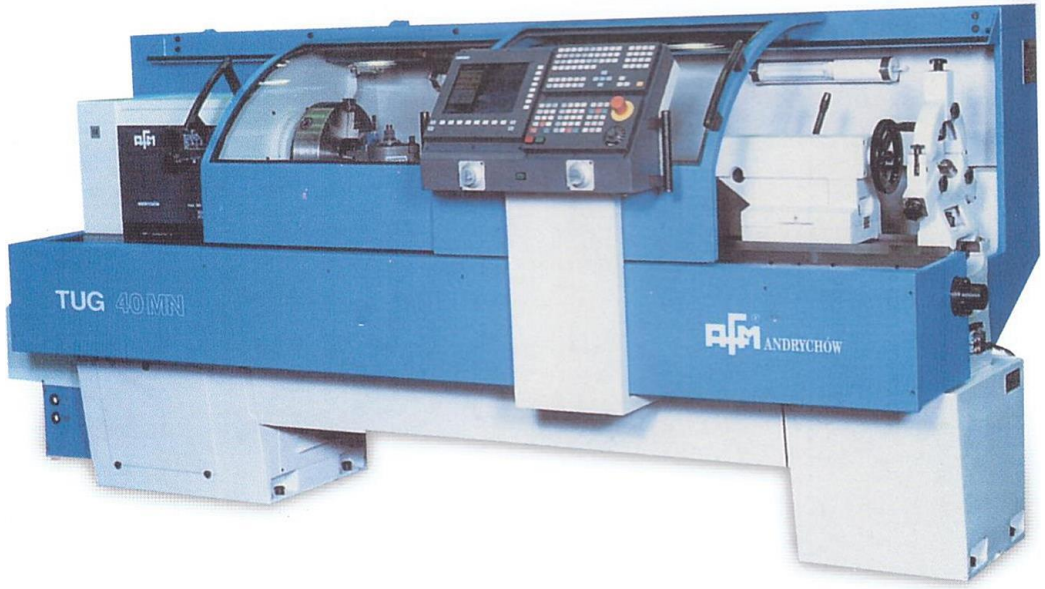
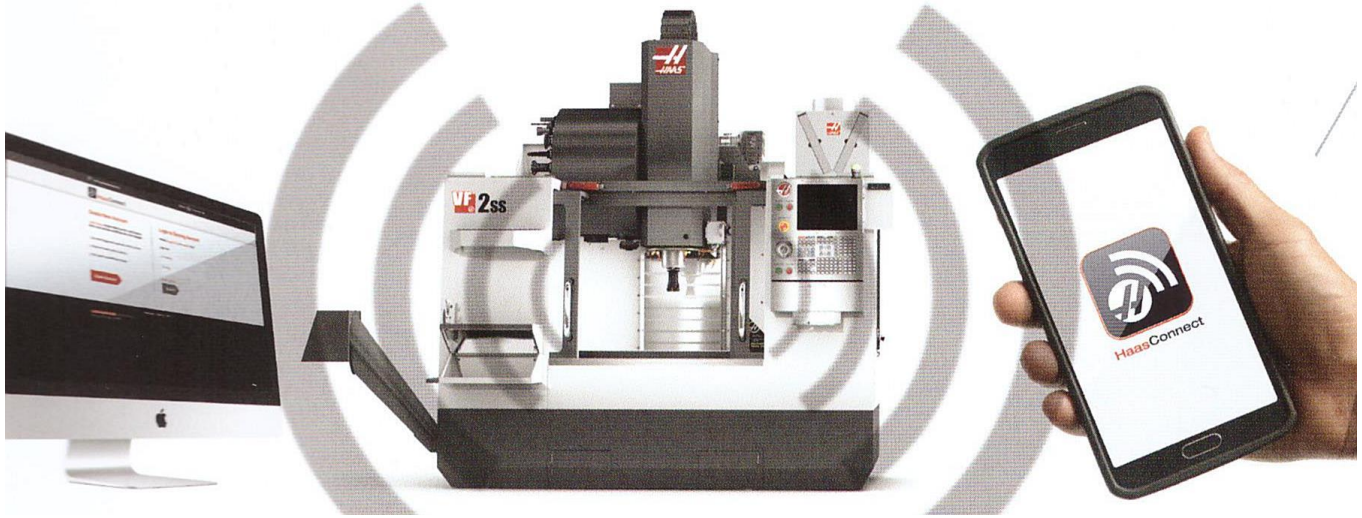
MASZYNY I URZĄDZENIA TECHNOLOGICZNE

Podstawy budowy - zespoły funkcjonalne

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





Kontakt użytkownika z układem sterowania maszyny przez
e-mail i SMS odnośnie do stanu – statusu roboczego obrabiarki

Centra obróbcze

Dane techniczne

Wymiary stołu	mm	1100 x 500
Nośność stołu	kg	600
Przesuw X / Y / Z	mm	1020 / 520 / 550
Odległości wrzeciona od stołu	mm	120 - 670
Odległość wrzeciona od kolumny	mm	566
Stożek wrzeciona	mm	SK 40 / BT 40 / CAT 40
Moc wrzeciona	kW	9/22 dla Siemens, HEIDENHAIN, 7,5 / 11 dla Fanuc
Ilość osi sterowanych		3 (opcja 4, 5)
Liczba narzędzi	szt.	24
Szybki posuw	m/min	30 (opcja 48)
Prędkość skrawania	mm/min	1-12.000
Dokładność pozycjonowania	mm	0,010
Wymiary	mm	2570 x 2220 x 2850
Waga	kg	5000

Dostępne są również inne modele obrabiarek

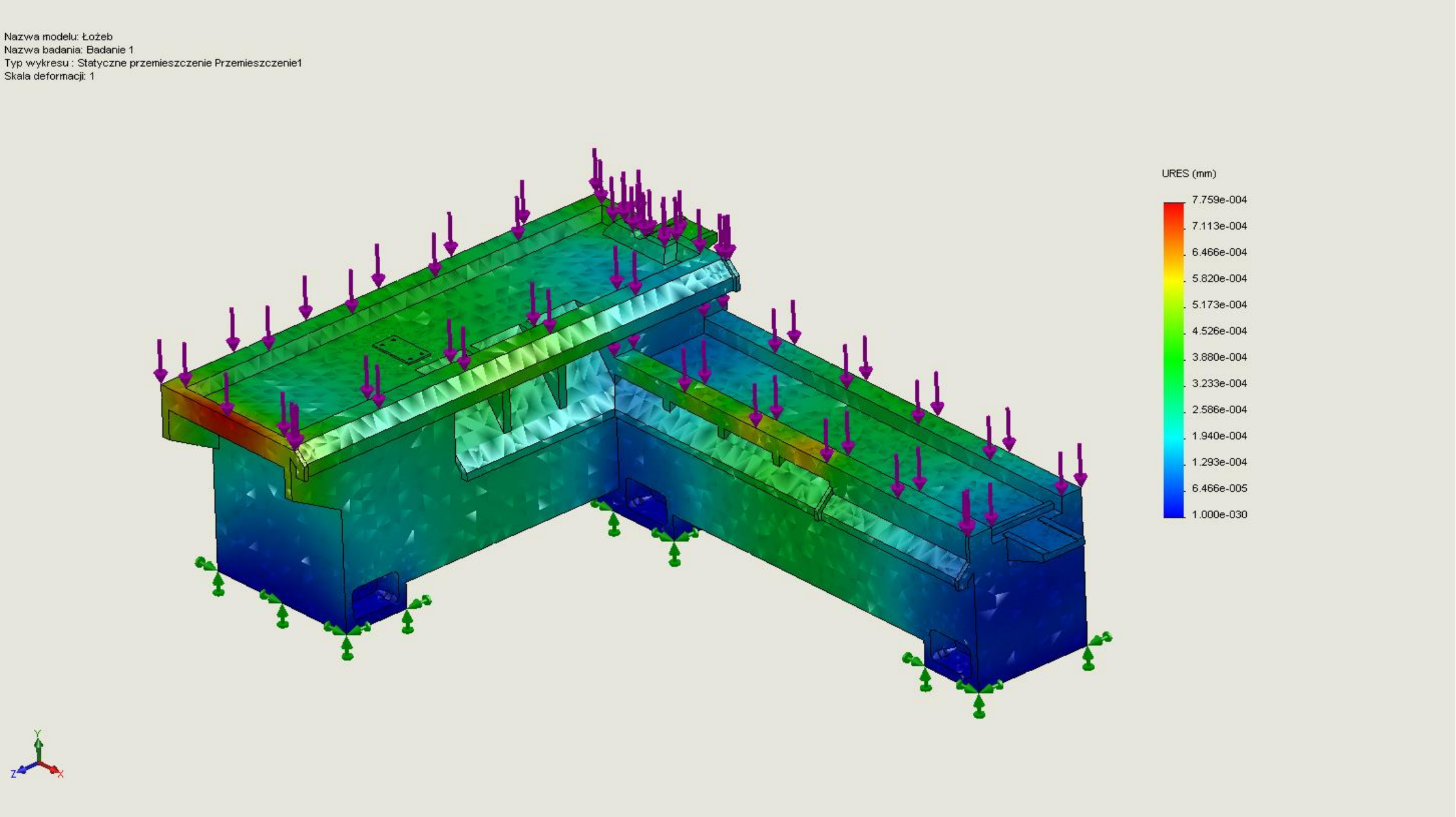
Korpusy obrabiarek – części łączące w jedną całość elementy obrabiarki. **Korpus główny** – nieruchomy, stanowi podstawową konstrukcję obrabiarki. **Korpusy zespołów** – służą do ustalania i zamocowania przedmiotów obrabianych (stoły, tarcze uchwytowe) lub narzędzi (głowice rewolwerowe, imaki , korpusy zespołów podpierających przedmiot lub narzędzie (wsporniki, koniki, podtrzymki). **Korpusy zespołów napędowych** – wrzecienniki.

Korpusy - wymagania:

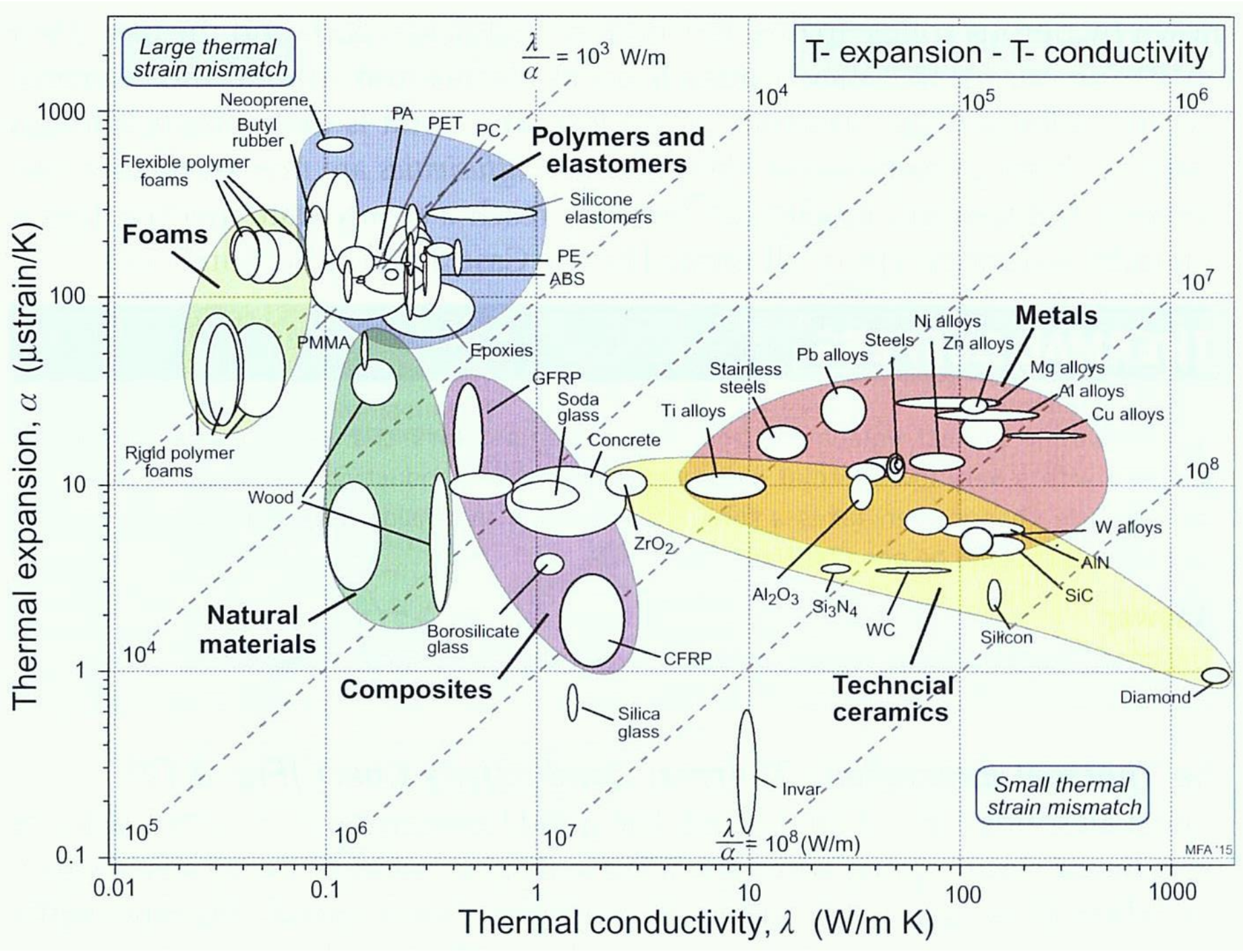
- niezmienność kształtów i wymiarów korpusów i ich wzajemnych połączeń w czasie okresu eksploatacji;
- wysoka dokładność wykonania (prostoliniowość, równoległość) i wzajemnego położenia (prostopadłość) powierzchni pod prowadnice określające kierunki ruchów kształtowania obrabianego przedmiotu;
- duża styczna i dynamiczna sztywność oraz zdolność do tłumienia drgań;
- niewielka odkształcalność termiczna;
- możliwie mała masa korpusów wykonujących przemieszczenia – ruchy posuwowe i przesuwowe
- ukształtowanie zapewniające dogodna obsługę narzędzi i przedmiotów – szczególnie w zautomatyzowanych systemach obróbkowych;
- możliwość łatwego odprowadzania wiórów;
- ukształtowanie zapewniające bezpieczeństwo obsługi oraz estetyczny wygląd maszyny;
- możliwie niskie koszty materiałowe i technologiczność konstrukcji.

