



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Teresa Myszor
Alina Turczyk

Wytwarzanie elementów maszyn 723[04].O1.04

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

Recenzenci:

mgr Stanisław Kołtun
mgr inż. Robert Wanic

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Marek Olsza

Konsultacja:

mgr inż. Gabriela Poloczek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 723[04].01.04 Wytwarzanie elementów maszyn, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu mechanik pojazdów samochodowych.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Bhp i ochrona środowiska podczas wytwarzania	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	12
4.2. Tolerancje, pasowania, chropowatość powierzchni	13
4.2.1. Materiał nauczania	13
4.2.2. Pytania sprawdzające	19
4.2.3. Ćwiczenia	20
4.2.4. Sprawdzian postępów	21
4.3. Metrologia warsztatowa, przyrządy pomiarowe	22
4.3.1. Materiał nauczania	22
4.3.2. Pytania sprawdzające	27
4.3.3. Ćwiczenia	27
4.3.4. Sprawdzian postępów	28
4.4. Obróbka ręczna	29
4.4.1. Materiał nauczania	29
4.4.2. Pytania sprawdzające	38
4.4.3. Ćwiczenia	38
4.4.4. Sprawdzian postępów	41
4.5. Obróbka mechaniczna	42
4.5.1. Materiał nauczania	42
4.5.2. Pytania sprawdzające	52
4.5.3. Ćwiczenia	52
4.5.4. Sprawdzian postępów	54
4.6. Podstawowe techniki łączenia metali i materiałów niemetalowych	55
4.6.1. Materiał nauczania	55
4.6.2. Pytania sprawdzające	61
4.6.3. Ćwiczenia	61
4.6.4. Sprawdzian postępów	63
4.7. Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna	64
4.7.1. Materiał nauczania	64
4.7.2. Pytania sprawdzające	71
4.7.3. Ćwiczenia	71
4.7.4. Sprawdzian postępów	73
4.8. Odlewnictwo i obróbka plastyczna metali	74
4.8.1. Materiał nauczania	74
4.8.2. Pytania sprawdzające	78
4.8.3. Ćwiczenia	78
4.8.4. Sprawdzian postępów	79
5. Sprawdzian osiągnięć	80
6. Literatura	85

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w opanowaniu umiejętności związanych z wytwarzaniem elementów maszyn.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas zajęć,
- materiał nauczania – podstawowe wiadomości teoretyczne niezbędne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś wiadomości i umiejętności zawarte w rozdziałach,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć – przykładowy zestaw zadań i pytań; pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas zajęć i że nabyłeś wiadomości i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.
- Z rozdziałem Pytania sprawdzające możesz zapoznać się:
- przed przystąpieniem do rozdziału Materiał nauczania – poznając wymagania wynikające z zawodu, a po przyswojeniu wskazanych treści, odpowiadając na te pytania sprawdzisz stan swojej gotowości do wykonywania ćwiczeń,
- po opanowaniu rozdziału Materiał nauczania, by sprawdzić stan swojej wiedzy, która będzie Ci potrzebna do wykonywania ćwiczeń.

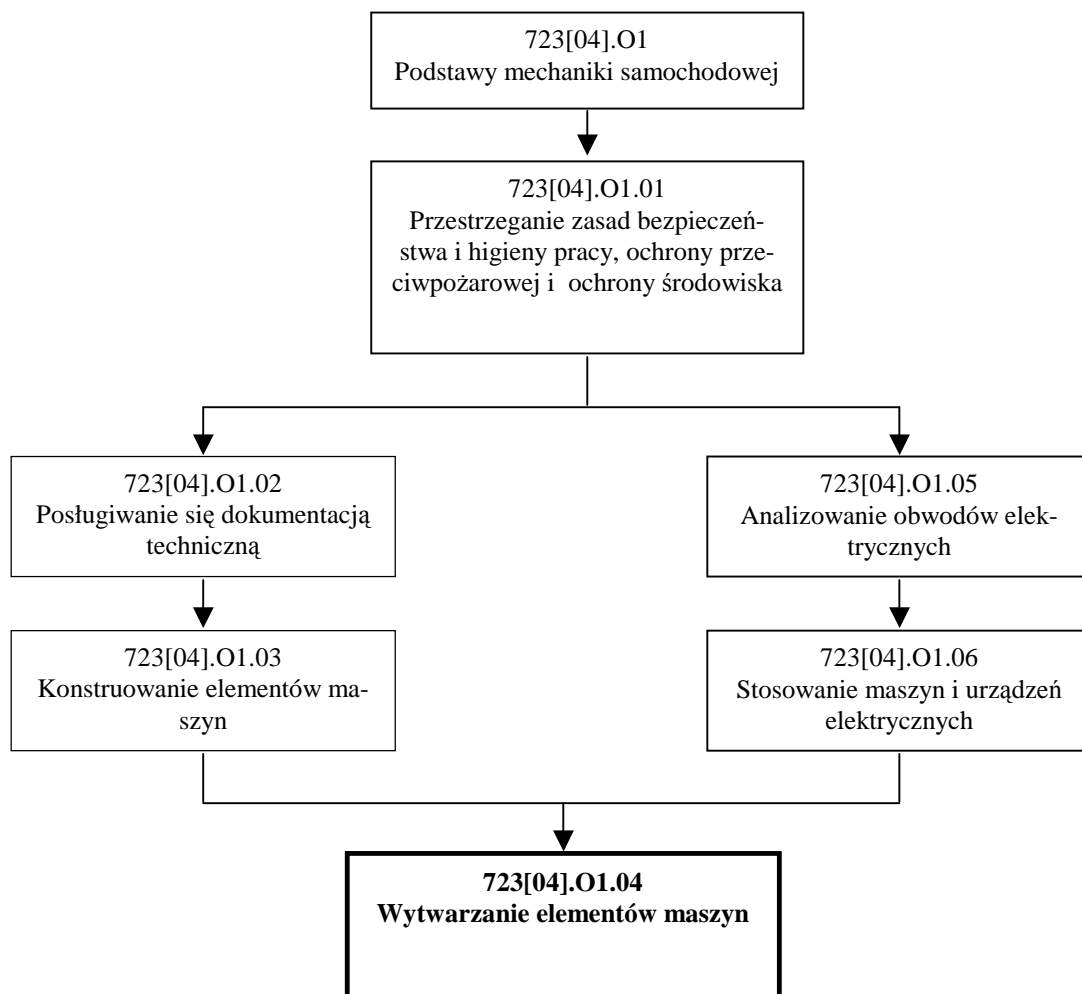
Kolejny etap to wykonywanie ćwiczeń, których celem jest uzupełnienie i utrwalenie wiadomości i ukształtowane umiejętności z zakresu wytwarzania elementów maszyn.

Po wykonaniu zaplanowanych ćwiczeń, sprawdź poziom swoich postępów wykonując Sprawdzian postępów.

Odpowiedzi Nie wskazują luki w Twojej wiedzy, informują Cię również, jakich zagadnień jeszcze dobrze nie poznałeś. Oznacza to także powrót do treści, które nie są dostatecznie opanowane.

Poznanie przez Ciebie wszystkich lub określonej części wiadomości będzie stanowiło dla nauczyciela podstawę przeprowadzenia sprawdzianu poziomu przyswojonych wiadomości i ukształtowanych umiejętności. W tym celu nauczyciel może posłużyć się zadaniami testowymi.

W poradniku jest zamieszczony sprawdzian osiągnięć, który zawiera przykład takiego testu oraz instrukcję, w której omówiono tok postępowania podczas przeprowadzania sprawdzianu i przykładową kartę odpowiedzi, w której, w przeznaczonych miejscach zakresł właściwe odpowiedzi spośród zaproponowanych.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- przestrzegać zasady bezpiecznej pracy, przewidywać zagrożenia i zapobiegać im,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- selekcjonować, porządkować i przechowywać informacje,
- interpretować związki wyrażone za pomocą wzorów, wykresów, schematów, diagramów, tabel,
- użytkować komputer,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- posługiwać się normami dotyczącymi rysunku technicznego,
- odczytywać dokumentację konstrukcyjną, technologiczną oraz interpretować zamieszczone oznaczenia dotyczące materiałów, wymiarów, tolerancji, pasowania, odchyłek kształtu i położenia,
- oceniać własne możliwości sprostania wymaganiom stanowiska pracy i wybranego zawodu,
- współpracować w grupie,
- organizować stanowisko pracy zgodnie z wymogami ergonomii.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- sklasyfikować przyrządy pomiarowe,
- opisać przeznaczenie typowych przyrządów pomiarowych stosowanych w praktyce warsztatowej,
- określić właściwości metrologiczne przyrządów pomiarowych,
- dobrać przyrządy do pomiaru i sprawdzania części maszyn,
- wykonać podstawowe pomiary wielkości geometrycznych,
- wykorzystać technikę komputerową przy pomiarach warsztatowych,
- zinterpretować wyniki pomiarów,
- wyjaśnić istotę tolerancji, pasowania i chropowatości powierzchni,
- zastosować układ tolerancji i pasowań,
- dobrać narzędzia i przyrządy do wykonywanych zadań,
- rozróżnić podstawowe techniki wytwarzania elementów maszyn,
- scharakteryzować proces technologiczny wytwarzania typowych części maszyn,
- dobrać narzędzia do wykonywania prac z zakresu obróbki ręcznej,
- wykonać trasowanie na płaszczyźnie,
- wykonać podstawowe prace z zakresu obróbki ręcznej (cięcie, prostowanie, gięcie, piłowanie, wiercenie, rozwiercanie, gwintowanie),
- określić cechy charakterystyczne obróbki skrawaniem,
- wyjaśnić budowę narzędzi do obróbki skrawaniem,
- wykonać podstawowe operacje z zakresu obróbki skrawaniem (wiercenie, toczenie, frezowanie, szlifowanie),
- scharakteryzować metody i techniki łączenia metali i materiałów niemetalowych,
- wykonać typowe połączenia nierozłączne,
- wyjaśnić istotę obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej,
- wyjaśnić istotę obróbki plastycznej i procesu odlewania,
- odczytać dokumentację technologiczną,
- sprawdzić jakość wykonanej pracy,
- posłużyć się normami technicznymi i katalogami,
- zastosować przepisy bhp, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska podczas wykonywania pracy.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Bhp i ochrona środowiska podczas wytwarzania

4.1.1. Materiał nauczania

Bhp podczas wytwarzania na stanowiskach do obróbki ręcznej i mechanicznej

Obróbka ręczna

W czasie obróbki ręcznej należy zwrócić szczególną uwagę na staranne zamocowanie oraz przenoszenie ciężkich przedmiotów. Ważne jest prawidłowe oświetlenie stanowiska roboczego. Porządek na stanowisku a zwłaszcza sposób rozmieszczenia i przechowywania narzędzi traserskich chroni przed skaleczeniami.

Cięcie metali

W czasie cięcia metali nożycami i na piłach często zdarzają się okaleczenia rąk o zadziory na krawędziach blach, w związku z tym należy je usuwać specjalnym skrobakiem lub pilnikiem. Do pracy należy używać nożyc naostrzonych.

Nożyce gilotynowe powinny być wyposażone w listwę ochronną.

Nożyce powinny być wyposażone w specjalne osłony.

Korpusy nożyc o napędzie elektrycznym muszą być uziemione.

Gięcie, prostowanie, piłowanie

Podczas gięcia i prostowania należy zwrócić uwagę na właściwe zamocowanie przedmiotu w imadle.

Podczas gięcia i prostowania należy zwrócić uwagę na skaleczenie rąk.

Podczas piłowania nie należy używać pilników z pękniętą rękojeścią, lub bez niej.

Przed rozpoczęciem piłowania należy sprawdzić czy przedmiot jest dobrze zamocowany w imadle.

Wiercenie

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

Nie wolno trzymać przedmiotu wierconego rękami.

Ubiór pracownika nie powinien mieć żadnych zwisających części, mankiety powinny być obcisłe a głowa nakryta.

Wióry należy usuwać tylko szczotką.

Do wiercenia i gwintowania nie wolno używać uszkodzonych narzędzi.

Po zakończeniu pracy należy wyłączyć silnik wiertarki.

Praca na obrabiarkach

Podczas pracy na obrabiarkach ubiór powinien być obcisły, a pracownik odpowiednio przeszkolony.

Należy sprawdzić czy przedmiot obrabiany i narzędzie zamocowane są prawidłowo.

W czasie pracy obrabiarki części wirujące powinny być osłonięte.

W czasie pracy obrabiarki nie wolno dokonywać pomiarów, usuwać wiórów, zostawiać bez nadzoru pracującą obrabiarkę.

Stosować się do instrukcji obsługi danej obrabiarki.

Metody bezpiecznej pracy na tokarce

Tokarki automatyczne i półautomatyczne należy osłonić ekranem chroniącym przed rozpryskiem smarów i zaopatrzyć w urządzenie do zbierania cieczy ściekających z narzędzi. Bezpieczne metody pracy na tokarkach.

Tokarki rewolwerowe i automaty tokarskie, które nie zostały wyposażone w magazyn obrabianego przedmiotu, powinny być wyposażone w osłonę przedmiotu wystającego poza obrys tokarki. Osłona ta powinna być wyposażona w urządzenie blokujące jej otwarcie podczas pracy obrabiarek i być oznakowana barwami i znakami bezpieczeństwa, zgodnie z Polskimi Normami.

Przed uruchomieniem centrum obróbkowego obsługujący powinien sprawdzić w szczególności:

- czystość gniazda wrzeciona i szczęk uchwytu,
- prawidłowość rozmieszczenia narzędzi skrawających w magazynie i ich stan techniczny oraz stopień zużycia ostrzy,
- stan wypełnienia zbiornika wiórami,
- stan wypełnienia magazynu przedmiotami przeznaczonymi do obróbki przed i po jej wykonaniu,
- poziom cieczy chłodzącej w zbiorniku i ciśnienie w układzie hydraulicznym bądź pneumatycznym,
- stan pozycji wyjściowych do pracy zespołu roboczego centrum.

Podczas pracy na tokarce należy używać wyłącznie narzędzi skrawających i przyrządów dostosowanych do określonych procesów skrawania.

Przed uruchomieniem wrzeciona tokarki należy sprawdzić, czy nie pozostawiono klucza do zaciskania przedmiotu w uchwycie tokarki.

Podczas regulacji siły zacisku przedmiotu obrabianego w uchwycie tokarki należy uwzględniać w szczególności:

- działanie siły skrawania,
- prędkość obrotową,
- moment bezwładności uchwytu i przedmiotu obrabianego,
- nie wyważenie przedmiotu obrabianego.

Prędkość obrotową podczas procesu skrawania nie wyważonych przedmiotów należy tak dobierać, aby nie spowodować drgań obrabiarki.

Metody bezpiecznej pracy na frezarce

Mechanizmy napędu głównego i posuwowego wystające poza obrys frezarki oraz wystający koniec śruby służący do mocowania narzędzia lub jego oprawki powinny być osłonięte kołpakami oraz oznakowane zgodnie z Polskimi Normami.

Frezarki sterowane numerycznie powinny być wyposażone w automatyczny mechanizm mocowania narzędzi i przyrządów we wrzecionie.

Metody bezpiecznej pracy na wiertarkach

Przed uruchomieniem wiertarki należy sprawdzić stan zamocowania przedmiotu poddanego wierceniu oraz usunąć ze stołu zbędne przedmioty lub narzędzia pomocnicze.

Przedmiot poddawany wierceniu powinien być tak zamocowany na stole lub w imadle wiertarki, aby jego obrót lub przemieszczenie pod wpływem działania siły skrawania był niemożliwy.

Elementy stosowane do zamocowania narzędzi w uchwycie wiertarki nie powinny wystawać poza obrys uchwytu lub wrzeciona tej wiertarki. Jeżeli jest to niemożliwe do wykonania, wystający element należy zabezpieczyć osłonami.

Czynności związane z mocowaniem, wymianą narzędzi skrawających lub ustawianiem przedmiotów na wiertarce oraz dokonywaniem niezbędnych pomiarów powinny być wykonywane po uprzednim unieruchomieniu wrzeciona obrabiarki.

Podczas wiercenia otworów przy użyciu wiertarek niedopuszczalne jest trzymanie w dłoni przedmiotu poddawanego wierceniu.

Wiertarki pracujące w układzie zespołowym z indywidualnymi napędami wrzeciona, zainstalowane szeregowo, powinny być wyposażone w awaryjne wyłączniki do unieruchomienia napędu wszystkich wiertarek z każdego stanowiska ich obsługi.

Metody bezpiecznej pracy na szlifierkach

Tarcze ściernie szlifierek powinny być osłonięte w sposób zabezpieczający obsługujących przed zagrożeniami powstającymi podczas szlifowania, w szczególności w wyniku rozerwania się tarczy. Nie dotyczy to szlifierek do szlifowania wałków wyposażonych również we wrzeciono szlifierskie do szlifowania otworów.

Taśma ścierna szlifierek taśmowych powinna być osłonięta na całej długości, z wyjątkiem przestrzeni roboczej taśmy.

Tarcza ścierna przed założeniem na szlifierkę powinna być sprawdzona, czy nie posiada pęknięć, ubytków miejscowych i innych uszkodzeń.

Tarcze ściernie należy umocować na trzpieniu wrzeciona za pomocą stalowych tarczy oporowej i dociskowej o średnicach zewnętrznych wynoszących co najmniej $\frac{1}{3}$ średnicy tarczy ścierniej. W miarę zużywania się tarczy ścierniej, tarcze stalowe powinny być odpowiednio zmieniane na mniejsze.

W celu prawidłowego i bezpiecznego zamocowania tarczy ścierniej na trzpieniu mocującym, pomiędzy tarczą ścierną a tarczmi: oporową i dociskową umieszcza się podkładki z elastycznego materiału o grubości od 1 do 1,5 mm.

Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas spajania metali

Podczas spajania metali obowiązują:

- uziemienie, zerowanie, izolowanie,
- ubrania ochronne, przyłbice, okulary,
- parawany,
- wentylacja.

Wszystkie prace spawalnicze wymagają specjalnych kwalifikacji i uprawnień, a sprzęt spawalniczy musi spełniać wiele szczegółowych wymagań. Butle na gazy i wytwornice acetyleny podlegają ponadto kontroli Urzędu Dozoru Technicznego.

Zagrożenie życia i zdrowia ludzkiego podczas spajania

W spawalnictwie występują zagrożenia:

- związane z wytwarzaniem i przechowywaniem, gazów stosowanych,
- spowodowane prądem elektrycznym,
- z samym procesem spawania (tj. wysoka temperatura, iskry, promieniowanie).

Obowiązują bardzo szczegółowe przepisy dotyczące obchodzenia się z butlami gazów (zarówno pustymi, jak i napełnionymi) oraz ich transportu. Butle muszą np. być chronione przed upadkiem i uderzeniami, nagrzewaniem (np. promieniami słonecznymi), zanieczyszczeniem smarami. Butle można napełniać tylko tym gazem, do którego są przeznaczone. Butle z acetylenem należy w czasie pracy ustawiać zawsze zaworem ku górze. Gazy stosowane w spawalnictwie nie są zasadniczo trujące, ale grożą eksplozją. z tego powodu nie wolno np. oliwić zaworów tlenowych. Butle są co 5 lat kontrolowane przez Urząd Dozoru Technicznego. Wytwornice acetylenowe mogą być obsługiwane jedynie przez

odpowiednio przeszkolony personel. Pomieszczenia, w których znajdują się wytwornice, muszą odpowiadać wielu szczegółowym przepisom dotyczącym wentylacji i bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

Prąd elektryczny jest głównym źródłem zagrożenia przy spawaniu łukiem, a także (choć w mniejszym stopniu) przy elektrycznym zgrzewaniu oporowym. Obowiązują tu więc przede wszystkim ogólne przepisy dotyczące budowy i eksploatacji aparatury elektrycznej wysokiego napięcia. W szczególności wszelkie naprawy i przeglądy urządzeń zasilających (transformatorów, przetwornic i prostowników) mogą być wykonywane jedynie przez wykwalifikowanych elektryków. Napięcie na zaciskach źródeł prądu może sięgać 100 V, co wymaga odpowiedniej ostrożności w czasie spawania. Przedmiot spawany powinien być uziemiony, a uchwyt elektrody musi mieć izolowaną rękojeść. W niektórych przypadkach sama konstrukcja uchwytu powinna umożliwić wymianę elektrody bez wyłączenia prądu.

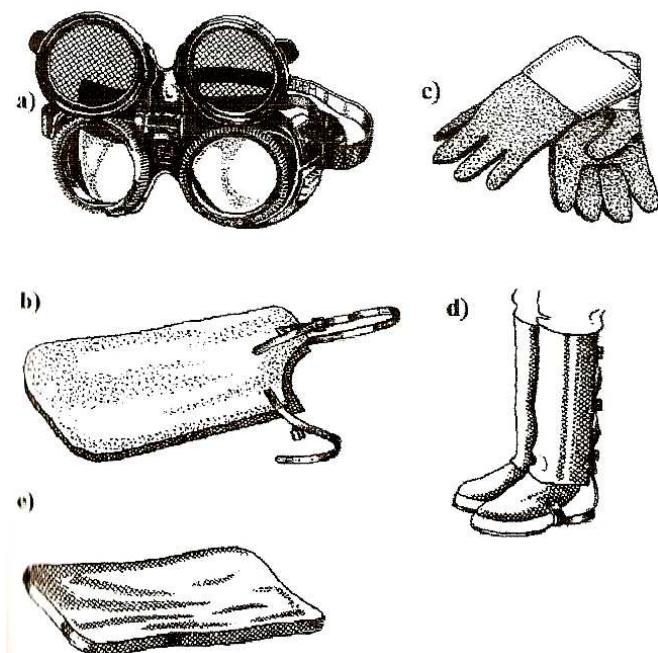
Spawanie łukowe jest bardzo niebezpieczne ze względu na promieniowanie łuku, grożące uszkodzeniem oczu i ciężkimi oparzeniami skóry.

Spawacz musi być zabezpieczony fartuchem, ręce mieć osłonięte rękawicami, a twarz (nie tylko oczy) chronioną tarczą trzymaną w ręku lub przyłbicą umocowaną na głowie. W tarczy lub przyłbicy znajduje się niewielkie okienko z filtrem ochronnym. Stanowisko do spawania łukowego musi być osłonięte stałymi ścianami lub przenośnymi parawanami, aby uchronić od poparzeń ludzi pracujących obok.

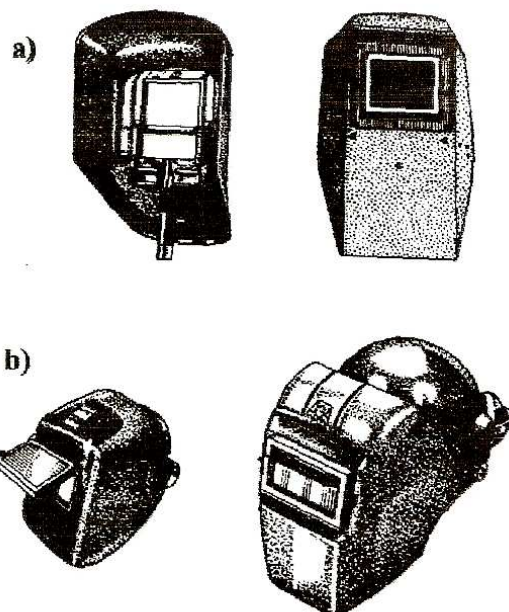
Mniejsze niebezpieczeństwo dla pracownika stwarza spawanie gazowe, ale i tu spawacz jest zagrożony iskrami i odpryskami ciekłego metalu, a także płomieniem palnika. Dlatego spawać gazowo można jedynie w specjalnych okularach ochronnych, szczelnym ubraniu ochronnym czapce i rękawicach.

Przy wielu pracach montażowych występują zagrożenia o charakterze chemicznym. Musimy tu wspomnieć o lutowaniu, gdzie używa się różnych topników szkodliwych dla zdrowia. Szczególnie duże niebezpieczeństwo zagraża przy klejeniu, gdyż wiele klejów lub ich składników to silne trucizny i praca z nimi musi odbywać się z najwyższą ostrożnością, przy zapewnieniu odpowiedniej wentylacji i innych środków ochronnych.

Podczas nitowania należy pamiętać, aby narzędzia używane nie miały pęknięć oraz uszkodzeń. Używając nitownika pneumatycznego nie wolno włączyć dopływu powietrza przed zetknięciem bijaka – nagłownika z trzonem nitu.



Rys. 1. Sprzęt ochronny spawacza: a) okulary do spawania i cięcia, b) fartuch skórzany, c) rękawice skórzane, d) nogalenniki, e) dywanik gumowy [1, s.133].



Rys. 2. Osłona oczu i twarzy: a) tarcze, b) przyłbice [1, s. 134].

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak należy się każdorazowo zachować przed rozpoczęciem pracy na stanowisku do obróbki ręcznej?
2. Na co należy zwrócić szczególną uwagę w czasie trasowania?
3. Jak należy się zachować podczas gięcia i prostowania na zimno?
4. Jak bezpiecznie przeprowadzić operację cięcia nożycami ręcznymi?
5. Jak bezpiecznie przeprowadzić operację cięcia piłką?
6. Dlaczego nie wolno używać uszkodzonych narzędzi do operacji piłowania?
7. Jakie części wiertarki w czasie pracy powinny być osłonięte osłonami?
8. Kiedy należy usuwać wióry powstałe czasie pracy obrabiarki i za pomocą czego?
9. Jaki ubiór obowiązuje pracownika na stanowisku do obróbki mechanicznej?
10. Jakie wymogi obowiązują na stanowisku do spawania?
11. W jaką odzież powinien być ubrany pracownik na stanowisku do spajania metali?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz odzież roboczą i wskaż zabezpieczenia części wirujących na stanowisku tokarskim.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zgromadzić sprzęt ochrony osobistej,
- 3) założyć odzież ochronną, buty, okulary,
- 4) wyjaśnić w jaki sposób zabezpieczone są części wirujące podczas pracy obrabiarki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej,
- instrukcje obsługi stanowiskowej.

Ćwiczenie 2

Przygotuj pod względem bezpieczeństwa stanowisko do obróbki ręcznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zgromadzić sprzęt i narzędzia,
- 3) ułożyć narzędzia na stole ślusarskim wg. kolejności użytkowania,
- 4) omówić sposób korzystania z narzędzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stół ślusarski,
- narzędzia,
- przyrządy.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić 3 zagrożenia podczas pracy na stanowisku do obróbki ręcznej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić zastosowanie osłon części wirujących na obrabiarce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przedstawić metody bezpiecznej pracy na wiertarce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przedstawić metody bezpiecznej pracy na szlifierce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przedstawić metody bezpiecznej pracy na frezarce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wskazać jakie przepisy określają wymagania bhp przy pracach spawalniczych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Tolerancje, pasowania, chropowatość powierzchni

4.2.1. Materiał nauczania

Tolerancje

Przedmiot rzeczywisty wykonany na podstawie rysunku wykonawczego prawie nigdy nie odpowiada wymiarowi i kształtowi określonym w dokumentacji. Jego odstępstwa od wymiaru nominalnego określają wartości tolerancji i odchyłek granicznych wymiarów liniowych, a różnice między założonym przez konstruktora kształtem geometrycznym i położeniem elementów geometrycznych względem siebie przedstawiają odchyłki kształtu i położenia.

Tolerancje wymiarów liniowych

Przy tolerowaniu wymiarów liniowych stosuje się odpowiednią terminologię. Dotyczy ona oznaczeń i symboli przy opisywaniu wymiarów granicznych i odchyłek dla wymiarów zewnętrznych (otwór) i wewnętrznych (wałek).

Tabela 1. Tolerowanie wymiarów liniowych [4, s. 177].

		Terminologia i określenia
		D_0 – wymiar nominalny otworu, D_w – wymiar nominalny wałka, B_0 – wymiar górny otworu, A_0 – wymiar dolny otworu, B_w – wymiar górny wałka, A_w – wymiar dolny wałka, ES – górna odchyłka otworu, EI – dolna odchyłka otworu, es – górna odchyłka wałka, ei – dolna odchyłka wałka.
Zależność	dla otworu	dla wałka
Tolerancja	$T_0 = B_0 - A_0$ $T_0 = ES - EI$	$T_w = B_w - A_w$ $T_w = es - ei$
Odchyłka górna	$ES = B_0 - D_0$ $ES = EI + T_0$	$es = B_w - D_w$ $es = ei + T_w$
Odchyłka dolna	$EI = A_0 - D_0$ $EI = ES - T_0$	$ei = A_w - D_w$ $ei = es - T_w$

Dla wymiarów nominalnych do 3150 mm zgodnie z normą PN-89/M-02102 utworzono układ tolerancji, dla którego wartości tolerancji i odchyłek są znormalizowane. Wprowadzono 20 klas dokładności wykonania wałków i otworów, które oznacza się symbolami cyfrowymi: 01, 0, 1, 2, 3,16, 17, 18 w kierunku malejącej dokładności. Tolerancje normalne odpowiednich klas dokładności oznacza się IT01, IT0,IT17, IT18.

Do określenia wymiaru tolerowanego niezbędne jest podanie:

- wartości wymiaru nominalnego,
- położenia pola tolerancji względem wymiaru nominalnego,
- wartości tolerancji.

Tabela 2. Tolerancje normalne wałków i otworów do 3150 mm [5, s. 301].

Wymiar nominalny		IT																
		Klasa dokładności																
powyżej	do	01*	..	5*	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
mm		μm									mm							
–	3	0,3	..	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4	
3	6	0,4	..	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	
6	10	0,4	..	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2	
10	18	0,5	..	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7	
18	30	0,6	..	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3	
30	50	0,6	..	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9	
50	80	0,8	..	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6	
80	120	1	..	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4	
120	180	1,2	..	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3	
180	250	2	..	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2	
250	315	2,5	..	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1	
.....	
2000	2500	11	..	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	29	
2500	3150	13	..	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33	

* Klasy dokładności od 01 do 5 przewidziano głównie dla wzorców i sprawdzianów

Rysunek wykonawczy elementu zawiera zazwyczaj także wymiary dla których nie została podana tolerancja wykonania. Nie oznacza to, że wymiarów tych nie obowiązuje żadna tolerancja. Reguluje to norma PN-75/M-02139, której postanowienia odnoszą się do części metalowych wykonanych metodami obróbki skrawaniem. Odchyłki wymiarów, które nie są tolerowane na rysunkach wykonawczych odpowiadają dokładnościom przypisanych tolerancjom w klasach od IT12 do IT17.

