

Řezné podmínky při obrábění

podklad pro výuku předmětu TECHNOLOGIE III - OBRÁBĚNÍ

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy je při obrábění ovlivněna řadou parametrů řezného procesu, zejména řeznými podmínkami, geometrií břitu nástroje, obráběným materiálem, tuhostí a pevností systému stroj - nástroj - obrobek - přípravek a řezným prostředím. Při hrubování požadujeme co největší objem odebraného materiálu za jednotku času, při obrábění na čisto a jemném obrábění požadujeme zejména dodržení předepsaných parametrů obráběné plochy.

Rámcově lze dosáhnout těchto hodnot přesnosti rozměrů a drsnosti povrchu :

Způsob obrábění	Drsnost povrchu Ra [μm]	Přesnost rozměrů IT
Hrubování	$> 6,3$	≥ 12
Obrábění načisto	$1,6 - 6,3$	$9 - 11$
Jemné obrábění	$0,2 - 1,6$	$5 - 8$
Speciální dokončovací obrábění	$< 0,2$	< 5

Volba **řezných podmínek** je závislá na vlastnostech nástroje, stroje, obrobku i prostředí (materiál řezného nástroje, druh stroje a obráběného materiálu a chlazení a pod.) a na požadovaných vlastnostech obrobku (přesnost rozměrů a tvaru, drsnost obrobeného povrchu, ovlivnění povrchové vrstvy obrobené plochy a pod.). Při obrábění vysokými řeznými rychlostmi vzniká v místě řezu značné množství tepla; při intenzivním obrábění je proto ve většině případů nutné přivádět do místa obrábění dostatečné množství řezné kapaliny. Řezná kapalina splňuje tři základní funkce:

- odvádí část tepla, vzniklého při obrábění,
- snižuje tření v místě řezu a tím i množství vzniklého tepla,
- odplavuje vzniklé třísky.

Při volbě řezných podmínek je vhodné se řídit doporučeními výrobce nástrojů, které výrobci uvádí v katalogu nebo v příručkách (ve formě textové nebo pro zpracování na počítači).

SOUSTRUŽENÍ

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy

- platí obecné poznámky.

Řezné podmínky

- řezné podmínky (v užším slova smyslu) při soustružení volíme obecně tak, že z celkového přídávku na obrábění nejprve stanovíme **hloubku záběru**; přídavek odebíráme pokud možno na jednu třísku; hloubka záběru je omezena délkou ostří nože (v záběru nemají být více než 2/3 délky ostří), výkonem stroje a tuhostí stroje a obrobku; hloubka záběru při soustružení se obvykle pohybuje v rozsahu **0,03 až 30 mm** :

pro hrubování	3 až 30 mm,
na čisto	0,5 až 3 mm,
pro jemné soustružení	0,03 až 0,5 mm.

- následně stanovíme hodnotu **posuvu**; volba posuvu závisí na požadované jakosti obrobené plochy a je ovlivněna též geometrií bříty, tuhostí stroje a jeho výkonem. Posuv se volí co největší tak, aby vyhovoval uvedeným kritériím; obvykle se pohybuje v rozsahu **0,05 až 2 mm/ot**, např. :

při hrubování	0,3 až 2 mm/ot (u velkých strojů i více),
na čisto	0,1 až 0,3 mm/ot,
pro jemné soustružení	0,05 až 0,1 mm/ot.

- **řezné rychlosti** pro soustružení se obvykle pohybují v rozsahu **10 až 600 m.min⁻¹** a jsou závislé zejména na druhu obráběného materiálu, na způsobu obrábění a na druhu nástrojového materiálu; pro nástroje z rychlořezné oceli (RO) a ze slinutých karbidů (SK) a jednotlivé způsoby soustružení vnějších rotačních ploch, jsou v následujícím přehledu uvedeny orientační hodnoty řezných rychlostí :

	RO	SK
při hrubování	10 až 90 m.min ⁻¹	40 až 300 m.min ⁻¹
na čisto	20 až 120 m.min ⁻¹	50 až 500 m.min ⁻¹
pro jemné soustružení	40 až 150 m.min ⁻¹	60 až 600 m.min ⁻¹

