

SMAROWANIE ŁOŻYSK, WRZECION I SPRZĘGIEŁ



9.1 Połączenia ruchowe maszyn

Z punktu widzenia techniki smarowniczej, w maszynach można wyróżnić kilka podstawowych rodzajów skojarzeń trących, do których zalicza się:

- łożyska toczne,
- łożyska ślizgowe,
- wrzeciona,
- sprzęgła z nimi współpracujące.

9.1.1 Łożyska toczne

Łożyska są to części maszyn, które podtrzymują osie i wały lub osadzone na nich części i umożliwiają wzajemny ruch obrotowy tych części względem innych. Łożyska dzieli się na dwa podstawowe rodzaje:

- łożyska toczne, w których podstawowym rodzajem tarcia jest tarcie toczne,
- łożyska ślizgowe, w których podstawowym rodzajem tarcia jest tarcie ślizgowe.

Podstawowymi częściami typowego łożyska tocznego (rys. 9.1), są:

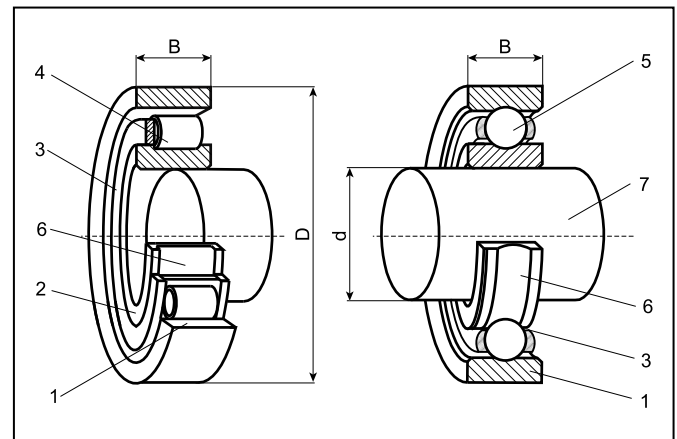
- elementy toczne (kulki, wałeczki, stożki, igielki, baryłki), umieszczone między pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym łożyska, stykające się z bieżniami,
- pierścień zewnętrzny, osadzony nieruchomo w oprawie, na którego wewnętrznej powierzchni znajduje się bieżnia pierścienia zewnętrznego,
- pierścień wewnętrzny, osadzony nieruchomo na osi czopa lub wału, na którego zewnętrznej powierzchni znajduje się bieżnia pierścienia wewnętrznego,
- bieżnie: pierścienia zewnętrznego i wewnętrznego,
- koszyk, utrzymujący części toczne we właściwym dla łożyska położeniu.

Ponadto, niektóre łożyska toczne mają części dodatkowe: osłonki, stożkowe tuleje, gumowe uszczelki o różnych kształtach i inne. Część łożysk tocznych może nie mieć któregoś z wymienionych, podstawowych elementów, a ich rolę mogą pełnić inne części konstrukcyjne maszyny.

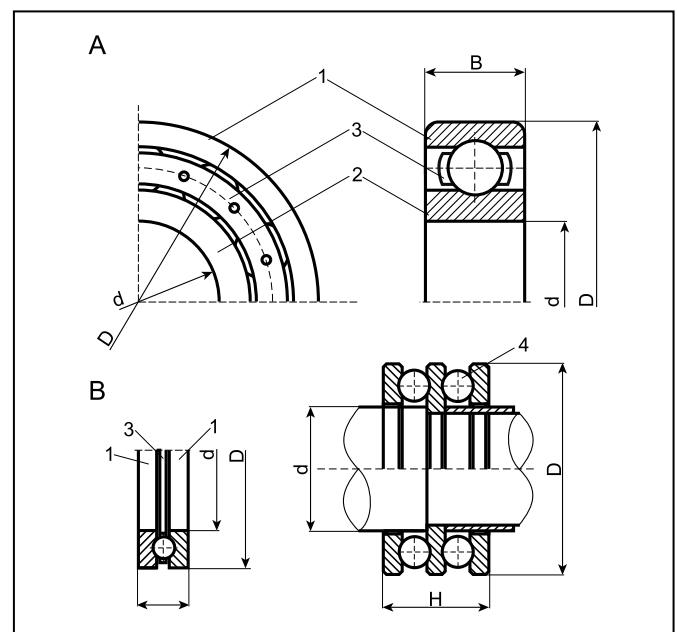
Wymiary większości stosowanych łożysk są ściśle znormalizowane, co pozwala na ich szybką wymianę w przypadku uszkodzenia. Zasadniczymi, znormalizowanymi wymiarami łożyska tocznego (rys. 9.1, 9.2), stosowanymi przy konstruowaniu i do obliczeń są:

- D – zewnętrzna średnica łożyska,
 - d – wewnętrzna średnica łożyska,
 - B – szerokość łożyska, w przypadku łożysk poprzecznych,
 - H – wysokość łożyska, w przypadku łożysk wzdłużnych.
- Łożyska toczne są klasyfikowane według: rodzaju elementów

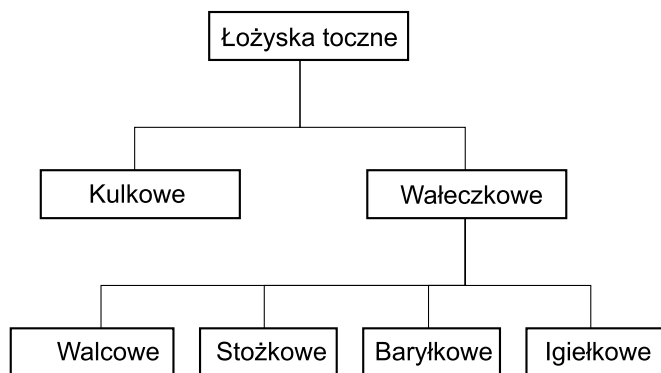
tocznych, kierunku przenoszenia obciążeń, położenia osi pierścieni, liczby rzędów elementów tocznych oraz liczby zwrotów.



Rys. 9.1 Zasadnicze elementy i wymiary łożysk tocznych
A – łożysko wałeczkowe tu wałeczkowe, B – łożysko kulkowe, 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – koszyk, 4 – wałeczki, 5 – kulki, 6 – bieżnia pierścienia wewnętrznego, 7 – wał, D – zewnętrzna średnica łożyska, d – wewnętrzna średnica łożyska, B – szerokość łożyska



Rys. 9.2 Zasadnicze wymiary łożysk tocznych
A – łożysko poprzeczne, kulkowe, jednorzędowe, B – łożysko wzdłużne, kulkowe, jednorzędowe, C – łożysko wzdłużne, kulkowe, dwurzędowe, D – zewnętrzna średnica łożyska, d – wewnętrzna średnica łożyska, B – szerokość łożyska, H – wysokość łożyska, 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – koszyk, 4 – wałeczki, 5 – kulki, 6 – wał, 7 – tulejka



Rys. 9.3 Podział łożysk tocznych według rodzaju elementów tocznych

Podział łożysk tocznych według rodzaju elementów tocznych, przedstawia rys. 9.3.

Wyróżnia się łożyska:

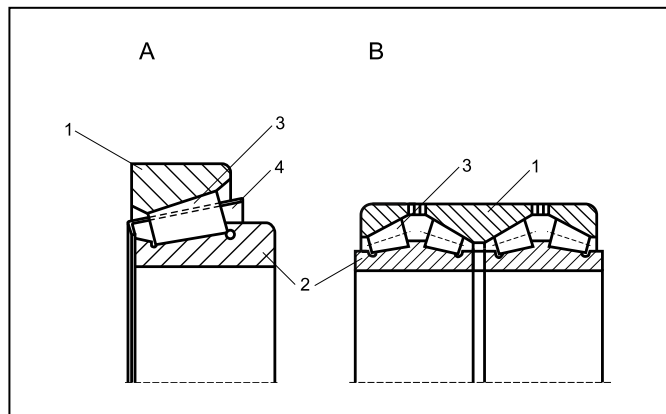
- wałeczkowe (rys. 9.1A), w których elementem tocznym są wałeczki o różnych kształtach obrotowych,
- kulkowe (rys. 9.1B), w których elementem tocznym są kulki.

Wśród łożysk wałeczkowych, w zależności od kształtu wałeczków, wyróżnia się łożyska:

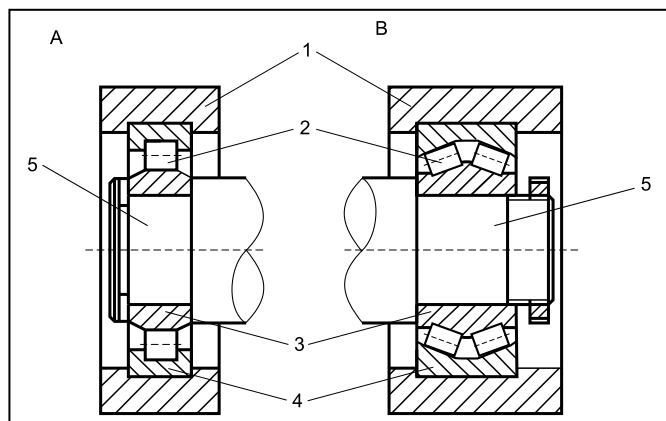
- walcowe (rys. 9.1A, 9.4),
- stożkowe (rys. 9.5),
- baryłkowe (rys. 9.6),
- igielkowe (rys. 9.7).

