ŘEZNÉ NÁSTROJE

Nástroje

a břitové destičky. Geometrie, kódy ISO, výběr, opotřebení.





Fotografie: Glenn McKechnie, CC BY-SA 2.0, a Florian Schott, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons, adresy v kapitole Zdroje

Učební materiál pro žáky oboru. Obsahuje geometrii břitu, kódy destiček a držáků znak po znaku s rozbory, výběr destičky, drsnost, vrtáky, frézy, opotřebení, trvanlivost, bezpečnost, cvičení a test s řešením.

Odborný výcvik
Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů

Zpracoval: Michl Ondřej, 2.OZ
Datum: 6. 11. 2026

Obsah

ZÁKLAD

1 Geometrie břitu 3
2 Řezné materiály a skupiny ISO 9

SOUSTRUŽENÍ

3 Soustružnické nože 12
4 Destičky a kód ISO 1832 16
5 Držáky a kód ISO 5608 24
6 Výběr destičky a drsnost 30

DÍRY A ZÁVITY

7 Vrtáky, výstružníky a závitníky 34

FRÉZOVÁNÍ

8 Frézy 41

NÁSTROJ V PROVOZU

9 Upnutí nástrojů v kostce 46
10 Opotřebení a trvanlivost 48
11 Péče a bezpečnost 53

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

12 Cvičení a test 55
13 Řešení 58

NA ZÁVĚR

14 Slovníček a zdroje 60

JAK SE S MANUÁLEM UČIT

1. Začni kapitolou 1. Bez klínu a úhlů nedávají ostatní kapitoly smysl.
2. Kapitolu 4 si projdi s destičkou v ruce. Kódy se nejlépe učí na krabičkách z dílny.
3. Při výběru nástroje použij postup z kapitoly 6 a porovnej ho s katalogem.
4. Na konci si ověř znalosti cvičeními a testem. Řešení je až za nimi.

Příručka platí obecně. Když se tvůj stroj chová jinak nebo katalog nástroje uvádí jiné hodnoty, platí návod ke stroji, katalog a pokyn učitele odborného výcviku, zkráceně UOV.

1

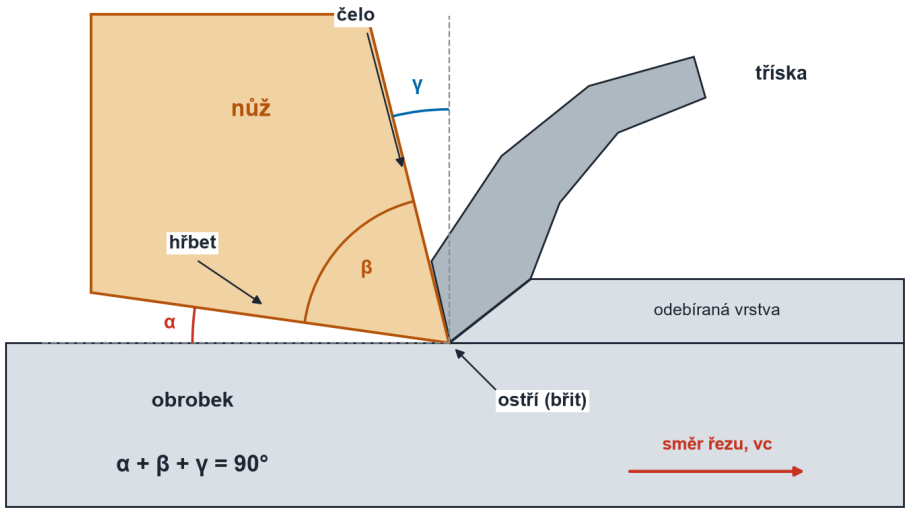
ZÁKLAD

1 Geometrie břitu

Čelo, hřbet, ostří a úhly. Co dělají s řeznými silami, teplem a tvarem třísky.

Soustružnický nůž, vrták i fréza dělají totéž. Klín se zařezává do materiálu a odděluje třísku. Tvar klínu rozhoduje, jak velké budou síly, kam půjde tříska, kolik tepla vznikne a jak dlouho břit vydrží. Když rozumíš klínu, rozumíš každému nástroji v této příručce.

Plochy a ostří



Obr. 1.1 Řezný klín v řezu kolmo na ostří. Přerušované čáry jsou vztažné roviny, od kterých se úhly měří.

- **Čelo** je plocha, po které odchází tříska.
- **Hřbet** je plocha otočená k obrobené ploše. Nesmí se o ni třít.
- **Ostří** je hrana, kde se čelo a hřbet potkávají. Hovorově se mu říká břit.
- **Hlavní ostří** odebírá většinu materiálu, **vedlejší ostří** jen dotváří obrobenou plochu.
- **Špička** je místo, kde se hlavní a vedlejší ostří spojují. Bývá zaoblená poloměrem r.
- **Tělo a stopka** nesou břit a přenášejí síly do upnutí. U nože s destičkou je tím tělem držák.

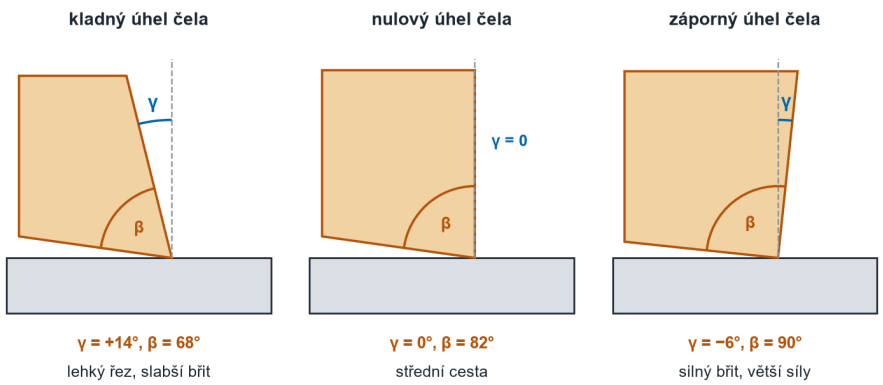
Úhly α, β a γ

Tři základní úhly se měří v řezu kolmo na ostří a dohromady dávají vždy pravý úhel.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90°$$

α úhel hřbetu, β úhel břitu, γ úhel čela

Úhel	Název	K čemu je	Když ho zvětšíš
α	úhel hřbetu	aby hřbet netřel o obrobek, obvykle 5° až 12°	méně otěru na hřbetu, ale slabší břit
β	úhel břitu	pevnost a odvod tepla	břit vydrží víc, ale řeže hůř
γ	úhel čela	jak snadno tříska odchází	lehčí řez, ale slabší břit



Obr. 1.2 Stejný klín se třemi různými úhly čela. Čím menší γ, tím větší β a pevnější břit.

Úhel čela může být i záporný. Pak čelo míří tak, že tříska stoupá proti němu. Řez je těžší, ale břit snese rázy i tvrdý materiál. Výrobce Mitsubishi Materials uvádí, že každý stupeň navíc v kladném směru sníží potřebný výkon asi o 1 %. Zároveň klesá pevnost ostří.

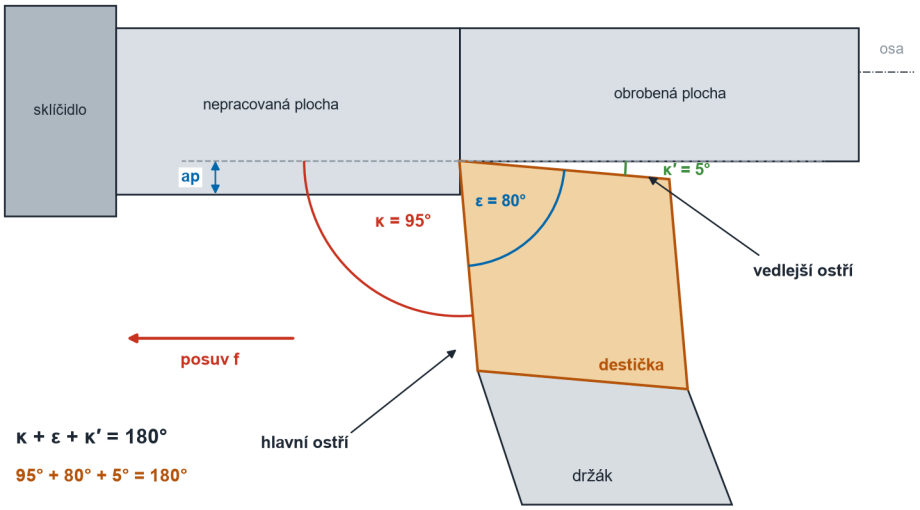
> **TIP**
> Měkký a houževnatý materiál chce velké γ. Tvrdý materiál a přerušovaný řez chtějí malé nebo záporné γ. Stejné pravidlo znáš z učiva 2. ročníku.

Příklad 1 Dopočítej úhel břitu

Zadání	Nůž má α = 6° a γ = +12°. Jaký je úhel břitu?
Vzorec	β = 90° − α − γ
Dosazení	β = 90° − 6° − 12° = 72°
Výsledek	**β = 72°**
Poznámka	Se záporným čelem γ = −6° vyjde β = 90° − 6° + 6° = 90°. Proto je negativní geometrie tak pevná.

Úhly při pohledu shora

Další úhly uvidíš, když se na nůž podíváš shora. Ukazují, jak je ostří natočené proti posuvu. Úhel nastavení je ten, kterým se v tabulkách a kódech držáků vybírá tvar nože.

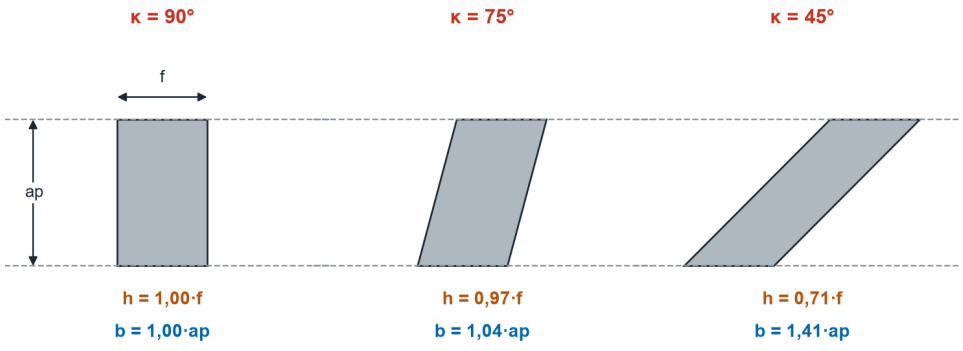


Obr. 1.3 Podélné soustružení shora: nůž s úhlem nastavení 95° a destičkou s vrcholem 80°.

Značka	Název	Co říká
κ	úhel nastavení hlavního ostří	mezi hlavním ostřím a směrem posuvu
κ′	úhel nastavení vedlejšího ostří	aby vedlejší ostří nedrhlo o obrobenou plochu, obvykle 5° až 15°
ε	úhel špičky	mezi hlavním a vedlejším ostřím, dává ho tvar destičky

Co dělá úhel nastavení s třískou

Při stejném posuvu a hloubce se s úhlem κ mění tvar průřezu třísky. Tloušťka je h = f · sin κ a šířka b = ap / sin κ. Plocha zůstává stejná.



Obr. 1.4 Průřez třísky pro tři úhly nastavení. Plocha f · ap je pořád stejná, mění se tloušťka a šířka.

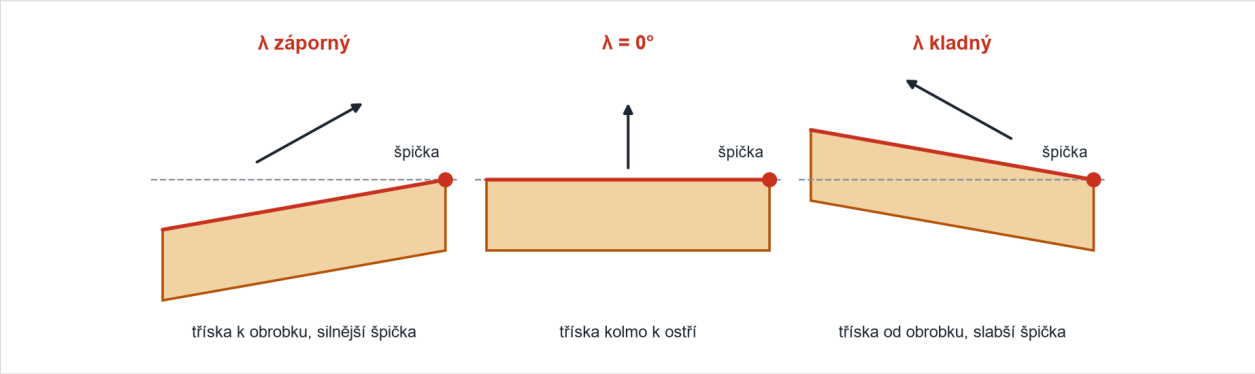
Úhel κ	Výhody	Nevýhody
Velký, kolem 90°	síly míří víc ke sklíčidlu, méně chvění, zvládne osazení do rohu	větší rázy při vstupu a výstupu, sklon k vrubu u žáropevných slitin a cementovaných dílů
Malý, například 45°	tenčí tříska a větší posuv, menší zatížení ostří, menší vrub	větší radiální síla a chvění, pravoúhlé osazení nevytvoří, tenká tříska se hůř láme

Příklad 2 Tříska při κ = 95° a κ = 45°

Zadání	f = 0,3 mm/ot, ap = 3 mm.
κ = 95°	h = 0,3 · sin 95° = 0,30 mm, b = 3 / sin 95° = 3,01 mm
κ = 45°	h = 0,3 · sin 45° = 0,21 mm, b = 3 / sin 45° = 4,24 mm
Výsledek	**Při 45° je tříska asi o třetinu tenčí a ostří je v záběru na 4,24 mm místo 3,01 mm.**

Úhel sklonu ostří λ

Úhel sklonu, říká se mu také úhel náklonu, poznáš při pohledu na ostří z boku. Říká, jestli špička leží nejvýš, nebo nejníž. Rozhoduje o tom, kam odchází tříska a kde ostří poprvé dostane ránu.



Obr. 1.5 Úhel sklonu ostří, pro názornost přehnaný. Špička je vždy vpravo a obrobená plocha leží na její straně.

Při záporném λ je špička nejvýš a do materiálu nejdřív vstoupí ostří dál od ní. Špička je tak chráněná. Tříska jde k obrobku, proto může škrábat povrch, a větší pasivní síla usnadňuje chvění. Mitsubishi Materials doporučuje při soustružení 3° až 5° a při frézování 10° až 15°. U držáků a destiček je úhel daný konstrukcí, nenastavuješ ho sám.

Poloměr špičky a úprava ostří

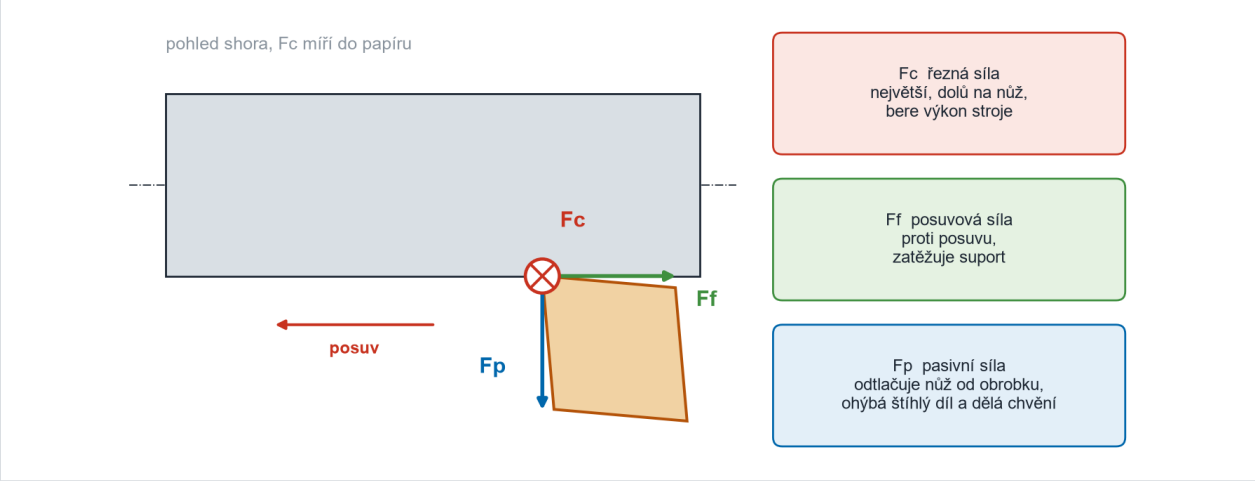
Ostrá špička by se hned vylomila, proto je zaoblená poloměrem r. V kódu destičky ho najdeš jako poslední dvojčíslí, například 08 znamená 0,8 mm. Mitsubishi Materials uvádí tyto účinky většího poloměru:

- lepší povrch a pevnější ostří, menší otěr na hřbetu i čele,
- při příliš velkém poloměru větší řezný odpor, chvění a horší lámání třísky.

Ostří destičky ze slinutého karbidu nebývá dokonale ostré. Výrobce ho jemně zaoblí nebo opatří malou fazetkou. Zvětší se tím pevnost, ale i řezný odpor. Podle Mitsubishi Materials je vhodná šířka zaoblení asi polovina posuvu.

Síly při řezání

Síla působící na nůž se dělí na tři složky. Největší je řezná síla Fc, která tlačí nůž dolů a bere výkon stroje. Posuvová síla Ff působí proti posuvu. Pasivní síla Fp odtlačuje nůž od obrobku a ohýbá štíhlé díly.



Obr. 1.6 Tři složky řezné síly na noži při podélném soustružení.

Když zvětšíš	Co se stane se silami a teplem
hloubku ap nebo posuv f	roste průřez třísky, a tím hlavně řezná síla
řeznou rychlost vc	síly se mění málo, ale roste teplota a klesá trvanlivost
úhel čela γ	řez je lehčí, síly klesají, ostří je slabší
poloměr špičky r	roste hlavně pasivní síla a hrozí chvění

Jak vzniká tříska

Materiál před ostřím se stlačí a v úzké oblasti se usmýkne. Tříska pak klouže po čele. Většina tepla odchází s třískou, část do nástroje a jen menší část do obrobku. Čím lépe tříska odchází, tím lépe pro břit i pro tebe.



Obr. 1.7 Tvary třísky a co znamenají. Krátká šroubovice a tvar C nebo 6 jsou to, co chceš vidět.



Obr. 1.8 Dlouhá tříska vzniklá při soustružení (vlevo) a vzorky třísek různých tvarů se slisovaným blokem (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg*

Co vidíš	Co to znamená	Co s tím
Dlouhá stuha	tříska se neláme, je nebezpečná	větší posuv, jiný utvařeč, větší hloubka
Modrá tříska u oceli	vysoká teplota; u karbidu běžná, u HSS moc	u HSS snížit vc
Materiál přilepený na ostří	nárůstek, zhorší povrch	vyšší vc, ostřejší břit, chlazení
Tříska bije do obrobku	špatný směr odchodu	jiná geometrie, změna ap nebo f, porada s UOV

UOV je učitel odborného výcviku. V této příručce ho potkáš často, protože řezné hodnoty a volba nástroje na konkrétní práci jsou v dílně vždycky na něm.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Platí α + β + γ = 90°. Velké γ řeže lehce, malé nebo záporné γ drží.
- Úhel nastavení κ mění tloušťku a šířku třísky: h = f · sin κ, b = ap / sin κ.
- Záporné λ chrání špičku, ale tlačí třísku k obrobku.
- Větší poloměr špičky dá lepší povrch i pevnost, ale zvětší pasivní sílu a chvění.
- Dobrá tříska je krátká. Dlouhá stuha je nebezpečná.

