

POMIARY ZUŻYCIA

Stosowane metody badania zużycia umożliwiają ocenę względnej odporności materiałów na zużycie.

Wartość zużycia, a w niektórych przypadkach i intensywność zużywania, można ocenić za pomocą następujących metod ilościowych:

- wagowej,
- metrycznej,
- sztucznych baz,
- profilografowania,
- pneumatycznego pomiaru mikrometrycznego,
- pomiaru ciśnienia i natężenia przepływu płynów przepływających przez szczelinę między trącymi elementami,
- czujników dynamometrycznych,
- czujników indukcyjnych,
- pomiarów tensometrycznych,
- izotopów promieniotwórczych.

METODA WAGOWA

Metoda wagowa polega na ważeniu badanej próbki przed i po próbie pracy. Różnica masy próbki, odniesiona do drogi tarcia, pracy tarcia albo czasu pracy skojarzenia, przedstawia średnią intensywność zużywania materiałów współpracujących.

Masę próbki mierzy się z dokładnością uzależnioną od konstrukcji wagi.

Do ujemnych cech metody wagowej należy niemożność ciągłej rejestracji ubytku masy badanej próbki oraz niemożność oceny stopnia równomierności ubytku masy próbki na całej powierzchni badanej.

Metody wagowej nie można stosować bez demontażu badanych elementów. Ponowny montaż powoduje docieranie współpracujących elementów, a więc różną intensywność zużywania skojarzenia przed i po demontażu.

Do oceny zużycia elementów o znacznych masach metoda wagowa nie jest stosowana ze względu na konstrukcję wag (pomiar stosunkowo małej masy produktów zużycia w odniesieniu do znacznej masy badanego elementu).

Często metoda wagowa jest stosowana jako metoda kontrolna lub wzorcująca inne metody badania zużycia.

METODA METRYCZNA

Metryczna metoda pomiaru zużycia, nazywana popularnie „mikrometrażem”, oparta jest na pomiarze wymiaru liniowego elementu badanego przed jego zużyciem i po określonym etapie zużycia.

Dokładność mechanicznych narzędzi pomiarowych (suwmiarka, mikrometr, średnicówka) jest niezbyt duża.

Stosując optyczne przyrządy pomiarowe (np. mikroskopy warsztatowe) można uzyskać dokładność rzędu ułamków mikrometra.

Do wad metody metrycznej należy zaliczyć;

- trudność pomiaru nierównomierności zużycia na całej badanej powierzchni,
- konieczność stosowania bazy odniesienia,
- niemożność określenia rozkładu ubytków na przeciwległych powierzchniach (np. wewnętrzne wymiary tulei cylindrów lub zewnętrzne wymiary czopów wału),
- trudności w utrzymaniu stałej temperatury mierzonego elementu przed i po próbie, jak i narzędzia pomiarowego,
- błędy wynikające ze zmiennego kontaktu końcówki pomiarowej z powierzchnią mierzoną.

METODA PROFILOGRAFIOWANIA

Metoda profilografowania polega na wykonaniu profilogramu badanej powierzchni przed i po próbie, a następnie porównaniu ich. Określając odchylenie linii występow nierówności od linii wklęsłości otrzymujemy wartość zużycia.

Przy dużych wartościach zużycia przekraczających wielkość początkowych nierówności elementów współpracujących, konieczne jest zachowanie na badanych próbkach bazy odniesienia (powierzchnia nie pracująca), względem której jest oceniana wartość zużycia. Metoda profilografowania umożliwia dość dokładne odtworzenie rozkładu zużycia elementów maszyn na całej powierzchni. Profilogramy wykonuje się prostopadle do kierunku powierzchni. Dokładność pomiaru zużycia (liniowego) metodą profilografowania wynosi do około $0,1\text{ }\mu\text{m}$ przy stosowaniu profilografów optycznych do około $0,01\text{ }\mu\text{m}$. Wadami tej metody jest: ograniczony obszar, konieczność użycia bazy odniesienia.

Profilografowanie powierzchni odtwarza zarys nierówności, z których można wnioskować o intensywności zużycia poszczególnych obszarów powierzchni. Całkowity ubytek liniowy powierzchni można mierzyć za pomocą profilografu, całkując pole zawarte pod profilogramem i porównując je z analogicznym polem powierzchni przed jej zużyciem.

METODA SZTUCZNYCH BAZ

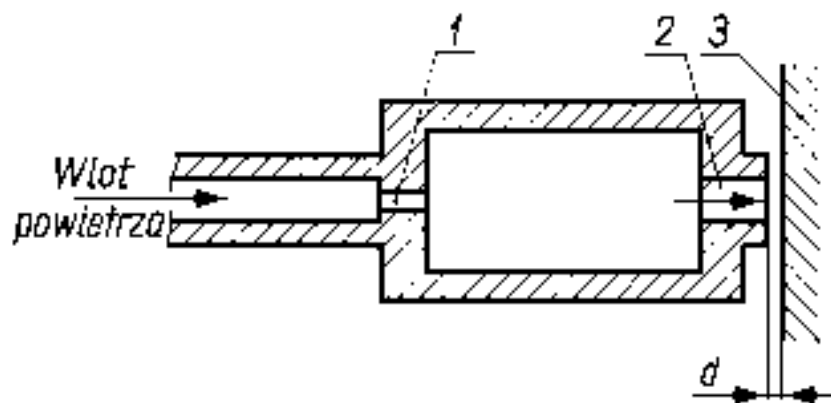
Metoda sztucznych baz polega na pomiarze przed i po zużyciu wymiarów wytworzonego w badanej warstwie wierzchniej wgłębienia o określonym kształcie i głębokości. Wgłębienie (sztuczna baza) można nanosić różnymi metodami. Wierzchołek (dno) wgłębienia jest punktem odniesienia pomiaru zużycia.

Przy pomiarach odczytuje się średnicę lub przekątną sztucznej bazy. Z odpowiednich zależności między tymi wymiarami a głębokością odcisku oblicza się ubytek materiału badanego elementu maszyny. Odpowiednio rozmieszczone sztuczne bazy umożliwiają dość dokładne określenie zużycia liniowego na całej powierzchni tarcia. Liczba i wymiary sztucznych baz powinny być tak dobrane, aby nie skażały badań.

Najczęściej stosuje się dwa sposoby nanoszenia sztucznych baz, a mianowicie:

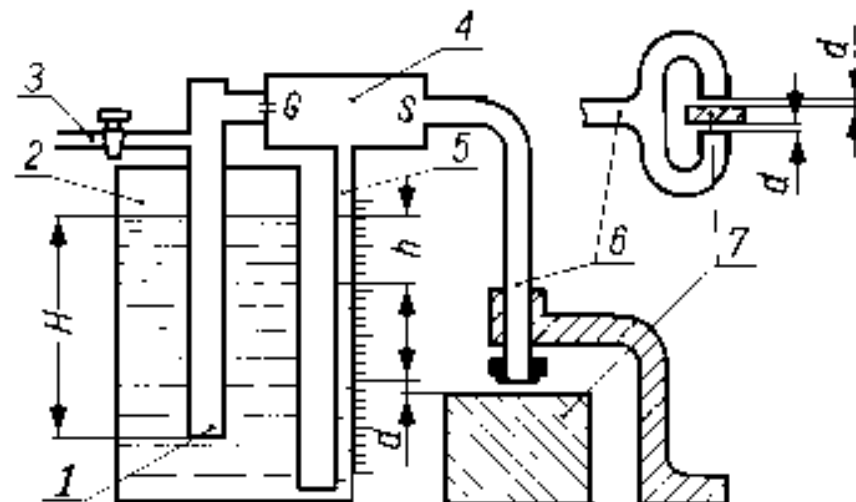
- odciski penetratora zagłębionego w badaną powierzchnię (piramidka Vickersa, Knoopa, kula Brinella itp.),
- wgłębienia wykrawane za pomocą specjalnych przyrządów o określonych kształtach i wymiarach.

