5.1 Dobór urządzeń produkcyjnych

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- **na co należy zwracać uwagę podczas doboru urządzeń produkcyjnych**
- **na jakie czynniki należy zwrócić uwagę podczas wyboru wyposażenia produkcyjnego**
- **co ma decydujący wpływ na wybór obrabiarki**
- **jaki jest ogólny podział, przeznaczenie i zastosowanie obrabiarek**
- **od jakich czynników zależy wybór rodzaju narzędzia**

Rynek oferuje wiele narzędzi i pełną gamę wyposażenia produkcyjnego: obrabiarki uniwersalne, specjalizowane, sterowane numerycznie (CNC), linie montażowe, lakiernie, piece do obróbki cieplnej i piece do obróbki cieplno-chemicznej, prasy, automaty spawalnicze, roboty przemysłowe, lasery technologiczne, elastyczne centra produkcyjne, narzędzia uniwersalne i specjalne, urządzenia dźwigowe, pomiarowe itp.

Dobór nowych urządzeń produkcyjnych może wynikać z różnych potrzeb, jednak bez względu na rodzaj realizowanej produkcji tok postępowania w tym względzie powinien przebiegać według podobnego schematu.

Przede wszystkim urządzenia i osprzęt powinny spełniać wymagania wynikające z potrzeb realizacji procesu wytwarzania oraz z przepisów wykonawczych dotyczących **bezpieczeństwa i higieny pracy**, **ochrony przeciwpożarowej**, **ochrony środowiska** oraz **wymagań Urzędu Dozoru Technicznego** (jeżeli urządzenie podlega tym przepisom), a także estetyki (wzornictwa przemysłowego). Urządzenia i osprzęt stanowiące wyposażenie stanowisk produkcyjnych powinny mieć udokumentowane spełnienie określonych wymagań oraz posiadać dokumentację określoną w przepisach i (lub) w Polskich Normach.

Podczas doboru urządzeń produkcyjnych należy:

1. przeprowadzić analizę rynku i dostępu poszukiwanego wyposażenia,
2. sporządzić wstępną listę potrzebnych urządzeń,
3. ocenić wybrane urządzenia pod względem wymagań techniczno-technologicznych,
4. ocenić koszt oferty,
5. sprawdzić wykorzystanie nowej maszyny.

Informacji na temat wyposażenia technicznego należy szukać:

- wśród kolegów i znajomych z branży,
- w katalogach dostawców,
- na wystawach i targach,
- na internetowych stronach branżowych oraz stronach producentów sprzętu,
- w branżowych czasopismach,
- bezpośrednio w zakładzie producenta maszyny.

Każdy zakup urządzenia musi być przemyślany i dostosowany do aktualnych i przyszłych potrzeb zakładu. Podczas wyboru urządzenia należy zwrócić uwagę na cechy, które zamieszczono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Proponowane kryteria wyboru obrabiarek [1]

Rodzaj cechy	Kryterium oceny
Cechy ogólne	Wymiary gabarytowe (zajmowana powierzchnia, wysokość)
	Masa
	Cena obrabiarki
	Rodzaj budowy np. modułowa – różnorodność oferowanych opcji
	Stopień unifikacji, udział zespołów i części znormalizowanych
	Możliwość wyboru układu sterowania CNC
	Możliwość kompleksowej automatyzacji (robotyzacja, autonomiczna stacja)
	Oprogramowanie – ważność licencji, warunki użytkowania, cena
	Oryginalność koncepcji i nowoczesność rozwiązań konstrukcyjnych
	Nowoczesność i estetyka formy zewnętrznej
	Gwarancja – zakres i czas
	Zasady realizacji dostawy
Cechy technologiczne	Wielkości charakterystyczne
	Możliwość obróbki przedmiotu na gotowo
	Elastyczność technologiczna i zakres zadań obróbkowych
	Oferta wyposażenia dodatkowego rozszerzającego zakres zadań obróbkowych
	Liczba i rodzaj narzędzi wymienianych automatycznie
	Czas wymiany narzędzi
	Zakres prędkości obrotowych wrzecion przedmiotowych i narzędziowych
	Zakres prędkości posuwu, prędkości szybkiego przesuwu
	Moc i moment obrotowy napędu głównego i napędu narzędzi
	Wydajność
	Dokładność i powtarzalność pozycjonowania
Cechy użytkowe	Kompletność i jakość wykonania
	Łatwość montażu
	Podatność obsługowa, diagnostyczna i naprawcza
	Obsługa posprzedażna oraz dostępność i jakość serwisu
	Niezawodność i trwałość
	Efektywność ekonomiczna
	Niskie zużycie energii i chłodziwa
	Spełnienie wymagań i przepisów BHP, UDT, ppoż, ochrony środowiska
	Wygoda i łatwość podłączenia i obsługi podczas użytkowania

Warunkiem realizacji przez obrabiarkę zaplanowanego procesu technologicznego jest dokładna znajomość zadań nakładanych na maszynę. Stąd też nie wszystkie kryteria podane w tabeli 5.1 mają dla konkretnego użytkownika jednakowe znaczenie (jednakową wagę); przykładowo:

- dla obrabiarek produkcyjnych najważniejsze będą kryteria technologiczne, określające wydajność obrabiarki, takie jak moc napędu głównego, prędkość obrotowa wrzeciona, prędkość posuwu i szybkiego przesuwu, a w przypadku krótko trwających zabiegów obróbkowych – niewielki czas wymiany narzędzi;
- dla obrabiarek stosowanych w narzędziowniach kryteria określające elastyczność technologiczną i zakres zadań obróbkowych, wyposażenie dodatkowe, a także dokładność i powtarzalność pozycjonowania.

Pamiętać należy także o wymaganiach organizacyjnych związanych z zakupem urządzenia (zatrudnienie/zwolnienie pracowników, zmiana ustawienia innych urządzeń, położenie instalacji, wprowadzenie nowych procedur).

Koszty to nie tylko cena urządzenia, ale także koszt jego transportu, użytkowania, serwisu, przeszkolenia pracownika do jego obsługi albo zatrudnienia nowego operatora.

Zdarza się, że tanie urządzenie może bardzo drogo kosztować firmę podczas jego eksploatacji.

Projektując proces technologiczny, technolog powinien dobrać tak obrabiarkę, aby zapewnić z jednej strony wysoką wydajność procesu, uzyskanie żądanych dokładności, z drugiej zaś najniższych kosztów wytwarzania.

Decydujący wpływ na wybór obrabiarki ma przedmiot obrabiany, jego przynależność do określonej klasy części i wymiary gabarytowe, materiał obrabiany oraz wielkość produkcji i jej powtarzalność.

Rozpatrując dobór obrabiarki do określonej operacji, nie można się oprzeć na konstrukcyjnym podziale obrabiarek, gdyż jest on niewystarczający. Ich podział technologiczny nie jest jednoznacznie ustalony.

Ogólna klasyfikacja obrabiarek obejmuje:

- obrabiarki uniwersalne,
- obrabiarki produkcyjne (wysokowydajne),
- obrabiarki specjalizowane,
- obrabiarki specjalne,
- obrabiarki sterowane numerycznie,
- obrabiarki zespołowe,
- linie obróbkowe,
- centra obróbkowe,
- automatyczne stacje obróbkowe,
- elastyczne systemy obróbkowe.

Powyższa klasyfikacja jest niedoskonała. Wynika to stąd, że wydzielono w nim obrabiarki sterowane numerycznie, a tymi obrabiarkami mogą być zarówno obrabiarki ogólnego przeznaczenia, jak i specjalizowane oraz specjalne. Wydzielono je jednak, gdyż są to obrabiarki nowoczesne, charakteryzujące się dużą mocą, sztywną budową, zapewniające z reguły wyższą dokładność od obrabiarek konwencjonalnych, i pozwalające na prowadzenie obróbki z wysokimi prędkościami skrawania. Podobna uwaga dotyczy obrabiarek zespołowych i linii obróbkowych, które można zaliczyć do obrabiarek specjalnych. Na rys. 5.1–5.3 (na wklejce) przedstawiono przykładowe obrabiarki stosowane w procesie produkcji. W tabeli 5.2 przedstawiono podział, przeznaczenie i zastosowanie obrabiarek, natomiast w tabeli 5.3 (patrz s. 148) ich charakterystykę.

Tabela 5.2. Podział, przeznaczenie i zastosowanie obrabiarek [9]

Lp.	Rodzaj obrabiarek	Charakterystyka	Zastosowanie
1	Obrabiarki uniwersalne	Są to obrabiarki charakteryzujące się szerokim zakresem parametrów pracy i możliwością wykonywania różnorodnych operacji technologicznych.	Produkcja jednostkowa i małoseryjna. Różny asortyment wykonywanych wyrobów. Główne zastosowanie w narzędziowniach, działach głównego mechanika.
2	Obrabiarki produkcyjne	Obrabiarki te mają uproszczoną budowę w stosunku do obrabiarek uniwersalnych i charakteryzują się większą wydajnością wynikającą głównie z większej mocy napędu głównego.	Przewidziane są do stosowania w produkcji seryjnej.
3	Obrabiarki specjalizowane	Są to obrabiarki zbudowane na bazie typowych konstrukcji obrabiarek uniwersalnych, przystosowane do obróbki określonych przedmiotów lub wykonywania określonych operacji.	Określony typ przedmiotów. Zastosowanie od produkcji małoseryjnej do wielkoseryjnej.
4	Obrabiarki specjalne	Projektowane i wykonywane specjalnie, najczęściej dla wykonania określonej prostej operacji lub zabiegu.	Określony typ przedmiotu w produkcji wielkoseryjnej i masowej.
5	Obrabiarki sterowane numerycznie	Mogą to być obrabiarki uniwersalne lub specjalizowane. Charakteryzują się dużą mocą, sztywną budową, zapewniają z reguły wyższą dokładność od obrabiarek konwencjonalnych, pozwalają na prowadzenie obróbki z wysokimi prędkościami skrawania.	Powtarzalna produkcja jednostkowa i małoseryjna przedmiotów o skomplikowanych kształtach. Wykorzystywane również w produkcji seryjnej i wielkoseryjnej dla przeprowadzenia intensywnej obróbki.
6	Obrabiarki zespołowe	Są to obrabiarki specjalne o wysokiej koncentracji zabiegów, zbudowane z zespołów znormalizowanych, uzupełnione zespołami specjalnymi, pracujące w półautomatycznym lub automatycznym cyklu.	Przeznaczone są do obróbki części lub ich szeregu typowielkości. Szczególnie nadają się do obróbki na nich części klasy: tarcza, dźwignia, korpus (małych wymiarów). Znajdują zastosowanie w produkcji wielkoseryjnej i masowej.
7	Linie obróbkowe	Linie obróbkowe, podobnie jak obrabiarki zespołowe mogą być budowane z jednostek znormalizowanych oraz specjalnych, wyposażonych w głowice. Przedmiot obrabiany ustalony i zamocowany w uchwycie przesuwa się od stanowiska do stanowiska. O wielkości taktu linii decyduje najdłuższa operacja.	Tak jak dla obrabiarek zespołowych, przy większej liczbie operacji.

Lp.	Rodzaj obrabiarek	Charakterystyka	Zastosowanie
8	Centra obróbkowe	Należą do obrabiarek wielooperacyjnych sterowanych numerycznie, umożliwiających obróbkę w jednym zamocowaniu wieloma różnymi narzędziami pobieranymi z magazynów narzędzi, wprowadzanymi do pracy w kolejności ustalonej planem obróbki.	Centra obróbkowe przeznaczone są głównie do obróbki części klasy korpus i części płaskich. Zastosowanie w produkcji małoseryjnej i seryjnej powtarzalnej.
9	Automatyczne stacje obróbkowe	Jest to samodzielna elastyczna jednostka wytwórcza, w skład której wchodzi centrum obróbkowe wraz z niezbędnymi urządzeniami transportowymi, magazynowymi, sterującymi, kontrolnymi itp. Zapewniają automatyczną pracę stacji bez wspomagania z zewnątrz i bez stałej obecności operatora.	Do obróbki serii przedmiotów jednakowych lub różnych, lecz technologicznie podobnych.
10	Elastyczne systemy obróbkowe	Jest to zestaw wielu zautomatyzowanych stanowisk obróbkowych (obrabiarek CNC, centrów obróbkowych) uzupełnionych stanowiskami nieobróbkowymi (np. mycia, suszenia, kontroli wymiarowej itp.), połączonych ze sobą zautomatyzowanymi urządzeniami transportu przedmiotów. Elastyczność systemu jest zazwyczaj ograniczona do rodziny przedmiotów o określonym zakresie wymiarowym, dla której system został zaprojektowany.	Elastyczne systemy obróbkowe umożliwiają automatyczną obróbkę przedmiotów, różniących się kształtami i wymiarami, lecz technologicznie podobnych. Powtarzalna produkcja małoseryjna i seryjna.

