MASZYNY I URZĄDZENIA TECHNOLOGICZNE

Układy sensoryczne

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

Układy sensoryczne są stosowane do dostarczania informacji o aktualnym stanie, położeniu i ruchu poszczególnych ruchomych mechanizmów i elementów maszyn i urządzeń technologicznych oraz o stanie jej zewnętrznego otoczenia.

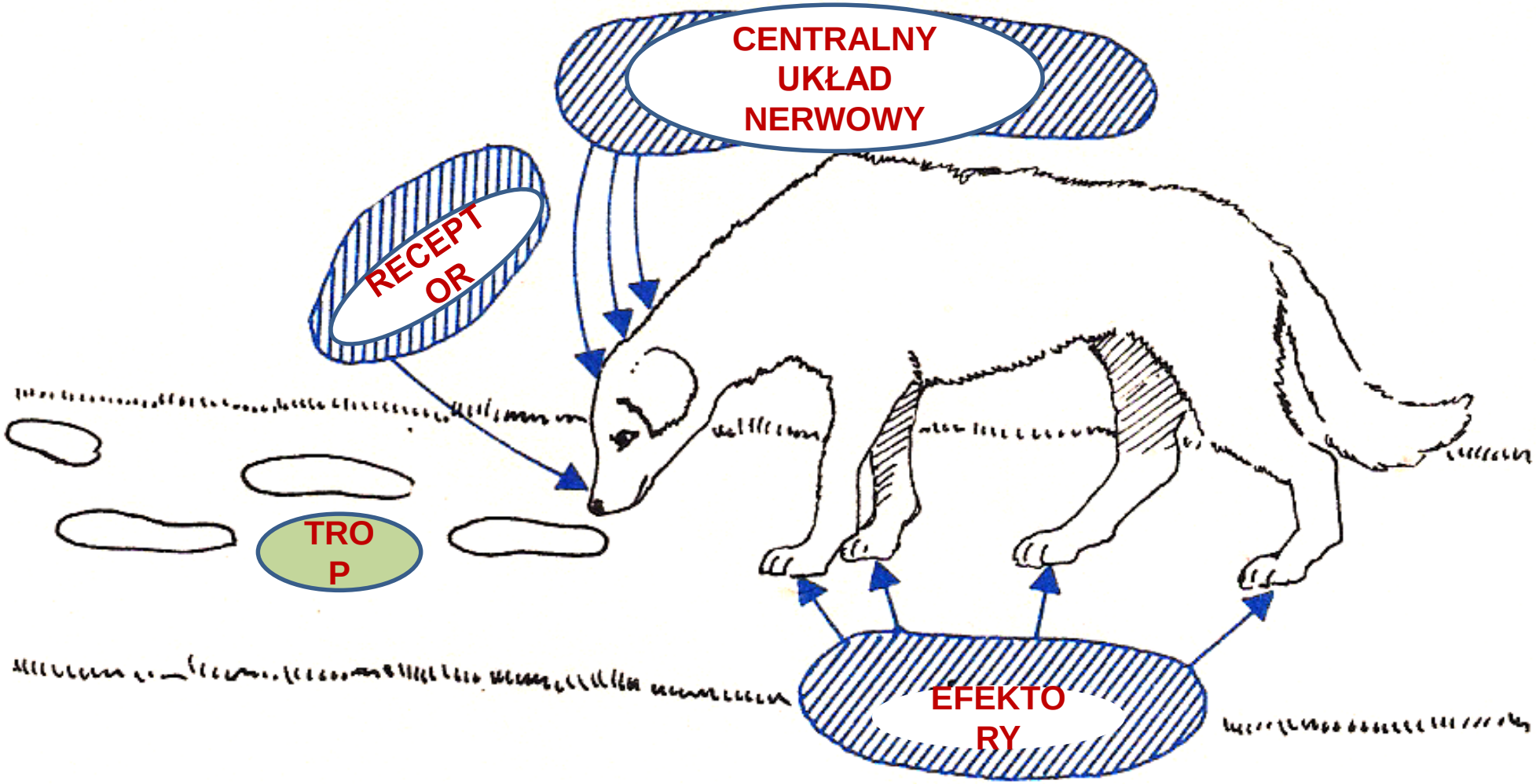
Układy pomiarowe położenia, przemieszczenia i prędkości są ważnymi elementami układów automatycznej regulacji położenia – **serwomechanizmów.**

Układy do zbierania informacji o **przebiegu procesu obróbki** są istotną częścią układów **inteligentnego sterowania** pracą maszyn technologicznych.

Pełną informację dostarczają **kamery telewizyjne**, działające jako urządzenia do **rozpoznawania obrazów** sprężone z układem sterowania.

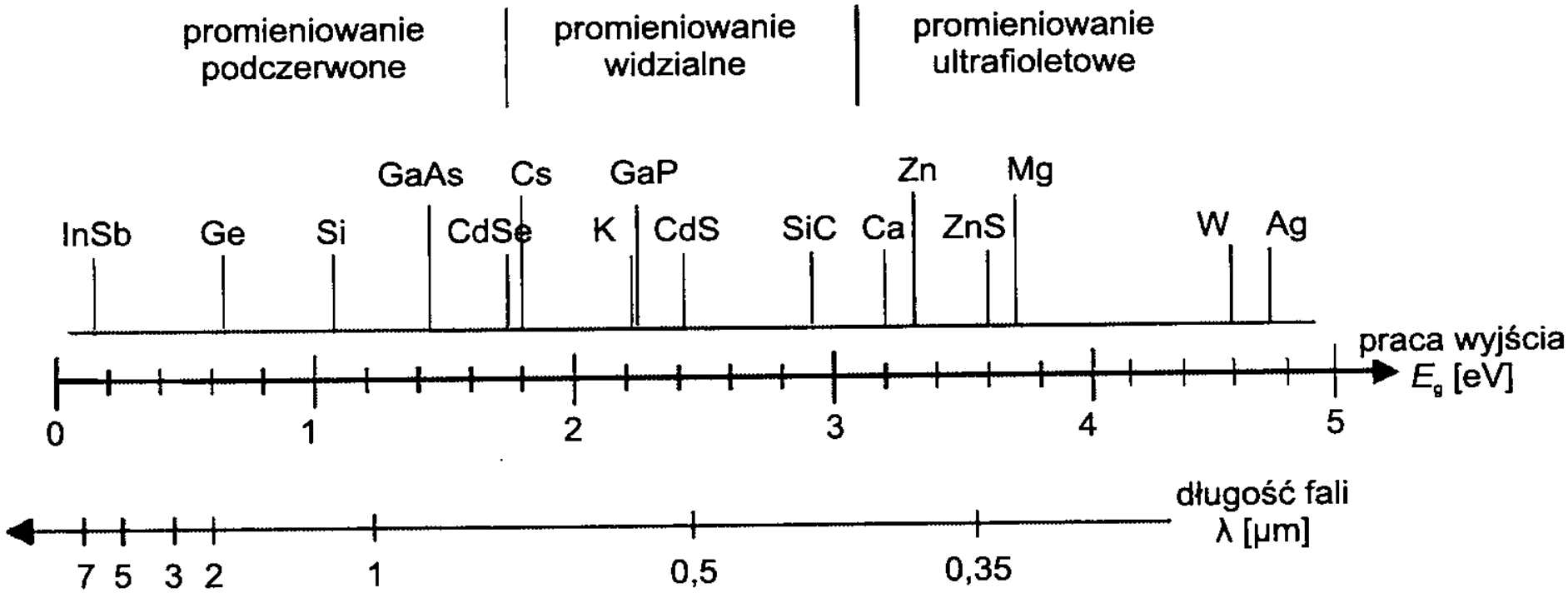
Układ przetwarzania informacji pochodzących z czujników może być autonomicznym zespołem lub podzespołem układu sterowania.

Oprócz układów stosowanych bezpośrednio w maszynach technologicznych są **układy pomiarowe** używane podczas badań diagnostycznych i odbiorczych tych maszyn.



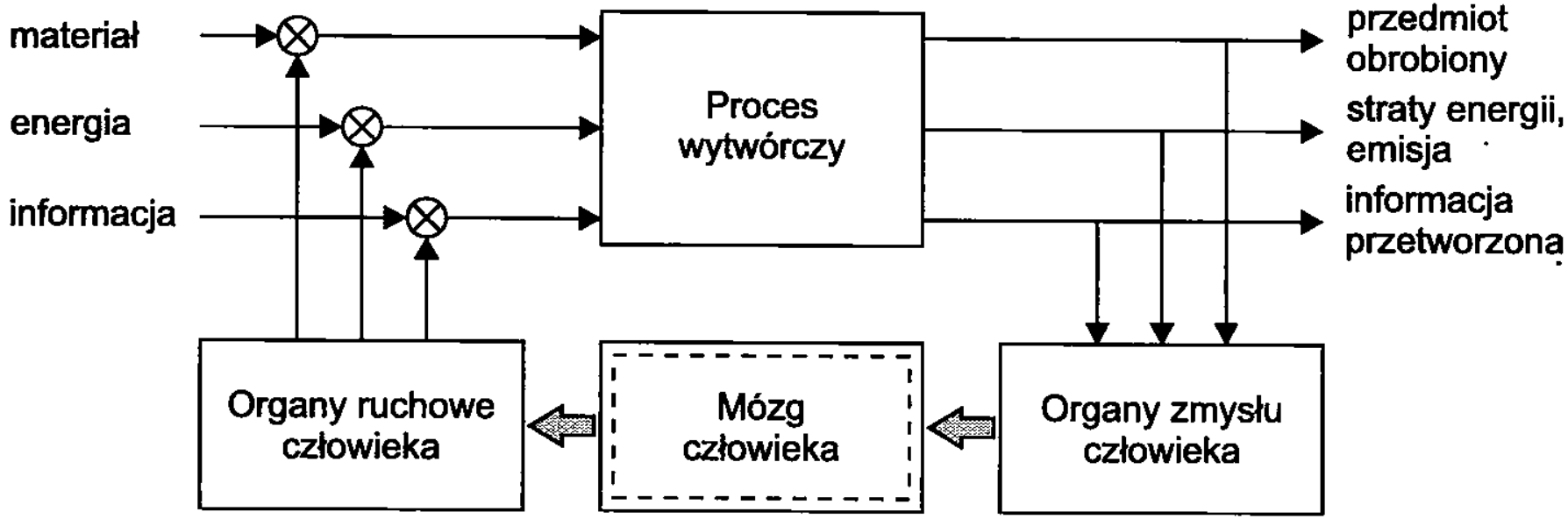
Komunikat pozawerbalny - przykład adaptacyjnego systemu sterowania

