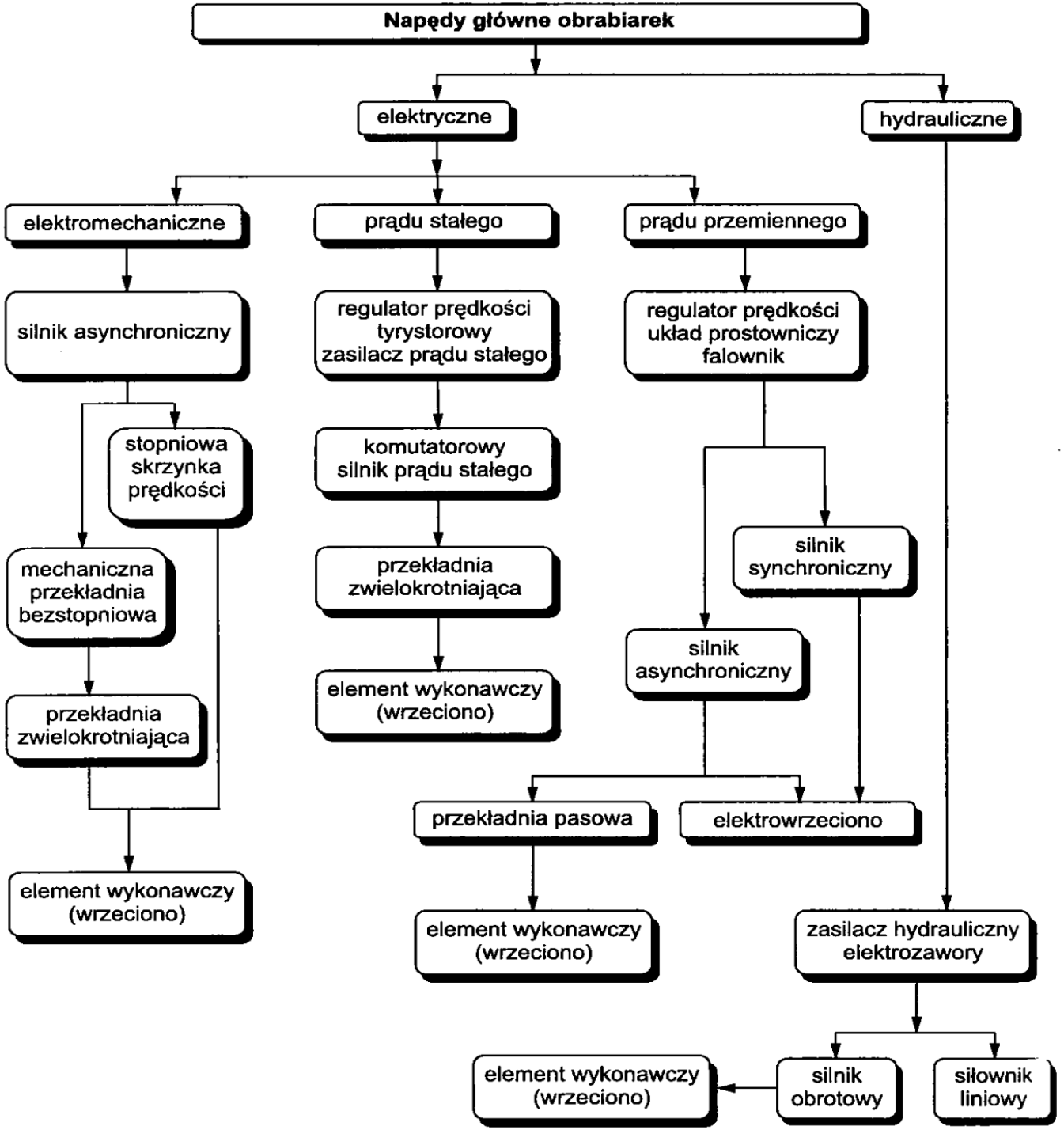
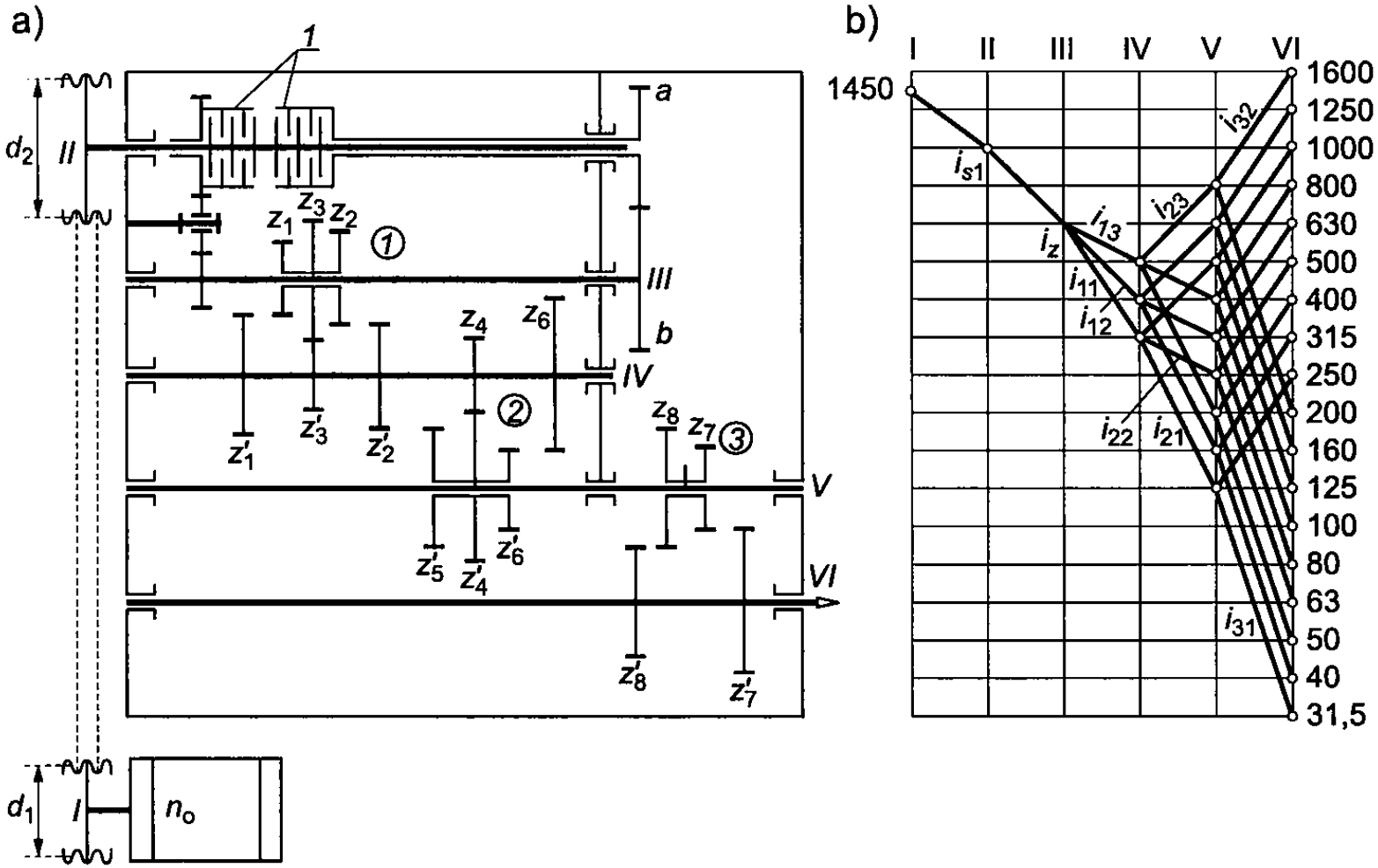
MASZYNY I URZĄDZENIA TECHNOLOGICZNE

