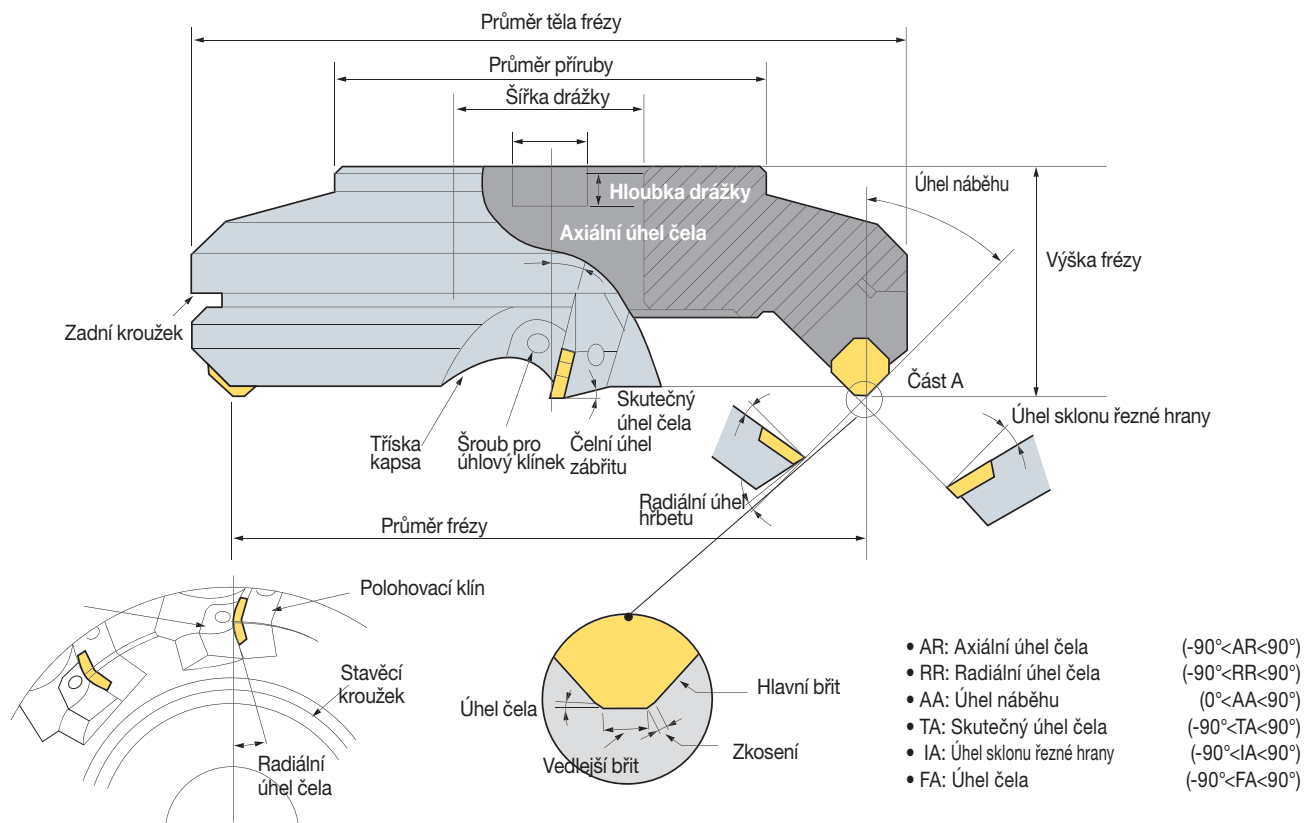


## ● Tvar a označení fréz



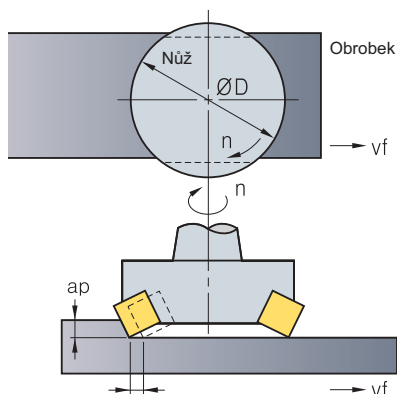
## ● Terminologie a funkce úhlu řezné hrany

