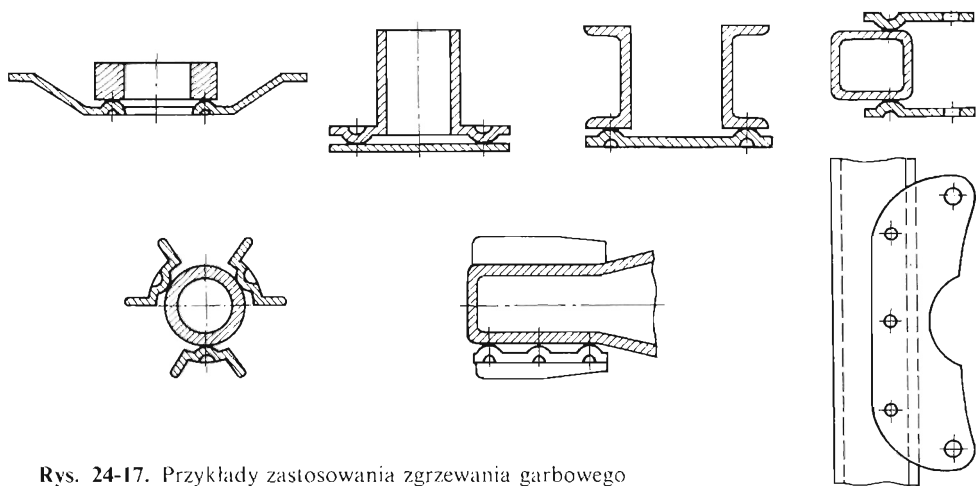


Rys. 24-16. Schemat zgrzewania liniowego

zgrzewania stosuje się prąd o stosunkowo niskim napięciu, lecz o dużym natężeniu dochodzącym do kilku tysięcy amperów.

Zgrzewanie punktowe stosuje się do łączenia cienkich blach. Łączone brzegi blachy zaciska się dwiema elektrodami dociskowymi *I* w kształcie kłów (rys. 24-15), które zapewniają jednocześnie docisk łączonych części i przepływ prądu przez złącze. Złącze powstaje w jednym punkcie wskutek połączenia się rozgrzanego przepływającym prądem metalu.

Zgrzewanie liniowe jest stosowane tam, gdzie zależy nam na szczelności szwu. Wykonuje się je za pomocą specjalnych zgrzewarek liniowych, w których elektrody mają kształty krążków (rys. 24-16). Krążki, z których górny jest napędzany silnikiem, obracają się i przesuwają między sobą łączone blachy.



Rys. 24-17. Przykłady zastosowania zgrzewania garbowego

Zgrzewanie garbowe wymaga uprzedniego przygotowania części zgrzewanych. W tym celu w jednej z blach wytłacza się garby w kształcie stożka (rys. 24-17).

24.8. Bhp podczas spawania i zgrzewania metali

Podczas spawania elektrycznego w łuku powstają trzy rodzaje promieni: widzialne promienie świetlne, niewidzialne promienie ciepłne oraz niewidzialne promienie ultrafioletowe. Te ostatnie promienie są bardzo niebezpieczne, ponieważ działają szkodliwie na oczy, podrażniają spojówkę i powodują jej zapalenie. Nie należy więc patrzeć na łuk elektryczny wprost, lecz przez szkło w tarczy ochronnej lub przyłbicy, ewentualnie przez odpowiednie okulary.

Przy spawaniu gazowym w pobliżu stanowiska roboczego powinno stale znajdować się naczynie napełnione wodą do ochładzania palnika. Wytwornice przenośne powinny być w miarę możliwości ustawione w oddzielnych pomieszczeniach.

Odległość butli od płomienia palnika spawacza powinna wynosić co najmniej 1 m. Zawory redukcyjne wolno odmrażać tylko za pomocą pary lub gorącej wody.

Węże doprowadzające gazy do palnika powinny mieć długość co najmniej 5 m. Nie wolno smarować części palników i zaworów butli smarem lub oliwą. Do oczyszczania wylotu końcówki palnika z osadu tlenków trzeba używać kawałka zwęglonego drewna.

Jest zabronione przechowywanie w spawalni materiałów łatwo palnych, wykonywanie prac spawalniczych w odległości mniejszej niż 5 m od materiałów łatwo palnych. Spawaczowi zabrania się spawać lub ciąć bez okularów ochronnych, tarczy lub przyłbicy.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Metalem rodzimym nazywa się: **a)** metal części łączonych? **b)** metal ze stopionego spoiwa? **c)** metal ze stopionej elektrody?
2. Elektrody cienko otulone stosuje się przeważnie do spawania: **a)** blach grubych? **b)** blach cienkich? **c)** materiałów pod topnikiem w atmosferze gazów ochronnych?
3. Spawanie atomowe jest spawaniem: **a)** elektrodą topliwą w osłonie dwutlenku węgla? **b)** dwiema elektrodami wolframowymi, którymi jarzy się łuk w osłonie wodoru? **c)** łukiem krytym pod warstwą topnika?
4. W transformatorach spawalniczych napięcie sieciowe (220 lub 380 V) zostaje obniżone do napięcia: **a)** 120 V? **b)** 45 V? **c)** 70 V? **d)** 150 V?
5. Dla elektrod o średnicy do 3,25 mm przyjmuje się natężenie prądu: **a)** około 40 A na 1 mm elektrody? **b)** około 50 A na 1 mm elektrody? **c)** około 30 A na 1 mm elektrody?
6. Które promienie łuku elektrycznego są bardzo szkodliwe dla spawacza: **a)** promienie ciepłe? **b)** promienie ultrafioletowe? **c)** promienie świetlne?
7. Dopuszczalne ciśnienie robocze w butlach acetylenowych wynosi: **a)** 1,5 MPa? **b)** 2,5 MPa? **c)** 5 MPa? **d)** 0,5 MPa?
8. W jednym litrze acetonu pod ciśnieniem 0,1 MPa rozpuszcza się: **a)** 50 litrów acetylenu? **b)** 30 litrów acetylenu? **c)** 23 litry acetylenu? **d)** 16 litrów acetylenu?
9. Aby zapalić palnik trzeba: **a)** najpierw otworzyć zawór do acetylenu, a następnie do tlenu? **b)** najpierw otworzyć zawór do tlenu, a następnie do acetylenu? **c)** jednocześnie otworzyć zawór do tlenu i acetylenu?
10. Spawanie powinno się odbywać płomieniem: **a)** utleniającym? **b)** nawęglającym? **c)** redukującym?
11. Przy metodzie spawania w lewo palnik przesuwają się: **a)** z prawej strony do lewej? **b)** z lewej strony do prawej? **c)** z lewej strony do dołu?
12. Węże doprowadzające gazy do palnika powinny mieć długość co najmniej: **a)** 10 m? **b)** 5 m? **c)** 7 m? **d)** 3 m?

25 Dokładne przyrządy pomiarowe i sposoby pomiarów

25.1. Płytki wzorcowe

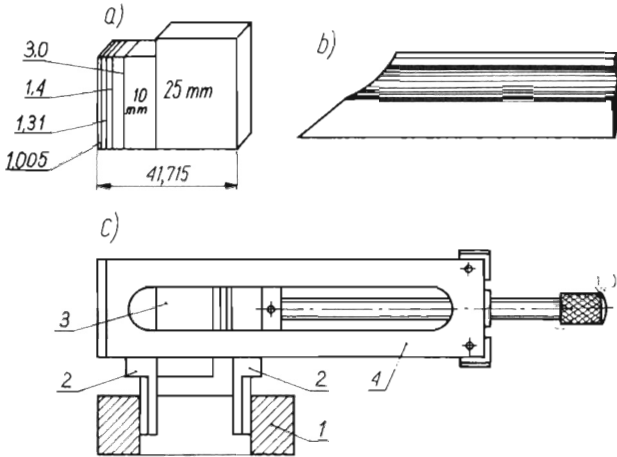
Płytką wzorcową (płytką Johanssona) stanowi wzorzec długości wykonany w postaci prostokątnej stalowej płytki, w której odległość dwóch płaskich równoległych powierzchni odtwarza określoną długość; wartość tej długości jest oznaczona na płytkach wzorcowych. Płytki wykonuje się ze stali odpornej na ścieranie i korozję. Płytki wzorcowe można składać w stosy o dowolnych wymiarach. Dokładność płytek wzorcowych dochodzi do dziesiątych części mikrometra, dzięki czemu błąd wymiaru złożonego z kilku płytek wzorcowych może być na ogół pominięty. Polska norma PN-83, M-53101 ustala **cztery klasy dokładności płytek** wzorcowych oznaczone wg malejącej dokładności symbolami cyfrowymi: **00; 0; 1; 2** oraz dodatkowo — klasę **K** dla płytek wzorcowych przeznaczonych do stosowania w pomiarach porównawczych.

Rozróżnia się następujące komplety płytek wzorcowych: **mały 47** płytek wzorcowych, **średni 76** płytek wzorcowych, **duży 103** płytki wzorcowe, **duży rozszerzony 112** płytek wzorcowych oraz różne **komplety uzupełniające**. Wymiary nominalne płytek wzorcowych są stopniowane zależnie od wymiaru co 0,001, 0,01, 0,1, 0,5, 1, 10, 25, 50 i 100 mm. Płytki wzorcowe z najdokładniejszego kompletu nazywają się **płytkami wzorcowymi podstawowymi**. Każda płytka w komplecie ma inny wymiar nominalny, dzięki czemu wykorzystując jeden komplet można składać stosy różnej wysokości. W Polsce każdy komplet płytek wzorcowych podstawowych powinien być raz na rok sprawdzony.

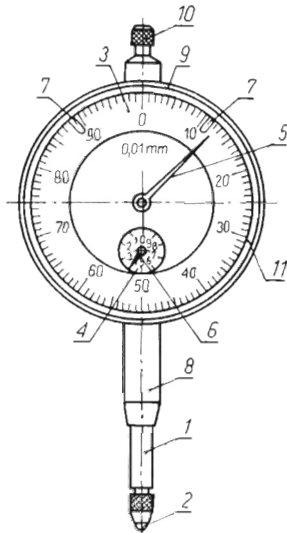
Pomiary

W celu dokonania pomiaru przedmiotu płytki wzorcowe składa się w stos o odpowiednich wymiarach, a następnie ustawiony na płaskiej płycie porównuje się za pomocą **liniału krawędziowego** lub **czujnika** z mierzonym przedmiotem. Jeżeli szczelina świetlna utworzy się między liniałem a powierzchnią stosu, oznacza to, że stos płytek jest niższy od mierzonego przedmiotu; wówczas zastępuje się jedną z płytek stosu płytką większą. W przypadku gdy szczelina świetlna utworzy się między liniałem a przedmiotem, oznacza to, że stos jest wyższy; w tym przypadku jedną z płytek zastępuje się mniejszą płytką (**rys. 25-1a, b**).

Do pomiaru otworów za pomocą płytek wzorcowych używa się specjalnych **uchwyty** wyposażonych w szczęki (**rys. 25-1c**). Uchwyt 4 jest wyposażony w szczęki 2 mające kształt połowy walca o średnicy wykonanej z taką samą dokładnością jak płytki wzorcowe, ponieważ tworzą część stosu pomiarowego. Pomiaru średnicy otworu przedmiotu 1 dokonuje się wymieniając kolejno płytki 3 aż do uzyskania stosu, który umożliwi wprowadzenie szczęk do otworu.

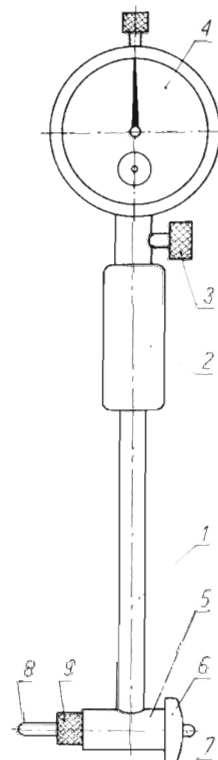


Rys. 25-1. Płytki wzorcowe: a) wymiar 41,715 mm złożony z kilku płytek, b) liniał krawędziowy, c) pomiar otworu za pomocą płytek wzorcowych



Rys. 25-2. Czujnik zegarowy

1 — trzpień pomiarowy, 2 — końcówka trzpienia, 3 — tarcza z podziałką, 4 — podziałka pomocnicza, 5 — wskazówka duża, 6 — wskazówka mała, 7 — ustawne wskaźniki tolerancji, 8 — tuleja trzpienia, 9 — pierścień do nastawienia tarczy, 10 — końcówka chwytna do unoszenia i opuszczania trzpienia pomiarowego, 11 — obudowa



Rys. 25-3. Średnicówka czujnikowa

1 — trzonek, 2 — rękojęść, 3 — śruba zaciskowa czujnika, 4 — czujnik zegarowy, 5 — osłona mechanizmu przekąźnikowego, 6 — poprzeczka środkująca, 7 — przesuwana końcówka pomiarowa, 8 — wymienna końcówka, 9 — nakrętka zamocowująca końcówkę 8

25.2. Czujniki

Wiadomości ogólne

Czujnik jest to przyrząd pomiarowy, w którym niewielka zmiana wielkości mierzonej powoduje zmianę wskazania w takim stopniu powiększoną, aby ją można było łatwo zaobserwować i wyznaczyć. Czujnik jest stosowany do pomiaru małych odchyłek wielkości mierzonych od wzorca odniesienia lub do wyznaczania błędów kształtu i położenia przedmiotów (np. do sprawdzania dokładności obrabiarek).

Przekładnia czujnika, stanowiąca urządzenie zwiększające wielkość wskazania czujnika w stosunku do wielkości mierzonej, może być układem mechanicznym (mechanizmem dźwigniowym, zębatym, dźwigniowo-śrubowym itp.), optycznym, interferencyjnym, elektrycznym, pneumatycznym, hydraulicznym itp.; może być też złożona z dwóch lub więcej takich układów.

Do najczęściej stosowanych czujników należą: zegarowe, dźwigniowe (minimetry), dźwigniowo-zębate i optyczne (optimetry).

Przełożenie czujnika wynosi od 100 (w czujnikach dźwigniowych) do 100 000 (w czujnikach elektrycznych i pneumatycznych).

Czujniki zegarowe

Czujniki zegarowe znalazły szerokie zastosowanie w pracach warsztatowych, zwłaszcza przy odbiorze i kontroli maszyn. Czujniki te są stosowane do sprawdzania kształtu geometrycznego elementu, prawidłowości wzajemnego położenia elementu w zespole, prawidłowości zamocowania obrabianej części w maszynie, „bicia” wału korbowego w silniku, tarczy koła w samochodzie itp.

Czujnik zegarowy (**rys. 25-2**) składa się z obudowy 11, tarczy z podziałką 3, wskazówki 5, końcówki trzpienia pomiarowego 2, wskaźników tolerancji 7 ustawionych na odchyłki dolną i górną, trzpienia pomiarowego 1. Na tarczy z podziałką, którą można obracać i ustawiać w dowolnym położeniu, znajduje się licznik przesunięć trzpienia w milimetrach, wyposażony we wskazówkę 6 i podziałkę 4.

Obwód tarczy 3 czujnika jest podzielony na 100 równych części, z których każda odpowiada przesunięciu się końcówki pomiarowej o 0,01 mm. Na przykład jeżeli wskazówka 5 obróci się o 25 działek tarczy, oznacza to, że końcówka pomiarowa przesunęła się o 0,25 mm, ponieważ $0,01 \times 25 = 0,25$ mm.

Czujniki zegarowe umieszcza się zwykle na statywie. Wartość działki elementarnej wynosi najczęściej 0,01 mm, a zakres pomiarowy $0 \div 10$ mm.

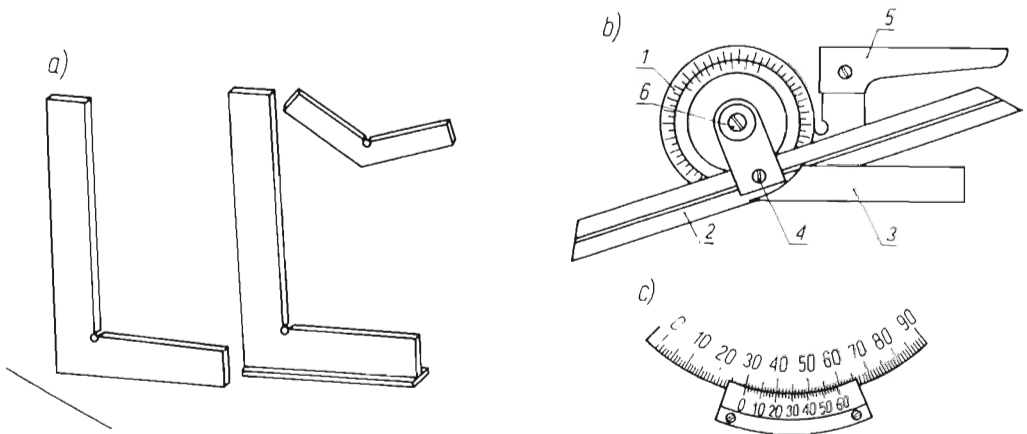
Średnicówki pomiarowe

Średnicówka czujnikowa (**rys. 25-3**) umożliwia wykorzystanie czujnika zegarowego do pomiaru wymiarów wewnętrznych metodą pośrednią. Średnicówka ta jest używana do dokładnego pomiaru średnic głębokich otworów i wyznaczania

ich błędów kształtu. Średnicówki czujnikowe są wykonywane w kompletach z wymiennymi końcówkami pomiarowymi, umożliwiającymi pomiar średnic w zakresach $6 \div 10$, $10 \div 18$, $18 \div 35$, $35 \div 50$, $50 \div 100$, $100 \div 160$, $160 \div 250$ mm, a niekiedy i większych.

25.3. Przyrządy do pomiaru kątów

Wszelkie kąty mierzy się za pomocą **kątowników stałych** lub **kątomierzy uniwersalnych** (rys. 25-4).



Rys. 25-4. Kątowniki: a) kątowniki stałe, b) kątomierz nastawny, c) skala kątomierza z noniusem
 1 — podzielnia z podziałką główną, 2 — ramię pomiarowe ruchome, 3 — ramię pomiarowe nieruchome, 4 — zacisk ustalający wysunięcie ramienia ruchomego, 5 — poprzeczka ramienia nieruchomego, 6 — zacisk ustalający położenie katowe ramienia ruchomego

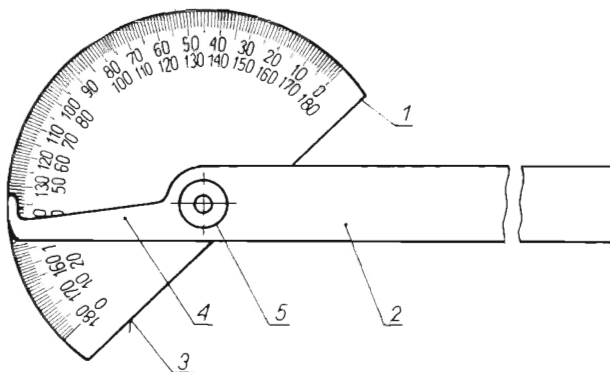
Kątomierzem nazywa się przyrząd do pomiarów i odmierzenia kątów. Do odmierzenia kątów na rysunkach służą **kątomierze rysunkowe** w postaci półkola lub koła z naniesioną na obrysu podziałką kątową. Do pomiarów warsztatowych stosuje się **mechaniczne kątomierze** kabłąkowe i uniwersalne oraz kątomierze **optyczne** i **z poziomnicą**. Błąd odczytania kątomierza kabłąkowego nie przekracza $\pm 20'$, kątomierza uniwersalnego z noniusem — $\pm 5'$.

Kątomierz optyczny umożliwia obserwację podziałki przez lupę znajdującą się w jego obudowie (dokładność odczytań wynosi $\pm 5'$).

Kątomierz z poziomnicą służy do pomiarów kątów pochylenia w stosunku do poziomu. Pomiar takim kątomierzem polega na doprowadzeniu poziomnicy do takiego położenia, aby pęcherzyk powietrza ustawił się na zerze i odczytaniu wskazania noniusza na podziałce kątowej.

Kątomierz zwykły

W pracach warsztatowych najczęściej stosuje się kątomierze zwykłe i uniwersalne. Kątomierz warsztatowy zwykły (mechaniczny), pokazany na rys. 25-5,



Rys. 25-5. Kątomierz warsztatowy zwykły

1 — podzielnia, 2 — pomiarowe ramię ruchome, 3 — krawędź pomiarowa podzielnii, 4 — ramię wskazówki, 5 — zacisk ramienia ruchomego

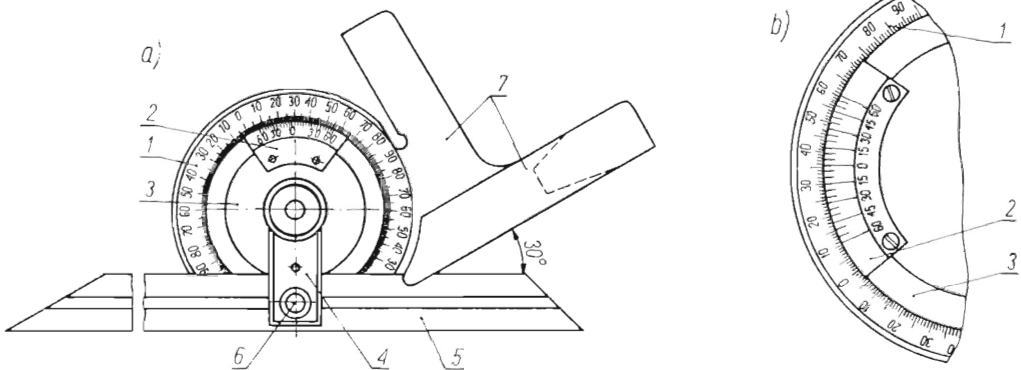
ma wartość działki elementarnej wynoszącą 1'. Chcąc nim dokonać pomiaru należy:

- złuzować zacisk 5 ramienia ruchomego 2 tak, aby docisk był wystarczający do utrzymania się ramienia,
- ustawić ramie 2 i krawędź 3 tak, aby ich pochylenie odpowiadało w przybliżeniu mierzonemu kątowi,
- przystawić kątomierz do mierzonego kąta i poprawiać rozwartość ramion dopóty, aż uzyska się prawidłowe przyleganie krawędzi pomiarowych do powierzchni tworzących kąt mierzony; między ramionami a przedmiotem nie powinno być prześwitu,
- sprawdzić prawidłowość przylegania krawędzi pomiarowych kątomierza do przedmiotu, dokręcić zacisk 5 i po zdjęciu kątomierza odczytać na podziałce kąt wskazówką końcówką ramienia 4.

Kątomierz uniwersalny

Kątomierz uniwersalny (rys. 25-6a) jest wyposażony w dwie współśrodkowo osadzone podzielnie. Większa podzielnia 1 ma podziałkę w stopniach. Noniusz kątowy 2 znajduje się na podzielni mniejszej 3, która może się obracać wokół osi. Z ramienia 4 jest połączony liniał 5 ze ściętymi końcami. Liniał 5, po złuzowaniu zacisku 6, może być przesuwany i ustalany tym zaciskiem w dowolnym położeniu. Podzielnia 1 stanowi całość z korpusem 7; jest ona podzielona na 4 łuki po 90°. Liczbę stopni odczytuje się na podzielni 1, czyli na podziałce głównej, licząc od zera w prawo lub w lewo od zerowej kreski noniusza.

Łuk noniusza 2 jest podzielony na 12 działek w obie strony od kreski zerowej (rys. 25-6b). Co trzecia działka jest oznaczona liczbami 15, 30, 45, 60, które oznaczają minuty. Gdy zerowa kreska noniusza zostanie ustawiona na wprost zerowej kreski podziałki głównej, to ostatnia kreska noniusza, oznaczona liczbą 60, zejdzie się z 23 kreską podziałki głównej. Oznacza to, że 12 działkom



Rys. 25-6. Kątomierz uniwersalny

noniusza odpowiada $23'$, a jednej działce noniusza $\frac{23}{12} = 1^{\circ}55'$. Różnica między dwiema działkami podziałki głównej (tzn. 2°) a jedną działką noniusza wynosi $2^{\circ} - 1^{\circ}55' = 5'$.

W celu określenia zmierzonego kąta odczytuje się na podziałce głównej stopnie, a na podziałce noniusza minuty.

Kątomierz uniwersalny czujnikowy

Do dokładnych pomiarów i odtwarzania kątów jest stosowany kątomierz uniwersalny, wyposażony w czujnik. Oprócz tego kątomierz ten jest wyposażony w podstawę do mocowania kątomierza i liniał do pomiaru małych kątów.

25.4. Sprawdziany, ich podział i zastosowanie

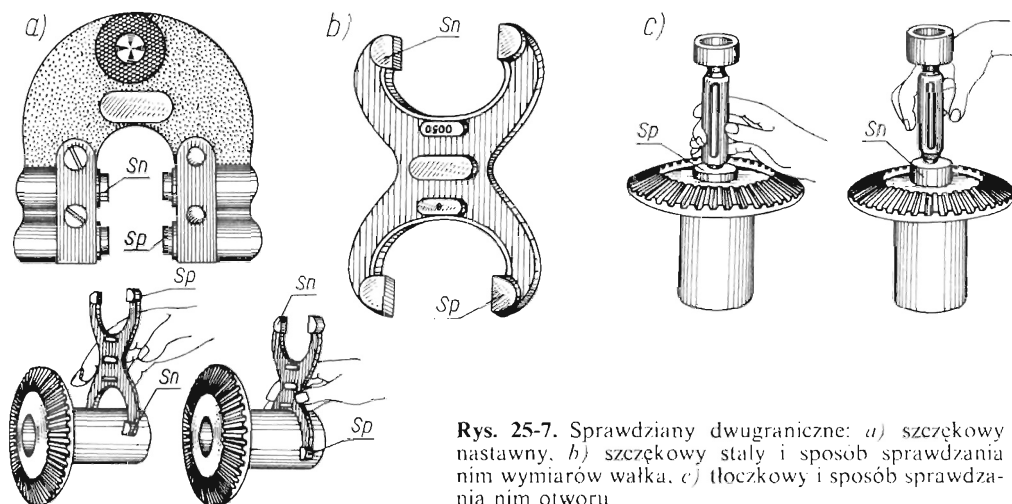
Sprawdzianem nazywa się narzędzie kontrolne do stwierdzenia czy wymiar, kształt lub działanie sprawdzonego przedmiotu nie wykraczają poza granice przewidzianej tolerancji.

Sprawdziany są stosowane w produkcji seryjnej i masowej do sprawdzania dużej liczby elementów o tych samych wymiarach.

Rozróżnia się sprawdziany **stałe** — przeznaczone do sprawdzania określonego wymiaru, sprawdziany **nastawne** — nastawiane na żądane wymiary w pewnym zakresie i sprawdziany czujnikowe — zawierające różnego rodzaju czujniki.

Sprawdziany przeznaczone do sprawdzania jednej granicznej wartości wymiaru (największej lub najmniejszej) są nazywane **jednogranicznymi**, np. tłoczek do sprawdzania najmniejszego wymiaru otworu albo szczeka do sprawdzania największego wymiaru wałka. Sprawdziany **dwugraniczne**, np. w postaci tłoczków zamocowanych na końcach rękojeści lub dwustronnych szczek, umożliwiają

sprawdzanie, czy wymiar wykonanego przedmiotu znajduje się w przewidzianych dla niego granicach. Każdy sprawdzian dwugraniczny ma stronę **przechodnią** i **nieprzechodnią**, np. tłoczek strony przechodniej powinien wchodzić do otworu, a szczęka powinna obejmować przedmiot; natomiast element roboczy strony nieprzechodniej sprawdzianu nie powinien w przedmiot wchodzić lub obejmować go.



Rys. 25-7. Sprządziany dwugraniczne: a) szczękowy nastawny, b) szczękowy stały i sposób sprawdzania nim wymiarów wałka, c) tłoczkowy i sposób sprawdzania nim otworu

Sprządziany dwugraniczne szczękowe przedstawiono na **rys. 25-7a, b**.

Na **rys. 25-7c** pokazano dwugraniczny sprządzian tłoczkowy. Tłoczek dłuższy powinien wchodzić do otworu pod wpływem własnego ciężaru bez użycia siły. Jest on wykonany wg dolnego wymiaru otworu i oznacza się go *Sp* (strona przechodnia). Tłoczek krótszy na drugim końcu sprawdzianu nie powinien wchodzić do otworu, gdyż jest wykonany wg wymiaru górnego i oznacza się go *Sn* (strona nieprzechodnia).

25.5. Mikroskop warsztatowy

Wiadomości ogólne

Mikroskopem nazywa się przyrząd optyczny umożliwiający otrzymywanie silnie powiększonych (10 ÷ 2000 razy) obrazów małych przedmiotów i ich szczegółów, nie rozróżnianych gołym okiem (mniejszych od około 0,08 mm). Mikroskopy dzieli się na **proste**, będące w zasadzie lupami o dużym powiększeniu, oraz **złożone**, zwane mikroskopami.

Współczesny mikroskop składa się z 3 zasadniczych układów: 1) układu oświetlającego, służącego do oświetlenia badanego obiektu światłem sztucznym lub naturalnym, zawierającego zwierciadełko i kondensator, 2) układu optycznego, składającego się z obiektywu i okularu, zamocowanych w tubie, 3) statywu

z układem mechanicznym umożliwiającym wzajemne przesuwanie przedmiotu, obiektywu i okularu (przesuwany stolik przedmiotowy, rozsuwany tubus, śruby regulacyjne).

Mikroskop warsztatowy

Mikroskop warsztatowy stanowi przyrząd optyczny do bezdotykowych pomiarów długości i kątów. Mikroskop warsztatowy składa się z mikroskopu właściwego i stolika pomiarowego, na którym umieszcza się mierzony przedmiot. Stolik jest umieszczony na saniach i może być przesuwany w dwóch prostopadłych kierunkach. Dane liczbowe, określające położenie stolika odczytuje się podobnie jak w mikrometrze, albo za pomocą płytek wzorcowych wkładanych między nieruchomą płytkę oporową a zderzak sań.

Mikroskopy warsztatowe są przeznaczone dla oddziałów produkcyjnych, dla laboratoriów i izb pomiarowych; służą one do bardzo dokładnych pomiarów. Mikroskopy te są wykonywane w dwóch odmianach: **male** (bez stolika obrotowego) o zakresie pomiarowym 25×75 mm, **duże** (ze stolikiem obrotowym) o zakresie pomiarowym 50×150 mm. Średnia dokładność pomiaru długości mikroskopem warsztatowym wynosi $5 \div 10$ mikrometrów.

25.6. Elektroniczne przyrządy pomiarowe

Do elektronicznych przyrządów pomiarowych zalicza się m.in. **czujniki indukcyjne**. Są one przeznaczone do dokonywania dokładnych pomiarów odchyłek wymiarów długości i kąta metodą porównania z wymiarem wzorcowym. Głównie są one przeznaczone do kontroli odchyłek wymiarów części maszyn i urządzeń w warunkach produkcyjnych i laboratoryjnych.

Czujniki indukcyjne są stosowane najczęściej: we wszelkiego rodzaju podstawach pomiarowych ze stolikami, w przyrządach pomiarowych jedno- lub wielowymiarowych, w automatach i półautomatach kontrolno-sortujących, w przyrządach do kontroli czynnej z możliwością sterowania obrabiarek.

Zasada działania czujnika

Praca czujnika indukcyjnego polega na przetwarzaniu zmian parametru liniowego w zmiany parametru elektrycznego. Stosuje się różnicową metodę pomiaru w układzie mostkowym. Prostoliniowy odcinek charakterystyki jest odcinkiem pracy czujnika. Mostek pomiarowy, którego częścią jest głowica pomiarowa, jest zasilany prądem przemiennym z generatora. Przesunięcie trzpienia pomiarowego głowicy powoduje zakłócenie stanu mostka i wystąpienie na jego wierzchołkach napięcia zmiennego, którego amplituda jest proporcjonalna do wielkości przesunięcia. Przy przejściu przez stan równowagi (punkt zerowy mostka) następuje zmiana fazy o 180° . Dzięki temu uzyskuje się odpowiednią polaryzację

sygnału, zależną od usytuowania trzpienia w stosunku do punktu zerowego i odpowiednie wskazanie czujnika + lub -.

Sygnal z mostka po wzmocnieniu jest przekazywany do detektora fazowego. Stąd, po porównaniu z sygnałem podstawowym i po wyprostowaniu, jest doprowadzony do miernika wychyłkowego lub do przetwornika analogowo-cyfrowego. Równolegle sygnał jest przekazywany do selektora składającego się z przerzutników elektronicznych o nastawnych napięciach zadziałania. Przekraczanie napięć powoduje zadziałanie przekaźników sygnalizacji i sterowania (rys. 25-8b). W zależności od zakresu zadań czujnika mogą być wprowadzone dodatkowe bloki.