Podstawy budowy – napędy główne – wrzeciona

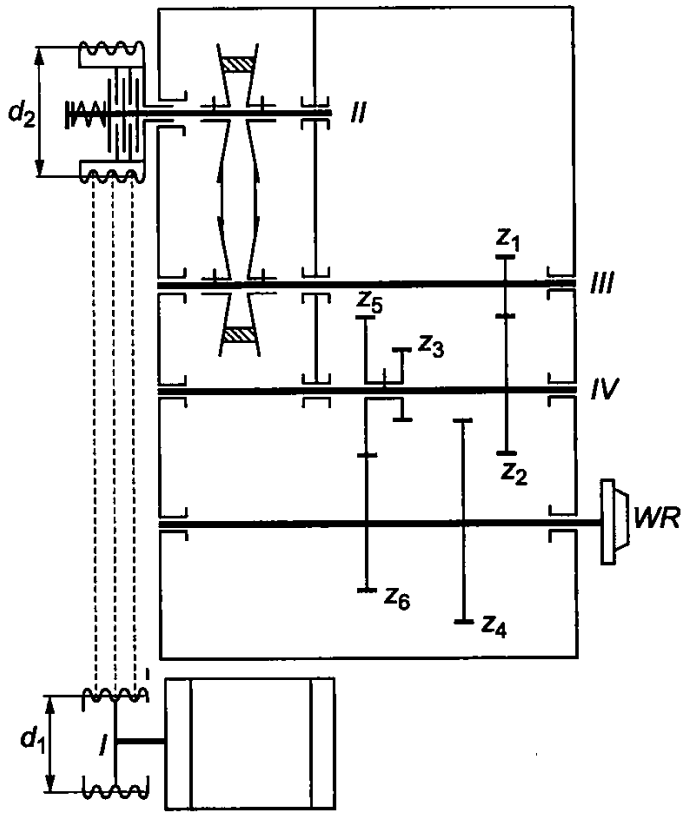
Prof. dr hab. inż. Józef Gawlik
Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych
tel. 12 374 32 46, kom. 607 318 655; bud. 6C - pok.3.15
e-mail: jozef.gawlik@pk.edu.pl



Klasyfikacja napędów wykonawczych w obrabiarkach i urządzeniach technologicznych [10]

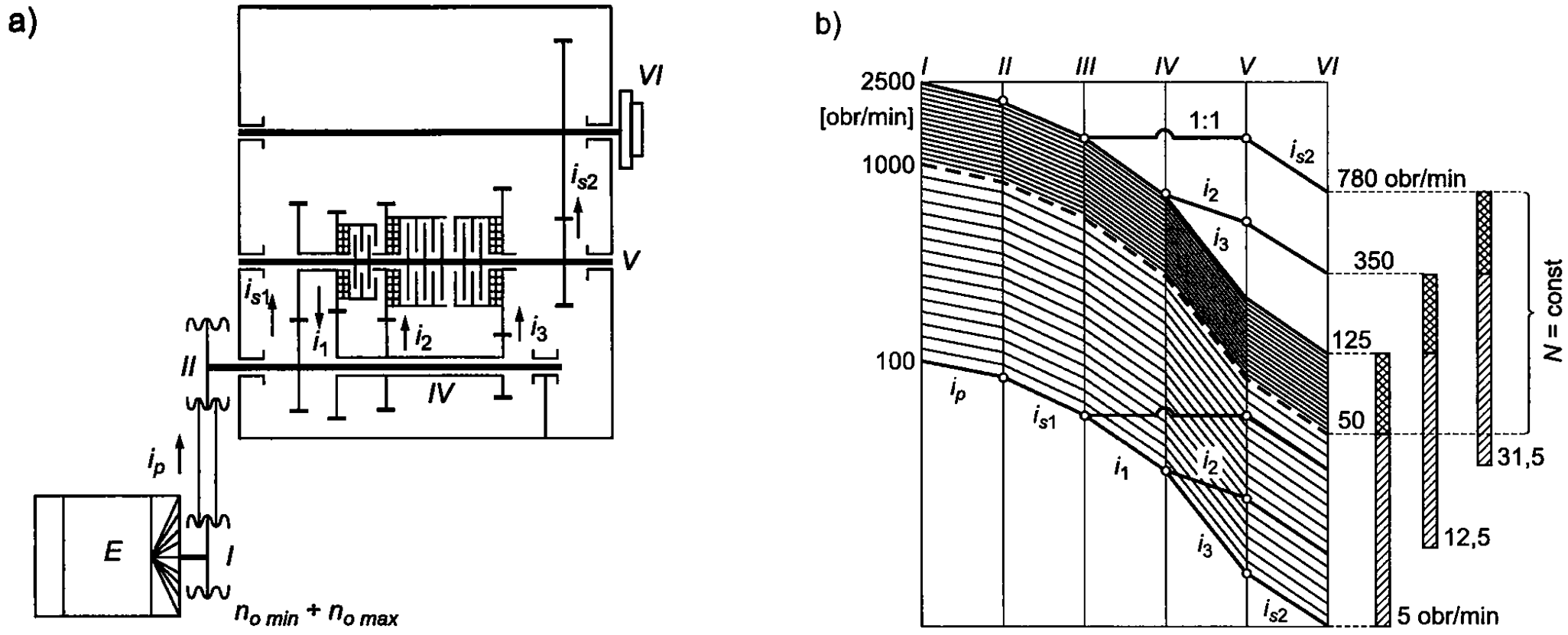


18-stopniowy napęd główny: a) schemat kinematyczny; b) wykres przełożeń; 1 – sprzęgła nawrotnicy; a, b, - koła wymienne [10]

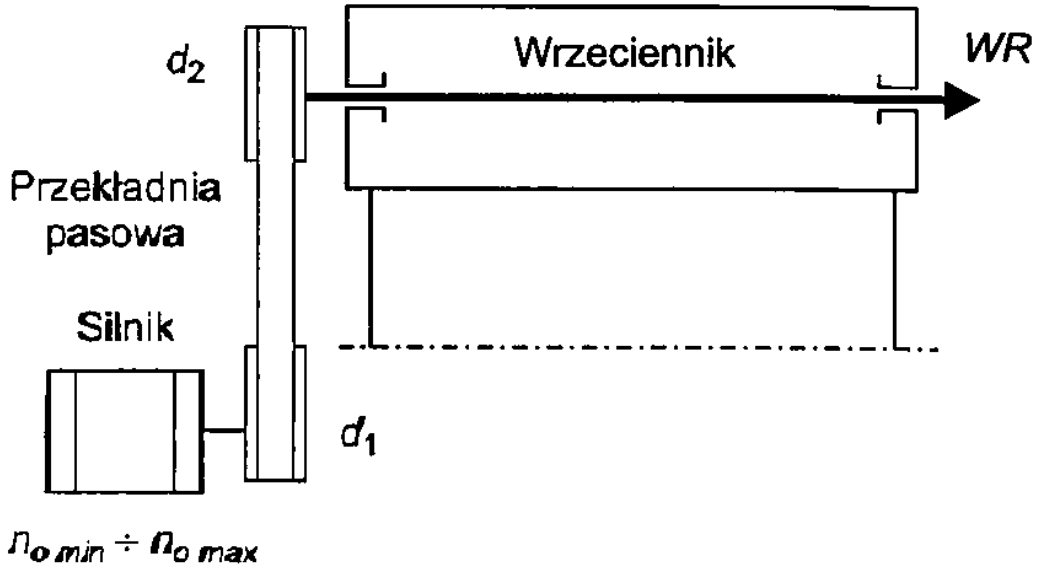


Schemat kinematyczny bezstopniowego napędu głównego [10].