Podział według kierunku przenoszenia obciążeń (rys. 9.8) obejmuje łożyska:

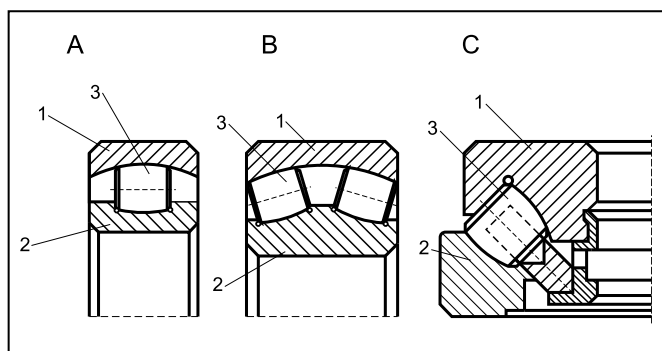
- poprzeczne zwane również promieniowymi (rys. 9.1, 9.2, 9.4, 9.7), przenoszące obciążenia prostopadłe do osi łożyska,
- wzdłużne zwane również oporowymi (rys. 9.13B), przenoszące obciążenia równoległe do osi,



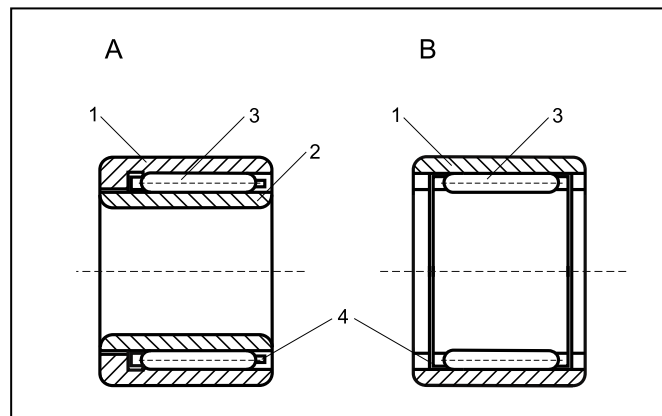
Rys. 9.4 Łożyska stożkowe
A – sztywne, jednorzędowe, z koszykiem, B – sztywne, czterorzędowe, bez koszyka, 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – wałeczki stożkowe, 4 – koszyk



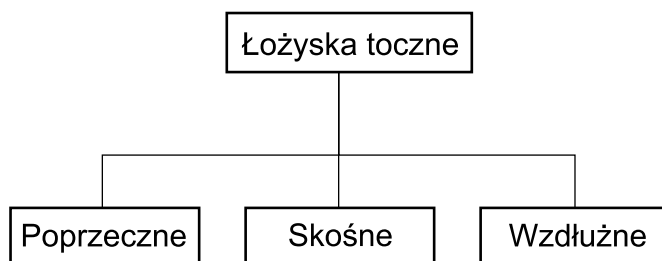
Rys. 9.5 Łożyska walcowe w obudowie
A – sztywne, jednorzędowe, B – wahliwe, dwurzędowe, 1 – obudowa, 2 – wałeczki, 3 – pierścień wewnętrzny, 4 – pierścień zewnętrzny, 5 – wał



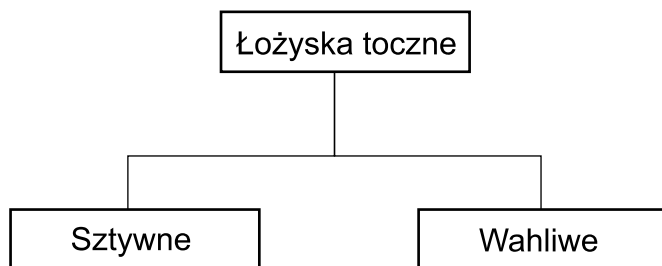
Rys. 9.6 Łożyska baryłkowe, wahliwe
A – poprzeczne, jednorzędowe, B – poprzeczne, dwurzędowe, C – wzdłużne jednorzędowe, jednokierunkowe 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – baryłki



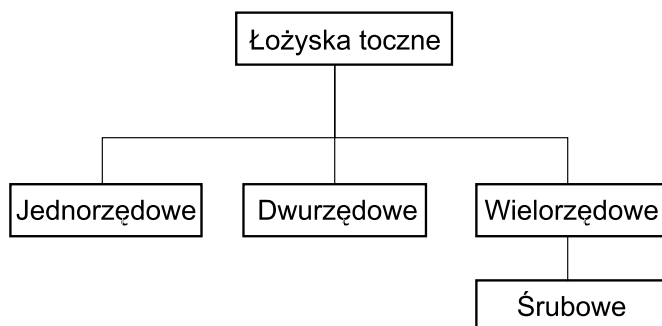
Rys. 9.7 Łożyska wałeczkowe, igielkowe, sztywne.
A – z pierścieniem wewnętrznym, B – bez pierścienia wewnętrznego, 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – igielki, 4 – koszyk



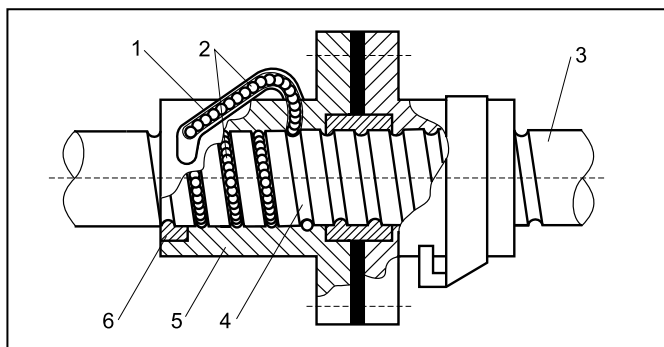
Rys. 9.8 Podział łożysk tocznych według kierunku przenoszenia obciążeń



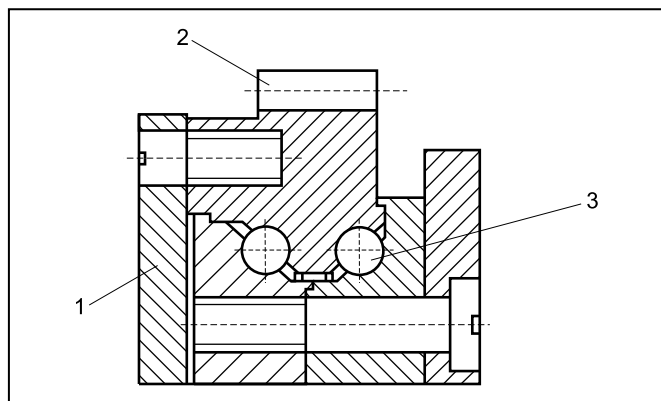
Rys. 9.9 Podział łożysk tocznych według położenia osi pierścieni



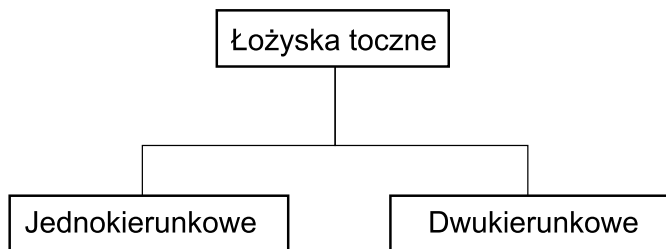
Rys. 9.10 Podział łożysk tocznych według liczby rzędów elementów tocznych



Rys. 9.11 Łożysko śrubowe, kulkowe
1 – kanał prowadzący kulki, 2 – kulki, 3 – wrzeciono, 4 – rowek na wrzeciono prowadzący kulki, 5 – nakrętka, 6 – pierścień zamykający



Rys. 9.14 Łożysko niekompletne, w którym jako bieżnie wykorzystano elementy konstrukcyjne maszyny
1 – pokrywa mocująca koło zębate, 2 – koło zębate, 3 – kulki łożyska



Rys. 9.12 Podział łożysk tocznych według liczby zwrotów

- skośne zwane również poprzeczno wzdłużnymi (rys. 9.6C, 9.13A, 9.13B, 9.14), przenoszące jednocześnie obciążenia prostopadłe i równoległe do osi.

Podział według położenia osi pierścieni (rys. 9.9) obejmuje łożyska:

- sztywne (rys. 9.1, 9.2, 9.4A, 9.5, 9.6C, 9.7, 9.13, 9.14), w których osie obu pierścieni nie zmieniają wzajemnego położenia i pokrywają się,
- wahlwe (rys. 9.4B, 9.6A, 9.6B), których pierścienie mogą się wychylać od położenia współosiowego.

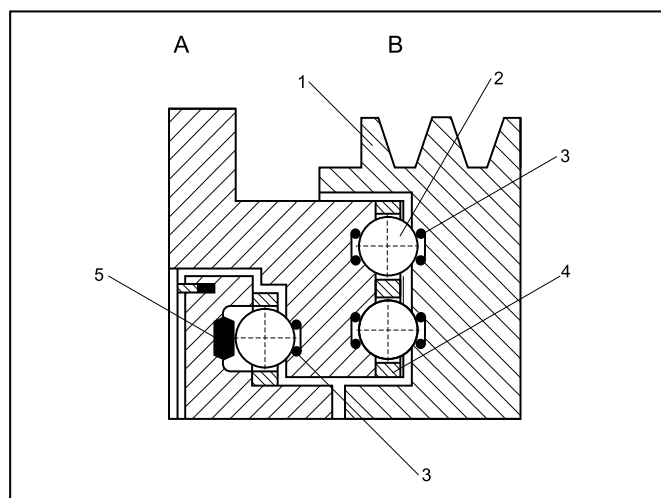
Podział według liczby rzędów elementów tocznych (rys. 9.10) obejmuje łożyska:

- jednorzędowe (rys. 9.1, 9.2A, 9.4A, 9.5A, 9.6A, 9.6C, 9.7, 9.13A),
- dwurzędowe (rys. 9.2B, 9.4B, 9.6B, 9.13B, 9.14),
- wielorzędowe (rys. 9.5B), do których również są zaliczane łożyska śrubowe (rys.9.11).

Podział według liczby zwrotów (rys. 9.12) obejmuje łożyska:

- jednokierunkowe, przykładowo pokazane na rys.: 9.13A i 9.13B,
- dwukierunkowe, stanowiące większość stosowanych łożysk.

Łożyska jednokierunkowe, najczęściej są to łożyska stożkowe (zazwyczaj mocowane parami – rys. 9.13A) lub kulkowe o konstrukcji przedstawionej na rys. 9.13B. Dzięki specjalnie skonstru-



Rys. 9.15 Łożyska z pierścieniami z drutu
A-łożysko jednorzędowe, B-łożysko dwurzędowe, 1 – koło pasowe, 2 – kulki, 3 – pierścienie z drutu, 4 – koszyk, 5 – pierścień dociskający

owanej obudowie, nie mają one możliwości wzdłużnych przesunięć. Zacisk jest regulowany poprzez zmianę grubości podkładek lub śrubą kontrującą. Najczęściej są one smarowane smarami plastycznymi, zabezpieczonymi szczelną pokrywą przed dostępem zanieczyszczeń i wilgoci.