Budowa czujnika

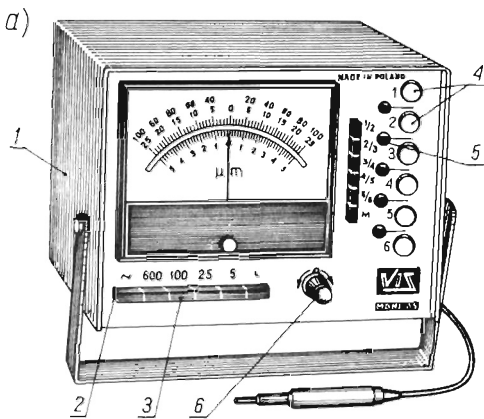
Czujnik indukcyjny składa się z indukcyjnej głowicy pomiarowej oraz ze wskaźnika. Wyodrębniony z mostka pomiarowego zespół dwóch toroidalnie nawiniętych cewek różnicowych, z zespołem mechanicznym przesuwu trzpienia pomiarowego, stanowi głowicę pomiarową. Z trzpieniem pomiarowym jest związany rdzeń z materiału ferromagnetycznego przesuwany się wewnątrz cewek. Pozostałą część układu elektronicznego stanowi wskaźnik.

Budowa czujnika indukcyjnego jest funkcją jego zadań. Zadaniem głowicy pomiarowej jest przetworzenie przesunięcia trzpienia określonej wartości w proporcjonalny sygnał elektryczny. Głowica nie ma elementów nastawczych ani regulacyjnych, a jej budowa zależy od zadań metrologicznych.

Zadaniem wskaźnika jest przetworzenie uzyskanego z głowicy sygnału na informacje o wyniku pomiaru oraz na sygnały wyjściowe. Do **informacji** należą: 1) wskazania liczbowej wartości odchyłki od wymiaru nominalnego lub wzorcowego; wartość odchyłki jest wykazywana przez wychyłowy miernik (rys. 25-8a) wycechowany w jednostkach długości (μm) lub przez wyświetlacz cyfrowy (również w μm); 2) sygnalizacja świetlna informująca skrótowo w sposób przyspieszony o tym, w którym podzakresie (grupie selekcyjnej lub wymiarowej) zakresu pomiarowego jest zawarta odchyłka wymiaru. Zakres pomiarowy czujnika może być podzielony na liczbę podzakresów równą liczbie punktów świetlnych wskaźnika.

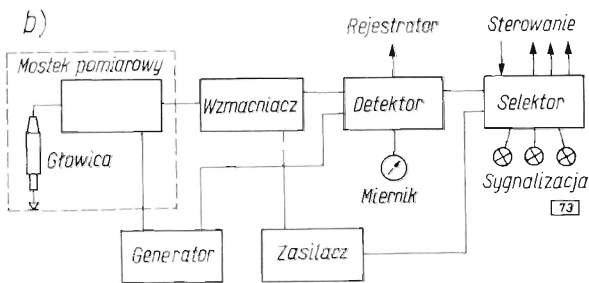
Do **sygnałów wyjściowych** należą: 1) zdolność sterowania współpracujących urządzeń elektrycznych przez zamykanie kolejnych obwodów elektrycznych zespołów wykonawczych tych urządzeń, np. elektromagnesów; układ sterowania jest wspólny z układem sygnalizacji, tak że każdemu sygnałowi odpowiada jeden przyporządkowany obwód sterowania; 2) zdolność wytwarzania sygnału wyjściowego dla rejestratora wyniku pomiaru.

W czujnikach zastosowano dwa rodzaje tarcz, zgodnie z występującymi zakresami pomiarowymi. Wychylenie wskazówki w lewo od zera wyznacza odchyłki ujemne, a wychylenie w prawo wyznacza odchyłki dodatnie. Wskaźniki są wyposażone w przełącznik L/P zmiany kierunku wskazań, przeznaczony do stosowania w przypadkach występowania położenia zmieniającego kierunek przesuwu trzpienia pomiarowego głowicy w stosunku przedmiotów. Prze-



Rys. 25-8. Czujnik indukcyjny: a) widok, b) schemat budowy czujnika

1 — miernik, 2 — wyłącznik sieciowy, 3 — przełącznik zakresów, 4 — sygnały świetlne, 5 — nastawienie selektorów, 6 — pokrętło kompensacji zera



łącznik ustawia się tak, aby zmniejszeniu wymiaru towarzyszył kierunek ruchu wskazówki w lewo i odwrotnie. Eliminuje się dzięki temu mylną ocenę wyniku pomiaru.

Każdy wskaźnik jest wyposażony w pokrętło kompensacji zera (rys. 25-8a, b). Jest ono wykorzystywane w tych przypadkach, gdy mechaniczne wyzerowanie czujnika sprawia trudności. Zakres kompensacji zera jest ograniczony.

Pokręta nastawiania selektora są zlokalizowane na płycie przedniej w pobliżu lampek sygnalizacyjnych. Pokręta są przystosowane do nastawiania wkrętakiem przez chroniony otwór. Wciśnięcie towarzyszącego pokrętłu klawisza powoduje wskazanie wartości odchyłki, przy przekroczeniu której nastąpi przełączenie sygnalizacji i sterowania określonej pary sygnałów selektora. W nowych typach czujników cyfrowych do nastawiania selektora zastosowano przełączniki kodowe, za pomocą których są nastawiane założone wartości odchyłek granicznych.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Dokładność płytek wzorcowych dochodzi do: a) dziesiątych części milimetra? b) dziesiątych części mikrometra? c) dwudziestych części milimetra?
2. Duży komplet płytek wzorcowych zawiera: a) 76 płytek? b) 47 płytek? c) 103 płytki? d) 125 płytek?
3. Czujnik stosowany jest: a) do wyznaczania błędów kształtu i położenia przedmiotów? b) do pomiaru długości? c) do pomiaru szerokości?

4. Zakres pomiarowy czujnika zegarowego wynosi: **a)** $0 \div 10$ mm? **b)** $1 \div 29$ mm? **c)** $1 \div 50$ mm?
5. Wartość działki elementarnej czujnika zegarowego wynosi zazwyczaj: **a)** 0,01 mm? **b)** 0,03 mm? **c)** 0,05 mm? **d)** 0,07 mm?
6. Dokładność odczytu kątomierza optycznego wynosi: **a)** $\pm 15''$? **b)** $\pm 10''$? **c)** $\pm 25''$? **d)** $\pm 5''$?
7. Mikroskop warsztatowy powiększa obraz małych przedmiotów do około: **a)** 1000 razy? **b)** 2000 razy? **c)** 3000 razy? **d)** 5000 razy?
8. Czujnik indukcyjny zaliczany jest do: **a)** pneumatycznych przyrządów pomiarowych? **b)** mechanicznych przyrządów pomiarowych? **c)** hydraulicznych przyrządów pomiarowych? **d)** elektronicznych przyrządów pomiarowych?

26 Toczenie

26.1. Wiadomości ogólne

Obrabiarką nazywa się maszynę do kształtowania przedmiotów z różnych materiałów konstrukcyjnych za pomocą zamocowanych w niej narzędzi.

Podział obrabiarek

W zależności od metody kształtowania przedmiotów na obrabiarce rozróżnia się obrabiarki **do obróbki plastycznej** i **skrawające**.

Praca obrabiarek **do obróbki plastycznej** polega na odkształcaniu plastycznym materiału w celu nadania mu określonego kształtu. Do obrabiarek tych należą: giętarki, kowarki, kuźniarki, młoty, prasy, wyoblarki, żłobiarki i inne.

Obrabiarki skrawające są stosowane do nadawania obrabianemu przedmiotowi wymaganego kształtu przez oddzielenie nadmiaru materiału w postaci wiórów. Do obrabiarek tych należą: tokarki, wiertarki, frezarki, strugarki, szlifierki i inne.

W zależności od zastosowania rozróżnia się obrabiarki:

- **ogólnego przeznaczenia** umożliwiające wykonywanie różnorodnych prac w produkcji jednostkowej i małoseryjnej,
- **specjalizowane** przewidziane do wykonywania określonych robót w węższym zakresie, np. tokarko-kopiarki, frezarki,
- **specjalne** stosowane w określonych gałęziach przemysłu, np. tokarki dla kolejnictwa do obróbki kół wagonowych, tokarki dla przemysłu hutniczego do obróbki walców hutniczych lub przeznaczone do obróbki określonych przedmiotów.

Zależnie od kształtu i wymaganej chropowatości powierzchni przedmiotu stosuje się różne rodzaje i sposoby obróbki skrawaniem. Różnią się one między sobą stosowanymi narzędziami oraz charakterem ruchów, które wykonują narzędzia i przedmiot obrabiany.

Sposoby obróbki skrawaniem

Rozróżnia się podstawowe sposoby obróbki skrawaniem: toczenie, struganie, wiercenie, frezowanie, szlifowanie.

Toczenie. Przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy, narzędzie zaś (nóż tokarski) przesuwa się równoległe do osi obrotu przedmiotu lub prostopadłe do niej, bądź też wykonuje oba te ruchy łącznie. Toczenie stosuje się głównie w celu utrzymania powierzchni walcowych, stożkowych lub kulistych.

Struganie. Przedmiot i narzędzie wykonują ruchy prostoliniowe, stosuje się je przede wszystkim do wykonywania płaszczyzn.

Wiercenie. Narzędzie (wiertło) wykonuje ruch obrotowy i jednocześnie prostoliniowy postępowy ruch posuwowy. Ten rodzaj obróbki służy do wykonywania otworów.

Frezowanie. Narzędzie (frez) wykonuje ruch obrotowy, przedmiot obrabiany przesuwa się prostoliniowo; przedmiot obrabiany może wykonywać również ruchy prostoliniowy i obrotowy jednocześnie.

Szlifowanie. Narzędzie (ściernica) wykonuje szybki ruch obrotowy. Przedmiot obrabiany porusza się bądź ruchem prostoliniowym (szlifowanie płaszczyzn), bądź obrotowym (szlifowanie powierzchni walcowych).

Oprócz podanych sposobów obróbki skrawaniem znane są inne, np. **dłutowanie, przeciąganie, gładzenie, dogładzanie, docieranie.**

W zależności od uzyskanej dokładności kształtu, wymiarów i obrabianej powierzchni rozróżnia się następujące rodzaje obróbki skrawaniem: **zgrubna, średnio dokładna, dokładna i bardzo dokładna**, zwana wykańczającą.

26.2. Charakterystyka toczenia

Toczenie jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych sposobów obróbki skrawaniem, polegające na oddzielaniu nożem tokarskim warstwy materiału z przedmiotu, na obrabiarce zwanej **tokarką**.

Zależnie od kierunku ruchu posuwowego noża względem osi obrotu przedmiotu rozróżnia się toczenie: **wzdłużne** (kierunek posuwu noża równoległy do osi obrotu przedmiotu), **poprzeczne**, tzw. planowanie (kierunek posuwu prostopadły do osi obrotu przedmiotu) i **kopiowe**, tj. wg wzornika sterującego ruchem posuwowym noża po dowolnej w zasadzie linii. Toczenie może być wykonywane nożem pojedynczym lub jednocześnie kilkoma nożami zamocowanymi w jednym imaku (toczenie wielonożowe), co umożliwia zwiększenie wydajności obróbki.

Toczeniem kształtowym nazywa się toczenie krótkich brył obrotowych nie-cylindrycznych za pomocą noża, którego ostrze ma kształt tworzącej obrabianego przedmiotu.

26.3. Parametry toczenia

Na przebieg procesu toczenia mają duży wpływ główne parametry skrawania: **prędkość**, **głębokość skrawania** oraz **posuw**. Zależą od nich trwałość ostrza noża, opór skrawania i dokładność wymiarów obrabianej powierzchni.

Prędkością skrawania nazywa się stosunek drogi do czasu, w którym krawędź skrawająca narzędzia przesuwa się względem powierzchni obrabianego przedmiotu, w kierunku głównego ruchu roboczego.

Prędkość skrawania v podczas toczenia oblicza się wg wzoru

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

w którym: v — prędkość skrawania w m/min,

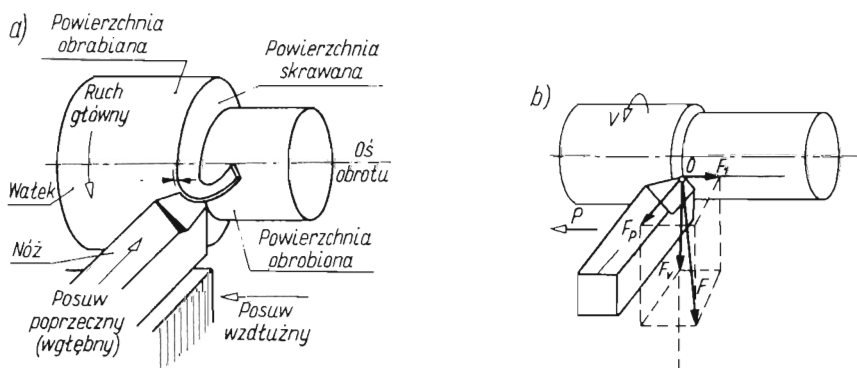
d — średnica przedmiotu obrabianego w mm,

n — prędkość obrotowa przedmiotu obrabianego w obr/min.

Prędkość skrawania, wyrażająca się prędkością obwodową obrabianej bryły w punkcie zetknięcia z ostrzem noża, wynosi przy toczeniu stali $40 \div 100$ m/min, a przy toczeniu materiałów miękkich i lekkich do 800 m/min, a niekiedy i więcej (toczenie szybkościowe).

Głębokością skrawania nazywa się grubość warstwy materiału usuwanej podczas jednego przejścia narzędzia skrawającego.

Posuwem nazywa się przesunięcie noża na jeden obrót przedmiotu, wynosi on od paru setnych mm do kilku mm na jeden obrót; przy toczeniu gwintów posuw równa się podziałce obrabianego gwintu. Posuw oznacza się literą p i wyraża najczęściej w milimetrach na obrót (mm/obr).



Rys. 26-1. Obróbka tokarska: a) zasada obróbki, b) składowe siły skrawania

Jak już wspomniano, podczas toczenia ruch posuwowy narzędzia może się odbywać w kierunku równoległym do prowadnic łoża tokarki i wówczas nazywa się go **posuwem wzdłużnym** (rys. 26-1a). Gdy nóż wykonuje ruch prostopadły do poprzedniego, to posuw nazywa się **poprzecznym**.

Siłą skrawania nazywa się taką siłę, z jaką ostrze narzędzia oddziałuje na materiał skrawany w celu oddzielenia od niego wióra. Siłę skrawania F przyłożoną do krawędzi skrawania można rozłożyć na trzy wzajemnie prostopadłe siły składowe (rys. 26-1b).

- Siłę F_t działającą w kierunku zgodnym z wektorem prędkości ruchu głównego v nazywa się **siłą obwodową** lub **siłą styczną** skrawania; jest to jednocześnie główna siła skrawająca brana pod uwagę przy obliczeniach mocy obrabiarki.
- Siłę F_f działającą zgodnie z wektorem prędkości ruchu posuwowego nazywa się **siłą posuwową** lub **poosiową skrawania**.
- Siłę F_p działającą w kierunku prostopadłym do powierzchni obrabianej nazywa się **siłą odporową** lub **pinową skrawania**.

26.4. Budowa i rodzaje noży tokarskich

Narzędzia skrawające

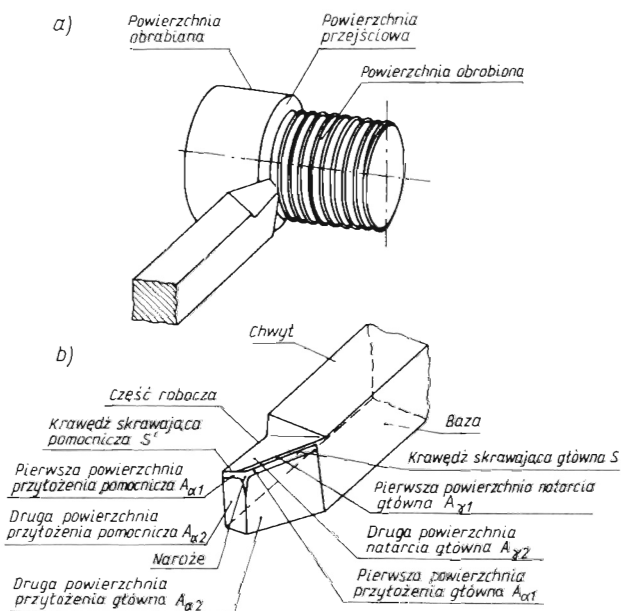
Narzędzia stosowane w różnych rodzajach obróbki skrawaniem różnią się między sobą wyglądem zewnętrznym. Jednakże część robocza tych narzędzi pra-

cjuje na podobnych zasadach, a ich ostrza są ukształtowane z takich samych elementów.

Najbardziej typowym i najczęściej używanym w obróbce skrawaniem narzędziem jest **nóż tokarski**. Na jego przykładzie najłatwiej można wyjaśnić geometrię narzędzia skrawającego i jej znaczenie.

Budowa noża tokarskiego

Nóż tokarski (rys. 26-2) składa się z dwu zasadniczych części (wg PN-92.M-01002/01): **korpusu** (części roboczej) i **chwytu** (części chwytowej).



Rys. 26-2. Nóż tokarski: a) powierzchnie przedmiotu obrabianego. b) krawędzie skrawające i powierzchnie części roboczej noża tokarskiego

Część chwytowa narzędzia służy do ustalania położenia narzędzia względem obrabiarki i jego zamocowania w imaku tokarki. Natomiast część robocza narzędzia obejmuje elementy konstrukcyjne, związane bezpośrednio z pracą narzędzia, a więc skrawaniem kształtującym i wykańczającym obrabianej powierzchni.

Powierzchnia natarcia stanowi powierzchnię splywu wióra oddzielnego od przedmiotu obrabianego i przejmuje cały nacisk tego wióra.

Powierzchnia przyłożenia jest to powierzchnia zwrócona do płaszczyzny obrabianej przedmiotu.

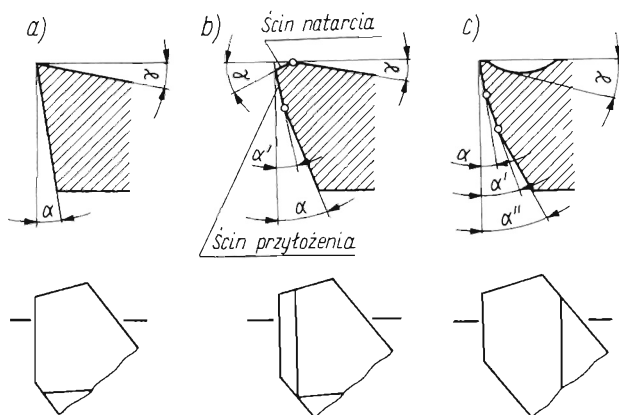
Ostrze jest to część narzędzia ograniczona powierzchniami natarcia i przyłożenia.

Krawędź skrawająca stanowi linię przecięcia powierzchni natarcia i przyłożenia. Rozróżnia się krawędź skrawającą główną i pomocniczą. **Główna krawędź skrawająca** stanowi część krawędzi skrawającej wyznaczonej przez przecięcie powierzchni natarcia z główną powierzchnią przyłożenia.

Naroże jest to punkt ostrza narzędzia w miejscu przecięcia się krawędzi skrawającej głównej z pomocniczą.

Geometria noża tokarskiego

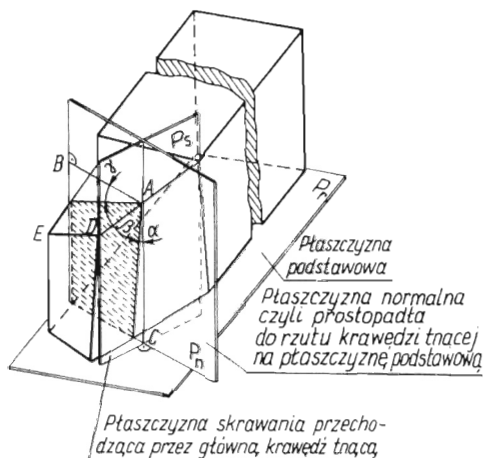
Powierzchnia **natarcia** i powierzchnia **przyłożenia** mogą w różnych narzędziach przybierać różne kształty. Kilka typowych kształtów pokazano **rys. 26-3**. Powierzchnie tworzące część roboczą noża są pochylone względem siebie pod pewnymi kątami. Zwymiarowanie tych kątów, znajdujących się w płaszczyznach rozmaicie usytuowanych w przestrzeni, wymaga wprowadzenia układu odniesienia, który by zapewniał jednoznaczne ich określenie.



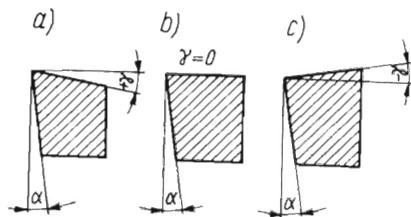
Rys. 26-3. Kształty powierzchni natarcia i przyłożenia: *a)* część robocza z płaską powierzchnią natarcia i bezścinową powierzchnią przyłożenia, *b)* część robocza noża z płaską powierzchnią natarcia ze ścinem oraz jednościnną powierzchnią przyłożenia, *c)* część robocza z wklęsłą powierzchnią natarcia i dwuścinną powierzchnią przyłożenia

Główne kąty noża są określane przez położenie powierzchni przyłożenia i natarcia. Można je otrzymać na płaszczyźnie przecinającej krawędź skrawającą w dowolnym punkcie *A* i poprowadzonej prostopadłe do płaszczyzny skrawania (na **rys. 26-4** zakreskowana).

Kąt przyłożenia α jest zawarty między prostopadłą *AC* do płaszczyzny podstawowej noża a powierzchnią przyłożenia.



Rys. 26-4. Główne kąty części roboczej noża tokarskiego

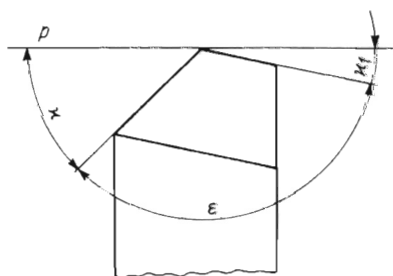


Rys. 26-5. Kąt natarcia: a) dodatni, b) zerowy, c) ujemny

Kąt natarcia γ jest zawarty między linią poziomą AB a powierzchnią natarcia. Kąt natarcia może przyjmować wartość dodatnią, ujemną lub równą zero (rys. 26-5).

Kąt ostrza β znajduje się między powierzchnią przyłożenia a powierzchnią natarcia.

Kąt skrawania δ jest sumą kątów przyłożenia i ostrza. Główne kąty noża spełniają równania $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.



Rys. 26-6. Kąty zarysu noża

Pomocnicze kąty ostrza noża określa się w podobny sposób. W płaszczyźnie podstawowej P_1 (rys. 26-6) są uwidocznione rzuty krawędzi skrawających na płaszczyznę. Rzuty krawędzi skrawających tworzą z prostą wskazującą kierunek posuwu p noża kąty oznaczone symbolami κ i κ_1 (kappa).

Kąt κ (kappa) utworzony między prostą określającą kierunek posuwu a rzutem głównym krawędzi skrawającej na powierzchnię P_1 nazywa się **kątem przystawienia**.

Kąt κ_1 , powstały między prostą określającą kierunek posuwu a rzutem pomocniczej krawędzi skrawającej na płaszczyznę P_1 , nazywa się **pomocniczym kątem przystawienia**.

Kąt ϵ zawarty między rzutami krawędzi skrawających (głównej i pomocniczej) na płaszczyznę podstawową noża nazywa się **kątem naroża**. Pomocnicze kąty ostrza noża spełniają równanie $\kappa + \kappa_1 + \epsilon = 180^\circ$.

Wartości wymienionych kątów mają zasadniczy wpływ na przebieg procesu skrawania, jego wydajność, jakość powierzchni obrobionej oraz trwałość narzędzia. Kąty przystawienia wpływają na trwałość ostrza narzędzia. Przy dużych kątach przystawienia powierzchnia obrobionego przedmiotu jest bardzo chropowata. W miarę zmniejszania się kątów przystawienia noża poprawia się jakość

obrabananej powierzchni, jednocześnie jednak wzrasta napór materiału na narzędzie powodując drgania, które zakłócają przebieg procesu obróbki.

Do przedmiotów o dużej sztywności stosuje się noże o kątach $\kappa = 10 \div 30^\circ$, do mniej sztywnych przedmiotów $\kappa = 60 \div 90^\circ$. Kąt κ_1 przybiera zwykle wartość $1 \div 45^\circ$.

Kąt przyłożenia α zmniejsza tarcie między obrabianym przedmiotem a powierzchnią przyłożenia narzędzia, co powoduje zmniejszenie się ilości wydzielanego ciepła. Chroni to narzędzia przed zbytym nagraniem i zużyciem.

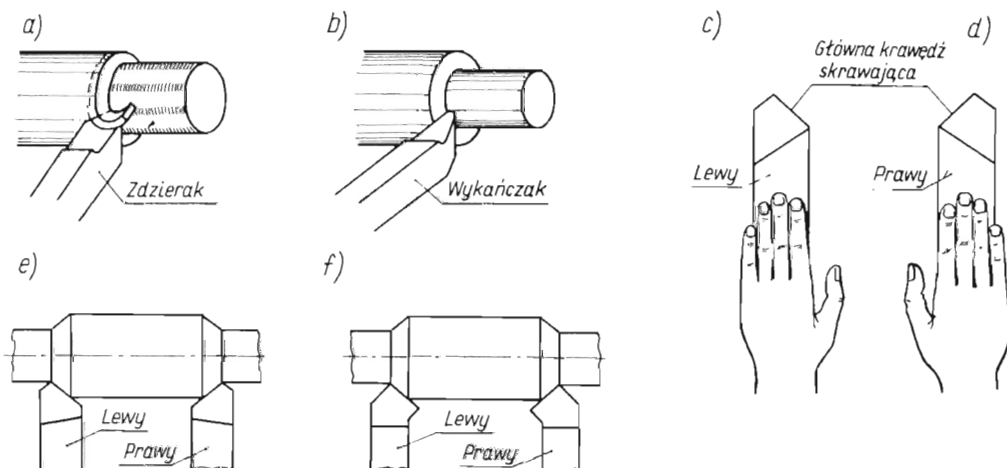
Kąt natarcia γ ułatwia spływ wióra w czasie obróbki. Im większy jest kąt natarcia narzędzia, tym łatwiej jego ostrze wnika w materiał, dzięki czemu napór materiału na narzędzie będzie mniejszy. W praktyce wartość kąta natarcia wynosi $5 \div 30^\circ$.

Kąt ostrza β wpływa na kształt narzędzia oraz jego wytrzymałość. Materiał, z którego jest wykonana część robocza noża tokarskiego, powinien się odznaczać przede wszystkim dużą twardością i zdolnością zachowania tej twardości w podwyższonych temperaturach, powstających podczas skrawania.

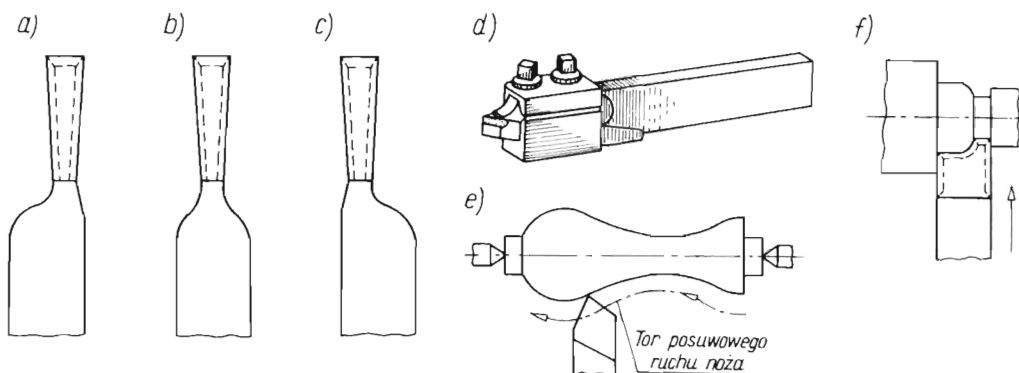
Rodzaje noży tokarskich

Noże tokarskie różnią się między sobą położeniem ostrza, położeniem krawędzi skrawającej, sposobem zamocowania oraz sposobem wykonania. Dzieli się je na:

- **Noże zdzieraki i wykańczaki (rys. 26-7a, b).** Noże zdzieraki są stosowane do obróbki zgrubnej i odznaczają się masywną budową. Mogą one być **proste** (rys. 26-7e) lub **wygięte** (rys. 26-7f) oraz **lewe** i **prawe** (rys. 26-7c i d). Noże wykańczaki są stosowane do obróbki dokładnej i wykańczającej; zdejmują one ciekłą warstwę materiału, nie są więc tak masywne jak zdzieraki.
- **Noże odsadzone (rys. 26-8a, b, c).** Noże takie mogą być **lewe**, **prawe** i **obustronne**. W nożach lewych i prawych część robocza jest przesunięta w kierunku



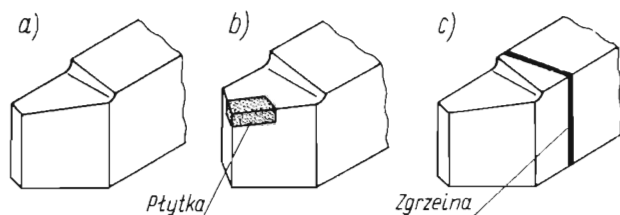
Rys. 26-7. Noże tokarskie: a) zdzierak, b) wykańczak, c) lewy, d) prawy, e) proste, f) wygięte



Rys. 26-8. Noże tokarskie: *a)* lewy odsadzony, *b)* obustronny, *c)* prawy odsadzony, *d)* oprawkowy zamocowany w suporcie, *e)* oprawkowy zamocowany w głowicy rewolwerowej, *f)* zwykły, *g)* kształtowy

kciuka lub prawej ręki. Natomiast w nożu odsadzonym obustronnie część robocza jest węższa od chwytu (trzonka) i względem niego jest odsadzona symetrycznie.

- **Noże oprawkowe (rys. 26-8*d* i *e*).** Noże te charakteryzują się małymi wymiarami chwytów. Są mocowane w oprawce nożowej i dopiero wtedy w suporcie.
- **Noże zwykłe i kształtowe (rys. 26-8*f*).** W nożach kształtowych zarys krawędzi skrawającej noża jest taki, jaki ma być zarys części wykonanej tym nożem. W tym przypadku nóż wykonuje ruch prostopadły do osi obrabianego przedmiotu.
- **Noże jednolite (rys. 26-9*a*),** zgrzewane oporowo lub z nakładanymi płytkami (rys. 26-9*b* i *c*). Noże jednolite, wykonane z węglowej stali narzędziowej, są stosowane coraz rzadziej w przemyśle maszynowym. Obecnie coraz szersze zastosowanie mają noże, w których chwyt jest wykonany ze stali węglowej lub stopowej, a część robocza ma nalutowaną płytkę ze stali szybko tnącej lub z węglików spiekanych, albo cała część robocza wykonana ze stali narzędziowej jest zgrzewana z chwytem.



Rys. 26-9. Noże tokarskie: *a)* jednolite, *b)* z płytką przylutowaną, *c)* zgrzewany

Noże tokarskie do toczenia stali, żeliwa, stopów lekkich i materiałów nieżelaznych mogą mieć część roboczą z nakładaną płytką z węglików spiekanych, a także materiałów metaloceramicznych. Zaletą ich jest znaczna wydajność, a wadą — znaczna kruchość.

26.5. Ogólna budowa tokarek

Tokarka jest obrabiarką skrawającą stosowaną do toczenia przedmiotów. Poza toczeniem na tokarce można wykonywać operacje: wytaczania, wiercenia, rozwiercania, przecinania i radełkowania, a z użyciem dodatkowych przyrządów również frezowania i szlifowania. Tokarki należą do najbardziej rozpowszechnionych obrabiarek do skrawania metali. Podstawowym rodzajem tokarki jest **tokarka kłowa**, umożliwiająca zamocowanie przedmiotu obrabianego w kłach znajdujących się we wrzecionie i w koniku. Wrzeciono jest napędzane silnikiem elektrycznym za pośrednictwem przekładni zębatych, które nadają przedmiotowi obrabianemu różne prędkości obrotowe, zależnie od wymaganej prędkości skrawania i średnicy przedmiotu. Nóż zamocowany w imaku może się przesuwac razem z suportem wzdłuż prowadnic łoża (przesuw wzdłużny) oraz poprzecznie względem osi wrzeciona (przesuw poprzeczny). Niezależnie od tego możliwe jest ręczne przesuwanie górnych sań narzędziowych, co wykorzystuje się do ustawienia noża względem przedmiotu oraz do toczenia krótkich przedmiotów. Mechaniczne posuwy noża tokarskiego uzyskuje się od skrzynki posuwów za pośrednictwem wałka pociągowego (przy toczeniu wzdłużnym i poprzecznym) lub śruby pociągowej (przy toczeniu gwintów). Ruch obrotowy jest przenoszony z wrzeciona na przedmiot obrabiany za pomocą zabieraka lub uchwytu szczękowego.

