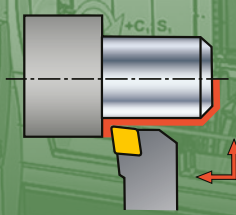
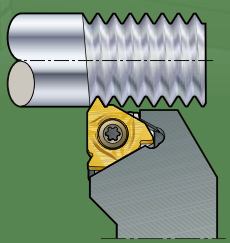
Miloslav Štulpa



TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ





CNC soustružení frézování vrtání



PRO PRAXI


GRADA®

Grada
Publishing

Miloslav Štulpa



TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

CNC soustružení frézování vrtání

PRO PRAXI

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy
Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude ***trestně stíháno****.*

Ing. Miloslav Štulpa

Technologie obrábění

CNC soustružení, frézování, vrtání – pro praxi

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401
jako svou 8286. publikaci

Odborná spolupráce: Ing. Lubomír Štajnochr
Odpovědný redaktor Petr Somogyi
Sazba Jakub Náprstek
Počet stran 160
První vydání, Praha 2022
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

© Grada Publishing, a. s., 2022
Cover Design © Grada Publishing, a. s., 2022

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978–80–271–4588–1 (pdf)
ISBN 978–80–271–2883–9 (print)

Obsah

Úvod 7

1 Technologie soustružení 11

1.1 Základy – nástroje – strategie 11
1.2 Základní soustružení (s noži hrubovacími a dokončovacími) 20
1.3 Upichování, zapichování 25
1.4 Soustružení závitů 27
1.5 Nové řešení v oblasti soustružení 33

2 Upínání nástrojů a obrobků pro soustružení 35

2.1 Upínání nástrojů do revolverové hlavy 35
2.2 Upínání obrobků 40

3 Technologie frézování 43

3.1 Základy – nástroje 43
3.2 Frézy – základní výběr 44
3.3 Frézy – použití 46
3.4 Řezné podmínky 49
3.5 Základní druhy frézování 50
3.6 Vybrané metody frézování 54

4 Vrtání, vyvrtávaní a další technologie 61

4.1 Nástroje 62
4.2 Vyvrtávací nástroje: hrubovací, dokončovací 67

5 Upínání nástrojů, obrobků pro frézování, vrtání 73

5.1 Upínače nástrojů 73
5.2 Upínání obrobků 82

6 Nové metody v technologii frézování 87
6.1 Základní cíle 87
6.2 Nástroj – fréza 88
6.3 Strategie vysoce výkonného frézování 90
6.4 Metoda frézování PPC 91
6.5 Patentovaná geometrie pro utápění 92
6.6 Řezné podmínky pro inovované nástroje – základní údaje pro frézování 93
6.7 Nové geometrie drah nástroje s optimalizovanými řeznými podmínkami 96
6.8 iMachining – užití v praxi 105

7 Doplňky technologie k praxi 108
7.1 Vlastnosti obráběných materiálů a jejich vliv na řezný proces 108
7.2 Obrobitelnost materiálů 110
7.3 Řezné elementy nástrojů 112
7.4 Mechanika tvoření třísky 114
7.5 Chlazení, mazání při obrábění 116
7.6 Opotřebení vyměnitelných břitových destiček (VBD) 119
7.7 Teplo a obrábění 120
7.8 CNC obráběcí stroje a jejich obsluha 121
7.9 Automatická výměna nástrojů na CNC strojích 122
7.10 Systémy automatické výměny obrobků 125
7.11 Trvanlivost ostří a ekonomika obrábění 126
7.12 Inprocesní měření na inteligentních obráběcích strojích 129