2

ZÁKLAD

Řezné materiály a skupiny ISO

Z čeho jsou břity, jak je číst podle ISO 513, co znamenají barvy a povlaky.

Břit musí být tvrdší než obráběný materiál i za vysoké teploty, a přitom se nesmí vylomit. Tvrdost a houževnatost jdou proti sobě, proto žádný řezný materiál není nejlepší na všechno. Podrobněji se jim věnuje příručka Materiály a tepelné zpracování. Tady je výtah pro volbu nástroje.

Řezné materiály v kostce

Materiál	Kód ISO 513	Silná stránka	Slabina	Typicky
HSS, rychlořezná ocel	není v ISO 513	houževnatá, dá se ostřit	měkne nad asi 500 °C	vrtáky, závitníky, malé frézy
Slinutý karbid, tvrdokov	HW, HF, s povlakem HC	univerzální	křehčí než HSS	většina destiček a monolitních fréz
Cermet	HT	málo nárůstku, čistý povrch	tepelný šok	dokončování ocelí
Keramika	CA, CM, CN, CR, s povlakem CC	velmi vysoké vc	křehká, tepelný šok	šedá litina, žáropevné slitiny
CBN	BL, BH, s povlakem BC	tvrdé oceli nad 45 HRC	pod 45 HRC se rychle opotřebí	kalené díly, litina
Diamant	DP, DD, DM	extrémní odolnost proti otěru	nesnáší železo a vysoké teploty	hliník s křemíkem, kompozity

Písmena v druhém sloupci jsou značky z ISO 513. Třeba HW je karbid bez povlaku se zrnem aspoň 1 µm, HF je karbid bez povlaku se zrnem pod 1 µm a HC je povlakovaný karbid. Norma dává za značku pomlčku a skupinu použití, například **HC-K20** nebo **HW-P10**.

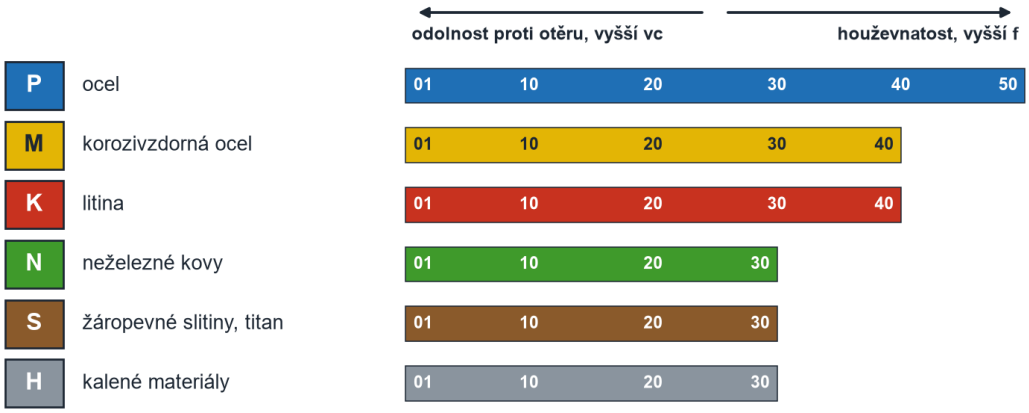
Skupiny ISO 513 a barvy

Obráběné materiály se dělí do šesti hlavních skupin. Každá má písmeno a barvu. Najdeš je na krabičce destiček a v katalogu. Skupina říká, na co je destička určená, a ne jak vypadá. Tvar řeší kód ISO 1832 v kapitole 4.

Skupina	Barva	Co obrábíš	Jak se materiál chová
P	modrá	oceli a ocelolitina, kromě austenitických korozivzdorných	tříska obvykle dobře zvládnutelná, nízkouhlíkové oceli se lepí
M	žlutá	austenitické a austeniticko-feritické korozivzdorné oceli	dlouhá tříska, zpevňování, nárůstek, teplo
K	červená	šedá, tvárná a temperovaná litina	krátká tříska, abrazivní
N	zelená	hliník a další neželezné kovy, nekovové materiály	měkké, nejmenší síly, čistý hliník se lepí
S	hnědá	žáropevné slitiny na bázi železa, niklu a kobaltu, titan	velké teplo, zpevňování, vrub
H	šedá	kalená ocel, kalená a tvrzená litina	velké síly, abrazivní

PAMATUJ

Norma ISO 513 uvádí pro skupinu S hnědou barvu. Některé materiály, i Teorie pro 2. ročník, mají u S oranžovou. V dílně proto spolehni na písmeno.



Obr. 2.1 Skupiny použití podle ISO 513. Čím menší číslo, tím větší odolnost proti otěru a vyšší vc. Čím větší číslo, tím větší houževnatost a vyšší posuv.

Jak číst číslo za písmenem

Číslo říká, kam destička patří na stupnici mezi odolností proti otěru a houževnatostí. P10 je tvrdší, na rychlý a klidný řez. P40 je houževnatější, na větší posuvy a horší podmínky. Skupina P má rozsah až do 50, M a K do 40, zbylé do 30. Výrobci často uvádějí rozsah, třeba P15 až P35. Sám se neřiď jen číslem. Výrobci mají různé materiály a přesné použití najdeš u konkrétní značky.

Povlaky

Většina destiček ze slinutého karbidu má povlak. Podle výrobce Sandvik Coromant je to 80 až 90 %. Povlak je tenká tvrdá vrstva, chrání před opotřebením a teplem a podklad zůstává houževnatý.

Metoda	Teplota nanášení	Vrstva	Typicky
CVD	700 až 1050 °C	silnější, dobře snáší otěr	soustružení ocelí
PVD	400 až 600 °C	tenká, hrana zůstává ostrá	monolitní frézy, vrtáky, zapichování, závity



Obr. 2.2 Destičky ze slinutého karbidu bez povlaku (vlevo) a povlakované destičky na hrubování s výrazným utvařečem (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Mauro Cateb, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tungsten_carbide_inserts.jpg; vpravo Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchrupp.jpg

Výběr podle obráběného materiálu

Tabulka je jen výchozí bod. Čísla jsou orientační rozmezí pro destičky ze slinutého karbidu na tuhém stroji. Jsou stejná jako v Teorii pro 2. ročník.

Materiál	Skupina	Soustružení vc (m/min)	f (mm/ot)	Na co myslet
Ocel S235	P	180 až 280	0,1 až 0,4	lepí se, hlídej nárůstek a třísku
Ocel C45	P	150 až 250	0,1 až 0,4	běžná volba destičky na ocel
Korozivzdorná ocel	M	100 až 180	0,1 až 0,3	ostrá geometrie, nezastavuj v řezu
Litina	K	120 až 250	0,1 až 0,4	krátká tříska a prach, odsávání
Hliník	N	300 až 800	0,1 až 0,4	pozitivní ostrá destička, lepení

POZOR
Řezné hodnoty v této příručce jsou orientační. Přednost má vždy katalog ke konkrétní destičce a pokyn UOV. Čísla z paměti ani ze sešitu na stroj nepatří.

PAMATUJ

Vrtáky počítej jako v příručce Řezné otáčky: vc 20 m/min pro HSS a 80 m/min pro slinutý karbid, s 3,14. Jsou to výchozí hodnoty pro vrtáky v oceli, ne pro soustružnické destičky.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Tvrdost a houževnatost jdou proti sobě.
- P modrá ocel, M žlutá korozivzdorná, K červená litina, N zelená neželezné kovy, S hnědá žáropevné, H šedá kalené.
- Nízké číslo za písmenem znamená odolnost proti otěru, vysoké houževnatost.
- CVD má silnější vrstvu, PVD tenkou a ostrou hranu.

3

SOUSTRUŽENÍ

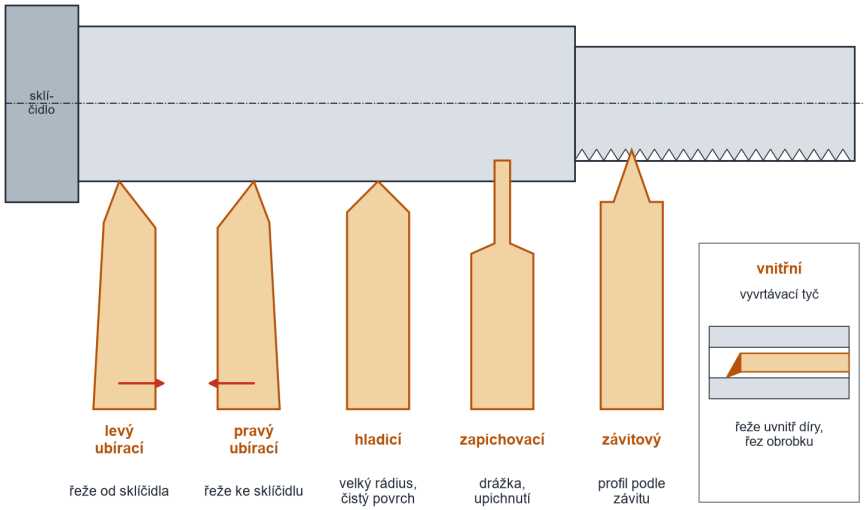
Soustružnické nože

Pravý, levý, ubírací, hladicí, zapichovací, závitový a vnitřní. K čemu který a jak se poznají.

Soustružnický nůž poznáš podle toho, odkud a kam řeže a jaký tvar umí vytvořit. Ze stejného důvodu se liší i držáky, jejichž kód se učí kapitola 5. Nejdřív se podívej, jak se nože dělí podle práce.

Druhy nožů podle práce

Nůž	K čemu	Na co si dát pozor
Pravý ubírací	podélné soustružení ke sklíčidlu, osazení	nejběžnější, κ kolem 90° až 95° zvládne roh
Levý ubírací	soustružení od sklíčidla, plochy, kam pravý nedosáhne	zkontroluj místo pro držák a upínací čelisti
Hrubovací	odebere většinu materiálu, větší f a ap	silný břit, pevné upnutí
Hladicí, dokončovací	poslední průchod na rozměr, čistý povrch	ostrý břit, nesnáší velký přídavek
Zapichovací, upichovací	drážky, výběhy, oddělení dílu	přesně kolmo na osu, nízký posuv, odvod třísek
Závitový	vnější a vnitřní závit, profil podle stoupání	přísuvy po částech, ne na jednu hloubku
Vnitřní, vyvrtávací	vnitřní průměry a osazení	tyč je štíhlá, chvění hrozí nejvíc



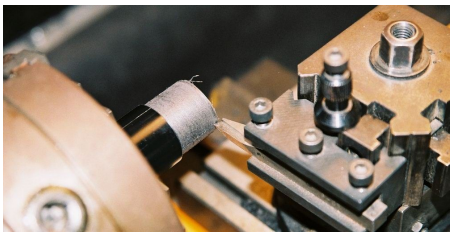
Obr. 3.1 Hlavní druhy soustružnických nožů. Šipka ukazuje směr posuvu u ubíracích nožů.



Obr. 3.2 Soustružnické nože a držáky s jedním břitem v různém provedení, včetně vyvrtávací tyče a rychlovýměnných držáků.
Vlastník obrázku: Progress and Poverty, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single_edge_cutting_tools.jpg

Pravý a levý nůž

Pravý nůž řeže zprava doleva, tedy ke sklíčidlu, a je nejběžnější. Levý jede opačně. V kódu držáku je rozeznáš podle písmene R nebo L. Volba záleží hlavně na tom, ze které strany je k ploše přístup.



Obr. 3.3 Nůž upnutý v nožové hlavě při podélném soustružení.
Vlastník obrázku: Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg

- Špička nože musí být přesně ve výšce osy. Kontroluj ji o špičku koníku a vyrovnej podložkami.
- Vyložení nože drž co nejkratší. Dlouhé vyložení způsobuje chvění.
- Dotáhni všechny upínací šrouby a odstraň klíč.
- Před zapnutím ruční otáčkou zkontroluj, že nic nenaráží.

Pájené a vyměnitelné břity

	Pájený nebo celistvý nůž	Držák s vyměnitelnou destičkou
Když se břit opotřebuje	přebrousí se, nebo vymění celý nůž	destička se pootočí nebo vymění
Rozměr po výměně	mění se, nůž se musí znovu seřídit	téměř stejný, drobnou odchylku řeší korekce
Geometrie	podle broušení, záleží na zručnosti	daná výrobcem, opakovatelná
Kde se používá	klasické stroje, malé průměry, tvarové nože	CNC stroje a běžná sériová práce
Slabé místo	pájený spoj nesnese velmi vysokou teplotu	špatně očištěné sedlo, destička se může uvolnit



Obr. 3.4 Vnější soustružnický držák s vyměnitelnou destičkou a imbusovým klíčem na její upnutí.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg

Závit, zápich a vnitřní soustružení

Na tyto práce se používají úzce určené destičky. Závitová destička má profil závitu, zapichovací je úzká a citlivá na posuv a výšku špičky. Obě mají u výrobců vlastní značení, proto je hledej v katalogu.



Obr. 3.5 Destička pro soustružení závitů (vlevo) a destičky pro zapichování (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteGewinde.jpg; vpravo Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteStech.jpg



Obr. 3.6 Vyvrtávací tyče s břitovými destičkami (vlevo) a vnitřní soustružení s třískami v díře (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedBoringThreadingBars.jpg; vpravo David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lathe_Boring.jpg

- Závit řež po malých přísuvech, hloubka se nebere najednou.
- Zápich a upichování potřebují kolmé nastavení a nízký posuv.
- Ve vnitřní díře musí mít tříska kudy odcházet.
- Výšku špičky hlídej i u vnitřního nože. Tyč se v řezu odtlačuje.



Obr. 3.7 Vnější závitový držák s destičkou pro soustružení závitu.
Vlastník obrázku: Àncora, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plaqueta_roscar_pas_3.jpg

CO SI ZAPAMATOVAT

- Pravý nůž řeže ke sklíčidlu, levý od sklíčidla.
- Zapichovací nůž chce nízký posuv a kolmé nastavení. Závit se řeže po malých přísuvech.
- Vyvrtávací tyč je nejštíhlejší nástroj, chvění je u ní největší starost.
- Vyměnitelná destička se pootočí, pájený nůž se přebrousí.

4

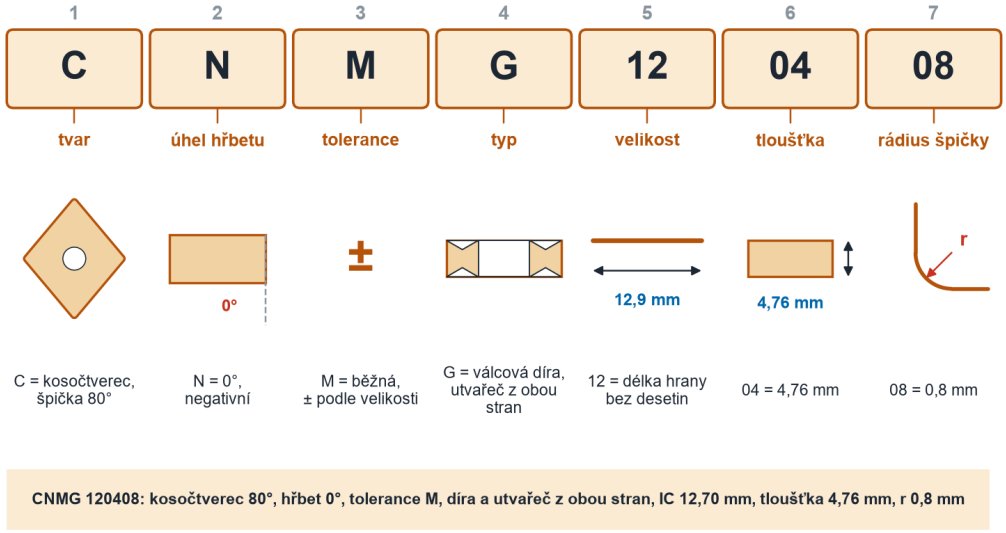
SOUSTRUŽENÍ

Destičky a kód ISO 1832

Kód destičky znak po znaku, tvary a jejich pevnost, utvařeč a řešené rozbory se skutečnými rozměry.

Kód destičky je nejdůležitější věc z téhle příručky. Když ho umíš přečíst, víš o destičce skoro všechno, i když ji nemáš v ruce. Stejný kód používají různí výrobci, proto si podle něj najdeš náhradu z jiného katalogu.

ISO 1832 určuje 7 povinných znaků a 2 nepovinné. Za ně může výrobce přidat vlastní označení, například tvar utvařeče. Kód říká, jak destička vypadá. Neříká, z jakého je materiálu ani jak se bude chovat v řezu.

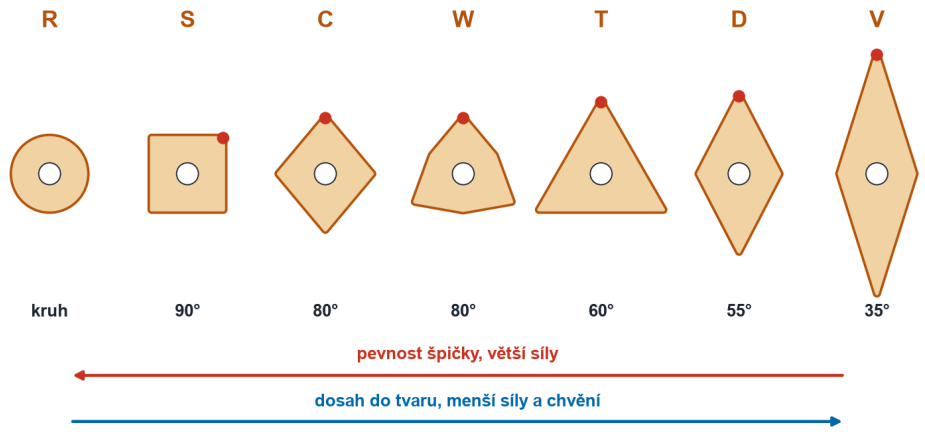


Obr. 4.1 Sedm povinných znaků na příkladu CNMG 120408.

1. znak: tvar

První písmeno říká, jaký má destička tvar. Uvedený úhel je úhel špičky ε. U kosočtverců a rovnoběžníků se bere vždy menší úhel.

Znak	Tvar	ε	Znak	Tvar	ε
C	kosočtverec	80°	S	čtverec	90°
D	kosočtverec	55°	T	trojúhelník	60°
E	kosočtverec	75°	W	šestiúhelník, 3 špičky	80°
M	kosočtverec	86°	R	kruh	není
V	kosočtverec	35°	L	obdélník	90°
H	šestiúhelník	120°	A	rovnoběžník	85°
O	osmiúhelník	135°	B	rovnoběžník	82°
P	pětiúhelník	108°	K	rovnoběžník	55°



Obr. 4.2 Nejčastější tvary na soustružení, kreslené při stejné vepsané kružnici. Červeně je špička, která řeže.

