

Charakterystyka i rodzaje hamulców

Hamulce to części maszyn służące do zwalniania, zatrzymywania lub regulacji prędkości ruchu maszyn. Działają na zasadzie zamiany energii kinetycznej (ruchu) na inny rodzaj energii, np. energię cieplną powstającą w wyniku tarcia.

Ze względu na rodzaj sprzężenia rozróżnia się hamulce:

- cierne,
- elektryczne,
- hydrauliczne,
- pneumatyczne.

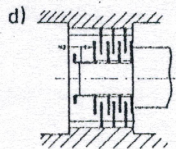
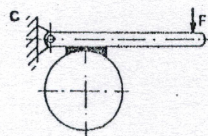
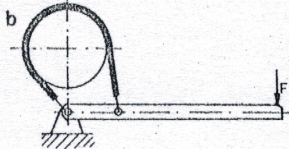
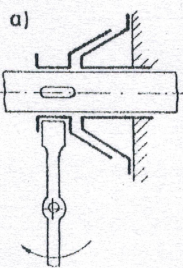
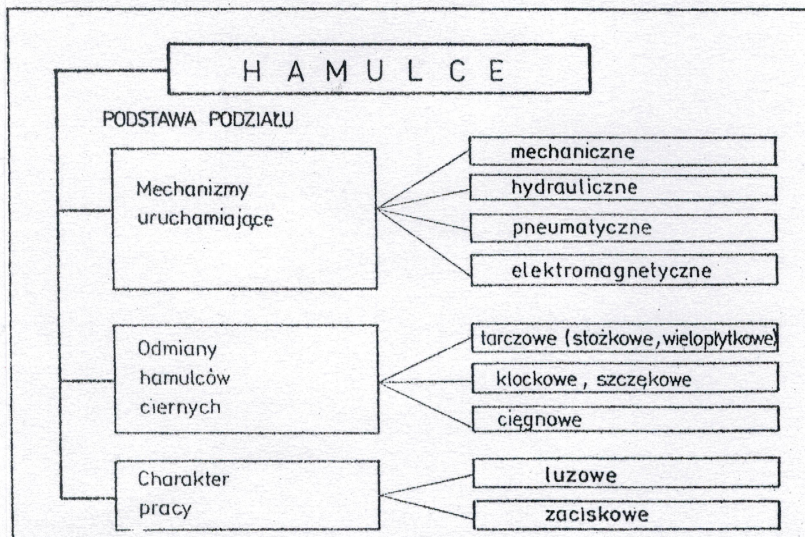
W zależności od rodzaju mechanizmu uruchamiającego **hamulce cierne** dzieli się na:

- mechaniczne,
- elektryczne,
- hydrauliczne,
- pneumatyczne,
- elektrohydrauliczne,
- elektropneumatyczne.

Z uwagi na budowę i zasadę działania **hamulce cierne** mogą być:

- tarczowe,
- szcękowo-bębnowe,
- taśmowe.