V daném rozsahu zpravidla platí nejnižší řezné rychlosti pro obrábění legovaných ocelí, vyšší řezné rychlosti je možno volit pro obrábění nelegovaných uhlíkových ocelí a litiny. Vysoké rychlosti lze použít pro obrábění hliníku a jeho slitin. Maximální hodnoty řezné rychlosti uvedené v jednotlivých rozsazích platí pro povlakované nástroje. Při vnitřním soustružení se hodnoty řezných rychlostí snižují až o 20 %.

FRÉZOVÁNÍ

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy

- velký sortiment nástrojů a řada způsobů frézování umožňují dosáhnout široké škály jakosti obrobené plochy; kromě geometrie nástroje a způsobu frézování je přesnost rozměrů a tvaru a jakost povrchu ovlivněna řadou dalších parametrů, jako jsou řezné podmínky, přesnost seřízení nebo naostření nástroje, tuhost stroje atd.
- drsnost povrchu závisí výrazně na velikosti posuvu a řezné rychlosti, na tvaru špičky, velikosti fazetky u nástroje a pod.; dosažitelná přesnost záleží významně na tuhosti a přesnosti obráběcího stroje.

Řezné podmínky

- **hloubka záběru** při frézování se pohybuje v rozsahu **0,5 až 20 mm i více**, pro jednotlivé fáze frézování se volí obvykle v rozsahu :

pro hrubování	10 až 20 mm i více,
pro středně těžké obrábění	2 až 10 mm,
na čisto	0,5 až 2 mm,

- **posuv na zub** by neměl klesnout pod 0,05 mm, protože pak už se začíná projevovat vliv poloměru ostří břitu nástroje, to platí zejména pro nástroje s břitzy z povlakovaných slinutých karbidů; posuv na zub se obvykle pohybuje v rozsahu **0,05 až 0,4 mm**, pro běžné a tvarové frézování se posuv na zub obvykle volí v rozsahu :

běžné frézování	0,1 až 0,4 mm,
frézování tvarovými frézami	0,05 až 0,2 mm;

- **řezné rychlosti** pro frézování se obvykle pohybují v rozsahu **20 až 570 m.min⁻¹** a jsou závislé zejména na druhu obráběného materiálu, na materiálu nástroje a na způsobu frézování. Pro středně těžké frézování nástroji z RO a SK jsou v následujícím přehledu uvedeny orientační hodnoty řezných rychlostí :

	RO	SK
ocel, ŠL	20 až 40 m.min ⁻¹	120 až 200 m.min ⁻¹
měď	40 až 60 m.min ⁻¹	240 až 280 m.min ⁻¹
hliník	120 až 250 m.min ⁻¹	450 až 570 m.min ⁻¹

VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ a VYSTRUŽOVÁNÍ

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy

- dosahovaná přesnost a jakost obrobené plochy závisí na typu použitého nástroje; při použití běžného šroubovitého vrtáku nebo kopinatého vrtáku se dosahuje drsnost povrchu a přesnost rozměrů jež odpovídá hrubovacím operacím; při použití dělového vrtáku, vrtáku s VBD nebo výhrubníku obrábíme otvory načisto; požadujeme-li lepší přesnost a drsnost díry, musíme ji vystružovat.
- průměr díry i drsnost obrobené plochy závisí na řadě parametrů, jako jsou řezné podmínky, tuhost nástroje, materiál obrobku, použitá chladicí kapalina, atd.