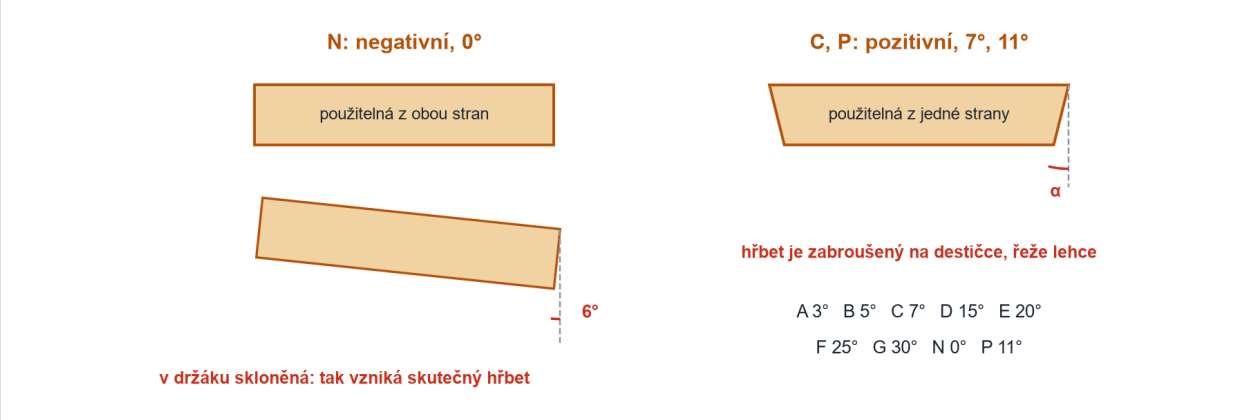
Tvar	Pevnost špičky	Dosah	K čemu se hodí
R	největší	jen zaoblené tvary	tvarové plochy a velké posuvy, velká pasivní síla
S	velká	malý, jen s 45° nebo 75°	hrubování a sražení
T	střední	střední	podélně, čelně, tři špičky na stranu
C	velká	střední	první volba na hrubování a osazení
W	velká	střední	hrubování a podélné soustružení, šest břitů
D	menší	dobrý	kopírování, dokončování
V	nejmenší	největší	jemné kopírování a tvary, malé síly

TIP

Sandvik Coromant radí: vyber největší úhel špičky, se kterým ještě obrobíš všechny plochy. Velký úhel je pevnější a snese větší posuv. Malý dosáhne do tvaru a méně tlačí, ale je citlivější na teplo.

2. znak: úhel hřbetu

Druhé písmeno je úhel hřbetu na samotné destičce.



Obr. 4.3 Negativní a pozitivní destička v řezu a tabulka písmen podle ISO 1832.

	Negativní, N	Pozitivní, například C, P, B
Hřbet na destičce	0°, boky jsou kolmé	větší než 0°, destička se zužuje
Strany	obvykle obě, víc břitů	jedna
Pevnost a síly	velká pevnost, větší síly	ostrá, menší síly
První volba	vnější soustružení a těžké řezy	vnitřní soustružení, štíhlé díly

Negativní destička má hřbet 0°, ale v držáku leží šikmo. Tím vzniká skutečný hřbet i záporné čelo. Je proto pevná a lze ji otočit na druhou stranu.

3. znak: tolerance

Třetí písmeno říká, jak přesně je destička vyrobená. Hodnoty platí pro tři rozměry: **d** vepsaná kružnice, **m** poloha špičky a **s** tloušťka. U tříd K, L, M, N a U je podle katalogu Kyocera obvod nebroušený a tolerance závisí na velikosti. Čím přesnější destička, tím menší změna rozměru po pootočení.

Třída	d (mm)	m (mm)	s (mm)	Třída	d (mm)	m (mm)	s (mm)
A	± 0,025	± 0,005	± 0,025	G	± 0,025	± 0,025	± 0,13
F	± 0,013	± 0,005	± 0,025	J	± 0,05 až 0,15	± 0,005	± 0,025
C	± 0,025	± 0,013	± 0,025	K	± 0,05 až 0,15	± 0,013	± 0,025
H	± 0,013	± 0,013	± 0,025	L	± 0,05 až 0,15	± 0,025	± 0,025
E	± 0,025	± 0,025	± 0,025	M	± 0,05 až 0,15	± 0,08 až 0,20	± 0,13
N	± 0,05 až 0,15	± 0,08 až 0,20	± 0,025	U	± 0,08 až 0,25	± 0,13 až 0,38	± 0,13

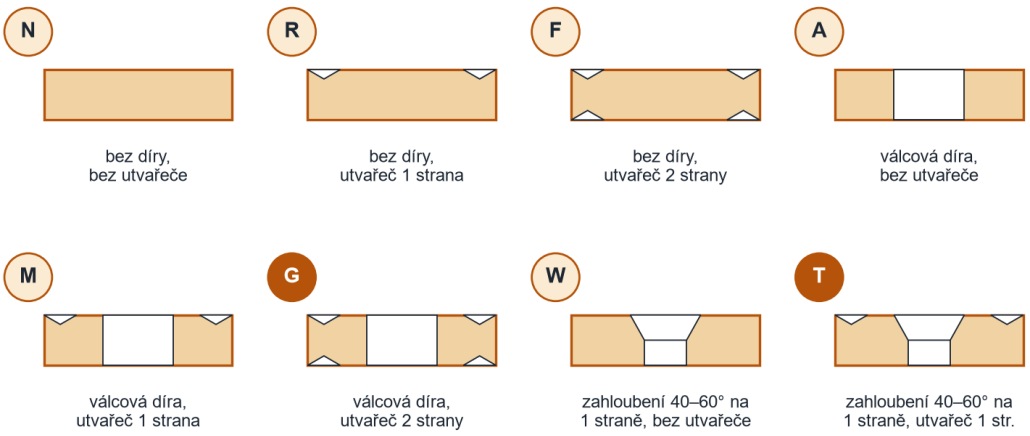
Třída M podle velikosti

U třídy M závisí tolerance na velikosti. Tabulka ukazuje hodnoty pro běžné tvary a zvlášť pro tvar D. Pod 55° se tolerance m podle normy výrazně zvětšuje. U tvaru V proto d ani m neuvádíme a hledej je v katalogu.

IC (mm)	Tvar S, T, C, W: d	Tvar S, T, C, W: m	Tvar D: d	Tvar D: m
6,35 a 9,525	± 0,05	± 0,08	± 0,05	± 0,11
12,7	± 0,08	± 0,13	± 0,08	± 0,15
15,875 a 19,05	± 0,10	± 0,15	± 0,10	± 0,18
25,4	± 0,13	± 0,18	není	není

4. znak: typ, díra a utvařeč

Čtvrté písmeno prozradí, jestli má destička díru na upnutí a utvařeč třísky a na kolika stranách.



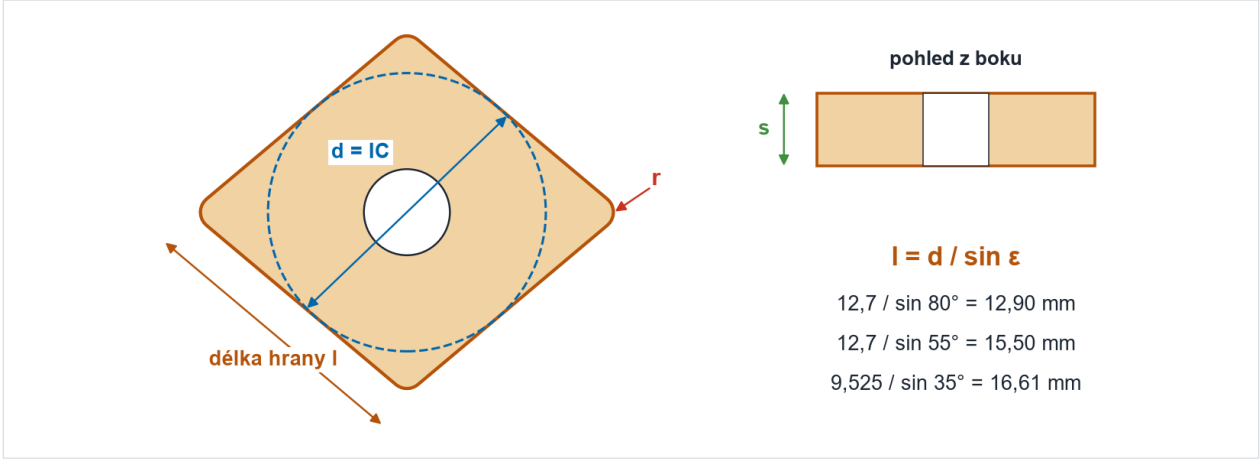
Obr. 4.4 Řez destičkou pro nejčastější typy. Zvýrazněná písmena G a T jsou na soustružení nejběžnější.

Znak	Díra	Utvařeč	Znak	Díra	Utvařeč
N	bez díry	žádný	W	zahloubení 40° až 60° z 1 strany	žádný
R	bez díry	1 strana	T	zahloubení 40° až 60° z 1 strany	1 strana
F	bez díry	2 strany	Q	zahloubení 40° až 60° z 2 stran	žádný
A	válcová	žádný	U	zahloubení 40° až 60° z 2 stran	2 strany
M	válcová	1 strana	B, H	zahloubení 70° až 90° z 1 strany	žádný, 1 strana
G	válcová	2 strany	C, J	zahloubení 70° až 90° z 2 stran	žádný, 2 strany

Znak X znamená zvláštní provedení, které se musí popsat výkresem. Zahloubení je tu proto, aby hlava šroubu zapadla do destičky.

5. znak: velikost

Pátý znak je délka hrany v milimetrech bez desetin. Skutečná hrana je delší. U jednociferného čísla se předsadí nula, proto 09 a ne 9. Destičky se ve skutečnosti vyrábějí podle průměru vepsané kružnice, zkráceně IC. Z palců pochází řada 6,35, 9,525 a 12,7 mm.



Obr. 4.5 Hlavní rozměry destičky: vepsaná kružnice d, délka hrany l, tloušťka s a poloměr špičky r.

IC (mm)	C	D	S a R	T	V	W
6,35	06	07	06	11	11	04
9,525	09	11	09	16	16	06
12,7	12	15	12	22	22	08
15,875	16	19	15	27	27	10
19,05	19	23	19	33	33	13
25,4	25	31	25	44	44	17

Tabulku čti takhle: destička T s číslem 16 a destička C s číslem 09 mají obě IC 9,525 mm. Číslo tedy samo o sobě neříká, jak je destička velká. Vždy se dívej i na tvar.

6. a 7. znak: tloušťka a poloměr špičky

Znak	s (mm)	Znak	s (mm)
01	1,59	**04**	4,76
T1	1,98	**05**	5,56
02	2,38	**06**	6,35
T2	2,78	**07**	7,94
03	3,18	**09**	9,525
T3	3,97		

Tloušťka se měří od dosedací plochy k ostří. Písmeno T oddělí 3,97 mm od 3,18 mm. Bez něj by obě měly značku 03.

Poslední dvojčíslí je poloměr špičky v desetinách milimetru. Znamená to, že stačí přidat desetinnou čárku:

Znak	r (mm)	Znak	r (mm)	Znak	r (mm)	Znak	r (mm)
00	ostrá	**04**	0,4	**12**	1,2	**20**	2,0
02	0,2	**08**	0,8	**16**	1,6	**24**	2,4

Kruhová destička nemá špičku. Místo toho má 00, nebo u metrických průměrů M0.

8. a 9. znak a značka výrobce

Na konci kódu mohou být dva nepovinné znaky. Za pomlčkou si výrobce přidá vlastní označení, třeba utvařeč. V katalogu Kyocera je to například CNMG 120408 PG.

Znak	Co říká	Hodnoty
8	stav ostří	F ostré, E zaoblené, T s fazetkou, S zaoblené a s fazetkou
9	směr řezání	R pravý, L levý, N oboustranný
výrobce	vlastní označení	utvařeč, způsob použití, není normované

> **PAMATUJ**
> V americkém palcovém značení je tatáž destička CNMG 432. Písmena jsou stejná, čísla znamenají osminy palce IC, šestnáctiny palce tloušťky a šedesátčtvrtiny poloměru. Když takový kód potkáš, nejde o jinou destičku.

Řešené rozbory

Příklad 3 Čtyři destičky vedle sebe

Znak	CNMG 120408	DNMG 150608	VBMT 160404	TNMG 160408
1 tvar	C, kosočtverec 80°	D, kosočtverec 55°	V, kosočtverec 35°	T, trojúhelník 60°
2 hřbet	N, 0°, negativní	N, 0°, negativní	B, 5°, pozitivní	N, 0°, negativní
3 tolerance M	d ± 0,08, m ± 0,13, s ± 0,13	d ± 0,08, m ± 0,15, s ± 0,13	s ± 0,13, d a m v katalogu	d ± 0,05, m ± 0,08, s ± 0,13
4 typ	G, díra, utvařeč 2 strany	G, díra, utvařeč 2 strany	T, zahloubení, utvařeč 1 strana	G, díra, utvařeč 2 strany
5 velikost	12, IC 12,70	15, IC 12,70	16, IC 9,525	16, IC 9,525
Délka hrany	12,7 / sin 80° = 12,90	12,7 / sin 55° = 15,50	9,525 / sin 35° = 16,61	9,525 · 1,732 = 16,50
6 tloušťka	04, 4,76 mm	06, 6,35 mm	04, 4,76 mm	04, 4,76 mm
7 poloměr	08, r = 0,8 mm	08, r = 0,8 mm	04, r = 0,4 mm	08, r = 0,8 mm

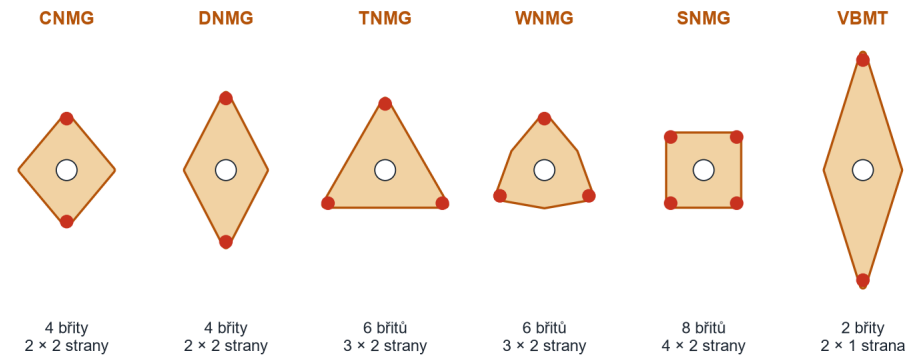
Příklad 3 **Čtyři destičky vedle sebe**

Znak	CNMG 120408	DNMG 150608	VBMT 160404	TNMG 160408
Břity	4, po 2 na stranu	4, po 2 na stranu	2, jedna strana	6, po 3 na stranu

Rozměry jsou v milimetrech. Tolerance třídy M jsou z tabulky výše podle IC a tvaru.

Všimni si: TNMG 160408 má hranu 16,5 mm, ale menší IC než CNMG 120408 s hranou 12,9 mm. Trojúhelník a úzký kosočtverec V mají při stejné vepsané kružnici mnohem delší hranu než C. Délka hrany tedy nestačí, když porovnáváš destičky různých tvarů.

Kolik má destička břitů



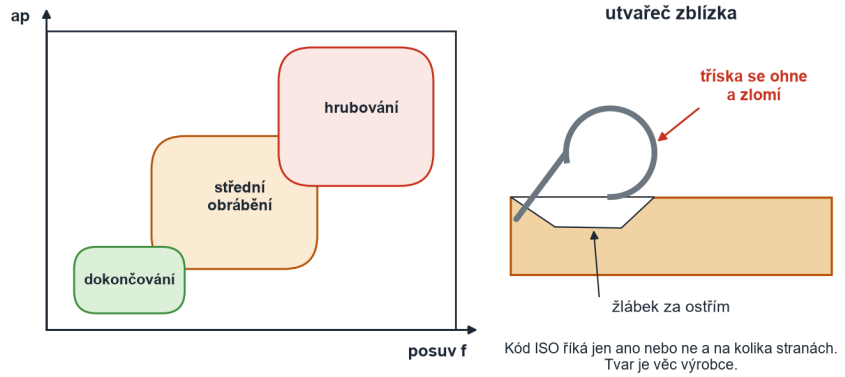
Obr. 4.6 Použitelné špičky běžných destiček. Červeně jsou špičky na jedné straně, negativní destičky lze otočit a použít i druhou stranu.

Utvařeč třísky

Utvařeč je tvar na čele za ostřím. Ohne třísku a tím ji zlomí. Každý utvařeč funguje jen v určité oblasti posuvu a hloubky. Když jsi mimo ni, tříska se neláme. Kód ISO říká jen to, jestli utvařeč na destičce je. Jeho tvar a použití si určuje výrobce, proto záleží na značce v katalogu.



Obr. 4.7 Destičky pro dokončování s utvařečem blízko ostří. Jiný tvar má destička na hrubování v kapitole 2.
Vlastník obrázku: Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchlicht.jpg



Obr. 4.8 Vlevo oblasti použití utvařečů, schéma bez čísel. Vpravo utvařeč zblízka.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Kód čti po znacích: tvar, hřbet, tolerance, typ, velikost, tloušťka, poloměr.
- Velikost je délka hrany bez desetin. Bez tvaru neřekne, jak velká je vepsaná kružnice.
- N znamená 0° a negativní destičku, C je 7°, P je 11°, B je 5°.
- G má válcovou díru a utvařeč z obou stran, T zahloubení a utvařeč z jedné.
- Utvařeč si určuje výrobce a funguje jen v určité oblasti f a ap.

5

SOUSTRUŽENÍ

Držáky a kód ISO 5608

Kód držáku znak po znaku, jak k němu najít destičku, vnitřní držák, vyložení a chvění.

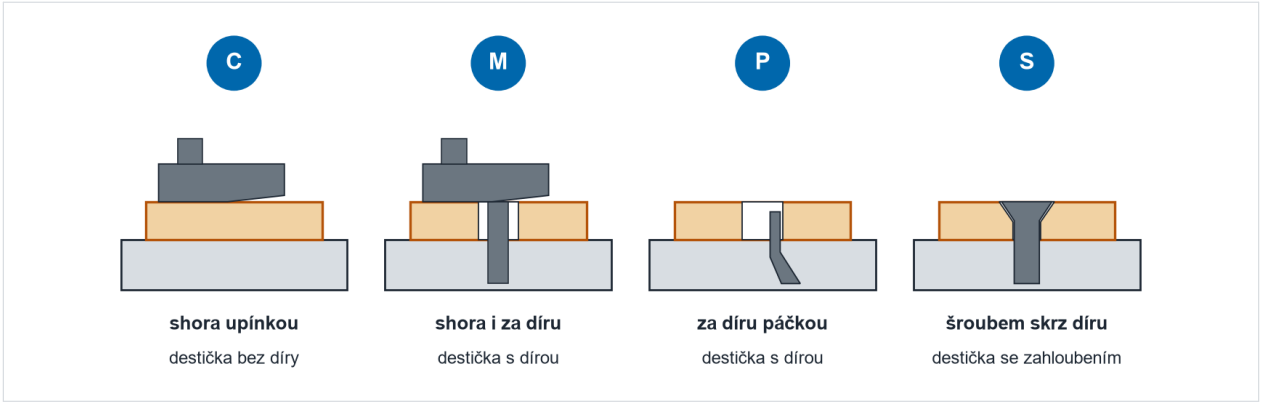
Držák nese destičku a přenáší síly do nožové hlavy. Má vlastní kód, opět podle normy. Kód držáku podle ISO 5608 má 9 povinných znaků a jeden nepovinný pro zvláštní tolerance. Výrobce může za pomlčku přidat vlastní značku.



