

ROZDĚLENÍ OBRÁBĚNÝCH MATERIÁLŮ ГРУППЫ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Při volbě nástroje a startovních řezných podmínek je jednou z nejdůležitějších věcí správná identifikace obráběného materiálu. Pro zjednodušení rozdělujeme obráběné materiály do šesti základních skupin, respektive do dvacetičtyř podskupin, v nichž jsou sdružovány materiály, které vyvolávají kvalitativně stejný typ zatížení (namáhání) břitu, a tudíž vyvolávají i podobný typ opotřebení.

Proto prvním krokem je zařazení materiálu obrobku do jedné z (pod)skupin – viz následující tabulka č. 4.

Правильный подбор обрабатываемого материала очень важен при выборе инструмента и начальных режимов обработки. Для удобства обрабатываемые материалы подразделяются на шесть основных групп, или на 24 подгруппы, которые объединяются по виду оказываемой нагрузки (деформации) на режущую кромку и, следовательно, имеют похожий тип износа.

Поэтому сначала необходимо отнести материал заготовки к одной из групп (подгрупп), используя таблицу 4 ниже.

Tabulka 4

Таблица 4

Podskupina Подгруппа	DORMER AMG	Definice podskupiny	Определение подгруппы	Příklad Пример	Korekce к эталону Коррекция по стандарту
P	P1	1.1, 1.2	Oceli a ocelolityny s velmi dobrou (zlepšenou) obrobitelností, automatové a nízkouhlikové oceli	95Mn28	1,33
	P2	1.3	Nelegované a nízkolegované ocelolityny a oceli se středním obsahem uhlíku ($0,25 < C < 0,55$) s pevností do 900 MPa a tvrdostí v rozsahu 160 – 255 HB	C45	1,00
	P3	1.4	Hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolityny a oceli se středním obsahem uhlíku s pevností do 1000 MPa a tvrdostí do 300 HB	41CrAlMo7	0,80
	P4	1.5	Středně až vysoce legované ocelolityny a oceli (většinou s obsahem uhlíku $0,55 < C$), pevnost do 1270 MPa a tvrdost do 375 HB resp. 40 HRC	X210Cr12	0,60
M	M1	2.1	Feritické korozivzdorné oceli	X6Cr17	1,09
	M2	(2.1, 2.4)	Martenzitické korozivzdorné oceli	X 45CrSi 9.3	1,06
	M3	2.2	Austenitické korozivzdorné oceli	X 6CrNiTi 18 10	1,00
	M4	2.3, 2.4	Feriticko-austenitické (duplexní) a superaustenitické korozivzdorné oceli	X 53 CrMnNiN21 9	0,93
K	K1	3.1, 3.2	Šedé litiny	GG–25	1,00
	K2	3.1, 3.2	Temperované litiny	GTS 45–06	0,95
	K3	3.3	Tvárné litiny feritické a feriticko-perlitické	GGG40	0,90
	K4	3.4	Tvárné litiny perliticko-feritické, perliticko-sorbitické a perlitické	GGG–70	0,85
N	N1	7.1	Hliník a jeho měkké slitiny Al (s nízkým obsahem Si) zejména tvářené a lité (nevytvrzené), tvrdost do 100HB	AlMgSi1	1,00
	N2	7.2, 7.3, 7.4	Tvrdé slitiny Al, zejména lité vytvrzené (s vysokým obsahem Si)	G–AlSi11	0,65
	N3	6.1, 6.2, 6.3	Měkké slitiny Cu, automatová mosaz a ostatní měkké mosazi a bronzy	G–CuSn5Zn5Pb	0,60
	N4	6.4	Hůře obrobitelné a tvrdé slitiny Cu	G–CuAl10Fe	0,40
S	S1	4.1, 4.2, 4.3	Technicky čistý Ti, slitiny α , $\alpha + \beta$ a β slitiny zúšlechťené a stárnuté	TiAl6V4	1,75
	S2	(9.1)	Slitiny na bázi Fe	X10NiCrAlTi3221	1,20
	S3	5.1, 5.2, 5.3	Slitiny na bázi Ni	INCONEL 718	1,00
	S4	(9.1)	Slitiny na bázi Co	Haynes 25	0,75
H	H1	1.6	Vysoce pevné a tvrdé nástrojové oceli, kalené a zúšlechťené oceli o tvrdosti 40 – 50 HRC	X30WCrV9.3	1,15
	H2	–	Tvrzená a bílá litina 350 – 600 HV	G–X 260 NiCr 4 2	1,10
	H3	1.7	Kalené a zúšlechťené oceli o tvrdosti v rozmezí 50 – 55 HRC	X38CrMoV5.1	1,00
	H4	1.8	Kalené a zúšlechťené (převážně nástrojové) oceli o tvrdosti vyšší než 55 HRC	X210Cr12	0,95

Podczas doboru narzędzia i początkowych parametrów skrawania jedną z najważniejszych rzeczy jest właściwa identyfikacja materiału obrabianego. Generalnie materiały obrabiane podzielone są na 6 podstawowych grup. Z nich utworzyliśmy 24 podgrupy skupiające materiały powodujące podobny sposób obciążenia ostrza, co skutkuje zbliżonym rodzajem zużycia narzędzia.

Dlatego pierwszym krokiem jest zakwalifikowanie materiału obrabianego do właściwej (pod)grupy – patrz tabela nr 4.

Pri voľbe nástroja a štartovacích rezných podmienok je jednou z najdôležitejších vecí správna identifikácia obrábaného materiálu. Pre zjednodušenie rozdeľujeme obrábané materiály do šiestich základných skupín, respektíve do dvadsaťštyri podskupín, v ktorých sú združené materiály vyvolávajúce kvalitatívne rovnaký typ zaťaženia (namáhania) ostria a vyvolávajú aj podobný typ opotrebenia.

Preto prvým krokom je zaradenie materiálu obrobnku do jednej zo (pod)skupín – viď nasledujúca tabuľka č. 4.

Tabela 4

Podgrupa Podskupina		DORMER AMG	Definicja podgrupy	Definícia podskupiny	Przykład Príklad	Korekcja do etalonu Korekcia k etalónu
P	P1	1.1, 1.2	Stal i staliwo o bardzo dobrej (polepszonej) obrabialności, stale automatowe i niskowęglowe	Ocele a ocelofoliatiny s velmi dobrou (zlepšenú) obrobitelnosťou, automatové a nízkouhlíkové ocele	9SMn28	1,33
	P2	1.3	Niestopowe (węglowe) i niskostopowe stale i staliwa o średniej zawartości węgla (0,25 < C < 0,55) o wytrzymałości do 900 Mpa i twardości w zakresie 160 – 255 HB	Nelegované a nízkolegované ocelofoliatiny a ocele so stredným obsahom uhlíka (0,25 < C < 0,55) s pevnosťou do 900MPa a tvrdosťou v rozsahu 160 – 255HB	C45	1,00
	P3	1.4	Trudniej obrabialne stale i staliwa niskostopowe i niestopowe (węglowe) o średniej zawartości węgla i wytrzymałości do 1000 Mpa oraz twardości do 300 HB	Horšie obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelofoliatiny a ocele so stredným obsahom uhlíka s pevnosťou do 1 000 MPa a tvrdosťou do 300 HB	41CrAlMo7	0,80
	P4	1.5	Średnio i wysokostopowe stale i staliwa (przeważnie o zawartości węgla poniżej 0,55 %), wytrzymałości do 1270 Mpa i twardości do 375 HB lub 40 HRC	Stredne až vysokolegované ocelofoliatiny a ocele (väčšinou s vyšším obsahom uhlíka 0,55 < C) pevnosť do 1270 MPa a tvrdosť do 375 HB resp. 40 HRC)	X210Cr12	0,60
M	M1	2.1	Ferrytyczne stale odporne na korozję	Feritické koróziivzdorné ocele	X6Cr17	1,09
	M2	(2.1, 2.4)	Martenzytyczne stale odporne na korozję	Martenzitické koróziivzdorné ocele	X 45CrSi 9.3	1,06
	M3	2.2	Austenityczne stale odporne na korozję	Austenitické koróziivzdorné ocele	X 6CrNiTi 18 10	1,00
	M4	2.3, 2.4	Ferrytyczno-Austenityczne (Duplex) oraz super autenityczne stale odporne na korozję	Feriticko-austenitické (duplexné) a superaustenitické koróziivzdorné ocele	X 53 CrMnNiN21 9	0,93
K	K1	3.1, 3.2	Żeliwa szare (GJL)	Sivé liatiny	GG–25	1,00
	K2	3.1, 3.2	Żeliwa ciągliwe (GJM)	Temperované liatiny	GTS 45–06	0,95
	K3	3.3	Żeliwa sferoidalne ferrytyczne i ferrytyczno-perlityczne	Tvárne liatiny feritické a feriticko-perlitické	GGG40	0,90
	K4	3.4	Żeliwa sferoidalne perlityczno-ferrytyczne, perlitycznosorbityczne oraz perlityczne	Tvárne liatiny perliticko-feritické, perliticko-sorbitické a perlitické	GGG–70	0,85
N	N1	7.1	Aluminium i miękkie stopy Al (z niską zawartością Si) obrobione plastycznie (np.kute) oraz odlewane (nieutwardzone) o twardości do 100 HB	Hliník a jeho mäkké zliatiny Al (s nízkym obsahom Si) najmä tvárnené a liaté (nevytvrdené), tvrdosť do 100 HB	AlMgSi1	1,00
	N2	7.2, 7.3, 7.4	Twarde stopy Al, utwardzone odlewy (z wysoką zawartością Si)	Tvrde zliatiny Al, najmä liaté vytvrdené (s vysokým obsahom Si)	G–AlSi11	0,65
	N3	6.1,6.2, 6.3	Miękkie stopy miedzi, mosiądz automatowy oraz pozostałe miękkie mosiądze i brązy	Mäkké zliatiny Cu Automatová mosadz a ostatné mäkké mosadze a bronzы	G–CuSn5Zn5Pb	0,60
	N4	6.4	Trudniej obrabialne i twardsze stopy Cu	Horšie obrobitelné a tvrdé zliatiny Cu	G–CuAl10Fe	0,40
S	S1	4.1, 4.2, 4.3	Techniczny, czysty Ti ; stopy α, α+β oraz stopy ulepszone i starzone	Technický čistý Ti, zliatiny α, α+β a β zliatiny zušľachtené a stárnuté	TiAl6V4	1,75
	S2	(9.1)	Stopy na bazie Fe	Zliatiny na báze Fe	X10NiCrAlTi3221	1,20
	S3	5.1, 5.2, 5.3	Stopy na bazie Ni	Zliatiny na báze Ni	INCONEL 718	1,00
	S4	(9.1)	Stopy na bazie Co	Zliatiny na báze Co	Haynes 25	0,75
H	H1	1.6	Stale o wysokiej wytrzymałości, twarde stale narzędziowe, stale hartowane i ulepszone o twardości 40 – 50 HRC	Vysokopevné a tvrdé nástrojové ocele a kalené a zušľachtené ocele o tvrdosti 40 – 50 HRC	X30WCrV9.3	1,15
	H2	–	Żeliwa utwardzane i białe 350 – 600 HV	Tvrdená a biela liatina 350 – 600 HV	G–X 260 NiCr 4 2	1,10
	H3	1.7	Hartowane i ulepszone stale o twardości 50 – 55 HRC	Kalené a zušľachtené ocele o tvrdosti v rozmedzí 50 – 55 HRC	X38CrMoV5.1	1,00
	H4	1.8	Hartowane i ulepszone stale o twardości ponad 55 HRC	Kalené a zušľachtené (prevážne nástrojové) ocele o tvrdosti vyššej ako 55 HRC	X210Cr12	0,95

ŘEZNÉ PODMÍNKY PŘI FRÉZOVÁNÍ ФРЕЗЕРОВАНИЕ – ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ PARAMETRY SKRAWANIA PODCZAS FREZOWANIA REZNE PODMIENKI PRI FRÉZOVANÍ

Při frézování pracuje břit frézy téměř vždy v podmínkách přerušovaného řezu. Během otáčky nástroje každý břit vniká minimálně jedenkrát do obrobku a jedenkrát ze záběru vychází.

Navíc dochází během frézování k periodické změně tloušťky třísky během 1 otáčky frézy. To má za následek i kolísání velikosti i směru tangenciální složky řezné síly. Břit frézy je proto vystaven cyklickému namáhání, které je příčinou jeho specifického opotřebení.

Pro trvanlivost břitu frézy jsou proto rozhodující podmínky, za kterých břit do obrobku vniká a za kterých z obrobku vystupuje. Vhodná volba těchto podmínek zásadním způsobem ovlivňuje průběh i výsledek frézování z hlediska řezného výkonu i kvality obrobenej plochy.

V okamžiku vniknutí do obrobku je břit vystaven více či méně intenzivnímu mechanickému rázu, který vyvolává jeho mechanické namáhání v bezprostřední blízkosti ostří. Tento ráz může při nevhodně zvolených záběrových podmínkách vyvolat křehké porušení břitu a to buď ve formě lomu nebo vydrolení ostří.

Přesto pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami doporučujeme realizovat souměrný záběr (tj. aby břit zabíral do pokud možno maximální tloušťky třísky).

В процессе фрезерования режущая кромка СМП всегда работает в условиях прерывистого резания – как минимум, один раз врезается и один раз выходит из заготовки за один оборот фрезы. Кроме того, во время фрезерования периодически изменяется (в течение полного оборота фрезы) толщина снимаемой стружки. Следствием этого является колебание величины и направления тангенциальной составляющей силы резания. В результате, режущая кромка фрезы подвергается циклической нагрузке, которая ведет к специфическому виду износа режущей кромки.

На время стойкости режущей кромки СМП огромное влияние оказывают условия, при которых она врезается и выходит из материала заготовки. Правильный выбор этих условий влияет на результат процесса фрезерования с точки зрения производительности и качества обработанной поверхности.

В момент врезания в заготовку режущая кромка подвергается удару, который вызывает ее механическое напряжение. Этот удар может, при неправильно выбранных условиях врезания, вызвать разрушение режущей грани в виде ее скола или выкрашивания.

При использовании инструмента, оснащенного сменными режущими пластинками, рекомендуется применять врезание по подаче (попутное фрезерование), чтобы сечение стружки при врезании находилось в рекомендуемом диапазоне подач, и было больше на входе фрезы, чем на выходе.

Podczas pojedynczego obrotu narzędzia, każde z ostrzy wchodzi i wychodzi z materiału przynajmniej raz.

Dodatkowo, podczas obrotu głowicy, okresowo zmienia się grubość wióra. To również skutkuje fluktuacjami w rozmiarze i kierunku stycznego składnika siły skrawania. Ostrze głowicy frezarskiej jest narażane na okresowe obciążenia, które prowadzą do specyficznego zużycia krawędzi skrawającej.

Trwałość krawędzi skrawającej głowicy jest zależna od warunków, w jakich ostrze wchodzi i opuszcza obrabiany materiał. Odpowiedni wybór tych parametrów znacząco wpływa na proces frezowania w odniesieniu do siły skrawania i jakości obrobionej powierzchni.

W momencie wejścia w materiał, krawędź skrawająca podlega bardziej lub mniej mechanicznym naprężeniom w bezpośrednim sąsiedztwie styku z materiałem.

Jeżeli źle wybierze się warunki skrawania, to może to spowodować uszkodzenia krawędzi skrawającej w postaci złamań, lub mikrowykruszeń.

Nawet w przypadku narzędzi z wymiennymi płytkami zalecamy frezowanie współbieżne (frezowanie zaczyna się od większej grubości wióra i stopniowo maleje)

Počas procesu frézovania, fréza skoro vždy pracuje v prerušovanom reze. V rámci jednej otáčky nástroja vždy doštička aspoň raz vstúpi do materiálu a raz z rezu vystúpi.

Okrem toho, sa v rámci jednej otáčky periodicky mení aj hrúbka triesky. To má samozrejme za následok kolísanie zaťaženia v tangenciálnom smere. Fréza je teda vystavená cyklickému namáhaniu, čo vedie k špecifickému opotrebovaniu reznej hrany.

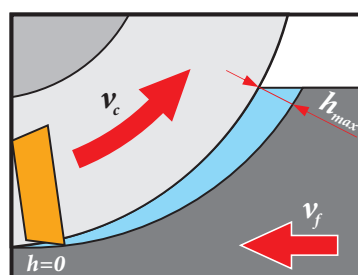
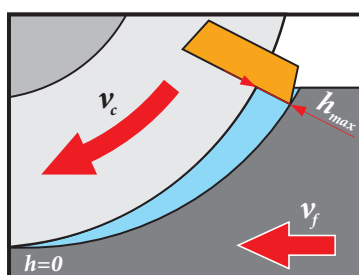
Životnosť reznej hrany je preto závislá na podmienkach pri ktorej rezná hrana vstupuje a vychádza z rezu. Správny výber týchto podmienok teda ovplyvňuje proces, výsledok zaťaženia – reznej sily a samozrejme aj kvalitu obrobenej povrchu.

