MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI

**Wojciech J. Klimasara**

# Wytwarzanie elementów maszyn 311[50].O2.04

## Poradnik dla ucznia

**Wydawca**
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**
**Radom 2005**

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Recenzenci:
mgr inż. Marek Zalewski
mgr inż. Stanisław Popis

Opracowanie redakcyjne:
mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:
dr inż. Janusz Figurski

Korekta:
mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].O2.04. Wytwarzanie elementów maszyn zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

# SPIS TREŚCI


**1. Wprowadzenie** 3
**2. Wymagania wstępne** 4
**3. Cele kształcenia** 5
**4. Materiał nauczania** 6
**4.1. Pomiary warsztatowe** 6
4.1.1. Materiał nauczania 6
4.1.2. Pytania sprawdzające 18
4.1.3. Ćwiczenia 19
4.1.4. Sprawdzian postępów 22
**4.2. Obróbka ręczna** 22
4.2.1. Materiał nauczania 22
4.2.2. Pytania sprawdzające 31
4.2.3. Ćwiczenia 31
4.2.4. Sprawdzian postępów 34
**4.3. Maszynowa obróbka wiórowa** 34
4.3.1. Materiał nauczania 34
4.3.2. Pytania sprawdzające 43
4.3.3. Ćwiczenia 44
4.3.4. Sprawdzian postępów 45
**4.4. Złącza spajane** 45
4.4.1. Materiał nauczania 45
4.4.2. Pytania sprawdzające 48
4.4.3. Ćwiczenia 49
4.4.4. Sprawdzian postępów 50
**5. Sprawdzian osiągnięć** 51
**6. Literatura** 55

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy z zakresu wytwarzania części 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 pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę" wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas zajęć i że ukształtowałeś umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

# 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować układ SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, praca, moc, sprawność, energia,
- przeliczać jednostki układu SI,
- rozwiązywać równania i układy równań,
- sporządzać wykresy funkcji,
- odczytywać dokumentację konstrukcyjną i interpretować zawarte w niej oznaczenia,
- rysować szkice części maszyn odwzorowujące kształty zewnętrzne i wewnętrzne z zachowaniem proporcji i oznaczeń zgodnych z obowiązującymi normami rysunku technicznego,
- tworzyć dokumentację techniczną z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego,
- rozróżniać konstrukcje połączeń, osi, wałów, łożysk, sprzęgieł, przekładni mechanicznych i mechanizmów (dźwigniowe, krzywkowe, śrubowe) oraz wskazywać ich zastosowanie w maszynach i urządzeniach,
- określać na podstawie dokumentacji technicznej elementy składowe maszyny lub urządzenia,
- korzystać z różnych źródeł informacji.

# 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżnić rodzaje wymiarów liniowych,
- określić wymiar tolerowany,
- dokonać zamiany tolerowania symbolowego na liczbowe,
- określić pasowania na podstawie oznaczenia i wartości luzów,
- rozróżnić metody pomiaru,
- sklasyfikować przyrządy pomiarowe,
- określić właściwości metrologiczne przyrządów pomiarowych,
- dobrać przyrządy pomiarowe do pomiaru i sprawdzania części maszyn w zależności od kształtu oraz dokładności wykonania,
- wykonać z różną dokładnością pomiar części maszyn o różnych kształtach,
- wykonać pomiar kątów,
- zakonserwować i przechować przyrządy pomiarowe,
- przeanalizować dokumentację konstrukcyjną,
- dobrać technikę wytwarzania elementu konstrukcyjnego,
- przygotować stanowisko do wykonywanej pracy,
- dobrać narzędzia, przyrządy i materiały do wykonywanych zadań,
- obsłużyć obrabiarki skrawające: tokarki, frezarki, wiertarki i szlifierki,
- wykonać operacje trasowania na płaszczyźnie,
- wykonać podstawowe operacje obróbki ręcznej (cięcie, prostowanie, gięcie, piłowanie, wiercenie, rozwiercanie, gwintowanie),
- wykonać podstawowe operacje z zakresu maszynowej obróbki wiórowej,
- wykonać złącza spajane zgodnie z dokumentacją techniczną,
- sprawdzić jakość wykonanej pracy,
- posłużyć się dokumentacją techniczną, Polskimi Normami,
- zastosować przepisy bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska podczas wykonywania pracy.

# 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

## 4.1. Pomiary warsztatowe

### 4.1.1. Materiał nauczania

**Wymiary tolerowane**

Najczęściej wykonywanymi pomiarami warsztatowymi w mechatronice są pomiary wielkości geometrycznych wykonywanych części, elementów lub urządzeń.

Wyróżniamy następujące rodzaje pomiarów geometrycznych:

– pomiary długości,

– pomiary kąta.

Innym rodzajem pomiarów warsztatowych są:

– pomiary twardości,

– pomiary stanu powierzchni w tym gładkości.

**Wymiar** jest określoną wielkością geometryczną (długością lub kątem) służącą do opisu postaci części maszyny lub urządzenia. „Wymiar" w pomiarach warsztatowych może mieć wiele znaczeń.

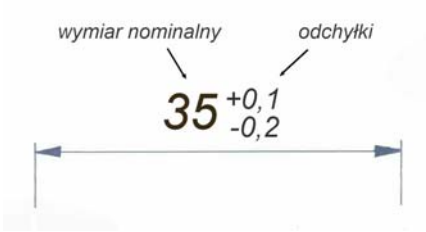
Na rysunku technicznym „wymiar" często może oznaczać linię wymiarową (nawet bez umieszczenia nad nią liczby) wskazującą jedynie, względem których powierzchni lub krawędzi należy dokonywać pomiaru.

Wymiary długościowe są podawane w mm, zaś wymiary kątowe w stopniach.

**Wymiar tolerowany** – jest podawany na rysunku technicznym w postaci wymiaru nominalnego oraz odchyłek, górnej i dolnej**.** W praktyce nie jest bowiem możliwe wykonanie części maszyn dokładnie na określony wymiar. Musimy zawsze godzić się z tym, że mimo zachowania wszelkiej staranności podczas obróbki rzeczywisty wymiar części może odbiegać od wymiaru dokładnego, który zakładamy. Występują zawsze pewne niedokładności obróbkowe i pomiarowe. Godząc się z tym, wymiar części podajemy w postaci pary wymiarów granicznych (mniejszego i większego), między którymi powinien znaleźć się wymiar rzeczywisty wykonywanego przedmiotu. Wymiar taki nazywamy wymiarem tolerowanym.

**Tolerancję T** wymiaru nazywa się różnicę między górnym wymiarem granicznym B oraz dolnym wymiarem granicznym A.

Na rysunku technicznym wymiar tolerowany (rys. 4.1) składa się z trzech wymiarów wyrażonych liczbami: wymiaru nominalnego D oraz odchyłek granicznych – górnej (es, ES) i dolnej (ei. EI). Małymi literami (es, ei) przyjęto oznaczać odchyłki graniczne wymiarów zewnętrznych zaś wielkimi (ES, EI) wymiarów wewnętrznych. Wymiary graniczne dolne oznaczamy A, zaś wymiary graniczne górne oznaczamy przez B.




**Rys. 4.1.** Przykład wymiaru tolerowanego na rysunku wykonawczym

Wymiarem nominalnym D jest 35mm. Wymiarem granicznym dolnym A jest tu wymiar 34,8mm, zaś wymiarem granicznym górnym B jest wymiar 35,1mm. Tolerancja T wynosi

$$B–A = 35,1– 34,8 = 0,3 \text{ mm}.$$

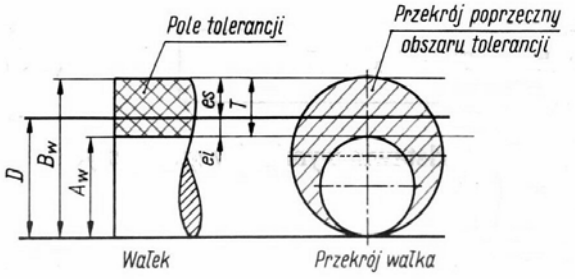
**Tolerowanie w głąb materiału.**

Dla wałka jest to tolerowanie, w którym pole tolerancji T leży poniżej wymiaru nominalnego D. Odchyłka górna es ≤ 0, zaś odchyłka dolna ei < 0.

Dla otworu jest to tolerowanie, w którym pole tolerancji T leży powyżej wymiaru nominalnego D. Odchyłka dolna EI ≥0, zaś odchyłka górna ES > 0.

Tolerowanie nie spełniające tej zasady nazywamy tolerowaniem mieszanym.

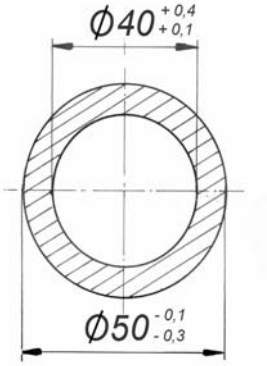
Na rys. 4.2 przedstawiono wymiary wałka oraz pole tolerancji T.




**Rys.4.2.** Wymiary wałka oraz pole jego tolerancji [11]

Wymiary średnicy wałków, wykraczające poza pole tolerancji T są wymiarami niezgodnymi z rysunkiem. Wałki o takich wymiarach są brakami.

Na rys. 4.3 przedstawiono sposób wymiarowania średnic pierścienia. Jest to przykład tolerowania w głąb materiału. Wymiarami nominalnymi są 40 i 50 mm. Średnica zewnętrzna powinna się zawierać w przedziale: 49,7 – 49,9 mm, natomiast średnica wewnętrzna w przedziale 40,1 – 40,4 mm. Tolerancja średnicy wewnętrznej wynosi tu: 40,4 – 40,1 = 0,3 mm, natomiast tolerancja średnicy zewnętrznej wynosi: 49,9–49,7= 0,2mm.




**Rys.4.3.** Wymiarowanie pierścienia

Wymiary, które dotyczą średnicy lub fragmentów części o kształtach walcowych są poprzedzane znakiem Ø (grecka litera „fi").

Wymiary części maszyn podawane na rysunkach dzielimy na:

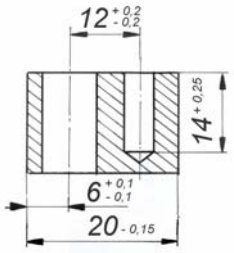
– zewnętrzne,

– wewnętrzne,

– mieszane,

– pośrednie.

Różne rodzaje wymiarów części przedstawiono na rys. 4.4:




**Rys.4.4.** Rodzaje wymiarów

– **Wymiary zewnętrzne –** to wymiary: „20" (rys. 4.4) oraz Ø 50 (rys. 4.3). Określają one odległość między elementami powierzchni, których bezpośrednie sąsiedztwo jest wypełnione materiałem. Wymiarami zewnętrznymi są, np.: średnica wałka, grubość blachy, długość, szerokość lub wysokość części.

– **Wymiar wewnętrzny –** to wymiar „Ø 40" (rys.4.3), określający odległość elementów powierzchni, na zewnątrz których ich bezpośrednie sąsiedztwo jest wypełnione materiałem. Wymiary wewnętrzne to: średnica otworu, rozwartość klucza nakrętek lub śrub z łbem sześciokątnym, szerokość rowka itp.

– **Wymiary pośrednie** – to wymiary „ 6" i „12" (rys. 4.4). Określają one odległość między osiami symetrii albo płaszczyzną i osią symetrii względnie innymi elementami geometrycznymi części, takimi jak krawędzie, powierzchnie lub punkty. Pomiar wymiaru pośredniego wymaga pośredniej metody pomiaru.

– **Wymiar mieszany** – to wymiar „14" (rys. 4.4), określający odległość elementów powierzchni, między którymi bezpośrednie sąsiedztwo jednego z nich jest wypełnione materiałem,
a bezpośrednie sąsiedztwo drugiego jest wypełnione materiałem na zewnątrz. Wymiarami mieszanymi są, np.: głębokość otworu nieprzelotowego, wysokość występu, progu, głębokość rowka itp.

W ogólnym przypadku obowiązują wzory:

– dla wałków:

$$es = B_w - D, \qquad ei = A_w - D,$$

gdzie: es – odchyłka dolna, ei – odchyłka górna średnicy wałka,

D – wymiar nominalny, Bw – górny wymiar graniczny średnicy wałka, $A_w$ – dolny wymiar graniczny średnicy wałka,

– dla otworów:

$$ES = B_o - D, \qquad EI = A_o - D,$$

gdzie: ES – odchyłka dolna, EI – odchyłka górna średnicy otworu,

D – wymiar nominalny, $B_o$ – górny wymiar graniczny średnicy otworu, $A_o$ – dolny wymiar graniczny średnicy otworu.

Podane wyżej wzory mogą być stosowane do wymiarów zewnętrznych brył o dowolnych kształtach, które traktujemy jako wałki oraz do ich wymiarów wewnętrznych, które traktujemy wtedy jako otwory.

**Pasowania**

Szczególnym przypadkiem współpracy części maszyn jest współpraca części o kształtach cylindrycznych: wałka i otworu.

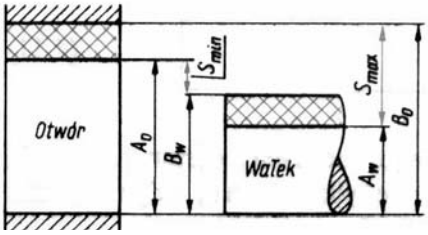
Pasowaniem nazywamy charakter współpracy otworu i wałka wynikający z wymiarów obu elementów przed ich wzajemnym połączeniem.

Wyróżniamy pasowania luźne, ciasne i mieszane.

Jeśli wymiar średnicy otworu jest większy niż średnicy wałka otrzymujemy pasowanie luźne. Warunkiem pasowania luźnego jest występowanie luzu S.

W praktyce zarówno wymiary wałka, jak i otworu są wykonane z pewnymi tolerancjami. Ich wymiary zawierają się w zakresie wymiarów granicznych.

Wartość luzu S pasowania wałka i otworu będzie w konkretnym przypadku zależeć od wymiarów wałka i otworu. Będzie jednak zawierać się w pewnych granicach, które zależą od tolerancji wykonania zarówno wałka, jak i otworu. Największy luz – $S_{max}$ otrzymamy kojarząc, wałek o średnicy równej dolnemu wymiarowi granicznemu wałka $A_w$ z otworem o średnicy równej górnemu wymiarowi granicznemu otworu $B_o$ (rys.4.5):




**Rys. 4.5.** Określenie luzów na podstawie wymiarów granicznych otworu i wałka [11]

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

Najmniejszy luz $S_{min}$ otrzymamy kojarząc największy wałek z najmniejszym otworem, a więc:

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

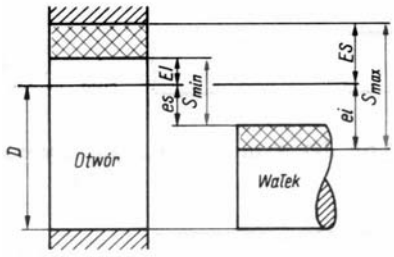
Tolerancją pasowania $T_p$ nazywa się sumę tolerancji wałka $T_w$ i otworu $T_o$:

$$T_p = T_w + T_o$$

Luz średni $S_m$ jest średnią arytmetyczną luzów granicznych $S_{min}$ oraz $S_{max}$:

$$S_m = (S_{min} + S_{max})/2$$

Luzy możemy wyznaczyć również na podstawie odchyłek (rys. 4.6):




**Rys. 4.6.** Określenie luzów na podstawie odchyłek [11]

$$S_{max} = ES - ei$$

$$S_{min} = EI - es$$

Przykład 1. Obliczyć luzy graniczne $S_{max}$ , $S_{min}$ pasowania wałka i otworu o następujących wymiarach:

$$Ø_o\ 50^{+0,135}_{0}$$

$$Ø_w\ 50^{-0,010}_{-0,075}$$

$$ES = +0,135; \quad EI = 0; \quad es = -0,010; \quad ei = -0,075$$

$$S_{max} = ES - ei = 0,135 - (-0,075) = +0,210$$

$$S_{min} = EI - es = 0 - (-0,010) = +0,010$$

Luz rzeczywisty S pasowania jest zawarty w granicach $<S_{min}, S_{max}>$. ($S_{min} \leq S \leq S_{max}$). Luz ten jest większy od zera $S > 0$.

**Wciski** – Jeśli średnica otworu jest mniejsza od średnicy wałka otrzymujemy luz ujemny, nazywany wciskiem N (rys.4.7). Wartości wcisku najmniejszego $N_{min}$ oraz wcisku największego $N_{max}$ wyrażają się wzorami:

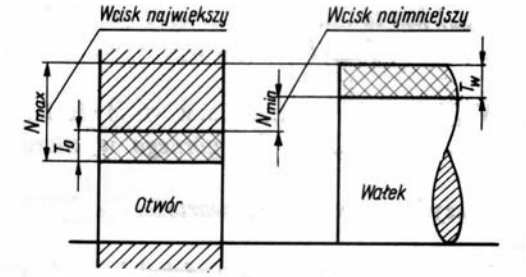
$$N_{min} = -(B_o - A_w),$$

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

oraz:

$$N_{min} = -(ES - ei),$$

$$N_{max} = -(EI - es)$$




**Rys. 4.7.** Wciski [11]

Przykład 2. Obliczyć wciski graniczne Nmin oraz Nmax w pasowaniu:

$$Ø_o\ 60^{+0,03}_{0}$$

$$Ø_w\ 60^{+0,060}_{+0,041}$$

$$ES = +0,03; \quad EI = 0; \quad es = +0,060; \quad ei = +0,041$$

$$N_{min} = -(ES - ei) = -(+0,03 - 0,041) = 0,011$$

$$N_{max} = -(EI - es) = -(0 - 0,060) = 0,060$$

Widzimy, że wciski w tym pasowaniu są dodatnie.

**Zasada stałego otworu** – Wykonanie oraz pomiar średnicy otworu cylindrycznego są bardziej kosztowne niż wykonanie oraz pomiar średnicy wałka o tej samej średnicy i porównywalnych tolerancjach. Obróbka otworów cylindrycznych jest bowiem trudniejsza i bardziej pracochłonna, ponieważ wymiary mogą być tu na ogół zmieniane tylko skokowo. Zależą one od wymiarów używanych narzędzi, takich jak wiertła lub rozwiertaki. Kontrola wymiarów otworów wymaga użycia sprawdzianów.

W obróbce wałków na tokarkach lub szlifierkach mamy możliwość ciągłego zmieniania wymiarów. Również pomiar średnicy wałka jest bardziej prosty niż pomiar średnicy otworu. Z tych powodów pasowania w budowie maszyn zostały ujednolicone i ograniczone do niezbędnego minimum tak, aby różne pasowania otrzymywać przez skojarzenie wałka z tzw. otworem podstawowym.

**Otwór podstawowy** – to otwór, którego dolna odchyłka EI jest równa zeru.

**Pasowanie według zasady stałego otworu** – nazywa się pasowaniem wałka z otworem podstawowym. Zasada ta jest powszechnie stosowana w przemyśle maszynowym.

W bardzo rzadkich przypadkach, uzasadnionych względami ekonomicznymi jest stosowana zasada stałego wałka. W zasadzie tej określone pasowanie uzyskujemy kojarząc otwory z tzw. wałkiem podstawowym. Wałek podstawowy – to wałek, którego odchyłka górna es jest równa zeru.