Tabela 5.3. Charakterystyka obrabiarek

Rodzaj obrabiarki	Wskaźnik porównania czasu wykonania na obrabiarkach [%]	Wskaźnik automatyzacji	Średnia liczba zabiegów wykonywanych w jednym zamocowaniu
Obrabiarka konwencjonalna	100	0	1–2
Obrabiarka NC	50–70	0,5–0,3	2–3
Obrabiarka CNC	40–60	0,6–0,4	3–4
Centrum obróbkowe NC	30–50	0,7–0,5	4–8
Centrum obróbkowe CNC	25–45	0,75–0,55	5–10
Centrum obróbkowe CNC ze zmieniaczem palet	15–30	0,85–0,7	6–12

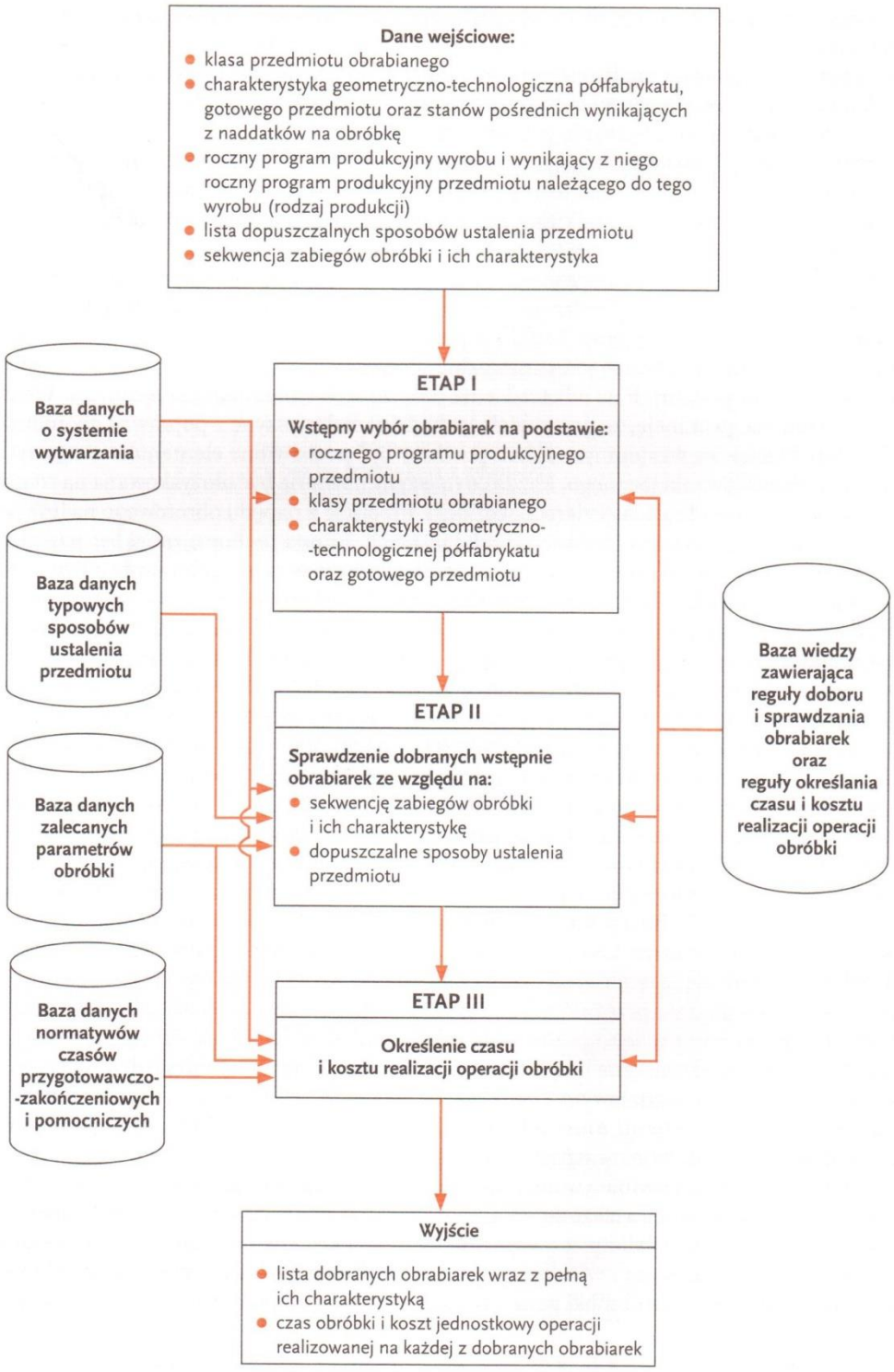
Innym problemem jest podjęcie decyzji o wyborze obrabiarki z określonej grupy. Oto przykłady:

- określone zadanie technologiczne można zrealizować na tańszej frezarce 3-osiowej przy kilkukrotnej zmianie mocowania przedmiotu lub na znacznie droższej frezarce 5-osiowej przy jednym zamocowaniu przedmiotu;
- obróbka przedmiotów wymagających zabiegów tokarskich i frezarskich może być realizowana w jednej operacji na: tokarce z głowicą rewolwerową z narzędziami obrotowymi, centrum tokarsko-frezarskim, centrum frezarskim do obróbki z pręta lub w dwóch operacjach na tokarce i frezarce.

Dobierając profesjonalną maszynę produkcyjną CNC, należy zwrócić uwagę, że powinna ona być konstrukcją o przestrzeni zamkniętej i dużej sztywności, składającą się z jak najmniejszej liczby elementów. Kadłub (rama) maszyny powinien być monolitem stalowym (lub żeliwnym), a brama jedną nierozbieralną częścią. Maszyna nie powinna składać się z elementów podatnych na odkształcenia połączonych elementami skręcanymi. Wtedy użytkownik ma gwarancję, że przez wiele lat będzie miał maszynę z poprawną geometrią. Elementy będące we wzajemnym ruchu powinny być pozbawione elementów ślizgowych na rzecz ułożyskowania tocznego. Każda oś maszyny powinna być ułożyskowana na co najmniej dwóch prowadnicach i czterech wózkach. Przejście z napędu obrotowego na liniowy powinno być zrealizowane za pomocą śrub kulowych. Brama ruchoma musi być napędzana dwoma śrubami kulowymi i to zsynchronizowanymi w celu zachowania sztywności skrętnej i utrzymania właściwej prostopadłości osi. Obowiązkowo maszyna powinna mieć osłony zabezpieczające śruby kulowe narażone na bezpośredni kontakt z zanieczyszczeniami (kurzem, wiórami, pyłem powstającym podczas obróbki). Napęd maszyny powinien być oparty o serwonapędy cyfrowe pracujące w systemie DPC (*Direct Position Control*), które charakteryzują się dużą dokładnością ruchu w stanach dynamicznych. Maszyny napędzane serwosilnikami powinny osiągać prędkości powyżej 300 mm/s w górę. Nie powinno się stosować silników krokowych w maszynach profesjonalnych. Można ich użyć w lżejszych maszynach pod warunkiem zastosowania dobrze dobranych silników ze sterownikami oraz zastosowania systemu tłumienia rezonansów. Powinny one osiągać prędkość 100–150 mm/s. Maszyna powinna posiadać system sterowania o odpowiedniej szybkości*, uwzględniający dokonywanie w przyszłości ulepszeń. Z systemem sterowania związane jest również działanie interpolatora. Komputer PC nie nadaje się do bezpośredniej interpolacji ruchów dla maszyn CNC, ponieważ nie ma precyzyjnego zegara (timera). Systemy Windows i Linux nie są systemami czasu rzeczywistego, wobec powyższego impulsy generowane bezpośrednio przez PC mogą mieć opóźnienia o nieokreślonej wartości. Ruchy maszyny generowane w ten sposób będą miały bardzo niską jakość (drgania, wibracje, szarpanie). Dlatego konieczne jest zastosowanie interpolatora sprzętowego działającego na szybkim procesorze sygnałowym DSP (*Digital Signal Processor*). Komunikacja pomiędzy dwiema częściami systemu musi odbywać się z wykorzystaniem Ethernetu opartego na zmodyfikowanej warstwie transportowej.

System sterowania powinien umożliwiać płynną regulację prędkości posuwu maszyny od zera do prędkości zadanej, a także automatyczne generowanie ścieżki narzędzia na podstawie rysunków w formacie *.dxf, itp. z uwzględnieniem korekcji średnicy narzędzia, wybierania kieszeni, wykrywania wysp i wiercenia otworów. Powinien również wyświetlać na ekranie wszystkie dane dotyczące obróbki wraz z wizualizacją postępu pracy w czasie rzeczywistym.

* Szybkość działania systemu sterowania obrabiarki numerycznej, jest to zdolność do przetwarzania określonej liczby bloków programu w jednostce czasu.



Rys. 5.4. Algorytm doboru obrabiarki z wykorzystaniem baz danych [33]

Aby dobrać maszynę CNC należy przeprowadzić stosowne obróbki testowe ze sprawdzeniem parametrów roboczych i dokładności wykonania różnych wyrobów w kształcie kwadratu, trójkąta, koła, elipsy itp., o wielkości 100 mm i grubości 5–8 mm, z prędkością co najmniej 50 mm/s, w materiałach o twardości porównywalnej z tymi, które chcemy obrabiać.

Sformalizowanie podejmowania decyzji w przypadku podanych przykładów wydaje się bardzo trudne, stąd też proponuje się tu tylko metodykę systematycznego wyboru obrabiarki należącej do określonej grupy, np. do grupy tokarek kłowo-uchwytowych, do realizacji zadanego procesu technologicznego.

Spośród metod oceny i doboru cech urządzeń technicznych stosowanych w różnych dziedzinach techniki do doboru obrabiarek skrawających może być wykorzystana metoda od dawna stosowana do oceny usług – metoda Servqual zwana też metodą punktową.

Warunki – kryteria oceny wyboru:

- ustalenie mierników oceny (np. wg tab. 5.1 – patrz s. 145);
- ustalenie skali oceny (możliwe różne skale – Likerta 7-stopniowa, 5- czy 10-stopniowa);
- ustalenie kryteriów oceny – indywidualnie ustalone przez przyszłego użytkownika według jego potrzeb.

Do procesu wytwarzania należy dobierać maszyny nieprzewymiarowane, odpowiednie do oczekiwań stawianych obrabianym częściom. Stosując zbyt drogie i zbyt dokładne maszyny, marnujemy pieniądze, które można przeznaczyć na inne cele. Każda zbędna operacja, czy też zbyt duża dokładność maszyny w stosunku do faktycznie potrzebnej i wystarczającej do spełnienia założeń konstrukcyjnych i technologicznych to marnotrawstwo i strata pieniędzy.

Wybór właściwej obrabiarki produkcyjnej wymaga bardzo dokładnej analizy pod kątem potrzeb własnych zakładu – liczby i jakości produkowanych wyrobów. W obrabiarkach sterowanych numerycznie bardzo ważna jest szybkość transmisji i komunikowania się ze sterownikami oraz możliwość rozbudowy o dodatkowe funkcje. Należy także zwrócić uwagę na zakres wyposażenia podstawowego, wchodzącego w skład obrabiarki, przeanalizować, czy w cenie podstawowej urządzenia mieszczą się wszystkie niezbędne dla prawidłowej pracy adaptery oraz jakie jest wyposażenie dodatkowe. Należy zwrócić uwagę na możliwość i częstość uaktualniania oprogramowania produkcyjnego i diagnostycznego oraz warunki aktualizacji oprogramowania w przyszłości. Ważny także jest język komunikacji podczas obsługi urządzenia oraz jakość komunikatów na jego ekranie. Obrabiarka powinna być dostosowana do umiejętności obsługującego go operatora lub należy zatrudnić innego operatora. Na rys. 5.4 przedstawiono algorytm doboru obrabiarki.

Dość często są też podejmowane decyzje w zakresie modernizacji parku maszynowego. Potrzeba tego typu działań jest uwarunkowana poniższymi czynnikami.

1. Trudności z terminowym wykonywaniem zamówień.
2. Zbyt wysokie koszty produkcji wyrobów.
3. Niezadowalająca jakość wykonanych wyrobów.
4. Brak wykwalifikowanych pracowników.
5. Możliwość produkcji wyrobów w różnych systemach, wzrost elastyczności produkcji, skrócenie czasów przestawiania maszyn.
6. Lepsze wykorzystanie materiałów, minimalizacja odpadów.
7. Poprawa organizacji pracy.
8. Poprawa warunków BHP i ochrony środowiska.
9. Lepsze wykorzystanie technologii informatycznych.
10. Bardziej komfortowa praca robotników, kadry technicznej, właściciela zakładu.
11. Poprawienie zewnętrznego wizerunku przedsiębiorstwa.

