

Maszyny technologiczne

2019

dr inż. Michał Dolata
www.mdolata.zut.edu.pl



Znaczenie obrabiarek

- Znaczenie obrabiarek polega przede wszystkim na tym, że służą one do wytwarzania elementy służące do budowy nowych maszyn i urządzeń,
- Obrabiarki skrawające dominują w procesach wytwarzania z uwagi na szerokie możliwości technologiczne oraz wysoką dokładność wytwarzanych elementów.

Definicja obrabiarki

- Obrabiarka skrawająca jest to maszyna robocza, przeznaczona do kształtowania za pomocą narzędzi skrawających przedmiotów głównie z metali oraz innych tworzyw skrawalnych.
- Istotnymi cechami obrabiarki są:
 - Silnikowy napęd ruchu głównego
 - Wymuszone prowadzenie narzędzia względem przedmiotu obrabianego, przez zastosowanie prowadnic lub mechanizmów kierujących

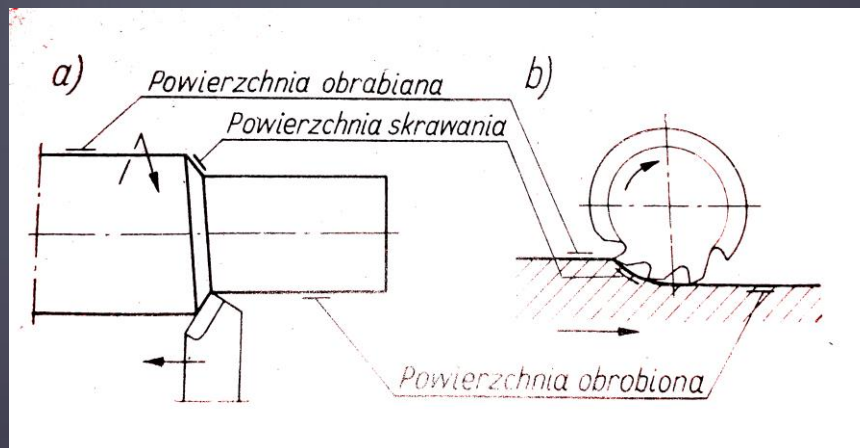
Proces roboczy

- Celem procesu roboczego jest nadanie przedmiotowi obrabianemu wymaganego kształtu, wymiarów i jakości powierzchni,
- Elementy, który biorą udział w procesie roboczym tworzące układ roboczy to:
 - Obrabiarka
 - Uchwyt
 - Przedmiot obrabiany
 - Narzędzie

- Żądany kształt powierzchni obrabianej uzyskuje się w wyniku względnych ruchów narzędzia i przedmiotu obrabianego,
- Proces roboczy w skrócie nazywa się obróbką,
- Podczas obróbki narzędzie wykonuje ostrzem pracę skrawania zużywaną na usunięcie nadmiaru materiału w postaci wiórów i pokonanie oporów tarcia,

Kształtowanie powierzchni

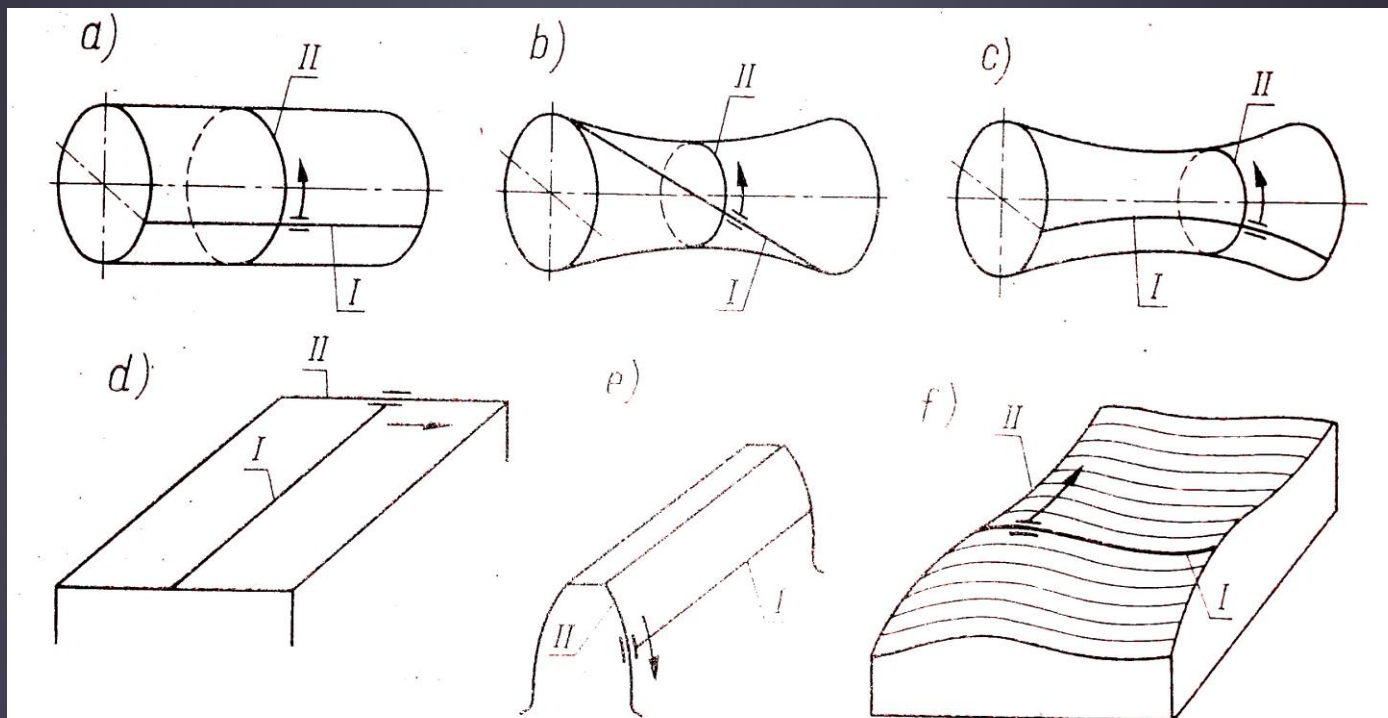
- Powierzchnią obrabianą nazywa się powierzchnię przedmiotu obrabianego przed obróbką,
- Powierzchnią obrobioną nazywamy powierzchnię przedmiotu obrabianego po obróbce,
- Powierzchnią skrawania jest powierzchnia przedmiotu obrabianego podczas procesu obróbki.