Řezné podmínky

- řezné podmínky při vrtání se pohybují v širokém rozsahu v závislosti na druhu nástroje,
- **hloubka záběru** je v případě vrtání do plného materiálu dána poloměrem nástroje, v případě vrtání do předvrtaných otvorů, vyhrubování a vystružování je určena rozdílem poloměru otvoru před a po obrábění; jestliže se má vyrobit otvor s vyšší přesností a jakostí obrobené plochy, je nutno volit průměry nástrojů tak, aby byl pro jednotlivé obráběcí operace k dispozici dostatečný přídavek na obrábění; hloubka záběru je pro výhrubník (dle jeho průměru) v rozsahu **0,3 až 1 mm**, pro výstružník je v rozsahu **0,1 až 0,3 mm**.
- **posuv na otáčku** volíme větší než 0,05 mm; při vrtání, vyhrubování a vystružování se posuv pohybuje obvykle v rozsahu **0,05 až 1,1 mm/ot**, velikost posuvu se volí zejména s ohledem na druh nástroje a obráběný materiál :

vrtání	ocel, slit.mědi a hliníku	0,05 až 0,5 mm/ot,
	šedá litina	0,1 až 0,8 mm/ot,
vyhrubování	všechny mat.	0,2 až 0,8 mm/ot,
vystružování	ocel, slit. mědi a hliníku	0,3 až 1,0 mm/ot,
	šedá litina	0,5 až 1,1 mm/ot.

- **řezné rychlosti** jsou v porovnání se soustružením a frézováním nižší a to vzhledem k nepříznivým podmínkám, ve kterých nástroje pracují; odvod tepla z místa řezu v otvoru je špatný a břit je značně tepelně zatížen, proto se v naprosté většině případů používá chlazení chladicí kapalinou, obvykle emulzí; při vrtání hlubokých otvorů se používá speciálních olejů, při **vrtání** se řezné rychlosti zpravidla pohybují v rozsahu **10 až 300 m.min⁻¹**.
- pro šroubovitě a dělové vrtáky se řezné rychlosti podle materiálu obrobku volí obvykle v rozsahu (pro úplnost jsou uvedeny též řezné podmínky při vrtání vrtáky s VBD) :

	RO	SK	(VBD)
ocel, ŠL,	10 až 30 m.min ⁻¹	40 - 100 m.min ⁻¹	(<300 m.min ⁻¹),
slitiny mědi	40 až 70 m.min ⁻¹	80 - 100 m.min ⁻¹	(<360 m.min ⁻¹),
slitiny hliníku	120 až 200 m.min ⁻¹	200 - 300 m.min ⁻¹	(<400 m.min ⁻¹).

- řezné rychlosti pro **vyhrubování** se pohybují v rozsahu **15 až 45 m.min⁻¹**, pro **vystružování** se pohybují v rozsahu **3,5 až 15 m.min⁻¹**, řezné rychlosti se volí podle materiálu obrobku :

	vyhrubování	vystružování
ocel, ŠL,	15 až 20 m.min ⁻¹	3,5 až 7 m.min ⁻¹
slitiny mědi a hliníku	35 až 45 m.min ⁻¹	10 až 15 m.min ⁻¹

BROUŠENÍ

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy

- technologie broušení se ve většině případů používá jako dokončovací operace a požadujeme proto, aby přesnost rozměrů a jakost obrobených ploch tomu odpovídala. Tyto parametry závisí především na tuhosti a přesnosti brusky, velikosti zrna a dalších vlastnostech brousicího kotouče, na způsobu broušení a na řezných podmínkách.
- při jednotlivých způsobech broušení se dosahuje o řád lepších drsností povrchu a přesností rozměrů oproti obrábění nástroji s definovanou geometrií břitu.

způsob broušení	drsnost povrchu a přesnost rozměrů odpovídá
hrubovací broušení	obrábění načisto
broušení načisto	jemné obrábění
jemné broušení	speciální dokončovací obrábění

Řezné podmínky

- **hloubka záběru** je při broušení oproti hloubkám při obrábění nástroji s definovanou geometrií břitu velmi malá, při obvodovém broušení se obvykle pohybuje v rozsahu **0,001 až 0,075 mm/ot**; hloubka záběru závisí na tvaru broušené součásti a na způsobu broušení :

	hrubování	na čisto
obvodové broušení	0,075 mm/ot	0,001 mm/ot
rovinné broušení	0,04 mm	0,005 mm
zápichové broušení	v závislosti na druhu brouš., mater., tvaru obrobku a brous. stroji se volí přisuv. rychl. $v_f = 0,5 - 2,0$ mm/min	

Pro zpřesnění rozměru broušené plochy se provádí tzv. vyjiskřování, kdy se brousícím kotoučem obrobek několikrát přebrousí bez přísuvu. Tím se vyrovnají pružné deformace soustavy stroj – nástroj – obrobek - upínač, způsobené vlivem řezných sil.