Energia konwertowana przez sensory [18]	
Postać energii	**Pochodzenie energii**
atomowa	związana z siłami występującymi między jądrami i elektronami
elektryczna	pole elektryczne, prąd, napięcie
grawitacyjna	związana z przyciąganiem grawitacyjnym masy z Ziemią
magnetyczna	pole magnetyczne i związane z nim efekty
masowa	Związana z teorią względności $E = mc^2$
mechaniczna	dotycząca ruchu, przemieszczeń – prędkości, siły, itp.
molekularna	energia wiązań molekuł
promieniowania	związana z falami elektromagnetycznymi, mikrofalami, ze światłem podczerwonym, widzialnym i ultrafioletowym, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma, …
termiczna	związana z energią kinetyczną atomów i molekuł

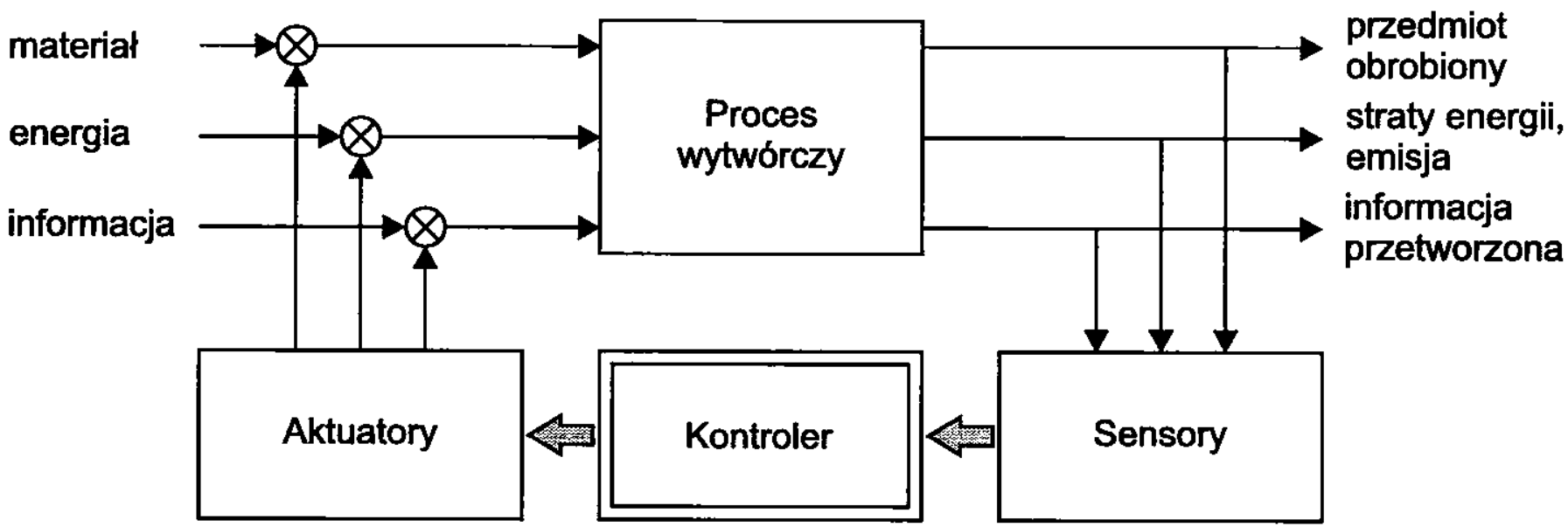


Praca wyjścia dla różnych pierwiastków i substancji chemicznych, odniesiona do długości fal elektromagnetycznych [18]

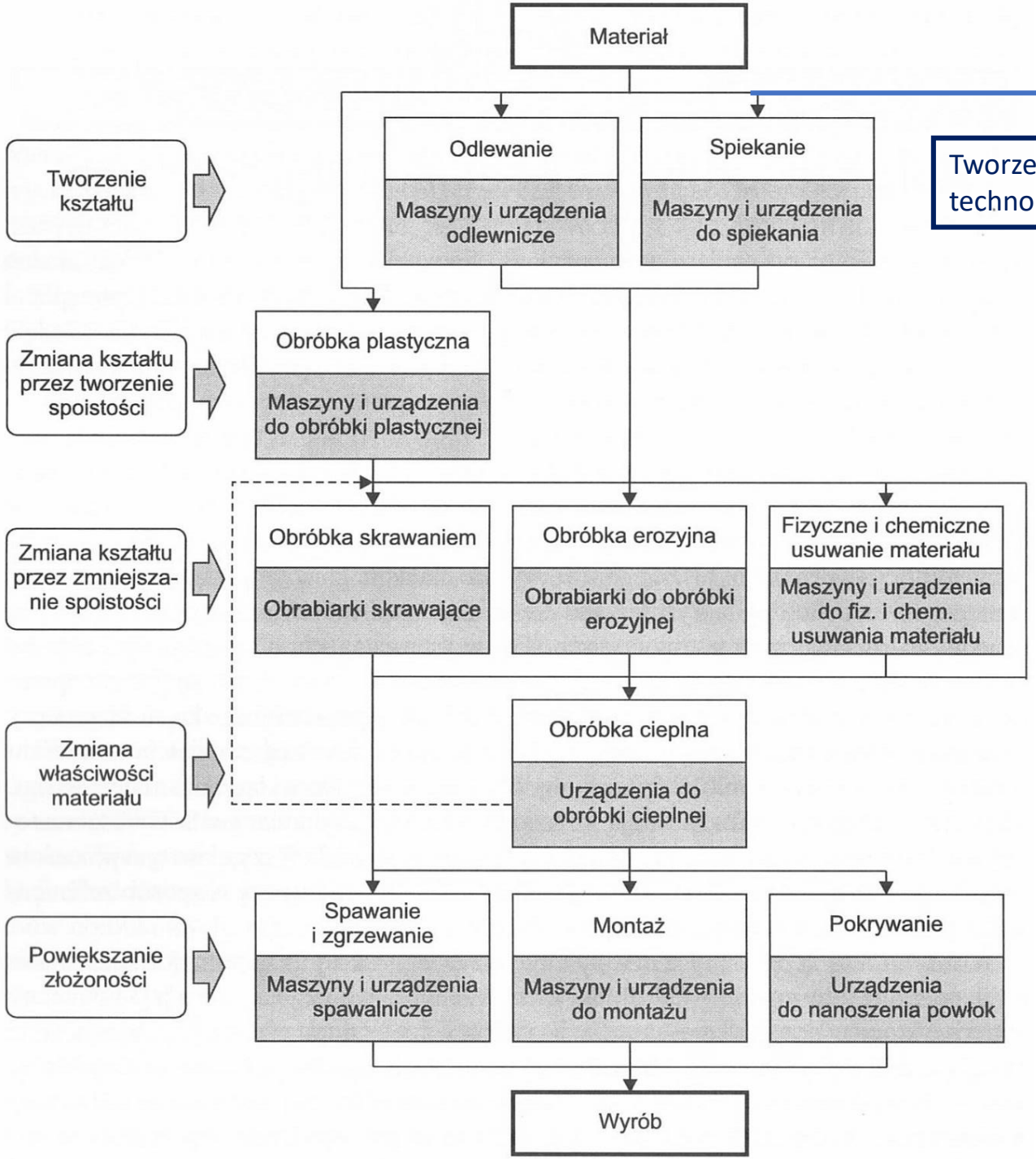
Wielkości mierzone w procesie produkcyjnym i typy sygnałów związane ze stosowanymi sensorami [18]