5.2 Dobór narzędzi

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- **od jakich czynników zależy dobór rodzaju narzędzia**

Przed przystąpieniem do doboru narzędzi należy poznać:

- zadanie technologiczne do wykonania (np. sposób obróbki, wymagane dokładności, chropowatość);
- materiał obrabiany, w tym:
  - rodzaj materiału obrabianego,
  - twardość materiału,
  - podatność na obróbkę;
- dostępny park maszynowy.

Przy doborze narzędzia należy brać pod uwagę poniższe parametry:

1. **Sposób obróbki** – trzeba ustalić, czy będzie to: toczenie, toczenie rowków, frezowanie, szlifowanie, polerowanie itp.
2. **Charakterystyka materiału obrabianego** – należy zakwalifikować materiał do odpowiedniej grupy materiałów, w razie potrzeby ustalić twardość (przeliczając odpowiednie jednostki).
3. **Geometria płytki** – wartość dodatnia kąta, wartość ujemna kąta.
   Wartość dodatnia: pierwszy wybór do obróbki wewnętrznej, toczenie profilowe, przedmioty smukłe i niestabilne, materiały wytrzymałe, stopowe, skłonne do utwardzania, a także miękkie, „marzące się".
   Wartość ujemna: pierwszy wybór do obróbki zewnętrznej, obróbka zgrubna, duże części, trudne warunki.
4. **Właściwości oprawki i płytki** – powinno się zwrócić uwagę na:

- kierunek posuwu,
- dostępność do obrabianych powierzchni ze względu na kąt przystawienia,
- wpływ kąta przystawienia na rozkład sił skrawania,
- kształt płytki (jej wytrzymałość, rozkład i wielkość sił skrawania),
- uniwersalność w wykonaniu operacji,

Dobór oprawki

- rodzaj chwytu (tradycyjny, stożek itp.),
- wielkość trzonka (chwytu),
- strona lewa/prawa,
- wielkość płytki.

Dobór płytki

- kształt i wymiar płytki dopasowany do oprawki,
- materiał ostrza – dla danej grupy materiałowej wybieramy płytkę odpowiadającą danym warunkom skrawania – stanu maszyny, przygotówki, skrawania na sucho/mokro itp.,

- wielkość promienia zaokrąglenia naroża:
  - duży promień do dużych posuwów i do większych, głębokości skrawania, lepsza gładkość powierzchni, wytrzymała krawędź, większe siły poprzeczne;
  - mały promień do niewielkich głębokości skrawania, mniejsze drgania, mniejsza wytrzymałość płytek.

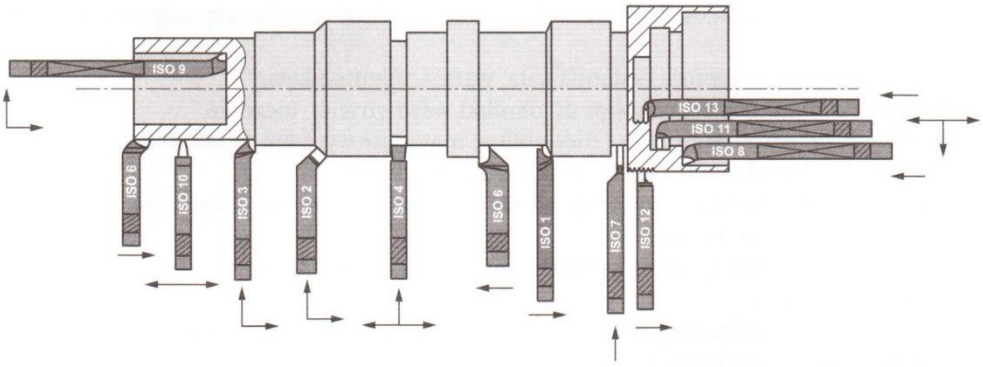
Wybór narzędzia będzie przede wszystkim zależał od zabiegu lub zabiegów, które mają być wykonane tym narzędziem. W zdecydowanej większości przypadków należy dobierać narzędzia znormalizowane, a tylko tam, gdzie to nie jest możliwe, narzędzia specjalne.

Dobierając narzędzie, należy brać pod uwagę materiał ostrza i jego geometrię; czynniki te decydują o właściwościach skrawnych i pełnym wykorzystaniu narzędzia w procesie obróbki. Na wybór materiału ostrza największy wpływ będzie miał materiał przedmiotu obrabianego i jego stan, jak również rodzaj przeprowadzonej obróbki i sama obrabiarka. Na przykład, nie będzie się stosowało ostrza diamentowego lub borazonowego do obróbki zgrubnej czy nawet kształtującej, gdyż są to narzędzia typowe do przeprowadzenia obróbki dokładnej i bardzo dokładnej. Nie będzie można również zaplanować tego typu ostrza, jeśli brak obrabiarki gwarantującej odpowiednią sztywność i prędkość obrotową, pozwalające na przeprowadzenie obróbki z odpowiednimi prędkościami skrawania.

Na rys. 5.5 (na wklejce) przedstawiono przykładowe narzędzia.

Do obróbki na automatach stosuje się przeważnie narzędzia znormalizowane. Noże tokarskie oprawkowe są wykonane najczęściej ze stali szybkotnących, a ostatnio również z nakładkami z węglików spiekanych. Często stosuje się noże kształtowe promieniowe, styczne i krążkowe.

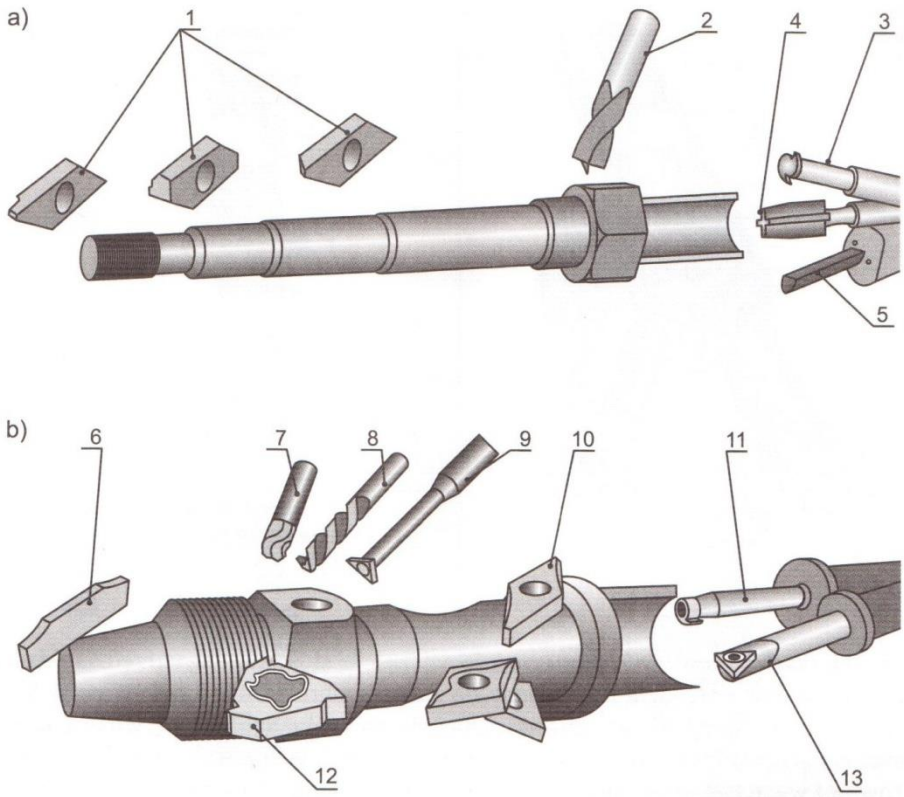
Na rys. 5.6. przedstawiono noże o różnych kierunkach obróbki powierzchni.



Rys. 5.6. Noże o różnych kierunkach obróbki powierzchni

Narzędzia do obróbki małych detali (rys. 5.7) są zaprojektowane do bardzo dokładnej obróbki na obrabiarkach z głowicami przesuwnymi stosowanymi w przemyśle samochodowym, precyzyjnym, medycznym i w produkcji elementów złącznych.

Do obróbki ciągłej i przerywanej o dużej wydajności usuwania materiału i szerokim zakresie zastosowań najkorzystniej zastosować płytki z węglika spiekanego z pokryciem CVD do obróbki wykańczającej i zgrubnej stali i staliwa. Posiadają one gradientowe podłoże o zoptymalizowanej twardości i udarności do toczenia stali w połączeniu z grubą, odporną na zużycie warstwą pokrycia.



Rys. 5.7. Narzędzia do obróbki małych przedmiotów [3]: *a*) średnice obrabianych przedmiotów 1–8 mm; *b*) średnice obrabianych przedmiotów 6–32 mm

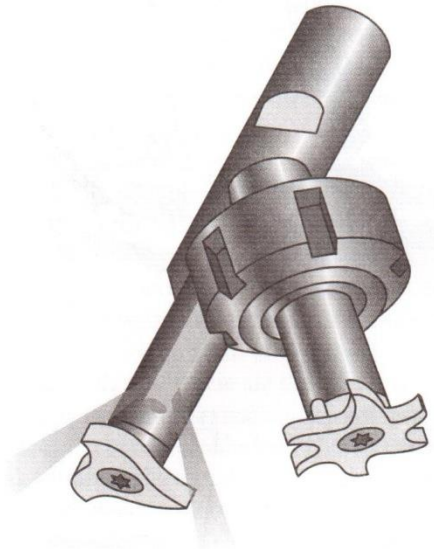
1 – płytki do toczenia, przecinania i gwintowania, *2* – frez, *3* – frez palcowy, *4* – gwintownik, 5 – nóż do toczenia otworów wewnętrznych o małych średnicach, *6* – płytka do przecinania i toczenia, *7* – głowica frezarska, *8* – wiertło, *9* – frez do rowków i gwintów, *10* – płytki do toczenia zewnętrznego i kopiowania, *11* – nóż do precyzyjnego toczenia rowków, *12* – nóż do toczenia gwintów, *13* – nóż do toczenia powierzchni wewnętrznych

Do obróbki wykańczającej stali niskostopowych i stopowych, gdy wymagana jest wysoka jakość obrobionej powierzchni i/lub niskie siły skrawania, korzystne jest wybranie płytki wykonanej z niepokrytego cermetalu o dobrej odporności na powstawanie narostów oraz na odkształcenia plastyczne.

Węglik bardzo drobnoziarnisty pokrywany metodą PVD. Zalecany jest do obróbki wykańczającej stali nierdzewnych, gdy wymagane jest utrzymanie wąskich tolerancji, znakomite wykończenie powierzchni lub ostra krawędź skrawająca. Dzięki bardzo dużej odporności na wstrząsy termiczne nadaje się również do obróbki przerywanej.

Drobnoziarnisty węglik pokrywany cienką warstwą z użyciem metody PVD. Zalecany do obróbki wykańczającej wszystkich rodzajów stali nierdzewnych z prędkością skrawania od niskiej do średniej. Doskonały, gdy wymagane są ostre krawędzie w połączeniu z lepszą ich udarnością lub wykończenie powierzchni. Duża odporność na szok termiczny powoduje, że nadaje się on także do lekkiej obróbki przerywanej.

Na rys. 5.8 (patrz s. 156) przedstawiono uniwersalny frez do wszystkich grup materiałów. Narzędzie przeznaczone jest do frezowania rowków wewnętrznych i zewnętrznych oraz do gwintów wewnętrznych. Ostrza freza pokryte są metodą PVD.



Rys. 5.8. Frezy do wykonywania rowków i gwintów w otworach o średnicy powyżej 10 mm [3]

W obrabiarkach sterowanych numerycznie najczęściej stosowane są narzędzia składane. Przykładowo dobór narzędzia tokarskiego do zadania obróbkowego polega na dobraniu kształtu płytki skrawającej oraz oprawki. Obecnie na rynku spotyka się wiele systemów mocowania narzędzi i tym samym występuje wiele rodzajów oprawek narzędziowych. Istnieje również wiele systemów mocowania płytek skrawających do oprawek. Wybór oprawki zależy przede wszystkim od rodzaju obróbki oraz od kształtu płytki skrawającej, na które z kolei ma wpływ kształt obrabianej powierzchni. Możliwości obróbkowe poszczególnych narzędzi, w przypadku toczenia zewnętrznego, przedstawiono na rys. 5.9, do toczenia wewnętrznego – na rys. 5.10 a do przecinania i rowków – rys. 5.11. Możliwy kierunek skrawania dla danej oprawki wskazują strzałki.