Obr. 5.1 Devět povinných znaků na příkladu PCLNR 2525M12. Tři znaky se shodují s kódem destičky.

> **TIP**
> Podle normy jsou 2., 4. a 9. znak držáku shodné s ISO 1832. Proto PCLNR 2525M12 vezme destičku C, N a velikost 12, například CNMG 120408.

1. znak: upnutí destičky



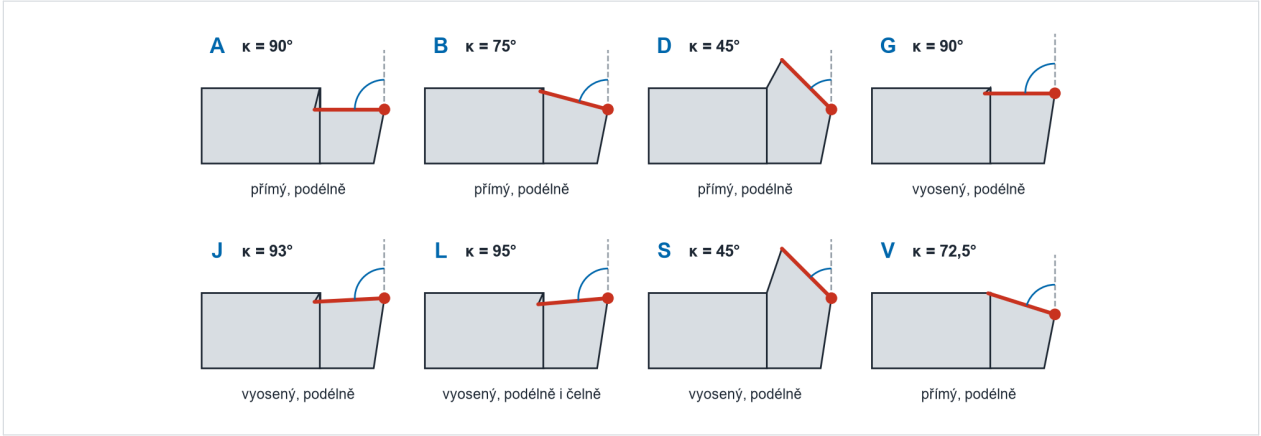
Obr. 5.2 Čtyři způsoby upnutí destičky podle ISO 5608, zjednodušeně v řezu.

Znak	Upnutí	Destička	Použití
C	shora upínkou	bez díry	keramika a destičky bez díry
M	shora a za díru	s dírou	pevné upnutí, destička je držená dvěma způsoby
P	za díru	s dírou	běžné negativní destičky, rychlá výměna
S	šroubem skrz díru	se zahloubením	pozitivní destičky, malé síly, čisté okolí špičky

V katalozích potkáš i další písmena, například D u držáku DVJNL 3225P16. V tabulce ISO 5608 je nenajdeš, proto se u nich dívej do klíče daného výrobce.

3. znak: tvar nože

Třetí znak říká, jaký úhel κ držák dává a zda je stopka přímá, nebo vyosená. Tohle písmeno rozhoduje, jaký tvar nůž obrobí.



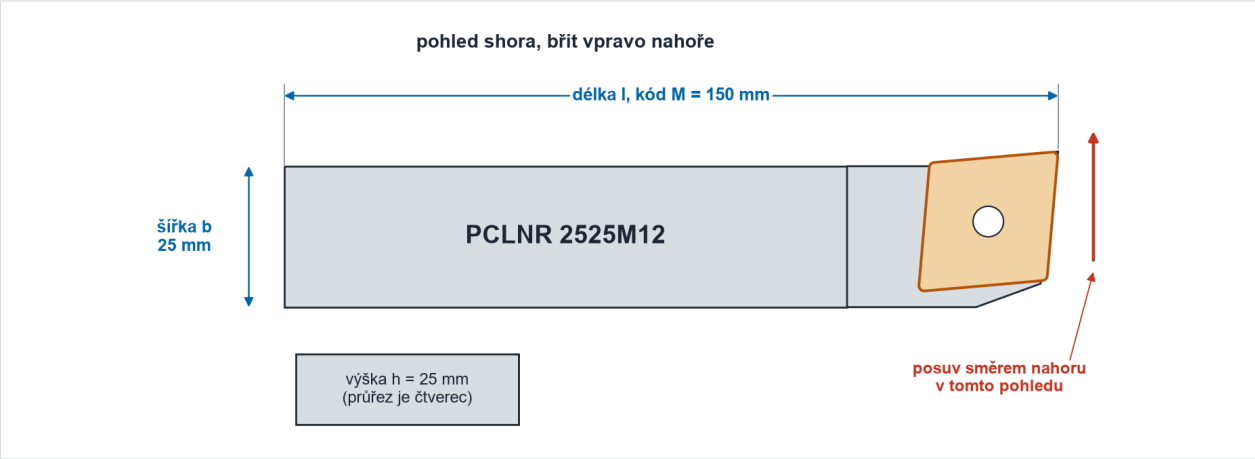
Obr. 5.3 Nejběžnější tvary držáků při pohledu shora, posuv směřuje nahoru. Červeně je hlavní ostří, přerušovaně směr posuvu.

Znak	κ	Stopka, směr	Znak	κ	Stopka, směr
A	90°	přímá, podélně	L	95°	vyosená, podélně i čelně
B	75°	přímá, podélně	M	50°	přímá, podélně
C	90°	přímá, čelně	N	63°	přímá, podélně
D	45°	přímá, podélně	P	117,5°	vyosená, podélně
E	60°	přímá, podélně	R	75°	vyosená, podélně
F	90°	vyosená, čelně	S	45°	vyosená, podélně
G	90°	vyosená, podélně	T	60°	vyosená, podélně
H	107,5°	vyosená, podélně	U	93°	vyosená, čelně
J	93°	vyosená, podélně	V	72,5°	přímá, podélně
K	75°	vyosená, čelně	W, Y	60°, 85°	vyosená, čelně

Ostatní znaky

Místo	Co říká	Jak číst
2	tvar destičky	stejně jako 1. znak ISO 1832
4	úhel hřbetu destičky	stejně jako 2. znak ISO 1832
5	směr	R pravý, L levý, N oboustranný
6	výška h	v milimetrech, 2525 je výška 25, 3225 je výška 32

Místo	Co říká	Jak číst
7	šířka b	v milimetrech
8	délka l	H 100 mm, K 125 mm, M 150 mm, P 170 mm, Q 180 mm, R 200 mm, S 250 mm
9	velikost destičky	stejně jako 5. znak ISO 1832



Obr. 5.4 Rozměry držáku v kódu. Kreslený je pravý držák, tedy R. Při podélném soustružení je stopka kolmá na osu obrobku.

Norma uvádí i příklad CTGNR 3225M16Q. Poslední písmeno Q je nepovinný znak pro zvláštní tolerance.

Řešené rozbory držáků

Příklad 4 Tři držáky vedle sebe

Znak	PCLNR 2525M12	SVJBR 2525M16	SCLCR 2020K09
1 upnutí	P, za díru, páčkou	S, šroubem skrz díru	S, šroubem skrz díru
2 destička	C, kosočtverec 80°	V, kosočtverec 35°	C, kosočtverec 80°
3 tvar nože	L, κ = 95°, podélně i čelně	J, κ = 93°, podélně	L, κ = 95°, podélně i čelně
4 hřbet	N, 0°	B, 5°	C, 7°
5 směr	R, pravý	R, pravý	R, pravý
6, 7 průřez	25 × 25 mm	25 × 25 mm	20 × 20 mm
8 délka	M, 150 mm	M, 150 mm	K, 125 mm
9 velikost	12	16	09
κ′ = 180° − κ − ε	180 − 95 − 80 = 5°	180 − 93 − 35 = 52°	180 − 95 − 80 = 5°
Destička	CNMG 120408	VBMT 160404	CCMT 09T304

Velký vedlejší úhel u SVJBR dovolí jet do zápichů a kopírovat.

Který držák k jaké destičce

Destička	Hodící se držák	Co se musí shodovat	Pozor na
CNMG 120408	PCLNR 2525M12	C, N, 12	typ s dírou pro upnutí P
DNMG 150608	PDJNR 2525M15	D, N, 15	tloušťku ověř v katalogu
TNMG 160408	PTGNR 2525M16	T, N, 16	G je vyosený 90°
VBMT 160404	SVJBR 2525M16	V, B, 16	T se šroubem, ne G s páčkou

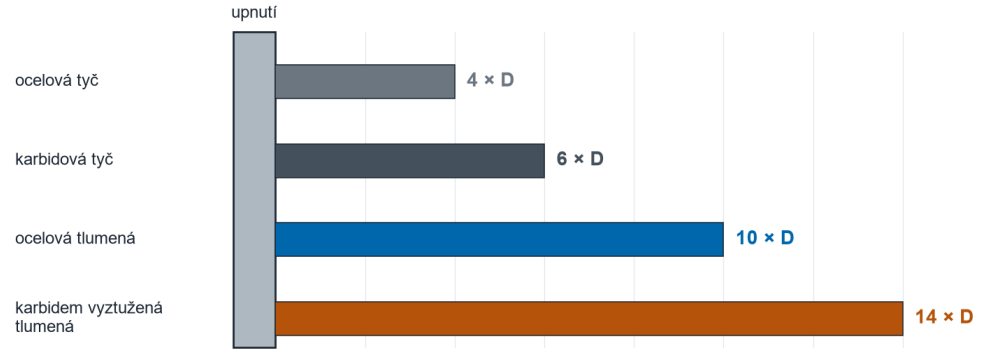
Tloušťka v kódu držáku není. Výrobce Mitsubishi Materials uvádí, že u držáků s vyměnitelnou podložkou se tloušťka může měnit, proto ji zkontroluj v katalogu. Stejně tak poloměr špičky si volíš sám podle práce.

Volba držáku

- **Největší průřez, který se do stroje vejde.** Stopka je tužší a chvění menší.
- **Tvar podle plochy.** Na osazení do rohu L, J nebo G. Na kopírování tvar V nebo D s dostatečným κ′.
- **Negativní destička** na vnější soustružení a těžké řezy, **pozitivní** na vnitřní a štíhlé díly.
- **Výška špičky** musí sedět na osu. U CNC stroje to řeší rozměr držáku a upnutí v hlavě, u klasického podložky.
- **Nepřehánět vyložení.** O tom je následující část.

Vnitřní držák a poměr vyložení

Vyvrtávací tyč má kulatou stopku a dlouhé vyložení, proto kmitá nejvíc. Tyče s kruhovou stopkou řeší jiná norma, ISO 5609-1, a jejich kód má jiný začátek. V katalogu najdeš například **S25T-PCLNR12**. S je ocelová tyč, A by znamenalo ocelovou tyč s přívodem chlazení. 25 je průměr stopky v milimetrech a T délka 300 mm. Za pomlčkou je už známé PCLNR a velikost 12. Začátek si vždy ověř v klíči výrobce.

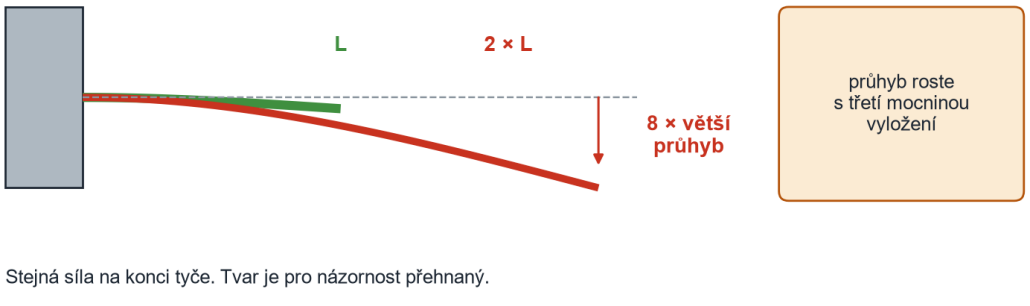


Obr. 5.5 Největší doporučené vyložení vyvrtávacích tyčí při soustružení jako násobek jejich průměru D, podle údajů Sandvik Coromant.

Tyč	Soustružení	Zápichy a závity	Upnutí
Ocelová	4 × D	3 × D	délka upnutí aspoň 4 × D
Karbidová	6 × D	5 × D	délka upnutí aspoň 4 × D
Ocelová tlumená	10 × D	5 × D	délka upnutí aspoň 4 × D
Karbidem vyztužená tlumená	14 × D	7 × D	délka upnutí aspoň 4 × D

Příklad 5 Jak dlouhé může být vyložení

Zadání	Ocelová tyč S25T-PCLNR12, Ø25, délka 300 mm. Soustružení v díře.
Největší vyložení	L = 4 · 25 = 100 mm
Upnutí aspoň	4 · 25 = 100 mm
Kontrola délky	100 + 100 = 200 mm, tedy méně než 300 mm
Výsledek	**Vyložení nejvýš 100 mm a upnutí aspoň 100 mm.**
Poznámka	Karbidová tyč stejného průměru by mohla mít vyložení až 6 · 25 = 150 mm. Tyč nikdy nevysunuj víc, než práce potřebuje. Nejmenší díru pro tuto tyč najdeš v katalogu, u jednoho výrobce je to 32 mm.



Obr. 5.6 Proč vadí vyložení: u tyče upnuté na jednom konci roste průhyb s třetí mocninou délky.

Chvění u vnitřního nože	První krok	Další krok
Tyč je moc vyložená	zkrátit vyložení	tužší tyč, karbidová nebo tlumená
Velká radiální síla	κ blízko 90°, menší rádius špičky	pozitivní destička, ostrá geometrie
Tříska v díře	tlakové chlazení na břit	jiný utvařeč, kratší třísky
Tenké stěny obrobku	menší ap a jiné otáčky	podepření obrobku, porada s UOV

CO SI ZAPAMATOVAT

- PCLNR 2525M12: upnutí za díru, destička C, κ 95°, hřbet 0°, pravý, 25 × 25, délka 150 mm, velikost 12.
- 2., 4. a 9. znak držáku jsou společné s destičkou.
- Vyložení vyvrtávací tyče: ocel 4 × D, karbid 6 × D, tlumená ocel 10 × D.
- Dvojnásobné vyložení znamená osminásobný průhyb.

6

SOUSTRUŽENÍ

Výběr destičky a drsnost

Postup v sedmi krocích, poloměr špičky, teoretická drsnost a řešené příklady.

Destičku nevybíráš podle toho, co je zrovna v zásuvce. Postup je vždycky stejný a jde od obrobku k nástroji. Na konci je katalog a první zkušební řez.

Krok	Jak rozhodnout
1. Skupina ISO	Podle materiálu na výkrese: P, M, K, N, S nebo H. Podle ní vybereš řezný materiál a povlak.
2. Druh práce	Hrubování má velké ap a f, dokončování malé a chce nízké síly. Střední práce pokrývá nejširší oblast. Podle toho vybereš utvařeč.
3. Tvar a držák	Největší úhel špičky, se kterým dosáhneš na všechny plochy. Zkontroluj κ a κ′ proti tvaru dílu.
4. Negativní, pozitivní	Negativní na vnější a těžké řezy, pozitivní na vnitřní a štíhlé díly nebo když je problém s chvěním.
5. Velikost	Spočítej délku ostří v záběru LE = ap / sin κ. Mez pro destičku uvádí katalog. Větší destička je stabilnější.
6. Poloměr špičky	Největší, který nedělá chvění, a zároveň r ≤ ap. Posuv a požadovaná drsnost výběr upřesní.

Krok	Jak rozhodnout
7. Podmínky a zkouška	vc, f a ap z katalogu. Podle třísky, zvuku a rozměru prvního dílu je případně uprav.

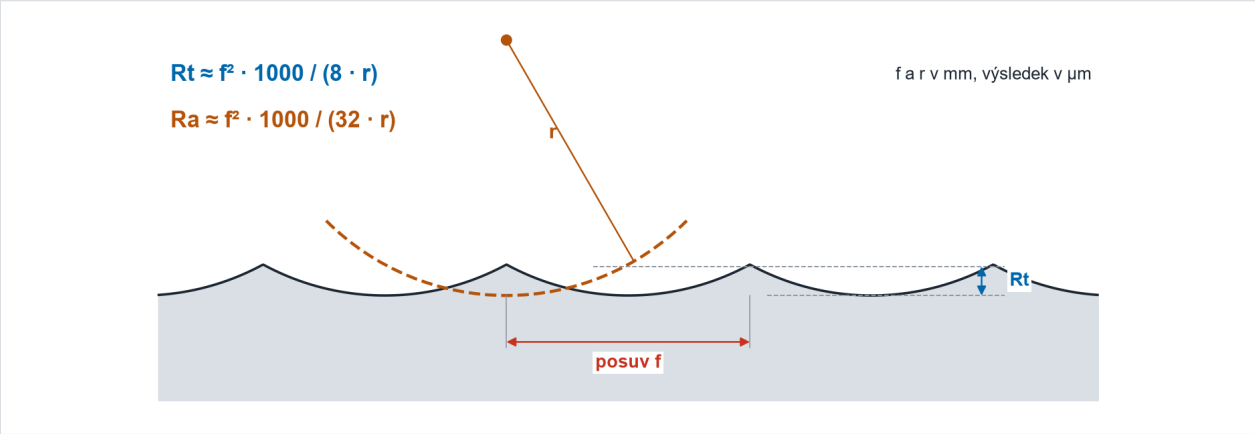
Poloměr špičky a posuv

Poloměr se volí podle tří věcí: hloubky, posuvu a tuhosti. Výrobci k tomu uvádějí jednoduchá pravidla.

Pravidlo	Zdroj	Co z toho plyne
r je stejný nebo menší než ap	Sandvik Coromant	s r = 0,8 mm neber hloubku pod 0,8 mm, jinak se tříska špatně láme
r je 2 až 3krát větší než f	Mitsubishi Materials	pro f = 0,4 mm/ot je vhodné r 0,8 až 1,2. Při dokončování rozhoduje o posuvu spíš drsnost
Malé r u chvění	Sandvik Coromant	štíhlý díl a vnitřní soustružení chtějí malé r
Velké r při velkém posuvu	Sandvik Coromant	silné ostří, ale větší radiální síly

Teoretická drsnost

Špička zanechává na povrchu vlnky. Vzdálenost mezi vrcholy je posuv f a jejich tvar dává poloměr r. Z geometrie vychází teoretická výška nerovností Rt a střední aritmetická odchylka Ra, kterou často najdeš na výkrese.