Sterowanie ręczne procesem wytwarzania

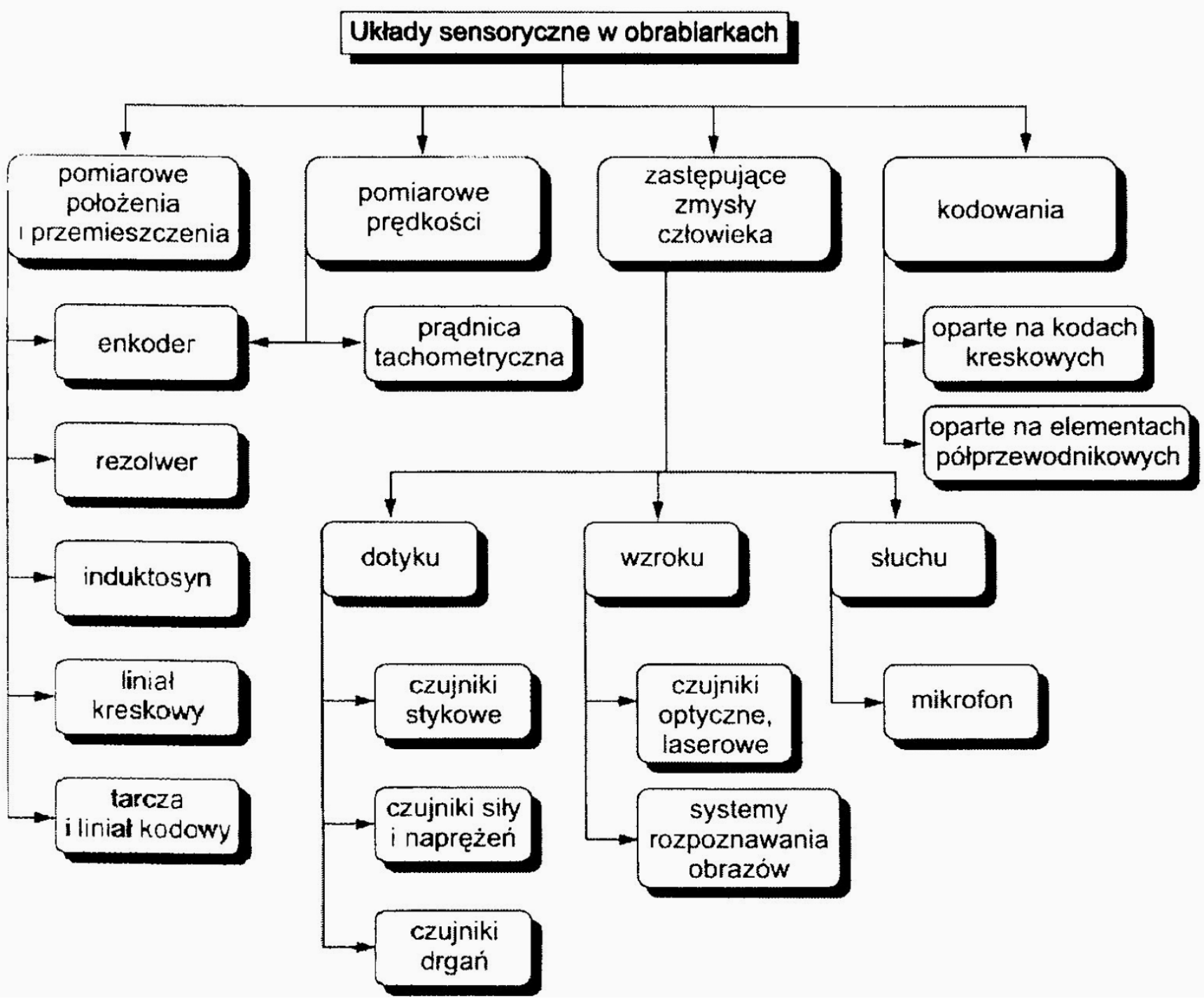


Sterowanie automatyczne procesem wytwarzania



Tworzenie kształtu za pomocą technologii przyrostowych

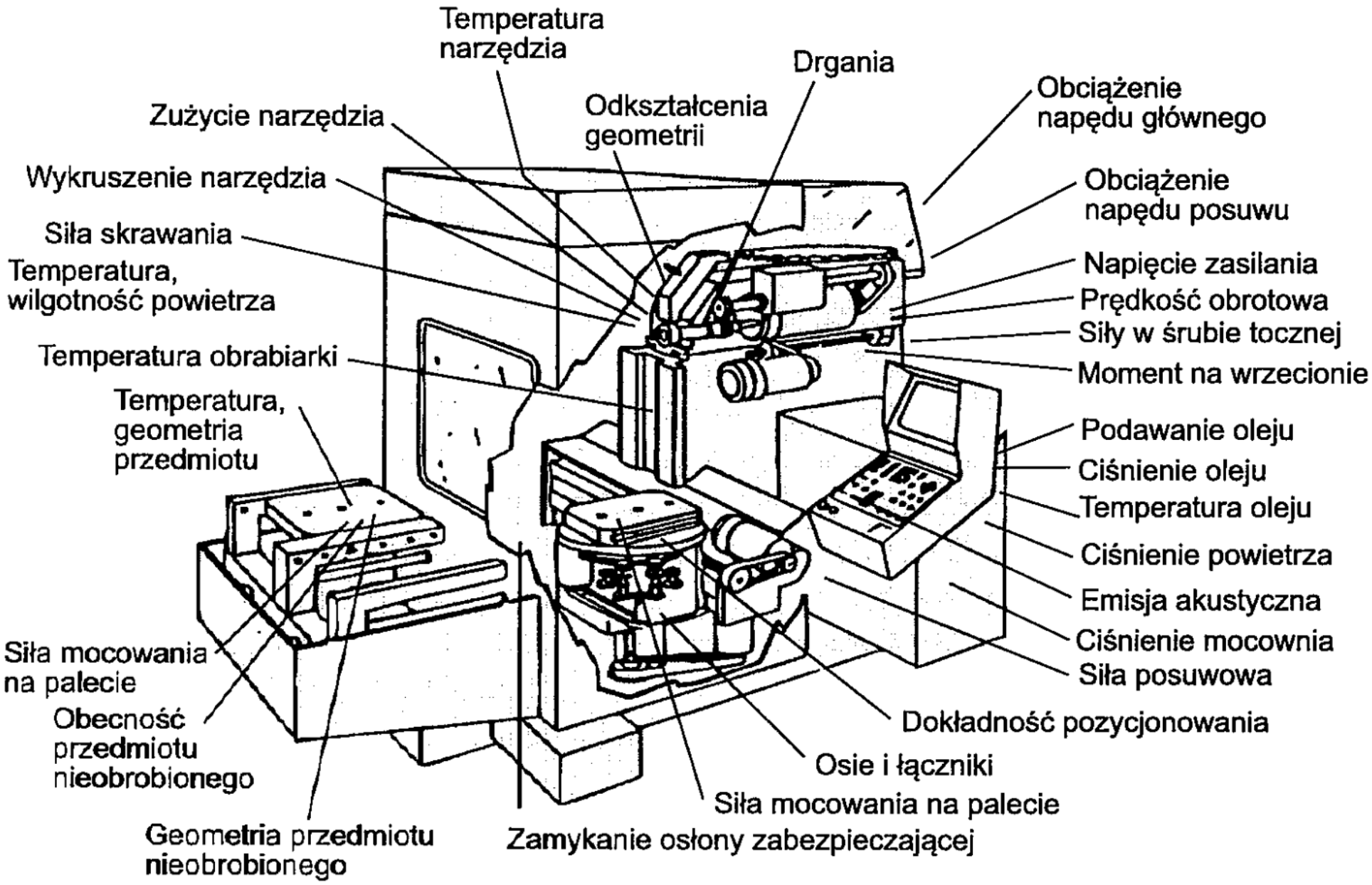
Ramowy proces technologiczny wytwarzania i montażu



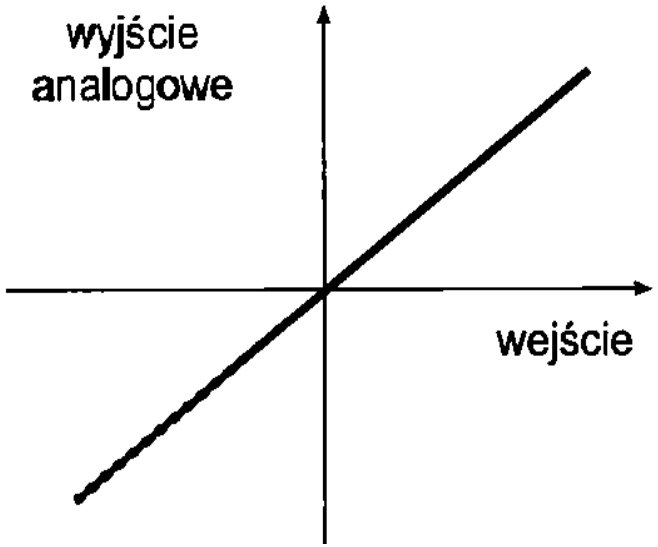
Klasyfikacja układów sensorycznych w obrabiarkach [18]

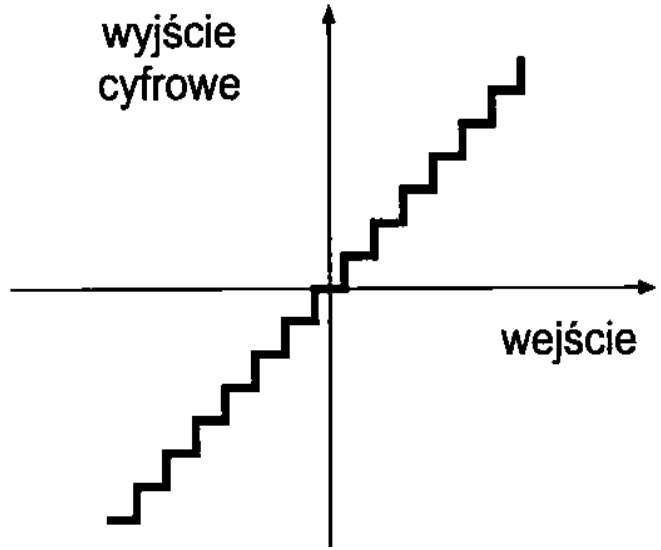
Wymagania stawiane układom pomiarowym i przemieszczenia stosowanym w OSN-ach

- duży **zakres pomiarowy** – w przypadku obrabiarek wielkogabarytowych (ciężkich) nawet do kilku metrów;
- wysoka **dokładność pomiaru**, określona wymaganą względną rozdzielczością układu pomiarowego, wynoszącą dla ruchu postępowego $10^{-4} \div 10^{-5}$, co oznacza dokładność pomiaru 0,1 ÷ 0,01 mm na drodze 1 m, a dla ruchu obrotowego 10^{-3}, tzn. 1/1000 obrotu;
- przystosowanie do **pracy w warunkach przemysłowych**, tzn. często przy dużym zapyleniu, zagrożeniu wybuchem, zmiennej temperaturze, w obecności drgań, przy dużych przyspieszeniach, itp. …
- **Sygnał wyjściowy** w postaci przebiegu elektrycznego, dogodnego do dalszego przetwarzania

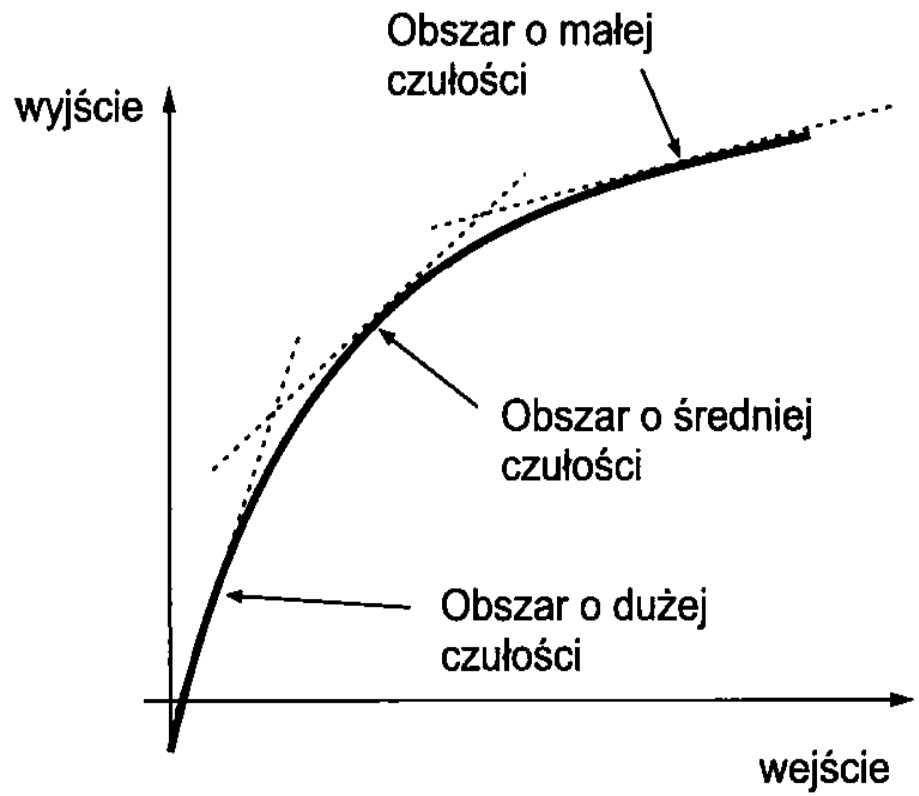


Wielkości mierzone w centrach obróbkowych [18]