Pomiar zużycia za pomocą pneumatycznego pomiaru mikrometrycznego



Rys.1. Schemat mikrometru pneumatycznego;

- 1 - otwór wlotowy,
- 2 - otwór wylotowy,
- 3 - ścianka



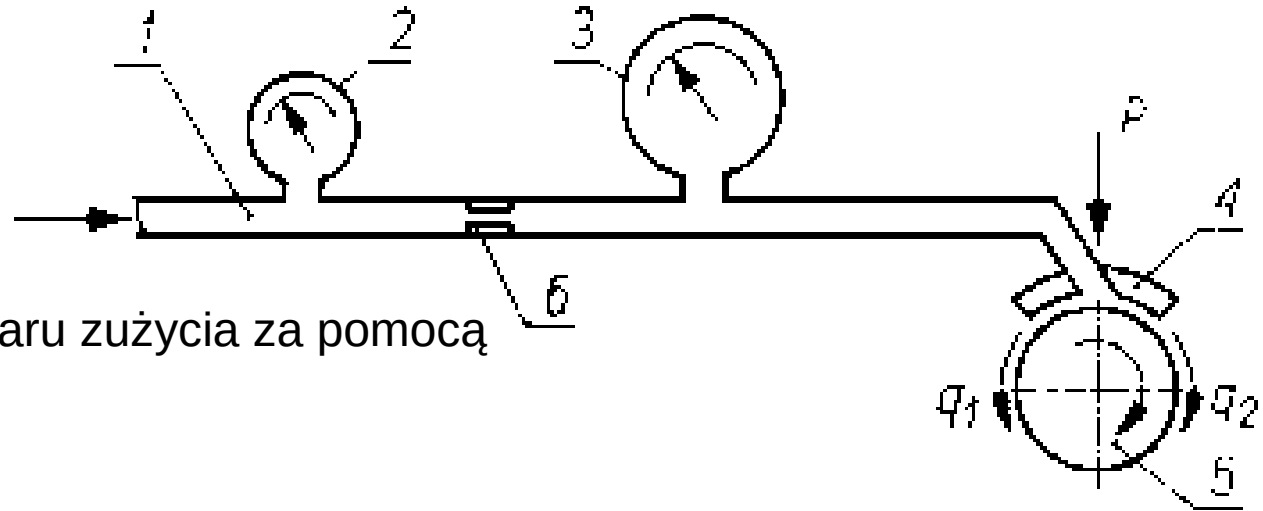
Rys.2. Schemat mikrometru pneumatycznego

Pomiar zużycia za pomocą pneumatycznego pomiaru mikrometrycznego

Za pomocą jednej dyszy pomiarowej nie można badać kinetyki zużycia ilościowego, dlatego też w rzeczywistych układach pomiarowych zużycia stosuje się trzy i więcej dysz pomiarowych. Spowodowane jest to nierównomiernością zużycia badanej próbki, jak również przy dużych wartościach zużycia - pokrywaniem się całkowitego zakresu zużycia w taki sposób, że górny przedział pomiaru zużycia pierwszej dyszy pokrywa się z dolnym przedziałem pomiaru zużycia drugiej dyszy itd. Z literatury wynika, że mikrometrem pneumatycznym można badać zużycie z dokładnością do $0,1\text{ }\mu\text{m}$ w zakresie $0\div 60\text{ }\mu\text{m}$.

Do zalet pneumatycznego pomiaru należą: bezstykowy pomiar zużycia dokonywany w sposób ciągły, możliwość automatycznej rejestracji zużycia, wysoką czułość. Do wad zalicza się natomiast duże gabaryty oprzyrządowania, możliwość zabrudzenia dysz, co wpływa na dokładność pomiaru,

Pomiar zużycia za pomocą pomiaru ciśnienia i natężenia przepływu płynów przepływających przez szczelinę między trącymi elementami

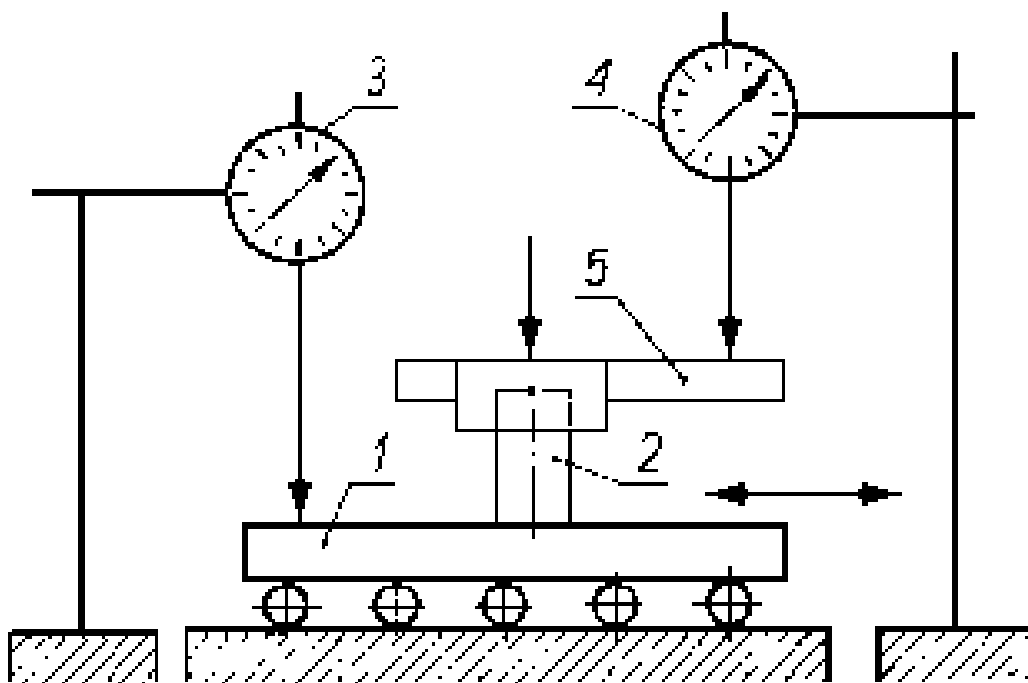


Rys.3. Urządzenie do pomiaru zużycia za pomocą przepływu cieczy;

- 1 - przewód,
- 2 - manometr kontrolny,
- 3 - przepływomierz,
- 4, 5 - próbki,
- 6 - dysza pomiarowa

