

Frezowanie – podstawy, podział, definicje

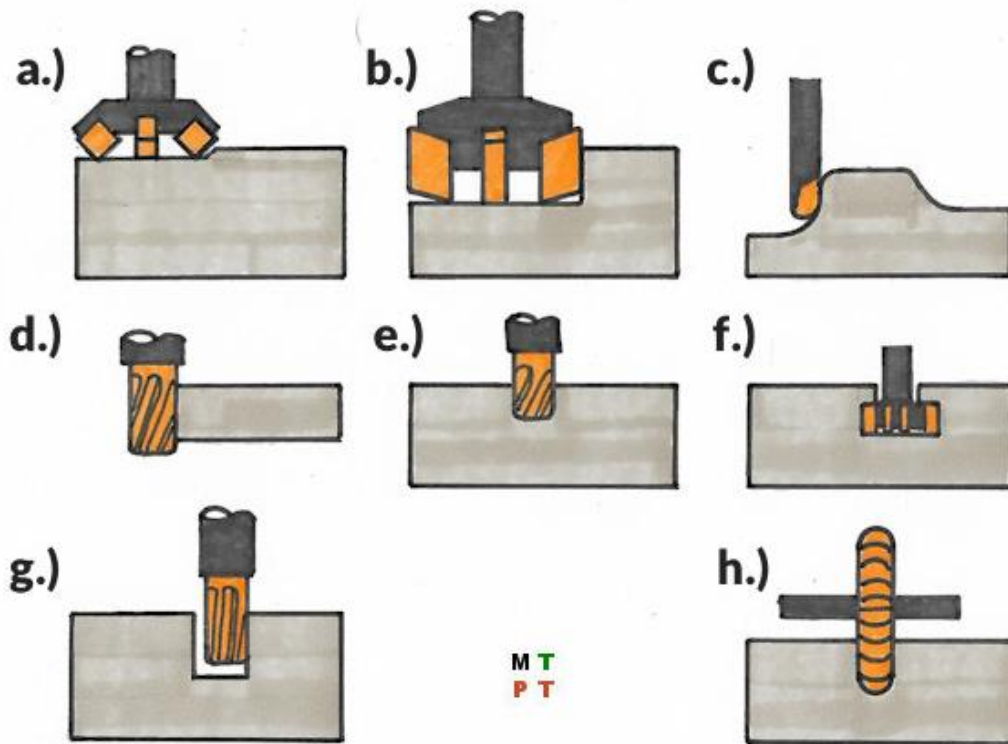
Sięgając do literatury możemy wyszukać wiele informacji o obróbce frezowaniem jako metodzie obróbki skrawaniem. W tym artykule podejmuje współczesne aspekty frezowania. Oprócz frezowania z parametrami konwencjonalnymi (obrabiarki konwencjonalne i CNC) odniosłem się do obróbek szybkościowych i obróbki materiałów trudnoskrawalnych. Obecnie frezowanie sprawdza się jako alternatywna metoda obróbki otworów, gwintów, kieszeni oraz powierzchni, które wcześniej wymagały użycia toczenia, wiercenia i gwintowania.

W przypadku obróbek szybkościowych (ang. high speed machining / high speed cutting – HSM / HSC) dominującą rolę odgrywa frezowanie, a zdecydowanie rzadziej stosuje się toczenie. Sama definicja obróbek szybkościowych jest wielokryterialna i opisałem ją w artykule **HSM – High Speed Machining – podstawy**. **Frezowanie** jest to jeden z rodzajów obróbki skrawaniem (obróbki ubytkowej), w którym stosuje się narzędzia wielostrzowe (frezy). Ten rodzaj obróbki wykorzystywany jest do obróbki:

- płaszczyzn,
- rowków,
- nacinanie gwintów,
- kół zębatych,
- powierzchni kształtowych, w tym o kształtach dowolnych (powierzchnie typu free-form).

Podczas frezowania ruchem głównym jest ruch obrotowy narzędzia dookoła jego osi. Przedmiot obrabiany realizuje przede wszystkim ruch posuwowy. W przypadku obrabiarek o wielu osiach sterowanych (np. 5-osioowych) jednocześnie realizowane są ruch główny narzędzia oraz ruchy przedmiotu obrabianego w pięciu sterowanych osiach uzyskując względny wzajemny ruch narzędzia i przedmiotu obrabianego.