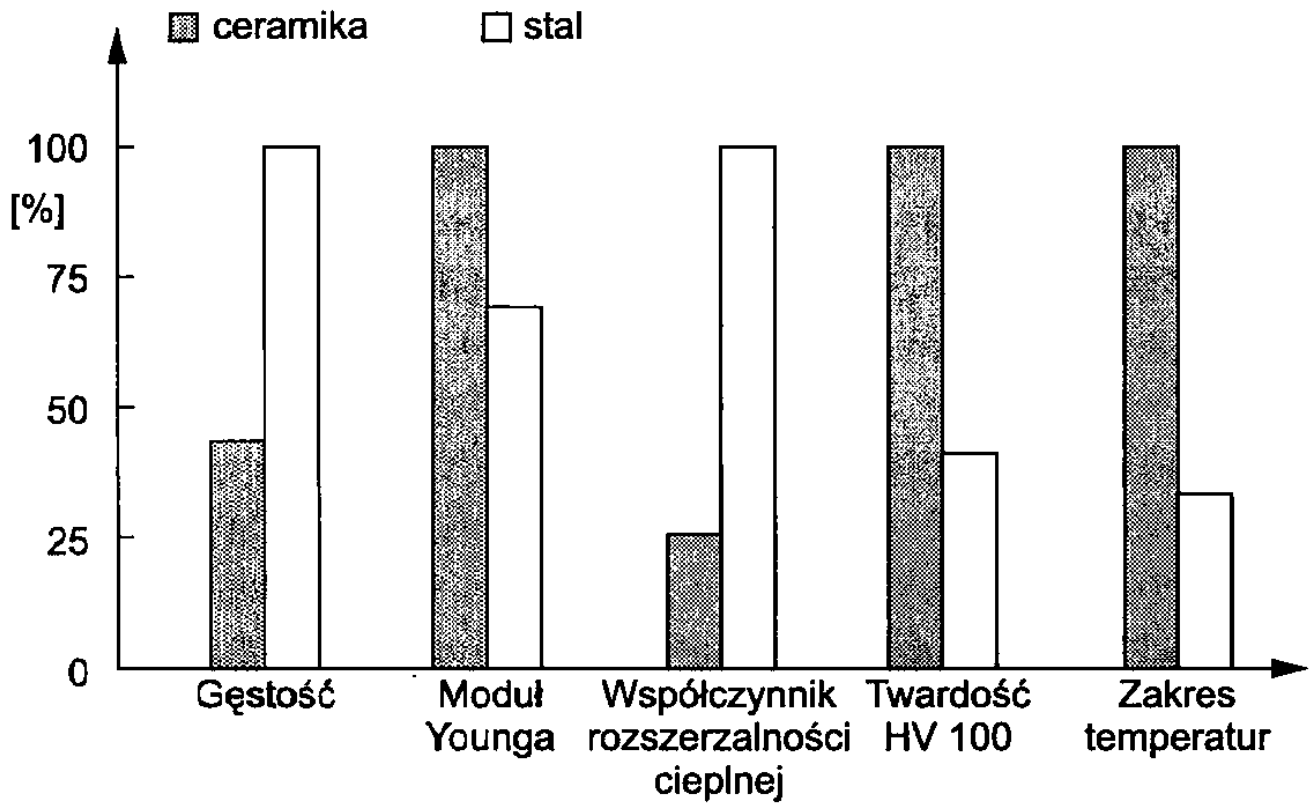
Budowa: silnik asynchroniczny o stałej prędkości obrotowej; mechaniczna; przekładnia bezstopniowa; przekładnia zwielokratniająca



Napęd główny z silnikiem prądu stałego i 3-stopniową przekładnią rozszerzającą zakres prędkości wrzeciona [10]:
a) schemat kinematyczny; b) wykres prędkości



Napęd główny z silnikiem prądu przemiennego, zasilanym z falownika częstotliwości [10]



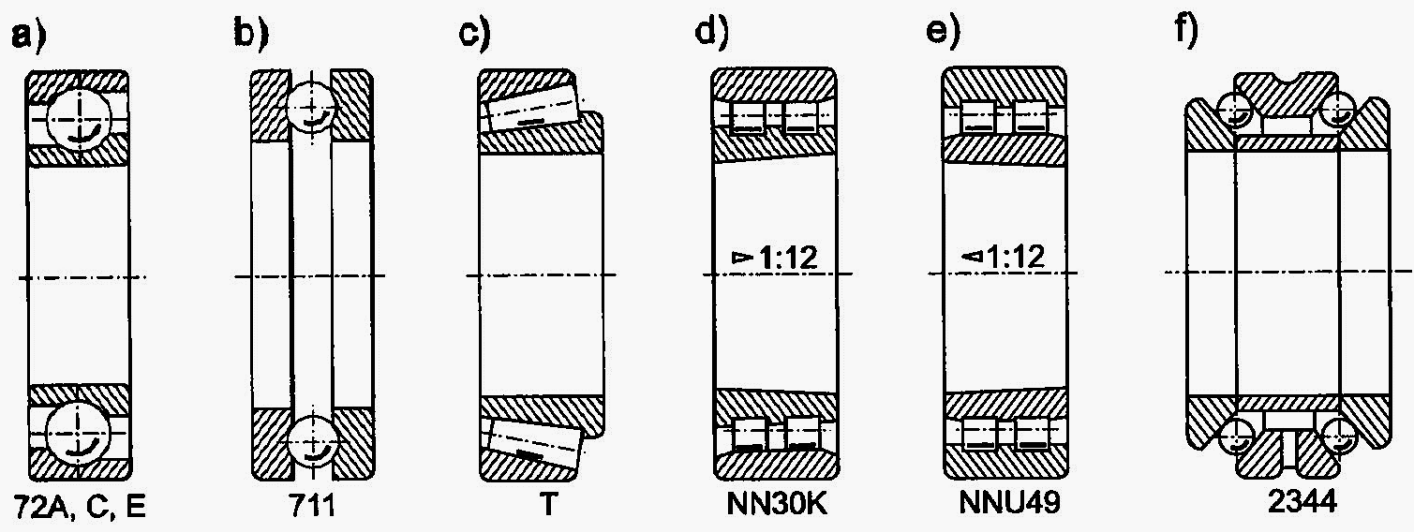
Właściwości ceramiki i stali do zastosowań w hybrydowych łożyskach tocznych [10]

Wrzecionem nazywa się element roboczy ruchu obrotowego, służący do ustalenia i zamocowania, za pomocą uchwytu, narzędzia lub przedmiotu obrabianego. Ruch obrotowy wrzeciona może być ruchem głównym (przykłady: frezarki, tokarki, szlifierki, wiertarki) lub ruchem posuwowym (wrzeciono przedmiotowe szlifierki).

Zespół wrzecionowy (wrzeciono, łożyska i obsady łożysk - tuleja, korpus) jest podstawowym elementem roboczym w maszynach i urządzeniach technologicznych o ruchu głównym obrotowym.

Wymagania techniczne:

- wysoka dokładność obrotu - bicie promieniowe i osiowe w obrabiarkach precyzyjnych 1 -2,5 µm;
- wysoka sztywność statyczna i dynamiczna - małe ugięcia końcówki pod działaniem sił;
- zdolność tłumienia drgań – łożyskowanie, wyrównoważenie;
- trwałość dokładności – możliwie długi okres pracy z założoną dokładnością, właściwy dobór materiałów i obróbki cieplnej, rodzaj łożyskowania z możliwością regulacji luzów, dokładność wykonania i montażu;
- możliwie małe opory ruchu – rodzaj łożyskowania i prędkość obrotowa;
- duża gładkość (Ra = 0,63 µm) i twardość powierzchni ustalających (HRC = 56 – 60)

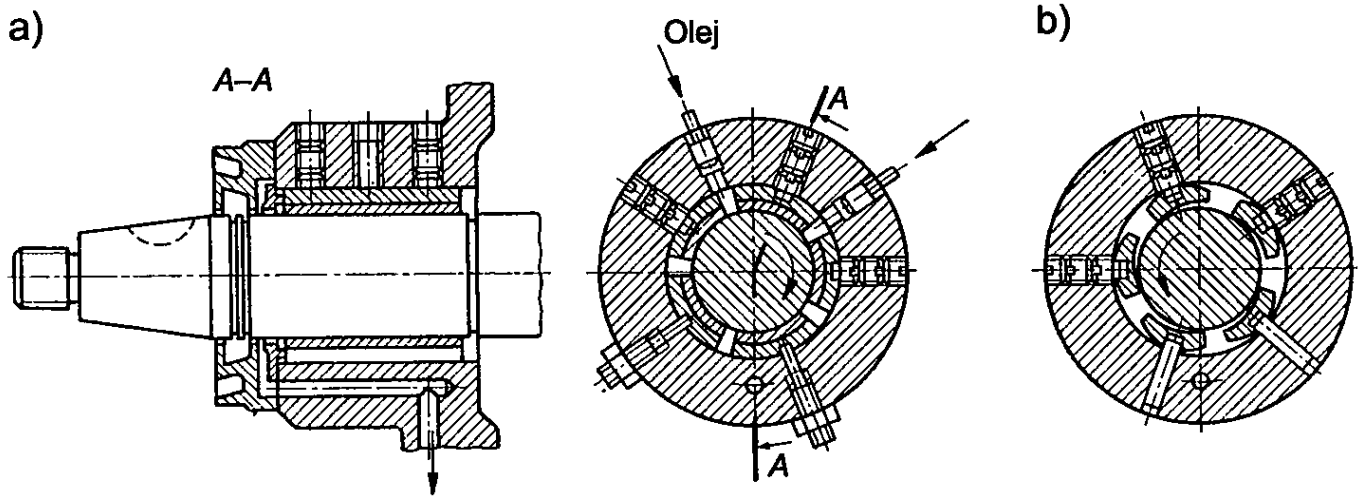


Łożyska toczne stosowane do łożyskowania wrzecion obrabiarek [10]: a) kulkowe skośne; b) kulkowe wzdłużne jednokierunkowe; c) stożkowe oraz specjalne do wrzecion obrabiarek; d-e) walcowe dwurzędowe ze stożkowym otworem w pierścieniu wewnętrznym; f) wzdłużne