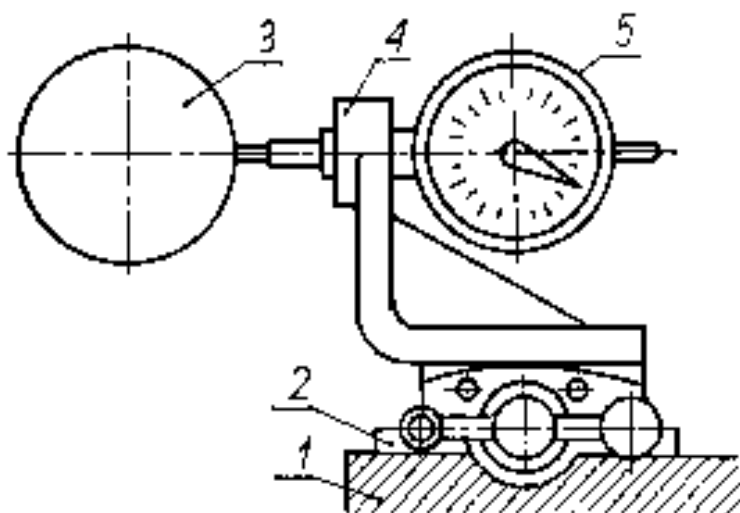
Przedstawione schematycznie metody oceny zużycia charakteryzują się wysoką czułością, prostotą i niezawodnością. Do wad tych należy zaliczyć: nieprzydatność przy badaniu zużycia materiałów porowatych wysokoplastycznych, obniżenie dokładności metody, gdy nie zapewnia się należytego odprowadzenia produktów zużycia ze szczeliny między trącymi się elementami, niemożliwość wyeliminowania w każdym badanym skojarzeniu wpływu rozszerzalności cieplnej.

Pomiar zużycia za pomocą czujników zegarowych



Rys.4. Urządzenie do pomiaru zużycia w ruchu postępowo-zwrotnym za pomocą czujników zegarowych;

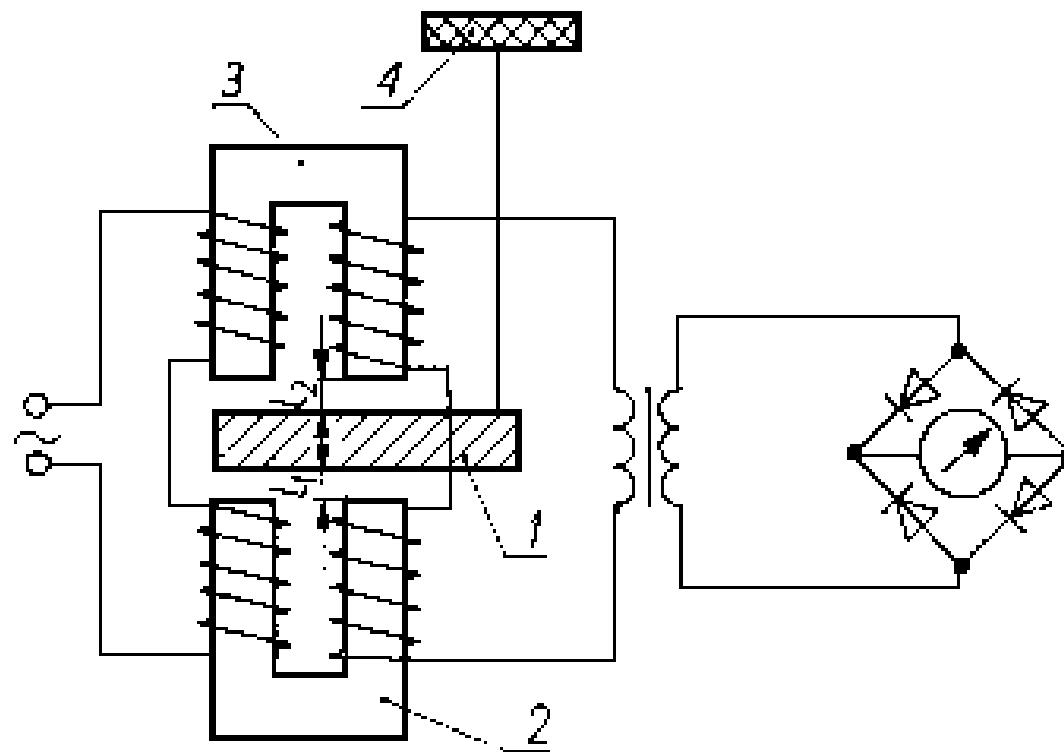
- 1, 2 - próbka i przeciw-próbka,
- 3, 4 - czujniki zegarowe,
- 5 - obejmą



Rys.5. Urządzenie do pomiaru zużycia czopa;

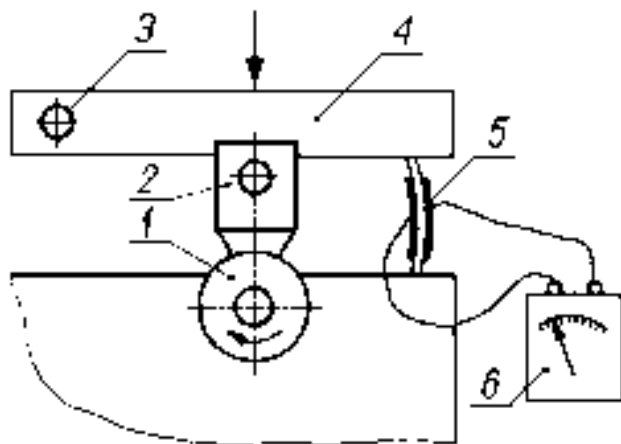
- 1 - podstawa,
- 2 - suport wzdłużny,
- 3 - czop,
- 4 - wspornik,
- 5 - czujnik pomiarowy

Pomiar zużycia za pomocą czujników indukcyjnych



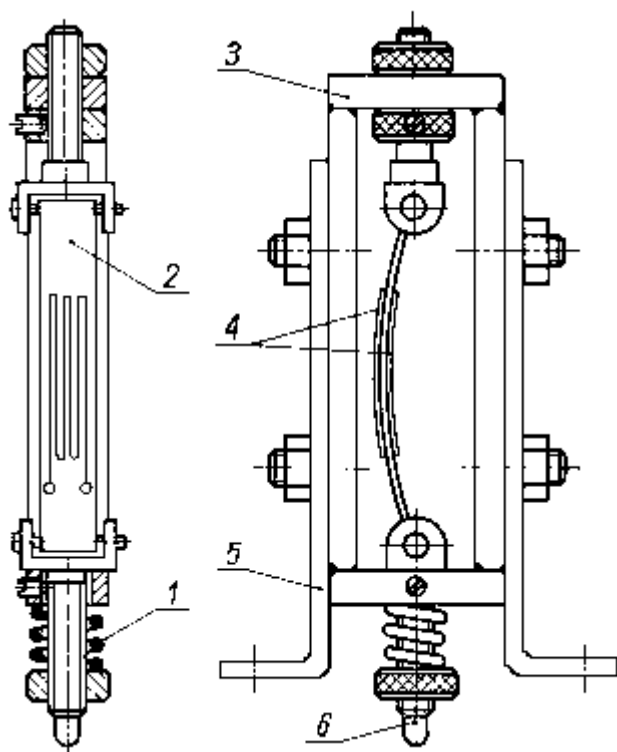
Rys.8. Urządzenie do pomiaru zużycia za pomocą czujnika indukcyjnego;
1 - kotwica,
2, 3 - elektromagnesy,
4 – próbka.