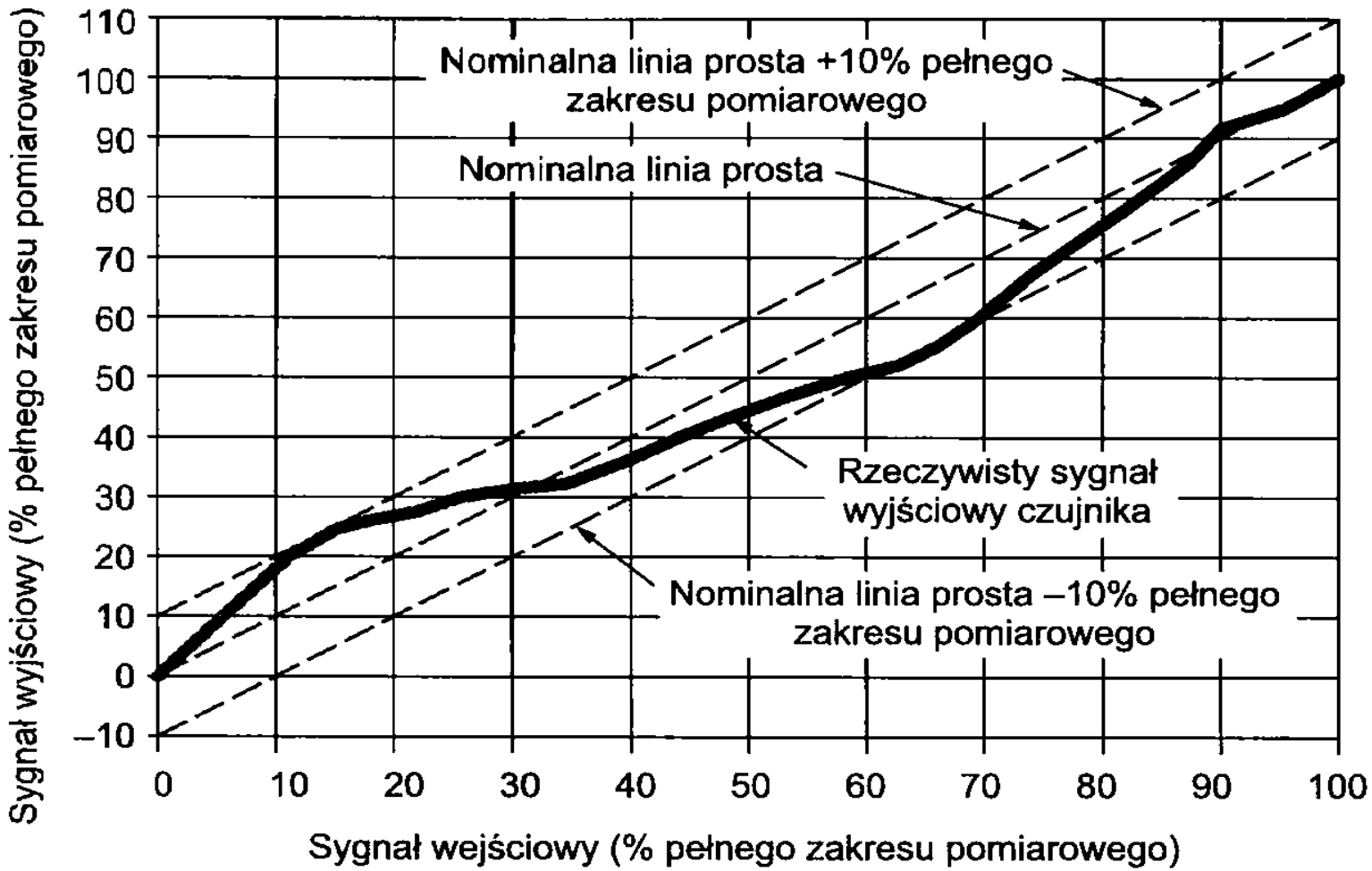




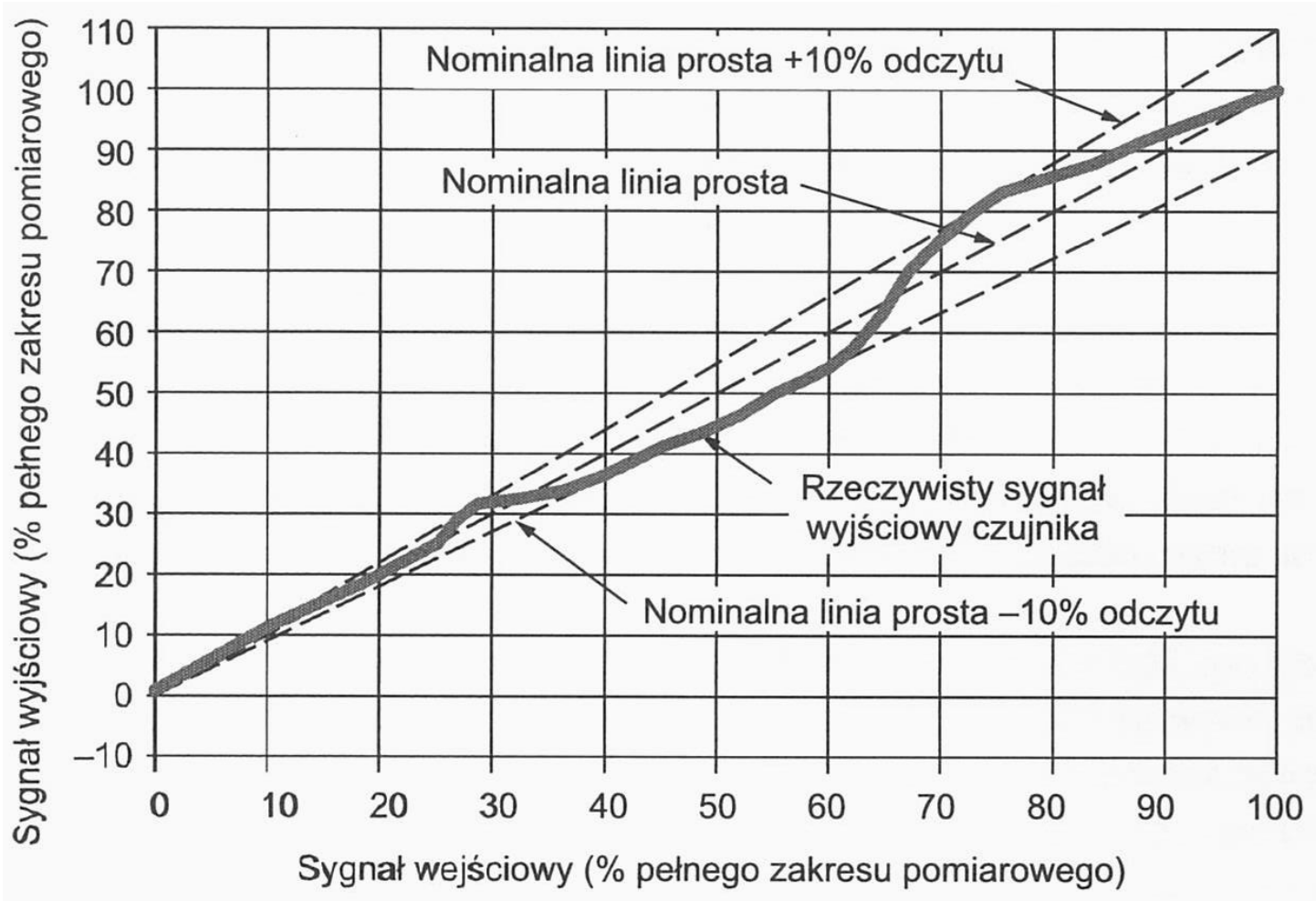
Charakterystyka sensora z analogowym i cyfrowym wyjściem [18]



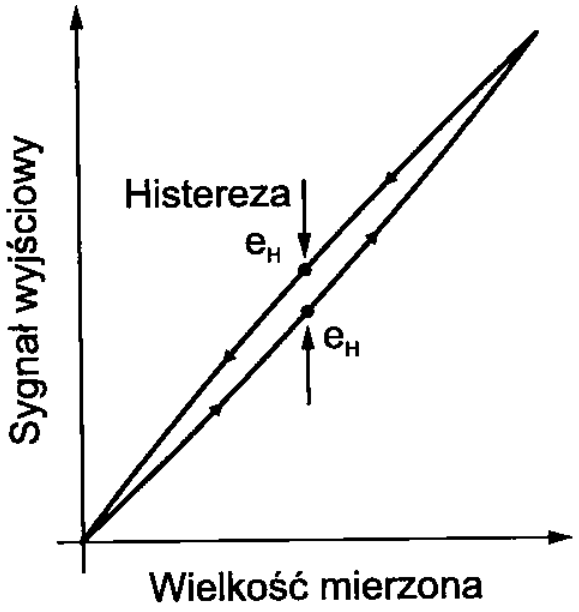
Nieliniowa charakterystyka statyczna ze zróżnicowanymi obszarami czułości [18]



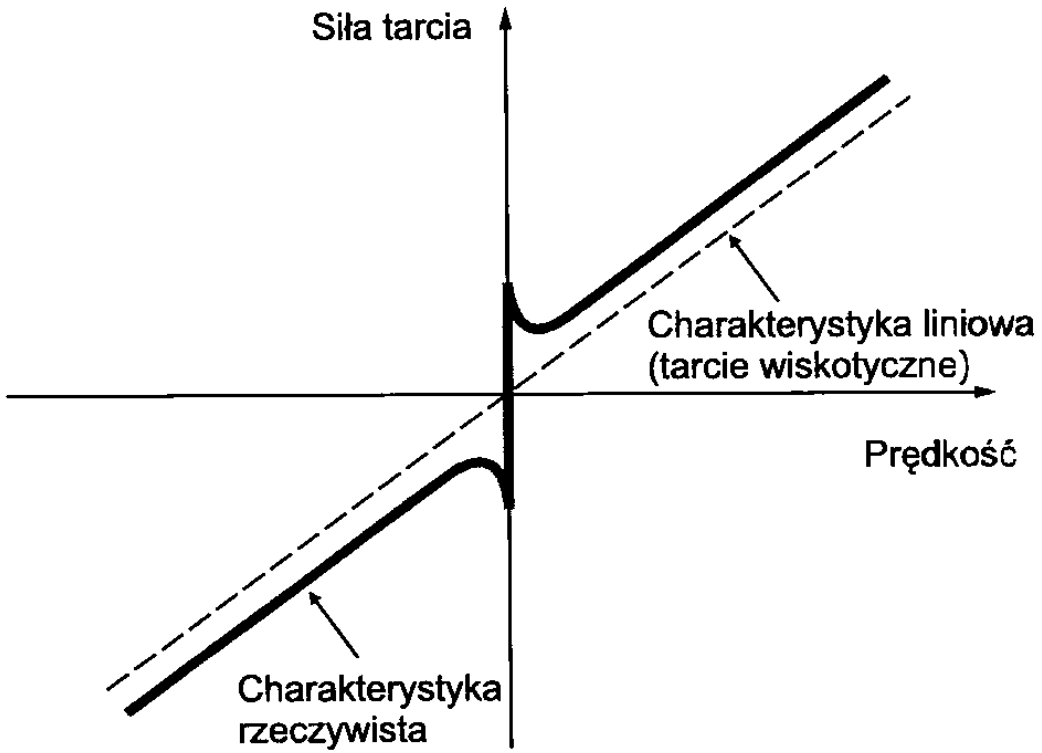
Liniowość odniesiona do pełnego zakresu pomiarowego [18]