V momente vstupu reznej hrany do materiálu, je rezná hrana viac či menej namáhaná a môže dojsť k mechanickému poškodeniu na jej okraji. Ak sú teda podmienky zvolené nesprávne, tak môže dochádzať k úplnému odlomeniu hrany, alebo k jej poškodeniu – rozdrobeniu krehkým lomom.

V momente vstupu reznej hrany do materiálu, je rezná hrana viac či menej namáhaná a môže dojsť k mechanickému poškodeniu na jej okraji. Ak sú teda podmienky zvolené nesprávne, tak môže dochádzať k úplnému odlomeniu hrany, alebo k jej poškodeniu – rozdrobeniu krehkým lomom.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 5

SOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ
ПОПУТНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ
FREZOWANIE WSPÓŁBIEŻNE
SÚBEŽNÉ FRÉZOVANIE



NESOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ
ВСТРЕЧНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ
FREZOWANIE PRZECIWBIEŻNE
PROTIBEŽNÉ FRÉZOVANIE

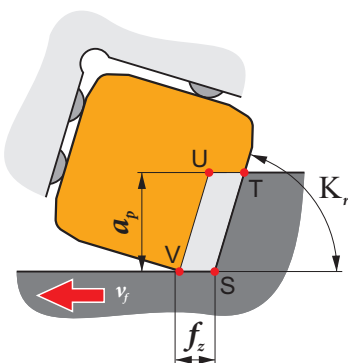
Místo prvního dotyku břitu s obrobkem by mělo ležet dále od špičky a od ostří, což však závisí jednak na základní geometrii břitu tj. úhlech $\gamma_p, \lambda_s, \kappa_r$, tak na vzájemné poloze osy frézy a vstupní hrany obrobku.

Место первого контакта режущей кромки с заготовкой должно быть как можно дальше удалено от ее вершины, что зависит от основной геометрии СМП – углов $\gamma_p, \lambda_s, \kappa_r$ и взаимного расположения оси вращения фрезы и „входной“ грани заготовки.

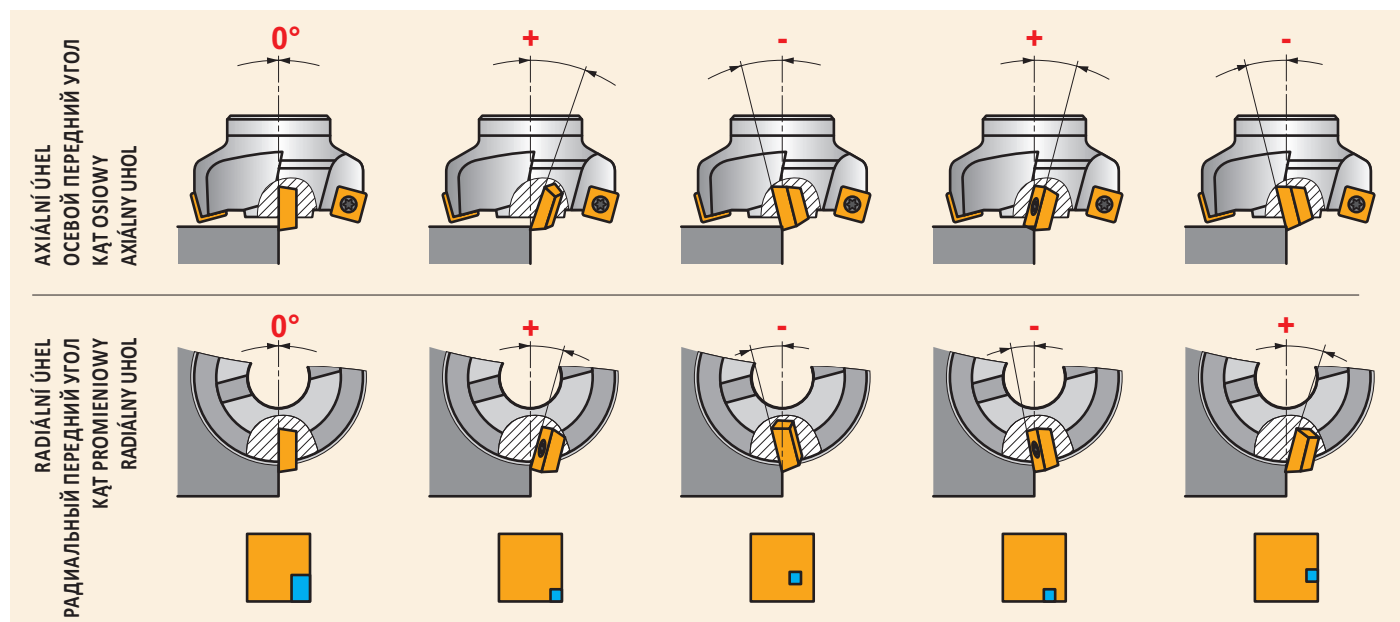
Ponadto, miejsce pierwszego kontaktu pomiędzy krawędzią a materiałem obrabianym, powinno znajdować się w pewnej odległości od wierzchołka płytki. Jednakże, pozycja wejściowa zależy zarówno od podstawowej geometrii płytki, to znaczy kątów $\gamma_p, \lambda_s, \kappa_r$ i wzajemnego położenia osi freza, a położeniem materiału obrabianego.

Miesto prvého kontaktu medzi doštičkou a obrobkom by malo byť ďalej od okraja doštičky. Avšak poloha kontaktu závisí od základnej geometrie doštičiek od uhlov $\gamma_p, \lambda_s, \kappa_r$, a vzájomnej polohy osi frézy a hrany obrobku.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 6



Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 7



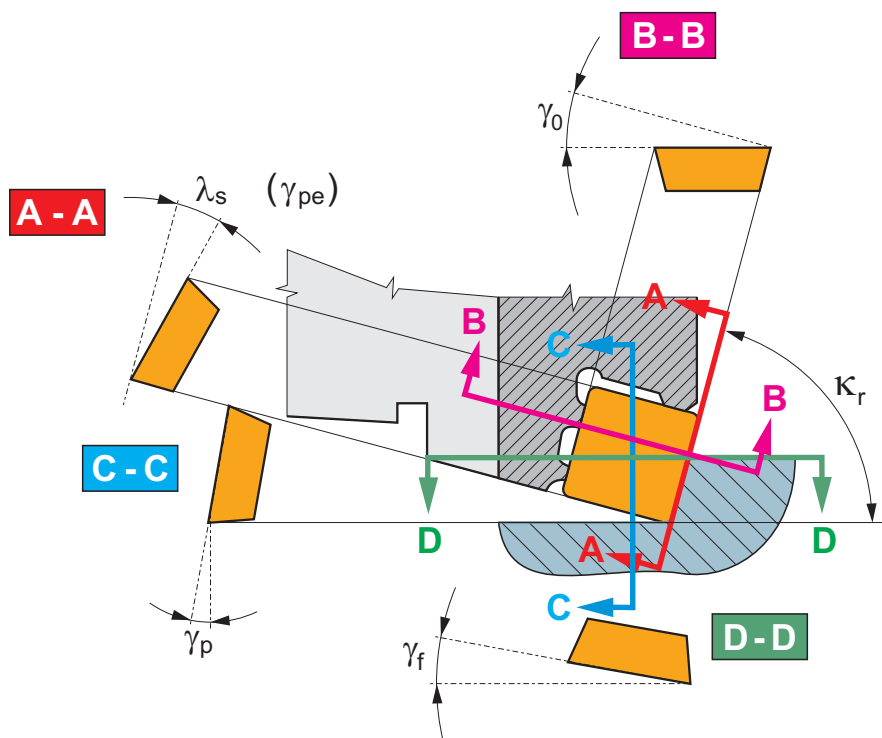
Poloha břitové destičky upnuté v tělese nástroje je určena několika úhly viz obr. č. 8.

Положение пластины в корпусе фрезы определяется углами – рисунок 8.

Pozycja płytki skrawającej zamontowanej w narzędziu jest definiowana poprzez wiele kątów – zobacz obraz 8.

Poloha reznej doštičky upnutej v telese nástroja je určená niekoľkými uhlami viď obrázok 8.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 8



Konstrukční úhly (nástrojové úhly) slouží k základní orientaci polohy lůžka do kterého je upnuta břitová destička a má význam především pro konstrukci tělesa frézy. Jde o dva úhly čela axiální úhel čela γ_0 (nástrojový zadní úhel čela) a radiální úhel čela γ_r (nástrojový boční úhel čela) viz obrázek č. 8.

Pracovní (funkční) úhly jsou ortogonální úhel čela γ_0 , úhel nastavení κ_r , úhel sklonu ostří λ_s .

- **Ortogonální úhel čela γ_0** – má vliv na velikost plastické deformace odřezávané třísky, a tudíž na velikost řezné síly a na úroveň řezné teploty. Čím větší je úhel γ_0 , tím menší jsou řezné síly, a tím menší je i potřebný výkon hnacího motoru frézky a naopak. Zmenšující se úhel γ_0 má za následek růst řezné síly i řezné teploty.
- **Úhel nastavení κ_r** – určuje při určitém posuvu na zub f_z a axiální hloubce řezu a_p tloušťku a šířku třísky (délku zabírajícího břitu). Tím ovlivňuje řezné síly, specifické zatížení, opotřebení a trvanlivost břitu. Zmenšující se úhel nastavení κ_r při konstantním posuvu f_z má za následek zmenšení tloušťky třísky h .
- **Úhel sklonu ostří λ_s** – spolu s úhlem nastavení κ_r a úhlem čela γ_0 určuje místo prvního dotyku břitu s obrobkem při vnikání břitu. Proto má vliv na odolnost břitu vůči křehkému porušení při obrábění přerušovaným řezem obecně. Současně má vliv i na směr odchodu třísky z místa řezu.

Конструктивные (инструментальные) углы служат для основной ориентации положения пластины и имеют особое значение для конструкции корпуса фрезы. Речь идет о двух передних углах – осевом передний угол γ_0 и радиальный передний угол γ_r .

Рабочие (функциональные) углы – это главный угол в плане κ_r , главный передний угол γ_0 , угол наклона режущей кромки λ_s .

- **Главный передний угол γ_0** влияет на величину пластической деформации снимаемой стружки и, следовательно, на величину усилия резания и на уровень температуры в зоне резания. Чем больше угол γ_0 , тем меньше усилие резания и потребляемая мощность. Следствием снижения величины угла γ_0 является возрастание сил и температуры в зоне резания.
- **Главный угол в плане κ_r** определяет толщину снимаемой стружки при выбранных подаче на зуб f_z и осевой глубине резания a_p , что сказывается на усилиях резания, удельной нагрузке, износе и стойкости режущей кромки. Результатом уменьшения главного угла в плане κ_r при постоянной подаче f_z является уменьшение толщины стружки h .
- **Угол наклона режущей кромки λ_s** определяет вместе с главным углом в плане κ_r и передним углом γ_0 место „первого контакта“ режущей кромки с заготовкой. Таким образом, он оказывает влияние на устойчивость режущей кромки к выкрашиванию, в частности при прерывистом резании. Одновременно он также влияет на направление схода стружки из зоны резания.

Kąty konstrukcyjne (kąty narzędziowe) służą do podstawowej orientacji pozycji łoża, do którego jest przymocowana płytka skrawająca, mają znaczenie przede wszystkim przy konstrukcji korpusu freza. Chodzi o dwa kąty natarcia, osiowy kąt natarcia γ_p i promieniowy kąt natarcia γ_r .

Kąty w układzie roboczym są to: kąt przystawienia κ_r , ortogonalny kąt natarcia γ_o , kąt nachylenia głównej krawędzi skrawającej λ_s .

- **Ortogonalny kąt natarcia** γ_o – ma wpływ na wielkość plastycznej deformacji odbieranego wióra, a więc na wielkość sił skrawania i na poziom temperatury skrawania. Im większy jest kąt γ_o tym mniejsze są siły skrawania i tym mniejsza moc jest potrzebna do napędu frezarki. I odwrotnie, jeżeli będziemy zmniejszać kąt γ_o , to będą nam wzrastać siły skrawania i temperatura skrawania.
- **Kąt przystawienia** κ_r – określa nam przy danym stałym posuwie na ząb f_z i stałej osiowej głębokości skrawania a_p grubość i szerokość wióra (długość zetknięcia się głównej krawędzi skrawającej z materiałem). Wpływa on na rozkład sił skrawania oraz zużycie i trwałość głównej krawędzi skrawającej. Zmniejszanie kąta przystawienia κ_r przy stałym posuwie f_z powoduje zmniejszenie grubości wióra h .
- **Kąt nachylenia głównej krawędzi skrawającej** λ_s – razem z kątem przystawienia κ_r i kątem natarcia γ_o określa punkt pierwszego kontaktu płytki z materiałem przy wejściu ostrza w materiał obrabiany. Dlatego ma wpływ na odporność ostrza, na wykruszenie krawędzi skrawającej przy obróbce przerywanej. Jednocześnie ma wpływ na kierunek spływania wióra.

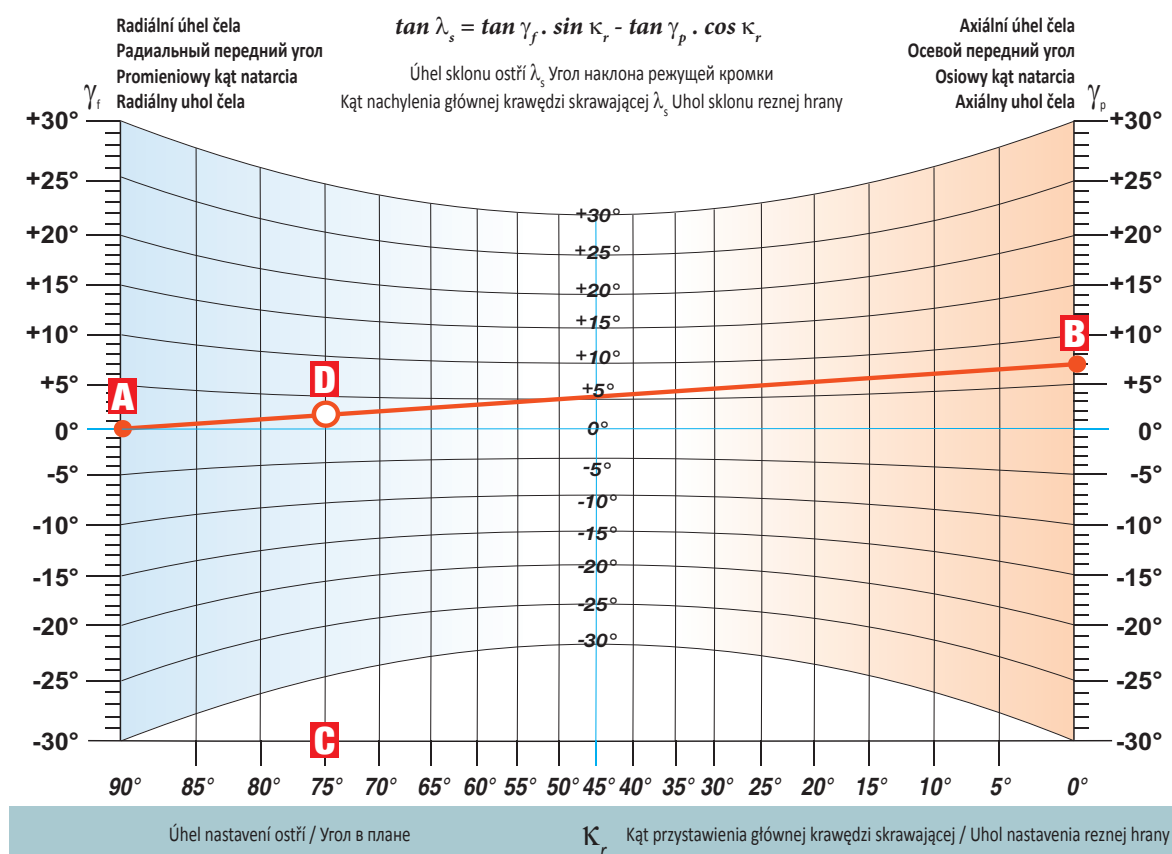
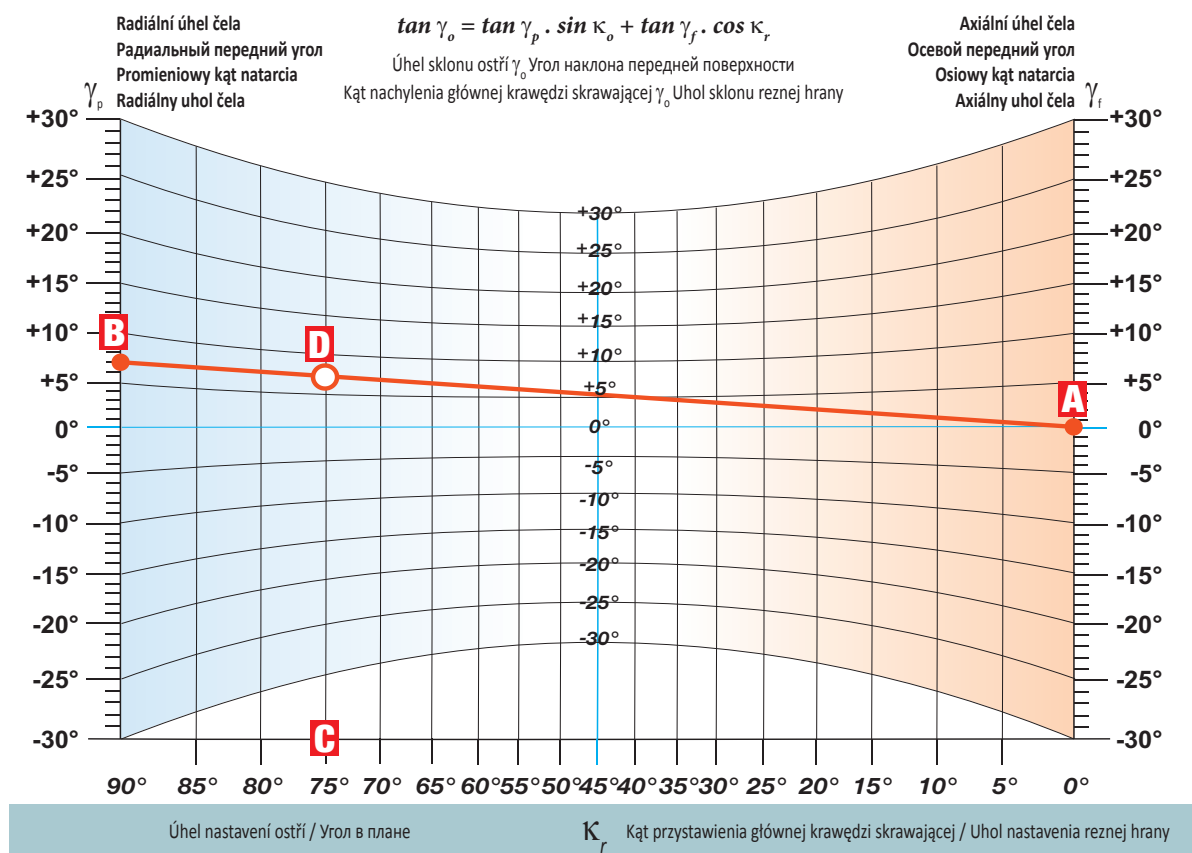
Konstruktívne uhly (nástrojové uhly) slúžia k základnej orientácii polohy lôžka, do ktorého je upnutá VRD a má význam najmä pre konštrukciu telesa frézy. Jedná sa o dva uhly čela. Axiálny uhol čela g_p (nástrojový zadný uhol čela) a radiálny uhol čela g_f (nástrojový bočný uhol čela) viz obrázok č. 8.

