

riałów (stali chromowej oraz spiekanych węglików wolframu i tytanu, a dla przedmiotów o małych wymiarach – z diamentu).

## 2.4. Prace ślusarskie

Ślusarstwo to ręczna obróbka metali i tworzyw sztucznych na zimno, prowadzona w celu wykonania przedmiotów użytkowych oraz przeprowadzenia robót montażowych i naprawy sprzętu, maszyn i urządzeń. Ten rodzaj obróbki metali był znany już w starożytności (przerabiano wówczas rudy miedzi, cyny, ołowiu i żelaza), jednak początkowo łączył się z kowalstwem. Dopiero w XIV w. nastąpiło rozdzielenie na dwa odrębne zawody, o dominujących odpowiednio cechach kowalskich i ślusarskich. Na przestrzeni lat następował rozwój ślusarstwa z podziałem na różne specjalności, jak np.:

- ślusarze maszynowi, wykonujący prace przy produkcji i remoncie maszyn i urządzeń;
- ślusarze narzędziowi, wykonujący prace przy produkcji narzędzi precyzyjnych i przyrządów.

Obecnie na skutek rozwoju przemysłu oraz mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych obróbka ręczna zeszła na dalszy plan, jednak całkowite wyeliminowanie jej jest niemożliwe – nadal pewne czynności (np. wykańczanie, składanie części w zespoły, dopasowywanie części) wykonuje się ręcznie, wykorzystując ślusarstwo. Pomocniczą operacją ślusarską jest ponadto trasowanie.

### **Do głównych operacji ślusarskich zalicza się:**

- ścinanie, przecinanie, wycinanie;
- gięcie, prostowanie;
- piłowanie;
- wiercenie, rozwiercanie;
- gwintowanie;
- skrobanie;
- montaż i demontaż maszyn i zespołów.

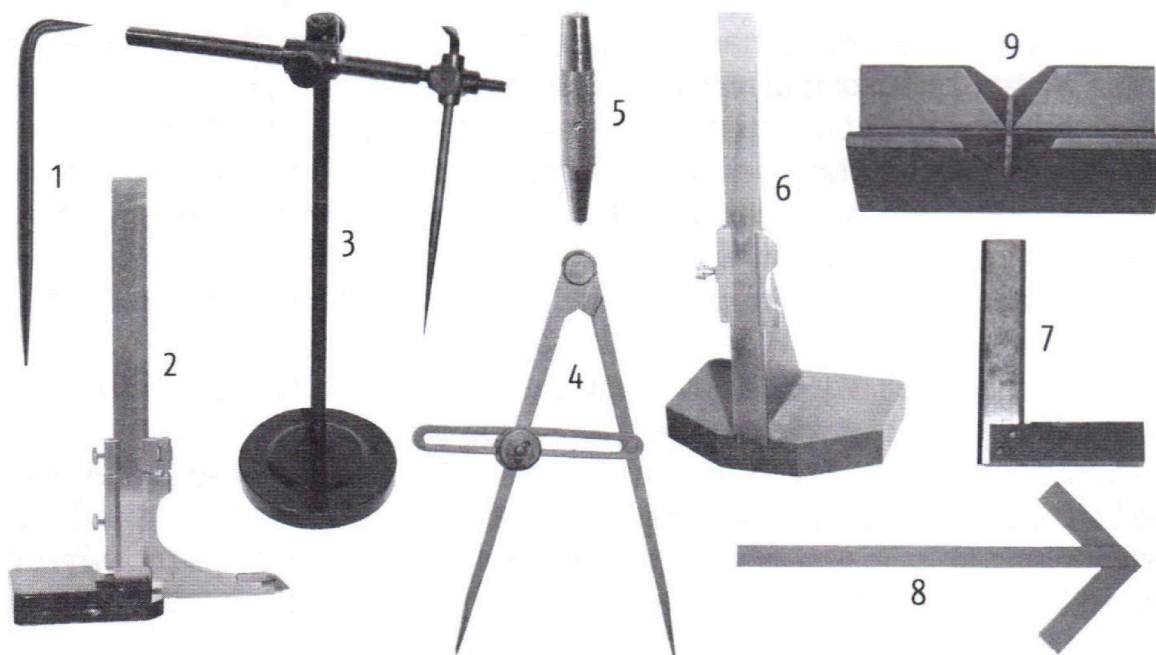
**Trasowanie** obejmuje czynności wyznaczania na powierzchni obrabianego materiału linii i punktów potrzebnych do wytworzenia określonego przedmiotu zgodnie z rysunkiem wykonawczym. Czynności te są wykonywane w produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Rozróżnia się trasowanie:

- płaskie, gdy linie i punkty traserskie są wyznaczone na płaszczyźnie blach, płyt lub ścianek odlewów;
- przestrzenne, gdy linie i punkty są wyznaczone na bryle o dowolnym kształcie geometrycznym.