Obecnie coraz częściej dobór narzędzi oraz parametrów technologicznych dla procesów obróbki skrawaniem realizowany jest z wykorzystaniem programów komputerowych, których działanie oparte jest na bazach danych. Programy komputerowe są udostępniane przez producentów narzędzi skrawających. Pozwalają one na szybkie i interaktywne dobranie odpowiednich narzędzi skrawających oraz zalecanych parametrów technologicznych.

Do wiodących w świecie producentów narzędzi skrawających można zaliczyć firmę Sandvik Coromant. Udostępniła ona program CoroGuide, który służy do doboru narzędzi oraz parametrów technologicznych dla procesów toczenia, frezowania, wiercenia i wytaczania. W programie tym można także dobrać oprzyrządowanie w postaci uchwytów i oprawek narzędzi. Moduły programu pozwalają również wyeksportować dane do innych programów bazodanowych lub CAD/CAM. W celu doboru parametrów skrawania oraz odpowiedniego narzędzia konieczne jest uwzględnienie danych wejściowych dotyczących obrabiarki, materiału obrabianego oraz warunków skrawania.

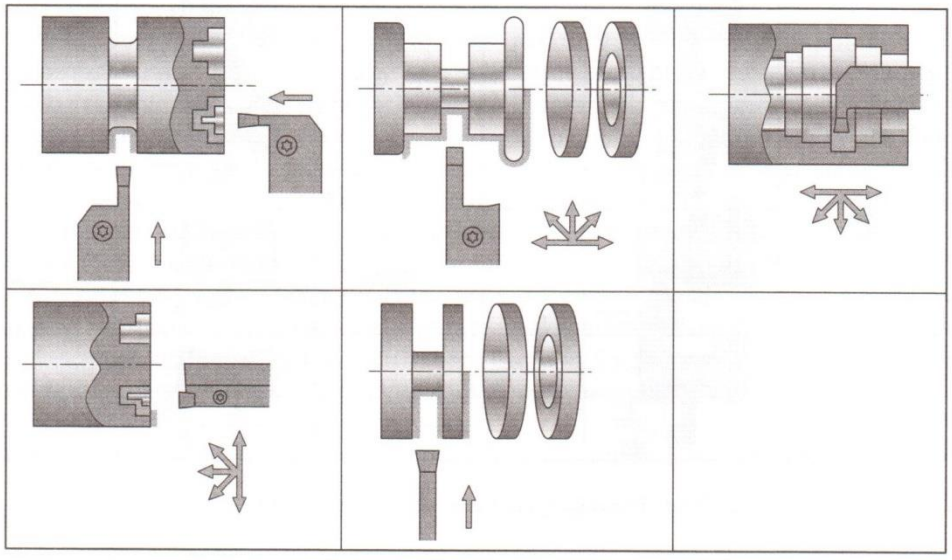
Szczególnej staranności wymaga dobór narzędzi do mikro- i nanoobróbki.

Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
80°		95			91
		75			93
		75			90
		75			60
		45			45
		45		≤ 22°	93
		45		≤ 12°30'	107,5
80°		95	55°	≤ 27°	93
	≤ 90°			≤ 57°	62,5
	≤ 27°			≤ 35°	107,5
			35°	≤ 50°	93
	≤ 90°			≤ 70°	72,5

Rys. 5.9. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki dla toczenia zewnętrznego [3]

Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
		75	35°	≤ 35°	107,5
80°		95		≤ 50°	93
	≤ 27°	93			91
	≤ 60°	63			
55°	≤ 30°	93			
		120	80°		95

Rys. 5.10. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki dla toczenia wewnętrznego [3]



Rys. 5.11. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki dla przecinania i wykonania rowków [3]

PYTANIA I POLECENIA

1. Co należy wziąć pod uwagę przy wyborze narzędzia?
2. Podaj, na co warto zwrócić uwagę przy doborze narzędzi.
3. Jakie narzędzia należy stosować do obróbki ciągłej i przerywanej o dużej wydajności usuwania materiału?

ZAPAMIĘTAJ

Każdy zakup urządzenia musi być przemyślany i dostosowany do aktualnych i przyszłych potrzeb zakładu. Wyposażenie zakładów produkcyjnych zależy od specjalizacji i zakresu realizowanych zleceń produkcyjnych. Decydujący wpływ na wybór obrabiarki ma przedmiot obrabiany, jego przynależność do określonej klasy części i wymiary gabarytowe, materiał obrabiany oraz wielkość produkcji i jej powtarzalność. Dokonując doboru narzędzia, należy brać pod uwagę: sposób obróbki, charakterystykę materiału obrabianego, materiał i geometrię narzędzia oraz oprawkę.

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Wymień i krótko omów kryteria, jakie należy uwzględnić przy doborze obrabiarek.
2. O jakich wymaganiach pozatechnicznych należy pamiętać, dokonując doboru obrabiarki?
3. Dokonaj ogólnej klasyfikacji obrabiarek.
4. Omów czynniki brane pod uwagę przy doborze narzędzi.

LITERATURA

[1] J. Honczarenko, *Obrabiarki sterowane numerycznie*. PWN, Warszawa 2008.
[2] W. Olszak, *Obróbka skrawaniem*. WNT, Warszawa 2009.
[3] Materiały firmy Sandvik Coromant.
[4] http://www.kimla.pl
[5] PN-EN ISO 8373:2001 Roboty przemysłowe – Terminologia.
[6] PN-EN ISO 9283:2003 Roboty przemysłowe – Metody badania charakterystyk funkcjonalnych.
[7] PN-EN ISO 9409-1:2004 Roboty przemysłowe – Interfejsy mechaniczne – Część 1: [1] Płyty.
[8] PN-EN ISO 9409-2:2004 Roboty przemysłowe – Interfejsy mechaniczne – Wałki.
[9] PN-EN ISO 9787:2003 Roboty przemysłowe – Układy współrzędnych i ruchy.
[10] PN-EN ISO 9946:2003 Roboty przemysłowe – Przedstawianie charakterystyk.
[11] PN-EN ISO 11593:2001 Roboty przemysłowe – Systemy automatycznej wymiany elementów roboczych – Terminologia i przedstawianie charakterystyk.
[12] PN-EN ISO 12100-1:2005 Maszyny – terminologia, metodologia (oryg.).
[13] PN-EN ISO 14121-1:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Ocena ryzyka – Część 1: Zasady.
[14] PN-EN ISO 14539:2002 Roboty przemysłowe – Manipulowanie obiektami za pomocą chwytaków typu cęgowego – Słownik i przedstawianie charakterystyk.

4.1 Zasady doboru materiałów

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- **co oznacza termin materiał**
- **jakie są podstawowe grupy materiałów inżynierskich**
- **jakimi podstawowymi własnościami charakteryzują się metale**
- **jakie czynniki i kryteria mają decydujący wpływ na wybór materiału**

W technologii budowy maszyn termin „materiał" jest używany w dwóch znaczeniach:

1. **tworzywa określonego składu i struktury** – np. stal konstrukcyjna, żeliwo ciągliwe, poliamid;
2. **określonej postaci tworzywa**, będącej wyrobem wyspecjalizowanych gałęzi przemysłu, najczęściej hutniczego lub chemicznego, przy czym używa się zwykle terminu „materiał wyjściowy".

W tym drugim znaczeniu materiałem wyjściowym jest np. **blacha, kształtownik walcowany, rurka z tworzywa sztucznego itp.**

Oprócz materiałów wyjściowych w procesach technologicznych występują bardzo często surówki, czyli półwyroby otrzymane zazwyczaj przez **odlewanie, kucie, walcowanie, tłoczenie, prasowanie, gięcie, cięcie blachy lub prętów** oraz przygotowane innymi metodami.

Charakterystyka podstawowych grup materiałów:

Materiały konstrukcyjne niewystępujące w naturze można otrzymać w wyniku zastosowania złożonych procesów wytwórczych, w zakresie ich przystosowania do potrzeb technicznych.

Do materiałów konstrukcyjnych możemy zaliczyć:

Metale i ich stopy (charakteryzują się wiązaniem metalicznym, mają dobre przewodnictwo cieplne i elektryczne, dodatni temperaturowy współczynnik rezystywności, połysk metaliczny, plastyczność itp.).

Polimery (naturalne, syntetyczne i modyfikowane; **naturalne** są budulcem organizmów żywych – np. białka, celuloza itp.; syntetyczne są podstawowym budulcem tworzyw sztucznych, a także wielu innych powszechnie wykorzystywanych produktów chemicznych, takich jak: farby, lakiery, oleje przemysłowe, środki smarujące, kleje itp. Są to polimery pochodzące w 100% z syntezy chemicznej zaczynającej się od prostych monomerów; **modyfikowane** – polimery naturalne, które zostały sztucznie zmodyfikowane chemicznie, zwykle w celu zmiany ich własności użytkowych. Polimery charakteryzują się małą gęstością, własnościami izolacyjnymi, cieplnymi i elektrycznymi, słabo odbijają światło).

Materiały ceramiczne (ceramikę stanowią materiały nieorganiczne o jonowych i kowalencyjnych wiązaniach międzyatomowych, wytwarzane zwykle w wysokotemperaturowych procesach związanych z przebiegiem nieodwracalnych reakcji).

Kompozyty (są połączeniami dwóch lub więcej odrębnych i nierozpuszczających się w sobie faz, z których każda odpowiada innemu podstawowemu materiałowi inżynierskiemu zapewniającymi lepszy zespół własności i cech strukturalnych).

Obecnie dostępnych jest wiele materiałów. Należy przeanalizować dokładnie ich własności, aby wybrać najlepszy na dany element maszyny.

Wybrane właściwości metali:

właściwości fizyczne:

- rozszerzalność:
  - rozszerzalność cieplna – r. liniowa,
  - rozszerzalność cieplna – r. objętościowa;
- ciepło właściwe;
- przewodność:
  - przewodność cieplna,
  - przewodność temperaturowa;
- oporność elektryczna;
- własności magnetyczne;

właściwości chemiczne:

- odporność na korozję,
- kwasoodporność,
- utleniająco-redukujące;

właściwości mechaniczne i technologiczne:

- technologiczne:
  - lejność,
  - skurcz odlewniczy,
  - ciągliwość,
  - plastyczność (granica plastyczności, wydłużenie, przewężenie),
  - skrawalność,
  - hartowność,
  - spawalność.
- wytrzymałościowe:
  - udarność,
  - wytrzymałość (na ścinanie, rozciąganie, ściskanie itp.);

właściwości techniczne (użytkowe):

- twardość,
- sprężystość,
- odporność na zużycie,
- żaroodporność,
- żarowytrzymałość.

Dzięki przeanalizowaniu wszystkich własności materiałów, jakimi powinien charakteryzować się materiał na dany element, możemy znacznie zawęzić grupę materiałów, których można byłoby użyć do jego produkcji.

Ogólne zasady doboru materiałów konstrukcyjnych

Trwałość i niezawodność oraz własności ruchowe maszyn zależą w znacznym stopniu od materiałów, z których są wykonane ich elementy.

Dobór materiału powinien uwzględniać kryteria: **konstrukcyjne, technologiczne, ekonomiczne, ekologiczne** i **estetyczne**.

Kryterium konstrukcyjne – wymaga zapewnienia odpowiednich własności gotowemu elementowi, gwarantujących jego funkcjonalność, trwałość i niezawodność w określonych warunkach pracy.

Kryterium technologiczne – polega na umożliwieniu wykonania części w jak najprostszy sposób, pozwalający unikać procesów pracochłonnych, materiałochłonnych i energochłonnych.

Kryterium ekologiczne – związane z opracowaniem (doborem) przyjaznych dla środowiska materiałów na etapie projektowania wyrobu, poprzez fazę cyklu życia wyrobu (wytwarzania, dystrybucji, użytkowania), włącznie z możliwością zagospodarowania i utylizacją powstałych odpadów.

Kryterium estetyczne – związane z wzornictwem przemysłowym, uwzględnia aspekty wizualne i dotykowe, takie jak kształt, barwa, faktura powierzchni, proporcja, styl wykonania, możliwość formowania.

Kryterium ekonomiczne – sprowadza się do zasady stosowania materiału najtańszego i najbardziej dostępnego spośród materiałów spełniających pozostałe wymagania.

Przy doborze materiału konieczne jest określenie:
- rodzaju i gatunku,
- postaci (odlew, odkuwka, pręt, blacha, rura, itp.),
- rodzaju obróbki (po obróbce, cieplnej, plastycznej itp.),
- stanu powierzchni (szlifowane, łuszczone, polerowane),
- tolerancji wymiarowej,
- klasy dokładności wykonania itp.

Czynniki decydujące o doborze materiałów:
- wymagania funkcjonalne i ograniczenia,
- własności mechaniczne,
- kształt,
- możliwość wykonania,
- odporność na zużycie i korozję,
- stabilność,
- względy estetyczne i ekologiczne,
- kryteria ekonomiczne i koniunkturalne,
- jakość i nowoczesność materiału,
- cena,
- dostępność.