Pracovné (funkčné) uhly sú uhol nastavenia κ_r , ortogonalný uhol čela γ_o , uhol sklonu ostria λ_s .

- **Ortogonalný uhol čela** γ_o – má vplyv na veľkosť plastickej deformácie odrezávanej triesky a teda na veľkosť reznej sily a na úroveň reznej teploty. Čím väčší je uhol γ_o , tým menšie sú rezne sily a tým menší je aj potrebný výkon hnacieho motoru frézky a naopak. Zmenšujúci sa uhol γ_o má za následok rast reznej sily a reznej teploty.
- **Uhol nastavenia** κ_r – určuje pri určitom posuve na zub f_z a axiálnej hĺbke rezu a_p hrúbku a šírku triesky (dĺžku zaberajúceho ostria). Tým ovplyvňuje rezne sily, špecifické zaťaženie, opotrebenie a trvanlivosť ostria. Zmenšujúci sa uhol nastavenia κ_r pri konštantnom posuve f_z má za následok zmenšenie hrúbky triesky h .
- **Uhol sklonu ostria** λ_s – spolu s uhlom nastavenia κ_r a uhlom čela γ_o určuje miesto prvého dotyku ostria s obrobkom pri vnikaní ostria. Preto má vplyv aj na smer odchodu triesky z miesta rezu.

NOMOGRAMY PRO URČENÍ PRACOVNÍ GEOMETRIE FRÉZY
 НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ГЕОМЕТРИИ ФРЕЗЫ
 NOMOGRAMY NA OKREŚLENIE GEOMETRII ROBOCZEJ FREZA
 NORMOGRAMY PRE URČENIE PRACOVNEJ GEOMETRIE FRÉZY

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 9



Výstup břitu ze záběru je provázen, jednak namáháním břitu teplotními rázy způsobenými prudkým ochlazením povrchových vrstev břitu v blízkosti ostří a jednak mechanickým rázem vyvolaným uvolněním pružných deformací, zejména povrchových vrstev obrobku při rychlém poklesu řezné síly.

To je důvod, proč používáme střední hodnotu tloušťky třísky h_m pro všechny výpočty.

Tloušťka třísky h se mění během 1 otáčky v závislosti na úhlu φ podle závislosti $h\varphi = f_z \times \sin\varphi$.

Maximální tloušťku rovnou f_z dosahuje tříska v ose frézy. Střední hodnota tloušťky třísky h_m , kterou odebírá 1 zub během 1 otáčky, představuje výšku obdélníku o stejné ploše jako je plocha pod sinusovkou vztažená na radiální hloubku řezu a_e . Velikost střední tloušťky třísky h_m je závislá na druhu frézy a na záběrových podmínkách, zejména na poměru a_e/D , posuvu na zub f_z a přirozeně na úhlu nastavení κ_r . Na obrázku 10, na následující straně jsou uvedeny ilustrativní příklady.

Выход режущей кромки из заготовки сопровождается с одной стороны, резким снижением нагрузки на режущую кромку и температуры, и, с другой стороны, механическим ударом, вызванным релаксацией упругих деформаций, в особенности, поверхностных слоев.

Чтобы ограничить кромку от резкого перепада температуры и неблагоприятной механической нагрузки, желательно минимизировать толщину снимаемой стружки на выходе режущей кромки из заготовки. Однако, она не должна быть слишком тонкой, потому что возникает опасность выкрашивания СМП при отрыве частиц нароста, который образуется при снятии экстремально тонкой стружки, а также вероятность появления заусенца на заготовке.

В отличие от токарной обработки, где толщина снимаемой стружки в большинстве случаев является постоянной и зависит только от подачи и главного угла в плане, в процессе фрезерования эта величина изменяется постоянно (в течение одного оборота фрезы). Толщина стружки представляет собой одну из наиболее значимых величин для определения режимов резания при фрезеровании.

Ввиду значительного колебания толщины снимаемой стружки при различных методах фрезерования вводится, как правило, в расчет ее средняя величина h_m . Толщина стружки h меняется в течение одного оборота в зависимости от угла φ согласно зависимости $h\varphi = f_z \times \sin\varphi$ (кривая, изображающая эту зависимость, является синусоидой).

Максимальная толщина стружки, равная f_z , достигается в зоне резания, расположенной в точке пересечения осевого сечения фрезы с припуском. Средняя величина толщины стружки, которую снимает 1 зуб за 1 оборот, представляет собой высоту прямоугольника, а в качестве его ширины выступает радиальная глубина резания – a_e . Величина средней толщины стружки зависит от типа фрезы и от условий врезания, прежде всего от соотношения a_e/D , подачи на зуб f_z и, естественно, от главного угла в плане – κ_r . Эта зависимость наглядно представлена на следующем Рисунке № 10.

Wychodzeniu krawędzi skrawającej z materiału towarzyszą również naprężenia termiczne, powodowane gwałtownymi spadkami temperatury wierzchniej warstwy krawędzi skrawającej i naprężenia mechaniczne spowodowane przez elastyczne odkształcenia warstwy wierzchniej przedmiotu obrabianego podczas szybkich spadków sił skrawania.

Dlatego używamy średniego przekroju wióra h_m do każdego obliczenia. Grubość wióra h zmienia się podczas jednego obrotu w zależności od kąta φ zgodnie z formułą $h\varphi = f_z \times \sin\varphi$.

Maksymalna grubość wióra równa f_z jest osiągana w osi freza. Średnia grubość wiórów h_m cięta przez jedno ostrze podczas jednego obrotu jest równa wysokości prostokąta o tej samej powierzchni co powierzchnia pod krzywą sinusoidalną w odniesieniu do promieniowej głębokości skrawania a_e . Średnia grubość wióra h_m zależy od typu freza i warunków skrawania, szczególnie od stosunku a_e/D , posuvu na ząb f_z i kąta przystawienia κ_r . Zobacz rysunek 10. na następnej stronie.

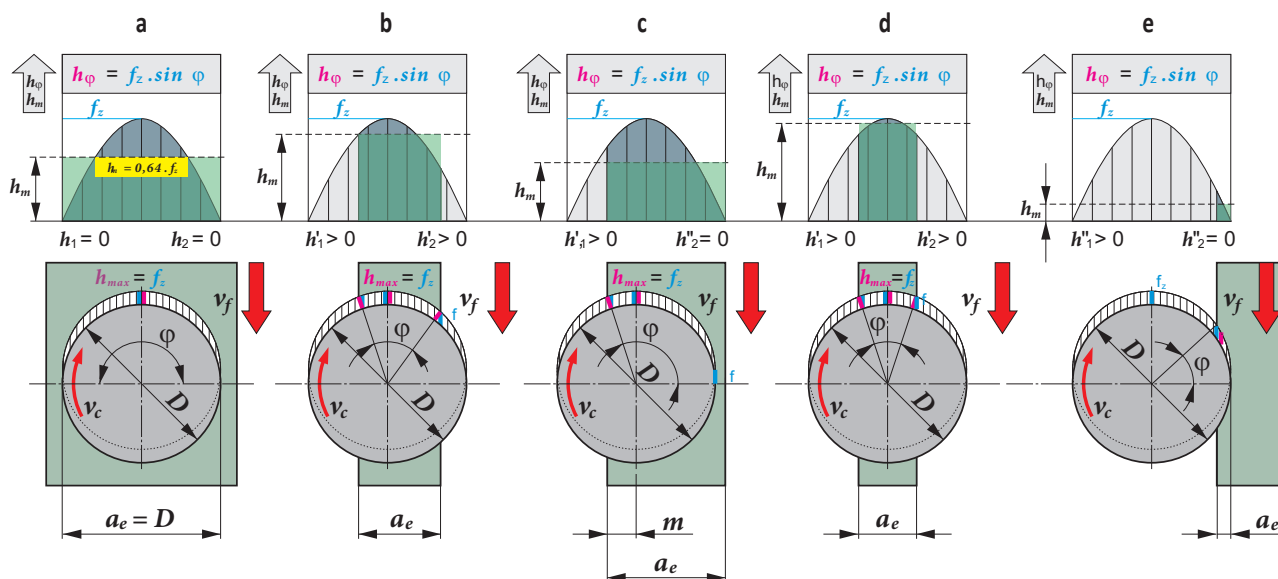
Rovnako tak aj výstup ostria zo záberu je sprevádzaný namáhaním teplotnými rázmi spôsobenými prudkým ochladením povrchových vrstiev a jednak mechanickým rázom vyvolaným uvoľnením pružných deformácií, najmä povrchových vrstiev obrobku pri rýchlom poklese rezného výkonu.

S ohľadom na veľkú premenlivosť hrúbky triesky pri rôznych spôsoboch frézovania sa obvykle počíta s jej strednou hodnotou h_m .

Hrúbka triesky h sa mení v priebehu 1 otáčky v závislosti na uhle φ podľa závislosti $h\varphi = f_z \times \sin\varphi$ (to značí, že krivka znázorňujúca túto závislosť je sínusoida).

Maximálnu hrúbku rovnú f_z dosahuje trieska v ose frézy. Stredná hodnota hrúbky triesky h_m , ktorú odoberá 1 zub v priebehu otáčky, predstavuje výšku obdĺžnika o rovnakej ploche ako je plocha pod sinusoidou vzťahnutá na radiálnu hĺbku rezu a_e . Veľkosť strednej hrúbky triesky je závislá na druhu frézy a na záberových podmienkach, najmä na pomere a_e/D , posuvu na zub f_z a na uhle nastavenia κ_r . Náznornú predstavu o závislosti h_m na záberových podmienkach dáva nasledujúci obrázok.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrazok 10



Střední tloušťka třísky h_m se pro případy frézování podle obr. 10a, b, c, d vypočte podle vzorce:

Średnią grubość wióra h_m (rys. 10a, b, c, d) oblicza się wg wzoru:

Средняя толщина стружки h_m (рисунок 10a, b, c, d) определяется по формуле:

Středná hrúbka triesky h_m sa pre prípady frézovania podľa obr. 10a, b, c, d vypočíta podľa vzorca:

$$h_m = f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot 114,6 \cdot \left(\frac{a_e}{D \cdot \arccos \left(1 - \frac{2a_e}{D} \right)} \right)$$

Resp. posuv f_z pro zvolenou hodnotu h_m podle vzorce:

Подача на зуб f_z может быть вычислена по обратной h_m формуле:

Odpowiednio: posuv f_z dla wybranej wielkości h_m według wzoru:

Posuv f_z pre zvolenú hodnotu h_m podľa vzorca:

$$f_z = \frac{h_m}{\sin \kappa_r} \cdot \left(\frac{D \cdot \arccos \left(1 - \frac{2a_e}{D} \right)}{114,6 \cdot a_e} \right)$$

Střední tloušťka třísky h_m pro obrábění středem frézy tedy pro případ (obrázek 10d) se vypočte podle vzorce:

Средняя толщина стружки h_m при фрезеровании центром фрезы (рисунок 10d) может определяться по формуле:

Średnią grubość wióra h_m do obróbki środkiem (rysunek 10d) jest zatem obliczana ze wzoru:

Pre výpočet strednej hrúbky triesky h_m v prípade podľa obr. 10d (stredom frézy) sa doporučuje použiť vzorec:

$$h_m = f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot 57,3 \cdot \left(\frac{a_e}{D \cdot \arcsin \left(\frac{a_e}{D} \right)} \right)$$

ŘEZNÉ PODMÍNKY PŘI FRÉZOVÁNÍ
РАСЧЕТ ДИАПАЗОНА ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ СТРУЖКИ
FREZOWANIE – PARAMETRY SKRAWANIA
REZNÉ PODMIENKY PRE FRÉZOVANIE

Pro frézování podle obr. 10e, kdy je poměr a_e/D velmi malý $< 0,2$, se pro výpočet střední tloušťky třísky h_m doporučuje použít vzorec:

Dla frezowania pokazanego na rys. 10e, gdy stosunek $a_e/D < 0,2$, zaleca się średnią grubość wióra h_m obliczyć według wzoru:

При фрезеровании краем фрезы (рисунок 10е) при $a_e/D < 0,2$ можно пользоваться упрощенной формулой:

Pre frézovanie kde je pomer a_e/D veľmi malý $< 0,2$ sa pre výpočet strednej hrúbky triesky h_m doporučuje použiť vzorec podľa obr. 10e:

$$h_m = f_z \sin \kappa_r \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

Resp. pro posuv f_z pro požadovanou hodnotu h_m :

Подача на зуб f_z может быть вычислена по обратной h_m формуле:

Odpowiednio: posuw f_z do wymaganej wielkości h_m :

resp. pre posuv f_z pre požadovanú hodnotu h_m :

$$f_z = \frac{h_m}{\sin \kappa_r} \sqrt{\frac{D}{a_e}}$$

Kde:

h_m střední tloušťka třísky [mm]
 f_z posuv na zub [mm/zub]
 a_e radiální hloubka řezu [mm]
 D průměr frézy [mm]
 κ_r úhel nastavení hlavního břitu [°]

Где:

h_m средняя толщина стружки [мм]
 f_z подача на зуб [мм/зуб]
 a_e ширина фрезерования [мм]
 D диаметр фрезы [мм]
 κ_r угол в плане [°]

Gdzie:

h_m średnia grubość wióra [mm]
 f_z posuw na ząb [mm/ząb]
 a_e promieniowa głębokość skrawania [mm]
 D średnica freza [mm]
 κ_r kąt przyst. głównej krawędzi skrawającej [°]

Kde:

h_m stredná hrúbka triesky [mm]
 f_z posuv na zub [mm/zub]
 a_e radiálna hĺbka rezu [mm]
 D priemer frézy [mm]
 κ_r uhol nastavenia hlavnej rez.hrany [°]

VÝPOČET STŘEDNÍ TLOUŠTKY TŘÍSKY
РАСЧЕТ ДИАПАЗОНА ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ СТРУЖКИ
OBŁICZANIE ŚREDNIEGO PRZĘKROJU WIÓRA
VÝPOČET STREDNEJ HRÚBKY TRIESKY

Pro každý z typů nástrojů uvedených v tomto katalogu je optimální určitý rozsah středních tlouštěk třísky. Při použití hodnot nižších, než je uvedeno v tomto rozsahu hrozí nebezpečí, že nástroj "nebude řezat" resp. že bude docházet k nadměrnému opotřebení a v krajním případě i k destrukce VBD. Ale i v případě, že bude tato doporučená hodnota překročena hrozí destrukce VBD v důsledku přetížení nástroje.