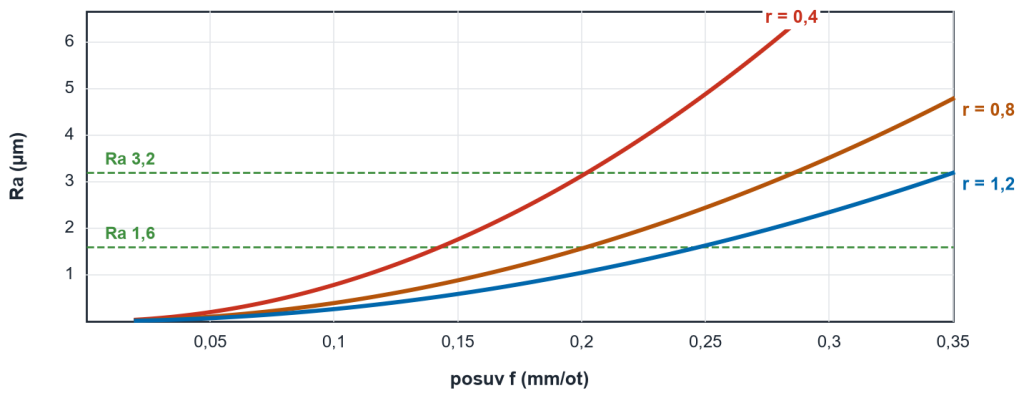


Obr. 6.1 Stopa špičky na obrobku. Vlnky jsou pro názornost výrazně zvětšené.

$$Ra \approx f^2 \cdot 1000 / (32 \cdot r)$$

Ra v µm, posuv f v mm/ot, poloměr špičky r v mm. Přibližně platí Ra ≈ Rt / 4, Rt ≈ f² · 1000 / (8 · r)

Násobek 1000 převádí milimetry na mikrometry. Vzorec je tím přesnější, čím menší je posuv proti poloměru. Skutečná drsnost bývá horší, protože přidává opotřebení, chvění a nárůstek. Jeden technický zdroj mluví pro ostrý nástroj o rozdílu do dvojnásobku. Posuv je ve vzorci na druhou, proto s ním drsnost roste rychle. Když ho zdvojnásobíš, drsnost se zčtyřnásobí.



Obr. 6.2 Teoretická drsnost Ra podle posuvu pro tři poloměry špičky, počítáno podle vzorce výše.

Příklad 6 **Drsnost pro běžnou destičku**	
Zadání	f = 0,2 mm/ot, r = 0,8 mm.
Rt	Rt = 0,2² · 1000 / (8 · 0,8) = 40 / 6,4 = 6,25 µm
Ra	Ra = 0,2² · 1000 / (32 · 0,8) = 40 / 25,6 = 1,56 µm
Výsledek	**Ra ≈ 1,56 µm**
Poznámka	Stejný příklad s Rt 6,25 µm uvádí ve vzorcích i výrobce Mitsubishi Materials.

Příklad 7 **Menší poloměr a menší posuv**	
Zadání	f = 0,1 mm/ot, r = 0,4 mm.
Ra	Ra = 0,1² · 1000 / (32 · 0,4) = 10 / 12,8 = 0,78 µm
Výsledek	**Ra ≈ 0,78 µm**

Příklad 8 **Jaký posuv pro danou drsnost**	
Zadání	Výkres chce Ra 1,6, destička má r = 0,8 mm. Jaký největší posuv?
Úprava vzorce	f = √(Ra · 32 · r / 1000)
Dosazení	f = √(1,6 · 32 · 0,8 / 1000) = √0,0410 = 0,202 mm/ot
Výsledek	**f nejvýš asi 0,20 mm/ot, a raději s rezervou menší.**
Poznámka	Rezerva je tu proto, že skutečná drsnost bývá horší než teoretická.

Příklad 9 Co udělá větší poloměr	
Zadání	Stejný výkres Ra 1,6, ale r = 1,2 mm.
Dosazení	f = √(1,6 · 32 · 1,2 / 1000) = √0,0614 = 0,248 mm/ot
Výsledek	**f nejvýš asi 0,25 mm/ot. Větší poloměr dovolí větší posuv.**
Poznámka	Zaplatíš za to větší pasivní silou. U štíhlého dílu se to nemusí vyplatit.

Graf i vzorec slouží k odhadu, ne ke slibování hotového povrchu.

Co s tím, když nestačí

- Sniž posuv. Vzorec ukazuje, že je to nejúčinnější krok.
- Vezmi větší poloměr, pokud to tuhost dovolí.
- Sandvik Coromant nabízí destičky s hladicí geometrií, anglicky wiper. Ta drží stejný povrch i při větším posuvu.
- Zkontroluj nárůstek a chvění. Vzorec s nimi nepočítá.

Dva příklady výběru

Příklad 10 Hrubování C45	
Zadání	Hřídel C45, Ø60, hrubování ap = 3 mm, tuhý díl, držák PCLNR 2525M12.
Skupina a tvar	P, modrá. Destička CNMG s utvařečem na hrubování.
Délka ostří	LE = 3 / sin 95° = 3,01 mm. Hrana je 12,9 mm.
Poloměr	r = 1,2 mm. Platí r ≤ ap. Kód CNMG 120412.
Otáčky	vc 180 m/min z orientační tabulky. n = 180 000 / (3,14 · 60) = 955 ot/min
Posuv	f = 0,4 mm/ot, r je trojnásobek f. vf = 0,4 · 955 = 382 mm/min
Výsledek	**CNMG 120412, n = 955 ot/min, vf = 382 mm/min. Hodnoty potvrď v katalogu a s UOV.**

Příklad 11 Dokončení C45	
Zadání	Stejný materiál, Ø40, dokončení, Ra 3,2, ap = 0,8 mm.
Destička	CNMG 120408 s utvařečem na dokončování. r = 0,8 mm, r ≤ ap platí.
Otáčky	vc 200 m/min z orientační tabulky. n = 200 000 / (3,14 · 40) = 1 592 ot/min
Posuv	f = 0,2 mm/ot. vf = 0,2 · 1 592 = 318 mm/min
Kontrola drsnosti	Ra ≈ 1,56 µm, s rezervou k předepsané hodnotě 3,2.
Výsledek	**CNMG 120408, n = 1 592 ot/min, vf = 318 mm/min.**

POZOR

Řezné hodnoty v příkladech jsou orientační a počítané s 3,14. Na stroji platí katalog k destičce a pokyn UOV. Otáčky klasického stroje nastav na nejbližší nižší stupeň.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Postup jde od materiálu k nástroji, ne od zásuvky k obrobku.
- Největší úhel špičky, který ještě dosáhne. Poloměr r je menší nebo roven ap.
- Ra ≈ f² · 1000 / (32 · r). Pro f = 0,2 a r = 0,8 je to asi 1,56 µm.
- Posuv působí na drsnost na druhou. Skutečná drsnost je horší než teoretická.

7

DÍRY A ZÁVITY

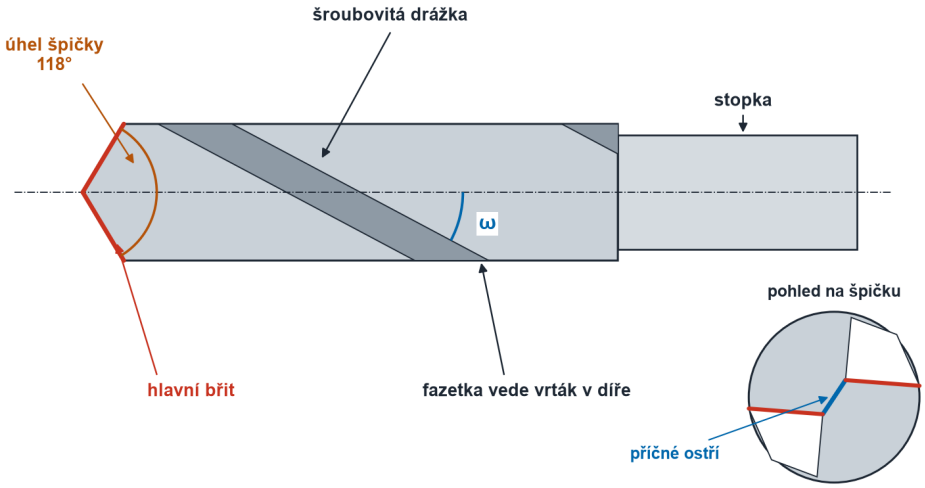
Vrtáky, výstružníky a závitníky

Geometrie vrtáku, úhel špičky, šroubovice, navrtávák, výstružník, závitník a závitová fréza.

Vrták pracuje v uzavřeném prostoru. Tříska musí ven, chladivo musí dovnitř a na břitech se řezná rychlost mění od nuly ve středu po největší hodnotu na obvodu. Proto je vrták zvláštní nástroj, i když klín na něm funguje stejně jako na noži.

Geometrie šroubovitého vrtáku

Část	Co dělá
Hlavní břity	dva břity, které odebírají materiál
Příčné ostří	spojuje hlavní břity ve středu. Neřeže, spíš tlačí. Podle Mitsubishi Materials na něj připadá 50 až 70 % řezného odporu
Fazetka	úzká plocha na obvodu, vede vrták v díře a ovlivňuje povrch stěny
Drážka	odvádí třísku a přivádí chladivo. Širší drážka odvede víc třísek
Jádro	střed vrtáku. Silnější je tužší, ale zabere prostor drážkám
Stopka	válcová do sklíčidla, nebo Morseův kužel do vřetena



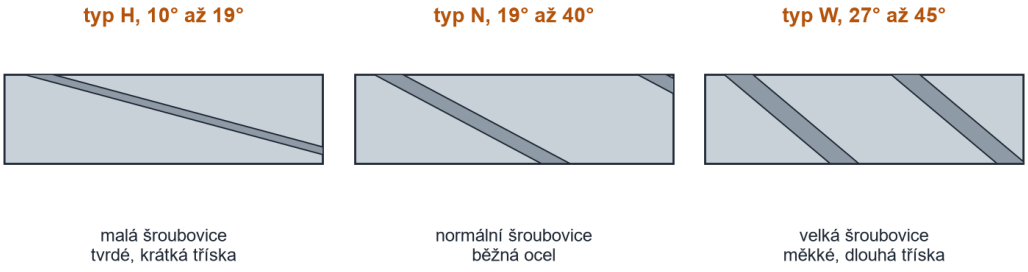
Obr. 7.1 Části šroubovitého vrtáku. Úhel šroubovice ω se měří mezi drážkou a osou. Vpravo dole je pohled na špičku.

Úhel špičky

Běžná hodnota je 118°, stejně jako v příručce Řezné otáčky. Pro vysokopevnostní oceli se používá 118° až 135°. Menší úhel se lépe středí a méně klouže po zaoblených plochách. Větší úhel zkrátí náběh, ale potřebuje větší posuvovou sílu. Výška špičky je asi 0,3 · d, proto ji musíš přičíst k dráze vrtáku.

Úhel šroubovice

Šroubovice dává hlavnímu břitu úhel čela a vede třísku ven. Podle použití rozlišuje DIN 1836 typy N, H a W. Velká šroubovice odvede dlouhou měkkou třísku, malá má pevnější břit na tvrdé a krátce se lámající materiály.



Obr. 7.2 Typy vrtáků podle úhlu šroubovice, rozsahy podle výrobce RUKO.

Podbroušení špičky

Příčné ostří se dá zkrátit podbroušením. Klesne tím tření a posuvová síla a vrták se lépe středí. Běžné jsou tvary N a C podle DIN 1412. Opotřebení vrtáku je obvykle největší na vnějším rohu břitu, tam je i největší řezná rychlost.

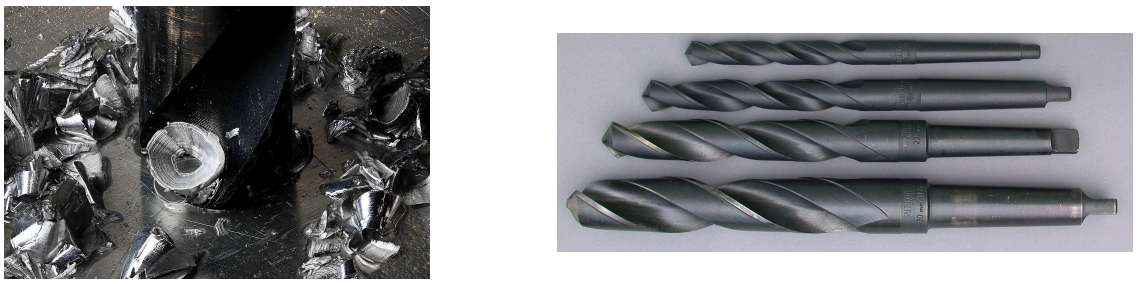
Otáčky vrtáku

Otáčky se počítají stejně jako v příručce Řezné otáčky, s 3,14. Výchozí hodnota pro vrtáky v oceli je vc 20 m/min pro HSS a 80 m/min pro slinutý karbid.

Průměr vrtáku d (mm)	5	8	10	12	16	20
HSS, vc = 20 m/min (ot/min)	1 274	796	637	531	398	318
Slinutý karbid, vc = 80 m/min (ot/min)	5 096	3 185	2 548	2 123	1 592	1 274

Příklad 12 Otáčky vrtáku Ø10

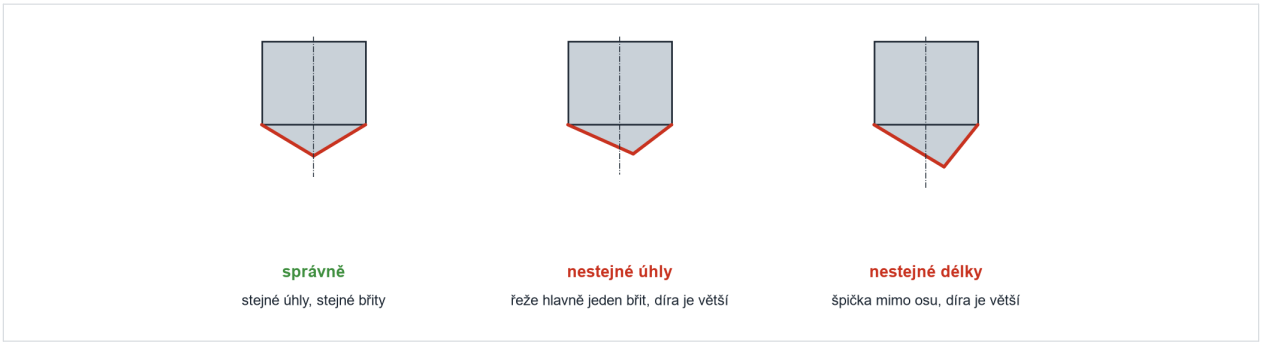
Vzorec	n = (vc · 1000) / (3,14 · d)
HSS	n = 20 000 / 31,4 = 637 ot/min
Karbid	n = 80 000 / 31,4 = 2 548 ot/min
Výsledek	**HSS 637 ot/min, karbid 2 548 ot/min. Výsledky se shodují s příručkou Řezné otáčky.**



Obr. 7.3 Vrtání do hliníku s mazáním a třískami kolem vrtáku (vlevo) a vrtáky s Morseovou stopkou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo JJ Harrison (https://www.jjharrison.com.au/), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSS_Twist_Drill_into_Aluminium_with_Lubricant.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg

Ostření vrtáku v zásadách

Vrták HSS se dá ostřit ručně, karbid se obvykle posílá k přebroušení. Přesný postup patří k brusce a pod dohled UOV. Pro tebe je důležité chápat, co musí sedět.



Obr. 7.4 Co se stane při špatném naostření. Nesymetrie je pro názornost přehnaná.

- Oba hlavní břity musí mít **stejný úhel k ose** a **stejnou délku**. Jinak řeže jen jeden a díra je větší.
- Za ostřím musí být **hřbet**. Vrták bez hřbetu jen tře a nezařízne se.
- **Nepřehřát.** Modrá barva na ostří znamená, že ostří ztratilo tvrdost.
- Ke stojanové brusce **brýle ano, rukavice ne**. Mezera mezi opěrkou a kotoučem je nejvýše 3 mm.

Další vrtací nástroje



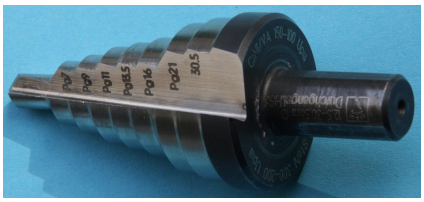
Obr. 7.5 Navrtávák, stupňovitý vrták a vrták s vyměnitelnými destičkami, zjednodušeně.

- **Navrtávák** je krátký a tuhý. Dává přesný začátek díry a středicí důlek. Tvar A podle DIN 333 má kuželovou část 60°.
- Před vrtáním navrtej, zvlášť na soustruhu a CNC. Dlouhý vrták na rovné ploše může uhnout.



Obr. 7.6 Navrtáváky, větší a menší provedení. *Vlastník obrázku: Cal.on, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Navrtávák.jpg*

- **Stupňovitý vrták** udělá více průměrů jedním nástrojem. Hodí se na díru s osazením nebo sražením.
- Na obrázku je kuželový stupňovitý vrták na tenký plech, se stupni podle závitů PG.
- **Vrták s destičkami** má vnitřní a vnější destičku. Místo ostření se destička vymění. Vyžaduje tuhý stroj a dostatek chladiva.



Obr. 7.7 Stupňovitý vrták na plech s vyznačenými stupni.
Vlastník obrázku: Sönke Kraft aka Arnulf zu Linden, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stufenbohrer_PG7-PG21.jpg

Hluboké vrtání

Čím je díra hlubší, tím hůř odchází tříska a chladivo se dostává k břitu. Třísky v drážkách lámou vrták.

- Vrtej s výplachem: vyjíždět, aby se vyčistila drážka, zvlášť u lepivých materiálů.
- Před provrtáním uber posuv.
- Na opravdu hluboké díry jsou speciální nástroje s přívodem kapaliny středem a stroje s vyšším tlakem kapaliny.



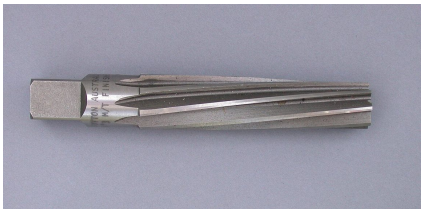
Obr. 7.8 Hluboké vrtání na obráběcím centru.
Vlastník obrázku: Millermaster, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tiefbohren_auf_Bearbeitungszentrum.JPG

POZOR
Když se při průchodu obrobku vytvoří ostrý terčík, může odletět. U vrtání s rotujícím obrobkem to výrobce nástrojů výslovně uvádí mezi riziky. Kryt zavřený, brýle na očích.

Výstružníky

Výstružník dokončuje předvrtanou díru na přesný rozměr a hladký povrch, typicky H7.

- Přídavek asi 0,1 až 0,3 mm na průměr. Moc malý znamená tření, velký poškodí nástroj.
- Otáčky asi poloviční proti vrtání, posuv spíš větší, dobré mazání.
- Výstružníkem netoč zpět. Otupí to břity.
- Díru vystružuj hned po vrtání, bez přeupnutí, ať zůstane v ose.