Rodzaj smarowania	Wskaźnik szybkobieżności $d_{śr}n$ mm·obr/min	Zalecana lepkość kinematyczna oleju w temp. 70°C mm^2/s
Kąpielowe	do 100 000	30÷35
Obiegowe niewymuszone	do 400 000	13÷17
Obiegowe wymuszone	do 750 000	11÷15
Kroplowe	do 500 000	12÷16
Mgłą olejową	do 1 000 000	10÷12
Wtryskowe	do 1 300 000	9÷11

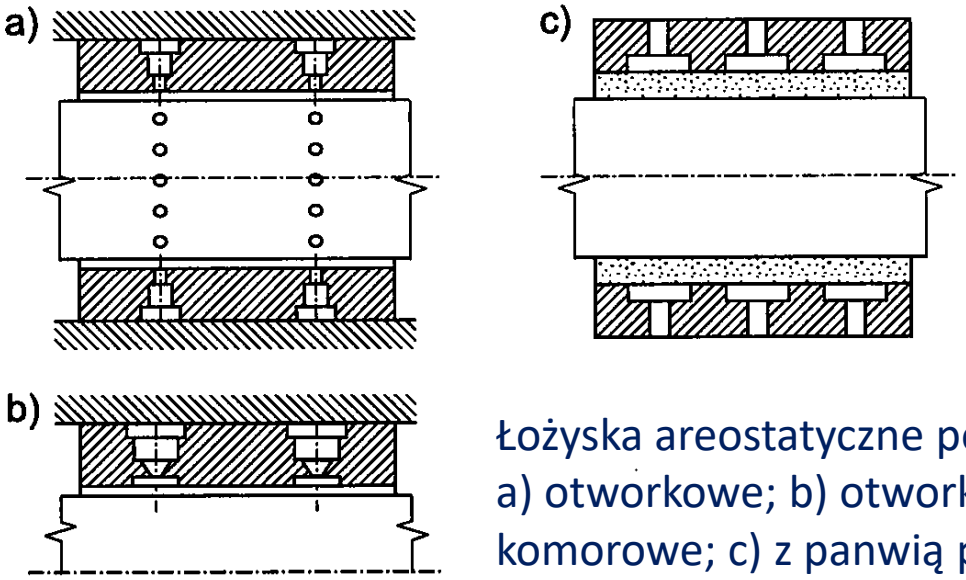
Smarowanie olejowe łożysk tocznych [10]

Smarowanie smarem plastycznym jednorazową dawką smaru tylko w łożyskach uszczelnionych i osłonionych. **Nie wolno dopuścić do mieszania się oleju i smaru plastycznego, gdyż powoduje to szybkie uszkodzenie łożyska.**



Łożyska hydrodynamiczne wielopunktowe [10]:
a) z pięcioma wkładkami – w tym dwie nastawne;
b) samonastawne.

Dokładność i stabilność położenia osi zapewniają łożyska wielopunktowe, mające klika klinów smarnych równomiernie rozłożonych na obwodzie. Klin smarno-nośny powstaje wskutek tarcia wewnętrznego - lepkości oleju, który jest zabierany przez wirujący czop i wprowadzany w klinową szczelinę między czopem a panewką.

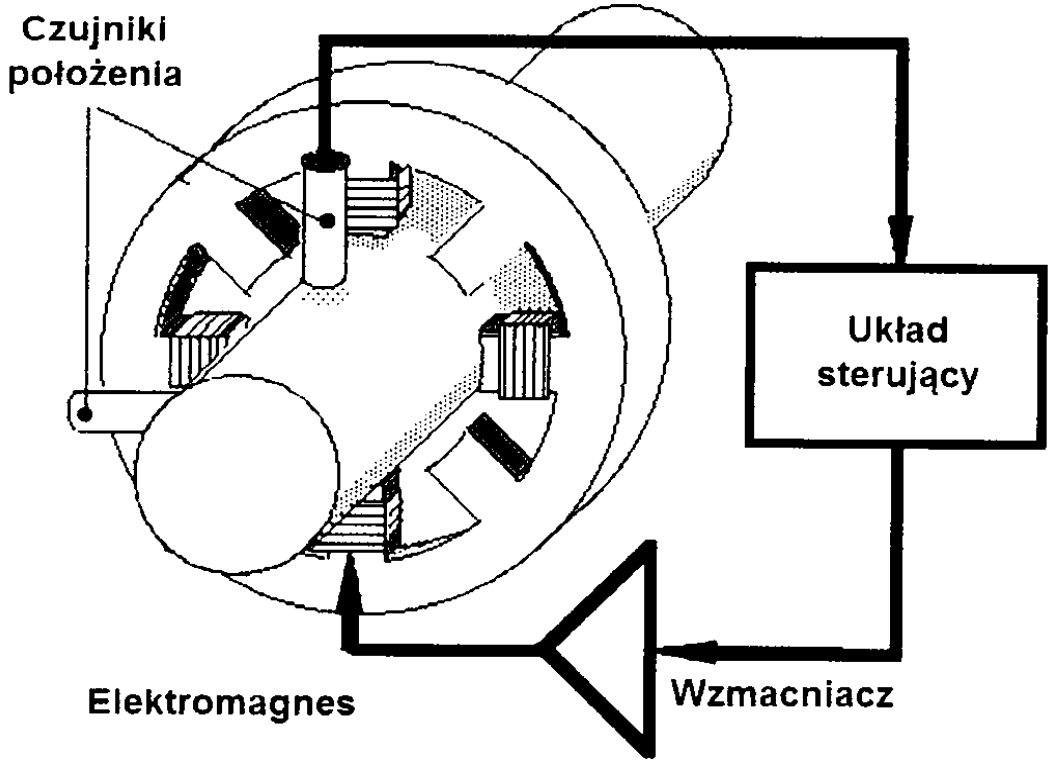


Zasada działania łożysk hydrostatycznych jest taka sama, jak łożysk hydrodynamicznych. Ze względu na dużą ściśliwość powietrza istnieje niebezpieczeństwo wystąpienia drgań samowzbudnych. Możliwości zastosowań są ograniczone.

Łożyska areostatyczne poprzeczne [10] :
a) otworkowe; b) otworkowo-komorowe; c) z panwią porowatą

W **łożyskach magnetycznych** wirujący czop, wykonany z materiału ferromagnetycznego, jest utrzymywany w określonej pozycji polem magnetycznym, wytwarzanym przez pary znajdujących się naprzeciw siebie elektromagnesów.

Problemem może być niewyrównoważenie przy dużych prędkościach obrotowych, kiedy powstające promieniowe siły bezwładności powodują drgania.



Schemat aktywnego łożyska magnetycznego [17]