Poškození nástroje	Symbol	Funkce	Účinky	
1	Axiální úhel čela	A.R	Směr odchodu třísky, adheze	-
2	Radiální úhel čela	R.R	Vliv na přítlak	-
3	Úhel náběhu	A.A	Tloušťka třísek, určuje směr odchodu	(+): Tloušťka třísek se zmenšuje, bylo by možné omezit řeznou sílu
4	Skutečný úhel čela	T.A	Efektivní úhel čela	(+): Lepší obrábění. Prevence adheze, oslabení pevnosti řezné hrany (-): Zvyšuje se pevnost řezné hrany, snadno přilne
5	Úhel sklonu řezné hrany	I.A	Určuje směr odchodu třísek	(+): Dobrý odvod třísek, snižuje se řezná síla, oslabuje se pevnost rohové hrany
6	Úhel čela	F.A	Kontrola drsnosti povrchu při dokončování	(-): Zlepšuje se drsnost povrchu
7	Čelní úhel hřbetu	R.A	Kontrola pevnosti řezné hrany, životnosti nástroje a vibrací	-

## ● Vlastnosti na základě kombinace úhlu čela

	Dvojnásobný kladný úhel	Dvojnásobný záporný úhel	Kladný a záporný úhel	Záporný a kladný úhel
<b>Použití</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Běžné obrábění oceli, litiny, korozivzdorné oceli</li> <li>Obrábění měkké oceli, u které se snadno tvoří nárustky</li> <li>Obrábění materiálu, který má tendenci ke špatné drsnosti povrchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>V podmínkách přerušovaného obrábění</li> <li>Hrubování litiny a oceli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obrábění těžkoobrobitelných materiálů</li> <li>Hrubování ocelí a litiny s velkou řeznou hloubkou a řeznou šířkou</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Třísky odcházejí ke středu těla frézy</li> </ul>
<b>Výhody</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>U houževnatého materiálu obrobku zabraňuje tvorbě nárustků, a tím zlepšuje drsnost povrchu</li> <li>Nízké řezné síly a lepší obrobiteľnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pevná řezná hrana</li> <li>Hrubování obrobku, který má povrch špatné kvality s obsahem písku, okují</li> <li>Je možné použít oboustranné VBD (ekonomické)</li> <li>Dobrá kontrola třísek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dobrý odchod třísek a obrobiteľnost</li> <li>Vhodné pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů</li> <li>Nerovnoměrné rozdělení upnutí zabraňuje vibracím</li> </ul>	-
<b>Nevýhody</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malá pevnost řezné hrany</li> <li>Lze použít pouze jednostranné VBD (neekonomické)</li> <li>Stroj a fréza musí mít dostatečný výkon a houževnatost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stroj a fréza musí mít dostatečný výkon a houževnatost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lze použít pouze jednostranné VBD (neekonomické)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protože třísky odcházejí směrem ke středu frézy, poškrábou obráběný povrch</li> <li>Špatný odchod třísek</li> <li>Neekonomické</li> </ul>

## ● Hlavní vzorce pro obrábění



### • Řezná rychlost

$$vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

- vc: Řezná rychlost (m/min)
- D: Průměr nástroje (mm)
- n: Otáčky za minutu ( $\text{min}^{-1}$ )
- $\pi$ : Ludolfovo číslo (3,14)

### • Posuv

$$fz = \frac{vf}{z \cdot n} \quad (\text{mm/z})$$

- fz: Posuv na zub (mm/ot.)
- vf: Posuv za minutu (mm/min)
- n: Otáčky za minutu ( $\text{min}^{-1}$ )
- z: Počet zubů

### • Množství odebírané třísky

$$Q = \frac{L \cdot vf \cdot ap}{1000} \quad (\text{cm}^3/\text{min})$$

- Q: Množství odebíraných třísek ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )
- L: Řezná šířka (mm)
- vf: Posuv stolu (mm/min)
- ap: Řezná hloubka (mm)

### • Požadovaný výkon

$$P_{kw} = \frac{Q \cdot kc}{60 \times 102 \cdot \eta} \quad P_{hp} = \frac{P_{kw}}{0,75}$$

- Pc: Požadovaný výkon (kW)
- H: Požadovaný výkon v koňských silách (hp) (mm/min)
- Q: Množství odebíraných třísek ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )
- kc: Měrný řezný odpor ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )
- $\eta$ : Účinnost stroje (0,7–0,8)