Tabela 3. Odchyłki zaokrąglone wymiarów nietolerowanych (w mm) [4, s. 184].

Przedział wymiarów nominalnych		Odchyłki wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych*				Odchyłki wymiarów mieszanych i pośrednich**			
powyżej	do	szereg dokładny	średni	zgrubny	bardzo zgrubny	szereg dokładny	średni	zgrubny	bardzo zgrubny
0,5	3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,05	0,1	0,15	0,15
3	6	0,1	0,2	0,4	1	0,05	0,1	0,2	0,5
6	30	0,2	0,4	1	2	0,1	0,2	0,5	1
30	120	0,3	0,6	1,6	3	0,15	0,3	0,8	1,5
120	315	0,4	1	2,4	4	0,2	0,5	1,2	2
315	1000	0,6	1,6	4	6	0,3	0,8	2	3

* Dla wymiarów zewnętrznych obowiązuje odchyłka ujemna (ze znakiem minus), dla wymiarów wewnętrznych – odchyłka dodatnia (ze znakiem plus).

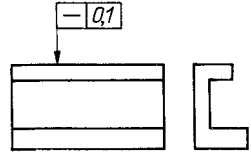
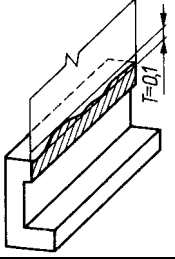
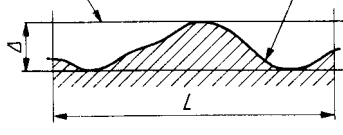
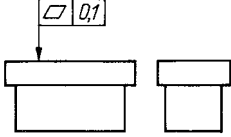
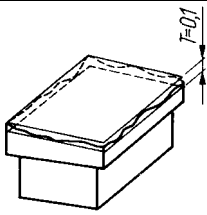
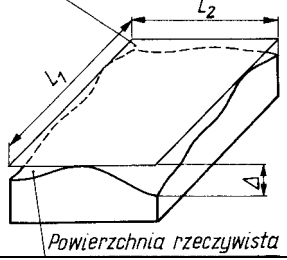
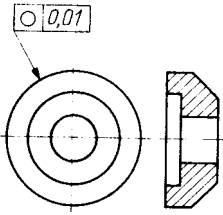
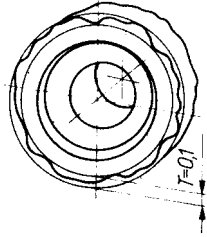
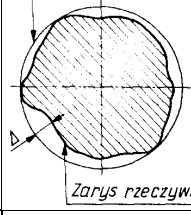
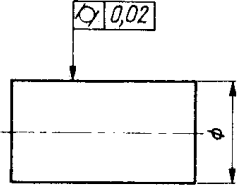
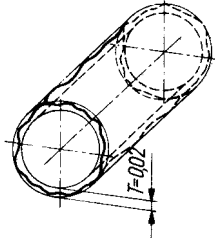
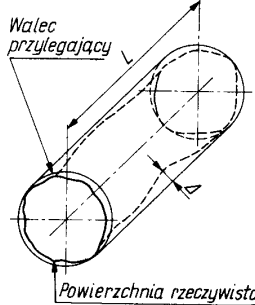
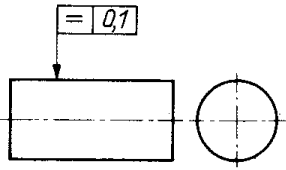
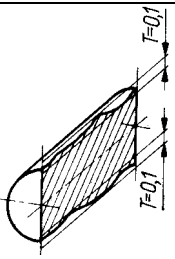
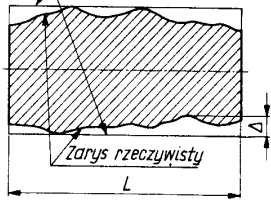
** Dla wymiarów mieszanych i pośrednich obowiązują odchyłki symetryczne, tj. ze znakiem plus i minus np. $\pm 0,2$.

Tolerancje kształtu

Największe dopuszczalne odchyłki kształtu są tolerancjami kształtu. Wartości tolerancji kształtu zestawione są w 16 szeregach tolerancji oznaczonych liczbami od 1 do 16.

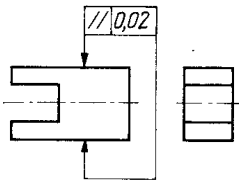
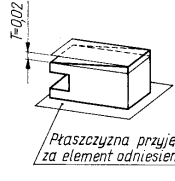
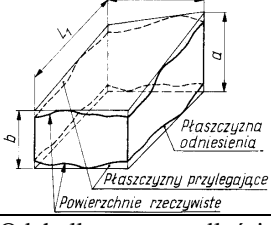
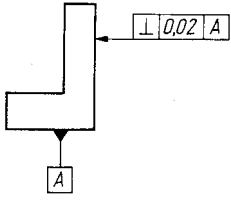
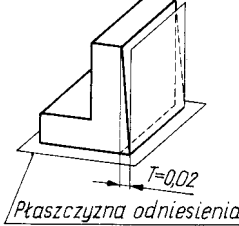
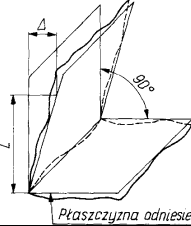
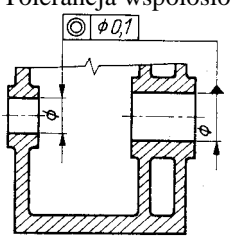
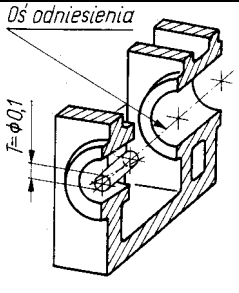
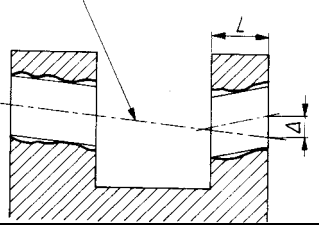
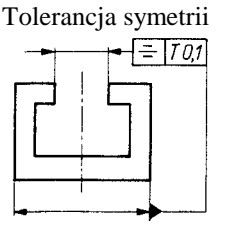
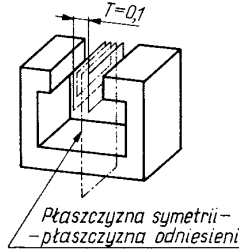
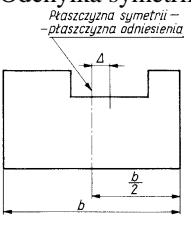
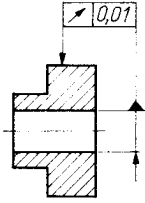
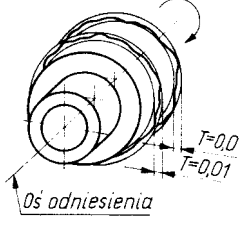
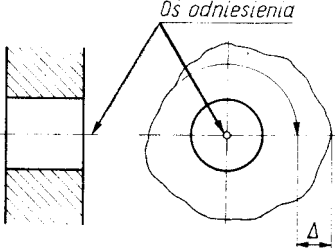
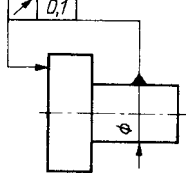
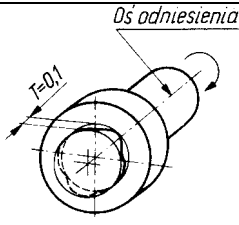
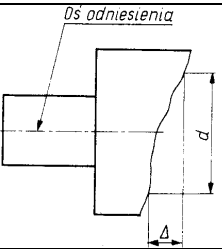
Norma PN-78/M-02137 rozróżnia pięć rodzajów tolerancji kształtu.

Tabela 4. Zapis tolerancji kształtu na rysunku [4, s. 208].

Lp.	Zapis tolerancji na rysunku wg PN-87/M-01145	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137
1	<p>Tolerancja prostoliniowości</p> 		<p>Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137</p> <p><i>Prosta przylegająca</i></p> 
2.	<p>Tolerancja płaskości</p> 		<p><i>Płaszczyzna przylegająca</i></p> 
3	<p>Tolerancja okrągłości</p> 		<p>Odchyłka okrągłości</p> <p><i>Okrąg przylegający</i></p> 
4.	<p>Tolerancja walcowości</p> 		<p>Odchyłka walcowości</p> <p><i>Walec przylegający</i></p> 
5.	<p>Tolerancja zarysu przekroju wzdłużnego</p> 		<p><i>Zarys przylegający</i></p>  <p>Odchyłka zarysu przekroju wzdłużnego</p>

Tolerancje położenia

Tabela 5. Zapis tolerancji położenia na rysunku [4, s. 210].

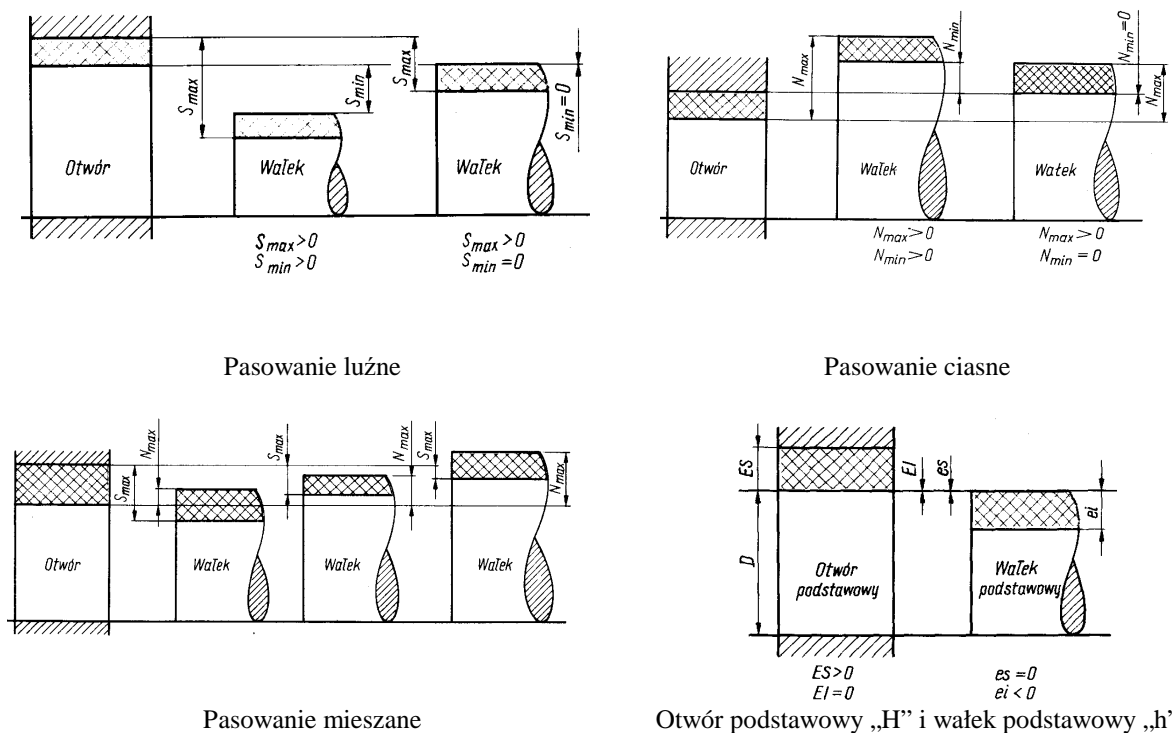
Lp.	Zapis tolerancji na rysunku wg PN-87/M-01145	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137
1	Tolerancja równoległości 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Płaszczyzna przyjęta za element odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Odchyłka równoległości płaszczyzn 
2.	Tolerancja prostokątności 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Płaszczyzna odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Odchyłka prostokątności 
3	Tolerancja współosiowości 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Oś odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Odchyłka współosiowości Oś powierzchni odniesienia – oś odniesienia 
4.	Tolerancja symetrii 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Płaszczyzna symetrii – płaszczyzna odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Odchyłka symetrii Płaszczyzna symetrii – płaszczyzna odniesienia 
5.	Tolerancja bicia promieniowego 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Oś odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Oś odniesienia 
6.	Tolerancja bicia osiowego 	Objaśnienie na rysunku aksonometrycznym  Oś odniesienia	Objaśnienie tolerancji wg PN-78/M-02137 Oś odniesienia 

Pasowania

Skojarzenie elementu typu wałek z otworem drugiego elementu tworzącego połączenie nazywamy pasowaniem.

W zależności od wzajemnego położenia pól tolerancji łącznych elementów pasowania dzieli się na trzy rodzaje:

- pasowania luźne,
- pasowania ciasne,
- pasowania mieszane.



Rys. 3. Rodzaje pasowań [5, s. 43, 44, 48].

Pasowanie oznaczamy przez podanie tolerancji otworu łamanej przez tolerancję wałka, np. 50H8/g7 oznacza skojarzenia wałka 50g7 i otworu 50H8.

W wyniku skojarzenia między wałkiem i otworem powstaje luz lub wcisk, które mogą przyjmować wartości maksymalne.

Luz największy:

$$S_{\max} = B_o - A_w$$

Luz najmniejszy:

$$S_{\min} = A_o - B_w$$

Wcisk największy:

$$N_{\max} = -(A_o - B_w)$$

Wcisk najmniejszy:

$$N_{\min} = -(B_o - A_w)$$

Przy pasowaniu luźnym zawsze zapewniony jest luz, przy pasowaniu ciasnym zawsze wystąpi wcisk, a przy mieszanym w zależności od wymiarów zaobserwowanych łączonych części może wystąpić zarówno luz, jak i wcisk.

W celu ujednoczenia pasowań stosuje się tzw. wałki i otwory podstawowe, które tolerowane są od wymiaru nominalnego w głąb materiału. Pasowanie z otworem podstawowym nazywa się pasowaniem według zasady stałego otworu, a z wałkiem podstawowym pasowaniem według zasady stałego wałka.

Tabela 6. Pasowania normalne wg zasady stałego otworu (przykłady wg PN-91/M-02105) [5, s. 304].

Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowego							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Luźne	H5/g4	H6/f6	H7/c8	H8/c8	H9/d9	H10/d10	H11/a11	H12/b12
	H5/h4	H6/g5 H6/h5	H7/d8 H7/e8 H7/f7 H7/h6	H8/e8 H8/d9 H8/f8 H8/h7 H8/h8 H8/h9	H9/e8 H9/f8 H9/h8 H9/h9	H10/h9 H10/h10	H11/b11 H11/c11 H11/h11	H12/h12
Mieszane	H5/k4 H5/n4	H6/k5 H6/n5	H7/k6 H7/m6	H8/k7 H8/n7				
Ciasne		H6/p5 H6/s5	H7/p6 H7/r6 H7/s6 H7/u7	H8/s7 H8/u8 H8/z8				

Tabela 7. Odchyłki wymiarów liniowych dla otworów (przykłady wg PN-91/M-02105) [5, s. 305].

Wymiar nominalny		Pole tolerancji							
powyżej	do	D10	H5	H6	H7	H8	H10	P4	P8
mm		Odchyłki graniczne w μm							
6	10	+98	+6	+9	+15	+22	+58	-13,5	-15
		+40	0	0	0	0	0	-17,5	-37
10	18	+120	+8	+11	+18	+27	+70	-16	-18
		+50	0	0	0	0	0	-21	-45
18	30	+149	+9	+11	+21	+35	+84	-20	-22
		+65	0	0	0	0	0	-26	-55
30	40	+180	+11	+16	+25	+39	+100	-23	-26
		+80	0	0	0	0	0	-30	-65
40	50	+220	+13	+19	+30	+46	+120	-	-32
		+100	0	0	0	0	0	-	-78
50	65	+260	+15	+22	+35	+54	+140	-	-37
		+120	0	0	0	0	0	-	-91
65	80	+260	+15	+22	+35	+54	+140	-	-37
		+120	0	0	0	0	0	-	-91
80	100	+260	+15	+22	+35	+54	+140	-	-37
		+120	0	0	0	0	0	-	-91
80	120	+260	+15	+22	+35	+54	+140	-	-37
		+120	0	0	0	0	0	-	-91

Tabela 8. Odchyłki wymiarów liniowych dla wałków (przykłady wg PN-91/M-02105) [5, s. 304].

Wymiar nominalny		Pole tolerancji							
powyżej	do	f5	g6	h6	h7	h8	h9	p6	s4
mm		Odchyłki graniczne w μm							
6	10	-13	-5	0	0	0	0	+24	+27
		-19	-14	-9	-15	-22	-36	+15	+23
10	18	-16	-6	0	0	0	0	+29	+33
		-24	-17	-11	-18	-27	-43	+18	+28
18	30	-20	-7	0	0	0	0	+35	+41
		-29	-20	-13	-21	-33	-52	+22	+35
30	40	-25	-9	0	0	0	0	+42	+50
		-36	-25	-16	-25	-39	-62	+26	+43
40	50	-30	-10	0	0	0	0	+51	+61
		-43	-29	-19	-30	-46	-74	+32	+53
65	80	-30	-10	0	0	0	0	+51	+61
		-43	-29	-19	-30	-46	-74	+32	+53
80	100	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87	+37	+71
80	120	-36	-12	0	0	0	0	+59	+81
		-51	-34	-22	-35	-54	-87		

Chropowatość powierzchni

Nierówności powierzchni obrabianych części maszynowych zwane są chropowatością i spowodowane są przez narzędzia skrawające i działanie wiórów na powierzchnię skrawaną. Nierówności te można odwzorować za pomocą przyrządów pomiarowych, otrzymując tak zwany profil chropowatości.

Chropowatość powierzchni na rysunkach oznacza się przez podanie parametru R_a , który określa średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości na odcinku pomiarowym i jest podawana w mikrometrach.

Do oznaczania chropowatości powierzchni stosuje się siedem rodzajów znaków.

Tabela 9. Znaczenie symboli graficznych geometrycznej struktury powierzchni [4, s. 161].

Lp.	Symbol graficzny	Symbol oznaczenia
1.		w oznaczeniach zbiorczych chropowatość kilku powierzchni przedmiotu
2.		chropowatość powierzchni o wartości liczbowej, która może być uzyskana przez usunięcie lub bez usunięcia warstwy materiału
3.		chropowatość powierzchni o wartości liczbowej, która powinna być uzyskana przez zdjęcie warstwy materiału
4.		chropowatość powierzchni o wartości liczbowej R_a , która powinna być uzyskana bez zdejmowania warstwy materiału
5.		usunięcie materiału jest niedopuszczalne, chropowatość powinna być zachowana z poprzedniego procesu technologicznego
6.		zapis szczególnych cech, np. rodzaju obróbki
7.		na wszystkich powierzchniach całego obwodu części obrabianej jest wymagana ta sama struktura geometryczna

Średnia arytmetyczna rzędnych profilu R_a zależy od metody obróbki i jej wartości stosowane w dokumentacji technicznej wyrobu są znormalizowane.

Tabela 10. Wartości średniej arytmetycznej rzędnych profili [4, s. 160].

Uzyskiwane R_a w μm przy różnych metodach obróbki							
Toczenie	Wytaczanie	Frezowanie	Struganie	Wiercenie	Szlifowanie	Gładzenie	Wygładzanie
80–0,63	80–0,32	80–0,63	80–1,25	40–0	5–0,16	0,32–0,08	0,8–0,01
Znormalizowany szereg R_a w μm zalecany przez PN							
R_a : 0,012; 0,025; 0,050; 0,100; 0,20; 0,40; 0,80; 1,60; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 100; 200; 400;							

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Dlaczego tylko część wymiarów rysunkowych jest tolerowana?
2. W jaki sposób tolerujemy wymiary?
3. Od czego zależy wartość tolerancji wymiaru?
4. Jak można zapisać wymiar tolerowany?
5. W jaki sposób zapisujemy pasowanie na rysunku?
6. Jakie są rodzaje tolerancji kształtu i położenia?
7. Co to jest chropowatość powierzchni?
8. Od czego zależy chropowatość powierzchni?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dla tolerowanego otworu $\phi 50H8$ odczytaj odchyłki, oblicz wymiary graniczne otworu i narysuj położenie pola tolerancji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) odszukać wymiar nominalny i odczytać odchyłki z normy PN-77/M-02105,
- 3) obliczyć wymiary graniczne,
- 4) narysować położenie pola tolerancji,
- 5) omówić wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-77/M-02105 – odchyłki wymiarów liniowych.

Ćwiczenie 2

Jaki rodzaj pasowania przedstawia zapis $\phi 80H7/m6$? Opisz to pasowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

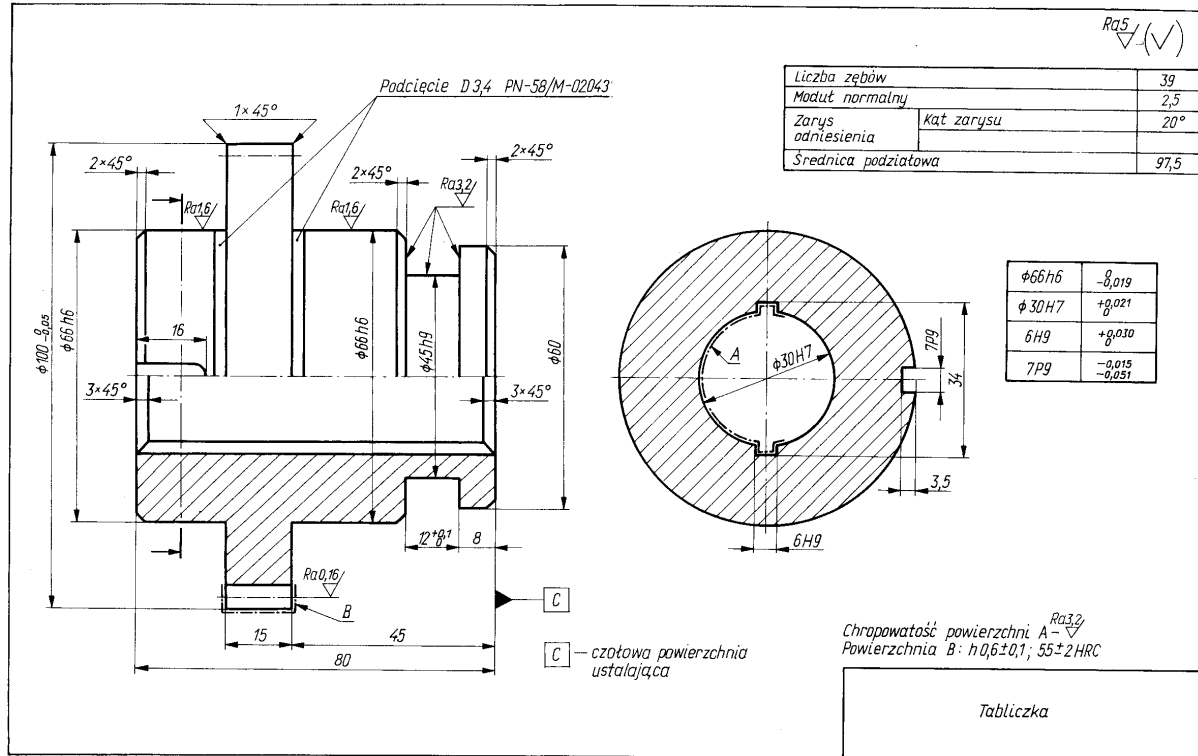
- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) odszukać wymiar nominalny i odczytać odchyłki dla otworu i wałka z PN-77/M-02105,
- 3) obliczyć wymiary graniczne,
- 4) obliczyć luzy lub wciski,
- 5) narysować położenie pola tolerancji otworu i wałka,
- 6) omówić wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-77/M-02105 – odchyłki wymiarów liniowych.

Ćwiczenie 3

Odczytaj na rysunku koła walcowego o zębach prostych chropowatość powierzchni przedmiotu, wymiary tolerowane.



Rysunek do ćwiczenia 3 [4, s. 286].

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) omówić przedstawną część maszyny,
- 3) odczytać chropowatość powierzchni,
- 4) odczytać wymiary tolerowane,
- 5) omówić wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN – chropowatość powierzchni,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

4.2.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) wskazać wymiary tolerowane i chropowatość na rysunku? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) odczytać z norm odchyłki wymiarów tolerowanych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) odczytać zapis pasowania na rysunku? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) naszkicować położenie pól tolerancji dla dowolnego pasowania? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) odczytać chropowatość powierzchni na rysunku wykonawczym? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

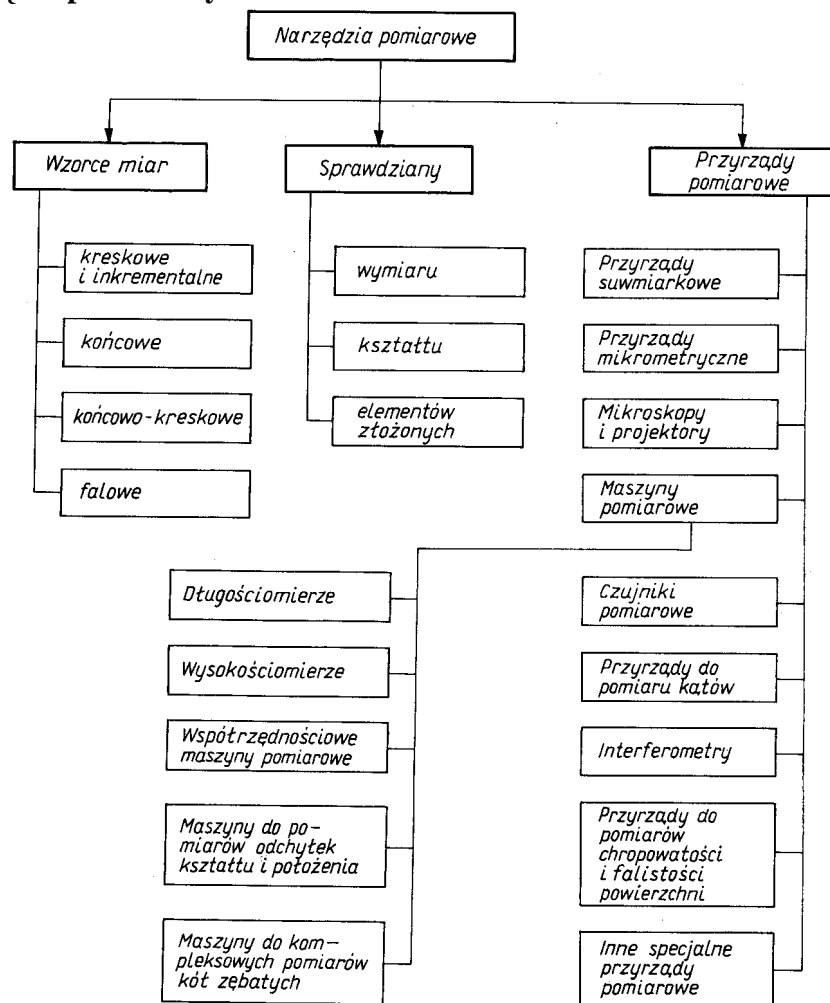
4.3. Metrologia warsztatowa, przyrządy pomiarowe

4.3.1. Materiał nauczania

Cel pomiarów i rodzaje wymiarów

Każdy wyrób powstały w czasie produkcji należy sprawdzić, czy jest zgodny z wymaganiami konstruktora. Sprawdzenie polega na porównaniu badanych wielkości lub cech wyrobu ze wskazaniami użytego narzędzia pomiarowego.

Rodzaje narzędzi pomiarowych



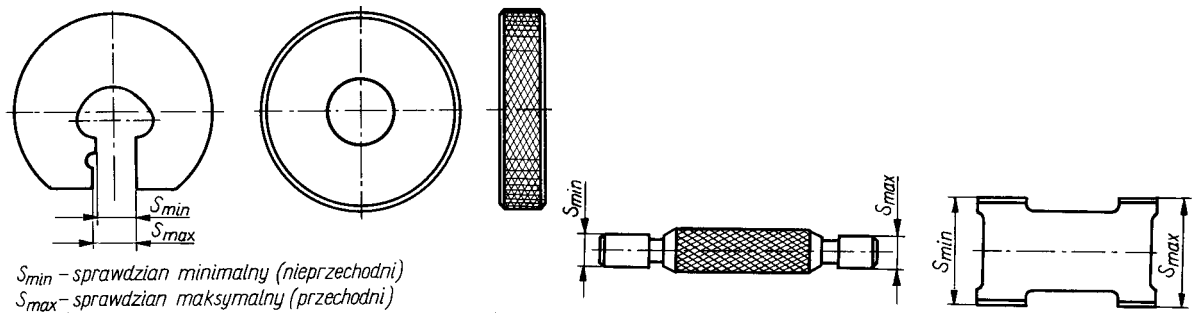
Rys. 4. Klasyfikacja narzędzi pomiarowych [5, s. 130].

Wzorce miar

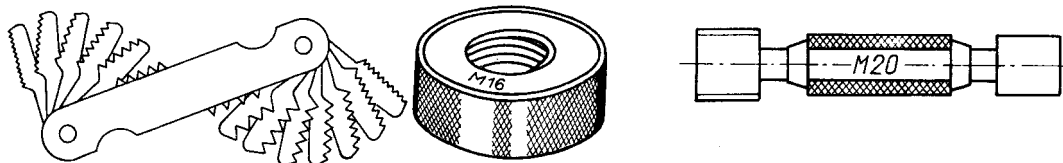
Wzorce miar długości i kąta są to przyrządy pomiarowe określające jedną lub kilka wartości długości i kąta: przymiar kreskowy, szczelinomierz, płytki wzorcowe, kątowniki, wzorce kątów, promieniomierze.

Sprawdziany

W produkcji seryjnej i masowej stosuje się sprawdziany, które są narzędziami pomiarowymi sprawdzającymi wymiary i kształty. Sprawdziany dwugraniczne umożliwiają sprawdzenie, czy badany wymiar znajduje się między wymiarami granicznymi: stronę przechodnią można swobodnie włożyć lub na nasunąć na przedmiot, natomiast stronę nieprzechodnią nie.



Rys. 5. Sprawdziany do wałków i otworów [5, s. 191].



Rys. 6. Sprawdziany do gwintów [2, s. 87].