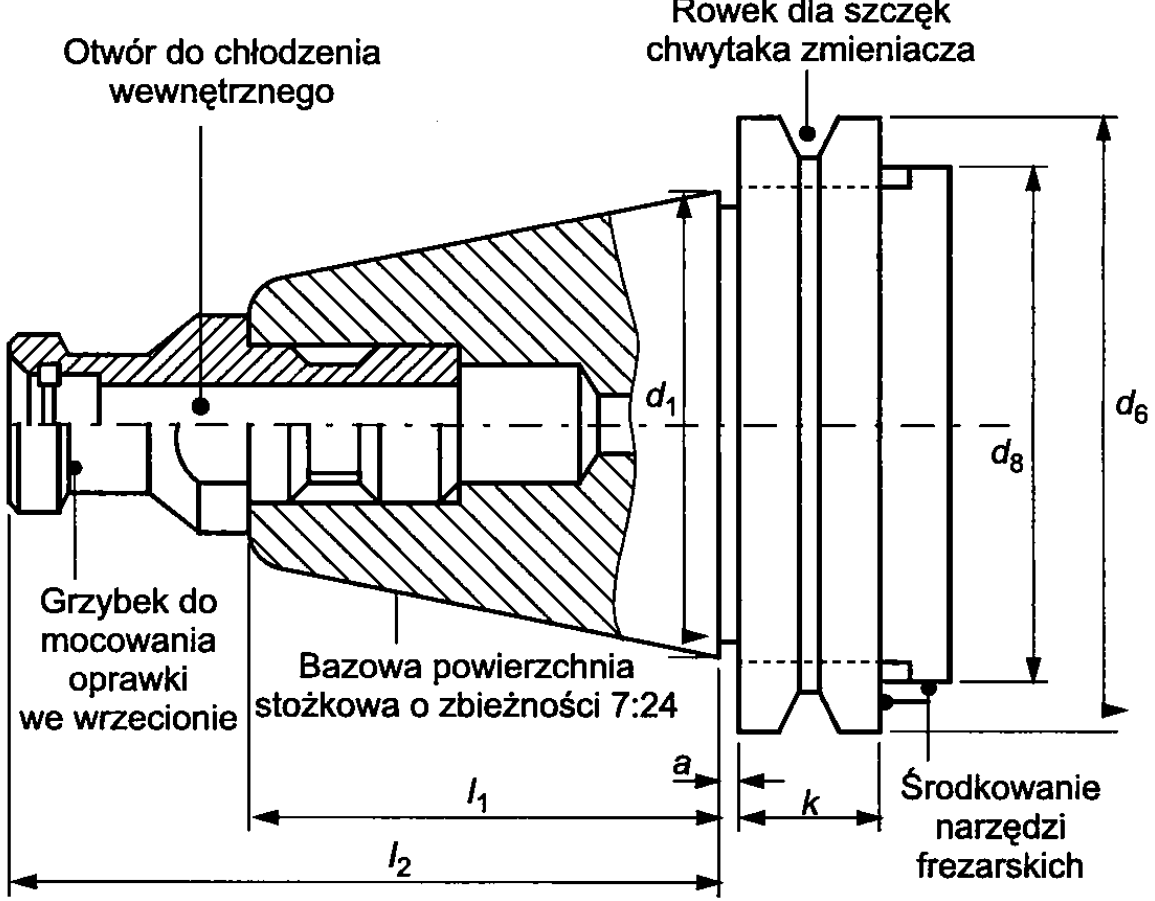
Cecha	Łożyska toczne	Łożyska z filmem olejowym		Łożyska powietrzne		Łożyska magnetyczne
		hydrodyn.	hydrostat.	gazodyn.	gazostat.	
Bicie	0	+	++	+	++	+
Nośność	++	+	++	–	0	–
Sztywność	++	+	++	–	0	–
Tłumienie	–	++	++	–	0	+
Prędkość graniczna	0	+	0	+	++	++
Gradienty temperatury	+	–	–	++	++	0
Zdolność pozycjonowania	0	+	++	–	+	++
Trwałość	+	+	++	0	++	++
Łatwość konserwacji	++	+	0	+	0	+
Technologiczność	++	+	+	-	–	–
Koszty	++	+	+	–	–	–

Ocena cechy: ++ bardzo dobra, + dobra, 0 normalna, – zła.

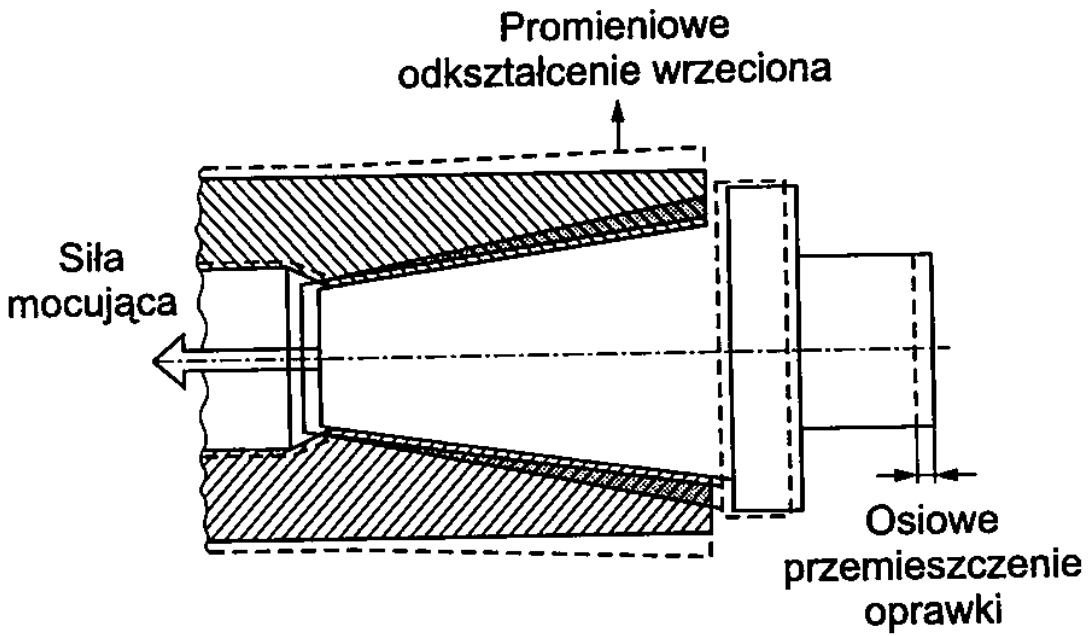
Porównanie cech łożyskowań tradycyjnych i magnetycznych [17]

Cecha łożyska	Rodzaje łożysk					
	toczne		ślizgowe			magnetyczne
	stalowe	hybrydowe	hydrodynamiczne	hydrostatyczne	aerostatyczne	
Graniczna prędkość obrotowa	dobra	ponaddobra	zła	dostateczna	bardzo dobra	bardzo dobra
Nośność	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra	bardzo dobra	zła	zła
Sztywność	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra	bardzo dobra	zła	zła
Tłumienie drgań	złe	złe	bardzo dobre	bardzo dobre	dostateczne	dobre
Dokładność obrotu	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra	dobra	zła	dobra
Trwałość użytkowa	dobra	dobra	dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra
Odporność na zmiany temperatury	bardzo dobra	bardzo dobra	zła	dostateczna	zła	dobra
Opory ruchu	małe	małe	dostateczne	dostateczne	bardzo małe	bardzo małe
Łatwość konserwacji	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra	dostateczna	dobra	dobra
Technologiczność	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra	dobra	zła	zła
Koszty łożyska	niskie	dobre	dobre	dobre	dobre	bardzo wysokie
Koszty eksploatacji	niskie	niskie	dobre	bardzo wysokie	bardzo wysokie	wysokie

Zestawienie cech różnych sposobów łożyskowania wrzecion [10]

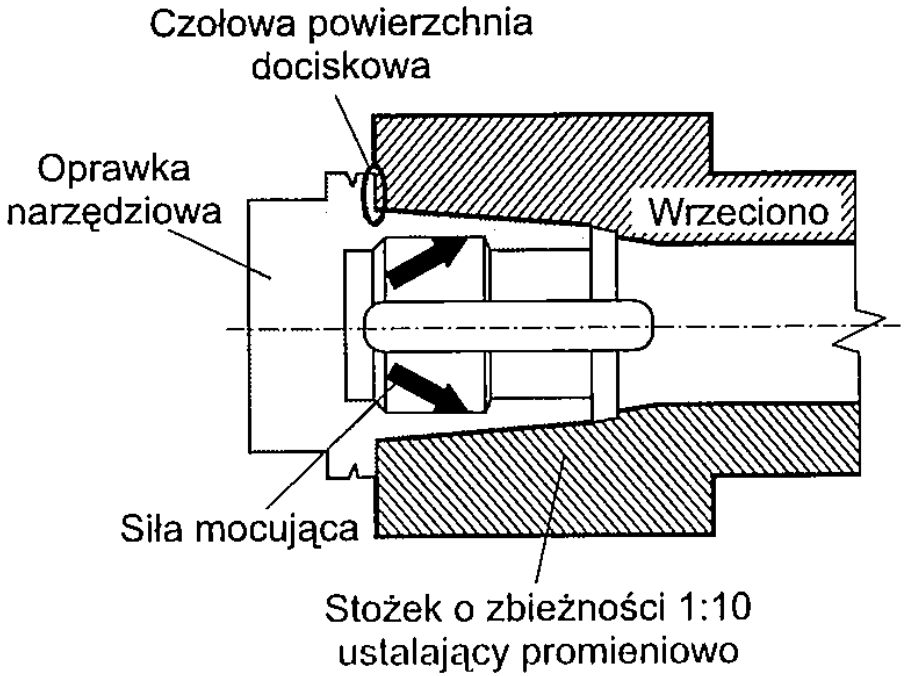


Oprawka narzędziowa do narzędzi obrotowych - głównie frezarskich z niesamohamownym gniazdem stożkowym o zbieżności 7:24 (stosowane do prędkości obrotowej do 15000 obr/min) [10]