Linie charakterystyczne powierzchni

- Powierzchnię obrobioną można rozpatrywać jako zbiór linii,
- Każda powierzchnia może być utworzona jako ślad przestrzenny ruchu linii tworzącej po nieruchomej linii kierownicy – **są to linie charakterystyczne powierzchni,**
- Proces kształtowania powierzchni na obrabiarkach sprowadza się do odtwarzania na przedmiocie obrabianym linii charakterystycznych przez narzędzie skrawające.

Linie charakterystyczne powierzchni



Rys. 1.4. Linie charakterystyczne powierzchni (przykłady): a) powierzchnia walcowa, b), c) hyperboloida obrotowa utworzona dwoma sposobami, d) płaszczyzna, e) ewolwentowa powierzchnia zęba, f) powierzchnia nieregularna

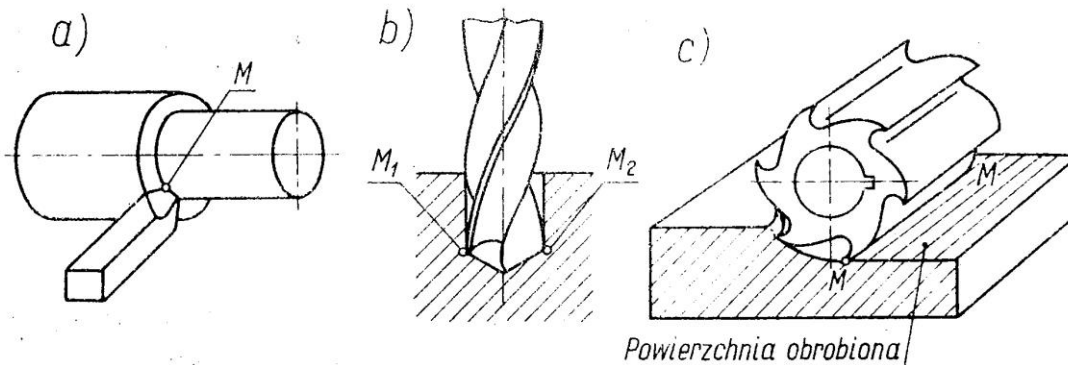
I – tworząca II - kierownica

Linie charakterystyczne powierzchni

- Linie charakterystyczne, jako ślady ruchu narzędzia mogą być rozmieszczone gęściej lub rzadziej,
- Powierzchnia rzeczywista może mniej lub więcej odbiegać od założonej powierzchni teoretycznej,
- Kształtowanie powierzchni odbywa się przez punkty ostrza, które wchodzą w styk z powierzchnią obrobioną,
- Styk narzędzia z przedmiotem jest punktowy bądź liniowy (w zależności od rodzaju procesu),
- Powierzchnia obrobiona musi powstawać w skutek ruchu względnego narzędzia i przedmiotu obrabianego.