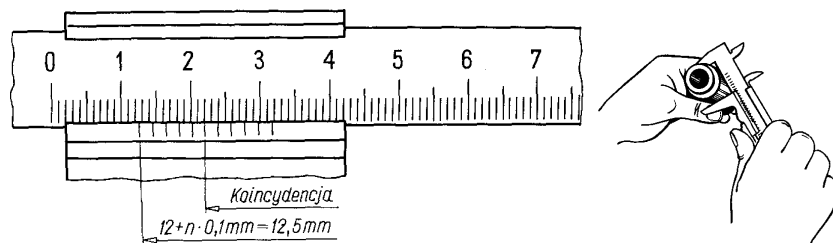
Przyrządy pomiarowe

Przyrządy pomiarowe są to narzędzia wyposażone w układy typu: noniusze, śruby mikrometryczne, dźwignice, przekładnie zębate i inne.

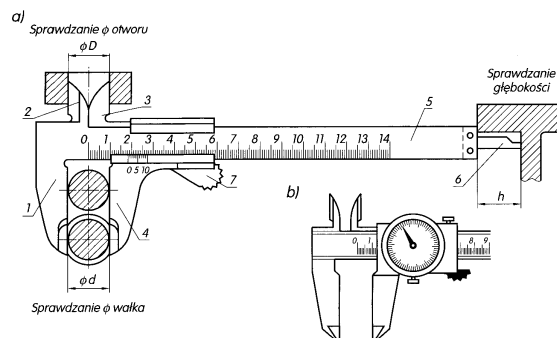
Przyrządy suwmiarkowe

Odczyt wyniku pomiaru na suwmiarce odbywa się za pomocą noniusza, czujnika (o działce elementarnej 0,02) lub wyświetlacza z rozdzielczością 0,01mm.

Noniusz jest elementem zwiększającym dokładność odczytu. Standardowe suwmiarki (również przyrządy suwmiarkowe, głębokościomierze i wysokościomierze) mają noniusze o dokładności 0,1; 0,05 oraz 0,02 mm.



Rys. 7. Odczytanie wskazania suwmiarki z noniuszem i pomiar suwmiarką wymiaru zewnętrznego [5, s. 229].

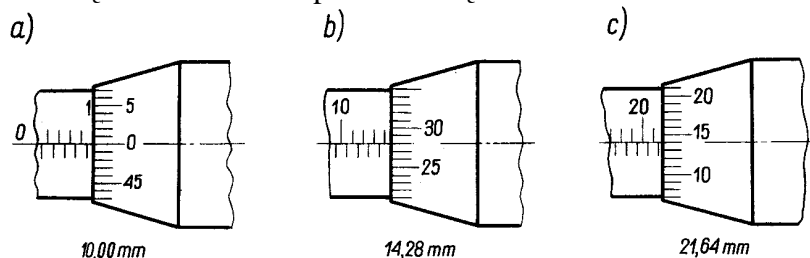


Rys. 8. Budowa i możliwości pomiarowe suwmiarki uniwersalnej: a) z noniuszem, b) z czujnikiem, 1) szczeka stała, 2, 3) ostrza szczęk do pomiarów otworów, 4) szczeka przesuwana, 5) prowadnica z podziałką główną, 6) wysuwka, 7) zacisk samohamowny [12, s. 158].

Przyrządy mikrometryczne

Przyrządami o większej dokładności są przyrządy mikrometryczne z odczytem tradycyjnym lub cyfrowym. Należą do nich mikrometry do wałków, średnicówki, głębokościomierze. Funkcję wzorca spełnia w mikrometrze śruba o skoku 0,5 mm. Stały docisk końcówek pomiarowych zapewnia sprzęgło.

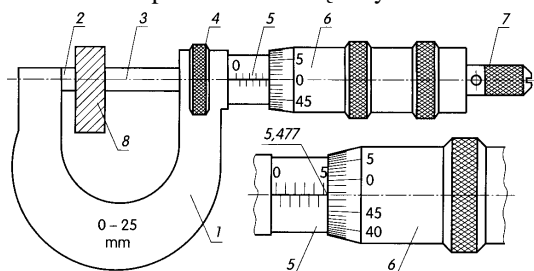
Wartość zmierzonego wymiaru określa się najpierw odczytując na podziałce tulei liczbę pełnych milimetrów i połówek milimetrów odsłoniętych przez brzeg bębna; następnie odczytuje się setne części milimetra na podziałce bębna.



Rys. 9. Wskazania mikrometru [7, s. 26].

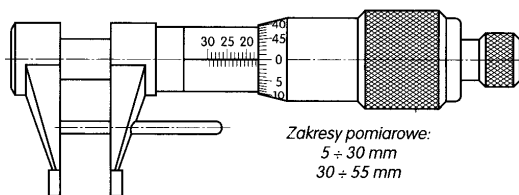
Mikrometry umożliwiają mierzenie w zakresach 0–25; 25–50; 50–75; 75–100 mm itd.

Mikrometr do pomiarów zewnętrznych

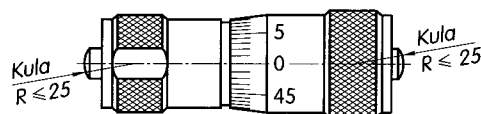


- 1) kabłąk, 2) kowadełko, 3) wrzeciono, 4) zacisk,
5) podziałka wzdłużna, 6) bęben obrotowy,
7) sprzęgło, 8) przedmiot mierzony.

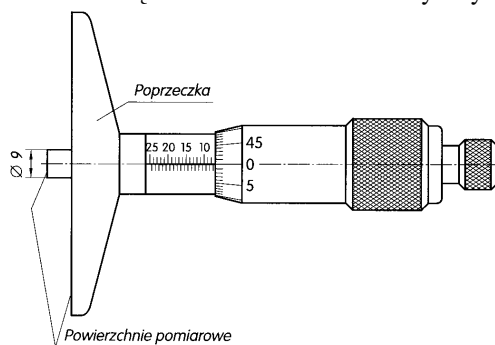
Mikrometr do pomiarów wewnętrznych



Średnicówka mikrometryczna



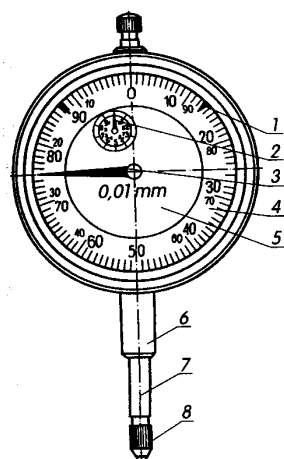
Głębokościomierz mikrometryczny



Rys. 10. Przyrządy mikrometryczne [12, s. 161]

Do pomiarów zewnętrznych i innych używa się innych przyrządów:

- czujniki zegarowe,
- passametry,
- średnicówki czujnikowe do otworów,
- mikrokatorty,
- mikroskopy.



- 1) wskaźnik tolerancji,
- 2) wskazówka mała,
- 3) wskazówka duża,
- 4) podziałka obrotowa,
- 5) podziałka stała,
- 6) tuleja,
- 7) trzpień pomiarowy,
- 8) końcówka pomiarowa zakończona kulką.

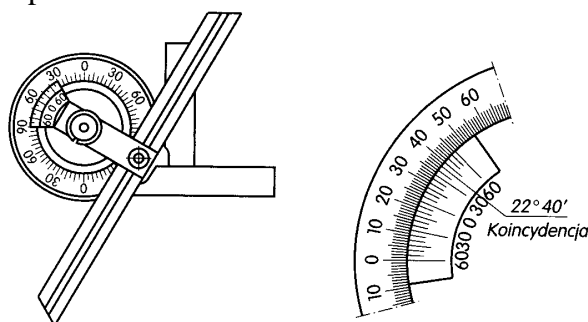
Rys. 12. Czujnik zegarowy [12, s. 162].

Czujniki to przyrządy pomiarowe, służące najczęściej do określania odchyłek od wymiaru nominalnego. Zakres pomiaru czujników nie przekracza 1 mm, często zamyka się w granicach kilku dziesiątych milimetra.

Przyrządy do pomiaru kątów

Pomiary kątów mogą być wykonywane za pomocą przyrządów:

- płytek kątowych i ich zestawów składanych w uchwycie,
- kątomierzy z noniusem,
- kątomierzy optycznych,
- kątomierzy z mikroskopem.



Rys. 13. Kątomierz z noniusem [12, s. 165].

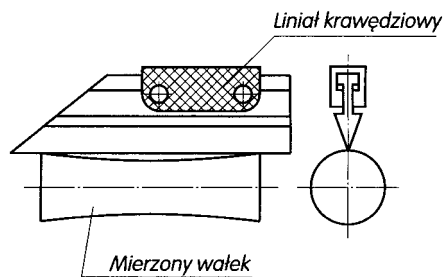
Współrzędnościowe maszyny pomiarowe

Współrzędnościowe maszyny pomiarowe – WMP są przeznaczone do pomiarów współrzędnych punktów w przestrzeni pomiarowej w ortogonalnym układzie współrzędnych. WMP przeznaczone są do pomiarów przedmiotów złożonych, np. korpusów silników, sprężarek, pomp. łopatek turbin. Lokalizacja punktów odbywać się może za pomocą końcówek pomiarowych głowic stykowych, z których najbardziej rozpowszechnione są głowice impulsowe o rozdzielczości $0,25/1 \mu\text{m}$. W chwili zetknięcia rubinowej lub stalowej końcówki pomiarowej następuje rozwarcie styków elektrycznych głowicy i wygenerowanie impulsu elektrycznego powodującego zapis współrzędnych punktu.

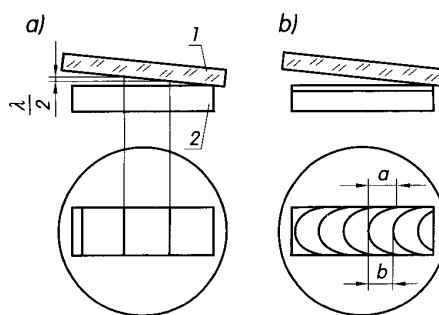
Pomiary odchyłek kształtu i położenia

Pomiary odchyłek kształtu dotyczą pomiaru największej odległości powierzchni lub linii rzeczywistej od powierzchni lub linii przylegającej.

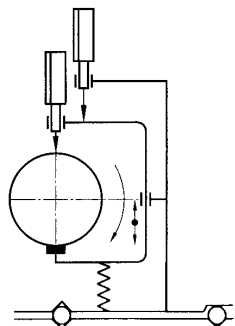
W grupie odchyłek kształtu najczęściej sprawdzane są odchyłki prostoliniowości, płaskości, okrągłości i walcowości.



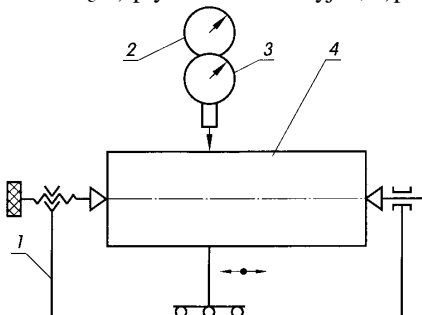
Wyznaczanie odchyłek prostoliniowości za pomocą liniału krawędziowego.



Sprawdzanie niepłaskości za pomocą płytek interferencyjnych: a) powierzchnia idealnie płaska, b) powierzchnia z wypukłością walcową, 1) płytka interferencyjna, 2) przedmiot sprawdzany.



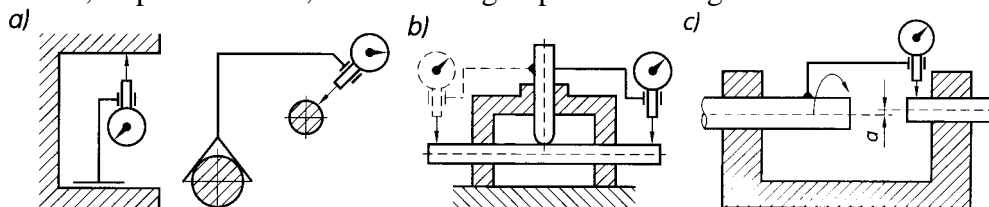
Pomiar odchyłek okrągłości.



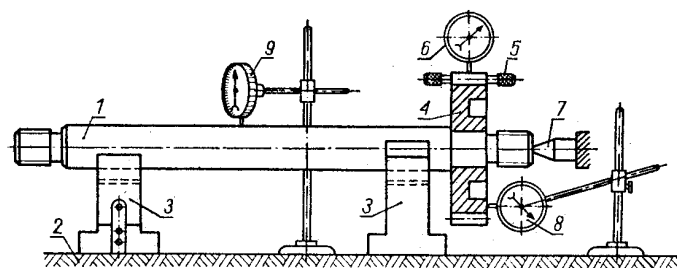
Pomiar odchyłek walcowości: 1) urządzenie kłowe, 2, 3) czujniki odchyłek, 4) wałek sprawdzany.

Rys. 14. Wyznaczanie odchyłek kształtu [12, s. 183, 184].

W grupie odchyłek położenia najczęściej sprawdzane są odchyłki równoległości, prostokątności, współosiowości, bicia osiowego i promieniowego.



Rys. 15. Pomiary odchyłek położenia; a) równoległości powierzchni, b) prostokątności osi, c) współosiowości otworów [12, s. 185].



- 1) wał,
- 2) płyta kontrolna,
- 3) pryzmy,
- 4) koło zębate,
- 5) regulator,
- 6) czujnik,
- 7) kły,
- 8) czujnik,
- 9) czujnik.

Rys. 16. Sprawdzenie bicia promieniowego wału i koła zębatego na średnicy podziałowej oraz bicia osiowego [3, s. 240].

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz narzędzia pomiarowe?
2. Jakie znasz wzorce długości?
3. Co wpływa na dokładność wskazań suwmiarki?
4. Jakie znasz przyrządy suwmiarkowe?
5. Jakie znasz przyrządy mikrometryczne?
6. Do jakich pomiarów stosuje się czujniki zegarowe?
7. Jakie znasz przyrządy do pomiarów kątów?
8. W jaki sposób można określić odchyłkę prostoliniowości?
9. W jaki sposób sprawdzamy bicie promieniowe i osiowe?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dla tulei z otworem dwustopniowym dobierz narzędzia kontrolno-pomiarowe wykonania dla pomiarów wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) sprawdzić wskazania zerowe przyrządów,
- 3) zmierzyć średnice zewnętrzne w dwu płaszczyznach i trzech różnych przekrojach suwmiarkami o różnych dokładnościach i mikrometrem,
- 4) zmierzyć średnice wewnętrzne w dwu płaszczyznach i trzech różnych przekrojach suwmiarkami o różnych dokładnościach, mikrometrem do otworów i średnicówką mikrometryczną,
- 5) wyniki pomiarów wpisać do karty pomiarowej,
- 6) narysować tulejkę i zwymiarować,
- 7) omówić wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przedmioty mierzone,
- przyrządy kontrolno-pomiarowe: suwmiarki, mikrometry, średnicówka mikrometryczna,
- podstawki, uchwyty do przyrządów pomiarowych, pryzmy.

Ćwiczenie 2

Sprawdź wymiary wałka stopniowego, szlifowanego z określoną tolerancją i chropowatością. Porównaj otrzymane wyniki z rysunkiem wykonawczym przedmiotu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) przygotować narzędzia kontrolno-pomiarowe,
- 3) odszukać odchyłki wymiarów tolerowanych,

- 4) dokonać pomiary jednej średnicy; na końcach, w środku, a następnie uśrednić wielkości,
- 5) zmierzyć chropowatość powierzchni,
- 6) wielkości zmierzone porównać z wymiarami na rysunku wykonawczym,
- 7) zapisać wyniki pomiarów w zeszycie,
- 8) omówić wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przedmiot mierzony i jego rysunek wykonawczy,
- przyrządy pomiarowe: suwmiarka, mikrometry o różnych zakresach, profilometr chropowatości lub wzorce chropowatości, uchwyty do przyrządów pomiarowych, pryzmy,
- PN – odchyłki wymiarów liniowych i chropowatość powierzchni.

Ćwiczenie 3

Wykonaj pomiary bicia osiowego tarczy sprzęgła kołnierзовego po regeneracji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zamocować tarczę sprzęgła w urządzeniu kłowym,
- 3) zamocować i ustawić czujnik zegarowy do pomiarów,
- 4) podzielić obwód tarczy na 12 równych części,
- 5) obracać przedmiot co 30° i notować wychylenia wskazówki czujnika w obie strony,
- 6) narysować wykres wskazań czujnika,
- 7) obliczyć największą odchyłkę bicia osiowego i porównać z tolerancją na rysunku tarczy,
- 8) zapisać wyniki pomiarów w zeszycie,
- 9) zapisać własne wnioski z wykonanych pomiarów,
- 10) omówić sposób wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przedmiot mierzony, rysunek wykonawczy tarczy sprzęgła,
- czujnik zegarowy z podstawą magnetyczną,
- urządzenie kłowe z podstawą.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić przeznaczenie wzorców miar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) omówić budowę mikrometru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać przyrządy do pomiaru kątów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać przyrządy do pomiaru wymiarów wewnętrznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przygotować stanowisko do sprawdzenia bicia promieniowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) sprawdzić tolerancję bicia osiowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Obróbka ręczna

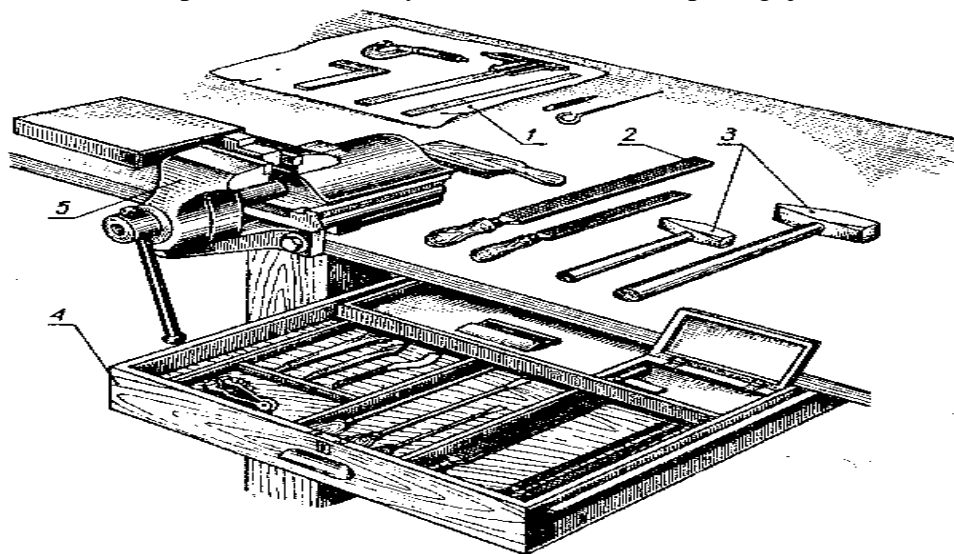
4.4.1. Materiał nauczania

Wyposażenie organizacja oraz prace na stanowisku do obróbki ręcznej

Stanowiskiem roboczym do obróbki ręcznej metali jest stół ślusarski przymocowanym imadłem. Stanowisko ślusarskie służy do wykonania zleconych lub przyjętych prac.

Stanowisko robocze do obróbki ręcznej metali to:

- stół ślusarski z przymocowanym do niego imadłem,
- szufladą z narzędziami,
- innymi przyborami pomocniczymi,
- wyposażone w komplet narzędzi którymi robotnik stale się posługuje.



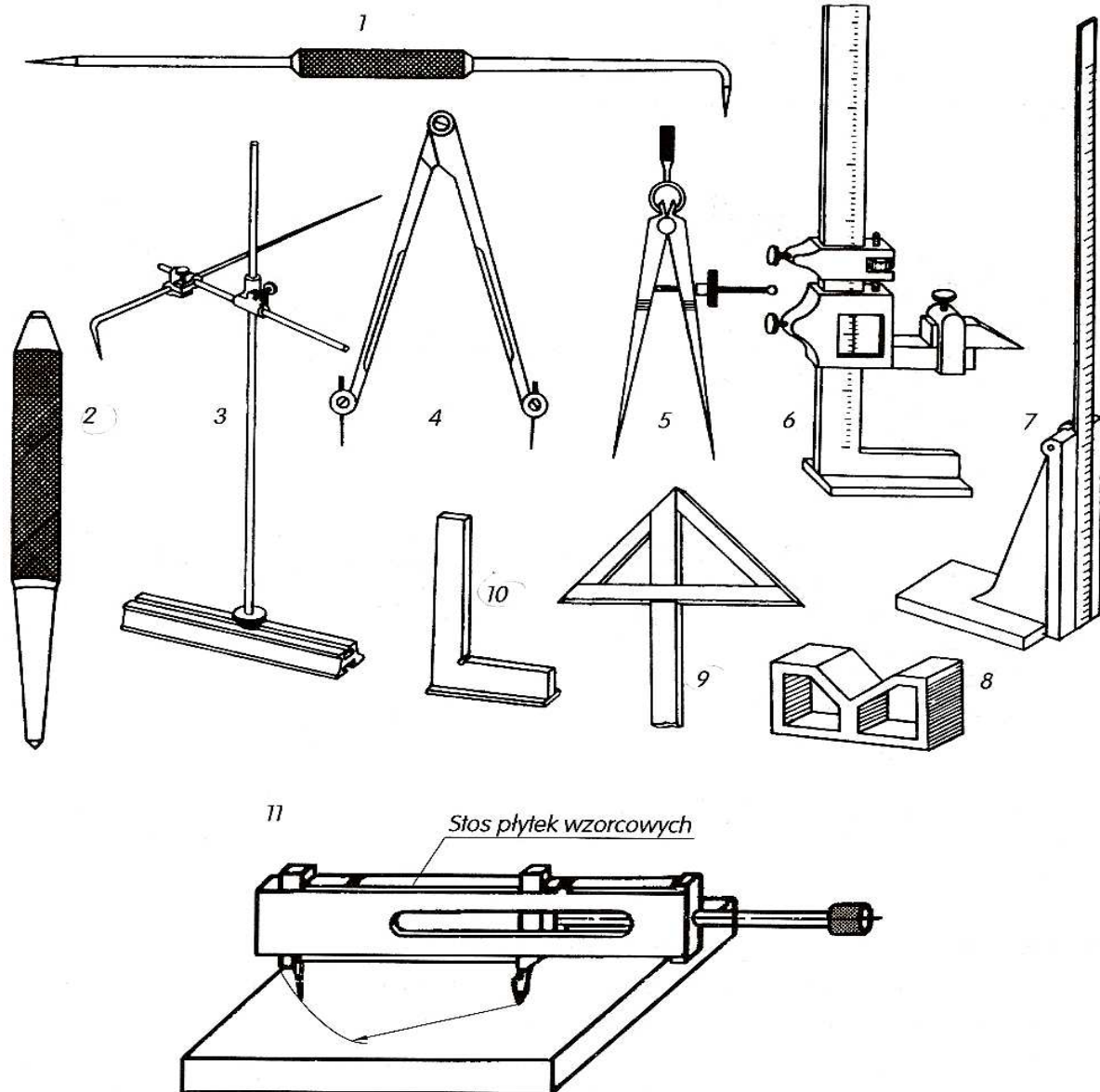
Rys. 17. Elementy wymiaru rysunkowego: 1) linia wymiarowa, 2) znak ograniczenia linii wymiarowej, 3) liczba wymiarowa, 4) pomocnicza linia wymiarowa, 5) znak wymiarowy, 6) oznaczenie początku linii wymiarowej, 7) linia odniesienia [2, s. 10].

Każde stanowisko do obróbki ręcznej metali jest wyposażone w komplet narzędzi. Każde narzędzie powinno mieć ściśle określone miejsce w szufladzie stołu. To samo dotyczy przyborów pomocniczych i dokumentacji technicznej.

Trasowanie na płaszczyźnie i przestrzenne

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, na obrobionych odlewach itp. Materiały te muszą mieć wymiary większe od wymiaru przedmiotów podanych na rysunku technicznym o tzw. naddatek na obróbkę.

Narzędzia do trasowania



Rys. 18. Podstawowe narzędzia traserskie: 1) rysik, 2) punktak, 3) znacznik traserski, 4, 5) cyrkle, 6) suwmiarka traserska do wyznaczania linii poziomych w określonej odległości, 7) liniał traserski, 8) pryzma, 9) środkownik (do wyznaczania środków przedmiotów walcowych), 10) kątownik, 11) cyrkiel traserski do dokładnego wyznaczania promieni za pomocą płytek wzorcowych [2, s. 21].

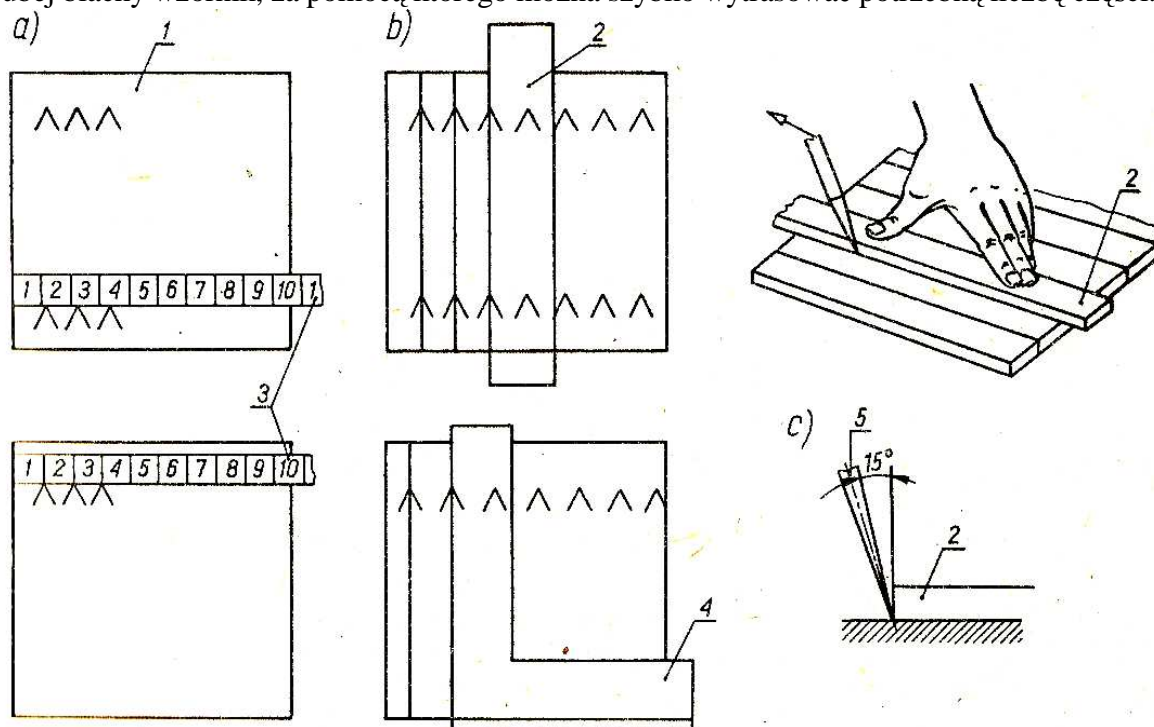
W skład wyposażenia traserskiego wchodzi: suwmiarki, płyty traserskie, młotki, kątomierze, przymiary kreskowe i cyrkle drążkowe.

Technika trasowania na płaszczyźnie.

Przed przystąpieniem do trasowania należy oczyścić przedmiot i następnie pomalować go. Malowanie zwiększa widoczność linii kreślonych rysikiem na przedmiocie. Do malowania odlewów i dużych przedmiotów nie obrobionych stosuje się kredę rozrobioną w wodzie z dodatkiem oleju lnianego. Obrobione przedmioty stalowe lub żeliwne maluje się roztworem wodnym siarczynu miedzi. Powstaje wtedy na ich powierzchniach cienka warstewka miedzi wytrąconej przez żelazo z roztworu. Na tak przygotowanych przedmiotach kreślone linie są dobrze widoczne i trwałe.

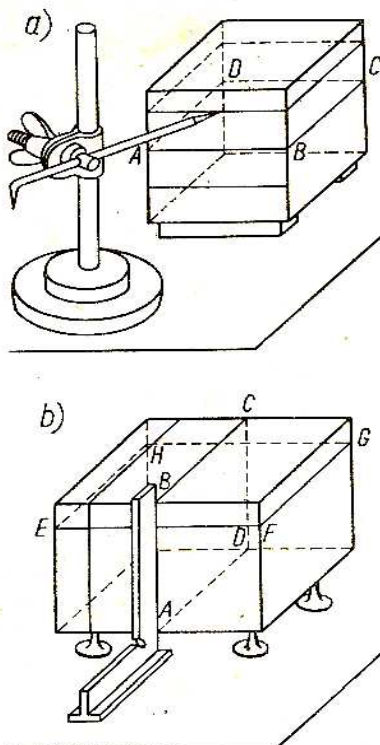
Wszystkie prace traserskie można podzielić na trasowanie na płaszczyźnie oraz trasowanie przestrzenne.

Podczas trasowania płaskiego należy na blasze, płycie metalowej lub płaskiej powierzchni przedmiotu narysować zarys części gotowej. Rysunek ten w produkcji jednostkowej wykonuje się za pomocą rysika, cyrkla i liniału, wychodząc z wymiarów podanych na rysunku konstrukcyjnym. W warunkach produkcji seryjnej należy najpierw wytrasować i wykonać z grubej blachy wzornik, za pomocą którego można szybko wytrasować potrzebną liczbę części.



Rys. 19. Trasowanie linii prostych równoległych [2, s. 23].

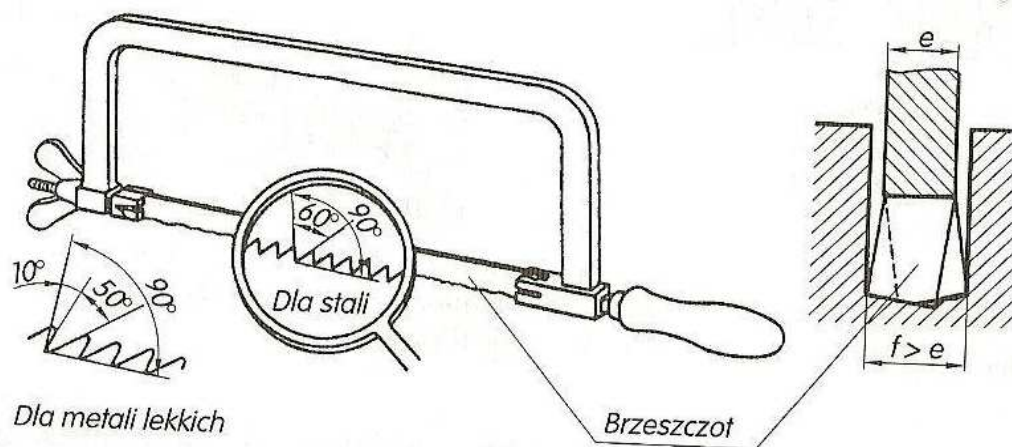
Technika trasowania przestrzennego



Rys. 20. Trasowanie prostokątnej siatki: a) z obracaniem przedmiotu, b) za pomocą kątownika [2, s. 28].