Obr. 7.9 Strojní výstružník s Morseovým kuželem.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ReamerMorseTaper3.jpg

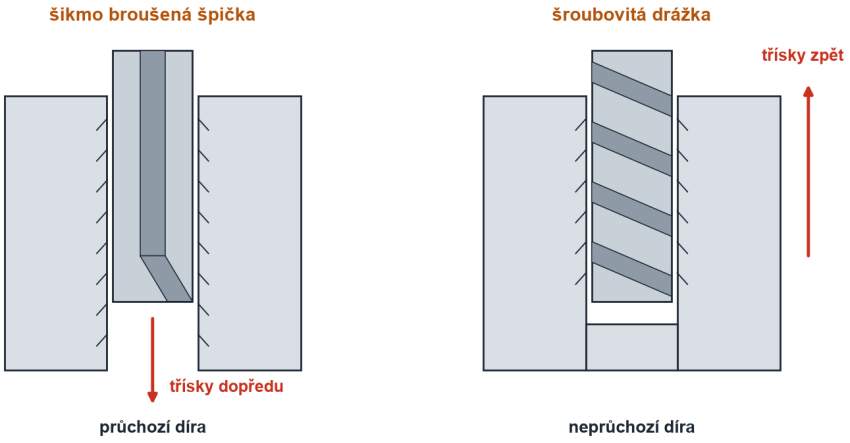
Příklad 13 Předvrtání pro výstružník

Zadání	Díra Ø10H7 v oceli. Vyber vrták, přídavek volíš 0,2 mm.
Výpočet	10 − 0,2 = 9,8 mm
Otáčky	Vrtání HSS Ø9,8: n = 20 000 / (3,14 · 9,8) = 650 ot/min. Vystružování asi poloviční.
Výsledek	**Vrták Ø9,8 mm, výstružník Ø10H7 s otáčkami zhruba poloviny vrtacích.**

Závitníky a závitová očka

Závitník řeže vnitřní závit, závitové očko vnější. Díra pro závit se vrtá menším vrtákem a jeho průměr spočítáš jednoduše: průměr závitu minus stoupání.

Závit	M5	M6	M8	M10	M12	M16
Stoupání P (mm)	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Vrták pro závit (mm)	4,2	5	6,8	8,5	10,2	14



Obr. 7.10 Strojní závitníky. Tvar drážky určuje, kam jde tříska, a tím i pro jakou díru je závitník určený.

Závitník	Díra	Kam jde tříska	Poznámka
Šikmo broušená špička	průchozí	dopředu, ven z díry	v neprůchozí díře by se tříska hromadila a závitník by se zlomil
Šroubovitá drážka	neprůchozí	dozadu, ven z díry	slabší než rovné drážky
Ruční sada	obě	drážky se musí čistit	postupně 3 kusy, pro plný závit do dna i poslední
Tvářecí	podle katalogu	žádná, materiál se tváří	vhodný pro tvárné materiály, vrták se volí podle výrobce



Obr. 7.11 Strojní závitník (vlevo) a sada závitníků, závitových oček a vratidel (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Christoph Baumgartinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Machine-screw-tap-1.JPG; vpravo Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg

Závitové frézy

Závitová fréza má na obvodu tvar závitu a na CNC stroji jede po šroubovici. Je vhodná na velké závity, do neprůchozích děr a do materiálů, které se zpevňují a závitník by v nich uvázl. Protože se závit vytváří dráhou, můžeš změnou dráhy a směru otáčení řezat i levý závit. Přesnou možnost u konkrétní frézy potvrdí katalog.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Běžný úhel špičky je 118°, délka špičky asi 0,3 · d.
- Oba břity musí být stejné, jinak je díra větší.
- Přídavek na vystružení 0,1 až 0,3 mm, otáčky asi poloviční, netočit zpět.
- Vrták pro závit je průměr závitu minus stoupání. M10: 10 − 1,5 = 8,5 mm.
- Šikmá špička do průchozí díry, šroubovitá drážka do neprůchozí.

8

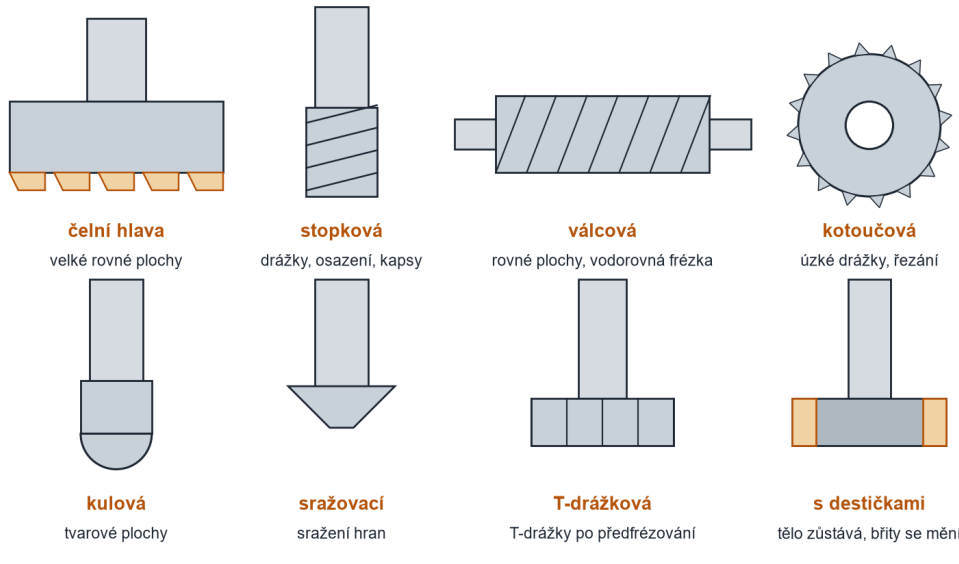
FRÉZOVÁNÍ

Frézy

Druhy fréz, počet břitů, kódy destiček, sousledné a nesousledné frézování, úhel vstupu a záběr.

Fréza má víc břitů a každý z nich se v materiálu střídavě zařízne a vyjde ven. Ostří tak dostává rázy i tepelné změny. Podle toho vypadají frézy, jejich destičky i to, jak se fréza vede.

Druhy fréz



Obr. 8.1 Hlavní druhy fréz, zjednodušeně. Oranžově jsou destičky.

Fréza	K čemu	Poznámka
Čelní hlava	velké rovné plochy	nástrčná, s destičkami, velký záběr

Fréza	K čemu	Poznámka
Stopková	drážky, osazení, kapsy, boky	z HSS nebo karbidu, 2 až 4 i více břitů
Válcová	rovné plochy obvodem	na vodorovné frézce na trnu
Kotoučová	úzké drážky, řezání	tenký nástroj, na trnu, hlídat tuhost
Kulová	tvarové plochy	ve středu je řezná rychlost blízko nule
Sražovací	sražení hran	úhel podle špičky frézy
T-drážková	T-drážky	nejdřív se vyfrézuje rovná drážka



Obr. 8.2 Stopkové frézy drážkovací, válcová a kulová (vlevo) a kotoučová fréza (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg



Obr. 8.3 Čelní fréza s karbidovými břity (vlevo) a frézovací hlava s vyměnitelnými destičkami z galerie oboru na webu školy (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg; vpravo Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie

Kolik břitů na stopkové fréze



Obr. 8.4 Průřez stopkových fréz, zjednodušeně. S počtem břitů roste jádro a klesá prostor na třísku.

Břity	Výhoda	Typicky	Pozor
2	největší prostor na třísku	hliník a měkké materiály, drážky	menší jádro, a proto menší tuhost
3	méně rázů než 2 břity v plné drážce	hliník, drážky i boky	kompromis
4	tužší, hladší povrch, větší posuv při stejném fz	ocel, boky a dokončení	méně místa na třísku, v plné drážce se může ucpat

Výrobci i zkušení obráběči tady nemají jedno pravidlo. Rozhodni podle materiálu a toho, jestli řežeš plnou drážku. S UOV si potvrď, co je ve vaší dílně k dispozici.

Příklad 14 Otáčky a posuv stopkové frézy

Zadání	Karbidová fréza Ø16, z = 4, vc = 150 m/min, fz = 0,05 mm.
Otáčky	n = 150 000 / (3,14 · 16) = 2 986 ot/min
Posuv	vf = fz · z · n = 0,05 · 4 · 2 986 = 597 mm/min
Výsledek	**n = 2 986 ot/min, vf = 597 mm/min**
Poznámka	Stejný příklad najdeš v příručce Řezné otáčky.

Kódy destiček na frézování

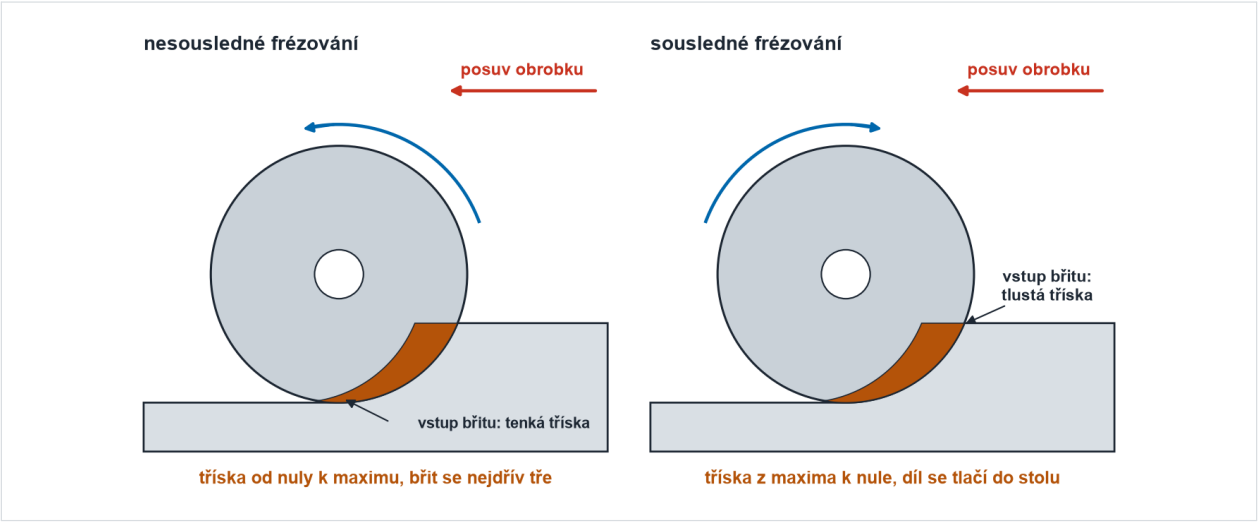
Destičky na frézování se značí podle stejné normy ISO 1832, ale často mají místo poloměru špičky jiná dvě písmena. První písmeno je úhel nastavení hlavního ostří, druhé je úhel hřbetu na hladicí faze. Ta na frézované ploše vyhladí stopy po zubech.

1. písmeno: κ	2. písmeno: hřbet hladicí fazety
A 45°, D 60°, E 75°, P 90°	stejně jako 2. znak ISO 1832, například D 15°, E 20°, F 25°, P 11°

Příklad 15 Dvě destičky na frézování

Znak	SEKN 1203AF	APKT 11T308
1 tvar	S, čtverec 90°	A, rovnoběžník 85°
2 hřbet	E, 20°, pozitivní	P, 11°, pozitivní
3 tolerance	K: d ± 0,05 až 0,15, m ± 0,013, s ± 0,025	K: d ± 0,05 až 0,15, m ± 0,013, s ± 0,025
4 typ	N, bez díry, bez utvařeče	T, zahloubení, utvařeč 1 strana
5 velikost	12, hrana 12,7 mm	11, delší ostří bez desetin
6 tloušťka	03, 3,18 mm	T3, 3,97 mm
7 špička	AF: κ 45°, hřbet hladicí fazety 25°	08, r = 0,8 mm
Druhý rozměr rovnoběžníku kód nedává, najdeš ho jen v katalogu.		

Nesousledné a sousledné frézování



Obr. 8.5 Nesousledně jde zub proti posuvu obrobku, sousledně s ním. Vybarvená je odřezávaná tříska, pro názornost zvětšená.

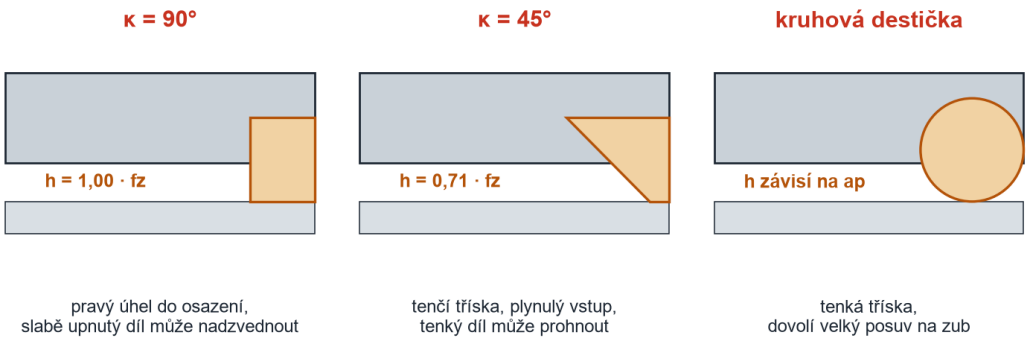
	Nesousledné	Sousledné
Začátek řezu	tříska začíná na nule, břit se tře	tříska začíná nejsilnější
Povrch a trvanlivost	horší povrch, kratší trvanlivost	lepší povrch, delší trvanlivost
Síly na díl	zub díl nadzvedává	zub tlačí díl ke stolu
Vůle ve šroubu	nevadí	fréza může stůl vtáhnout, vůle vadí
Kdy	klasické frézky s vůlí, díl s proměnlivým přídavkem	CNC stroje bez vůle, běžná první volba

POZOR

Na klasické frézce s vůlí ve šroubu frézuj nesousledně. Při sousledném frézování může fréza stůl vtáhnout a poškodit nástroj i díl. Výrobce Mitsubishi Materials na to výslovně upozorňuje, protože vtažení může vylomit břit.

Úhel vstupu a tloušťka třísky

I u frézy platí, že úhel nastavení mění tloušťku třísky. Největší tloušťka je přibližně h = fz · sin κ. Sandvik Coromant uvádí pro 90° poměr 1, pro 75° 0,96, pro 60° 0,87 a pro 45° 0,71. Hlavy s úhlem 45° jsou podle něj v čelním frézování nejběžnější. Kruhové destičky a frézy s malým úhlem dovolí velmi velký posuv na zub, protože tříska je tenká.



Obr. 8.6 Vliv úhlu nastavení na frézování. Kreslený je řez hlavou nad dílem, zjednodušeně.

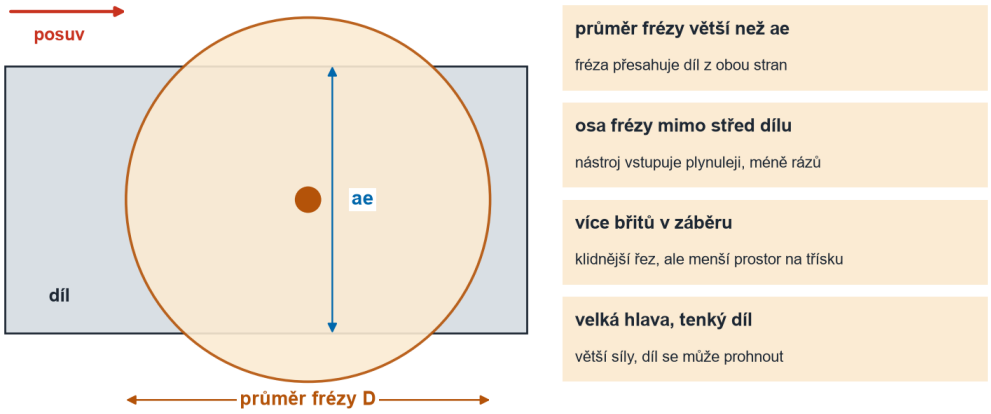
κ	Síly	Kdy
90°	axiální síla se může obrátit a slabě upnutý díl nadzvednout	osazení do rohu
75°	výrobce ji doporučuje pro málo tuhé a tenké díly	tenké díly
45°	největší axiální síla, tenký díl se může prohnout	běžné čelní frézování, chrání hranu litiny před vylomením

Příklad 16 Tloušťka třísky a posuv

Zadání	Hlava Ø80, z = 6, κ = 45°, vc = 150 m/min, fz = 0,15 mm.
Tloušťka	h = 0,15 · sin 45° = 0,11 mm
Otáčky	n = 150 000 / (3,14 · 80) = 597 ot/min
Posuv	vf = 0,15 · 6 · 597 = 537 mm/min
Výsledek	**h = 0,11 mm, n = 597 ot/min, vf = 537 mm/min. Čísla jsou orientační.**

Záběr frézy

Rozhodující je, jak velká část frézy je v záběru. U čelního frézování bývá průměr frézy větší než šířka plochy. Třeba v příkladu ze Sandvik Coromant je hlava Ø125 na šířku 100 mm a poměr je 1,25. Osu frézy nedávej zbytečně přesně do středu dílu. Nástroj pak vstupuje a vystupuje s rázem. Starší výzkum pro čelní frézy navíc ukázal kratší trvanlivost při středovém frézování než při poloze mimo střed.



Obr. 8.7 Fréza nad dílem: šířka záběru ae a průměr frézy D.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Stopkové frézy: 2 břity mají největší prostor na třísku, 4 jsou tužší a hladší.
- Na destičkách pro frézování AF znamená κ 45° a hřbet hladicí fazety 25°.
- Sousledně na CNC, na klasice s vůlí nesousledně.
- Největší tloušťka třísky je asi h = fz · sin κ, pro 45° je to 0,71 · fz.

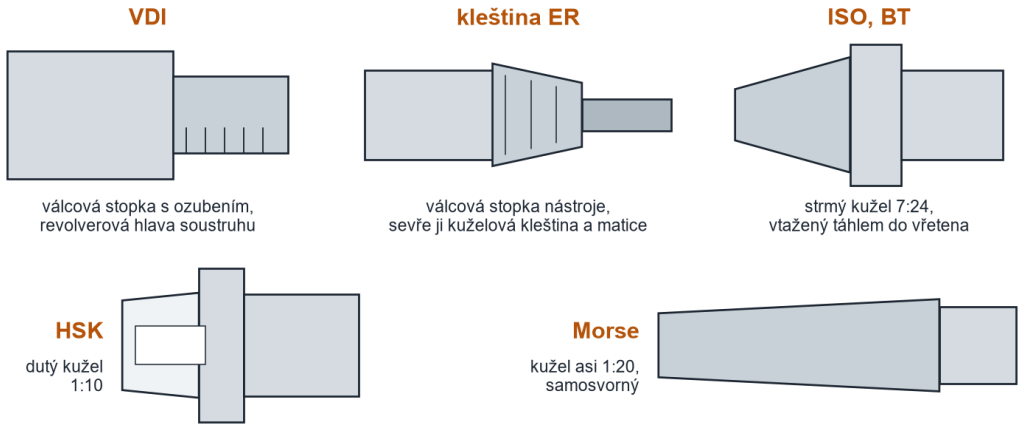
9

NÁSTROJ V PROVOZU

Upnutí nástrojů v kostce

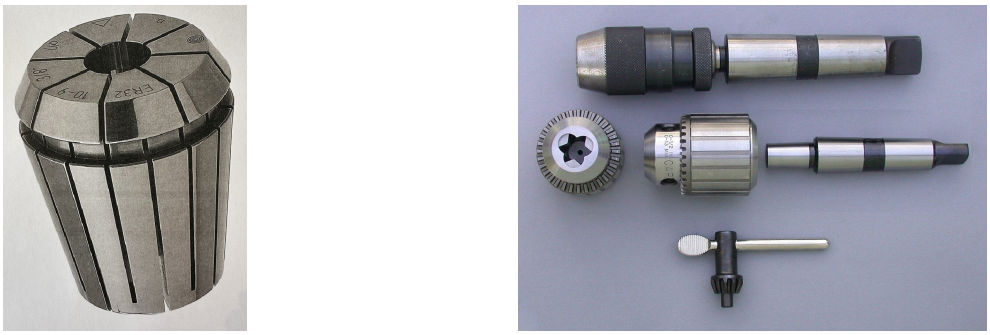
Stručně: VDI, kleštiny ER, kužely ISO, BT, HSK a Morse. Podrobnosti patří do dokumentu o upínání.