Stosowane materiały:

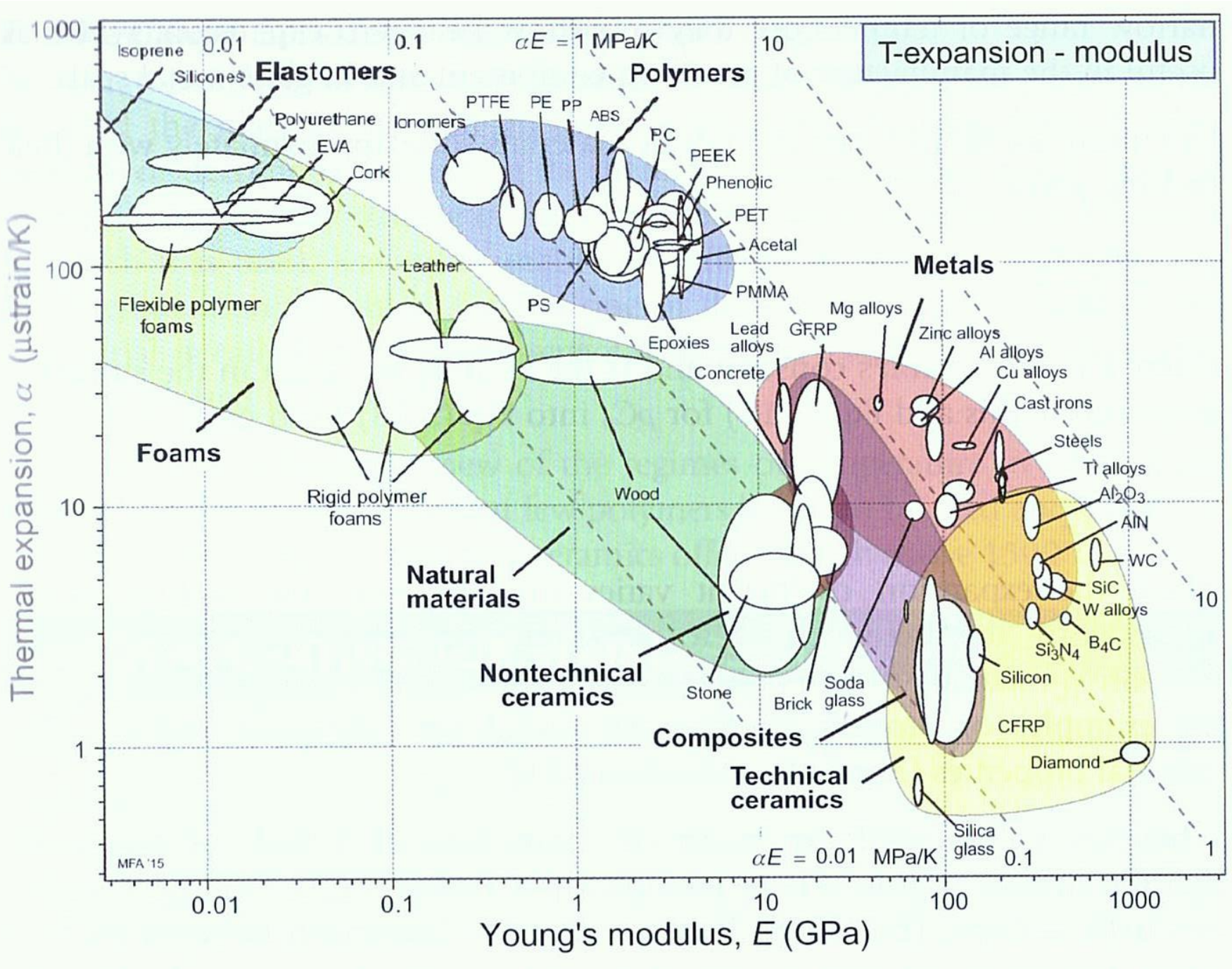
- korpusy z maszynowego żeliwa szarego;
- Korpusy z żeliwa sferoidalnego;
- korpusy stalowe spawane (produkcja jednostkowa, korpusy dużych obrabiarek HSC);
- korpusy polimero-betonowe;
- Korpusy kompozytowe (struktury komórkowe, sandwiczowe o budowie w kształcie plastra miodu, materiały spienione, pianki syntaktyczne, …)



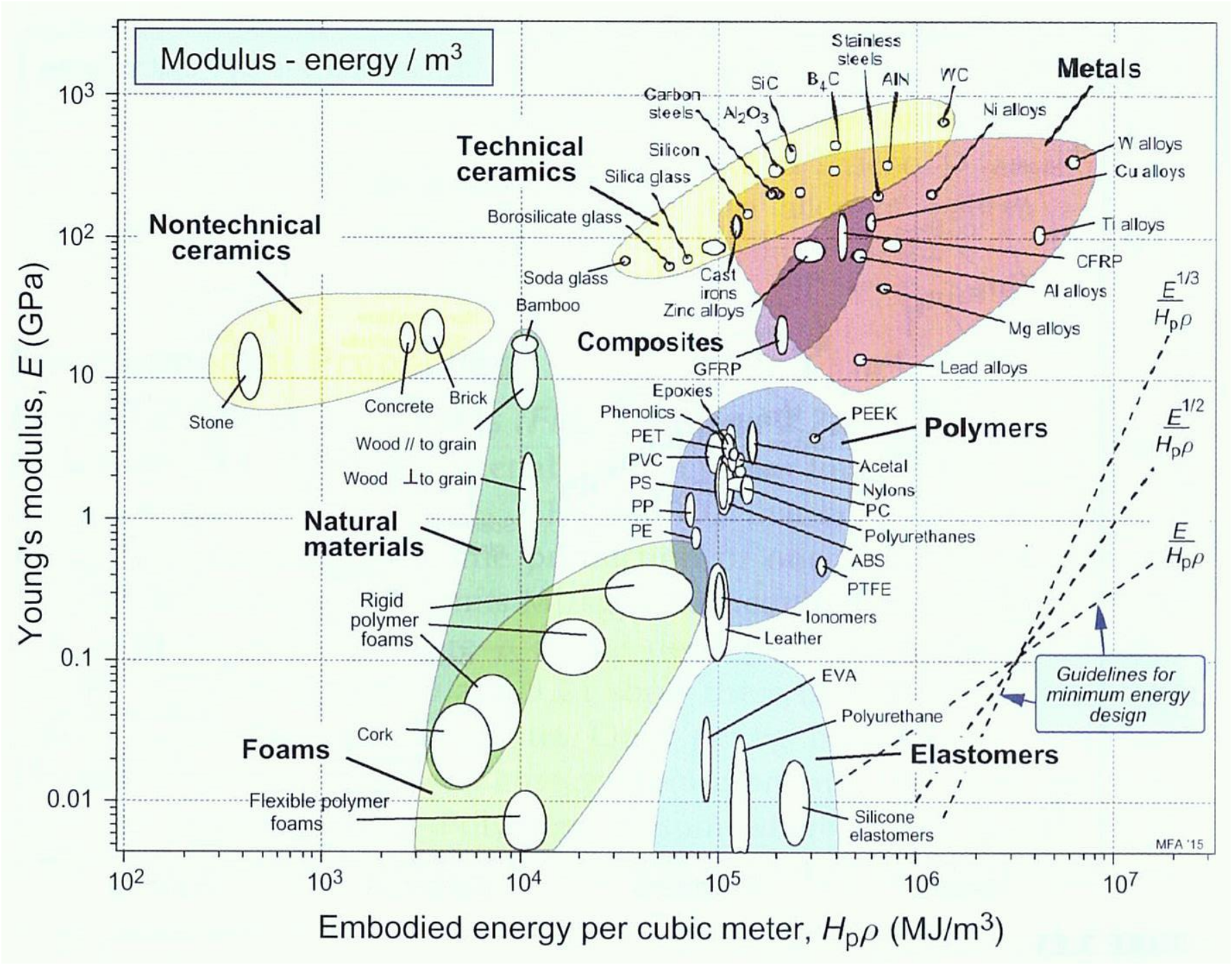
Analiza rozkładu przemieszczeń korpusu łoża pod obciążeniem siłami skrawania i siłami masowymi



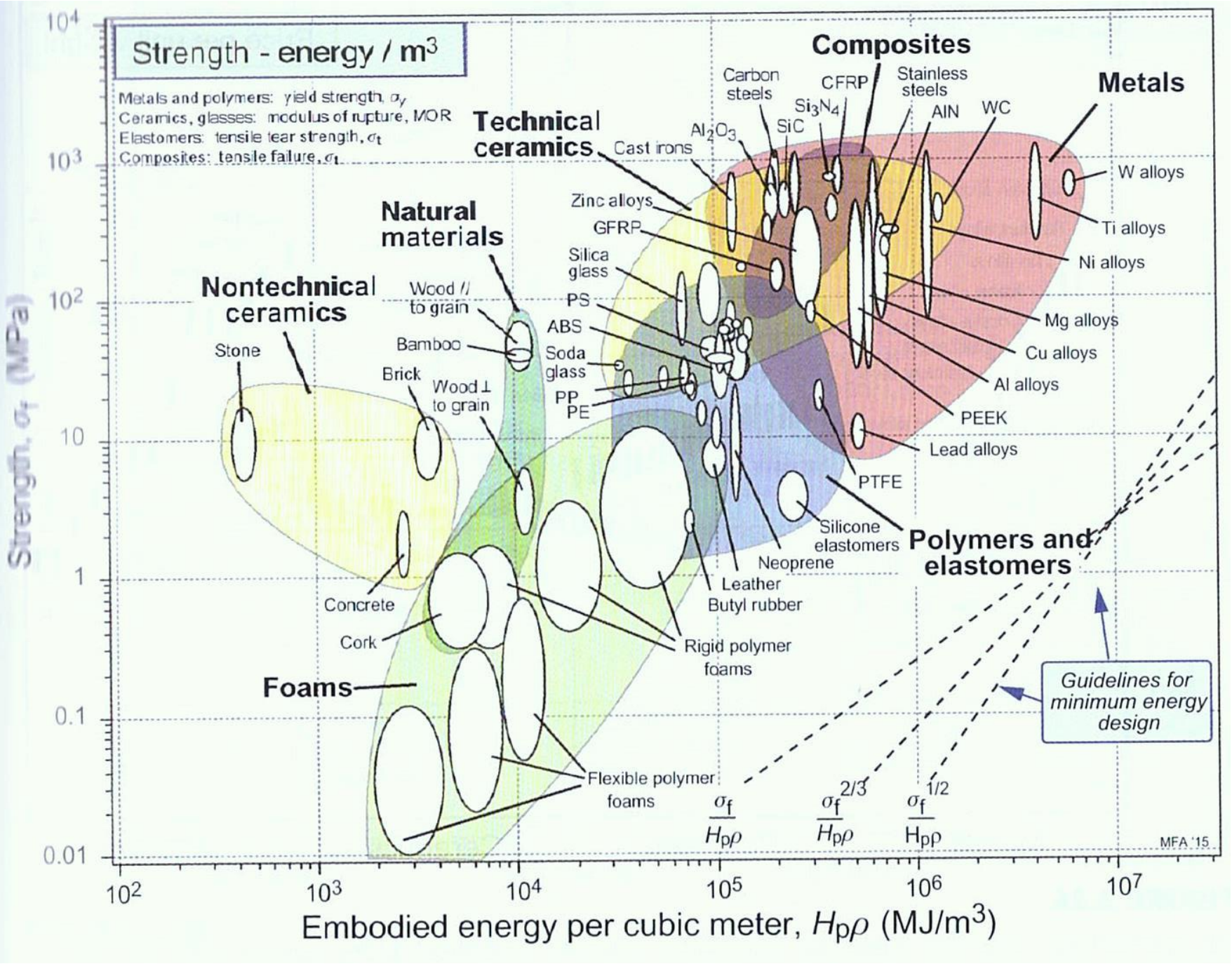
Zależność rozszerzalności cieplnej i przewodności cieplnej od rodzaju materiału [1]



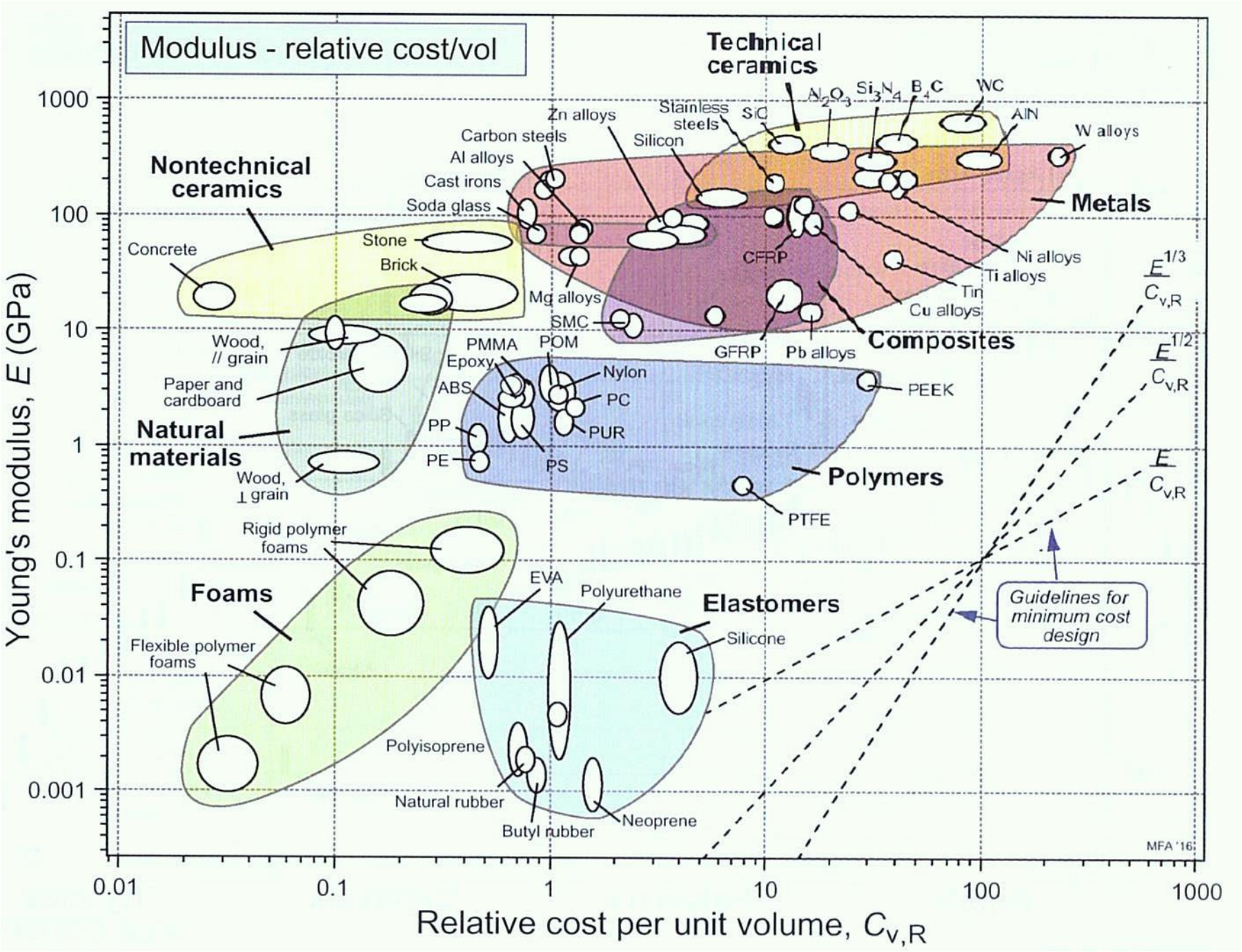
Zależność rozszerzalności cieplnej i modułu Younga od rodzaju materiału [1]