Ponadto wyróżniane są łożyska:

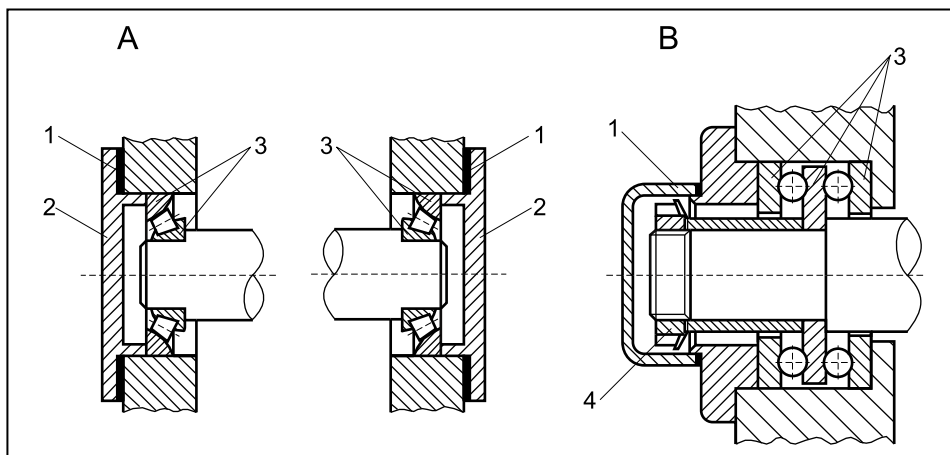
- kompletne, które zawierają wszystkie typowe elementy, stanowiące większość stosowanych łożysk,

- niekompletne, które nie zawierają jednego lub kilku typowych elementów np.: pierścieni (rys. 9.7, 9.14), koszyka (rys. 9.4A, 9.4B, 9.5B, 9.6A, 9.6B, 9.13A, 9.14), stosowane w rozwiązaniach konstrukcyjnych, w których brak miejsca na zastosowanie łożyska kompletnego lub z innych względów konstrukcyjnych.

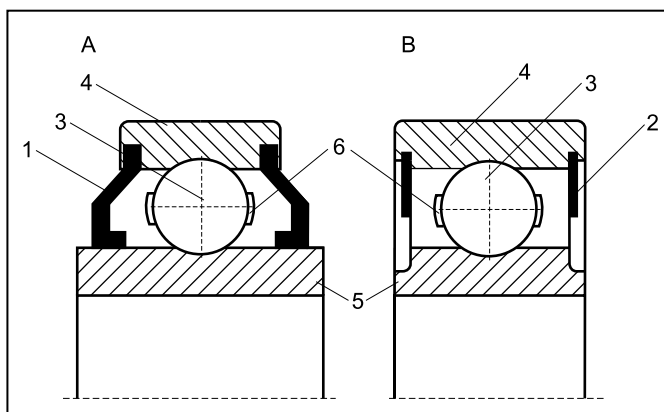
W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych, jako elementy łożyska są wykorzystywane elementy konstrukcyjne maszyn, jak to przykładowo przedstawia rys. 9.14.

Istnieje również wiele rodzajów łożysk o konstrukcji kombinowanej: igiełkowo-kulkowe, wieńcowe, ślizgowo-toczące o pierścieniach z drutu,

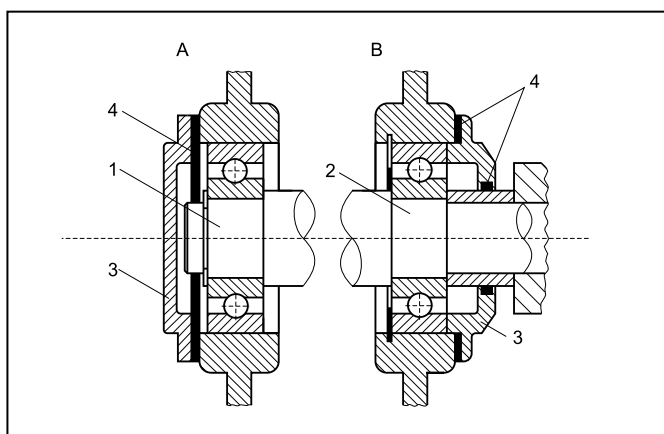
które bywają jednorzędowe (rys. 9.15A) lub dwurzędowe (rys. 9.15B), mimośrodowe i wiele innych, przeznaczonych do specjalnych zastosowań.



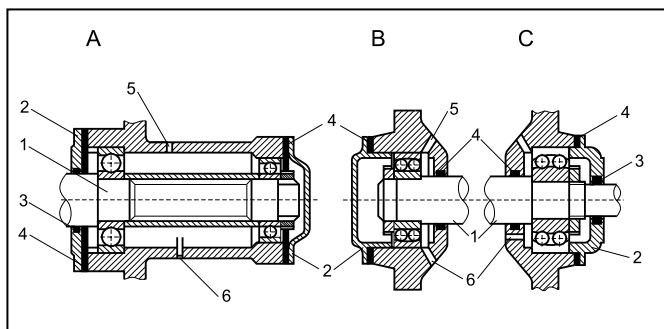
Rys. 9.13 Łożyska jednokierunkowe
A – stożkowe, jedno rzędowe, zamocowane jako para na wspólnym wale, B – kulkowe, dwurzędowe o specjalnej konstrukcji, 1 – pokrywa, 2 – uszczelka dystansowa, 3 – pierścienie, 4 – nakrętka dociskająca pierścieni



Rys. 9.16. Przykłady uszczelnień łożyska
A - uszczelnienie całkowite, B - uszczelnienie częściowe, 1 - uszczelka wykonana z tworzywa sztucznego, 2 - uszczelka metalowa w postaci pierścienia, 3 - kulka, 4 - pierścień zewnętrzny, 5 - pierścień wewnętrzny, 6 - koszyk



Rys. 9.17. Przykłady uszczelnień ułożyskowania czopu i osi wału, poprzez specjalne pokrywki
A - uszczelnienie czopu wału, B - jednostronne uszczelnienie osi wału, 1 - czop wału, 2 - oś wału, 3 - pokrywka, 4 - uszczelka pokrywki



Rys. 9.18. Przykłady sposobu uszczelniania łożysk tocznych smarowanych olejem, w układach obiegowych
A - ułożyskowanie i uszczelnienie czopu wału dwoma łożyskami kulkowymi, B - ułożyskowanie i uszczelnienie czopu wału dwurzędowym łożyskiem kulkowym, C - ułożyskowanie i uszczelnienie czopu wału dwurzędowym, wahlwym łożyskiem kulkowym, 1 - wał, 2 - pokrywka uszczelniająca, 3 - uszczelka wału, 4 - uszczelka pokrywki, 5 - kanał dopływu oleju, 6 - kanał odpływu oleju

Z punktu widzenia techniki smarowniczej, obok sposobu osadzenia łożyska na wale lub osi (sposobu zabudowy) istotne znaczenie ma sposób smarowania oraz sposób uszczelnienia łożyska. Przykładowe sposoby zabudowy i uszczelnienia łożysk tocznych, przedstawiono na rys. 9.16. Rysunek 9.16A przedstawia przykład łożyska całkowicie uszczelnionego. W takim przypadku uszczelka najczęściej jest wykonana z tworzywa sztucznego, a łożysko smarowane smarem plastycznym na „okres całego życia”. Rysunek 9.16B przedstawia łożysko z uszczelnieniem częściowym, wykonanym w postaci metalowego pierścienia, zapobiegającego wypływowi smaru plastycznego.

Istnieją również łożyska nie mające własnych uszczelnień. Wówczas, najczęściej są one uszczelniane poprzez specjalne pokrywki

zamontowane na końcu osi (rys. 9.17A) lub na wale (rys. 9.17B), z uszczelkami gumowymi lub z tworzyw sztucznych.

W zależności od konstrukcji maszyny, warunków pracy, miejsca zabudowy istnieje bardzo wiele sposobów uszczelniania łożysk tocznych smarowanych olejem, w układach przelotowych (patrz rozdział 5) i obiegowych. Przykłady takich rozwiązań przedstawia rys. 9.18.

Materiał uszczelki w każdym przypadku powinien być kompatybilny z zastosowanym olejem lub smarem plastycznym, o czym należy pamiętać w przypadku doboru środka smarnego do łożyska lub układu.

Ze względów konstrukcyjnych i dokładności wykonania są wyróżniane łożyska:

- szybkoobrotowe, o prędkości obrotowej powyżej 5 000 obr/min,
- średnioobrotowe, o prędkości obrotowej w granicach 500 ... 5 000 obr/min,
- wolnoobrotowe, o prędkości obrotowej do 500 obr/min.

Dla trwałości łożysk istotną rolę ma również sposób smarowania oraz dobór odpowiedniego środka smarnego.

9.1.2 Łożyska ślizgowe

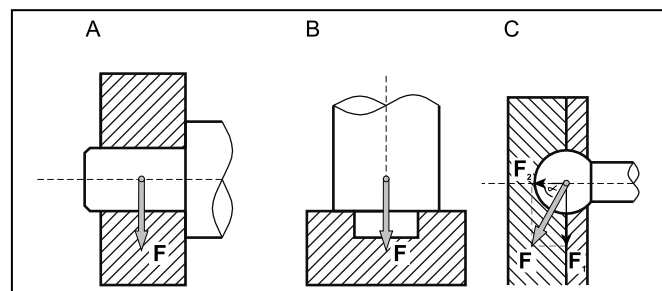
Łożyska ślizgowe są to łożyska, w których zasadniczym rodzajem tarcia jest tarcie ślizgowe, zwane niekiedy tarciem posuwistym. Istnieje bardzo duża różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych łożysk ślizgowych. Są one klasyfikowane na wiele sposobów.

W zależności od kierunku przenoszonej siły względem osi wału, łożyska ślizgowe są klasyfikowane jako:

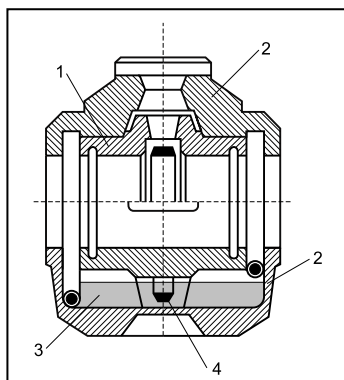
- poprzeczne, zwane również promieniowymi, w których wektor przenoszonej siły F jest prostopadły (lub w przybliżeniu prostopadły) do osi łożyska (rys. 9.19A). Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych łożysk poprzecznych, przedstawiają rys.: 9.20 i 9.21,
- wzdłużne, zwane również osiowymi, w których wektor przenoszonej siły F jest równoległy (lub w przybliżeniu równoległy) do osi wału (rys. 9.19B), którego przykład rozwiązania konstrukcyjnego, przedstawia rys. 9.22,
- poprzeczno-wzdłużne, zwane również skośnymi, w których wektor przenoszonej siły F tworzy z osią łożyska kąt ostry (rys. 9.19C) i można go rozłożyć na wektory sił: prostopadły do osi F_1 równoległy do osi F_2 . Wyróżnia się łożyska ślizgowe poprzeczno-wzdłużne: poziome i pionowe. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego łożyska ślizgowego poprzeczno-wzdłużnego, pionowego, przedstawia rys. 9.23.