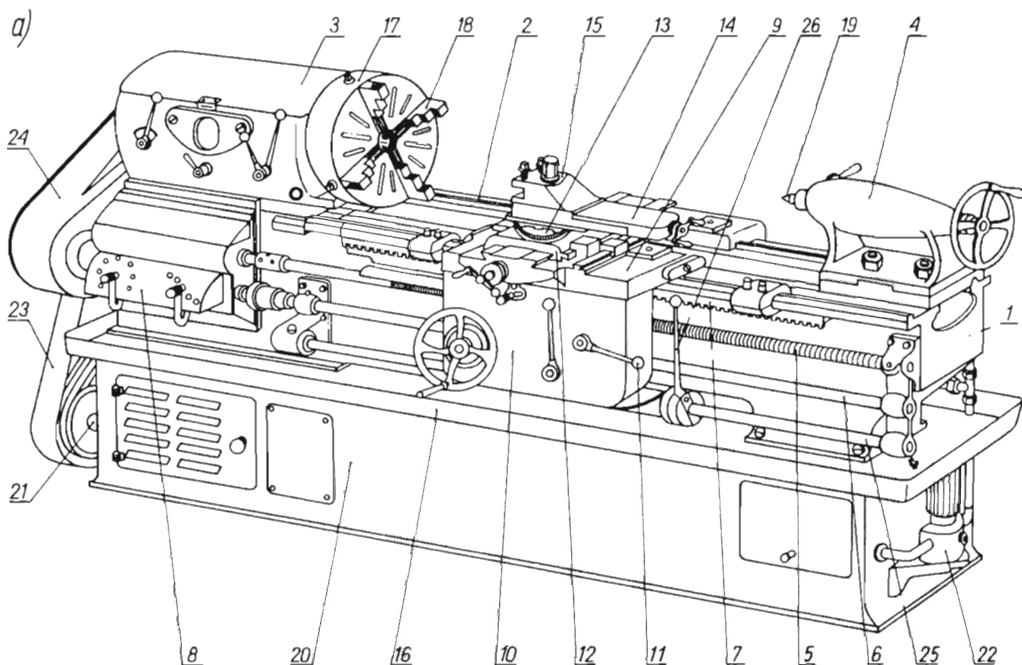
Wśród tokarek kłowych rozróżnia się: 1) **tokarki stolowe**, ustawiane na stole, przeznaczone do obróbki małych przedmiotów, 2) **tokarki produkcyjne**, bez śruby pociągowej, umożliwiające wykonywanie wszelkich robót tokarskich z wyjątkiem gwintowania, 3) **tokarki pociągowe**, wyposażone w wałek pociągowy i śrubę pociągową, która umożliwia nacinanie gwintu, 4) **tokarki ciężkie** stosowane w różnych gałęziach przemysłu ciężkiego.

Do grupy tokarek zalicza się również: karuzelówki, rewolwerówki, pół-automaty i automaty tokarskie, zataczarki, tokarko-kopiarki oraz tokarki specjalne branżowe, przeznaczone do wykonywania z góry ustalonych zadań w określonych gałęziach przemysłu. np. tokarki do kół wagonowych itp. W tokarkach ruch roboczy wykonuje przedmiot obrabiany, a ruch posuwowy — nóż.

26.6. Tokarki pociągowe

Na **rys. 26-10a** przedstawiono tokarkę pociągową polskiej produkcji, najbardziej rozpowszechnioną w przemyśle metalowym. Można na niej wykonywać, oprócz wielu innych robót, nacinanie gwintów.

Na jednym końcu łoża 1 wyposażonego w prowadnicę 2 znajduje się wrzeciennik 3, a na drugim końcu jest umieszczony konik 4. Z boku łoża znajduje się śruba pociągowa 5, wałek pociągowy 6, zębatka 7 oraz skrzynka posuwów 8, przenosząca napęd z wrzeciennika na suport. Na prowadnicach łoża mogą się



Rys. 26-10. Tokarka kłowa pociągowa: a) widok ogólny, b) wielkości charakterystyczne

przesuwać sanie wzdłużne 9 suportu połączone ze skrzynką suportową 10, na której jest umieszczona dźwignia 11 do włączania posuwu suportu za pomocą śruby pociągowej. Na saniach wzdłużnych są umieszczone sanie poprzeczne 12, a na nich obrotnica 13. Obrotnica służy do ustawienia pod dowolnym kątem sań narzędziowych 14 wyposażonych w imak narzędziowy 15. We wrzecienniku znajdują się mechanizmy przenoszące napęd z silnika na wrzeciono tokarki. Na wrzecionie jest umieszczony uchwyt szczękowy 17 wyposażony w cztery szczęki 18, do zamocowania materiału podczas obróbki. Typowym uchwytem jest uchwyt trzyszczękowy samocentrujący.

Wrzeciono tokarki jest wykonane w kształcie wałka z otworem przelotowym zakończonym stożkowo. W stożek ten wciska się kiel, który wraz z kłem 19 konika ustala niekiedy materiał podczas toczenia. Łoże tokarki jest ustawione na dnie blaszanej wanny 16 i wraz z nią jest przymocowane do podstawy 20.

Tokarka jest napędzana za pomocą silnika elektrycznego umieszczonego w podstawie, który przez wałek 21 i przekładnię pasową przenosi napęd na wrzeciennik. Ruch obrotowy z wrzeciennika jest przenoszony następnie za pomocą przekładni zębatej na przekładnię skrzynki posuwów. Uruchomienie i zatrzymywanie wrzeciona oraz zmianę jego kierunku obrotu umożliwiają: dźwignia 26 i wałek 25.

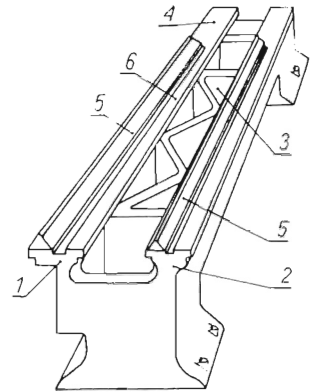
Ze względu na bezpieczeństwo obsługi przekładnie pasowe i zębate są osłonięte osłonkami 23 i 24. Do pompowania cieczy chłodząco-smarującej służy pompa 22.

Wielkość tokarki kłowej jest określona rozstawem kłów L oraz największą średnicą przedmiotu toczonego w uchwycie d_2 lub w kłach d_1 (rys. 26-10b).

Łoże tokarki

Łoże tokarki jest wykonane jako żeliwny odlew w kształcie dwóch belek 1 i 2 usztywnionych żebrami 3 (rys. 26-11). Górna część łoża to prowadnice suportu 5 oraz konika 6. Na płaskiej części 4 osadza się wrzeciennik. Suport więc przesuwa się po prowadnicach zewnętrznych, a konik po prowadnicach wewnętrznych.

Prowadnice są utwardzone i mają strukturę żeliwa białego. Niekiedy spotyka się prowadnice wykonane ze stali i przykręcone do łoża. Prawidłowe wykonanie łoża tokarki, a szczególnie prowadnic, wpływa w sposób decydujący na dokładność pracy tokarki. Prowadnice łoża muszą być dokładnie czyszczone i smarowane, a osłony przy suporcie powinny zabezpieczać przed przedostawaniem się wiórów między prowadnicę a suport.



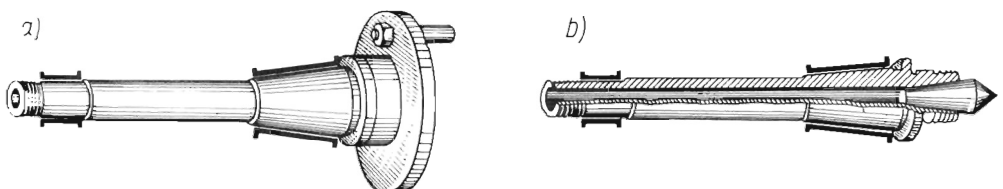
Rys. 26-11. Łoże tokarskie

Wrzecienniki tokarki

Wrzeciennikiem nazywa się zespół konstrukcyjny obrabiarki, w którym jest ułożyskowane wrzeciono. Zwykle we wrzecienniku są umieszczone również przekładnie do zmiany prędkości obrotowej wrzeciona oraz niezbędne mechanizmy sterujące. W zależności od rodzaju obrabiarki rozróżnia się wrzecienniki: tokarek, wiertarek, frezarek, szlifierek itp.

Wrzeciono

Wrzecionem nazywa się część obrabiarki w postaci wału, na którym osadza się uchwyt do zamocowania przedmiotu obrabianego, np. w tokarce, lub narzędzia, np. we frezarce. Wrzeciono jest podstawową częścią roboczą w obrabiarkach o ruchu roboczym obrotowym. Przednia część, zwana końcówką, jest przy-



Rys. 26-12. Wrzeciono tokarki: a) z osadzoną tarczą zabierakową, b) z kłem

stosowana do zakładania uchwytów i narzędzi. Na **rys. 26-12** końcówka wrzeczona ma znormalizowany otwór stożkowy do mocowania kła ściśle w osi wrzeczona oraz na obwodzie zewnętrznym gwint (starsze typy tokarek) i powierzchnię centrującą do mocowania tarczy zabierakowej lub uchwytów.

Konik

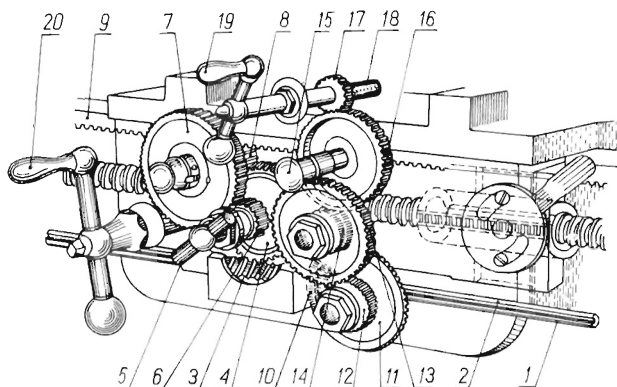
Konikiem 4 (**rys. 26.10**) nazywa się zespół tokarki (lub szlifierki) służący do podpierania obrabianych przedmiotów w postaci wałków ustalanych jednym końcem we wrzeczonie. W wysuwanej tulei konika jest osadzony kiel, na którym wspiera się obrabiany przedmiot. Konik, osadzony na wewnętrznych prowadnicach łoża tokarki, może być wzdłuż nich przesuwany i ustalany w dowolnym miejscu łoża za pomocą rękojeści.

Suport

Suportem tokarki nazywa się zespół konstrukcyjny wykonujący zwykle prostoliniowe ruchy posuwowe w jednym lub w dwóch kierunkach. Na suporcie mocuje się narzędzia skrawające, przeważnie noże. Suport występuje nie tylko w tokarkach, lecz również w strugarkach i frezarkach do kół zębatach. Podstawowymi częściami suportu są przesuwane się po prowadnicach **sanie**. Zależnie od kierunku przesuwu względem części obrabiarki wykonującej ruch główny, np. względem wrzeczona tokarki, rozróżnia się **sanie wzdłużne** i **poprzeczne**. Suport wyposażony w sanie wzdłużne i poprzeczne nosi nazwę krzyżowego, natomiast suport, w którego skład wchodzi część dająca się obracać względem sań (obrotnica), nazywa się skrętnym.

Skrzynkę suportową (**rys. 26-13**) mocuje się na saniach wzdłużnych suportu. Jest ona wyposażona w zespół mechanizmów, które umożliwiają przenoszenie napędu od śruby pociągowej lub wałka pociągowego na sanie wzdłużne lub poprzeczne suportu. Zasada działania skrzynki suportowej jest następująca:

Podczas wszystkich prac tokarskich, z wyjątkiem nacinania gwintów nożem, małe koło zębate 8 (**rys. 26-13**) współdziałające z zębatką 9 przymocowaną do łoża



Rys. 26-13. Skrzynka suportowa

tokarki napędza sanie wzdłużne suportu. Koło zębate 8 jest napędzane mechanicznie od wałka pociągowego 1; może ono również być napędzane ręcznie przez obrót rękojeścią 20.

Przebieg mechanicznego napędu suportu w kierunku wzdłużnym tokarki jest następujący: z wałkiem pociągowym 1, na którym jest nacięty na całej długości rowek wpustowy 2, jest połączony za pośrednictwem wpustu ślimak 3. Ślimak wraz ze skrzynką suportową mogą się przesuwać wzdłuż łoża tokarki. Wałek pociągowy 1 obracając się powoduje obracanie ślimaka 3, który napędza koło ślimakowe 4. Koło ślimakowe 4 może być połączone sztywno z kołem zębatym 6 za pomocą sprzęgła 5. Wówczas napęd jest przenoszony przez koła zębate 6 i 7 na koło 8.

Podczas nacinania gwintów za pomocą noża napęd suportu wzdłużnego jest uzyskiwany od śruby pociągowej. Do tego celu wykorzystuje się nakrętkę dwudzielną zwaną zamkiem.

Mechaniczny przesuw sań suportu poprzecznego w tokarce przedstawia się następująco (rys. 26-13): na wałku pociągowym 1 razem ze ślimakiem 3 jest osadzone koło zębate 10. Koło to obracając się powoduje obracanie się koła stożkowego 11 oraz kół 12, 13, 14 i 16. Za pomocą rękojeści 15 można sprzęgnąć koło zębate 16 z kołem zębatym 17. Koło 17 obracając się powoduje obrót śruby pociągowej 18 poprzecznych sań suportu. Ręczny napęd poprzecznych sań suportu odbywa się przez obrót rękojeścią 19.

Nawrotnica (przekładnia nawrotna)

Umożliwia ona zmianę kierunku ruchu człowieka biernego przy stałym kierunku chłona czynnego. Zmiany kierunku ruchu uzyskuje się przez włączanie różnych części przekładni. Włączanie tych części może następować przez przesuwanie kół zębatach, np. w tokarkach, przez włączanie oddzielnych grup kół zębatach za pomocą sprzęgieł. W tokarkach nawrotnica służy do zmiany kierunku przesuwu mechanicznego sań wzdłużnych i poprzecznych bez zmiany kierunku obrotów wrzeciona. Nawrotnica jest umieszczona zazwyczaj wewnątrz korpusu wrzeciennika. Nowoczesne tokarki są wyposażone w nawrotnice z kołami zębatymi przesuwными, o działaniu podobnym do działania skrzynek biegów ze wstecznym biegiem w pojazdach samochodowych.

Koło zmianowe

Między nawrotnicą a skrzynką posuwów na zewnątrz korpusu są umieszczone koła zębata osłonięte osłoną zabezpieczającą. Koła te nazywają się **kołami zmianowymi**. Tokarka jest wyposażona w zestaw kół zmianowych, które można dobierać zależnie od tego, jakie chce się otrzymać przełożenie między wrzecionem a suportem, co jest ważne przy nacinaniu na tokarce gwintów za pomocą noża.

Koła zmianowe powinien zakładać doświadczony pracownik. Zbyt silne dociśnięcie kół do siebie może doprowadzić do ich uszkodzenia w ruchu.

Przełożenie między suportem a wrzecionem przy nacinaniu gwintów wynosi

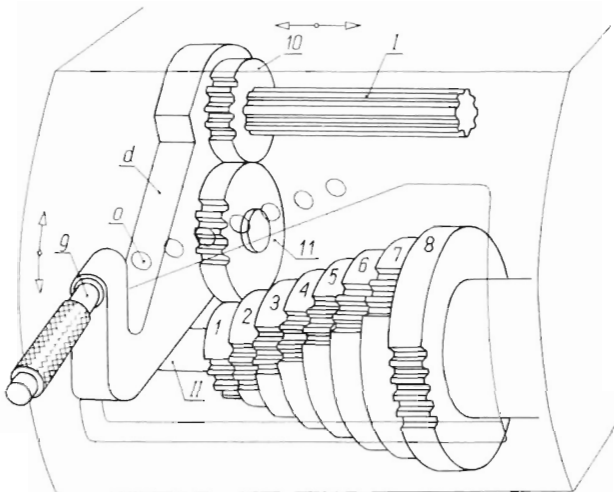
$$i = \frac{S_n}{S_p}$$

gdzie: S_n — skok nacinanego gwintu.

S_p — skok śruby pociągowej.

Skrzynka posuwów

Współczesne tokarki pociągowe, oprócz kół zmianowych, są wyposażone w skrzynki posuwów, które umożliwiają szybką zmianę wartości przełożenia. Spotyka się kilka odmian mechanizmów przekładniowych stosowanych w skrzynkach posuwów tokarki. Najczęściej stosowaną odmianą jest **przekładnia Nortona** (rys. 26-14). Napęd jest przenoszony do koła zmianowego na wielowypustowy

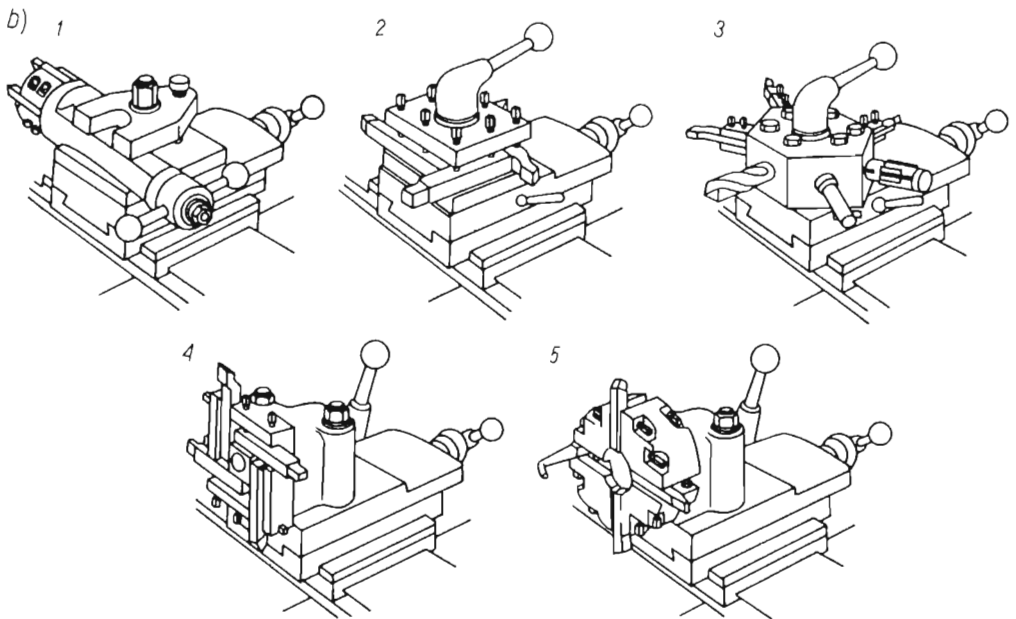
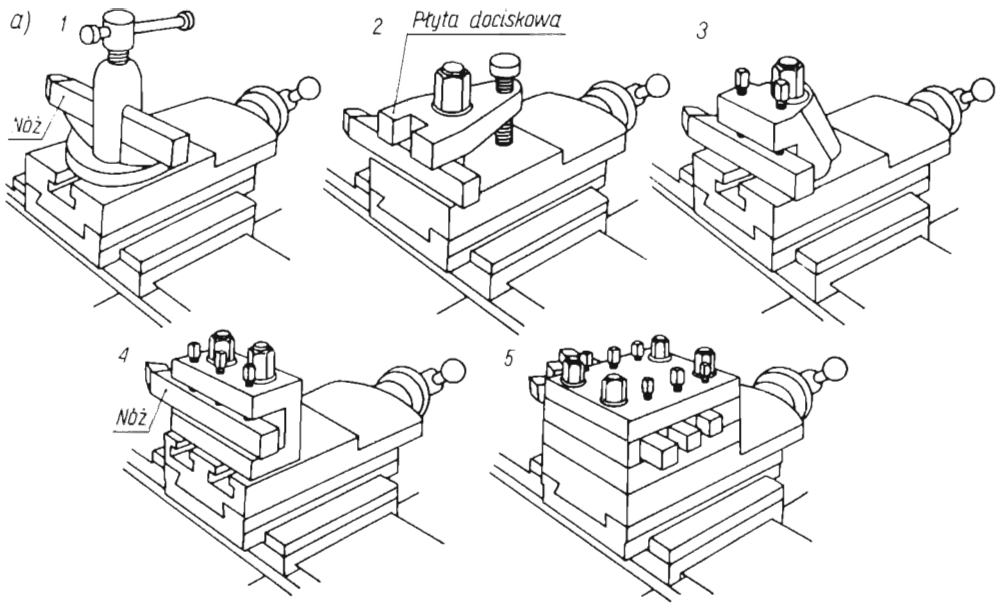


Rys. 26-14. Skrzynka Nortona

wałek 1 z kołem przesuwającym 10, osadzonym obrotowo w dźwigni d i zazębnym na stałe z kołem zębatym 11. Dźwignię d można przesuwać wzdłuż wałka 1 i wychylać w górę lub w dół za pomocą sworznia 9. Ruchy te umożliwiają zazębienie koła 11 z dowolnym kołem zębatym od 1 do 8 zaklinowanym na wałku 11. Ustalenie dźwigni d po zazębieniu koła 11 odbywa się przez wprowadzenie sworznia 9 w odpowiedni otwór 0.

Imaki

Imakiem nazywa się przyrząd do zamocowania narzędzi skrawających, przeważnie noży. Imak jest zakładany na obrabiarkę lub stanowi jej część. Zależnie od liczby noży zamocowywanych w jednym imaku rozróżnia się **imaki jednożyłowe** i **wielonożowe**. Na rys. 26-15 pokazano imaki **jednopozycyjne** i **wielopozycyjne**.



Rys. 26-15. Imaki: a) jednopozycyjne

1 — słupowy, 2 — z płytką dociskową, 3 — sztywnej konstrukcji, 4 — z zamocowaniem noża trzema śrubami, 5 — wielonożowy

b) wielopozycyjne

1 — z głowicą nożową, 2 — czterożowy, 3 — rewolwerowy o pionowej osi obrotu, 4 — rewolwerowy czterożowy, 5 — rewolwerowy o poziomej osi obrotu

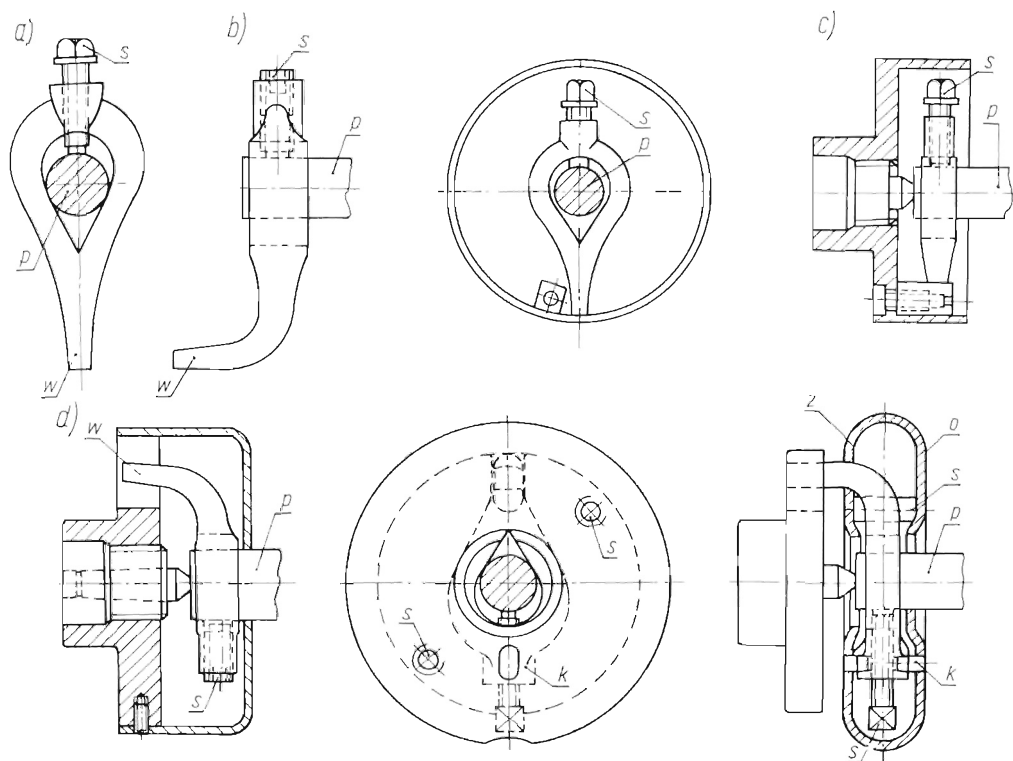
Nóż w imaku umocowuje się w sposób pewny i dostatecznie sztywny. Nie może on wystawać z imaka na odległość większą 1,5 wysokości trzonka noża. Trzonek noża ustawia się w kierunku prostopadłym do osi toczenia, a wierzchołek noża powinien znaleźć się na wysokości osi wrzeciona tokarki.

26.7. Mocowanie przedmiotu obrabianego

Urządzenia do mocowania przedmiotów dzieli się na: tarcze zabierakowe i zabieraki, uchwyty tokarskie samocentrujące, tarcze tokarskie, podtrzymki.

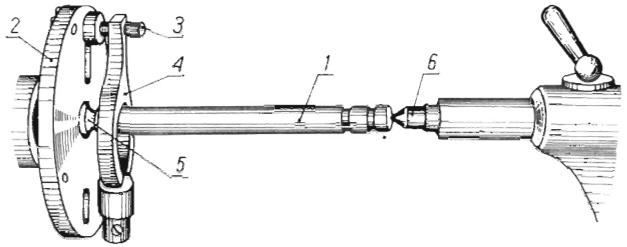
Kły tokarskie dzieli się na zwykłe i obrotowe. Służą one do mocowania długich wałków. W tym celu wałek po obu stronach wyposaża się w tzw. nakielki, czyli otwory, które stanowią oparcie dla kłów tokarki.

Zamocowanie wałka w kłach wymaga jeszcze dalszych przyrządów, do których zalicza się **tarczę zabierakową** i **zabierak** (rys 26-16). Zamocowanie wałka w kłach pokazano na rys. 26-17. Wałek 1 wspiera się na kłach 5 i 6. Na wałku tym jest umocowany zabierak 4, wsparty na palcu 3 tarczy zabierakowej 2 nakręconej na wrzeciono tokarki. W przypadku gdy wrzeciono tokarki zacznie się



Rys. 26-16. Zabieraki i tarcze zabierakowe: *a)* zabierak prosty, *b)* zabierak hakowy, *c)* tarcza zabierakowa do zabieraków prostych, *d)* tarcza do zabieraków hakowych
s — śruba dociskająca, *p* — przedmiot, *w* — palec zabieraka, *k* — kolek, *o* — obudowa

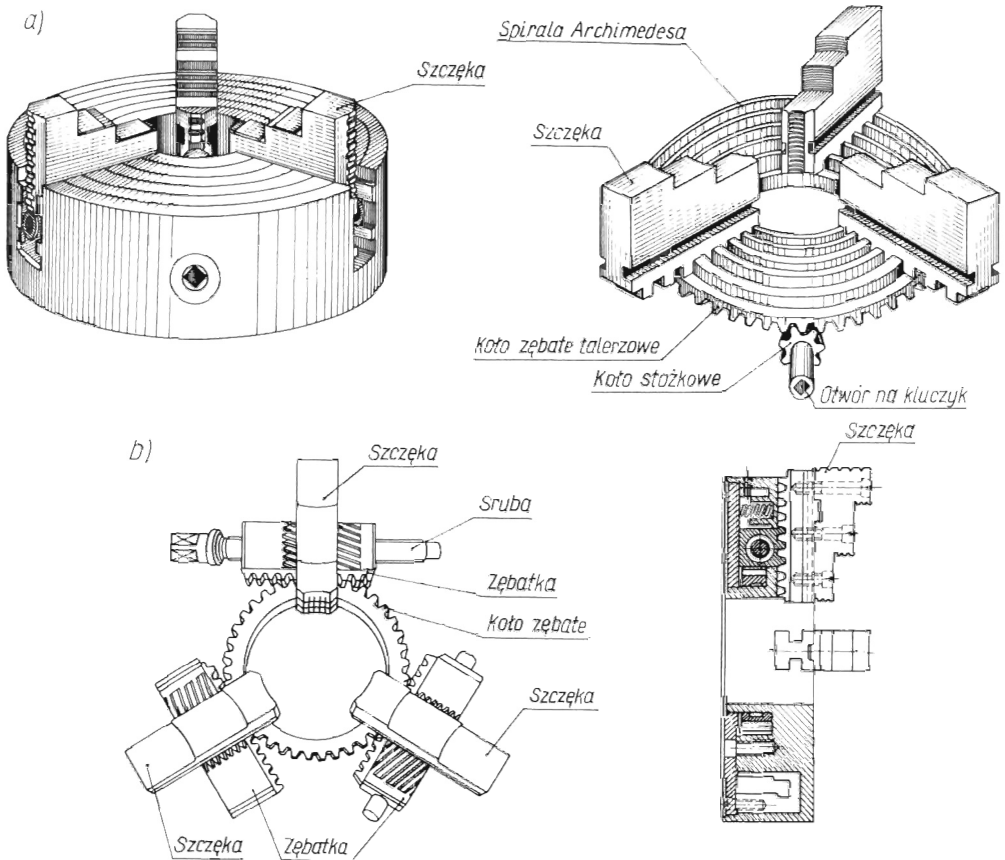
Rys. 26-17. Zamocowanie wałka w kłach



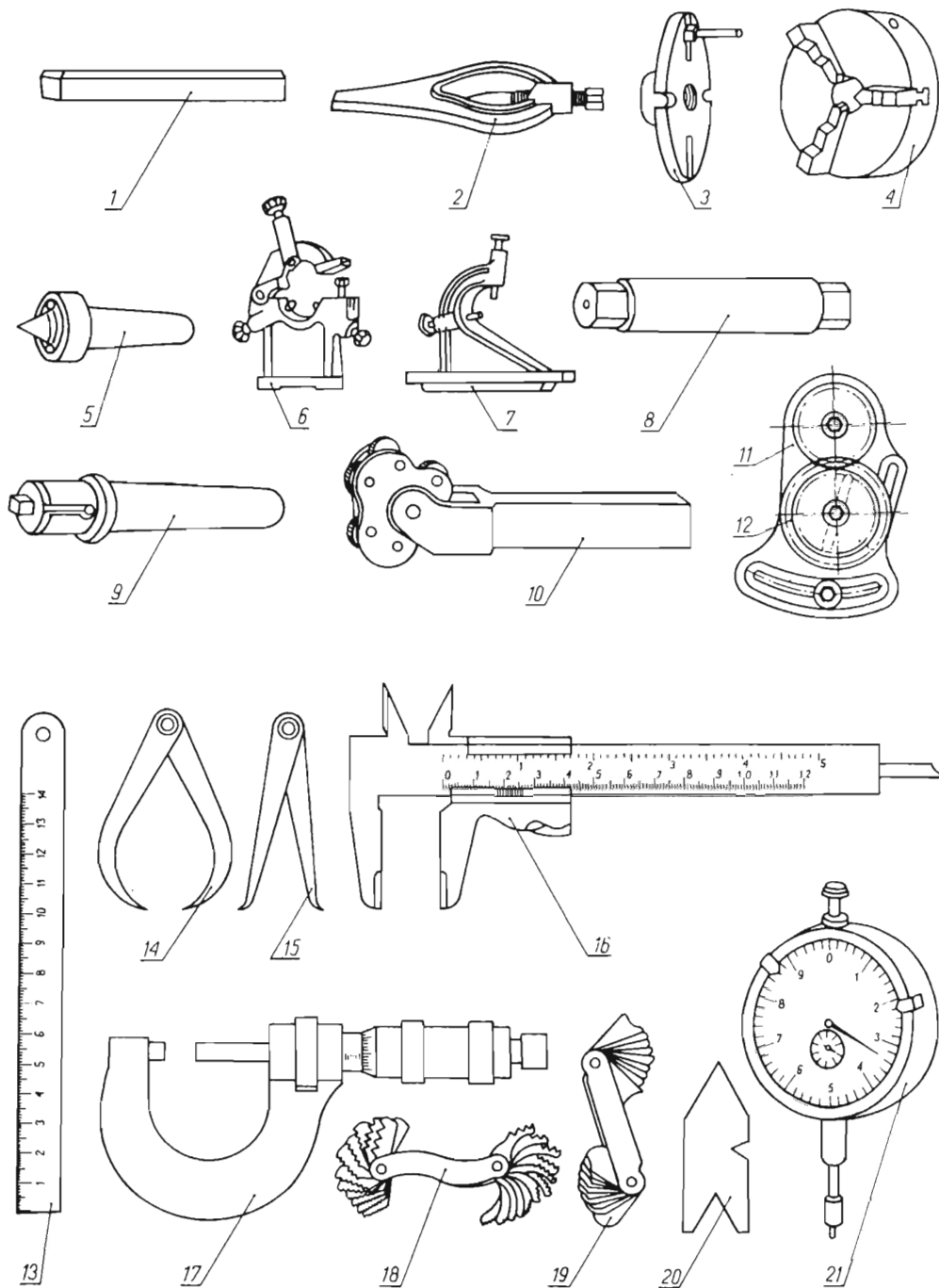
obracać, to wraz z nim zacznie się obracać wałek napędzany tarczą zabierakową i zabierakiem.

Aby zapobiec uginaniu się wałka pod jego własnym ciężarem, długie wałki obrabiane w kłach podpira się w połowie długości **podtrzymką stałą** przymocowaną do łoża tokarki lub **podtrzymką ruchomą** umocowaną na suporcie.