Rozsahy doporučených středních tlouštěk třísky jsou uvedeny přímo u jednotlivých rodin.

Plný rozsah tlouštěk třísky můžeme použít pouze pro skupiny P a K. Spodní hranici tloušťky třísky musíme upravovat (brát vyšší než je uvedeno) u skupin M a S a u houževnatých materiálů skupiny N. Horní hranici je nutno redukovat u skupin H, S a mírně i u pevnějších materiálů skupiny M. Naopak při obrábění měkkých materiálů skupiny N je možno zvýšit horní hranici doporučené střední tloušťky třísky o cca 10 – 15%.

Dla každého typu nástroje, uvedeného v tomto katalogu, existuje optimální rozsah středních tlouštěk třísky. Při použití hodnot nižších, než je uvedeno v tomto rozsahu hrozí nebezpečí, že nástroj "nebude řezat", což povede k nadměrnému opotřebení a v krajním případě i k destrukci VBD. Ale i v případě, že bude tato doporučená hodnota překročena hrozí destrukce VBD v důsledku přetížení nástroje.

Rekomendovaný rozsah středních tlouštěk třísky je uveden přímo u jednotlivých rodin.

Dla každého typu nástroje, uvedeného v tomto katalogu, existuje optimální rozsah středních tlouštěk třísky. Při použití hodnot nižších, než je uvedeno v tomto rozsahu hrozí nebezpečí, že nástroj "nebude řezat", což povede k nadměrnému opotřebení a v krajním případě i k destrukci VBD. Ale i v případě, že bude tato doporučená hodnota překročena hrozí destrukce VBD v důsledku přetížení nástroje.

VÝPOČET STŘEDNÍ TLOUŠTKY TŘÍSKY
РАСЧЕТ ДИАПАЗОНА ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ СТРУЖКИ
OBLICZANIE ŚREDNIEGO PRZĘKROJU WIÓRA
VÝPOČET STREDNEJ HRÚBKY TRIESKY

Dla każdego typu narzędzi przedstawionych w tym katalogu istnieją pewne optymalne zakresy średnich przekrojów wióra. Stosowanie wartości niższych od zalecanych powoduje, że narzędzie „przestaje skrawać” co powoduje nadmierne zużywanie się płytek, a w skrajnych przypadkach prowadzi do ich zniszczenia. Również w przypadku przekroczenia maksymalnej wartości grozi nam destrukcja płytki w wyniku przecięcia narzędzia.

W poniższej tabeli podane są zalecane zakresy średniego przekroju wióra dla różnych typów narzędzi.

Pełen zakres grubości wióra może być używany tylko dla grup P i K; dolna granica grubości wiórów musi być zmodyfikowana (traktowane jako wyższe niż wymienione) dla grup M i S i w trudnych materiałach z grupy N. Górna granica musi być obniżona dla grup H, S i czasem również dla materiałów z grupy M – tych o większej wytrzymałości mechanicznej. Z drugiej strony, obróbka materiałów miękkich z grupy N pozwala na zwiększenie górnej granicy zalecanej średniej grubości wiórów na około 10 – 15%.

Pro optymalni aplikaci jakéhokoliv frézovacího nástroje se proto doporučuje provést kontrolu tloušťky třísky, resp. podle doporučeného rozsahu h_m zvolit (vypočít) vhodný posuv. Samozřejmě je nutno rovněž zohlednit samotnou geometrii VBD. Pro výpočet f_z lze použít vzorce uvedené výše nebo je rovněž možno použít následující vzorec.

Hodnoty koeficientu c odečteme z následujícího grafu:

Dla optymalnej aplikacji dowolnego narzędzia frezarskiego zalecane jest sprawdzenie grubości wióra lub dla zalecanego zakresu h_m ustawienie (wylczenie) właściwego posuwu f_z . Oczywiście należy również zwrócić uwagę na samą geometrię płytki.

Do wylczenia f_z można zastosować podane wcześniej wzory lub skorzystać z podanego poniżej wzoru, gdzie wartość współczynnika c odczytamy z wykresu 11:

Pre každý z typov nástrojov uvedených v tomto katalógu je optimálny určitý rozsah strednej hrúbky triesky. Pri použití hodnôt nižších, ako je uvedené v tomto rozsahu hrozí nebezpečie, že nástroj „nebude rezať” resp. že bude dochádzať k nadmernému opotrebovaniu a v krajnom prípade i k deštrukcii VRD. Ale i v prípade, že bude táto doporučená hodnota prekročená hrozí deštrukcia VRD v dôsledku preťaženia nástroja. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené typy fréz spolu s rozsahmi doporučených stredných triesok.

Rozsahy odporúčané pre priemernú hrúbku triesky, sú uvedené priamo danej skupiny.

Kompletný výpočet môže byť použitý len pre skupiny P a K. Výpočet hrúbky triesky musí byť upravený na spodnú hranicu pre skupiny M a S (dokonca aj pre húževnatejšie materiály zo skupiny N). Pre skupiny H, S musí byť horný limit znížený (mierne aj pre M skupiny s vyššou mechanickou pevnosťou). Na druhej strane, obrábanie mäkkých materiálov zo skupiny N umožňuje zvýšenie hornej hranice odporúčanej priemernej hrúbky triesky o cca 10-15%.

Для достижения оптимальных условий применения любых фрез, рекомендуется проверить необходимое значение толщины стружки или выбрать подходящую подачу на основе рекомендованного диапазона h_m . Необходимо также учесть геометрию пластин. Для расчета f_z можно использовать формулу, приведенную выше, или следующую формулу.

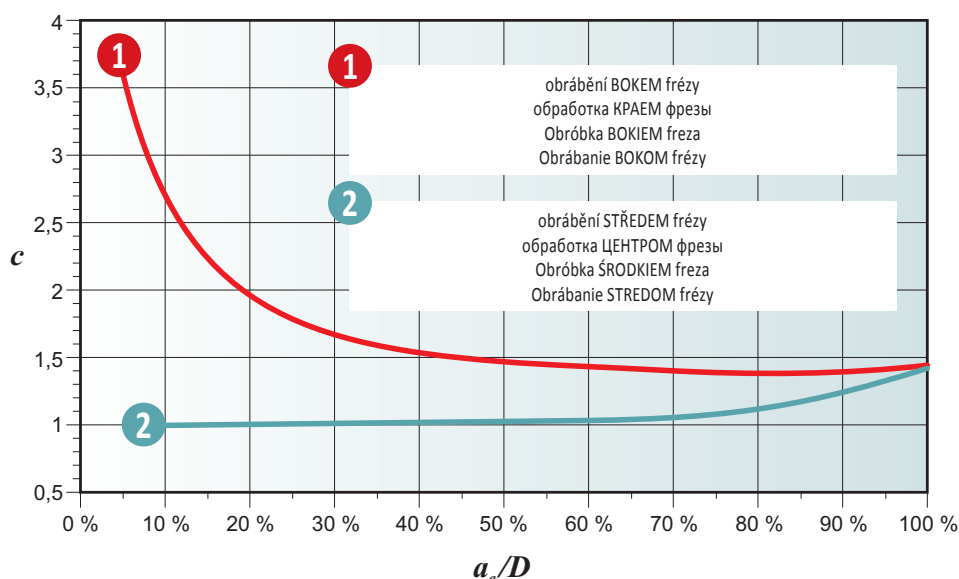
Значение коэффициента c можно определить по графику:

Pre optimálnu aplikáciu akéhokoľvek frézovacího nástroja sa preto doporučuje vykonať kontrolu hrúbky triesky h_m , resp. podľa doporučeného rozsahu h_m zvoliť (vypočítať) vhodný posuv. Samozrejme je rovnako nutné zohľadniť samotnú geometriu VRD. Pre výpočet f_z je možné použiť vzorce uvedené vyššie, alebo je rovnako možné použiť nasledujúci vzorec.

Hodnoty koeficientu c odpočítame z nasledujúceho grafu, vid' obr. 11:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 11

$$f_z = \frac{h_m}{\sin \cdot \kappa_r} \cdot c$$



A nyní již k jednotlivým technologiím, resp. k doporučením a vysvětlením týkajících se obrábění základních typů ploch.

A teraz dla poszczególnych aplikacji, lub raczej zaleceń i objaśnień dotyczących obróbki podstawowych rodzajów powierzchni.

Рекомендации и пояснения для частных случаев фрезирования.

A teraz jednotlivé technológie, či skôr odporúčania a vysvetlenie týkajúce sa obrábanie základných typov povrchov.



**FRÉZOVÁNÍ ROVIN (S OSAZENÍM, SE SRAŽENÍM) / ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКОСТИ (С УСТУПОМ ИЛИ ФАСКОЙ)
FREZOWANIE CZOŁOWE (Z ODSADZENIEM LUB FAZKĄ) / ČELNÉ FRÉZOVANIE (OSADENIE A OSADENIE SO ZRAZENÍM)**

Frézování rovin (s osazením, nebo se sražením) je jednou ze stěžejních frézovacích operací, a proto si ji musíme rozdělit do několika sekcí.

1. Určíme, zda se bude jednat o operaci hrubovací či dokončovací.
2. Rozhodneme, zda chceme obrábět čelem či obvodem frézy.
3. Dle typu, velikosti, výkonu a tuhosti stroje zvolíme patřičný nástroj.

U hrubování je základním požadavkem odebrat co nejvíce materiálu v co nejkratším časovém úseku a současně se co nejvíce přiblížit finálnímu tvaru. U silných a tuhých strojů volíme nástroje umožňující zabrat co největší hloubku řezu a naopak, u labilnějších strojů s menším výkonem budeme volit nástroje, pro které je doporučována malá hloubka řezu a které umožňují pracovat vyššími posuvy (torické nebo HFC frézy). V obou případech platí jedno doporučení: Používejte údaje uvedené u destiček přičemž pro $a_{p\max}$ použijte minimální hodnoty posuvů a pro $a_{p\min}$ maximální hodnoty posuvů.

U dokončovacích operací, kde jsme limitováni požadovanou drsností povrchu, je rozhodující velikost hladicího segmentu, resp. velikost rádiu, počet zubů nástroje a posuv.

Pro destičky s hladicím segmentem platí, že posuv na otáčku musí být menší než velikost hladicího segmentu.

Фрезерование плоскости (с уступом или фаской) является одной из ключевых операций, которой требуется следующее:

1. Определение типа операции – черновая или чистовая.
2. Выбор способа обработки – торцевой или цилиндрической частью фрезы.
3. Выбор правильного инструмента на основе размера, мощности и жесткости станка.

Для черновой операции важно снять как можно быстрее и больше материала, приближая поверхность к окончательной. При использовании мощных и жестких станков следует выбирать инструмент, способный снимать максимальный припуск. Для менее жестких станков целесообразно применение фрез с минимальным припуском, но большой подачей (высокоподачные и тороидальные фрезы).

Для чистовой операции важной особенностью является ширина зачистной кромки инструмента, количество зубьев и подача. Подача на оборот фрезы не должна превышать ширину зачистной фаски.

Frezowanie czołowe (z odsadzeniem lub fazką) jest jedną z kluczowych operacji frezowania, a zatem musimy podzielić ją na wiele części

1. Określenie, czy operacja jest zgrubna czy wykańczająca.
2. Zdecyduj, czy chcesz obrabiać za pomocą czoła lub boku freza
3. Wybierz właściwe narzędzie w zależności od rodzaju, wielkości, mocy i sztywności maszyny.

Dla obróbki zgrubnej, podstawowym wymaganiem jest to, aby usunąć tak dużo materiału jak to jest możliwe w jak najkrótszym czasie, równocześnie zbliżyć się do ostatecznego kształtu tak bardzo, jak to możliwe. W mocnych i sztywnych maszynach, wybierz narzędzia, które pozwalają zebrać największą głębokość skrawania, a w mniej stabilnych maszynach o niższej mocy wymagane są narzędzia z niską zalecaną głębokością skrawania i wyższym dozwolonym posuwem (frezy toroidalne lub HFC). Te same zalecenia odnoszą się do obu przypadków: Użyj informacji dla płytki, gdzie będzie użyta minimalna wartość posuwu dla $a_{p\max}$ i maksymalna wartość posuwu dla $a_{p\min}$.

W operacjach wykańczających, gdzie jesteś ograniczany przez wymaganą chropowatość powierzchni, czynniki to wielkość segmentu dogładającego, a raczej wielkość promienia liczba zębów narzędzia i posuw.

Dla płytki z segmentem dogładającym (wiper) posuw na obrót musi być mniejszy niż wielkość segmentu dogładającego.

Čelné frézovanie (s osadením alebo skosením) je jedným z kľúčových frézovacích operácií, musíme ho pre to rozdeliť do niekoľkých sekcii.

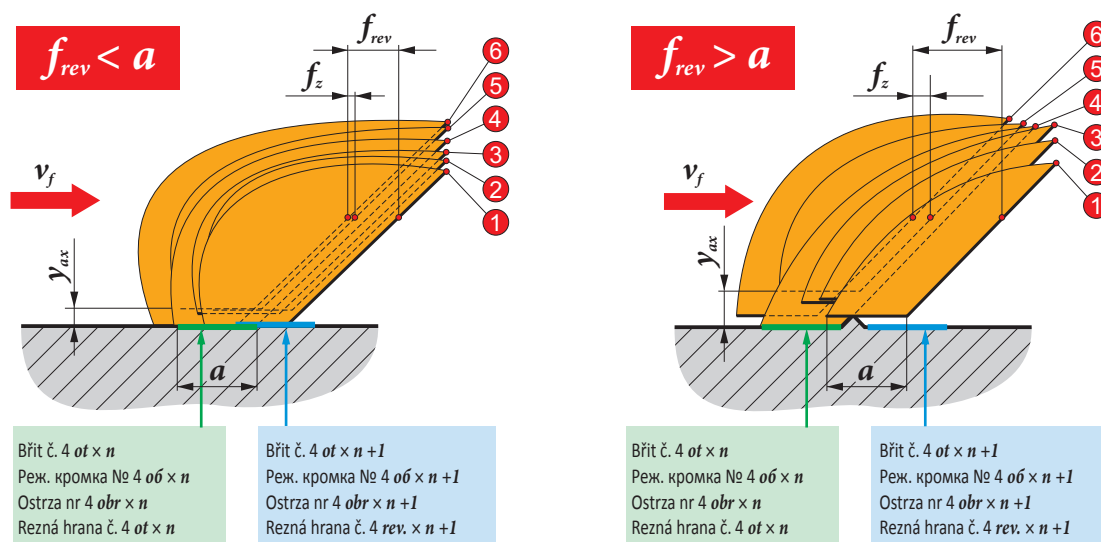
1. Zistite, či je nutná operácia hrubovanie alebo dokončovanie.
2. Rozhodnite sa, či použijete frézu pre čelné alebo obvodové frézovanie.
3. Zvoľte správny nástroj s ohľadom na typ, veľkosť, silu a tuhosť stroja.

Pre hrubovanie je základnou požiadavkou odstrániť čo najviac materiálu, ako je to len možné v najkratšom čase. Pri silných a tuhých strojoch, je potrebné zvoliť nástroje, ktoré umožňujú maximálnu hĺbku rezu, zatiaľ čo menej stabilné stroje s nižším výkonom vyžadujú nástroj s menšou hĺbkou rezu pre vyššie povolené posuvy (toroidné alebo HFC frézy). Pri oboch prípadoch používajte informácie uvedené na obaloch doštičiek, kde nájdete odporúčané hodnoty pre hĺbku rezu $a_{p\min}$ a $a_{p\max}$.

Pre dokončovacie operácie, kde sme limitovaní drsnosťou povrchu, sú kľúčové faktory: veľkosť stieracieho segmentu, polomer nástroja, počet zubov nástroja a posuv.