Wały lub czopy łożysk ślizgowych poprzecznych (rys. 9.21) i poprzeczno-wzdłużnych (rys. 9.22 i 9.23) są osadzone w tzw. panwi, która przenosi siły poprzeczne na kadłub. Łożyska ślizgowe pionowe, wzdłużne i poprzeczno-wzdłużne (rys. 9.23) często zawierają płytkę oporową 3, zwaną czasami kamieniem, która przenosi siły wzdłużne na kadłub 4. Siły poprzeczne są przenoszone przez panew 2.

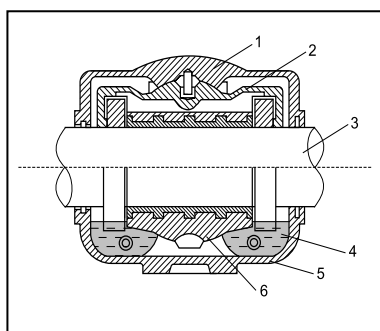
Ze względu na położenie czopa względem długości wału, są wyróżniane łożyska ślizgowe: środkowe (rys. 9.24A) oraz końcowe (rys. 9.24B).



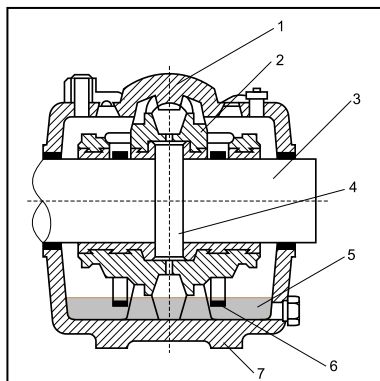
Rys. 9.19. Podział łożysk ślizgowych w zależności od kierunku przenoszonej siły
A - poprzeczne (promieniowe), B - wzdłużne (osiowe), C - poprzeczno-wzdłużne (skośne)



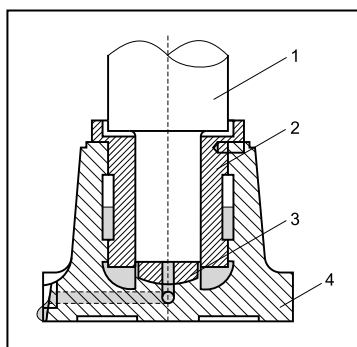
Rys. 9.20 Łożysko ślizgowe poprzeczne, sztywne
1 – panew, 2 – kadłub, 3 – olej, 4 – pierścienie smarujące



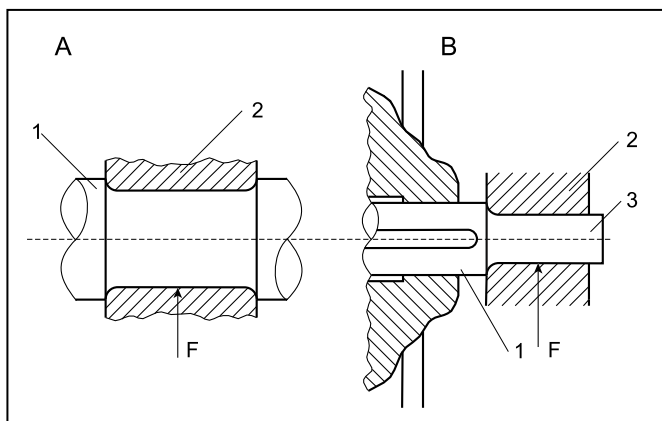
Rys. 9.21 Łożysko ślizgowe poprzeczne, dzielone, wahlwe (samonastawne)
1 – pokrywa, 2 – półpanew górna, 3 – wał, 4 – olej, 5 – kadłub, 6 – półpanew dolna



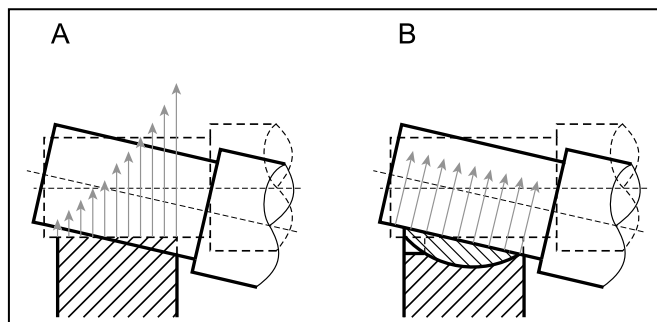
Rys. 9.22 Łożysko ślizgowe, poprzeczno-wzdłużne
1 – pokrywa, 2 – panew, 3 – czop wału, 4 – kołnierz, 5 – olej, 6 – pierścienie smarujące, 7 – korpus



Rys. 9.23 Łożysko ślizgowe, poprzeczno-wzdłużne, pionowe osadzone na tzw. kamieniu
1 – wał z czopem, 2 – panew, 3 – kamień, 4 – korpus



Rys. 9.24 Podział łożysk ślizgowych ze względu na położenie czopa względem długości wału; F – kierunek działania siły przenoszonej przez łożysko
A – środkowe, B – końcowe, 1 – wał, 2 – panew, 3 – czop wału



Rys. 9.25 Rozkład sił na styku czopa i panwi w łożysku ślizgowym
A – sztywnym, B – wahlwym (samonastawnym)

Wyróżnia się łożyska ślizgowe:

- dzielone, gdy panew lub kadłub łożyska składa się z dwóch lub więcej części (np. rys. 9.19C), którego przykład rozwiązania konstrukcyjnego, przedstawia rys. 9.22,
- nie dzielone (rys. 9.19A i 9.19B), gdy panew łożyska stanowi jedną całość.

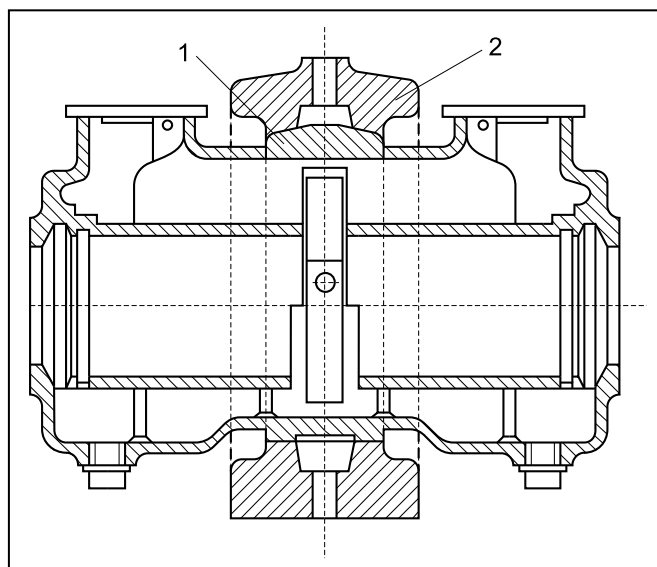
Istnieją również łożyska ślizgowe:

- sztywne, którego schemat przedstawia rys.: 9.25A, stanowiące większość stosowanych łożysk ślizgowych. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego łożyska ślizgowego sztywnego, przedstawia rys. 9.20,

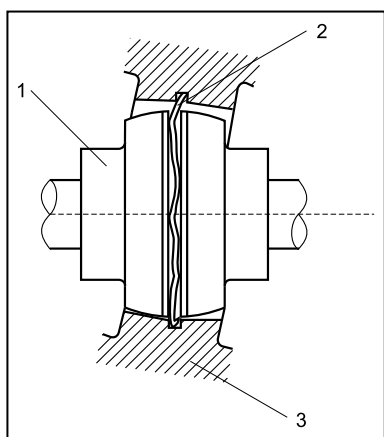
- wahlwe, zwane również samonastawnymi (rys. 9.25B), których panew ma możliwość wychylania się względem kadłuba pod naciskiem czopa wału lub osi. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych łożysk wahlwowych, przedstawiają rys.: 9.21, 9.26 i 9.27.

W łożysku ślizgowym sztywnym panew jest sztywno zamocowana w kadłubie, a kadłub sztywno połączony z konstrukcją nośną. W takim łożysku, w rezultacie niedokładności montażu, drgań, uginania się wału, zmian temperatury i innych czynników, osie otworu łożyska i czopa wału nie są równoległe. Powoduje to nierównomierny rozkład nacisków wzdłuż powierzchni styku czopa i panwi, co schematycznie przedstawia rys. 9.25A. Zjawisko to jest powodem nierównomiernego zużycia zarówno czopa jak i panwi. W celu częściowego wyrównania nacisków, często panew jest wykonywana z materiałów podatnych na uginanie, np. miękkich metali lub tworzyw sztucznych.

Znacznie lepsze wyrównanie nacisków i równomierność zużycia współpracujących powierzchni jest uzyskiwane w przypadku łożysk ślizgowych wahlwowych (samonastawnych). W łożysku takim, którego schemat przedstawia rys. 9.25B, a przykłady rozwiązań konstrukcyjnych rys. 9.20 i 9.22, panew jest osadzona



Rys. 9.26 Łożysko ślizgowe wahlwe (samonastawne), przegubowe
1 – przegub, 2 – kadłub



Rys. 9.27 Łożysko ślizgowe sprężynowe
1 – wał, 2 – sprężyna, 3 – podstawa

w kadłubie, w sposób umożliwiający wahania kadłuba względem podstawy.

Wśród łożysk ślizgowych wahlowych wyróżnia się wiele różnych konstrukcji: np. przegubowe (rys. 9.26), kuliste (rys. 9.19C), sprężynowe (rys. 9.27) i wiele innych.

Ponadto wyróżnia się łożyska ślizgowe: nieodłączne i odłączne, pełne i niepełne, jednolite i złożone, suche i smarowane, maszynowe i pędniane.