Ze względu na naddatek na obróbkę materiały poddane tej czynności muszą mieć wymiary większe niż podane na rysunku. Najważniejszym przyrządem wyposażenia stanowiska traserskiego jest żeliwna płyta traserska o gładkiej i płaskiej górnej powierzchni, służąca jako wspornik elementów trasowanych. Płyty

tej należy używać tylko do trasowania i dbać o prawidłowy stan jej powierzchni. Narzędzia do trasowania przedstawiono na rysunku 2.4. Są to:

- rysiki – stosowane do trasowania linii na przedmiocie,
- suwmiarki traserskie z podstawą – stosowane do wyznaczania linii poziomych,
- cyrkle traserskie – służące do trasowania okręgów,
- kątowniki – stosowane do wyznaczania linii pionowych i poziomych,
- znaczniki – stosowane do wyznaczania linii poziomych.



**Rys. 2.4.** Przyrządy traserskie

1 – rysik, 2 – suwmiarka traserska, 3 – znacznik, 4 – cyrkiel traserski, 5 – punktak, 6 – liniał traserski, 7 – kątownik, 8 – środkownik, 9 – pryzma traserska

W celu poprawienia widoczności trasowanych linii materiał, na którym się je wyznacza, można pomalować, np. kredą rozdrobnioną w wodzie, tuszem lub wodnym roztworem siarczanu miedzi. Przed przystąpieniem do pracy należy sprawdzić stan i jakość materiału przeznaczonego do trasowania oraz jego wymiary. Następnie wybiera się podstawę (bazę) traserską, czyli punkt, oś lub płaszczyznę, od której odmierza się wymiary na przedmiocie. Podczas trasowania na płaszczyźnie podstawami są dwie osie symetrii lub dwa obrabione boki. Czynność trasowania rozpoczyna się od wyznaczenia głównych osi symetrii przedmiotu. Gdy przedmiot składa się z odcinków linii prostych i krzywych, najpierw kreśli się linie proste, a później łączy je łukami.

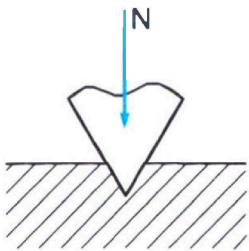
Podczas wykonywania większej liczby jednakowych przedmiotów stosuje się trasowanie według wzorników. Wzornik nakłada się na obrabianą powierzchnię materiału i obwodzi ostrzem rysika wokół krawędzi wzornika. Ostrze powinno być prowadzone przy krawędzi pod kątem 45 stopni do powierzchni przedmiotu.

**Ścinanie, wycinanie i przecinanie** to operacje ślusarskie stosowane podczas odcinania kawałków prętów lub blach potrzebnych do dalszych operacji, wycinania rowków i otworów, ścinania warstwy metalu z wąskich powierzchni

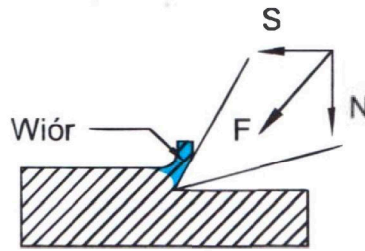
przedmiotu, usuwania zgorzelin z odkuwek, ścinania łbów nitów podczas demontażu itp. Podczas tych operacji następuje oddzielenie wierzchniej warstwy materiału od podstawowej, zwane skrawaniem. Ścinanie, wycinanie i przecinanie wykorzystują skrawanie materiału narzędziem w kształcie klina. Narzędzia te w zależności od operacji, którą się za ich pomocą wykonuje, nazywa się wycinakami lub przecinakami.

Gdy narzędzie o kształcie klina (przecinak) zostanie ustawione w sposób przedstawiony na rysunku 2.5, to pod wpływem siły nacisku (uderzenia)  $N$  klin rozdzieli materiał w miejscu przecinanym.

Jeśli przecinak ustawi się pod określonym kątem do obrabianej powierzchni (rys. 2.6), to siła  $F$  działająca wzdłuż jego osi rozłoży się na siły składowe:  $N$  – prostopadłą do powierzchni obrabianego materiału i powodującą zagłębianie się przecinaka w materiał, oraz  $S$  – równoległą do obrabianej powierzchni i powodującą przesuwanie się ostrza przecinaka wzdłuż powierzchni materiału. W wyniku tych działań nastąpi oddzielenie wierzchniej warstwy materiału i powstanie wiór.