Linie charakterystyczne powierzchni

10



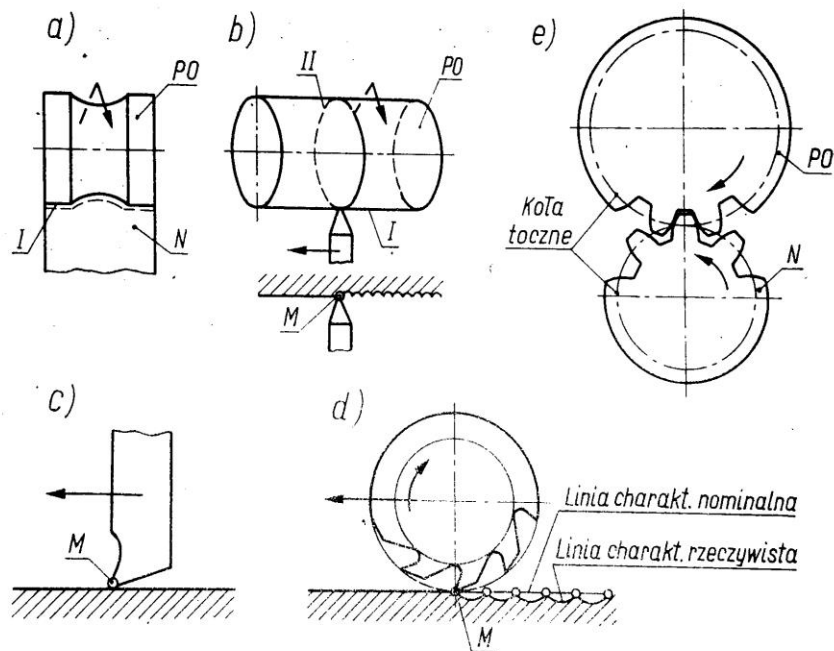
Rys. 1.5. Styk narzędzia z powierzchnią obrabianą: a), b) punktowy, c) liniowy; M — punkty styku krawędzi skrawającej narzędzia z powierzchnią obrabianą

Rodzaje narzędzi skrawających

- ▶ **Narzędzia kształtowe** – liniowy styk, ich krawędź bezpośrednio kształtuje zarys powierzchni obrobionej,
- ▶ **Narzędzia punktowe** (wierzchołkowe) – styk jest prawie punktowy,
- ▶ **Narzędzia kształtowo-punktowe** – okresowo przerywany styk krawędzi skrawającej z powierzchnią obrobioną,
- ▶ **Narzędzia obwiedniowe** – punktowy lub liniowy zmienny styk narzędzia z przedmiotem obrabianym. Kształtują zarys powierzchni obrobionej jako obwiednię kolejnych położeń krawędzi skrawającej.

Rodzaje narzędzi skrawających

12



Rys. 1.6. Rodzaje narzędzi skrawających: a) kształtowe (nóż tokarski kształtowy), b), c) punktowe (nóż tokarski lub strugarski wierzchołkowy), d) kształtowo-punktowe (frez), e) obwodniowe (dłutak w kształcie koła zębatego); N — narzędzie, PO — przedmiot obrabiany

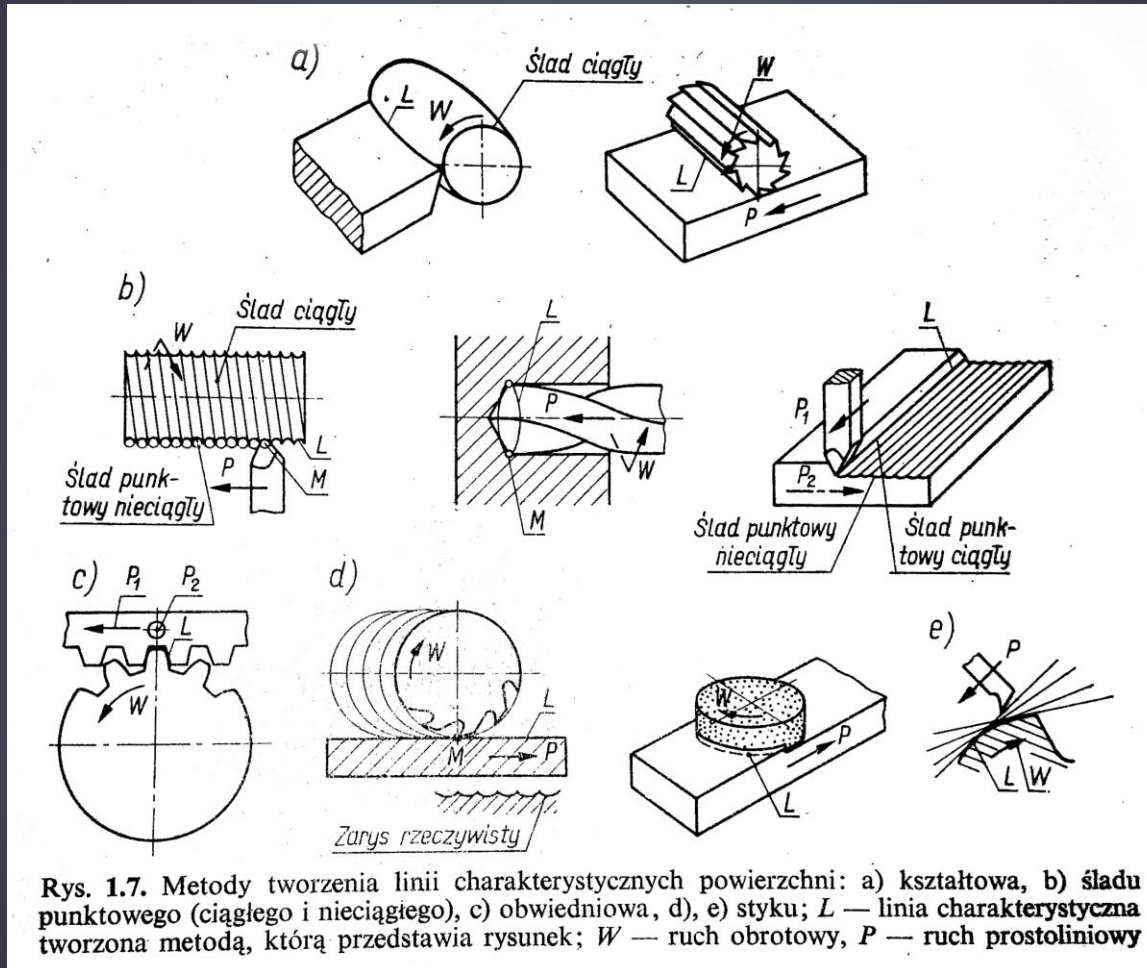
Metody tworzenia linii charakterystycznych