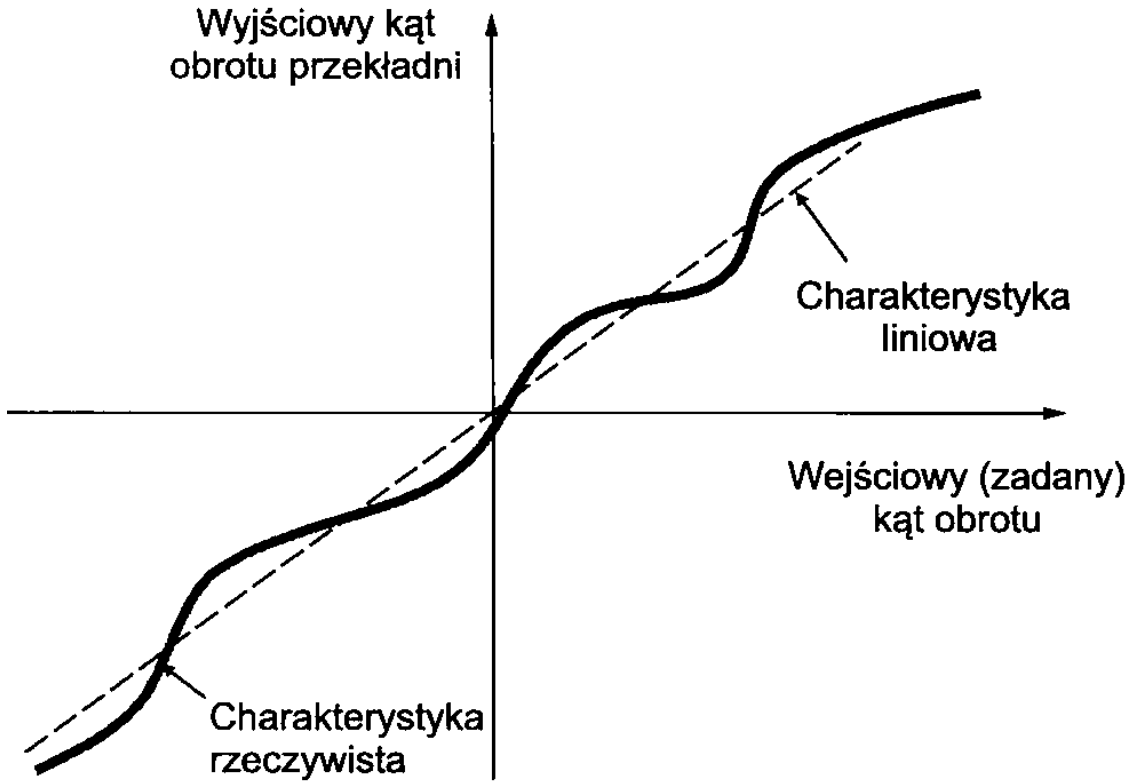
Liniowość odniesiona do aktualnego odczytu [18]



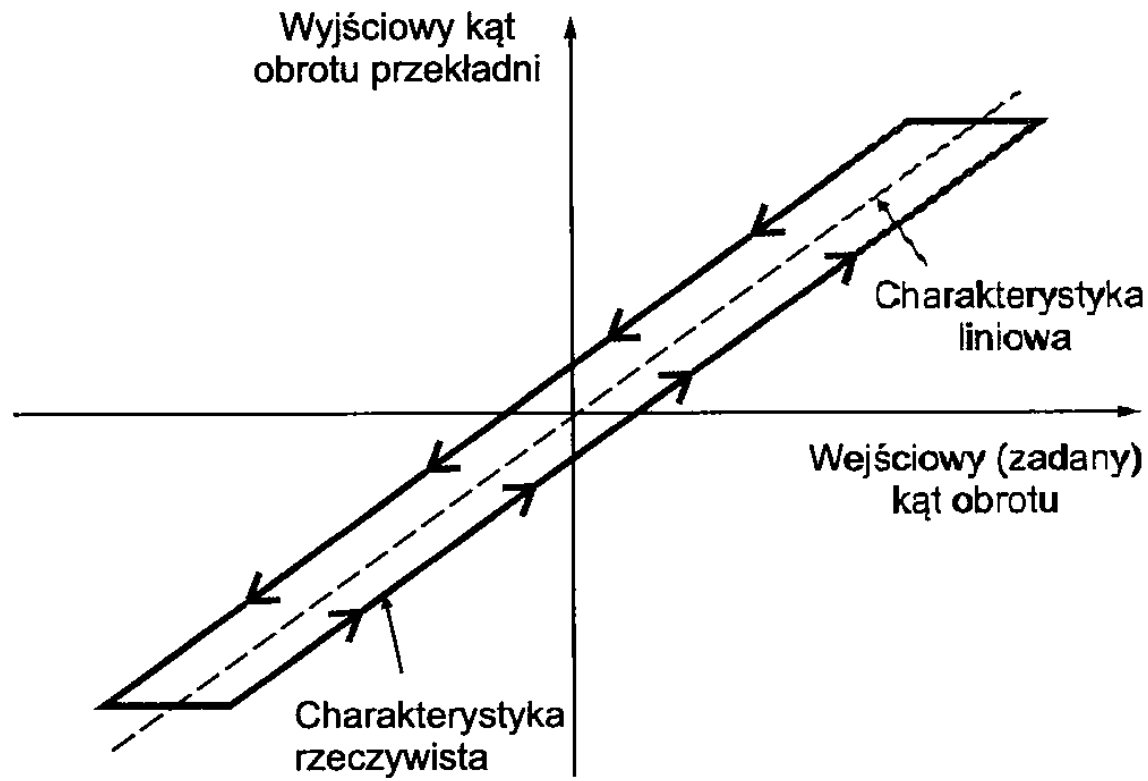
Sygnał wyjściowy w warunkach histerezy



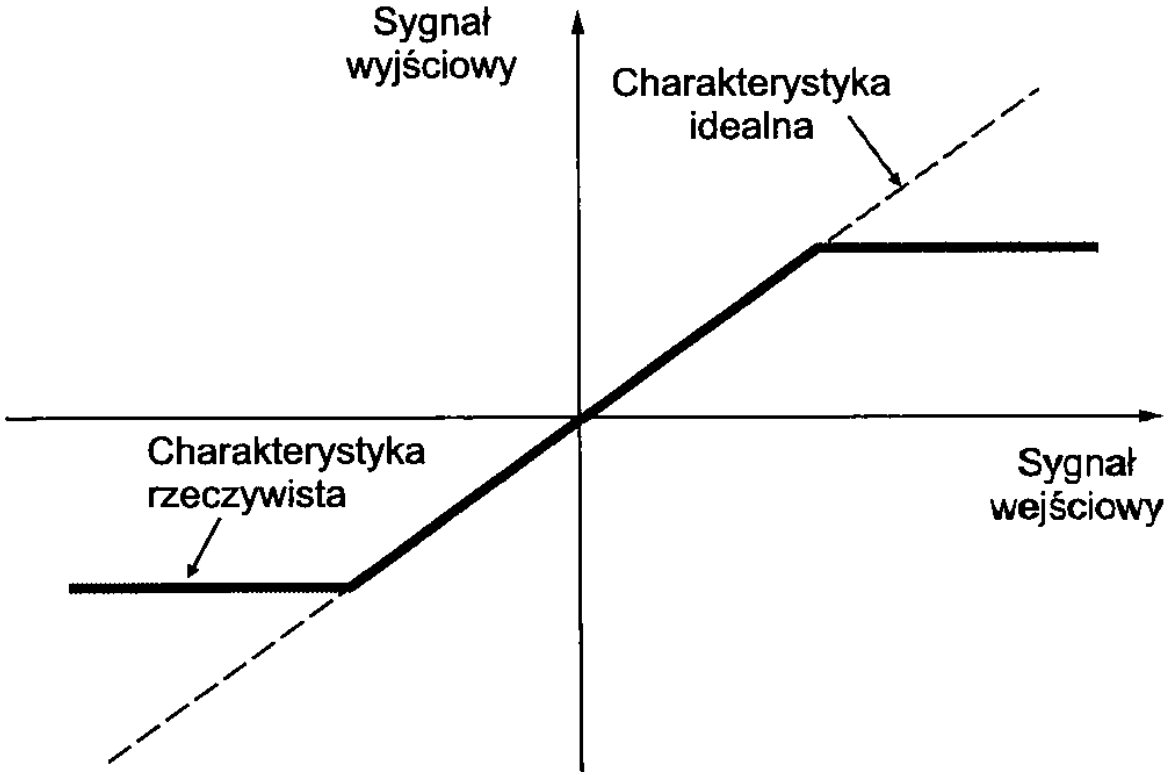
Charakterystyka tarcia



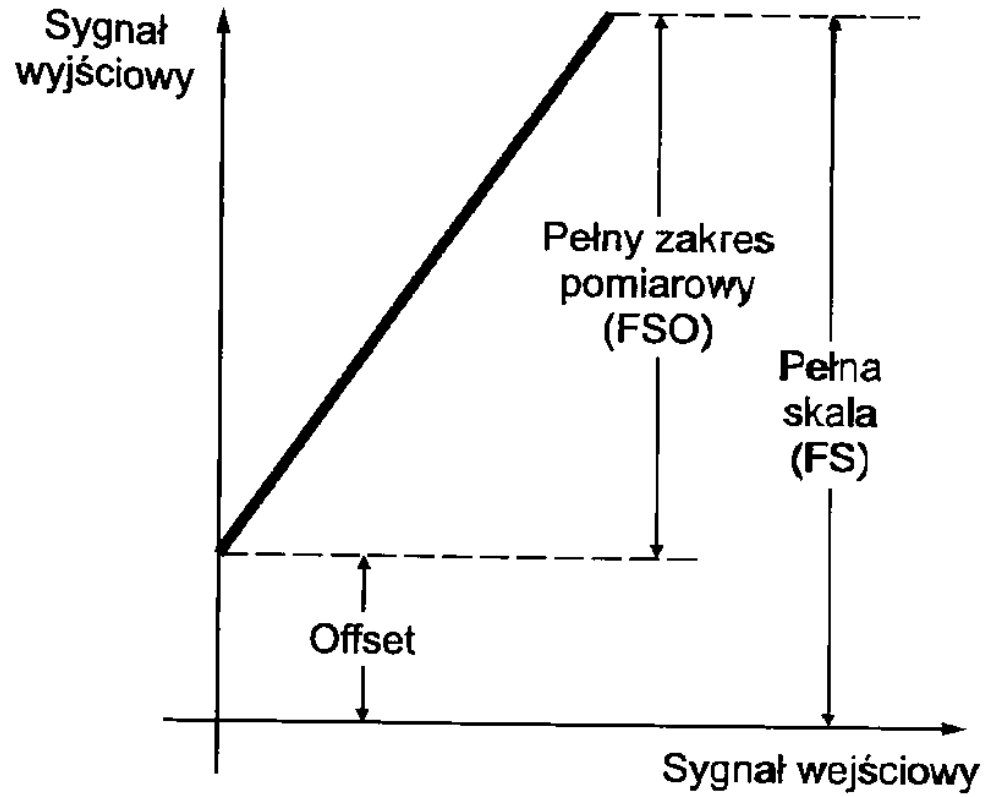
Zależność sygnału wyjściowego od wejściowego
w przekładni z mimośrodowością