Pomiar zużycia za pomocą pomiarów tensometrycznych



Rys.9. Schemat urządzenia do pomiaru zużycia za pomocą tensometrów;

- 1, 2-próbka i przeciwpróbka,
- 3 - przegub,
- 4 - belka,
- 5 - belka tensometryczna,
- 6 - aparatura rejestracyjna



Rys.10. Schemat czujnika tensometrycznego do pomiaru zużycia;

- 1 - sprężyna,
- 2 - belka tensometryczna,
- 3 - obudowa,
- 4 - tensometry,
- 5 - obejmą,
- 6 - sonda

Pomiar zużycia za pomocą izotopów promieniotwórczych

Metoda radioizotopowa pomiaru zużycia opiera się na tym, że aktywność substancji jest proporcjonalna do jej masy. Dlatego też znając aktywność substancji można wyznaczyć masę produktów zużycia. Jeżeli założymy, że substancja znakująca (znacznik) jest rozłożona proporcjonalnie w całej masie badanego elementu, to ilość produktów zużycia będzie proporcjonalna do masy substancji znakującej materiał danego elementu.

Określenie ilości izotopów promieniotwórczych, w badanym materiale jest bardzo ułatwione, gdyż wysyłają one promieniowanie jonizujące łatwo wykrywalne za pomocą prostych urządzeń. Tak więc zasada metody radioizotopowej sprowadza się do wprowadzenia do badanego elementu substancji znakującej, a następnie do określenia jej ilości w produktach zużycia lub ilości, która pozostała w badanym elemencie.

Substancją znakującą nie musi być zawsze pierwiastek lub izotop promieniotwórczy. Może to być także taki składnik, który nie wpływając na właściwości materiału badanej części będzie charakterystyczny tylko dla niego.

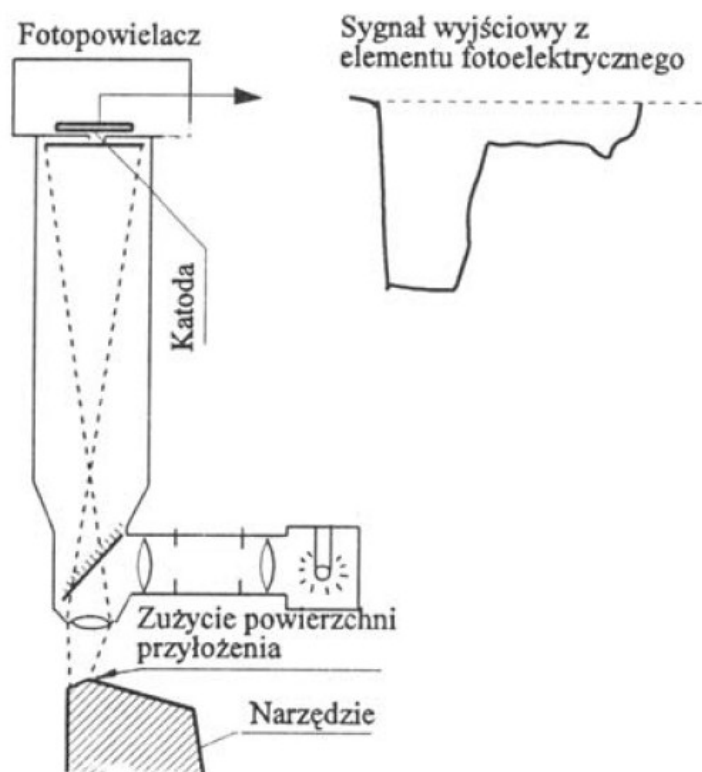
Pomiar zużycia ostrza

Metody bezpośrednie są oparte na wskaźnikach związanych ze zmianą geometrii ostrza, czyli na pomiarze cech geometrycznych. Metody bezpośrednie oddają więc wprost stan rzeczywisty, ale są trudne do technicznej realizacji.

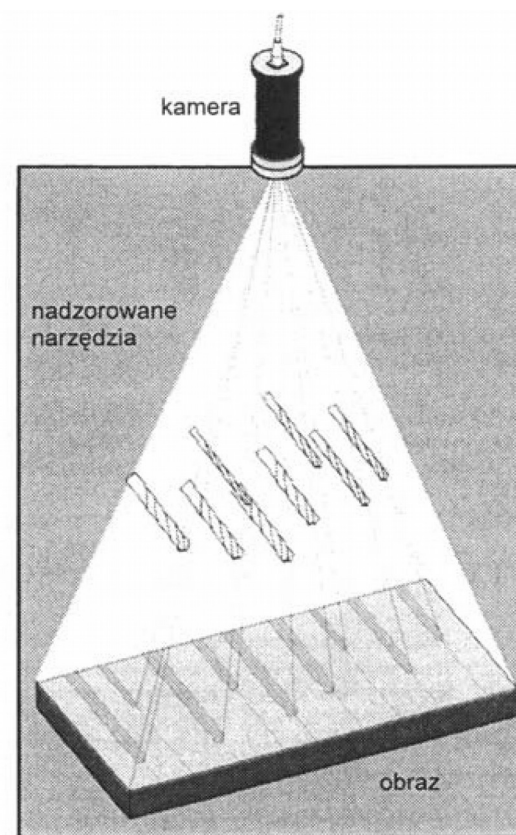
Metody bezpośredniej identyfikacji stanu ostrza można podzielić wg sposobów pomiaru na :

1. metody optyczne – na przykład oparte na analizie obrazu powierzchni ostrza
2. metody dotykowe - najczęściej sondy dotykowe
 - pomiar położenia ostrza czujnikiem dotknięcia
 - pomiar zużycia ostrza czujnikiem liniowym o małym zakresie
3. metody indukcyjne - wykorzystują bezdotykowe (indukcyjne) metody pomiaru
4. pomiar jako zmiana odległości między punktem odniesienia na narzędziu a powierzchnią obrobioną
5. metody elektrooporowe - ocena pola starcia powierzchni przyłożenia
6. metody radiometryczne - oparte na pomiarze promieniowania (ocena ubytku masy)