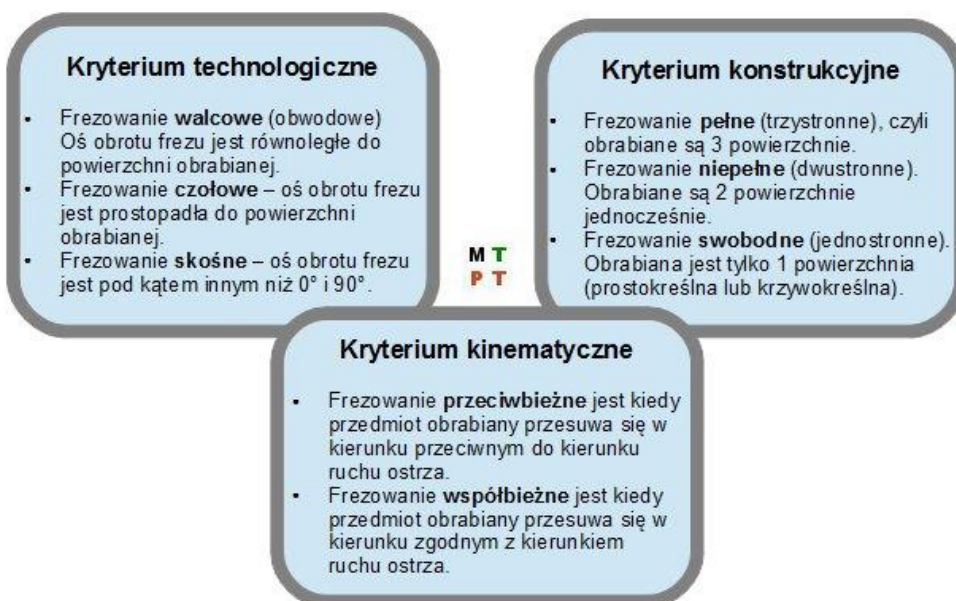
Na ilustracji 1 przedstawiono wybrane, podstawowe rodzaje frezowania.



Ilustracja 1. Wybrane rodzaje frezowania (zdania technologiczne dla frezowania) – a.) frezowanie czołowe; b.) frezowanie walcowo-czołowe; c.) profilowanie; d.) walcowe; e.) frezowanie rowka frezem palcowym; f.) frezowanie rowków T-owych; g.) frezowanie otworu; h.) frezowanie kształtowe.

Kryteria doboru frezowania

Ilustracja 2 przedstawia podstawowe kryteria podziału frezowania.



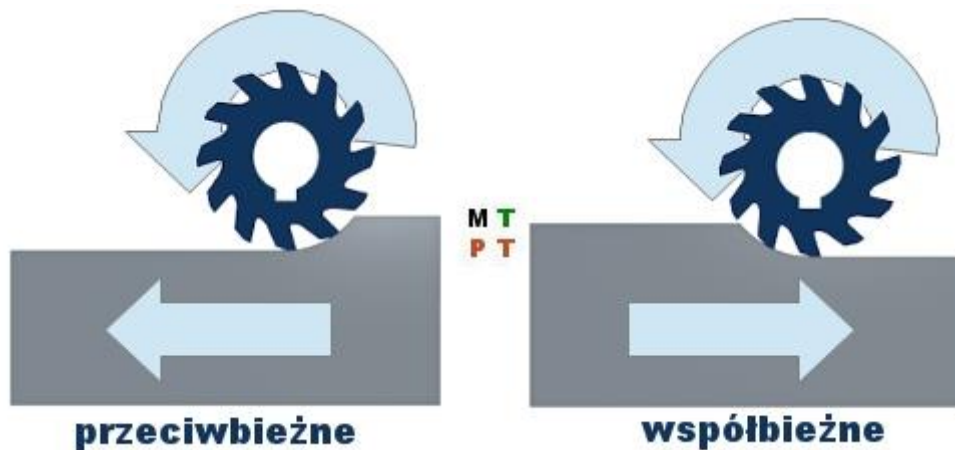
Ilustracja 2. Kryteria doboru rodzaju frezowania.