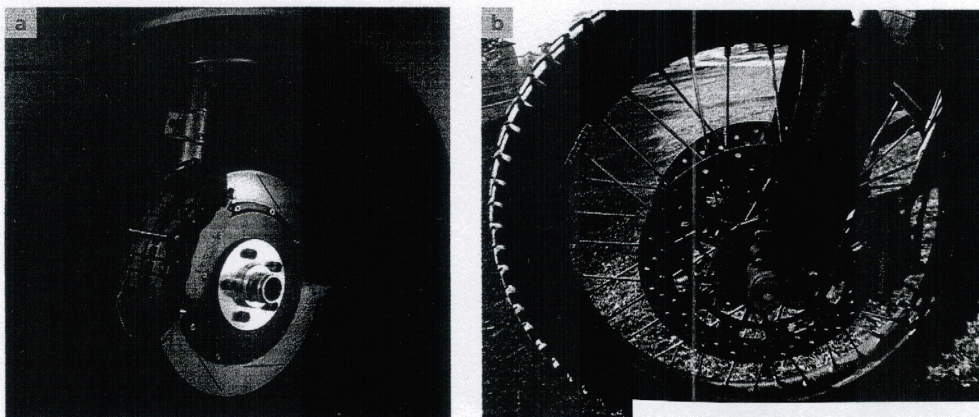
KLASYFIKACJA HAMULCÓW



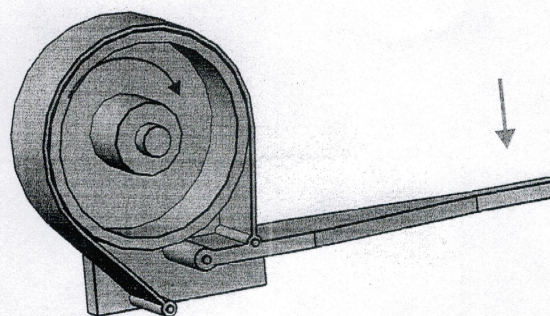
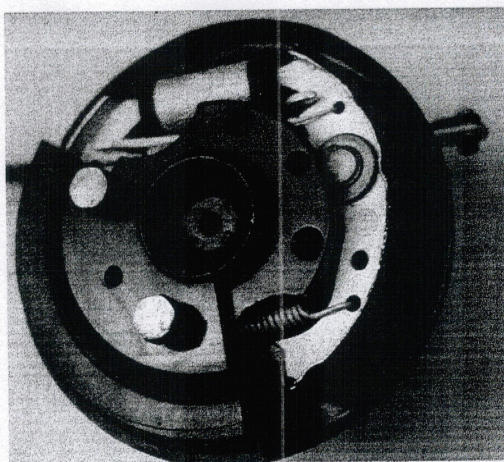
HAMULCE:

- a) stożkowy; b) ciągnowy;
c) klockowy; d) wielopłytkowy.

W hamulcu tarczowym (rys. 8.158) siła tarcia powstaje na skutek docisku klocków hamulcowych do tarczy obracającej się wraz z kołem. Zacisk hamulca jest zamocowany do nieruchomych elementów nośnych pojazdu. Z uwagi na wiele zalet w porównaniu z innymi hamulcami, a zwłaszcza możliwość wytwarzania dużej siły hamowania przy niewielkiej masie



Rys. 8.158 | Przykłady zastosowania hamulców tarczowych
a – w samochodzie, b – w motocyklu



Rys. 8.160 | Model hamulca taśmowego

Rys. 8.159 | Hamulec szczękowo-bębnowy w układzie simplex (wycięty fragment bębna odsłania szczęki i mechanizm rozpieracza hydraulicznego)

mechanizmu, hamulce tarczowe są bardzo często wykorzystywane w samochodach osobowych i ciężarowych oraz motocyklach.

W hamulcu bębnowym (rys. 8.159) moment hamowania powstaje w wyniku tarcia obracającego się bębna o nieruchome szczęki, najczęściej znajdujące się wewnątrz bębna. Szczęki są wyposażone w okładziny cierne o dużym współczynniku tarcia i małej ścieralności. Najczęściej stosowany rozpieracz hydrauliczny powoduje dociskanie szczęk do bębna.

Hamulec taśmowy (rys. 8.160) stanowi opasująca bęben taśma stalowa z przynitowaną okładziną cierną. Hamulce te wykorzystywano kiedyś jako hamulce awaryjne i postojowe, umieszczane na wale napędowym samochodów. We współczesnych konstrukcjach spotyka się je tam bardzo rzadko. Natomiast stosuje się je w układach sterowania automatycznych skrzynek biegów.

Ze względu na charakter pracy hamulce można podzielić na:

- zaciskowe (współpracują ze sobą tylko w czasie hamowania – np. hamulec zasadniczy w samochodzie),
- luzowe (na stałe są zaciśnięte, a luzują się przy włączeniu urządzenia – np. w przyczepach z hamulcami pneumatycznymi).