Trasowanie przestrzenne polega na wyznaczeniu linii określających granice, do których należy zebrać materiał, gdy linie te leżą w różnych płaszczyznach. Trasowanie przestrzenne rozpoczyna się od wyznaczenia głównych osi przedmiotu, względem których wyznacza się następnie wszystkie pozostałe osie i linie. Zależnie od kształtu trasowanego przedmiotu ustawia się go bezpośrednio na płycie, na pryzmie traserskiej lub w wielu przypadkach w specjalnym przyrządzie.

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. Przedmioty płaskie przecina się wzdłuż szerszej krawędzi. Przedmiot do przecinania mocuje się w imadle w ten sposób żeby linia cięcia znajdowała się blisko szcęk imadła. Przedmioty długie przecina się początkowo brzeszczotem zamocowanym w oprawce pionowo a następnie brzeszczot obraca się o 90° . Blachę cienką podczas przecinania mocuje się między dwoma drewnianymi nakładkami. Przecinane rury mocuje się w imadle za pomocą drewnianych nakładek.

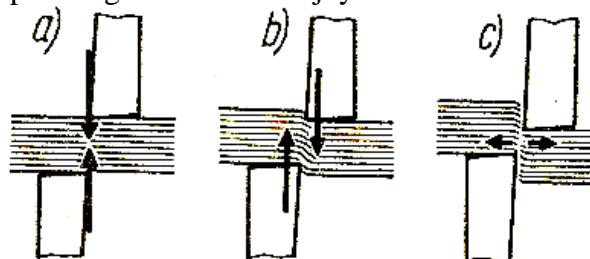


Rys. 21. Przykład obróbki ręcznej – przecinanie piłką [2, s. 34].

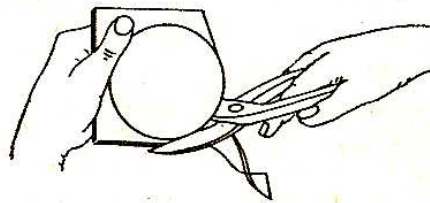
Cięcie metali nożycami

Do cięcia blach a także materiałów kształtowych i prętów używa się nożyc. Blachy stalowe cienkie do 1 mm 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 32 mm, a pręty oraz kształtowniki przecina się nożycami uniwersalnymi.

W czasie cięcia nożycami pracują dwa noże nożyc z których jeden jest przeważnie nieruchomy. Proces cięcia przebiega w trzech kolejnych fazach.



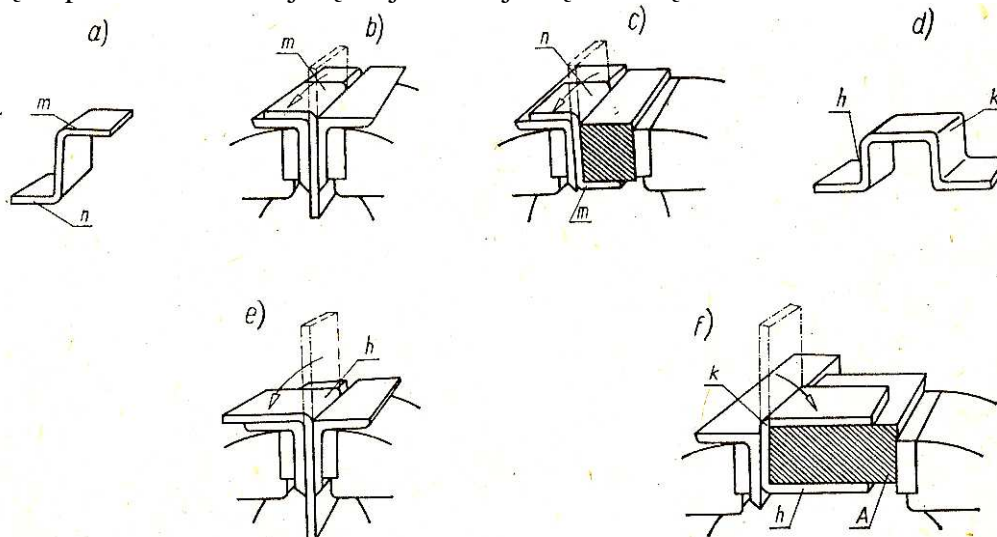
Rys. 22. Kolejne fazy cięcia: a) nacisk, b) przesunięcie materiału, c) rozdzielanie materiału [2, s. 38].



Rys. 23. Cięcie blachy nożycami [2, s. 39].

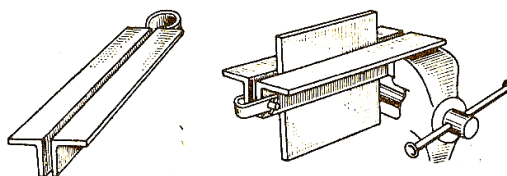
Gięcie i prostowanie blach płaskowników, rur, drutu

Gięcia płaskowników najczęściej dokonuje się w szczękach imadła.



Rys. 24. Gięcie zetownika i skobla prostokątnego w imadle: a) rysunek zetownika, b) zginanie ramienia m, c) zginanie ramienia n, d) rysunek skobla prostokątnego, e) zginanie ramienia h, f) zginanie ramienia k za pomocą klocka A [2, s. 49].

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. 24. Zamocowanie blachy w imadle za pomocą dwóch kątowników [2, s. 50].

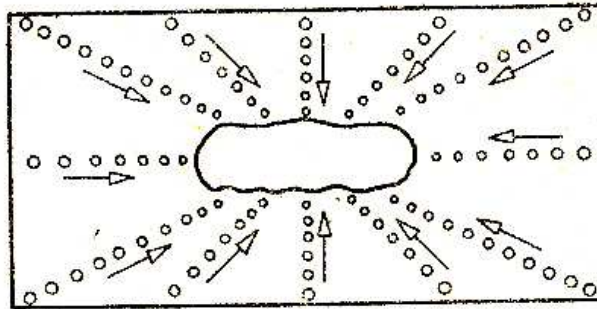
Gięcie drutu cienkiego wykonuje się szczypcami okrągłymi i płaskimi. Gięcie rur dokonuje się w imadle posługując się wzornikiem lub przyrządem rolkowym a także na specjalnych maszynach do gięcia rur. Przed przystąpieniem do gięcia rurę należy wypełnić suchym piaskiem kalafonią lub ołowiem żeby uniknąć odkształceń w miejscu gięcia.

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

Prostowanie może odbywać się na zimno lub na gorąco, ręcznie lub maszynowo.

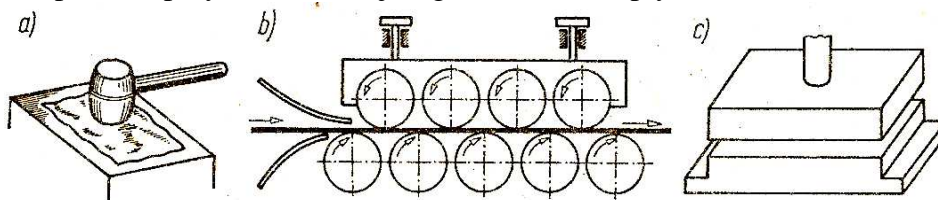
Cienkie blachy z metali nieżelaznych prostuje się przeciągając przez prostą krawędź z drewna lub metalu kilkakrotnie w kierunkach prostopadłych. Cienkie blachy stalowe prostuje się na cienkiej stalowej płycie młotkiem drewnianym, a blachy grubsze młotkiem

stalowym. Chcąc wyprostować blachę układamy ją na płycie wypukłościami do góry i uderzamy młotkiem między te wypukłości. Osiągamy przez to wyciągnięcie blachy i sprowadzenie nierówności do jednej wypukłości w środkowej części nierówności blachy.



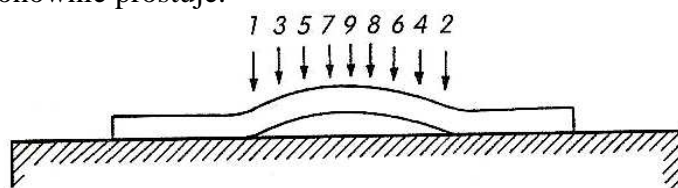
Rys. 25. Schemat uderzeń przy prostowaniu blachy [2, s. 52].

Uderzenia powinny być częste silne przy krawędziach blachy a coraz słabsze w miarę do zbliżania się do wypukłości. Gdy wypukłość się zmniejszy odwracamy blachę na drugą stronę i postępując jak poprzednio lekkimi uderzeniami doprowadzamy powierzchnię blachy do płaskości. Prostowania blach i taśm można dokonywać mechanicznie za pomocą walców lub na prasach za pomocą przyrządu składającego się z dwóch płyt.



Rys. 26. Prostowanie blachy [2, s. 55].

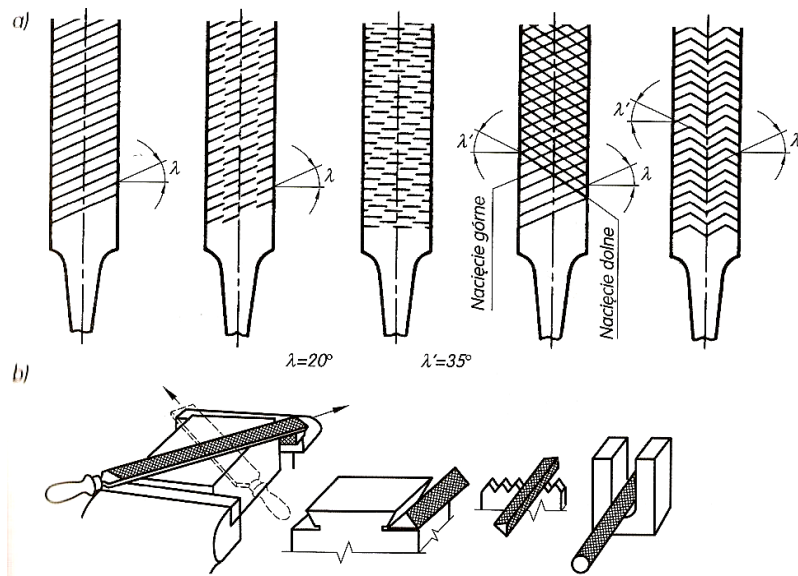
Zgięty płaskownik lub pręt odginamy wstępnie w imadle a następnie kładziemy na kowadło lub płytę wypukłością do góry uderzając młotkiem w wypukłe miejsca. Pod koniec prostowania należy stosować słabsze uderzenia i płaskownik obracać o 180°, żeby zapobiec wygięciu w przeciwną stronę. Podczas prostowania prętów w końcowej fazie należy je obracać dookoła osi. Wyniki prostowania sprawdza się wzrokowo zauważone nierówności zaznacza się kredą i ponownie prostuje.



Rys. 27. Przykład prostowania pręta [12, s. 192].

Piłowanie

Piłowanie jest obróbką którą stosuje się do zdejmowania nadmiaru materiału na niewielkiej grubości za pomocą narzędzi zwanych pilnikami. Pilniki są to narzędzia skrawające o dużej liczbie ostrzy.

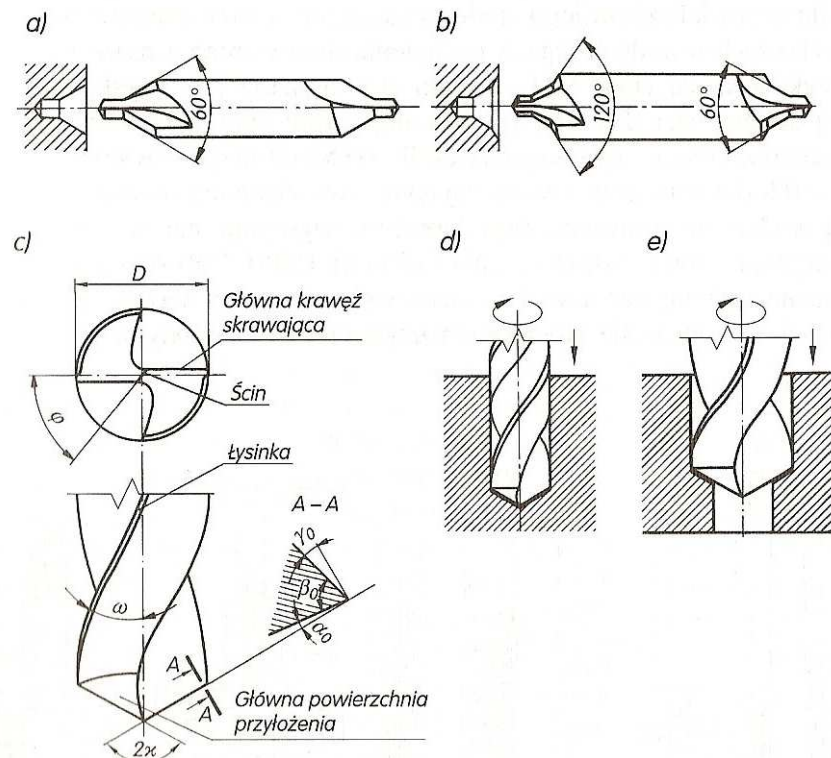


Rys. 28. Piłowanie pilnikami: a) rodzaje nacięć na pilnikach, b) przykłady zastosowania pilników o różnych przekrojach poprzecznych.[12, s. 197].

W zależności od przeznaczenia są wytwarzane o różnych wymiarach różnej liczbie i kierunku nacięć na 10mm długości ostrza oraz o różnych przekrojach poprzecznych. Ze względu na zastosowanie pilniki dzieli się na: zdzieraki, równiaki, półgładziki, półjedwabniki, jedwabniki. Zarysy nacięć mogą być: krzyżowe, zygzakowe, łukowe, i punktowe. Z uwagi na kształt zarysu poprzecznego wyróżnia się pilniki: płaskie, kwadratowe, okrągłe, półokrągłe, trójkątne, zbieżne, nożowe, owalne, soczewkowe i mieczowe. Pilniki produkowane są ze stali: N11E, N13E, N12 oraz NC5. Piłowanie stosuje się do obróbki płaszczyzn zaokrąglania krawędzi, dopasowywania części, wykonywania zarysów krzywoliniowych, kluczy do zamków ostrzenia pił itd. Do obróbki materiałów hartowanych stosuje się pilniki z nasypem diamentowym lub wkładką ścierną z ziarnami diamentowymi.

Wiercenie rozwiercanie i pogłębianie otworów

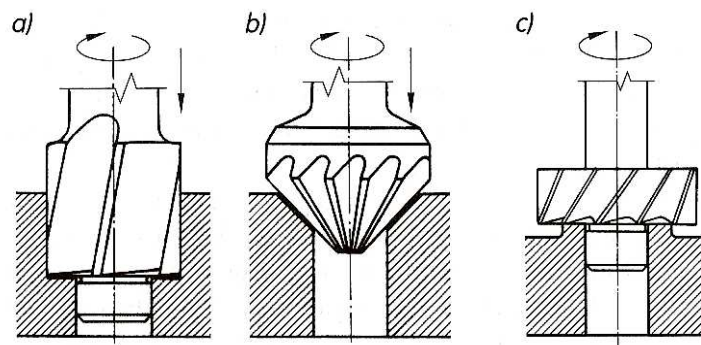
Wiercenie to wykonywanie otworów w pełnym materiale za pomocą wiertła. Wiercenie wtórne polega na powiększaniu średnicy wywierconego otworu nazywane powiercaniem. Wiercenie ręczne stosuje się w przypadkach kiedy nie ma możliwości zamocowania przedmiotu na stole wiertarki. Podczas wiercenia wykonuje się następujące czynności: trasowanie środka otworu, zapunktowanie wyznaczonego środka, ustawienie osi wiertła w punkcie środkowym, wykonanie niewielkiego wgłębienia i sprawdzenie, czy wgłębienie jest symetryczne względem prostopadłych rys wyznaczających środek. Wiertarki ręczne i stołowe stosuje się do wiercenia otworów o średnicy do około 12 mm. Niekiedy zamiast punktowania można zastosować nawiercanie otworu nawiertakiem.



Rys. 29. Narzędzia i przykłady wykonywania otworów: a) nawiertak zwykły, b) nawiertak chroniony, c) część robocza wiertła krętego, d) wiercenie, e) rozwiercanie [12, s. 199].

Pogłębianie wykonuje się za pomocą pogłębiaczy stożkowych lub czołowych w celu:

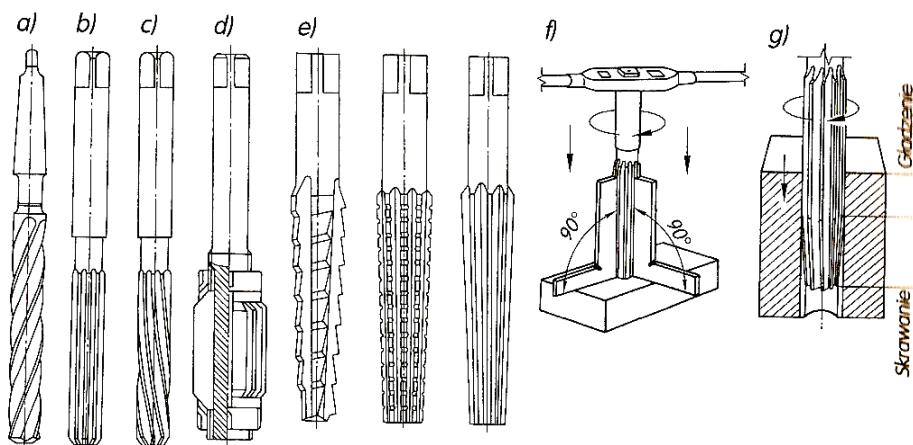
- załamania ostrych krawędzi otworu, wykonania gniazd stożkowych, wgłębień pod nity, wejść do gwintowania, planowania występu, wykonania wgłębień walcowych itp.



Rys. 30. Pogłębiacze: a) walcowy, b) stożkowy, c) czołowy i przykłady pogłębiania [12, s. 199].

Rozwiercanie jest obróbką wstępnie wykonanego otworu polegającą na powiększeniu jego średnicy za pomocą rozwiertaków walcowych lub stożkowych o małych kątach pochylenia. Rozwiercanie może być zgrubne i wykańczające.

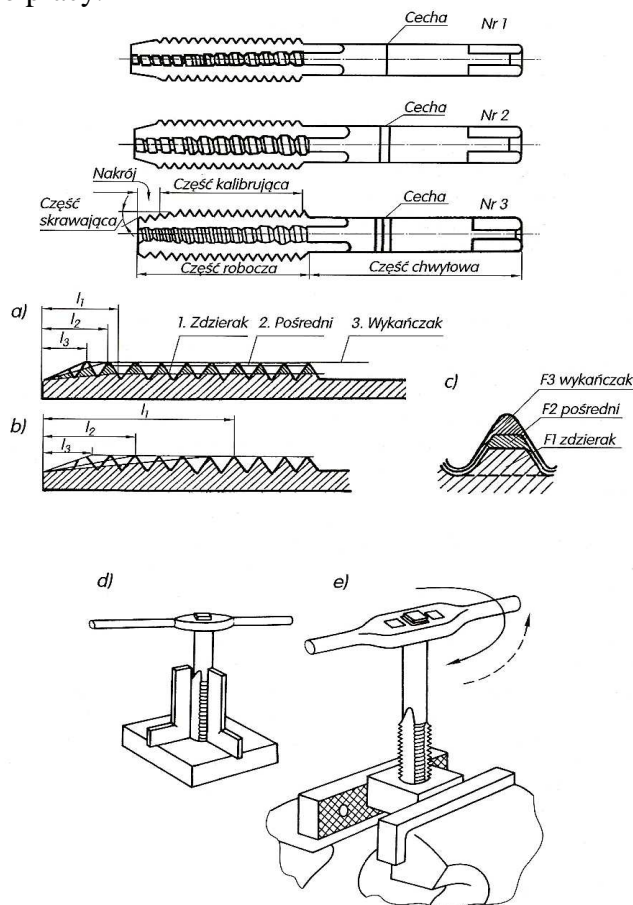
Celem rozwiercania jest uzyskanie dużej dokładności (H6, H7, H8) i małej chropowatości powierzchni. Rozwiercanie ręczne odbywa się z małą prędkością skrawania przy której nie występuje narost i nie występują drgania. Otwory stożkowe rozwiercane ręcznie można wykonywać rozwiertakiem wykańczakiem, otwory większe wykonuje się rozwiertakami: wstępnym, zdzierakiem, wykańczakiem, do ręcznego rozwiercania stosuje się rozwiertaki stałe rozprężne lub nastawne do smarowania w czasie rozwiercania stali stosuje się olej mineralny, stopów aluminium olej rzepakowy, a miedź rozwierca się na sucho.



Rys. 31. Rozwiertaki: a) zdzierak, b) wykańczak o zębach prostych, c) zębach śrubowych, d) nastawny, e) komplet rozwiertaków stożkowych, f) sprawdzenie ustawienia, g) rozwiercanie [12, s. 200].

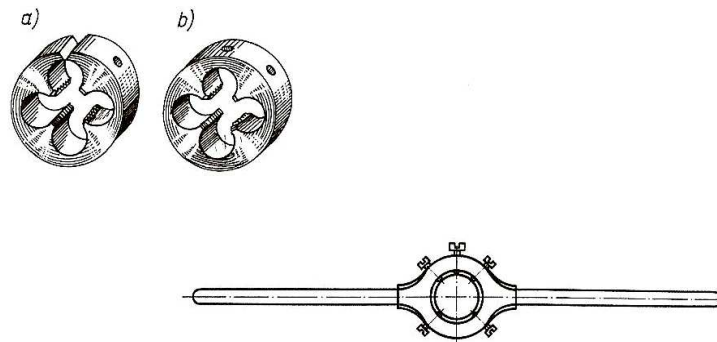
Gwintowanie

Gwintowanie jest obróbką wykonywaną na powierzchni wałków oraz otworów. Polega na kształtowaniu wzdłuż linii śrubowej rowka o odpowiednim zarysie za pomocą gwintowników w otworach lub narzynek na elementach walcowych. Podczas gwintowania ręcznego przemieszczanie się narzędzia względem przedmiotu w czasie jednego obrotu odpowiada wartości skoku gwintu. Gwintowanie otworu odbywa się kompletem trzech gwintowników (zdzieraka, pośredniego i wykańczaka) które kolejno umieszczone w pokrętle kolejno wprowadza się do pracy.



Rys. 32. Przykłady gwintowników: a) przekroje podłużne, b) długości wejściowe, przekrojów skrawanych, d) sprawdzanie i e) gwintowane [12, s. 200].

Gwintowanie śrub odbywa się za pomocą narzynek mocowanych w oprawce. Narzynki i gwintowniki mają na powierzchni rowki które tworzą krawędzie skrawające i kanałki do odprowadzania wiórów. Narzynki mogą być dzielone i nie dzielone. Gwintowanie śrub odbywa się z zachowaniem zasad jak do gwintowania otworów.



Rys. 33. Oprawka do narzynek okrągłych: a) narzynka dzielona, b) narzynka nie dzielona [7, s. 55].

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak wyposażone jest stanowisko ślusarza?
2. Jakie narzędzia stosuje się do trasowania na płaszczyźnie?
3. Jakie narzędzia stosuje się do trasowania przestrzennego?
4. Jakie fazy występują podczas przecinania przedmiotów płaskich nożycami?
5. Jakie nożyce ręczne nazywa się nożycami prawymi?
6. Za pomocą jakich narzędzi dokonuje się gięcia drutu cienkiego?
7. Jaki jest cel operacji prostowania?
8. Jakie znasz rodzaje pilników?
9. Do jakiego rodzaju obróbki należy wiercenie rozwiercanie i pogłębianie?
10. Na czym polega operacja gwintowania?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie rysunku wykonawczego przedmiotu wykonaj czynności poprzedzające operację trasowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

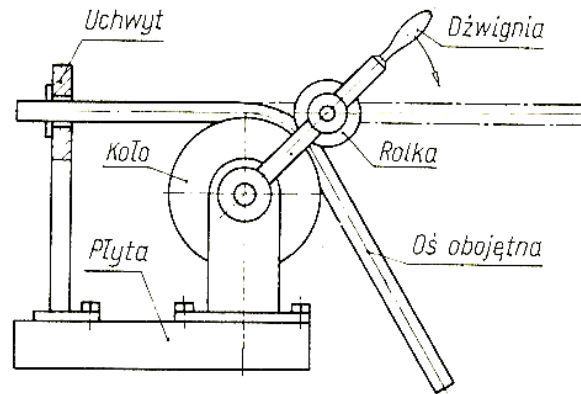
- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić charakterystyczne punkty do trasowania,
- 3) zgromadzić narzędzia i przyrządy,
- 4) dokonać oględzin materiału przeznaczonego do trasowania,
- 5) oczyścić i odtłuścić materiał,
- 6) usunąć pilnikiem ewentualne zgrubienia,
- 7) sprawdzić wymiary gabarytowe,
- 8) przyjąć bazy traserskie,
- 9) wykreślić osie symetrii,
- 10) zastosować zasady bezpiecznej pracy na stanowisku traserskim,
- 11) omówić sposób wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrządy i narzędzia traserskie,
- rysunek wykonawczy przedmiotu,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 2

Wykonaj gięcie rury grubościennej o średnicy nie większej niż 25 mm i promieniu wygięcia 30mm na zimno za pomocą przyrządu krążkowego.



Rysunek do ćwiczenia 2 [11, s. 79].

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) przygotować przyrząd krążkowy do operacji gięcia,
- 3) wykonać operację gięcia rury,
- 4) wykonać z zachowaniem zasad bhp zgodnie z instrukcją obsługi przyrządu,
- 5) omówić sposób wykonania operacji gięcia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrząd krążkowy do gięcia rur,
- instrukcją obsługi przyrządu krążkowego,
- narzędzia do operacji gięcia,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 3

Wykonaj operację wiercenia otworów w dwóch częściach łącznych, a następnie zabieg rozwiercania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać narzędzia i przyrządy mocujące,
- 3) wykonać wiercenie i rozwiercanie,
- 4) wykonać pracę zgodnie z instrukcją stanowiskową i zasadami bhp,
- 5) omówić sposób wykonania operacji wiercenia i rozwiercania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko do wiercenia,
- narzędzia i przyrządy do operacji wiercenia,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 4

Dobierz i nazwij narzędzia do nacinania gwintów na zewnętrznej powierzchni walcowej materiału oraz do gwintowania otworów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić średnicę zewnętrzną trzpienia i wewnętrzną otworu do elementów gwintowanych,
- 3) dobrać narzędzia do wykonywania gwintów,
- 4) omówić sposób doboru narzędzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko ślusarskie do gwintowania,
- tabele z wymiarami gwintów,
- narzędzia i przyrządy do operacji gwintowania,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 5

Wykonaj prostowanie blachy stalowej o gatunku S235JR (St3S) o grubości 3 mm o wymiarach gabarytowych 300x600 mm na gładkiej stalowej płycie młotkiem do uzyskania odstępstw od płaskości nie przekraczających 3 mm.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić wielkość zniekształceń blachy,
- 3) dobrać narzędzia i przyrządy,
- 4) wykonać operację prostowania,
- 5) sprawdzić uzyskaną płaskość blachy,
- 6) wykonać pracę zgodnie z instrukcją stanowiskową i zasadami bhp,
- 7) omówić sposób przeprowadzenia operacji prostowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko ślusarskie do prostowania,
- stalowa płyta do prostowania blach,
- młotki do prostowania,
- kreda do obrysowywania wypukłości,
- narzędzia i przyrządy do operacji gwintowania,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić rodzaje trasowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wymienić sposoby gięcia metali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wymienić narzędzia do gięcia drutu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić narzędzia stosowane do piłowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) scharakteryzować operację wiercenia i podać zastosowanie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wykonać operację wiercenia otworu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) scharakteryzować operację gwintowania i podać narzędzia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wymienić narzędzia do gwintowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) scharakteryzować operację pogłębiania oraz podać narzędzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) podać średnicę otworu przeznaczonego do rozwiercania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) wykonać trasowanie na płaszczyźnie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) wygiąć rurę za pomocą przyrządu krążkowego	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Obróbka mechaniczna

4.5.1. Materiał nauczania

Podstawy obróbki skrawaniem: toczenie, wiercenie, frezowanie i szlifowanie

Celem obróbki skrawaniem jest nadanie przedmiotowi obrabianemu żądanego kształtu i wymiarów, często połączone z nadaniem warstwie wierzchniej tego przedmiotu określonych cech. Obróbka skrawaniem polega na oddzieleniu od przedmiotu obrabianego warstwy materiału o określonej grubości zwanej naddatkiem. Jest to tzw. obróbka wiórowa gdyż usuwany materiał ma postać wióra. Obróbka skrawaniem obejmuje różne sposoby skrawania jak: toczenie, wiercenie, frezowanie, szlifowanie.

Toczenie

Przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy, narzędzie zaś (nóż tokarski) przesuwa się równoległe do osi obrotu przedmiotu lub prostopadle do niej, bądź też wykonuje oba te ruchy łącznie. Toczenie stosuje się głównie w celu otrzymania powierzchni walcowych, stożkowych lub kulistych.

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

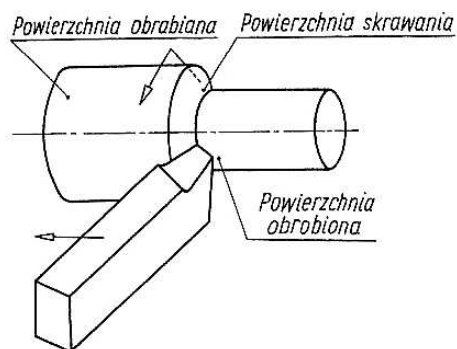
Narzędzie (ściernica) wykonuje szybki ruch obrotowy. Przedmiot obrabiany porusza się bądź ruchem prostoliniowym (szlifowanie płaszczyzn), bądź obrotowym (szlifowanie powierzchni walcowych).