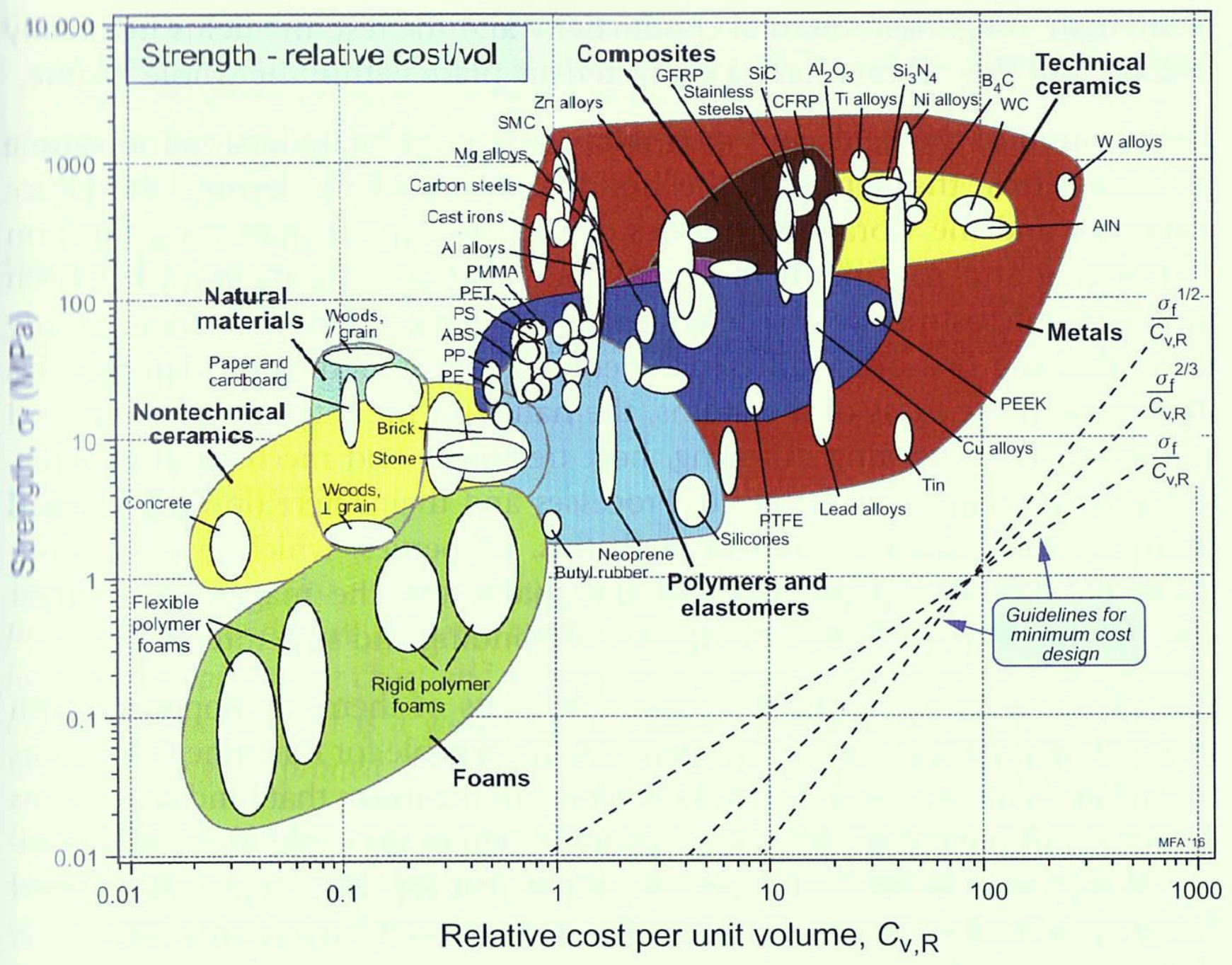
Zależność modułu Younga i energii wewnętrznej od rodzaju materiału [1]



Zależność wytrzymałości na rozciąganie i energii wewnętrznej od rodzaju materiału [1]

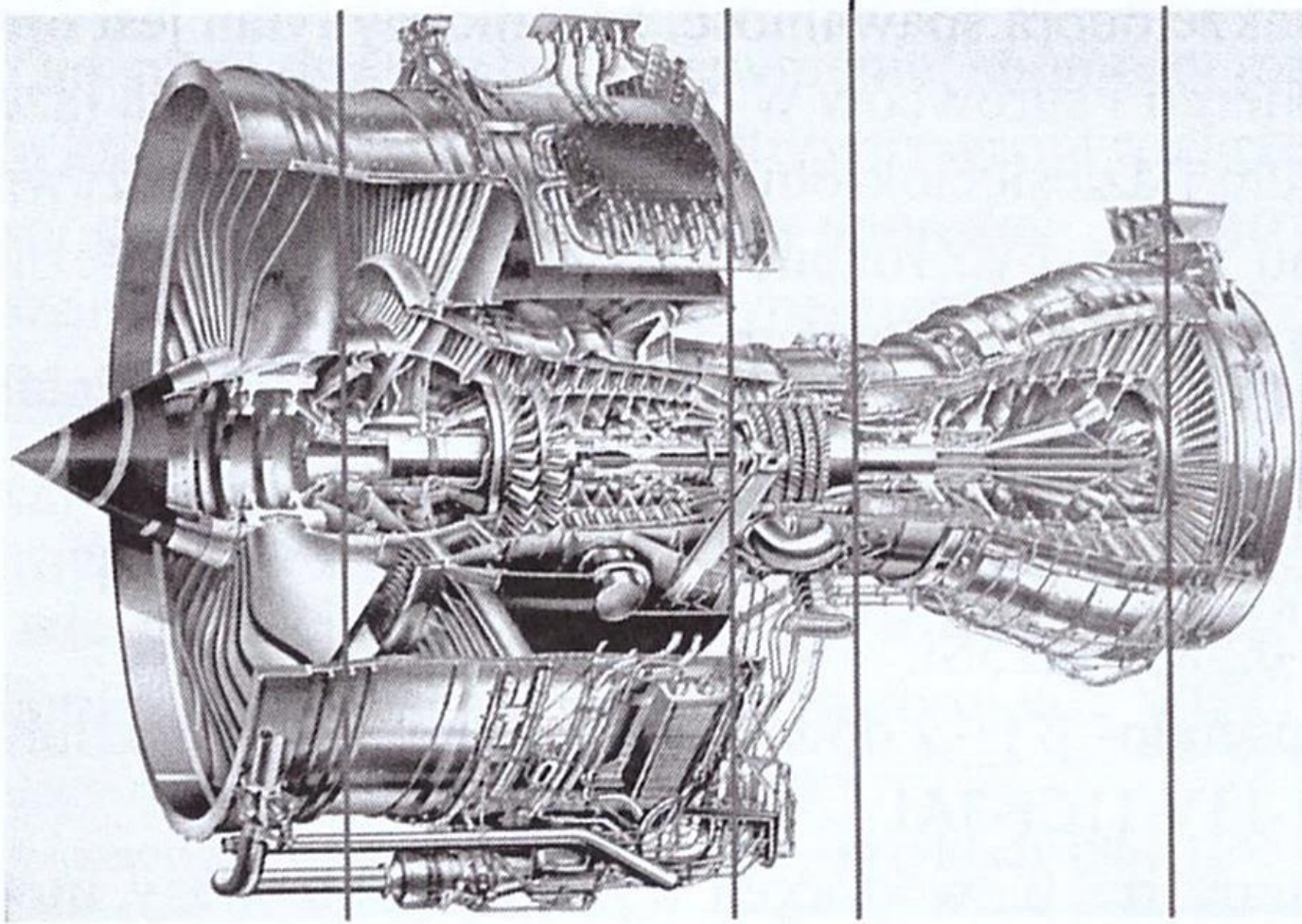


Zależność modułu Younga i kosztu jednostkowego od rodzaju materiału [1]

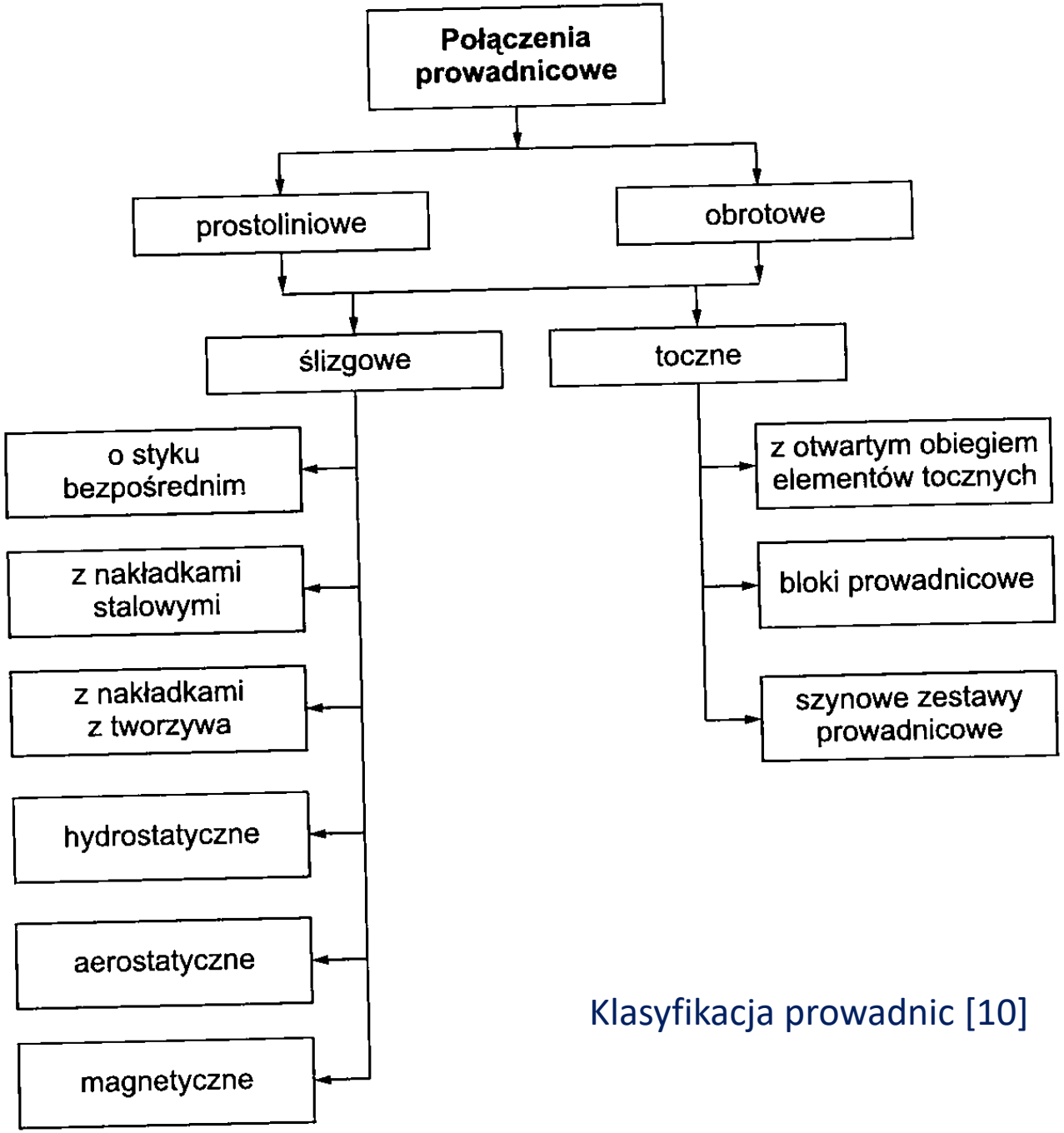


Zależność wytrzymałości na rozciąganie i kosztu jednostkowego od rodzaju materiału [1]