Rodzaje frezowania

Powyższy podział jest klasycznym sposobem przedstawienia rodzajów obróbki frezowaniem. Rozwój w zakresie materiałów narzędziowych, układów sterowania obrabiarek, samej konstrukcji frezarek spowodowały nieunikniony rozwój w obszarze frezowania. Współcześnie przyjmując kryterium technologiczne wyróżnia się frezowanie:

- czołowe,
- walcowo-czołowe,
- profilowe i toczne,
- rowków i gwintów,
- metody dedykowane.

Ilustracja 3 przedstawia podział frezowania na przeciwbieżne i współbieżne według kryterium kinematycznego.



Ilustracja 3. Kryterium kinematyczne: frezowanie przeciwbieżne i współbieżne.

W przypadku **frezowanie przeciwbieżnego** warstwa skrawana na początku zagłębiana się ostrza narzędzia (frezu). W miarę zagłębiania się ostrza grubość warstwy skrawanej wzrasta do swojego maksimum przy wyjściu frezu z materiału przedmiotu obrabianego. Zatem opór skrawania na początku obróbki jest mniejszy, a największy przy wychodzeniu ostrza z materiału. We frezowaniu przeciwbieżnym krawędź skrawająca ostrza trze o powierzchnię obrobioną i w wyniku tego tarcia, przy jednocześnie narastających siłach skrawania, tarcie istotnie wpływa na proces zużycia się narzędzia.

W przypadku **frezowania współbieżnego** grubość warstwy skrawanej jest największa przy zagłębieniu się ostrze frezu w przedmiot obrabiany, a najmniejsza gdy ostrze wychodzi z materiału. W konsekwencji w miarę postępu obróbki opory skrawania maleją. Przy frezowaniu współbieżnym nie występuje zjawisko tarcia przed rozpoczęciem obróbki skrawaniem. Korzystnym zjawiskiem jest gromadzenie wiórów za frezem co nie utrudnia pracy oraz chłodzenia. W efekcie końcowym obrobiona powierzchnia jest bardziej gładka niż w przypadku frezowania przeciwbieżnego.

Trwałość frezu może zostać ograniczona w wyniku obniżonej sztywności obrabiarki, luzów w układzie kinematycznym – ruchów posuwowych.

Parametry jakościowe frezowania (dokładność geometryczna i chropowatość powierzchni)

Poniżej (tabela 1) przedstawiono osiągnięte chropowatości oraz klasy dokładności geometrycznej dla wybranych rodzajów frezowania. Dane nie dotyczące HSM są danymi charakterystycznymi dla obróbki klasycznej i wykorzystywanymi od wielu lat w procesie kształcenia inżynierów. Nie odbiegają od rzeczywistości, lecz trzeba zaznaczyć, iż postęp technologiczny w wielu przypadkach ma głównie charakter jakościowy i współcześnie osiągnięte efekty jakościowe mogą być lepsze od poniżej zadeklarowanych.