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.

Parametry toczenia

Na przebieg toczenia mają wpływ główne parametry skrawania: prędkość, głębokość skrawania oraz posuw. Zależą od nich trwałość ostrza noża, opór skrawania oraz dokładność wymiarów obrabianej powierzchni.

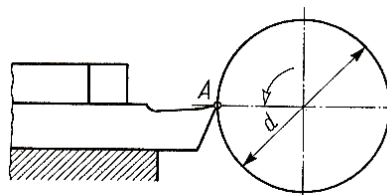


Rys. 34. Powierzchnie obrabianego przedmiotu [7, s. 133].

Prędkość skrawania – stosunek drogi do czasu w którym krawędź skrawająca narzędzia przesuwa się względem powierzchni obrabianego przedmiotu, w kierunku głównego ruchu roboczego.

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ [mm/min]}$$

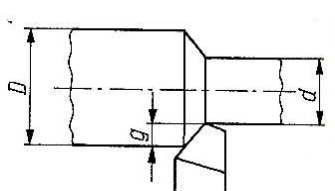
v – prędkość skrawania w mm/min,
 d – średnica przedmiotu obrabianego w mm,
 n – prędkość obrotowa przedmiotu obrabianego w obr/min.



Rys. 35. Droga punktu A podczas jednego obrotu wałka przy toczeniu [7, s. 134].

Głębokość skrawania

Grubość warstwy materiału usuwanej podczas jednego przejścia narzędzia skrawającego.

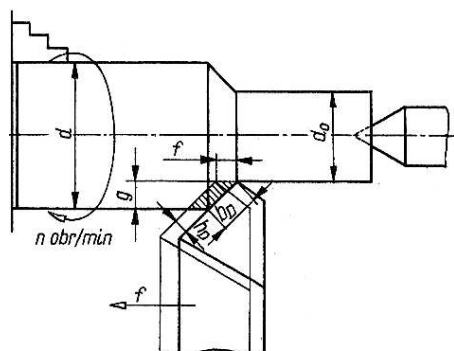


Rys. 36. Głębokość skrawania podczas toczenia [7, s. 134].

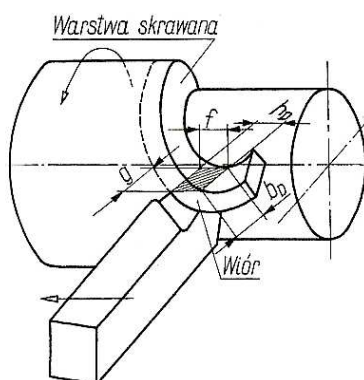
$$g = \frac{D - d}{2} \text{ [mm]}$$

Posuw to przesunięcie noża na jeden obrót przedmiotu wynosi on od paru setnych mm do kilku mm na jeden obrót przy toczeniu gwintów posuw równa się skokowi obrabianego gwintu oznacza się go literką p i wyraża w (mm/obr).

Posuw wzdłużny odbywa się gdy narzędzie wykonuje ruch równoległy do prowadnic łoża tokarki. Posuw poprzeczny gdy narzędzie wykonuje ruch prostopadły do poprzedniego.



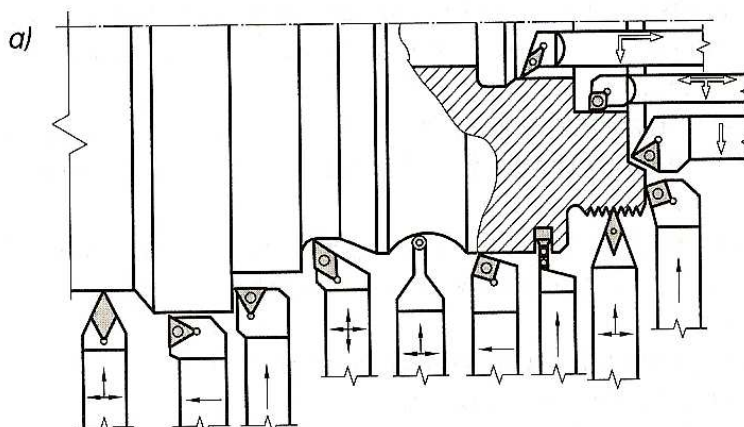
Rys. 37. Posuw noża podczas skrawania. [7, s. 135].



Rys. 38. Kształt i położenie warstwy skrawanej podczas toczenia [7, s. 135].

Noże tokarskie

Podstawowe narzędzia w procesie toczenia w zależności od sposobu mocowania na mocowane bezpośrednio i oprawkowe, z uwagi na położenie krawędzi skrawającej względem części roboczej na noże prawe i lewe, w zależności od rodzaju wykonania: jednolite, zgrzewane, z nadlutowanymi płytkami oraz wymiennymi płytkami. Uwzględniając położenie części roboczej względem trzonka noża na proste, wygięte, odsadzone w prawo lub lewo. Biorąc pod uwagę charakter pracy na noże ogólnego przeznaczenia, kształtowe i obwiedniowe.



Rys. 39. Noże tokarskie – odmiany i możliwości obróbcze [12, s. 134].

Tokarki

Tokarki charakteryzują się różnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi przystosowanymi do wymagań określonego typu produkcji. Powszechnie są stosowane tokarki kłowe, o licznych odmianach konstrukcyjnych:

- tokarki kłowe uniwersalne ze skrzynką gwintową i śrubą pociągową, służą do wykonywania różnych operacji w produkcji jednostkowej i małoseryjnej,
 - tokarki kłowe produkcyjne,
 - tokarki stołowe, do obróbki małych przedmiotów,
 - precyzyjne, do obróbki części o wysokiej dokładności i jakości powierzchni,
 - wielonożowe, do obróbki wieloma narzędziami jednocześnie,
 - kopiarki, do obróbki powierzchni kształtowych za pomocą wzorników.
- Oprócz tokarek kłowych wyróżnia się następujące odmiany tokarek:
- tarczowe i karuzelowe,
 - rewolwerowe, z głowicami wielonarzędziowymi,
 - automaty i półautomaty tokarskie,
 - tokarki ze sterowaniem numerycznym CNC, do obróbki wg programu dokładnych przedmiotów o złożonych kształtach.

W celu ułatwienia pracy, na tokarce przy pokrętkach ręcznego przemieszczania suportów, są umieszczone podziałki o wartości działki elementarnej: 1 lub 0,1 mm (suport wzdłużny), 0,05 mm (suport poprzeczny), 0,05 mm (suport narzędziowy).

Przedmioty osiowo symetryczne są mocowane w trójszczękowych uchwytach samocentrujących typu Cushmana. Do mocowania przedmiotów nieokrągłych stosuje się uchwyty czteroszczękowe z niezależnym nastawianiem każdej szczęki lub tarcze tokarskie i dociski płytkowe za śrubami.

Prace wykonywane na tokarce:

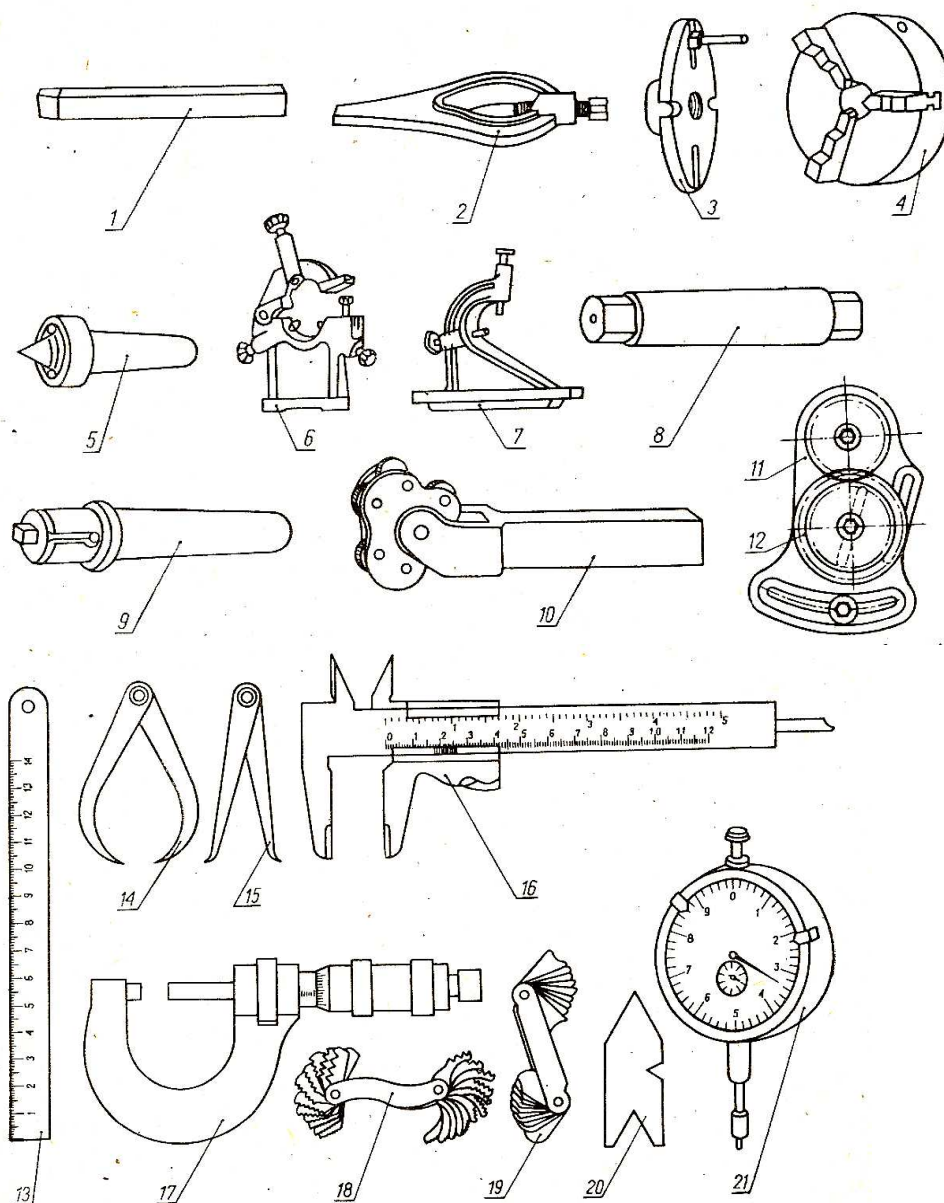
- toczenie zewnętrznych powierzchni walcowych: wzdłużne i poprzeczne,
- toczenie stożków,
- toczenie gwintów.

Toczenie zewnętrznych powierzchni walcowych

Przed przystąpieniem do toczenia należy poprawnie zamocować obrabiany przedmiot. Jeżeli przedmiot ma być obrabiany w kłach, to najpierw wyznacza się jego oś obrotu, a następnie wykonuje nakiełki na nakiełczarce. Podczas mocowania przedmiotu w uchwycie tokarskim lub na tarczy tokarskiej należy zwrócić uwagę na ustawienie przedmiotu w położeniu współ osiowym z osią wrzeciona. Po zamocowaniu przedmiotu dobiera się warunki skrawania: prędkość skrawania, posuw, głębokość skrawania. Warunki te podaje się w kartach instrukcyjnych obróbki.

Toczenie wzdłużne wykonuje się zwykle w dwóch przejściach noża: pierwsze jest toczeniem zgrubnym, drugie dokładnym.

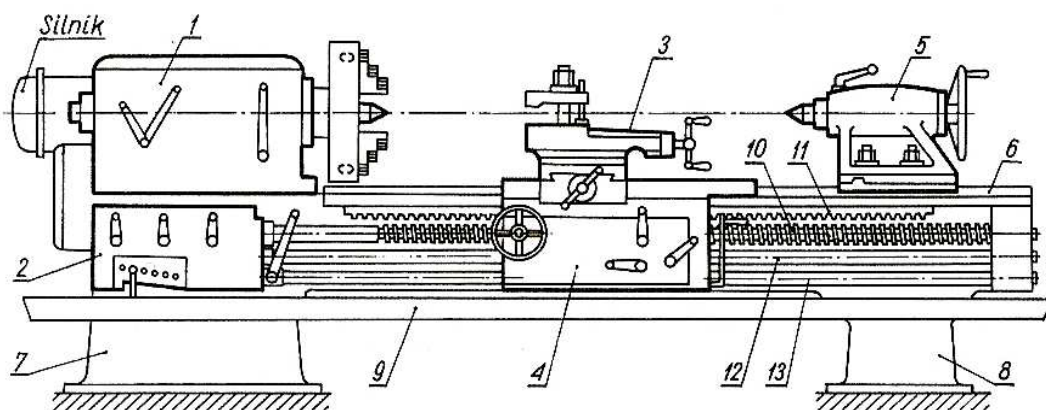
Toczenie poprzeczne stosuje się do powierzchni czołowych.



Rys. 40. Wyposażenie stanowiska tokarskiego: 1) nóż, 2) zabierak, 3) tarcza zabierakowa, 4) uchwyt samocentrujący, 5) kiel obrotowy, 6) podrzymka stała, 7) podrzymka ruchoma, 8) trzpień stały, 9) trzpień nastawny, 10) przyrząd do nakiełkowania, 11) gitara, 12) koło zmianowe, 13) przymiar kreskowy, 14) macki zewnętrzne, 15) macki wewnętrzne, 16) suwmiarka, 17) mikrometr, 18) zorniki do gwintów, 19) promieniomierz, 20) przymiar do noży do gwintowania, 21) czujnik zegarowy [2, s. 242].

Toczenie powierzchni stożkowych wykonuje się czterema sposobami:

- z przesuniętym konikiem,
- ze skrzyżowanymi saniami narzędziowymi,
- z zastosowaniem linału,
- z zastosowaniem noży kształtowych.



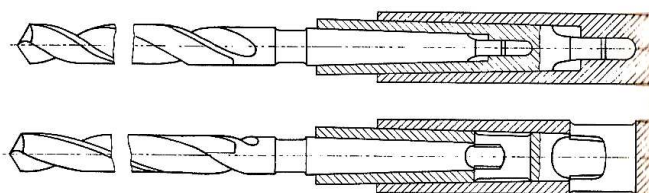
Rys. 41. Widok ogólny tokarki kołowej: 1) wrzeciennik, 2) skrzynka posuwu przenosząca napęd z wrzeciennika, 3) imak narzędziowy, 4) skrzynka suportowa, 5) konik, 6) łożo, 7, 8) podstawy, 9) blaszana wanna, 10) śruba pociągowa, 11) zębata, 12) wałek pociągowy, 13) dźwignia i wałek [12, s. 222].

Wiercenie jest rodzajem obróbki skrawaniem polegającym na wykonywaniu otworów o przekroju kołowym za pomocą wiertel oraz innych narzędzi specjalnych. Wiercenie może być wykonywane w pełnym materiale lub może być tzw. wierceniem wtórnym, zwanym również rozwiercaniem, polegającym na powiększaniu średnicy otworu już istniejącego. Celem wiercenia może być wykonanie gotowego otworu, przygotowanie otworu do dokładnego rozwiercania lub przygotowanie otworu do wykonania gwintu. Wiercone otwory mogą być przelotowe lub nieprzelotowe. Wiercenie, pogłębianie i rozwiercanie może być wykonywane na: wiertarkach, tokarkach (frezarkach i centrach sterowanych numerycznie).

W zależności od rodzaju obrabiarki ruch główny (obrotowy) oraz ruch posuwowy może być realizowany w następujących układach:

- przedmiot jest nieruchomy, wiertło obraca się wokół swojej osi i wykonuje ruch posuwowy (np. wiertarki, frezarki i centra obróbkowe CNC),
- wiertło stoi i wykonuje ruch posuwowy, przedmiot obraca się (np. tokarki),
- wiertło i przedmiot wykonują ruchy obrotowe wokół wspólnej osi (ruch posuwowy może wykonywać narzędzie lub przedmiot obrabiany).

Wiercenie może odbywać się za pomocą wiertel krętych i piórkowych w przypadku krótkich otworów oraz wiertel specjalnych do długich otworów. Wiertła kręte są najbardziej rozpowszechnione.



Rys. 42. Zamocowanie wiertła za pomocą tulejki redukcyjnej [7, s. 170].

Frezowanie

Frezowanie jest obróbką skrawaniem narzędziami wieloostrzowymi obrotowymi zwanymi frezami. Ze względu na kształt powierzchni obrabianych wyróżnia się następujące rodzaje frezowania:

- frezowanie płaszczyn,
- frezowanie obwodniowe powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych,
- frezowanie gwintów i rowków śrubowych,
- frezowanie obwodniowe kół zębatych,

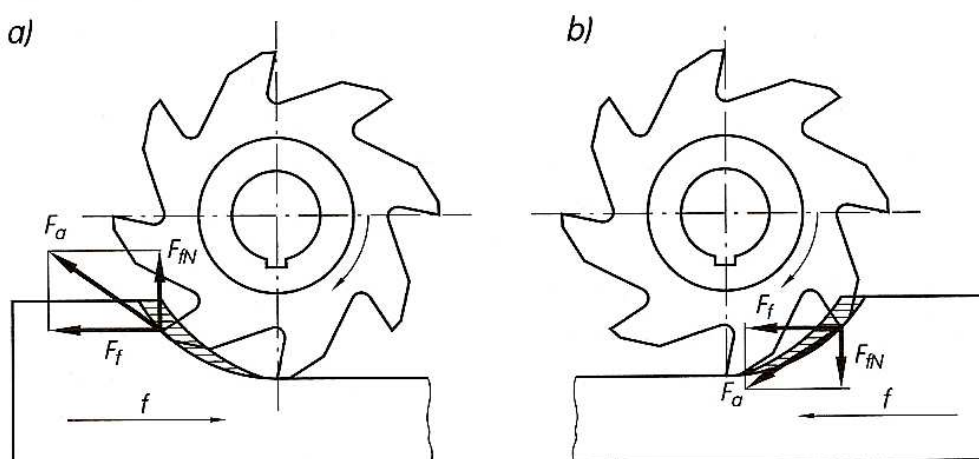
- frezowanie występów i rowków profilowych,
- frezowanie kształtowe według kopiału,
- frezowanie numeryczne powierzchni o złożonych przestrzennie kształtach.

Ze względu na kształt części skrawającej freza biorącej udział w procesie frezowania wyróżnia się frezowanie:

- walcowe: frez skrawa ostrzami leżącymi na powierzchni walcowej,
- czołowe: frez skrawa ostrzami wykonanymi na czole walca,
- walcowo-czołowe: frez pracuje równocześnie ostrzami na powierzchni walcowej i czołowej,
- kształtowe: frez odwzorowuje zarys kształtu ostrzy na powierzchni części.

Zależnie od kierunku ruchu posuwowego przedmiotu względem kierunku wektora prędkości freza, stycznej do powierzchni obrobionej, frezowanie obwodowe (frez skrawa ostrzami rozmieszczonymi na obwodzie) może być:

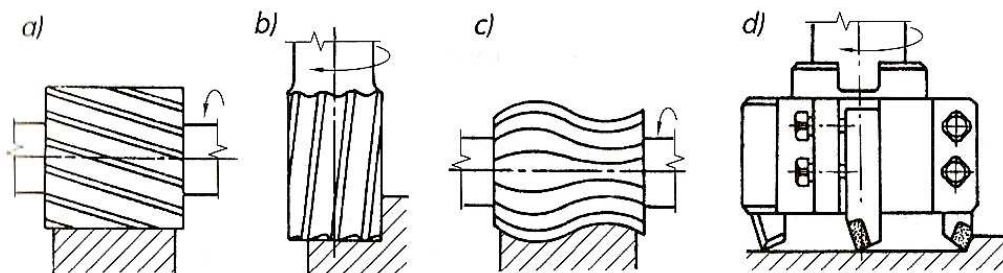
- przeciwbieżne, wówczas kierunki prędkości stycznej freza i przedmiotu są przeciwne,
- współbieżne, wówczas kierunki prędkości stycznej freza i posuwu przedmiotu są takie same.



Rys. 43. Rodzaje frezowania: a) przeciwbieżne, b) współbieżne, f – posuw, F_a – siła styczna skrawania danego zęba, F_{jN} , F_f – składowe siły stycznej [7, s. 172].

Frezowanie przeciwbieżne charakteryzuje się tym, że po wejściu kolejnego ostrza do pracy grubość warstwy skrawanej jest najmniejsza i rośnie stopniowo do wartości maksymalnej przy wyjściu z materiału. Na początku pracy ostrza, w materiale występują tylko odkształcenia sprężyste, ostrze trze o powierzchnię obrobioną i powoduje dodatkowe zużycie krawędzi skrawającej, co wpływa na zmniejszenie jego trwałości. Pewna zaleta tego typu frezowania występuje podczas obróbki przedmiotów o powierzchniach surowych w pewnym stopniu utwardzonych. Frezy są to narzędzia wieloostrowe, obrotowe, które służą do obróbki płaszczyzn, rowków i powierzchni kształtowych na obrabiarkach zwanych frezarkami. Pod względem zastosowania dzieli się je na frezy ogólnego przeznaczenia i specjalne, którymi wykonuje się: narzędzia (wierćta, rozwiertaki, gwintowniki, frezy, matryce, płaskie klucze itp.), rowki i wpusty, gwinty, koła zębate, wielowypusty zewnętrzne.

Ze względu na rodzaj powierzchni, na której znajdują się ostrza, wyróżnia się frezy walcowe, czołowe i walcowo-czołowe.



Rys. 44. Rodzaje frezów: a) walcowy, b) walcowo-czołowy, c) kształtowy, d) głowica frezarska [12, s. 227].

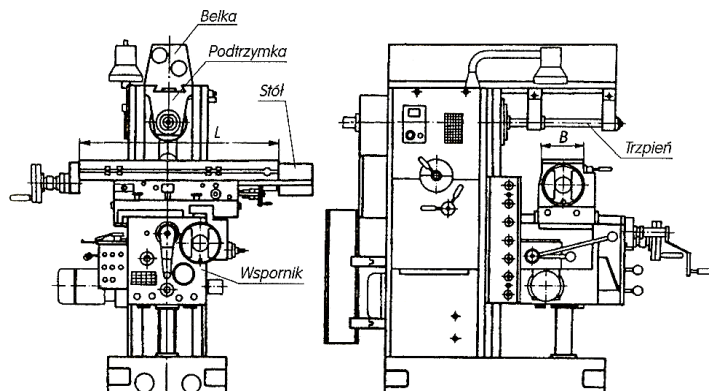
Frezы walcowe mogą być wykonane z zębami prostymi lub śrubowymi. W zależności od wykończenia ostrzy wyróżnia się frezy ścinowe i zataczane. Ze względu na sposób mocowania rozróżnia się frezy nasadzane i trzpieniowe z chwytem stożkowym lub walcowym. Pod względem wykonania spotyka się frezy: pojedyncze zespołowe składane oraz głowice frezowe. Ze względu na kształt: walcowe, trzpieniowe, tarczowe, piłkowe, kątowe i kształtowe.

Mocowanie frezów: we wrzecionach frezarek, na trzpieniach za pomocą pierścieni i nakrętek mocuje się frezy piłkowe, za pomocą tulejki redukcyjnej.

Frezarki

Frezarki dzieli się na ogólno przeznaczenia specjalizowane i specjalne. Ze względu na konstrukcję układu nośnego na:

- wspornikowe: poziome i pionowe,
- bezwspornikowe: pionowe, wzdłużne i karuzelowe, narzędziowe, kopiarki i frezarki do gwintów.



Rys. 45. Ogólny wygląd frezarki wspornikowej poziomej, uniwersalnej [12, s. 233].

Frezarki wspornikowe służą do obróbki niedużych przedmiotów, z możliwością przemieszczania przedmiotu z posuwem mechanicznym lub ręcznym w każdej z trzech osi układu współrzędnych. Wyróżnia się wśród nich odmiany: lekkie, uproszczone, produkcyjne i uniwersalne. Frezarki poziome uniwersalne są wyposażone w obrotnicę, na której znajduje się stół krzyżowy. Obrotnica wraz z podziałnicą umożliwiają frezowanie powierzchni śrubowych. Mogą być również wyposażone w specjalne głowice skątne, co rozszerza ich możliwości obróbkowe.

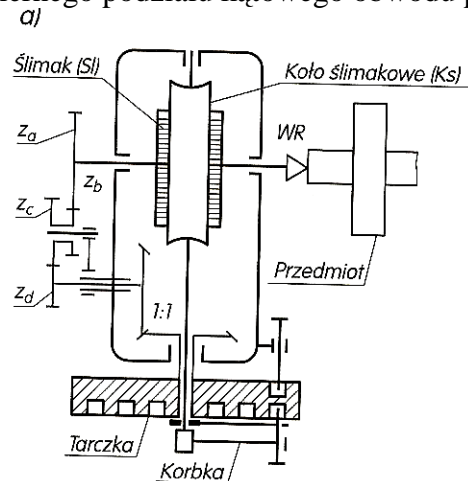
Frezarki bezwspornikowe mogą być wyposażone w głowice wrzecionowe skątne w dwóch płaszczyznach. Służą do obróbki przedmiotów długich i ciężkich lub drobnych, mocowanych jednocześnie, nawet po kilkanaście sztuk. Frezarki karuzelowe są wyposażone w stół o ruchu obrotowym. Służą na ogół do produkcji seryjnej i masowej. Frezarki narzędziowe są przeznaczone do obróbki przedmiotów o dużej dokładności. Frezarki wzdłużne służą do obróbki przedmiotów o dużych wymiarach zewnętrznych tylko przy

posuwie wzdłużnym stołu. Kopiarki służą do odtwarzania złożonych kształtów (np. matryc, łopatek turbin, tłoczników) wg wzornika. Frezarki do gwintów są przystosowane do wykonywania: wałków wielowypustowych, uzębień kół walcowych, śrub pociągowych, rowków śrubowych specjalnych a nawet krótkich gwintów wewnętrznych.

Mocowanie przedmiotów na stole frezarek odbywa się za pomocą: imadeł, uchwytów samocentrujących stołu obrotowego lub podzielnicy, specjalnych uchwytów frezarskich, docisków i śrub z łbami założonymi w rowki teowe stołu. Środkowy rowek teowy stołu frezarki jest wykonany znacznie dokładniej niż pozostałe rowki i służy do dokładnego ustalania przyrządów, mocujących przedmioty.

Obróbka powierzchni wielokrotnych na obwodzie przedmiotu obrabianego (wielokątów, kół zębatych), wielokrotnych powierzchni śrubowych (rowki wielozwojowe, zęby śrubowe), krzywek o zarysie spirali Archimedesusa wymaga użycia podzielnicy.

Podzielnica jest to przekładnia ślimakowa o przełożeniu 1:40 wyposażona w urządzenia dodatkowe, tj. uchwyt samocentrujący, wymienną tarczę podziałową o określonych liczbach otworków równo rozmieszczonych na poszczególnych obwodach wskazówki i korbę, podzielnica służy do równomiernego podziału kąтового obwodu przedmiotu.



Rys. 46. Zastosowanie podzielnicy – schemat kinematyczny [12, s. 234].

Szlifowanie jest najbardziej rozpowszechnionym rodzajem obróbki wykańczającej skrawaniem, zaliczanej do grupy obróbek ściernych. Narzędzia stosowane w procesie szlifowania zwane są ściernicami, wykonują one główny ruch obrotowy.

Ściernice są narzędziami obrotowymi o różnych kształtach w przekrojach osiowych, dostosowanych do różnorodnych zadań obróbkowych. Części robocze ściernic są wykonywane z mieszaniny twardych ziaren ściernych i spoiwa wiążącego je w określone porowate struktury. Ostre krawędzie ziarenek są zbiorem ostrzy skrawających, pory odgrywają rolę rowków wiórowych, a spoiwo nadaje strukturze ściernicy określoną wytrzymałość mechaniczną. Ziarna ściernic są osadzone w spoiwie w sposób przypadkowy. Wartości kątów natarcia ostrzy są również przypadkowe, z przewagą kątów ujemnych. Szlifowanie jest procesem wysoko energochłonnym. Przy małych wymiarach ostrzy, przekroje warstw skrawanych przypadających na poszczególne ostrza są również bardzo małe. Głównym zadaniem szlifowania jest obróbka twardych materiałów w celu uzyskania dużej dokładności wymiarów i kształtu.

Ze względu na zadania obróbkowe występujące w procesach wytwarzania części maszyn oraz układy kinematyczne szlifowanie można podzielić na:

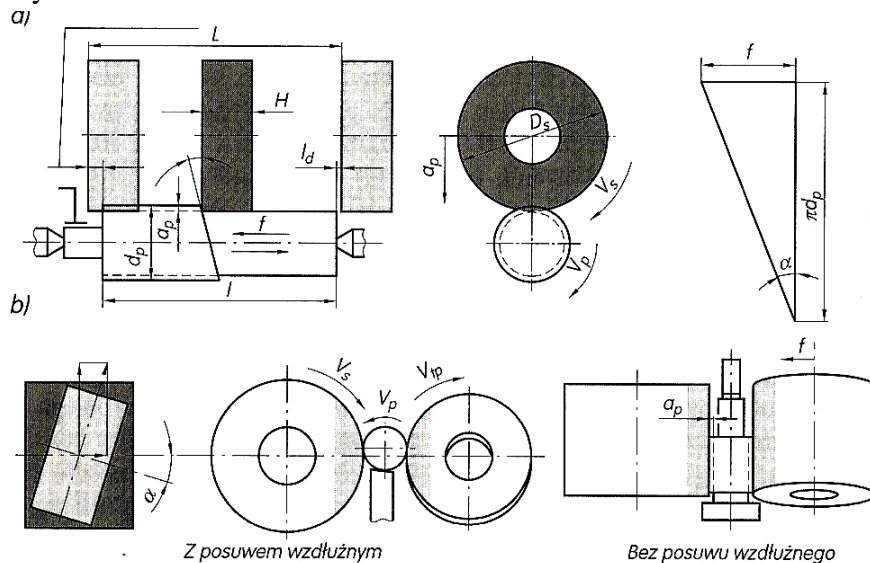
- szlifowanie płaszczyzn,
- szlifowanie gwintów zewnętrznych i wewnętrznych ściernicami pojedynczymi lub wielokrotnymi,

- szlifowanie zębów kół zębatych,
- szlifowanie powierzchni profilowych,
- szlifowanie powierzchni kształtowych wypukłych i wklęsłych o podwójnych krzywiznach wg kopiału lub programu numerycznego.