**Wałki i otwory normalne** – wymiary części maszyn (szczególnie dotyczy to wałków i otworów) powinny być przyjmowane z ciągu wymiarów normalnych podawanych w normie PN–78/M–02041.

Przemawiają za tym względy ekonomiczne pozwalający na ograniczenie do minimum liczby narzędzi obróbkowych i sprawdzianów.

**Znormalizowany układ tolerancji wałków i otworów** – stanowi tabelaryczny układ ustalający wartości tolerancji w zależności od przedziału wymiarów nominalnych. Wartości tolerancji dla różnych klas dokładności i wymiarów nominalnych są podane w normach: PN-EN 20286–1:1996 i PN-EN 20286–2:1996. Wprowadzono 20 klas dokładności wykonania wałków i otworów:

01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, ....., 17, 18.

Klasa 01 jest najbardziej dokładna.

Tolerancje normalne odpowiednich klas dokładności oznaczane są :

IT 01, IT 0, IT1, IT2, ....., IT17, IT18.

W budowie maszyn stosuje się klasy dokładności 5–14.

Klasy bardziej dokładne są stosowane do budowy wzorców i narzędzi pomiarowych.

**Tolerowanie symbolowe** –. Szerokość oraz położenie pola tolerancji T względem wymiaru nominalnego przyjęto oznaczać za pomocą symboli literowych. Małe litery dotyczą wałków, duże litery otworów. Litera określa położenie pola tolerancji względem wymiaru nominalnego, cyfra podawana po symbolu określa klasę dokładności wykonania, czyli szerokość pola tolerancji.

Przykład 3. **Ø50e9** oznacza wałek o średnicy nominalnej 50 mm wykonany w 9 klasie dokładności. Ochyłki graniczne wynoszą: es = – 0, 050 mm, ei = – 0,112 mm,

Przykład 4. **Ø40K8** oznacza otwór o średnicy 40 mm wykonany w 8 klasie dokładności wykonania. Odchyłki graniczne wynoszą: ES = +0,012 mm oraz EI = –0,027 mm.

**Odchyłki wymiarów nietolerowanych** – Na rysunkach konstrukcyjnych nie ma potrzeby podawania tolerancji wszystkich wymiarów na rysunku. Wymiary swobodne części, których wartość nie jest istotna dla montażu i działania urządzenia, są podawane bez odchyłek. Nie oznacza to, że mogą być wykonywane zupełnie dowolnie. Odchyłki wykonawcze tych wymiarów powinny mieścić się w granicach odchyłek wymiarów nietolerowanych. Na rysunku konstrukcyjnym jest więc podawana informacja „zbiorcza" odnosząca się do wymiarów nietolerowanych, np.:

„Odchyłki wymiarów nietolerowanych w klasie dokładności IT 14 wg normy PN–EN 20286–2:1996".

**Tolerancje wymiarów kątowych** – Wymiary kątowe występujące w budowie maszyn, podobnie jak wymiary liniowe, dzieli się na : zewnętrzne, wewnętrzne, mieszane oraz pośrednie. Do wymiarów kątowych dotyczących kątów płaskich jest stosowany układ tolerancji podany w normie PN–77/M–02136. Norma przewiduje 17 klas dokładności. Kąty toleruje się symetrycznie. Tolerancja kąta jest podawana w mikroradianach, w minutach i sekundach kątowych lub w postaci długości odcinka prostopadłego do ramienia kąta.

**Pasowania normalne wałków i otworów** – są to pasowania znormalizowane w celu ograniczenia liczby kombinacji pól tolerancji i otworów. Wykaz pasowań normalnych jest podany w normie PN-ISO 1829:1996. W pasowaniach normalnych przyjęto następujące założenia:

– zasada stałego otworu lub stałego wałka,

– klasy dokładności 5–12,

różnica dokładności wykonania wałków i otworów nie więcej niż dwie klasy.

Wśród pasowań normalnych wyróżniamy pasowania uprzywilejowane. Pasowania te należy zawsze stosować w pierwszej kolejności. Dopiero w razie konieczności należy stosować inne pasowania normalne. Pasowania normalne mogą być: luźne, mieszane i ciasne. Pasowania uprzywilejowane są w normie wyróżnione pogrubionym drukiem.

**Narzędzia pomiarowe** – stanowią środki techniczne do wykonywania pomiarów. Narzędzia dzielimy na: wzorce miar, sprawdziany, przyrządy pomiarowe.

Wzorce miar służą do odtwarzania wielkości pomiarowej.

Należą do nich:

– wzorce końcowe (płytki wzorcowe, szczelinomierze, wałeczki pomiarowe),

– wzorce kreskowe (przymiary kreskowe),

– wzorce falowe (długość fal świetlnych kryptonu, helu itp.).

Sprawdziany służą do pomiaru tylko jednej nastawionej wielkości, np. średnicy lub długości. Do pomiaru wymiarów długościowych stosuje się:

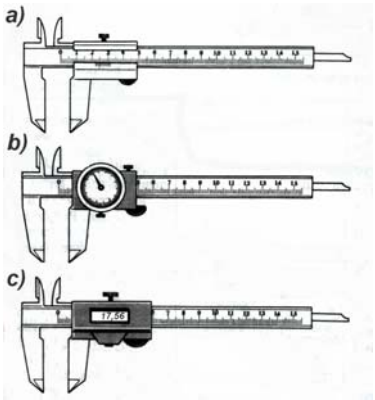
Przyrządy suwmiarkowe, w tym:

– suwmiarka dwustronna z głębokościomierzem (rys. 4.8),

– suwmiarka jednostronna (rys. 4.9),

– głębokościomierz suwmiarkowy (rys. 4.10),

– wysokościomierz suwmiarkowy (rys. 4.11).




**Rys. 4.8.** Suwmiarka dwustronna [11]

a) z noniuszem, b) wskazówkowa, c) z odczytem cyfrowym

W przypadku suwmiarki wyposażonej w noniusz wartość wielkości mierzonej odczytuje się bezpośrednio i polega na odczytaniu najpierw całkowitej liczby milimetrów, a następnie na znalezieniu kreski noniusza, która pokrywa się (jest w jednej linii) z kreską podziałki na prowadnicy.

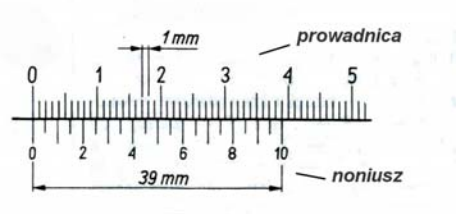
Wartość wskazania suwmiarki:

$$L = N \cdot L_p + k \cdot \Delta$$

gdzie: N – liczba całkowita działek elementarnych prowadnicy, $L_p$ – wartość działki elementarnej prowadnicy, k – liczba kresek noniusza do k–tej kreski będącej w jednej linii z kreską prowadnicy,

$\Delta$ – rozdzielczość noniusza, $\Delta = L_p/n$, gdzie: n – liczba działek elementarnych noniusza.

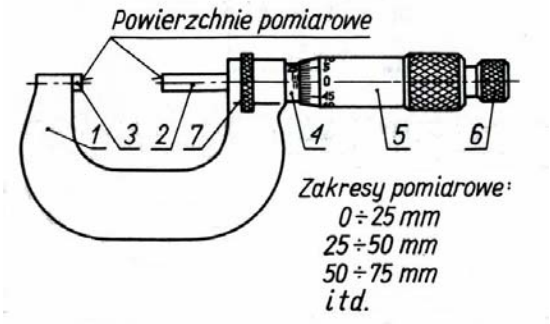
Na rys .4.9. przedstawiono noniusz o rozdzielczości $\Delta = 0{,}05$mm, ponieważ $L_p = 1$mm, zaś n = 20




**Rys.4.9** Noniusz suwmiarki o rozdzielczości 0,05mm [11]

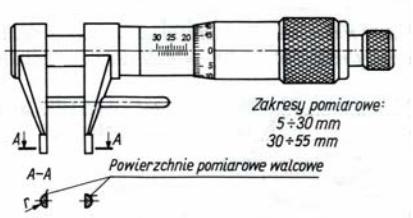
**Przyrządy mikrometryczne**, w tym:

– mikrometr zewnętrzny (rys. 4.10),
– mikrometr wewnętrzny (rys. 4.11),
– średnicówka mikrometryczna (rys.4.12),
– głębokościomierz mikrometryczny (rys. 4.13).

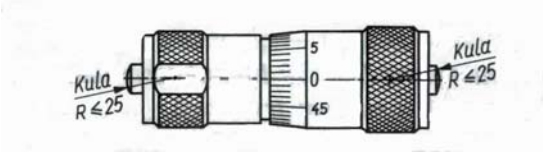



**Rys. 4.10.** Mikrometr zewnętrzny [11]

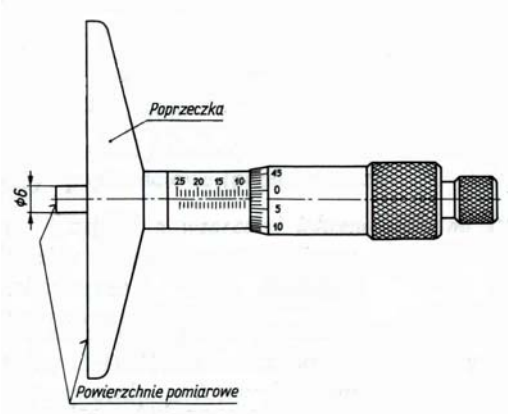
1- kabłąk, 2 – wrzeciono ze śrubą mikrometryczną, 3 – kowadełko, 4 – tulejka z nakrętką mikrometryczną, 5 – bęben, 6 – sprzęgło, 7 – pierścień zaciskowy




**Rys. 4.11.** Mikrometr do pomiaru wymiarów wewnętrznych [11]




**Rys.4.12.** Średnicówka mikrometryczna [11]

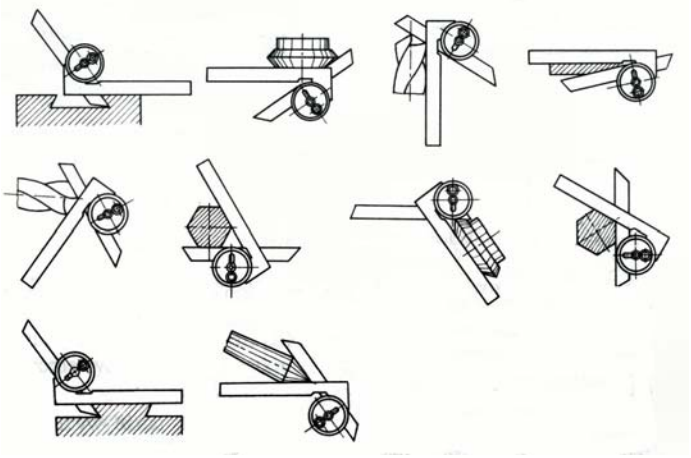



**Rys. 4.13.** Głębokościomierz mikrometryczny [11]

W przyrządach mikrometrycznych wartość wielkości mierzonej odczytuje się bezpośrednio na tulei 4 oraz bębnie 5. Śruba ma podziałkę 0,5 mm. Na bębnie 5 (rys.4.10) jest nacięte 50 działek elementarnych. Wartość działki elementarnej mikrometru wynosi 0,01mm (10μm). Właściwy nacisk pomiarowy zapewnia sprzęgło 6. Są również stosowane mikromierze z cyfrowymi urządzeniami wskazującymi. Wskazania przyrządów odczytuje się przez interpolację do 1μm.

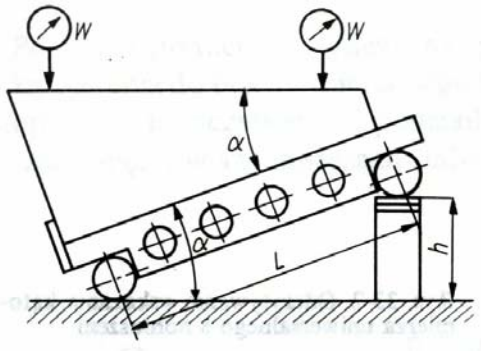
**Czujniki** – służą do pomiarów długości metodą różnicową. Metoda ta polega na pomiarze małych różnic między wzorcem, a mierzonym wymiarem danego elementu. Wzorcem długości jest, np. stos płytek wzorcowych. Czujniki mają mały zakres pomiarowy, lecz charakteryzują się dużą dokładnością wskazań. W czujnikach wskazówkowych nazywanych zegarowymi są stosowane mechaniczne przetworniki zębate. Są również stosowane czujniki z cyfrowymi urządzeniami wskazującymi.

**Pomiar kątów**. Do pomiaru kątów używamy:
– kątomierza uniwersalnego (rys. 4.14),
– liniału sinusowego, płytek wzorcowych, czujnika zegarowego oraz wałeczków (rys.4.15).
Do pomiaru kąta stożka wewnętrznego o dużej zbieżności oraz małych średnic używamy kulek oraz głębokościomierza (rys. 4.16).



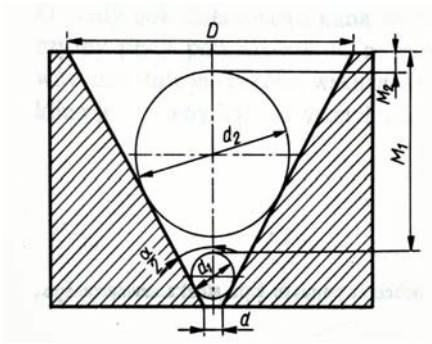
**Rys.4.14.** Zastosowanie kątomierza [11]

Pomiar kątomierzem polega na przyłożeniu obu ramion do boków mierzonego kąta tak, aby nie występowały szczeliny między ramionami kątomierza, a przedmiotem oraz odczytania wartości kąta. Kątomierze są wyposażone w noniusze lub inne urządzenia odczytowe, np. cyfrowe.




**Rys. 4.15.** Zastosowanie liniału sinusoidalnego, płytek wzorcowych, wałeczków oraz czujników zegarowych [11]

$$\alpha = \arcsin(h/L)$$




**Rys. 4.16.** Pomiar kąta wewnętrznego stożka o dużej zbieżności za pomocą kulek i głębokościomierza [11]

$$\alpha = 2 \arcsin((d_2 - d_1)/ (2 ((M_1 - M_2) - (d_2 - d_1))))$$

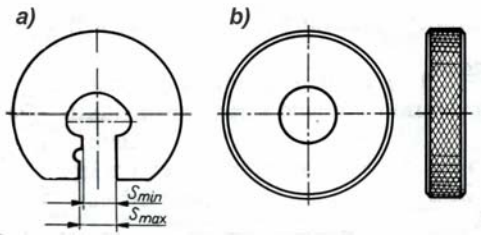
**Sprawdziany** – są narzędziami pomiarowymi stosowanymi głównie w produkcji seryjnej i masowej do wykonywania ściśle określonych zadań pomiarowych. Sprawdziany dzieli się na sprawdziany wymiaru i sprawdziany kształtu. Sprawdziany wymiaru służą do sprawdzania wymiarów długościowych oraz kątowych. Sprawdziany kształtu służą do sprawdzania prostych lub złożonych kształtów. Osobna grupę stanowią sprawdziany do gwintów.

Sprawdziany mogą być jednograniczne lub dwugraniczne. Sprawdzianem jednogranicznym sprawdzamy:

- dla wymiarów zewnętrznych: czy dany wymiar jest nie większy niż górny wymiar graniczny,
- dla wymiarów wewnętrznych: czy dany wymiar nie jest mniejszy niż dolny wymiar graniczny.

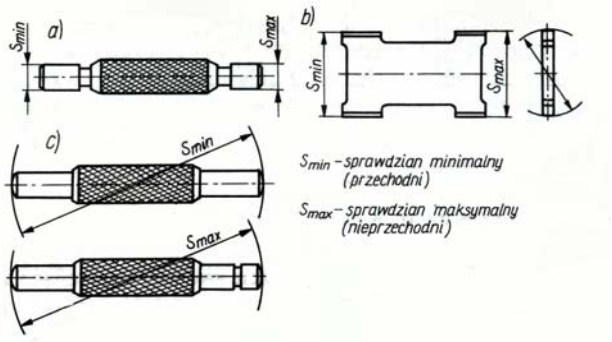
Sprawdziany dwugraniczne umożliwiają stwierdzenie, czy wymiary sprawdzanego przedmiotu są zawarte między wymiarami granicznymi – dolnym i górnym. Sprawdziany dzielą się na przechodnie oraz nieprzechodnie.

Na rys. 4.17 przedstawiono sprawdzian do wałków.




**Rys. 4.17.** Sprawdziany do wałków [11] a) szczękowy dwugraniczny, b) pierścieniowy jednograniczny

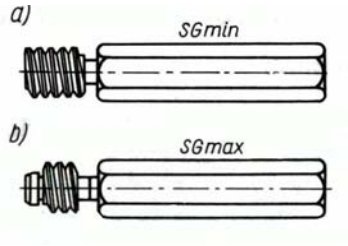
Sprawdziany do otworów przedstawiono ma rys. 4.18.




**Rys.4.18.** Sprawdziany do otworów [11]

a) tłoczkowy dwugraniczny, b) łopatkowy dwugraniczny, c) średnicówkowy jednograniczny

Sprawdziany do gwintów są przedstawione na rys. 4.19.




**Rys. 4.19.** Sprawdziany do gwintu wewnętrznego [11]

a) sprawdzian przechodni, b) sprawdzian nieprzechodni

**Chropowatości powierzchni** – Chropowatością powierzchni wg PN–87/M–04251 nazywa się zbiór nierówności powierzchni rzeczywistej przedmiotu o małych odstępach wierzchołków. Chropowatość powierzchni określa się jako odchylenie zmierzonego profilu od linii odniesienia z pominięciem falistości i odchyłek kształtu. W celu wyeliminowania falistości oraz odchyłek kształtu na wynik pomiaru chropowatości powierzchni, pomiar profilu mierzy się na długości odcinków elementarnych l. Długości odcinków mogą być 25, 8, 2,5, 0,8, 025, 0,08 mm.

Parametrami chropowatości powierzchni są:

**Ra – średnie arytmetyczne odchylenie profilu**. Jest to średnia arytmetyczna wartość odległości profilu od linii średniej na długości odcinka elementarnego l. Linia średnia profilu jest linią, która w granicach odcinka elementarnego przebiega zgodnie z kształtem profilu nominalnego i dla której suma kwadratów odległości punktów profilu zaobserwowanego od linii średniej w granicach odcinka elementarnego ma wartość najmniejszą z możliwych. Linia średnia jest linią odniesienia profilu.

$$R_a \approx 1/n \sum \left| y_i \right|$$

**Rz – wartość chropowatości według 10 punktów**. Jest to średnia arytmetyczna wysokości pięciu najwyższych wzniesień i pięciu najwyższych wgłębień profilu chropowatości w przedziale odcinka elementarnego l.

$$Rz = (\sum | y_{pi} | + \sum | y_{vi} | )/5$$

gdzie: $y_{pi}$ – wysokość i – tego wzniesienia profilu, $y_{vi}$ – wysokość i–tego wgłębienia profilu.

Do określenia chropowatości należy stosować przede wszystkim parametr Ra. Parametr Rz stosujemy wówczas, gdy nie dysponuje się narzędziami do pomiaru parametru Ra.