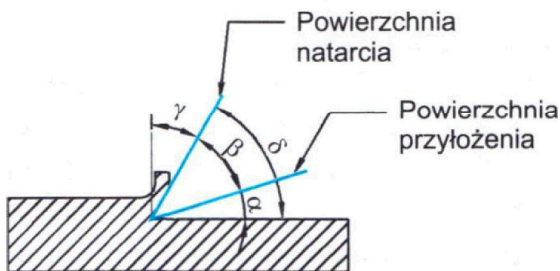


Rys. 2.5. Działanie ostrza klina



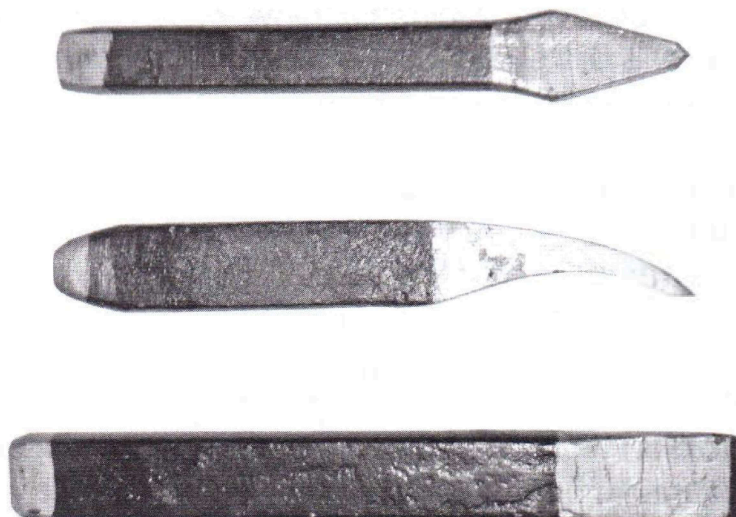
Rys. 2.6. Rozkład sił działających na ostrze klina (opis w tekście)

Na rysunku 2.7 przedstawiono charakterystyczne kąty ostrza narzędzia. Od wielkości tych kątów (ich właściwego doboru) zależy efektywność procesu skrawania. Kąt  $\alpha$  jest to kąt przyłożenia, kąt  $\beta$  to kąt ostrza, kąt  $\delta$ , równy sumie kątów  $\alpha$  oraz  $\beta$ , to kąt skrawania, natomiast kąt  $\gamma$  to kąt natarcia. W procesie skrawania występują także charakterystyczne powierzchnie: powierzchnia narzędzia zwrócona do materiału to powierzchnia przyłożenia, a powierzchnia, po której zsuwają się wióry, to powierzchnia natarcia. Kąt przyłożenia  $\alpha$  powinien przyjmować taką wartość, aby tarcie było jak najmniejsze. Im mniejszy jest kąt ostrza  $\beta$ , tym łatwiej narzędzie zagłębia się w materiał, a jeśli wartość kąta skrawania  $\delta$  jest duża, zbliżona do kąta prostego, ostrze trudno zagłębia się w materiał.



Rys. 2.7. Kąty skrawania (opis w tekście)

Do przecinania blach, płaskowników i prętów można używać przecinaków wykonanych ze stali, składających się z ostrza, chwytu i łba (rys. 2.8).



Rys. 2.8. Przykłady przecinaków

Wartości kątów ostrza są różne – w zależności od obrabianego rodzaju materiału – i wynoszą przykładowo:

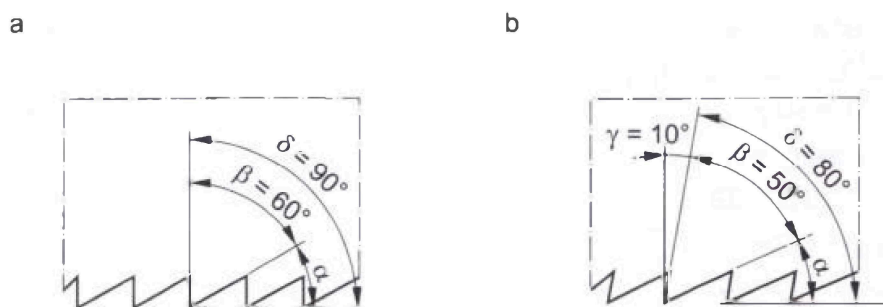
- dla aluminium  $35^\circ$ ,
- dla miedzi i mosiądzu  $45^\circ$ ,
- dla stali  $60^\circ$ ,
- dla żeliwa  $70^\circ$ .

Do wycinania w obrabianym materiale rowków i zagłębień służą wycinaki, bardzo podobne do przecinaków, a różniące się od nich tylko kształtem ostrza (proste, wygięte, czterokrawędziowe).

Do ścinania, czyli usuwania zbędnych warstw materiału, także używa się przecinaków. Podczas wykonywania operacji przecinania, wycinania i ścinania wykorzystuje się również młotki ślusarskie wykonane ze stali. Młotki monterskie, stosowane do pasowania części, wykonuje się z ołowiu, miedzi lub mosiądzu. Młotków gumowych i drewnianych można używać do prostowania blach. Podczas operacji ślusarskich używa się także kowadeł, imadeł czy też różnego rodzaju płyt.

Do ścinania i przecinania mechanicznego stosuje się młotki pneumatyczne lub elektryczne.