6.2.2. Napędy obrabiarek

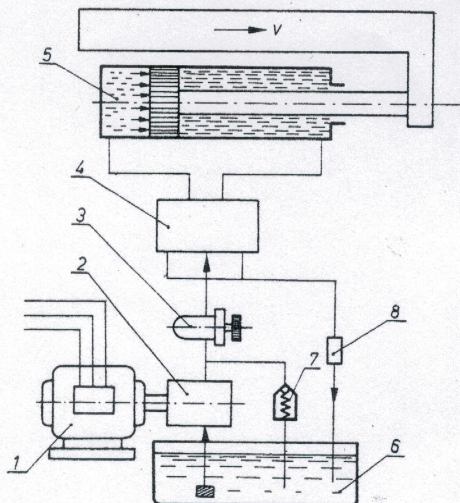
W obrabiarkach źródłem napędu jest z reguły silnik elektryczny. W zależności od sposobu przetwarzania energii elektrycznej, dostarczonej do silnika, na prace mechaniczną elementów roboczych obrabiarek, można wyodrębnić dwa podstawowe rodzaje napędów: elektromechaniczny i hydrauliczny. Znacznie rzadziej są stosowane napędy: pneumatyczny i hydropneumatyczny.

Napęd elektromechaniczny składa się z silnika elektrycznego oraz szeregu przekładni mechanicznych, najczęściej zębatych i pasowych. W obrabiarkach najczęściej są stosowane silniki indukcyjne asynchroniczne trójfazowe — na łapach lub kołnierzowe — jednobiegowe i wielobiegowe. Zastosowanie silników wielobiegowych (dwu-, trzy- i czterobiegowych) umożliwia zmniejszenie liczby przekładni mechanicznych w układach napędowych.

W układach kinematycznych niektórych obrabiarek — np. w napędach ruchów posuwowych obrabiarek sterowanych numerycznie lub w napędach ruchu głównego strugarek wzdłużnych — są stosowane silniki prądu stałego, umożliwiające bezstopniową regulację prędkości elementów roboczych.

W przypadku **napędów hydraulicznych** ruch zespołów lub elementów roboczych obrabiarki powoduje ciśnienie czynnika roboczego (najczęściej oleju), doprowadzonego do silnika hydraulicznego. Silniki hydrauliczne są wykonywane jako tłokowe oraz obrotowe.

Schemat napędu hydraulicznego stołu obrabiarki przedstawiono na rys. 6-3. Rozdzielacz 4 steruje dopływem i odpływem oleju z silnika hydraulicznego 5, w tym przypadku — tłokowego. Ruch tłoka silnika 5, w prawo lub w lewo, jest



Rys. 6-3. Schemat napędu hydraulicznego

1 — silnik elektryczny napędzający pompę, 2 — pompa olejowa, 3 — filtr oleju, 4 — rozdzielacz, 5 — silnik hydrauliczny (tłokowy), 6 — zbiornik oleju, 7 — zawór ograniczający ciśnienie w przewodzie tłoczącym pompy, 8 — zawór ograniczający ciśnienie wylotowe

przekazywany stołowi obrabiarki. Zawory ograniczające 7 i 8 utrzymują stałe ciśnienie w układzie hydraulicznym.

Napędy hydrauliczne umożliwiają: uzyskiwanie dużych sił lub momentów siły przy małych wymiarach zespołów napędowych, bezstopniową regulację prędkości oraz łagodną zmianę kierunku ruchu elementów roboczych obrabiarek, łatwą automatyzację pracy obrabiarek.

Układy hydrauliczne są stosowane głównie do napędu elementów roboczych wykonujących ruch prostoliniowy, rzadziej do napędu elementów roboczych wykonujących ruch obrotowy. Urządzenia hydrauliczne są szeroko stosowane w układach sterowania obrabiarek.

9.7 Napędy pneumatyczne i pneumatyczno-hydrauliczne

Silnik pneumatyczny i pomysł użycia powietrza jako nośnika energii nie są nowe. Silniki na sprężone powietrze były wykorzystywane do zasilania lokomotyw w kopalniach oraz do napędu tramwajów. Silniki pneumatyczne były i wciąż są używane do rozruchu silników spalinowych w samochodach wyścigowych. Małe silniki pneumatyczne są powszechnie stosowane do napędu narzędzi ręcznych, takich jak: wiertarki, młoty udarowe, szlifierki, klucze, zwłaszcza do pracy w środowisku, w którym iskra pochodząca od napędu elektrycznego lub spalinowego mogłaby spowodować pożar.

Napęd pneumatyczny to układ wprawiający w ruch mechanizmy maszyn i urządzeń za pomocą energii sprężonego powietrza lub innego gazu.