Wartości Ra, Rz wynoszą:

Ra = 80–5, Rz = 320–20 – dla zgrubnego toczenia,

Ra = 1,25– 0,32, Rz = 6,3 –1,6 – dla szlifowania wykańczającego, Ra= 0,63–0, 08, Rz = 3,3–0,4 – dla docierania.

**Pomiar chropowatości powierzchni** – wykonuje się przy użyciu wzorców chropowatości lub profilometru. Wzorce chropowatości mają postać płytek i służą do porównania danej powierzchni z powierzchnią wzorcową (wzorcami chropowatości). Materiał i sposób obróbki wzorca powinien być taki sam jak materiał badany. Profilometr jest przyrządem, który mierzy nierówności powierzchni metodą stykową lub bezstykową, np. fotooptyczna. Profilometr umożliwia odczyt wartości $R_a$, $R_z$ oraz innych parametrów profilu.

**Mikroskop warsztatowy** – jest przyrządem optycznym umożliwiającym pomiar zarysu przedmiotu w świetle przechodzącym lub odbitym. Pomiar wykonuje się w prostokątnym lub biegunowym układzie współrzędnych. Przedmiot mierzony mocuje się w kłach lub też kładzie na stoliku mikroskopu. Mikroskop umożliwia stykowy i bezstykowy pomiar przedmiotu o złożonych kształtach, takich jak gwinty, frezy, noże kształtowe, odległości osi. Przydatność mikroskopów warsztatowych w pomiarach warsztatowych jest bardzo duża. Dzięki bogatemu wyposażeniu mikroskopy umożliwiają wykonywanie bardzo złożonych zadań pomiarowych takich, jak np. pomiar zarysu gwintów wewnętrznych.

**Niepewność pomiaru** – Niepewność pomiaru $e_p$ obejmuje wszelkie mogące wystąpić błędy podczas pomiaru, w tym błędy graniczne przypadkowe oraz błędy systematyczne, które zostały oszacowane. Niepewność pomiaru $e_p$ przy użyciu danego narzędzia pomiarowego powinna być znana, np. podana przez producenta narzędzia pomiarowego lub oszacowana przez służby metrologiczne przedsiębiorstwa. Im bardziej dokładne (i drogie) jest narzędzie pomiarowe tym niepewność pomiaru $e_p$ jest mniejsza. Ponieważ narzędzia pomiarowe ulegają zużyciu, więc ich właściwości metrologiczne mogą ulec pogorszeniu. Dlatego też narzędzia pomiarowe powinny być przez użytkowników traktowane z należytą starannością. Powinny podlegać nadzorowi służb metrologicznych przedsiębiorstwa. Niepewność pomiaru narzędziem pomiarowym powinna być okresowo sprawdzana i odnotowywana w świadectwie sprawdzenia narzędzia pomiarowego.

W tym celu służby metrologiczne powinny być wyposażone we wzorce oraz mieć odpowiednie warunki do wykonywania okresowych sprawdzeń narzędzi pomiarowych używanych podczas produkcji. Narzędzia zużyte i nie nadające się do naprawy powinny być wycofane z użytkowania. W przypadku pomiarów pośrednich wyznaczenie niepewności pomiaru może być dość złożone. Wyznaczenie niepewności metody pomiaru kąta za pomocą liniału sinusowego wymaga uwzględnienia wpływu niepewności pomiaru h, L oraz odczytu wskazań czujnika zegarowego (patrz rys. 4.16). Niepewność pomiaru $e_p$ jest uwzględniana w zapisie wyniku pomiaru. Jeśli, np. przy pomiarze średnicy wałka mikrometrem otrzymano odczyt cyfrowy 24,976, niepewność pomiaru $e_p$ jest równa ± 4 μm to wynik pomiaru wynosi 24, 976 ± 0,004 mm.

Wynik ten należy interpretować następująco:

Rzeczywistej wartości pomiaru nie znamy z powodu występowania różnego rodzaju błędów. Możemy jednak stwierdzić, że prawdziwa, rzeczywista wartość średnicy wałka w mm znajduje

się w przedziale liczb <24,972; 24,980>. Prawdopodobieństwo, że rzeczywista (ale nieznana) wartość średnicy znajduje się w tym przedziale wynosi 95%. Tak zwany poziom ufności równy 95% jest powszechnie przyjęty w technice.

**Dobór narzędzia pomiarowego**. Optymalny dobór narzędzia pomiarowego do wykonania pomiaru powinien uwzględniać wartość tolerancji T mierzonego wymiaru oraz tzw. przewidywaną niepewność $e_p$ pomiaru, która jest zależna od rodzaju narzędzia pomiarowego i sposobu przeprowadzenia pomiaru. Niepewność pomiaru $e_p$ powinna stanowić zawsze małą część tolerancji T mierzonego wymiaru. Przyjmuje się [9], że niepewność pomiaru $e_p$ powinna stanowić nie mniej niż 0,1 T jednak nie więcej niż 0,2 T: $0{,}1\ T \leq e_p \leq 0{,}2\ T$

## 4.1.2. Pytania sprawdzające

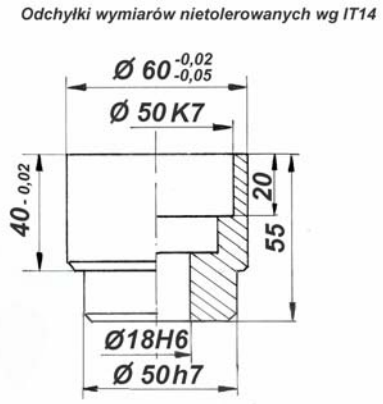
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie rodzaje wymiarów są stosowane w budowie maszyn?
2. Co to są wymiary graniczne?
3. Co to jest tolerancja wymiaru?
4. Co to jest odchyłka dolna?
5. W jaki sposób są oznaczane na rysunku wymiary tolerowane?
6. Na czym polega zasada tolerowania w głąb materiału?
7. Na czym polega znormalizowany układ tolerancji?
8. Na czym polega znormalizowany układ pasowań?
9. W jaki sposób oznaczamy pasowania normalne?
10. Co to są pasowania normalne uprzywilejowane?
11. Co to jest otwór podstawowy?
12. Na czym polega pasowanie według zasady stałego otworu?
13. Co to są pasowania luźne?
14. Co to jest luz najmniejszy?
15. Jakich narzędzi pomiarowych można użyć do pomiaru średnicy wałka?
16. Jakich narzędzi pomiarowych można użyć do pomiaru średnicy otworu?
17. Jakich narzędzi pomiarowych można użyć do pomiaru kąta płaskiego?
18. Jakich narzędzi pomiarowych można użyć do pomiaru gwintu?
19. Co to jest chropowatość powierzchni?
20. Jakie parametrów używa się do opisu chropowatości powierzchni?
21. Co to jest i jak się wyraża niepewność wyniku pomiaru?
22. Jakie czynniki decydują o wyborze narzędzia pomiarowego w celu wykonania pomiaru?

## 4.1.3. Ćwiczenia

**Ćwiczenie 1**

Wyznacz wymiary graniczne, odchyłki oraz tolerancję wymiarów podanych na rysunku:




**Rys. 4.20.** Rysunek do ćwiczenia 1

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) przygotować arkusze norm PN–EN 20286–1:1996 i PN–EN 20286–2:1996
2) korzystając z ww norm oraz wzorów podanych w p. 4.1 wyznaczyć:

a) wymiar Ø60: es =.....mm, ei = .....mm,

$A_w$ =.....mm, $B_w$ = .....mm, T =.....mm,

b) wymiar Ø50K7: ES =.....mm, EI = .....mm.

$A_o$ = .....mm, $B_o$ =.....mm, T = .....mm,

c) wymiar 40: es =.....mm, ei =.....mm,

$A_w$ =.....mm, $B_w$ =.....mm, T =.....mm,

d) wymiar 55: es = .....mm, ei = .....mm,

$A_w$ = .....mm, $B_w$ =..... .....mm, T =.....mm,

e) wymiar 20: es = .....mm, ei =.....mm,

A = .....mm, B = .....mm, T =.....mm,

f) wymiar Ø18H6 : ES = .....mm, EI =.....mm,

Ao = .....mm, Bo =.....mm, T =.....mm,

g) wymiar Ø50h7: es = .....mm, ei = .....mm,

$A_w$ =.....mm, $B_w$ =.....mm, T =.....mm.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- normy PN–EN 20286–1:1996 i PN–EN 20286–2:1996
- Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 2**

Oblicz tolerancje pasowania oraz luzy średnie $S_m$ i wciski średnie $N_m$ następujących pasowań:

a) ***Ø50H8/d9***
b) ***Ø80H7/m6***
c) ***Ø120H7/s6***

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) przygotować arkusze norm PN–EN 20286–1:1996 i PN–EN 20286–2:1996 oraz PN-ISO 1829:1996,
2) odczytać z tabel odchyłki wałków i otworów z tablic,
3) obliczyć tolerancje pasowania $T_p$,
4) obliczyć luzy (wciski) najmniejsze $S_{max}$ ($N_{max}$) i najmniejsze $S_{min}$ ($N_{min}$) dla poszczególnych pasowań z wzorów podanych w rozdziale 4.1,
5) wyznaczyć luzy i wciski średnie $S_m$ i $N_m$,
6) zapisać wyniki obliczeń:

a) ES = .....mm, EI =.....mm, es =.....mm, ei =.....mm,

$T_p$ = .....mm, $S_{max}$ =.....mm, $S_{min}$ = .....mm, $S_m$ =.....mm,

$N_{min}$=.....mm, $N_{max}$ =.....mm $N_m$ =.....mm.

b) ES = .....mm, EI =.....mm, es =.....mm, ei =.....mm,

$T_p$ = .....mm, $S_{max}$ =.....mm, $S_{min}$ = .....mm, $S_m$ =.....mm,

$N_{min}$=.....mm, $N_{max}$ =.....mm $N_m$ =.....mm.

c) ES = .....mm, EI =.....mm, es =.....mm, ei =.....mm,

$T_p$ = .....mm, $S_{max}$ =.....mm, $S_{min}$ = .....mm, $S_m$ =.....mm,

$N_{min}$=.....mm, $N_{max}$ =.....mm $N_m$ =.....mm.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– Normy PN–EN 20286–1:1996 i PN–EN 20286–2:1996, oraz PN-ISO 1829:1996
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 3**

Określ, jakie narzędzia pomiarowe użyjesz do pomiaru wymiarów konstrukcyjnych części pokazanej na rysunku w ćwiczeniu 1, jeśli dysponujesz suwmiarką dwustronną uniwersalną umożliwiającą pomiar z niepewnością $e_p = \pm 0{,}03$ mm, mikrometrami do pomiaru średnic zewnętrznych, wewnętrznych oraz głębokości, które umożliwia pomiar z niepewnością $e_p = \pm 0{,}002$ mm.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) sprawdzić poniższy warunek dla poszczególnych wymiarów:
   Niepewność pomiaru $e_p$ powinna stanowić niewielką część tolerancji T mierzonego wymiaru. Zaleca się, aby $0{,}1\ T \le e_p \le 0{,}2\ T$,
2) zanotować wyniki sprawdzenia dla poszczególnych wymiarów i wybrać do pomiaru suwmiarkę bądź mikrometr.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– suwmiarka uniwersalna o $e_p = \pm 0{,}03$ mm,
– mikrometr do pomiaru średnic zewnętrznych o $e_p = \pm 0{,}002$ mm,
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 4**

Wykonaj pomiary kątów części maszyn.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) obejrzeć detale, których kąty masz zmierzyć,
2) zidentyfikować narzędzia pomiarowe do mierzenia kątów,
3) sprawdzić zakresy pomiarowe narzędzi pomiarowych,
4) wybrać dla każdego detalu metodę i przyrządy pomiarowe,
5) dokonać pomiaru,
6) porównać wyniki pomiaru tych samych kątów wykonanych przy pomocy różnych przyrządów pomiarowych,
7) zinterpretować występujące różnice,
8) zapisać wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- kątomierz uniwersalny,
- kątomierz optyczny,
- kątomierz zegarowy,
- liniał sinusowy,
- wałeczki i kulki,

– płytki wzorcowe,
– części maszyn,
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 5**

Zmierz wysokość tulei za pomocą czujnika zegarowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) sprawdzić zakres pomiarowy czujnika,
2) suwmiarką zmierzyć wysokość tulei,
3) oczyścić trzpień pomiarowy czujnika zegarowego(przemyć i wytrzeć do sucha),
4) zamocować czujnik na statywie,
5) oczyścić badaną tuleję,
6) ustawić stos płytek wzorcowych na wskazany wymiar przez suwmiarkę na płycie pomiarowej,
7) zwalniając blokadę statywu ustawić czujnik tak, aby końcówka czujnika stykała się pod naciskiem ze stosem płytek wzorcowych,
8) wyzerować czujnik,
9) usunąć spod trzpienia płytki wzorcowe i umieścić w to miejsce badaną tuleję,
10) odczytać wskazania czujnika,
11) odczyt zsumować z wysokością stosu płytek,
12) wykonać pomiar w trzech punktach tulei,
13) obliczyć na podstawie wyników pomiarów wysokość tulei.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– czujnik zegarowy,
– zestaw płytek wzorcowych,
– statyw, płyta pomiarowa,
– suwmiarka,
– Poradnik dla ucznia.

## 4.1.4. Sprawdzian postępów

| | **Tak** | **Nie** |
|---|---|---|
| **Czy potrafisz:** | ☐ | ☐ |
| 1) zdefiniować pojęcie wymiar tolerowany? | | |
| 2) obliczyć wymiary graniczne, tolerancję oraz odchyłki wymiaru tolerowanego? | ☐ | ☐ |
| 3) wyjaśnić, na czym polega układ odchyłek i pasowań normalnych? | ☐ | ☐ |
| 4) wyznaczyć odchyłki i tolerancję wymiaru tolerowanego symbolowo? | ☐ | ☐ |
| 5) obliczyć tolerancję pasowania? | ☐ | ☐ |
| 6) wybrać z tablicy zawartej w normie PN pasowanie normalne uprzywilejowane luźne dla otworu i wałka o średnicy 80mm i określić luz średni? | ☐ | ☐ |

| | | |
|---|---|---|
| 7) wyjaśnić, do jakich celów są stosowane sprawdziany dwugraniczne? | ☐ | ☐ |
| 8) wybrać narzędzie pomiarowe odpowiednie do pomiaru wymiaru tolerowanego o danej tolerancji ? | ☐ | ☐ |
| 9) podać nazwę narzędzia do pomiaru chropowatości powierzchni? | ☐ | ☐ |
| 10) zinterpretować zapis wyniku pomiaru: 78, 235 ± 0,002mm? | ☐ | ☐ |
| 11) wykonać pomiar kątów? | ☐ | ☐ |
| 12) wykonać z różną dokładnością pomiar części maszyn? | ☐ | ☐ |

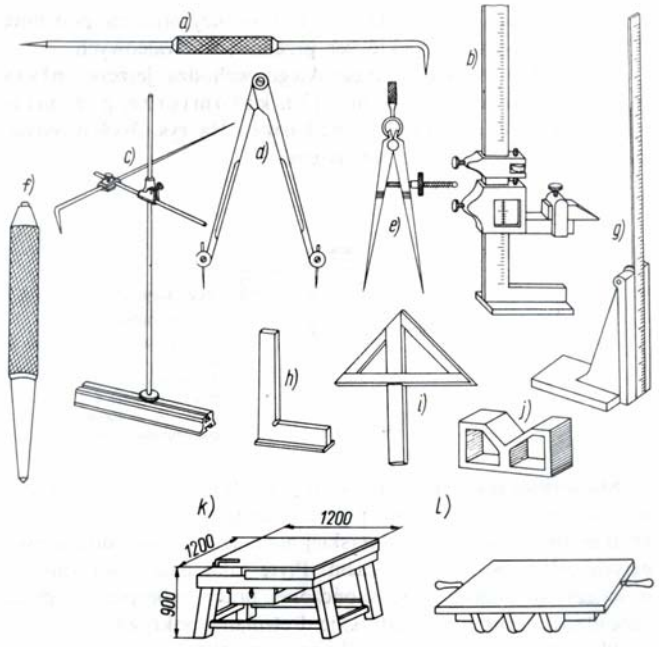
# 4.2. Obróbka ręczna

## 4.2.1. Materiał nauczania

Obróbka ręczna obejmuje takie operacje jak: trasowanie na płaszczyźnie oraz operacje ślusarskie, takie jak: ścinanie, przecinanie, prostowanie, gięcie, cięcie, piłowanie, wiercenie ręczne, gwintowanie, nitowanie, lutowanie skrobanie oraz prace montażowe.

**Trasowanie** oznacza czynność wyznaczania linii obróbkowych, środków otworów, osi symetrii oraz zarysu części przed obróbką. Trasowanie stosuje się w produkcji jednostkowej. Trasowania dokonuje się na blachach, płytach, odlewach, korpusach itp.

Używane do trasowania narzędzia traserskie przedstawiono na rysunku 4.21.




**Rys. 4.21.** Narzędzia traserskie [10]

a – rysik, b – suwmiarka traserska z podstawą, c – znacznik stosowany do wykreślania linii poziomych, e – cyrkle traserskie, f – punktak, g – liniał traserski, h – kątownik, i – środkownik do wyznaczania środka na płaskich powierzchniach przedmiotów walcowych., j – pryzma traserska, k, l –płyty traserskie

Przed przystąpieniem do trasowaniu należy:

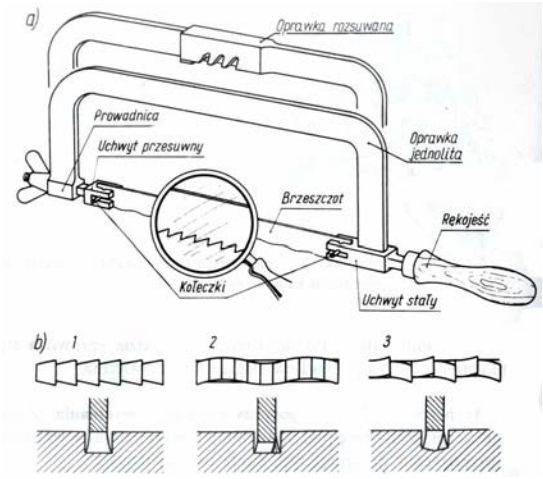
Oczyścić materiał i sprawdzić jakość i stan materiału przeznaczonego do trasowania. Pęknięcia, skrzywienia materiału są niedopuszczalne. Sprawdzić prawidłowość naddatków na późniejszą obróbkę. W razie potrzeby pomalować materiał cienką warstwą farby w celu lepszej widoczności tasowanych linii. Rysik i punktak muszą być należycie naostrzone na ostrzałce. Trasowanie rozpoczyna się zwykle od wyznaczenia głównych osi symetrii przedmiotu.

Przecięcia linii oraz środki okręgów, punktuje się, co ułatwia późniejsze odtworzenie trasowanych linii w przypadku ich starcia. Odmierzanie wymiarów odbywa się za pomocą cyrkla traserskiego lub przymiaru wg wymiarów podanych na rysunku technicznym elementu. Trasowanie środka otworu polega zwykle na trasowaniu dwóch prostopadłych linii, a następnie punktowaniu miejsca przecięcia linii.