Do przecinania metali i innych tworzyw podczas prac ślusarskich najczęściej używa się piłki ręcznej. Składa się ona z ramki stałej lub nastawnej, rękojeści i brzeszczotu. Brzeszczot to cienka taśma stalowa z naciętymi wzdłuż jednej lub obu krawędzi zębami, służąca do przecinania materiału. Wymiary ich są znormalizowane. Brzeszczoty charakteryzują się także określoną liczbą zębów przypadającą na 25 mm długości. Materiały grube i miękkie przecina się brzeszczotami o liczbie 18 zębów na 25 mm, a materiały cienkie i twarde o liczbie 32 zębów na 25 mm (im twardszy materiał, tym zęby muszą być drobniejsze). Geometria ostrza brzeszczotu także zależy od rodzaju materiału przecinanego. Na rysunku 2.9a przedstawiono najczęściej stosowany kształt i geometrię ostrza zębów, a na rysunku 2.9b kształt zębów brzeszczotu do metali miękkich.

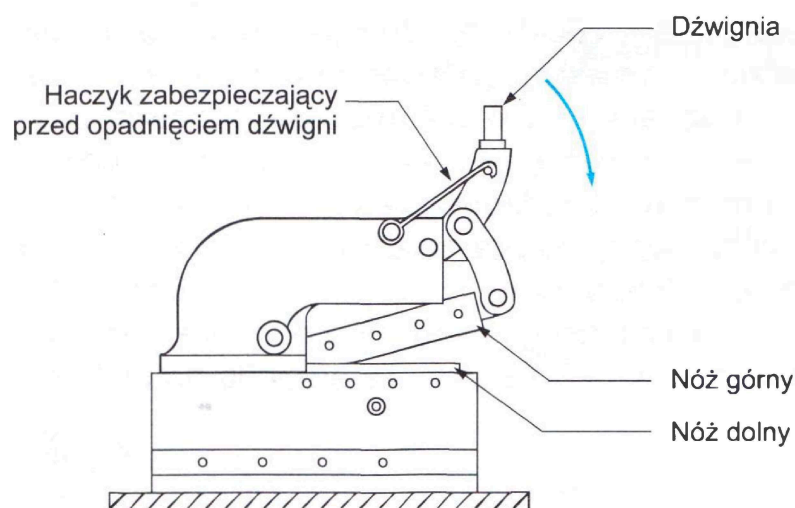


**Rys. 2.9.** Kształt zębów brzeszczotów

a – stosowany najczęściej, b – przeznaczony do metali miękkich

Mocując brzeszczot w ramce, należy ustawić go tak, aby ząbki były nachylnie ku uchwytowi. Nacisk na piłkę powinien być wywierany tylko podczas ruchu roboczego, czyli w kierunku do imadła, na którym jest umocowany obrabiany przedmiot. Przesuw piłki powinien wynosić  $2/3$  użytecznej długości brzeszczotu. Następną ważną zasadą podczas cięcia zakłada przecinanie przedmiotów płaskich wzdłuż dłuższej krawędzi ze względu na zachowanie prostoliniowości cięcia, a także sztywności ciętego materiału, co wpływa korzystnie na jakość operacji i trwałość narzędzi.

Do cięcia blach używa się także różnego rodzaju nożyc. Blachy stalowe cienkie o grubości do 1 mm tną się nożycami ręcznymi, a blachy o grubości do 5 mm i płaskowniki – nożycami dźwigniowymi (rys. 2.10).

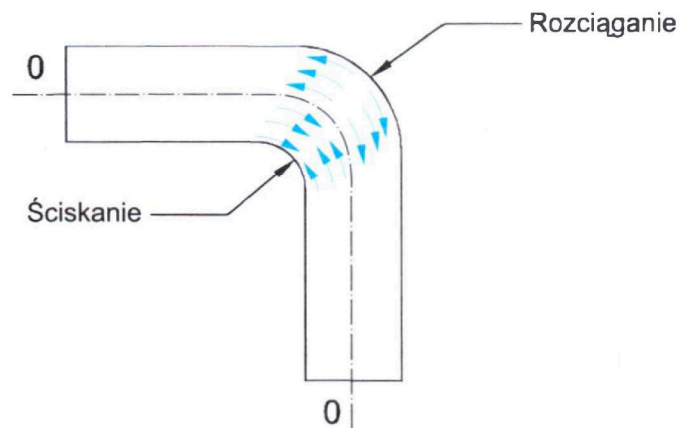


**Rys. 2.10.** Nożyce dźwigniowe

Do cięcia blach nadwoziowych używa się nożyc dźwigniowych lub ręcznych, napędzanych elektrycznie lub pneumatycznie. Blachy grube (o grubości do 32 mm) tną się nożycami równoległymi, czyli gilotynowymi.