Poprawne smarowanie łożysk ślizgowych wymaga obecności środka smarnego i wytworzenia tzw. klina smarującego. W większości rozwiązań konstrukcyjnych łożysk ślizgowych, czop wału i panew oraz płytka oporowa są zanurzone w środku smarnym (oleju smarnym lub smarze plastycznym).

W niektórych rozwiązaniach środek smarny jest doprowadzany i odprowadzany specjalnymi kanałami.

Różnorodność odmian konstrukcyjnych wynika z konieczności spełnienia warunku dla nacisku jednostkowego p , podanego we wzorze (9.1). Wrzaz ze zwiększeniem siły F , musi zwiększać się powierzchnia S , styku czopa wału z łożyskiem.

$$p = \frac{F}{S} \leq k_n \text{ [MPa]} \quad (9.1)$$

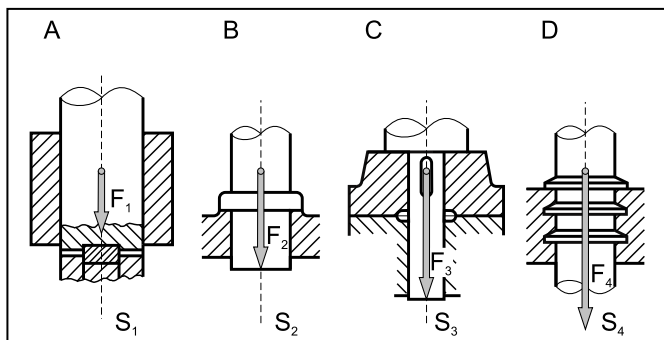
gdzie:

F – siła poosiowa, działająca na łożysko, N,
 S – powierzchnia czopa wału, stykająca się z łożyskiem, mm²,
 k_n – dopuszczalny nacisk jednostkowy [MPa].

Przykładowo, rys. 9.28 przedstawia typowe odmiany konstrukcyjne łożysk ślizgowych wałów pionowych. W kolejnych rozwiązaniach: a, b, c, d zwiększa się powierzchnia czopa S , jak to przedstawia wzór (9.2).

$$S_1 < S_2 < S_3 < S_4 \quad (9.2)$$

Pozwala to na przenoszenie przez kolejną łożysko ślizgowe coraz większej siły (9.3).



Rys. 9.28 Odmiany konstrukcyjne pionowych łożysk ślizgowych – kolejne konstrukcje a, b, c, d mają coraz większą powierzchnię S czopa stykającą się z łożyskiem, co pozwala na zwiększenie siły F

$$F_1 < F_2 < F_3 < F_4 \quad (9.3)$$

Zależnie od rodzaju materiału panewki i czopa wału, maksymalnej prędkości obrotowej wału, warunków pracy łożyska (rodzaju maszyny, w której łożysko jest zamontowane), wartości dopuszczalnych nacisków jednostkowych k_n , dla różnych rozwiązań, zawierają się w przedziale od 0,8 MPa do 50 MPa i do celów konstrukcyjnych są stabilaryzowane.

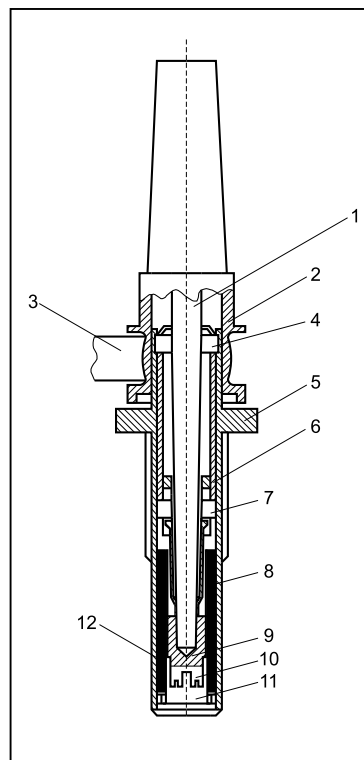
9.1.3 Wrzeciona

Wrzecionami, tradycyjnie są nazywane niektóre wały obrabiarek skrawających, wiertarek, maszyn przedalniczych, maszyn drukarskich i niektórych innych. Pierwotnie wrzecionami nazywano wały maszyn przedalniczych, mające bardzo duże obroty. W zależności od rodzaju maszyny oraz warunków pracy, istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych wrzecion i ich napędów.

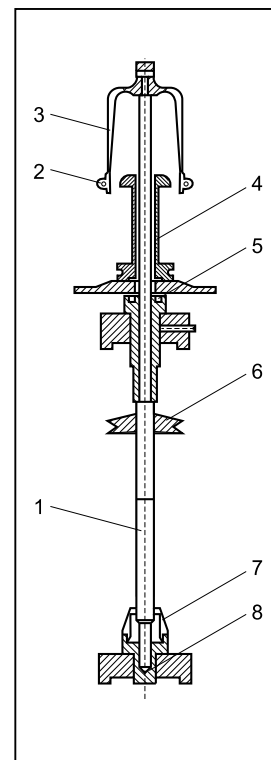
Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych wrzecion maszyn przedalniczych, przedstawiono na rys. 9.29, 9.30, 9.31.

Na rys. 9.29 przedstawiono konstrukcję wrzeciona ze stalowym trzpieniem. Wrzeciono właściwe 1, zawsze jest łożyskowane dwoma łożyskami. W tym przypadku łożysko górne 4, zwane szyjkowym, jest łożyskiem tocznym walcowym, a łożysko dolne (oporowe) 9, jest łożyskiem ślizgowym. Na wrzeciono jest wtłoczony bloczek 2, opasywany przez napędzającą go taśmę wrzecionową 3. Drgania wrzeciona, wywołane przez złącza taśmy wrzecionowej i niedoskonałości wyważenia są tłumione tuleją tłumiącą w postaci zwiniętej płaskiej sprężyny 8 oraz wprawianiem w ruch wirowy oleju 12, który znajduje się między zwojami sprężyny. Opór przepływu oleju tłumí drgania łożyska i wrzeciona.

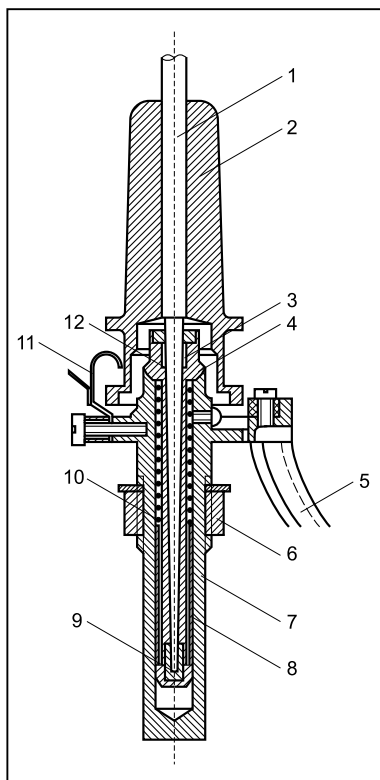
Przykładem innego rozwiązania konstrukcyjnego wrzeciona przedalniczego jest tzw. wrzeciono skrzydełkowe, przedstawione



Rys. 9.29 Konstrukcja typowego wrzeciona przedalniczego ze stalowym trzpieniem
1 – wrzeciono właściwe (stalowy trzpień), 2 – bloczek, 3 – taśma wrzecionowa, 4 – łożysko szyjkowe, 5 – obudowa wrzeciona, 6 – tuleja dystansowa, 7 – tuleja zabezpieczająca łożysko przed obracaniem w gnieździe, 8 – tuleja tłumiąca w postaci zwiniętej sprężyny, 9 – dolne łożysko, 10 – kowadełko, 11 – koszykowa sprężyna centrująca, 12 – olej



Rys. 9.30 Wrzeciono przędzarki skrzydełkowej
1 – wrzeciono właściwe, 2 – oczko skrzydełka, 3 – skrzydełko, 4 – cewka, 5 – łożysko szyjkowe, 6 – bączek, 7 – osłona łożyska oporowego, 8 – łożysko oporowe



Rys. 9.31 Konstrukcja wrzeciona obrączkowego
1 – wrzeciono właściwe, 2 – stożek, 3 – łożysko sztykowe, 4 – tulejka łożyskowa, 5 – dźwignia hamulcowa, 6 – nakrętka mocująca wrzeciono w obudowie, 7 – obudowa wrzeciona, 8 – tulejka, 9 – łożysko oporowe, 10 – sprężyna, 11 – haczyk sprężynujący, 12 – olej

na rys. 9.30. Podobnie jak wrzeciono ze stalowym trzpieniem, wrzeciono skrzydełkowe ma dwa łożyska: górne (szykowe) 4 oraz dolne oporowe, ślizgowe 8. Ruch obrotowy jest uzyskiwany poprzez bączek 6, przez który przebiega taśma wrzecionowa lub w innych rozwiązaniach pasek.

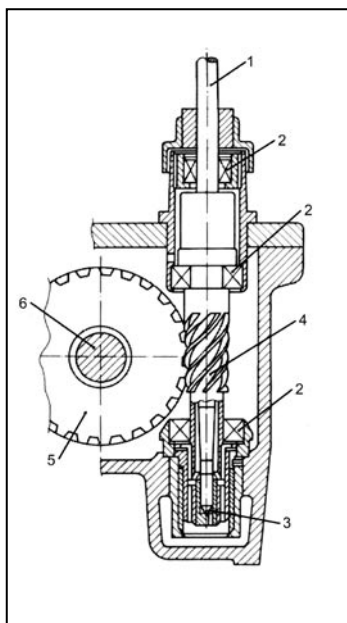
W przędzarkach mokro- i suchoprzędnych powszechnie są stosowane tzw. wrzeciona obrączkowe. Przykładową konstrukcję wrzeciona przędzarki mokroprzędnej, przedstawia rys. 9.31. Podobnie jak w przypadku innych typów wrzecion przędzalniczych wrzeciono właściwe 1 jest ułożyskowane dwoma łożyskami: szykowym 5 oraz oporowym 8. Wrzeciono jest smarowane olejem 12, wypełniającym do połowy tulejkę łożyskową 4 i wraz ze sprężyną 10, tłumi on nieuniknione drgania wrzeciona.

Wrzeciona mogą być napędzane ręcznie (dawniej) lub napędem mechanicznym, poprzez przekładnie pasowe lub zębate, zazwyczaj zwiększające obroty. Współcześnie wrzeciona są napędzane silnikiem elektrycznym. W tym ostatnim przypadku najczęściej są stosowane przekładnie redukcyjne.