Proces doboru materiałów zwykle dotyczy jednej z dwóch sytuacji:
- doboru materiałów i procesów technologicznych dla nowych wyrobów,
- oceny materiałów alternatywnych i możliwości wytwarzania dla istniejących wyrobów.

Dobór materiałów zamiennych dla istniejących wyrobów

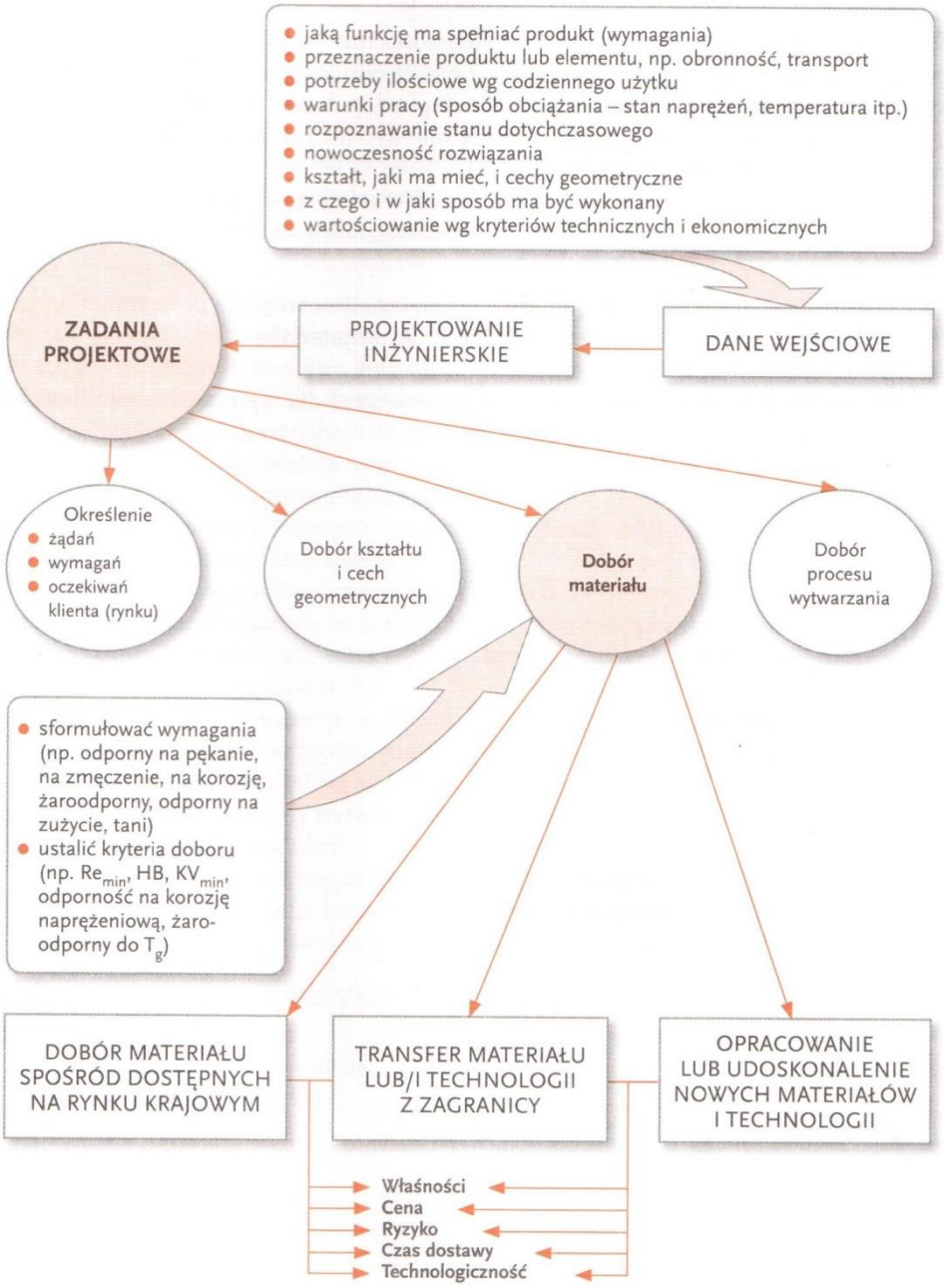
Dla dokonania zmiany w istniejącym wyrobie należy:
- scharakteryzować obecnie stosowany materiał inżynierski w danej postaci;
- określić, które z własności muszą być poprawione dla rozszerzenia własności użytkowych wyrobu;
- poszukać alternatywnych materiałów inżynierskich i procesów technologicznych, wykorzystując metodę przeglądu zalet;
- zestawić krótki wykaz materiałów inżynierskich i odpowiadającym im procesów technologicznych;
- rozwinąć wyniki osiągnięte w poprzednim kroku i wskazać materiał inżynierski zamienny, określając jego krytyczne własności, włącznie z kosztami.

Dobór materiałów dla nowych wyrobów

Dane wejściowe do projektowania

Dobierając materiał, należy (rys. 4.1):

- zdefiniować funkcje użytkowe, jakie musi spełniać wyrób, i opisać je z wymaganymi własnościami;



Rys. 4.1. Dobór materiałów inżynierskich dla nowych wyrobów [2]

- określić przeznaczenie wyrobu;
- określić wymagania dotyczące wytwarzania, podając liczbę koniecznych elementów;
- porównać wymagane własności i parametry z bazami danych materiałowych;
- zbadać bardziej szczegółowo wstępnie wytypowany materiał pochodzący z dostaw handlowych i zastosowany w danym wyrobie;
- uzupełnić dane projektowe, ustalając najmniejszą liczbę własności opisujących dany materiał.

Dobierając materiał na podstawie jego własności mechanicznych i technologicznych ujętych w normach, należy pamiętać, że własności te odnoszą się zwykle do próbek o określonych wymiarach oraz o określonej obróbce cieplnej, pobranych z półwyrobów w sposób określony w normie. W rzeczywistości mogą one być trudne do uzyskania, mogą także wykazywać anizotropię własności.

PYTANIA I POLECENIA

1. W jakich znaczeniach używany jest termin „materiał" w budowie maszyn?
2. Podaj, na co należy zwrócić uwagę podczas doboru materiału.
3. Wymień podstawowe własności metali.
4. Podaj zasady doboru materiału dla wyrobu nowego i dla wyrobów modyfikowanych (zamiennych).

4.2 Dobór półfabrykatów

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:
- **jakie postacie półfabrykatów mamy do dyspozycji w budowie maszyn**
- **jakie są podstawowe grupy półfabrykatów**
- **co ma decydujący wpływ na wybór półfabrykatu**

Technolog przed przystąpieniem do opracowania procesu technologicznego musi dobrać tzw. półfabrykat, czyli niewykończony przedmiot pracy, z którego przez dalszą obróbkę, polegającą na zmianie kształtu, wymiaru, stanu powierzchni lub właściwości materiału, wykonuje się daną część. Nie można opracowywać szczegółowego procesu technologicznego bez znajomości materiału wyjściowego i rodzaju półfabrykatu.

Technolog ma do dyspozycji szereg półfabrykatów, z których w zależności od potrzeb może dokonać wyboru spośród takich, jak:
- hutnicze – walcowane, łuszczone i ciągnione w postaci prętów, rur i kształtowników oraz walcowane w postaci blach i taśm,
- odlewane z żeliwa, staliwa i metali nieżelaznych,
- tłoczone na zimno i gorąco ze stali i niektórych metali nieżelaznych,
- wykrawane – wycinane z blach i taśm stalowych oraz niektórych metali nieżelaznych,
- spajane (spawane i zgrzewane),
- otrzymane przez spiekanie proszków metali (metalurgia proszków),
- z tworzyw sztucznych w postaci prętów, rur, płyt lub wyprasek i odlewów.

Do wykonania półfabrykatów na części klasy tuleja, tarcza, wał, kadłub, dźwignia mogą być stosowane różne metody wytwarzania. Wybór półfabrykatów w dużym stopniu będzie uzależniony od formy produkcji.

Należy zaznaczyć, że ten bogaty asortyment półfabrykatów jest także do dyspozycji konstruktora, ponieważ charakter konstrukcji, jej specyficzne cechy, przyjęty materiał niekiedy jednoznacznie narzucają półfabrykat.

Wybrane rodzaje półfabrykatów

Półfabrykaty hutnicze walcowane, łuszczone, szlifowane i ciągnione

Do tej grupy materiałów należą;
- pręty, kształtowniki, profile;
- blachy i taśmy;
- rury;
- druty.

Pręty mogą być walcowane okrągłe w zakresie średnic (10–250 mm), o dokładności wykonania zwykłej lub podwyższonej. Dokładność wykonania prętów mieści się w granicach 16–15 klasy dokładności. Materiał prętowy jest dostarczany w postaci prostych odcinków o długości na ogół nieprzekraczającej 13 m, o przekroju okrągłym, płaskim (prostokątnym),

kwadratowym i sześciokątnym. Wyrób walcowany w postaci niepociętej, dostarczany w kręgach nosi nazwę „walcówki". W przemyśle maszynowym stosuje się najczęściej pręty wykonane ze stali konstrukcyjnych węglowych, niskostopowych i stopowych, mogą być też wykonane ze stali sprężynowej – na resory i sprężyny.

Poza prętami walcowanymi stosowane są pręty: ciągnione, łuszczone, szlifowane i polerowane. Różnią się od walcowanych dokładnością wykonania (są dokładniejsze) i stanem powierzchni. Ogólnie można stwierdzić, że dokładność wykonania prętów mieści się granicach 11–9 klasy dokładności (a nawet wyższej), poza prętami łuszczonymi, które są o mniejszej dokładności. Zakres stosowania tej grupy prętów powinien być zróżnicowany, ponieważ są one znacznie droższe od walcowanych.

Wymiary, pole przekroju, masa i dopuszczalne odchyłki prętów są podane w normach.

Charakterystycznym półfabrykatem stosowanym szeroko są **profile kształtowane** z blachy lub taśmy na zimno, poprzez gięcie lub profilowanie rolkami. Kształtowniki mogą być wykonywane ze stali węglowej zwykłej jakości lub ze stali niskostopowej o podwyższonej wytrzymałości.

Blachy to wyroby walcowane najczęściej na gorąco, dostarczane w postaci arkuszy. Jako półfabrykaty do produkcji typowych części maszyn mają one ograniczone znaczenie, stanowią one jednak materiał wyjściowy dla konstrukcji spawanych. Mają duże zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym, najszerzej są wykorzystywane do produkcji nadwozi samochodowych. Blacha jest wyrobem walcowanym o bardzo dużej szerokości w stosunku do grubości, dostarczanym zazwyczaj w arkuszach. Największa szerokość blachy według norm krajowych wynosi 1500 mm, a minimalna 600 mm. Blachy można umownie podzielić na cienkie, o grubości $g < 3$ mm i grube $g \geq 3$ mm.

Wśród wielu rodzajów cienkich blach stalowych można wyróżnić:

- blachy ze stali zwykłej jakości;
- blachy do tłoczenia;
- blachy karoseryjne.

Przykładowo, blacha karoseryjna jest znormalizowana w zakresie grubości od 0,5 do 2,5 mm – najczęściej używa się blach o grubości 0,6–1,25 mm. Na elementy nadwozia, narażone na korozję, stosuje się blachę stalową ocynkowaną jednostronnie lub dwustronnie. Pozwala to na wyrównanie okresów trwałości nadwozia w stosunku do pozostałych mechanizmów.

Taśma jest materiałem walcowanym o mniejszej niż blacha szerokości – do 600 mm, przy czym szerokości znormalizowane nie przekraczają 300 mm (taśmy wąskie). Taśma jest dostarczana w kręgach, lub w postaci pasów o długości 1–4 m. Najczęściej stosowana taśma ze stali niskowęglowej jest produkowana w zakresie grubości od 0,1–4 mm. Zakres znormalizowanych szerokości taśmy wynosi 4–300 mm.

Rury są przeważnie stosowane na elementy konstrukcyjne i przewodowe. Są często (produkcja tulei) bardzo wygodnym półfabrykatem, umożliwiającym zaoszczędzenie dużej ilości materiału w stosunku do prętów. Mają one korzystnie duże wartości wskaźników wytrzymałościowych i sztywności w stosunku do masy i dlatego są używane jako elementy nośne konstrukcji. W przemyśle maszynowym są stosowane rury stalowe bez szwu lub ze szwem. Rury bez szwu otrzymuje się metodą walcowania na gorąco lub walcowania na gorąco i na zimno (lub ciągnienia). Rury ze szwem otrzymuje się przez zgrzewanie lub spawanie taśm lub blach. Niekiedy podwyższa się ich dokładność (tolerancję wymiarową i stan powierzchni) przez walcowanie lub ciągnienie wykonane na zimno. Dostarczane są w różnym stanie, wstępnie obrobione cieplnie, np. po wyżarzaniu.