- ▶ W zależności od rodzaju narzędzia skrawającego i jego ruchu względem PO rozróżnia się **cztery** metody tworzenia linii charakterystycznych:
 - ▶ **Metoda kształtowa** – linia charakterystyczna L (tworząca) jest odwzorowaniem krawędzi skrawającej narzędzia,
 - ▶ **Metoda śladu punktowego** – linia charakterystyczna powstaje jako ślad punktowy ciągły lub nieciągły wierzchołka narzędzia,
 - ▶ **Metoda obwiedniowa** – linia charakterystyczna powstaje w wyniku ruchu odtaczania odpowiednio ukształtowanej krawędzi skrawającej narzędzia,
 - ▶ **Metoda styku** – linia charakterystyczna jest styczna do torów zakreślonych przez punktowe ostrza narzędzia stykające się okresowo z powierzchnią obrobioną.

Metody tworzenia linii charakterystycznych

- ▶ W zależności od rodzaju narzędzia skrawającego i jego ruchu względem PO rozróżnia się **cztery** metody tworzenia linii charakterystycznych:
 - ▶ **Metoda kształtowa** – linia charakterystyczna L (tworząca) jest odwzorowaniem krawędzi skrawającej narzędzia,
 - ▶ **Metoda śladu punktowego** – linia charakterystyczna powstaje jako ślad punktowy ciągły lub nieciągły wierzchołka narzędzia,
 - ▶ **Metoda obwiedniowa** – linia charakterystyczna powstaje w wyniku ruchu odtaczania odpowiednio ukształtowanej krawędzi skrawającej narzędzia,
 - ▶ **Metoda styku** – linia charakterystyczna jest styczna do torów zakreślonych przez punktowe ostrza narzędzia stykające się okresowo z powierzchnią obrobioną.

Metody tworzenia linii charakterystycznych

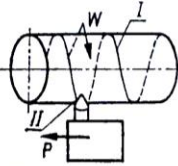
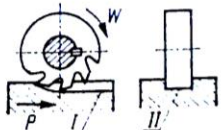
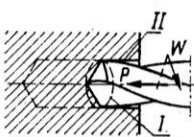
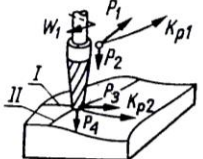
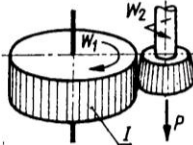
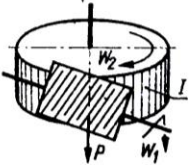


Metody kształtowania powierzchni

- ▶ Kształtowanie powierzchni na obrabiarkach skrawających polega na skojarzeniu jednej z metod tworzenia linii charakterystycznej *I* (tworzącej) z jedną z metod tworzenia linii charakterystycznej *II* (kierownicy),
- ▶ Ruchy tworzenia linii charakterystycznych powierzchni wykonywane przez narzędzie i przedmiot obrabiany nazywa się **ruchami kształtowania**,
- ▶ **Proste ruchy kształtowania** – są to występujące w procesie obróbki niezależne od siebie ruchy prostoliniowe lub obrotowe,
- ▶ **Złożone ruchy kształtowania** – składają się z występujących jednocześnie i zależnych od siebie ruchów prostoliniowych i obrotowych.