Pre dodržanie drsnosti musí byť posuv na otáčku menší ako veľkosť stieracieho segmentu.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 12



To znamená: $f_{z \max} \leq a/z$

a velikost hladícího segmentu [mm]

z počet zubů frézy [-]

f_{rev} posuv na otáčku [mm/ot]

f_z posuv na zub [mm/zub]

Pro toroidní frézy (kruhové a rádiusové verze destiček je situace obdobná).

Это означает: $f_{z \max} \leq a/z$

a ширина режущей кромки [мм]

z количество зубьев фрезы [-]

f_{rev} подача на оборот [мм/об]

f_z подача на зуб [мм/зуб]

Для тороидальных фрез (ситуация аналогична применению фрез с формированием поверхности заготовки радиусом при вершине пластины).

To oznacza: $f_{z \max} \leq a/z$

a wielkość segmentu dogładzającego [mm]

z liczba ostrzy głowicy [-]

f_{rev} posuw na obrót [mm/obr]

f_z posuw na ząb [mm/ząb]

Dla toroidalnych głowic (sytuacja jest podobna w głowicach na płytki okrągłe).

Pre výpočet platí: $f_{z \max} \leq a/z$

a stierací segment [mm]

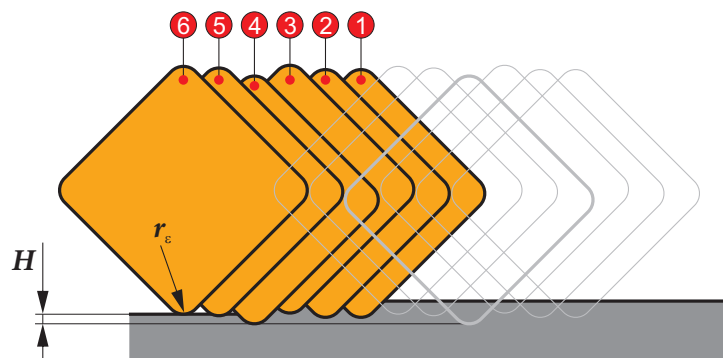
z počet zubov na danej fréze [-]

f_{rev} Posuv na otáčku [mm/ot]

f_z Posuv na zub [mm/zub]

Pre toroidné frézy (je situácia obdobná pre frézy na kruhové a rádiusové doštičky).

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 13



Pak tedy posuv na zub: $f_{z\max} \leq (\sqrt{18 \cdot r_e \cdot H})/z$

r_e velikost rádiusu destičky [mm]

z počet zubů frézy [-]

H maximální hodnota nerovnosti ($\sim H$) [mm]

Drsnost jsme pochopitelně schopni určit přibližně i při obrábění obvodem frézy:

Dlatego posuw na ząb: $f_{z\max} \leq (\sqrt{18 \cdot r_e \cdot H})/z$

r_e wielkość promienia płytki [mm]

z Liczba ostrzy [-]

H maksymalna wysokość wierzchołka ($\sim H$) musi być podana w [mm]

Chropowatość w przybliżeniu można określić nawet podczas obróbki obwodowej.

Поэтому подача на зуб будет определяться: $f_{z\max} \leq (\sqrt{18 \cdot r_e \cdot H})/z$

r_e радиус пластины фрезы [мм]

z количество зубьев фрезы [-]

H максимальная высота выступа ($\sim H$) [мм]

Шероховатость может быть приблизительно определена при фрезеровании цилиндрической частью фрезы:

Preto, posuv na zub: $f_{z\max} \leq (\sqrt{18 \cdot r_e \cdot H})/z$

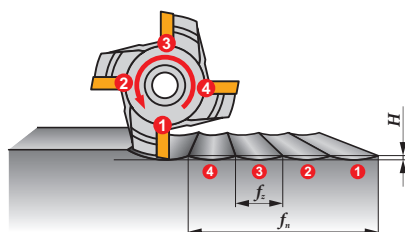
r_e veľkosť rádiusu na dosťičke [mm]

z číslo zuba na fréze [-]

H maximálna výška výstupka ($\sim H$) musí byť uvedená v [mm]

Drsnosť môže byť samozrejme stanovená len približne, dokonca aj pri obrábaní s obvodom frézy:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 14



Kde:

f_z posuv na zub [mm/zub]

D průměr frézy [mm]

H maximální hodnota nerovnosti ($\sim R_z$) [mm]

Gdzie:

f_z posuw na ząb [mm/ząb]

D średnica głowicy [mm]

H maksymalna wysokość wierzchołka ($\sim R_z$) w [mm]

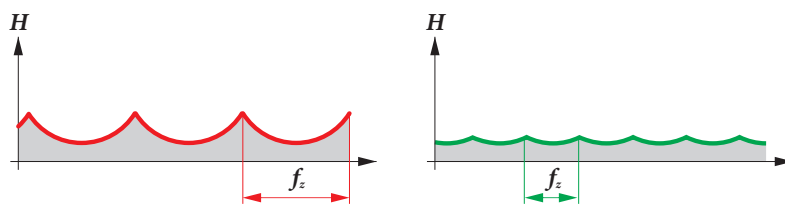
Při frézování rovin, kdy je šířka frézované plochy a_e rovna průměru frézy se řídíme hodnotami doporučenými přímo u destiček. Pokud je šířka záběru menší než průměr frézy, pak hraje významnou roli zda obrábíme středem či bokem frézy. V obou případech bychom měli provádět korekci posuvu a rovněž řezné rychlosti.

V každém případě bychom se ale měli snažit, aby nástroj nevstupoval ani nevystupoval z řezu v oblasti blízké středu frézy (tzv. „pásmo smrti“).

Podczas frezowania czołowego, gdzie szerokość frezowanej powierzchni jest równa średnicy freza, użyj wartości zalecanych dla płytek. Jeśli szerokość skrawania jest mniejsza niż średnica freza, kluczowym czynnikiem jest to, czy obróbka skrawaniem jest wykonywana przy użyciu centrum lub boku freza. W obu przypadkach, powinny być wykonane korekty w posuwie i prędkości skrawania.

W każdym przypadku istotne jest, aby upewnić się, że narzędzie nie wchodzi lub wychodzi z obszaru bliskim centrum freza (tzw. „strefa śmierci“).

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 15



Где:

f_z подача на зуб [мм/зуб]

D диаметр фрезы [мм]

H максимальная высота неровностей, которая эквивалента ($\sim R_z$) [мм]

Kde:

f_z posuv na zub [mm/zub]

D priemer frézy [mm]

H maximálna výška výstupka hrany ($\sim R_z$) musí byť uvedená v [mm]

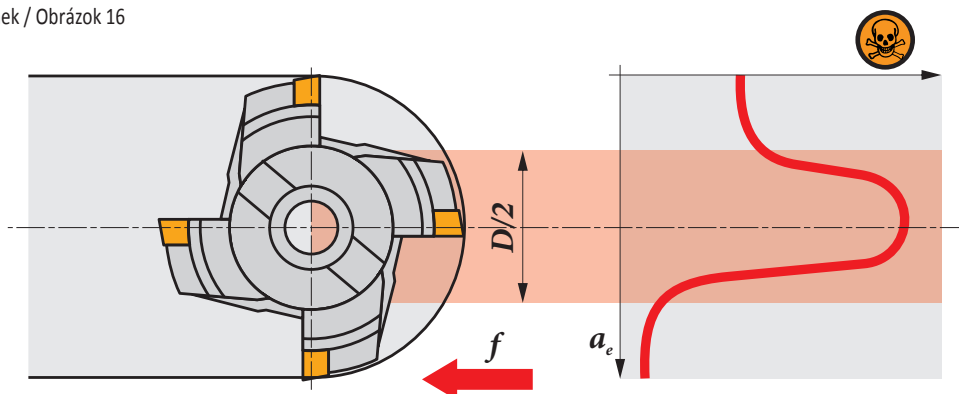
Если ширина фрезерования a_e совпадает с диаметром фрезы, то следует выбирать значения, рекомендуемые для пластин. Если ширина фрезерования меньше, то определяющим фактором станет стратегия обработки – центром фрезы или краем. Во всех случаях следует вводить корректировку.

В любом случае всегда необходимо стремиться к тому, чтобы точка входа, а в особенности точка выхода, инструмента находились как можно дальше от центральной оси.

V priebehu čelného frézovania, kde šírka frézovanej plochy sa rovná priemeru frézy, použite hodnoty odporúčané na dosťičkách. V prípade, že šírka rezu je menšia než priemer frézy, je kľúčovým faktorom, či sa obrába stredom nástroja, alebo stranou – bokom frézy. V oboch prípadoch by bolo treba parametre upraviť.

V každom prípade treba zabezpečiť, aby sa nástroj nevstúpil, alebo nevystúpil z rezu v oblasti stredu frézy vid' obrázok 16 (v takzvanej zóne smrti).

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 16



Zde jsou uvedeny korekce řezné rychlosti a posuvu:

Корректировочные значения скорости резания и подачи:

Poniżej podane są korekcie prędkości skrawania i posuwu:

Tu nájdete korekcie pre reznú rýchlosť a posuv:

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 5

a_e/D	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
	1,48	1,35	1,27	1,22	1,19	1,16	1,11	1,08	1,05	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00
	2,87	2,05	1,69	1,48	1,33	1,23	1,09	0,75	0,94	0,90	0,89	0,88	0,88	1,00
	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65	0,67	0,68	0,71	0,72	0,74	0,79	1,00



**ZAPICHOVACÍ (PONORNÉ) FRÉZOVÁNÍ (SVISLÉ ŘÁDKOVÁNÍ) / ПЛУНЖЕРНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ
FREZOWANIE WGLĘBNE / PONORNÉ FRÉZOVANIE, FRÉZOVANIE ZAPICHOVANÍM (SLOTING)**

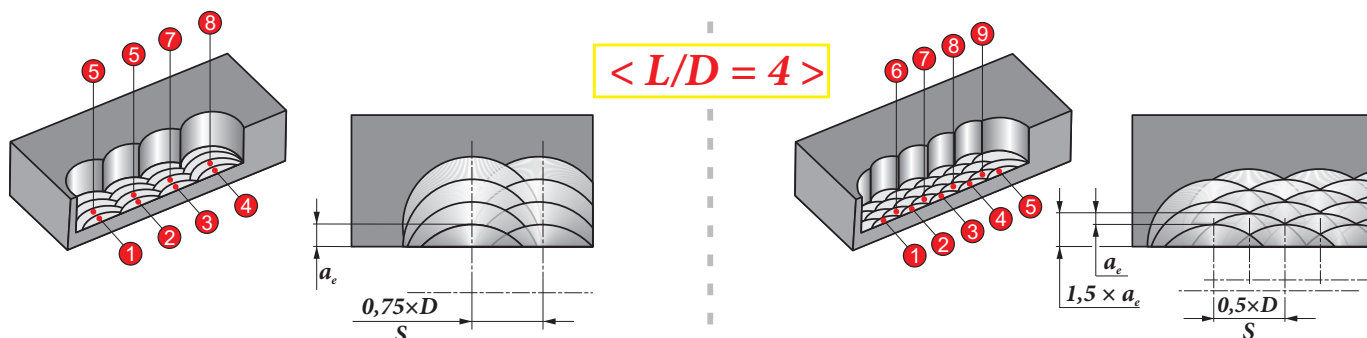
U této technologie naleznete doporučení maximální přípustné radiální hloubky řezu pro danou rodinu nástrojů. V tomto případě velmi významnou roli hraje vyložení nástroje L , a proto při vytváření širších osazení doporučujeme pro vyšší vyložení ($L/D > 4$) upravit záběrové podmínky dle následujícího obrázku:

Здесь содержатся рекомендации максимальной ширины фрезерования для всех фрез. В этом случае большую роль играет вылет инструмента L . При использовании фрез с большим вылетом ($L/D > 4$) и обработке широких уступов рекомендуется применить стратегию согласно следующему рисунку:

Ta kategoria zawiera zalecenia dotyczące maksymalnej dopuszczalnej głębokości promieniowej skrawania dla danej grupy narzędzi. W tym przypadku, wysięg narzędzia odgrywa istotną rolę. Dlatego też, przy użyciu wyższego wysięgu ($L/D > 4$), aby utworzyć szersze wejścia, zalecamy zmodyfikowanie warunków pracy zgodnie z poniższym rysunkiem.

Na nasledujúcim obrázku môžeme vidieť spôsoby presadenia nástroja do materiálu. Ak použijete väčší presah ($L/D > 4$) pre väčšiu šírku, upravte pracovné podmienky v súlade s obrázkom 17:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 17



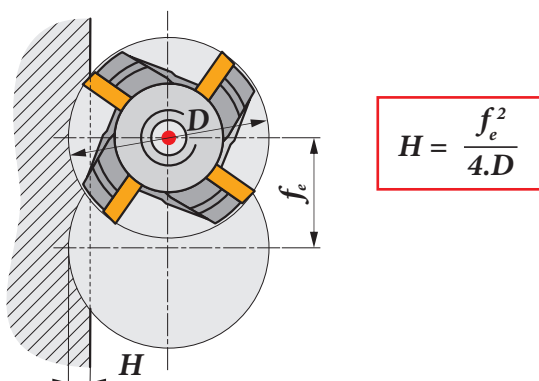
I tuto technologii můžeme rovněž použít jako dokončovací a výslednou drsnost (vlnitost) povrchu pak vypočteme ze vztahu:

Этот подход можно использовать для получения поверхности более высокого качества. Высота неровностей будет определяться по формуле:

Technologia może być również stosowana jako wykańczająca, otrzymaną chropowatość (wysokość wierzchołków) powierzchni można obliczyć za pomocą wzoru:

Táto technológia môže byť tiež použitá ako dokončovanie. Výslednú drsnosť (výšku výstupku) potom možno vypočítať podľa nasledujúceho vzorca:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 18



Kde:

f_e krok řádkování [mm]

D průměr frézy [mm]

H maximální hodnota nerovnosti ($\sim R_z$) [mm]

Где:

f_e Шаг плунжерного фрезерования [мм]

D Диаметр фрезы [мм]

H Максимальная высота неровностей ($\sim R_z$) [мм]

Gdzie:

f_e skok wgłębienia [mm]

D średnica głowicy frezarskiej [mm]

H Maksymalna wysokość wierzchołka ($\sim R_z$) w [mm]

Kde:

f_e krok presunutia nástroja [mm]

D priemer frézy [mm]

H maximálna výška výstupku ($\sim R_z$) [mm]



FRÉZOVÁNÍ DRÁŽEK / ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПАЗОВ FREZOWANIE ROWKÓW / FRÉZOVANIE DRÁŽKY (DRÁŽKOVANIE)

I zde musíme provést podrobnější rozdělení na frézování kotoučovými a válcovými resp. stopkovými frézami.

Kotoučovými frézami můžeme obrábět jak osazení, tak drážku. Proto jsme v části technologie pro vás připravili tabulky, z nichž určíte minimální a maximální posuv, který můžete použít pro daný nástroj a radiální hloubku řezu (hloubku drážky) resp. pro daný poměr a_e/D .

Режимы резания при обработке пазов назначаются по-разному для дисковых и концевых фрез.

Дисковые фрезы могут использоваться для обработки уступов и пазов. Таблицы ниже позволяют определить минимальную и максимальную подачу, ширину фрезерования для различных соотношений a_e/D .

Podczas operacji frezowania rowków musimy dokonać rozróżnienia między frezowaniem frezami tarczowymi, a frezami walcowymi, lub frezami palcowymi.

Frezy tarczowe mogą być używane do obróbki zarówno odsadzeń i rowków. Dlatego w sekcji technologicznej zawarliśmy tabele, z której można określić minimalną i maksymalną wartość posuwu, jaką można użyć dla danego narzędzia i głębokości promieniowej otworu obrabianego (głębokość rowka), lub dla danego stosunku (a_e/D).

Pri „drážkovaní“, musíme rozlíšiť, či sa jedná o frézovanie kotúčovou frézou, valcovou frézou, alebo monolitnou frézou.

Kotúčová fréza môže byť použitá na obrábanie drážky a drážky na oboch stranách, preto sme tu tiež zahrnuli tabuľky, z ktorých môžete určiť maximálny posuv a hĺbku pre daný nástroj. Prípadne môžete určiť správny pomer a_e pre daný priemer (a_e/D).