Podczas szlifowania powierzchni osiowo-symetrycznych tarcza ścierna oraz przedmiot obrabiany otrzymują ruchy obrotowe przeciwnie skierowane.

Ze względu na sposób mocowania przedmiotu wyróżnia się szlifowanie:

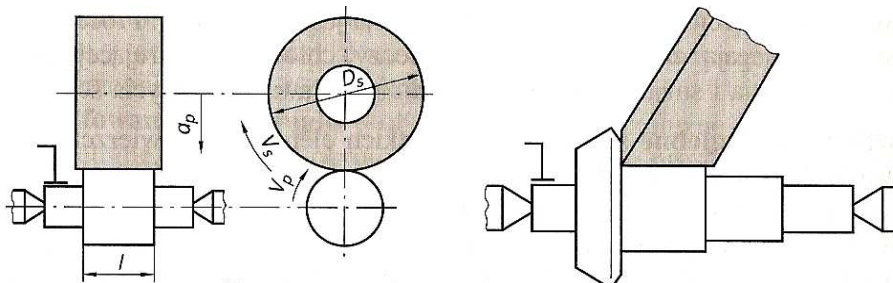
- kłowe, przedmiot jest mocowany w kłach z zabierakiem, przy szlifowaniu kłowym wykańczającym obracający się przedmiot wykonuje ruch posuwowo-zwrotny,
- bezkłowe, przedmiot jest podparty podtrzymałą i przesuwany za pomocą składowej osiowej siły skrawania.



Rys. 47. Podstawowe odmiany szlifowania: a) szlifowanie kłowe wałków, b) szlifowanie bezkłowe wałków [12, s. 250].

Procesy szlifowania przebiegają z doprowadzeniem cieczy chłodząco-smarującej, która oprócz chłodzenia i smarowania usuwa produkty skrawania i zużycia ściernicy.

Szlifowanie wgłębne stosuje się do krótkich elementów powierzchni obrotowych. Tarcza ścierna lub zestaw tarcz o zarysie wymaganej powierzchni porusza się z posuwem prostopadłym do powierzchni obrabianej.

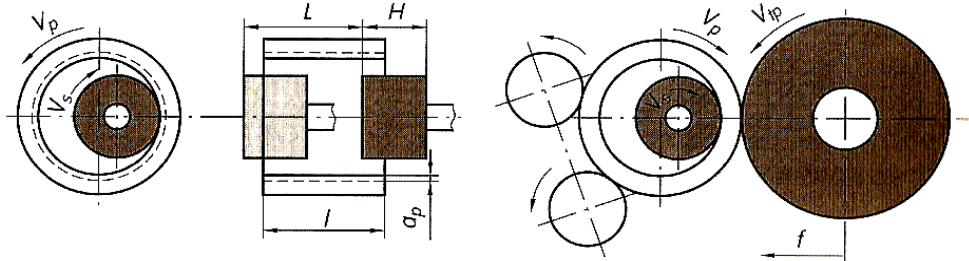


Rys. 48. Podstawowe odmiany szlifowania – szlifowanie wgłębne [12, s. 250].

Posuw poprzeczny przy szlifowaniu wgłębnym jest rzędu 0,002–0,05 mm na jeden obrót przedmiotu. Szlifowanie bezkłowe odbywa się na ogół z posuwem wzdłużnym. Część szlifowana podparta ukośną podpórką jest umieszczona między dwoma tarczami ściernymi, które obracają się w tym samym kierunku. Tarcza szlifująca obraca się szybko z prędkością

np. 35 m/s, a druga – prowadząca znacznie wolniej: 0,15–1,5 m/s. Oś tarczy prowadzącej jest pochylona pod kątem 1–4,5° do osi tarczy szlifującej celem nadania części szlifowanej posuwu wzdłużnego.

Szlifowanie otworów cylindrycznych lub stożkowych z posuwem wzdłużnym przebiega podobnie jak szlifowanie długich wałków.



Rys. 49. Podstawowe odmiany szlifowania: – szlifowanie otworów (zwykle) [12, s. 251].

Ostrzenie narzędzi

Ostrzenie narzędzi jest to zabieg mający na celu przywrócenie ostrzu narzędzia prawidłowej geometrii za pomocą częściowego usunięcia jego materiału z powierzchni natarcia i przyłożenia. Usuwanie materiału ostrza odbywa się najczęściej przez szlifowanie.

Szlifowanie noży ze stali szybko tnącej odbywa się ściernicami elektrokorundowymi. W czasie szlifowania należy ustalić położenie narzędzia względem ściernicy, tak, aby uzyskać żadaną geometrię ostrza. Uzyskuje się to stosując ostrzarki do noży. Ostrzenie noży z płytek z węglików spiekanych może być wykonywane elektrolitycznie lub elektroiskrowo. Noże ze stali szybko tnącej po ostrzeniu poddaje się obróbce cieplnej. Wiertła kręte mogą być ostrzone ręcznie lub maszynowo.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są podstawowe parametry toczenia?
2. Jakie są rodzaje noży tokarskich?
3. Jakie znasz przyrządy mocujące materiał na tokarce?
4. W jaki sposób wykonuje się otwór w pełnym materiale?
5. Na czym polega operacja rozwiercania?
6. Jakie znasz podstawowe rodzaje frezów?
7. Jakie znasz rodzaje frezowania?
8. Do czego służy podzielnica?
9. Do jakiego rodzaju obróbki zaliczamy szlifowanie?
10. Za pomocą jakich narzędzi przeprowadza się szlifowanie, podaj przykłady?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz wyposażenie uniwersalnej tokarki kłowej do toczenia zewnętrznych powierzchni walcowych dla pręta ze stali St5 na podstawie danego rysunku zabiegowego w zakresie mocowania przedmiotu, narzędzia roboczego, przyrządów pomiarowych i wzorców.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dokonać analizy wyposażenia stanowiska tokarskiego,
- 3) dobrać narzędzia robocze, przyrządy pomiarowe i wzorce,
- 4) przedstawić sposób wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko tokarki uniwersalnej kłowej,
- dokumentacja technologiczna,
- wyposażenie stanowiska tokarskiego.

Ćwiczenie 2

Przygotuj tokarkę kłową do toczenia zewnętrznych powierzchni walcowych elementów ze stali St3S (materiał wyjściowy pręt walcowany).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) dokonać analizy wyposażenia stanowiska tokarskiego,
- 3) dobrać narzędzia robocze, przyrządy pomiarowe i wzorce,
- 4) zamocować narzędzia robocze, przyrządy pomiarowe i wzorce,
- 5) omówić sposób zamocowania uchwytów i narzędzi,
- 6) zachować zasady bhp podczas mocowania materiału i narzędzi,
- 7) omówić przebieg prac przygotowawczych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko tokarki kłowej,
- instrukcja obsługi obrabiarki,
- oprzyrządowanie stanowiska tokarskiego,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 3

Przygotuj frezarkę pionową do frezowania rowka wpustowego na wale ze stali St7 w zakresie mocowania przedmiotu, narzędzia roboczego, przyrządów pomiarowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) dobrać narzędzia robocze, przyrządy pomiarowe,
- 3) zamocować narzędzia robocze,
- 4) omówić sposób zamocowania uchwytów i narzędzi,
- 5) zachować zasady bhp podczas mocowania materiału i narzędzi,
- 6) omówić przebieg prac przygotowawczych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko frezarki pionowej,
- wyposażenie stanowiska frezarskiego z podzielnicą,
- frezy do rowków,
- narzędzia kontrolno-pomiarowe,
- odzież robocza i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 4

Dobierz szlifiereki do szlifowania powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej tulei, opisz rodzaj szlifowania, nazwij narzędzia robocze i przyrządy mocujące.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się instrukcją obsługi szlifierek do otworów i wałków,
- 2) dokonać analizy wyposażenia stanowiska szlifierskiego,
- 3) dobrać narzędzia robocze, przyrządy mocujące przedmiot obrabiany,
- 4) omówić sposób wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko szlifierek do otworów i wałków,
- instrukcja obsługi szlifierek,
- wyposażenie stanowiska szlifierskiego.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić 3 podstawowe parametry skrawania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić zastosowanie przyrządu samocentrującego 3-szczękowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) ustawić parametry toczenia wzdłużnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić podstawowe operacje wiertarskie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać operację wiercenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) opisać frezowanie współbieżne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) dokonać podziału frezarek w zależności od możliwości obróbkowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) opisać narzędzia do szlifowania płaszczyzn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wyjaśnić na czym polega operacja szlifowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) zamocować przedmiot obrabiany na tokarce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) przygotować frezarkę pionową do wykonania rowka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) zregenerować pilnik żdzierak?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Podstawowe techniki łączenia metali i materiałów niemetalowych

4.6.1. Materiał nauczania

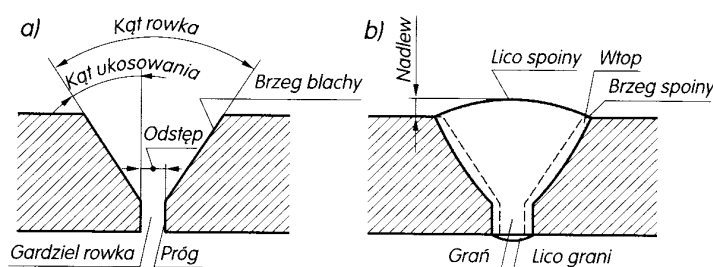
Do trwałych sposobów łączenia metali i materiałów niemetalowych zaliczamy:

- spawanie gazowe i elektryczne,
- zgrzewanie,
- lutowanie,
- klejenie,
- nitowanie.

Proces trwałego łączenia materiałów, który następuje w wyniku doprowadzanego ciepła do miejsca złącza, nazywa się spajaniem, a podstawowymi rodzajami są spawanie, zgrzewanie i lutowanie.

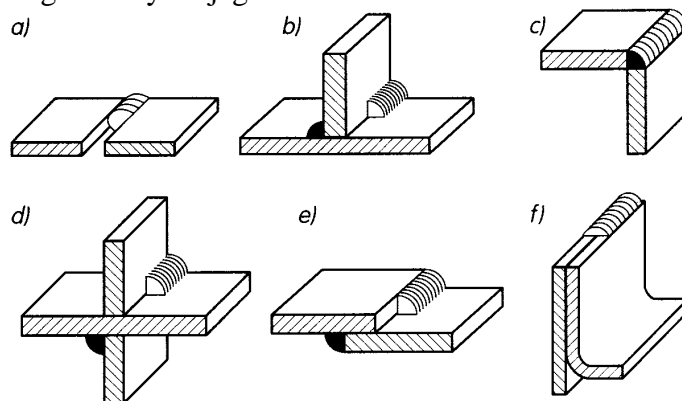
Spawanie gazowe

Spawanie jest to proces łączenia materiałów przez ich nagrzanie i stopienie w miejscu łączenia z dodatkiem lub bez dodania spoiwa. Stopione spoiwo w stopione brzegi łączonych części, tworzą po ostygnięciu spoinę.



Rys. 50. Elementy rowka spoiny: a) przygotowanie krawędzi do spawania, b) elementy spoiny [12, s. 329].

Złącem spawanym nazywamy połączenie dwu części: materiału spawanego i spoiwa. Rodzaj złącza spawanego zależy od jego kształtu.



Rys. 51. Rodzaje złącz spawanych: a) doczołowe ze spoiną czołową, b) teowe, c) narożne, d) krzyżowe, e) zakładkowe, f) przyłgowe ze spoiną grzbietową [12, s. 331].

Brzegi materiału muszą być zukosowane mechanicznie za pomocą nożyc, frezarek, strugarek, szlifowane lub cięte tlenem. Sposoby przygotowania brzegów materiału do spawania zależą od materiału, rodzaju spawania i od grubości łączonych elementów.

Podstawowe rodzaje spawania to spawanie gazowe i elektryczne.

Spawanie gazowe polega na miejscowym nagrzewaniu części łączonych i spoiwa do stanu stopienia za pomocą płomienia gazowego. Do spawania używa się przeważnie acetylenu z tlenem.

Do podstawowych materiałów stosowanych przy spawaniu gazowym należą:

- gazy techniczne: acetylen i tlen, rzadziej wodór i tlen techniczny, gaz miejski, gaz ziemny, propano-butan techniczny,
- karbid,
- spoiwa,
- topniki.

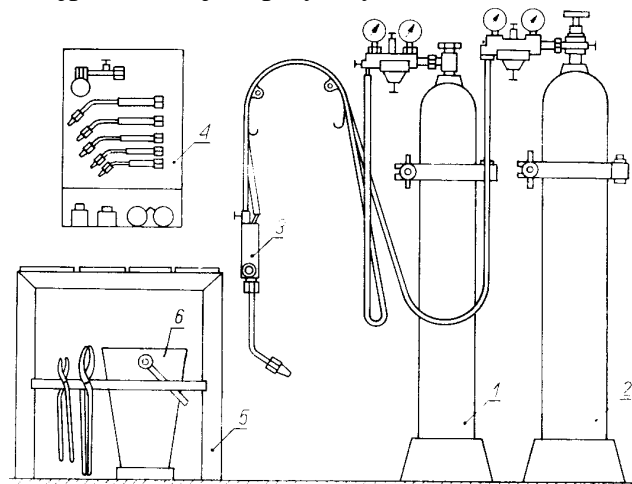
Spoiwa dobiera się w zależności od rodzaju spawanego materiału. Stosowane są różne gatunki spoiw: cynowo-ołowiowe, miedziane, mosiężne, brązowe, aluminiowe i inne. Spoiwa produkowane są w postaci drutów i prętów.

Topniki dobiera się oddzielnie do każdego metalu lub stopu. Stosowane są w postaci sypkiej lub rozrabiane są z wodą na gęstość lakieru. Pokrywa się nimi miejsca łączone i spoiwo. Topniki mają za zadanie rozpuszczenie trudno topliwych tlenków, które powstają w czasie spawania, i ułatwienie przechodzenia ich do żużla.

W praktyce stosuje się różne metody spawania gazowego, które różnią się sposobem przesuwania palnika i spoiwa. Najczęściej stosuje się:

- spawanie w lewo,
- spawanie w prawo,
- spawanie w górę.

Stanowiska stałe urządza się w miejscach, gdzie występują roboty spawalnicze lub cięcie tlenem. Wyposażone jest w następujące urządzenia: butle tlenowe i acetylenowe, węże, reduktory, palniki oraz najpotrzebniejsze przybory.



Rys. 52. Stanowisko stałe do spawania gazowego: 1) butla tlenowa z reduktorem, 2) butla acetylenowa z reduktorem, 3) palnik z węzami, 4) gablotka z nasadkami do spawania, 5) stół do spawania wyłożony cegłą, 6) wiadro z wodą do studzenia palnika [6, s. 170].

Acetylen przechowuje się w butli w stalowej przy nadciśnieniu 1,5 MPa zamkniętej zaworem. Butle acetylenowe i głowice są koloru kasztanowego. Butle oznacza czarnym napisem ACETYLEN, a głowica posiada dodatkowo oznaczenie „N”.

Tlen techniczny przechowywany jest w stalowych butlach malowanych na niebiesko z białym napisem: TLEN, przy nadciśnieniu 15 MPa, głowica butli jest koloru białego i posiada oznaczenie „N”. Butle z tlenem zamknięte są zaworem mosiężnym, który nie należy smarować tłuszczami, gdyż w zetknięciu ze sprężonym powietrzem spalają się wybuchowo.

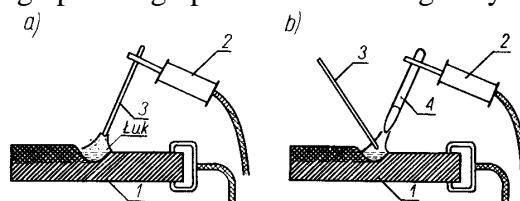
Każda butla na stanowisku jest wyposażona w reduktor, który służy do obniżania ciśnienia gazów pobieranych z butli do ciśnienia roboczego i utrzymywanie go przez cały czas pracy bez zmian.

Spawanie elektryczne

Źródłem ciepła przy spawaniu elektrycznym jest łuk elektryczny, jarzący się między elektrodą a spawanym przedmiotem. Stopiony metal z elektrody i nadtopione krawędzie spawanego materiału tworzą jeziorko spawalnicze, które po zakrzepnięciu zamienia się w spoinę. Podczas spawania łuk elektryczny i jeziorko ciekłego metalu znajdują się pod osłoną gazów stanowiących ochronę przed dostępem tlenu i azotu z atmosfery. Źródłem prądu stałego są spawarki prostownikowe, natomiast prądu przemiennego – transformatory spawalnicze.

Rozróżnia się spawanie elektryczne: łukowe ręczne elektrodą otuloną, łukiem krytym, elektrożużlowe, łukowe elektrodą nietopliwą w osłonach gazowych, łukowe elektrodą topliwą. Do spawania elektrycznego używa się przeważnie elektrod topliwych, które dzieli się na nie otulone i otulone. Elektrody nie otulone używane są do spawania pod topnikiem lub w atmosferze gazów ochronnych, argonu lub dwutlenku węgla.

Elektrody otulone są stosowane najczęściej, wykonywane są w postaci krótkich odcinków drutu pełniącego rolę spoiwa pokrytego otuliną. Otulina ta jest złożona z substancji potrzebnych do prawidłowego przebiegu procesów metalurgicznych podczas spawania.

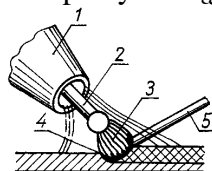


Rys. 53. Spawanie łukowe: a) elektrodą topliwą, b) elektrodą nietopliwą; 1) przedmiot spawany, 2) ucwyt elektrody, 3) elektroda, 4) elektroda wolframowa [7, s. 304].

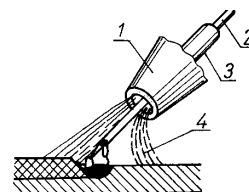
Spawanie łukowe w osłonie gazów obojętnych (argonu lub helu) odbywa się dwiema metodami:

- metoda TIG z użyciem elektrody nietopliwej; stosowana do spawania wszystkich stali oraz metali nieżelaznych,
- metoda MIG z użyciem elektrody topliwiej, stosowana do spawania wszystkich stali oraz metali nieżelaznych,

Spawanie łukowe w osłonie gazów aktywnych (dwutlenku węgla lub mieszanki gazów z dwutlenkiem węgla) elektrodą topliwą nazywane jest metodą MAG. Stosowana jest do spawania stali niestopowych węglowych i niskostopowych.



Rys. 54. Spawanie metodą TIG w osłonie argonu elektrodą nietopliwą: 1) dysza gazowa, 2) elektroda wolframowa, 3) łuk elektryczny, 4) jeziorko stopionego metalu, 5) strumień argonu [7, s. 308].



Rys. 55. Spawanie metodą MIG/MAG w osłonie argonu elektrodą topliwą: 1) dysza gazowa, 2) drut elektrodowy, 3) prowadzenie drutu, 4) strumień gazów ochronnych [7, s. 309].

Zgrzewanie

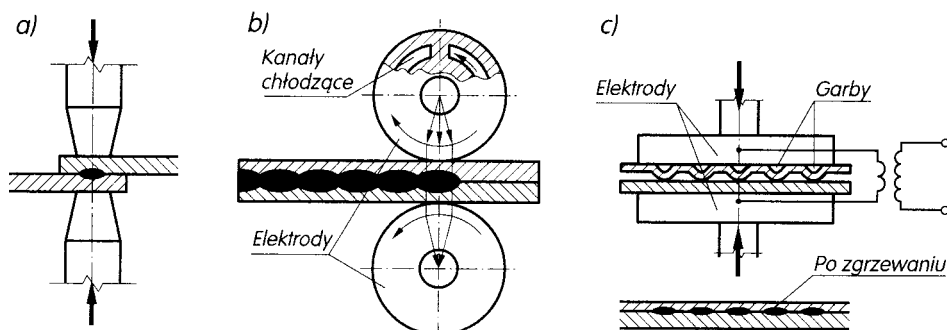
Zgrzewanie metali jest procesem, w którym łączone części są nagrzewane do temperatury plastyczności (ciastowatości), a następnie dociskane. W wyniku tego procesu na powierzchniach styku łączonych części zachodzi dyfuzja i rekrytalizacja sąsiadujących ziarn, tworząc połączenie metaliczne.

Ze względu na źródło ciepła rozróżnia się zgrzewanie:

- tarciove, polega na wykorzystaniu ciepła z tarcia uzyskanego w czasie obracających się względem części pod określonym naciskiem. Zgrzewanie tarciove stosuje się do zgrzewania trzonek narzędzi z częścią roboczą (wiertła, rozwiertaki),
- elektryczne oporowe, polega na wykorzystaniu ciepła wydzielającego się na styku łączonych części podczas przepływu prądu elektrycznego.

Zgrzewanie elektryczne może być:

- punktowe,
- liniowe,
- garbowe.



Rys. 56. Rodzaje zgrzewania: a) punktowe, b) liniowe, c) garbowe [12, s. 336].

Ze względu na cechy procesu technologicznego związane z uzyskaniem połączenia rozróżnia się:

- zgrzewania zwarciove,
- zgrzewanie iskrowe.

Przy zgrzewaniu zwarciowym prąd przepływa przez przylegające i silnie dociśnięte do siebie końce łączonych części. Docisnięcie elementów następuje po uzyskaniu wymaganej temperatury. Stosuje się do zgrzewania drutów ze stali węglowych i z metali nieżelaznych o średnicy 0,3–15 mm.

Proces zgrzewania iskrowego polega na nagraniu stali do temperatury, w której nadtapiają się nierówności powierzchni tworząc „mostki”.

Tworzenie się „mostków” umożliwia przepływ prądu i nagrzewanie w czasie którego parujący płynny metal wyrzucany jest ze szczeliny w postaci snopu iskier. Gdy iskrzenie wystąpi na całym przekroju następuje wyłączenie prądu i docisnięcie do siebie materiałów.

Zgrzewanie iskrowe nie wymaga dokładnie obrobionych powierzchni, części zgrzewane mogą być cięte także palnikiem acetylenowo-tlenowym.

Zgrzewanie iskrowe ma najszersze zastosowanie w przemyśle. Przy pomocy zgrzewania iskrowego można łączyć: stale konstrukcyjne węglowe i stopowe ze wszystkimi gatunkami miedzi, brązów stopów niemagnetycznych i żeliwem. Rodzaje zgrzewanych przekrojów zwartych wynoszą od 20 do 80 000 mm².

Sposobem tym zgrzewane są przekroje kształtowe, przekroje wytłaczane jak części karoserii o grubościach większych od 5 mm i długości zgrzewanego styku nawet do 2 m.

Lutowanie

Lutowanie polega na łączeniu jednego lub różnych gatunków metali za pomocą spoiwa (lutu), którego temperatura topnienia jest niższa od temperatury łącznych metali. W czasie lutowania łączone części pozostają w stanie stałym, a stopiony lut przenika do szczeliny między nimi. Połączenie stopionego lutu z materiałem powstaje wskutek przenikania cząstek lutu do materiału i odwrotnie. Proces lutowania wymaga zwilżenia płynnym lutem łączonego metalu. Powierzchnia metalu zostaje wtedy zwilżona, gdy lut nie grupuje się w oderwane krople, lecz tworzy na niej nieprzerwaną błonę. Lutować można stale węglowe, stopowe, metale nieżelazne i ich stopy, żeliwa szare i ciągliwe.

Połączenia lutowane stosuje się w przemyśle elektronicznym, maszynowym, spożywczym i budowlanym.

W elektrotechnice połączenia lutowane znajdują zastosowanie do łączenia przewodów elektrycznych, dlatego powinny zapewniać przewodność prądu.

W przemyśle maszynowym mają zastosowanie przy wytwarzaniu skomplikowanych części, których wykonanie jest trudne i kosztowne. Część taką składać można z materiałów o różnych własnościach, a po lutowaniu obrabiać cieplnie. Lutowanie jest stosowane podczas prac blacharskich oraz w naprawianiu uszkodzonych odlewów.

W zależności od temperatury topnienia lutów rozróżniamy następujące rodzaje lutowania:

- lutowanie miękkie,
- lutowanie twarde,
- lutospawanie.

Lutowanie miękkie

Lutowanie miękkie polega na łączeniu części metalowych lutem miękkim (stop cyny z ołowiem), którego temperatura topnienia wynosi 185–300°C. Luty do lutowania miękkiego wykonywane są w postaci odlewanych prętów lub drutów ciągnionych, które w środku mają topnik w postaci żyłki. Głównym zadaniem topników jest utworzenie szczelnej otuliny, która chroni materiał przed utlenianiem w czasie podgrzewania i lutowania. Topniki służą również do rozpuszczenia i usuwania tlenków z powierzchni metalu oraz uaktywniają proces zwilżania i rozplływania się lutu po elementach lutowanych.

Luty do lutowania miękkiego wykonywane są na bazie cyny i ołowiu, najczęściej stosuje się luty o oznaczeniach: LC30, LC40, LC60, LC 63, LC90. Topniki dobiera się do lutowania w zależności od łączonych metali, temperatury i metody lutowania.

Źródłem ciepła przy lutowaniu miękkim jest lutownica, która może być rozgrzewana za pomocą energii elektrycznej, w ognisku, różnymi płomieniami gazowymi.

Lutowanie twarde

Do lutowania twardego zalicza się lutowanie w temperaturze powyżej 450°C. Do lutowania twardego można wykorzystać płomień gazowy wytwarzany w palniku. Palniki mogą być zasilane tlenem i jednym z gazów palnych, acetylenem, propano butanem, gazem ziemnym.

Do lutowania ręcznego stosuje się palniki pojedyncze.

Podczas lutowania palnikiem element lutowany należy nagrzewać w miejscu złącz, a lut powinien nagrzać się od części łączonych. Przy złączach okrągłych lut układa się na szczelinę w formie pierścionka. Topnikiem pokrywa się powierzchnie lutowane jeszcze przed złożeniem części do lutowania. Topnikiem jest proszek o nazwie Uni-Lut lub czysty chemicznie boraks dla stali węglowych, a dla stali wysokostopowych topnik Austenit-Lut. Brzegi elementów łączonych przed lutowaniem należy dokładnie wyrównać, dopasować i oczyścić z zanieczyszczeń przez mycie benzyną, opalenie płomieniem, wyszczotkowanie szczotką metalową lub wytrawienie.

Luty twarde wykonywane są w postaci drutów, taśm, blach i past. Wykonywane są na bazie miedzi, cynku i srebra. Uniwersalnym lutem stosowanym do wszystkich stali, węglowych i stopowych, jest lut miedziany SMS1.

Przykładem zastosowania lutowania twardego jest lutowanie płytek z węglików spiekanych do korpusu narzędzia.

Lutospawanie

Lutospawanie należy do lutowania twardego. Połączenie części metalowych powstaje przy stopionym spoiwie i nie stopionych brzegach łączonych metali. Krawędzie do lutospawania przygotowuje się tak jak do spawania: na I, V, Y. Proces technologiczny zbliżony jest do spawania. Do lutospawania stosuje się luty twarde o wysokiej temperaturze topnienia (900–1083°C). Do tej temperatury należy nagrzać części łączone. Lutospawanie stosuje się do łączenia stali węglowych: odlewów żeliwnych, brązowych i mosiężnych, zastępując spawanie. Żeliwa połączone tą metodą mają lepsze własności, gdyż niska temperatura topnienia lutu nie powoduje odkształceń cieplnych w elementach łączonych i w związku z tym nie powstają pęknięcia.

Klejenie

Połączenia klejone – połączenia w których wykorzystuje się adhezyjne właściwości substancji klejowych. Klej wnika w drobne pory (nierówności) na powierzchni materiału, po czym twardnieje. Czasem przy klejeniu tworzyw sztucznych dodatkowo następuje częściowe rozpuszczenie powierzchni klejonych. Połączenie tego typu w budowie maszyn stosowane jest często, zwłaszcza jeśli trzeba połączyć różne materiały (metal, tworzywa sztuczne, szkło, gumę itp).

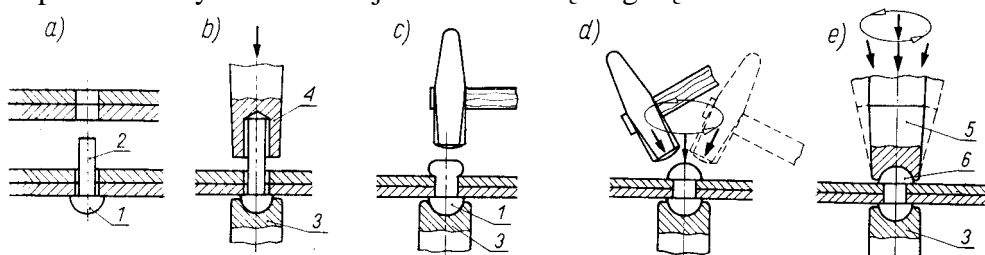
Ze względu na mechanizm klejenia, kleje można podzielić na:

- Kleje rozpuszczalnikowe – kleje te wnikają głęboko w materiał powodując ich napęcznienie i częściowe rozpuszczenie. Po połączeniu klejonych elementów i dociśnięciu spoiny powierzchnie klejonych materiałów nawzajem się przenikają, po czym rozpuszczalnik paruje pozostawiając trwałą spoinę bez warstwy samego kleju. Kleje rozpuszczalnikowe stosuje się do klejenia tworzyw sztucznych.
- Kleje oparte na polimerowych żywicach – kleje te nie wnikają zbyt głęboko w materiał, mają one jednak silne powinowactwo chemiczne do klejonego materiału a warstwa samego utwardzonego kleju jest bardzo odporna mechanicznie. Kleje te stosuje się do „trudnych” do sklejenia materiałów – takich jak metale, szkło, które trudno jest skleić klejami penetrującymi materiał. Przykłady takich klejów to np. kleje epoksydowe (Poxipol).
- Kleje mieszane – składają się one z żywicy wymieszanej z rozpuszczalnikiem, który może penetrować klejony materiał – żywica wraz z rozpuszczalnikiem wnika głęboko w klejony materiał, więc nie musi mieć ona tak silnego powinowactwa chemicznego z klejonym materiałem. Kleje mieszane są najbardziej rozpowszechnione i są one stosowane do klejenia „łatwych do sklejenia” materiałów porowatych takich jak guma, papier, skóra itp. Przykładem takiego kleju jest np. butapren lub guma arabska.