Skojarzenia metod tworzenia linii charakterystycznych

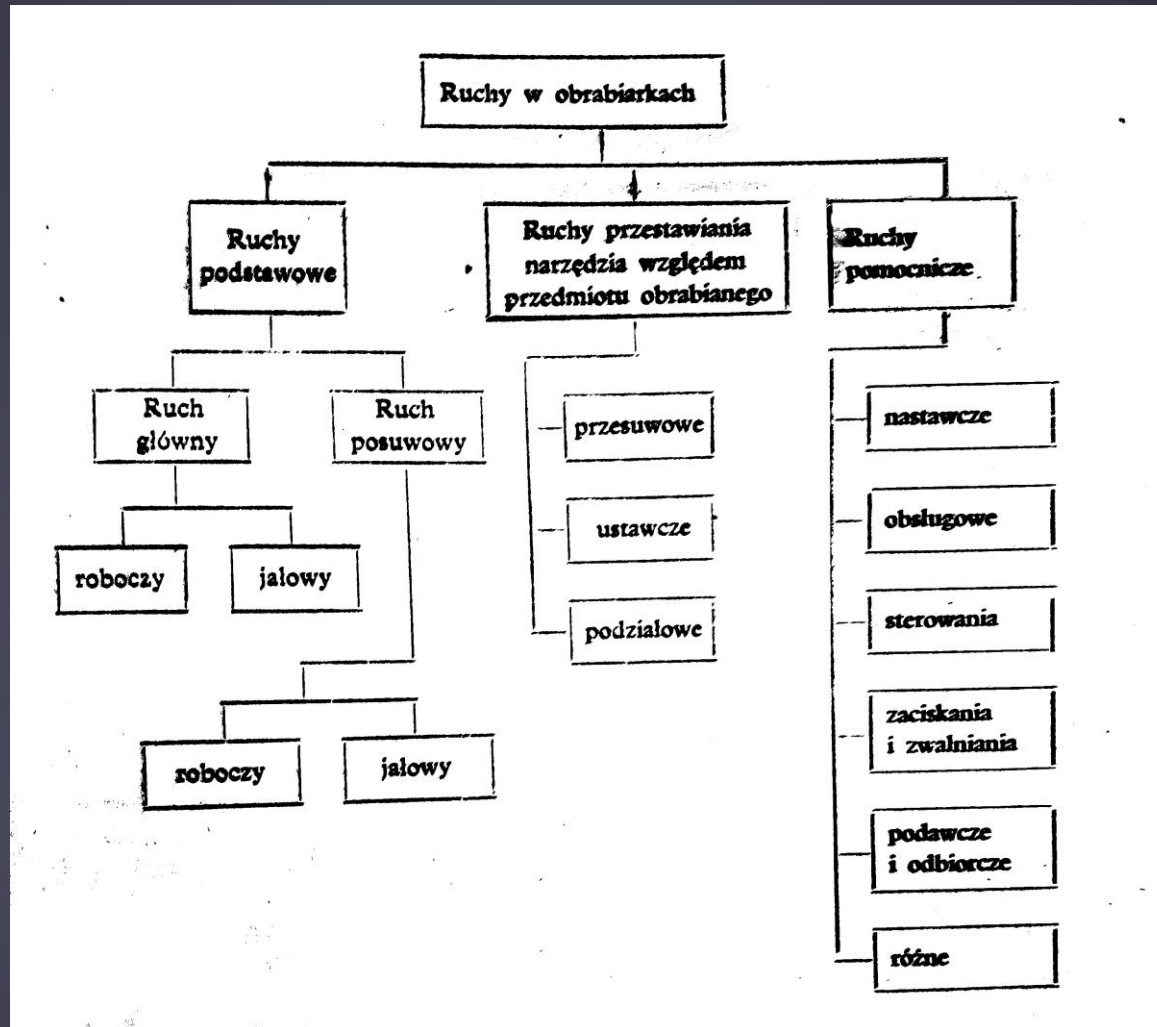
K – ruch kształtowania,
 ω – ruch decydujący o prędkości skrawania,
 p – ruch posuwowy,
 W – ruch obrotowy,
 P – ruch prostoliniowy,
 N_k – liczba niezależnych ruchów kształtowania.

		Metody tworzenia I linii charakterystycznej	
		śladu ciągłego S_c	styku T
Metody tworzenia II linii charakterystycznej	kształtowa K	Toczenie gwintu  $K_v(W, P)$ $N_k = 1$	Frezowanie  $K_v(W); K_p(P)$ $N_k = 2$
	śladu punktowego S_p	Wiercenie otworu  $K_v(W); K_p(P)$ $N_k = 2$	Frezowanie wierszowe  $K_v(W_1); K_{p1}(P_1, P_2);$ $K_{p2}(P_3, P_4); N_k = 3$
	obwiedniowa O	Dłutowanie obwiedniowe  $K_v(P); K_p(W_1, W_2)$ $N_k = 2$	Frezowanie obwiedniowe  $K_v(W_1, W_2); K_p(P);$ $N_k = 2$