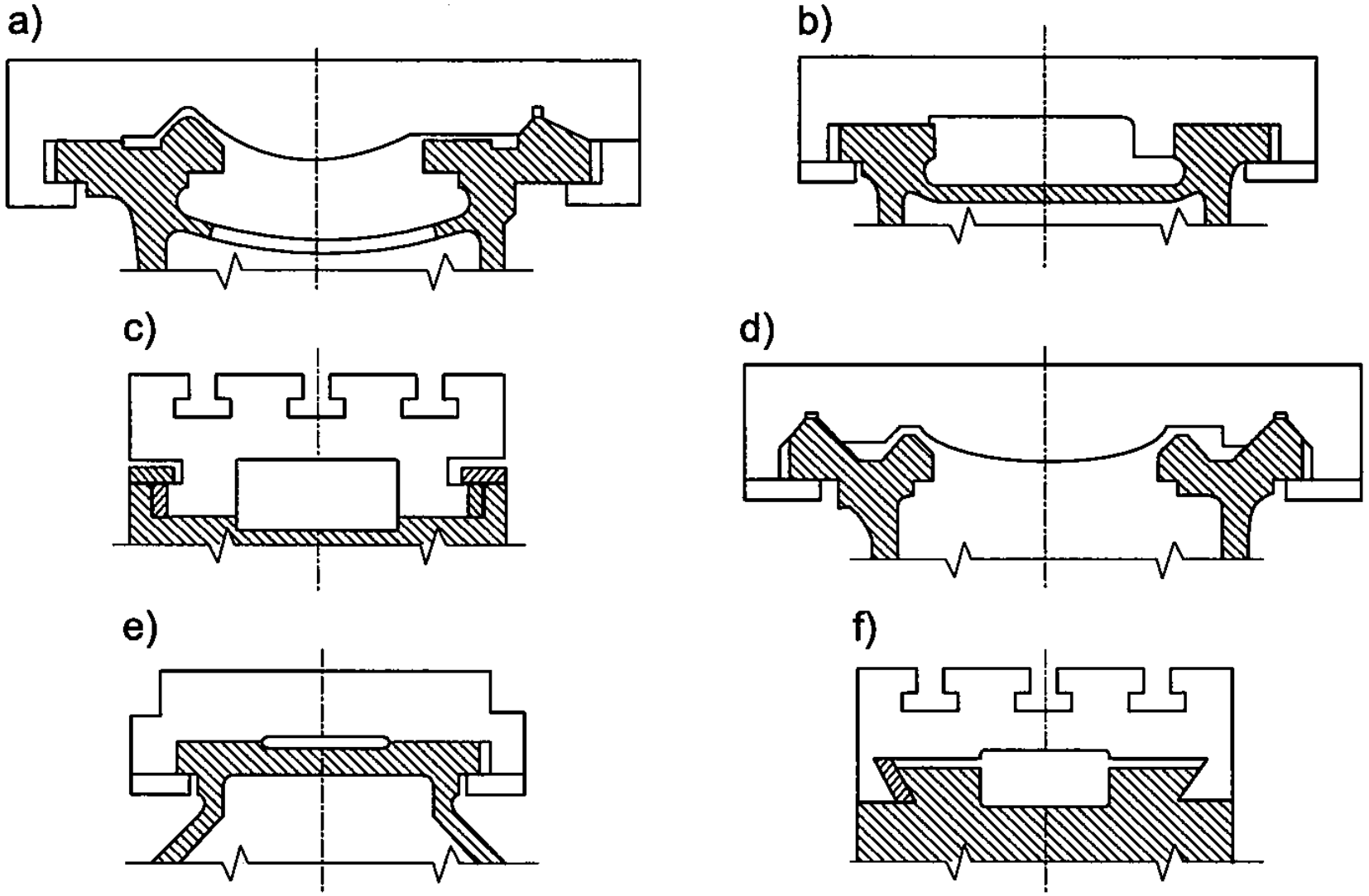
	Stopy tytanu, np.:			superstopy	międzymetaliczne
	T-64	Ti-6246	Ti-834	na bazie niklu	stopy γ-TiAl
Temperatura pracy [°C]	<230	<430	<730	730-1230	<730



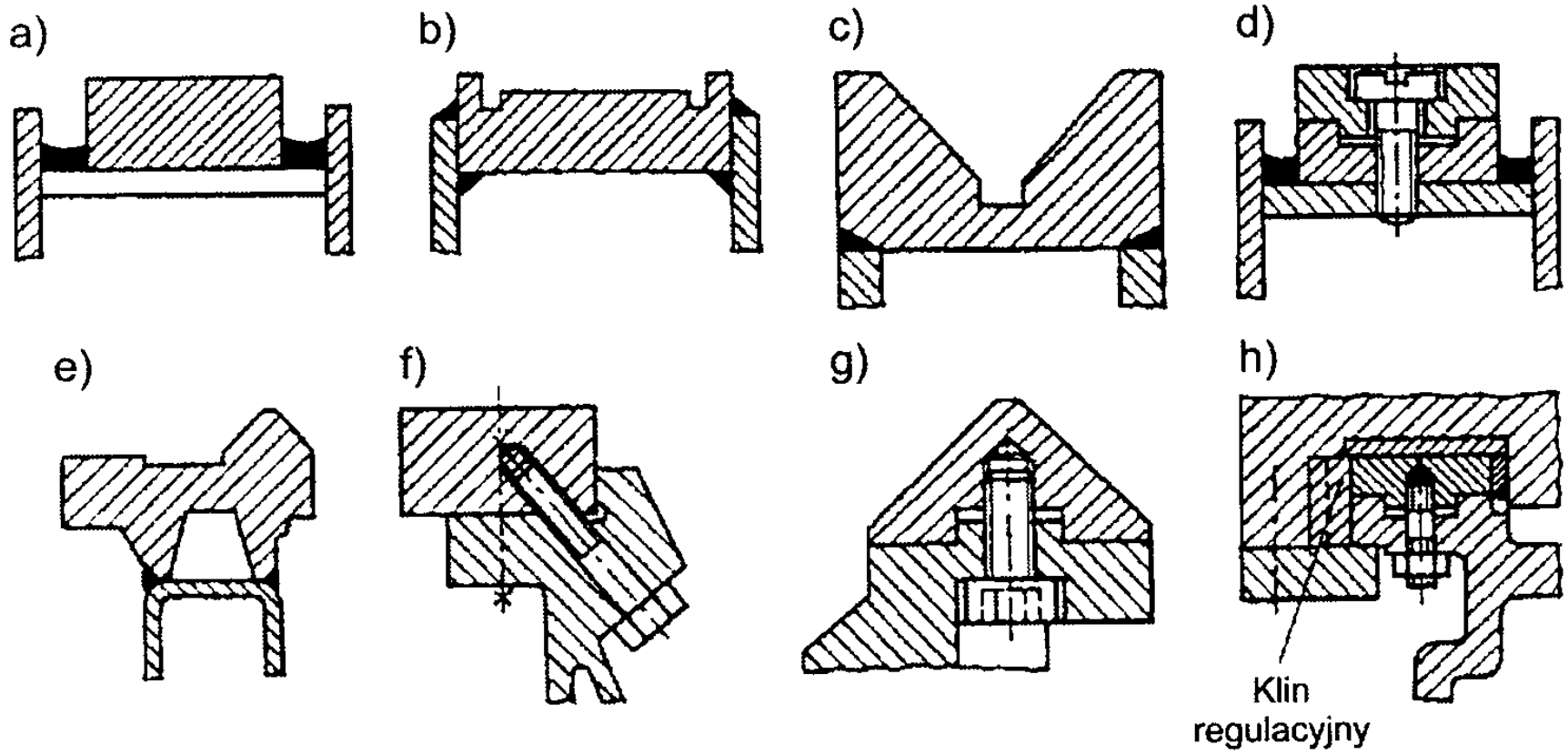
Materiały stosowane w budowie silników odrzutowych [11]



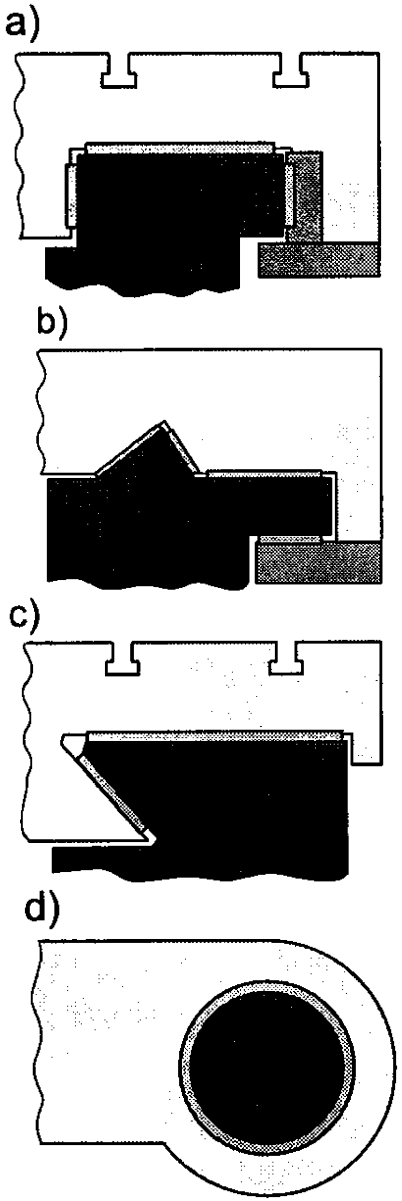
Klasyfikacja prowadnic [10]



Przykłady prowadnic ślizgowych prostoliniowych [10]: a) trójkątne i prostokątne; b) prostokątne zewnętrzne; c) prostokątne wewnętrzne; d) dwie prowadnice trójkątne; e) dwie prowadnice zewnętrzne; f) dwie prowadnice trapezowe (jaskółczy ogon)



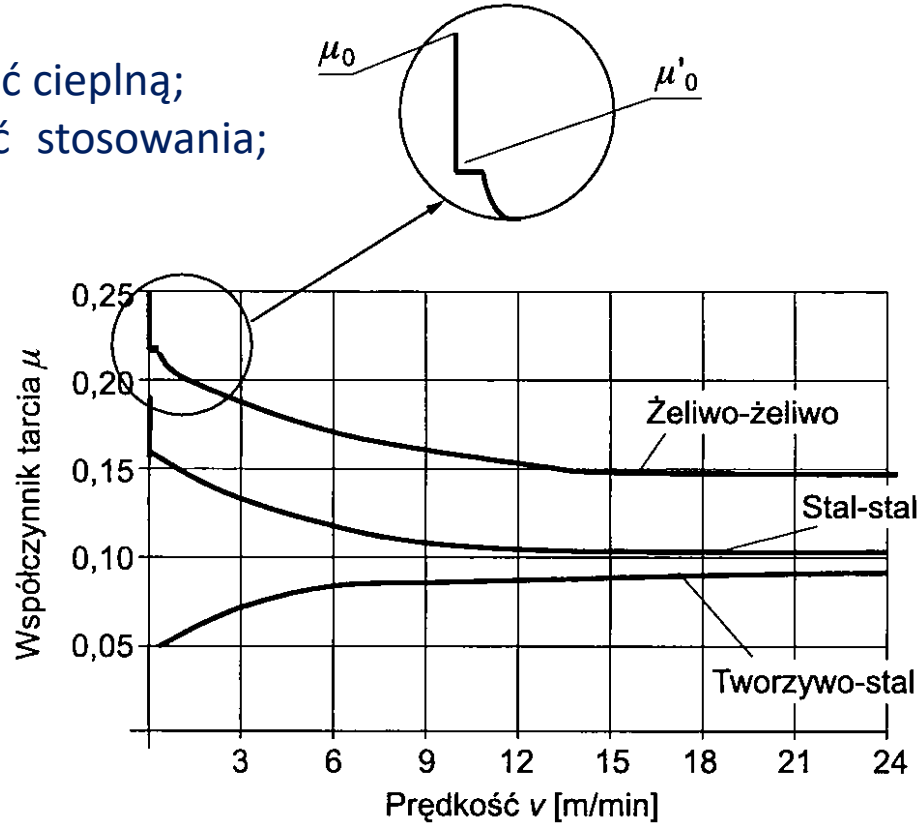
Stalowe nakładki na prowadnice [10]: a) – e) spawane; f) – h) przykręcane



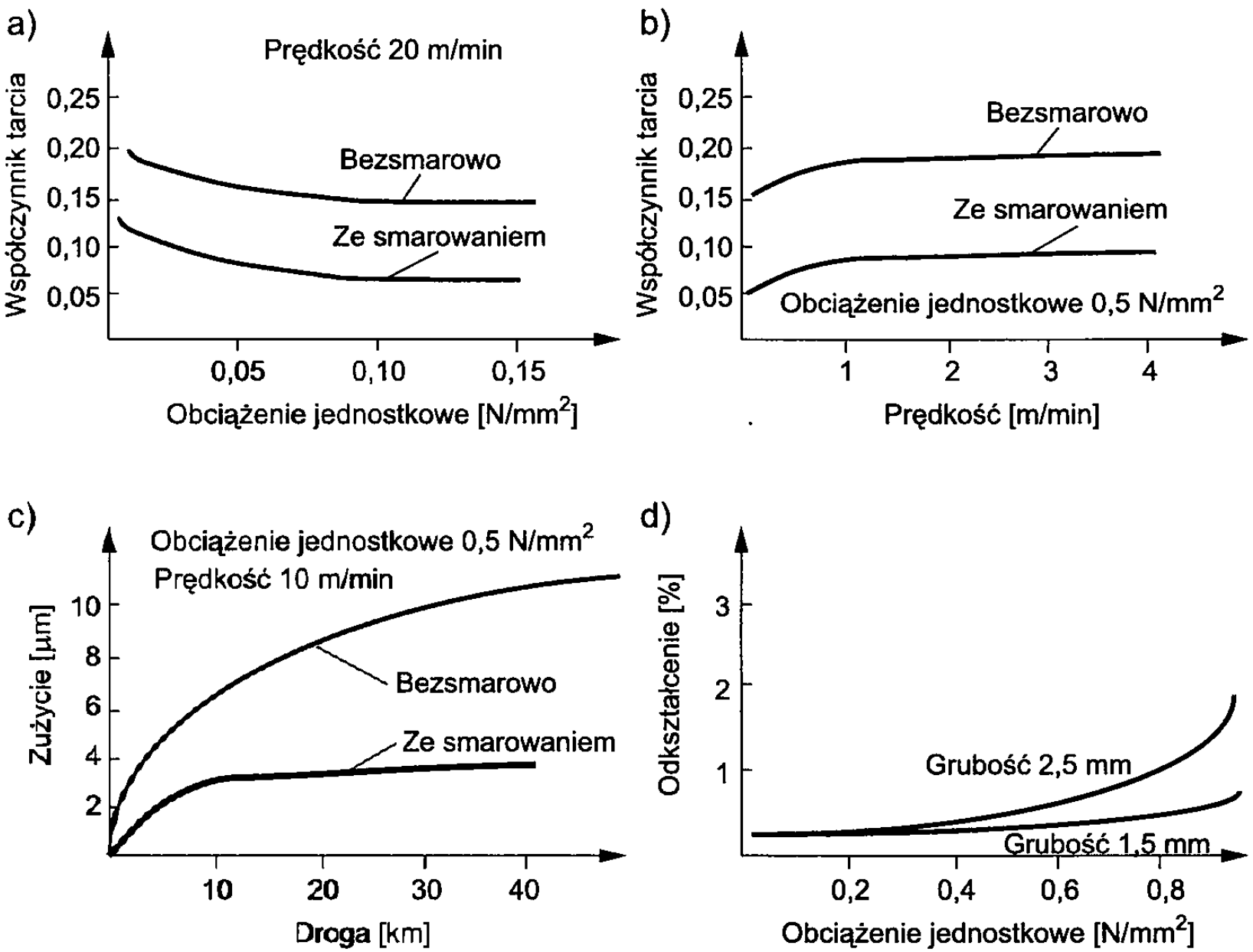
Zalety połączeń prowadnicowych z nakładkami z tworzyw sztucznych

- dobra charakterystyka tarcia w funkcji prędkości - brak (lub wyraźne ograniczenie) zjawiska *stick-slip;*
- bardzo dobre tłumienie drgań w kierunku normalnym do kierunku ruchu;
- możliwość dużej dokładności pozycjonowania;
- niewrażliwość na zanieczyszczenia dzięki zdolności wchłaniania drobnych cząsteczek dostających się między powierzchnie cierne;
- samosmarowność i odporność na mechaniczne uszkodzenia powierzchni (zadziory) przez części współpracujące, a więc i większa odporność na zużycie prowadnic;
- stabilność wymiarowa ze względu na małą przewodność cieplną;
- niska cena, prosta technologia wykonania i łatwość stosowania; zdolność przenoszenia dużych obciążeń.