Zasady bezpiecznej pracy przy trasowaniu:

Stanowisko pracy przy trasowaniu powinno być należycie oświetlone. W czasie trasowania starannie ustawiać ciężkie przedmioty tak, aby nie spowodowały urazu kończyn w razie upadku. Zachować porządek na stanowisku pracy.. Zwracać szczególną uwagę na narzędzia ostre (rysiki, cyrkle, znaczniki) przechowując je w odpowiedni sposób.

**Przecinanie metali piłką –** polega na oddzielaniu części materiału za pomocą brzeszczotu zamocowanego w oprawce (rys. 4.22).




**Rys. 4.22.** Piłka ręczna [10]

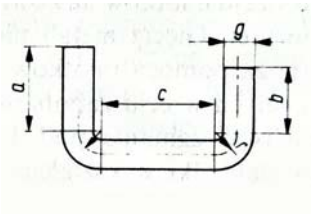
a – budowa, b – ukształtowane ostrze brzeszczotu

Należy zwrócić uwagę na kształt i pochylenie zębów brzeszczotu. Zęby powinny mieć kierunek nachylenia ku przedniemu uchwytowi. Przecinany przedmiot mocujemy w imadle w ten sposób, aby linia cięcia znajdowała się blisko szczęk imadła. Zapobiega to występowaniu drgań przedmiotu. Cięcie jest wtedy bardziej dokładne. Płaskie przedmioty przecina się wzdłuż szerszej krawędzi. Przecinanie rur wymaga ich zamocowania w imadle za pomocą pryzm wykonanych z drewna. Przecinanie cienkiej blachy wymaga jej mocowania w imadle między drewnianymi nakładkami.

**Zasady bezpiecznej pracy przy piłowaniu:**

Należy przed przystąpieniem do pracy sprawdzić stan narzędzi. Należy usunąć ze stanowiska pracy zbędne przedmioty i narzędzia. Niedopuszczalne jest zostawianie w pobliżu jedzenia. Opiłki usuwamy szczotką, nigdy rękami. Stanowisko pracy powinno być odpowiednio oświetlone.

**Gięcie i prostowanie blach i prętów –** Przed przystąpieniem do gięcia należy ustalić wymiary materiału wyjściowego. Czy po gięciu uzyskamy wymiary elementu odpowiadające warunkom technicznym, np. wymiarom podanym na rysunku technicznym. Długość materiału wyjściowego L do wykonania przedmiotu podanego na rysunku 4.23 obliczamy w następujący sposób:

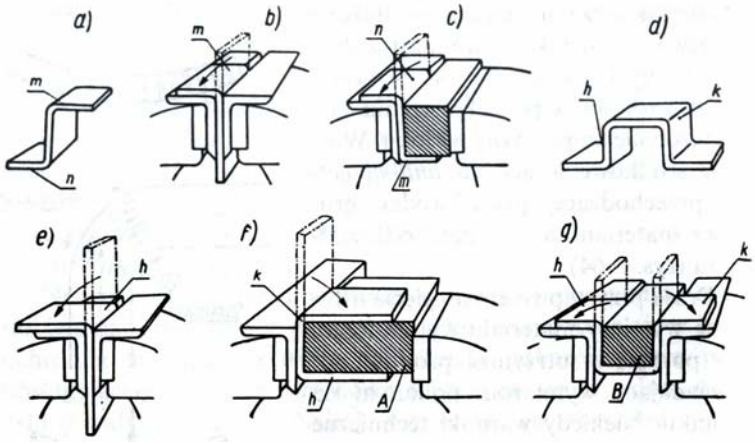



**Rys. 4.23.** Przedmiot wygięty z blachy

Przedmiot składa się z pięciu odcinków: a, b, c oraz dwóch łuków o promieniu r wg linii obojętnej przekroju, która przebiega w warstwie środkowej blachy o grubości g. Długość łuku wynosi: $2\pi r/4 = \pi r/2$ , a więc:

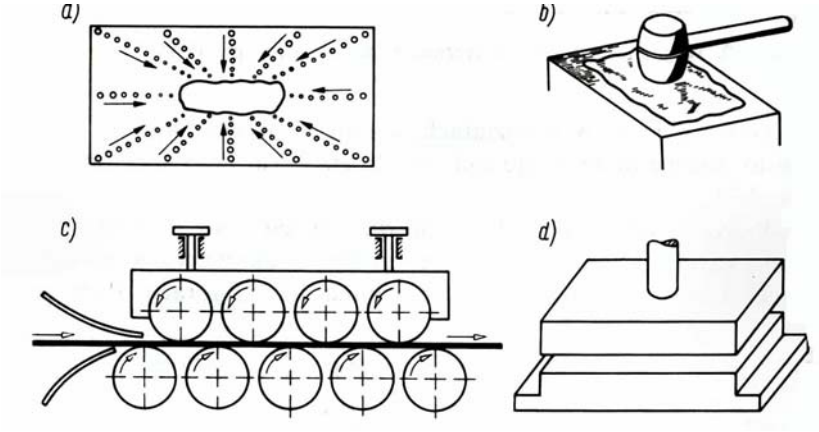
$$L = a + b + c + 2 \times \pi r/2 = a + b + c + \pi r$$

Promień gięcia powinien być odpowiedni do właściwości materiału. Zbyt mały może prowadzić do pękania materiału. Gięcie płaskowników wykonuje się najczęściej w szczękach imadła przy użyciu klocka (rys. 4.24):




**Rys. 4.24.** Wyginanie płaskownika pod kątem prostym w imadle [9]

**Prostowanie** blach, płaskowników, wałków, prętów jest operacją trudną, wymagającą wprawy. Prostowanie blach (rys. 4.25) polega na ułożeniu blachy na płycie do prostowania, wypukłością do góry.

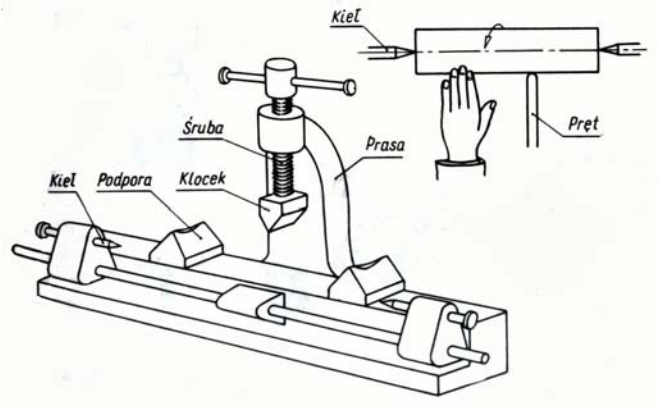



**Rys. 4.25.** Prostowanie blachy [10]

a – schemat uderzeń przy prostowaniu blachy, b – uderzanie gumowym młotkiem, c – prostowanie za pomocą walców, d – prostowanie na prasie

Następnie wykonujemy obrys wypukłego miejsca kredą lub ołówkiem. Uderzamy blachę młotkiem gumowym w kierunku od brzegów blachy ku wypukłości. Lepszym sposobem jest prostowanie za pomocą walców lub prasy. Wówczas blachę umieszczamy między dwoma

płytami stalowymi. Prostowanie płaskowników polega na jego ułożeniu wypukłością ku górze i uderzaniu w wypukłe miejsce. Prostowanie prętów okrągłych wykonuje się podobnie jak prostowanie płaskowników. Prostowanie wałków wykonuje się na specjalnej prasie do prostowania wałków pokazanej na rys. 4.26 .

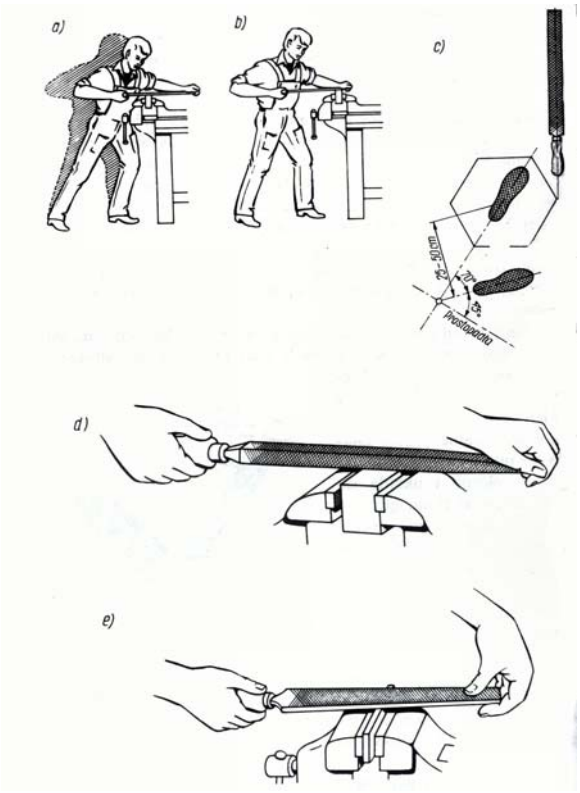



**Rys.4.26.** Prasa do prostowania wałków [10]

Warunki bezpiecznej pracy podczas gięcia i prostowania.

Należy zwracać uwagę na stan techniczny używanych narzędzi. Należy pamiętać, że krawędzie blach mogą być bardzo ostre, co łatwo może doprowadzić do skaleczenia rąk. Stanowisko pracy powinno być odpowiednio oświetlone.

**Piłowanie** – polega na skrawaniu warstwy materiału z powierzchni przedmiotu za pomocą narzędzia nazywanego pilnikiem. Pilnik składa się z części roboczej oraz chwytu osadzonej w rękojeści. Prawidłową postawę przy piłowaniu pokazano na rys. 4.27 .

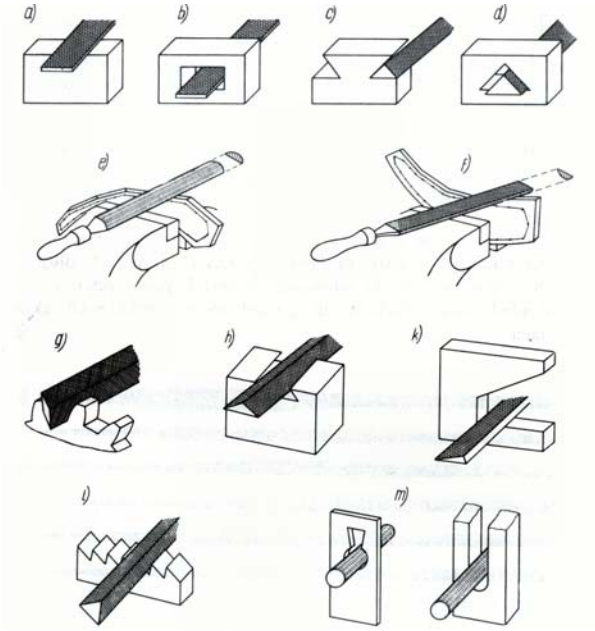



**Rys. 4.27.** Prawidłowa postawa przy piłowaniu [10]

a – zgrubnym, b – wykańczającym, c – ustawienie nóg, d – prawidłowe uchwycenie pilnika, e – trzymanie pilnika średniej wielkości

Pilniki używane do obróbki dobiera się w zależności od wymiarów, kształtu u wymaganej gładkości obrabianej powierzchni. Pilniki dzielą się na zdzieraki (nr 0), równiaki (nr 1), półgładziki (nr 2), gładziki (nr 3), podwójne gładziki (nr 4), jedwabniki (nr 5). Pilniki te różnią się liczbą nacięć przypadających na jednostkę długości.

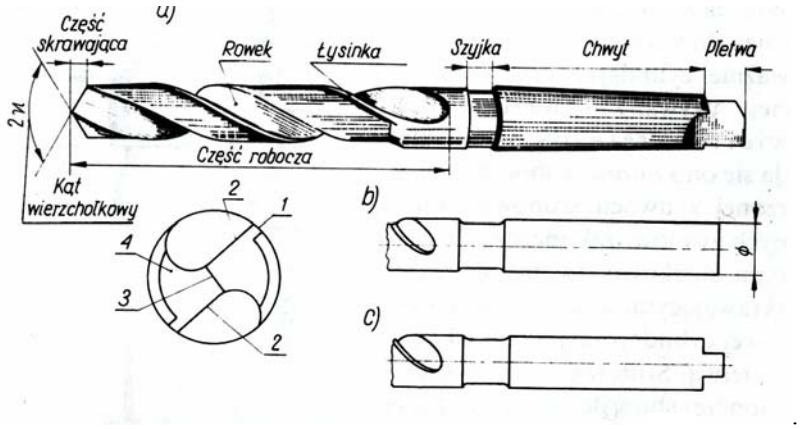
Na rys. 4.28 przedstawiono pilniki różnych kształtów oraz ich zastosowanie.



**Rys. 4.28.** Pilniki o różnych kształtach oraz ich zastosowanie [10]

a i b – płaskie, c i d – trójkątne, g – mieczowe, h – trójkątne spłaszczone, k – nożowe, l – trójkątne do pil, m – okrągłe

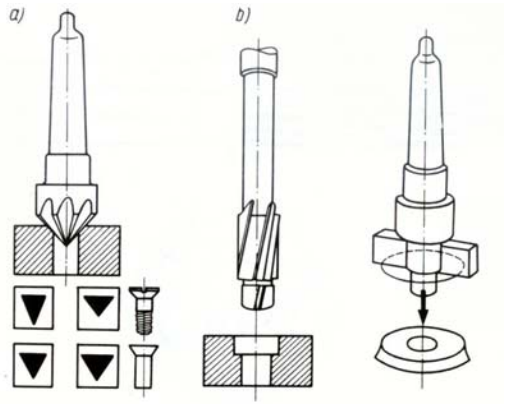
**Wiercenie, pogłębianie, rozwiercanie –** Wiercenie polega na wykonywaniu otworów za pomocą wiertła i użyciu wiertarki. Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem wierteł są wiertła kręte (rys. 4. 29).




**Rys. 4.29.** Wiertło kręte [10]

a – części składowe, chwyt stożkowy z płetwą , b – chwyt walcowy bez płetwy, c – chwyt walcowy bez płetwy

Pogłębianie polega na powiększeniu średnicy otworu w jego początkowej części. Najczęściej w celu umieszczenia walcowego lub stożkowego łba wkrętu. Pogłębianie wykonuje się za pomocą pogłębiaczy (rys. 4.30).

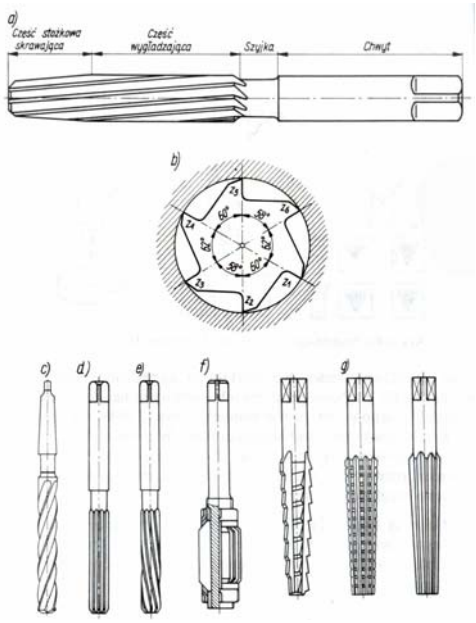


**Rys. 4.30.** Pogłębiacze [9]

a – stożkowy, b – czołowe

**Rozwiercanie** – jest stosowane w celu uzyskania dużej dokładności oraz gładkości otworu, lub też uzyskana otworu stożkowego. Rozwiertaki umożliwiają uzyskanie otworów o określonej klasie tolerancji, np. H7. Rozwiertaki dzielimy na: zdzieraki oraz rozwiertaki wykańczające.

Kształty rozwiertaków są pokazane na rys. 4.31.




**Rys. 4.31.** Rozwiertaki [10]

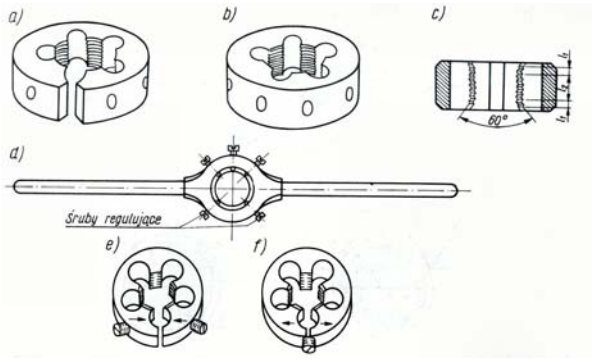
a – części składowe, b – podziałka zębów rozwiertaka, c – rozwiertak zdzierak, d – rozwiertak o zębach prostych, e – rozwiertak o zębach śrubowych, f – rozwiertak nastawny, g – komplet rozwiertaków stożkowych [9]

Podczas rozwiercania otworów w stali rozwiertak oraz brzegi rozwiercanego otworu smarujemy olejem mineralnym. Przy rozwiercaniu miedzi używamy emulsji zawierającej 10% oleju wiertniczego. Natomiast przy rozwiercaniu aluminium używamy terpentyny z naftą.

Naddatki na rozwiercanie wynoszą od ok. 0,5–1 mm dla średnic otworów do 25 mm do ok. 2,5 –3 mm dla otworów o średnicach rzędu 55–65 mm.

**Nacinanie gwintów (gwintowanie**) – jest wykonywane przy pomocy narzynek (gwinty zewnętrzne) lub gwintowników (gwinty wewnętrzne).

Narzędzia do gwintowania ręcznego są przedstawione na rysunku 4.32 i 4.33.

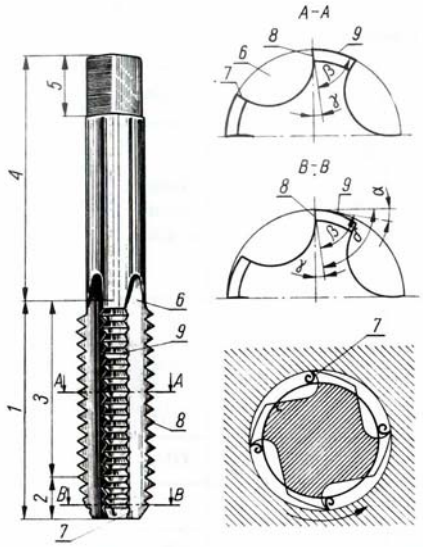



**Rys. 4.32.** Narzynki okrągłe [10]

a – przecięta, b – pełna, c – przekrój narzynki, d – oprawka z pokrętłem, e i f – regulacje zmieniające średnicę gwintu określa się następująco:

Narzynki mają postać hartowanych pierścieni wykonanych ze stali narzędziowej (NC–6, SW–9 lub SW7), wewnątrz nagwintowanych. Pierścienie te mają wywiercone otwory tworzące krawędzie tnące, i które służą do odprowadzenia wiórów.

Średnice zewnętrzne sworzni (wałków) pod gwint zależą od średnicy nominalnej gwintu oraz od rodzaju gwintu (metryczny, rurowy, calowy). Średnice te można znaleźć w tabelach w poradnikach technicznych. Np. sworzeń stalowy pod gwint M10 powinien mieć średnicę zewnętrzną równą $9{,}85_{-0{,}1}$. Kolejność operacji przy ręcznym nacinaniu gwintów jest zwykle następująca: na oczyszczonej powierzchni sworznia (lub wałka) odmierza się długość, na jakiej ma być nacinany gwint i mocuje się sworzeń lub wałek w imadle w położeniu pionowym. Smaruje się sworzeń (wałek) olejem lnianym lub rzepakowym. Nakłada się odpowiednią narzynkę osadzoną w oprawce z pokrętłem. Następnie pokręca się narzynką w prawo o pełny obrót w prawo i w lewo około ¼ obrotu. Pokręcanie w ten sposób kontynuujemy aż do dojścia narzynki do wyznaczonej długości gwintu. Sworzeń (wałek) powinien mieć odpowiednie wymiary oraz stożkową część umożliwiającą wprowadzenie narzynki. Następnie wykręcamy narzynkę i czyścimy narzędzie oraz wykonany gwint z wiórów oraz oleju. Gwintowniki (rys. 4.33) służą do wykonywania gwintów wewnętrznych.