### • Strojní čas

$$T = \frac{60 \times Lt}{vf} \quad (\text{s})$$

- T: Strojní čas (s)
- Lt: Celková délka posuvu stolu (mm) ( $= Lw + D + 2R$ )
- Lw: Délka obrobku (mm)
- D: Průměr těla frézy (mm)
- vf: Posuv stolu (mm/min)
- R: Délka hřbetu (mm)

### • Skutečný úhel čela/úhel sklonu řezné hrany

$$\begin{aligned} \text{Skutečný úhel čela} & \quad \tan(T) = \tan(R) \times \cos(AA) + \tan(A) \times \sin(C) \\ \text{Úhel sklonu řezné hrany} & \quad \tan(I) = \tan(A) \times \cos(AA) - \tan(R) \times \sin(C) \end{aligned}$$

## ● Hodnoty měrného řezného odporu

Obrobek	Pevnost v tahu (kg/mm <sup>2</sup> ) a tvrdost	Měrný řezný odpor podle různého posuvu kc (MPa)				
		0,1 (mm/z)	0,2 (mm/z)	0,3 (mm/z)	0,4 (mm/z)	0,6 (mm/z)
Měkké oceli	52	220	195	182	170	158
Středněuhlíkové oceli	62	198	180	173	160	157
Vysokouhlíkové oceli	72	252	220	204	185	174
Nástrojové oceli	67	198	180	173	170	160
Nástrojové oceli	77	203	180	175	170	158
Chrom-manganové oceli	77	230	200	188	175	166
Chrom-manganové oceli	63	275	230	206	180	178
Chrom-molybdenové oceli	73	254	225	214	200	180
Chrom-molybdenové oceli	60	218	200	186	180	167
Nikl-chrom-molybdenové oceli	94	200	180	168	160	150
Nikl-chrom-molybdenové oceli	HB352	210	190	176	170	153
Lité oceli	52	280	250	232	220	204
Tvrzená litina	HRC46	300	270	250	240	220
Meehanitová litina	36	218	200	175	160	147
Šedá litina	HB200	175	140	124	105	97
Mosaz	50	115	95	80	70	63
Lehké slitiny (Al - Mg)	16	58	48	40	35	32
Lehké slitiny (Al - Si)	20	70	60	52	45	39

## ● Množství odebírané třísky (cm<sup>3</sup>/min) na jmenovitý koňskou sílu

Obrobek		Jmenovité koňské síly					
		5 Hp	10 Hp	20 Hp	30 Hp	40 Hp	50 Hp
Oceli	Měkké	32	75	163	295	425	570
	Střední	26	55	127	212	310	425
	tvrdé	18	41	93	163	228	310
Litina	Měkké	52	116	260	455	670	880
	Střední	32	75	163	295	425	570
	tvrdé	26	55	127	212	310	425
Bronz, mosaz	Měkké	77	163	390	670	980	1 280
	Střední	54	118	275	490	700	910
	tvrdé	26	55	127	245	325	425
Hliník		90	195	440	780	1 110	1 500

## ● Klasifikace drsnosti povrchu

Typ	Symbol	Způsob výpočtu	Měřená hodnota
Maximální výška	Rmax	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vzdálenost mezi horní stranou čáry vrcholů profilu a spodní stranou čáry prohlubní profilu na tomto vzorku se měří v podélném směru zvětšení křivky drsnosti (vyjádřena jednotkou: μ)</li> <li>Nepočítají se mimořádné hodnoty (příliš malé nebo velké), které vypadají jako žlábků nebo hor</li> </ul>	
+10 bodů znamená drsnost	Rz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vzorek vzatý z křivky drsnosti ve směru její střední čáry, součet průměrné hodnoty absolutní hodnoty nejvyšších vrcholů profilu a hloubek pěti nejhlubších prohlubní profilu měřených ve vertikálním zvětšení se vyjadřuje v mikrometrech (μ)</li> </ul>	
Aritmetická střední drsnost	Ra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Za vzorek se bere pouze referenční délka z křivky drsnosti ve směru střední čáry, s osou X ve směru střední čáry a osou Y ve směru podélného zvětšení tohoto vzorku, a vyjadřuje se v mikrometrech (μ)</li> <li>Obvykle se naměřená hodnota odečítá měřičem Ra</li> </ul>	