Silnik pneumatyczny jest maszyną pneumatyczną przetwarzającą energię sprężonego powietrza lub innego gazu na ruch obrotowy lub postępowy. Silniki pneumatyczne przypominają silniki parowe, gdyż pracę wykonuje w nich sprężony gaz dostarczony z zewnątrz. Silnik pneumatyczny nie emituje wprawdzie szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery, lecz wykorzystuje sprężone powietrze, którego wytworzenie wymaga energii uzyskiwanej metodami emitującymi takie zanieczyszczenia. Silniki pneumatyczne wykorzystuje się zamiast silników elektrycznych w razie zagrożenia pożarowego albo wymagania dużej elastyczności napędu (dostosowania się do bardzo zmiennych obciążeń) lub dużych prędkości obrotowych.

Źródłem energii w układach pneumatycznych jest sprężone powietrze, które wytwarza się w sprężarkach stacjonarnych lub ruchomych. Sprężarki te mogą być napędzane silnikiem elektrycznym albo spalinowym.

W układach pneumatycznych można łatwo regulować siłę, sterując ciśnieniem, natomiast prędkość – dławiąc strumień sprężonego powietrza doprowadzanego do odbiornika lub z niego odprowadzanego. Pewną uciążliwością jest hałas towarzyszący wypływowi powietrza do otoczenia, który można jednak w znacznym stopniu wyeliminować dzięki zastosowaniu odpowiednich tłumików.

W **pneumatycznym układzie napędu i sterowania** można wyróżnić następujące grupy:

- **elementy wykonawcze (napędowe)**, w których następuje zamiana doprowadzonej energii sprężonego powietrza na energię mechaniczną; nazywa się je również odbiornikami pneumatycznymi; obejmują siłowniki i silniki pneumatyczne;
- **elementy sterujące przepływem energii sprężonego powietrza (zawory)**; ze względu na przeznaczenie i konstrukcję stanowią one bardzo rozbudowaną grupę, do której należą np. zawory rozdzielające i przetworniki;

- **elementy przygotowania, magazynowania i przesyłania sprężonego powietrza;**
- **elementy pomocnicze**, do których zalicza się np. różnego rodzaju złącza pneumatyczne, płyty montażowe, mierniki ciśnienia i temperatury.

Podział silników pneumatycznych

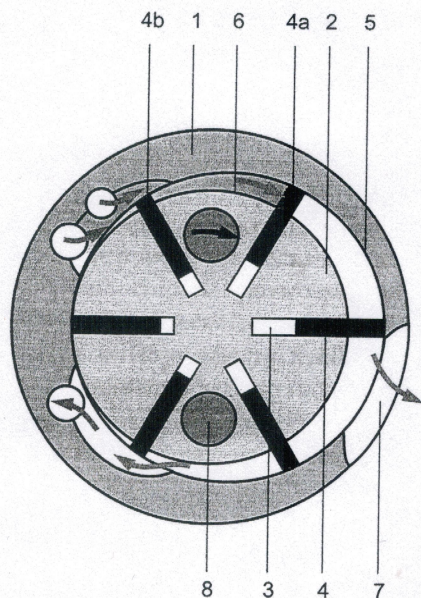
Rozróżnia się następujące rodzaje silników pneumatycznych:

- wahadłowe,
- krokowe,
- o ruchu obrotowym, które mogą być:
 - łopatkowe,
 - turbinowe (przepływowe),
 - zębate,
 - tłokowe, w tym:
 - promieniowe,
 - osiowe.

Silniki wahadłowe mogą realizować jeden niepełny obrót. Gdy kąt obrotu nie przekracza 120°, można zastosować silniki dwułopatkowe. W przeciwnym razie stosuje się silniki jednołopatkowe. Silniki wahadłowe mają małe wymiary i dlatego są wykorzystywane do napędu niezbyt obciążonych mechanizmów o zwartej budowie, np. manipulatorów przemysłowych.

W przemyśle najszersze zastosowanie znalazły silniki pneumatyczne łopatkowe, turbinowe i zębate.