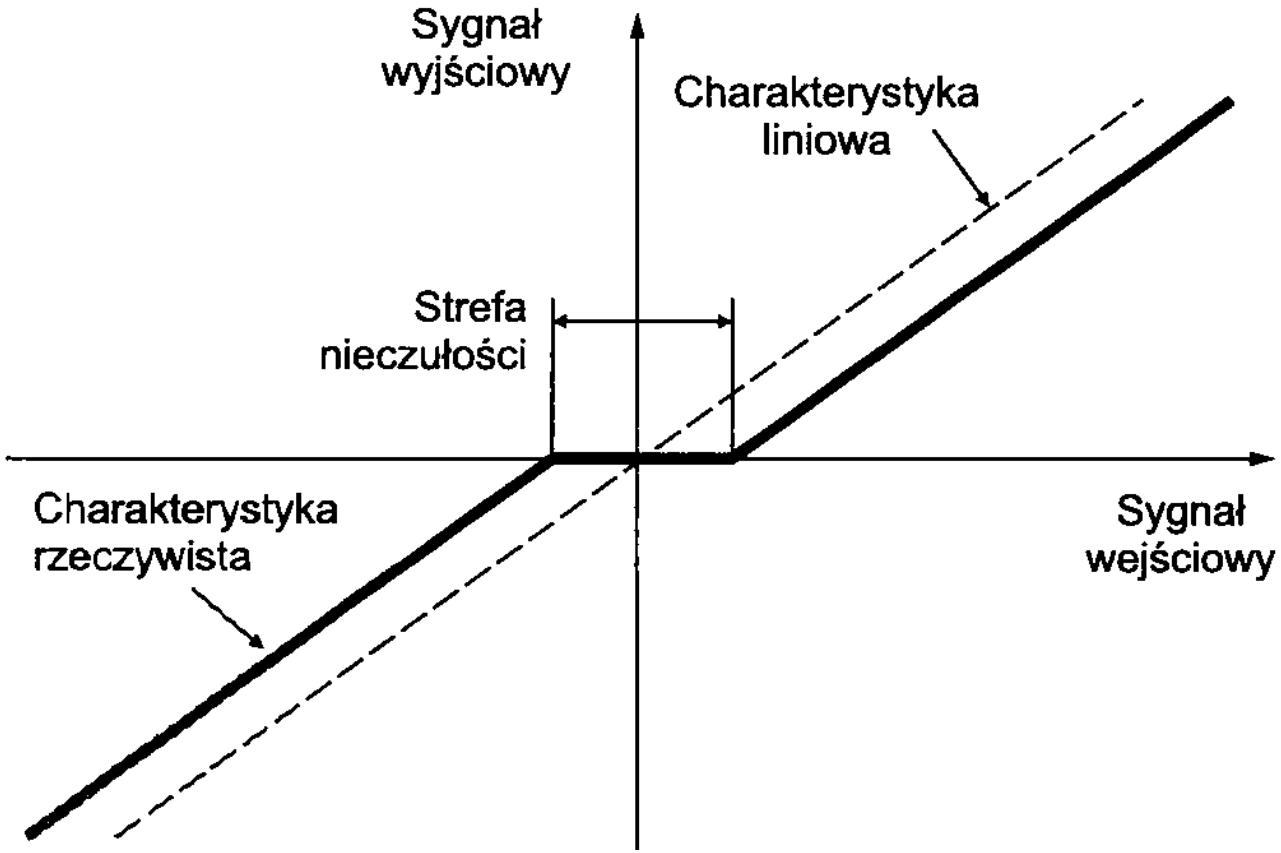
Histereza dla przekładni z luzem międzyzębnym



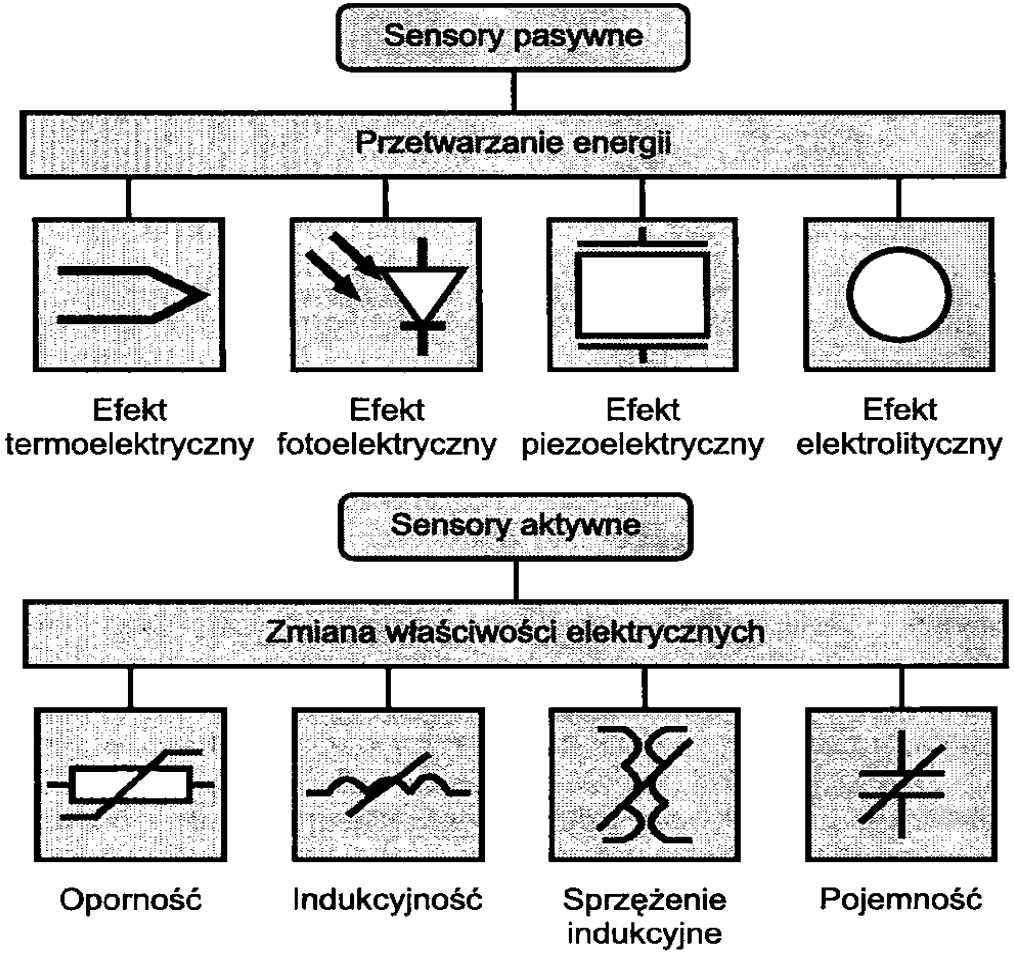
Charakterystyka ze stanem nasycenia



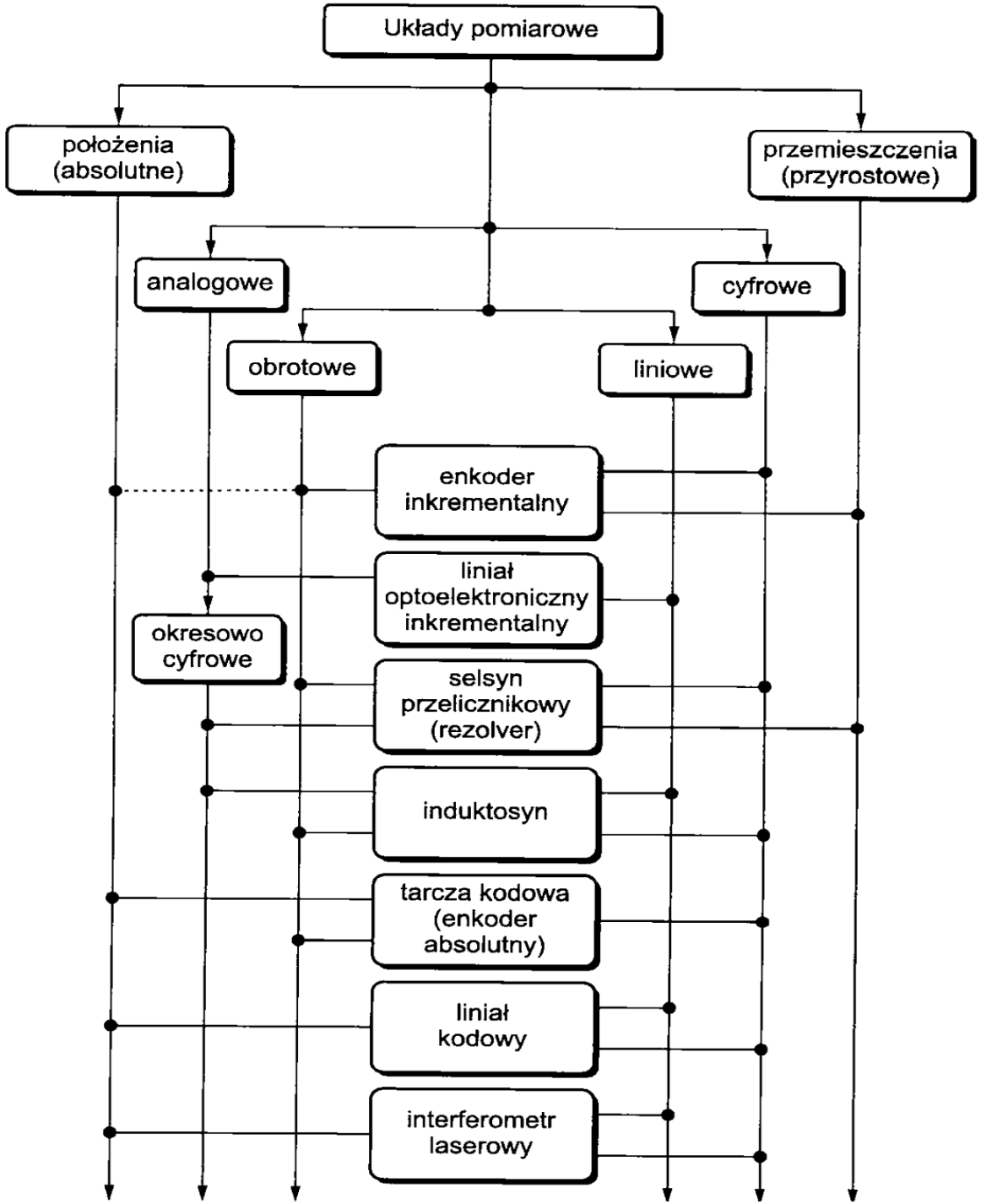
Przykład charakterystyki z błędem ofsetu