Upnutí podrobně popisuje samostatný dokument o upínání. Tady je jen to, co potřebuješ k volbě nástroje. Sebelepší břit nepomůže, když je nástroj upnutý nepřesně nebo daleko od vřetene.



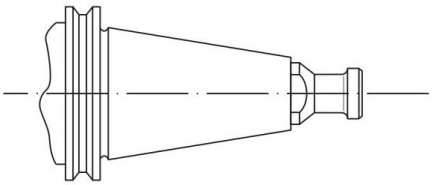
Obr. 9.1 Nejběžnější systémy upnutí, zjednodušeně.

Systém	Kde	Jak drží	Na co si dát pozor
VDI, DIN 69880	revolverová hlava soustruhu	válcová stopka s ozubením	čisté dosedací plochy, předepsaný moment
Kleština ER, DIN 6499, ISO 15488	sklíčidlo pro válcové stopky	kuželová kleština sevře stopku po obvodu	kleština odpovídá průměru stopky, správný moment na matici
ISO/SK a BT, 7:24	vřeteno frézky a centra	strmý kužel vtažený táhlem	kužel se sám neudrží, drží ho táhlo. Čistota kuželu
HSK, 1:10	vřeteno frézky a centra	dutý krátký kužel s dosedem na čelo	vhodný pro vysoké otáčky, čistota
Morse, asi 1:20	koník, vrtačka, velké vrtáky	samosvorný kužel	vyrážet klínem, chránit před odřením



Obr. 9.2 Kleština ER (vlevo) a sklíčidlo s kuželovým trnem a klíčem (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChuckDrillKeyedKeylessArbor.jpg

BT je japonská varianta strmého kužele. ISO a BT mají stejný kužel 7:24, ale liší se příruba a táhlo. Proto držáky nejsou zaměnitelné.



Obr. 9.3 Strmý kužel 7:24 s přírubou a čepem pro táhlo, kresba.
Vlastník obrázku: Johannes Rothmund, Universität Stuttgart, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steilkegel.jpg

Délka vyložení

Platí pro všechno: nástroj vysuň jen tolik, kolik práce vyžaduje. Vyložení zvyšuje chvění a odklon nástroje a zhoršuje povrch i rozměr. Podobně jako u vyvrtávací tyče.

U soustružnického nože v nožové hlavě platí pravidlo z 1. ročníku: vyložení co nejkratší. Dlouhé vyložení způsobuje chvění.

- Kužel i dutinu před upnutím očisti.
- Do hlavy dávej jen správný nástroj na správné místo.
- Po upnutí zkontroluj dosedací plochy a dotažení.

CO SI ZAPAMATOVAT

- VDI patří do revolverové hlavy, ER drží válcové stopky.
- ISO a BT mají kužel 7:24, HSK 1:10, Morse asi 1:20.
- Nástroj vysuň jen tolik, kolik je nutné.

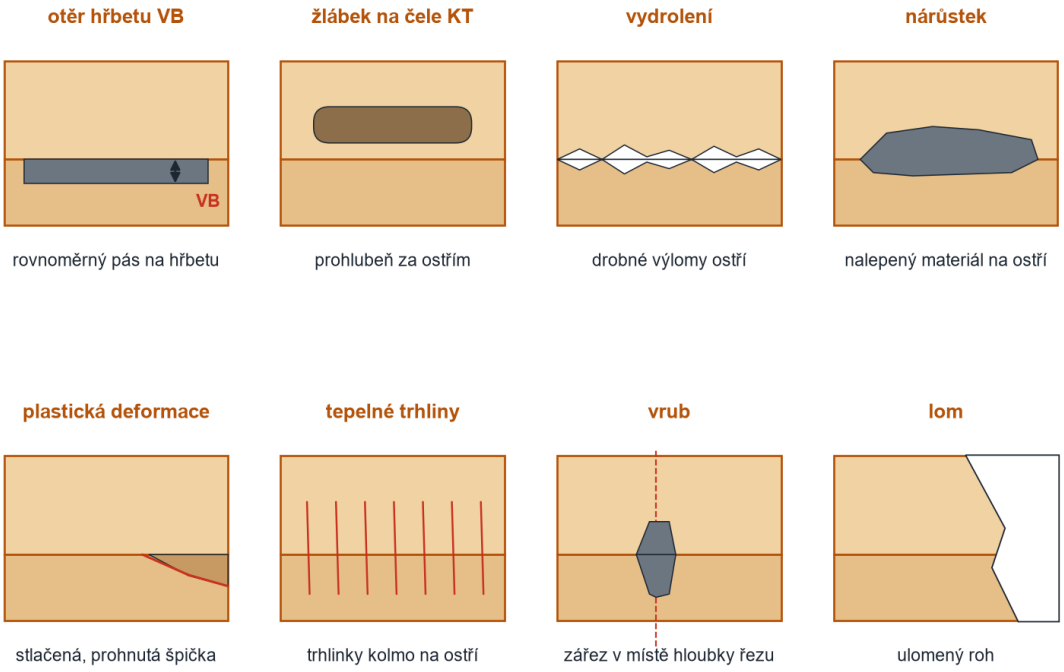
NÁSTROJ V PROVOZU

10 Opotřebení a trvanlivost

Jak břit stárne, co která závada znamená, trvanlivost, kdy měnit a jak destičku pootočit.

Každý břit stárne. Dobré je, když stárne rovnoměrně a předvídatelně. Podle vzhledu poznáš, co je špatně. Dívej se na břit, ne jen na hodiny.

Hlavní druhy opotřebení



Obr. 10.1 Druhy poškození břitu, schéma. Horní plocha je čelo, spodní hřbet a mezi nimi vodorovně ostří.

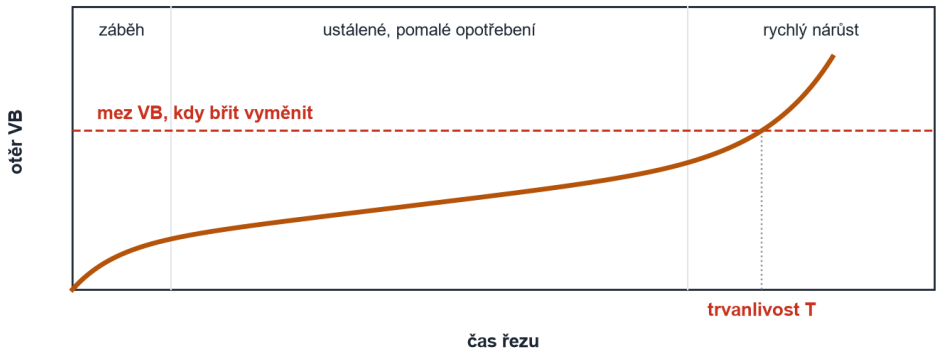
Druh	Druh příčiny	Příčina	Co udělat
Otěr hřbetu VB	abraze	tvrdé částice v materiálu, vysoká vc, málo chlazení	snížit vc, odolnější destička, přívod chladiva. Je to žádoucí druh, je předvídatelný
Žlábek na čele KT	chemický	reakce materiálu a nástroje, roste s vc	snížit vc a f, odolnější destička, jiná geometrie
Vydrolení	mechanický	rázy, chvění, příliš velké ap a f, písek v odlitku, nárůstek	tuhost, houževnatější destička, menší f a ap
Nárůstek	adheze	lepivý materiál, nízká vc	vyšší vc a f, ostřejší geometrie, povlak PVD, chlazení
Plastická deformace	tepelný	teplota příliš vysoká pro daný materiál břitu	snížit vc a f, tvrdší destička, silnější povlak
Tepelné trhliny	tepelný	rychlé střídání teploty, přerušovaný řez	omezit nebo vypnout chlazení podle katalogu, houževnatější destička
Vrub	adheze	zpevněný povrch, korozivzdorné a žáropevné materiály	měnit ap, snížit vc
Lom	mechanický	přetížení, velký posuv, kolize	menší f a ap, kontrola upnutí a programu

TIP

Sandvik Coromant poznamenává, že u trhlin kapalina situaci zhoršuje. Proto se u karbidu při přerušovaném řezu někdy pracuje bez nárazového chlazení. Stejnou zásadu najdeš v Teorii pro 2. ročník.

Trvanlivost

Trvanlivost T je čas, po který břit řeže, než je nutné ho vyměnit. Nejvíc ji ovlivňuje řezná rychlost, potom posuv a nejméně hloubka řezu. Mitsubishi Materials uvádí, že zvýšení vc o 20 % zkrátí trvanlivost asi o 50 % a zvýšení o 50 % asi o 80 %. Proto když potřebuješ víc výkonu, zvětšuj nejdřív hloubku, pak posuv, a řeznou rychlost nech na konec.



Obr. 10.2 Typický průběh otěru hřbetu v čase. Schéma, ne měření.

Mez otěru

Ve zkouškách trvanlivosti podle ISO 3685 se podle odborných zdrojů bere jako mez průměrný otěr VB 0,3 mm a největší 0,6 mm. V provozu se destička často mění dřív, protože rozhoduje rozměr a povrch. Na dokončování se proto mění dřív než na hrubování.

Taylorův vzorec, jen orientačně

Vztah mezi řeznou rychlostí a trvanlivostí popsal F. W. Taylor. Čísla platí pro určitý materiál, posuv a hloubku, a proto ho ber jako představu, ne jako výpočet pro stroj.

$$v_c \cdot T^n = C$$

T trvanlivost v minutách, n a C se zjišťují zkouškami. Orientačně n: HSS asi 0,125, karbid asi 0,25, keramika 0,5 až 0,6

Když známe dvojici vc a T, můžeme přepočítat jinou rychlost. Z rovnosti dvou stavů vyjde:

$$T_2 = T_1 \cdot (vc_1 / vc_2)^{1/n}$$

Příklad 17 Co udělá vyšší rychlost

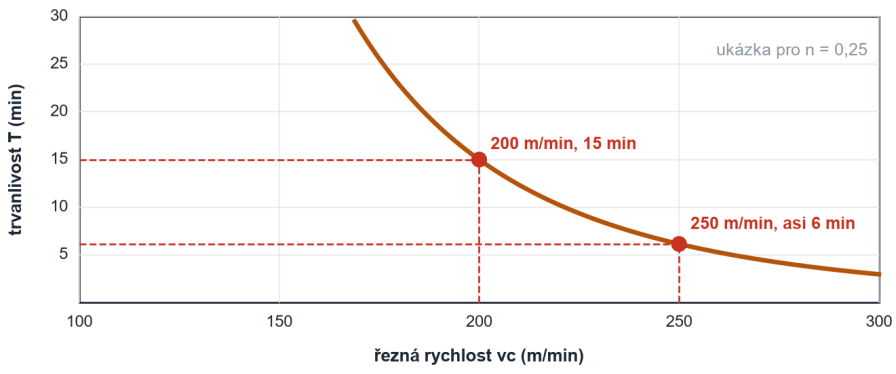
Zadání	Karbid, n = 0,25. Při vc_1 = 200 m/min vydrží břit T_1 = 15 min. Kolik vydrží při vc_2 = 250 m/min?
Exponent	1 / n = 1 / 0,25 = 4
Dosazení	$T_2 = 15 \cdot (200 / 250)^4 = 15 \cdot 0{,}8^4 = 15 \cdot 0{,}4096 = 6{,}14$ min
Výsledek	**$T_2 \approx 6{,}1$ min**
Poznámka	Rychlost +25 %, trvanlivost asi −59 %. Sedí to na pravidlo výrobce, že +20 % znamená asi polovinu.

Příklad 18 Jakou rychlost pro delší trvanlivost

Zadání	Stejný břit. Chceš T = 30 min. Jaká vc?
Úprava	$vc_2 = vc_1 \cdot (T_1 / T_2)^n$
Dosazení	$vc_2 = 200 \cdot (15 / 30)^{0{,}25} = 200 \cdot 0{,}841 = 168{,}2$ m/min
Výsledek	**$vc_2 \approx 168$ m/min. Dvojnásobek trvanlivosti stojí jen asi 16 % rychlosti.**

Příklad 19 Vrták HSS

Zadání	Pro HSS bereme n = 0,125. Vrták má při 20 m/min T = 60 min. Co udělá 25 m/min?
Dosazení	$T_2 = 60 \cdot (20 / 25)^8 = 60 \cdot 0{,}168 = 10{,}1$ min
Výsledek	**$T_2 \approx 10$ min. U HSS je citlivost na rychlost ještě větší. Proto drž rychlost z příručky Řezné otáčky.**



Obr. 10.3 Trvanlivost podle řezné rychlosti pro hodnoty z prvního příkladu.

Kdy měnit nástroj

- Povrch se zhoršil a úprava podmínek nepomáhá.

- Rozměr ujíždí rychleji než dřív.
- Zvuk řezu je jiný, stroj má větší zátěž nebo vznikají otřepy.
- Na ostří vidíš vydrolení, trhlinu nebo výrazný vrub. S poškozeným břitem dál neřež.
- V sérii je daný počet dílů nebo minut na jeden břit, který určí UOV nebo postup.

Pootočení a výměna destičky

Destičku pootoč na nepoužitý břit, dokud nějaký zbývá. Pak ji vyměň. Pracuj takhle:

1. Zastav vřeteno a zkontroluj, že se nic neotáčí. Nástroj odveď do bezpečné polohy.
2. Klíčem dodaným k držáku povol upnutí. Destičku nevypáčuj šroubovákem, sedlo by se poškodilo.
3. Destičku vyjmi opatrně, má ostré hrany a může být horká. Třísky kolem odstraň háčkem nebo smetáčkem.
4. Očisti sedlo a podložku. Tříska pod destičkou způsobí špatné dosednutí a lom. Prohlédni, zda podložka není poškozená.
5. Otoč destičku na nový břit a nepleť si použité rohy. Stará špička je znát podle barvy a otěru.
6. Dotáhni jen dodaným klíčem bez prodloužení. Přílišná síla může destičku nebo šroub poškodit.
7. Zkontroluj dosednutí. Podle pokynu UOV uprav korekci opotřebení.
8. První řez proveď s rezervou na rozměr a změř.

> **POZOR**
> Destičku ani šroub neutahuj trubkou nebo jiným prodloužením. Výrobce před tím varuje, protože destička se může rozbít a odletět. U rychle se točících hlav dbej na předepsané podmínky. Uvolněná destička odletí silou odstředivou.

Tabulka závad a řešení

Závada	První krok	Další krok
Špatný povrch	zmenšit posuv, větší poloměr špičky	zkontrolovat vc, ostrost, nárůstek
Chvění	kratší vyložení, jiné otáčky	menší ap, menší poloměr, tužší upnutí
Rychlý otěr hřbetu	snížit vc	odolnější destička, přívod chladiva
Žlábek na čele	snížit vc a f	povlak, jiná geometrie
Vydrolení ostří	tuhost a upnutí, zkontrolovat ap a f	houževnatější destička, zaoblené ostří
Nárůstek	zvýšit vc, ostřejší břit	chlazení, povlak PVD

Závada	První krok	Další krok
Dlouhá tříska	větší posuv	jiný utvařeč, ap větší než r
Rozměr ujíždí	měřit, upravit korekci	vyměnit břit, nechat vychladnout díl
Otřepy	ostřejší břit, výměna	jiná dráha nebo sražení hrany
Lom destičky	zkontrolovat kolizi, upnutí, sedlo	menší f a ap, houževnatější destička

CO SI ZAPAMATOVAT

- Otěr hřbetu je předvídatelný a žádoucí, vydrolení a lom jsou problém v řezu.
- Trvanlivost ovlivní nejvíc vc, potom f a nejméně ap.
- $T_2 = T_1 \cdot (vc_1 / vc_2)^{1/n}$, s n = 0,25 pro karbid orientačně.
- Před pootočením vždycky zastavit stroj, sedlo očistit, dotáhnout dodaným klíčem a první řez změřit.

NÁSTROJ V PROVOZU

11 Péče a bezpečnost

Ostré břity, horké třísky, chlazení, uložení nástrojů a co se s destičkou děje po použití.

Nástroj je ostrý, horký a někdy letí. Když se o něj staráš, vydrží déle a nic se ti nestane. Tahle kapitola shrnuje, co platí u všech nástrojů. Nenahrazuje školení a pokyny UOV.



Obr. 11.1 Značky, které se týkají práce s nástroji. Které přesně platí na tvém pracovišti, určuje jeho značení. *Vlastník obrázku: značky podle ISO 7010, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), například https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO_7010_M004.svg*

Ostré břity a třísky

Nebezpečí	Kdy hrozí	Jak se chránit
Pořezání	výměna destičky, nástroj v ruce, otřepy	držet mimo ostří, rukavice jen u stojícího stroje
Navinutí, vtažení	rukavice, volný oděv, dlouhé vlasy u rotace	žádné rukavice u rotujícího nástroje nebo obrobku, přiléhavý oděv
Popálení	horký nástroj, tříska, obrobek	počkat, sáhnout až po vychladnutí
Odlet třísek a úlomků	lom nástroje, tříska, uvolněná destička	brýle, zavřený kryt, správné upnutí
Tříska	dlouhá stuha kolem obrobku	za klidu háčkem a smetáčkem, nikdy rukou ani stlačeným vzduchem
Požár	hořčík, titan, nevodní oleje	pozor na jiskry, dodržuj pokyny pro daný materiál a kapalinu

POZOR

Rukavice nikdy k rotujícímu nástroji nebo obrobku. Katalogy výrobců někdy radí rukavice při manipulaci s nástrojem. To platí jen pro stojící stroj. Rukavici stroj zachytí i s rukou.

Chlazení

- **Tryska míří na místo řezu.** Jinak chlazení nepomůže.
- **Karbid a teplotní šok.** Přerušovaný přívod kapaliny může destičku poškodit. Kapalinu proto přiváděj stále, nebo pracuj bez ní, jak uvádí katalog.
- **Litina** se obvykle obrábí nasucho s odsáváním. Prach není zdravý.
- **Vrták a závitník** potřebují mazání a odvod třísek. Výstružník chce dobré mazání.
- **Emulze** na kůži a v ráně způsobí potíže. Ruce umyj, drobná poranění ošetři hned.