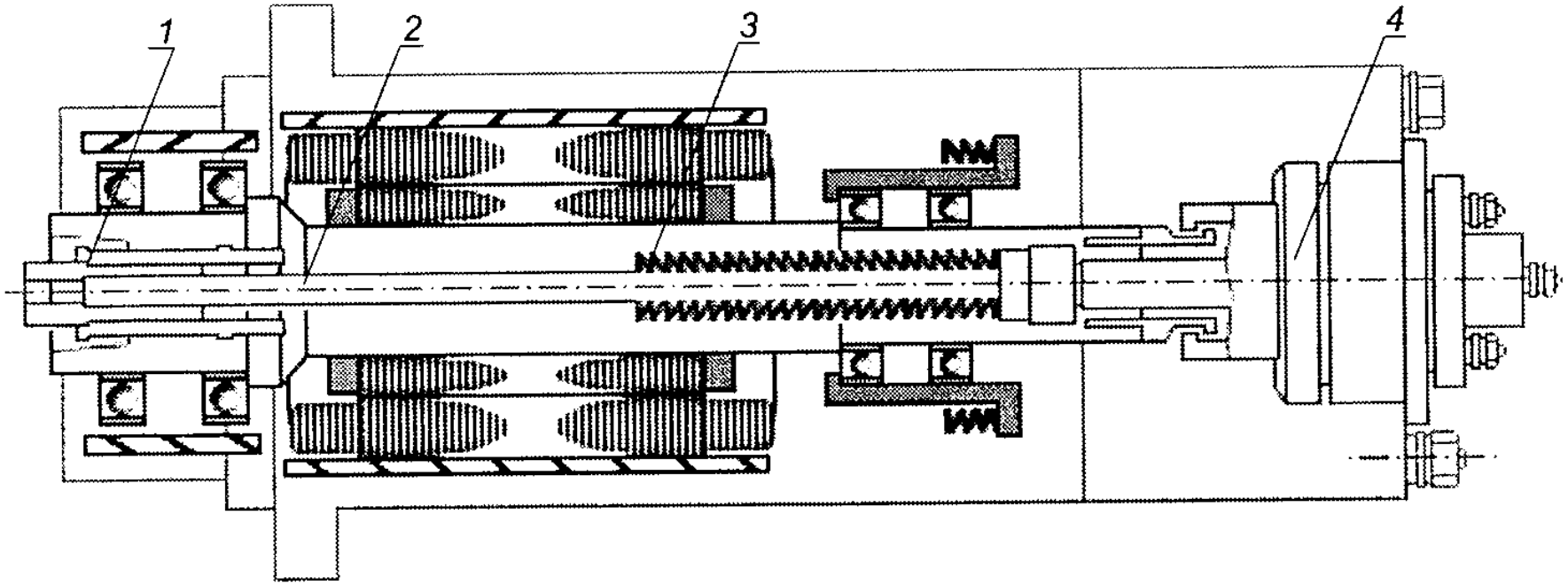
Odkształcenie wrzeciona pod działaniem sił odśrodkowych i spowodowana tym zmiana położenia oprawki [10].

Wciąganie (siła mocująca) powoduje zakleszczanie się narzędzia w gnieździe przy zatrzymaniu wrzeciona i konieczność stosowania dużych sił do wyjęcia oprawki przy zmianie narzędzia (dlatego konieczne jest ograniczenie do prędkości obrotowej do 15000 obr/min)

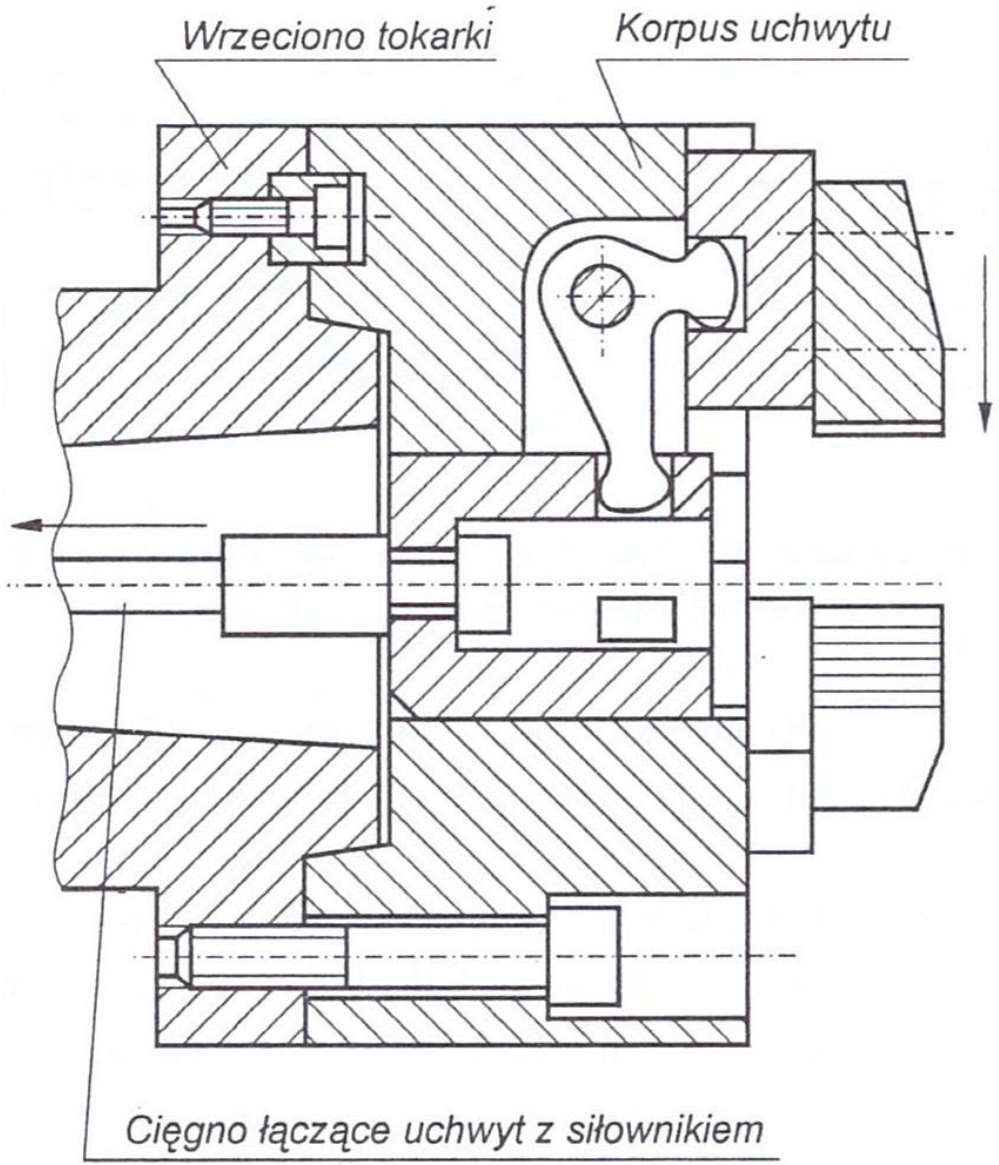


Koncepcja rozwiązania chwytu **HSK** (**H**ollow **S**hank **K**egel – pusty chwyt stożkowy) [10].