Charakterystyka ze strefą nieczułości

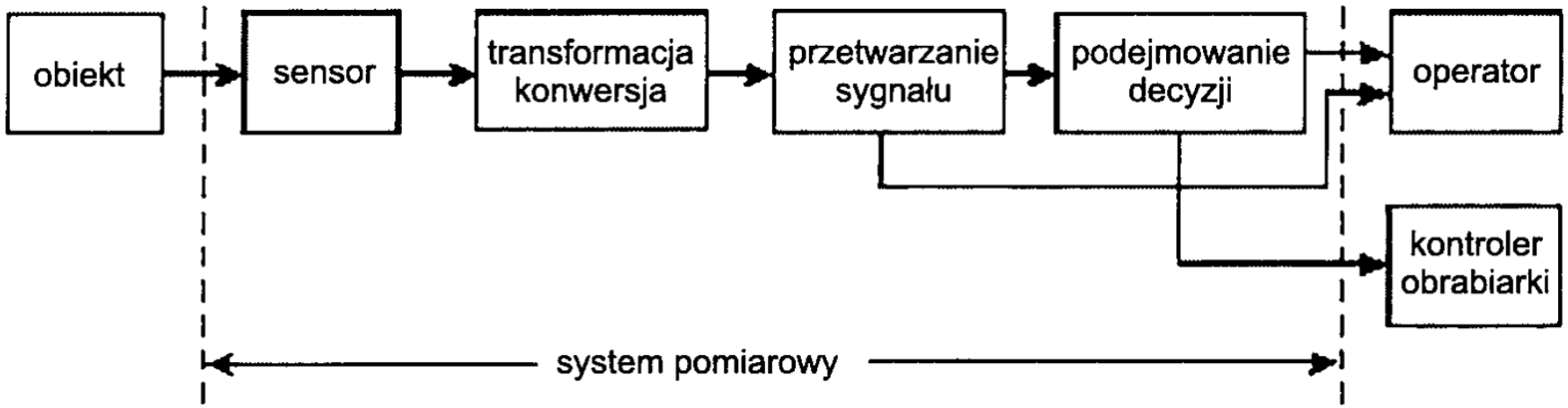


Klasyfikacja sensorów ze względu na źródło energii sygnału pomiarowego [18]

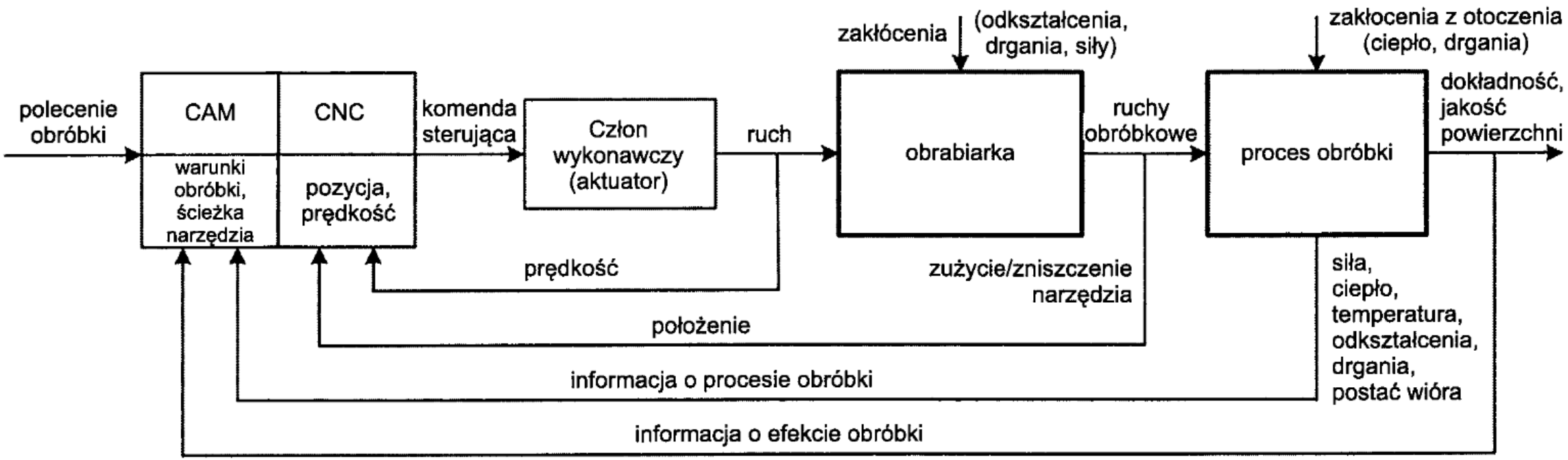


Klasyfikacja układów pomiarowych stosowanych w obrabiarkach [18]

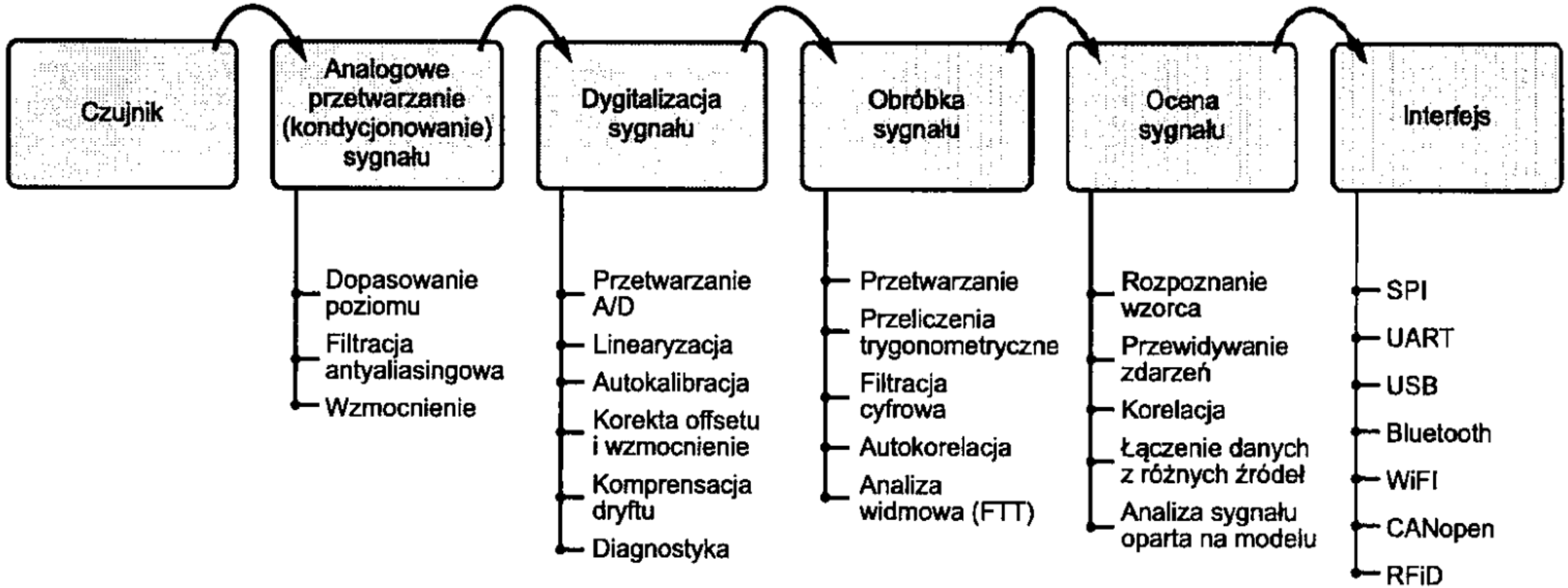
Klasyfikacja sensorów ze względu na zasadę działania [18]z	
Zasada pomiaru	**Przykładowe sensory**
zmiana rezystancji	tensometr, potencjometr, oporowy czujnik temperatury, termistor, czujnik piezoelektryczny, czujnik magneto-rezystancyjny, czujnik foto-rezystancyjny
zmiana pojemności	pojemnościowy czujnik momentu, pojemnościowy czujnik poziomu, pojemnościowy czujnik przemieszczeń
zmiana indukcyjności	liniowy transformatorowy czujnik przemieszczeń o układzie różnicowym, kątowy czujnik położenia, indukcyjny miernik momentu
indukcja elektromagnetyczna	elektromagnetyczny czujnik przepływy
zjawisko termoelektryczne	termopara
zjawisko piezoelektryczne	akcelerator piezoelektryczny, sonar, siłomierz piezoelektryczny
zjawisko fotoelektryczne	fotodioda
efekt Halla	czujnik Halla