Specjalnym typem rur przewodowych są rurki na przewody hamulców hydraulicznych. Rurki te są wykonywane ze stali o podwójnej ściance, odporne na wysokie ciśnienia i drgania. Zakres średnic wynosi 2,5–10 mm przy grubości ścianek 0,5–1,0 mm. Rurki są obustronnie miedziowane galwanicznie.

W celu poprawienia dokładności rur poddaje się je walcowaniu lub ciągnieniu na zimno. Uzyskuje się dzięki temu dokładniejszy wymiar i powierzchnię o mniejszej chropowatości.

Druty są wykonywane ze stali i ciągnione na zimno. Znajdują zastosowanie na sprężyny, zawleczki, podkładki sprężyste itp.

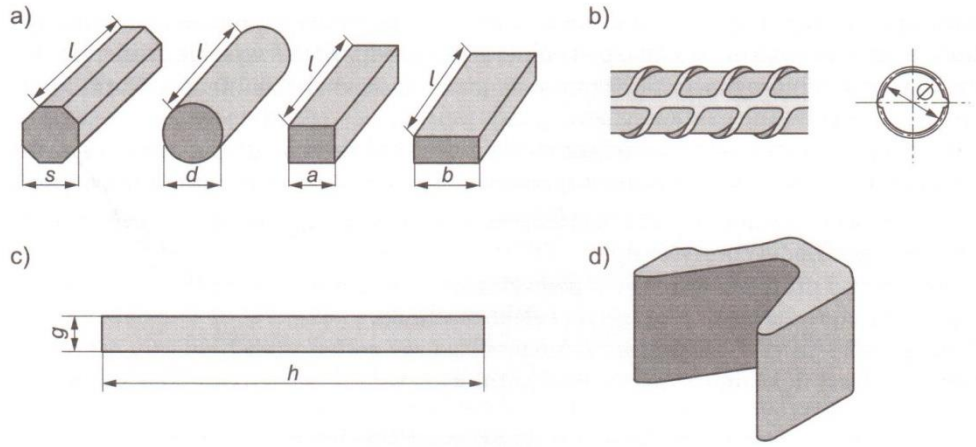
Bimetalowe druty przewodowe o podwyższonych własnościach fizyko-mechanicznych są przeznaczone dla elektroenergetyki i elektrotechniki.

Na rys. 4.2 – patrz s. 130 przestawiono przykładowe półfabrykaty hutnicze. Zakresy wymiarowe i klasy dokładności materiałów hutniczych wg PN przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Zakresy wymiarowe i klasy dokładności materiałów hutniczych wg PN

Półfabrykaty z materiałów hutniczych				Uwagi
wyroby walcowane	pręty długości: 3–6 m IT 15–16*	okrągłe	Ø8–Ø 250 mm	zakres wymiarowy zależny od gatunku stali
		płaskie	sz. 12–150 mm gr. 5–60 mm	
		o przekroju kwadratowym	8–180 mm	
		o przekroju sześciokątnym	8 –62 mm (bok)	
wyroby ciągnione długości: 2 –6 m (stale węglowe) 1–6 m (stale stopowe)	pręty i druty IT 9–13	druty o przekroju okrągłym	Ø1–Ø24 mm	
		pręty o przekroju okrągłym	Ø25–Ø65 mm	
	pręty i druty IT 11–13	druty o przekroju kwadratowym	2–16 mm	
		pręty o przekroju kwadratowym	5 –60 mm	
		druty o przekroju sześciokątnym	3–16 mm	
		pręty o przekroju sześciokątnym	6 –60 mm	
wyroby szlifowane i polerowane	IT 9–13	pręty szlifowane	Ø1–Ø36 mm	pozostałe dane jak dla prętów ciągnionych
		pręty szlifowane i polerowane	Ø1–Ø25 mm	
wyroby łuszczone	IT 11–16	pręty łuszczone	20–155 mm	możliwe dodatkowe nagniatanie
blachy	IT 15–16	blachy walcowane na gorąco dostarczane w postaci arkuszy	gr. 5–40 mm sz. 160–700 mm	

* IT – *oznaczenie klasy dokładności*



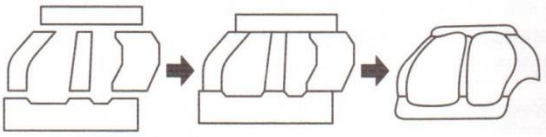
Rys. 4.2. Przykładowe półfabrykaty hutnicze: *a*) pręty, *b*) pręt zbrojony, *c*) płaskownik, *d*) kształtownik specjalny

Wykroje

Otrzymywane są z materiałów hutniczych np. z płaskowników, blach, płyt itp. Wykonuje się je metodą mechaniczną na nożycach, prasach przez cięcie, wykrawanie, przycinanie, dziurkowanie, przepychanie itp., metodą termiczną przez wycinanie laserowe, plazmowe oraz cięcie wodą. Wykroje przeznacza się do tłoczenia w następnych operacjach. Znajdują zastosowanie m.in. na części klasy tarcza, na elementy nadwozi samochodowych. Podczas ustalania położenia wykrojów w taśmach, blachach należy zachować minimalne odstępy pomiędzy wykrojami oraz między wykrojem a brzegiem materiału wyjściowego.

Półfabrykaty tłoczone (wytłoczki)

Otrzymuje się przez plastyczne kształtowanie materiału (blachy) na zimno lub na gorąco przez prasowanie, wyoblanie, tłoczenie itp. w produkcji wielkoseryjnej i masowej. Takie półfabrykaty mają dobre właściwości wytrzymałościowe, niski ciężar i na tyle dużą dokładność, że nie wymagają dalszej obróbki skrawaniem lub ich obróbka sprowadza się do minimum. Na rys. 4.3. przedstawiono kształtowanie wytłoczki boku nadwozia samochodu z wykorzystaniem łączenia elementów metodą spawania laserowego.



Rys. 4.3. Kształtowanie wytłoczki boku nadwozia z wykorzystaniem łączenia elementów poprzez spawanie laserowe [5]

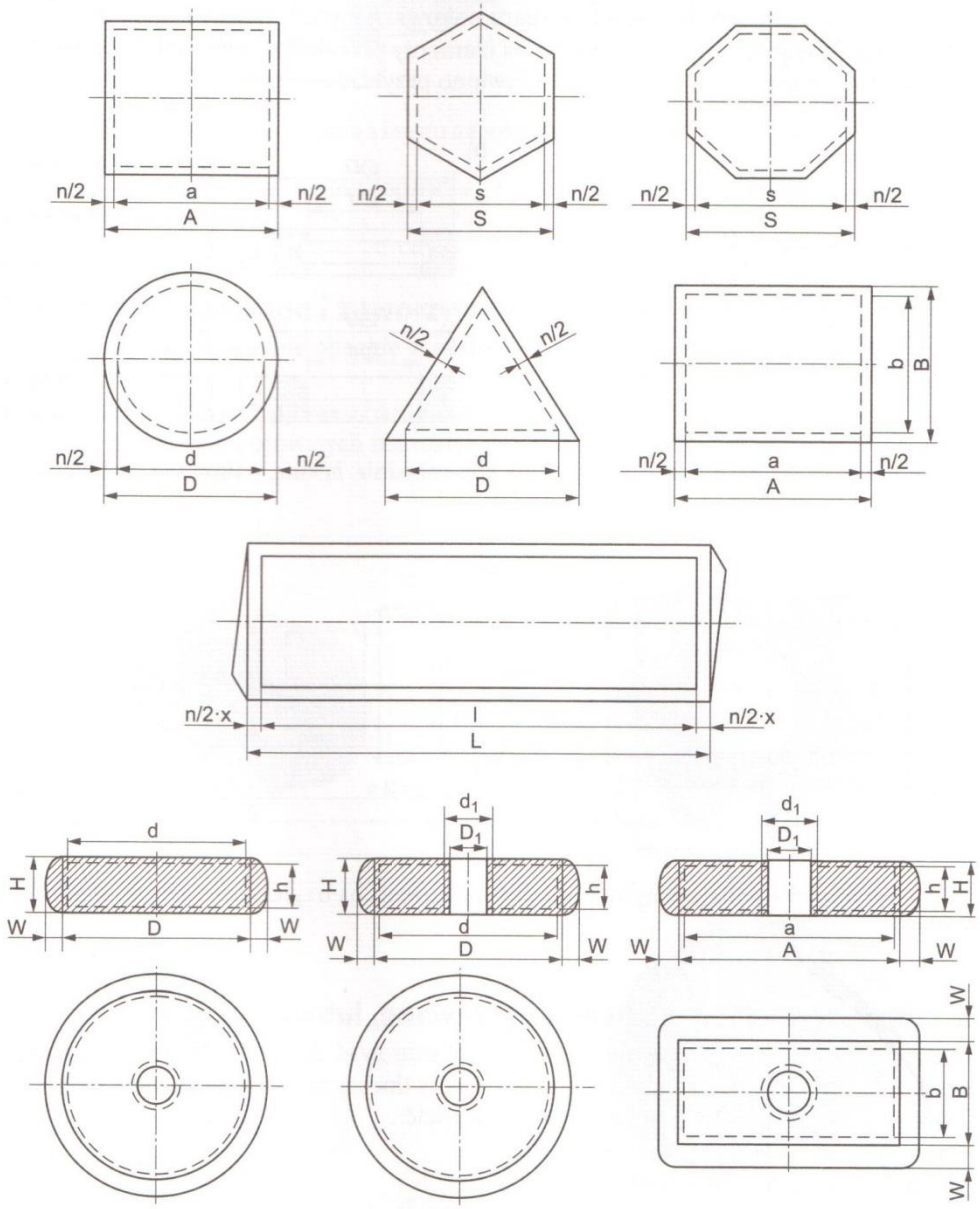
Półfabrykaty kute

Jako odkuwki wykonuje się te elementy maszyn, które są silnie obciążone dynamicznie. Pod względem technologicznym wyróżnia się następujące rodzaje odkuwek:

- swobodne;
- matrycowe specjalnie dotłaczane;
- matrycowe wykonane na kuźniarkach;
- wykonane metodami specjalnymi (walcarki, spęczarki).

Do produkcji odkuwek używa się pras kuźniczych o nacisku 1000–10 000 ton, pozwalających w połączeniu z nagrzewaniem indukcyjnym uzyskać wysokiej jakości odkuwki przy 3–4 razy większej wydajności.

Odkuwki wykonane na prasach kuźniczych mają naddatki na obróbkę o 50% mniejsze od naddatków w odkuwkach matrycowych wykonanych na młotach. Charakteryzują się one równomiernym stopniem przekuwania we wszystkich przekrojach, czystą powierzchnią i małym pochyleniem ścianek.

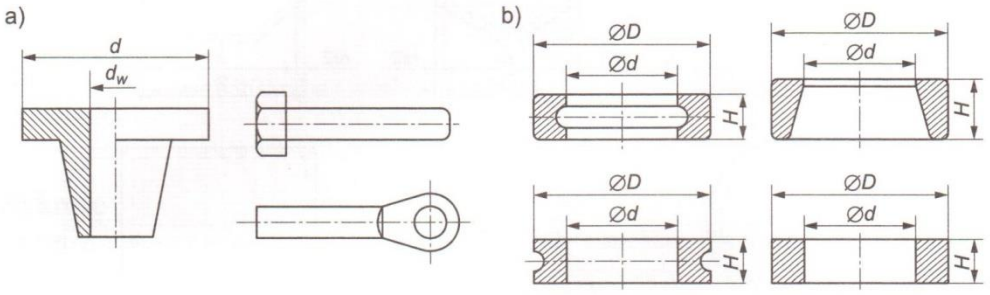


Rys. 4.4. Przykładowe półfabrykaty kute: *a*) wałki i graniastosłupy o przekroju regularnym i jednostajnym, *b*) płyty tarcze i krążki kute spęczająco

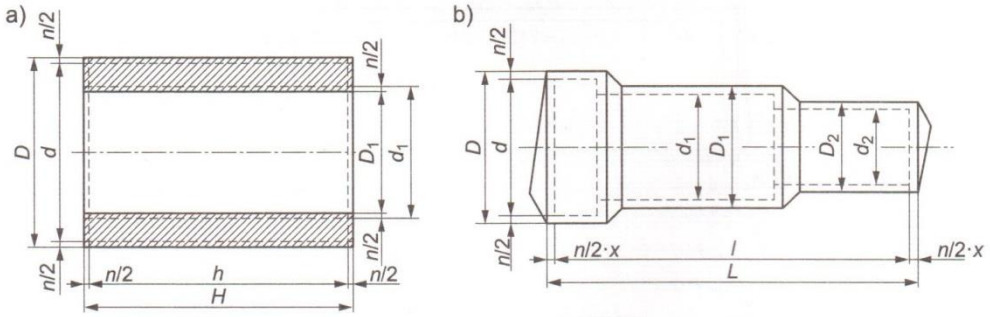
Często stosowane jest dotłaczanie (kalibrowanie), co w niektórych przypadkach pozwala na wyeliminowanie obróbki skrawaniem lub na ograniczenie do szlifowania wykańczającego. Dotłaczanie przeprowadza się po uprzednim wytrawieniu lub po piaskowaniu odkuwki. Zależnie od sposobu wywierania nacisku można wyodrębnić dotłaczanie powierzchniowe (płaskie) lub objętościowe. Może być wykonywane na gorąco (800–900°C), na półgorąco (650–750°C) i na zimno.