8 Katalogy výrobců nářadí 131
8.1 Příklad výpočtu řezných podmínek 132

Rejstřík 156
Odborná literatura 158

Úvod

Tato publikace je určena pro praxi obráběče (u stroje i technika u PC) i jako doplněk do výuky teorie. Jejím autorem je strojař-praktik, který po vyučení působil jako pracovník technického rozvoje v oblasti obrábění, včetně letité praxe dílenského, později vývojového technologa a pedagoga ve školách zaměřených na strojírenství. Zkušenosti autora z praxe technologa i z nedávných prací na technologických projektech dílen garantují potřebné vědomosti, v případě řezných technologií je však stále nutné vyhledávat novinky z oboru, navazovat kontakty a sledovat vývoj. Autor musel prostudovat velké množství podkladů a utřídit nové poznatky, práce na knize byla tedy časově náročná. Publikace shrnuje a dává přehled o současném stavu těchto řezných technologií i metod jejich použití, roztříděných do příslušných kapitol. Publikace je takto pro zájemce přehledná a umožní rychle získat informace na jednom místě – široké a hlubší vědomosti nejen o tom, co má znát ze školy a z podniku od stroje, ale také nové poznatky o nástrojích a upínačích, které se nyní začínají používat v praxi. Proto lze doporučit její studium v dílenské praxi i v odborných školách jako doplnění předmětů technologie a programování, a to v teorii a praxi. V publikaci není pochopitelně obsaženo vše: něco mohlo autorovi přes obsáhlou přípravu uniknout, něčemu nebyla věnována taková pozornost, jakou by požadoval úzce zaměřený čtenář, a tak podobně.

Témata řezných technologií se nelze pouze naučit. Jedná se o obrovské množství informací, které je potřeba znát a uplatnit v praktických aplikacích (jak se bude obrábět tento konkrétní polotovar). Jde o strategie obrábění, stanovení pracovního postupu včetně zadání řezných podmínek k jednotlivým nástrojům (operačním úsekům). Jedná se o náročný úkol, který může být problematický zejména pro začínajícího obráběče či technologa. Publikace mu poskytne možnost této problematice porozumět a ukáže mu, jak používat katalogy a tabulky výrobce konkrétního nářadí z nabídky rozličných možností. Ti zkušenější mohou vycházet z vlastních zkušeností i zkušeností kolegů, z know-how, které si v průběhu praxe stále rozšiřujeme, i jim ale může tato publikace a tabulky výrobců pomoci. Nezapomeňte, že stále probíhají inovace, že za nějaký čas budou k dispozici nové informace.

Průběžně dochází i ke změně požadavků kladených na strojírenské obrábění. Obrobky jsou stále komplexnější, tvarově náročnější a z kvalitnějších materiálů – celkově je výroba náročnější a nákladnější. Podniky jsou vystaveny velkému tlaku na zkrácení času průběhu zakázky a snížení podnikových a personálních nákladů. Je tedy nutné, aby strojaři tohoto oboru získávali a používali nové technické poznatky. Zde je potřeba stále držet krok s vývojem: podklady jsou v této oblasti velmi roztříštěné, je třeba je hledat v příručkách a katalozích výrobců, v článcích v odborných časopisech, které píší technologové z vývoje a publikují takto výsledky své práce. Zajímavé poznatky o nových technologiích najdeme i v některých diplomových pracích studentů vysokých škol.

Mladí strojaři přicházející ze škol (zejména strojnických středních) sice absolvovali výuku technologie, ale všeobecně zaměřenou. Konkrétně probrat do hloubky řezné technologie ve škole nelze, jedná se pouze o část celé rozsáhlé oblasti, kterou by měli znát. Jistě o něco lépe jsou na tom studenti strojírenských průmyslových škol a vysokých škol. I těm bude tato publikace nepochybně ku prospěchu.