**Rys. 4.33.** Gwintownik [10]

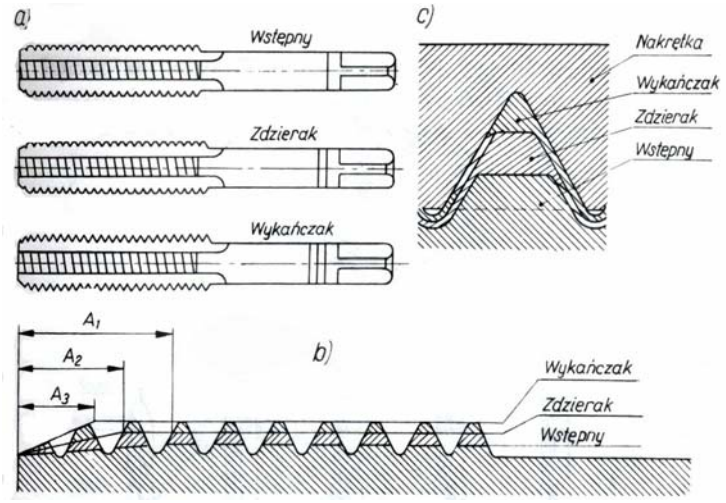
1 – część robocza, 2 – część skrawająca, 3 – część wygładzająca, 4 – chwyt, 5 – łeb kwadratowy, 6 – rowek, 7 – krawędź tnąca, 8 – powierzchnia natarcia, 9 – powierzchnia przyłożenia, α – kąt przyłożenia, β – kąt ostrza, γ – kąt natarcia, δ – skrawania

Przed wykonaniem gwintu należy wykonać otwór walcowy o odpowiedniej średnicy, zależnej od rozmiaru i rodzaju gwintu oraz rodzaju materiału, w którym gwint ma być nacięty. Wymiary średnic wierteł, które należy użyć do wiercenia otworów pod gwinty są podane w tabeli 1. Np. do wykonania gwintu M5 w stali należy wykonać otwór wiertłem o średnicy 4.2 mm.

**Tabela 1**.: Średnice wierteł do otworów pod gwinty [10]

| Gwint M | Średnica wiertła w mm | | Gwint M | Średnica wiertła w mm | | Gwint M | Średnica wiertła w mm | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | żeliwo i brąz | stal i mosiądz | | żeliwo i brąz | stal i mosiądz | | żeliwo i brąz | stal i mosiądz |
| 1 | 0,75 | — | 4 | 3,2 | 3,3 | 20 | 17 | 17,25 |
| 1,2 | 0,95 | — | 5 | 4,1 | 4,2 | 22 | 19 | 19,25 |
| 1,4 | 1,1 | — | 6 | 4,8 | 5,0 | 24 | 20,5 | 20,75 |
| 1,7 | 1,3 | — | 8 | 6,5 | 6,7 | 27 | 23,5 | 23,75 |
| 2 | 1,5 | 1,6 | 10 | 8,2 | 8,4 | 30 | 25,75 | 26,0 |
| 2,3 | 1,8 | 1,9 | 12 | 9,9 | 10 | 33 | 28,75 | 29,0 |
| 2,6 | 2,1 | 2,1 | 14 | 11,5 | 11,75 | 36 | 31,0 | 31,5 |
| 3 | 2,4 | 2,5 | 16 | 13,5 | 13,75 | 39 | 34,0 | 34,5 |
| 3,5 | 2,8 | 2,9 | 18 | 15,0 | 15,25 | 42 | 36,5 | 37,0 |

Do gwintowania ręcznego stosuje się komplet składający się z trzech gwintowników rys. 4.34:




**Rys. 4.34.** Gwintowniki do gwintowania ręcznego [10]

a–komplet, b– kolejne zarysy gwintu wykonane poszczególnymi gwintownikami, c–rozkład warstw zdejmowanych poszczególnymi gwintownikami

Gwintowniki łatwo rozróżnić, ponieważ na ich chwytach znajdują się wygrawerowane pierścienie. Na gwintowniku wstępnym znajduje się jeden pierścień, na zdzieraku dwa, a na wykańczaku trzy pierścienie. Należy wykonać gwint kolejno najpierw pierwszym, potem drugim i trzecim gwintownikiem. Ruchy wykonywane podczas gwintowania otworów są bardzo podobne do ruchów wykonywanych przy wykonywaniu gwintów zewnętrznych. Podczas gwintowania stosujemy smarowanie gwintownika. Przy gwintowaniu otworów w stali stosujemy olej lniany. W przypadku aluminium stosujemy naftę z domieszką oleju. Po wykonaniu gwintu należy oczyścić narzędzia i otwór gwintowany z wiórów i resztek smaru użytego do gwintowania. Wykonane gwinty sprawdzamy za pomocą sprawdzianów do gwintów.

Zasady bezpiecznej pracy podczas nacinania gwintów. Zasady są podobne do tych, które obowiązują podczas wiercenia. Wióry usuwamy za pomocą szczotki, nigdy palcami. Wiórów nie należy usuwać przez zdmuchiwanie, np. sprężonym powietrzem.

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

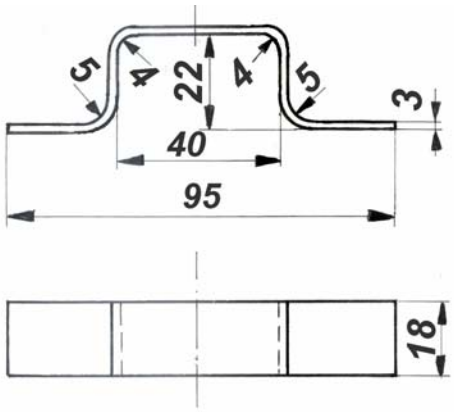
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jakim celu jest stosowane trasowanie?
2. W jaki celu stosujemy punktowanie?
3. Jakie narzędzia są używane przy trasowaniu i określić ich przeznaczenie?
4. Jakie są podstawowe zasady bezpiecznej pracy podczas trasowania?
5. W jaki sposób należy mocować przedmiot w imadle w celu wykonania przecinania piłką?
6. Jakie są podstawowe zasady bezpiecznej pracy podczas cięcia piłką?
7. W jaki sposób wykonujemy prostowanie prętów i wałków?
8. W jakim celu jest stosowane rozwiercanie?
9. Jakich narzędzi używamy do gwintowania?
10. Jakich narzędzi używamy do sprawdzania gwintów?

## 4.2.3. Ćwiczenia

**Ćwiczenie 1**

Oblicz długość L płaskownika stalowego potrzebnego do wygięcia wspornika pokazanego na rysunku.




**Rys. 4.35.** Rysunek do ćwiczenia 1

Uwaga:
Długość płaskownika jest długością linii obojętnej przebiegającej przez warstwę środkową płaskownika. Linia ta składa się z odcinków linii prostych i łuków okręgów. Promienie gięcia (tu 4 i 5 mm) podawane na rysunkach technicznych dotyczą powierzchni blachy, nie zaś linii obojętnej. Promienie gięcia odnoszące się do linii obojętnej są większe od promieni gięcia podanych na rysunku o pół grubości płaskownika.

Sposób wykonania ćwiczenia

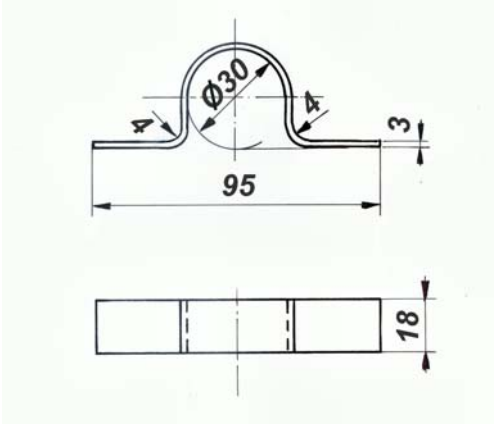
Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) obliczyć długości L [m],
2) zapisać wynik obliczeń: L =.....m.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 2**

Oblicz długość L płaskownika stalowego potrzebnego do wygięcia wspornika pokazanego na rysunku.




**Rys.4.36.** Rysunek do ćwiczenia 2

Sposób wykonania ćwiczenia

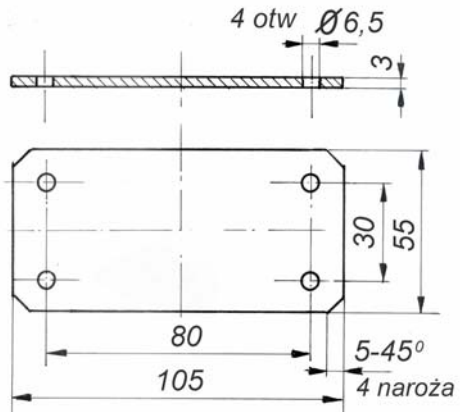
Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) obliczyć długości L [m],
2) zapisać wynik obliczeń: L =.....m.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 3**

Wytrasuj na arkuszu blachy zarys pokrywy pokazanej na rysunku poniżej. Materiał: blacha aluminiowa PA2 lub stalowa miękka o grubości 3 mm. Zaznacz otwory do wiercenia.




**Rys. 4.37.** Rysunek do ćwiczenia 3

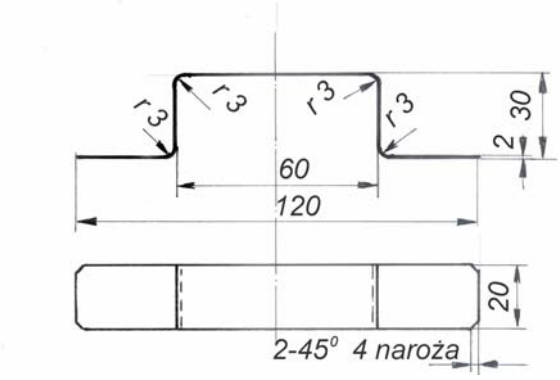
Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) przeczytać dokładnie rysunek techniczny oraz ustalić plan pracy,
2) zgromadzić właściwy materiał i narzędzia do trasowania i punktowania,
3) wytrasować w blasze zarys detalu zakładając ok. 0,5mm na obwodzie na obróbkę, która będzie polegać na:
– wycięciu detalu piłką,
– wyrównaniu krawędzi pilnikiem,
– wiercenia otworów,
4) w czasie ćwiczenia przestrzegać zasad bezpiecznej pracy,
5) po trasowaniu oczyścić i położyć na miejsce narzędzia traserskie oraz uprzątnąć stanowisko traserskie.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– rysunek techniczny detalu,
– narzędzia traserskie,
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 4**

Wytrasuj na arkuszu blachy stalowej miękkiej pas blachy do wykonania detalu pokazanego na rysunku.




**Rys.4.38.** Rysunek do ćwiczenia 4

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) dokładnie przeczytać rysunek techniczny i ustalić plan wykonania pracy,
2) obliczyć długość pasa blachy w rozwinięciu,
3) wybrać odpowiedni zestaw narzędzi traserskich,
4) wytrasować na arkuszu pas blachy z zachowaniem naddatku na obróbkę, która będzie polegać na wycięciu detalu piłką oraz wyrównaniu brzegów,
5) podczas pracy zachować zasady bezpiecznej pracy,
6) po trasowaniu oczyścić i odłożyć na miejsce narzędzia traserskie.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– rysunek techniczny detalu,
– narzędzia traserskie,
– Poradnik dla ucznia.

### 4.2.4. Sprawdzian postępów

| | Tak | Nie |
|---|---|---|
| **Czy potrafisz:** | | |
| 1) podać cel trasowania i punktowania? | ☐ | ☐ |
| 2) wymienić narzędzia do trasowania? | ☐ | ☐ |
| 3) ocenić prawidłowość zamocowania brzeszczotu w ramce piłki do cięcia metali? | ☐ | ☐ |
| 4) wymienić rodzaje pilników? | ☐ | ☐ |
| 5) podać sposób prostowania wałków? | ☐ | ☐ |
| 6) podać cel i sposób wykonywania rozwiercania otworów? | ☐ | ☐ |
| 7) wymienić narzędzie do pogłębiania otworów? | ☐ | ☐ |
| 8) obliczyć długość blachy lub płaskownika niezbędnego do wygięcia elementu o kształcie podanym na rysunku technicznym? | ☐ | ☐ |
| 9) wybrać średnicę wiertła potrzebnego do wykonania w elemencie mosiężnym otworu gwintowanego M8? | ☐ | ☐ |
| 10) podać sposób wykonywania gwintu zewnętrznego? | ☐ | ☐ |
| 11) wytrasować zarys zgodnie z rysunkiem technicznym? | ☐ | ☐ |
| 12) podać warunki bezpiecznej pracy podczas ręcznej obróbki metali? | ☐ | ☐ |

## 4.3. Maszynowa obróbka wiórowa

### 4.3.1. Materiał nauczania

**Obróbka wiórowa** (obróbka skrawaniem) polega na zmianie wymiarów przedmiotu przez usuwanie materiału w postaci wiórów. Maszynowa (mechaniczna) obróbka wiórowa jest wykonywana za pomocą maszyn nazywanych obrabiarkami skrawającymi. Ze względu na cechy ruchów narzędzia oraz przedmiotu obrabianego podczas obróbki wyróżnia się:

**Toczenie**

Przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy, narzędzie (nóż tokarski) najczęściej jest w tym czasie przesuwane równolegle do osi obrotu lub prostopadle do niej. Toczenie wykonuje się na obrabiarkach nazywanych tokarkami.

**Wiercenie**

Przedmiot jest nieruchomy zaś wiertło wykonuje ruch obrotowy i jednocześnie prostoliniowy postępowy ruch posuwowy. Wiercenie wykonuje się przeważnie na wiertarce, choć może być również wykonane na tokarce. Wówczas wiertło jest zamocowane nieruchomo w koniku tokarki natomiast obraca się przedmiot zamocowany w uchwycie tokarki.

**Frezowanie**

Narzędziem jest frez, który wykonuje ruch obrotowy, natomiast przedmiot obrabiany jest przesuwany, najczęściej prostoliniowo.

**Struganie**

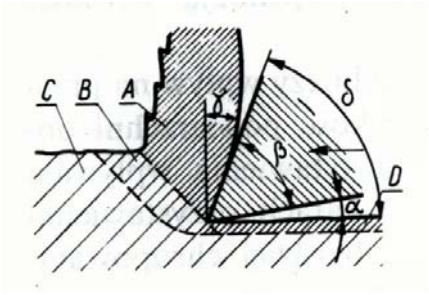
Przedmiot oraz narzędzie wykonują ruchy prostoliniowe. Struganie stosuje się do wykonywania płaszczyzn.

**Dłutowanie:** Przedmiot jest nieruchomy, natomiast narzędzie (nóż) wykonuje ruch posuwisto– zwrotny względem przedmiotu obrabianego.

Ze względu na małą wydajność procesów strugania i dłutowania, procesy te są zastępowane (tam, gdzie jest to możliwe) frezowaniem.

**Szlifowanie:** Narzędziem jest tarcza szlifierska (ściernica), która wykonuje ruch obrotowy oraz jeden lub dwa ruchy posuwowe. Przedmiot obrabiany może jednocześnie wykonywać drugi ruch posuwowy. Szlifowanie może służyć do obróbki płaszczyzn, wałków, otworów oraz powierzchni kształtowych (np. kół zębatych).

**Proces skrawania.** Podczas skrawania tworzy się wiór pokazany na rysunku 4.38:

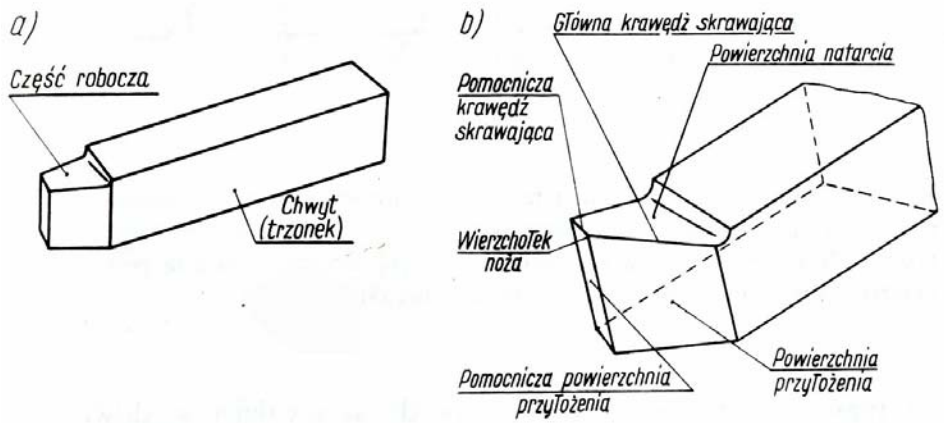



**Rys. 4.38.** Tworzenie się wióra podczas skrawania [10]

a – warstwa zgnieciona i oderwana, b – warstwa ściskana, c – materiał jeszcze nie odkształcony, d – warstwa zgnieciona po przejściu noża

Wiór może być: wstęgowy, schodkowy lub odpryskowy. Rodzaj wióra zależy od właściwości obrabianego materiału oraz ostrza i narzędzia skrawającego oraz szybkości skrawania. Materiały ciągliwe dają wiór wstęgowy. Materiały kruche takie, jak np.: żeliwo lub mosiądz dają wióry odpryskowe.

Najczęściej stosowanym narzędziem podczas obróbki skrawaniem jest nóż tokarski (rys. 4.39):

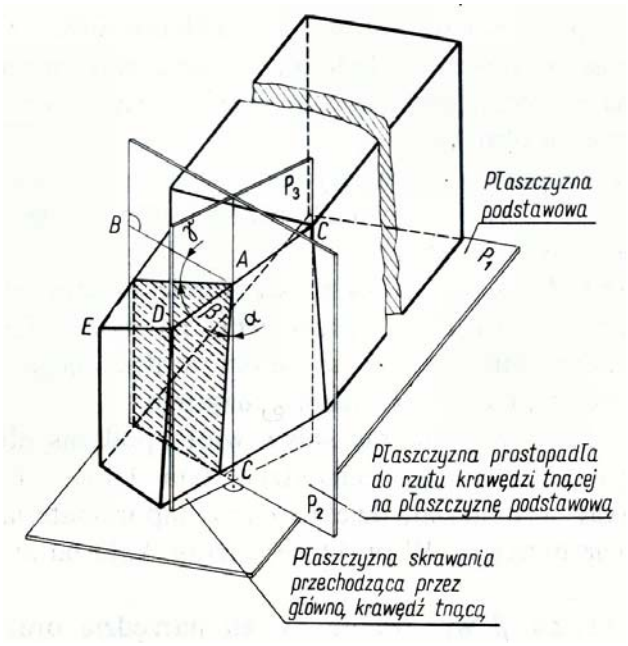



**Rys. 4.39.** Nóż tokarski [10]

a- części składowe, b– elementy części roboczej noża tokarskiego

Chwyt służy do mocowania noża w imaku nożowym tokarki. Część robocza służy do skrawania materiału. Powierzchnia natarcia przejmuje nacisk wióra. Powierzchnie przyłożenia wraz z powierzchnią natarcia tworzą krawędzie skrawające oraz główne kąty ostrza.