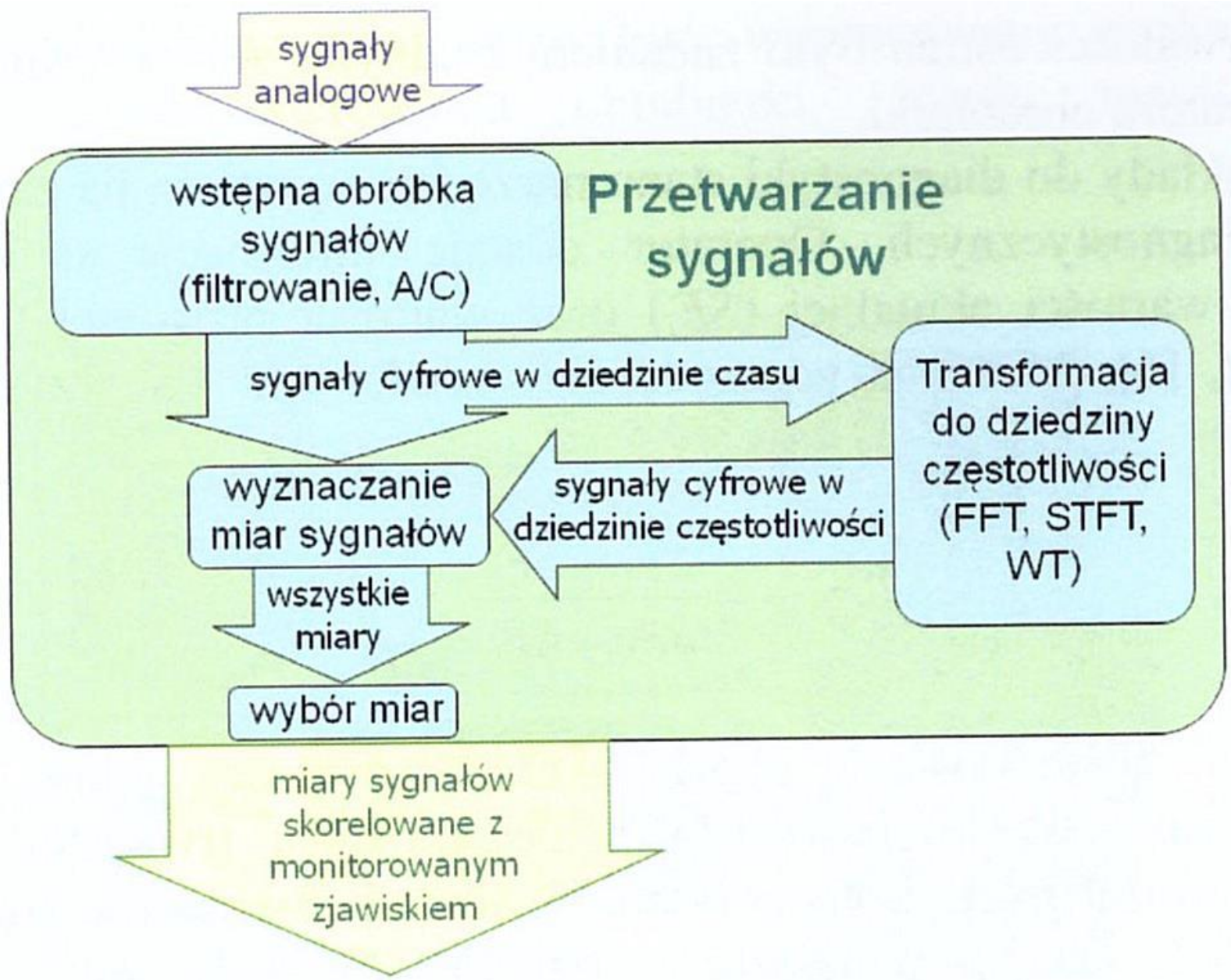
Struktura systemu pomiarowego, stosowanego w obróbce mechanicznej [18]



Schemat zautomatyzowanego systemu obróbkowego



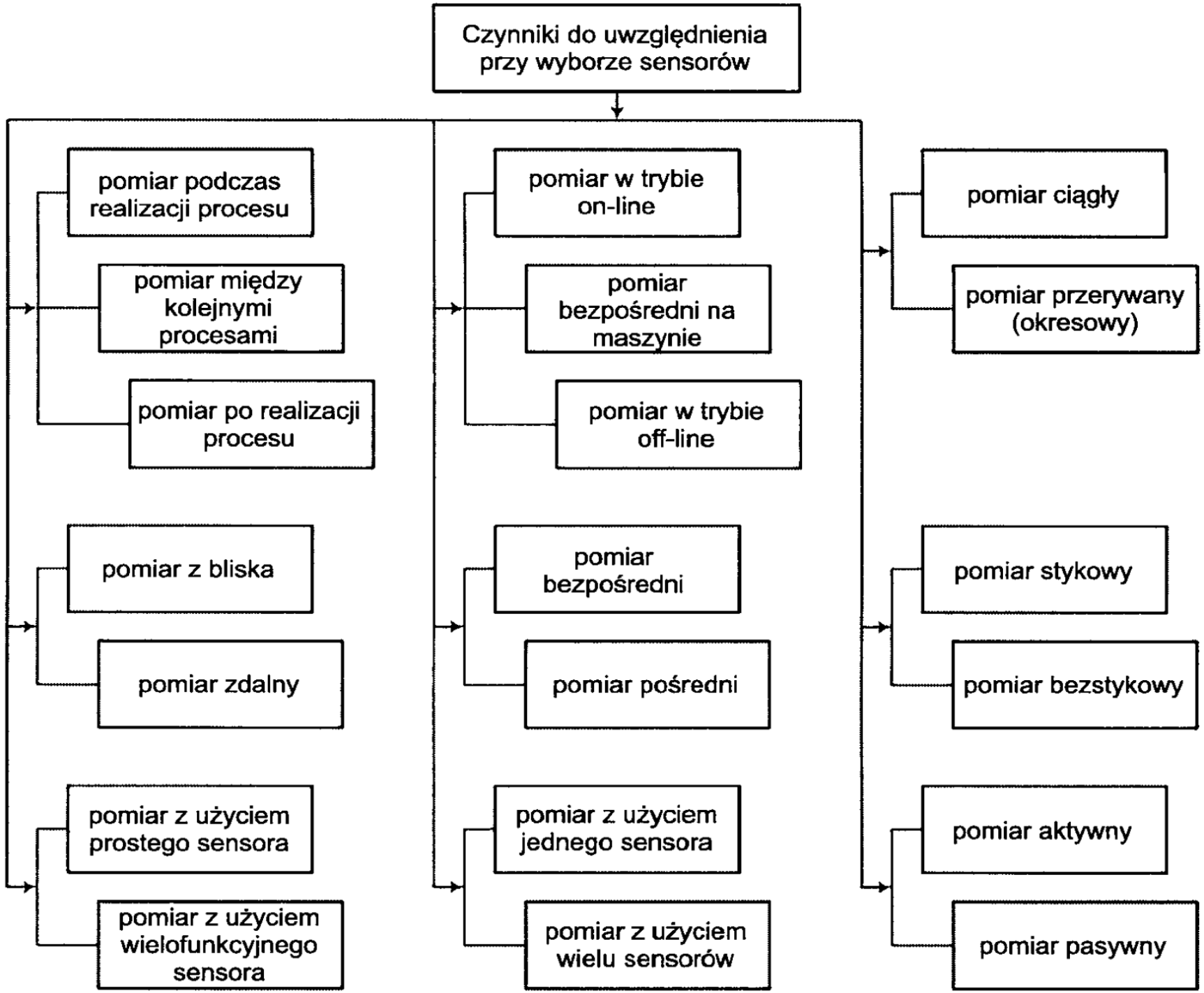
Bloki funkcjonalne czujników inteligentnych [18]


sygnały analogowe
Przetwarzanie sygnałów
wstępna obróbka sygnałów (filtrowanie, A/C)
sygnały cyfrowe w dziedzinie czasu
Transformacja do dziedziny częstotliwości (FFT, STFT, WT)
sygnały cyfrowe w dziedzinie częstotliwości
wyznaczanie miar sygnałów
wszystkie miary
wybór miar
miary sygnałów skorelowane z monitorowanym zjawiskiem

Obiekt pomiarów i monitorowania	Wielkość mierzona	Cel pomiarów i monitorowania
Przedmiot obrabiany	• stan zamocowania przedmiotu • geometryczna i wymiarowa dokładność obróbki • chropowatość powierzchni • jakość warstwy wierzchniej	• zapewnienie wysokiej jakości • unikanie uszkodzeń przedmiotu i braków
Proces obróbki	• siły i momenty skrawania • wytwarzanie ciepła • temperatura • drgania • hałas • postać wiórów	• zapewnienie prawidłowych warunków procesu obróbki • przewidywanie i unikanie stanów nienormalnych (np. awaryjnych)
Narzędzie	• położenie krawędzi skrawającej • zużycie ostrza • katastroficzne stępienie ostrza (złamania, wykruszenia itp.)	• zapewnienie wymiany narzędzia na czas • unikanie uszkodzeń narzędzi i pogorszenia przedmiotu obrabianego
Obrabiarka i wyposażenie	• awarie • drgania • odkształcenia (sprężyste, cieplne)	• zapewnienie poprawnej pracy obrabiarki i wysokiej dokładności obróbki
Środowisko	• zmiany temperatury otoczenia • drgania zewnętrzne • stan cieczy obróbkowej	• minimalizacja wpływu otoczenia na obróbkę

Wg [18]

Podstawowe wymagania w odniesieniu do przetworników i systemów pomiarowych [18]			
Podstawowe osiągi/ dokładność	**Niezawodność**	**Zdolność przystosowania**	**Czynniki ekonomiczne**
czułość, rozdzielczość, dokładność, precyzja, liniowość, histereza, powtarzalność, stosunek sygnału do szumu, zakres dynamiczny, odpowiedź dynamiczna, …	mały dryft, stabilność techniczna, odporność na oddziaływanie środowiska, np. ciecz obróbkową, odporność na zmiany temperatury, bezawaryjność, trwałość, bezpieczeństwo, niska emisja hałasu, …	zwarte wymiary, mała masa, łatwa obsługa, łatwa instalacja, odporność na oddziaływanie procesu obróbki i obrabiarki, bezpieczeństwo, łatwość dołączania do innej aparatury, …	niski koszt, łatwość wykonania, łatwość zakupu, małe wymagania odnośnie do zasilania, łatwość kalibracji, łatwość konserwacji



Czynniki wpływające na wybór rodzaju pomiaru i sensora [18]

Czynniki wpływające na występowanie problemów pomiarowych	Przykłady
trudności z przeprowadzeniem pomiaru w czasie realizacji procesu	geometryczna i wymiarowa dokładność obrabianego przedmiotu, chropowatość i jakość powierzchni obrabianego przedmiotu, zużycie i uszkodzenie narzędzia, odkształcenia termiczne obrabiarki
trudności z przeprowadzeniem pomiaru bezpośredniego	zużycie i uszkodzenie narzędzia w skrawaniu ciągłym, odkształcenia termiczne obrabiarki
zbyt duża odległość między obiektem a miejscem pomiaru	oddalenie strefy skrawania/szlifowania od miejsca, w którym może być umieszczony sensor
zainstalowanie sensora nie powinno wpływać na proces obróbki i sztywność systemu obróbkowego	zmniejszenie sztywności narzędzia lub elementów obrabiarki w celu pośredniego pomiaru siły na podstawie zmian naprężeń
oddziaływanie środowiska	obecność płynu obróbkowego, zakłócenia elektryczne spowodowane obwodem zasilania
transmisja sygnału przez wirujący lub przesuwający się element	transmisja sygnału z wirującego wrzeciona lub szybko przesuwającego się stołu
duże zróżnicowanie metod obróbki	wymaganie, aby sensory były efektywne (skuteczne) dla różnych rodzajów obróbki, jak np. frezowanie, wiercenie, gwintowanie na jednej obrabiarce