**Gięcie i prostowanie** to operacje obróbki plastycznej, które mają na celu nadanie przedmiotowi zadanego kształtu za pomocą odpowiednich sił, bez stosowania obróbki skrawaniem. Obie operacje mogą być stosowane na zimno lub na gorąco. Materiały grubsze należy przed gięciem podgrzewać, ponieważ wykazują wtedy większą plastyczność i można je kształtować, używając mniejszej siły.

Podczas gięcia zachodzą w materiale odkształcenia plastyczne. Zewnętrzne warstwy materiału są rozciągane (po zakończeniu gięcia pozostają wydłużone na pewnym odcinku), a wewnętrzne warstwy są ściskane (po zakończeniu gięcia pozostają skrócone na pewnym odcinku), co przedstawiono na rysunku 2.11. Środkowa warstwa materiału nie ulega ani ściskaniu,

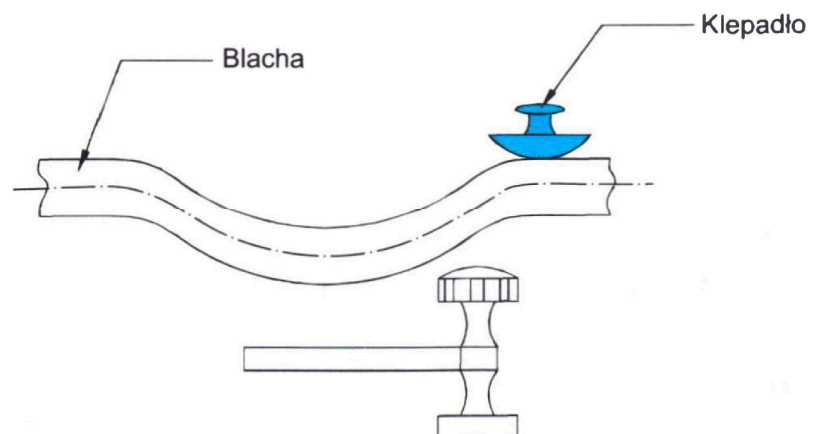


ani rozciąganiu – jest to tzw. warstwa obojętna. Długość tej warstwy musi być równa długości materiału wyjściowego. W zależności od założonych kształtów elementów giętych korzysta się z odpowiednich wzorów, określających długości materiału wyjściowego, zawartych w tablicach zamieszczanych w poradnikach dla ślusarzy, mechaników i in. W blacharstwie samochodowym cienkie blachy gnie się w szczękach imadła; gdy blachy są dłuższe, używa się jako przedłużenia szczęk dwóch kątowników. Jeszcze dłuższe zagięcia wykonuje się na maszynach zwanych krawędziarkami. W powypadkowych naprawach pojazdów najczęściej ma miejsce prostowanie w celu przywrócenia pierwotnych kształtów uszkodzonym elementom. W zależności od rodzaju wgniecenia (małe i płytkie czy duże i powierzchniowe) i rodzaju materiału, w którym nastąpiło, dobiera się odpowiednią metodę prostowania.

Wgnięcia bardzo małe likwiduje się, uderzając młotkami dokładnie w sam środek wgniecenia. Gdy wgniecenia są małe i w płaskich powierzchniach, można stosować urządzenie do wyciągania wgnieceń (poduszkę powietrzną). Najczęściej do usuwania wgnieceń stosuje się młotki i klepadła (o różnych rozmiarach) pracujące po dwóch stronach uszkodzonego elementu (rys. 2.12).

**Piłowanie** jest rodzajem obróbki, który polega na skrawaniu z powierzchni obrabianego materiału za pomocą pilników cienkiej warstwy o grubości od 0,5 do 1,5 mm. Stosuje się je do usuwania zbędnego materiału z odkuwek i odlewów oraz podczas napraw i montażu maszyn i urządzeń. Ze względu na małą dokładność piłowanie ręczne pilnikami jest stosowane jako obróbka wstępna przed szlifowaniem. Pilnik składa się z części roboczej, na której znajdują się zęby, chwytu i drewnianej rękojeści. Istnieje wiele kryteriów podziału pilników.