Na rysunku 4.40 pokazano nóż tokarski z zaznaczonymi głównymi kątami ostrza.




**Rys. 4.40.** Główne kąty ostrza noża tokarskiego [10]

Kąt przyłożenia α jest zawarty między prostopadłą AC do płaszczyzny podstawowej noża, a powierzchnią przyłożenia. Kąt natarcia γ jest zawarty między linią poziomą AB, a powierzchnią natarcia. Kąt ostrza β jest zawarty między powierzchnią przyłożenia, a powierzchnią natarcia. Kąt skrawania δ jest sumą kątów przyłożenia i ostrza $\delta = \alpha + \beta$. Kąty α , β , γ nazywa się głównymi kątami noża.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^0 .$$

Noże tokarskie mogą być: jednolite, gdy są wykonane z węglowej stali narzędziowej, noże z przylutowaną płytką z węglika spiekanego, noże, w których część robocza jest wykonana ze stali narzędziowej i jest zgrzana z chwytem wykonanym z tańszej stali konstrukcyjnej.

Parametry oraz warunki skrawania obejmują:

– przy toczeniu: posuw związany obrotami wrzeciona (mm/obr),

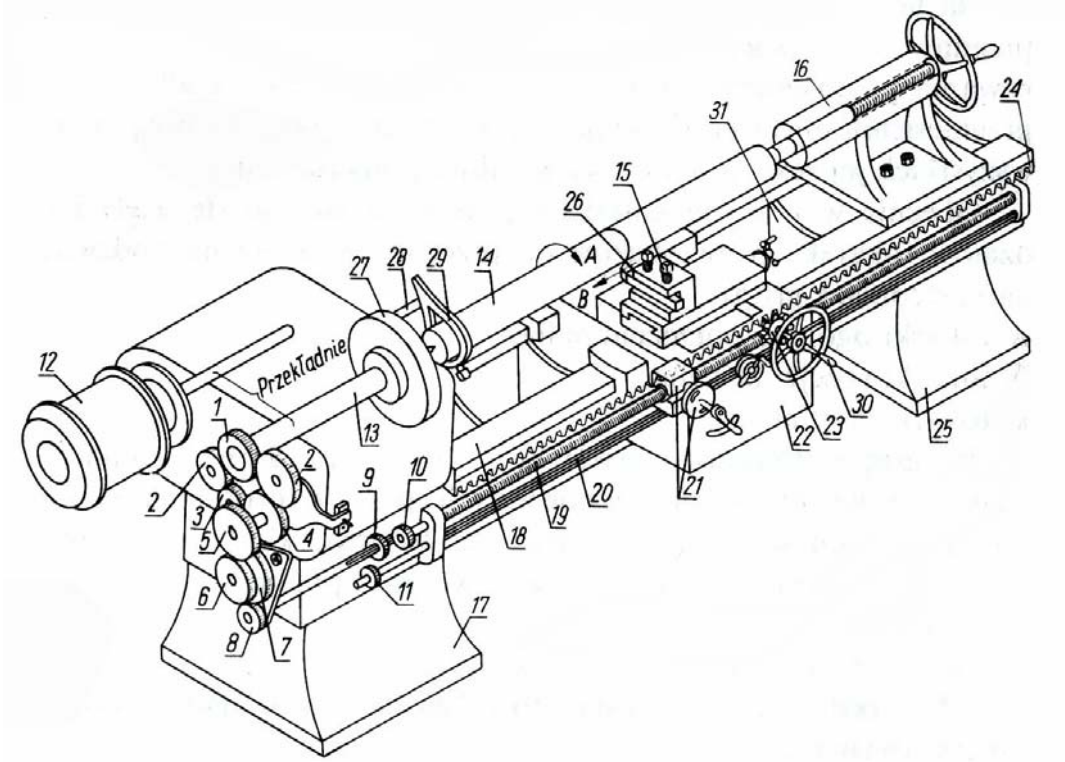
– przy frezowaniu: posuw odnoszący się do jednego zęba frezu (mm/1ząb).

Podczas maszynowej obróbki wiórowej na skutek tarcia wydzielają się duże ilości ciepła. Nagrzewa się ostrze oraz przedmiot obrabiany, co może doprowadzić do zniszczenia narzędzia skrawającego, np. jego rozhartowania i szybkiego stępienia. Dlatego podczas obróbki są stosowane ciecze chłodząco - smarujące. Ciecze te są nazywane chłodziwami.

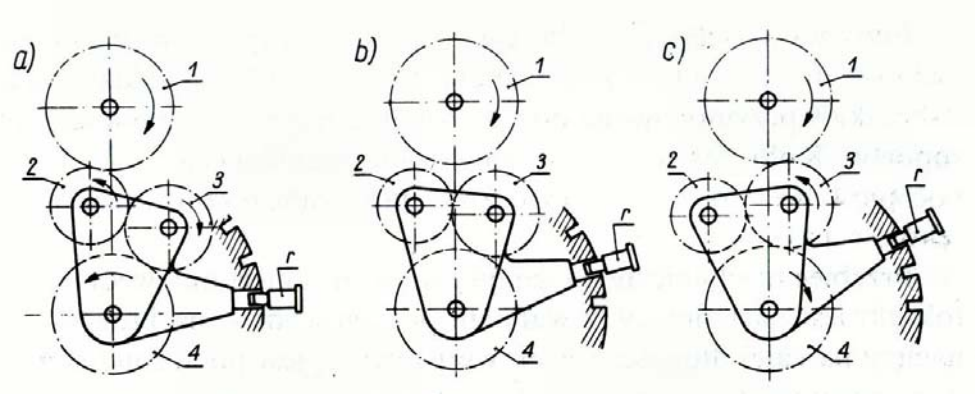
Tokarka jest obrabiarką przeznaczoną do toczenia powierzchni obrotowej. Na tokarce można wykonać również inne operacje, takie jak: wytaczanie, wiercenie, rozwiercanie, przecinanie, wykonywanie gwintów zewnętrznych i wewnętrznych. Tokarki występują w wielu odmianach i typach.

W grupie tokarek ogólnego przeznaczenia najbardziej uniwersalną jest tokarka pociągowa kłowa (rys. 4.42). Tokarka pociągowa jest wyposażona w śrubę pociągową, albo tzw. wałek pociągowy oraz zębatkę. Mechanizmy te służy do napędu suportu tokarki. Suport stanowi zespół konstrukcyjny obrabiarki wykonujący ruch posuwowy prostoliniowy w jednym lub dwóch kierunkach. W obrabiarce można wyróżnić następujące główne: podstawa 17 oraz 25, łoże 31, skrzynka suportowa 22, konik 16, imak narzędziowy 15 śruba pociągowa 19, wałek pociągowy 20, zespół przekładni zębatych do napędu wrzeciona 13. Wałek toczony 14 jest mocowany w kłach (po uprzednim wykonaniu na obu końcach wałka otworów tzw. nakiełków ). Jeden kieł jest w tulei konika 14 oraz wrzeciona 13. Napęd wrzeciona 13 jest przenoszony z silnika

elektrycznego 12 poprzez przekładnie pasowe oraz zębate. Napęd obrabianego wałka 14 jest przenoszony z tarczy zabierakowej związanej w wrzecionem 13 poprzez palec zabierakowy 28 i zabierak 29. Nóż tokarski 26 jest zamocowany w imaku nożowym 15, który wraz z suportem może się poruszać wzdłuż prowadnic 18 łoża 31. Loże jest wsparte na dwóch podstawach 17 i 25. Śruba pociągowa 19 lub wałek pociągowy 20 są napędzane z wrzeciona przez układ kół zębatych 1–8. W tym celu ruch obrotowy wrzeciona 13 przenoszą koła zębate 1, 2 lub 1, 2, 3 na koło 4. Koła te tworzą, tzw. nawrotnicę pokazaną na rysunku 4.43. Nawrotnica jest przekładnią zębatą o przełożeniu 1, która służy do zmiany kierunku obrotów wałka lub śruby pociągowej przy zachowaniu tego samego kierunku obrotów wrzeciona. Umożliwia to zmianę kierunku przesuwu mechanicznego sań wzdłużnych i poprzecznych.

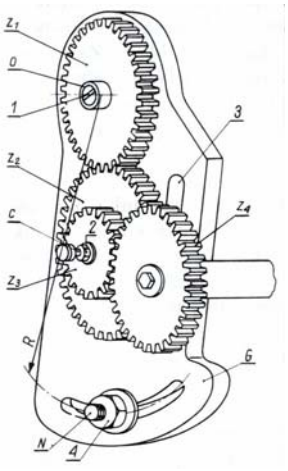



**Rys. 4.42.** Tokarka pociągowa kłowa [10]




**Rys.4.43.** Nawrotnica [10]

**Gitara i koła zmianowe** (rys.4.44) – stanowią mechanizm znajdujący się miedzy nawrotnicą a skrzynką posuwów, który jest używany przy nacinaniu gwintów na tokarce za pomocą noża tokarskiego. Przez odpowiedni dobór kół zmianowych (komplet różnych kół stanowi wyposażenie tokarki) jest ustalane przełożenie mechaniczne między wrzecionem 13, a śrubą pociągową 19.




**Rys. 4.44.** Gitara i koła zmianowe [10]

Przełożenie mechaniczne i między suportem, a wrzecionem jest równe:

$$i = S_h/S_{p,}$$

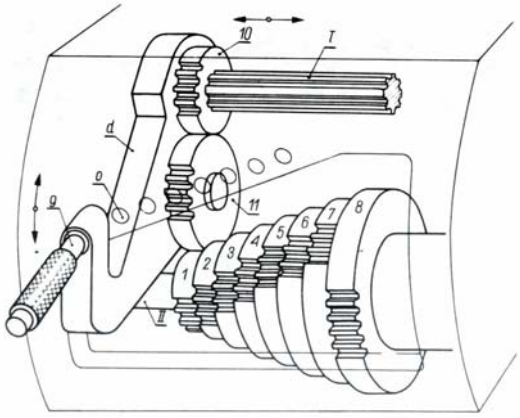
gdzie: $S_h$ – skok nacinanego gwintu,

$S_p$ – skok śruby pociągowej.

$$i = S_h/S_p \cdot z_1/z_2 \cdot z_3/z_4$$

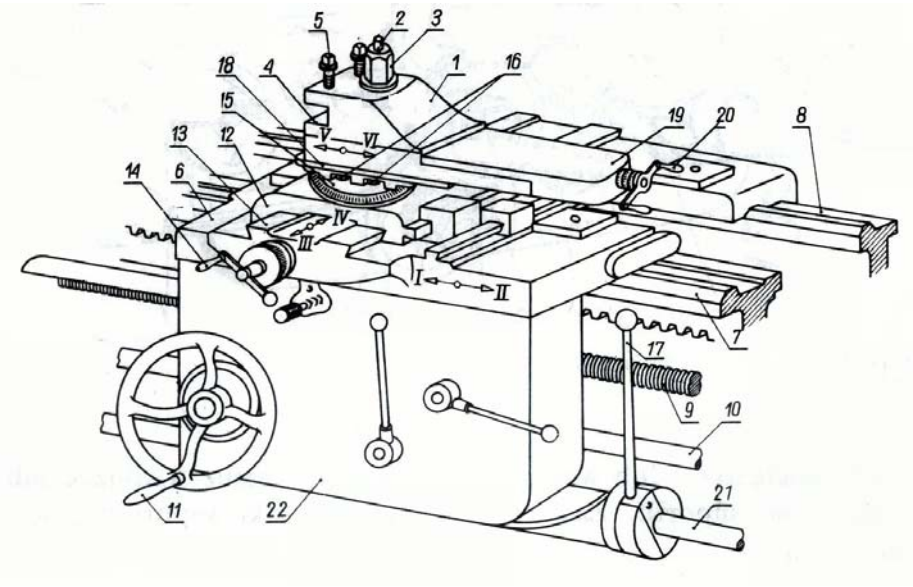
W komplecie kół zmianowych znajduje się koło zębate o 127 zębach. Koło to jest używane do nacinania gwintów calowych i rurowych, w których skok jest wyrażony w calach.

**Skrzynka posuwów** (rys. 4.45) jest mechanizmem tokarki, który służy do szybkiej zmiany przełożenia.




**Rys. 4.45.** Skrzynka posuwów (skrzynka Nortona) [10]

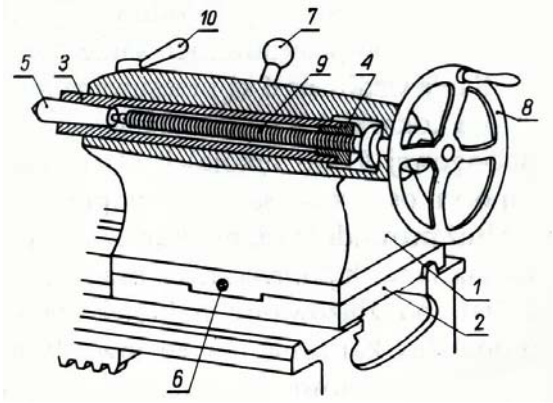
Napęd jest przenoszony od koła zmianowego na wałek wielowypustowy 1 z kołem przesuwnym 10, który jest osadzony na tym wałku . Koło to zazębia się z kołem zębatym 11, którego oś jest umieszczona na dźwigni d. Dźwignię d można wychylać w górę i w dół za pomocą rękojeści 9 i wybierać w ten sposób zazębienie koła 11 z jednym z kół 1–8,osadzonych na stałe na wałku II. Po zazębieniu kół dźwignię d zabezpiecza się w zadanym położeniu za pomocą sworznia lub zatrzasku. Skrzynka Nortona umożliwia wybór przełożenia między wrzecionem tokarki, a wałkiem pociągowym lub śrubą pociągową, a więc ustalenie wartości posuwu narzędzia w mm na jeden obrót wrzeciona. Suport (rys. 4.46) jest zespołem konstrukcyjnym wykonującym prostoliniowe ruchy posuwowe w kierunku równoległym lub prostopadłym do osi wrzeciona.




**Rys. 4.46.** Suport tokarki [10]

Do suportu jest mocowany imak nożowy 1 za pomocą śruby 2 z nakrętką 3. Podstawowymi częściami suportu są sanie wzdłużne 6 oraz sanie porzeczne 12. Na saniach poprzecznych jest mocowana obrotnica 15 używana, np. do toczenia powierzchni stożkowych. Sanie wzdłużne 6 są przesuwane mechanicznie po prowadnicach 7 za pomocą napędu tokarki za pośrednictwem wałka pociągowego 10 lub śruby pociągowej 9, względnie ręcznie za pomocą rękojeści 11. Podobnie, sanie poprzeczne są poruszane mechanicznie lub ręcznie za pomocą rękojeści 11.

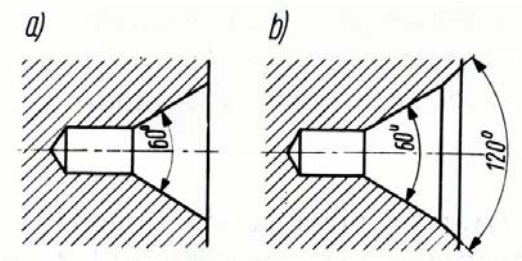
**Konik** – (rys. 4.47) służy do podtrzymywania w kłach przedmiotów podczas toczenia. Kieł jest osadzony w stożkowym otworze tulei 3. W otworze tym mogą być również osadzane narzędzia, takie jak wiertła, rozwiertaki, gwintowniki. Konik jest osadzony na prowadnicach łoża tokarki. Może być przesuwany i mocowany w dowolnym miejsca łoża za pomocą rękojeści 7.




**Rys.4.47.** Konik [10]

1– korpus konika, 2 – płyta, 3 – tuleja, 4 – nakrętka połączona na stałe z tuleją 3, 5 kieł, 6 – śruba, 7 – rękojeść do ustalania pozycji konika na prowadnicach łoża tokarki, 8 – pokrętło do przesuwania tulei, 9 – śruba, 10 – zacisk tulei konika

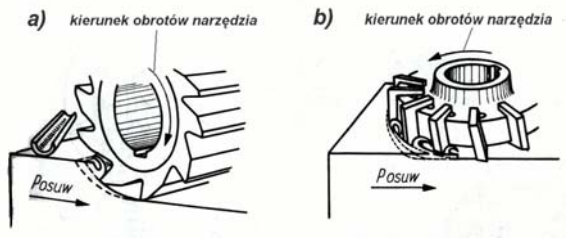
**Mocowanie przedmiotu w kłach –** Zamocowanie wałka w kłach wymaga uprzedniego wykonania nakiełków na powierzchniach czołowych wałka. Kształty nakiełków pokazano na rysunku 4.48. Nakiełki wykonuje się frezami do nakiełków na obrabiarkach nazywanych nakiełczarkami. Można je również wykonać na tokarce mocując wałek w uchwycie zaś frez do nakiełków w tulei konika.




**Rys.4.48.** Kształt nakiełków [10]

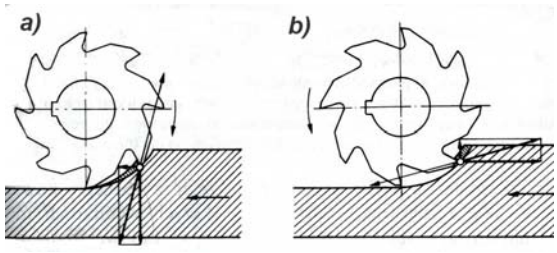
a – nakiełek zwykły , b– nakiełek chroniony

**Frezowanie i frezarki** – Podczas frezowania materiał jest oddzielany za pomocą obracającego się narzędzia wieloostrzowego nazywanego frezem na obrabiarce nazywanej frezarką. Frez wykonuje ruch obrotowy, zaś przedmiot wykonuje ruchy posuwowe względem obracającego się frezu. Frezowanie ma szerokie zastosowanie, głównie do obróbki powierzchni kształtowych, rowków, gwintów oraz wykonywania uzębień kół zębatych. Rozróżnia się frezowanie walcowe oraz czołowe (rys. 4.49).