W przemyśle maszynowym rozpowszechnione jest dotłaczanie płaskie jako operacja wykańczająca powierzchnie czołowe korbowodów i dźwigni. W wyniku dotłaczania uzyskuje się odchyłki wymiarowe zależnie od wymiaru odkuwki, w granicach 0,05–0,25 mm. Przykładowo odkuwki mogą być zastosowane na elementy przekładni, wały, koła, półosie itp.

Na rys. 4.4 – patrz s. 131, 4.5 i 4.6. przestawiono przykładowe półfabrykaty kute.



Rys. 4.5. Przykładowe półfabrykaty kute: *a*) kute półswobodnie, *b*) kute, walcowane i kalibrowane



Rys. 4.6. Przykładowe półfabrykaty kute: *a*) tuleja rozkuwana na trzpieniu walcowym, *b*) odkuwka odsadzana

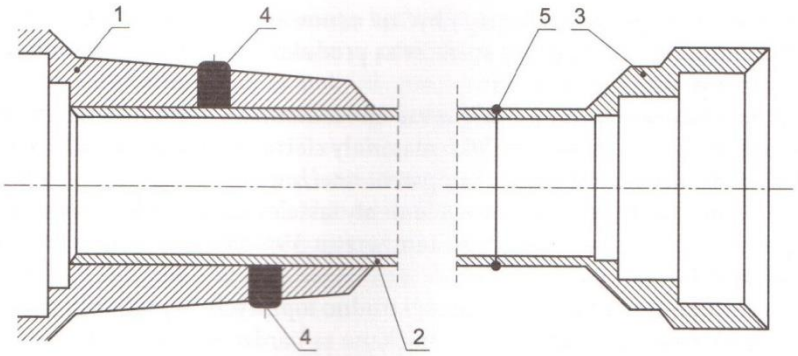
Półfabrykaty spajane (spawane, zgrzewane, lutowane)

Stosując spawanie lub zgrzewanie, można wyeliminować skomplikowane i pracochłonne odlewy i odkuwki, łącząc w ten sposób elementy tłoczone, kute i walcowane (rys. 4.7).

W wyniku takiej obróbki surówek można uzyskać:

- zmniejszenie zużycia materiałów do 20%;
- zmniejszenie pracochłonności do 40%;
- możliwość wykonania surówki o złożonych kształtach.

Do łączenia elementów, zależnie od rodzaju materiałów i możliwości technicznych zakładu (skali produkcji) stosuje się spawanie, zgrzewanie, lutowanie, natapianie itp.



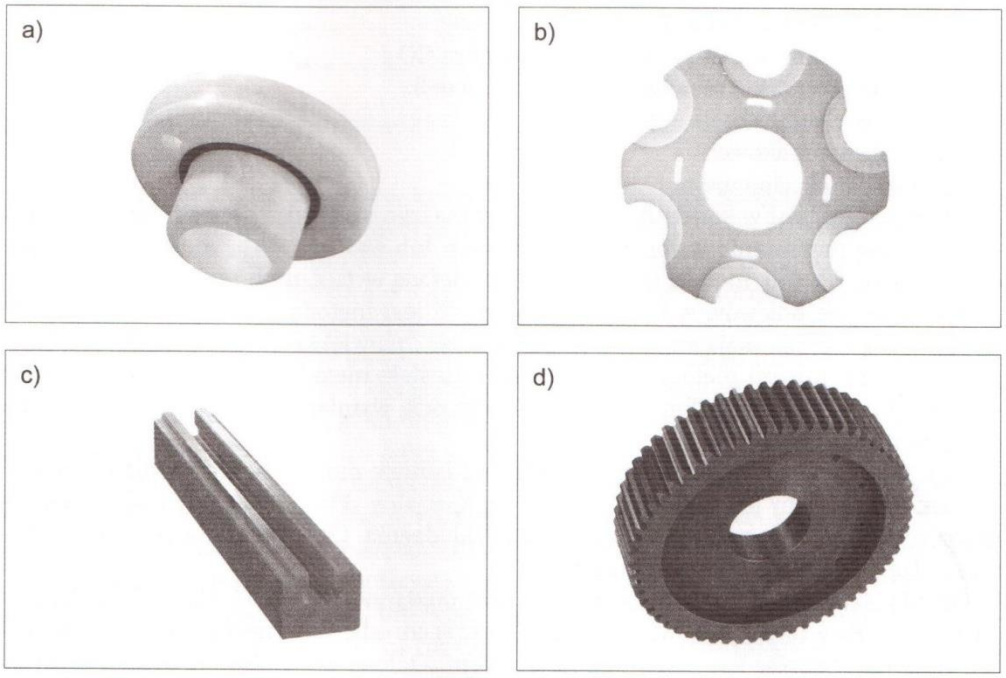
Rys. 4.7. Półfabrykat spajany – pochwa mostu napędowego samochodu ciężarowego złożona z trzech surówek

1 – odlew, *2* – rura bez szwu, *3* – odkuwka matrycowa, *4* – spoina łącząca rurę z odlewem, *5* – zgrzeina łącząca rurę z końcówką

Półfabrykaty spiekane i z tworzyw sztucznych

Części spiekane, stosowane obecnie w budowie maszyn, można podzielić na następujące rodzaje:

- okładziny cierne sprzęgłowe i hamulcowe;
- tulejki ze spieków porowatych nasycane olejem lub teflonem;
- gniazda zaworowe.



Rys. 4.8. Przykładowe półfabrykaty wykonane z tworzyw sztucznych w postaci gotowej do montażu [18]: *a*) rolka prowadząca, *b*) element kształtowy, *c*) prowadnica, *d*) koło zębate

Tulejki ze spieków porowatych mogą być na osnowie żelaza lub Cu. Porowatość waha się w granicach 15–30%. Z tej grupy spieków są produkowane tulejki porowate do różnych mechanizmów np. pomp, przekładni.

Drugą grupę stanowią spieki proszków metali i materiałów niemetalicznych, zwane cermetalami. Spieki takie są stosowane jako materiały cierne (do pracy na sucho i w oleju) do sprzęgieł czy hamulców tarczowych. W oparciu o technologię spieków mogą być również wykonywane inne części mechanizmów. Elementy takie mogą być wykonywane na osnowie miedzi. Spieki mogą pracować w zakresie temperatur 350–450°C, a ich współczynnik tarcia wynosi $\mu = 0{,}6–0{,}7$.

Poza tym szeroko stosuje się spieki metali trudno topliwych do produkcji narzędzi i części osprzętu elektrycznego. Półfabrykaty spiekane są bardzo dokładne (w klasie IT5–IT9), mają dokładne kształty i wymiary i najczęściej wymagają minimalnej lub nie wymagają żadnej obróbki wykańczającej. Zalety spieków, to możliwość regulowania składu chemicznego, jednorodna struktura, jednakowa wytrzymałość całości wyrobu, wadami zaś są kruchość i porowatość.

Wypraski i kształtki z tworzyw sztucznych mogą występować w procesie produkcyjnym jako surówki, wymagające obróbki skrawaniem i różnych zabiegów obróbki wykańczającej lub w większości przypadków jako elementy gotowe do montażu. Na rys. 4.8 (patrz s. 133) przestawiono przykładowe półfabrykaty wykonane z tworzyw sztucznych w postaci gotowej do montażu.

Półfabrykaty odlewane

Sposoby wykonywania odlewów przeznaczonych do produkcji elementów maszyn są następujące:

- odlewanie w formach z masy formierskiej;
- odlewanie w formach skorupowych;
- odlewanie w formach utwardzonych za pomocą CO_2;
- odlewanie precyzyjne metodą wytapianych modeli;
- odlewanie w kokilach;
- odlewanie odśrodkowe;
- odlewanie pod ciśnieniem.

Największy udział w konstrukcji elementów maszyn stanowią odlewy żeliwne. Są one wykonywane przeważnie w formach piaskowych lub skorupowych, mogą być również otrzymywane z kokili, metodą odśrodkową lub metodą wytapianych modeli.

Wykonywanie odlewów w formach piaskowych jest metodą tradycyjną. Półfabrykaty wykonane tą metodą mają najmniejszą dokładność i największe naddatki w porównaniu z wykonanymi innymi metodami odlewania. Pozostałe metody różnią się jakością odlewów, w tym przede wszystkim większą dokładnością wymiarowo-kształtową i mniejszą chropowatością powierzchni.

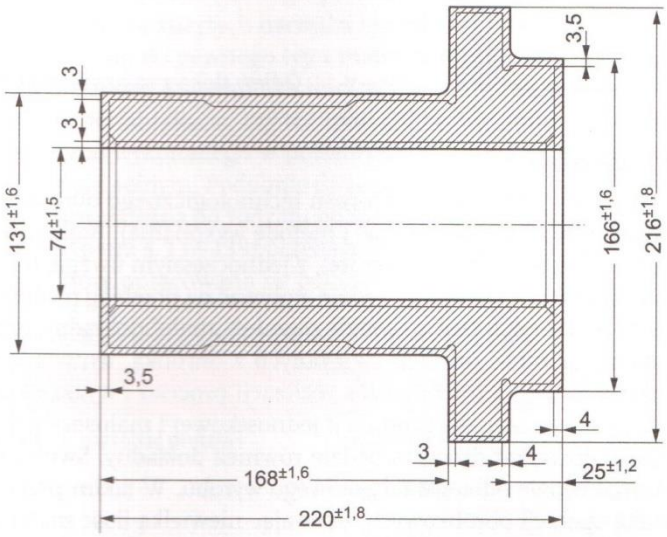
Podczas odlewania żeliwa w formę metalową istnieje możliwość zabielenia cieńszych ścianek odlewu. Aby tego uniknąć, stosuje się specjalny skład chemiczny i odpowiednio grubą ściankę w celu zmniejszenia szybkości chłodzenia. Dobre wyniki uzyskuje się stosując rdzenie i wkłady wlewowe piaskowe.

Odlewy skorupowe charakteryzują się dużą dokładnością (11–13 klasa) i gładką powierzchnią ($Ra = 10–2{,}5\ \mu m$). Minimalna grubość ścian odlewu wynosi 2–3 mm. Najmniejsza średnica otworów surowych wynosi 6–8 mm. Odlewy mają budowę gruboziarnistą. Proces odlewania może być zautomatyzowany. Metoda ta ma zastosowanie do odlewania np. wałów korbowych z żeliwa sferoidalnego.

Odlewy z metali nieżelaznych mogą być wykonywane jako odlewy piaskowe, kokilowe i pod ciśnieniem. Kokile wykonywane są z żeliwa (perlityczne, sferoidalne lub stopowe) lub staliwa węglowego; rdzenie są ze stali lub piaskowe.

Własności wytrzymałościowe odlewów kokilowych są dobre, odchyłki wymiarowe nie przekraczają kilku dziesiątych milimetra, a naddatki na obróbkę wynoszą około 1–1,5 mm, gładkość Ra = 5 μm. Minimalna grubość ścianek odlewów waha się w granicach 0,6–1,5 mm. Maksymalna grubość ścianek zależnie od rodzaju stopu wynosi 4–8 mm. Odlewy kokilowe można odlewać pod małym ciśnieniem (do 0,2 MPa).

Przykładowy rysunek odlewu z ustalonymi wartościami naddatków i tolerancjami przedstawiono na rys. 4.9.



Rys. 4.9. Przykładowy półfabrykat odlewu z ustalonymi wymiarami i tolerancjami

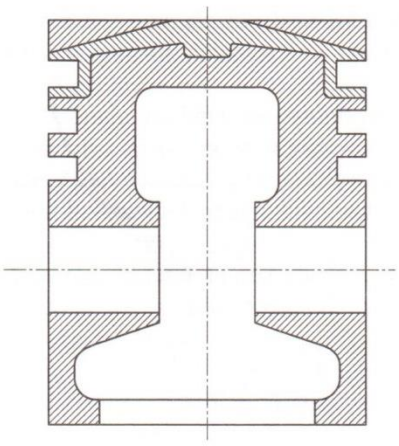
Odlewy ze staliwa stosowane są w budowie maszyn bardzo rzadko i są one zastępowane przez odlewy z żeliwa wysokogatunkowego. Odlewy staliwne są stosowane jako odlewy kombinowane w połączeniu z elementami prasowanymi, rurami itp. Odlewy najczęściej uzyskuje się metodą odlewania w formach piaskowych lub w formach skorupowych.