Letité zkušenosti zručných pracovníků na konvenčních strojích a s určitým typem výrobků v oblasti technologie obrábění nelze rychle nahradit. Často to trvá dlouho i zkušenému pracovníkovi z jiného stroje, se zkušenostmi s jiným typem výrobků. V současnosti tento pracovník už svůj CNC stroj programuje a získává nové zkušenosti z této oblasti, ale ani ty staré z konvenčního obrábění nejsou k zahození. Vždyť odladěný program simulací vychytal

možné chyby pohybu nástroje, ale nelze odladit řezné podmínky, ty nabízí jen katalog a získaná praxe v oboru. I v programech uvedené cykly jsou vytvořeny na základě požadavků z praxe, kde se právě takovým způsobem řešily na konvenčních strojích.

Tato publikace zaznamenává současný stav vědomostí (nebo to alespoň byla maximální snaha autora). Není jejím cílem jít do hloubky a do detailů, popsat celou šíři druhů a způsobů obrábění, jejich členění, všechny teoretické poznatky – pro praxi důležité znalosti obráběče by tím jen byly rozmělněny a to, co hledá čtenář-praktik, by se v textu ztratilo. V podnikové praxi jde o doplnění vědomostí v oblasti práce každého pracovníka a o směr, kterým se tato praxe bude ubírat. Neboť známé inovační heslo praví: **„Kdo neinovuje, ten zemře.“** Platí nejen pro zavádění moderních prostředků výroby (zastaralý podnik jistě zkrachuje), ale také pro inovaci našich vědomostí, vždyť my všichni se chceme uplatnit, a tak nás čeká celoživotní vzdělávání. Již v brzké době se očekává nástup inteligentních obráběcích strojů, kdy na stroji přibude přesné měření stroje i obrobku, a to nejen pro přesnou výrobu, ale z paměti řídicího systému se budou čerpat vědomosti i pro nastavení řezných podmínek prvního obráběného kusu – zanikne odladění.

Autor neočekává, že čtenáři budou číst publikaci souvisle od začátku do konce jako běžnou knihu, je to kniha odborná – celou ji prolistují snad jen pro seznámení s jejím obsahem, po prvním otevření. Ale každý určitě vezme knihu často do ruky při potřebě získat informace z určité oblasti. Text se tedy neodvolává na již probraná témata, ale v každém konkrétním případě je vždy uvedeno vše potřebné.

Publikace je členěna na kapitoly odpovídající jednotlivým technologiím: do kapitol věnovaných soustružení, frézování a vrtání jsou přiřazeny části o příslušných držácích. Takto je oddělena vlastní technologie obrábění s nástrojem od druhů držáků pro uchycení nástroje. Cílem je větší přehlednost těchto obsáhlých témat. Ve středoškolských učebnicích technologie je tato problematika sloučena do jednoho celku, ale vzhledem k její rozsáhlosti je pojednána jen stručně. Vysokoškolská skripta jsou zase několikadílná a obsahují hodně teorie. I náš způsob výkladu ovšem má (jako každý jiný) svoje výhody a nevýhody. V kapitole Dodatky najdete zdánlivě nedůležitá témata, která se týkají všech řezných technologií, podle názvu v ní lze rychle najít potřebné informace a zdůvodnění, proč se je třeba vzniklým problémem zabývat.

Ve všech částech publikace je zdůrazněna i ekonomika výroby – ta je všude na světě primární, od ní se odvíjí potřeba vývoje i mzda toho posledního pracovníka dílny. Klademe na ni důraz proto, aby si čtenář uvědomil, že výsledky jeho práce se projeví i v jeho peněžence.

Nyní tedy přejděme k souvisejícím, základním vědomostem – jsou určeny pro zopakování (nejen pro samouky v oboru strojírenství):

Soustružení: Na soustruzích se obrobek otáčí pomocí vřetene stroje a nástroj vykonává pohyb v osové rovině obrobku. Základní provedení soustruhu má dvě řízené osy (podélný a příčný pohyb vzhledem k obrobku). Pokud je soustruh vybaven poháněnými rotačními nástroji, musí být vybaven osou C (polohování vřetene). Některé soustruhy jsou dále vybaveny osou Y (pohyb nástroje pod a nad osu obrobku). Na soustruhu a osou C a Y je pak možné provádět i složitější frézovací operace. U soustružnických multiprofesních center může být výkon frézovacích nástrojů tak vysoký, že se frézování na těchto strojích stává plnohodnotnou technologií. Soustružnická centra mohou být dále vybavena protivřetenem pro obrábění obrobku z druhé strany, případně dalšími nástrojovými hlavami.