Uchwyty tokarskie służą do szybkiego mocowania przedmiotu obrabianego wspólnie z wrzecionem. Najczęściej stosowanym uchwytem do mocowania przedmiotów małych i średniej wielkości jest **uchwyt samocentrujący spiralny** (rys. 26-18a). Składa się on z koła zębatego stożkowego napędzającego i koła talerzowe-



Rys. 26-18. Uchwyty samocentrujące: a) spiralny, b) zębatkowy



Rys. 26-19. Normalne wyposażenie stanowiska tokarskiego

1 — komplet noży, 2 — zabierak, 3 — tarcza zabierakowa, 4 — uchwyt samocentrujący, 5 — kiel obrotowy, 6 — podtrzymka stała, 7 — podtrzymka ruchoma, 8 — trzpień stały, 9 — trzpień nastawny, 10 — przyrząd do radełkowania, 11 — gitara, 12 — koło zmianowe, 13 — przymiar kreskowy, 14 — macki zewnętrzne, 15 — macki wewnętrzne, 16 — suwmiarka, 17 — mikrometr, 18 — wzorniki do gwintów, 19 — promieniomierz, 20 — przymiar do noży do gwintowania, 21 — czujnik zegarowy

go, w którym jest wykonany rowek spiralny, zwany spiralą Archimedesesa. Każda z trzech szczęk ma od wewnątrz występy, które wchodzi w kolejne zwoje rowka spiralnego. Przy pokręcaniu kluczem koła stożkowego szczęki przesuwały się promieniowo w kadłubie uchwytu, mocując przedmiot.

Do mocowania większych przedmiotów służą **uchwyty samocentrujące zębatkowe** (rys. 26-18b). Mechanizm do przesuwania szczęk składa się z koła zębatego, trzech zębatek stycznych oraz trzech szczęk. Zaciśnięcie przedmiotu w uchwycie odbywa się pod działaniem śruby, pokręcanej za pomocą klucza.

Mocowanie przedmiotów o kształtach nieregularnych oraz przedmiotów dużych odbywa się za pomocą **tarcz tokarskich czteroszczękowych**; w tym przypadku każdą szczękę ustawia się oddzielnie, pokręcając kluczem każdą śrubę współpracującą z nakrętką szczęki.

W nowoczesnych tokarkach są stosowane uchwyty pneumatyczne oraz hydrauliczno-pneumatyczne, które są łatwe w obsłudze i szybkie w działaniu.

26.8. Toczenie zewnętrznych powierzchni walcowych

Przed przystąpieniem do toczenia należy poprawnie zamocować obrabiany przedmiot. Jeżeli przedmiot ma być obrabiany w kłach, to najpierw wyznacza się oś jego obrotu, a następnie wykonuje nakielki na nakielczarce. Przedmiot mocuje się dostatecznie silnie między kłami, ale tak, żeby mógł się swobodnie obracać.

Podczas mocowania przedmiotu w uchwycie tokarskim lub na tarczy tokarskiej trzeba zwrócić uwagę na ustawienie przedmiotu w położeniu współśrodkowym z osią wrzeciona.

Po zamocowaniu przedmiotu dobiera się odpowiednie warunki skrawania, tj. prędkość skrawania, posuw i głębokość skrawania. Warunki te podaje się w kartach instrukcyjnych obróbki.

Toczenie wzdłużne wykonuje się zwykle w dwóch przejściach noża. Pierwsze przejście nazywa się toczeniem zgrubnym, a drugie – - dokładnym.

Toczenie poprzeczne ma zastosowanie zazwyczaj do toczenia powierzchni czołowych. Przy toczeniu poprzecznym zgrubnym posuw przyjmuje się $0,4 \div 1$ mm/obr przy głębokości skrawania $3 \div 5$ mm; natomiast przy toczeniu dokładnym posuw wynosi $0,1 \div 0,3$ mm/obr, a głębokość skrawania $1 \div 1,5$ mm.

Wyposażenie stanowiska tokarskiego przedstawiono na **rys. 26-19**.

26.9. Toczenie stożków

Toczenie powierzchni stożkowych wykonuje się czterema sposobami:

- z przesuniętym konikiem,
- ze skreconymi saniami narzędziowymi,
- z zastosowaniem noży kształtowych.

Toczenie z przesuniętym konikiem

Toczenie to stosuje się do obróbki stożków o małej zbieżności. Po zamocowaniu przedmiotu obrabianego w kłach wrzeczona i konika przesuwa się korpus konika w kierunku poprzecznym o pewną wielkość.

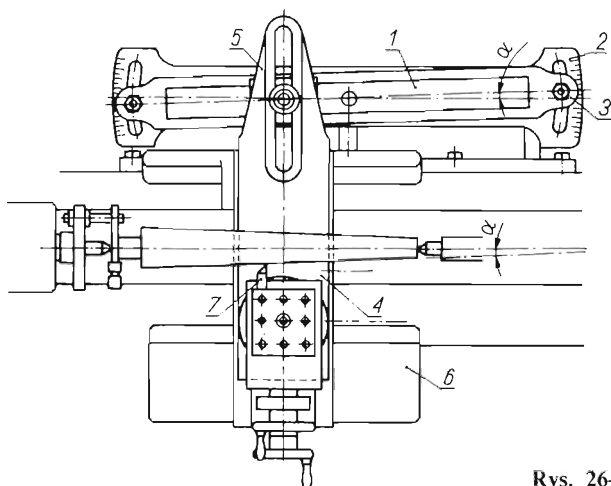
Zaletą toczenia stożka z przesuniętym konikiem jest możliwość zastosowania mechanicznego posuwu wzdłużnego, wadami zaś — mała dokładność obróbki i trudność dokładnego przesunięcia konika o zamierzoną wartość.

Toczenie stożków przy skręceniu sań narzędziowych

Metodę toczenia stożków przez skręcenie na obrotnicy stosuje się do stożków krótkich. Wykorzystując podziałkę na obrotnicy można sianie narzędziowe ustawić pod różnymi kątami w zależności od potrzeby. Posuw noża odbywa się ręcznie przez pokręcanie rękojeścią. Zaletą tej metody jest możliwość wykonywania stożków o dużych i małych kątach oraz łatwość skręcania sań na obrotnicy o dany kąt. Wadą jest to, że można obrabiać tylko stożki o wysokości mniejszej od długości przesuwu sań narzędziowych, poza tym ręczny przesuw sań wpływa niekorzystnie na gładkość obrabianej powierzchni.

Toczenie stożków z zastosowaniem liniału

Stosując liniał można toczyć powierzchnie stożkowe wewnętrzne i zewnętrzne. Zasadę toczenia stożków z zastosowaniem liniału pokazano na **rys. 26-20**. Liniał 1 przymocowany do łoża tokarki za pomocą wspornika 2 i śruby 3 ustawia się pod



Rys. 26-20. Toczenie stożka za pomocą liniału

kątem α odpowiadającym kątowi nachylenia tworzącej stożka. Do sań poprzecznych suportu 4 jest przymocowany suwak 5, który wodzi się po prowadnicach liniału. Podczas przesuwania się sań wzdłużnych 6 po prowadnicach łoża następuje przesuwanie się wierzchołka noża 7 równoległe do prowadnic liniału, co zapewnia obracającemu się w kłach tokarki przedmiotowi nadanie kształtu stożkowego.

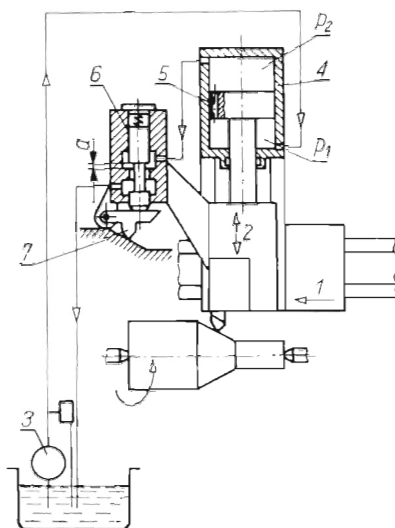
Toczenie stożków z zastosowaniem noży kształtowych

Metoda ta polega na toczeniu stożka nożem, którego krawędź skrawająca jest pochylona do osi wałka pod odpowiednim kątem. Metoda ta znalazła zastosowanie przy toczeniu stożków krótkich.

26.10. Tokarko-kopiarka

Stanowi ona rodzaj tokarki do nadawania obrabianym przedmiotom kształtu wg wzornika sterującego za pośrednictwem urządzenia kopiującego ruchami noża. Rozróżnia się **tokarko-kopiarki kłowe** do toczenia w kłach wałków stopniowanych (o różnych średnicach), stożków, wałków o tworzącej krzywoliniowej i innych oraz tokarko-kopiarki uchwytowe, przeznaczone do toczenia krótkich przedmiotów o złożonych kształtach, mocowanych w uchwycie.

W tokarko-kopiarce używa się głównie urządzeń kopiujących hydraulicznych, elektrycznych i elektrohydraulicznych. Najbardziej rozpowszechnione są **hydrauliczne urządzenia kopiujące** (rys. 26-21). Złożony ruch noża uzyskuje się w wyniku wzajemnie prostopadłych jego ruchów: posuwowego 1 o stałej prędkości (posuw prowadzący) i posuwowego 2 (posuw kopiujący). Docisk noża do obrabianego przedmiotu, niezbędny do przewyciężenia siły skrawania, uzyskuje się przez wytworzenie odpowiednich ciśnień oleju, tłoczonego pompą 3 po obu stronach tłoka roboczego w cylindrze 4. Olej, doprowadzany pod ciśnieniem p do przestrzeni pod tłokiem, przepływa przez otwór 5 nad tłok, przy czym wskutek dławienia ciśnienie p_2 jest mniejsze od p_1 , ale działa na większą powierzchnię tłoka. Następnie olej przez szczelinę między krawędzią suwaka kopiującego 6 a krawędzią wytoczenia w cylindrze suwaka wypływa do zbiornika.



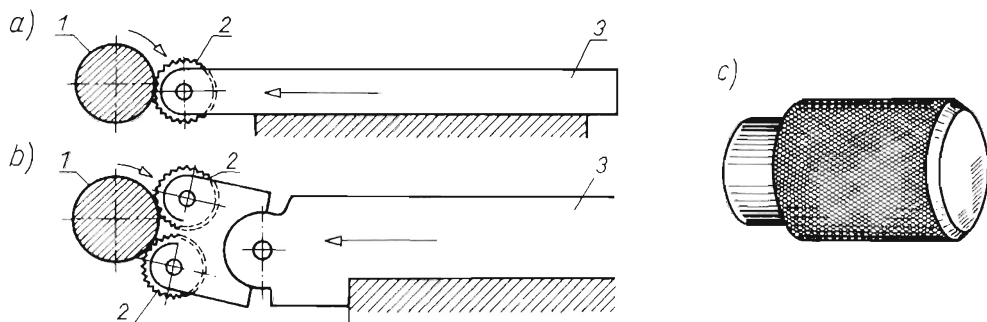
Rys. 26-21. Schemat urządzenia kopiującego tokarko-kopiarce

W stanie równowagi szerokość szczeliny a jest stała. Wszelkie zmiany szerokości szczeliny wywołane przesuwaniem się palca wodzącego 7 po wzorniku powodują ruchy tłoka roboczego w tym samym kierunku co ruchy suwaka 6.

Elementem zapewniającym przywrócenie położenia równowagi suwaka (sprężenie zwrotne) jest sztywne połączenie obudowy suwaka kopiującego z saniami poprzecznymi, na których zamocowany jest nóż.

26.11. Radelkowanie

Radelkowanie, czyli moletowanie, stanowi zabieg obróbkowy wykonywany na tokarkach lub automatach tokarskich za pomocą drobno uźębitej na obwodzie rolki (radelka). Przedmiot obrabiany obraca się, a umocowane w oprawce radelko, dociskane w kierunku poprzecznym, toczy się po wygniatanej powierzchni, pozostawiając na niej odcisk wykonanego na radelku wzoru w postaci rowków prostych, skośnych lub krzyżowych (rys. 26-22).



Rys. 26-22. Radelkowanie: a, nacinanie rowków prostych lub skośnych jednym radelkiem, b) nacinanie rowków krzyżowych dwoma radelkami o rowkach skośnych lewych i prawych, c) przedmiot po radelkowaniu z naciętymi rowkami krzyżowymi
1 — przedmiot obrabiany, 2 — radelko, 3 — uchwyt radelka

26.12. Bhp podczas toczenia

Ubiór pracownika obsługującego tokarkę powinien być obcisły, a pracownik odpowiednio przeszkolony. Przed rozpoczęciem pracy należy sprawdzić, czy wirujące części tokarki mają założone osłony i czy przy imaku nożowym jest założony ekran ochronny (przy obróbce metali dających wiór odpryskowy). Następnie sprawdza się, czy przedmiot obrabiany i narzędzie zamocowane są prawidłowo i pewnie.

W czasie pracy tokarki nie wolno: hamować ruchu wrzeciona ręką, dotykać ręką przedmiotu obrabianego, dokonywać pomiaru przedmiotu będącego w ruchu, usuwać ręką wiórów, zdejmować osłon zabezpieczających. Nie wolno również zostawiać bez nadzoru pracującej tokarki. Po zakończeniu pracy trzeba pamiętać o wyłączeniu silnika elektrycznego, oczyszczeniu stanowiska pracy i nasmarowaniu tokarki.

Zwraca się uwagę, że przy stosowaniu tarcz tokarskich trzeba przestrzegać warunku ograniczającego największą dopuszczalną prędkość obrotową wrzeciona. Poza tym obsługujący tokarkę powinien się zawsze zastosować do instrukcji obrabiarki.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Obrabiarką nazywa się maszynę do: **a)** kształtowania przedmiotów? **b)** przewożenia przedmiotów? **c)** mierzenia przedmiotów?
2. Tokarka jest zaliczana do obrabiarek: **a)** obróbki plastycznej? **b)** skrawających?
3. Jednym z najbardziej rozpowszechnionych sposobów obróbki skrawaniem jest: **a)** szlifowanie? **b)** struganie? **c)** toczenie?
4. Posuwem nazywa się: **a)** stosunek drogi do czasu, w którym krawędź skrawająca noża przesuwa się względem powierzchni obrabianego przedmiotu? **b)** przesunięcie noża na jeden obrót przedmiotu? **c)** grubość warstwy materiału usuwanej podczas jednego przejścia narzędzia skrawającego?
5. Główne kąty noża tokarskiego są określone przez: **a)** położenie powierzchni przyłożenia i natarcia? **b)** naroże? **c)** główną krawędź skrawającą?
6. Do przedmiotów o dużej sztywności stosuje się noże o kątach przystawienia κ : **a)** $10 \div 30^\circ$? **b)** $60 \div 90^\circ$? **c)** $40 \div 50^\circ$?
7. Noże wykańczaki są stosowane do obróbki: **a)** zgrubnej? **b)** dokładnej i wykańczającej? **c)** do każdej obróbki?
8. Karuzelówki zalicza się do grupy: **a)** frezarek? **b)** szlifierek? **c)** tokarek?
9. Tokarka napędzana jest za pomocą: **a)** silnika spalinowego? **b)** silnika elektrycznego? **c)** ręcznie?
10. Konikiem nazywa się zespół tokarki służący do: **a)** zamocowania przedmiotu obrabianego? **b)** podpierania obrabianych przedmiotów?
11. Suport wyposażony w sanie wzdłużne i poprzeczne nosi nazwę: **a)** suportu skrętnego? **b)** suportu uniwersalnego? **c)** suportu krzyżowego?
12. Nawrotnica jest umieszczona zazwyczaj wewnątrz korpusu: **a)** wrzeciona? **b)** skrzyni posuwów? **c)** wrzeciennika?
13. Imak służy do: **a)** zamocowania przedmiotów obrabianych? **b)** zamocowania narzędzi skrawających? **c)** zmiany kierunku ruchu człona biernego przy stałym kierunku ruchu człona czynnego?
14. Rowek spiralny, zwany spiralą Archimedesesa, występuje: **a)** w tarczy tokarskiej czteroszczękowej? **b)** w uchwycie centrującym zębatkowym? **c)** w uchwycie samocentrującym spiralnym?
15. Toczenie stożków z przesuniętym konikiem stosuje się do obróbki: **a)** stożków o małej zbieżności? **b)** stożków krótkich? **c)** stożków długich?

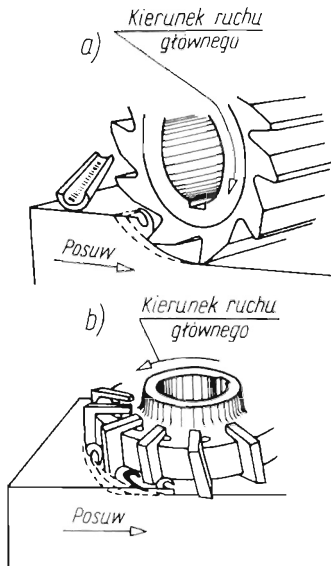
27 Frezowanie i struganie

27.1. Rodzaje i sposoby frezowania

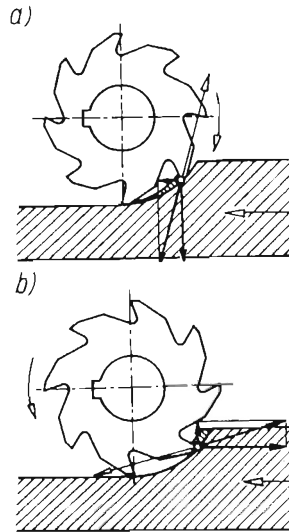
Frezowanie jest jednym z często stosowanych i najbardziej wydajnych sposobów obróbki skrawaniem, polegającym na oddzielaniu warstwy materiału za pomocą obracającego się narzędzia (freza) na obrabiarce zwanej **frezarką**. Frezowaniem można obrabiać płaszczyzny, powierzchnie krzywoliniowe, gwinty, koła zębate itp.

Frez wykonuje obrotowy ruch skrawania, natomiast przedmiot wykonuje względem freza ruch posuwowy (postępowy lub obrotowy). Zęby freza wchodząc kolejno w materiał zdejmują wióry o zmiennej grubości (kształt w przekroju poprzecznym podobny do przecinaka).

Rozróżnia się **frezowanie walcowe**, w którym frez skrawa ostrzami leżącymi na powierzchni walcowej i **frezowanie czołowe**, w którym frez skrawa zębami położonymi na powierzchni czołowej (rys. 27-1).

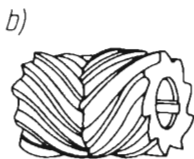
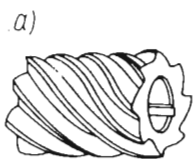


Rys. 27-1. Frezowanie: a) walcowe, b) czołowe

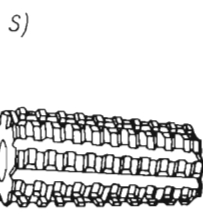
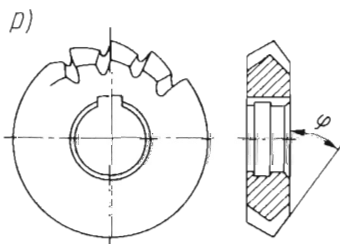
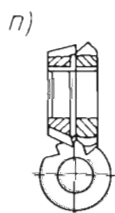
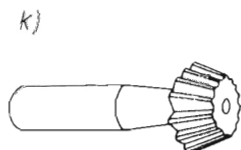
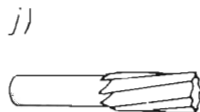
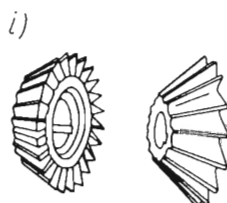
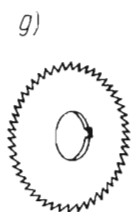
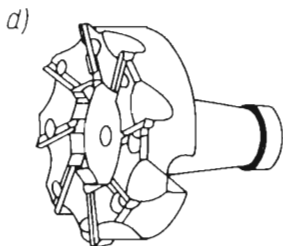
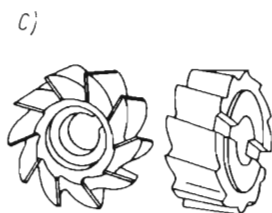


Rys. 27-2. Frezowanie: a) współbieżne, b) przeciwbieżne

W zależności od kierunku ruchu posuwowego względem freza frezowanie może być **przeciwbieżne** (kierunki prędkości ruchu obrotowego freza i ruchu posuwowego przedmiotu są przeciwbieżne) lub **współbieżne**, gdy kierunek ruchu posuwowego stołu frezarki jest zgodny z kierunkiem ruchu roboczego freza. Przy frezowaniu przeciwbieżnym kierunek ruchu posuwowego jest przeciwny do kierunku ruchu roboczego (rys. 27-2). Frezowanie współbieżne jest bardziej wydajne, wymaga jednak zastosowania specjalnych mechanizmów ruchu posuwowego i sztywniejszej obrabiarki. Przedmioty o złożonych kształtach można obrabiać: 1) **frezowaniem kształtowym** za pomocą freza kształtowego o takim zarysie, jaki powinien uzyskać obrabiany przedmiot; w ten sposób obrabia się czasem mało dokładne koła zębate, 2) **frezowaniem kopiowym** opartym na zasadzie kopiowania, tj. nadawania przedmiotowi obrabianemu kształtu wg wzornika lub bezpośrednio z rysunku (kopiowanie). Sposobem tym obrabia się części o kształtach nieregularnych, jak: matryce, wykrojniki, śruby okrętowe, łopatki turbin, korbowody dużych silników, krzywki itp. Frezowanie kopiowe wykonuje się na frezarko-kopiarkach lub na zwykłych frezarkach pionowych wyposażonych dodatkowo w specjalne przyrządy.



Rys. 27-3. Rodzaje frezów: a) pojedynczy walcowy, b) zespołowy walcowy, c) walco-wo-czołowy, d) głowica trzpieniowa, e) głowica nasadzana, f) frez tarczowy trzystronny, g) piłkowy, h) tarczowy trzystronny o wstawianych ostrzach, i) kątowy, j) palcowy, k) trzpieniowy, l, m) kształtowe, n) zespołowy do rozwiertaków, o) do gwintowników, p) do frezów, r) do kół zębatach, s) do ślimacznic



27.2. Rodzaje frezów

Frezem nazywa się narzędzie skrawające z wieloma ostrzami na powierzchni walcowej lub czołowej, wykonujące podczas obróbki ruch obrotowy. W zależności od rodzaju ostrzy rozróżnia się frezy: **ścińcowe** (jednościńcowe i dwuścińcowe) oraz **zataczane**.

Frezy małe są wykonywane najczęściej z jednego kawałka stali (zwykle stali szybko tnącej). Frezy o większych wymiarach mogą mieć ostrza ze stali szybko tnącej lub z węglików spiekanych, połączone z korpusem freza w sposób trwały, np. lutowaniem. Głowice frezowe mają zawsze ostrza wstawiane osadzone w korpusie.

W zależności od kształtu geometrycznego frezy dzieli się na: **walcowe**, **walcowo-czołowe**, **trzępieniowe**, **głowice frezowe specjalne** i inne (rys. 27-3).

27.3. Budowa i klasyfikacja frezarek

Frezarka jest jedną z najczęściej stosowanych obrabiarek do metali i tworzyw sztucznych.

Wszystkie frezarki można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- frezarki ogólnego przeznaczenia,
- frezarki specjalizowane,
- frezarki specjalne.

Frezarki ogólnego przeznaczenia dzieli się na wspornikowe (konsolowe) oraz bezwspornikowe (bezkonsolowe).

Najbardziej rozpowszechnione są **frezarki wspornikowe**, które dzieli się na: poziome zwykle, poziome uniwersalne i pionowe. Podstawowe zespoły służące do zamocowania przedmiotu obrabianego (stół) oraz mechanizmy ruchów posuwowych znajdują się we wsporniku (konsoli). Przedmiot obrabiany może się przesuwąć razem ze stołem w kierunku poziomym, prostopadle do osi wrzeciona (przesuw wzdłużny) lub równoległe do tej osi (przesuw poprzeczny), a cały wspornik w kierunku pionowym (przesuw pionowy).

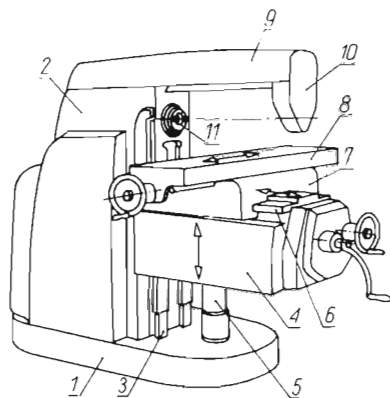
We **frezarkach bezwspornikowych jednostojakowych** stół może wykonywać tylko ruchy wzdłużny i poprzeczny, natomiast przesuw pionowy, niezbędny do ustawienia freza względem przedmiotu, wykonuje wrzeciennik.

Frezarki wzdłużne bramowe mają kadłub w postaci bramy, przez którą przesuwają się duże stoły. W prowadnicach kadłuba poruszają się wrzecienniki, które mogą obrabiać przedmiot jednocześnie z trzech stron. Frezarki wzdłużne są używane do obróbki długich przedmiotów.

Do robót specjalnych stosuje się **frezarki do gwintów**, **frezarki do kół zębatach**, **frezarki karuzelowe** (ze stołem obrotowym), **frezarki do rowków wpustowych**, **frezarki do krzywek** oraz **frezarko-kopiarki**.

Na **rys. 27-4** pokazano **frezarkę wspornikową poziomą**. Głównymi częściami tej frezarki są: podstawa 1, korpus 2, belka usztywniająca 9 i stół 4.

W korpusie mieszczą się mechanizmy napędów wrzeciona i stołu roboczego. W belce usztywniającej jest zamocowana podtrzymka 10 trzpienia frezarskiego. Trzpień frezarski mocuje się w stożkowym gnieździe 11 wrzeciona frezarki. Po prowadnicach 3 korpusu przesuwa się stół 4, wsparty na śrubie 5, która zwiększa jego sztywność, a jednocześnie służy do opuszczania lub podnoszenia stołu. Wspornik w górnej części ma zamontowane poziome prowadnice 6 służące do przesuwania suportu poprzecznego 7. Stół roboczy 8 może przesuwać się prostopadłe do osi wrzeciona. Frezarka jest napędzana silnikiem elektrycznym.



Rys. 27-4. Widok frezarki wspornikowej poziomej

Frezarko-kopiarka

Frezarko-kopiarka służy do obróbki przedmiotów metodą frezowania kopioowego. Kopiowanie uzyskuje się dzięki skojarzeniu dwóch ruchów posuwowych: posuwu wodzącego i prostopadłego do niego posuwu kopiującego.

Frezarko-kopiarki do kopiowania w jednej płaszczyźnie służą do obróbki powierzchni o tworzących równoległych, a frezarko-kopiarki przestrzenne — do obróbki powierzchni o kształcie bardziej złożonym.

Rozróżnia się frezarko-kopiarki z **posuwem ręcznym** oraz **posuwem samoczynnym** — z urządzeniem kopiującym mechanicznym lub z serwowotorem, czyli z urządzeniem kopiującym hydraulicznym, pneumatyczno-hydraulicznym, elektrycznym, elektrohydraulicznym, fotoelektrycznym — oraz sterowane numerycznie.

Urządzenie mechaniczne ma najczęściej postać pantografu; urządzenie to ma niewielką dokładność, toteż jest stopniowo wypierane przez urządzenia dokładniejsze.

Urządzenia hydrauliczne z serwowotorem są dokładniejsze. W urządzeniach tych impulsy są przenoszone za pomocą cieczy wypełniającej przewody.

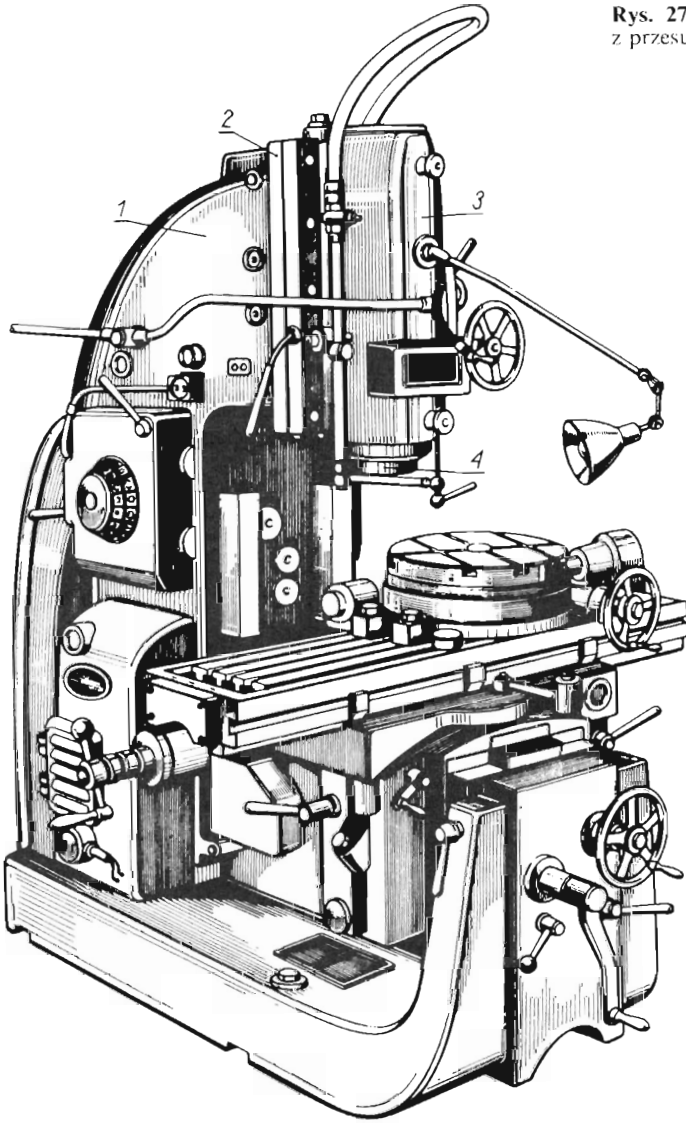
W urządzeniach fotoelektrycznych ruchy freza są sterowane za pomocą układu optycznego ze źródłem bardzo jaskrawego światła, rzucającego plamkę świetlną na zarys rysunku przedmiotu (wykreślonego np. na papierze).

Frezarki pionowe

Na rys. 27-5 przedstawiono frezarkę pionową z przesuwą głowicą 3. We frezarce tej wrzeciono 4 jest ustawione prostopadłe do powierzchni stołu. Korpus frezarki 1 jest wyposażony w prowadnice 2, po których można przesuwać głowicę wraz z wrzecionem.

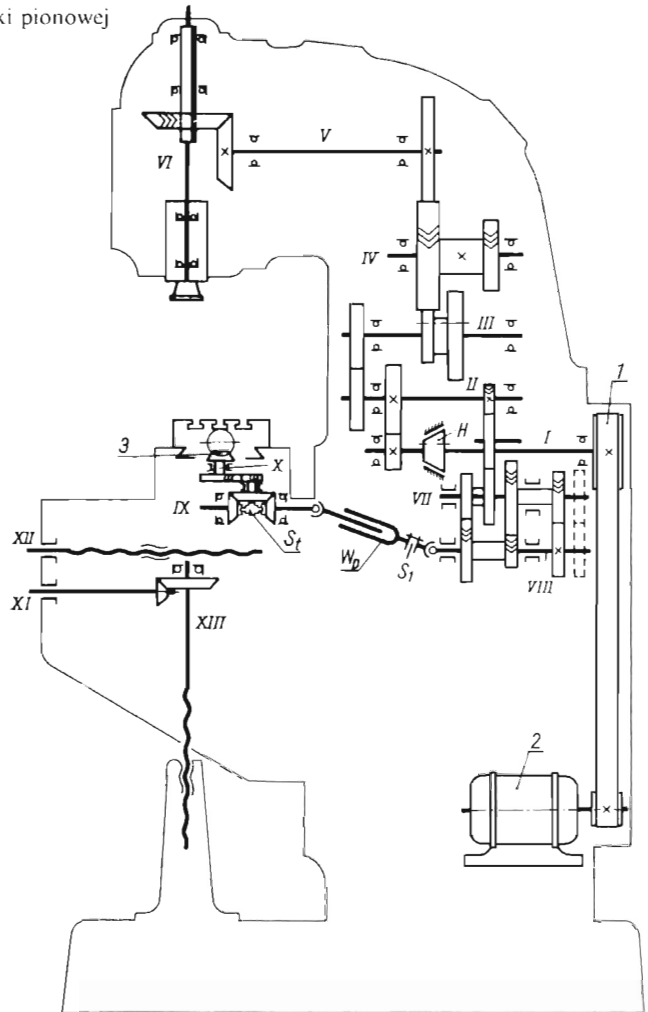
Na rys. 27-6 przedstawiono schemat napędu frezarki pionowej. Napęd jest przenoszony z silnika 2 przez przekładnię pasową 1 na wałek 1. Ruch roboczy

Rys. 27-5. Widok frezarki pionowej z przesuwną głowicą



wrzciona uzyskuje się od wałka *I* za pośrednictwem zespołu przekładni zębatach, znajdujących się na wałkach *II÷VI*. Napęd stołu uzyskuje się także od wałka *I* poprzez przekładnie zębata na wałkach *VIII÷X*, sprzęgła S_1 i S_2 , przegub W_p i przekładnię stożkową *3*.