W przypadku mniejszych części o skomplikowanych kształtach, których obróbka jest bardzo utrudniona, stosuje się metodę odlewania precyzyjnego (metoda wytapiania modeli). Odlew wykonany jest z dokładnością 11–12 klasy przy chropowatości powierzchni Ra = 5–2,5 μm. Minimalna grubość ścianki waha się w granicach 0,6–0,8 mm.

Odlewy zbrojone (rys. 4.10 – patrz s. 136) powstają przez zalanie ciekłym stopem wkładek z innego stopu, umieszczonych w formie odlewniczej. W budowie maszyn stosowane są przeważnie odlewy zbrojone ze stopów lekkich, żeliwa, a nawet ze staliwa.

Łączenie żeliwa czy stali z aluminium jest przeprowadzane tak zwaną metodą „Al-Fin" zapewniającą ścisłe i trwałe połączenie na granicy tych stopów. W procesie łączenia powstaje cienka warstewka $FeAl_3$ lub $FeAl_5$ o grubości 0,02– 0,03 mm i wytrzymałości około 120 MPa. Wkładki są wykonywane najczęściej z wysokostopowego żeliwa austenitycznego o współczynniku rozszerzalności zbliżonym do rozszerzalności aluminium.

Zadaniem technologa jest dokonanie wyboru najbardziej odpowiedniej metody wytworzenia odlewu.



Rys. 4.10. Odlew tłoka z zalanymi wkładkami

Dobór półfabrykatów

Przed przystąpieniem do opracowania procesu technologicznego obróbki należy dokonać doboru półfabrykatu (uwzględniając postać i metodę wykonania). Najkorzystniej, jeżeli dokona się tego na etapie konstruowania wyrobu, z jednoczesnym uwzględnieniem przyszłej technologii jego wytwarzania, ponieważ będzie wpływać na przebieg planowanego procesu.

Jeśli dobierzemy półfabrykat tani, to będzie również „mało" dokładny, oznacza to zwykle konieczność wykonania wielu operacji związanych z obróbką, usuwania większej ilości materiału – co przełoży się na dłuższy czas realizacji procesu i wyższe koszty. Takie rozwiązanie jest charakterystyczne dla produkcji jednostkowej i małoseryjnej.

Jeśli dobierzmy półfabrykat drogi, to będzie również dokładny. Swoim kształtem i wymiarami nieznacznie będzie odbiegał od gotowego wyrobu. W takim przypadku wystarczy wykonać tylko kilka operacji obróbkowych, usuwając niewielką ilość materiału. Taki dobór znacznie skróci czas obróbki i zmniejszy koszty wytwarzania. Takie rozwiązanie jest charakterystyczne dla produkcji wielkoseryjnej i masowej. W związku z powyższym dobór półfabrykatu jest ważną decyzją wstępną dotyczącą opracowania procesu technologicznego obróbki.

Do kryteriów związanych z doborem półfabrykatu możemy zaliczyć:

- wielkość produkcji (jednostkowa, małoseryjna, seryjna, wielkoseryjna, masowa),
- klasę przedmiotu obrabianego (wał, tarcza, tuleja, korpus, dźwignia itp.),
- dostępne wymiary i kształt przedmiotu obrabianego (złożoność kształtu),
- dokładność i wzajemne położenie powierzchni przedmiotu obrabianego,
- materiał, z jakiego jest wykonany przedmiot obrabiany,
- konieczność obróbki powierzchni (np. obróbka cieplna, cieplno-chemiczna),
- klasę dokładności (tolerancja wymiarowa) powierzchni wyznaczającej maksymalny wymiar półfabrykatu znormalizowanego,
- możliwości produkcyjne zakładu (np. brak odlewni, a istnieją możliwości produkcji odkuwek itp.),
- specjalne zalecenia dotyczące warunków obróbki (np. określony stopień przekucia, określona twardość, określony rodzaj struktury itp.).

Głównie wymiary i kształt wyrobu oraz program produkcji będą decydować w pierwszej kolejności o doborze półfabrykatu.

Innym kryterium doboru półfabrykatu będzie koszt całkowity wykonania wyrobu. Powinien być on jak najmniejszy – równy sumie kosztów wykonania półfabrykatu i kosztów obróbki.

W produkcji jednostkowej, małoseryjnej i średnioseryjnej stosuje się półfabrykaty z wyrobów hutniczych i dąży się do tego, aby koszty produkcji półfabrykatów były jak najmniejsze. Półfabrykaty takie mają małą dokładność i duże naddatki na obróbkę. W produkcji wielkoseryjnej i masowej dąży się do tego, aby półfabrykaty miały jak najmniejsze naddatki na obróbkę skrawaniem, a kształty i wymiary były zbliżone do gotowego wyrobu.

Przykładowo wał w produkcji jednostkowej można wykonać z pręta w produkcji wielkoseryjnej i będzie wykonywany z odkuwki matrycowej. Z analizy procesu technologicznego produkcji wielkoseryjnej wynika, że występują duże straty materiału w przypadku zastosowania pręta, zwiększenie czasu wytwarzania wału, kosztów i pracochłonności. W produkcji masowej, ze względu na dużą liczbę produkowanych sztuk wyrobu, wydatki poniesione na wdrożenie systemu kucia matrycowego powinny się szybko zwrócić. Zakład ponadto zaoszczędzi na zmniejszeniu zużytych narzędzi i kosztów energii. Można zastosować także odlew, ale ogranicza nas on do pewnego typu materiałów (np. żeliwo sferoidalne).

W przypadku elementów z otworami technolog musi mieć pewność, czy otwory te będą wstępnie wykonane w półfabrykacie, czy też materiał będzie pełny. Inna jest bowiem technologia otworu wstępnie wykonanego w półfabrykacie, a inna wówczas, gdy otwór będzie wykonywany w materiale pełnym. Podobnie do poprawnego opracowania procesu technologicznego niezbędna jest, zależna od rodzaju półfabrykatu, znajomość wielkości naddatków.

W tabelach 4.2–4.7 (patrz s. 137–139) przedstawiono wytyczne doboru półfabrykatów dla różnych klas części, które opracowano na podstawie [3, 4].

Tabela 4.2. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy wał

Półfabrykaty na części klasy wał			Uwagi
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiał prętowy	walcowane	ograniczeniem są wymiary oraz znaczne uskoki stopniowania wymiaru
		ciągnione	
		łuszczone	
		szlifowane	
produkcja seryjna	odkuwki	swobodne	decydują wielkość serii, materiał przedmiotu obrabianego i wymiary wału
		matrycowe	
	odlewy	żeliwne	rzadko stosowane

Tabela 4.3. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy tuleja i tarcza

Półfabrykaty na części klasy tuleja i tarcza			Uwagi
tuleje i tarcze	rury grubościenne		w zależności od kształtu i wielkości serii mogą wystąpić wszystkie postacie półfabrykatów
	pręty		
	odkuwki	swobodne	
		matrycowe	
	odlewy	od mało dokładnych do bardzo dokładnych	

Półfabrykaty na części klasy tuleja i tarcza			Uwagi
tarcze	konstrukcje spawane z blach i kształtowników	duże wymiary	produkcja jednostkowa, oszczędność materiału, łatwość wprowadzania zmian
	wykroje	proste kształty oraz małe wymiary	
	walcowane (przez wyoblanie)		

Tabela 4.4. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy dźwignia

Półfabrykaty na części klasy dźwignia			Uwagi
produkcja jednostkowa i małoseryjna	konstrukcje spawane z blach i kształtowników	materiały hutnicze walcowane	
produkcja seryjna	odkuwki	swobodne	w zależności od materiału, konieczne informacje o stanie otworów lub ich braku
		matrycowe	
	odlewy	od mało dokładnych do bardzo dokładnych	

Tabela 4.5. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy korpus

Półfabrykaty na części klasy korpus			Uwagi
produkcja jednostkowa i małoseryjna	konstrukcje spawane	materiały hutnicze walcowane	stosuje się w przypadkach częstych zmian konstrukcyjnych, dla oszczędności materiału i zmniejszenia masy
produkcja seryjna i masowa	odlewy	ze stopów lekkich, żeliwne (żeliwo szare)	w zależności od materiału (staliwne rzadko stosowane)
		staliwne	

Tabela 4.6. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części płaskie

Półfabrykaty na części płaskie: płytki, graniastosłupy, listwy, kostki, płyty, krzywki			Uwagi
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiały hutnicze normowane	płaskowniki	blachy rzadko stosowane
		blachy	
		pręty walcowane o różnych przekrojach	
produkcja seryjna i masowa	materiały hutnicze na zamówienie	płaskowniki	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki
		blachy, płyty	
		pręty walcowane o różnych przekrojach	
części o nieregularnych kształtach	odkuwki	matrycowe	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki
części o nieregularnych kształtach części drobne	wykroje	wykrawane z blach, płyt	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki

Tabela 4.7. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy koło zębate

Półfabrykaty na części klasy koło zębate			Uwagi
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiały hutnicze	blachy	
		pręty walcowane	
produkcja seryjna i masowa	odkuwki	swobodne	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki
		matrycowe	
	metalurgia proszków metali	spiekane z proszków metali	drobne koła zębate, wykonane na gotowo
koła o dużych wymiarach	odlewy	żeliwne	w zależności od materiału

Należy pamiętać, że wiele półfabrykatów jest wykonywanych w hutach wg wymagań, które są podane w określonych normach. Dlatego posługując się normami, należy dostosować wymiar półfabrykatu do konkretnych potrzeb własnych.

Przygotowanie półfabrykatu do obróbki wymaga usunięcia niekorzystnych pozostałości materiału po procesie ich wytwarzania. Materiały hutnicze wymagają często prostowania, cięcia na odpowiednie wymiary, a pręty także w razie potrzeby nakiełkowania. W odlewach i odkuwkach usuwa się ostre krawędzie, które powstają po odcięciu nadlewów lub wypływek. Powierzchnie odlewów czyści się z pozostałości masy formierskiej oraz ze skóry odlewniczej metodą strumieniowo-ścierną (piaskowanie, śrutowanie) lub trawienia. Odlewy przeznaczone na kadłuby poddaje się wyżarzaniu odprężającemu lub sezonowaniu celem usunięcia naprężeń odlewniczych. Ponadto odlewy przeznaczone na części odpowiedzialne sprawdza się (metodami defektoskopowymi), czy nie mają wad odlewniczych. Odkuwki wykonane ze stali o wysokiej zawartości węgla poddaje się wyżarzaniu zmiękczającemu. Blachy czyści się metodą strumieniowo-ścierną lub ablacyjnego czyszczenia laserowego*.

PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień kryteria związane z doborem półfabrykatów.
2. Podaj, jakimi półfabrykatami może dysponować technolog przy opracowaniu procesu technologicznego.
3. Wymień podstawowe półfabrykaty hutnicze.
4. Dobierz półfabrykat na części klasy dźwignia. Uzasadnij wybór.
5. Dobierz półfabrykat na części klasy korpus. Uzasadnij wybór.
6. Omów, na czym polega przygotowanie półfabrykatu do obróbki.

ZAPAMIĘTAJ

Dobór materiału powinien uwzględniać kryteria **konstrukcyjne, technologiczne, estetyczne, ekologiczne i ekonomiczne**. Materiał dobieramy na podstawie własności określonych w normach. W rzeczywistości mogą one być trudne do uzyskania, mogą także wykazywać anizotropię własności. Wymiary, pole przekroju, masa i dopuszczalne odchyłki prętów podane są w normach. Głównie materiał, wymiary i kształt wyrobu oraz program produkcji będą decydować o doborze półfabrykatu.

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Wymień i krótko omów kryteria, jakie należy uwzględnić przy doborze materiału.
2. Podaj sposoby wykonywania półfabrykatów.
3. Dobierz i uzasadnij wybór półfabrykatu na wał produkowany jednostkowo.
4. Dobierz i uzasadnij wybór półfabrykatu na wał produkowany seryjnie.
5. Dobierz i uzasadnij wybór półfabrykatu na część typu korpus.
6. Dobierz i uzasadnij wybór półfabrykatu na część typu dźwignia.

* Ablacja laserowa to proces odparowywania (usuwania) materiału z powierzchni ciała stałego do stanu gazowego lub plazmy z pominięciem stanu ciekłego przy użyciu wiązki laserowej.