Ruchy w obrabiarkach

18

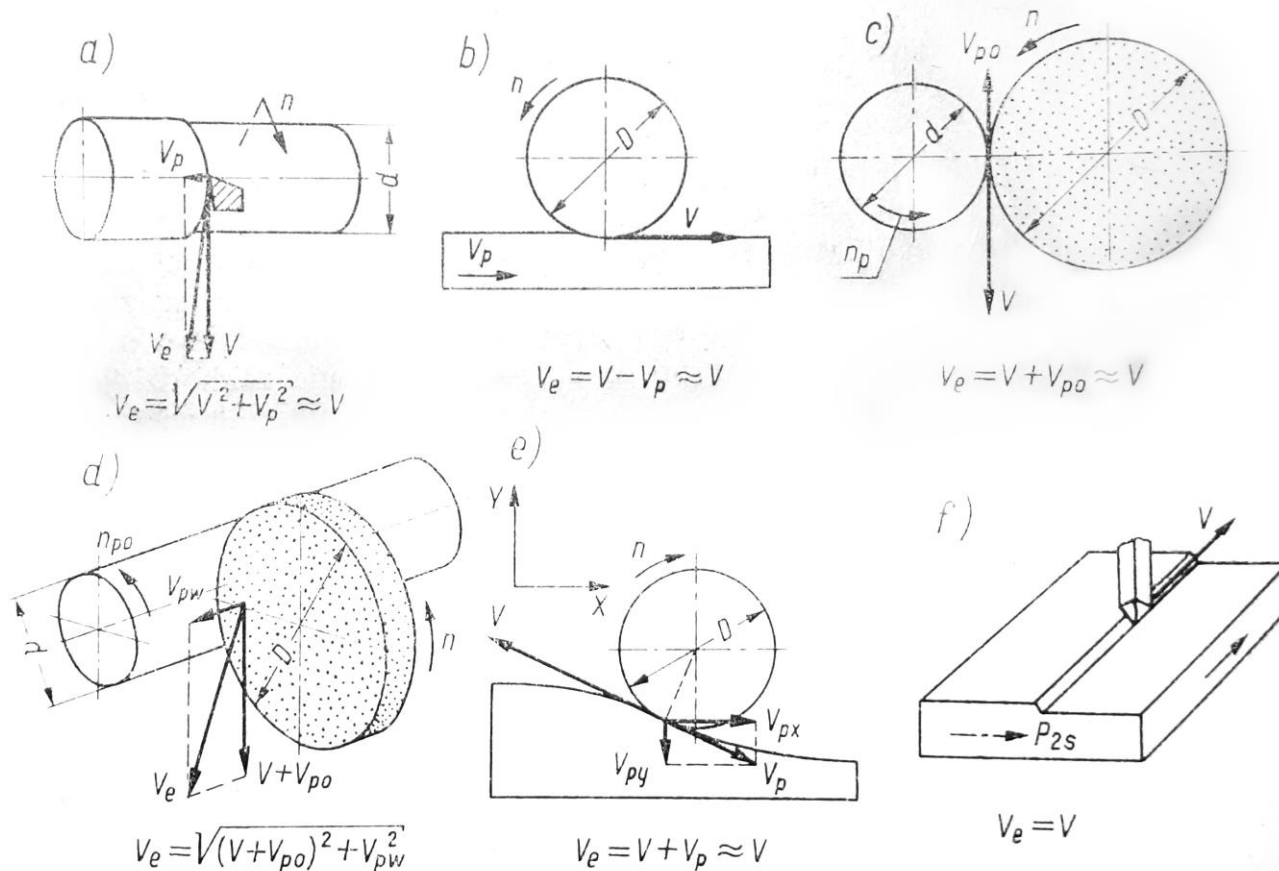


- ▶ **Ruchy podstawowe** – wykonywane są przez elementy i zespoły robocze obrabiarki wraz z narzędziem lub przedmiotem obrabianym niezbędne do prowadzenia obróbki,
 - ▶ **Ruch główny** – decydujący o prędkości skrawania,
 - ▶ **Ruch posuwowy** – niezbędny do usunięcia warstwy materiału z całej powierzchni obrabianej,
- ▶ **Ruchy robocze** – ruchy podstawowe podczas których odbywa się skrawanie,
- ▶ **Ruchy jałowe** – ruchy podstawowe, którym nie towarzyszy skrawanie.

- ▶ **Ruchy przestawiania** – ich celem jest zmiana wzajemnego położenia narzędzia i przedmiotu obrabianego, przed i po obróbce lub między kolejnymi zabiegami obróbkowymi,
 - ▶ Przesuwowe – szybkie przemieszczanie zespołów roboczych w zgrubnie określone położenia,
 - ▶ Ustawcze – ustawianie narzędzia względem przedmiotu obrabianego w dokładnie określone położenie,
 - ▶ Podziałowe – ustawianie narzędzia względem przedmiotu obrabianego w celu obrobienia na tym samym przedmiocie wielu jednakowych, ale przesuniętych powierzchni cząstkowych.

- ▶ Inne ruchy zalicza się do **ruchów pomocniczych**:
 - ▶ **Nastawcze** – nastawianie narzędzi na określony wymiar,
 - ▶ **Obsługowe**,
 - ▶ **Zaciskania i zwalniania**,
 - ▶ **Podawcze i odbiorcze**,
 - ▶ **Pomocnicze różne.**

- ▶ Najważniejsze parametry ruchów podstawowych:
 - ▶ Prędkość ruchu głównego (prędkość skrawania v) [m/min], [m/s]
 - ▶ Prędkość ruchu posuwowego v_p [m/min], [mm/min],
 - ▶ Wypadkowa prędkość skrawania v_e jest geometryczną sumą wektorów prędkości ruchu głównego i posuwowego.
- ▶ W większości przypadków $v_e \cong v$.