Obráběcí centra bývají podle potřeby vybavena i technologiemi, které třískově neobrábí (například laser, který popisuje součást čárkovým kódem, navařování atd.).

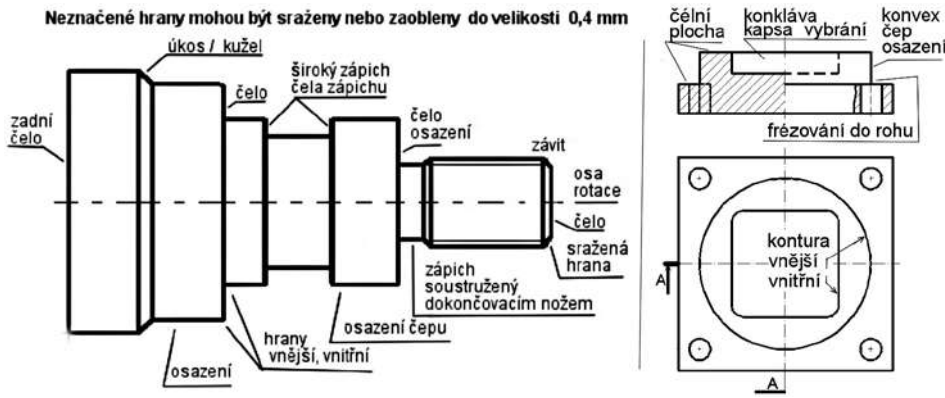
Frézování: Při technologii frézování obvykle obrobek stojí (nepohybuje se) a rotační nástroj (fréza, vrták…) se otáčí kolem vlastní osy. Posuv je obvykle v rovině kolmé na osu rotace nástroje, nebo u současných strojů obecný. Moderní frézovací centra mohou i výkonně otáčet obrobkem, na těchto strojích pak lze realizovat i soustružnické technologie.

Podle počtu řízených os a způsobu jejich řízení rozeznáváme několik následujících typů obrábění (způsobů programování):

- **2,5D:** Obrábění ve dvou osách, vždy v jedné ze tří souřadných rovin X-Y, X-Z nebo Y-Z . Nástroj se při obrábění pohybuje pouze ve dvou osách. Nájezd na hloubku třísky se provádí ve třetí ose. Uvedený způsob řízení vyžaduje tříosou frézku (teoreticky stačí dvouosé souvislé řízení). Výhodou je snadné ruční programování.
- **3D:** Obrábění ve třech osách. Nástroj se může pohybovat v prostoru ve třech lineárních osách X-Y-Z. Uvedený způsob řízení vyžaduje frézku se souvislým řízením ve třech osách – dnes nejpoužívanější stroj.
- **4D:** Obrábění ve třech osách X-Y-Z (jako v případě 3D). Nástroj nebo obrobek se může ještě natáčet v jedné rotační ose. Řízení ve čtvrté ose může být souvislé současně se třemi lineárními osami nebo tzv. indexované. Typickým příkladem je použití čtvrté rotační osy na CNC tříosé frézce. Příkladem může být na konvenční frézce dělička nebo otočný stůl.
- **3+2D:** Obrábění jako v případě 3D s tím, že lze nástroj či obrobek naklopit ve dvou rotačních osách. Umožní to lepší dostupnost ploch či lepší záběrové podmínky nástroje. V tomto případě jsou rotační osy obvykle indexované.
- **5D:** Obrábění obdobně jako v případě 3+2D s tím, že se nástroj (nebo obrobek) může pohybovat ve třech lineárních osách X-Y-Z a současně souvisle ve dvou dalších rotačních osách A, B (nebo A, C nebo B, C). Stroj musí být vybaven souvislým řízením v pěti osách. Obvykle je pracovní plochou frézky otočný stůl (osa C) zavěšený v „kolíbce“ (osa A) naklápěné kolem osy X. Pro výrobu složitých tvarů dnes nejpoužívanější technologie.