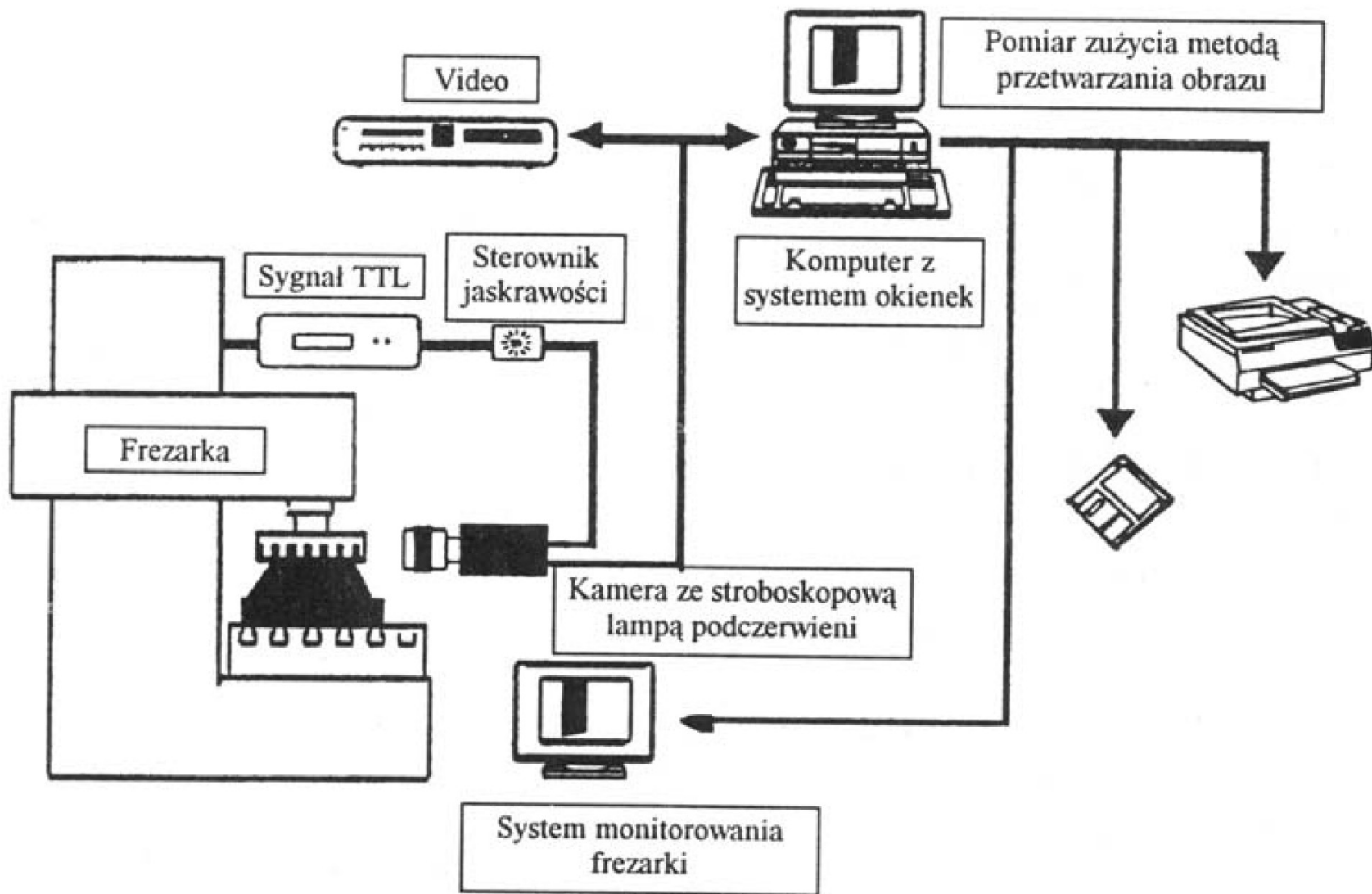
Do metod optycznych zaliczamy zarówno metody oparte na analizie obrazu ostrza skrawającego jak i metody laserowe. W celu automatycznego monitorowania do analizy obrazu stosuje się kamery analogowe z późniejszym przetworzeniem cyfrowym obrazu lub coraz częściej stosowane kamery cyfrowe podłączane bezpośrednio do komputera. Analiza obrazu umożliwia ocenę zużycia, wykruszenia czy też wyłamania ostrza. Metoda ta jest kłopotliwa w wykorzystaniu przemysłowym.