**Rys 4.49.** Frezowanie [10]: a – walcowe, b– czołowe

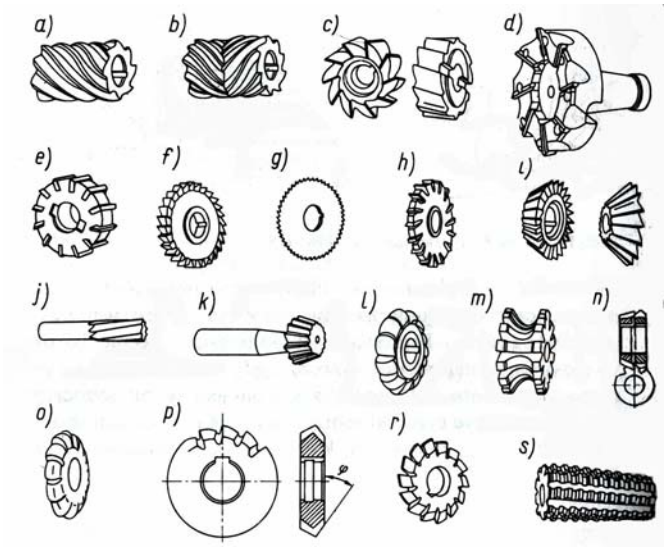
Zależnie od kierunku posuwu przedmiotu względem frezu mamy frezowanie przeciwbieżne lub współbieżne (rys. 4.50):




**Rys. 4.50.** Frezowanie [10]: a – współbieżne, b – przeciwbieżne

Przy frezowaniu współbieżnym, na początku pracy zęba frezu, przy jego „wejściu" w materiał jest oddzielany duży fragment materiału, siła skrawania jest więc na początku bardzo duża. Mamy więc do czynienia z uderzeniowym wejściem frezu w materiał. Z tych powodów frezowanie współbieżne jest rzadko stosowane. Mimo, że frezowanie współbieżne jest bardziej wydajne niż frezowanie przeciwbieżne to jednak ma ono istotne wady: wymaga bardzo sztywnych (i bardziej kosztownych) mechanizmów posuwowych frezarek ponieważ podczas obróbki istnieje tendencja to powstawania drgań obrabiarki.

**Frezy** – (rys.4.51) są wykonywane z wysokogatunkowej stali narzędziowej, zwykle szybkotnącej (np. NC 6 lub NC10). Większe frezy mają ostrza wykonane z płytek z węglików spiekanych przylutowanych do chwytów wykonanych ze stali konstrukcyjnej. W dużych frezach (głowicach frezerskich) jako ostrza są stosowane wymienne płytki z węglików spiekanych.

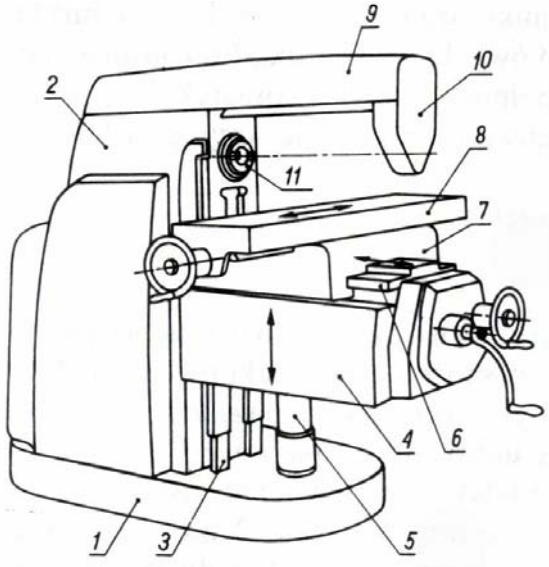



**Rys. 4.51.** Rodzaje frezów [10]

a – walcowy, b – zespolony walcowy, c – walcowo – czołowy, d – głowica frezerska, e – głowica nasadzana , f – frez tarczowy trzystronny, g – piłka frezerska (frez piłkowy), h – tarczowy trzystronny o wymiennych ostrzach, i – kątowy, j – palcowy, k – trzpieniowy, (l,m,o) – kształtowe, n – zespolony do rozwiertaków, p – do frezów, r – kształtowy do kół zębatych, s – modułowy do kół zębatych

**Frezarki –** dzieli się na ogólnego przeznaczenia (uniwersalne), specjalizowane, specjalne.

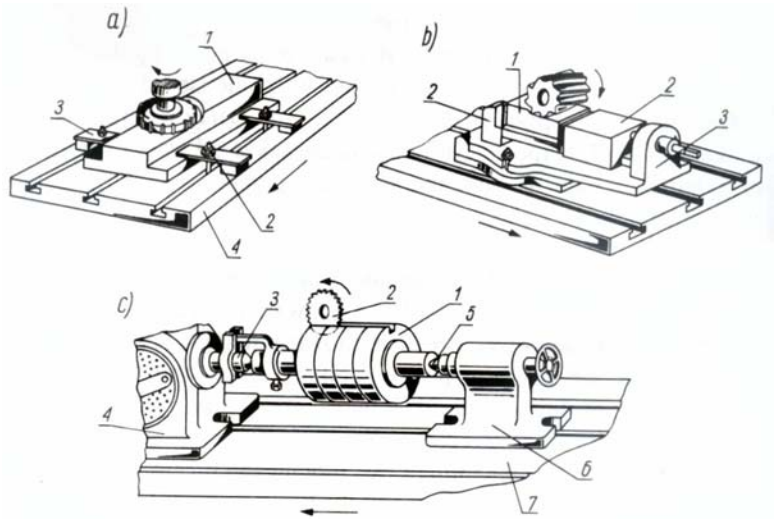
Najbardziej rozpowszechnione są frezarki ogólnego przeznaczenia wspornikowe, które dzielą się na frezarki poziome – a i b oraz pionowe c. Frezarki wspornikowe poziome mają poziomą oś wrzeciona (rys. 4.52):




**Rys. 4.52.** Frezarka wspornikowa pozioma [10]

1– podstawa, 2 – korpus, 3 – sanie pionowe, 4 – stół, 5 – wspornik śrubowy, 6 – prowadnice poziome, 7 – suport poprzeczny, 8 – suportowy stół roboczy , 9 – belka, 10 – podtrzymka trzpienia frezarskiego. Na rysunku trzpień nie został pokazany

Stół roboczy jest wyposażony w rowki teowe. Przedmiot obrabiany jest mocowany na stole roboczym 8 za pomocą docisków obrabiarki (rys. 4.53):




**Rys.4.53.** Mocowanie przedmiotów na frezarce [10]

a – bezpośrednio na stole frezarki: 1– przedmiot obrabiany, 2 – śruby teowe, 3 – nakładki, 4 – stół,

b – w imadle maszynowym,

c – we wrzecionie podzielnicy oraz w kle konika: 1– przedmiot obrabiany, 2 – frez, 3 – kieł zamocowany w podzielnicy , 5 – kieł zamocowany w koniku, 6 – konik, 7 – stół frezarki

**Szlifowanie i szlifierki** – Szlifowanie jest obróbka wiórową wykonywana za pomocą ściernica obrabiarkach nazywanych szlifierkami. Ziarna ściernicy są wykonane z bardzo twardego minerału, np. korundu, a nawet diamentu. Prędkość obwodowa ściernicy wynosi od 10 do 80 m/s.

Podczas szlifowania wydzielają się na skutek tarcia duże ilości ciepła. Dlatego też szlifowanie wymaga intensywnego chłodzenia przedmiotu obrabianego oraz ściernicy cieczami chodząco – smarującymi. Ściernice używane do szlifowania dzieli się na nasadzane i na trzpieniowe. Ściernice nasadzane mogą mieć rozmaite kształty poprzeczne.

W czasie pracy kształt poprzeczny ściernic ulega zniekształceniu. Dlatego też tarcze muszą być co pewien czas wyrównywane i czyszczone. Do wyrównywania tarcz stosuje się narzędzia diamentowe osadzone w oprawkach. Do czyszczenia używa się specjalnych narzędzi do czyszczenia ściernic.

Szlifierki dzielą się na: ogólnego przeznaczenia, specjalizowane oraz specjalne.

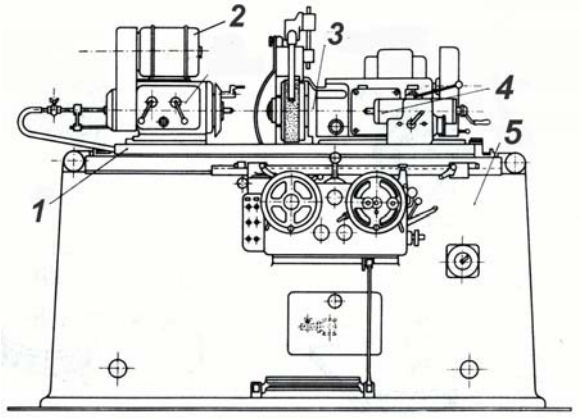
Szlifierki ogólnego przeznaczenia dzielą się na: szlifierki do wałków, szlifierki do otworów, szlifierki do płaszczyzn. Szlifierki do wałków dzieli się z kolei na szlifierki kłowe i bezkłowe.

W szlifierce kłowej wałek jest mocowany w kłach napędzanego wrzeciennika. Ściernica jest zamocowana we wrzecionie ściernicy i wykonuje ruch obrotowy.

Szlifierka do wałków (rys. 4.54) składa się z następujących zespołów: łoża 5, stołu 1, wrzeciennika napędzanego silnikiem elektrycznym 2, głowicy szlifierskiej napędzanej osobnym silnikiem 3 oraz konika 4. Głowica szlifierska może wykonywać ruchy wzdłużne oraz poprzeczne do osi szlifowanego wałka. Szlifierki uniwersalne są ponadto wyposażone w obrotnicę, dzięki czemu jest możliwe skręcenie głowicy o pewien kąt. Szlifierka jest wyposażona w obrotnicę umożliwia szlifowanie stożków.

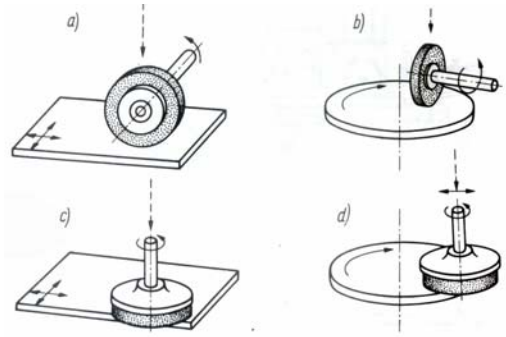
Szlifierki do płaszczyzn umożliwiają szlifowanie płaskich powierzchni zewnętrznych. Mogą mieć wrzeciono ustawione poziomo lub pionowo. W szlifierkach z głowicą pionową ściernica pracuje stroną czołową, zaś w szlifierkach z głowicą poziomą ściernica pracuje powierzchnią walcową. Ruch stołu może być postępowy – zwrotny lub obrotowy. W związku z tym szlifierki

do płaszczyzn dzielimy na (rys. 4.55): z poziomą osią wrzeciona i stołem wykonującym ruch postępowy – zwrotny w dwóch kierunkach (a), z poziomą osią wrzeciona i obrotowym ruchem stołu (b), z pionową osią wrzeciona i ruchem postępowym – zwrotnym w dwóch kierunkach (c), z pionową osią wrzeciona i obrotowym ruchem stołu (d).




**Rys.4.54.** Szlifierka do wałków [10]

1 – stół, 2 – silnik napędu wrzeciennika, 3 – głowica szlifierska, 4 – konik, 5 – łoże




**Rys. 4.55.** Układy szlifierek do płaszczyzn [10]

## 4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie są rodzaje obróbki wiórowej?
2. Czym charakteryzuje się proces toczenia?
3. Czym charakteryzuje się proces wiercenia?
4. Czym charakteryzuje się proces frezowania?
5. Czym charakteryzuje się proces strugania?
6. Czym charakteryzuje się proces dłutowania?
7. Czym charakteryzuje się proces szlifowania?
8. Z jakich części składa się nóż tokarski?
9. Jakie charakterystyczne kąty występują w nożu tokarskim?
10. Jakie są parametry skrawania?
11. Jak zbudowana jest tokarka pociągowa kłowa?
12. Z jakich zespołów zbudowana jest frezarka wspornikowa pozioma?
13. Jakie są rodzaje frezów?
14. Jak zbudowana jest szlifierka?

## 4.3.3. Ćwiczenia

**Ćwiczenie 1**

Rozpoznaj narzędzia do obróbki wiórowej.

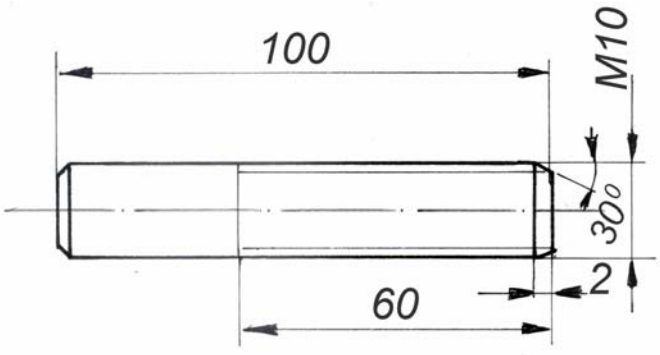
Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) zidentyfikować narzędzia do obróbki wiórowej korzystając z katalogów,
2) odczytać parametry narzędzi,
3) zanotować nazwy i parametry.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– zestaw narzędzi do obróbki wiórowej,
– katalogi,
– Poradnik dla ucznia.

**Ćwiczenie 2**

Wytocz z pręta stalowego ciągnionego detal przedstawiony na rysunku.




**Rys. 4.56.** Rysunek do ćwiczenia 2

Po wytoczeniu wykonaj ręcznie posługując się odpowiednimi narzędziami gwint M10 na długości 60mm.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) dokładnie przeczytać rysunek techniczny i ustalić plan dalszej pracy,
2) odciąć piłką odcinek pręta (sworzeń) o długości ok. 102 mm zachowując naddatek 2 mm na obróbkę,
3) zamocować sworzeń jednym końcem w uchwycie tokarki,
4) zamocować odpowiedni nóż tokarski w imaku nożowym,
5) ustawić odpowiednią prędkość wrzeciona,
6) założyć osłony na tokarkę,
7) posługując się pokrętłami do posuwów ręcznych wykonać planowanie powierzchni czołowych wałka oraz zakończenie stożkowe w celu lepszego prowadzenia narzędzia przy nacinaniu gwintu,

8) po obróbce wyjąć detal z uchwytu i jeszcze raz sprawdzić wymiary z rysunkiem,.
9) zamocować detal w imadle korzystając z nakładek do mocowania wałków,.
10) wykonać gwint korzystając z odpowiednich narzędzi,
11) sprawdzić prawidłowość wykonania gwintu nakręcając odpowiedni sprawdzian, a w ostateczności nakrętkę M10,
12) oczyścić i odłożyć na miejsce narzędzia oraz wyłączyć i oczyścić tokarkę,
13) w czasie wykonywania czynności roboczych przestrzegać zasad bezpiecznej pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:
– piłka do metalu,
– tokarka z oprzyrządowaniem,
– zestaw narzynek,
– sprawdzian do gwintów.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

| | Tak | Nie |
|---|---|---|
| **Czy potrafisz** | | |
| 1) określić rodzaje obróbki wiórowej? | ☐ | ☐ |
| 2) scharakteryzować proces toczenia? | ☐ | ☐ |
| 3) scharakteryzować proces wiercenia? | ☐ | ☐ |
| 4) scharakteryzować proces frezowania? | ☐ | ☐ |
| 5) scharakteryzować proces strugania? | ☐ | ☐ |
| 6) scharakteryzować proces dłutowania? | ☐ | ☐ |
| 7) scharakteryzować proces szlifowania? | ☐ | ☐ |
| 8) wymienić części składowe noża tokarskiego? | ☐ | ☐ |
| 9) określić kąty występujące w nożu tokarskim? | ☐ | ☐ |
| 10) określić parametry skrawania? | ☐ | ☐ |
| 11) wymienić i rozpoznać zespoły tokarki pociągowej kłowej? | ☐ | ☐ |
| 12) wymienić i rozpoznać zespoły zbudowana frezarki wspornikowej poziomej? | ☐ | ☐ |
| 13) wykonać operacje obróbki skrawaniem na obrabiarce zgodnie z rysunkiem technicznym? | ☐ | ☐ |
| | ☐ | ☐ |

## 4.4.Złącza spajane

### 4.4.1. Materiał nauczania

**Połączenia spajane** – są połączeniami nierozłącznymi.

Połączenia spawane dzielimy na: spawane, zgrzewane, lutowane i klejone.

**Połączenia spawane** – powstają na skutek stopienia spoiwa oraz brzegów materiałów łączonych. Spawać można metale oraz tworzywa sztuczne. Przy spawaniu metali stopiony w obszarze spoiny metal stygnąc krzepnie i łączy trwale obie części materiału łączonego.

W zależności od źródła ciepła użytego do stopienia materiału elementów łączonych oraz spoiwa rozróżnia się: spawanie gazowe i spawanie elektryczne łukowe.

**Spawanie gazowe** – polega na stopieniu brzegów materiałów łączonych i spoiwa ciepłem powstającym przy spalaniu acetylenu w obecności tlenu. Spawanie gazowe stosuje się przede

wszystkim do spawania przedmiotów stalowych o niewielkich grubościach, takich jak np. zbiorniki, rury, rurociągi.

Spawanie elektryczne łukowe – polega na stopieniu brzegów materiałów łączonych i spoiwa ciepłem pochodzącym od łuku wyładowania elektrycznego. Najczęściej jest stosowane spawanie łukiem krytym – w którym łuk jarzy się pod warstwą topnika. Używa się elektrody topliwej otulonej warstwą topnika. Podczas spawania wydzielają się gazy tworzące wokół łuku osłonę oraz żużel, który wypływając na powierzchnię oczyszczają metal zapobiegając tworzeniu się na jego powierzchni tlenków.

**Spawanie metodą MIG** – jest odmianą spawania łukowego za pomocą elektrody topliwej, w osłonie gazów obojętnych, takich jak, np. argon lub hel. Ten rodzaj spawania jest używany do spawania stali nierdzewnych i kwasoodpornych oraz aluminium, magnezu i miedzi. Podczas spawania elektroda w postaci drutu jest wysuwana z rurki, przez którą dopływa do łuku gaz obojętny.

**Spawanie metodą MAG** – jest odmianą spawania łukowego za pomocą elektrody topliwej w osłonie gazów aktywnych chemicznie, w skład których wchodzi dwutlenek węgla, argon i tlen. Jest stosowane przy spawaniu konstrukcji budowlanych, w przemyśle stoczniowym do spawania kadłubów statków.

**Spawanie metodą TIG** – jest spawaniem łukowym elektrodą nietopliwą wykonaną z wolframu w osłonie gazów obojętnych.

Istnieją również inne rodzaje spawania takie jak: spawanie elektronowe, w którym źródłem ciepła jest zogniskowana wiązka strumienia elektronów wytwarzana przez żarzącą się elektrodę wolframową. Spawanie odbywa się w próżni i jest używana do spawania bardzo trudno spawalnych metali, takich jak, np. tytan, molibden, tantal, wolfram.

W spawaniu laserowym źródłem ciepła jest energia promienia lasera, natomiast w spawaniu plazmowym źródłem ciepła jest energia strumienia plazmy.

**Zgrzewanie elektryczne** jest sposobem łączenia materiałów o niewielkich grubościach takich jak folie lub blachy. Miejsce styku dwóch metali wykazuje opór elektryczny dla przepływającego prądu. Przy dostatecznym natężeniu wydziela się ciepło, które doprowadza miejsce przepływu prądu do stanu ciastowatości. Pod wpływem nacisku stykające się części łączą się bez trudu. Do zgrzewania stosuje się źródła prądu dające natężenie rzędu kilku tysięcy amperów, przy stosunkowo niskim napięciu. Wyróżniamy zgrzewanie: punktowe, liniowe lub garbowe.

**Lutowanie** – jest metodą spajania metali za pomocą wprowadzenia między łączone powierzchnie innego roztopionego metalu lub stopu nazywanego spoiwem. Temperatura topnienia spoiwa jest niższa niż temperatura łączonych metali.