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 6

a_e		5		10		15		20		25	
D		f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}
	80	0,28	0,36	0,20	0,26	0,17	0,21	–	–	–	–
	100	0,32	0,41	0,23	0,29	0,19	0,24	0,16	0,21	–	–
	125	0,35	0,45	0,25	0,32	0,21	0,27	0,18	0,23	0,16	0,21
	160	0,40	0,51	0,28	0,36	0,23	0,30	0,20	0,26	0,18	0,23
	200	0,44	0,57	0,32	0,41	0,26	0,33	0,23	0,29	0,20	0,26
	63	0,25	0,32	0,18	0,23	0,15	0,19	0,13	0,17	0,12	0,15
	80	0,28	0,36	0,20	0,26	0,17	0,21	0,15	0,19	0,13	0,17
	100	0,32	0,41	0,23	0,29	0,19	0,24	0,16	0,21	0,15	0,19
	125	0,35	0,45	0,25	0,32	0,21	0,27	0,18	0,23	0,16	0,21
	160	0,40	0,51	0,28	0,36	0,23	0,30	0,20	0,26	0,18	0,23

Podobným způsobem jsou řešeny válcové frézy se zuby ve šroubovici (ježci a kukuřice). I zde jsou doporučeny minimální a maximální hodnoty posuvu s ohledem na a_e udávané v mm.

Аналогичный подход используется при обработке цилиндрическими фрезами с винтовыми зубьями.

Podobne rozwiązanie jest wykorzystywane do frezów walcowych o zębach spiralnych (frezы jeżowe itp). Te również mają zalecane minimalne i maksymalne wartości posuvu w odniesieniu do a_e w mm.

Podobné riešenie je určené pre valcové frézy so zubami v skrutkovici (kukurice) Tieto majú tiež odporúčané minimálne a maximálne hodnoty pre posuv vzhľadom na a_e .

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 7

a_e		1		2,5		5		7,5		10		15		20	
D		f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}
25		0,25	0,40	0,16	0,26	0,12	0,19	0,10	0,15	0,09	0,14	0,07	0,12	0,07	0,11
32		0,28	0,45	0,18	0,29	0,13	0,21	0,11	0,17	0,09	0,15	0,08	0,13	0,07	0,12
40		0,32	0,51	0,20	0,32	0,14	0,23	0,12	0,19	0,10	0,17	0,09	0,14	0,08	0,13
50		0,35	0,57	0,23	0,36	0,16	0,26	0,13	0,21	0,12	0,19	0,10	0,15	0,09	0,14

a_e		25		32		40		50	
D		f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}
25		0,08	0,13	–	–	–	–	–	–
32		0,07	0,11	0,08	0,13	–	–	–	–
40		0,07	0,12	0,07	0,11	0,08	0,13	–	–
50		0,08	0,13	0,07	0,12	0,07	0,11	0,08	0,13

Zde však neplatí dříve uváděná tabulka korekcí na řeznou rychlost. **Naopak: s rostoucím a_e doporučujeme redukovat řeznou rychlost až na cca 25 % při plné šířce a maximální hloubce řezu.**

Значения корректировки скорости резания здесь отсутствуют. **При увеличении ширины фрезерования рекомендуется снижать скорость резания вплоть до 25 % при обработке в полный паз или на максимальной глубине резания.**

Naprostoj stejným způsobem jsou řešeny i frézy pro obrábění T drážek, jen s tím rozdílem, že zde jsou startovní hodnoty rozděleny do tří sekcí obrábění osazení, frézování zadního čela a frézování T drážky.

Такой же подход используется и для Т-образных фрез с делением на типы обработки: фрезерование уступа, плоскости или Т-паза.

Jednak tabela korekcji dla prędkości skrawania nie ma tutaj zastosowania. **Wręcz przeciwnie: jeśli a_e wzrasta, zalecamy zmniejszenie prędkości skrawania nawet do około 25 %, przy pełnej szerokości i maksymalnej głębokości cięcia.**

Tabulka korekcí tu však pre reznú rýchlosť neplatí, práve naopak. **Ak sa a_e zväčšuje, odporúčame pri maximálnej hĺbke rezu a plnej šírke záberu ubrať reznú rýchlosť až o 25 %.**

Dokladně ta sama metoda jest używana do frezów teowych, z tą różnicą, że wartości wyjściowe są w tym przypadku podzielone na trzy sekcje: frezowanie odsadzeń frezowanie powierzchnią tylną i frezowanie rowka teowego.

Presne rovnaký spôsob sa používa aj u frézy pre T-drážky, s tým rozdielom, že predvolené hodnoty sú v tomto prípade rozdelené do troch sekcí: frézovanie drážky, čelné frézovanie a frézovanie T-drážky.

Při frézování osazení stopkovými frézami se řídíme doporučeními uvedenými v předchozí části. Pro samotné frézování drážky najdete v technické části následující za rodinou fréz tabulku, v níž jsou uvedeny startovní hodnoty posuvů pro minimální, střední a maximální hloubku řezu.

Обработку уступов концевыми фрезами следует выполнять по рекомендациям предыдущего раздела. Для обработки пазов – таблица технической части, которая содержит начальные значения подачи для минимальной и максимальной глубины резания.

W poprzednim rozdziale podane są zalecenia do wykonania frezowania odsadzeń z wykorzystaniem frezów palcowych. Do frezowania rowków, należy użyć tabeli w sekcji technicznej dla następującej grupy frezów. Tabela zawiera wartości wyjściowe posuwu dla minimum, średnich i maksymalnych głębokości skrawania.

Pre frézovanie s monolitnými frézami používajte odporúčania z predchádzajúcej sekcie, pre frézovanie drážky použite tabuľku z technickej sekcie pre danú skupinu fréz. Tabuľka obsahuje štartovacie posuvy pre priemerné a maximálne hĺbky rezu.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 8

	1,0	6,0	13,0
	0,28	0,19	0,10

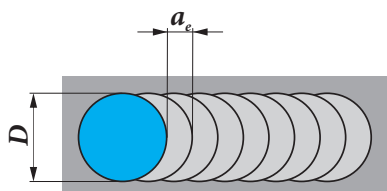
I pro frézování drážek můžeme použít technologii zapichovacího frézování (svislého řádkování), přičemž se řídíme pokyny uvedenými v části zapichovací frézování.

Технология плунжерного фрезерования может быть использована и для обработки пазов.

Technologia frezowania wgłębnego (plunging) może być również stosowana do frezowania rowków. Postępuj zgodnie z instrukcjami zawartymi w sekcji rowkowania.

Technológia ponorné frézovanie – frézovanie zapichovaním, môže byť tiež použitá pre frézovanie drážok. Pozrite pokyny uvedené v sekcii zapichovanie.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 19



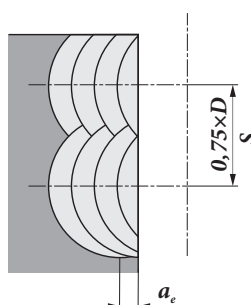
Při obrábění širších drážek by vzájemný posun drah neměl přesáhnout $\frac{1}{4}$ průměru frézy.

При обработке широких пазов методом плунжерного фрезерования максимальное расстояние между соседними положениями фрезы должно быть $\frac{1}{4}$ диаметра инструмента.

Do obróbki szerszych rowków poprzez frezowanie wgłębne (plunging), wzajemny ruch pomiędzy poszczególnymi krokami (S) nie powinien przekraczać $\frac{1}{4}$ średnicy freza.

Pre obrábanie širších drážok zanáraním, by vzájomný krok medzi jednotlivým zanorením nemal prekročiť $\frac{1}{4}$ priemeru frézy.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 20





POSTUPNÉ ZAVRTÁVÁNÍ / ПЕРЕРЫВИСТОЕ ВЕРТИКАЛЬНОЕ ВРЕЗАНИЕ
PROGRESYWNE FREZOWANIE WGLĘBNE / POSTUPNÉ ZAVRTAVANIE

Limitujícím prvkem je v tomto případě konstrukce nástroje resp. samotné VBD. Proto zde uvádíme hodnotu maximální přípustné hloubky zavrtání, která je platná rámcově pro celou rodinu.

Czynnikiem ograniczającym w tym przypadku jest konstrukcja narzędzia i samej płytki. Zatem użyjemy maksymalnej dopuszczalnej głębokości wcięcia. Ogólnie jest to ważne dla całej grupy.

Ограничивающим фактором в данном случае будет конструкция корпуса фрезы и пластины. Не следует превышать максимально допустимое значение глубины засверливания, справедливое для каждого типа инструмента.

Limitujícím faktorom je v tomto prípade konštrukcia nástroja, alebo samotnej doštičky. Preto je maximálna prípustná hĺbku prísuvu, určená pre celú skupinu rovnakých nástrojov.



ZAJÍŽDĚNÍ POD ÚHLEM (RAMPING) / НАКЛОННОЕ ВРЕЗАНИЕ
ZAGŁĘBIANIE POD KĄTEM / ZAVRTANIE POD UHLOM

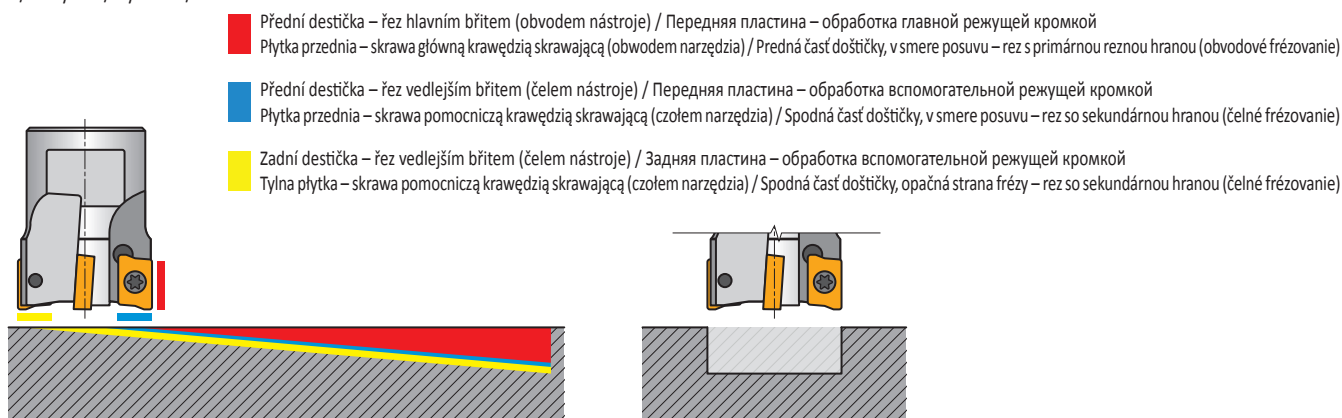
Ramping, neboli dvouosé postupné zahlubování, je technologie, při níž se současně uplatňují tři různé způsoby řezu:

Frezowanie „po rampie”, tj. dwuosowe progresywne zagłębianie, to technologia, która jednocześnie stosuje trzy różne sposoby skrawania.

Фрезерование с врезанием под углом объединяет обработку тремя режущими кромками:

Zavrtanie pod uhlom tj. zavrtanie v dvoch osiach, kde sa využívajú tri rôzne metódy frézovania, pozri obrázok 21:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 21



Důležitým údajem je zde úhel sestupu, resp. pokles v ose Z na uvedeném úseku.

Některé nástroje (HFC) umožňují sestup pod menším úhlem, ale větším posuvem, anebo použít většího úhlu sestupu s menším posuvem.

Tyto úhly, resp. pokles na dané vzdálenosti jsou uvedeny v technických doporučeních.

Bardzo ważnym aspektem jest tu kąt opadania, odpowiednio zejście w osi Z na tym odcinku.

Niektóre narzędzia (HFC) umożliwiają zejście z mniejszym kątem, ale z większym posuwem, lub z wykorzystaniem większego kąta zejścia z niższym posuwem.

Odpowiednie wartości kąta zejścia na danym odcinku można znaleźć w sekcji zaleceń technicznych.

Особо важным параметром здесь является угол, под которым инструмент входит в заготовку, что обеспечивается перемещением по оси Z.

Некоторый инструмент способен врезаться под меньшим углом, но с большей подачей (высокоподачные фрезы).

Углы врезания индивидуальны для каждого корпуса фрезы и могут быть найдены в технической части каталога.

Veľmi dôležitou skutočnosťou je uhol klesania, respektíve pokles v osi nástroja.

Niektoré nástroje (HFC) umožňujú len menší uhol zavrtania, ale väčší posuv. Pri väčšom uhle zavrtania použité menší posuv.

Uhly, v respektíve hodnoty zavrtania možno nájsť v technických odporúčaniach.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 9

			HFC		
	$\alpha_{\max}^{\circ}$	a_p/l		$\alpha_{\max}^{\circ}$	a_p/l
25	12,5	13,0/60	4,0	8,0	1,3/19
32	7,5	13,0/100	2,0	7,5	1,3/38
40	5,0	8,6/100	1,2	4,5	1,3/65
50	3,5	6,0/100	0,8	3,0	1,3/100
63	2,5	4,2/100	0,5	2,0	0,8/100
80	2,0	3,3/100	0,4	1,5	0,6/100

Při volbě posuvů doporučujeme, abyste se řídili doporučením uvedeným pro frézování drážek. Pokud je drážka hlubší (tzn. jeden průjezd pod úhlem a druhým zarovnat), je nutno volit pro následné kroky jednu ze čtyř základních verzí programu:

Przy wyborze posuwu, są przewidziane następujące rekomendacje dla frezowania rowków. Jeśli gniazdo jest głębsze (czyli pierwsze przejście pod kątem, drugie z powrotem do poziomu), należy wybrać jeden z czterech podstawowych wariantów programu do kolejnych etapów:

При выборе подачи рекомендуется следовать значениям для обработки паза. Если паз глубокий (например, первое врезание под углом, затем выравнивающий проход), то необходимо выбрать один из четырех базовых вариантов обработки:

Pri výbere posuvu pre frézovanie drážok, odporúčame nasledovné. V prípade, že drážka je hlbšia, je nutné zvoliť jeden so štyroch základných spôsobov programovania, pozri obrázok 22:

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 22

	Dolů pod max. úhlem a zpět rovně a opět dolů pod max. úhlem a zpět rovně... Врезание под максимальным углом с последующим выравниванием... W dół przy max. kącie i z powrotem prosto i znowu w dół przy max. kącie i z powrotem prosto ... Zavrtanie pod maximálnym uhlom a späť v rovnakej rovine a opäť to isté, zarovnanie dna...
	Tam i zpět rovně pod menším (polovičním) úhlem a poslední výjezd rovně. Врезание в обе стороны под меньшим углом. Tam i z powrotem na mniejszy kąt (pół) i ostatnie wyjście prosto. Zavrtanie pod menším uhlom (polovičným) tam a späť a spodok drážky v rovnakej rovine – zarovnanie dna.
	Dolů pod max. úhlem, zpět rovně o D a pak dolů pod max. úhlem a opakovat rovně... Врезание под макс. углом, выравнивание на величину диаметра инструмента и снова врезание под макс. углом на обратном ходу инструмента... W dół przy max. kącie, z powrotem prosto przez długość D , a następnie w dół przy max. kącie powtórzyć prosto... Zavrtanie pod maximálnym uhlom, späť v jednej rovine na hĺbku D a zavrtanie pod maximálnym uhlom, opakované to isté, na konci zarovnanie dna v jednej rovine.
	Dolů pod max. úhlem, pak vzhůru o X a zpět dolů pod max. úhlem. Врезание под максимальным углом, подъем инструмента на величину X и снова врезание под максимальным углом на обратном ходу инструмента. W dół przy max. kącie, a następnie przez długość X i z powrotem przy max. kącie. Zavrtanie pod maximálnym uhlom, späť v osi nástroja o dĺžku X (pozri vzorec) a zavrtanie pod maximálnym uhlom, zarovnanie dna.
	$X = tg \alpha (D - 2b)$

Kde:

X odskok [mm]
 α úhel sestupu [°]
 D průměr frézy [mm]
 b šířka destičky [mm]

Gdzie:

X odbicie (krok) [mm]
 α kąt zejścia [°]
 D średnica głowicy [mm]
 b szerokość płytki [mm]

Где:

X подъем инструмента [мм]
 α угол врезания [°]
 D диаметр фрезы [мм]
 b ширина пластины [мм]

Kde:

X odskok (krok späť v osi nástroja) [mm]
 α uhol zavrtania [°]
 D priemer frézy [mm]
 b šírka doštičky [mm]



**FRÉZOVÁNÍ KRUHOVOU RESP. SPIRÁLOVOU INTERPOLACÍ / ВИНТОВАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ
FREZOWANIE PO LINII ŚRUBOWEJ / FRÉZOWANIE KRUHU PO SKRUTKOVOCI HELIX S KRUHOVOU INTERPOLACIÓU**

Jedná se v podstatě o obdobu dvouosého postupného zahlubování, které probíhá po kruhové dráze. V tomto případě je jedním z nejdůležitějších faktorů průměr frézy resp. minimální a maximální průměr otvoru, který jsme schopni s daným typem frézy obrobít (tato informace je velmi důležitá pouze při použití fréz, které nemají středové bříty).

V případě zvolení příliš velkého průměru frézy neprochází dráha břitové destičky osou díry a ve výsledku se tvoří výčnělek, který se střetne s čelem nástroje a může způsobit jeho destrukci.