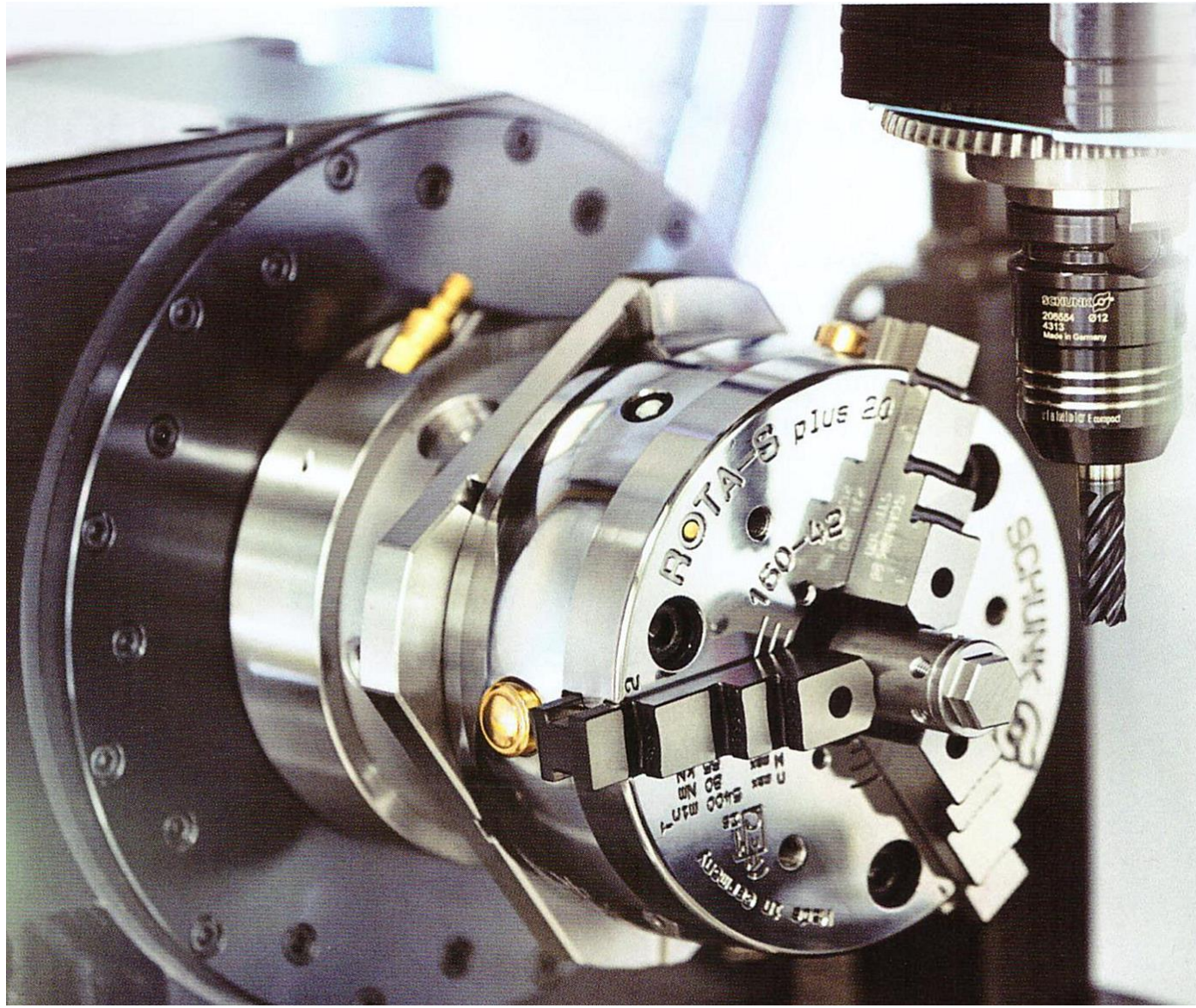
Połączenie stożkowe ma zbieżność 1:10. Oprawka jest wydrążona w środku, dzięki temu siła odśrodkowa odkształca chwyt podobnie jak gniazdo. Siły wciągające oprawkę dodatkowo dociskają ją do gniazda.

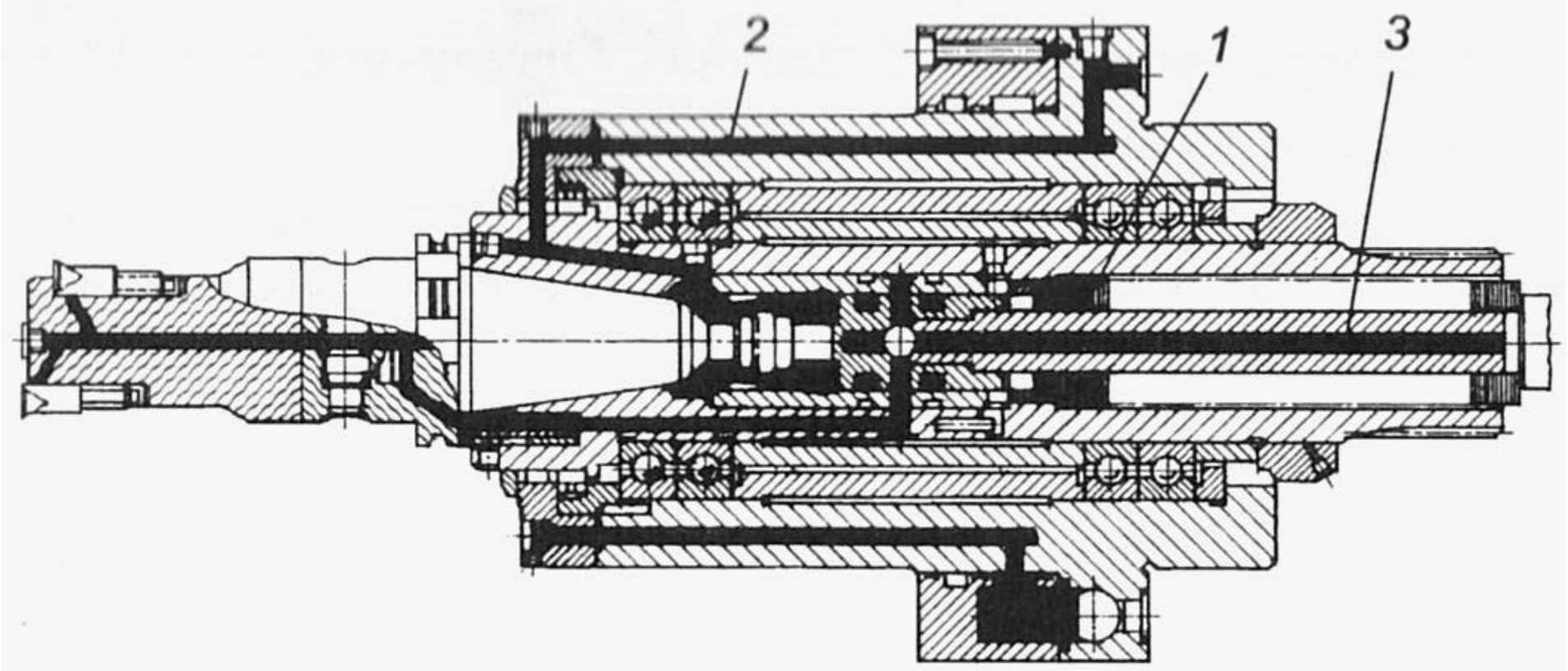


Mechanizm automatycznego mocowania oprawki HSK w elektrowrzecionie [10]: 1 – tuleja mocująca, 2 – trzpień, 3 – sprężyny mocujące, 4 – cylinder pneumatyczny zwalniający oprawkę