Przykłady zastosowań taśm na prowadnice obrabiarek [10]: a) prostokątna; b) trójkątna niesymetryczna; c) trapezowa; d) okrągła



Charakterystyka tarcia w funkcji prędkości [10]



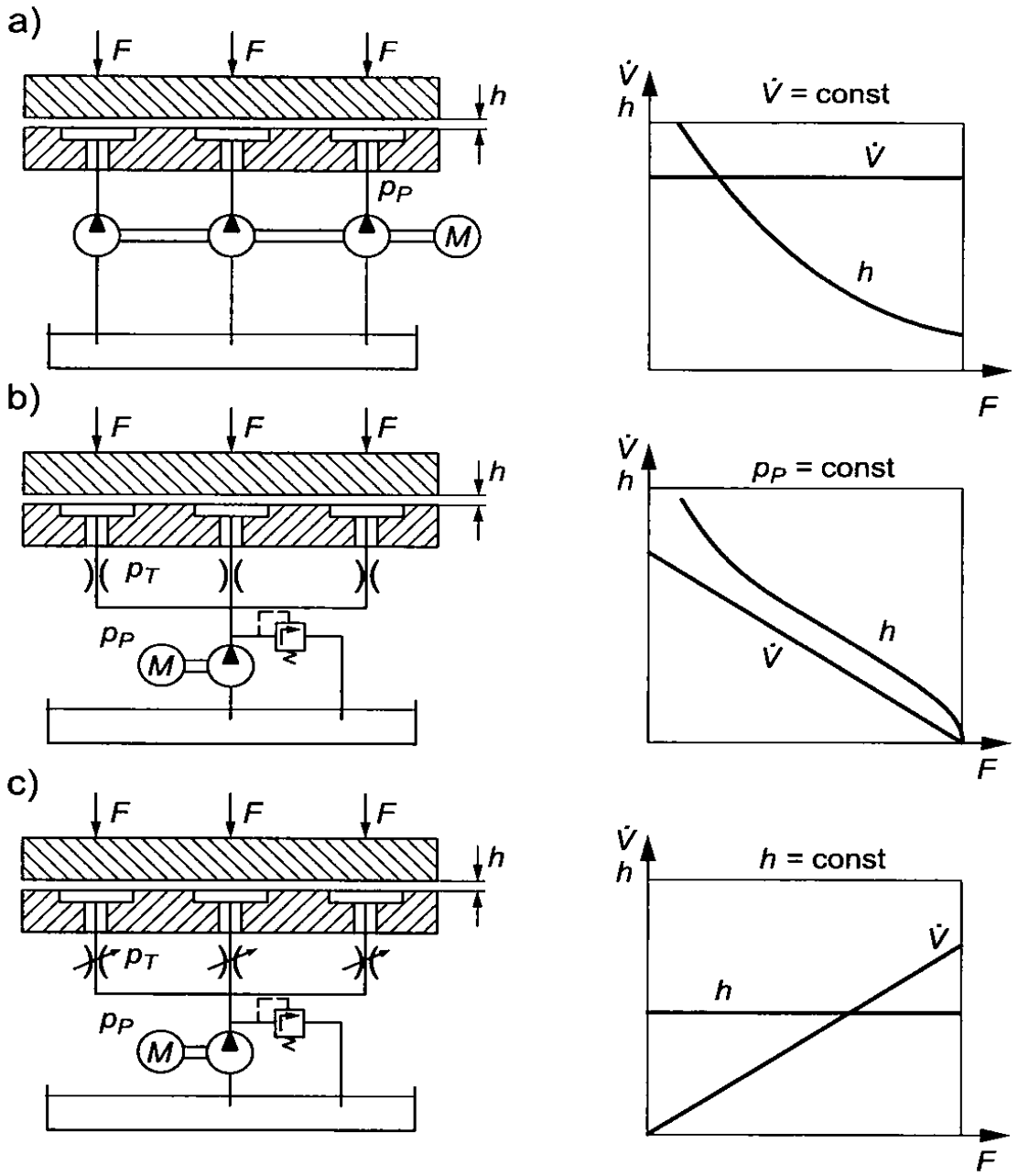
a) współczynnik tarcia w funkcji obciążenia jednostkowego;

b) współczynnik tarcia w funkcji prędkości ruchu;

a) przebieg zużycia w funkcji przebytej drogi

b) odkształcenie w funkcji obciążenia jednostkowego

Charakterystyki tworzywa stosowanego na taśmy łożyskowe [10]



Układy zasilania prowadnic hydrostatycznych [10]

a) oddzielne pompy o stałej wydajności ($\dot{V} = \mathrm{const}$) do zasilania każdej kieszeni;

b) jedna pompa zasilająca, pracująca przy stałym ciśnieniu ustalanym za pomocą zaworu przelewowego i dławiki o stałym przepływie;

c) jedna pompa pracująca przy stałym ciśnieniu, zasilająca kieszenie przez dławiki membranowe o przepływie regulowanym w zależności od ciśnienia p_T w zasilanej kieszeni

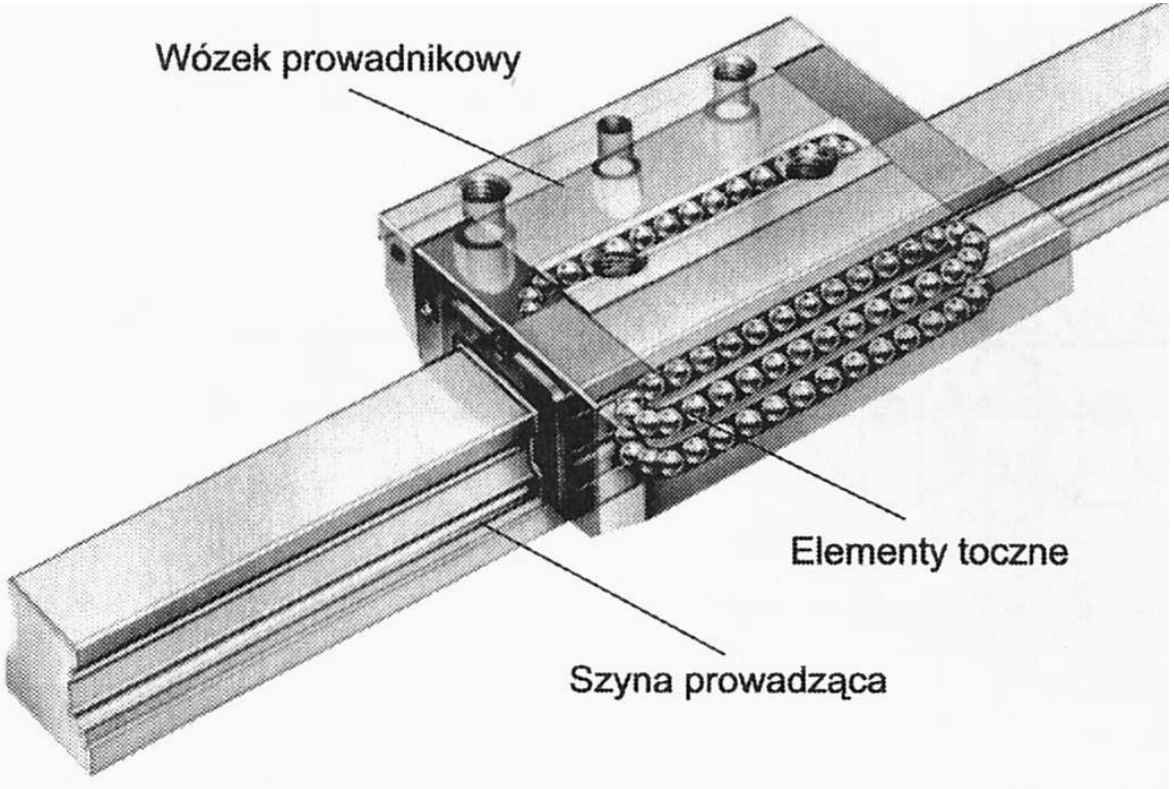
Zalety prowadnic hydrostatycznych:

- mały współczynnik tarcia i brak skłonności do powstawania zjawiska *stick-slip;*
- doskonałe tłumienie drgań w kierunku poprzecznym do kierunku ruchu;
- materiały prowadnicy i prowadnika mogą być różne;
- nie jest wymagana dokładna obróbka powierzchni prowadnicy i prowadnika;
- duża sztywność przy zastosowaniu dławików regulowanych;
- duża trwałość, ponieważ elementy praktycznie nie zużywają się.

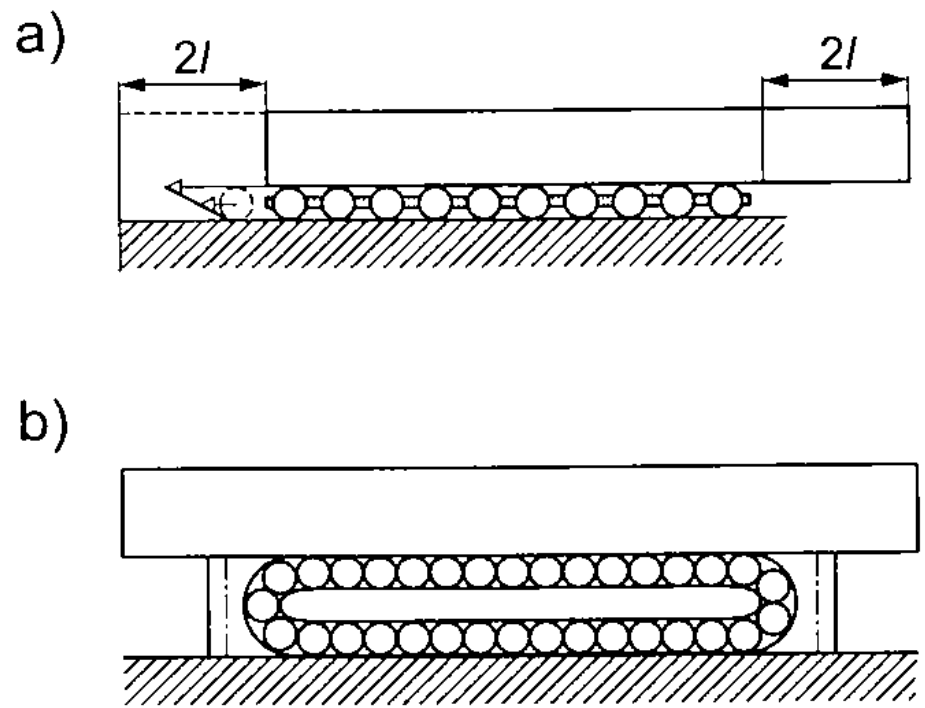
Wady prowadnic hydrostatycznych:

- konieczność zapewnienia szczelności układu prowadnic, bowiem olej nie może mieszać się z cieczą chłodzącą;
- wysoka cena z uwagi na użycie układu hydraulicznego;
- duży pobór energii w czasie eksploatacji;
- konieczność stosowania układów kompensacyjnych w celu utrzymania odpowiedniej szczeliny.

Praktycznie prowadnice hydrostatyczne są stosowane tylko w drogich i precyzyjnych obrabiarkach.



Typy połączeń **prowadnic tocznych** [10]:
a) z otwartym obiegiem elementów tocznych; b) z zamkniętym obiegiem elementów tocznych