Rys.11 Układ optyczny do pomiaru zużycia na pow. przyłożenia

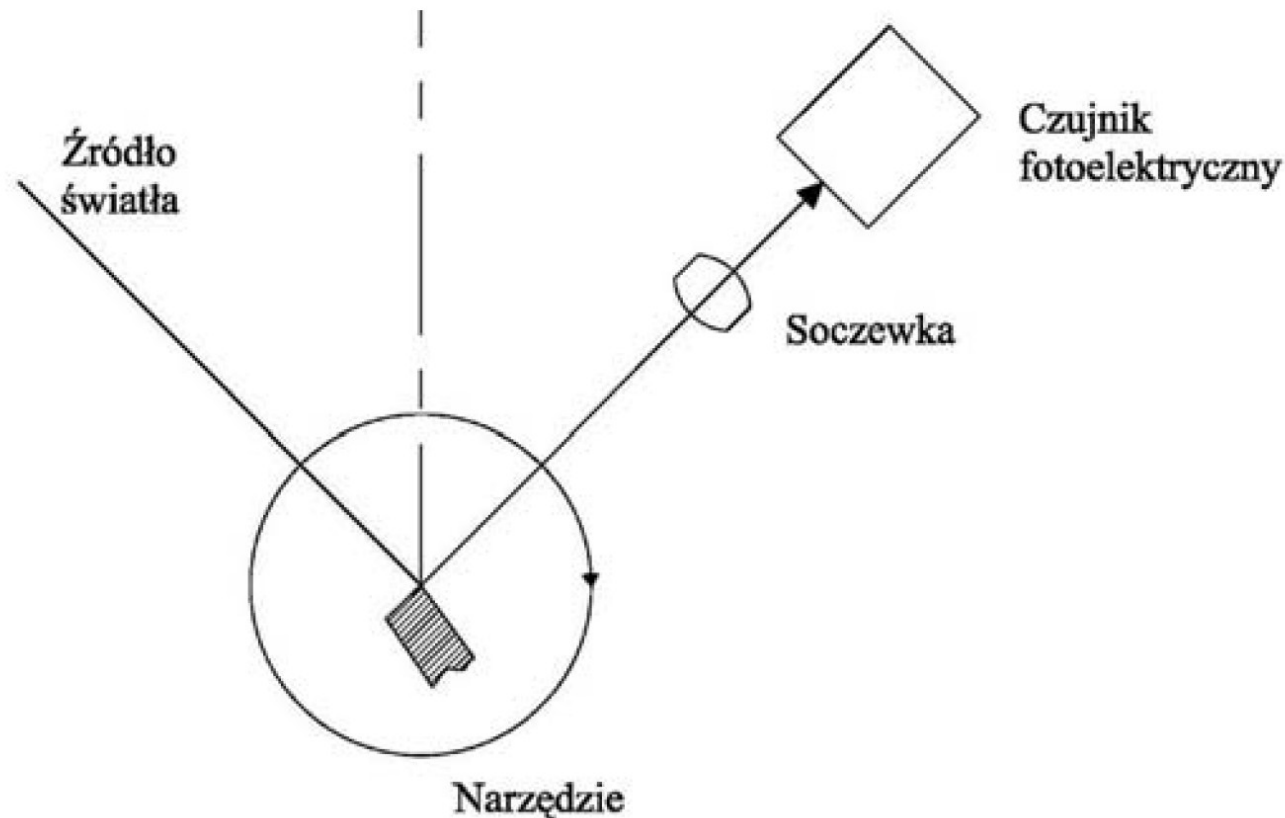


Rys.12 Zastosowanie kamery do nadzoru głowicy wielowrzecionowej



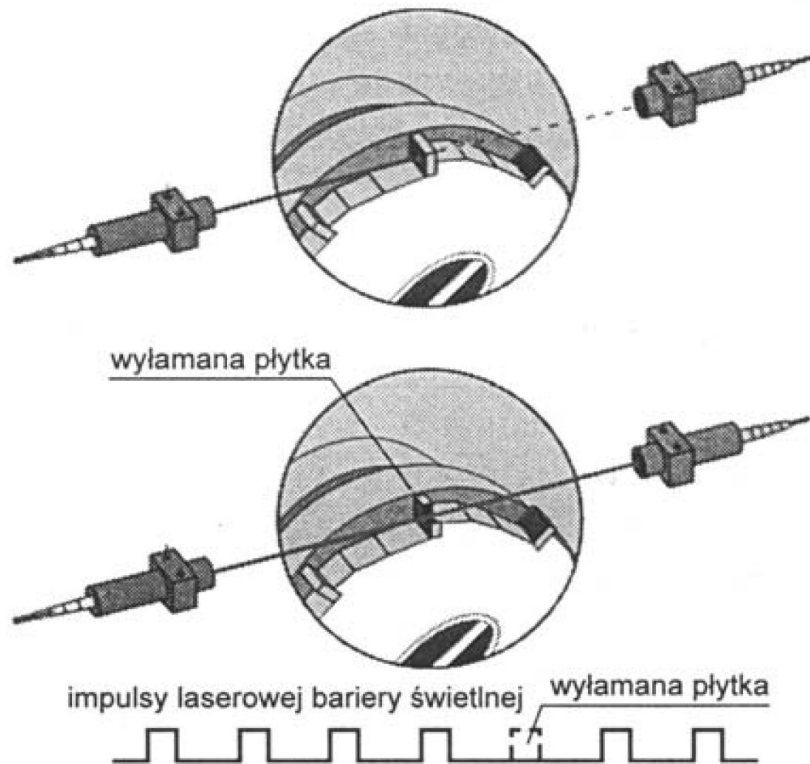
Rys.13. Wizyjny układ identyfikacji stanu powierzchni przyłożenia

Ciekawą techniką kontroli stanu narzędzia metodami optycznymi jest tzw. „Light reflection method” -Rys. 2-5. Polega ona na skierowaniu jednolitego strumienia świetlnego na naroże narzędzia. Odbity promień światła, wzmocniony przez soczewkę, pada na czujnik fotoelektryczny. Gdy narzędzie się zużywa światło odbite od powierzchni narzędzia zmienia kąt odbicia. Przez to wraz ze wzrostem zużycia zmienia się miejsce, w którym wiązka światła pada na foto-czujnik. Ta zmiana jest miarą zużycia narzędzia. Metoda ta jest stosowana do wykrywania stopienia frezów ale ma charakter laboratoryjny.



Rys.14 "Light reflection method" dla frezowania

Z pośród metod zaliczanych do optycznych zastosowanie przemysłowe znalazły tylko układy budowane w oparciu o laser. W tym przypadku nie stosuje się analizy obrazu ostrza, a monitorowane jest przerwanie strumienia świetlnego. Czujniki laserowe wykorzystywane są do wykrywania KSO (Rys.15) oraz do ustawiania narzędzi (Rys.16) (np. pomiaru długości i średnicy).

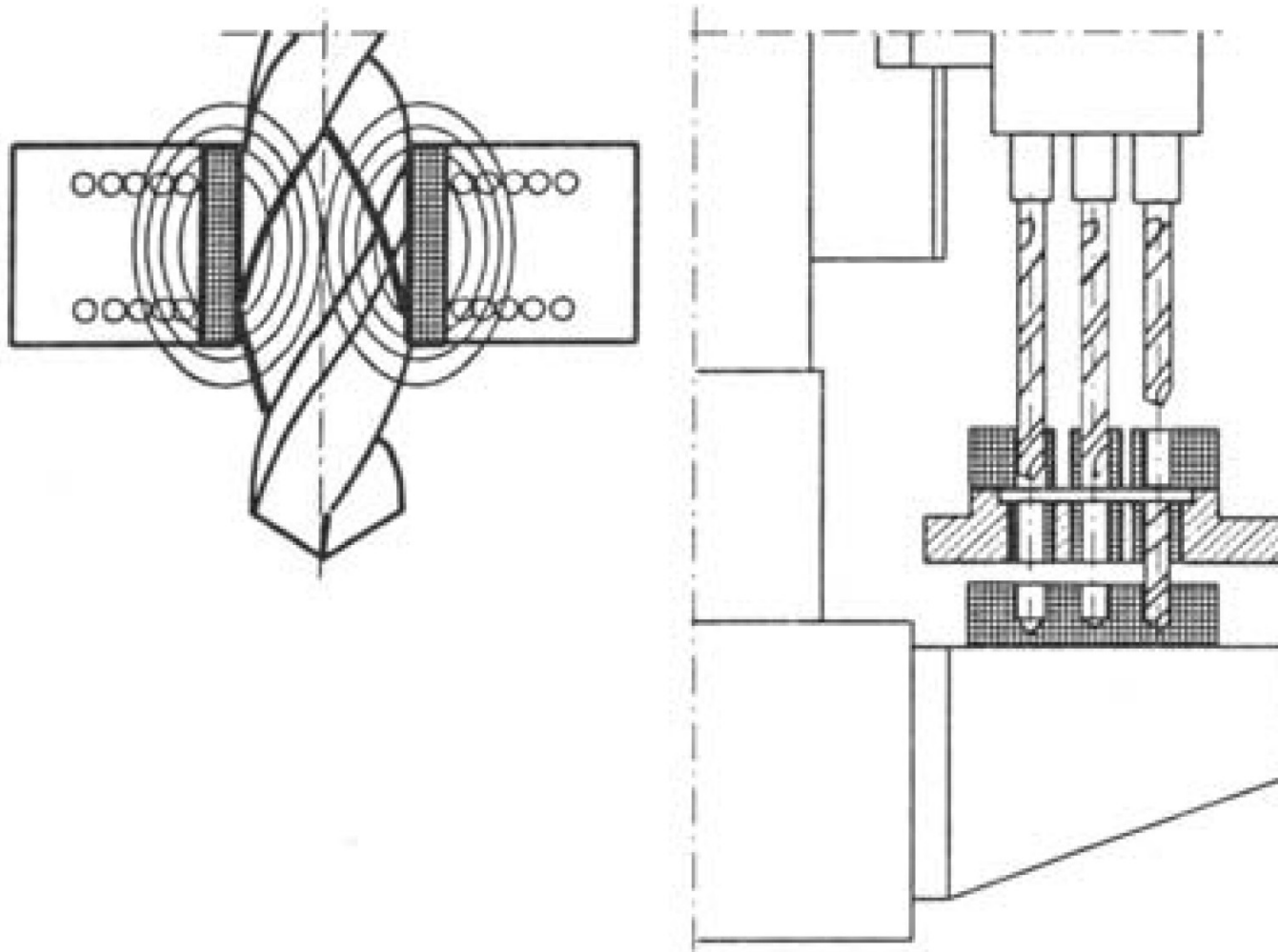


Rys.15. Zastosowanie lasera do wykrywania KSO przy frezowaniu



Rys.16. Pomiar narzędzia na centrum frezarskim

Metody indukcyjne – praktyczne zastosowanie znajdują tylko w specjalnych przypadkach, jak np. wykrywanie złamania narzędzi trzpieniowych.