Silniki łopatkowe (rys. 9.39) mają cylindryczną tuleję 1, wewnątrz której znajduje się wirnik 2 z łopatkami 4 oraz dwie pokrywy (przednią i tylną), gdzie znajdują się łożyska wirnika. Wirnik, zamontowany w tulei mimośrodowo, ma szczeliny 3, w których swobodnie mogą przesuwać się łopatki 4, przylegające do wewnętrznej ścianki 5 cylindrycznej tulei. Dwie sąsiednie łopatki tworzą komorę 6. Wpływające sprężone powietrze wywiera więk-



Rys. 9.39 Schemat pneumatycznego silnika łopatkowego
Strzałkami na rysunku oznaczono kierunek obrotu wirnika i przepływ sprężonego powietrza

szą siłę na większą powierzchnię przedniej łopatki 4a niż na mniejszą powierzchnię tylnej łopatki 4b. Różnica tych sił wytwarza moment obracający wirnik. Rozprężone powietrze wydostaje się na zewnątrz otworem wylotowym 7. Między szczelinami łopatek znajdują się komory smarne 8, służące do ciągłego smarowania silnika.

Mimośrodowe umieszczenie wirnika względem osi cylindra powoduje, że między wewnętrzną ścianką cylindra, łopatkami oraz wirnikiem powstają komory robocze o zmiennej wielkości. Podczas pracy silnika łopatki są dociskane do wewnętrznej powierzchni cylindra siłą odśrodkową, co zapewnia efektywne uszczelnienie poszczególnych komór roboczych.

Liczba łopatek w silniku, która wynosi od 3 do 10, jest ważnym parametrem konstrukcyjnym. Ogólnie można powiedzieć, że im mniej łopatek, tym mniejsze są straty tarcia, lecz gorszy rozruch silnika. Większa liczba łopatek łagodzi wprawdzie moment rozruchu i zmniejsza przecieki wewnętrzne, powoduje jednak zwiększone tarcie.

Silniki turbinowe zawierają umieszczone w korpusie koło łopatkowe napędzające wałek. Gdy ich otwór zasilający zostanie połączony ze źródłem zasilania o dużym natężeniu przepływu, a drugi otwór z atmosferą, wałek silnika zacznie się obracać. Silniki turbinowe stosuje się przy małych obciążeniach, mogą natomiast uzyskiwać bardzo dużą prędkość obrotową, osiągającą 500 000 obr/min (np. w wiertarkach dentystycznych).

Silniki zębate. W silnikach tych moment obrotowy powstaje w wyniku naporu sprężonego powietrza na powierzchnię zębów dwóch zazębionych kół zębatach. Silniki tego rodzaju stosuje się w napędach dużej mocy, przekraczającej 40 kW.

Silniki tłokowe. W tych silnikach organem roboczym jest tłok, którego ruch postępowo-zwrotny jest zamieniany na ruch obrotowy za pośrednictwem wału korbowego. Równomierną pracę uzyskuje się dzięki zastosowaniu kilku tłoków współpracujących z wałem. Tłoki silnika porusza siła naporu sprężonego powietrza. Źródłem sprężonego powietrza pod ciśnieniem 20 MPa jest kompozytowy zbiornik z włókna węglowego. Do cylindrów powietrze jest dostarczane wtryskowym układem zasilania. Unikatowa konstrukcja wału korbowego wydłuża czas, kiedy ładunek powietrza jest ogrzewany ciepłem z otoczenia. Sprawność urządzenia jest zwiększona dzięki wykorzystaniu ciepła z otoczenia o normalnej temperaturze do ogrzania rozprężającego się powietrza, które jest zimne (temp. -15°C).

Napędy pneumatyczne są bardzo szeroko wykorzystywane w różnych dziedzinach. Najbardziej typowymi przykładami ich zastosowania są:

- prasy wulkanizacyjne,
- układy zawieszenia pojazdów, wagonów i maszyn roboczych,
- układy sterowania drzwi w autobusach i tramwajach,
- maszyny do profilowania i łączenia przewodów samochodowych,
- układy hamulcowe maszyn wyciągowych w górnictwie,
- palety i płyty transportowe do przemieszczania ciężkich przedmiotów w halach fabrycznych,
- urządzenia mocujące,
- urządzenia sortujące,
- maszyny pakujące,
- maszyny obuwnicze,
- maszyny do produkcji butelek z tworzyw sztucznych,
- wtryskarki,

- zgrzewarki,
- rozlewarki,
- manipulatory montażowe obwodów scalonych na płytkach obwodów drukowanych.