Rys. 1.9. Przykłady obróbki z zaznaczeniem prędkości ruchu głównego v i posuwowego v_p oraz składanie wektorów \vec{v} i \vec{v}_p w celu wyznaczenia wypadkowej prędkości skrawania \vec{v}_e :
 a) toczenie wzdłużne, b) frezowanie lub szlifowanie płaszczyzny, c) szlifowanie wcinające wałka, d) szlifowanie wzdłużne wałka (v_{po} — prędkość posuwu obwodowego wałka, v_{pw} — prędkość posuwu wzdłużnego), e) frezowanie powierzchni o zarysie krzywoliniowym, f) struganie wzdłużne

Parametry procesu roboczego

24

- ▶ Prędkość obrotowa narzędzia lub przedmiotu oznaczana jest jako n i wyrażana w [obr/min]
- ▶ Prędkość skrawania można zapisać w funkcji średnicy i obrotów:

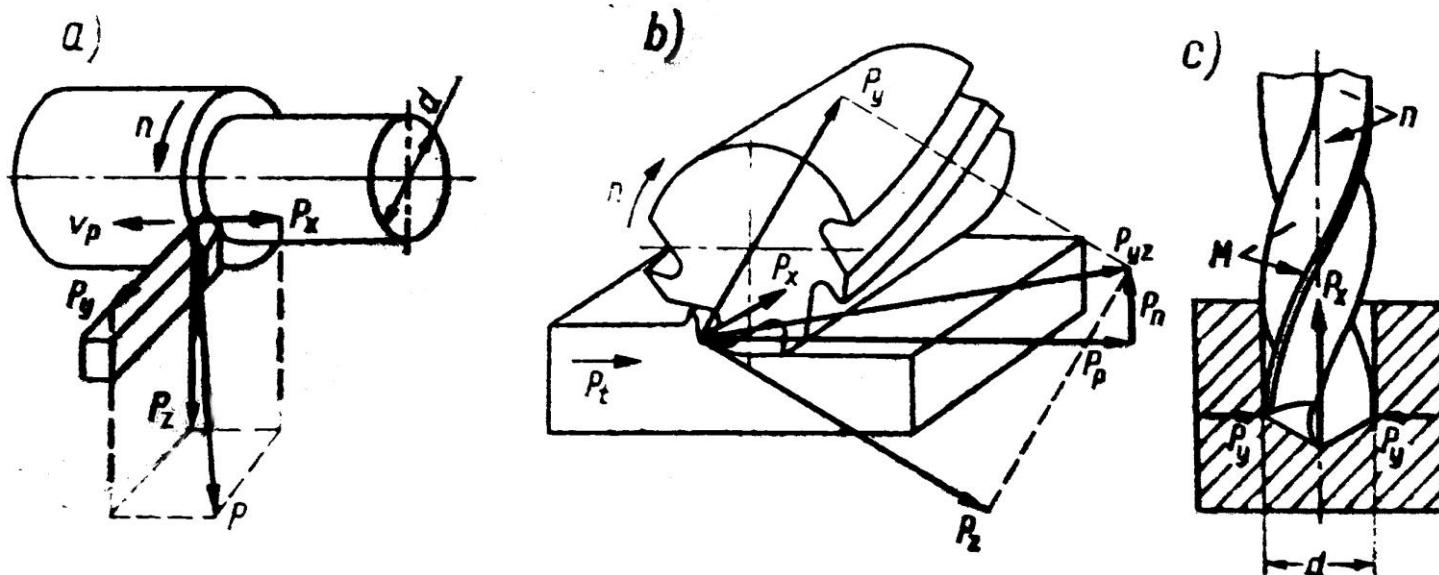
$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad \left[\frac{m}{min} \right]$$

- ▶ Parametrami charakteryzującymi ruch posuwowy są w zależności od rodzaju procesu:
 - ▶ Posuw na obrót p [mm/obr],
 - ▶ Posuw na skok ps [mm/sk],
 - ▶ Posuw na ostrze (zęb) pz [mm/ostrze],

Siły w procesie skrawania

26

- ▶ Wypadkową siłę skrawania P można rozłożyć na trzy wzajemnie prostopadłe składowe:
 - ▶ P_z – główną lub styczną,
 - ▶ P_y – odporową,
 - ▶ P_x – posuwową



Rys. 1.10. Siły obciążające narzędzie podczas skrawania: a) toczenie wzdłużne, b) frezowanie płaszczyzny frezem walcowym o ostrzach śrubowych, c) wiercenie