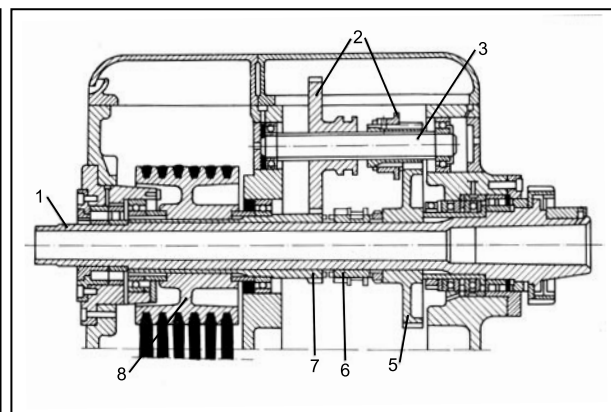
Wrzeciona mogą być napędzane indywidualnie lub zespołowo: wiele wrzecion jest napędzanych jednym silnikiem, poprzez wał napędowy lub przekładnie pasowe. W napędzie stycznym wszystkie wrzeciona są napędzane jednym pasem. W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych do napędu wrzecion są stosowane układy pneumatyczne (patrz p. 14).

Przykład rozwiązania konstrukcyjnego napędu wrzeciona poprzez przekładnię ślimakową zamontowaną na wale, przebiegającym wzdłuż maszyny, przedstawia rys. 9.32. W tym przypadku olejem są smarowane łożyska walcowe 2, osadzone na wrzecionie 1, łożysko oporowe 3 oraz ślimak 4 i zamocowana na wale napędzającym 6, ślimacznica 5.

Wrzeciona maszyn obróbkowych najczęściej są napędzane wałem napędowym (zwanym również wałem napędzającym). Wał napędowy, usytuowany wzdłuż wszystkich wrzecion maszyny jest wyposażony w zamocowane na nim ślimacznice. Na wrzecionach są zamontowane ślimaki. Obrót wału powoduje obrót wrzeciona. W takim przypadku smarowanie przekładni ślimakowej i jednocze-



Rys. 9.32 Konstrukcja napędu wrzeciona poprzez przekładnię ślimakową
1 – wrzeciono właściwe, 2 – łożyska walcowe, 3 – łożysko oporowe, ślizgowe, 4 – ślimak, 5 – ślimacznica, 6 – wał napędzający



Rys. 9.33 Wrzeciennik szybkoobrotowej obrabiarki
1 – wrzeciono właściwe, 2 – koła zębate napędu wrzeciona, 3 – wał pośredniczący, 4 – sprzęgło kłowe, 5 – tuleja koła pasowego, 6 – koło pasowe

śnie łożysk wrzeciona, wymaga stosowania oleju z jednej strony o podwyższonej lepkości (przekładnia), zaś z drugiej o niewielkiej lepkości (łożyska). Rozwiązaniem jest stosowanie oleju o średniej lepkości i o podwyższonych właściwościach EP.

Wrzeciona maszyn obróbkowych są łożyskowane w tzw. wrzeciennikach, którego przykład rozwiązania konstrukcyjnego przedstawia rys. 9.33. W tym przypadku, olejem są smarowane łożyska wrzeciona 1 i wału pośredniczącego 3, koła przekładni zębatych 2, oraz sprzęgło kłowe 4.

Wrzeciennik obok łożysk wrzeciona roboczego zawiera przekładnie służące do zmiany prędkości obrotowej wrzeciona, łączenia prędkości i inne niezbędne mechanizmy. Wyróżnia się wrzecienniki:

- stałe – nie zmieniające położenia w maszynie,
- przestawne – umożliwiające zmianę położenia w celu odpowiedniego ustawienia położenia wrzeciona do pracy,
- przesuwne – umożliwiające w czasie pracy wykonywanie przez wrzeciono ruchów przesuwnych, na prowadnicach ślizgowych.

W tym ostatnim przypadku wrzeciennik jest zamocowany na prowadnicy ślizgowej (patrz p. 10), która wymaga smarowania olejem o specjalnych właściwościach.

W maszynach drukarskich i niektórych innych są stosowane tzw. wrzeciona pneumatyczne. W takim przypadku wrzeciona są wyposażone w wewnętrzny system kanalików doprowadzających sprężone powietrze (pod ciśnieniem około 0,15 MPa) z mgłą olejową. Ujścia na powierzchnię wrzeciona są zamknięte specjalnymi uszczelnkami gumowymi, wypełnianymi sprężonym powietrzem. Układ pneumatyczny jest uszczelniony przez zamknięcie zaworu wrzeciona. System taki pozwala na szybkie łączenie wrzeciona z wałem napędowym bez narażania wału na uszkodzenia.

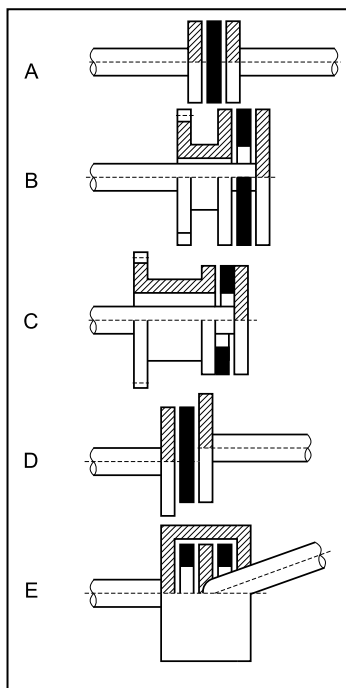
9.1.4 Sprzęgła

Sprzęgła są to urządzenia służące do przenoszenia momentu obrotowego łączonych wałów. Sprzęgła składają się z dwóch członów: napędzającego i napędzanego (biernego). W zależności od tego czy wały są połączone sprzęgłem na stałe, czy mogą być łączone i rozłączane, wyróżnia się sprzęgła stałe (nierozłączne) oraz rozłączne. Wśród sprzęgieł rozłącznych wyróżnia się: sterowane (włączane i wyłączane z zewnątrz) oraz automatyczne. Niektóre konstrukcje sprzęgieł służą do kompensowania niedokładności wzajemnego położenia wałów.

Wg podstawowej klasyfikacji (rys 9.34) sprzęgła są dzielone na:

- służące do łączenia wałów o osiach leżących na jednej prostej; stanowiących wzajemne przedłużenie (rys. 9. 34 A),

- służące do łączenia wałów współosiowych, z których jeden ma postać tulei, np. piasty koła pasowego lub koła zębatego (rys. 9.34 B),
- służące do łączenia wałów osadzonych luźno jeden na drugim (rys.9.34 C),
- służące do łączenia wałów o osiach równoległych (rys 9.34 D),
- służące do łączenia wałów o osiach skośnych względem siebie (rys. 9.34 E).



Rys. 9.34 Klasyfikacja sprzęgieł
A – o osiach leżących na jednej prostej; stanowiących wzajemne przedłużenie,
B – współosiowych, C – osadzonych luźno jeden na drugim, D – o osiach równoległych, E – o osiach skośnych względem siebie

W zależności od spełnianych funkcji oraz wymagań istnieje bardzo wiele rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgieł.

9.2 Klasyfikacja olejów maszynowych

Oleje maszynowe (rodzina F) są sklasyfikowane w ISO 6743/2 (PN-84/C-96099/07). Klasyfikację tę wersji skróconej przedstawia tabela 9.1

TABELA 9.1 Klasyfikacja olejów przemysłowych wg ISO 6743/2 :1981 Rodzina F (łożyska wrzecion, łożyska i skojarzone sprzęgła)

Symbol ISO	Skład i właściwości	Zastosowania
FC	Rafinowane oleje mineralne zawierające dodatki poprawiające właściwości przeciwkorozyjne i przeciwutleniające.	Smarowanie pod ciśnieniem, zanurzeniowe, lub mgłą olejową: łożysk tocznych i ślizgowych oraz sprzęgieł współpracujących.
FD	Rafinowane oleje mineralne zawierające dodatki poprawiające właściwości przeciwkorozyjne, przeciwutleniające i przeciwzużyciowe (EP).	Smarowanie pod ciśnieniem, zanurzeniowe lub mgłą olejową: łożysk ślizgowych i tocznych.

UWAGA: W przypadku sprzęgieł należy unikać stosowania olejów z dodatkami EP lub przeciwzużyciowymi, ze względu na możliwość wystąpienia korozji.

W klasyfikacji rodziny F, środki smarne są oznaczone symbolem składającym się z litery oznaczającej klasę (L), kodu oznaczającego rodzinę (F) oraz jednej z liter: C lub D, przypisanej odpowiedniemu rodzajowi. Symbol środka smarnego jest uzupełniany liczbą oznaczającą klasę lepkościową oleju wg ISO 3448 (PN-78/C-96098).

Przykładem symbolu klasyfikacyjnego oleju z rodziny F, rodzaju D, może być:

L –	FD –	22
-----	------	----

9.3 Oleje maszynowe

Pod pojęciem „oleje maszynowe” tradycyjnie rozumie się oleje do smarowania:

- wszelkiego rodzaju łożysk tocznych,
- łożysk ślizgowych,

- wrzecion,
- współpracujących z nimi sprzęgieł.

Oleje maszynowe jest to grupa olejów smarnych o zróżnicowanych właściwościach, w zależności od spełnianych funkcji i warunków pracy. Oleje maszynowe są stosowane do smarowania różnych skojarzeń trących, pracujących w stosunkowo wąskim zakresie temperatur $-20...+70^{\circ}\text{C}$, w szerokim zakresie obciążeń i prędkości przemieszczania współpracujących powierzchni, w kontakcie z powietrzem, a niekiedy także w przypadkowym kontakcie z wodą i innymi substancjami.

W większości maszyn oleje maszynowe spełniają następujące funkcje:

- zmniejszenie tarcia między współpracującymi powierzchniami skojarzeń trących (zmniejszenie strat energii na tarcie),
- zmniejszenie zużycia współpracujących powierzchni skojarzeń trących,
- ochrona przed korozją smarowanych powierzchni metali,
- chłodzenie skojarzeń trących,
- wynoszenie stałych produktów zużycia współpracujących powierzchni i innych zanieczyszczeń.