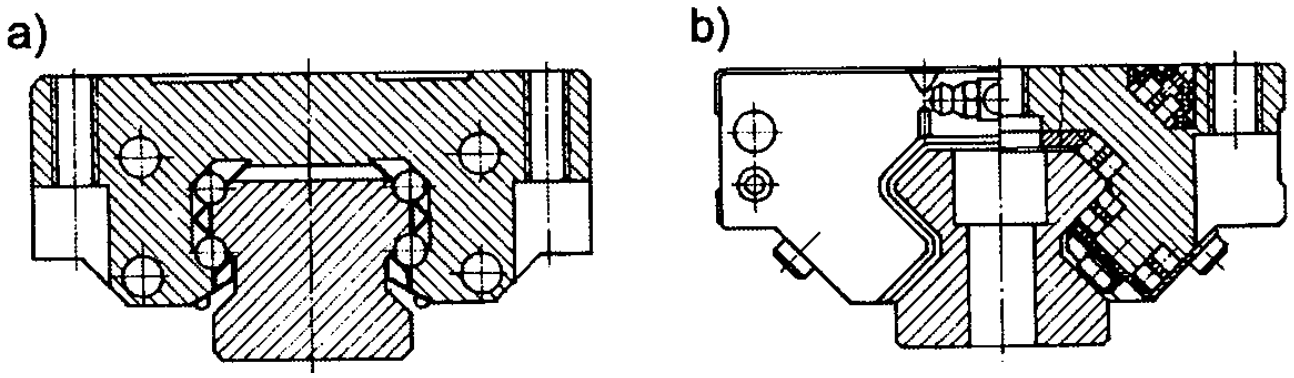


Zalety prowadnic tocznych

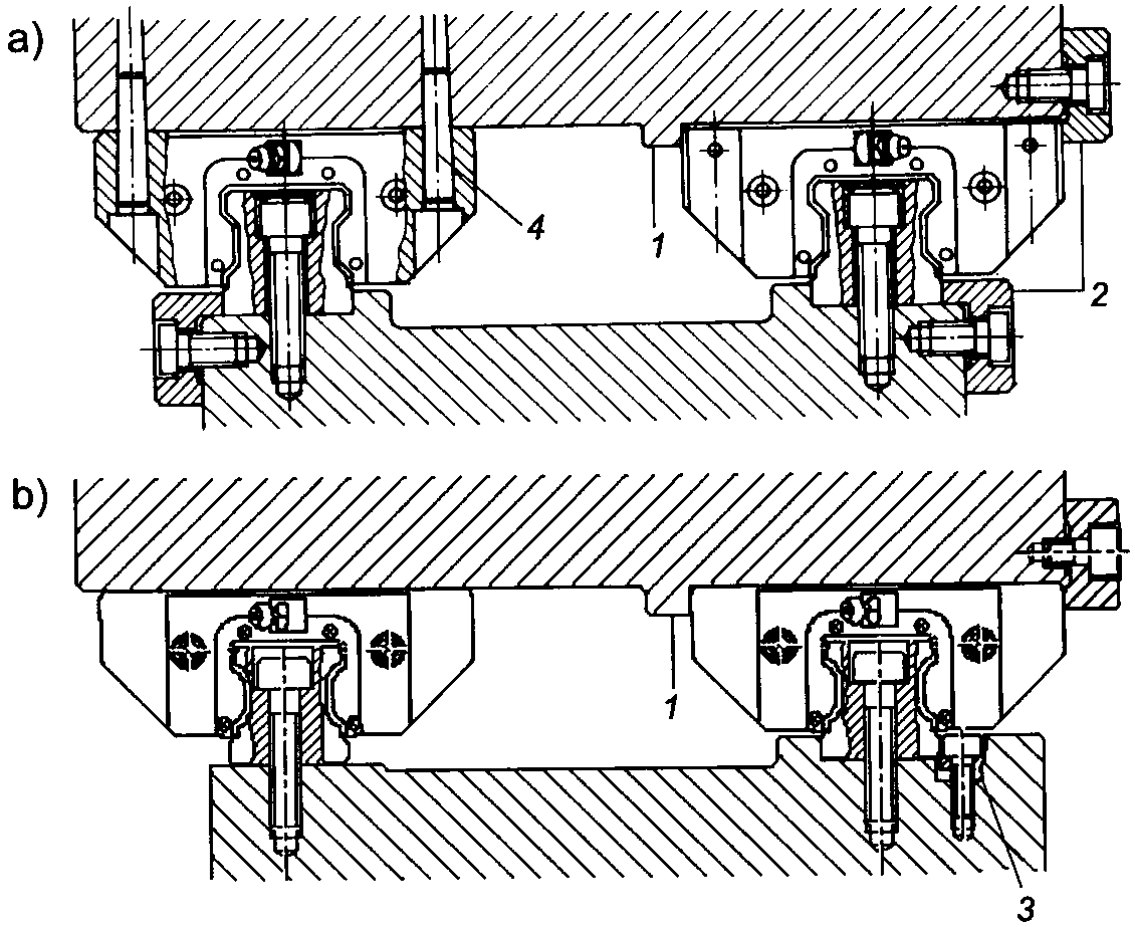
- małe opory ruchu, współczynniki tarcia $\mu < 0{,}005$;
- wysoka powtarzalność pozycjonowania w obu kierunkach przesuwu – ważne dla obrabiarek sterowanych numerycznie
- możliwość uzyskania dowolnie małych przemieszczeń;
- możliwość kasowania luzów i stosowania naprężenia wstępnego, co zwiększa sztywność, odporność na drgania i zapobiega przekaszaniu (skręcaniu) przy niesymetrycznych obciążeniach;
- brak zjawiska *stick-slip;*
- brak nagrzewania się nawet przy dużych prędkościach ruchu;
- smarowanie smarami plastycznymi bez konieczności stosowania specjalnych układów smarowania.

Wady prowadnic tocznych

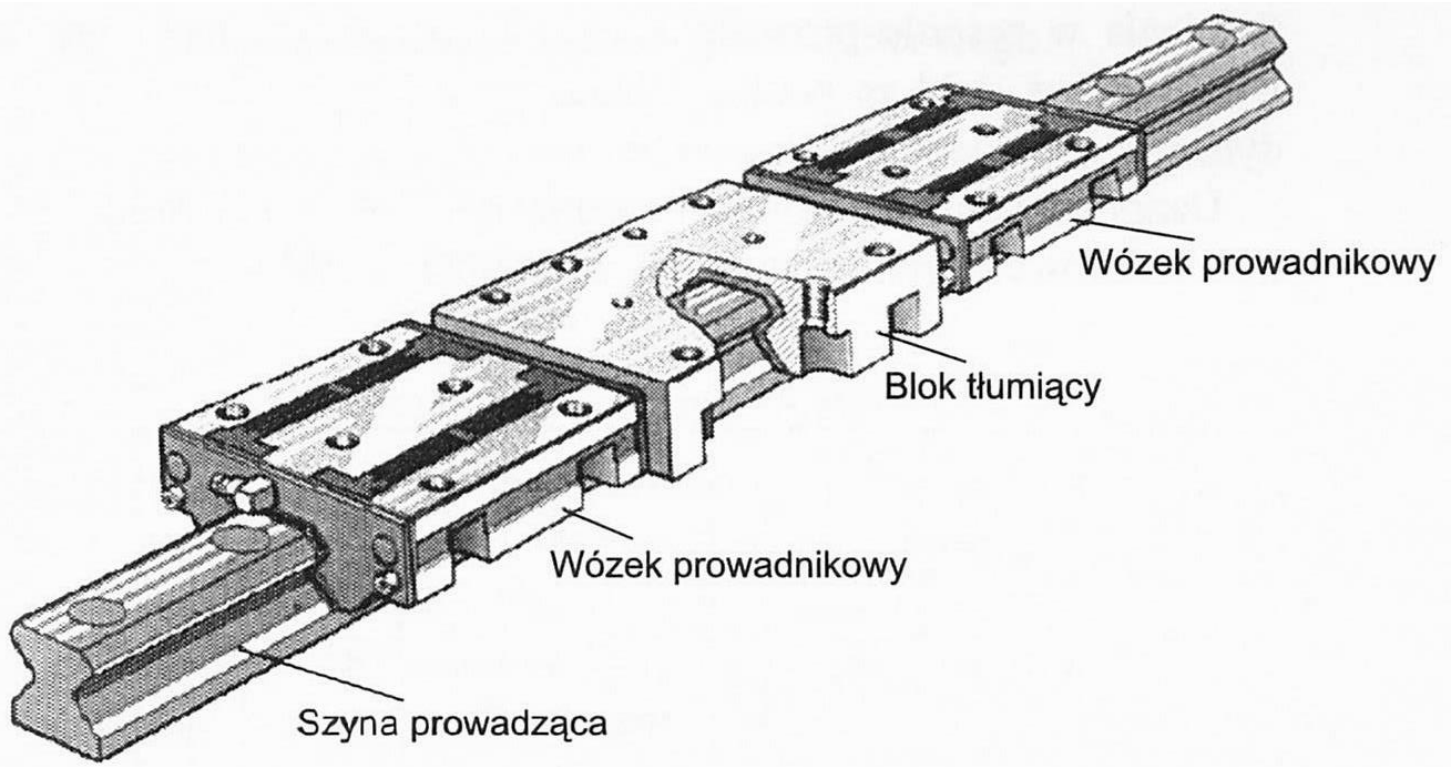
- małe tłumienie drgań w kierunku poprzecznym do kierunku ruchu;
- stosunkowo wysoka cena, wynikająca z wymagań dużej twardości i dokładności wykonania elementów tocznych;
- problemy z ustaleniem właściwego napięcia wstępnego;
- ograniczona trwałość;
- konieczność stosowania dokładnej ochrony przed zanieczyszczeniami (wiórami i płynem chłodząco-smarującym).



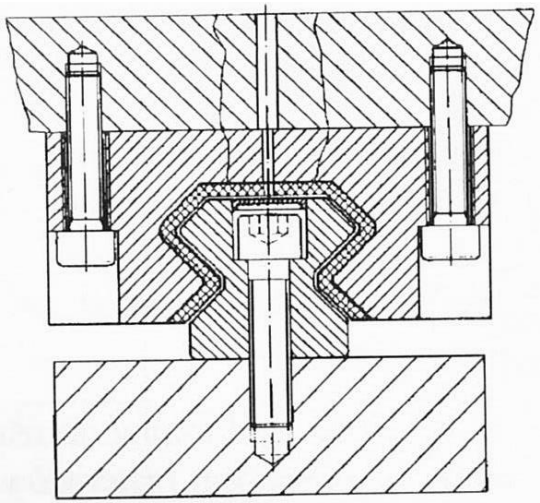
Toczne wózki prowadnic [10]:
a) z kulkami; b) z wałeczkami



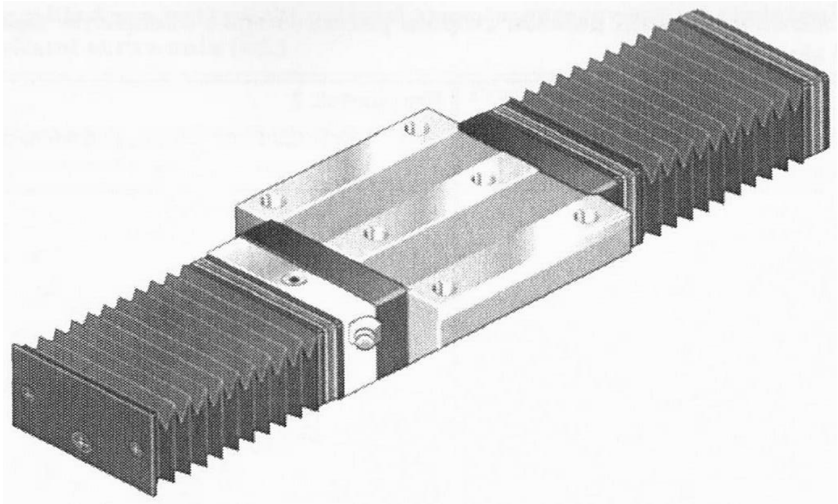
Połączenie prowadnic z dwoma szynami prowadzącymi [10].
Szyny są mocowane do korpusu



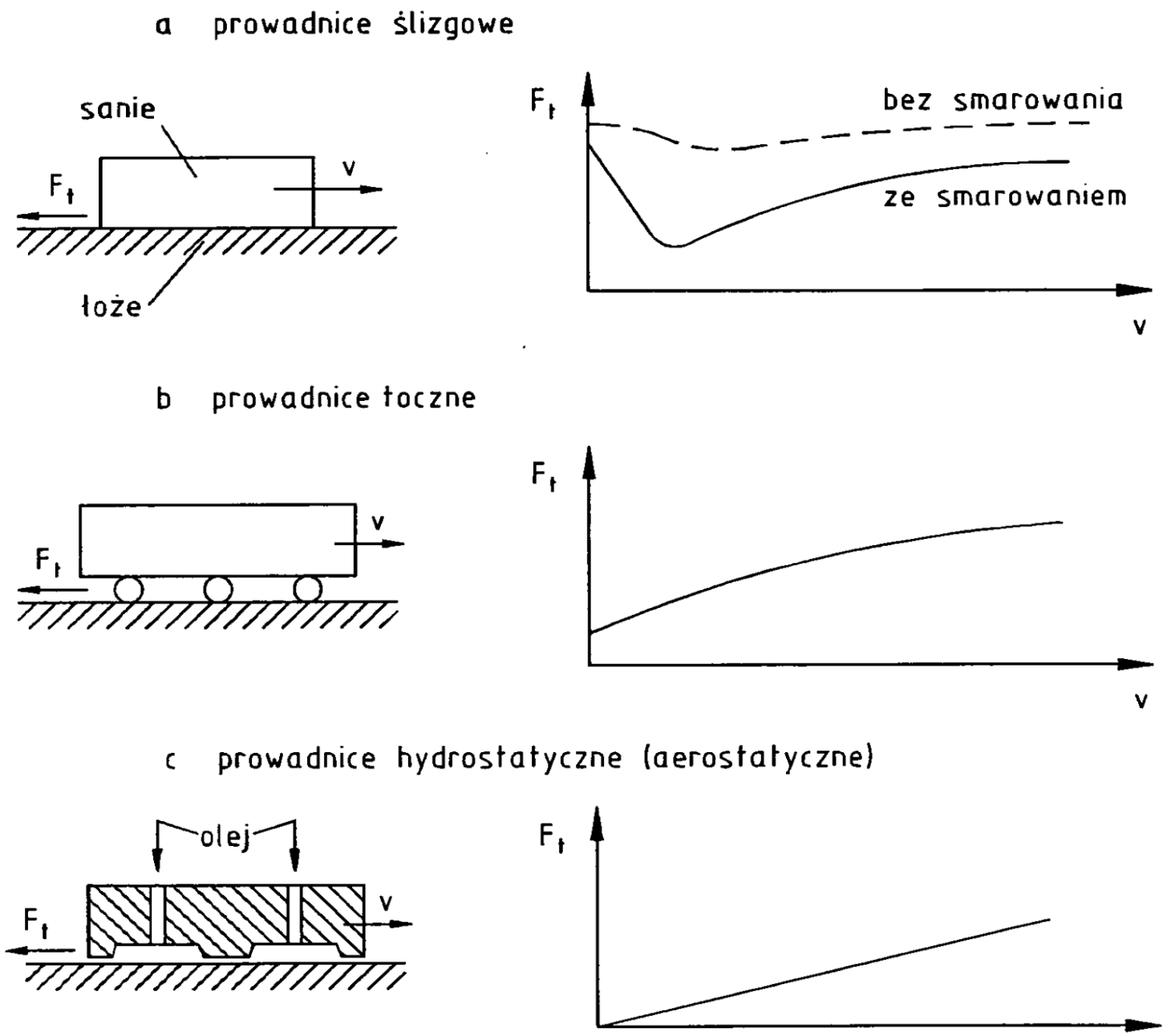
Zespół prowadnicy z blokiem tłumiącym drgania [10]