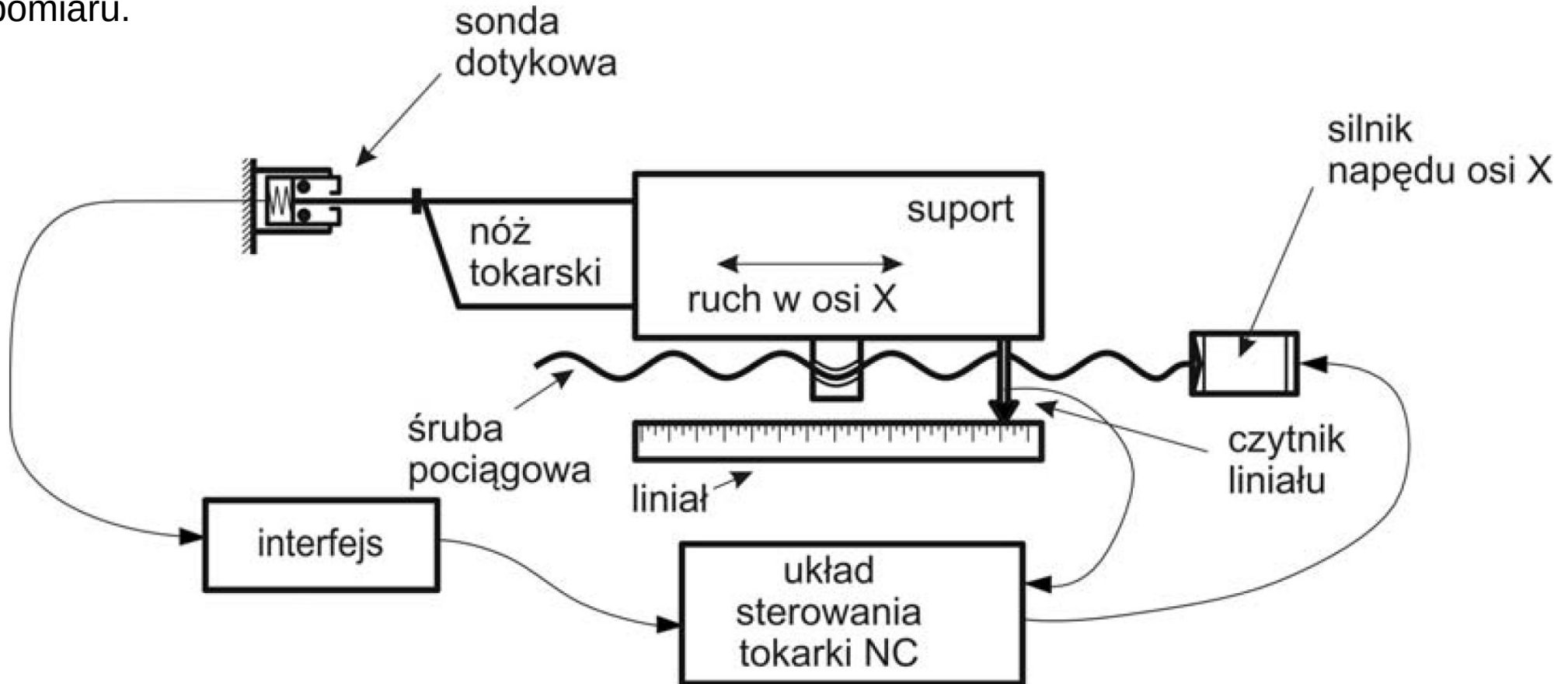
Rys.17 Układ firmy Euchner do wykrywania złamania wiertel

Metody elektrooporowe bazują na zmianie oporności. Może to być związane ze zmianą powierzchni styku między ostrzem a PO wraz z wzrostem zużycia na powierzchni przyłożenia. Stosowano również oporniki nałożone na powierzchnie przyłożenia. Wymiary opornika zmniejszają się wraz ze wzrostem zużycia ostrza. Niestety zmiana oporności zależy także od innych, zmieniających się czynników co utrudnia interpretację wyników.

W latach 80 i na początku 90 ubiegłego wieku kilku niemieckich producentów obrabiarek oferowało swoje maszyny z pneumatycznymi czujnikami pomiaru zużycia ostrza, obiecując potencjalne korzyści z ich stosowania. Niestety na wynik pomiaru wpływały zmiany temperatury, wilgotności i ciśnienia podawanego powietrza, jak również jakość obrobionej 5-7 powierzchni. Obecnie nie natrafiono w literaturze na artykuły pozwalające na wnioskowanie o przemysłowym zastosowaniu tego typu urządzeń.

Metody dotykowe

Rozwiązaniem, najczęściej zalecanym przez producentów tokarek, jest wykorzystywanie do monitorowania zużycia ostrza narzędzia, sond narzędziowych, stosowanych i tak w tokarkach NC do określania współrzędnych wierzchołka ostrza w układzie obrabiarki. Jednakże, zastosowanie tych sond do pomiaru zużycia naturalnego narzędzia nie jest w praktyce stosowane, ze względu na zbyt duży wpływ innych czynników (zakłóceń) na wynik pomiaru.