Ze względu na spełniane funkcje, olejom maszynowym są stawiane następujące podstawowe wymagania:

- odpowiednie do wymagań skojarzeń trących właściwości reologiczne: lepkość kinematyczna, lepkość dynamiczna, wskaźnik lepkości, warunkujące sprawne działanie maszyn,
- w zależności od najniższej temperatury pracy, odpowiednio niska temperatura płynięcia,
- dobra stabilność chemiczna i termiczna, warunkująca długotrwałą pracę oleju bez wymiany,
- właściwości ochronne i przeciwkorozyjne w odniesieniu do metali, z którymi olej jest w kontakcie,
- odpowiednie właściwości przeciwzużyciowe (AW) i przeciwzatarciowe (EP), zależnie od względnej prędkości współpracujących powierzchni i przenoszonych obciążeń,
- brak skłonności do procesów utleniania i nadmiernego wydzielania osadów,
- odpowiednia temperatura zapłonu, charakteryzująca najwyższą temperaturę, do której może być podgrzany olej w warunkach eksploatacji,
- brak skłonności do pienienia,
- brak skłonności do tworzenia trwałych emulsji z wodą i cieczami obróbkowymi zawierającymi wodę,
- mała lotność,
- kompatybilność z materiałami konstrukcyjnymi maszyn oraz obrabianych materiałów: metalami, materiałami uszczelnień, lakierami i innymi pokryciami przeciwkorozyjnymi,
- minimalna zawartość stałych ciał obcych (zanieczyszczeń mechanicznych) i wody,
- nietoksyczność i biodegradowalność,
- czasami obniżona podatność do tworzenia mgły olejowej.

W wielu przypadkach, jako oleje maszynowe są stosowane mineralne oleje bazowe, co najwyżej zawierające dodatki przeciwutleniające i przeciwkorozyjne, jednak w większości przypadków oleje bazowe nie spełniają wszystkich wymagań, jakie wynikają z warunków pracy skojarzeń trących maszyn. Z tego względu, w celu uzyskania wymaganych właściwości, odpowiednich do wymagań, do mineralnych olejów bazowych są wprowadzane dodatki uszlachetniające, najczęściej w następujących stężeniach:

- przeciwutleniające (inhibitory utleniania) 0,5 ... 1,0%,
- przeciwkorozyjne (inhibitory korozji) 0,1 ... 0,5%,
- przeciwdrzewne 0,1 ... 0,5%,
- przeciwzużyciowe (AW) 1,0 ... 5,0%,
- przeciwzatarciowe (EP) 0,1 ... 0,5%,
- przeciwpienne 0,002 ... 0,005%.

W szczególnych przypadkach w skład olejów maszynowych mogą wchodzić:

- depresatory 0,2 ... 1,0%,
- wiskozatory 0,1 ... 1,0%.

Niekiedy, zawartość dodatków uszlachetniających w oleju może być większa, niż podano powyżej.

Bazy olejów maszynowych są otrzymywane w procesach destylacji próżniowej ropy naftowej i rafinacji uzyskanych frakcji. Bazy olejowe o niskiej temperaturze płynięcia są otrzymywane z rop bezparafinowych lub z rop parafinowych, poddawanych specjalnym procesom odparafinowania. Niektóre bazy olejów maszynowych, o większej lepkości, są otrzymywane przez zmieszanie destylatów próżniowych z bazami pozostałościowymi lub bright stockiem. Z punktu widzenia składu chemicznego, wyróżnia się następujące grupy olejów maszynowych:

- czyste oleje bazowe, o naturalnych właściwościach przeciwutleniających, klas lepkości wg ISO od VG 2 do VG 460, stosowane do smarowania łożysk tocznych, łożysk ślizgowych, wrzecion, prowadnic, lekko obciążonych przekładni, niskociśnieniowych układów hydraulicznych i innych lekko obciążonych mechanizmów, w zakresie temperatury pracy -10 ... + 60°C,
- oleje bazowe z dodatkami przeciwutleniającymi i przeciwkorozyjnymi, stosowane do smarowania skojarzeń trących jak w punkcie a), w warunkach obciążeń temperatury pracy i działania czynników korozyjnych, wymagających stosowania olejów o ulepszonych właściwościach, w zakresie odporności na utlenianie i ochrony przeciwkorozyjnej metali,
- oleje jak w punkcie b) z dodatkami przeciwzużyciowymi (AW), do smarowania skojarzeń trących szybkoobrotowych, średnio obciążonych,
- oleje mineralne, jak w punkcie c) z dodatkami przeciwzatarciowymi (EP) do pracy w warunkach dużych obciążeń (dużych nacisków jednostkowych),
- oleje mineralne, spełniające specyficzne wymagania, wynikające z warunków pracy smarowanych skojarzeń trących, zawierające specjalny zestaw dodatków,
- oleje syntetyczne na bazie: polialfaolefin, estrów, poliglikoli i innych, zawierające specjalne zestawy dodatków uszlachetniających, w zależności od specyfiki warunków pracy smarowanych skojarzeń trących,
- oleje syntetyczne, roślinne lub pochodzenia zwierzęcego, stosowane w przypadkach, gdy zachodzi potrzeba szczególnej ochrony środowiska lub w przemyśle spożywczym czy farmaceutycznym.

9.4 Smarowanie łożysk, osi i sprzęgieł

Poszczególnym grupom olejów maszynowych są stawiane specyficzne wymagania, wynikające z konieczności zapewnienia przez te oleje określonych wymagań eksploatacyjnych.

9.4.1 Smarowanie łożysk tocznych

Smarowanie łożysk tocznych ma na celu:

- zmniejszenie tarcia tocznego między bieżnią łożyska i elementami tocznymi,
- zmniejszenie zużycia współpracujących części łożyska: elementów tocznych, bieżni, koszyka,
- odprowadzenie nadmiaru ciepła z łożyska,
- ochronę przed korozją,

- odprowadzenie stałych ciał obcych: produktów zużycia trących powierzchni, pyłów atmosferycznych, osadów olejowych itp.

Konstrukcje układów smarowania olejem zazwyczaj są złożone. Z tego względu większość łożysk tocznych jest smarowana smarami plastycznymi. W tych przypadkach, gdy względy konstrukcyjne i ekonomiczne na to pozwalają, do smarowania łożysk są stosowane bardziej efektywne oleje. Dotyczy to zwłaszcza smarowania łożysk:

- pracujących w wysokiej temperaturze,
- wałów w skrzyniach przekładniowych,
- silnie obciążonych,
- szybkoobrotowych,
- w systemach smarowania obiegowego.

Podstawowym parametrem, charakteryzującym oleje stosowane do smarowania łożysk tocznych, jest lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C, najczęściej określana jako klasa lepkości (VG) wg ISO 3448. W przypadku konieczności doboru lepkości oleju do smarowania łożysk tocznych, można posłużyć się danymi p. 9.6.

9.4.2 Smarowanie łożysk ślizgowych

Smarowanie łożysk ślizgowych ma na celu:

- zmniejszenie tarcia ślizgowego między powierzchniami czopa wału i panwi.
- zmniejszenie zużycia współpracujących części łożyska: czopa wału i panwi,
- odprowadzenie nadmiaru wydzielanego ciepła,
- ochronę przed korozją,
- odprowadzenie stałych ciał obcych (zanieczyszczeń mechanicznych).

Czopy wałów najczęściej są wykonywane ze stali. Panwie natomiast są wykonywane z brązu, mosiądzu lub żeliwa szarego. Niekiedy są one wylewane wewnątrz stopem łożyskowym. W ostatnim czasie panwie często są wykonywane z tworzyw sztucznych i spieków proszków metali. Współczynnik tarcia zależy od rodzaju współpracujących materiałów i rodzaju tarcia. Wartości współczynników tarcia w zależności od rodzaju współpracujących materiałów oraz rodzaju tarcia, podano w tabeli 9.2. Podane w tej tabeli współczynniki tarcia należy traktować jako wartości przybliżone uzyskane w badaniach z zastosowaniem maszyn tarciovych. W warunkach występujących w technicznych skojarzeniach trących, rzeczywiste wartości współczynników tarcia mogą znacznie odbiegać od podanych.

Łożyska ślizgowe są smarowane:

- smarami plastycznymi na bazie mydeł: Al, Li, Mg, Ca, Na,
- substancjami organicznymi: wosk, stałe kwasy tłuszczowe,
- smarami stałymi (grafit, disiarczek molibdenu, azotek boru, mika, boraks, siarczan srebra, jodek ołowiu, wernikolit),
- olejami mineralnymi lub syntetycznymi z podwyższonymi właściwościami przeciwzużyciowymi (AW) i przeciwzatarciowymi (EP).

Olej do łożyska ślizgowego jest doprowadzany otworami lub kanałami, najczęściej wykonanymi w nieobciążonej części panwi; rzadziej kanałami wydrążonymi w czopie łożyska. Olej jest rozprowadzany rowkami o przekroju trójkątnym lub wycinka koła, równomiernie rozmieszczonymi w łożysku, na ogół poprzecznie

TABELA 9.2 Współczynniki tarcia ślizgowego między materiałem czopa i panwi, w zależności od rodzaju tarcia

Materiał	Stal, tarcie:			Żeliwo, tarcie		Tarcie płynne
	suche	graniczne	półpłynne	suche	graniczne	
Stal	0,18 ... 0,4	0,1 ... 0,2	0,05 ... 0,1	–	–	0,001 ... 0,0015
Żeliwo	0,16 ... 0,3	0,08 ... 0,16	0,04 ... 0,08	0,16 ... 0,3	0,08 ... 0,16	
Brąz	0,12 ... 0,3	0,06 ... 0,14	0,03 ... 0,07	0,14 ... 0,3	0,07 ... 0,14	
Mosiądz	0,12 ... 0,3	0,06 ... 0,15	0,02 ... 0,05	0,15 ... 0,3	0,07 ... 0,14	
Stop łożyskowy	–	0,05 ... 0,12	0,03 ... 0,06	–	–	
Tworzywa sztuczne	0,15 ... 0,45	0,02 ... 0,10	0,01 ... 0,08	0,15 ... 0,45	0,02 ... 0,10	

do kierunku ruchu. Rowki nie dochodzą do brzegów łożyska, aby uniknąć wypływu oleju poza łożysko. Wymiary rowków doprowadzających olej a tym samym natężenie przepływu oleju, są zależne od średnicy łożyska. Im średnica łożyska ślizgowego większa, tym większa powierzchnia przekroju rowków smarowych. Właściwie ukształtowane rowki smarowe zapewniają tworzenie się klina smarującego.