Značka drsnosti povrchu	▼▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼	-
Drsnost povrchu	Rmax	0,8s	6,3s	25s	100s
	Rz	0,8z	6,3z	25z	100z
	Ra	0,2a	1,6a	6,3a	25a
					Nespecifikovaná

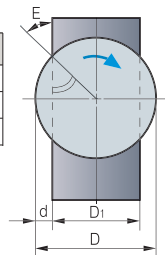
## ● Volba průměru frézy MILL-MAX (D)

### • Volba podle houževnatosti stroje

Výkon stroje v koňských silách (PS)	10–15	15–20	Přes 20
Specifikace správného těla frézy (mm)	ø 80–100	ø 125–160	ø 160–200

### • Volba podle houževnatosti stroje

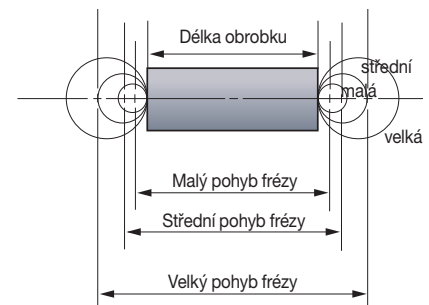
Obrobek	E	δ
Oceli	+20°--10°	3 : 2
Litina	Pod +50°	5 : 4
Lehké slitiny	Pod +40°	5 : 3



D: Vnější průměr těla frézy  
 D1: Šířka obrobku  
 d: Přechýlující část těla frézy  
 E: Úhel záběru  
 δ: Poměr těla frézy a šířky obrobku (D:D1)

### • Volba podle strojního času

Čím větší velikost frézy, tím delší strojní čas



### • Volba podle počtu zubů

Obrobek	Oceli	Litina	Lehké slitiny
Počet zubů	D × (1–1,5)	D × (1–4)	D × 1+α

př.: D = ø 100 ⇒ 4" × (1–1,5) = 4–6 D je velikost těla frézy převedená na velikost v palcích

## ● Řešení obtíží při frézování

Problém	Příčiny	Řešení										
		Řezné podmínky				Tvar nástroje					Materiál VBD	
		Řezná rychlost	Řezná hloubka	Posuv	Chladicí médium	Úhel čela	Čelní úhel hřbetu	Úhel náběhu	Vibrace na řezné hraně	Poloměr špičky	Houževnatost	Tvrdost
<b>Opotřebení hřbetu VBD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodný materiál VBD</li> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Vibrace</li> </ul>	↓		↑			↑	↓		↑		↑
<b>Výmoly na čele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Nevhodný materiál VBD</li> </ul>	↓	↓	↓		↑				↓		↑
<b>Vylamování</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nedostatek houževnatosti VBD</li> <li>•Nadměrný posuv</li> <li>•Příliš velké řezné síly</li> </ul>			↓		↓	↓		↑	↑		
<b>Tvorba nárůstků</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Nevhodný tvar řezné hrany</li> <li>•Nevhodný materiál VBD</li> </ul>	↑	↓	↑		↑				↓		
<b>Vibrace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Nedostatečný počet řezacích zubů</li> <li>•Nevhodný tvar řezné hrany</li> <li>•Špatný odchod třísek</li> <li>•Nestabilní upnutí obrobku</li> </ul>		↓	↓	○	↑		↑	↓	↓		
<b>Špatná kvalita povrchu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tvorba nárůstků</li> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Vibrace</li> <li>•Špatný odchod třísek</li> </ul>	↑	↓	↓	○	↑			↓	↑		
<b>Trhliny z tepelného pnutí</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodné řezné podmínky</li> <li>•Nevhodný materiál VBD</li> </ul>	↓	↓	↓	●	↑				↑	↑	
<b>Lámání</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nevhodný materiál VBD</li> <li>•Příliš velké řezné síly</li> <li>•Špatný odchod třísek</li> <li>•Vibrace</li> <li>•Nadměrný přesah</li> </ul>		↓	↓	○						↑	

↑: Zvýšit   ↓: Snížit   ○: Použití   ●: Správné použití

## ● Obecné vzorce pro frézování

### • Účinnost stroje (η)

Způsob přenosu výkonu	Účinnost (E)	Referenční hodnota
Pohon přímým spojením v hlavní ose	0,90	
Řemenový pohon	0,85	Dvojitě spojení: $0,85 \times 0,85 = 0,70$
Rozjezdový pohon	0,75	
Pohon tlakem oleje	0,60–0,90	