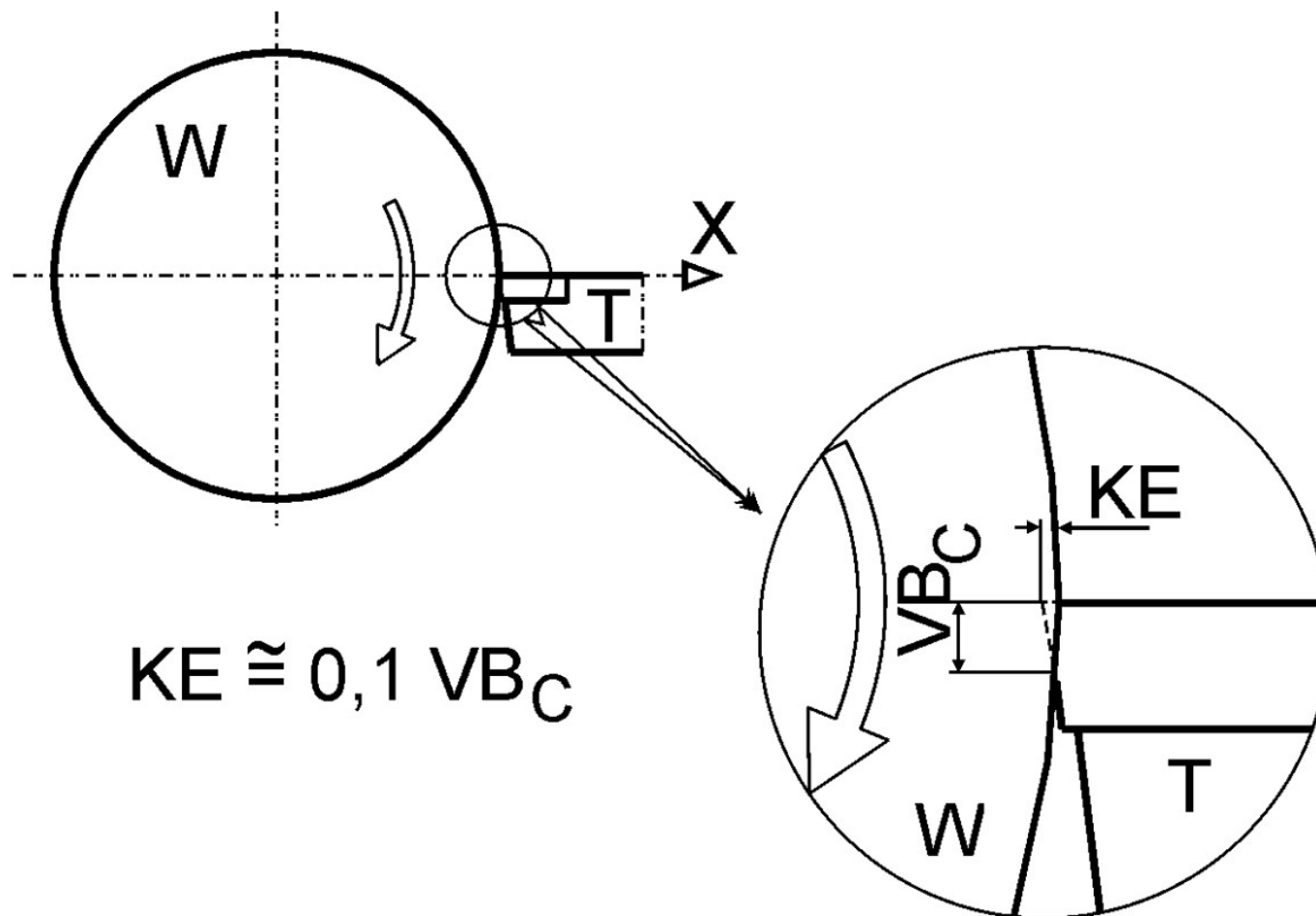
Rys.18 Zasada działania typowej sondy narzędziowej

Na wynik pomiaru duży wpływ mają :

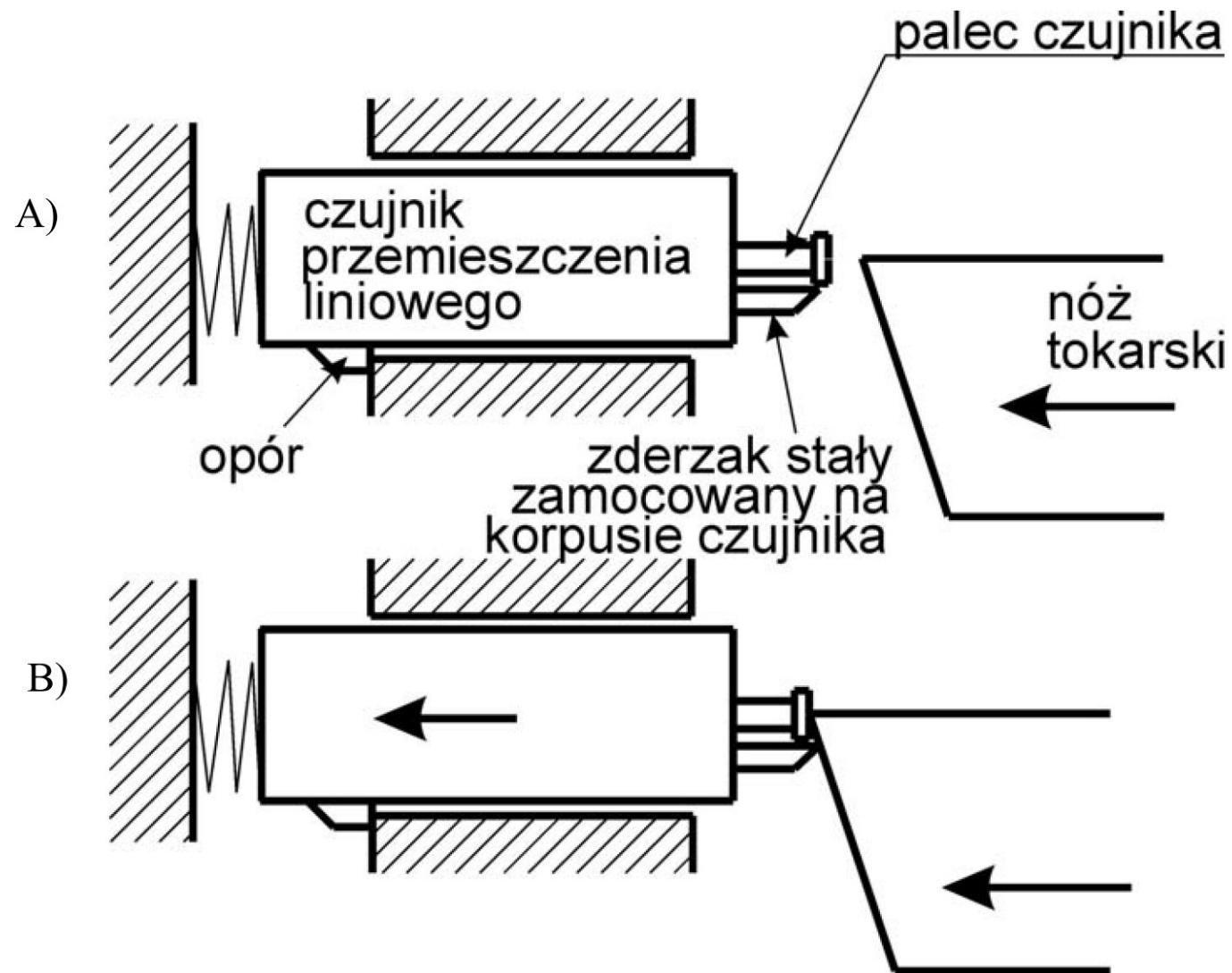
- dokładność układu pomiarowego obrabiarki,
- dokładność układu geometryczno-ruchowego obrabiarki,
- odkształcenia elementów mechanicznych pochodzące od naprężeń cieplnych.

Jak wykazały badania wykonane w ramach niniejszej pracy, standardowa sonda narzędziowa nadaje się do określenia współrzędnych wierzchołka ostrza w układzie obrabiarki, natomiast nie nadaje się do określenia wartości naturalnego zużycia ostrza. Różnice pomiarów tego samego ostrego narzędzia dokonywane standardową sondą narzędziową, w miarę nagrzewania się obrabiarki są tak duże, że wykluczają pomiar naturalnego zużycia ostrza.

Jedynie w przypadku wyraźnego skrócenia ostrza (złamanie, spalanie) – wykrywane jest KSO, ale KSO powinno być wykrywane w czasie skrawania natychmiast gdy się pojawia.



Rys.19 Zależność pomiędzy V_{Bc} a przesunięciem krawędzi skrawającej KE



Rys. 20 Zasada działania sondy bezpośredniego pomiaru naturalnego zużycia ostrza, z jednym czujnikiem przemieszczenia

PNEUMATYCZNY POMIAR ZUŻYCIA