Rys. 27-6. Schemat napędu frezarki pionowej



27.4. Mocowanie narzędzi i przedmiotu obrabianego na frezarkach

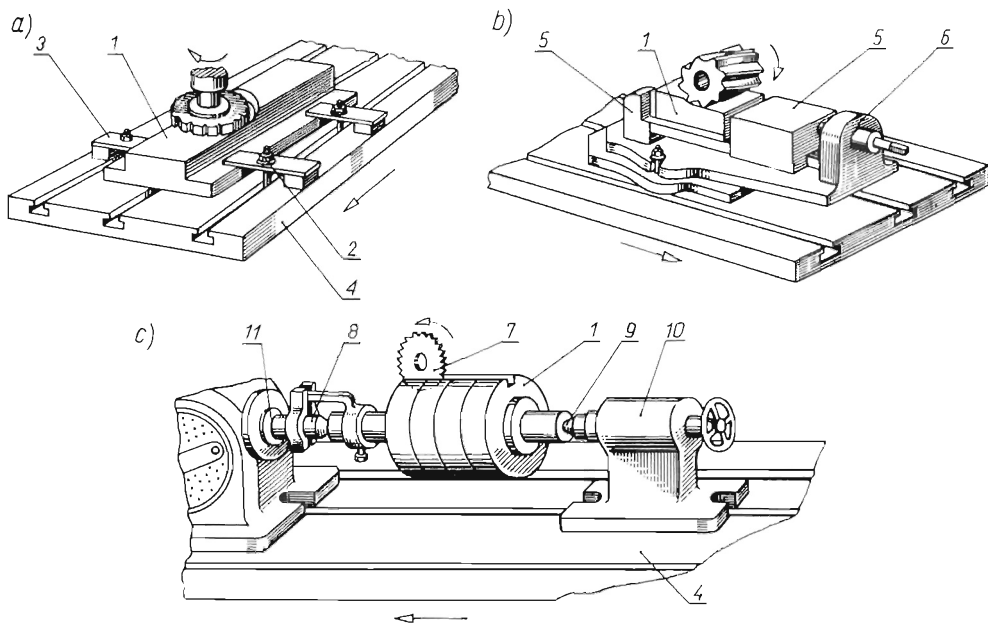
Mocowanie frezów

Frezy ze względu na sposób mocowania dzieli się na **nasadzane** i **trzpieniowe**. Frezy nasadzane mocuje się na trzpieniu frezarskim, który ma średnicę odpowiadającą średnicy gniazda we frezie, a ponadto jest wyposażony w rowek wpustowy. Frezy trzpieniowe mocuje się bezpośrednio w gnieździe wrzeciona frezarki lub pośrednio za pomocą uchwytów zaciskowych.

Mocowanie przedmiotów obrabianych

Przedmioty obrabiane mogą być mocowane na stole frezarki za pomocą docisków, w imadle maszynowym lub w specjalnym przyrządzie.

Na **rys. 27-7a** przedmiot obrabiany 1 jest zamocowany bezpośrednio na stole 4 frezarki za pomocą śrub teowych 2 i nakładek 3. Na **rys. 27-7b** przedmiot



Rys. 27-7. Mocowanie przedmiotów na frezarce

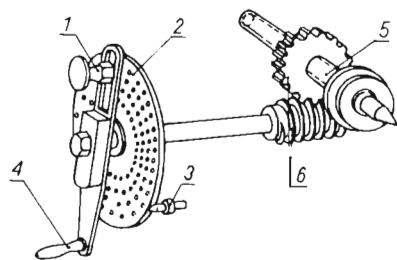
obrabiany 1 jest zamocowany w szczękach 5 imadła maszynowego 6, natomiast na **rys. 27-7c** przedmiot 1 obrabiany za pomocą freza 7 jest ustalony w kłach 8 i 9, z których jeden jest umieszczony w tulei konika 10, a drugi we wrzecionie podziałnicy 11 ustawionej na stole 4 frezarki.

Frezowanie z użyciem podziałnicy

Podziałnicą nazywa się przyrząd obróbkowy, używany przeważnie podczas obróbki przedmiotów na frezarkach, służący do okresowego lub ciągłego obracania obrabianego przedmiotu o określony kąt. Podziałnice stosuje się zazwyczaj w celu podziału obwodu koła na równe części lub nacinania rowków śrubowych na powierzchniach walcowych. Typowymi operacjami wykonywanymi na podziałnicach jest nacinanie zębów na kołach, nacinanie ostrzy na frezach itp.

Na **rys. 27-8** przedstawiono schemat podziałnicy uniwersalnej, która umożliwia podział okręgu na dowolną w zasadzie liczbę części, a także obracanie ciągle obrabianego przedmiotu, np. przy obróbce wiertel krętych. Wrzeciono

5 podzielnicy jest napędzane za pomocą przekładni ślimakowej 6 poruszanej korbką ręczną. Na korpusie podzielnicy jest osadzona dziurkowana tarcza 2 z otworami na kołek zapadkowy 1. Rygiel 3 służy do unieruchamiania dziurkowanej tarczy przy podziale zwyczajnym. Przełożenie przekładni ślimakowej wynosi zwykle 1:40. Chcąc więc wykonać jeden obrót wrzeciona, trzeba wykonać 40 obrotów korbką ręczną lub chcąc np. obrócić wrzeciono o $1/20$ część obwodu należy wykonać korbką ręczną



Rys. 27-8. Schemat podzielnicy uniwersalnej

dwa pełne obroty $n = \frac{40}{20} = 2$ obroty.

Dla dokonania podziału obwodu koła na z części należy wykonać n obrotów

$$n = \frac{40}{z} \text{ obrotów}$$

Na przykład zamierza się podzielić obwód koła na 30 równych części, w tym przypadku n wyniesie

$$n = \frac{40}{30} = 1 \frac{10}{30} = 1 \frac{1}{3}$$

Dla uzyskania więc obrotu przedmiotu o $1/30$ część obwodu trzeba wykonać jeden i jedną trzecią obrotu korbką. Dla ułatwienia tej manipulacji frezer posługuje się **tarczami**, które są wyposażone w otworki rozmieszczone na różnych ich obwodach. Najczęściej w skład wyposażenia podzielnicy wchodzi trzy tarcze o następujących okręgach podziałowych:

- pierwsza mająca 15, 16, 17, 18, 19, 20 otworów,
- druga mająca 21, 23, 27, 29, 31, 33 otwory,
- trzecia mająca 37, 39, 41, 49 otworów.

W naszym przypadku należy wybrać tarczę o liczbie otworów dzielącej się przez 3, np. tarczę pierwszą i posługiwać się obwodem podzielonym na 15 lub 18 części.

W pierwszym przypadku $n = \frac{40}{30} = 1 \frac{1}{3} = 1 \frac{5}{15}$

W drugim przypadku $n = \frac{40}{30} = 1 \frac{1}{3} = 1 \frac{6}{18}$

W przypadku więc zastosowania obwodu z 15 otworkami wykonuje się jeden pełny obrót korbką, a następnie przesuwają ją o 5 otworków dalej. Przy zastosowaniu obwodu podzielonego na 18 części, po wykonaniu jednego obrotu, przesuwają się korbkę jeszcze dalej o 6 otworków.

Podany wyżej sposób dzielenia jest **podziałem zwyczajnym**. Istnieje także tzw. **podział różnicowy**, stosowany w przypadku, gdy w komplecie okręgów

podziałowych brak jest liczby otworów odpowiadającej mianownikowi ułamka.

Przy bardzo dokładnym dzieleniu używa się podzielnicy optycznych, które za pośrednictwem powiększającego urządzenia optycznego z lupą umożliwiają obserwację dokładnej podziałki na tarczy założonej na wrzecionie.

27.5. Rodzaje, ogólna budowa i zastosowanie strugarek

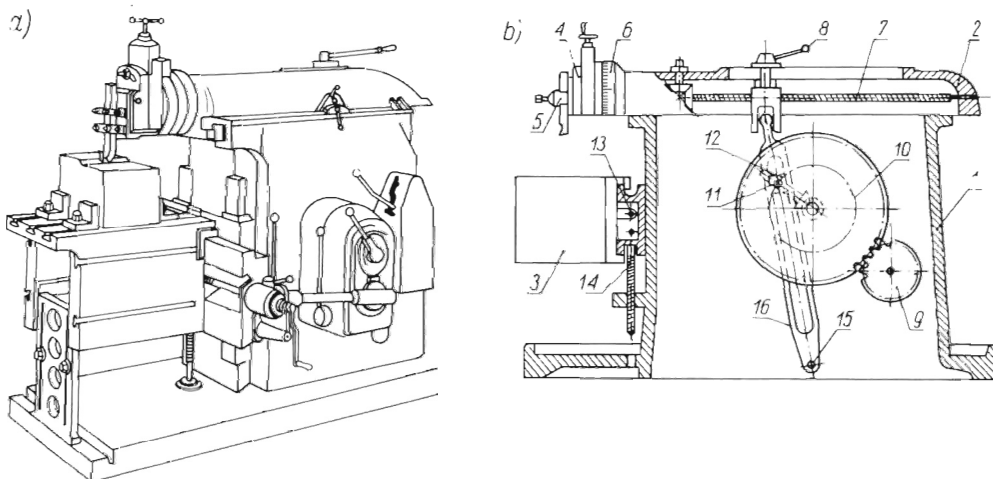
Wiadomości ogólne

Struganiem obrabia się powierzchnie płaskie. Prostoliniowy ruch noża względem przedmiotu składa się z ruchu roboczego o mniejszej prędkości i ruchu jałowego (powrotnego) o większej prędkości. Ruch posuwowy, czyli przesuw narzędzia względem przedmiotu w kierunku poprzecznym, jest ruchem przerywanym i następuje po zakończeniu każdego ruchu jałowego narzędzia. Ruch posuwowy odbywa się podczas przechodzenia narzędzia z ruchu jałowego w ruch roboczy.

Rozróżnia się **struganie wzdłużne** oraz **struganie poprzeczne**. Podczas strugania wzdłużnego ruch roboczy wykonuje przedmiot obrabiany, a ruch posuwowy narzędzie. Natomiast podczas strugania poprzecznego ruch roboczy wykonuje narzędzie, a ruch posuwowy przedmiot.

Strugarki dzieli się na **poprzeczne** i **wzdłużne** oraz **pionowe** (dłutownice). W strugarkach poprzecznych stół razem z przedmiotem wykonuje ruch posuwowy, prostopadły do kierunku ruchu suwaka (rys. 27-9a). Postępowo-zwrotny ruch suwaka uzyskuje się za pomocą mechanizmu jarzmowego lub urządzenia hydraulicznego.

W strugarkach wzdłużnych prostoliniowy ruch roboczy wykonuje przedmiot na stole osadzonym w prowadnicach łoża.



Rys. 27-9. Strugarka poprzeczna: a) widok ogólny, b) schemat budowy

W strugarkach pionowych kierunek ruchu roboczego noża jest prostopadły do powierzchni stołu.

Struganie wzdłużne stosuje się do obróbki dużych płaszczyzn i jest wykonywane za pomocą strugarek wzdłużnych, natomiast struganie poprzeczne jest odpowiedniejsze do obróbki płaszczyzn mniejszych. Obydwie metody strugania nadają się do obróbki powierzchni kształtowych o tworzącej prostoliniowej (struganie kopiowe).

Struganie jest mało wydajnym sposobem obróbki, umożliwia jednak uzyskanie dużej dokładności wymiarów. Znajduje zastosowanie w produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Metodą strugania można również obrabiać koła zębate walcowe i stożkowe.

Budowa strugarki poprzecznej

Żeliwny kadłub 1 strugarki (rys. 27-9b) łączy wszystkie jej zespoły w całość. Odchylny imak nożowy 5 wraz z suportem jest zamocowany na czołowej płaszczyźnie suwaka 2. Do skośnego strugania powierzchni suport obraca się o odpowiedni kąt dokoła osi poziomej, przy czym wartość kąta nastawia się wg podziałki 6. Suwak 2 można przestawić względem stołu 3 za pomocą śruby 7, dzięki czemu można strugać bliżej lub dalej od kadłuba. Po ustaleniu położenia suwaka względem stołu blokuje się go za pomocą zacisku 8.

Stół 3 strugarki, osadzony w prowadnicach, otrzymuje napęd w kierunku poprzecznym od śruby 13, sanie zaś — w kierunku pionowym po prowadnicach kadłuba od śruby 14. Stół strugarki może być również przesuwany w kierunku poprzecznym ręcznie za pomocą rękojeści obracającej śrubę 13.

Suwak 2 wykonuje ruch postępowo-zwrotny za pomocą jarzma 16, wykonującego ruch wahadłowy dokoła osi 15.

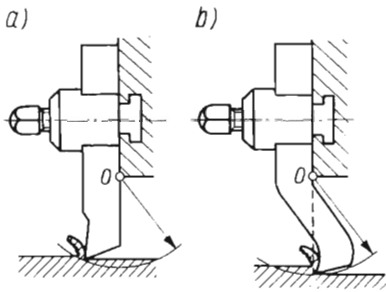
Napęd strugarki jest przekazywany z silnika elektrycznego, umieszczonego w podstawie kadłuba, przez sprzęgło i hamulec na koło zębate 9, a stąd na tarczę 10 z czopem 11. Na czopie jest osadzony obrotowy kamień 12 ślizgający się podczas pracy wzdłuż prowadnic jarzma 16. Nowoczesne strugarki poprzeczne są napędzane hydraulicznie.

27.6. Rodzaje i mocowanie noży strugarskich

Noże strugarskie mają część roboczą podobną do części roboczej noży tokarskich, różnią się jedynie kształtem chwytu. W nożach tokarskich chwyt jest przeważnie prosty, natomiast noże strugarskie najczęściej mają chwyt wygięty.

Nóż prosty (rys. 27-10a) podczas pracy ulega wygięciu ku tyłowi wokół punktu 0, wskutek czego zagłębia się w materiał (skrawa grubszą warstwę materiału niż przewidziano).

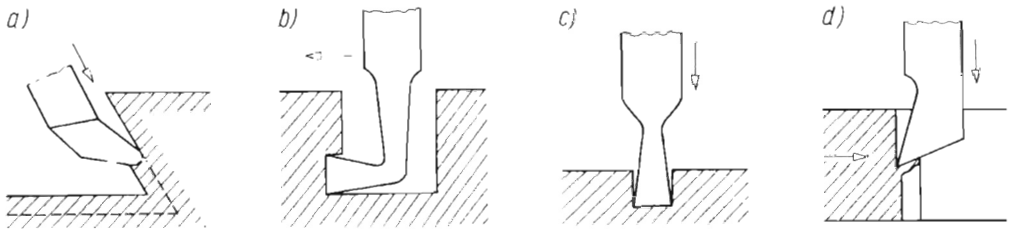
Nóż wygięty (rys. 27-10b) nie wykazuje tej wady, zapewniając większą dokładność obracanych powierzchni.



Rys. 27-10. Wpływ odgięcia noża na przebieg procesu strugania

Nóż w strugarce mocuje się tak, aby jak najmniej wystawał z imaka. Po zgrubnym ustawieniu noża na określoną głębokość skrawania, ustaleniu żądanej prędkości skrawania (przez regulację skoku suwaka i liczby skoków na minutę) oraz dobraniu posuwu uruchamia się strugarkę.

Na strugarkach wykonuje się różnego rodzaju prace (rys. 27-11), ale zakres ich stosowania jest ograniczony i dlatego coraz powszechniej zastępuje się je frezarkami, które są bardziej wydajne i ekonomiczne.



Rys. 27-11. Prace strugarskie: a) struganie płaszczyzny skośnej, b) struganie rowka, c) przycinanie, d) dławienie rowka na wpust

27.7. Zasady bezpieczeństwa pracy podczas frezowania i strugania

Podstawowym warunkiem bezpieczeństwa pracy na frezarkach i strugarkach jest osłonięcie ich mechanizmów napędowych. Najczęściej zdarzające się skaleczenia palców są spowodowane lekkomyślnym sprawdzaniem chropowatości obrabianej powierzchni oraz wykonywaniem pomiarów obrabianego przedmiotu przy obracającym się frezie. Wiórów z frezarki nie wolno usuwać ręką, lecz szczotką. Nie wolno również czyścić obrabiarki sprężonym powietrzem, bo to powoduje rozdmuchiwanie wiórów, grożąc skaleczeniem oka. Pomiary obrabianej części można wykonywać tylko przy wyłączonej obrabiarence.

Odzież pracownika powinna być dopasowana. Podłoga wokół obrabiarki musi być równa, sucha i czysta.

Przed uruchomieniem strugarki sprawdza się prawidłowość zamocowania noża (czy nóż i stół nie zderzają się).

Wszelkie usuwanie usterek w instalacji elektrycznej obrabiarek należy do elektryka.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Frezowanie walcowe polega na: **a)** skrawaniu materiału frezem o ostrzach leżących na powierzchni walcowej? **b)** skrawaniu materiału frezem z ostrzami położonymi na powierzchni czołowej?
2. Przy frezowaniu współbieżnym kierunek ruchu posuwowego jest: **a)** przeciwny do kierunku ruchu roboczego? **b)** zgodny z kierunkiem ruchu roboczego freza?
3. Frezy podczas pracy wykonują ruch: **a)** wahadłowy? **b)** postępowo-zwrotny? **c)** obrotowy?
4. Głowice frezowe mają ostrza: **a)** lutowane? **b)** wstawiane? **c)** przyspawane?
5. Frezarki wspornikowe dzieli się na: **a)** poziome zwykłe, poziome uniwersalne i pionowe? **b)** skośne, bezwspornikowe bezkonsolowe?
6. Frezarki wzdłużne bramowe mogą obrabiać przedmiot jednocześnie: **a)** z trzech stron? **b)** z dwóch stron? **c)** z jednej strony? **d)** z czterech stron?
7. Frezy trzpieniowe mocuje się: **a)** na trzpieniu frezarskim? **b)** bezpośrednio w gnieździe wrzeciona frezarki lub pośrednio za pomocą uchwytów zaciskowych?
8. Podzielnica służy do: **a)** okresowego lub ciągłego obracania obrabianego przedmiotu o określony kąt? **b)** posuwu stołu frezarki?
9. Podzielnica uniwersalna używana do obróbki przedmiotów na frezarkach służy do: **a)** podziału odcinka na równe części? **b)** podziału okręgu koła na dowolną w zasadzie liczbę części? **c)** napędu wrzeciona frezarki?
10. Prostoliniowy ruch noża strugarki względem przedmiotu składa się z ruchu: **a)** roboczego o mniejszej prędkości i ruchu jałowego o większej prędkości? **b)** roboczego o większej prędkości i jałowego o mniejszej prędkości? **c)** roboczego i jałowego o tej samej prędkości?
11. W strugarkach wzdłużnych prostoliniowy ruch roboczy wykonuje: **a)** nóż strugarki? **b)** przedmiot na stole osadzonym na prowadnicach łoża?
12. Struganie jest: **a)** mało wydajnym sposobem obróbki? **b)** bardzo wydajnym sposobem obróbki?
13. Noże strugarskie mają najczęściej chwyt: **a)** prosty? **b)** wygięty? **c)** sprężynowy?

28 Wiercenie i rozwiercanie

28.1. Rodzaje wierconych otworów i sposoby ich wykonywania

Wierceniem, jak już napisano w rozdziale 8, nazywa się sposób obróbki skrawaniem polegający na wykonywaniu otworów w pełnym materiale za pomocą narzędzia zwanego **wiertłem**, wykonującego ruch obrotowy i ruch posuwowy wzdłuż osi obrotu. Wiercenie można wykonywać wzdłuż linii traserskich lub w przyrządzie wiertarskim. Metodą wiercenia można wykonywać otwory cylindryczne o średnicy do $60 \div 80$ mm.

Powiększenie za pomocą wiertła średnicy otworu już wywierconego lub istniejącego w przedmiocie nazywa się **wierceniem wtórnym (powiercaniem)**. W szczególnych przypadkach, z użyciem specjalnych wiertel i odpowiednich przyrządów, metodą wiercenia wtórnego można obrabiać otwory nieokrągłe, np. trójkątne, kwadratowe lub inne wielokątne.

Wiercenia dokonuje się zwykle na **wiertarkach i wiertarko-frezarkach**. Możliwe jest jednak wiercenie otworów na innych obrabiarkach, np. na tokarkach, automatach tokarskich.

W wyniku wiercenia otrzymuje się otwory o przeciętnej dokładności. Aby polepszyć dokładność, poddaje się wywiercony otwór operacji **rozwiercania**. Otwory o dużej głębokości wykonuje się za pomocą specjalnych narzędzi, zwanych **wiertłami do głębokich otworów**.

28.2. Rozwiercanie

Rozwiercaniem nazywa się sposób obróbki skrawaniem narzędziami wielostrzowymi, zwanymi **rozwiertakami**, polegający na powiększeniu średnicy otworu wywierconego. W czasie obróbki rozwiertak wykonuje ruchy obrotowy i posuwowy wzdłuż osi obrotu. Celem rozwiercania jest uzyskanie otworu o żądanej dokładności i chropowatości powierzchni, nie dającej się uzyskać wiertłami.

Rozwiercać można otwory walcowe i lekko stożkowe. Rozróżnia się **rozwiercanie zgrubne** (wykonywane po wierceniu) i **rozwiercanie wykańczające**, w wyniku którego otrzymuje się ostateczny wymiar otworu.

Rozwiertaki zgrubne (zdzieraki) mają przeważnie ostrza śrubowe, natomiast **rozwiertaki wykańczające** (wykańczaki) mają ostrza proste i drobniejsze.

28.3. Parametry skrawania podczas wiercenia

W procesie wiercenia wielkościami charakterystycznymi są: **prędkość skrawania** i **posuw**. **Prędkość skrawania** wyrażana w m/min jest prędkością obrotową punktu znajdującego się na obwodzie wiertła. Oblicza się ją wg wzoru

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/min}$$

w którym: v — prędkość skrawania w m/min,

d — średnica wiertła w mm,

n — prędkość obrotowa wiertła w obr/min.

Przez przekształcenie wzoru można określić **prędkość obrotową wiertła**

$$n = \frac{100 \cdot v}{\pi \cdot d} \text{ obr/min}$$

Posuw wiertła (oznaczamy literą p) wyrażany jest w milimetrach na jeden obrót (mm/obr). Jest to odcinek, o który przesunie się wiertło wzdłuż swojej osi w czasie jednego pełnego obrotu.

Prędkość skrawania i wartości posuwów dobiera się z odpowiednich tablic.

28.4. Rodzaje, budowa i obsługa wiertarek

Wiertarką nazywa się obrabiarkę przeznaczoną do wiercenia, rozwiercania i pogłębiania otworów. W szczególnych przypadkach na wiertarce można również wykonywać wytaczanie i gwintowanie za pomocą gwintowników maszynowych.

Wiertarki są używane głównie do obróbki metali, tworzyw sztucznych i drewna. Ruchy roboczy i posuwowy wykonuje narzędzie osadzone na wrzecionie roboczym.

Wiertarki do obróbki metali, podobnie jak tokarki, dzieli się na:

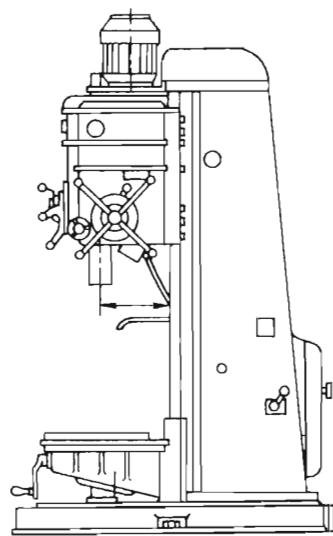
- ogólnego przeznaczenia,
- specjalizowane,
- specjalne.

Do grupy **wiertarek ogólnego przeznaczenia** zalicza się wiertarki: stojakowe (słupowe i kadłubowe), promieniowe, wielowrzecionowe.

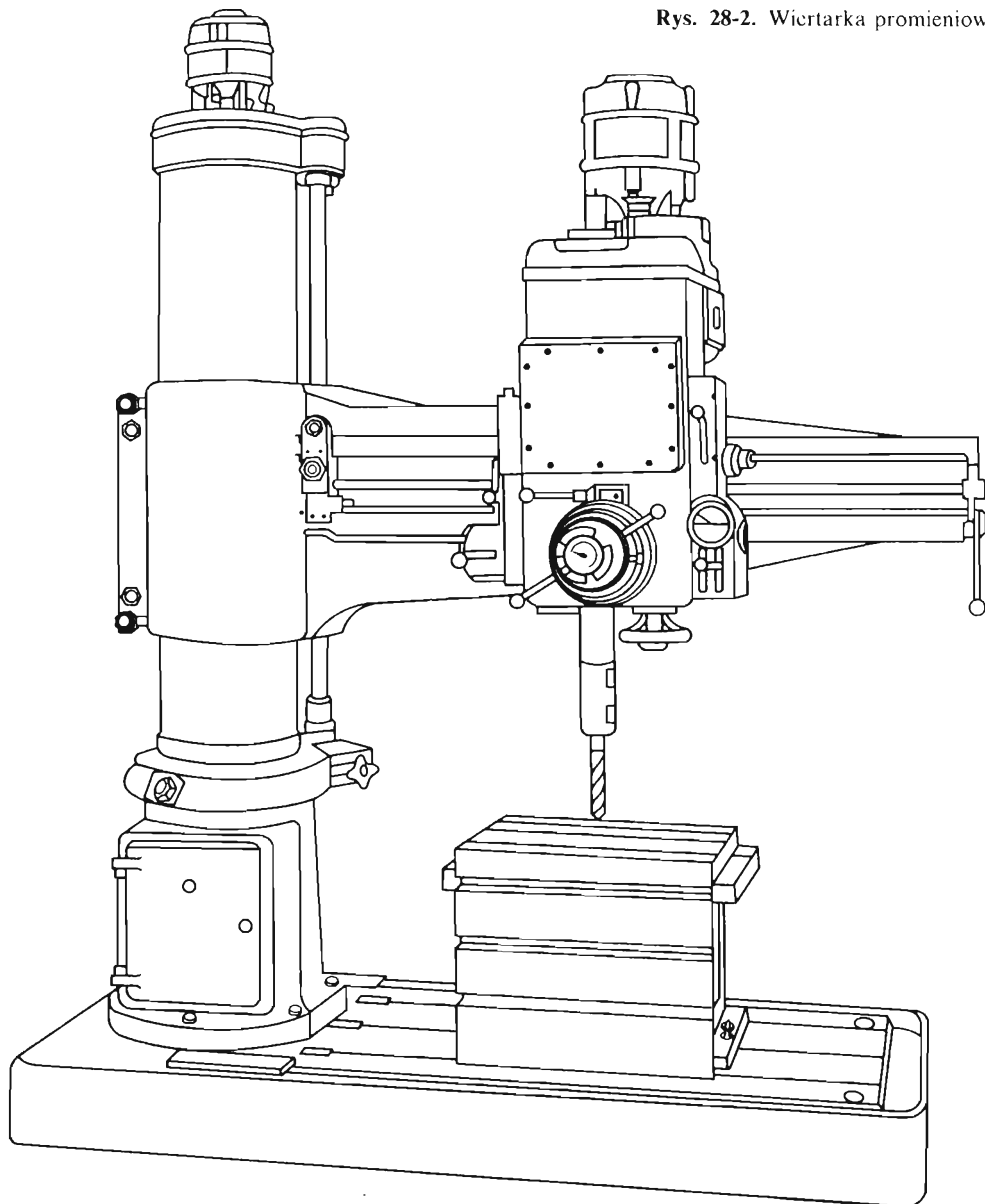
Na **rys. 28-1** przedstawiono schemat **wiertarki stojakowej kadłubowej**. Wspornik stołu jest podtrzymywany podpórką śrubową, która opiera się o płytę podstawy. Z uwagi na ciężar obrabianych przedmiotów oraz duże siły posuwu podpórka jest konieczna. Skrzynka posuwów może być napędzana mechanicznie lub przesuwana ręcznie za pośrednictwem dźwigni.

Wiertarka promieniowa (**rys. 28-2**) składa się z podstawy, kolumny, słupa, ramienia promieniowego, wrzeciennika, stołu i przeważnie dwóch silników elektrycznych (jeden do napędu wrzeciennika, drugi do przesuwania ramienia). Ramię, zwane wysięgnikiem, można obracać dookoła słupa i przesuwać w kierunku pionowym. Wrzeciennik napędzany silnikiem przesuwa się na prowadnicach wzdłuż ramienia. Dzięki takiej budowie na wiertarkach promieniowych można wiercić otwory w różnych miejscach przedmiotu bez zmiany jego położenia.

Wiertarki wielowrzecionowe (pęczkowe) służą do jednoczesnego wiercenia wielu otworów w przedmiotach obrabianych seryjnie. Wrzeciennik w tych wiertarkach jest wyposażony w wiele wrzecion, które mogą być ustawiane w dowolnej odległości od osi głównego wrzeciona wiertarki.



Rys. 28-1. Wiertarka kadłubowa



Do grupy **wiertarek specjalizowanych** należy m.in. wiertarka współrzędnościowa. Służy ona do obróbki bardzo dokładnych otworów o bardzo dokładnym rozstawieniu ich osi. Odznacza się sztywną i precyzyjną budową, odporną na drgania i odkształcenia oraz bardzo dokładnym ułożyskowaniem wrzeciona. Stół wiertarki z zamocowanym przedmiotem można przesuwać w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach. Do dokładnego przesuwu stołu służą precyzyjne urządzenia nastawcze, najczęściej optyczne, dzięki którym można uzyskać bardzo wielką dokładność rozstawienia osi otworów w obrabianym przedmiocie.

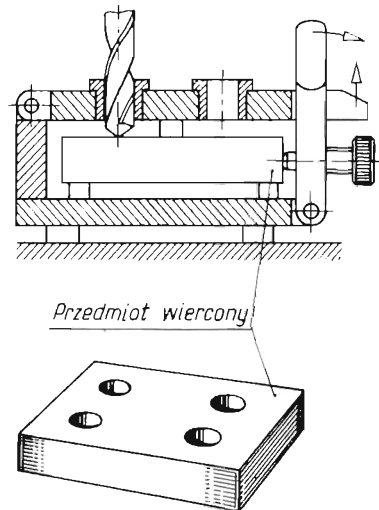
Mocowanie przedmiotu obrabianego

W czasie wiercenia moment obrotowy z wiertła przenosi się na przedmiot. W celu zabezpieczenia przedmiotu przed obracaniem trzeba go odpowiednio zamocować. Mocowanie dotyczy przedmiotów lekkich i średniej wielkości. Przedmioty ciężkie, np. kadłuby silników spalinowych, nie muszą być mocowane do wiercenia. Największa możliwość obracania się przedmiotu wraz z narzędziem występuje w momencie wychodzenia wiertła z materiału. Sposób mocowania przedmiotu na wiertarce przedstawia rys. 28-3.

Chcąc uzyskać właściwe położenie otworu w przedmiocie obrabianym, przedmiot powinien dokładnie przylegać do płaszczyzny roboczej stołu. Dlatego przed każdym wierceniem stół wiertarki dokładnie czyści się z wiórów i zanieczyszczeń.

Przedmiot może być mocowany na stole lub podstawie wiertarki bezpośrednio lub pośrednio.

Mocowanie bezpośrednie stosuje się wówczas, gdy przedmiot ma kształt i wymiary umożliwiające bezpośrednie połączenie go ze stołem wiertarki. Do **pośredniego mocowania** przedmiotu stosuje się przyrządy i uchwyty.



Rys. 28-3. Zamocowanie przedmiotu w uchwycie wiertarskim

Wiercenie otworów

W czasie wiercenia **otworów przelotowych** można uszkodzić wiertłem powierzchnię stołu. Aby temu zapobiec, wierci się w stole otwór lub opiera się przedmiot na podkładce drewnianej, która powinna mieć dokładne równoległe płaszczyzny oporowe.

Wiercenie **otworów nieprzelotowych**, czyli o określonej głębokości, wykonuje się najczęściej na wiertarkach z posuwem mechanicznym, które mają urządzenia do nastawiania żądanej głębokości wiercenia. Po osiągnięciu nastawionej głębokości następuje samoczynne wyłączenie posuwu mechanicznego.

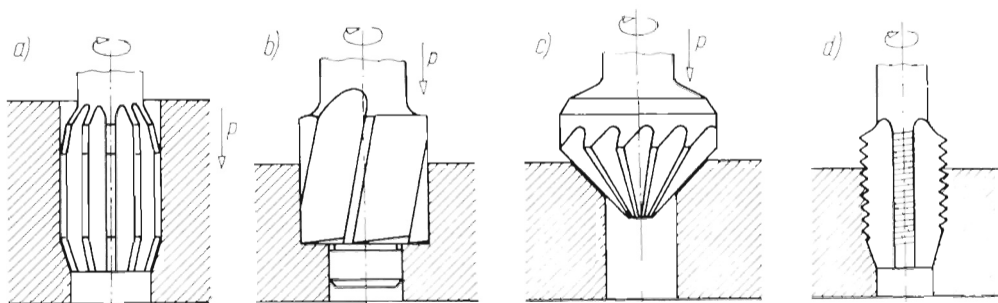
Wiercenie **otworów płytkich** wykonuje się najczęściej wiertłami krętymi, natomiast **otworów długich** — wiertłami specjalnymi przystosowanymi do ciągłego wypłukiwania wiórów. Wiercenie krótkich otworów odbywa się w układzie pionowym lub poziomym, natomiast otworów długich tylko w układzie poziomym, na specjalnych wiertarkach do głębokich otworów. Można również otwory wiercić na rewolwerówkach i automatach.