Uložení nástrojů

- **Destičky** nech v krabičce s kódem. Bez kódu nejde poznat materiál ani geometrie. Uvolněná destička v zásuvce o jiné nástroje vydrolí ostří.
- **Vrtáky a frézy** nesmí ležet na hromadě. Karbid je křehký a stačí náraz nebo pád na zem.
- **Držáky** očisti a odlož tak, aby se nepoškodilo sedlo. Šroubky a klíče drž u držáku.
- **Kužely** chraň před poškrábáním a korozí. Kleštiny čisti a nenech je v matici dotažené bez nástroje.
- **Tupý nástroj** viditelně označ a nenech ho mezi novými.

Co se s destičkou děje po použití

Použitá destička není běžný odpad. Slinutý karbid obsahuje wolfram a kobalt a výrobci nástrojů provozují programy výkupu. Sandvik Coromant přijímá karbid i od jiných značek, Seco uvádí destičky, monolitní vrtáky a frézy. V dílně je proto sbírej do označené nádoby. Kam přesně patří ve škole, řekne UOV.

POZOR

Karbid nebrus bez povolení a odsávání. Prach a brusné kaly nejsou neškodné. Přebroušení monolitních karbidových nástrojů patří k odborné firmě.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Rukavice nikdy k rotaci. Brýle vždycky.
- Třísky odstraňuj jen za klidu, háčkem a smetáčkem.
- Destička se při přerušovaném přívodu kapaliny může tepelně poškodit.
- Použité destičky patří do označené nádoby, ne do koše.

12 Cvičení a test

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Luštění kódů, výpočty a test s dvaceti čtyřmi otázkami. Zkus to nejdřív bez nápovědy.

Nejdřív si zakryj řešení. Kódy si klidně čti podle tabulek z kapitol 4 a 5. V závěrečném testu už zkus jet bez nich.

Rozluštění kódů destiček

U každé destičky napiš tvar a úhel, úhel hřbetu, toleranci, typ, IC, délku hrany, tloušťku a poloměr. Hranu spočítej podle l = d / sin ε.

Č.	Kód	Č.	Kód
1	SNMG 120408	5	TCMT 110204
2	WNMG 080408	6	VNMG 160408
3	CCMT 09T304	7	CNMG 190612
4	DCMT 11T304	8	RCMT 1204M0

Rozluštění kódů držáků

U každého držáku napiš upnutí, tvar destičky, κ, hřbet, směr, rozměry a velikost. Přidej destičku, která by se do něj hodila.

Č.	Kód	Č.	Kód
9	PDJNR 2525M15	12	PSSNR 2525M12
10	PTGNR 2525M16	13	CTGNR 3225M16
11	SCLCL 2020K09		

Výpočty

Č.	Zadání
14	Nůž má α = 7° a γ = −6°. Jaký je úhel β?
15	Destička 80° v držáku s κ = 95°. Jaký je úhel κ′?
16	κ = 75°, f = 0,4 mm/ot, ap = 2 mm. Spočítej h a b.
17	Jakou hranu má destička D při IC 15,875 mm?
18	f = 0,15 mm/ot, r = 0,4 mm. Spočítej teoretickou Ra.
19	Výkres chce Ra 3,2 a destička má r = 0,8 mm. Jaký je největší teoretický posuv?
20	Ocelová vyvrtávací tyč Ø20. Největší vyložení pro soustružení?
21	Karbidová tyč Ø16, jak velké vyložení pro soustružení?
22	Vrták HSS Ø8. Otáčky s vc = 20 m/min?
23	Vrták pro závit M12 × 1,75?
24	Fréza Ø10, z = 3, vc = 100 m/min, fz = 0,04 mm. Spočítej n a vf.
25	Karbid, n = 0,25, T_1 = 20 min při 180 m/min. Trvanlivost při 225 m/min?

Test

1. Co platí pro úhly klínu?
a) α + β + γ = 90°
b) α + β + γ = 180°
c) β = α + γ

2. Co udělá větší kladný úhel čela?
a) zpevní břit a zvětší síly
b) zlehčí řez a zeslabí břit
c) nezmění nic

3. Co říká úhel κ?
a) sklon ostří z boku
b) natočení hlavního ostří proti posuvu
c) úhel špičky destičky

4. Čím je daný úhel špičky ε?
a) tvarem destičky
b) otáčkami
c) průměrem obrobku

5. Záporné λ znamená, že
a) špička je nejníž
b) špička je nejvýš a je chráněná
c) tříska jde pryč od obrobku

6. Která složka řezné síly je největší?
a) Fp
b) Ff
c) Fc

7. Barva a skupina pro litinu?
a) K, červená
b) M, žlutá
c) P, modrá

8. Vysoké číslo za písmenem, třeba P40, znamená
a) větší odolnost proti otěru
b) větší houževnatost
c) větší rychlost

9. Co říká písmeno N na 2. místě kódu destičky?
a) hřbet 0°
b) bez díry
c) pravá destička

10. Co znamená 04 ve VBMT 160404 na posledním místě?
a) tloušťka 4,76 mm
b) r = 0,4 mm
c) hrana 4 mm

11. Jakou IC má CNMG 120408?
a) 12,00 mm
b) 12,90 mm
c) 12,70 mm

12. Znak T3 znamená tloušťku
a) 3,18 mm
b) 3,97 mm
c) 4,76 mm

13. G na 4. místě znamená
a) válcovou díru a utvařeč z obou stran
b) zahloubení a jednu stranu
c) bez díry

14. L ve PCLNR znamená
a) levý
b) κ = 95°
c) délku 150 mm

15. M ve 2525M12 znamená
a) délku 150 mm
b) upnutí shora
c) toleranci

16. Největší vyložení ocelové vyvrtávací tyče pro soustružení podle Sandvik Coromant?
a) 2 × D
b) 4 × D
c) 10 × D

17. Když zdvojnásobíš vyložení tyče, průhyb bude
a) dvojnásobný
b) čtyřnásobný
c) osminásobný

18. Teoretická Ra je
a) f² · 1000 / (32 · r)
b) f · 1000 / r
c) r² · 1000 / (32 · f)

19. Vrták má nestejně dlouhé břity. Co se stane?
a) díra bude větší
b) díra bude menší
c) nic

20. Závitník se šroubovitou drážkou je určený
a) hlavně pro průchozí díry
b) hlavně pro neprůchozí díry
c) jen pro ruční řezání

21. Čím netočíš nikdy zpět?
a) výstružníkem
b) vrtákem při vyjíždění
c) čelní frézou

22. Na klasické frézce s vůlí ve šroubu se frézuje
a) sousledně
b) nesousledně
c) je to jedno

23. Co nejvíc zkrátí trvanlivost?
a) hloubka řezu
b) posuv
c) řezná rychlost

24. Jak uklidit třísky?
a) za klidu háčkem a smetáčkem
b) rukavicí za chodu
c) stlačeným vzduchem

13

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Řešení

Správné rozbory, výsledky výpočtů a odpovědi v testu.

Rozměry hran jsou spočítané podle l = d / sin ε a zaokrouhlené na setiny, u trojúhelníku l = d · 1,732. Otáčky s 3,14 a stejným zaokrouhlením jako v příručce Řezné otáčky.

Destičky

Č.	Kód	Řešení
1	**SNMG 120408**	čtverec 90°, hřbet 0°, tolerance M, válcová díra, utvařeč 2 strany; IC 12,70 mm, hrana 12,70 mm, s 4,76 mm, r 0,8 mm
2	**WNMG 080408**	šestiúhelník 80°, hřbet 0°, M, G; IC 12,70 mm, hrana 8,69 mm, s 4,76 mm, r 0,8 mm
3	**CCMT 09T304**	kosočtverec 80°, hřbet 7°, M, T; IC 9,525 mm, hrana 9,67 mm, s 3,97 mm, r 0,4 mm

Č.	Kód	Řešení
4	**DCMT 11T304**	kosočtverec 55°, hřbet 7°, M, T; IC 9,525 mm, hrana 11,63 mm, s 3,97 mm, r 0,4 mm
5	**TCMT 110204**	trojúhelník 60°, hřbet 7°, M, T; IC 6,35 mm, hrana 11,00 mm, s 2,38 mm, r 0,4 mm
6	**VNMG 160408**	kosočtverec 35°, hřbet 0°, M, G; IC 9,525 mm, hrana 16,61 mm, s 4,76 mm, r 0,8 mm
7	**CNMG 190612**	kosočtverec 80°, hřbet 0°, M, G; IC 19,05 mm, hrana 19,34 mm, s 6,35 mm, r 1,2 mm
8	**RCMT 1204M0**	kruh, hřbet 7°, M, T; průměr 12 mm, s 4,76 mm, špička není, M0 je kruhová metrická destička

Držáky

Č.	Kód	Řešení
9	**PDJNR 2525M15**	za díru, D 55°, κ 93° vyosený, hřbet 0°, pravý, 25 × 25 × 150 mm, velikost 15. Destička například DNMG 150608
10	**PTGNR 2525M16**	za díru, T 60°, κ 90° vyosený, hřbet 0°, pravý, 25 × 25 × 150 mm, velikost 16. Destička například TNMG 160408
11	**SCLCL 2020K09**	šroubem, C 80°, κ 95°, hřbet 7°, levý, 20 × 20 × 125 mm, velikost 09. Destička například CCMT 09T304
12	**PSSNR 2525M12**	za díru, S 90°, κ 45° vyosený, hřbet 0°, pravý, 25 × 25 × 150 mm, velikost 12. Destička například SNMG 120408
13	**CTGNR 3225M16**	upnutí shora, T 60°, κ 90° vyosený, hřbet 0°, pravý, výška 32, šířka 25, délka 150 mm, velikost 16. Destička T bez díry

Výpočty

Č.	Výsledek
14	$\beta = 90° - 7° + 6° = 89°$
15	$\kappa' = 180° - 95° - 80° = 5°$
16	$h = 0{,}4 \cdot \sin 75° = 0{,}39$ mm, $b = 2 / \sin 75° = 2{,}07$ mm
17	$l = 15{,}875 / \sin 55° = 19{,}38$ mm, v kódu 19
18	$Ra = 0{,}15^2 \cdot 1000 / (32 \cdot 0{,}4) = 22{,}5 / 12{,}8 = 1{,}76$ µm
19	$f = \sqrt{(3{,}2 \cdot 32 \cdot 0{,}8 / 1000)} = 0{,}286$ mm/ot, raději menší
20	$L = 4 \cdot 20 = 80$ mm, upnutí aspoň 80 mm

Č.	Výsledek
21	L = 6 · 16 = 96 mm
22	n = 20 000 / (3,14 · 8) = 796 ot/min
23	12 − 1,75 = 10,25, v tabulce 10,2 mm
24	n = 100 000 / 31,4 = 3 185 ot/min, vf = 0,04 · 3 · 3 185 = 382 mm/min
25	$T_2 = 20 \cdot (180 / 225)^4 = 20 \cdot 0{,}4096 = 8{,}2$ min

Správné odpovědi v testu

1	2	3	4	5	6	7	8
a	**b**	**b**	**a**	**b**	**c**	**a**	**b**
9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a	**b**	**c**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**
17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
c	**a**	**a**	**b**	**a**	**b**	**c**	**a**

TIP

Chyba v kódu destičky: vrať se ke kapitole 4. V držáku ke kapitole 5. U drsnosti ke kapitole 6. U opotřebení a výměny ke kapitole 10. U bezpečnosti ke kapitole 11.

NA ZÁVĚR

14 Slovníček a zdroje

Vysvětlení pojmů, odkud jsou čísla a kódy a vlastníci obrázků.

Slovníček

Pojem	Vysvětlení	Pojem	Vysvětlení
ae, ap	šířka a hloubka záběru	**Negativní destička**	destička s hřbetem 0°
Čelo	plocha, po které odchází tříska	**Ostří, břit**	hrana mezi čelem a hřbetem

Pojem	Vysvětlení	Pojem	Vysvětlení
Destička	vyměnitelný břit v držáku	**Pozitivní destička**	destička s hřbetem větším než 0°
f, fz	posuv na otáčku, posuv na zub	**r**	poloměr špičky
Fazetka	úzká ploška, na vrtáku vede v díře	**Ra, Rt**	střední odchylka a výška nerovností
HSS	rychlořezná ocel	**Sedlo**	plocha držáku pod destičkou
Hřbet	plocha otočená k obrobené ploše	**T**	trvanlivost břitu
IC	průměr vepsané kružnice destičky	**Tlumená tyč**	vyvrtávací tyč s tlumičem chvění
Kód ISO 1832	značení vyměnitelných destiček	**UOV**	učitel odborného výcviku
Kód ISO 5608	značení držáků	**Utvařeč**	tvar na čele, který láme třísku
Nárůstek	materiál přilepený na ostří	**VB, KT**	otěr hřbetu a hloubka žlábku na čele
Navrtávák	krátký nástroj na začátek díry	**Vyložení**	délka nástroje od upnutí k břitu

Zdroje čísel a kódů

Normy celé k dispozici nejsou. Vycházel jsem z veřejných náhledů a z technických stránek výrobců. Závazné znění je v normách a v katalogu konkrétního nástroje.

- ISO 1832:1991, náhled normy, tabulky tvaru, hřbetu, tolerance, typu, velikosti a tloušťky. Platná je novější edice ISO 1832:2017, https://cdn.standards.iteh.ai/samples/6482/44c22727bd3c441a9ea0c0ebdc572a96/ISO-1832-1991.pdf
- ISO 5608:2012, náhled normy, tabulky upnutí, tvaru nože, hřbetu a směru, https://cdn.standards.iteh.ai/samples/60180/1c42d3ec981e4e43a368ad407088435a/ISO-5608-2012.pdf
- ISO 513:2012, náhled normy, skupiny a barvy, značení řezných materiálů, https://cdn.standards.iteh.ai/samples/59932/d271ad516f744c8ca6782f6b4772bf87/ISO-513-2012.pdf
- Kyocera, Turning Indexable Inserts Identification System, tabulka velikostí, tloušťek a poloměrů, https://asia.kyocera.com/products/cuttingtools/wp-content/uploads/2015/02/B-Turning-Indexable.pdf
- Kennametal, Milling Insert Identification System, stav ostří, směr, písmena úhlu a hladicí fazety, https://www1.mscdirect.com/images/solutions/kennametal/millingInsertIdSystem.pdf
- Mitsubishi Materials, Tool holder identification code a Up and down cut milling, https://www.mmc-carbide.com/permanent/courses/85/tool-holder-identification-code.html a https://mmc-carbide.com/permanent/courses/73/up---down-cut-milling.html
- Mitsubishi Materials, technické informace: rake angle, flank angle, lead angle, honing and land, nose R, effects of cutting conditions, formula for turning, parts of drill, wear of drill, lead angle in face milling a suggestions on how to use cutting tools, https://www.mmc-carbide.com/in/technical_information

- Sandvik Coromant, How to choose the correct turning insert, https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/general-turning/how-to-choose-correct-turning-insert
- Sandvik Coromant, Wear on cutting edges, https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/materials/wear-on-cutting-edges
- Sandvik Coromant, How to use Silent Tools for turning, vyložení tyčí a délka upnutí, https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/silent-tools/what-is-silent-tools/silent-tools-turning/how-to-use-silent-tools-turning
- Sandvik Coromant, Milling formulas and definitions, https://www.sandvik.coromant.com/th-th/knowledge/machining-formulas-definitions/milling-formulas-definitions a katalogy pro poměr tloušťky třísky a příklad Dc 125, ae 100.
- RUKO, 8 features of a twist drill, šroubovice a podbroušení, https://www.ruko.de/en/blog/eight-characteristics-of-a-twist-drill. CERATIZIT, drill geometry, https://cuttingtools.ceratizit.com/tr/en/machining-know-how/drilling/advisor/drill-geometry.html
- Wikipedia, Machine taper a Reamer, kužely a práce s výstružníkem, https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_taper a https://en.wikipedia.org/wiki/Reamer
- TriboNet, Turning Surface Finish from Feed and Tool Nose Radius Calculator, https://www.tribonet.org/calculators/turning-surface-finish-feed-tool-nose-radius/ a patent US 6733365 pro rozdíl proti teoretické drsnosti.
- Taylorův exponent a mez otěru jsou ze sekundárních zdrojů, přednáškových materiálů k obrábění a článku Lund University, https://lup.lub.lu.se/search/files/61985840/Assessment_of_different_tool_life_models_submitted_manuscript.pdf. Hodnoty ber jako orientační.
- Sandvik Coromant, Seco Tools a Gühring, informace o výkupu použitého karbidu, https://www.australianmanufacturing.com.au/sandvik-coromant-backs-aussie-equipment-manufacturer-with-carbide-recycling-program/
- Vlastní školní materiály: Teorie odborného výcviku pro 1., 2. a 3. ročník, CNC soustruh, CNC frézka, Řezné otáčky, Materiály a tepelné zpracování. Odtud jsou orientační řezné podmínky, přídavky a bezpečnostní zásady.
- Skutečné obrázky mají vlastníka uvedeného pod obrázkem a v tabulce níže. Schémata a grafy bez uvedeného vlastníka jsou vlastní zpracování.

Vlastníci obrázků

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obálka	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg
Obálka	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchlicht.jpg
Obr. 1.8 vlevo	Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 1.8 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg
Obr. 2.2 vlevo	Mauro Cateb, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tungsten_carbide_inserts.jpg
Obr. 2.2 vpravo	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchrupp.jpg
Obr. 3.2	Progress and Poverty, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single_edge_cutting_tools.jpg
Obr. 3.3	Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg
Obr. 3.4	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg
Obr. 3.5 vlevo	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteGewinde.jpg
Obr. 3.5 vpravo	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteStech.jpg
Obr. 3.6 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedBoringThreadingBars.jpg
Obr. 3.6 vpravo	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lathe_Boring.jpg
Obr. 3.7	Àncora, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plaqueta_roscar_pas_3.jpg
Obr. 4.7	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchlicht.jpg
Obr. 7.3 vlevo	JJ Harrison (https://www.jjharrison.com.au/), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSS_Twist_Drill_into_Aluminium_with_Lubricant.jpg
Obr. 7.3 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg
Obr. 7.6	Cal.on, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Navrtávák.jpg
Obr. 7.7	Sönke Kraft aka Arnulf zu Linden, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stufenbohrer_PG7-PG21.jpg
Obr. 7.8	Millermaster, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tiefbohren_auf_Bearbeitungszentrum.JPG
Obr. 7.9	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ReamerMorseTaper3.jpg
Obr. 7.11 vlevo	Christoph Baumgartinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Machine-screw-tap-1.JPG

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 7.11 vpravo	Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg
Obr. 8.2 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg
Obr. 8.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg
Obr. 8.3 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg
Obr. 8.3 vpravo	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
Obr. 9.2 vlevo	Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg
Obr. 9.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChuckDrillKeyedKeylessArbor.jpg
Obr. 9.3	Johannes Rothmund, Universität Stuttgart, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steilkegel.jpg
Obr. 11.1	značky podle ISO 7010, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), například https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO_7010_M004.svg

PAMATUJ

Tento materiál vysvětluje obecné základy a nenahrazuje školení, návod ke stroji, katalog nástroje ani pokyny UOV. Řezné hodnoty jsou orientační a přednost má vždy katalog a pokyn UOV.

TIP

Obrázky jsou použité podle licencí uvedených u každého z nich a patří svým vlastníkům. Před použitím mimo výuku si ověř podmínky jejich licence.