

Frezowanie – dobór parametrów obróbkowych

Frezowanie to obróbka, w której ruch główny obrotowy wykonuje narzędzie (frez), a ruch posuwowy przedmiot obrabiany. Taki przebieg frezowania jest charakterystyczny dla frezarek konwencjonalnych (ilustracja 1).



Ilustracja 1. Frezarka narzędziowa JFN 36 – JAZON

W przypadku frezarskich centrów obróbkowych CNC (ilustracja 2) należy mówić o ruchu względnym między narzędziem (frezem wykonującym ruch główny obrotowy) a przedmiotem obrabianym. Stosuje się ruch stołu roboczego z przedmiotem obrabianym oraz ruch suportu z wrzecionem napędu głównego (z narzędziem) względem stołu roboczego. 5-osiowe centra obróbkowe CNC wykorzystują jednocześnie ruch suportu z wrzecionem oraz ruch stołu roboczego.

Frezowanie stanowi obróbkę, w której praca narzędzia nie jest ciągła. Frez jest narzędziem wielostrzowym o kształcie bryły obrotowej. W zależności od

rozmieszczenia (wykonania) ostrzy wyróżnia się frezy walcowe, walcowo-czołowe, czołowe. Wykonywane są też frezy stożkowe, kuliste oraz kształtowe. Na powierzchni walcowej ostrza mogą być wykonane jako proste bądź śrubowe.

Praca nieciągła oznacza, iż jednocześnie pracuje tylko część ostrzy freza. Z jednej strony stanowi to korzystną cechę ze względu na warunki chłodzenia. Z drugiej strony grubość warstwy skrawanej (przekrój warstwy skrawanej) jest zmienna co wpływa na przebieg procesu skrawania.

W konsekwencji zmianie ulega obciążenie i obniżeniu ulega trwałość narzędzia.

Parametry technologiczne

Do parametrów technologicznych frezowania zalicza się:

- prędkość obrotowa n [obr/min]
- średnica freza D_c [mm]
- prędkość skrawania v_c [m/min] – równanie 1
- prędkość posuwu v_f [mm/min] – równanie 2
- posuw na obrót f_f [mm/obr]
- posuw na ostrze/ząb f_z [mm/ząb] – równanie 3
- szerokość a_e i głębokość skrawania a_p [mm]

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe zależności obliczeniowe.

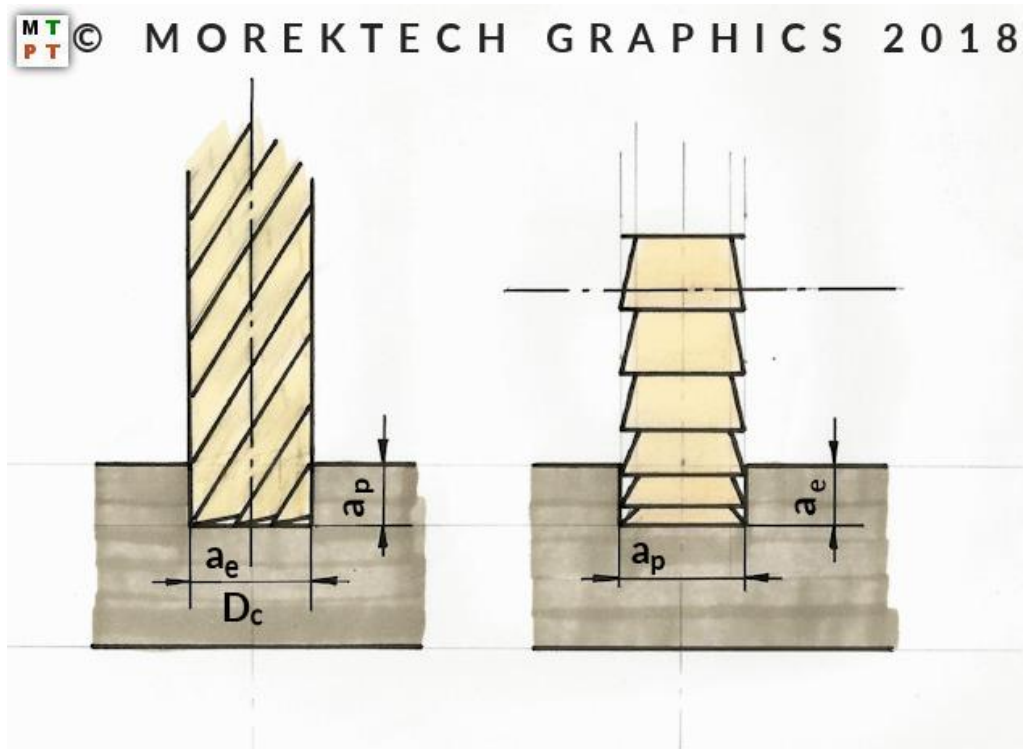
Tabela 1.			
Numer:	Parametr technologiczny	Równanie:	Składowe:
(1)	prędkość skrawania v_c	$v_c = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{1000}$	D_c – średnica freza n – prędkość obrotowa
(2)	prędkość posuwu v_f	$v_f = f_f \cdot n$	f_f – posuw n – prędkość obr.
(3)	posuw na ząb f_z	$f_z = \frac{f_f}{z} = \frac{v_f}{z \cdot n}$	f_f – posuw n – prędkość obr. v_f – prędkość posuwu