Pokud je průměr frézy naopak příliš malý, v ose díry zůstává jádro, které se musí dodatečně odfrézovat.

Этот метод обработки аналогичен врезанию под углом, но важным фактором здесь будет соотношение размеров фрезы и отверстия.

Если диаметр фрезы слишком большой, то траектория движения режущих зубьев не будет перекрывать центр отверстия – образуется бобышка, которая может повредить корпус инструмента.

Если диаметр фрезы слишком мал, то в центре отверстия останется несрезанный металл, который можно будет удалить отдельно.

Sposób ten jest w zasadzie analogiczny do zagłębiania skośnego. W tym przypadku, jednym z najważniejszych czynników jest średnica frezu lub minimalna i maksymalna średnica otworu, jaką jesteśmy w stanie obrobić z danym typem freza (ta informacja jest istotna tylko przy użyciu frezów bez centralnych krawędzi skrawających).

Jeśli średnica freza jest zbyt duża, trajektoria ostrza płytki nie przechodzi przez oś otworu, w wyniku czego powstaje występek, który kolduje z powierzchnią narzędzia i może spowodować zniszczenie narzędzia.

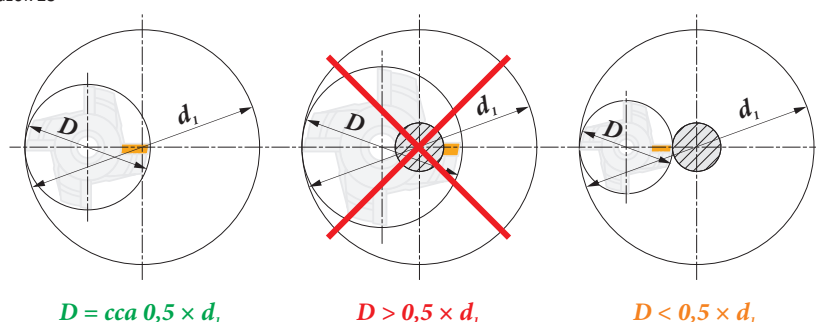
Z drugiej strony, jeśli średnica freza jest zbyt mała, rdzeń będzie pozostawał w osi otworu i musi być następnie frezowany.

Táto metóda je v podstate podobná so zavrtaním pod uhlom. V tomto prípade, jeden z najvýznamnejších faktorov je priemer frézy. Samozrejme aj minimálny a maximálny priemer otvoru ktorý sme schopný obrábať s daným typom frézy (táto informácia je veľmi dôležitá iba vtedy, keď obrábame pomocou frézy bez stredových rezných hrán – frézy s možnosťou kolmého zavrtania).

V prípade, že je priemer frézy príliš veľký, trajektória reznej hrany neprejde osou otvoru, čo vedie k výstupku, ktorý kolduje s čelom nástroja a môže spôsobiť zničenie nástroja.

Na druhej strane, v prípade, že priemer frézovacieho nástroja je príliš malý, zostane jadro v strede. To takisto vedie k deštrukcii nástroja.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrazok 23



Proto v doporučeních naleznete tabulky, ve kterých jsou uvedeny hodnoty minimálního průměru otvoru, maximálního průměru otvoru a hodnoty sestupu v ose odpovídající těmto průměrům (v některých případech budou tabulky dvě – první pro standardní geometrii destiček a druhá pro HFC).

Рекомендации включают таблицы со значениями минимального и максимального диаметра отверстия, а также угла, под которым осуществляется погружение инструмента (в некоторых случаях будет две таблицы – для стандартной геометрии и для высокоподачной).

Dlatego zalecenia zawierają tabele z wyszczególnionymi z wartościami minimalnej średnicy otworów, maksymalnej wartości średnicy otworu i kącie zejścia z wartościami odpowiadającymi tym średnicom (w niektórych przypadkach będą dwie tabele: jedna dla standardowej geometrii płytki, a druga dla HFC).

Proto v doporučeních naleznete tabulky, ve kterých jsou uvedeny hodnoty minimálního průměru otvoru, maximálního průměru otvoru a hodnoty sestupu v ose odpovídající těmto průměrům (v některých případech budou tabulky dvě – první pro standardní geometrii destiček a druhá pro HFC).

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 10

					HFC			
	d_{min}	d_{max}			d_{min}	d_{max}		
25	42,0	50,0	10,0	12,5	42,0	50,0	1,3	1,3
32	55,0	64,0	6,5	9,0	55,0	64,0	1,3	1,3
40	72,0	80,0	5,0	8,0	72,0	80,0	1,3	1,3
50	92,0	100,0	4,5	6,0	92,0	100,0	1,3	1,3
63	118,0	126,0	4,0	5,0	118,0	126,0	1,3	1,3
80	136,0	160,0	1,5	2,0	136,0	160,0	1,3	1,3

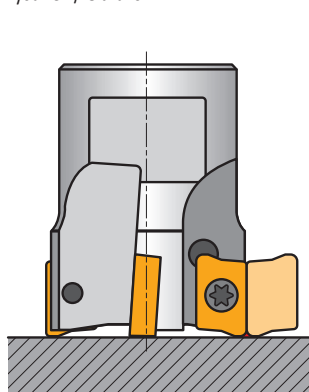
Na následujícím obrázku je schematicky vysvětlena metodika výpočtu průměru.

Ponižszy rysunek schematycznie przedstawia metodologię obliczania średnicy.

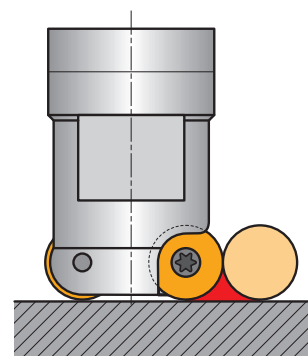
Таблица приведена для примера, конкретные рекомендации смотрите в таблицах, соответствующих типам применяемых фрез – следующий рисунок.

Na nasledujúcom obrázku je schematicky vysvetlená metodika výpočtu priemeru.

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 24



- D_{max} – průměr otvoru / диаметр отверстия
średnica otworu / priemer otvoru
- D – průměr frézy / диаметр фрезы
średnica głowicy / priemer frézy
- d – průměr VBD / диаметр круглой пластины
średnica płytki / priemer doštičky
- r_e – rádius VBD / радиус пластины
promień płytki / rádius doštičky
- X – velikost hladicího segmentu / ширина зачистной фаски
wielkość segmentu dogladzającego / stierací segment
- b – max. a_c pro zapichování / макс. ширина фрезерования a_c для паза
maksymalna wartość a_c / maxímálne a_c pre zpičhovávanie



Maximální průměr díry / Максимальный диаметр отверстия / Maksymalna średnica otworu / Maximálny priemer otvoru

Pro průchozí otvor:

Для сквозных отверстий:

Przez otwór przelotowy:

Pre priechodný otvor:

$$D_{max} = 2 \cdot D$$

$$D_{max} = 2 \cdot D$$

U slepého otvoru rovného dna docílíme přejezdem nástroje přes střed dna.

Для глухих отверстий плоское дно достигается при полном перекрывании сечения отверстия режущими зубьями.

Dla ślepych otworów, można osiągnąć płaskie dno stosując przejście narzędzia przez środek dna otworu.

U slepých dier, môžete dosiahnuť ploché dno tým, že nástroj prechádza stredom spodnej časti diery.

Minimální průměr díry / Минимальный диаметр отверстия / Minimalna średnica otworu / Minimálny priemer otvoru

Pro průchozí otvor:

Для сквозных отверстий:

Przez otwór ślepy:

Pre priechodný otvor:

$$D_{min} = (D - b) \cdot 2$$

$$D_{min} = (D - 0,8d) \cdot 2$$

Pro rovné dno:

Для глухих отверстий:

Dla płaskiego dna:

Pro rovné dno:

$$D_{min} = (D - (r_e + x)) \cdot 2$$

$$D_{min} = (D - 0,5d) \cdot 2$$

Při volbě posuvů doporučujeme, abyste se řídili doporučením uvedeným pro frézování drážek.

POZOR: Nutno používat korekci pro kruhovou interpolaci (standardně programujeme na střed nástroje, ale posuv je při vnitřní kruhové interpolaci značně vyšší)!

При выборе подачи рекомендуется следовать значениям для обработки паза.

ВНИМАНИЕ: для винтовой интерполяции важно использовать корректировку (расчетные значения подачи верны для центра фрезы, при программировании подачи по внешнему контуру отверстия корректируйте подачу, так как она должна быть значительно выше)!

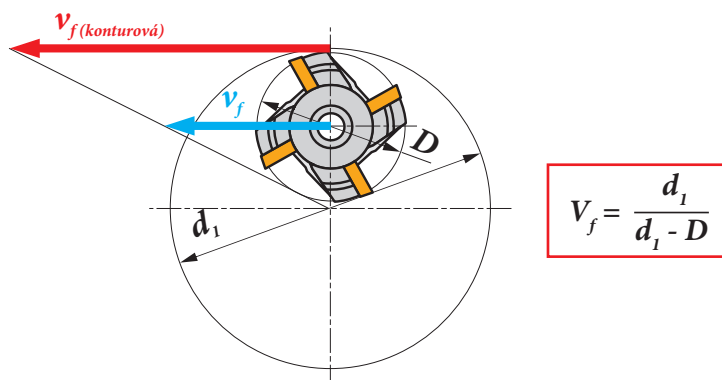
Radzimy wybrać posuw zgodnie z zaleceniami dla frezowania rowków.

UWAGA: jest konieczne stosowanie poprawki dla interpolacji kołowej (zwykle zaprogramowana do środka narzędzia, ale posuw jest znacznie wyższy podczas wewnętrznej interpolacji kołowej)!

Pri výbere posuvu, odporúčame použiť parametre uvedené pre frézovanie drážok.

POZOR: Je nutné použiť korekciu na kruhovej interpolácii!

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 25



FRÉZOVÁNÍ SRAŽENÍ A ÚKOSU / ФРЕЗРОВАНИЕ ФАСКИ
UKOSOWANIE / FRÉZOVANIE ZRAZENIA

V tabulce jsou uvedeny koeficienty, kterými vynásobíte, řeznou rychlost a startovní posuv, který máte použít, chcete-li frézovat sražení, které odpovídá maximální hloubce řezu $\times 45^\circ$. Při sražení hran je důležité správně zvolit řeznou rychlost a zejména posuv s ohledem na charakter záběru.

При обработке фаски на максимальную глубину под углом 45° важным является коэффициент поправки скорости резания и подачи.

Zasadnicza kwestia to współczynnik, który zwielokrotnia prędkość skrawania i posuw startowy, jakiego należy użyć, jeśli chcesz frezować fazę odpowiadającą maksymalnej głębokości cięcia $\times 45^\circ$. Ukosowanie wymaga właściwego wyboru prędkości skrawania i przede wszystkim wybór posuwu w oparciu o charakter zaangażowania.

Hlavnými problémami sú koeficienty, ktorými násobíme reznú rýchlosť a počiatočný posuv, hlavne ak chcete použiť frézovanie zrazenia s hĺbkou rovnajúcou sa maximálnej hĺbke hrany $\times 45^\circ$. Zrážanie hrán vyžaduje správnu voľbu reznej rýchlosti a predovšetkým určenie správneho posuvu.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 11

50	1,35	0,36
63	1,39	0,40
80	1,44	0,45
100	1,48	0,51
125	1,53	0,57
160	1,58	0,64

Pro nástroje vhodné čistě k frézování úkosů jsme pro vás připravili tabulky, které v sobě sdružují aplikace od frézování sražení až po frézování roviny. Jsou zde uvedeny rozsahy doporučených posuvů (minimální, startovní a maximální) pro daný poměr a_e/D . Dále zde naleznete korekční faktor pro řeznou rychlost, který můžete (nikoliv však musíte) použít.

Для инструмента, предназначенного специально для обработки фасок, даются таблицы, объединяющие обработку фасок с фрезерованием плоскости, в которых указаны значения начальной, минимальной и максимальной подачи для соотношения a_e/D , а также поправочные коэффициенты скорости резания.

W przypadku narzędzi przystosowanych wyłącznie do frezowania faz, przygotowaliśmy dla Państwa tabele łączące aplikacje od frezowania fazy do frezowania czołowego. Lista zakresów zalecanych posuwów (minimalny, startowy i maksymalny) dla danego stosunku a_e/D . Ponadto zawierają one współczynnik korekcyjny dla prędkości, których można używać.

Pri nástrojoch, vhodných len pre úkosové frézovanie, sme pre vás pripravili tabuľky aplikácií od úkosového frézovania po čelné frézovanie. Uvádzajú rozsahy odporúčaných posuvov (Minimálne, štartovacie a maximálne) pre daný a_e/D . Ďalej sú tu zahrnuté korekcie pre reznú rýchlosť, ktoré môžete (ale nemusíte) použiť.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 12

 a_e D	0,10			0,15			0,20			0,25			0,30			0,35			0,40			0,50 – 1,0		
 K_r	 f																							
15	0,61	0,98	1,34	0,50	0,80	1,10	0,43	0,69	0,95	0,39	0,62	0,85	0,35	0,56	0,78	0,33	0,52	0,72	0,31	0,49	0,67	0,27	0,44	0,60
25	0,37	0,60	0,82	0,31	0,49	0,67	0,26	0,42	0,58	0,24	0,38	0,52	0,22	0,35	0,48	0,20	0,32	0,44	0,19	0,30	0,41	0,17	0,27	0,37
30	0,32	0,51	0,70	0,26	0,41	0,57	0,22	0,36	0,49	0,20	0,32	0,44	0,18	0,29	0,40	0,17	0,27	0,37	0,16	0,25	0,35	0,14	0,23	0,31
35	0,28	0,44	0,61	0,23	0,36	0,50	0,19	0,31	0,43	0,17	0,28	0,38	0,16	0,25	0,35	0,15	0,24	0,32	0,14	0,22	0,30	0,12	0,20	0,27
40	0,25	0,39	0,54	0,20	0,32	0,44	0,17	0,28	0,38	0,16	0,25	0,34	0,14	0,23	0,31	0,13	0,21	0,29	0,12	0,20	0,27	0,11	0,18	0,24
45	0,22	0,36	0,49	0,18	0,29	0,40	0,16	0,25	0,35	0,14	0,23	0,31	0,13	0,21	0,28	0,12	0,19	0,26	0,11	0,18	0,25	0,10	0,16	0,22
50	0,21	0,33	0,45	0,17	0,27	0,37	0,15	0,23	0,32	0,13	0,21	0,29	0,12	0,19	0,26	0,11	0,18	0,24	0,10	0,17	0,23	0,09	0,15	0,20
55	0,19	0,31	0,42	0,16	0,25	0,35	0,14	0,22	0,30	0,12	0,20	0,27	0,11	0,18	0,25	0,10	0,17	0,23	0,10	0,15	0,21	0,09	0,14	0,19
60	0,18	0,29	0,40	0,15	0,24	0,33	0,13	0,21	0,28	0,12	0,18	0,25	0,11	0,17	0,23	0,10	0,16	0,21	0,09	0,15	0,20	0,08	0,13	0,18
75	0,16	0,26	0,36	0,13	0,21	0,29	0,12	0,19	0,25	0,10	0,17	0,23	0,09	0,15	0,21	0,09	0,14	0,19	0,08	0,13	0,18	0,07	0,12	0,16
 $x.v$	1,35			1,27			1,22			1,19			1,16			1,13			1,11			1,00		



FRÉZOVÁNÍ OBECNÝCH TVAROVÝCH PLOCH (KOPÍROVACÍ FRÉZOVÁNÍ) / КОПИРОВАЛЬНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ
FREZOWANIE POWIERZCHNI SWOBODNYCH (FREZOWANIE KOPIOWE) / FRÉZOVANIE TVAROV (KOPÍROVANIE)

Je jednou z technologicky nejnáročnějších operací. Hlavním problémem je velmi častá změna jak řezných, tak záběrových podmínek. Pro tyto operace se v dřtivé většině případů používají toroidní (rádiusové) nebo kulové frézy. Abychom vám usnadnili správné použití těchto nástrojů, připravili jsme do technické části následující za danou rodinu nástrojů následující materiály.

Toroidní frézy

Jako jeden z prvních údajů zde nalezneme **efektivní průměr frézy D_e** , s ohledem na hloubku řezu. Nulová hloubka je zde uváděna záměrně, aby bylo vidět, kde ještě toroidní fréza dělá rovné dno (to je důležité s ohledem na volbu správného a_e při frézování větších ploch).

Является одной из самых технологически сложных операций, где главной проблемой являются переменные условия обработки. На данных операциях используются торoidalные и сферические фрезы. Для правильного использования инструмента рекомендуется следовать представленным ниже рекомендациям.