Podstawowym parametrem doboru oleju stosowanego do smarowania łożysk ślizgowych, jest lepkość kinematyczna, określana jako klasa lepkości (VG) wg ISO 3448, a także temperatura płynięcia oleju, która powinna być niższa od minimalnej temperatury uruchamiania łożyska o około 10°C. W przypadku łożysk ślizgowych, pracujących w szerokim zakresie temperatury z punktu widzenia eksploatacji ważny jest wskaźnik lepkości, który powinien być możliwie największy. W przypadku konieczności doboru lepkości oleju do smarowania łożysk tocznych można posłużyć się danymi p. 7.2. W przypadku łożysk ślizgowych bardzo ważnym parametrem są właściwości smarne oceniane zazwyczaj z zastosowaniem maszyny Timken, maszyny czterokulowej lub innej maszyny tarciowej.

9.4.3 Smarowanie wrzecion

Cechą wyróżniającą pracę wrzecion jest duża prędkość obrotowa. Zasadniczymi skojarzeniami trącymi wrzecion są łożyska toczne i ślizgowe. Smarowanie wrzecion ma na celu:

- zmniejszenie tarcia,
- zmniejszenie zużycia łożysk tocznych i ślizgowych wrzeciona,
- zmniejszenie drgań,
- ochronę przed korozją,
- odprowadzenie wydzielanego ciepła,
- odprowadzenie stałych ciał obcych (zanieczyszczeń mechanicznych).

Wrzeciona najczęściej są smarowane indywidualnie lub rzadziej w systemie centralnym. W takim przypadku olej, układem przewodów olejowych, jest centralnie doprowadzany do poszczególnych wrzecion skąd odpływa do zbiornika. Wrzeciona starszych konstrukcji maszyn na ogół są smarowane indywidualnie.

Wrzeciona są smarowane olejami mineralnymi o klasie lepkości ISO VG 2... VG 22, tradycyjne zwanymi olejami wrzecionowymi, sklasyfikowane w normie ISO 6743/2 (klasa F) oraz PN-84/C-96099/07. Oleje syntetyczne są stosowane tylko w przypadkach, gdy warunki pracy wrzeciona (bardzo niska lub bardzo wysoka temperatura) nie pozwalają na stosowanie olejów mineralnych. Do smarowania wrzecion niekiedy są również stosowane smary plastyczne NLGI 000... 0 na bazie olejów o małej lepkości.

9.4.4 Smarowanie sprzęgieł

Sprzęgła są smarowane w przypadkach, gdy zachodzi konieczność zapewnienia poślizgu między elementami sprzęgającymi, w stanie rozłączenia. Sprzęgła obudowane, stosowane w maszynach najczęściej są smarowane olejami maszynowymi o klasie lepkości ISO VG 22... ISO VG 150, o temperaturze płynięcia dostosowanej do temperaturowych warunków pracy. W przypadkach konstrukcji bardziej złożonych, do smarowania sprzęgieł pracujących w nietypowych warunkach, są stosowane inne typy olejów, np. syntetyczne, a także, zwłaszcza w przypadku sprzęgieł otwartych, smary plastyczne o zróżnicowanych właściwościach i konsystencji wg NLGI (patrz p. 19).

W niektórych mechanizmach sprzęgła są smarowane olejami właściwymi dla mechanizmu zasadniczego, np. układu hydraulicznego, przekładni czy silnika. W takich przypadkach są stosowane oleje hydrauliczne, przekładniowe wielofunkcyjne.

9.5 Kontrola jakości

W ostatnich latach nie praktykuje się normalizacji wymagań dla olejów maszynowych lub praktyka taka jest stosowana w bardzo ograniczonym zakresie. Niektórzy producenci maszyn zastrzegają sobie konieczność homologowania olejów do określonych zastosowań w ich maszynach, zwłaszcza w okresie gwarancyjnym, niekiedy pod rygorem utraty gwarancji. Homologowane są oleje określonych gatunków, wytwarzane przez współpracujących producentów olejów.

W większości przypadków jakość olejów maszynowych jest gwarantowana i kontrolowana tylko przez producenta oleju. Na potwierdzenie spełnienia ustalonych wymagań wystawia on orzeczenie laboratoryjne (raport z badań) dla całej partii oleju. Firmy zużywające duże ilości oleju niekiedy kontrolują zgodność jakości z danymi orzeczenia laboratoryjnego w zakresie jednego lub kilku charakterystycznych parametrów, np. lepkości kinematycznej.

Jakość podstawowych olejów maszynowych jest oceniana metodami stosowanymi do oceny jakości innych grup olejów, znormalizowanymi jako normy ISO, EN lub ich krajowe homologacje.

W przypadku niektórych rodzajów olejów są kontrolowane właściwości, które potwierdzają ich właściwości eksploatacyjne lub skład chemiczny. Do właściwości takich należą:

- właściwości przeciwzużyciowe (AW) i przeciwzartarciowe (EP), oznaczane metodami przedstawionymi w p. 4.7,
- działania korodujące na miedzi lub stali oraz właściwości przeciwdrdzewne, stabilność termiczna i termooksydacyjna,
- odporność na emulgowanie z wodą (deemulgowalność),
- biodegradowalność.

W praktyce przemysłowej, jakość olejów maszynowych w toku eksploatacji jest kontrolowana tylko w przypadkach stosowania ich w maszynach o obiegowym układzie smarowania, zawierających olej w ilości powyżej 500 litrów. W takich przypadkach kontrolowane są:

- lepkość kinematyczna,
- liczba kwasowa,
- zawartość metali, występujących w układzie smarowania,
- zawartość wody,
- zawartość zanieczyszczeń mechanicznych.

Jakość olejów maszynowych do specyficznych zastosowań, od których są wymagane specjalne właściwości, jest kontrolowana z zastosowaniem metod w miarę możliwości odwzorowujących te właściwości. Przykładami mogą być oleje do prowadnic ślizgowych, którym stawia się wymaganie przeciwdziałania zjawisku „stick-slip”, czy też oleje do maszyn papierniczych, którym jest stawiane wymaganie ochrony metali przed korozją w fazie gazowej.

9.6 Dobór oleju

W przypadku doboru oleju do smarowania skojarzeń trących maszyn, należy się kierować następującymi zasadami ogólnymi:

- olej powinien spełniać minimalne wymagania jakościowe, jakie postawił konstruktor maszyny (urządzenia), której skojarzenia trące będą smarowane,
- olej powinien być w klasie lepkościowej ISO VG, jakiej wymaga konstrukcja maszyny.

W przypadku maszyn, wyprodukowanych w ostatnich dwudziestu latach, niezbędne dane najczęściej są sprecyzowane w instrukcji obsługi lub dokumentacji ruchowej maszyny.

W przypadku maszyn wyprodukowanych wcześniej, w instrukcjach smarowniczych najczęściej są podane gatunki kilku olejów istniejących wówczas firm, niestety często bez podania jakichkolwiek danych dotyczących jakości i lepkości oleju. W takim przypadku niezbędne jest przeprowadzenie swoistego, niekiedy dość kłopotliwego „dochodzenia”, mającego na celu ustalenie podstawowych danych dotyczących wcześniej zalecanego środka smar-

Tabela 9.3 Zalecenia dotyczące doboru klas lepkościowych (ISO VG) olejów do smarowania łożysk tocznych wałeczkowych

Prędkość obrotowa obr/min	Temperatura pracy łożyska, °C																				
	30					60					90					120					
	Średnica zewnętrzna łożyska, mm					Średnica zewnętrzna łożyska, mm					Średnica zewnętrzna łożyska, mm					Średnica zewnętrzna łożyska, mm					
	<50	75	100	200	400	<=50	75	100	200	400	<=50	75	100	200	400	<=50	75	100	200	400	
10..150	46	32/46	32	23/32	15/22	220/320	150	150	100	68	1000/1500	1000	680/1000	460	320	około 1500					1000/1500
<300	22/32	22	15/22	15	10/15	100	100	68	46	32/46	460	460	320	220	150				1000/1500	1000	460/680
<500	15/22	15	15	10	10	68	46/68	46	32	22/32	220/320	220	150	100/150	68/100	1000	680/1000	680/1000	460	320	
<750	15	10/15	10	10	7	46	32/46	32	22/32	22	150	150	100/150	68/100	68	680/1000	460/680	460	320	220	
<1000	10/15	10	10	7	7	32/46	32	22/32	22	15	150	100	100	68	46	460	460	320	220	150	
<1500	10	7/10	7	7	5/7	22/32	22	15/22	15	10/15	100	68/100	68	46	32/46	320	220/320	220	150	100	
<3000	7	7	5/7	5/7	5	15/22	15	15	10	10	46	46	32/46	32	22	150	150	100/150	68/100	68	
<5000	5/7	5/7	5	5		10/15	10/15	10	10		32/46	32	22/32	22		100	100	68/100	68		
<10 000	około 3					7	7	7	5/7		22	15/22	15	10/15		46/68	46	46	32		

nego. Czynność tę najlepiej powierzyć specjalistom. W przypadkach prostszych można posłużyć się danymi, zawartymi w tabeli 9.3.

W razie konieczności zastąpienia dotychczas stosowanego oleju, innym, oprócz sprawdzenia zgodności klasy jakościowej i lepkościowej, należy uwzględnić:

- mieszalność baz olejowych, tabela 9.4,
- możliwość pracy nowego oleju w zakresie występujących w eksploatacji wartości temperatury,
- kompatybilność nowego oleju z materiałami uszczelnień.

W przypadku zamiany olejów z dodatkami, ze względu na możliwą niezgodność chemiczną zastosowanych dodatków, przed napełnieniem układu nowym olejem należy układ dokładnie opróżnić z dotychczasowego oleju, oczyścić układ z osadów i zanieczyszczeń.

Gdy bazy zamienianych olejów są niemieszalne (tabela 9.4), jest niezbędne przemyć układ naftą, lekkim olejem mineralnym

i niewielką ilością nowego oleju. Należy również przyspieszyć pierwszą wymianę oleju, po napełnieniu układu nowym olejem.

Tabela 9.4 Mieszalność różnych baz olejowych

Typ oleju	mineralny	węglowodorowy syntetyczny	poliglikolowy	estrowy	silikonowy
mineralny	☺	☺	☹	☺	☹
węglowodorowy, syntetyczny	☺	☺	☹	☺	☹
poliglikolowy	☹	☹	☺	☹	☹
estrowy	☺	☺	☹	☺	☹
silikonowy	☹	☹	☹	☹	☺