Szczególnym rodzajem klejów mieszanych są kleje składające się z żywicy polimerowej. Takie kleje działają szybko i są dość uniwersalne – przykładem takiego kleju jest cyjanoakryl (znany jako „superglue”). Łączenie metali za pomocą klejenia jest coraz częściej stosowane ze względu na zalety tej metody: prosta i tania technologia, dobra szczelność i brak naprężeń w złączu. Wadą połączeń klejonych jest ich mała odporność na wzrost temperatury otoczenia i wody niektórych klejów. Połączenia klejone stosowane są w konstrukcjach lotniczych, pojazdach samochodowych i wielu innych maszynach i urządzeniach.

Nitowanie

Połączenia nitowe stosowane są do połączenia blach lub elementów konstrukcji stalowych dźwigarów, wsporników, wiązarów za pomocą łączników zwanych nitami. Połączenia tego typu zostały współcześnie wyparte przez połączenia spawane i zgrzewane z uwagi na prostszą technologię ich wykonywania. Nit w swej wyjściowej formie składa się z główki i trzonu (szyjki). Umieszczony w otworze w łączonych elementach zostaje zakuty (zamknięty), tworząc zakuwkę. Zamykanie nitu może się odbywać ręcznie, przy pomocy młotka ręcznego lub pneumatycznego i ręcznej nitownicy (kształtującej zakuwkę) lub za pomocą maszynowej nitownicy. Nity niewielkich rozmiarów można zakuwać na zimno. Większe i w bardziej odpowiedzialnych konstrukcjach zakuwa się na gorąco.



Rys. 57. Kolejne fazy nitowania: 1) łeb, 2) trzon, 3) przypór, 4) dociskacz, 5) nagłówniak, 6) zakuwka [2, s. 89].

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz trwałe sposoby łączenia metali i materiałów niemetalowych?
2. Jakie znasz materiały i narzędzia do spawania gazowego?
3. Dlaczego zaworów butli tlenowych nie można smarować tłuszczami?
4. Jakie znasz rodzaje spawania łukowego?
5. Jakie są zadania otuliny podczas spawania elektrodą otuloną?
6. Do spawania jakich materiałów stosuje się metodę spawania TIG?
7. Na czym polega proces zgrzewania?
8. Jakie znasz rodzaje zgrzewania?
9. Jakie znasz rodzaje lutowania?
10. Na czym polega lutowanie?
11. Czym różni się spawanie od lutowania?
12. Jakie są zalety i wady połączeń klejonych?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Połącz spoiną narożną dwie blachy o grubości 2 mm. Po spawaniu blachy usytuowane wzajemnie pod kątem prostym.

Sposób wykonania zadania

Aby wykonać zadanie powinieneś:

- 1) zastosować odzież ochronną i sprzęt ochrony osobistej,
- 2) przygotować i sprawdzić sprzęt do spawania gazowego,
- 3) oczyścić krawędzie przed spawaniem,
- 4) ustawić prostopadle blachy stycznie z krawędziami wzdłużnymi do spawania w pozycji poziomej,

- 5) wykonać wstępne spawanie szzepiające,
- 6) wykonać spoiny łączące,
- 7) usunąć zgorzelinę,
- 8) sprawdzić poprawność wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przewoźne stanowisko do spawania i cięcia gazowego z osprzętem spawalniczym,
- przyrządy ślusarskie,
- kątownik,
- młotek spawalniczy,
- szczotka druciana,
- odzież ochronna i sprzęt ochrony osobistej.

Ćwiczenie 2

Wykonaj połączenie lutowane dwóch elementów wykonanych ze stali St5.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać dla materiału lutowanego lut i topnik,
- 2) wytrasować miejsce lutowania,
- 3) pokryć powierzchnie w miejscu lutowania topnikiem,
- 4) zamocować elementy w przyrządzie,
- 5) sprawdzić stan techniczny palnika acetylenowo-tlenowego,
- 6) nałożyć lut,
- 7) rozpalić i wyregulować płomień palnika,
- 8) ogrzać elementy lutowane na całym obwodzie palnikiem do temperatury topnienia lutu,
- 9) sprawdzić poprawność wykonania złącza.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrządy do zamocowania elementów,
- palnik acetylenowo-tlenowy z oprzyrządowaniem,
- luty, topniki,
- przyrządy pomiarowe i do trasowania,
- środki czyszczące i do wytrawiania,
- środki ochrony osobistej.

Ćwiczenie 3

Wykonaj połączenie klejone złamanego pokrętła do otwierania szyb w samochodach wykonanego z tworzywa sztucznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zastosować środki ochrony osobistej,
- 2) przygotować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
- 3) dobrać na podstawie charakterystyki odpowiedni klej,
- 4) przygotować klej zgodnie z instrukcją na opakowaniu,

- 5) oczyścić powierzchnie klejone,
- 6) nałożyć klej na powierzchnię obu klejonych części i dokładnie docisnąć,
- 7) odczekać czas potrzebny na utwardzenie kleju,
- 8) oczyścić skleiny,
- 9) sprawdzić poprawność wykonania złącza.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrządy do zamocowania części klejonych,
- instrukcja klejenia,
- zestaw klejów do tworzyw sztucznych,
- środki do oczyszczania sklein: tkanina, skrobaki,
- środki ochrony osobistej.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić materiały stosowane są do spawania gazowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1) rozpoznać butle z tlenem i acetylenem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić różnice w spawaniu metodami: MIG i MAG?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać rodzaj zgrzewania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) opisać zgrzewanie iskrowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać rodzaj lutowania do materiału lutowanego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) przygotować materiał do lutowania i dobrać lut?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wykonać lutowanie twarde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wykonać nitowanie na zimno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) dobrać klej do metali i tworzyw sztucznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) skleić elementy z tworzyw sztucznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

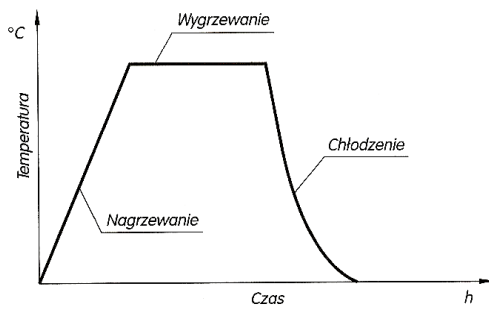
4.7. Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna

4.7.1. Materiał nauczania

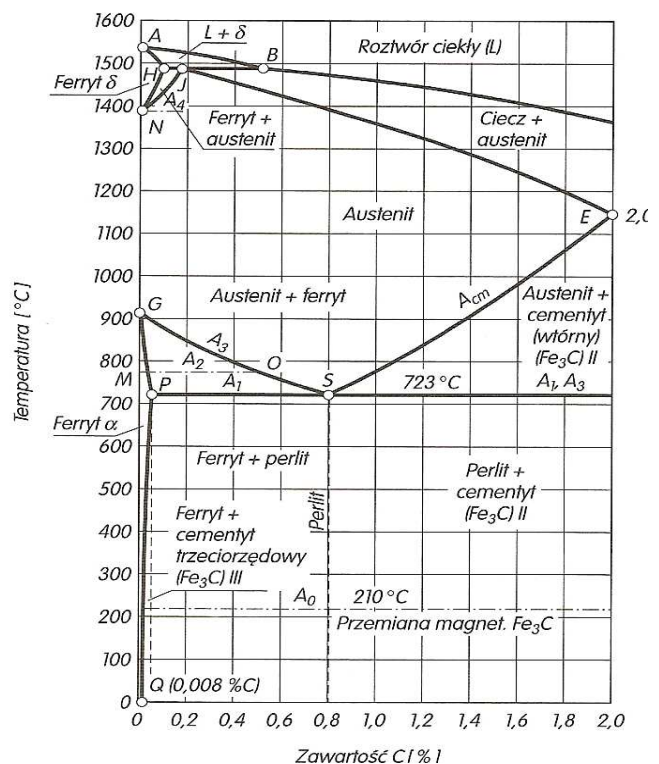
Obróbka ciepła jest procesem składającym się z zabiegów cieplnych, których celem jest kształtowanie zmian struktury materiału w stanie stałym pod wpływem temperatury i czasu.

Rezultatem tych zmian jest uzyskanie odpowiednich własności mechanicznych oraz własności fizycznych i chemicznych materiału. Obróbkę cieplną w trakcie której zmiany struktury materiału następują głównie pod wpływem temperatury i czasu nazywa się obróbką cieplną zwykłą. Jeżeli obróbkę cieplną łączy się z działaniem środowiska chemicznego wówczas obróbka nazywa się cieplno-chemiczną.

Główne zabiegi obróbki cieplnej to: nagrzewanie wygrzewanie i chłodzenie.



Rys. 58. Podstawowe zabiegi obróbki cieplnej [12, s. 97].



Rys. 59. Fragment wykresu Fe-C [12, s. 70].

Istnieje ścisły związek obróbki cieplnej z przemianami fazowymi właściwymi dla danego rodzaju stopu. Dlatego też rodzaj obróbki cieplnej oraz właściwą temperaturę ustala się na podstawie wykresów równowagi fazowej stopów, np. w przypadku stali na podstawie wykresu równowagi fazowej żelazo-cementyt. Stosowanie poszczególnych rodzajów obróbki cieplnej (hartowania, odpuszczania, przesycania i starzenia) wymaga nagrzania stopu do temperatur w których następują przemiany alotropowe lub zmiany rozpuszczalności określonych składników stopu.

Struktury stali po obróbce cieplnej

- perlit,
- ferryt,
- cementyt,
- martenzyt,
- bainit.

Cementyt jest to związek chemiczny węgla z żelazem Fe_3C . Topi się w temperaturze $1600^{\circ}C$, oznacza się dużą twardością, a praktycznie żadną plastycznością.

Ferryt jest to roztwór stały węglowy w żelazie α , jest to prawie czyste żelazo, największa rozpuszczalność węgla w żelazie α wynosi $0,02\% C$.

Perlit to mieszanina eutektoidalna ferrytu i cementytu zawierająca $0,8\% C$; powstaje wskutek rozpadu austenitu w przemianie eutektoidalnej zachodzącej w temperaturze $723^{\circ}C$.

Martenzyt jest mocno przesyconym roztworem węgla w żelazie α ; ma charakterystyczną iglastą budowę oraz dużą kruchość i twardość.

Bainit jest produktem przemiany przechłodzonego austenitu; składa się z przesyconego węglem ferrytu oraz wydzielonego z niego cementytu. Jego struktura jest drobna, różni się dwie odmiany bainitu: bainit górny i bainit dolny (też ma dużą twardość przy mniejszej kruchości).

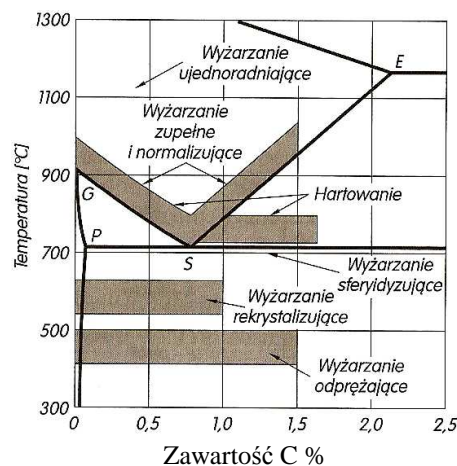
Parametry zabiegów obróbki cieplnej:

- temperatura nagrzewania,
- średnia szybkość nagrzewania lub czas nagrzewania,
- czas wygrzewania,
- średnia szybkość chłodzenia lub czas chłodzenia.

Rodzaje obróbki cieplnej:

- hartowanie,
- wyżarzanie,
- odpuszczanie,
- przesykanie i starzenie,
- ulepszanie cieplne.

Wyżarzanie jest operacją obróbki cieplnej, która polega na nagrzaniu stali do określonej temperatury, wygrzaniu w tej temperaturze i powolnym chłodzeniu. Celem wyżarzania jest otrzymanie określonej struktury zapewniającej wymagane własności materiału. Zależności od określonego celu wyróżnia się następujące rodzaje wyżarzania: ujednorodniające, normalizujące, zupełne, izotermiczne, niezupełne, zmiękczające, rekrytalizujące, odpuszczające, stabilizujące.



Rys. 60. Zakresy temperatury wyżarzania i hartowania stali niestopowych [12, s. 100].

W wyniku wyżarzania można uzyskać:

- poprawę obrabialności przy skrawaniu,
- zwiększenie plastyczności przy tłoczeniu na zimno,
- zwiększenie jednorodności struktury i składu chemicznego,
- zmniejszenie naprężeń powstałych podczas zgniotu, spawania.

Hartowanie jest operacją obróbki cieplnej polegającą na nagrzanu przedmiotu do temperatury zapewniającej wytworzenie struktury austenitu (o 30–50°C powyżej linii $A_{3,1}$) wygrzewania i następnie szybkim chłodzeniu. Celem hartowania jest uzyskanie struktury martenzytycznej lub bainitycznej, charakteryzującej się między innymi odpowiednio dużą twardością. Stale niestopowe (węglowe) hartuje się w wodzie, stopowe w oleju, wysokostopowe, tzw. samohartujące się w powietrzu.

Wyróżnia się hartowanie objętościowe (z ogrzewaniem na wskroś) i powierzchniowe. Zahartowanie na wskroś przedmiotów o dużych przekrojach nie jest możliwe, ponieważ szybkość chłodzenia na powierzchni jest większa niż w środku materiału.

Rozróżnia się następujące rodzaje hartowania z ogrzewaniem na wskroś:

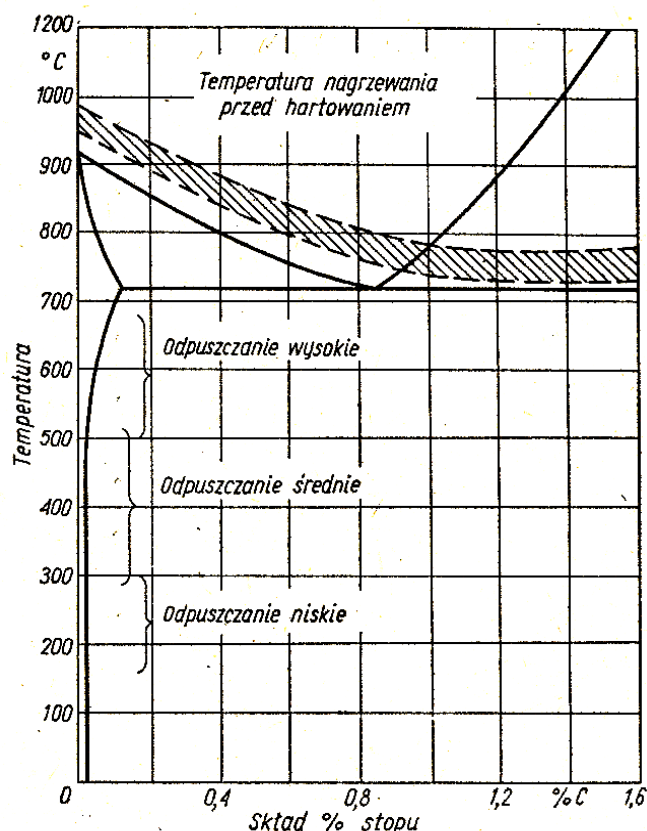
- Hartowanie zwykle to hartowanie z ciągłym chłodzeniem w środowisku o temperaturze niższej od temperatury M_s , (początku przemiany martenzytycznej) z szybkością większą od krytycznej. Istnieją przy tym warunki do powstawania naprężeń cieplnych i strukturalnych.
- Hartowanie stopniowe polega na chłodzeniu przedmiotu w kąpeli solnej o temperaturze nieco wyższej od M_s , ochłodzeniu jego objętości do temperatury kąpeli i następnie chłodzeniu na przykład w powietrzu.
- Hartowanie z przemianą izotermiczną (bainityczne) polega na chłodzeniu w kąpeli solnej do temperatury bliskiej, lecz nieco wyższej od M_s , wytrzymaniu w tej temperaturze do zakończenia przemiany bainitycznej, a następnie chłodzeniu w powietrzu. Zapewnia to zmniejszenie naprężeń cieplnych i uzyskanie dużej udarności.

Hartowanie powierzchniowe polega na szybkim nagrzanu warstwy powierzchniowej o niewielkiej grubości do temperatury austenitacji i chłodzeniu z dużą szybkością, zapewniającą uzyskanie struktury martenzytycznej w tej warstwie. Celem jest uzyskanie wysokiej twardości warstwy powierzchniowej i odporności na ścieranie przy zachowaniu ciągliwości rdzenia. Ze względu na sposób nagrzewania powierzchni wyróżnia się następujące rodzaje hartowania powierzchniowego: płomieniowe, indukcyjne, kąpielowe, oporowe lub kontaktowe, elektrolityczne, laserowe, elektronowe i plazmowe. Części maszyn wymagające wysokiej wytrzymałości poddaje się najpierw ulepszaniu cieplnemu, tj. hartowaniu i wysokiemu odpuszczaniu, a następnie hartuje się powierzchniowo określone fragmenty części.

Hartowanie powierzchniowe stosuje się dla stali niestopowych zawierających 0,4–0,6% C, a dla stali niskostopowych o zawartości 0,3–0,6% C.

Własności stali do hartowania określają dwie cechy: hartowność i utwardzalność. Utwardzalność jest to zdolność stali do utwardzania się przy hartowaniu. Miarą utwardzalności jest maksymalna twardość mierzona na powierzchni. Twardość zależy od ilości węgla i rośnie do zawartości ok. 0,9% C. Hartowność określa głębokość, na jaką stal daje się zahartować. Miarą hartowności jest głębokość strefy zahartowanej. Głębokość warstwy zahartowanej określa się od powierzchni zewnętrznej do początku strefy, której struktura składa się z 50% martenzytu. Po hartowaniu martenzytycznym stale konstrukcyjne wykazują duże naprężenia własne i strukturalne oraz małą plastyczność, co uniemożliwia ich bezpośrednie użycie. W celu zmniejszenia tych niekorzystnych skutków stosuje się odpuszczanie.

Odpuszczanie jest operacją obróbki cieplnej stosowaną po hartowaniu, polegającą na nagraniu przedmiotu poniżej temperatury A_{c1} , wygrzaniu i następnie chłodzeniu. Temperatura nagrzewania i czas wygrzewania zależą od rodzaju stali i celu odpuszczania. Odpuszczanie może być: niskie, średnie i wysokie.



Rys. 61. Wykres temperatur hartowania i odpuszczania stali węglowych [2, s. 236].

Odpuszczanie niskie polega na nagraniu przedmiotu do temperatury 150–300°C i następnie chłodzeniu. Celem procesu jest zmniejszenie naprężeń hartowniczych przy zachowaniu dużej twardości i odporności na ścieranie. Odpuszczanie średnie przeprowadza się w zakresie temperatur 300–500°C. Celem jest uzyskanie dużej wytrzymałości i sprężystości stali przy dość znacznym obniżeniu twardości. Odpuszczanie wysokie przebiega powyżej temperatury 500°C, lecz poniżej A_{c1} . Celem jego jest uzyskanie możliwie największej udarności, zwiększenie stosunku granicy plastyczności R_e do granicy wytrzymałości R_m oraz prawie całkowite usunięcie naprężeń hartowniczych.

Temperatura i czas odpuszczania zależą od wymaganych własności.

Przesycanie jest operacją obróbki cieplnej polegającą na nagraniu materiału do temperatury powyżej granicznej rozpuszczalności, w której wydzielony składnik przechodzi do roztworu stałego, wygrzaniu w tej temperaturze i ochłodzeniu w celu zatrzymania rozpuszczonego składnika w roztworze przesyconym.

Starzenie polega na nagraniu i wytrzymaniu uprzednio przesyconego materiału w temperaturze znacznie niższej od temperatury granicznej rozpuszczalności, w celu wydzielenia składnika lub składników o odpowiednim stopniu dyspersji, które znajdują się w nadmiarze w przesyconym roztworze stałym. Przesycanie i starzenie nazywa się utwardzaniem dyspersyjnym.

Obróbka cieplno-chemiczna

Obróbką cieplno-chemiczną nazywa się zabiegi cieplne powodujące zmianę składu chemicznego zewnętrznych warstw metalu, osiągamy wskutek oddziaływania aktywnego środowiska chemicznego na jego powierzchnię.

Podstawą procesów zachodzących podczas obróbki cieplnochemicznej jest zjawisko dyfuzji. Polega ono na ruchu atomów, jonów lub cząsteczek spowodowanym różnicą stężenia i prowadzącym do wyrównania stężeń wewnętrznych faz. Dyfuzja występująca w gazach i cieczach przebiega szybko, gdyż atomy, jony lub cząsteczki nie napotykają większych oporów na swej drodze.

W ciałach stałych ruch atomów, jonów lub cząstek jest utrudniony ze względu na krystaliczną budowę tych ciał. Dyfuzja polega w nich na względnych przesunięciach atomów lub cząsteczek wewnątrz sieci krystalicznej.

Wędrowka atomów, jonów lub cząsteczek może się odbywać przez bezpośrednią zamianę miejsc w sieci krystalicznej, dyfuzję międzywęzłową lub dyfuzję za pośrednictwem defektów sieci krystalicznej.

Zjawisko dyfuzji jest wykorzystywane do zmiany składu chemicznego zewnętrznych warstw stali.

W celach technicznych do stali poprzez dyfuzję dodawany jest: węgiel, azot, aluminium, krzem, chrom, itd.

W praktyce stosuje się głównie nawęglanie, azotowanie, cyjanowanie.

Nawęglanie

Nawęglanie polega na wprowadzeniu węgla do warstw powierzchniowych stali.

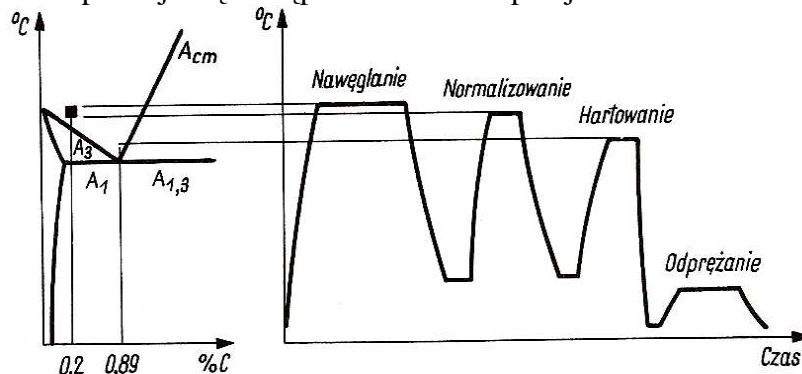
Atomy węgla wprowadzone dyfuzyjnie do stali zajmują w strukturalnych sieciach miejsce między węzłami utworzonymi z atomów żelaza. Jak wiadomo, sieć żelaza α ma bardzo małe możliwości pomieszczenia w swoim obszarze atomów węgla, lecz sieć żelaza γ , o większych parametrach i innym rozłożeniu atomów żelaza, jest w stanie przyjąć ich pewną liczbę. Z tego powodu stal nawęglaną nagrzewa się do temperatury, w której istnieje żelazo γ , czyli powyżej przemiany A_3 . Zbytnie podwyższenie temperatury podczas nawęglania nie jest wskazane, gdyż powoduje rozrost ziarna i zwiększenie zawartości węgla w warstwie powierzchniowej powyżej technicznie uzasadnionej wartości.

Nawęglaniu poddaje się stale o małej zawartości węgla, tj. nie przekraczającej 0,25% C, niekiedy – z niewielkim dodatkiem chromu, manganu lub molibdenu.

Środowisko służące do nawęglania nazywa się karboryzátorem.

Rozróżniamy środowiska do nawęglania stałe, ciekłe i gazowe.

Czas nawęglania stali zależy od aktywności środowiska, temperatury i założonej grubości warstwy nawęglanej. Zwykle nawęglają się stale do grubości warstwy 0,5–2,5 mm. Nawęgloną powierzchniowo stal poddaje się następnie obróbce cieplnej.



Rys. 62. Proces nawęglania i następującej po nawęglaniu obróbki cieplnej. [7, s. 259].

Ponieważ podczas nawęglania stal przebywa dłuższy czas w podwyższonej temperaturze jej ziarno rozrasta się. W celu zmniejszenia wielkości ziarna stal po nawęgleniu należy normalizować dobierając temperaturę normalizowania wg składu chemicznego nie zmienionego pod tym względem rdzenia.

Po normalizowaniu stosuje się hartowanie w temperaturze zależnie od składu chemicznego warstwy nawęglonej. Zwykle warstwa zewnętrzna po nawęgleniu ma budowę eutektoidalną lub nadeutektoidalną, a zatem temperatura hartowania powinna wynosić około 750°C.

Po nagraniu stal nawęgloną chłodzi się w wodzie lub woleju.

Po hartowaniu stosuje się odpuszczanie w temperaturze około 180°C, mające na celu odprężenie stali.

Nawęglanie w środowiskach stałych

Najstarszą metodą nawęglania jest nawęglanie w środowiskach stałych. Podstawowym składnikiem karboryzatora stałego jest węgiel drzewny. Do niego dodaje się pewną ilość węglanów, jak np. węglanu baru $BaCO_3$ lub węglan sodu Na_2CO_3 . W podwyższonej temperaturze żelazo działa na tlenek węgla, który ulega rozkładowi.

Nawęglanie w środowiskach ciekłych

Nawęglanie w środowiskach ciekłych odbywa się w piecach wannowych, w których znajdują się roztopione sole nawęglające. Podczas nagrzewania zachodzą między składnikami soli reakcje, w których wyniku wydziela się węgiel atomowy. Dyfunduje on do austenitu, podobnie jak w środowisku stałym.

Nawęglanie w środowisku ciekłym ma w porównaniu z nawęglaniem w środowisku stałym wiele zalet, z których najważniejsze należy wymienić:

- uproszczenie czynności przygotowanych do procesu nawęglania,
- szybkie i równomierne nagrzewanie stali,
- łatwość regulowania temperatury,
- zmniejszenie odkształceń powodowanych nierównomiernością ogrzewania,
- uzyskiwanie czystych powierzchni po nawęgleniu,
- mniejszy rozrost ziarn ze względu na krótszy czas trwania procesu.

Po nawęgleniu przedmioty nawęglone poddaje się normalizowaniu, hartowaniu i odpuszczaniu niskiemu.

Nawęglanie w środowiskach gazowych

Nawęglanie w gazach wymaga stosowania specjalnych, hermetycznych pieców z aktywną atmosferą gazową. W skład gazów do nawęglania wchodzi tlenek węgla oraz węglowodory nasycone i nienasycone. W praktyce stosuje się najczęściej gaz ziemny, gaz świetlny lub pary pirobenzolu wtryskiwanego kroplami do gorącej komory pieca. W nagrzejonej komorze pieca następuje dysocjacja składników wg reakcji

Proces nawęglania w gazach przebiega, podobnie jak w środowisku ciekłym lub stałym, w temperaturze wyższej od temperatury przemiany A_3 . Ponadto w odniesieniu do gazów musi on przebiegać w ściśle określonych warunkach, gdyż ich zmiana powoduje zaburzenia w procesie. Na przykład zbyt intensywna dysocjacja powoduje osadzanie się węgla w postaci sadzy na przedmiotach poddawanych nawęglaniu. Zwolnienie procesu dysocjacji poniżej zdolności absorbowania węgla przez stal powoduje jej niedostateczne nawęglanie.

Po nawęglaniu w gazach obróbka cieplna przebiega jak po nawęglaniu w innych środowiskach.

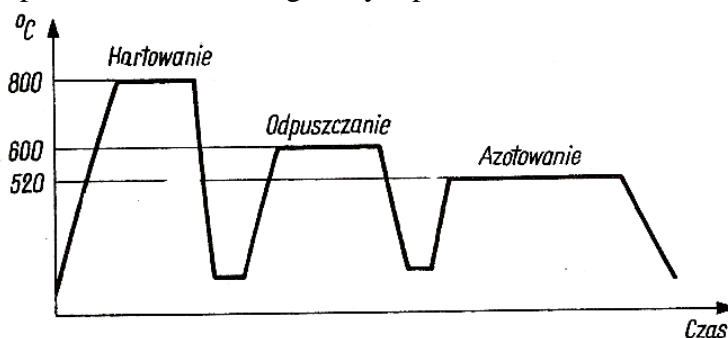
Azotowanie

Azot atmosferyczny (cząsteczkowy) nie działa na żelazo. Jeżeli jednak podziela się azotem atomowym wytwarzanym z reakcji, to w chwili tworzenia się jest on aktywny i łatwo wiąże się z żelazem, tworząc roztwory stałe, a nawet związki chemiczne. Gdy w stali znajdują się jeszcze inne dodatki stopowe wiążące się z azotem, jak np. aluminium, chrom, molibden lub tytan, w takiej stali powstają jeszcze azotki tych składników. Azotki żelaza i azotki wymienionych składników stopowych są bardzo twarde. Ich twardość jest większa od twardości martenzytu.

Proces azotowania odbywa się w specjalnych piecach, przez które przepływa amoniak, w temperaturze pracy pieca, zwykle w zakresie 520–540°C, amoniak ulega dysocjacji.

Azotowanie jest procesem długotrwałym. Czas azotowania wynosi średnio około 30 h. W niektórych przypadkach stale azotuje się nawet w ciągu około 100 h. Grubość warstwy uzyskanej w tak długotrwałym procesie nie jest jednak zbyt duża. Jej grubość zależy od wielu czynników: od temperatury procesu, stopnia dysocjacji amoniaku, składu chemicznego stali i innych.

Przedmioty przeznaczone do azotowania są uprzednio ulepszone cieplnie i szlifowane na ostateczny wymiar. Azotowanie prawie zupełnie nie wpływa na zmianę wymiarów przedmiotów, a ich powierzchnia nie ulega w tym procesie uszkodzeniu.



Rys. 63. Schemat procesu azotowania [6, s. 263].

Po azotowaniu nie stosuje się już innej obróbki cieplnej, gdyż wytworzone na powierzchni przedmiotu warstwy azotków są twarde, a naprężenia własne uległy likwidacji podczas azotowania.

Azotowanie ma na celu otrzymanie bardzo twardej powierzchni odpornej na ścieranie. Niekiedy stosuje się azotowanie krótkotrwałe wykonywane kilkakrotnie w różnej temperaturze. Celem takiego azotowania jest utworzenie cienkiej warstwy azotków odpornej na korozję.

Miejsca nie przewidziane do nawęglania lub azotowania można zabezpieczyć przez ich uprzednie miedziowanie.