Chłodzenie wiertła

W celu niedopuszczenia do nagrzania się wiertła w czasie jego pracy stosuje się **ciecze obróbkowe**, które oprócz chłodzenia mają właściwości smarujące.

28.5. Rozwiercanie i pogłębianie otworów

Wykonane otwory można rozwiercać za pomocą **rozwiertaków** w celu uzyskania dokładności wymiaru i dokładności kształtu, a także w celu wygładzenia powierzchni. Na **rys. 28-4a** przedstawiono rozwiercanie otworu.



Rys. 28-4. Prace wykonywane na wiertarkach: *a)* rozwiercanie, *b)* pogłębianie walcowe, *c)* pogłębianie stożkowe, *d)* gwintowanie otworów

Otwory pogłębia się za pomocą **pogłębiaczy**. Na **rys. 28-4b** przedstawiono pogłębianie walcowe za pomocą pogłębiacza walcowo-czołowego, na **rys. 28-4c** — pogłębianie stożkowe za pomocą pogłębiacza stożkowego.

Otwory wykonane wiertłem można nagwintować na wiertarce za pomocą **gwintownika** przedstawionego na **rys. 28-4d**.

28.6. Bhp podczas wiercenia i rozwiercania

Podczas wiercenia i rozwiercania należy: poprawnie mocować wiercone (roz-wiercane) przedmioty, żeby uniemożliwić ich obracanie się; nakładać osłony kół zębatych i innych ruchomych części wiertarki; usuwać wióry za pomocą haka lub szczypic, nigdy ręką.

Nie wolno wydmuchiwać drobnych wiórów, gdyż grozi to zaprószeniem oczu; nie wolno także zbliżać się do wiertarki w odzieży nie dopasowanej.

Powierzchni skośnych nie wolno nawiercać, gdyż wiertło może się ułamać. Podczas wiercenia otworów o średnicy przekraczającej 25 mm należy stosować wstępne wiercenie wiertłem średnicy ok. dwukrotnie mniejszej. Co pewien czas należy oczyszczać wiertło z wiórów przy wierceniu głębokich otworów.

Poza tym trzeba pamiętać, że nie wolno dokonywać żadnych pomiarów w czasie pracy wiertarki, a także nie wolno hamować obrotów wrzeczona rękoma. Po skończonej pracy wiertarkę należy oczyścić i nasmarować zgodnie z instrukcją obsługi.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Metodą wiercenia można wykonywać otwory cylindryczne: **a)** od kilku dziesiętnych mm do kilkudziesięciu mm? **b)** od 1 do 2 cm? **c)** od 5 do 15 cm?
2. Rozwiercanie ma na celu: **a)** powiększenie średnicy otworu wywierconego i uzyskanie otworu o żądanej dokładności i chropowatości powierzchni? **b)** powiększenie średnicy otworu wywierconego? **c)** uzyskanie bardzo głębokiego otworu?
3. Parametrami wiercenia są: **a)** prędkość skrawania? **b)** prędkość skrawania i posuw? **c)** tylko posuw?
4. Wiertarki promieniowe zalicza się do: **a)** specjalnych? **b)** specjalizowanych? **c)** ogólnego przeznaczenia?
5. Wiertarki wielowrzecionowe służą do jednoczesnego wiercenia: **a)** dwóch otworów? **b)** wielu otworów? **c)** jednego otworu?
6. Ciężkie przedmioty, np. kadłuby silników spalinowych, muszą być do wiercenia: **a)** zamocowane? **b)** nie muszą być zamocowane? **c)** muszą być silnie zamocowane na stole wiertarki?
7. Największa możliwość obracania się przedmiotu wraz z narzędziem istnieje: **a)** w momencie wychodzenia wiertła z materiału? **b)** w momencie wchodzenia wiertła w materiał? **c)** w czasie wiercenia?

29 Obróbka maszynowa gwintów

29.1. Wiadomości ogólne

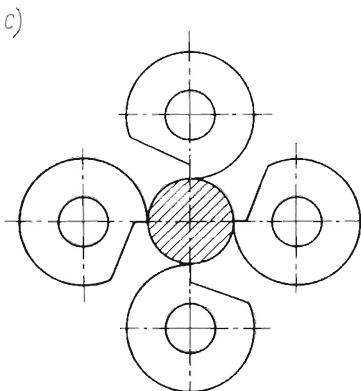
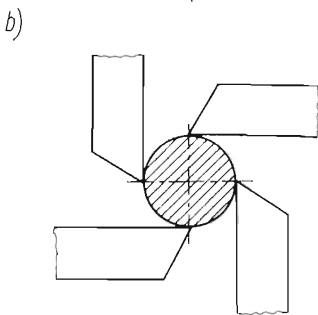
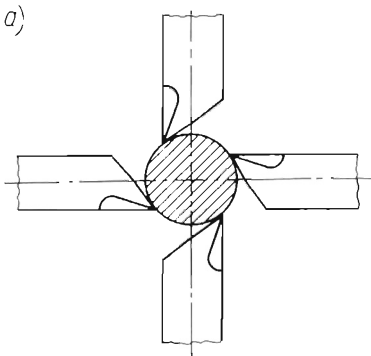
Gwintowanie maszynowe wykonuje się na obrabiarkach, metodami skrawania (nacinania) i metodami obróbki plastycznej. Rozróżnia się następujące metody maszynowego wykonywania gwintów:

- **Nacinanie gwintów nożem na tokarce**, odbywające się w kilku przejściach przy stopniowym zagłębianiu noża po każdym przejściu (posuw wgłębny). Ruch obrotowy obrabianego przedmiotu musi być związany z ruchem posuwowym noża w ten sposób, aby na jeden obrót przedmiotu nóż przesunął się o długość jednego skoku nacinanego gwintu. Takie gwintowanie stosuje się w produkcji małoseryjnej do obróbki gwintów dokładnych.

- **Gwintownikiem maszynowym lub narzynką** osadzoną w obrabiarce. W celu wycofania narzędzia gwintującego konieczna jest przy tej metodzie zmiana kierunku obrotów wrzeciona.
- **Nacinanie głowicą gwinciarską** na gwinciarkach za pomocą 4 noży grzebienionych, ustawionych promieniowo lub stycznie względem przedmiotu.
- **Frezowanie na specjalnych frezarkach** do gwintów za pomocą freza walcowego wielokrotnego (gwinty krótkie) lub freza tarczowego (gwinty długie).
- **Frezowanie obiegowe** za pomocą wirującej głowicy z 4 nożami przesuwającej się wzdłuż osi obrabianej śruby. Metoda ta jest bardzo wydajna, dzięki dużej prędkości skrawania. Do frezowania obiegowego służą specjalne obrabiarki do

gwintów lub urządzenia z odrębnym silnikiem napędowym zakładane na suporcie tokarki.

- **Szlifowanie** za pomocą ściernicy wielokrotnej lub pojedynczej na szlifierkach do gwintów. Metodą szlifowania wykańcza się gwinty dokładne o twardej powierzchni, obrobione wstępnie na innej obrabiarce, lub wykonuje się bez obróbki wstępnej gwinty drobne, np. w gwintownikach.



Rys. 29-1. Odmiany głowic gwinciarskich

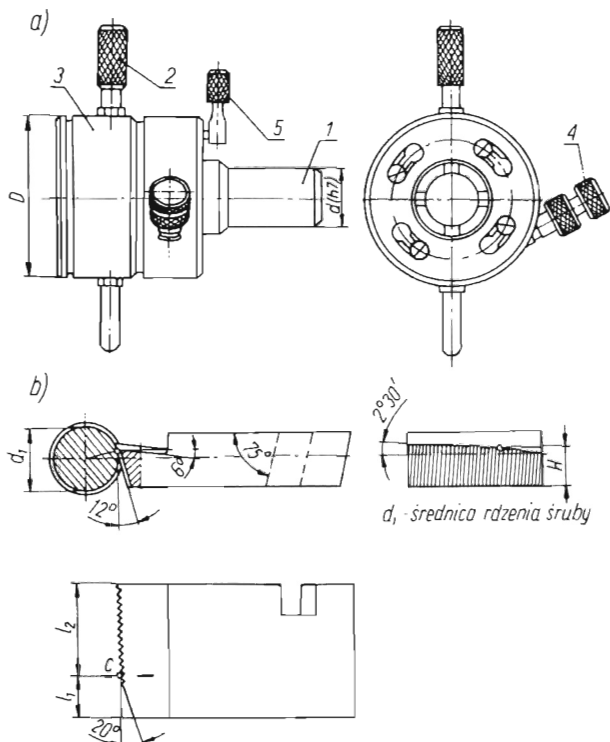
29.2. Wykonywanie gwintów na gwinciarkach, frezarkach i szlifierkach

Gwinciarki są obrabiarkami przeznaczonymi do nacinania gwintów wewnętrznych za pomocą gwintowników maszynowych oraz gwintowników zewnętrznych z głowicami gwinciarskimi.

Rozróżnia się **głowice gwinciarskie**: z nożami promieniowymi (Pitllera lub Herberta - rys. 29-1a), z nożami Landisa lub Wagnera (rys. 29-1b), z nożami krążkowymi (rys. 29-1c).

Na rys. 29-2a przedstawiono głowicę gwinciarską krajowej produkcji z nożami promieniowymi. Narzędzie mocuje się na obrabiarce za pomocą tulei 1, która odgrywa również rolę chwytu. Do obracania pierścienia zewnętrznego 3 służy rękojeść 2. Obracanie pierścienia zewnętrznego powoduje otwieranie lub zamykanie noży głowicy. Przez dokręcanie lub wykręcanie śruby 4 reguluje się rozsunięcie noży na żądaną średnicę gwintu nacinanego. Mała rękojeść 5 służy do ustawienia noży w zależności od tego, czy

Rys. 29-2. Głowica gwinciarska z nożami promieniowymi: a) budowa głowicy, b) konstrukcja noża promieniowego



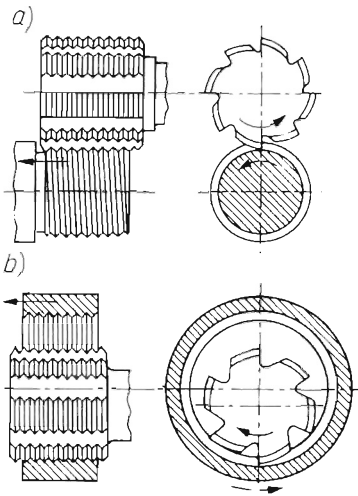
gwint jest nacinany jednym przejściem (przy średnicach gwintu do 16 mm), czy dwoma przejściami (przy średnicach większych).

W nożu (rys. 29-2b) rozróżnia się część skrawającą o długości l_1 oraz część prowadzącą l_2 . Punkt C jest końcowym punktem części skrawającej ściętej pod kątem 20° . Punkt ten jest bazą wymiarową noża dla wymiaru H . Ponieważ powierzchnia natarcia noża jest podniesiona w kierunku osi toczonej śruby pod kątem $2^\circ 30'$, więc za punktem C krawędzie ostrzy noża nie przylegają do materiału i część prowadząca noża współpracuje z naciętym gwintem jak nakrętka.

W układzie wykonania noża kąt natarcia jest równy 6° , a przyłożenia 12° . Natomiast w układzie ustawienia i pracy noża kąt natarcia wynosi 18° , a kąt przyłożenia jest równy 0° . Boczne wycięcie noża wykonane pod kątem 75° współpracuje z krzywką do rozsuwania i zsuwania noża w głowicy.

Frezarki do gwintów są znacznie wydajniejsze niż gwinciarki. Rozróżnia się frezarki do gwintów krótkich (śrub, wkrętów, nakrętek) oraz do zewnętrznych gwintów długich (śrub pociągowych, ślimaków).

Frezarki do gwintów krótkich są przeznaczone do obróbki gwintów zewnętrznych i wewnętrznych, których długość jest mniejsza od długości części roboczej freza. Zasadę frezowania gwintów krótkich przedstawia rys. 29-3. Oś freza jest równoległa do osi nacinanego gwintu i w związku z tym wszystkie bruzdy gwintu są nacinane jednocześnie. Frez wykonuje tylko ruch obrotowy, a przedmiot obrobiony wykonuje dwa ruchy: obrotowy i wzdłużny. Podczas jednego obrotu przedmiotu



Rys. 29-3. Zasada frezowania gwintów krótkich: a) zewnętrznego, b) wewnętrznego

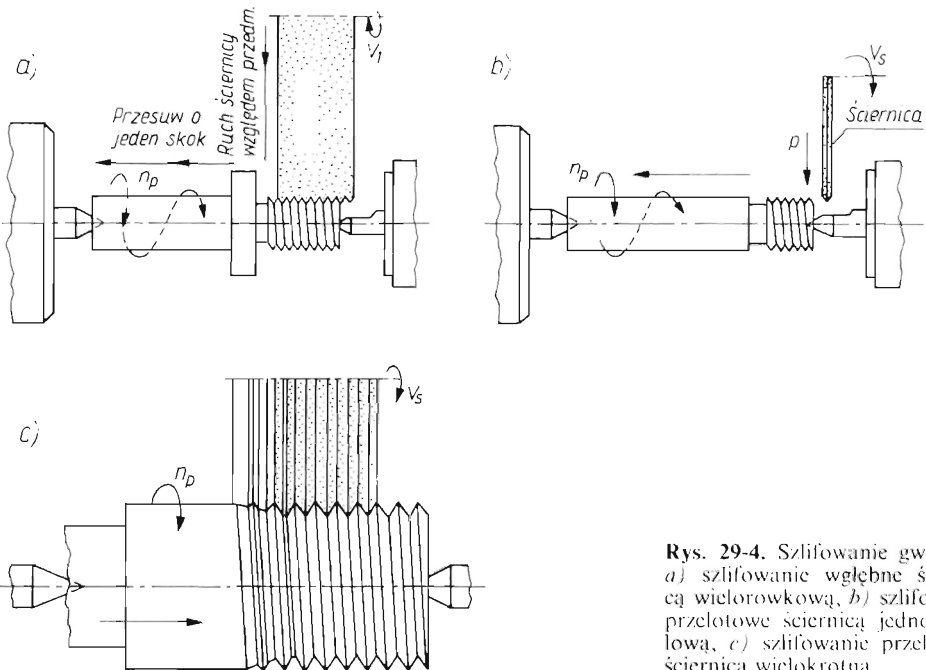
tu obrabianego musi nastąpić jego wzdlużne przesunięcie równe skokowi nacinanego gwintu.

Frezarka pracuje w cyklu automatycznym, który obejmuje:

- dosunięcie przedmiotu obrabianego do freza,
- nacięcie gwintu podczas jednego obrotu przedmiotu,
- odsunięcie obrabianego przedmiotu od freza po zakończeniu obróbki.

Dokładne nacięcie gwintu wymaga, ażeby przedmiot obrabiany dokonał $1\frac{1}{6}$ obrotu, ponieważ podczas weinania się freza w materiał przedmiot się obraca i dla zapewnienia pełnego nacięcia gwintu potrzebna jest jeszcze dodatkowa część obrotu. Między innymi również dlatego długość robocza freza musi być większa od długości nacinanego gwintu przynajmniej o dwa skoki.

W podobny sposób jak na frezarce wykonuje się gwinty na **szlifiernie** (rys. 29-4a). Tą metodą szlifujemy krótkie gwinty w materiale hartowanym (gwintowniki, śruby mikrometryczne, sprawdziany). Gwint wykonuje się podczas jednego przejścia, a droga szlifowanego przedmiotu równa jest jednemu skokowi gwintu. Szerokość ściernicy wielorowkowej musi być o jeden skok większa niż



Rys. 29-4. Szlifowanie gwintów: a) szlifowanie wglębne ściernicą wielorowkową, b) szlifowanie przelotowe ściernicą jednoprofilową, c) szlifowanie przelotowe ściernicą wielokrotną

długość szlifowanego gwintu. Ściernica stopniowo wgnębia się w materiał osiągając pełną głębokość po $\frac{1}{4}$ obrotu przedmiotu i w czasie następnego obrotu szlifuje gwint na gotowo.

Na szlifierniach nie tylko wykonuje się gwinty, ale przede wszystkim szlifuje gwinty już wykonane wstępnie inną metodą. Dotyczy to głównie śrub pociągowych obrabiarek, ślimaków, frezów ślimakowych, śrub przyrządów pomiarowych itd.

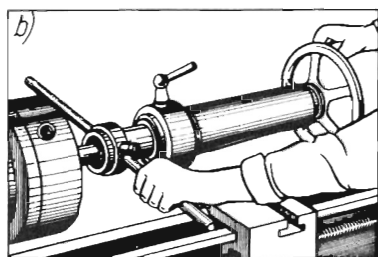
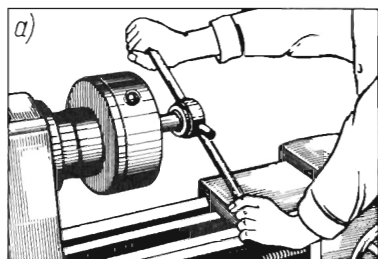
Rys. 29-4b przedstawia szlifowanie przelotowe gwintu **ściernicą jednoprofilową**. Jest to najdokładniejsza metoda obróbki wykańczającej gwintu, stosowana przy szlifowaniu gwintów bardzo dokładnych śrub, jak np. śrub mikrometrycznych i pociągowych. Ściernica wykonuje ruchy główne i wgnębny, a obrobiony przedmiot ruchy obrotowy i posuwowy. Bardziej wydajne, ale mniej dokładne, jest **szlifowanie przelotowe** gwintu ściernicą wielokrotną (**rys. 29-4c**). Metoda ta jest stosowana przede wszystkim do szlifowania gwintów o dużym skoku oraz do szlifowania zgrubnego gwintów dokładnych, które są wykończane następnie ściernicą jedno-przelotową.

29.3. Nacinanie gwintów na tokarkach

Gwinty dokładne nacinają się za pomocą noża na tokarce pociągowej. Noże do gwintów mogą być jednolite lub z płytkami z węglików spiekanych. Przed gwintowaniem nóż ustawia się w ten sposób, aby jego wierzchołek znajdował się na wysokości kłów, a oś zarysu noża była prostopadła do osi powierzchni gwintowanej.

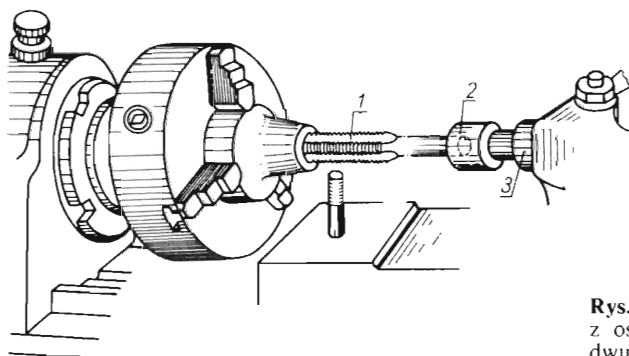
Posuw podczas jednego obrotu śruby pociągowej równa się skokowi gwintu śruby. Zatem obroty śruby pociągowej powinny być ściśle stosowane do obrotów przedmiotu (wrzeciona). Taką synchronizację uzyskuje się przez dobór kół zmianowych napędzających śrubę pociągową tokarki lub przez zazębienie odpowiednich kół zębatych w skrzynce przekładniowej. Zazębienia dokonuje się na podstawie tabliczki umieszczonej na skrzynce posuwów.

Oprócz nacinania gwintów na tokarce można wykonywać **gwinty mniej dokładne** za pomocą narzynek i gwintowników. Przy nacinaniu **gwintów zewnętrznych** za pomocą narzynek trzeba pamiętać, że średnica nacinanego pręta musi być o 0,1 : 0,2 mm mniejsza od średnicy gwintu, ponieważ wskutek plastycznych odkształceń materiału podczas nacinania gwintu zwiększa się średnica gwintowanego pręta. Pręt o zukosowanych krawędziach mocuje się w uchwycie tokarki i rozpoczyna nacinanie tych zukosowanych krawędzi w celu łatwiejszego wprowadzania narzynki. Na wstępie ręcznie wykonuje się kilka zwojów, a potem uruchamia się napęd wrzeciona, przy czym ramię oprawki narzynki wspiera się o suport (**rys. 29-5a**). Można je również oprzeć o tuleję konika, która jest przesuwana (w miarę gwintowania) za pomocą kółka ręcznego (**rys. 29-5b**).



Rys. 29-5. Nacinanie gwintu na tokarce za pomocą narzynki: a) ramię oprawki narzynki oparte o suport, b) narzędzie oparte o tuleję konika

wrzecionem. Gwintownik 1 można zamocować w uchwycie dwuszczkowym 2 i wraz z nim osadzić w tulei konika 3 (rys. 29-6). Teraz uruchamia się wrzeciono i w miarę przesuwania się gwintownika przesuwa się również tuleja konika w kierunku wrzeciennika. Prędkość gwintowania wynosi: dla stali od 3 do 15 m/min, dla żeliwa, brązu, aluminium — od 6 do 22 m/min.



Rys. 29-6. Nacinanie gwintu na tokarce z osadzeniem gwintownika w uchwycie dwuszczkowym

29.4. Bhp podczas gwintowania maszynowego

W czasie nacinania gwintu nie wolno hamować ruchu wrzeciona ręką, dotykać ręką przedmiotu obrabianego, dokonywać pomiarów przedmiotu będącego w ruchu, usuwać ręką wiórów, zdejmować osłon zabezpieczających. Nie wolno również zostawiać bez nadzoru pracującej obrabiarki.

Zaleca się następujące prędkości skrawania: dla stali — 34 m/min, dla żeliwa — 2,5 m/min, dla mosiądzu — 9 ÷ 15 m/min.

Podczas nacinania gwintu narzynką strumień cieczy chłodzącej powinien być obfity.

Nacinania gwintów wewnętrznych na tokarce dokonuje się za pomocą gwintowników maszynowych omówionych w rozdziale 9. W celu zapobieżenia zerwaniu zwojów gwintu, a nawet zniszczeniu gwintownika podczas gwintowania, trzeba dobrać wiertło do wykonania odpowiedniego otworu. Średnicę wiertła dobiera się z odpowiedniej tablicy. Trzeba pamiętać, że średnica wiertła powinna być nieco większa od zamierzonej średnicy otworu gwintu, ponieważ podczas gwintowania występuje zjawisko wyciskania materiału przez gwintownik ku środkowi otworu.

Przedmiot obrabiany mocuje się w uchwycie tokarki tak, żeby gwintowany otwór zajął położenie współśrodkowe (współosiowe) z

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Frezowanie obiegowe gwintów wykonuje się za pomocą: **a)** freza tarczowego? **b)** wirującej głowicy? **c)** freza walcowego? **d)** freza krążkowego?
2. Głowice gwinciarские Pittlera lub Herberta są z nożami: **a)** krążkowymi? **b)** stycznymi? **c)** promieniowymi?
3. Frezy pojedyncze do gwintów zalicza się do grupy frezów: **a)** grzebieniowych? **b)** ścinowych? **c)** krążkowych?
4. Podczas nacinania gwintów zewnętrznych za pomocą narzynek średnica nacinanego pręta musi być: **a)** mniejsza od średnicy gwintu? **b)** większa od średnicy gwintu? **c)** równa średnicy gwintu?
5. Podczas nacinania gwintów wewnętrznych na tokarce średnica wiertła powinna być: **a)** nieco mniejsza od zamierzonej średnicy otworu gwintu? **b)** nieco większa od otworu gwintu? **c)** równa zamierzonej średnicy otworu gwintu?

30 Szlifowanie

30.1. Charakterystyka procesu szlifowania

Szlifowaniem nazywa się sposób obróbki skrawaniem, w którym narzędziem skrawającym jest ściernica, ośelka lub rzadziej taśma ścierna.

Szlifowanie stosuje się do obróbki stalowych przedmiotów hartowanych, np. narzędzi skrawających do metali i innych twardych materiałów, do zdzierania warstwy niewielkiej grubości z przedmiotów walcowanych, kutech, tłoczonych lub odlewanych oraz do obróbki wykańczającej przedmiotów metalowych (szlifowanie wykańczające: gładzenie, dogładzanie, docieranie).

W procesie szlifowania bierze jednocześnie udział duża ilość ziarn ściernicy stanowiących ostrza, które zdejmują bardzo cienkie i małe wiórki. Przy szlifowaniu metali wiórki te są widoczne w postaci iskier odrzucanych w kierunku wirowania ściernicy.

Prędkość obwodowa ściernicy wynosi, zależnie od rodzaju ściernicy, kształtu obrabianej powierzchni i rodzaju obrabianego materiału — $10 \div 80$ m/s. Wydzielające się intensywnie, na skutek odrywania cząstek materiału szlifierskiego i tarcia, ciepło wymaga obfitego chłodzenia cieczami smarująco-chłodzącymi (chłodziwami).

W zależności od kształtu szlifowanych powierzchni oraz względnych ruchów ściernicy i przedmiotu rozróżnia się szlifowanie: wałków, otworów, płaszczyzn, gwintów i kół zębatach oraz szlifowanie kształtowe i kopiowe.

Podczas szlifowania możliwe jest osiągnięcie bardzo dużych dokładności wykonania obrabianych przedmiotów, np. przy szlifowaniu zwykłym — do $10 \mu\text{m}$,

przy szlifowaniu wykańczającym — do $1\ \mu\text{m}$, przy gładzeniu — do $0,1\ \mu\text{m}$, a przy docieraniu — $0,5\ \mu\text{m}$. Uzyskuje się też bardzo małą chropowatość powierzchni nie osiąganą w innych metodach obróbki skrawaniem.

Przy szlifowaniu ruch roboczy obrotowy wykonuje zawsze ściernica. Ruchy posuwowy, prostoliniowy lub obrotowy wykonuje przedmiot obrabiany lub ściernica, bądź też ruch ten jest złożony z ruchu ściernicy i ruchu przedmiotu.

30.2. Budowa, zasada działania i obsługa szlifierek

Szlifierką nazywa się obrabiarkę do szlifowania metali lub innych tworzyw. Rozróżnia się szlifiereki:

- ogólnego przeznaczenia,
- specjalizowane,
- specjalne.

Do **szlifierek ogólnego przeznaczenia** zalicza się: szlifiereki do wałków, szlifiereki do otworów i szlifiereki do płaszczyzn. Szlifiereki do wałków dzieli się na kłowe i bezkłowe. W szlifierekach **kłowych** przedmiot ustala się w kłach wrzeciennika i konika lub w uchwycie szczękowym. Wrzeciono nadaje obrabianemu przedmiotowi ruch obrotowy za pośrednictwem zabieraka lub uchwytu. Ściernica zamocowana na drugim wrzecionie także wykonuje w czasie szlifowania ruch obrotowy.

Szlifiereki do wałków

W zależności od sposobu pracy **szlifiereki kłowe** dzieli się na:

- **wzdłużne**, w których stół wraz z obracającym się przedmiotem (lub suport ze ściernicą) przesuwa się w czasie szlifowania ruchem prostoliniowo-zwrotnym, równoległe do osi ściernicy; ściernica dosuwa się okresowo w głąb szlifowanego materiału po zeszlifowaniu jednej warstwy materiału,
- **wcinające** (wglębne), w których stół jest nieruchomy w czasie szlifowania, a ściernica wykonuje ruch obrotowy dookoła swojej osi i poprzeczny ruch posuwowy w głąb szlifowanego przedmiotu; przedmiot jest zwykle obrabiany od razu na całej swej długości szeroką ściernicą,
- **uniwersalne**, w których wrzeciennik i stół (w niektórych szlifierekach także suport ściernicy) mogą być skręcane o żądany kąt (wokół osi pionowych).

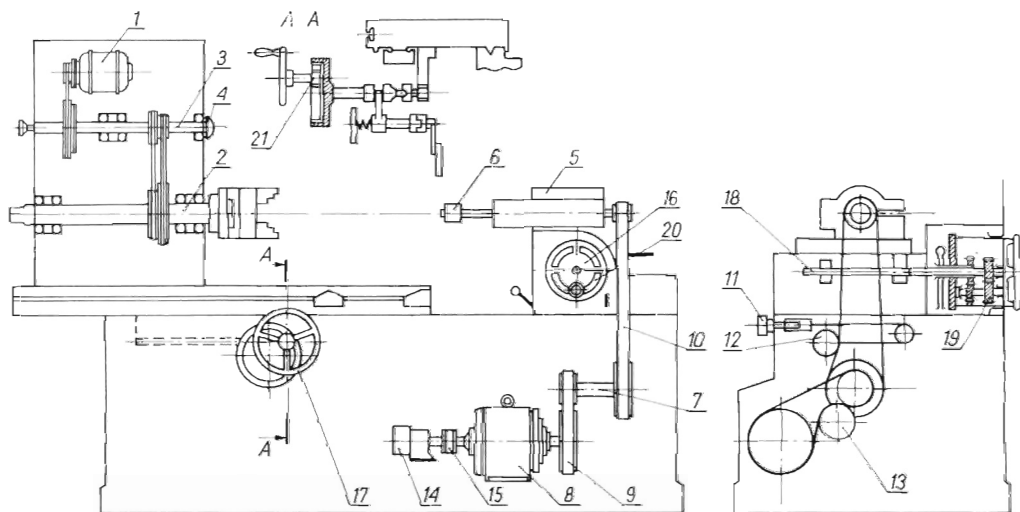
Szlifiereki bezkłowe mają dwie ściernice, z których jedna służy do szlifowania (ściernica robocza), a druga do obracania i przesuwania przedmiotu (ściernica posuwowa). Przedmiot opiera się w czasie szlifowania na podtrzymańcu; styka się z jednej strony z obwodową powierzchnią ściernicy roboczej, z drugiej — z powierzchnią obwodową ściernicy posuwowej. Na szlifierekach bezkłowych można szlifować wałki, długie pręty, kule, gwinty, wiertła kręte itp.

Szlifierki do otworów

Szlifierki do otworów dzieli się na zwykłe, planetarne i bezkółowe.

Szlifierki zwykłe do otworów są budowane w dwóch zasadniczych odmianach: 1) w których wrzeciennik ściernicy umieszczony na suporcie wykonuje ruchy wzdlużny, prostoliniowo-zwrotny, 2) w których wrzeciennik przedmiotu obrabianego wykonuje ruchy wzdlużny, prostoliniowo-zwrotny.

Na rys. 30-1 przedstawiono schemat kinematyczny szlifierki do otworów produkcji krajowej. W obrabiarce tej wrzeciennik przedmiotu obrabianego wykonuje ruch prostoliniowo-zwrotny, przesuując się wzdluż prowadnic stołu.



Rys. 30-1. Schemat kinematyczny szlifierki do otworów typ SOA-100

1 — silnik elektryczny, 2 — wrzeciono przedmiotu, 3 — wałek, 4 — dźwignia do ręcznej zmiany obrotów wrzeciona, 5 — wrzeciennik ściernicy, 6 — ściernica, 7 — wał przekładni, 8 — silnik do napędu ściernicy, 9, 10 — przekładnia pasowa, 11 — nakrętka do regulacji naprężenia pasa, 12, 13 — naprężacze pasów, 14 — pompa hydrauliczna, 15 — sprzęgło, 16 — kółko do ręcznego dosuwu ściernicy, 17 — kółka do ręcznego przesuwu stołu, 18 — śruba pociągowa, 19 — przekładnia planetarna, 20 — sprzęgło przekładni planetarnej, 21 — przekładnia redukcyjna do wzdlużnego przesuwu stołu

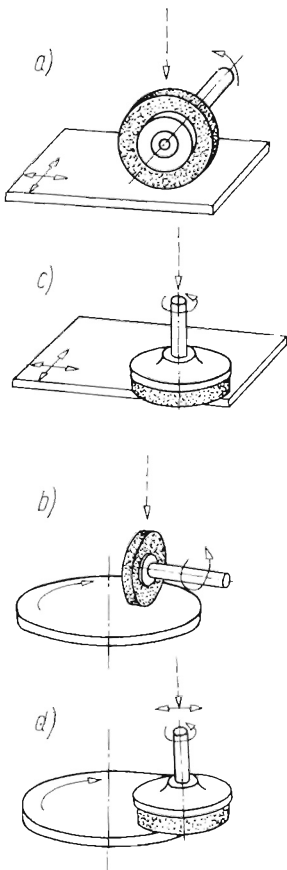
Przedmiot obrabiany mocuje się w uchwycie samocentrującym. Wrzeciono przedmiotu jest napędzane od silnika elektrycznego 1, poprzez zespół przekładni pasowych. Wrzeciono 2 może obracać się z czterema różnymi prędkościami obrotowymi, dzięki sprzęgnięciu odpowiedniej pary kół pasowych za pomocą dźwigni 4 umieszczonej na wałku 3. Przesuw stołu może być wykonywany ręcznie (przez pokręcanie kółkiem 17) lub za pomocą urządzenia hydraulicznego. Obrabiarka umożliwia szlifowanie przedmiotów stożkowych, dzięki skętowowi wrzeciennika przedmiotu na saniach wokół osi pionowej w granicach od $+10^\circ$ do -10° . Wrzeciennik ściernicy 6 jest napędzany odrębnym silnikiem elektrycznym 8, poprzez przekładnię pasową 9, wałek 7 i przekładnię pasową 10. Suport, na którym jest umieszczony wrzeciennik 5, ma możliwość przesuwu w kierunku prostopadłym do osi przedmiotu szlifowanego. Przesuw odbywa się za pośrednictwem śruby pociągowej 18 przy pokręcaniu kółka 16. Kółko to

służy również do ręcznego dosuwu tarczy ścierniej za pomocą przekładni planetarnej 19. Dosuw ściernicy może być dokonywany także mechanicznie podczas powrotnego ruchu stołu. Szybki ręczny przesuw ściernicy odbywa się sprzęgłem 20, po unieruchomieniu przekładni 19.