Według kształtu przekroju poprzecznego pilniki można podzielić na pła-



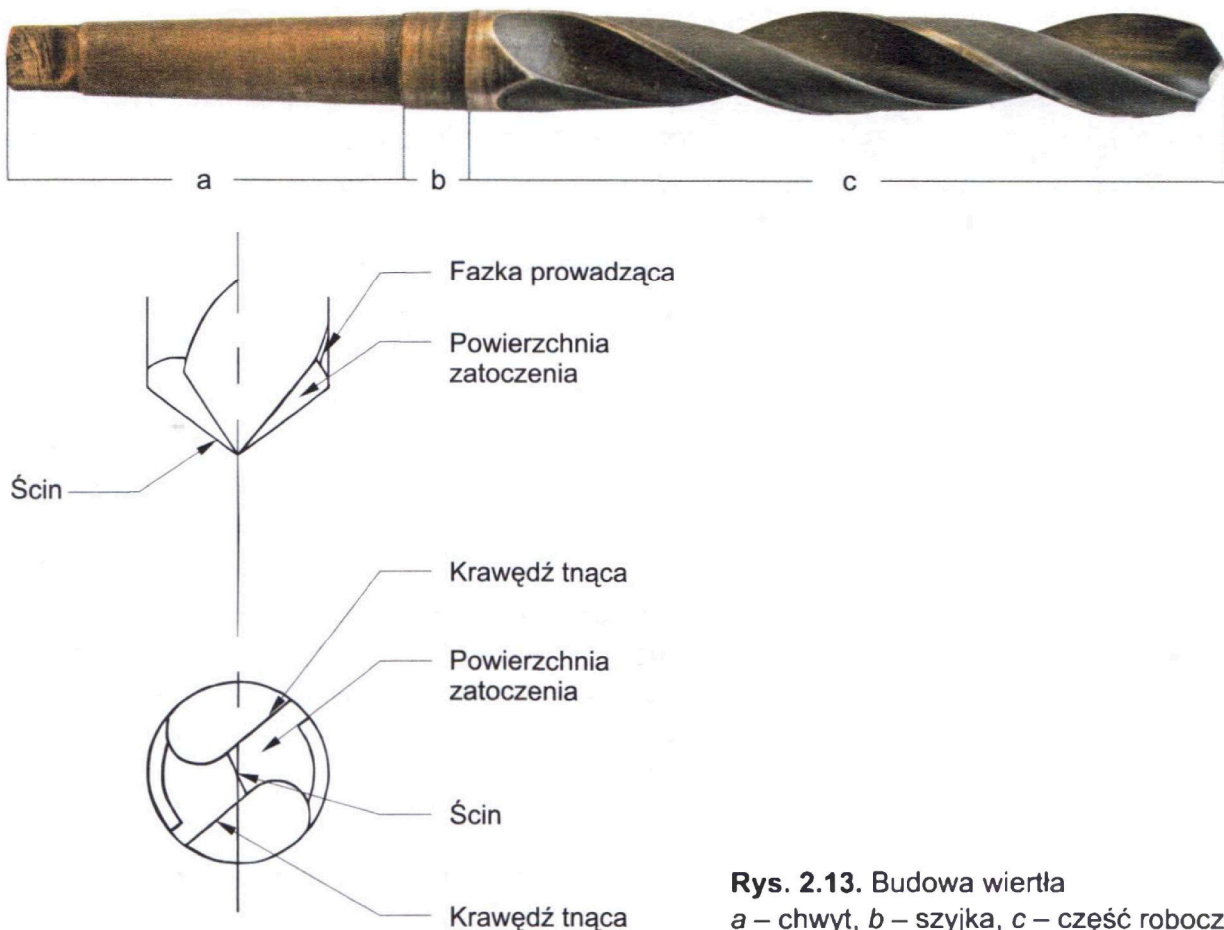
Rys. 2.12. Zastosowanie klepadła w prostowaniu

skie, kwadratowe, trójkątne, rombówce, trapezowe, owalne i okrągłe, a według rodzajów nacięć na pojedyncze jednorzędowe i wielorzędowe oraz podwójne jednorzędowe i wielorzędowe.

Najczęściej stosowane kryterium podziału to jednak liczba nacięć przypadających na 1 cm długości. Im większa jest liczba nacięć na pilniku, tym gładszą można otrzymać powierzchnię. Zdzieraki stosowane do obróbki zgrubnej mają od 5 do 10 nacięć, równiaki do formowania zasadniczego kształtu – do 28 nacięć, a gładziki nadające obrabianej powierzchni odpowiednią gładkość – do 80 nacięć. W przypadku bardzo małych powierzchni do piłowania wykańczającego z dużą dokładnością używa się pilników igielkowych, które są bardzo małe i nie mają drewnianych rękojeści. W zależności od rodzaju piłowanej powierzchni należy dobrać odpowiedni rodzaj pilnika i technikę piłowania. Ze względu na małą wydajność piłowania ręcznego coraz częściej stosuje się piłowanie mechaniczne za pomocą pilnikarek, maszyn o napędzie elektrycznym lub pneumatycznym. Pilnikarki mogą być pionowe (rzadko już używane), poziome lub wykonane jako przyrządy z giętkim wałkiem.