Ilustracja 2. Frezarskie centrum obróbkowe CNC (HASS – stoisko firmy Abplanalp)

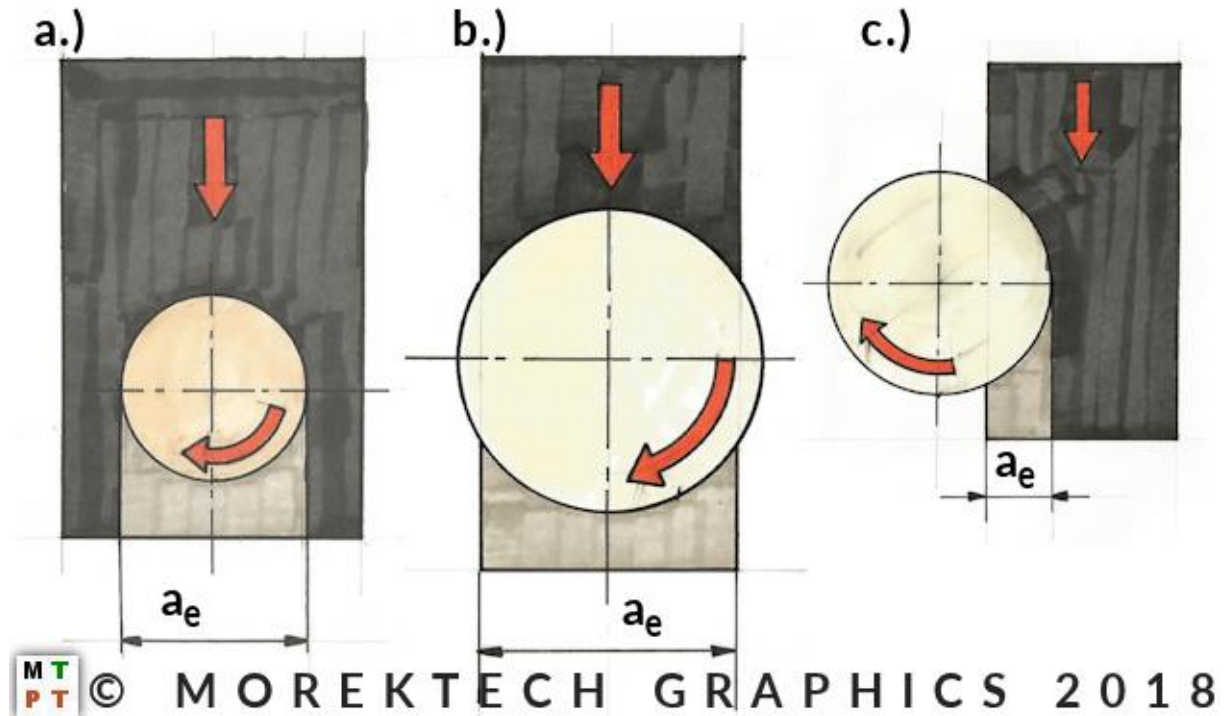
Szerokość i głębokość frezowania

W zależności od zastosowanego frezu konieczne jest właściwe interpretowanie szerokości a_e i głębokości a_p skrawania. Wielkości te pokazano na ilustracji 3. W poniższym przypadku frezowanie czołowe (ilustracja 3) szerokość skrawania a_e jest równa średnicy frezu D_c .



Ilustracja 3. Po lewej stronie frezowanie czołowe, a po prawej obwodowe – interpretacja szerokości i głębokości frezowania.

W przypadku frezowania czołowego wyróżnia się frezowanie czołowe: – ilustracja 4:
a.) pełne, b.) niepełne symetryczne c.) niepełne niesymetryczne co wynika ze
stosunku średnicy frezu do szerokości warstwy skrawanej a_e i szerokości przedmiotu
obrabianego w przypadku obróbki określonej całej powierzchni.



Ilustracja 4. Frezowanie czołowe: a.) pełne, b.) niepełne symetryczne i c.) niepełne niesymetryczne

Przedstawione poglądowo powyższe zagadnienia nie wyczerpują w pełni tematyki frezowania. Jednym z parametrów technologicznych jest ścieżka przejścia narzędzia. W przypadku frezowania istotną rolę odgrywa wykorzystanie oprogramowania CAM.