Cyjanowanie

Podczas cyjanowania zachodzą jednocześnie dwa znane nam już procesy, a mianowicie – nawęglanie i azotowanie. W wyniku cyjanowania zewnętrzne warstwy stali wzbogacają się w węgiel i azot. Czynnikiem decydującym o tym, który z tych dwóch procesów będzie przebiegał intensywnie, jest temperatura. Cyjanowanie w temperaturze powyżej 800°C powoduje niemal wyłącznie nawęglanie stali. Obniżenie temperatury procesu do około 500°C całkowicie zatrzymuje proces nawęglania, a przyspiesza – azotowanie.

Do cyjanowania nadają się w zasadzie wszystkie rodzaje stali, lecz najlepsze wyniki uzyskuje się w stali zawierającej chrom.

Cyjanowanie może się odbywać w środowiskach: stałym, ciekłym i gazowym. Najczęściej stosuje się jednak cyjanowanie w kąpielach zawierających związki cyjanowe.

Do cyjanowania w niższej temperaturze, tj. do około 600°C, stosuje się roztopiony cyjanek sodu, natomiast w wyższej temperaturze, tj. do około 800°C, w skład kąpieli cyjanującej – prócz cyjanku sodu – wchodzi sól kuchenna i soda.

W wysokiej temperaturze procesu zachodzą reakcje, w wyniku których wydziela się azot i węgiel. Dyfundują one w chwili tworzenia do stali.

Stale cyjanowane w wyższej temperaturze są poddawane hartowaniu, zazwyczaj bezpośrednio po kąpieli cyjanującej. Cyjanowanie w wysokiej temperaturze stosuje się do części przyrządów precyzyjnych i pomiarowych, które powinny odznaczać się wielką odpornością na ścieranie. Ponadto niekiedy cyjanuje się koła zębate, sworznie tłokowe, niektóre części sprzęgieł i inne. Czas przebywania przedmiotów w kąpieli cyjanującej wynosi 2–3 h. Uzyskuje się wówczas warstwy nawęglone grubości około 0,8 mm.

Stale cyjanowane w niższej temperaturze nie podlegają już żadnej obróbce cieplnej, w wyniku takiego cyjanowania uzyskuje się warstwy bardzo cienkie o grubości nie przekraczającej 0,05 mm.

Cyjanowanie w niższej temperaturze stosuje się przeważnie do narzędzi wykonanych ze stali szybko hartującej lub wysokochromowej. Czas cyjanowania narzędzi zależy od ich wielkości.

Narzędzia małe cyjanuje się w ciągu około 10 minut, a duże – około 40 minut.

Głównymi zaletami cyjanowania są:

- skrócenie czasu procesu w stosunku do czasu nawęglania,
- uzyskanie bardzo twardych powłok odpornych na ścieranie,
- stosunkowo niska temperatura procesu.

Cyjanowanie ma również wiele wad, z których najważniejsze to:

- niebezpieczeństwo zatrucia pracowników parami soli cyjanowych,
- konieczność częstego kontrolowania składu kąpieli.

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz rodzaje hartowania?
2. Jaki jest zakres temperatur hartowania stali?
3. Jakie znasz struktury powstałe podczas obróbki cieplnej?
4. Jakie znasz rodzaje wyżarzania?
5. Określ cel odpuszczania?
6. Jakie własności posiadają przedmioty poddane odpuszczaniu wysokiemu?
7. W jakiej temperaturze przebiega nawęglanie?
8. Jakie mogą być środowiska nawęglające?
9. Jakie są rodzaje obróbki cieplno-chemicznej, podaj cel jej stosowania?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z kart materiałowych i norm porównaj własności mechaniczne stali konstrukcyjnej 40H i 45H poddanych obróbce odpuszczania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) odczytać właściwości mechaniczne stali z tabel przed i po obróbce cieplnej,

- 3) omówić różnice we własnościach,
- 4) zanotować spostrzeżenia w zeszycie ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty materiałowe, normy,
- poradnik warsztatowca mechanika.

Ćwiczenie 2

Korzystając z tablic obróbki cieplnej porównaj własności mechaniczne żeliwa szarego, które zostało poddane hartowaniu zwykłemu i odpuszczaniu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) wyszukać w poradnikach tablice własności mechanicznych żeliwa przed i po obróbce cieplnej,
- 3) omówić różnice we własnościach,
- 4) zanotować spostrzeżenia w zeszycie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice zabiegów cieplnych,
- karty materiałowe, normy,
- zeszyt ćwiczeń,
- przybory do pisania.

Ćwiczenie 3

Wykonaj wyżarzanie normalizujące po kuciu wału wykorbionego ze stali 25HM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać temperaturę wyżarzania,
- 3) przygotować piec do obróbki,
- 4) wykonać obróbkę cieplną,
- 5) zachować zasady bhp zgodnie z instrukcją obsługi pieca,
- 6) zanotować spostrzeżenia w zeszycie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice zabiegów cieplnych,
- piec komorowy,
- instrukcja obsługi pieca,
- odzież ochronna i sprzęt ochrony osobistej,
- zeszyt ćwiczeń.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić rodzaje obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wymienić materiały które poddaje się obróbce cieplnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić celowość stosowania obróbki cieplnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić rodzaje wyżarzania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać zabieg hartowania stali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) jakie charakterystyczne cechy ma stal nawęglona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) porównać własności mechaniczne stali i żeliwa przed i po obróbce cieplnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.8. Odlewnictwo i obróbka plastyczna metali

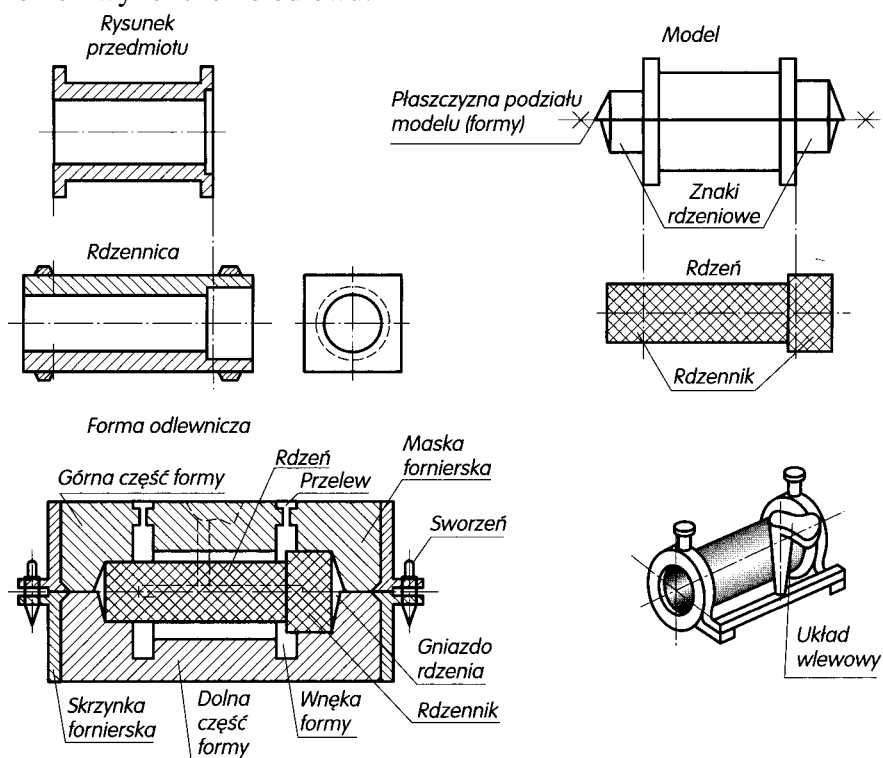
4.8.1. Materiał nauczania

Odlewnictwo

Odlewnictwo zajmuje się wytwarzaniem części maszyn przez wypełnienie ciekłym metalem przygotowanych form, który krzepnąc zachowuje ich kształt. Ze względu na rodzaj materiału wyróżnia się odlewnictwo: staliwa, żeliwa i metali nieżelaznych: stopy miedzi, aluminium, cynku, i magnezu.

W procesie wytwarzania odlewów rozróżnia się następujące etapy:

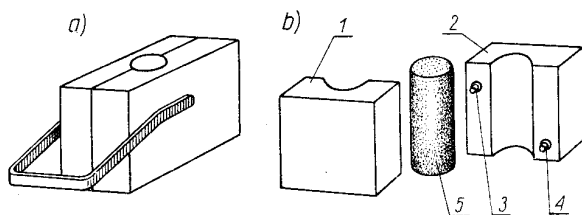
- wykonanie modelu przedmiotu,
- przygotowanie materiałów formierskich,
- wykonanie formy odlewniczej,
- przygotowanie metalu do wypełnienia formy,
- wypełnienie ciekłym metalem formy odlewniczej,
- wyjęcie odlewu z formy,
- oczyszczenie i wykończenie odlewu.



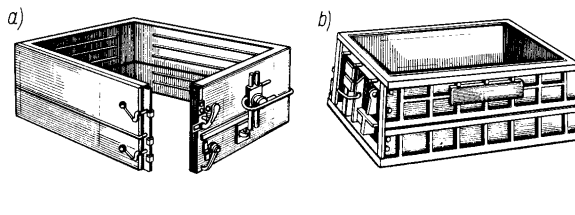
Rys. 64. Podstawowe elementy procesu wykonania odlewu [12, s. 317].

Odlewy ze stopów żeliwa z węglem wykonuje się głównie w formach z mas formierskich. Składnikami masy formierskiej jest piasek formierski z dodatkiem glin wiążących, dodatków specjalnych, wody. Wykonuje się również z zużytą i oczyszczoną masą formierską.

Proces formowania w wyniku którego otrzymuje się rdzeń lub formę może być ręczne lub maszynowe. Rdzenie wykonuje się w skrzynkach rdzeniowych wykonanych najczęściej z drewna. Formy w większości wykonuje się w skrzynkach formierskich wykonanych z żeliwa, blachy stalowej, drewna lub tworzyw sztucznych.

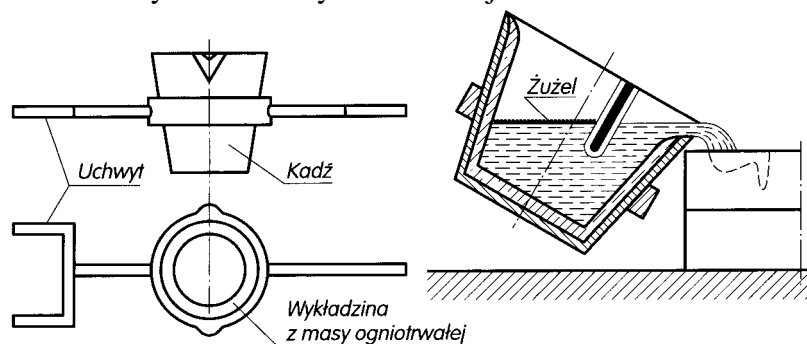


Rys. 65. Formowanie prostego rdzenia: a) rdzennica przygotowana do napełniania, b) rdzennica rozłożona [7, s. 169].



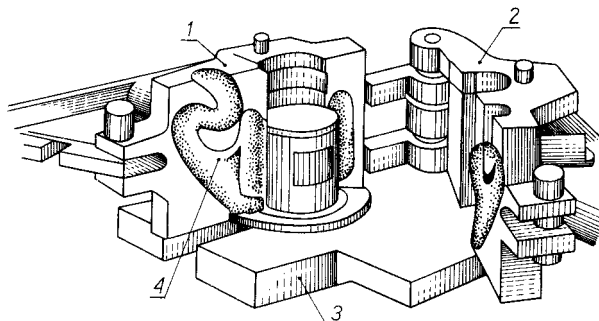
Rys. 66. Skrzynki formierskie: a) skrzynka otwierana, b) skrzynka zdejmowana [2, s. 169].

Zalewanie form odbywa się z kadzi. Po skrzepnięciu i ostygnięciu odlewy wybija się z formy, usuwa rdzeń i oczyszcza z masy formierskiej.



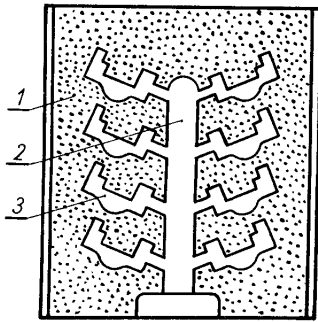
Rys. 67. Kadź odlewnicza i zalewanie formy [12, s. 320].

Przy wykonywaniu większej ilości odlewów stosuje się metalową formę zwane kokilą. Metoda ta znalazła zastosowanie w przemyśle samochodowym do odlewania tłoków samochodowych i innych elementów silnika.

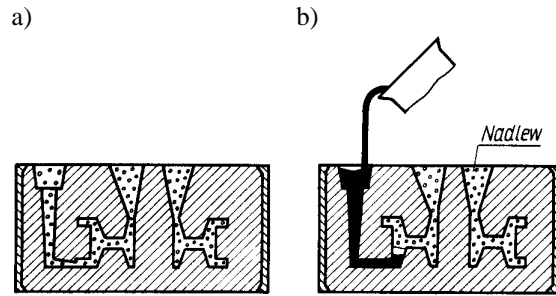


Rys. 68. Forma do odlewania tłoków samochodowych: 1, 2, 3) części kokili, 4) układ wlewowy [2, s. 176].

W przemyśle w celu zachowania dokładnych wymiarów i gładkości powierzchni stosuje się odlewanie pod ciśnieniem, odlewanie odśrodkowe oraz odlewanie precyzyjne, tzw. metodą wytapiania lub wypalania modeli. Model wykonany z wosku lub parafiny lub styropianu formuje się w skrzynce formierskiej, a następnie wytapia się w piecu. Model wykonany ze styropianu ulega wypalaniu przy zalewaniu formy metalem.



Rys. 69. Schemat formy do odlewania metodą wytapiania modeli: 1) masa formierska, 2) woskowy model układu wlewowego, 3) modele woskowe [2, s. 176].



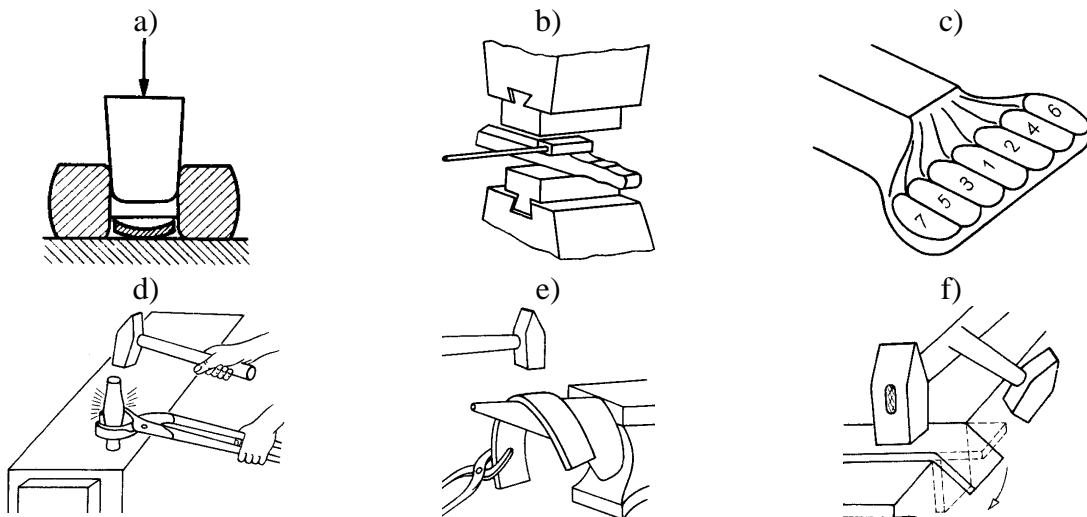
Rys. 70. Zasada odlewania metodą wypalanych modeli: a) model ze styropianu w formie, b) zalewanie [7, s. 122].

Obróbka plastyczna

Obróbka plastyczna jest to rodzaj obróbki mający na celu zmianę własności i kształtu materiałów w wyniku odkształcenia plastycznego na zimno lub gorąco. Rozróżnia się następujące rodzaje obróbki plastycznej:

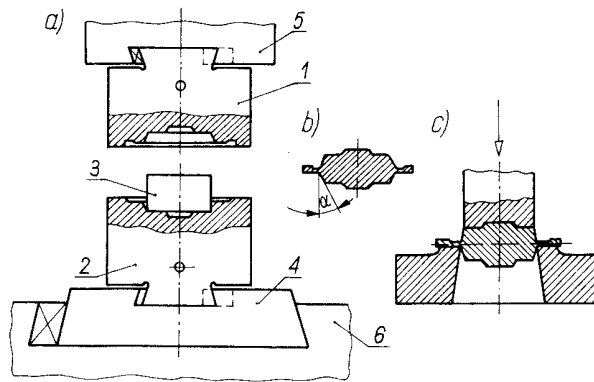
- kucie ręczne i maszynowe,
- tłoczenie,
- walcowanie,
- ciągnięcie.

Kucie ręczne wykonuje się z użyciem narzędzi kowalskich: przecinaków, przebijaaków, trzpieni, młotków, płyty kowalskiej i urządzeń do podgrzewania. Podstawowymi operacjami kucia ręcznego są: przecinanie, przebijanie, wydłużanie, poszerzanie, spęczanie, wyginanie, odsadzanie.



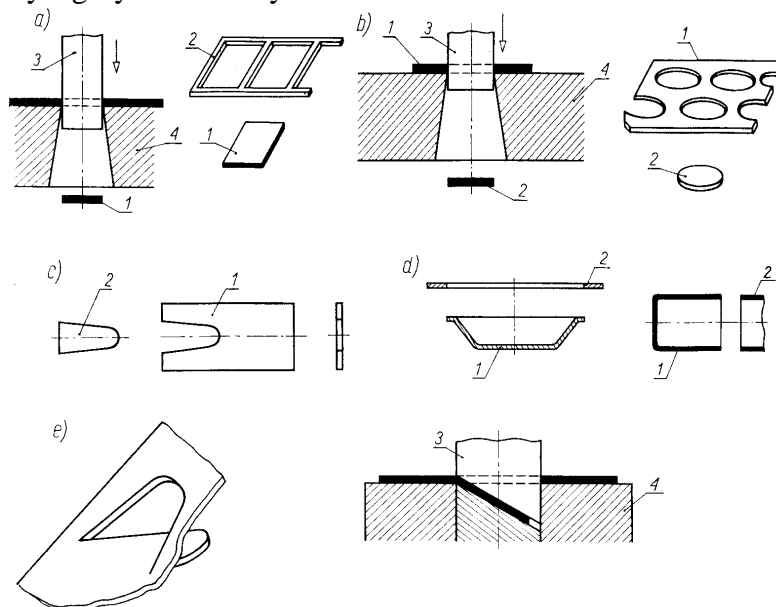
Rys. 71. Rodzaje kucia ręcznego: a) przebijanie, b) wydłużanie, c) poszerzanie, d) spęczanie, e, f) wyginanie [2, s. 181].

Kucie maszynowe dzieli się na swobodne i matrycowe. W obu metodach stosowane są młoty o napędzie mechanicznym. Przy kuciu matrycowym kształt przedmiotu odtwarza matryca umocowana w młocie matrycowym. Kucie matrycowe ma duże zastosowanie w produkcji seryjnej odkuwek, przeważnie w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym.



Rys. 72. Kucie matrycowe: a) mocowanie matryc, b) odkuvka, c) okrojnik, 1) g3rna cz3ść matrycy, 2) dolna cz3ść matrycy, 3) material, 4) obsada młota, 5) bijak młota, 6) szabot [2, s. 184].

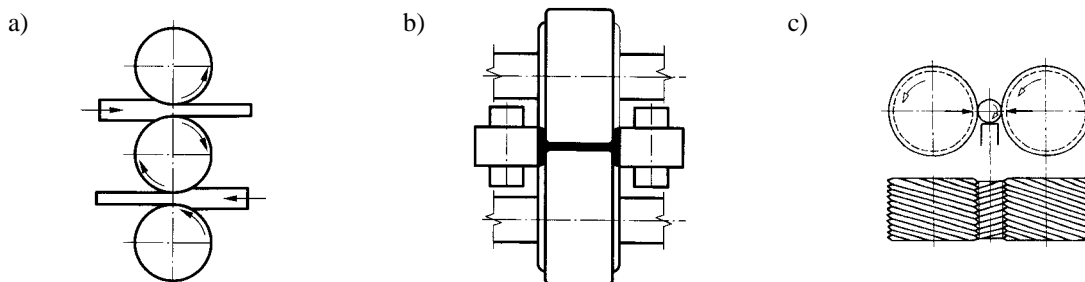
Tłoczenie obejmuje operacje cięcia i kształtowania. Podczas cięcia następuje całkowite lub cz3ściowe oddzielenie jednej cz3ści materialu od drugiej. Podczas kształtowania blachom nadaje się założony z g3ry kształt i wymiar.



Rys. 73. Operacje cięcia: a) wycinanie, b) dziurkowanie, c) przycinanie, d) okrawanie, e) nacinanie, 1) wyr3b, 2) odpad, 3) stempel, 4) matryca [12, s. 185].

Operacje kształtowania dzieli się na: ciągnienie, rozp3czanie, wyoblanie, wyciskaniem walcowanie.

Metodą walcowania wytwarza się wi3kszość p3łfabrykat3w. Materiałem wyjściowym s3 wlewki, z których wyrabia się k3siska i blach3wki, a z nich pr3ty, kształtowniki, blachy grube i cienkie. Za pomoc3 walcowania mo3na produkować wyroby o skomplikowanych kształtach (obręcze k3ł, gwinty, koła z3bate).



Rys. 74. Walcowanie: a) dwukierunkowe blach, b) belek dwuteowych, c) gwint3w [12, s. 315].

4.8.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz etapy wytwarzania odlewów?
2. Jaki element odlewu odtwarza rdzeń?
3. Jakie odlewy wykonuje się z użyciem kokili?
4. Z czego wykonany jest model przy metodzie wytapianego modelu?
5. Jakie znasz rodzaje obróbki plastycznej?
6. Jakie są operacje kucia ręcznego?
7. Od czego zależy kształt wyrobów w kuciu matrycowym?
8. Jakie są operacje cięcia?
9. Jakie elementy można wykonać przez walcowanie?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj rysunek wykonawczy modelu drewnianego dla tulejki z kołnierzem.



Rysunek do ćwiczenia 1 [7, s. 97].

Sposób wykonania zadania

Aby wykonać zadanie powinieneś:

- 1) przygotować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
- 2) przedstawioną tulejkę w przekroju zwymiarować,
- 3) przewidzieć płaszczyznę podziału modelu (największy przekrój),
- 4) założyć pochylenie ścian pionowych (1%),
- 5) założyć naddatki na obróbkę skrawaniem,
- 6) naszkicować model i zwymiarować,
- 7) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- notatnik,
- przybory do szkicowania,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

Ćwiczenie 2

Wykonaj gięcie rur o różnych średnicach na określony promień.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zamocować szablon lub rolkę w przyrządzie do gięcia rur,
- 2) napełnić rury piaskiem i zakołkować,

- 3) zamocować jeden koniec rury w imadle i wykonać zginanie według krzywizny szablonu,
- 4) sprawdzić krzywizny rur.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrząd do zginania rur,
- szablon, rolka,
- rury do zginania,
- piasek, kołki drewniane,
- suwmiarka,
- szablony do sprawdzania krzywizny.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić kolejne etapy wykonywania odlewu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić, co wchodzi w skład kompletu modelowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wykonać szkic modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) opisać sposób odlewania metodą wytapianego modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) scharakteryzować operacje kucia ręcznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dobrać narzędzia do operacji wyginania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) opisać operację gięcia rur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących wytwarzania części maszyn. Zadania są wielokrotnego wyboru i tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi:
 - w pytaniach wielokrotnego wyboru zaznacz prawidłową odpowiedź X (w przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową).
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Czas trwania testu – 45 minut.
9. Maksymalna liczba punktów, jaką można osiągnąć za poprawne rozwiązanie testu wynosi 20 pkt.

Powodzenia

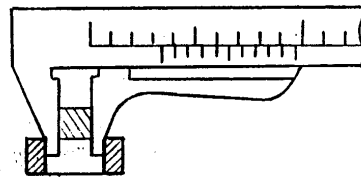
Materiały dla ucznia:

- instrukcja dla ucznia,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi.

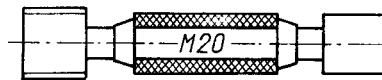
ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Tolerancję wymiaru dla otworu określa wzór
 - a) $T_0 = ES - EI$.
 - b) $T_0 = B_0 - A_w$.
 - c) $T_w = B_0 - A_w$.
 - d) $T_w = ES - ei$.
2. Poprawny zapis pasowania otworu i wałka to
 - a) $\phi 50H8/g7$.
 - b) $R50H8/g7$.
 - c) $50h8/g7$.
 - d) $50H8/G7$.
3. Średnica otworu tulejki mierzona suwmiarką wynosi

- a) 12,4.
- b) 14,4.
- c) 3,4.
- d) 13,4.

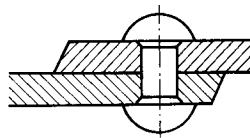


4. Wskaż przyrząd pomiarowy do sprawdzenia wymiaru wałka $\phi 50^{+0,15}$
 - a) średnicówka mikrometryczna.
 - b) przymiar kreskowy.
 - c) suwmiarka z dokładnością wskazań 0,02.
 - d) mikrometr zewnętrzny.
5. Rysunek przedstawia sprawdzian do
 - a) wałków.
 - b) otworów.
 - c) gwintów wewnętrznych.
 - d) gwintów zewnętrznych.



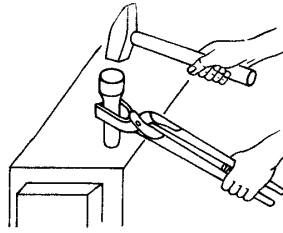
6. Pasowanie według zasady stałego wałka przedstawia zapis
 - a) $H8/g7$.
 - b) $G5/h4$.
 - c) $H7/m6$.
 - d) $A5/k6$.
7. Tuleję z ciekłego metalu lub stopu wykonujemy metodą
 - a) odlewania.
 - b) spawania.
 - c) toczenia.
 - d) klejenia.

8. Trasowaniem nazywa się czynności wyznaczania na powierzchni wyrobu środków okręgów, osi, obrysów warstw przewidzianych do obróbki z zachowaniem wymiarów wskazanych na
- rysunkach warsztatowych.
 - wykonawczych.
 - złożeniowych.
 - schematycznych.
9. W trasowaniu przestrzennym bazą jest powierzchnia
- obrobiona.
 - zewnątrzna.
 - wewnętrzna.
 - nieobrobiona.
10. Podczas cięcia materiału nożycami pracują dwa noże nożyc, które wciskając się w materiał początkowo tną a następnie
- przerywają.
 - przecinają.
 - skręcają.
 - zginają.
11. Podstawowe parametry skrawania to
- prędkość skrawania posuw, prędkość obrotowa.
 - prędkość skrawania, głębokość skrawania, posuw.
 - prędkość skrawania posuw, prędkość obrotowa.
 - prędkość liniowa, posuw, przesunięcie.
12. Wierceniem nazywa się wykonywanie otworów w pełnym materiale za pomocą narzędzia skrawającego zwanego
- wiertłem.
 - skrobakiem.
 - nożem.
 - frezem.
13. Technologia łączenia części skrawającej narzędzia ze stali narzędziowej z trzonkiem wykonanym ze stali węglowej odbywa się przez
- spawanie.
 - zgrzewanie.
 - lutowanie.
 - klejenie.
14. Rysunek przedstawia połączenie
- spawane.
 - klejone.
 - gwintowe.
 - nitowe.



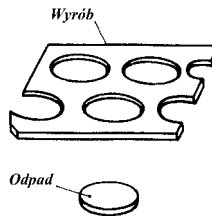
15. Rysunek przedstawia operację

- a) wydłużania.
- b) zgrzewania.
- c) przecinania.
- d) spęczania.



16. Rysunek przedstawia operację

- a) wycinania.
- b) dziurkowania.
- c) okrawania.
- d) nacinania.



17. Do pomiaru bicia osiowego używa się

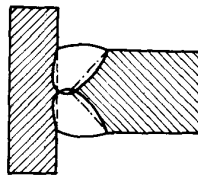
- a) średnicówki mikrometrycznej.
- b) wzorca prostopadłości.
- c) czujnika zegarowego.
- d) płytek interferencyjnych.

18. Obróbką cieplną nazywa się zabiegi cieplne w wyniku, których zmienia się własności mechaniczne, fizyczne lub chemiczne metali i stopów w stanie

- a) ciekłym.
- b) stałym.
- c) ciekło-krystalicznym.
- d) gazowym,

19. Rysunek przedstawia spoinę

- a) pachwinową.
- b) grzbietową.
- c) czołową.
- d) otworową.



20. W czasie spawania elektrycznego konieczne należy stosować okulary ochronne ze względu na szkodliwe działanie na oczy promieni

- a) cieplnych.
- b) świetlnych.
- c) ultrafioletowych.
- d) jonizujących.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Wytwarzanie elementów maszyn

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Numer zadania	Odpowiedź				Punktacja
	a	b	c	d	
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Hillary J., Jarmoszuk S.: Ślusarstwo i spawalnictwo. Warszawa, WSiP, 1991
2. Górecki A.: Technologia ogólna. Podstawy technologii mechanicznych. Warszawa, WSiP, 1984
3. Górecki A., Grzegórski Z.: Montaż, naprawa i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych. WSiP, Warszawa 2005
4. Lewandowski T.: Rysunek techniczny. Warszawa, WSiP, 1995
5. Malinowski J.: Pasowania i pomiary, Warszawa, WSiP, 1993
6. Mistur L.: Spawanie gazowe w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa, WN-T, 1989
7. Okoniewski S.: Technologia maszyn. Warszawa, WSiP, 1999
8. Poradnik spawalniczy. Warszawa WN-T, 1970
9. Poradnik Warsztatowca Mechanika. Warszawa, WN-T, 1969
10. Rączkowski B.: BHP w praktyce. Gdańsk: Ośr. Doradztwa i Doskonalenia Kadr, 2005
11. Sell L.: Ślusarstwo w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa, WN-T, 1987
12. Zawora J.: Podstawy technologii maszyn. Warszawa, WSiP, 2001.