Торoidalные фрезы

Ниже даны значения величины **эффективного диаметра D_e** , в зависимости от глубины резания. Нулевое значение дано для того, чтобы показать возможность фрезы обработать плоское дно заготовки (что важно при правильном выборе ширины фрезерования во время обработки больших поверхностей).

Jedna z najbardziej wymagających operacji w zakresie technologii. Głównym problemem jest częsta zmiana zarówno warunków skrawania i pracy. Operacje te są wykonywane w zdecydowanej większości przypadków z wykorzystaniem toroidalnych (promieniowych) lub kulowych frezów. Aby ułatwić prawidłowe wykorzystanie tych narzędzi, zawarliśmy następujące materiały uzupełniające w dziale technicznym po danej grupie narzędzi.

Frezy toroidalne

Jednym z pierwszych elementów, jakie można znaleźć tutaj, jest efektywna średnica freza w odniesieniu do głębokości cięcia. Zerowa głębokość jest ujęta celowo, aby pokazać, gdzie toroidalny frez może wciąż tworzyć płaskie dno (co jest ważne w odniesieniu do właściwego doboru a_e przy frezowaniu większych powierzchni).

Kopírovanie je jedna z najnáročnejších operácií z hľadiska technológie. Hlavným problémom je častá zmena reznej rýchlosti a pracovných podmienok. Využívajú sa hlavne toroidné (radiusové) alebo guľové frézy. Pre správne používanie týchto nástrojov, sme zahrnuli podporné materiály v technickom úseku danej nástrojovej skupiny.

Toroidné frézy

Môžete tu nájsť informácie o efektívnom rádiuse frézy vzhľadom na hĺbku rezu. Nulová hĺbka je preto, aby bolo vidno, kde toroidná fréza môže vytvárať rovné dno. (to je dôležité vzhľadom na správne a_e pri frézovaní väčších plôch).

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 13

D	a_p	0,00	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
63		47,0	51,3	52,6	53,8	54,7	55,6	56,3	57,6	58,6	59,5	60,9	61,8	62,5	62,9	63,0
66		50,0	54,3	55,6	56,8	57,8	58,6	59,3	60,6	61,6	62,5	63,9	64,8	65,5	65,9	66,0
80		64,0	68,3	69,6	70,8	71,7	72,6	73,3	74,6	75,6	76,5	77,9	78,8	79,5	79,9	80,0
100		84,0	88,3	89,6	90,8	91,7	92,6	93,3	94,6	95,6	96,5	97,9	98,8	99,5	99,9	100,0

U toroidních fréz dále následuje tabulka, ve které jsou uvedeny startovní hodnoty posuvů s ohledem na hloubku řezu (při malých hloubkách řezu je velmi malá tloušťka třísky a zejména u měkkých materiálů by mohlo dojít k tomu, že fréza nebude řezat ale „tvářet“).

Dla toroidalnych frezów poniższa tabela zawiera wykaz początkowych wartości posuwu w odniesieniu do głębokości cięcia (przy małej głębokości skrawania, grubość wióra jest bardzo niska, co może oznaczać, że frez będzie „tarł” zamiast skrawać w szczególności podczas obróbki miękkich materiałów).

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 14

	0,00	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
	–	1,10	0,85	0,70	0,61	0,54	0,50	0,43	0,39	0,36	0,31	0,28	0,26	0,25	0,24

Další údaj, který vám může usnadnit aplikaci torických fréz je obsažen v tabulkách, které souvisí s volbou strategie frézování. Jedná se v podstatě o porovnání strategie obvodového a příčného řádkování. V těchto tabulkách naleznete tzv. krok řádkování, který musíte použít, abyste dosáhli požadované drsnosti resp. vlnitosti povrchu (která je uvedena v mikrometrech).

Poniższa tabela prezentuje dane dotyczące użytkowania frezów toroidalnych w zależności od obranej strategii obróbki. Jest to porównanie frezowania poprzecznego z frezowaniem obwodowym. W tabeli podane są wartości kolejnych przejeżdż. w celu uzyskania wymaganej chropowatości powierzchni.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 15

	μm	3	5	10	15
12		0,379	0,490	0,693	0,849
16		0,438	0,566	0,800	0,980
20		0,490	0,632	0,894	1,095

	μm	3	5	10	15
1,3		0,177	0,228	0,322	0,395
1,6		0,196	0,253	0,358	0,438
2,0		0,219	0,283	0,400	0,490
3,0		0,268	0,346	0,490	0,600
4,0		0,310	0,400	0,566	0,693

Kde: f_e posuv řádkování [mm]
 D průměr [mm]

V obou případech je použit stejný vzorec. V případě konvenčního (obvodového) řádkování za D dosazujeme průměr destičky a v případě příčného řádkování dosazujeme za D průměr frézy.

Gdzie: f_e skok [mm]
 D średnica [mm]

W przypadku frezowania konwencjonalnego (obwodowego) D jest zastąpione średnicą płytki, dla frezowania poprzecznego D jest zastąpione średnicą freza.

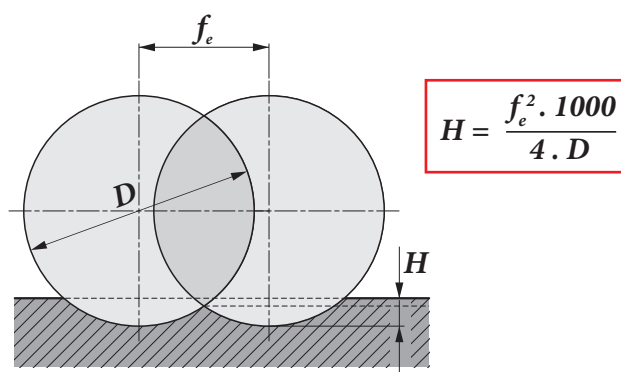
В таблице указаны начальные значения подачи в зависимости от глубины резания (при малой глубине резания толщина стружки будет очень малой, что в некоторых случаях может привести к затиранию пластинами поверхности заготовки).

Tabulka pre toroidné frézy obsahuje zoznam predvolených hodnôt posuvu s ohľadom na hĺbku rezu (pri malej hĺbke rezu je hrúbka triesky veľmi malá, čo by mohlo znamenať, že nástroj skôr tvárni ako reže).

В следующей таблице даны значения величины шага между соседними проходами фрезы при различных стратегиях обработки, что будет определять чистоту поверхности заготовки.

Další údaj, který by mohl ulehčit použití toroidních fréz je uvedený v tabulce týkající se výběru strategie frézování. Je to v podstatě porovnání strategií. V těchto tabulkách najdete „so-called slotting step“, který musíte použít pro dosažení požadované drsnosti (výška výstupku je v mikrometrech).

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 26



Где: f_e шаг между проходами [мм]
 D диаметр [мм]

В обоих случаях применяется одна формула, только в одном случае используется диаметр фрезы D , а в другом – диаметр пластины D .

Kde: f_e krok presunutia [mm]
 D priemer [mm]

Rovnaký vzorec sa používa v oboch prípadoch. Pre konvenčné (periférne) D je substituovaný (zamenený) priemerom vložky, zatiaľ čo pre priečne D je substituovaný priemerom frézy.

Kulové frézy

I zde naleznete jako jednu z prvních informací hodnotu skutečného průměru s ohledem na hloubku řezu, přičemž veškeré hodnoty jsou uváděny v mm.

Сферические фрезы

Таблица ниже позволяет определить эффективный диаметр фрезы в зависимости от глубины резания.

Frezy kulowe

Poniższa tabela prezentuje efektywną średnicę narzędzia w zależności od głębokości skrawania, wszystkie wartości wyrażone są w mm.

Guľové frézy

Dôležitá informácia je efektívny rádius nástroja vzhľadom na hĺbku rezu. Všetky hodnoty sú uvedené v mm.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 16

		0,30	0,40	0,50	0,70	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	15,00	16,00
8		3,0	3,5	3,9	4,5	5,3	5,8	6,2	6,9	7,4	7,7	8,0	–	–	–	–	–	–	–
10		3,4	3,9	4,4	5,1	6,0	6,6	7,1	8,0	8,7	9,2	9,8	10,0	–	–	–	–	–	–
12		3,7	4,3	4,8	5,6	6,6	7,3	7,9	8,9	9,7	10,4	11,3	11,8	12,0	–	–	–	–	–
16		4,3	5,0	5,6	6,5	7,7	8,6	9,3	10,6	11,6	12,5	13,9	14,8	15,5	16,0	–	–	–	–
20		4,9	5,6	6,2	7,4	8,7	9,7	10,5	12,0	13,2	14,3	16,0	17,3	18,3	19,6	20,0	–	–	–
25		5,4	6,3	7,0	8,2	9,8	10,9	11,9	13,6	15,0	16,2	18,3	20,0	21,4	23,3	24,5	25,0	–	–
32		6,17	7,11	7,94	9,36	11,14	12,40	13,53	15,49	17,18	18,65	21,17	23,24	24,98	27,71	29,66	30,98	31,94	32,00

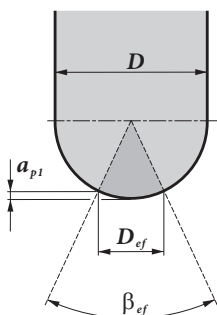
Jako další zde naleznete údaj v jaké části frézy (- pouze u L2-SZP, K3-CXP) pracuje pouze jeden břit.

Ниж представлена інформація для определения зоны (только для L2-SZP, K3-CXP), в которой инструмент работает только одной кромкой.

Dla frezów L2-SZP, K3-CXP podana jest informacja na temat narzędzia, które wykorzystuje tylko jedną krawędź skrawającą.

Okrem toho tu môžete nájsť informácie pre nástroj, ktorý využíva len jednu reznú hranu (len pre L2-SPP, K3-CXP).

Obrázek / Рисунок / Rysunek / Obrázok 27



Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 17

D [mm] [мм]		β_{ef} [°]	D_{ef} [mm] [мм]	a_p [mm] [мм]
10	FM	41	3,496	0,322
12	FM	41	4,194	0,381
16	FM	42	5,660	0,520
20	FM	42	7,100	0,650
25	FM	41	8,756	0,794
35	FM	41	11,113	0,998
40	R	41	14,108	1,298
50	R	45	19,176	1,915

Dále podobně jako u torických fréz následuje údaj, jaký krok řádkování máme použít, abychom dosáhli požadované vlnitosti povrchu (zde je jedno, zda se jedná o příčné či podélné řádkování).

Аналогічно інформації по тороїдальним фрезам ниж представлена таблиця для определения шага между соседними положениями фрезы при различных стратегиях обработки, что будет определять чистоту поверхности заготовки.

Tak jak w przypadku frezów toroidalnych podane są wartości kolejnych kroków, aby uzyskać wymaganą chropowatość powierzchni (nie ma znaczenia, czy wierszowanie jest wzdłużne czy też poprzeczne).

Podobne ako pri toroidných frézach, sú tu údaje o tom, aký krok treba použiť, aby sa dosiahla požadovaná drsnosť.

Tabulka / Таблица / Tabela / Tabuľka 18

		μm	3	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100
12			0,379	0,490	0,693	0,849	0,980	1,200	1,386	1,549	1,697	1,960	2,191
16			0,438	0,566	0,800	0,980	1,131	1,386	1,600	1,789	1,960	2,263	2,530
20			0,490	0,632	0,894	1,095	1,265	1,549	1,789	2,000	2,191	2,530	2,828
		μm	3	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100
1,3			0,177	0,228	0,322	0,395	0,456	0,559	0,645	0,721	0,790	0,912	1,020
1,6			0,196	0,253	0,358	0,438	0,506	0,620	0,716	0,800	0,876	1,012	1,131
2,0			0,219	0,283	0,400	0,490	0,566	0,693	0,800	0,894	0,980	1,131	1,265
3,0			0,268	0,346	0,490	0,600	0,693	0,849	0,980	1,095	1,200	1,386	1,549
4,0			0,310	0,400	0,566	0,693	0,800	0,980	1,131	1,265	1,386	1,600	1,789

A jako poslední jsou zde uvedeny hodnoty korekce řezné rychlosti na vyložení nástroje:

Коррекция скорости резания для различного вылета инструмента:

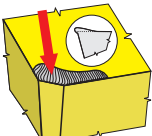
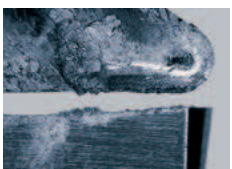
Przedstawione ostateczne współczynniki korygujące prędkość skrawania uwzględniają wyсіę narzędzia:

Uvedené hodnoty korekcie rezní rychlosti, sú pre presah nástroja:

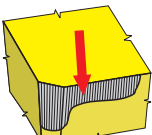
Table / Таблица / tabela / Tabuľka 19

	Vyložení (násobky průměru D) Вылет инструмента (в количестве диаметров D) Wysięę narzędzia Presah nástroja (násobky priemeru D)	<3	3,1 – 4	4,1 – 6	>6,1
	Násobný koeficient pro rychlost Поправочный коэффициент скорости резания Współczynnik prędkości skrawania Koefficient pre násobenie rezní rychlosti	1	0,9	0,7	0,5

TVORBA NÁRŮSTKU / ОБРАЗОВАНИЕ НАРОСТА
TWORZENIE SIĘ NAROSTÓW / TVORBA NÁRÁSTKU

 			Vliv neprokázán Не влияет Nie ma wpływu Bez wpływu
		++	Jakýkoliv povlak (rozhodující faktor je antiadhezní účinek) Любое покрытие снижает эффект налипания Zastosować jakąkolwiek powłokę (decydującym czynnikiem jest efekt antyadhezyjny) Akýkoľvek povlak (Rozhodujúcim faktorom je antiadhezný (nelepivý) účinok)
		↑	U vyššího posuvu je nižší pravděpodobnost výskytu nárustku Увеличение подачи вызывает рост температуры в зоне резания и, следовательно, снижает наростообразование Im wyższy posuw tym mniejsze prawdopodobieństwo tworzenia się narostów Čím vyššia je rýchlosť posuvu tým menšia je pravdepodobnosť vytvorenia nárustku
		↓↑	Změnit (obecně platí zvýšit) řeznou rychlost Увеличение скорости резания позволяет избежать нароста за счет повышения температуры Zmienić (zwiększyć) prędkość skrawania Zmėntė (všeobecne zvýšte) reznú rýchlosť
			Vliv neprokázán Не влияет Nie ma wpływu Bez wpływu
		↓↑	Použití pozitivnější geometrie (při úhlu čela větším než 40° se nárustek nevyskytuje) Используйте более позитивную режущую геометрию (нарост не образуется, если передний угол больше 40°) Zastosować bardziej pozytywną geometrię (zjawisko tworzenia się narostu nie występuje gdy kąt natarcia jest większy niż 40°) Použite pozitívnejšie geometrie (nárustok sa nebude vytvárať ak uhol bude väčší ako 40°)
		-	Použití chlazení s lepším mazacím účinkem (nedoporučujeme používat chlazení pro frézování) Используйте СОЖ с более высокими смазывающими свойствами Zastosować chłodziwo z większym efektem przeciwnarostowym (w przypadku frezowania chłodzenie nie jest zalecane) Použite kvapalinu s vyšším protinárastkovým účinkom

OPOTŘEBENÍ HŘBETU / ИЗНОС ПО ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
ŻUŻYCIE POWIERZCHNI PRZYŁOŻENIA / OPOTREBENIE (OTER) CHRBTÁ

 		↑	Použití otěruvzdornější substrát (H) Используйте более износостойкий субстрат Zastosować bardziej odporny na ścieranie substrat (H) Použite oteruvzdornejší materiál typ (H)
		++	Jakýkoliv povlak (rozhodující faktor je tvrdost – TiC, TiCN) Применяйте пластины с покрытием Zastosować jakąkolwiek powłokę Akýkoľvek povlak (rozhoduje tvrdosť) (TiC, TiCN)
		↑	Zvýšit posuv (obzvláště pokud je pod 0,1 mm) Увеличивайте подачу Zwiększyć posuw (w przypadku, gdy jest mniejszy niż 0,1 mm/ząb) Zvýšte posuv (v prípade, že je pod 0,1 mm)
		↓	Snižit řeznou rychlost Уменьшите скорость резания Zmniejszyć prędkość skrawania Znízte reznú rýchlosť
			Vliv neprokázán Не влияет Nie ma wpływu Bez wpływu
		↑	Nejdůležitější je zvětšení úhlu hřbetu Используйте инструмент с большим задним углом Zwiększyć kąt przyłożenia Bez wpływu
		+	Chlazení může pomoci, ale pouze za ideálních pracovních podmínek СОЖ может помочь, если это не приведет к образованию термотрещин (см. термотрещины) Może mieć pozytywny wpływ przy bardzo korzystnych warunkach skrawania Toto môže pomôcť ale iba s ideálnymi pracovnými podmienkami