Dobór parametrów obróbkowych

Dobór parametrów obróbkowych dla frezowania (ilustracja 5) jest zbliżony jak w przypadku toczenia.

Dobór płytki skrawającej i parametrów obróbkowych frezowania

Dobór rodzaju freza do określonej obróbki,
np. frezowanie płaszczyzny

Rozpoznanie materiału obrabianego

Określenie rodzaju obróbki: zgrubna, kształtująca,
wykańczająca.

Dobór płytek skrawających na podstawie obrabianego
materiału.

Dobór parametrów v_c i f_z na podstawie katalogu.

Dobór parametrów obróbkowych dla obrabiarki: n i v_f

Określenie parametrów technologicznych a_p i a_e
na podstawie założonej wydajności objętościowej
obróbki Q^1

Określenie mocy skrawania¹ i weryfikacja warunku
 $P_{mot} < P_N$ czyli potrzebna moc wrzeczona nie może
przekroczyć mocy nominalnej.

Korekcja parametrów a_p ; a_e ; v_f w przypadku $P_{mot} > P_N$

Ilustracja 5. Schemat doboru parametrów obróbkowych dla frezowania.

Zróznicowanie odmian frezowania uniemożliwia jasne określenie ogólnych wartości parametrów obróbkowych. Przykładem jest [obróbka szybkościowa](#), której samo definiowanie jest wieloczynnikowe i w dodatku zmienia się w czasie.

Materiał obrabiany

W celu ułatwienia doboru parametrów wykorzystuje się grupy materiałowe ISO. Taki sam podział obowiązuje dla całej obróbki skrawaniem. Wyróżnia się 6 grup materiałowych – tabela 2.

Tabela 2.

Materiał obrabiany	Oznaczenie ISO	Przykładowy materiał (forma)
stal	P	stal niskostopowa
stal nierdzewna	M	stal nierdzewna austenityczna
żeliwo	K	żeliwo szare, żeliwo sferoidalne
stopy aluminium	N	odlewy
stopy żaroodporne	S	wysokostopowe na bazie żelaza, niklu, kobaltu i tytanu
stal hartowana	H	hartowana i ulepszana cieplnie

Katalogi czy to w wersji papierowej czy elektronicznej (np. [Sandvik Coromant](#) czy [ISCAR](#) albo [SECO](#)) stanowią istotne wsparcie użytkownika w dokonaniu pierwszego wyboru i dopasowanie narzędzi i parametrów do indywidualnego zadania technologicznego.

Ścieżka narzędzia

Choć nie jest wymieniona w parametrach stanowi w przypadku frezowania powierzchni o złożonych kształtach (ilustracja 6), a także przy frezowaniu kieszeni kluczowy element operacji technologicznej. Frezowanie cechuje się koniecznością [dynamicznych zmian parametrów obróbkowych](#) w trakcie samej obróbki. Zatem dużego znaczenia w przypadku opracowania operacji technologicznych frezowania nabiera stosowanie oprogramowania CAM.



Ilustracja 6. Przykład obróbki powierzchni o bardziej skomplikowanym kształcie – frezarskie centrum CNC firmy MAZAK

Moc i moment obrotowy

Przy frezowaniu wymagania odnośnie mocy napędu głównego zależą od takich czynników jak:

- ilość materiału do usunięcia;
- średnia grubość wióra;
- geometria ostrza narzędzia (frezu);
- prędkości skrawania.

W przypadku obróbki wydajnościowej (ang. HPM – High Performance Machining), która polega na usunięciu jak największej ilości materiału w jednostce czasu konieczne jest większa moc. Stosunkowo niskie obroty napędu głównego przy obróbce zgrubnej wymagają określonej mocy i momentu obrotowego. W przypadku zbyt małej mocy napędu głównego i niewłaściwego momentu będziemy mieli do czynienia z utratą stabilności obróbki (wiór o zróżnicowanej grubości).

Współczesne trendy rozwojowe prowadzą do zwiększania rozpiętości dostępnych zakresów i maksymalnych wartości prędkości obrotowych. Wrzeczona są napędzane bezpośrednio. W konsekwencji uzyskuje się mniejszy moment przy wyższych prędkościach obrotowych oraz mniejszą mocą przy mniejszych obrotach napędu głównego.

Obrabiarki o bardzo wysokich prędkościach obrotowych (np. do obróbki szybkościowej) nie są zalecane do obróbki zgrubnej (wysokowydajnej) gdzie wykorzystuje się frezy o większych gabarytach (niskie obroty i duża moc).

Przy obróbce szybkościowej stosuje się mniejsze średnice frezów, małą głębokość i szerokość skrawania z jednocześnie wysokim posuwem roboczym.