**Wiercenie** to rodzaj obróbki skrawaniem, mający na celu wykonywanie otworów za pomocą wiertła.

Wiertła są wykonywane ze stali szybko tnącej i węglików spiekanych. Wiertło składa się z części roboczej, szyjki i chwytu (rys. 2.13). Część robocza na obwodzie ma nacięte dwa rowki, służące do odprowadzania wiórów z wier-



**Rys. 2.13.** Budowa wiertła  
a – chwyt, b – szyjka, c – część robocza

conego otworu. Wzdłuż tych rowków znajdują się fazki prowadzące (łysinki), mające na celu zmniejszenie tarcia między wiertłem a ściankami otworu. Aby jeszcze zmniejszyć to tarcie, część robocza wiertła jest lekko stożkowa, jej średnica zmniejsza się nieznacznie w kierunku od czoła do chwytu. Część skrawającą tworzą dwie krawędzie tnące o jednakowej długości, które łączą się ze sobą w poprzeczną krawędź tnącą, czyli ścin. Wartość kąta wierzchołkowego utworzonego przez krawędzie tnące zależy od rodzaju wierconego materiału. Im materiał – metal lub stop metali – jest twardszy, tym ten kąt jest mniejszy. Dla żelaza i stali wartość kąta wierzchołkowego wynosi  $118^\circ$ , dla miedzi  $125^\circ$ , dla aluminium  $140^\circ$ , a dla tworzyw sztucznych  $85...90^\circ$ . Do wiercenia otworów używa się wiertarek o napędzie ręcznym, elektrycznym lub pneumatycznym. Ze względu na charakter pracy można rozróżnić wiertarki przenośne i stałe.

Wiertła z chwytem walcowym są montowane w trójścękowych lub dwuszcękowych uchwytach wiertarek. Wiertła z chwytem stożkowym są osadzone w stożkowych gniazdach wiertarek (gdy wielkości chwytu i gniazda wiertarki są jednakowe) lub w specjalnych tulejach redukcyjnych, gdy ich wymiary się różnią. W czasie wiercenia za pomocą wiertarek ruch obrotowy i posuwowy wykonuje wiertło, a przedmiot obrabiany pozostaje w spoczynku. Dlatego bardzo ważne jest właściwe zamocowanie przedmiotu. W tym celu używa się różnorodnych imadeł, podstaw i podkładek. Przed wierceniem trasuje się osie otworu i punktuje punktami środkiem otworu. Następnie należy wytrasować cyrklem jeden okrąg o średnicy otworu (należy napunktować go w kilku miejscach) i drugi współśrodkowy okrąg o większej średnicy. Kolejno wiertłem wykonuje się wgłębienie i sprawdza jego współosiowość wobec wytrasowanych okręgów. Jeśli wgłębienie jest współosiowe, można wiercić dalej, jeśli nie – należy wycinakiem wyciąć rowek wzdłuż wytrasowanej osi, napunktować ponownie środek otworu i wiercić jeszcze raz. Przed wierceniem otworów przelotowych powierzchnie należy zabezpieczyć podkładkami. W przypadku otworów nieprzelotowych zaznacza się na wiertle głębokość otworu lub nakłada na niego pierścień oporowy; jeśli wiertarka ma urządzenie do ustawiania odpowiedniej głębokości, należy z niego skorzystać, odpowiednio je ustawiając. Wierząc głębokie otwory, wiertło co pewien czas wyciąga się z materiału, aby je oczyścić. Podczas wiercenia można stosować ciecze obróbkowe olejowe i emulsje dostosowane do rodzaju wierconego materiału, powodujące chłodzenie wiertła i zmniejszanie tarcia.

W celu uzyskania dużej dokładności oraz gładkości powierzchni lub otworu stożkowego stosuje się **rozwiercanie** za pomocą rozwiertaków. Otwory do połączeń nitowych czy śrubowych nie wymagają dużej dokładności powierzchni, ale te wykorzystywane do umieszczenia w nich wałków trzpieni lub tulei muszą być dodatkowo obrobione. W zależności od wymaganego kształtu otworu stosuje się rozwiertaki stożkowe lub walcowe, a w zależności od dokładności obróbki – rozwiertaki zdzieraki lub wykańczaki (rys. 2.14). Rozwiercanie może być wykonywane ręcznie lub mechanicznie.



**Gwintowanie** jest to operacja nacinania gwintu na powierzchni wałka lub otworu wzdłuż linii śrubowej. Połączenia gwintowe oraz ich zastosowanie zostaną omówione w dalszej części podręcznika (patrz punkt 3.5.7). Do nacinania gwintów zewnętrznych (śrub) służą narzynki, a gwintów wewnętrznych (nakrętek) – gwintowniki. Stosuje się je do gwintowania zarówno ręcznego, jak i maszynowego.