Zalety i wady napędów pneumatycznych

Szerokie wykorzystanie napędów pneumatycznych wynika z zalet czynnika roboczego, którym najczęściej jest sprężone powietrze. Najważniejsze zalety sprężonego powietrza są następujące:

- jest łatwo dostępne;
- łatwy jest transport przewodowy na znaczne odległości;
- po wykorzystaniu nie wymaga zwracania do sieci ani wymiany;
- jest bezpieczne i czyste w eksploatacji (nie grozi porażeniem i nie zanieczyszcza otoczenia w razie uszkodzenia instalacji);
- jest odporne na wahania temperatury, dlatego gwarantuje niezawodną pracę również w skrajnych temperaturach otoczenia;
- pod ciśnieniem 0,4 do 0,7 MPa jest bardzo dobrym źródłem energii do wytwarzania sił o wartości do kilkunastu kiloniutonów.

W wielu współczesnych maszynach występują urządzenia pneumatyczne lub pneumatyczno-hydrauliczne, a w niektórych z nich urządzenia te stanowią najważniejszą ich część.

Mimo licznych zalet, napędy pneumatyczne mają także wady, którymi są:

- utrudnione ściśle powiązanie oraz uzyskiwanie powolnych i płynnych ruchów poszczególnych mechanizmów i zespołów maszyn (przeszkodą jest ściśliwość czynnika roboczego i jego straty w wyniku przecieków),
- zmiany wartości sił zewnętrznych mające wpływ na prędkość przesuwania się napędzanych elementów,
- ograniczona długość przemieszczeń prostoliniowych.

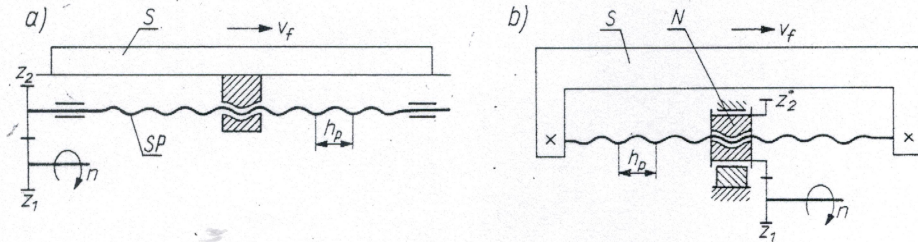
Elementy i zespoły pneumatyczno-hydrauliczne

Do napędu mechanizmów hydraulicznych wykorzystuje się czasami energię sprężonego powietrza. Do tego celu opracowano konstrukcję zespołów pneumatyczno-hydraulicznych spełniających dwie funkcje:

- przekazujących energię sprężonego powietrza do cieczy roboczej w celu wykorzystywania jej jako nośnika energii w dalszej części układu (przetworniki, wzmacniacze i pompy pneumatyczno-hydrauliczne);
- wykonujących określoną pracę przez współdziałające ze sobą oba czynniki, tzn. sprężone powietrze i ciecz roboczą (siłowniki i silniki pneumatyczno-hydrauliczne).

6.2.6. Mechanizmy do zamiany ruchu obrotowego na ruch prostoliniowy

Do zamiany ruchu obrotowego na prostoliniowy w obrabiarkach najczęściej są stosowane mechanizmy śrubowe, zębatkowe, korbkowe, jarzmowe oraz krzywkowe.



Rys. 6-14. Mechanizmy śrubowe: a) z obracającą się śrubą *SP*, b) z obracającą się nakrętką *N*

Mechanizmy śrubowe z obracającą się śrubą i z obracającą się nakrętką pokazano na rys. 6-14. Prędkość elementu wykonującego ruch prostoliniowy (*S* — stołu na rys. 6-14) jest określona wzorem

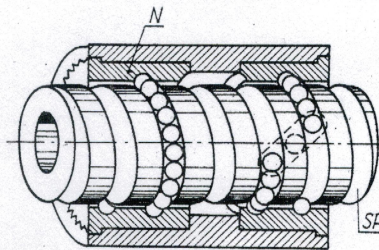
$$v_f = h_p \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot n \text{ mm/min} \quad (6-5)$$

w którym:

h_p — skok śruby lub nakrętki w mm,

Rys. 6-15. Mechanizm śrubowy toczny

SP — śruba, *N* — nakrętka



z_1, z_2 — liczby zębów kół zębatych przekładni napędzającej element obracający się (śrubę lub nakrętkę),
 n — prędkość obrotowa śruby lub nakrętki w obr/min.