Blok tłumiący w przekroju poprzecznym



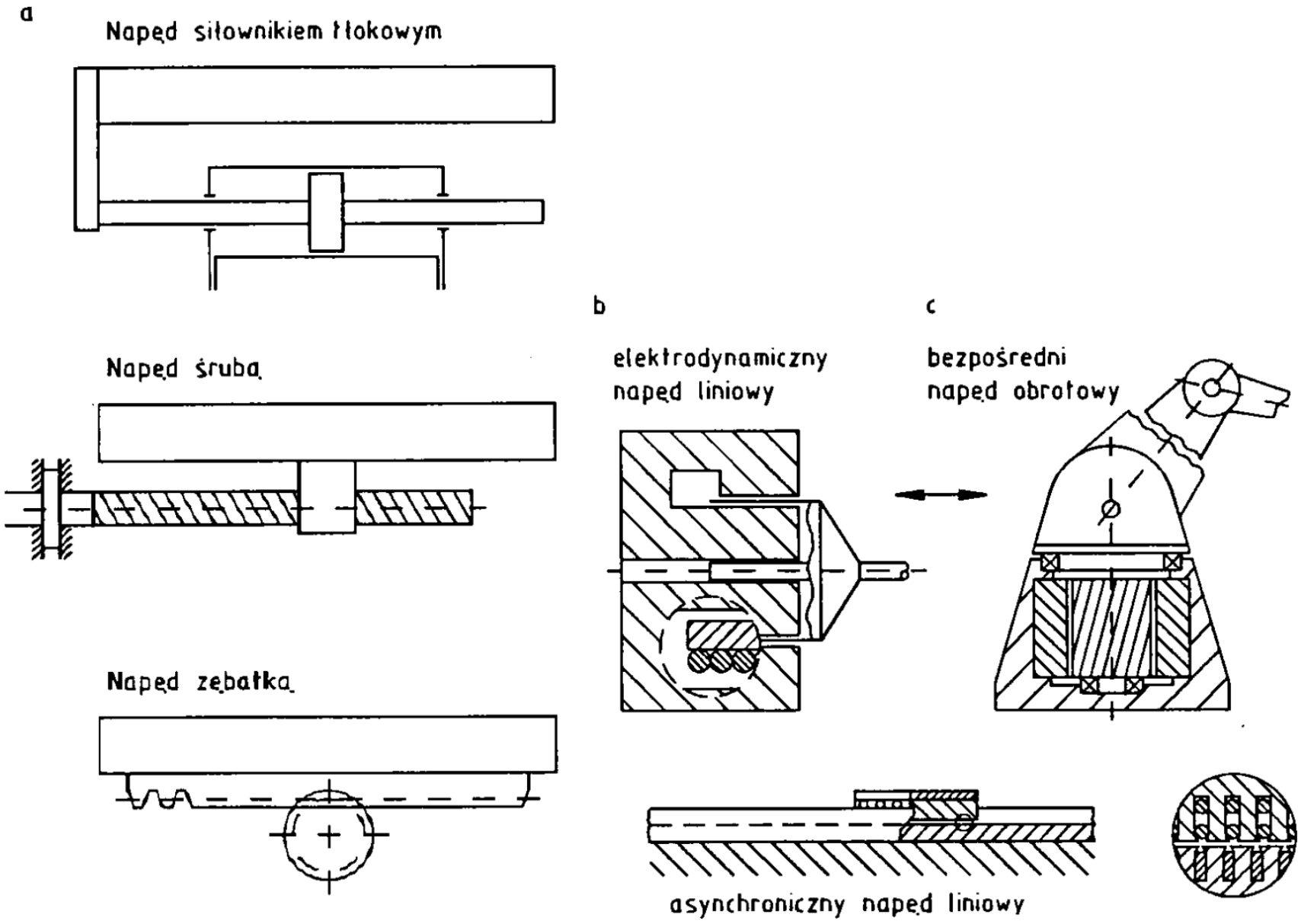
Osłona mieszkowa szyny prowadzącej



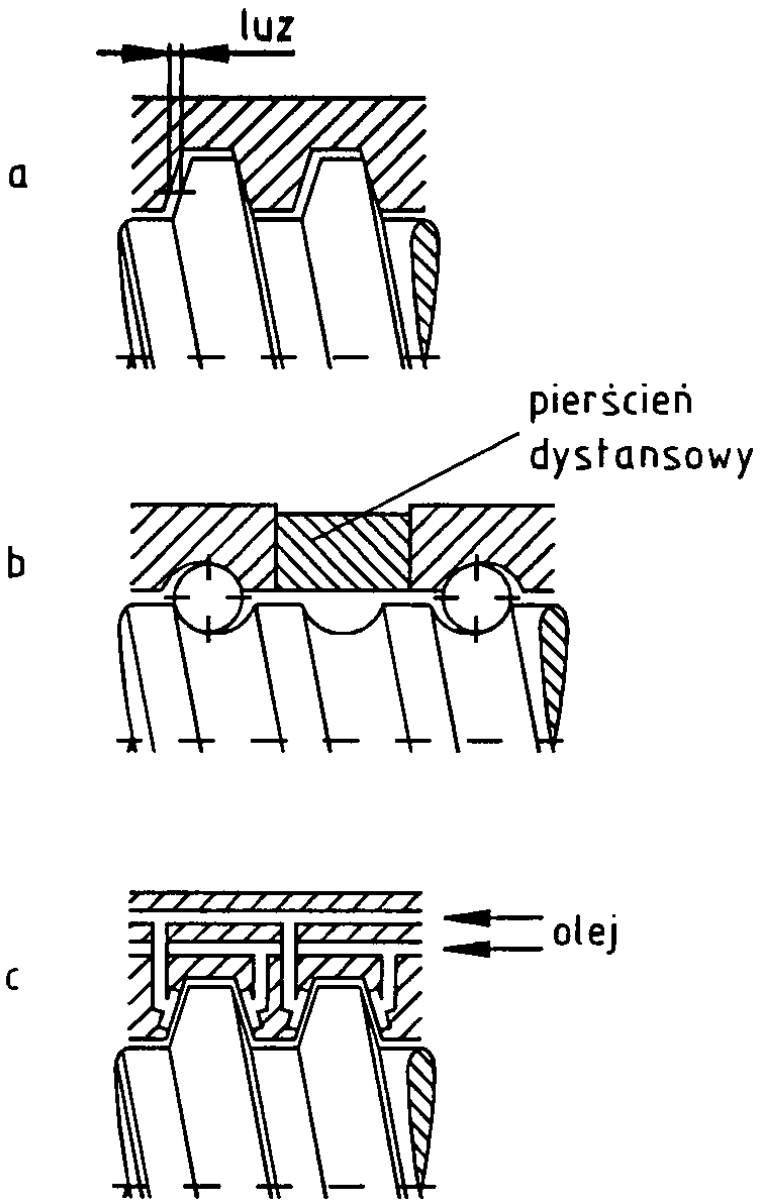
Zależność siły tarcia od prędkości przesuwu [16]

Zjawisko lub działanie	Połączenia prowadnicowe			
	Ślizgowe			toczne
	tradycyjne	z nakładkami z tworzyw	hydrostatyczne	
ze względu na tarcie i zużycie	niekorzystne	korzystne	bardzo korzystne	korzystne
sztywność	bardzo duża	duża	zależna od zasilania olejem, bardzo duża, jeśli zastosowano dławiki membranowe	duża, gdy sztywna obudowa i zastosowano wstępne napięcie
tłumienie	bardzo duże	bardzo duże	bardzo duże	małe
stick-slip	występuje	nie występuje	nie występuje	nie występuje
wymagania co do jakości materiałów i powierzchni	bardzo duże	duże	małe	bardzo duże
działania w celu zwiększenia trwałości	bardzo kosztowne	mało kosztowne	nie stosowane	mało kosztowne

Właściwości prowadnic różnych rodzajów [10]



Mechaniczne elementy napędu sań i stołów obrabiarek[16]: pośredni (a) i bezpośredni (b) napęd ruchu posuwowego prostoliniowego i napęd ruchu posuwowego obrotowego (c)

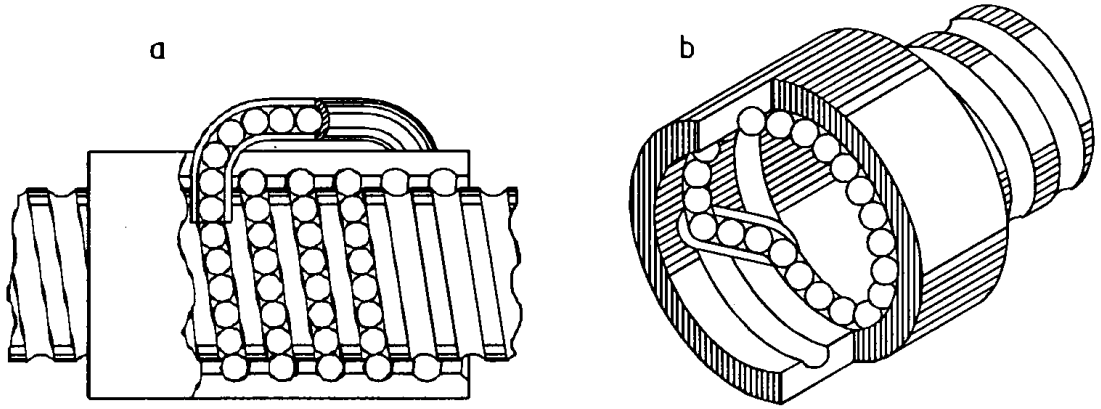


Odmiany konstrukcyjne połączenia śruba pociągowa – nakrętka [16]

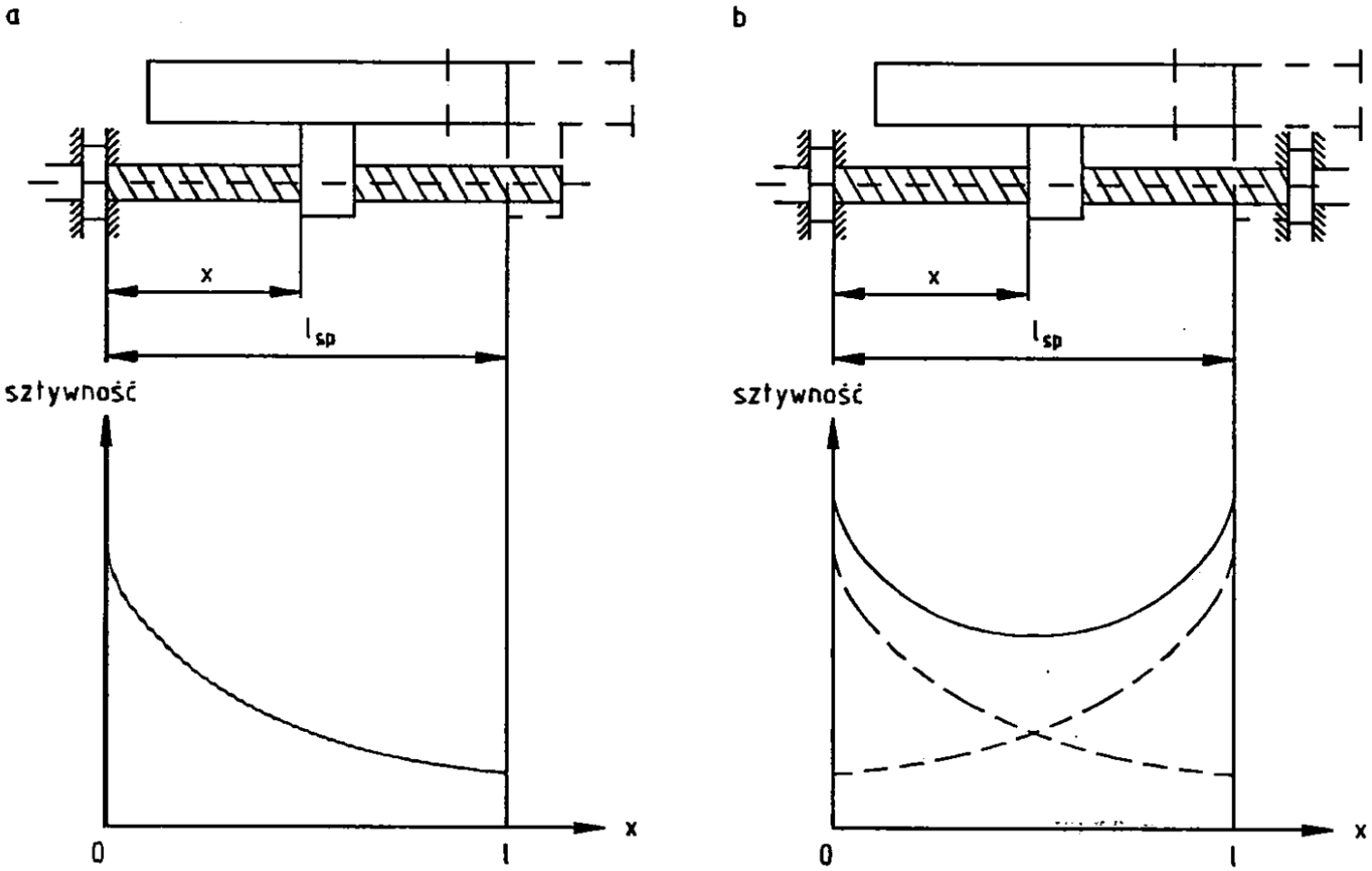
z gwintem trapezowym; (wady: luzy, a w przypadku napięcia wstępnego występuje duża siła tarcia – zjawisko stick-slipu)

ze śrubą toczną z dwiema nakrętkami (zalety: możliwość napięcia wstępnego, mała siła tarcia, dobre kasowanie luzów)

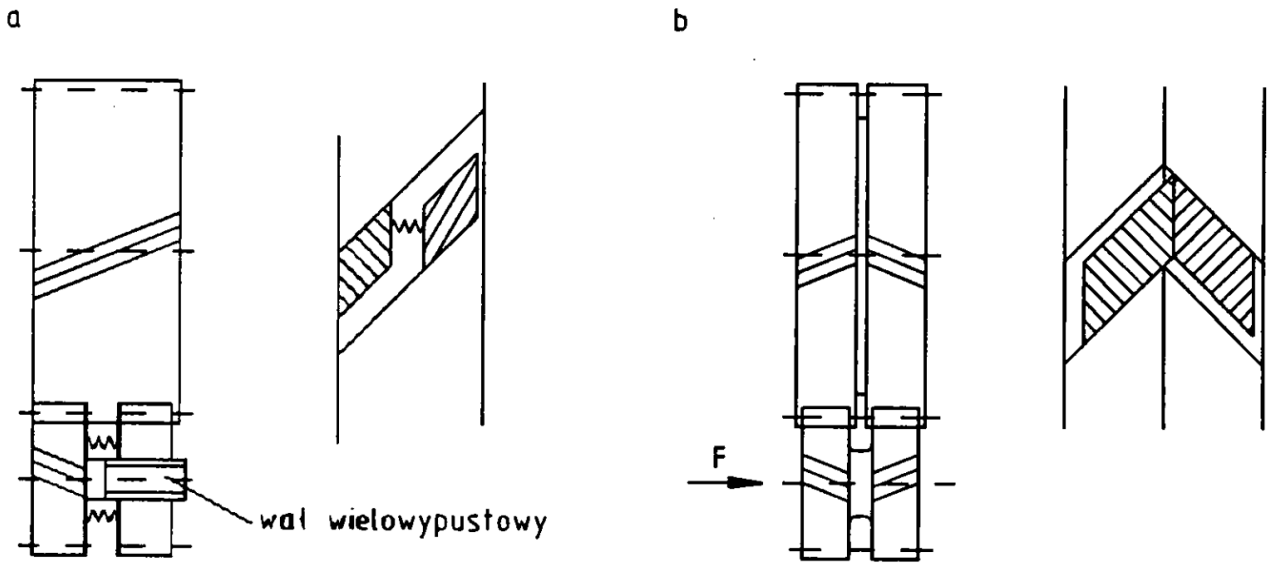
ze śrubą hydrostatyczną z gwintem trapezowym (zalety: praca bezstykowa, ale trudniejsze wykonanie – problem szczelności)