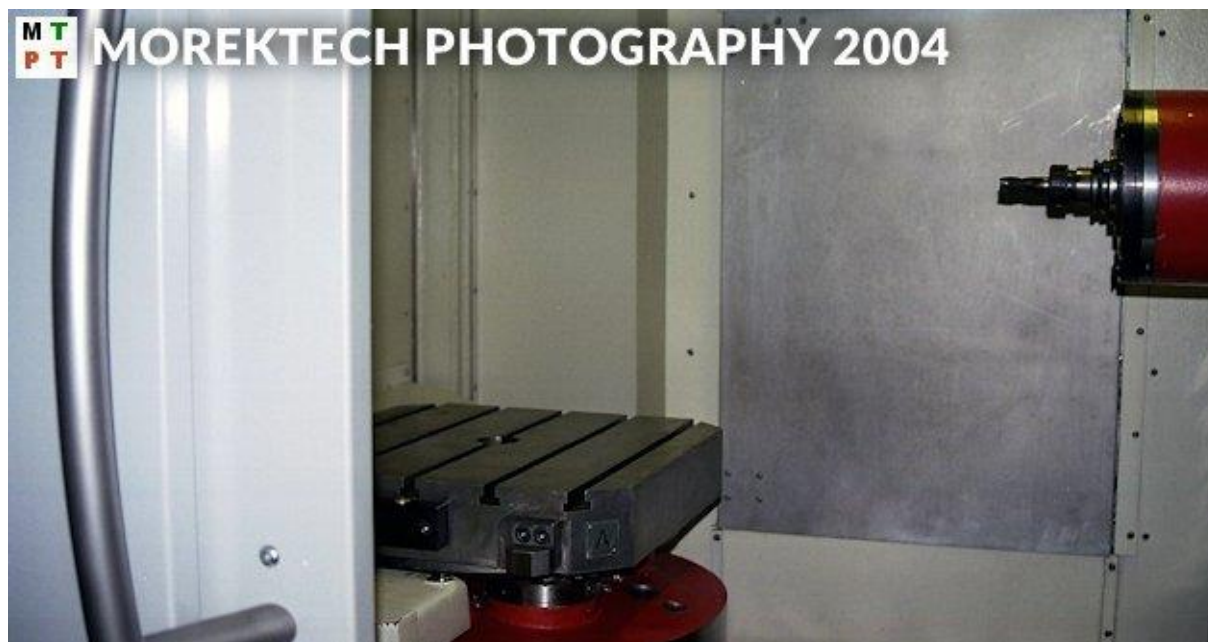
Tabela 1.

Rodzaj obróbki frezowaniem:	R _a	Klasa dokładności IT
Frezowanie frezem walcowym – zgrubne	25	12 (11)
Frezowanie frezem walcowym – dokładne	3,2	11 (10)
Frezowanie frezem walcowym – wykańczające	1,6 (0,8)	8 (7)
Frezowanie frezem palcowym – zgrubne	6,3	12 (11)
Frezowanie frezem palcowym – dokładne	3,2	11 (10)
Frezowanie frezem palcowym – wykańczające	1,6 (0,8)	8 (7)
Frezowanie frezem HSM	0,2 (0,1)	6 (5)

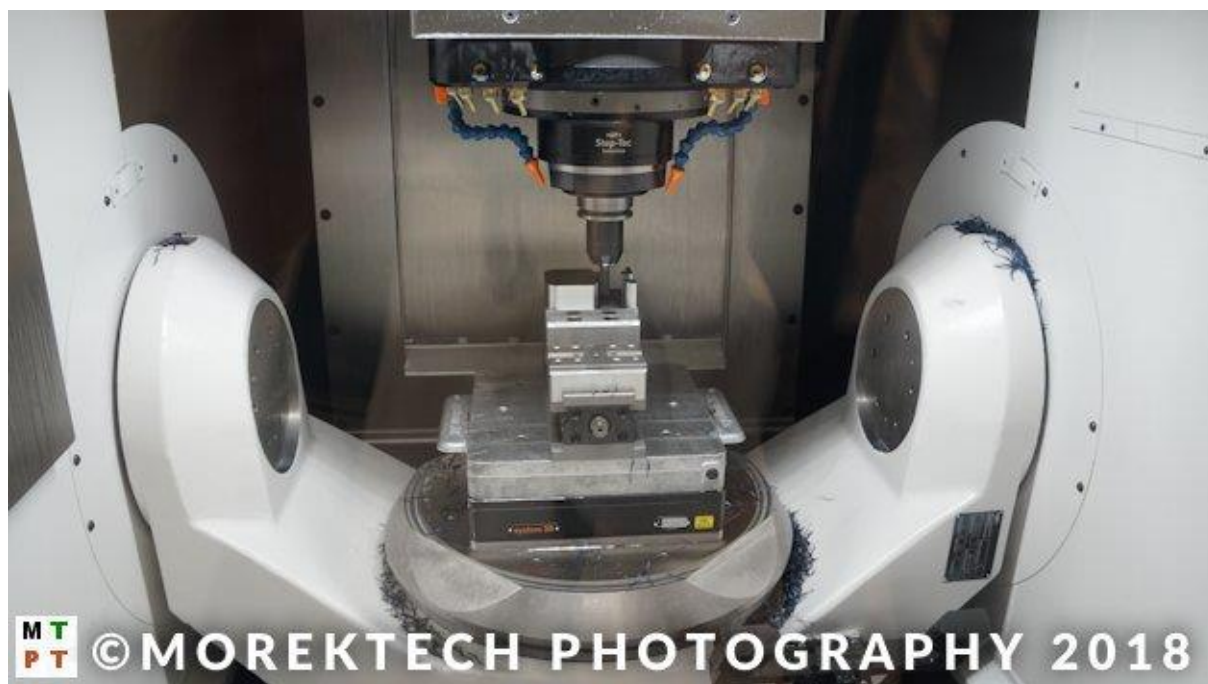
Uzyskanie 5 klasy dokładności obróbki, chropowatości na poziomie Ra 0,1 nawet w przypadku obróbki szybkościowej to konieczność zgrania kilku czynników i nie jest opcją standardową. To jednak pokazuje jakie są możliwości tego typu obróbki.