Rozróżnia się **lutowanie lutami miękkimi**, których temperatura topnienia jest niższa niż $500^0$ C. Lutowanie lutami miękkimi (spoiwami cynowo – ołowiowymi) stosuje się do łączenia niewielkich elementów w przemyśle elektrotechnicznym, w elektronice. Do lutowania potrzebne są topniki zapobiegające utlenianiu się lutu i łączonych powierzchni. To lutowania stali, mosiądzu i miedzi, jako topnika używa się wody lutowniczej, którą tworzy chlorek cynku rozpuszczony w wodzie.

**Lutowanie lutami twardymi**, których temperatura topnienia jest wyższa niż $500^0$ C. Gdzie spoiwami są najczęściej: mosiądz, brąz lub srebro. Luty te stosuje się do łączenia elementów przenoszących znaczne naprężenia. Ukształtowanie łączonych elementów powinno być takie, aby połączenie lutowane przenosiło tylko naprężenia tnące. Przebieg lutowania jest następujący:

a) dokładnie oczyścić i dopasować do siebie powierzchnie lutowanych części. Im cieńsza będzie warstwa lutu tym połączenie będzie bardziej wytrzymałe,
b) posmarować powierzchnie łączone roztworem boraksu,
c) umieścić lut w postaci blaszki mosiężnej, brązowej lub srebrnej wzdłuż szwu lub między łączone powierzchnie,
d) związać części drutem i posypać boraksem,
e) nagrzewać łączone miejsce palnikiem gazowym lub lampą lutowniczą aż lut się stopi i wniknie między łączone powierzchnie. Należy uważać aby nie przegrzać spoiny,
f) po wykonaniu lutowania studzi się polutowane elementy na powietrzu, następnie czyści się powierzchnię złącza roztworem wodorotlenku sodu, który usuwa powstałe tlenki,
g) usunąć nadmiar lutu pilnikiem.

Lutowanie w wielu przypadkach jest korzystniejsze od spawania zwłaszcza przy łączeniu precyzyjnych i delikatnych elementów. Łączone części nie są nagrzewane do tak wysokich temperatur jak przy spawaniu. Stopiony jest tylko lut bez nadtapiania elementów łączonych, co ma miejsce podczas spawania. Przy lutowaniu nie występują tak duże naprężenia cieplne jak przy spawaniu, nie powstaje więc niebezpieczeństwo zmian kształtu łączonych elementów.

**Zasady bezpiecznej pracy podczas lutowania lutem twardym**

Elementy lutowane powinny być mocowane w szczękach imadła lub też w innym uchwycie. Podczas nagrzewania elementów palnikiem gazowym należy zachować szczególną ostrożność aby uniknąć poparzenia płomieniem palnika lub też kapiącym lutowiem. Należy dbać aby w pomieszczeniu działała sprawna wentylacja. Pracować w okularach ochronnych oraz odpowiedniej odzieży ochronnej zawierającej: fartuch, rękawice oraz obuwie.

**Klejenie** jest coraz częściej stosowane do łączenia: metali ze sobą, metale z niemetalami, metale z tworzywami sztucznymi, szkłem, porcelaną i innymi materiałami. Klejenie jest stosowane w produkcji nowych wyrobów oraz we wszelkiego rodzaju naprawach. Do klejenia metali używa się całej gamy klejów, do której zaliczamy: kleje epoksydowe, fenolowe, karbinolowe, poliuretanowe, silikonowe, winylowe itp. Są to najczęściej substancje dwuskładnikowe, które miesza się w określonych proporcjach tuz przed operacją klejenia. Wybór klejów jest bardzo duży, a przed ich stosowaniem warto zapoznać się ze wskazówkami producenta podawanymi w poradnikach, zaleceniach i instrukcjach stosowania. Bardzo ważne jest podczas klejenia przestrzeganie czystości. Powierzchnie do klejenia należy dokładnie oczyścić i zmyć zmywaczem zalecanym przez producenta kleju. Wszelkie zabrudzenia, np. cienka, niewidoczna warstwa tłuszczu obniżają jakość spoiny klejowej. Często do odtłuszczania stosuje się trójchloroetylen (tri). Po odtłuszczeniu należy nałożyć cienką warstwę kleju i docisną powierzchnie do siebie. Docisk powinien trwać do czasu utwardzenia kleju który jest podany przez producenta.

Proces klejenia należy do tanich i prostych.

W budowie maszyn najczęściej stosuje się:

1. kleje epoksydowe – do łączenia metali, szkła, ceramiki , tworzyw sztucznych i do uszczelniania popękanych odlewów,
2. kleje fenolowe – dołączenia metali, szkła, drewna, termoutwardzalnych tworzyw sztucznych,
3. kleje winylowe – do łączenia metali ze sobą, ze szkłem, ceramiką, drewnem, tworzywami sztucznymi,
4. kleje kauczukowe – do łączenia gumy ze stalą, mosiądzem, aluminium.

5. Kleje anaerobowe – do uszczelniania połączeń gwintowanych, np. w połączeniach pneumatycznych i hydraulicznych oraz zabezpieczania śrub i nakrętek w warunkach drgań

Kleje anaerobowe stanowią stosunkowo nową grupę klejów. Kleje te są również stosowane do montażu łożysk. W połączeniach śrubowych zastępują, np. podkładki sprężyste w przypadku drgań. Znamienną cechą klejów anaerobowych jest to, że ulegają one utwardzeniu wówczas jeśli tracą kontakt z powietrzem. W naczyniach, w których są przechowywane musi więc znajdować się wolna przestrzeń wypełniona powietrzem bo w przeciwnym razie klej ulega stwardnieniu. Kleje te są produkowane w wielu odmianach różniących się siłą oraz szybkością wiązania.
Np. wyróżniamy kleje wolno, średnio i szybko wiążące, o bardzo dużej, średniej i słabej sile wiązania. Umożliwia to wybór i zastosowanie odpowiedniego kleju do danego zastosowania.

Wykonując połączenie klejone należy łączone powierzchnie gwintowane odtłuścić, przemywając je, np. benzyną ekstrakcyjną (nie lakową!), a następnie smarować powierzchnie gwintu klejem i skręcić oba łączone elementy. Rola połączeń klejonych wzrasta. Są coraz częściej stosowane w przemysłach: samochodowym, lotniczym, stoczniowym oraz w kolejnictwie.

**Zasady bezpiecznej pracy przy klejeniu** – Substancje używane podczas klejenia są szkodliwe dla oczy, skórę i dróg oddechowych. Dlatego też klejenie należy wykonywać w odzieży ochronnej, w rękawicach gumowych, w fartuchu szczelnie przylegającym do szyi i przegubów rąk. Należy używać okularów ochronnych lub maski zakrywającej również twarz. Pomieszczenia powinny mieć sprawną i działającą wentylację usuwającą skutecznie z pomieszczenia opary szkodliwych substancji. Podczas przygotowania powierzchni do klejenia często stosuje się ich mycie za pomocą trójchloroetylenu (TRI), który jest bardzo skutecznym środkiem odtłuszczającym. Należy jednak pamiętać o zachowaniu szczególnej ostrożności w posługiwaniu się tą substancją z powodu jej szkodliwości dla zdrowia i używać jej tylko w przypadku sprawnej instalacji wentylacyjnej w pomieszczeniu.

## 4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Czym charakteryzuje się proces spawania gazowego?
2. Czym charakteryzuje się proces spawania metodą MIG?
3. Czym charakteryzuje się proces spawania metodą MAG?
4. Czym charakteryzuje się proces spawania TIG?
5. Czym charakteryzuje się proces zgrzewania elektrycznego?
6. Jakie są różnice między lutowaniem lutem miękkim, a twardym?
7. Jakie są etapy procesu klejenia?
8. Jakie kleje stosuje się do łączenia poszczególnych materiałów ze sobą?

## 4.4.3.Ćwiczenia

**Ćwiczenie 1**

Wykonaj klejenie różnych materiałów ze sobą.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

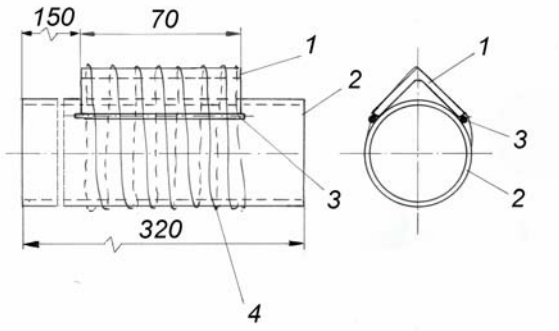
1) zidentyfikować materiały do klejenia,
2) sprawdzić, jakimi klejami dysponujesz,
3) pogrupować materiały ze względu na rodzaj kleju, jakim będą klejone,
4) skleić wskazane przez nauczyciela materiały przestrzegając ogólnych zaleceń dotyczących klejenia oraz szczegółowych zaleceń producenta kleju.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– elementy z różnych materiałów, takich jak: metal, porcelana, szkło tworzywa sztuczne, guma, drewno,
– kleje: epoksydowy, fenolowy, kauczukowy, winylowy,
– stanowisko do klejenia.

**Ćwiczenie 2**

Wykonaj lutowanie lutem twardym wspornika wg rysunku poniżej. Jako lutowia użyj mosiądzu.




**Rys. 4.57.** Rysunek do ćwiczenia 2

1 – kątownik stalowy 25x25x2.5 o długości 70mm, 2 – rura stalowa bez szwu precyzyjna 45x2 o długości 320mm, 3 – drut mosiężny Ø 1 (M63), 4 – drut stalowy Ø 0,3 do związania łączonych części.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) dokładnie oczyścić i dopasować do siebie powierzchnie lutowanych części: wspornika 1 oraz rury 2. Im bardziej będą dopasowane lutowane części tym cieńsza będzie warstwa lut i połączenie będzie bardziej wytrzymałe,
2) posmarować powierzchnie łączone roztworem boraksu,
3) umieścić lut w postaci drutu mosiężnego wzdłuż szwu,
4) związać części drutem 4 i posypać boraksem,

5) zamocować koniec rury w szczękach imadła korzystając z odpowiednich nakładek do rur,
6) nagrzewać łączone miejsce palnikiem gazowym lub lampą lutowniczą aż lut się stopi i wniknie między łączone powierzchnie. Należy uważać aby nie przegrzać spoiny,
7) po wykonaniu lutowania poczekać aż polutowane elementy wystygną na powietrzu. usunąć wtedy drut, który służył do związania elementów,
8) oczyścić powierzchnię złącza roztworem wodorotlenku sodu, który usuwa powstałe tlenki,
9) usunąć nadmiar lutu pilnikiem.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– uchwyt do mocowania lutowanych elementów , np. imadło z nakładkami,

– palnik gazowy,

– stanowisko do lutowania wyposażone w sprawnie działającą wentylację,

– odzież ochronna i okulary,

– szczotka druciana,

– pilnik,

– odczynniki chemiczne w naczyniach w tym: boraks w postaci roztworu oraz postaci sypkiej, wodny roztwór wodorotlenku sodu.

## 4.4.4. Sprawdzian postępów

| | Tak | Nie |
|---|---|---|
| **Czy potrafisz** | ☐ | ☐ |
| 1) określić, czym charakteryzuje się proces spawania gazowego? | ☐ | ☐ |
| 2) określić, czym charakteryzuje się proces spawania metodą MIG? | ☐ | ☐ |
| 3) określić, czym charakteryzuje się proces spawania metodą MAG? | ☐ | ☐ |
| 4) określić, czym charakteryzuje się proces spawania TIG? | ☐ | ☐ |
| 5) określić, czym charakteryzuje się proces zgrzewania elektrycznego? | ☐ | ☐ |
| 6) określić, jakie są różnice między lutowaniem lutem miękkim, a twardym? | ☐ | ☐ |
| 7) wymienić etapy procesu klejenia? | ☐ | ☐ |
| 8) skleić różne materiały? | ☐ | ☐ |

# 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

## INSTRUKCJA DLA UCZNIA

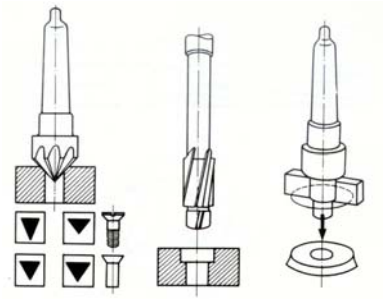
1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 10 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa. Zadania 1, 3, 5 wymagają przeprowadzenia obliczeń. Wykonaj je na dodatkowej kartce i dołącz do karty odpowiedzi. Wymienione zadania bez załączonych obliczeń, nie będą uznane.
5. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak 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, odłóż rozwiązanie zadania na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 35 min.

### Zestaw zadań testowych

1. Dla wymiaru H = $10^{+0,2}_{-0,1}$ wymiary graniczne A, B oraz tolerancja T wynoszą:

a) A=9,8, B= 10,1, T = 0,3.
b) A= 9,9, B= 10,2, T = 0,3.
c) A= 9,9, B= 10,1, T= 0,2.
d) A= 9,9, B=10,2, T= 0,2.

2. Na rysunku przedstawiono operację:



a) wiercenia.
b) pogłębiania.
c) gwintowania.
d) rozwiercania.

3. Luzy graniczny Smax i Smin pasowania wałka i otworu o następujących wymiarach

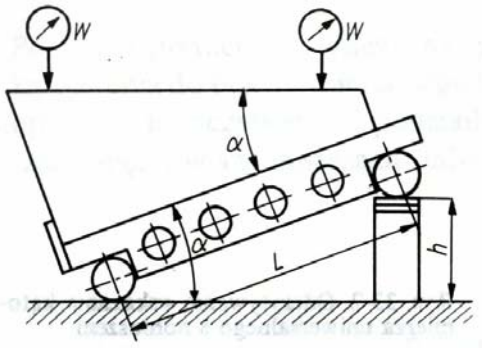
Øw 60w $^{-0,010}_{-0,023}$ Øo $^{+0,104}_{0}$ wynoszą:

a) Smax = +0,0124, Smin= +0,01,

b) Smax = +0,0127, Smin= +0,01,
c) Smax = +0,0122, Smin= +0,01,
d) Smax = +0,0137, Smin= +0,01.

4. Podczas frezowania przedmiot obrabiany:
a) wykonuje ruch obrotowy, narzędzie przesuwa się.
b) jest nieruchomy, narzędzie przemieszcza się.
c) jest przesuwany, narzędzie wykonuje ruch obrotowy.
d) oraz narzędzie wykonują ruchy prostoliniowe.

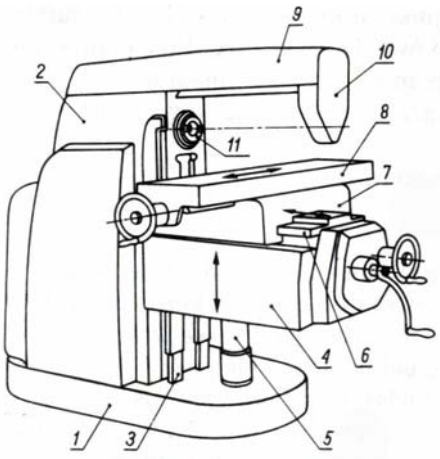
5. W przestawionym na rysunku układzie liniał umożliwia pomiar kąta α o wartości:




a) 30°.
b) 45°.
c) 10°.
d) 50°.
przy czym: l = 200 mm, h = 100 mm

6. Przy pomocy narzynki można wykonać:
a) gwinty zewnętrzne.
b) rozwiercić otwór.
c) gwinty wewnętrzne.
d) pogłębić otwór.

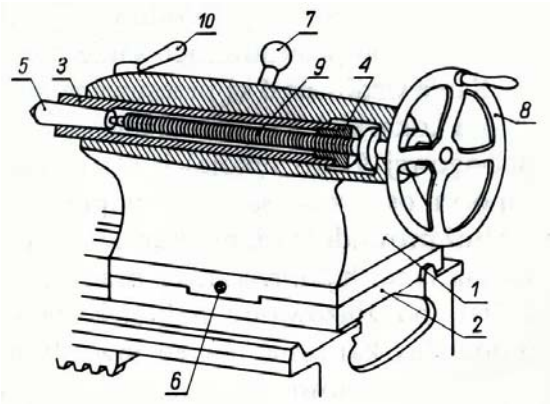
7. Na rysunku przedstawiono:




a ) frezarkę wspornikową pozioma.

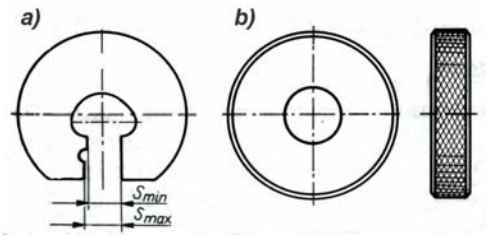
b) tokarkę karuzelową.
c) tokarkę pociągową kłową.
d) wiertarkę.

8. W przedstawionym na rysunku koniku cyfrą 5 oznaczono:




a) zacisk tulei konika.
b) kieł.
c) korpus konika.
d) tuleje.

9. Na rysunku przedstawiono:




a) narzynki.
b) sprawdziany do otworów.
c) sprawdziany do wałków.
d) sprawdziany do gwintu wewnętrznego.

10. Do połączenia metalu ze szkłem należy użyć kleju:
a) epoksydowego.
b) winylowego.
c) fenolowego.
d) kauczukowego.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## Wytwarzanie elementów maszyn

### Zakreśl poprawną odpowiedź.

| Nr zadania | Odpowiedź | | | | Punkty |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | |
| | | | | Razem: | |

# 6. LITERATURA


1. Białas S.: Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników. OWPW, Warszawa 1997
2. Brodowicz W.: Skrawanie i narzędzia. WSiP, Warszawa 1997
3. Brodowicz W., Grzegórski Z.: Technologia budowy maszyn. WSiP, Warszawa 1993
4. Feld M.: Technologia budowy maszyn. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000
5. Górecki A.: Technologia ogólna. WSiP, Warszawa 2000
6. Jakubiec W.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT, Warszawa 1999
7. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. WNT, Warszawa 1995
8. Kozak B. Części maszyn z elementami mechaniki technicznej. WSiP, Warszawa 2000
9. Łabędź J.: Projektowanie procesów technologicznych obróbki – zagadnienia ogólne. Wydawnictwo AGH, Kraków 1996
10. Mac S.: Obróbka metali z materiałoznawstwem. Wyd XII. WSIP, Warszawa 1997
11. Malinowski J.: Pasowania i pomiary. Wyd III. WSiP, Warszawa 1993
12. Praca zbiorowa pod red. J. Grzelki: Pomiary warsztatowe. WPW, Warszawa 1985
13. Ratajczyk E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa. OWPW, Warszawa 1994
14. Tymowski J.: Technologia budowy maszyn. WSiP, Warszawa 2001
15. Zawora J.: Podstawy technologii maszyn. WSiP, Warszawa 2001

**Polskie Normy**

16. PN–EN 20286–1: 1996 Układ tolerancji i pasowań ISO. Podstawy tolerancji odchyłek i pasowań.
17. PN–EN 20286–2: 1996 Układ tolerancji i pasowań ISO. Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.
18. PN–77/M–02136 Układ tolerancji kątów
19. PN–ISO 1829: 1996 Wybór pól tolerancji ogólnego przeznaczenia
20. PN–87/M–04251 Struktura geometryczna powierzchni. Chropowatość powierzchni. Wartości liczbowe parametrów