- **posuv** při broušení se pohybuje v rozsahu **8 až 35 m.min⁻¹**, závisí na způsobu broušení a na druhu obráběného materiálu, obecně se volí :

	hrubování	na čisto
obvodové brouš. - obvod. rychl. obrobku	15 - 35 m.min ⁻¹	8 - 16 m.min ⁻¹
- podélný posuv obr.	5/6 _(0,83) šířky BK/ot	1/10 _(0,1) š.BK/ot
rovinné broušení - rychlost posuvu stolu	8 - 18 m.min ⁻¹	8 - 18 m.min ⁻¹
- příčný posuv stolu	4/5 _(0,8) šířky BK	1/10 _(0,1) šíř. BK

- **řezná rychlost** (obvodová rychlost kotouče) je při broušení značně vysoká, obvykle se pohybuje v rozsahu **20 až 120 m.s⁻¹**, volí se podle způsobu broušení a podle druhu pojiva; u běžného keramického pojiva se pro vnější broušení používá řezných rychlostí 20 až 35 m.s⁻¹; u řezacích kotoučů z pryskyřičným pojivem, vyztužených skelnými vlákny, lze použít rychlostí až přes 100 m.s⁻¹; pro rychlostní broušení se vyrábějí speciální kotouče s keramickou vazbou, umožňující brousit rychlostí i nad 120 m.s⁻¹.

- velmi vysoká řezná rychlost při broušení způsobuje, že v místě řezu vzniká značné množství tepla; je proto ve většině případů při broušení nutné použít chladicí kapalinu; chladicí kapalina by měla být přiváděna v dostatečném množství; při běžném broušení asi 1 l kapaliny za minutu na 1 mm šířky kotouče, při rychlostním broušení je třeba přivádět kapalinu pod vysokým tlakem až 2 MPa a ve větším množství; pro běžné broušení se používá roztoků elektrolytů a emulzí, pro náročnější broušení se používají speciální chladicí kapaliny a řezné oleje určené pro broušení.

Orientační hodnoty drsnosti povrchu a přesnosti rozměrů

způsob obrábění	drsnost povrchu Ra [μm]	přesnost rozměrů IT
Hrubování	> 6,3	≥ 12
Obrábění načisto	1,6 - 6,3	9 - 11
Jemné obrábění	0,2 - 1,6	5 - 8
Speciální dokončovací obrábění	< 0,2	< 5

Orientační souhrn řezných podmínek

způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
soustružení	0,03 až 30 mm	0,05 až 2 mm/ot	10 až 600 m.min ⁻¹
frézování	0,5 až 20 mm i více	0,05 až 0,4 mm/zub	20 až 570 m.min ⁻¹
vrtání	-	0,05 až 1,1 mm/ot	10 až 300 m.min ⁻¹
vyhrubování	0,3 až 1 mm	- “ -	15 až 45 m.min ⁻¹
vystružování	0,1 až 0,3 mm	- “ -	3,5 až 15 m.min ⁻¹
broušení	0,001 až 0,075 mm/ot	8 až 35 m.min ⁻¹	20 až 120 m.s ⁻¹

Literatura :

CARBORUNDUM ELECTRITE, a.s., Benátky nad Jizerou : Katalog brousicích nástrojů. 1. vyd. 1989. 248 s.

ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3 - 1. díl - Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 1. vyd. Praha: Scientia, spol. s r.o., 2000. 256 s. ISBN 80-7183-207-3.

VLACH, B. - AJ. : *Technologie obrábění a montáží*. 1. vyd. SNTL Praha 1990.