Obrabiarki

Główny i zarazem ogólny podział frezarek jako obrabiarek to orientacja wrzeciona (napędu głównego): pozioma (ilustracja 4) i pionowa (ilustracja 5).



Ilustracja 4. Przykład poziomego frezarskiego centrum obróbkowego CNC – MOC Mechanicy Pruszków.



Ilustracja 5. Pionowe frezarskie centrum obróbkowe CNC – GF Machining Solutions.

Poziome frezarskie centra obróbkowe wykorzystywana są do obróbki przedmiotów o większej masie i gabarytach. Wynika to ułatwionego odprowadzania wiórów podczas obróbki wgłębień. Konstrukcja tych obrabiarek cechuje się korpusem napędu głównego o mniejszej masie co odgrywa rolę podczas przyspieszania i hamowania. W

przypadku poziomych centrów obróbkowych popularne były i są systemy paletowe. Na tego typu obrabiarkach stosuje się przede wszystkim frezy walcowo-czołowe oraz czołowe. Pewną niedogodnością poziomych frezarskich centrów obróbkowych jest powierzchnia jaką zajmują. Nie są to obrabiarki wielkogabarytowe (ilustracja 7) choć w tych właśnie idee poziomej orientacji wrzeczona są często stosowane.

Pionowe centra obróbkowe dedykowane do obróbki małych przedmiotów z powodzeniem mogą być wprowadzone przez typowe drzwi o szerokości 90 cm. Ciężkie o dużych wymiarach gabarytowych frezarskie centra obróbkowe zapewniają dużą sztywność, a więc i stabilność obróbki. Przedmiot obrabiany jest ustalony i zamocowany na stole obróbkowym lub współcześnie coraz częściej na palecie w ramach systemu paletowego. Stabilność obróbki wpływa na jakość powierzchni obrabianej ale gdy jest zakłócona znacząco skraca okres trwałości narzędzia.

Nadal wytwarzane są konwencjonalne frezarki (ilustracja 6) wyposażone nierzadko w liniały pomiarowe i cyfrowy odczyt położenia.



Ilustracja 6. Pionowa frezarka uniwersalna – JAFO – Jarocińska Fabryka Obrabiarek.

Obrabiarki do obróbki wielkogabarytowej (ilustracja 7) z konstrukcyjnego punktu widzenia stanowią odrębny obszar zagadnień.



Ilustracja 7. Przykład obrabiarki wielkogabarytowej firmy PAMA (fot. dzięki uprzejmości S.T.M. Systemy i Technologie Mechaniczne Sp. z o.o.).

Obróbki szybkościowe

Obróbki szybkościowe **HSM – High Speed Machining – podstawy** są efektem jakościowego charakteru postępu technologicznego i znacząco poszerzyły nasze możliwości technologiczne, m.in. o obróbki materiałów twardych i trudnoobrabialnych. W moich artykułach często podejmuje się zagadnień związanych z **HSM**.



Ilustracja 8. Przykład obróbki stali Hadfielda – GF Machining Solutions.

Frezowanie to oprócz toczenia podstawowa metoda obróbki skrawaniem o ogromnych możliwościach formowania kształtów.