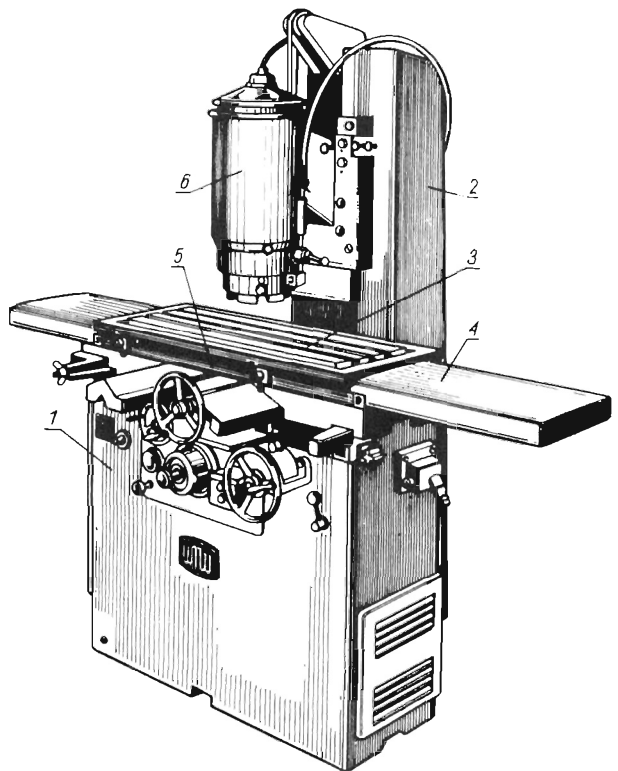
Szlifierki do płaszczyzn

Szlifierki do płaszczyzn są stosowane do szlifowania płaskich powierzchni zewnętrznych. Mogą mieć one oś wrzeciona ustawioną poziomo lub pionowo. Niezależnie od tego stół szlifierki do płaszczyzn może wykonywać ruchy postępowo-zwrotne lub obrotowe. Wynika z tego podział na szlifierki (rys. 30-2):

- z poziomą osią wrzeciona i stołem wykonującym ruch postępowo-zwrotny,
- z poziomą osią wrzeciona i stołem wykonującym ruch obrotowy,
- z pionową osią wrzeciona i stołem wykonującym ruch postępowo-zwrotny,
- z pionową osią wrzeciona i stołem wykonującym ruch obrotowy.



Rys. 30-2. Najczęściej stosowane układy szlifierek do płaszczyzn



Rys. 30-3. Szlifierka czołowa ze stołem prostokątnym

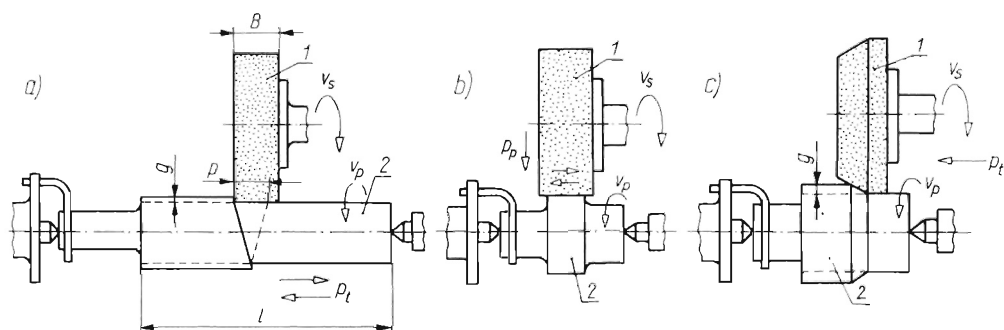
Na rys. 30-3 przedstawiono szlifierkę do płaszczyzn ze ściernicą do szlifowania powierzchni czołowej ze stołem prostokątnym. Szlifierka ta składa się z kadłuba 1 wykonanego w formie sztywnego i mocnego odlewu, który stanowi podstawę łoża i stojaka 2 wrzeciennika. Stół 3, umieszczony na łożu, może wykonywać posuw wzdłużny i posuw poprzeczny dzięki suportowi poprzecznemu 5. Osłony 4 chronią prowadnice stołu. Wrzeciennik tarczy ścierniej 6 jest napędzany silnikiem elektrycznym. Posuw poprzeczny stołu wykonany jest ręcznie. Natomiast szybki posuw wrzeciennika wzdłuż prowadnic stojaka uzyskuje się od niezależnego silnika elektrycznego.

30.3. Technika szlifowania

Szlifowanie wałków

Szlifowanie wałków dzieli się na **kłowe** i **bezkłowe**. **Szlifowanie kłowe** ma miejsce wówczas, gdy szlifowany wałek jest ustalony w kłach. Rozróżnia się szlifowanie kłowe z posuwem wzdłużnym (rys. 30-4a) oraz z posuwem poprzecznym, czyli tzw. szlifowanie wgłębne (rys. 30-4b). W tych odmianach szlifowania kłowego wałków ściernica 1 wykonuje ruch główny z prędkością obwodową v_s m/s, a przedmiot obrabiany 2 — ruch posuwowy obrotowy z prędkością obwodową v_p m/min.

Szlifowanie w kłach jest metodą uniwersalną, zapewniającą osiągnięcie dużej dokładności powierzchni szlifowanej.



Rys. 30-4. Odmiany szlifowania kłowego: a) wzdłużne, b) wgłębne, c) głębokie

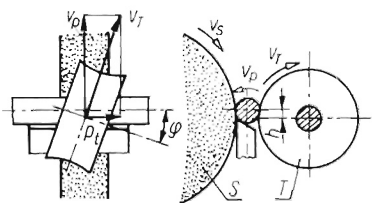
Szlifowanie z posuwem wzdłużnym jest metodą najbardziej rozpowszechnioną. W zależności od konstrukcji szlifierki przedmiot lub ściernica wykonuje ruch wzdłużny w obydwie strony. Poprzeczny posuw ściernicy występuje w punktach zwrotnych posuwu wzdłużnego. Mechanizm połączenia stołu (lub ściernicy) jest sterowany zderzakami. Metoda ta nadaje się szczególnie do szlifowania długich i gładkich wałów. W obróbce wałów stopniowych należy szczególnie przestrzegać prawidłowości wykonania nakiełków i dokładności nastawienia zderzaków.

Szlifowanie z posuwem poprzecznym (wglębne) stosuje się do obróbki powierzchni nie dłuższych niż 200 mm. Zaleca się, aby w szlifowaniu czopów prostych tą metodą ściernica wykonywała ruchy oscylacyjne wzdłuż swojej osi.

Posuw poprzeczny w szlifowaniu wglębnym jest wykonywany ruchem jednostajnym i wynosi w szlifowaniu wstępnym $0,0025 \div 0,02$ mm; a w szlifowaniu wykańczającym — $0,001 \div 0,12$ mm na jeden obrót wałka. Znaczne zwiększenie wydajności przy tym sposobie szlifowania można osiągnąć przez jednoczesną obróbkę powierzchni obrotowej i czołowej. Ściernica osadzona na wrzecionie pochylonym (zwykle 45°) do osi obrabianego przedmiotu jest tak ukształtowana, żeby jednocześnie były obrabiane cała powierzchnia walcowa i czołowa przedmiotu.

Szlifowanie głębokie (rys. 30-4c) jest stosowane w przypadku usuwania grubszych warstw materiału za jednym przejściem ściernicy. W tym przypadku ściernica jest ścięta na stożek lub ma kilka stopni walcowych. Szlifowanie głębokie jest bardzo wydajną odmianą szlifowania wałków o dużej sztywności.

Szlifowanie bezkłowe (rys. 30-5) jest stosowane do szlifowania wałków, trzpieni, rolek itp. Wałek podparty od spodu na prowadnicy znajduje się między dwiema tarczami, z których jedna jest ściernicą *S*, wykonującą właściwą pracę szlifowania, a druga jest tarczą prowadzącą *T*. Tarcza prowadząca jest pochylona pod kątem φ dla uzyskania ruchu wzdłużnego wałka. Wartość kąta φ wynosi $2 \div 5^\circ$ przy szlifowaniu wstępnym oraz $1 \div 2^\circ$ przy szlifowaniu wykańczającym.



Rys. 30-5. Zasada bezkłowego szlifowania wałka

Prędkość obwodowa szlifowanego wałka v_p jest w przybliżeniu równa prędkości obwodowej v_T tarczy prowadzącej.

Zaletą bezkłowego szlifowania wałków, w porównaniu ze szlifowaniem kłowym, jest większa wydajność obróbki ze względu na uniknięcie strat czasu na wykonanie nakiełków oraz na umocowanie przedmiotu na obrabiarkę.

Szlifowanie otworów

Szlifowanie zwykle otworów odbywa się w sposób pokazany na rys. 30-6a. Zamocowany w uchwycie samocentrującym przedmiot wykonuje ruch obrotowy dookoła swej osi, a wszystkie pozostałe ruchy wykonuje ściernica.

Szlifowanie planetarne (rys. 30-6b) stosuje się w przypadku, gdy przedmiot obrabiany nie jest bryłą obrotową. Wtedy przedmiot obrabiany nie wykonuje żadnego ruchu, a wszystkie ruchy łącznie z obrotem ściernicy dookoła osi szlifowanego otworu — wykonuje ściernica.

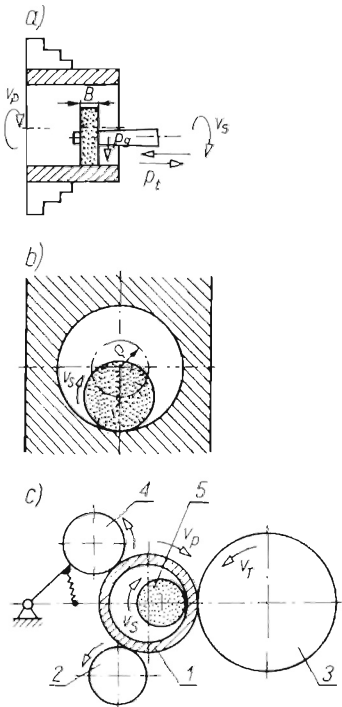
Szlifowanie bezuchwytowe otworów (rys. 30-6c) jest stosowane przy masowym szlifowaniu powierzchni wewnętrznych pierścieni. Przedmiot obrabiany 1 jest podparty na rolce 2 i dociskany do tarczy prowadzącej 3 za pośrednictwem drugiej rolki 4. Normalną pracę szlifowania wykonuje ściernica 5.

Szlifowanie otworów stosuje się do obróbki przedmiotów twardych lub o nierównomiernej twardości. Szlifowania tego można dokonać w dwojaki sposób:

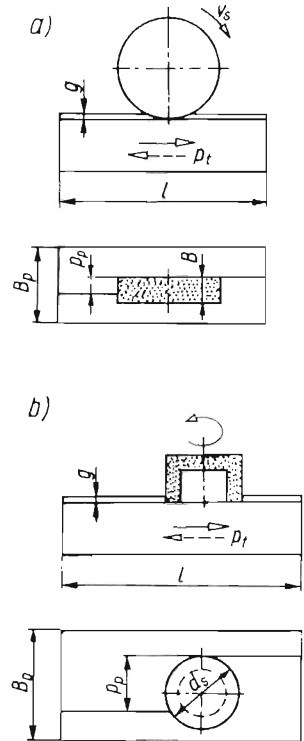
- przy obracającym się przedmiocie.
- przy przedmiocie nieruchomym z zastosowaniem obiegowego (planetarnego) ruchu ściernicy.

Szlifierki pracujące według sposobu pierwszego służą do obróbki przedmiotów stosunkowo niewielkich. Szlifierki te dzieli się na: do pracy w uchwytach, do szlifowania bezkłowego.

W produkcji jednostkowej szlifowanie otworów wykonuje się na szlifierkach kłowych uniwersalnych. W produkcji seryjnej mają zastosowanie szlifierki do otworów zwykle, bezkłowe i planetarne, a w produkcji masowej — półautomaty szlifierskie.



Rys. 30-6. Szlifowanie otworów: a) zwykłe, b) obiegowe (planetarne), c) bezuchwytowe



Rys. 30-7. Szlifowanie płaszczyzn: a) obwodowe, b) czołowe

Szlifowanie płaszczyzn

Szlifowanie płaszczyzn na szlifierkach może odbywać się obwodową powierzchnią ściernicy tarczowej (rys. 30-7a) lub czołową powierzchnią ściernicy garnkowej (rys. 30-7b). Podczas szlifowania konieczne jest intensywne chłodzenie. Odpowiednie ciecze obróbkowe należy dobrać z katalogu Centrali Produktów Naftowych w zależności od warunków skrawania i szlifowanych elementów.

30.4. Budowa, rodzaje i przeznaczenie ściernic

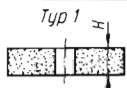

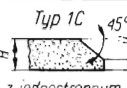


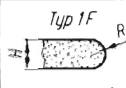
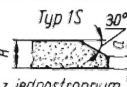
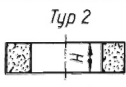
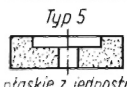
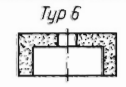

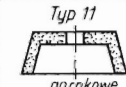
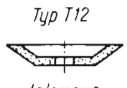
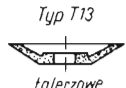
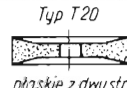

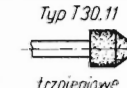
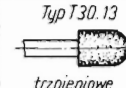

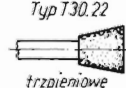
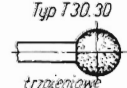


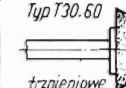
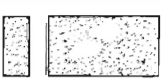


Materiały ścierne

Materiały ścierne zostały szczegółowo omówione w rozdziale 17. Spośród omówionych materiałów ściernych największe zastosowanie do wyrobu ściernic mają: **korund**, **karborund** i **elektrokorund**. W produkcji ściernic dużą rolę odgrywa wielkość ziarn materiałów ściernych. Wielkość ziarna jest określana na podstawie analizy sitowej, polegającej na przesiewaniu materiałów ściernych przez kolejne sita o coraz mniejszej wielkości oczek. Wielkość ziarn określa się numerami. Rozróżnia się 20 grup wymiarów ziarn.

Ściernice

Ściernice są to narzędzia skrawające, zwykle w kształcie regularnej bryły obrotowej, służące do szlifowania różnych materiałów, np. metali, szkła, tworzyw sztucznych.

Ściernica składa się z materiału ściernego związanego w bryłę spoiwem. Najbardziej rozpowszechnione są **ściernice ze spoiwem ceramicznym**. Najważniejszymi cechami eksploatacyjnymi ściernic są: rodzaj i gatunek materiału ściernego, wielkość ziarna oznaczana numerem (im większy numer, tym drobniejsze ziarno), rodzaj spoiwa i twardość (określająca siłę, z jaką ziarna związane są z podłożem) oraz struktura, określana umownym numerem zależnym od procentowego udziału objętości materiału ściernego w objętości ściernicy. Na objętość ściernicy składają się objętości materiału ściernego, spoiwa i porów. Przy doborze materiału ściernicy przyjmuje się zasadę, że twarde materiały szlifuje się miękką ściernicą i na odwrót.

Ściernice	 <p>Typ 1 płaskie</p>	 <p>Typ 1A do przecinania</p>	 <p>Typ 1C z jednostronnym ścięciem 45°</p>	 <p>Typ 1D z jednostr. ścięciem 30° i zaokrągleniem</p>	 <p>Typ 1E z dwustronnym ścięciem 30°</p>	 <p>Typ 1F z zaokrągleniem</p>
	 <p>Typ 1S z jednostronnym ścięciem 30°</p>	 <p>Typ 2 pierścieniowe</p>	 <p>Typ 5 płaskie z jednostr. wybranem walcowym</p>	 <p>Typ 6 garnkowo-walcowe</p>	 <p>Typ 9 garnkowo-walcowo-stożkowe</p>	 <p>Typ 11 garnkowe stożkowe</p>
	 <p>Typ T12 talerzowe</p>	 <p>Typ T13 talerzowe do kąt zębatych</p>	 <p>Typ T20 płaskie z dwustr. wybranem stoż.</p>	 <p>Typ T 30.10 trzpieniowe walcowe</p>	 <p>Typ T 30.11 trzpieniowe walcowo-stożkowe</p>	 <p>Typ T30.13 trzpieniowe z zaokrągleniem</p>
	 <p>Typ T 30.21 trzpieniowe stożkowo ścięte</p>	 <p>Typ T30.22 trzpieniowe stożkowo odwrócone</p>	 <p>Typ T 30.30 trzpieniowe kuliste</p>	 <p>Typ T 30.40 trzpieniowe ostrotukowe</p>	 <p>Typ T 30.50 trzpieniowe kropkowe</p>	 <p>Typ T30.60 trzpieniowe płaskie ścięte</p>
Segmenty	 <p>Typ S1 prostokątne</p>	 <p>Typ S2 trapezowe</p>	 <p>Typ S4 pierścieniowe</p>			

Rys. 30-8. Rodzaje ściernic

Wyjątkiem są takie materiały, jak miękki brąz, ciągliwy mosiądz, do których używa się ściernic miękkich.

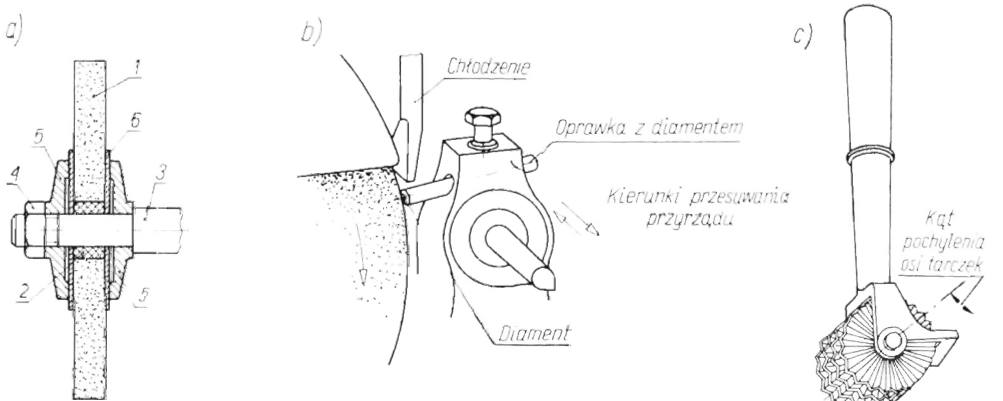
Ściernice dzieli się na **nasadzone** i **trzępieniowe**, a ich kształt zależy od przeznaczenia (**rys. 30-8**).

Do produkcji ściernic używa się różnego rodzaju **spoiw**, oznaczonych symbolami literowymi: ceramiczne – V, magnezytowe – Mg, krzemianowe – K, żywiczne naturalne – E, żywiczne sztuczne – B, KZ, gumowe – R, mechanicznie wzmocnione gumowe – RF, metalowe spiekane – M, metalowe galwaniczne – G, klejowe – KS, klejowo-żywiczne – KS/KZ (wg PN-84/M-59100).

Ściernice wiązane ceramicznie są odporne na działanie wilgoci, smarów i kwasów. Struktura takich ściernic jest porowata, dzięki czemu łatwo wchłaniają one ciecze obróbkowe używane podczas szlifowania. Wadą ściernic ceramicznych jest mała odporność na uderzenia.

Spoiwo zapewnia wytrzymałość ściernicy na rozerwanie. Również twardość ściernic zależy od rodzaju i własności spoiwa. Twardość ściernic oznacza się symbolami literowymi od E do T, według rosnącej twardości (od bardzo miękkich do bardzo twardych).

Mocowanie ściernicy na szlifierce dwutarczowej przedstawiono na **rys. 30-9a**. W otworze ściernicy 1 jest umieszczona tulejka pośrednicząca 2, wykonana np. z ołowiu. Otwór tulei jest dokładnie dopasowany do średnicy czopa wrzeciona



Rys. 30-9. Ściernice: a) zamocowanie ściernicy na wrzecionie, b) wyrównanie ściernic diamentem, c) przyrząd do czyszczenia ściernicy

3 szlifierki. Ściernica jest nasadzona na czop wrzeciona i ściśnięta nakrętką 4 za pośrednictwem tarcz dociskowych 5 i podkładek 6 wykonanych z tektury, skóry lub gumy. Tak umocowana tarcza podlega wyważeniu, a także wyrównaniu za pomocą diamentu (**rys. 30-9b**). Ściernicę oczyszcza się za pomocą specjalnego przyrządu (**rys. 30-9c**).

Wyposażenie szlifierek

Wyposażenie szlifierek dzieli się na wyposażenie **normalne** i wyposażenie **specjalne**.

Do **wyposażenia normalnego** szlifierek zalicza się uchwyty, podtrzymki stałe

i ruchome, kły stałe, kły obrotowe, urządzenia zderzakowe wzdłużne i poprzeczne, przyrządy do obciążania ściernic, oprawy do mocowania ściernic, trzpienie, komplety kluczy, zabieraki itp.

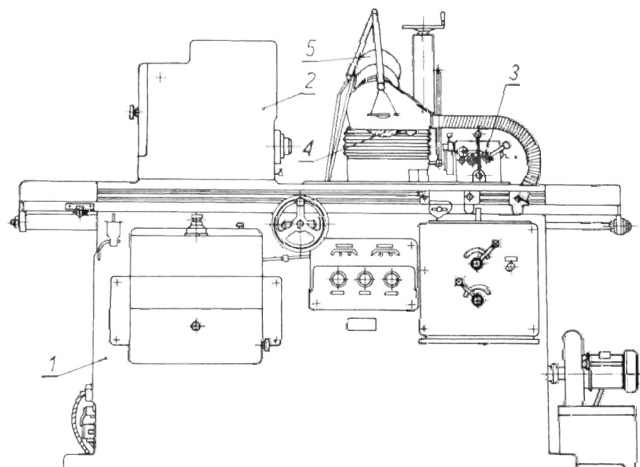
Do **wyposażenia specjalnego** szlifierek zalicza się między innymi stoły magnetyczne, przyrządy podziałowe, urządzenia do automatycznej kontroli wymiaru średnic szlifowanych przedmiotów, uchwyty magnetyczne i elektromagnetyczne do szybkiego mocowania przedmiotów na szlifierkach do płaszczyzn itp.

Szlifierki ostrzarki

Szlifierki ostrzarki dzieli się na ostrzarki **do noży, do wiertel, do głowic frezowych, do frezów ślimakowych, do narzynek, do przeciągaczy, do pił oraz ostrzarki uniwersalne.**

Szlifierki ostrzarki do noży służą do szlifowania i ostrzenia noży głowic frezowych.

Na **rys. 30-10** przedstawiono schemat ostrzarki do frezów ślimakowych. Silnik elektryczny 5 napędza tarczę ścierną 4. Oś ściernicy skręca się o kąt odpowiadający stożkowi pochylenia linii śrubowej. Ostrzenie freza odbywa się na powierzchni natarcia ściernicą jedno- lub dwustronnie stożkową. Frez obraca się dookoła własnej osi i wykonuje okresowo ruch podziałowy o jeden ząb, za pośrednictwem głowicy podziałowej 2. Frez w czasie szlifowania mocuje się we wrzecionie i podpira kłem konika 3. Ruch obrotowy freza jest związany z ruchem posuwowym stołu w taki sposób, że w wyniku tych ruchów uzyskuje się ruch wypadkowy po linii śrubowej, leżącej na powierzchni natarcia. Osiąga się to przez odpowiednie dobranie kół zmianowych lub specjalne urządzenie z liniałem.



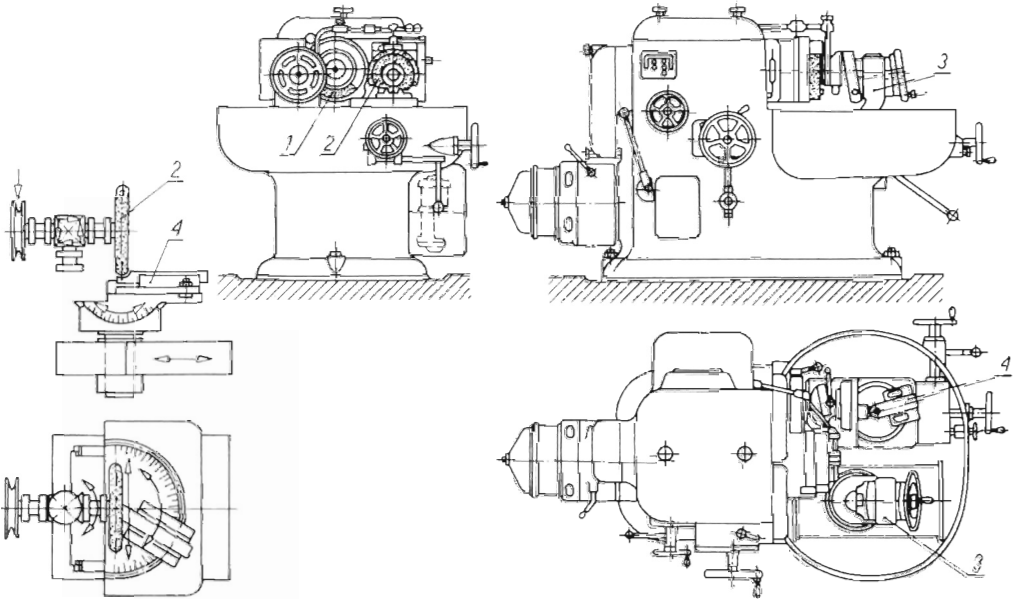
Rys. 30-10. Ostrzarka do frezów ślimakowych

1 — łożo, 2 — głowica podziałowa, 3 — konik, 4 — ściernica, 5 — silnik

Ostrzarki uniwersalne służą do ostrzenia różnego rodzaju narzędzi: frezów, rozwiertaków, noży, gwintowników, wiertel itp. Można także szlifować na nich różne małe przedmioty. Możliwości takie uzyskują ostrzarki uniwersalne dzięki zastosowaniu dodatkowych przyrządów lub dzięki samej konstrukcji ostrzarki.

Ostrzenie noży

Typową ostrzarkę do noży przedstawiono na rys. 30-11. Ostrzarka ta jest wyposażona w dwie tarcze ściernie. Nóż mocuje się w uchwycie 3 i ostrzy na tarczy 1. Uchwyt 3 umożliwia obracanie noża wokół trzech osi wzajemnie do siebie prostopadłych. Nastawienie noży pod żądanym kątem wykonuje się według trzech podziałek kątowych (rys. 30-11). Obok podziałek są umieszczone zderzaki, które można odpowiednio ustawiać, dla ustalenia położenia trzonka noża w uchwycie. Taki układ umożliwia kolejne ostrzenie wszystkich powierzchni noża, przy jednym zamocowaniu.



Rys. 30-11. Ostrzarka do noży

Druga tarcza ścierna 2 służy do szlifowania wgłębienia na powierzchni natarcia noża. Imak 4, w którym jest zamocowany nóż, odpowiednio obraca się, nastawiając nóż w płaszczyźnie poziomej. Ściernica 2 wykonuje ruch obrotowy i oscylacyjny. Podczas szlifowania trzeba pamiętać o zapewnieniu równomiernego i obfitego chłodzenia.

30.5. Bhp podczas szlifowania

Największe zagrożenie przy pracy na szlifierkach stanowi ściernica, która w czasie pracy może ulec rozerwaniu. Dlatego przed zamocowaniem tarczy szlifierskiej na wrzecionie należy ją wypróbować na dźwięk, zawieszając ją np. na palcu wskazującym ręki. Metaliczny dźwięk przy uderzeniu w ściernicę świadczy, że tarcza nie jest uszkodzona, głuchy zaś dźwięk oznacza uszkodzenie tarczy.

Wszystkie ściernice do szlifowania zewnętrznego, o średnicy ponad 75 mm, muszą być osłonięte. W zależności od przeznaczenia szlifierki osłony mają odpowiednio przystosowany kształt.

Wszystkie szlifierki pracujące na sucho powinny być wyposażone w wyciągi powietrza, a ich fundamenty — w specjalne izolacje dźwiękochłonne w celu uniemożliwienia przenoszenia drgań. Trzeba pamiętać, że przekroczenie dopuszczalnych prędkości obwodowych ściernicy, a także niewłaściwy dobór ściernicy mogą być przyczyną wypadku.

Poważnym niebezpieczeństwem przy szlifowaniu jest możliwość dostania się do oka wykruszonych ziaren ściernicy. W celu ochrony przed odpryskującymi cząstkami metalu należy zakładać okulary ochronne, ustawiać przy obrabiarkach ochronne ekrany ruchome, stosować w miarę możliwości szlifowanie z chłodzeniem. Wszystkie ruchome części obrabiarki muszą być osłonięte.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

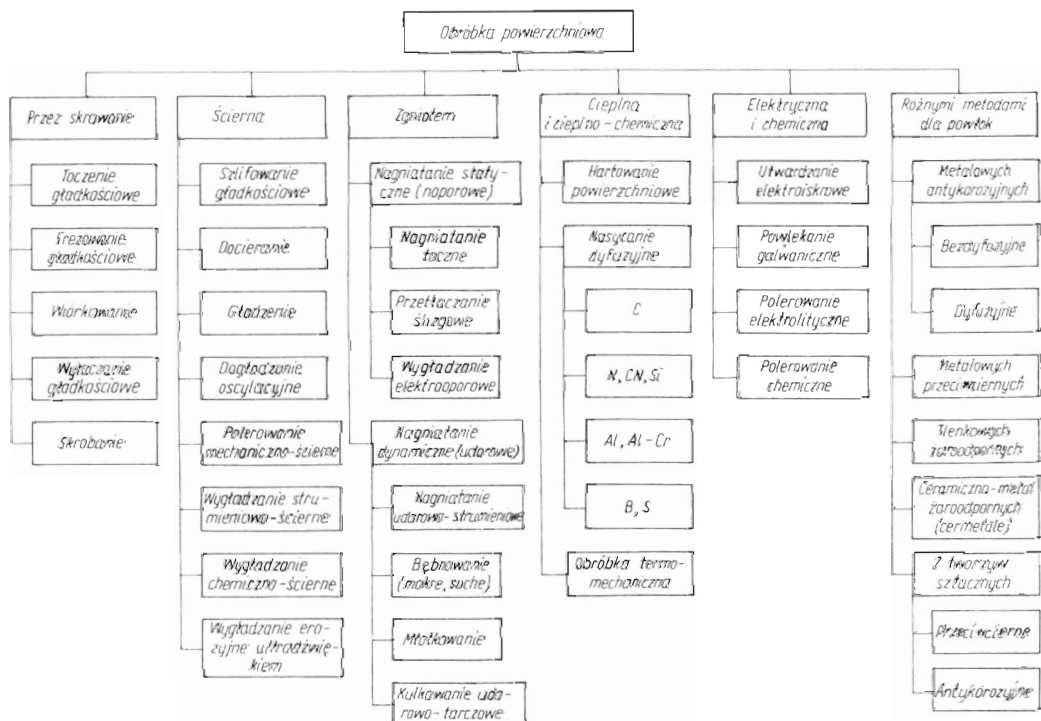
1. Szlifowaniem nazywa się sposób obróbki skrawaniem, w którym narzędziem skrawającym jest: **a)** nóż? **b)** frez? **c)** ściernica?
2. Przy szlifowaniu wykańczającym dokładność wykonania obrabianego przedmiotu wynosi: **a)** do 1 μm ? **b)** do 3 μm ? **c)** do 10 μm ?
3. Szlifierki do wałków, otworów i płaszczyzn zalicza się do szlifierek: **a)** specjalizowanych? **b)** specjalnych? **c)** ogólnego przeznaczenia?
4. Przy szlifowaniu kłowym wcinającym (wglębnym): **a)** stół jest nieruchomy w czasie szlifowania? **b)** ściernica jest nieruchoma w czasie szlifowania? **c)** stół i ściernica wykonują ruchy?
5. Szlifierki bezkłowe mają: **a)** jedną ściernicę? **b)** dwie ściernice? **c)** trzy ściernice? **d)** cztery ściernice?
6. Szlifowanie głębokie jest stosowane w przypadku: **a)** usuwania grubszych warstw materiału? **b)** usuwania cieńszych warstw materiału? **c)** przecinania materiału?
7. Zaletą bezkłowego szlifowania wałków, w porównaniu ze szlifowaniem kłowym, jest: **a)** dokładniejsze szlifowanie? **b)** większa wydajność obróbki? **c)** zbędna obsługa obrabiarki?
8. Korund zalicza się do materiałów ściernych: **a)** sztucznych? **b)** naturalnych?
9. Największe zastosowanie w procesie obróbki skrawaniem mają: **a)** ściernice? **b)** pilniki? **c)** pasty ścierne? **d)** płótna ścierne?
10. Najbardziej są rozpowszechnione ściernice ze spoiwem: **a)** gumowym? **b)** szelakowym? **c)** krzemianowym? **d)** ceramicznym?
11. Spoiwo ceramiczne jest oznaczone symbolem literowym: **a)** E? **b)** V? **c)** R? **d)** S?
12. Twardość ściernicy oznacza się symbolami literowymi: **a)** od A do K? **b)** od U do Z? **c)** od E do T?
13. Wszystkie ściernice do szlifowania zewnętrznego muszą być osłonięte, jeżeli ich średnica wynosi ponad: **a)** 75 mm? **b)** 90 mm? **c)** 100 mm?