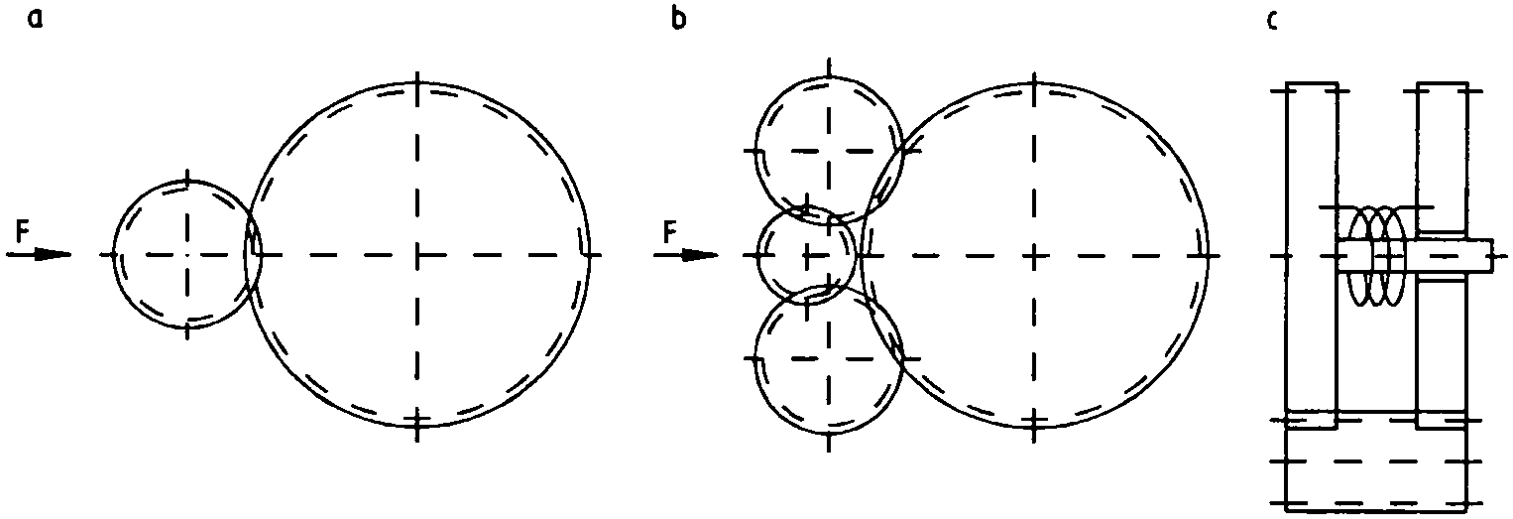
Śruby toczne z nakrętką [10]: z zewnętrznym obiegiem kulek (a) oraz z wewnętrznym obiegiem kulek (b)



Sztywność śruby w zależności od sposobu jej ułożyskowania [16]: z jednym łożyskiem (a) i z dwoma łożyskami (b)

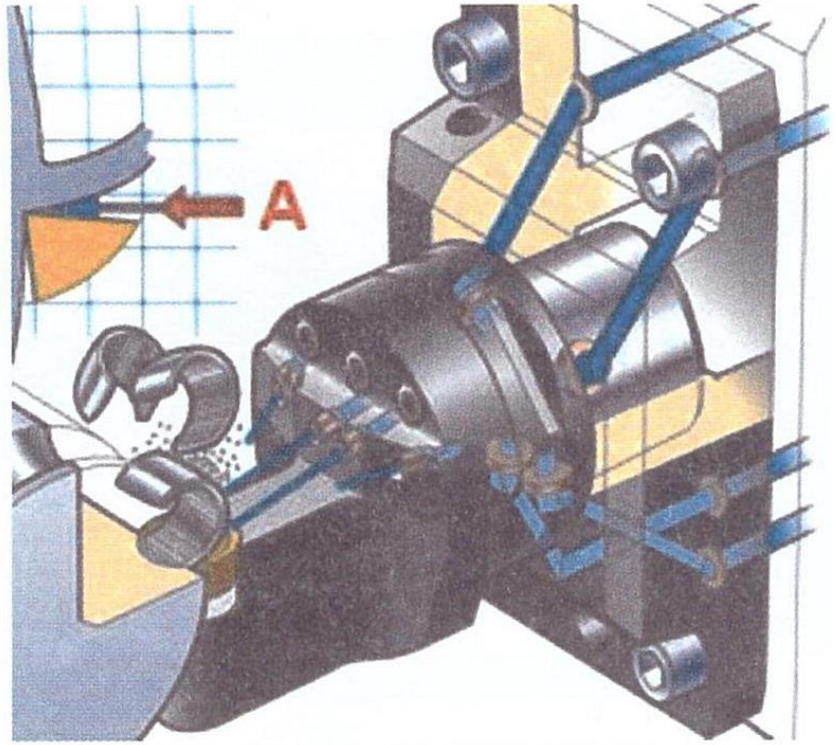


Sposoby zmniejszania luzu przez napinanie przekładni [16]: z kołami o zębach skośnych (a) i o zębach daszkowych (b)

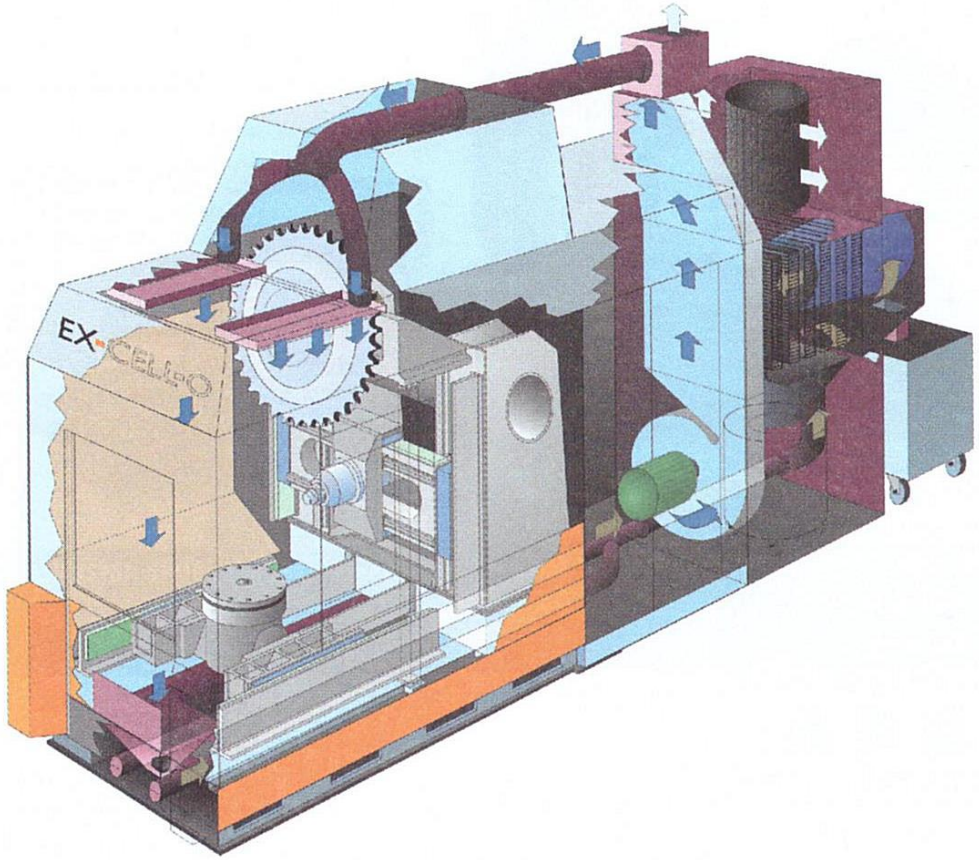


Sztywność śruby w zależności od sposobu jej ułożyskowania [16]: z jednym łożyskiem (a) i z dwoma łożyskami (b)

W napędach układów pomiarowych stosuje się inne sposoby napinania przekładni z uwagi na małe wartości przenoszonego momentu i małe momenty bezwładności przetwornika pomiarowego: a) poprze działanie sprężyny, bezpośrednio do koła zębatego lub szczęki pomiarowej; b) zastosowanie kół pośrednich; c)napinanie sprężyną dzielonych kół zębatych [16]



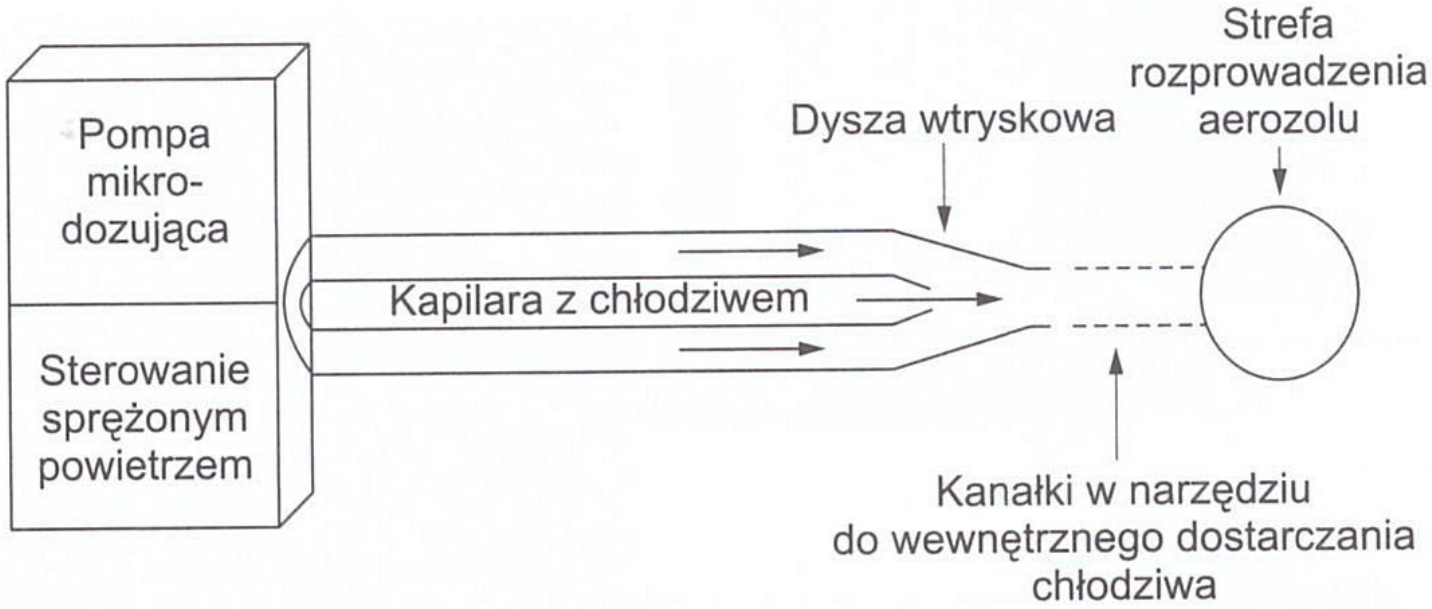
System wysokociśnieniowego, ukierunkowanego chłodzenia i hydrodynamicznego odchylenia wióra firmy Sandvik Coromant [27-1]



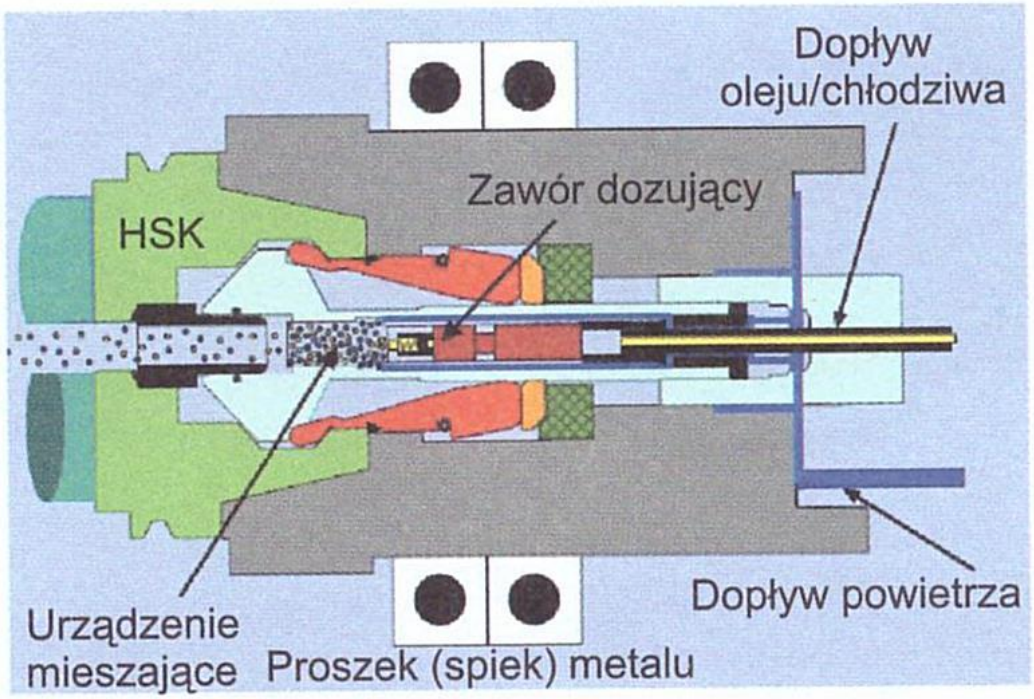
Poziome centrum obróbkowe EX-CELL-0 do obróbki na sucho i MQL [27-1]

MQL- *minimum quantity lubrication* - obróbka z minimalnym smarowaniem
MQC – *minimum quantity cooling* – obróbka ze zminimalizowanym chłodzeniem
MQCL – *minimumquantity coolnig lubrication* – obróbka ze zminimalizowanym chłodzeniem i smarowaniem

a)



b)



Schemat systemu zasilania MQL (a) i rozwiązanie techniczne (b)