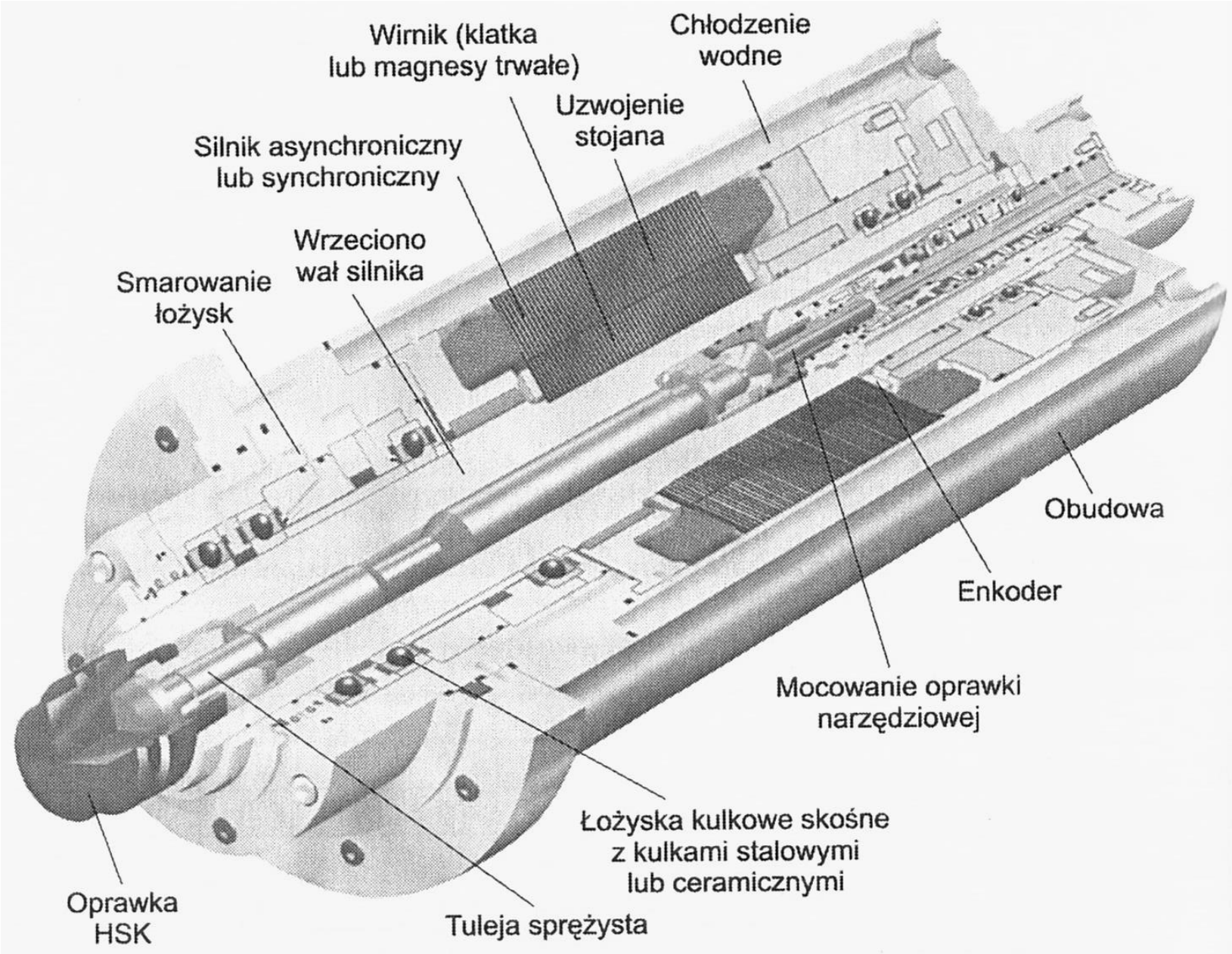


Uchwyt tokarski z mocowaniem pneumatycznym [25]


ROTA-S plus 20
160-42
SCHUNK

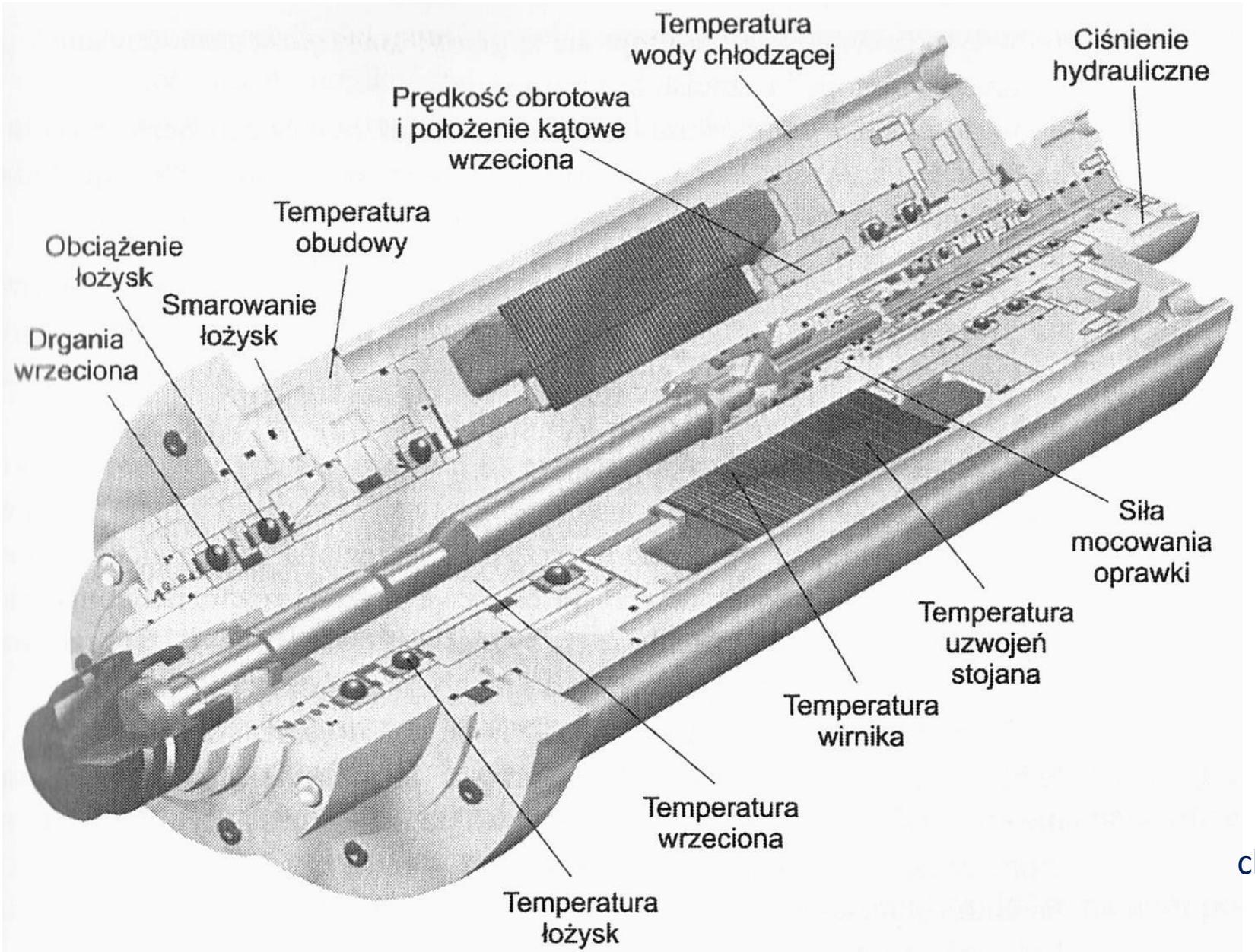


Zespół wrzecionowy – kompletna, wymienna jednostka mocowana do korpusu obrabiarki [10]: 1 – mocowanie narzędzi zespołem sprężyn talerzowych (odmocowywanie hydrauliczne), 2 – oczyszczanie gniazda narzędziowego sprężonym powietrzem, 3 – doprowadzenie cieczy chłodzącej przez wrzeciono i układ mocowania narzędzia.



Budowa elektrowrzeciona napędu głównego obrabiarki [10]

Silnik napędowy elektrowrzeciona jest silnikiem asynchronicznym z wirnikiem klatkowym lub synchronicznym z wirnikiem z magnesami trwałymi.



Mierzone podczas pracy parametry charakteryzujące stan elektrowrzeciona [10]

Elektrowrzeciona przeznaczone do grupy frezarek i wiertarko-frezarek są wyposażane w systemy automatycznego mocowania narzędzi – głównie hydrauliczne.

System kontroli stanu elektrowrzeciona rozpoznaje jego stan w czasie pracy. Np. **pomiary drgań** są realizowane za pomocą sensora umieszczonego w sąsiedztwie przedniego ułożyskowania wrzeciona.

Nadmierne drgania mogą przyspieszyć zużycie narzędzia(zużycie wytrzymałościowe) lub uszkodzenie wrzeciona. Sensor drgań umożliwia wstępną diagnostykę.

Elektrowrzeciona mogą być dodatkowo wyposażone w **urządzenie Auto Balance**, służące do automatycznego wyważania w trakcie procesu (on-line) obróbki przy wysokich prędkościach obrotowych, zapewniając:

- lepszą jakość obrabianej powierzchni;
- wyższą dokładność obrabianego przedmiotu;
- mniejsze zużycie ostrzy narzędzia;
- dłuższą żywotność wrzeciona.

Użytkownik powinien zwracać uwagę przy zakupie między innymi na:

- zakres prędkości napędzanych wykonawczych i sposób zmiany prędkości;
- dysponowaną moc elektrowrzeciona;
- charakterystyki obciążenia obrabiarki; moc, moment obrotowy w funkcji prędkości wrzeciona;
- siły, jakie mają rozwijać zespoły i elementy wykonawcze oraz ich przebiegi w funkcji prędkości