31 Obróbka powierzchniowa

31.1. Wpływ obróbki powierzchniowej na właściwości użytkowe warstwy wierzchniej

Elementy mechanizmów maszyn, szczególnie silnie obciążone i narażone na zużycie, powinny być po obróbce dokładnej poddawane obróbce wykańczającej (powierzchniowej). Stosując różne sposoby obróbki powierzchniowej, można uodpornić elementy maszyn na: zużycie ściernie przy poślizgu, zużycie wskutek tarcia tocznego (łuszczenie, pitting), obciążenia udarowe, obciążenia cieplne, korozję atmosferyczną, korozję w wysokiej temperaturze, korozję chemiczną, erozję. Można również stworzyć lepsze warunki dla przepływu płynów.

Konstrukcja elementu i technologia jego warstwy wierzchniej mają również wpływ na inne własności użytkowe, jak: trwałość pasowania, wytrzymałość połączeń spawanych, zdolność do tłumienia drgań, szczelność, opory przepływu itp. Ustalając wymagania konstrukcyjno-eksploatacyjne należy uwzględnić w doborze własności użytkowych, że każdy ze sposobów obróbki powierzchniowej może wpłynąć na zmianę kilku cech użytkowych elementu.



Rys. 31-1. Klasyfikacja obróbki powierzchniowej

Na **rys. 31-1** przedstawiono klasyfikację sposobów obróbki powierzchniowej. Omówimy tylko niektóre z nich, tj. obróbkę skrawaniem, obróbkę ścierną i częściowo obróbkę przez zgniot powierzchniowy.

Powierzchnie robocze elementów maszyn dzieli się na dwie podstawowe grupy: 1) **nie utwardzone** (o twardości do 40 HRC), 2) **utwardzone** (o twardości powyżej 40 HRC). Powierzchnie należące do pierwszej grupy są przeważnie wykańczane skrawaniem lub zgniotem, podczas gdy powierzchnie w drugiej grupie — obróbką ścierną.

Obróbka powierzchniowa skrawaniem lub ścierną usuwa po obróbce dokładnej warstwy o niekorzystnym stanie naprężeń, umożliwia uzyskanie gładkiej powierzchni o dobrej nośności, odznaczającej się odpornością na ścieranie i korozję. Powierzchnie tak wykończone wykazują dobre przyleganie par roboczych, dobre przewodnictwo cieplne i większą odporność na zatarcie, pomimo gorszych własności adhezyjnych dla smaru. Gładsze powierzchnie stwarzają lepsze warunki dla przepływu płynów.

Obróbka powierzchniowa nagniataniem, cieplna i elektrochemiczna zmienia mikrostrukturę warstwy wierzchniej i „dodaje” do niej naprężenia ściskające, zwiększające jej odporność na ścieranie, zmęczenie, erozję i kawitację. Umocniona warstwa zwiększa również zdolność elementu do tłumienia drgań.

31.2. Toczenie i wytaczanie gładkościowe

Toczenie i wytaczanie gładkościowe może być stosowane do obróbki wykańczającej elementów ze stopów metali nieżelaznych, jak i do elementów z żeliwa i stali.

Małe naddatki na obróbkę, mały posuw przy prędkości skrawania większej od prędkości krytycznej, zapewniają uzyskanie dużej dokładności wymiarowej, a przede wszystkim uzyskanie czystej i nie uszkodzonej warstwy wierzchniej, prawie nie zgniecionej na skutek przecinania kryształów mikrostruktury przez ostrze noża. Posuw $0,02 \div 0,10$ mm/obr i prędkości skrawania $200 \div 1000$ m/min zapewniają pracę ostrza noża bez narostu, a przez to dużą gładkość i nośność powierzchni elementu, zwiększającą odporność na ścieranie.

31.3. Frezowanie gładkościowe

Frezowania gładkościowego dokonuje się zazwyczaj za pomocą głowic frezowych z ostrzami z węglików spiekanych lub z diamentu, przy czym prędkości skrawania są duże (dla żeliwa do 250 m/min, dla aluminium 3000 ÷ 4000 m/min, a posuw na jedno ostrze bardzo mały ($5 \div 10$ μm).

31.4. Wiórkowanie uzębień

Wiórkowania uzębień dokonuje się za pomocą wiórkownika w kształcie zębatego koła lub koła zębatego. Skręcenie osi wiórkownika o kształcie koła zębatego w stosunku do osi koła zębatego walcowego o pewien kąt ($10 \div 15^\circ$) powoduje poślizg międzyzębny, którego prędkość jest równa prędkości skrawania. Posuw wzdłużny lub skośny koła wiórkowanego w stosunku do jego osi zapewnia przy styku punktowym między zębami obróbkę uzębienia na całej jego szerokości. Duża gładkość powierzchni i wysoka jakość warstwy wierzchniej kwalifikują wiórkowanie jako operację obróbki powierzchniowej, zwiększającej cichobieżność i trwałość przekładni zębatych.

31.5. Docieranie

Docieranie polega na wygładzeniu za pomocą luźnego materiału powierzchni uprzednio obrobionej szlifowaniem. Materiał ścierny, w postaci zawiesiny proszku ściernego w oleju lub nafcie, wprowadza się między powierzchnię narzędzia a powierzchnię przedmiotu. Narzędzie do docierania, zwane docierakiem, wykonuje się z materiału o mniejszej twardości od obrabianego przedmiotu, np. z żeliwa, miedzi, ołowiu, drewna. Kształty docieraków zależą od kształtów docieranych powierzchni i mogą być np. płaskie, okrągłe, pierścieniowe.

Proces docierania polega na usuwaniu mikronierówności powierzchni przez ziarna proszku ściernego wbite pod niewielkim naciskiem w powierzchnię roboczą docieraka. Docieranie może odbywać się ręcznie lub mechanicznie na obrabiarkach zwanych docierarkami. Metodą docierania można obrabiać wszystkie metale, z wyjątkiem miękkich stopów łożyskowych. Docieranie znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle samochodowym.

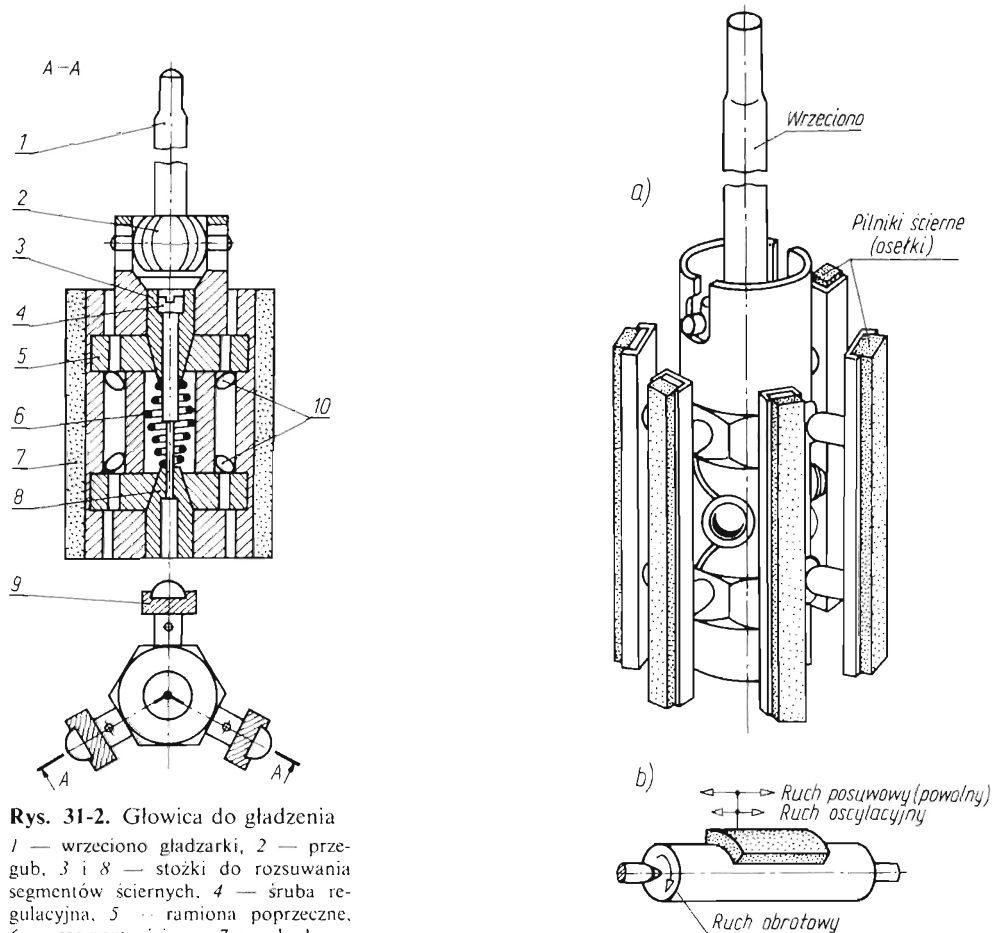
31.6. Gładzenie

Gładzenie (honing), zwane również ośłkowaniem długoskokowym, jest sposobem obróbki powierzchniowej stosowanej przeważnie do otworów dla poprawienia ich dokładności i gładkości oraz stanu warstwy wierzchniej. Przy gładzeniu otworów, np. cylindrów silnika, ośłki umieszczone w głowicy wykonują razem z nią ruch obrotowy i ruchy postępowo-zwrotne, zapewniając przez to przecinanie się śladów obróbki pod dość dużym kątem. Ośłki (pilniki ściernie) są dociskane do ścian otworu mechanicznie lub hydraulicznie. Dla wymiarów wynoszących $50 \div 150$ mm do wygładzania powierzchni wewnętrznej cylindra wystarczy naddatek na średnicy $0,01 \div 0,03$ mm. Prędkość obwodowa narzędzia wynosi $25 \div 50$ m/min, a średnia prędkość wzdłużna $10 \div 15$ m/min. Przy docisku

osełek wynoszącym $290 \div 1960$ kPa należy się liczyć z tym, że temperatura w procesie gładzenia wynosi $50 \div 150$ °C. Gładzenie umożliwia uzyskanie dokładności wymiarowej w zakresie klasy 5 i 6. Udział nośny powierzchniowy zwiększa się $80 \div 90\%$ i następuje wyraźna poprawa własności użytkowych warstwy wierzchniej wykończonego elementu.

Gładzenie wykonuje się na obrabiarce, zwanej gładzarką, która jest wyposażona w głowicę do gładzenia (rys. 31-2). Głowica ma na obwodzie $3 \div 12$ osełek (pilników ściernych) wykonanych z węgla krzemu (do obróbki żeliwa) lub z elektrokorundu (do obróbki stali).

Gładzenie znajduje szerokie zastosowanie do wykańczania cylindrów, otworów w korbowodach, pod panewki cienkościenne, otworów przewodnic zaworowych, otworów w kołach zębatych itp. Gładzenie stosuje się również do wykańczania hartowanych zębów za pomocą wiórkowników wielowarstwowych (warstwa węgla boru, warstwa laminatu fenolowego).



Rys. 31-2. Głowica do gładzenia
 1 — wrzeciono gładzarki, 2 — przegub, 3 i 8 — stożki do rozsuwania segmentów ściernych, 4 — śruba regulacyjna, 5 — ramiona poprzeczne, 6 — segmenty ściernie, 7 — obudowa, 8 — oprawy segmentów ściernych, 9 — oprawy segmentów ściernych, 10 — sprężyny dociskające ramiona 5 do stożków 3 i 8

Rys. 31-3. Zasada dogładzania oscylacyjnego powierzchni walcowych:
 a) narzędzie, b) zasada dogładzania

31.7. Dogładzanie

Dogładzanie oscylacyjne (superfinish) jest powierzchniową obróbką ścierną stosowaną do wykańczania wałów, otworów lub płaszczyzn. Obróbka ta jest wykonywana zwykle po dokładnym szlifowaniu, dokładnym rozwiercaniu, wykańczającym wytaczaniu lub po przeciąganiu. Dogładzanie umożliwia uzyskanie powierzchni o dużej dokładności.

Dogładzanie, podobnie jak gładzenie, wykonuje się za pomocą pilników ściernych (oselek) o zarysie przylegającym do zarysu obrabianej powierzchni.

Narzędzie do gładzenia (**rys. 31-3**) wykonuje ruch składający się z ruchu drgającego o małej amplitudzie i dużej częstotliwości oraz powolnego ruchu postępowo-zwrotnego wzdłuż całej powierzchni obrabianej. Wskutek dogładzania zmniejsza się chropowatość powierzchni, natomiast błędy kształtu i falistość na ogół nie ulegają zmianie.

Podczas dogładzania trzeba zapewnić bardzo obfite smarowanie, którego głównym celem jest usuwanie drobnych cząsteczek zeszlifowanego materiału oraz chłodzenie i smarowanie narzędzi. Do obróbki żeliwa jako cieczy smarująco-chłodzącej używa się mieszaniny nafty z olejem maszynowym.

Dogładzanie wykonuje się na obrabiarkach, zwanych dogładzarkami, które dzieli się na dogładzarki do płaszczyzn, wałków i otworów. Dogładzanie można również wykonywać na tokarkach lub szlifierkach pod warunkiem zastosowania odpowiednio działających przyrządów pomocniczych.

31.8. Polerowanie

Polerowanie mechaniczno-ściernie zmniejsza chropowatość i nadaje połysk powierzchniom uprzednio szlifowanym lub docieranym. Polerowanie zwiększa odporność na zmęczenie i korozję, poprawia własności refleksyjne powierzchni.

Podczas polerowania wstępnego (ścierniwo na elastycznej tarczy polerskiej) lub wykańczającego (pasta polerska aktywna chemicznie) powstaje warstwa wierzchnia o własnościach zależnych od ilości wydzielonego ciepła (praca tarcia) i działania chemicznej pasty polerującej. W wyniku działania ciepła następuje rozmazanie uplastycznionej błonki metalu i zmniejszenie chropowatości powierzchni.

Powstała przy polerowaniu nadtopiona warstwa zastyga bez krystalizacji, tworząc amorficzną warstwę o strukturze bezpostaciowej, słabiej powiązaną z materiałem podłoża. Chropowatość powierzchni polerowanej jest mniejsza od chropowatości uzyskanej przy dogładzaniu oscylacyjnym. Najlepszą podatność na polerowanie wykazują twarde stopy i stale, mniejszą — metale nieżelazne.

Zalecana prędkość obwodowa tarczy przy polerowaniu stali wynosi $25 \div 40$ m/s, przy prędkości ruchu posuwowego $10 \div 20$ m/min. Przeciętne naddatki przy polerowaniu wynoszą $0,1 \div 0,2$ mm. Polerowanie jest stosowane raczej do wykańczania powierzchni swobodnych, często elementów dekoracyjnych. Polero-

wanie znajduje również zastosowanie do wykańczania powierzchni przed polewaniem galwanicznym tzw. powłokami błyszczącymi, nie wymagającymi już polerowania.

Do wykańczania powierzchni części drobnych jest stosowane **polerowanie elektrolityczne** (elektropolerowanie). Na powierzchni przedmiotu obrabianego (anoda) następuje szybszy rozpad wierzchołków niż wgłębień nierówności, co doprowadza po pewnym czasie do uzyskania powierzchni o wysokim połysku i nie zgniecionej warstwie wierzchniej, bardziej odpornej na korozję.

31.9. Wyglądanie

Wyglądanie strumieniowo-ściernie (hydropolerowanie) wykańczanej powierzchni następuje na skutek uderzeniowo-ściernego działania strumienia cieczy z zawieszoną ziarn ściernych, nie sprzyjającej korozji materiału obrabianego. Mieszanina ziaren w cieczy jest doprowadzana do dyszy grawitacyjnej, zasysana przez inżektor albo tłoczona sprężonym powietrzem lub pompą. Stosunek wagowy materiału ściernego do cieczy wynosi od $1 \div 3$ do $1 \div 6$, przy czym wzrost procentowej zawartości zwiększa objętościową wydajność operacji ($100 : 350 \text{ mm}^3/\text{min}$). Z wylotu dyszy ustawionej w odległości $20 \div 100 \text{ mm}$ od powierzchni wyglądzanej pod odpowiednim kątem ($30 \div 35^\circ$ dla stali i $40 \div 45^\circ$ dla stopów metali lekkich) jest wyrzucana mieszanina ścierna z prędkością $70 \div 80 \text{ m/s}$. Obróbka taka zwiększa odporność na korozję; jest ona bardzo przydatna do wyglądzania powierzchni kształtowych i trudno dostępnych.

Wyglądanie strumieniowo-ściernie po elektropolerowaniu usuwa rozrzedzoną strukturę geometryczną powierzchni. Wyglądanie stosuje się do wykańczania powierzchni kół zębatach, kanałów i przewodów, do usuwania różnych nalotów i osadów i do regeneracji niektórych narzędzi.

Wyglądanie chemiczno-ściernie jest wykonywane w kąpielach aktywnych chemicznie (CuSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, HCL i innych) z zawieszoną twardych materiałów ściernych z użyciem narzędzia w kształcie tarczy ze stali kwasoodpornej. Wirujące narzędzie za pomocą ścierniwa usuwa z płaskich powierzchni przedmiotu kruche warstwy powstające w aktywnej kąpeli. Przedmiot jest dociskany do tarczy za pomocą miedzianego docisku.

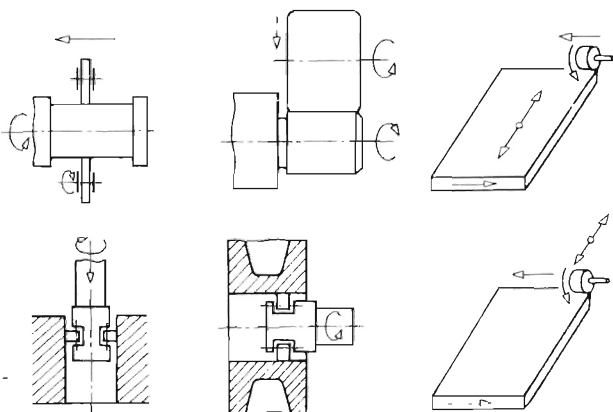
Obróbka ta jest stosowana przede wszystkim do ostrzenia narzędzi z węglików spiekanych, bez obawy, że wystąpią pęknięcia.

Wyglądanie erozyjne ultradźwiękowe polega na obróbce ziarnami ściernymi, swobodnie zawieszonymi w cieczy i otrzymującymi energię od źródła drgań. Taką obróbkę powierzchniową stosuje się do elementów bardzo twardych (spiekana ceramika, stale żaroodporne, węgliki spiekane) i o niewielkich wymiarach, stosowanych w mechanizmach precyzyjnych.

31.10. Obróbka powierzchniowa zgniotem

Klasyfikację tej obróbki podano na **rys. 31-1**. Zgniót powierzchniowy elementów poprawia gładkość ich powierzchni roboczych i wzmacnia warstwę wierzchnią przez umocnienie jej i wytworzenie stanu naprężeń własnych ścis-kających, korzystnych ze względu na wytrzymałość zmęczeniową. Twardsza i gładsza powierzchnia o zwiększonej nośności wykazuje większą odporność na zużycie, dopuszcza stosowanie większych nacisków, zwiększa trwałość wymiarową, a zatem i trwałość pasowania. Obróbka powierzchniowa nagniataniem jest stosunkowo prosta i dlatego można ją wykonywać na zwykłych obrabiarkach uniwersalnych.

Nagniatanie toczone powierzchni elementów wykonuje się za pomocą utwardzonych polerowanych wałeczków, kulek lub krążków, dociskanych odpowiednimi siłami do powierzchni, przy ruchach względnych przedmiotu obrabianego i narzędzia. Na **rys. 31-4** przedstawiono schematy nagniatania toczonego. Gładkość umocnionej warstwy powierzchni wzrasta po takim zabiegu 2÷4 klasy w stosunku do gładkości powierzchni przed nagniataniem tocznym. Materiały miękkie umacniają się w większym stopniu niż materiały twarde.



Rys. 31-4. Schematy operacji nagniatania toczonego

Czynnikiem ograniczającym stosowanie tego sposobu obróbki jest mała dokładność wymiarowo-kształtowa po nagniataniu, wyrażająca się znaczną falistością powierzchni oraz odchyłkami kołowości i rozbicia otworów w cylindrach o dogniecionej powierzchni wewnętrznej.

Nagniatanie udarowo-strumieniowe (śrutowanie strumieniowe) polega na dynamicznym nagniataniu powierzchni strumieniem cząstek metalu o kształcie regularnym (kuleczki) lub nieregularnym (śrut), którym energia kinetyczna została nadana w wyrzutniku mechanicznym lub pneumatycznym. Śrut o średnicy $0,4 \div 0,2$ mm ze stopionego żelaza białego, ze stali lanej bądź z drobno pociętego drutu jest wyrzucany przez łopatki wirnika (wyrzutnik mechaniczny) lub przez strumień sprężonego powietrza (wyrzutnik pneumatyczny).

Przy nagniataniu udarowo-strumieniowym można regulować parametry operacji dla uzyskania żądanej głębokości umocnienia ($0,02 \div 1,00$ mm) i naprężeń

ściskających w warstwie wierzchniej (589 ÷ 1178 MPa). Można również ustalić energię i siłę uderzenia oraz prędkość cząstki uderzającej o powierzchnię.

Śrutować można nie tylko powierzchnie podatne na umocnienie ($HRC < 40$), ale i powierzchnie hartowane, przy czym uzyskuje się korzystny rozpad austenitu szcążkowego.

Nagniatanie udarowo-strumieniowe stosuje się do obróbki wykańczającej resorów, sprężyn, wałów napędowych, połączeń spawanych i wielu innych części.

Młotkowanie, czyli **młoteczkowanie**, stanowi odmianę obróbki powierzchniowej zgniotem (plastycznej) polegającej na kuciu na zimno obrabianych przedmiotów młotkami prowadzonymi w promieniowych wycięciach głowicy, która obraca się dokoła osi przedmiotu. Porywane siłą odśrodkową młotki odbijają się od wałeczków rozmieszczonych na wewnętrznej powierzchni pierścienia i uderzają we wkładki do kucia, kształtując obrabiany przedmiot, w wyniku czego zostaje umocniona warstwa wierzchnia obracanego i przesuwanego przedmiotu. Uzyskiwane w praktyce częstotliwości uderzeń wynoszą 1200 ÷ 6000 na minutę. Przesuwanie przedmiotu, przechodzącego przez przewiercony wał napędowy, może odbywać się ręcznie lub mechanicznie za pomocą urządzenia podającego. Operacja ta jest bardzo przydatna do umocnienia zaokrąglonych odsadzeń w cienkich wałkach. Dwukrotne młotkowanie takich odsadzeń zwiększa bardziej wytrzymałość zmęczeniową elementu niż nagniatanie toczne. Jest ono również stosowane do zwiększania gęstości spiekanych prętów, które są zazwyczaj młotkowane na gorąco.

Podczas obróbki wykańczającej części maszyn są stosowane różne sposoby obróbki powierzchniowej dla tej samej części, np. tłok aluminiowy silnika spalinowego jest wykańczany toczeniem i wytaczaniem gładkościowym, polewowaniem denka i cynowaniem.

Dział powtórzeniowy — ćwiczenia testowe

1. Podczas toczenia i wytaczania gładkościowego prędkość skrawania wynosi:
a) 4000 ÷ 5000 m/min? b) 2000 ÷ 3000 m/min? c) 200 ÷ 1000 m/min?
2. Podczas frezowania gładkościowego prędkość skrawania dla aluminium wynosi:
a) 3000 ÷ 4000 m/min? b) 1000 ÷ 2000 m/min? c) 500 ÷ 1000 m/min?
3. Po gładzeniu udział nośny powierzchniowy zwiększa się do: a) 10 : 30%?
b) 80 ÷ 90%? c) 40 ÷ 50%? d) 60 ÷ 70%
4. Głowica gładziarki jest wyposażona w: a) 3 ÷ 12 oselek (pilników ściernych)?
b) 20 ÷ 30 oselek? c) 15 ÷ 20 oselek?
5. Zalecana prędkość obwodowa tarczy podczas polewania stali wynosi: a) 25 ÷
÷ 40 m/s? b) 45 ÷ 60 m/s? c) 70 ÷ 80 m/s?
6. Po nagniataniu tocznym gładkość umocnionej warstwy powierzchni wzrasta:
a) o 5 ÷ 6 klas? b) o 7 ÷ 8 klas? c) o 2 ÷ 4 klasy?

Prawidłowe odpowiedzi ćwiczeń testowych (liczba oznacza numer pytania, a litera — odpowiedź)

Rozdział 2 1) b, 2) a, 3) b, 4) c, 5) a, 6) c, 7) a, 8) c

Rozdział 3 1) b, 2) a, 3) b, 4) c, 5) b, 6) a, 7) b, 8) c, 9) a

Rozdział 4 1) a, 2) c, 3) b, 4) a, 5) a, 6) b, 7) a, 8) b, 9) b, 10) a, 11) a

Rozdział 5 1) c, 2) d, 3) b, 4) b, 5) b, 6) b, 7) c, 8) b, 9) a, 10) c, 11) b

Rozdział 6 1) d, 2) b, 3) c

Rozdział 7 1) c, 2) b, 3) d, 4) a, 5) b, 6) c, 7) b, 8) d

Rozdział 8 1) c, 2) b, 3) d, 4) a, 5) b, 6) b, 7) b

Rozdział 9 1) c, 2) d, 3) b, 4) a, 5) c

Rozdział 10 1) b, 2) c, 3) a, 4) d, 5) b

Rozdział 11 1) b, 2) d, 3) c, 4) a, 5) c, 6) d, 7) d, 8) b

Rozdział 12 1) c, 2) b, 3) d, 4) a, 5) b, 6) a, 7) c, 8) d

Rozdział 13 1) c, 2) b, 3) a, 4) d, 5) b, 6) c, 7) a, 8) d, 9) c, 10) b, 11) a, 12) d, 13) c

Rozdział 14 1) c, 2) b, 3) a, 4) d, 5) a, 6) b, 7) d, 8) c, 9) b, 10) a, 11) c, 12) d, 13) c, 14) b, 15) d

Rozdział 15 1) c, 2) a, 3) b, 4) d

Rozdział 16 1) c, 2) b, 3) a, 4) d, 5) b, 6) c, 7) a, 8) d, 9) c, 10) b, 11) d, 12) a

Rozdział 17 1) c, 2) b, 3) d, 4) a, 5) b, 6) d, 7) c, 8) a, 9) c

Rozdział 18 1) c, 2) a, 3) d, 4) c, 5) b, 6) d, 7) a

Rozdział 19 1) b, 2) c, 3) a, 4) d, 5) b, 6) c, 7) d

Rozdział 20 1) c, 2) b, 3) a, 4) d, 5) b

Rozdział 21 1) b, 2) c, 3) a, 4) d, 5) c

Rozdział 22 1) b, 2) d, 3) a, 4) c, 5) b, 6) a, 7) c

Rozdział 23 1) a, 2) b, 3) b, 4) c, 5) b

Rozdział 24 1) a, 2) b, 3) b, 4) c, 5) c, 6) b, 7) a, 8) c, 9) b, 10) c, 11) a, 12) b

Rozdział 25 1) b, 2) c, 3) a, 4) a, 5) a, 6) d, 7) b, 8) d

Rozdział 26 1) a, 2) b, 3) c, 4) b, 5) a, 6) a, 7) b, 8) c, 9) b, 10) b, 11) c, 12) c, 13) b, 14) c, 15) a

Rozdział 27 1) a, 2) b, 3) c, 4) b, 5) a, 6) a, 7) b, 8) a, 9) b, 10) a, 11) b, 12) a, 13) b

Rozdział 28 1) a, 2) a, 3) b, 4) c, 5) b, 6) b, 7) a

Rozdział 29 1) b, 2) c, 3) c, 4) a, 5) b

Rozdział 30 1) c, 2) a, 3) c, 4) a, 5) b, 6) a, 7) b, 8) b, 9) a, 10) d, 11) b, 12) c, 13) a

Rozdział 31 1) c, 2) a, 3) b, 4) a, 5) a, 6) c

Źródła ilustracji

1. *M. Godlewski* — **Poradnik dla mechaników**. Warszawa. WSiP 1982
2-7, 10-1, 23-6
2. *A. Görecki* — **Ślusarstwo**. Warszawa, WSiP 1979
2-1, 2-2, 2-4, 2-6, 2-8, 3-12, 4-4, 4-11, 4-12, 4-16, 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5, 5-6, 5-8, 5-10, 5-11, 5-12, 5-13, 5-16, 6-1, 6-2, 6-3, 6-8, 6-9, 6-10, 6-14, 6-16, 6-17, 6-18, 6-19, 6-20, 6-21, 7-1, 7-2, 7-3, 7-5, 7-6, 7-7, 7-8, 7-9, 7-10, 7-11, 7-12, 7-13, 7-14, 7-15, 7-16, 7-17, 8-1, 8-2, 8-3, 8-4, 8-5, 8-6, 8-7, 8-8, 8-9, 8-10, 8-11, 8-12, 8-13, 8-14, 8-16, 8-17, 8-18, 9-1, 9-2, 9-4, 9-5, 9-6, 9-7, 9-8, 9-9, 9-10, 9-11, 9-12, 11-1, 11-2, 11-3, 11-4, 11-5, 11-6, 11-7, 13-8, 19-3, 19-5, 21-1, 21-2, 21-3, 21-4, 21-5, 21-6, 21-7, 21-8, 21-9, 21-10, 21-11, 21-12, 21-13, 21-14, 21-16, 21-18, 21-19, 21-20
3. *M. Hetmańczyk, H. Woźnica* — **Metaloznawstwo**. Warszawa, WSiP 1979
14-1, 15-2
4. *J. Hillar, St. Jarmoszuk* — **Spawalnictwo. Technologia**. Warszawa, WSiP 1987
24-3, 24-4, 24-5, 24-10, 24-12, 24-14, 24-15, 24-16, 24-17
5. *Z. Jaworski* — **Tokarstwo**. Warszawa, WSiP 1981
24-1, 24-2, 25-15, 26-1, 26-2, 26-4, 26-5, 26-6, 26-7, 26-8, 26-10, 26-12, 26-13, 26-14, 26-16, 26-20, 27-1, 27-3, 27-4, 27-5, 28-2, 28-3, 29-2, 29-3, 29-5, 29-6
6. *J. Kawecki, J. Świdziński, S. Zgorzelski* — **Blacharstwo**. Warszawa, WSiP 1989
5-7, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7, 6-11, 6-12, 6-13, 7-4, 9-3, 19-2, 22-13, 22-16
7. *S. Mac* — **Obróbka metali z materiałoznawstwem**. Warszawa, WSiP 1988
2-10, 3-3, 3-4, 4-2, 5-9, 10-3, 12-5, 13-1, 15-1, 22-3, 22-4, 22-5, 22-8, 22-10, 22-15, 23-2, 24-11, 27-2, 27-10, 27-11, 28-4, 29-1, 29-4, 30-5, 30-6
8. *S. Mac* — **Technologia. Kierunek mechaniczny. Podstawowe studium zawodowe**. Warszawa, WSiP 1988
23-1, 23-3, 27-12, 28-1
9. *S. Mac* — **Kierowca pojazdów samochodowych. Technologia**. Warszawa, WSiP 1985. Wydanie V.
12-1, 12-2, 12-3, 12-4, 17-3
10. *S. Okoniewski* — **Technologia metali**. Warszawa, WSiP 1980
3-2, 3-6, 3-7, 3-10, 8-15, 13-4, 13-6, 13-7, 16-1, 16-2, 16-3, 16-4, 16-5, 19-1, 19-6, 22-1, 22-6, 23-4, 23-5, 24-6, 24-7, 24-8, 24-13, 24-19, 24-20, 25-1, 30-9, 30-11
11. *J. Pawłowski, St. Zgorzelski* — **Tłocznictwo**. Warszawa, WSiP 1980
22-9, 22-11c, 22-12, 22-14
12. *H. Solis* — **Szlifierstwo. Technologia**. Warszawa, WSiP 1986
4-5, 4-7, 9-12, 26-11, 26-17, 26-18, 27-7, 27-8, 27-9, 30-1, 30-2, 30-4, 30-7, 30-8, 30-12
13. *P. Wasiniuk, J. Jarocki* — **Kuźnictwo i prasownictwo**. Warszawa, WSiP 1981
22-2, 22-7
14. **Polskie Normy, poradniki, katalogi.**