- ▶ Znając główną siłę skrawania P_z i prędkość skrawania v , można wyznaczyć moc skrawania (efektywną):

$$N_e = P_z v \quad [W]$$

- ▶ Znając moment skrawania M i prędkość kątową ω lub obrotową n , można również wyznaczyć moc efektywną skrawania:

$$N_e = M\omega = \frac{\pi M n}{30} \quad [W]$$

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ Przeznaczenie produkcyjne,
- ▶ Możliwości obróbkowe,
- ▶ Wydajność obróbki,
- ▶ Dokładność obrabiarki,
- ▶ Stopień automatyzacji i rodzaj sterowania,
- ▶ Wielkości charakterystyczne,
- ▶ Wyposażenie,
- ▶ Wskaźniki energetyczne,
- ▶ Niezawodność,
- ▶ Trwałość.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ Nazwa obrabiarki jest odwzorowaniem sposobu obróbki na niej prowadzonej,
- ▶ **Przeznaczenie produkcyjne:**
 - ▶ Ogólnego przeznaczenia – szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu,
 - ▶ Specjalne – o zawężonym zakresie zadań obróbkowych:
 - ▶ Do określonych przedmiotów dla określonej branży – tokarka do wałów korbowych, wał korb, wał korb 2, wał korb 3
 - ▶ Do określonych przedmiotów dla różnych branż - frezarka do rowków wpustowych,
 - ▶ Do jednej określonej operacji
 - ▶ Specjalizowane – przystosowane do obróbki określonych przedmiotów o podobnym kształcie lub określonych operacji w zawężonym zakresie (tokarka do pierścieni łożyskowych), mogą powstawać na bazie standardowych maszyn.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

▶ **Możliwości obróbkowe:**

- ▶ **Uniwersalne** – duża różnorodność wykonywanych operacji, głównie produkcja jednostkowa i małoseryjna,
- ▶ **Produkcyjne** – produkcja seryjna, mniejszy zakres operacji, większa wydajność,
- ▶ **Uproszczone** – zawężony zakres operacji.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

▶ **Wydajność obróbki:**

- ▶ **Objętościowa Q_v** – objętość materiału zamienionego na wióry w jednostce czasu cm^3/min
- ▶ **Powierzchniowa Q_F** – pole powierzchni obrobione w jednostce czasu cm^2/min ,
- ▶ **Jednostkowa Q_j** – liczba sztuk obrobionych w jednostce czasu szt/min, szt/h.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Dokładność obrabiarki** – podstawowa cecha użytkowa. Rozumiana jest jako odchyłka wykonania oraz odchyłka efektów obróbki od modelu teoretycznego. Wyróżniamy cztery kryteria oceny:
 - ▶ Dokładność geometryczna,
 - ▶ Dokładność kinematyczna,
 - ▶ Dokładność ustawcza,
 - ▶ Dokładność obróbki.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Dokładność geometryczna** – błędy wymiarowo kształtowe oraz błędy położenia bez obciążenia komponentów maszyny odpowiedzialnych za nadawanie kształtu lub położenia,
- ▶ **Dokładność kinematyczna** – błędy wykonania i montażu elementów kinematycznych – przekładni, które łączą ze sobą ruchy kształtowania,
- ▶ **Dokładność ustawcza** – błąd mechanizmów służących do ustawiania zespołów obrabiarki w żądanym położeniu,
- ▶ **Dokładność obróbki** – dokładność wynikowa, mierzona jest na podstawie jakości przedmiotów obrobionych na maszynie, przy założonych parametrach procesu.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Stopień automatyzacji i rodzaj układu sterowania**
– cecha użytkowa mająca wpływ na efektywność. Rodzaj układu sterowania może mieć istotny wpływ na wybór maszyny w kontekście włączania jej do systemu wytwarzania.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Wielkości charakterystyczne** – dane techniczne dotyczące użytkowania:
 - ▶ Wielkości **podstawowe** – przestrzeń robocza, wymiary przedmiotów obrabianych, maksymalne wymiary narzędzi, siła skrawania,
 - ▶ Wielkości **oznaczeniowe** – przyjęte umownie wymiary lub parametry (np. szerokość stołu frezarki),
 - ▶ Wielkości **pozostałe** – np. prędkości obrotowe wrzecion, posuwy, moce silników, gabaryty, masa.

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Wyposażenie obrabiarki** – elementy dołączane do obrabiarki mające na celu umożliwienie jej wykorzystania.
- ▶ **Wskaźniki energetyczne:**
 - ▶ Moc napędu głównego i posuwowego,
 - ▶ Sumaryczna moc zainstalowanych silników,
 - ▶ Sprawność napędu – sprawność napędu głównego można wyznaczyć jako iloczyn mocy skrawania N_e do mocy silnika N_s :

$$\eta = \frac{N_e}{N_s} < 1$$

Cechy techniczno-użytkowe obrabiarek

- ▶ **Niezawodność** – niezawodność jest zależna od intensywności uszkodzeń. Jest to prawdopodobieństwo wykonania przez urządzenie określonego zadania w określonej jednostce czasu i przy określonych warunkach,
- ▶ **Trwałość** – czas po którym zużycie uzyskuje określoną wartość.