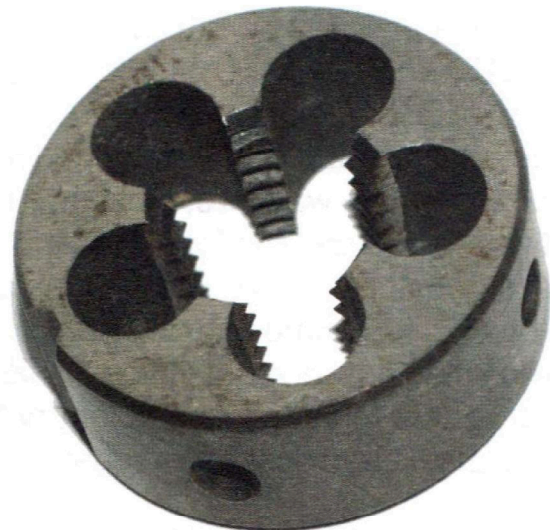
Narzynki (rys. 2.15) to stalowe, hartowane pierścienie, nagwintowane wewnątrz, z otworami tworzącymi krawędzie tnące i odprowadzającymi wióry. Narzynki mogą mieć kształt okrągły, kwadratowy lub sześciokątny oraz mogą być dzielone lub pełne. Gwinty zewnętrzne wykonuje się na sworzniach, których średnice muszą być mniejsze od średnic zewnętrznych gwintu (ich wielkość dobiera się na podstawie odpowiednich poradników mechanika, ślusarza itp.). Sworznie te muszą też mieć stożkowe zakończenia, aby łatwo było po umocowaniu ich w imadle nałożyć narzynkę prostopadle do osi sworznia. Następnie obraca się narzynką w prawo i po każdym pełnym obrocie cofa o pół obrotu w lewo, aż do otrzymania całego gwintu.

Gwintowniki (rys. 2.16) składają się z części roboczej (złożonej z kolei z części skrawającej i wykańczającej) oraz chwytu.

Do całkowitego wykonania gwintu jest niezbędny gwintownik wstępny (oznaczony jedną kreską na obwodzie), zdzierak (oznaczony dwiema kreskami) i wykańczak (oznaczony trzema kreskami). Przedmiot, który ma być gwintowany, musi mieć odpowiednio dobrany wymiar otworu pod gwint. Umieszcza się go w imadle i używając kolejnych gwintowników, wykonuje gwint. Po każ-



Rys. 2.14. Różne rodzaje rozwiertaków



Rys. 2.15. Narzynka okrągła pełna



Rys. 2.16. Różne rodzaje gwintowników

dym obrocie w prawo należy cofnąć gwintownik o pół obrotu w lewo. Podczas gwintowania sprawdza się za pomocą kątownika prostopadłość położenia gwintownika.

## 2.5. Maszynowa obróbka skrawaniem

### 2.5.1. Rodzaje i charakterystyka

Obróbka skrawaniem polega na nadawaniu przedmiotowi określonego kształtu i rozmiarów poprzez usuwanie zbędnych warstw materiału za pomocą odpowiednich narzędzi. W maszynowej obróbce skrawaniem narzędzia są zamontowane w maszynach zwanych **obrabiarkami**.

Zależnie od rodzaju obrabianej powierzchni i wymagań wobec niej stosuje się różne rodzaje narzędzi skrawających i różne rodzaje obrabiarek.

Można rozróżnić następujące rodzaje maszynowej obróbki skrawaniem – w zależności od zastosowanych narzędzi skrawających i rodzaju ruchów, jakie wykonują podczas obróbki narzędzie i przedmiot obrabiany (patrz rys. 2.1):

- **toczenie** (przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy, a narzędzie, którym jest nóż tokarski, wykonuje ruch równoległy lub prostopadły do osi obrotu przedmiotu albo oba te ruchy jednocześnie; za pomocą toczenia uzyskuje się powierzchnie walcowe, stożkowe lub kuliste);
- **frezowanie** (przedmiot obrabiany wykonuje ruch prostoliniowy lub jednocześnie prostoliniowy i obrotowy, a narzędzie, którym jest frez, wykonuje ruch obrotowy; za pomocą frezowania, w zależności od kształtu frezu, można otrzymać powierzchnie krzywoliniowe oraz gwinty i koła zębate);
- **struganie** (przedmiot obrabiany wykonuje ruch prostoliniowy, podobnie jak narzędzie, którym jest nóż strugarski; za pomocą strugania obrabia się płaszczyzny);
- **wiercenie** (przedmiot obrabiany pozostaje w spoczynku, a narzędzie, którym jest wiertło, wykonuje jednocześnie ruch obrotowy i ruch posuwowy wzdłuż swojej osi obrotu; za pomocą wiercenia otrzymuje się otwory przelotowe lub nieprzelotowe);
- **szlifowanie** (przedmiot obrabiany porusza się ruchem prostoliniowym lub obrotowym, a narzędzie, którym jest ściernica, wykonuje ruch obrotowy).

Ze względu na dokładność uzyskiwanego kształtu i wymiarów obróbkę skrawaniem można podzielić na:

- **zgrubną** (usuwa się warstwę zewnętrzną materiału, zapewniając naddatki na dalszą obróbkę);
- **kształtującą** (nadaje się obrabianemu przedmiotowi kształt zgodny z rysunkiem technicznym, pozostawiając naddatki na powierzchniach, które mają być poddane dalszej obróbce wykańczającej);
- **wykańczającą** (nadaje się obrabianemu przedmiotowi ostateczny kształt i wymiary oraz zadaną chropowatość).