Mechanizmy zębatkowe są wykonywane w dwóch odmianach — z obracającym się kołem zębatym i przesuwającą ruchem prostoliniowym zębatką (rys. 6-17a) oraz z kołem zębatym toczącym się po nieruchomej zębatce (rys. 6-17b). Prędkość ruchu prostoliniowego elementu *S* (stołu) jest określona wzorem

$$v_f = \pi \cdot m \cdot z \cdot n \text{ mm/min} \quad (6-6)$$

w którym:

m — moduł zębatki i koła zębatego w mm,

z — liczba zębów koła,

n — prędkość obrotowa koła zębatego w obr/min.

8.14 Zastosowanie programów wspomagających projektowanie do obliczania i konstruowania części maszyn

Obecnie konstruktorzy coraz chętniej korzystają z komputerowych programów wspomagających procesy konstruowania, modelowania i wytwarzania nowych części.

Komputerowe wspomaganie projektowania CAD (ang. *Computer Aided Design*) umożliwia opracowanie konstrukcji projektowanego elementu lub całego urządzenia w formie cyfrowego modelu ze zdefiniowanymi wymiarami, geometryczną strukturą powierzchni oraz własnościami wytrzymałościowymi, a bardzo często również materiałowymi. Współczesny proces konstrukcyjny najczęściej dzieli się na następujące etapy:

- uzgodnienie ogólnej koncepcji produktu (z uwagi na późniejszy marketing bardzo często bierze się pod uwagę m.in. projekt artystyczny),
- wykonanie cyfrowego modelu,
- wykonanie cyfrowej makiety wyrobu z wykorzystaniem gotowych znormalizowanych części,
- dobór materiałów i przeprowadzenie obliczeń wytrzymałościowych oraz analiza ewentualnej kolizji (czy w czasie ruchu części nie zaczepiają o siebie),
- wykonanie prototypu,
- wykonanie rysunków poszczególnych części,
- wykonanie instrukcji montażu,

- wykonanie instrukcji użytkownika,
- wykonanie ostatecznej prezentacji multimedialnej do celów marketingowych.

Wykorzystując oprogramowanie CAD, konstruktorzy mają łatwiejszy dostęp do różnych zasobów wiedzy, norm, przepisów oraz dyrektyw. Mogą równocześnie pracować w zespołach nad jednym projektem, nie będąc w jednym pomieszczeniu. Możliwe jest przesyłanie informacji na duże odległości przez sieć komputerową. Bardzo łatwo można powiązać projekt z gotowym wyrobem przez oprogramowanie CAD-CAM. Możliwe jest szybkie zaprogramowanie maszyny sterowanej numerycznie do wytworzenia nowego elementu. Dzięki temu częsta zmiana profilu produkcji nie stanowi trudności. Łatwe jest wykonanie skomplikowanych kształtów i szybka ich modyfikacja. Firmy oferujące nowe oprogramowanie lub nowsze wersje oprogramowania starają się, aby były bardziej przyjazne i łatwe do nauczenia dla obsługującego. Posługując się programami wspomagającymi, można szybko wprowadzić zmiany, wyeliminować usterki i wykonywać projekty na bazie istniejących gotowych wyrobów. Już na etapie projektowania możliwe jest uzyskanie odpowiedzi, czy dany podzespół lub część spełni wymagania wytrzymałościowe. Możliwa jest już wtedy optymalizacja konstrukcji oraz obniżenie kosztów produkcji. Często programy wspomagające obliczenia wytrzymałościowe instaluje się jako moduły dodatkowe do podstawowych programów typu CAD. Wówczas wprowadzanie przykładowych wymiarów w modelu detalu skutkuje automatycznym obliczeniem wytrzymałościowym tej części. Znacznie przyspiesza to proces projektowania.