Modulární nástroje: Pro soustružení, frézování a vrtání je výhodné používat modulární nástrojové systémy, ty již patří ke standardu nástrojového vybavení dílen. Jejich výrobou se zabývá většina firem působících na trhu s obráběcím nářadím. Konstrukční řešení držáku a výměnné hlavy je různé, držáky mohou být z více dílů, také prodlužované. Konstrukce se liší podle účelu obrábění a výrobců. Jejich výhody spočívají v možnosti rychlého a flexibilního sestavení rozličných druhů nástrojů tak, jak výroba potřebuje. Výhoda výměny hlavice na držáku soustružnického nože (nebo na fréze) spočívá v rychlosti. Tato výměna je rychlejší než výměna VBD (výměnná břitová destička), kterou lze vyměnit v překrytém čase obrábění. Takto se sníží jednak prostoje obráběcího stroje, jednak se použitím jednoho držáku pro více hlav s různými nástroji mohou snížit zásoby ve výdejně dílny – to vše je výhodné pro ekonomiku podniku. Dva příklady: Mezi poslední novinky patří modulární závitník. Jedná se o rozebíratelné spojení hlavy se závitem ze slinutého karbidu a s tuhou ocelovou stopkou. Nedostatek místa v revolverové hlavě lze zase řešit výměnou hlavice za jiný nástroj v časové prodlevě během obrábění. V programu číslo pozice nástroje zůstává, ale je použito číslo korekce větší než je počet míst v revolverové hlavě (např. T0111).

Názvosloví na obrobcích si můžete prohlédnout na následujícím obrázku. Zařazujeme ho zde zejména pro potřeby škol, kde často dochází ke zmatení pojmů (což není vyloučeno ani ve výrobních dílnách, kde nejen toto podléhá místnímu názvosloví a zkomoleninám).



Přeji všech čtenářům této publikace mnoho úspěchů při studiu i v dílenské praxi!

Autor

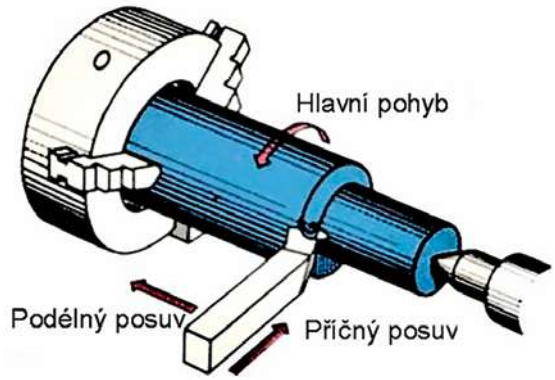
1 Technologie soustružení

1.1 Základy – nástroje – strategie

Soustružení je technologie obrábění, při níž se obrobek otáčí a nástroj (soustružnický nůž) se pohybuje nejčastěji podél osy obrobku či kolmo k ose rotace obrobku, případně obecně v osové rovině obrobku. Hlavní pohyb při soustružení je otáčivý pohyb obrobku, vedlejší pohyby koná nástroj (viz obr. 1.1):

- Pohyb nástroje ve směru osy obrobku – podélný posuv.
- Pohyb nástroje ve směru kolmém na osu obrobku – příčný posuv.

Obrábět lze vnitřní a vnější válcové či kuželové plochy, tvarové plochy, závity, zápichy, upichovat materiál, vypíchnout mezikruží, lze provádět osové operace – vrtání, vystružování, zahlubování a další.



Obr. 1.1

Soustruhy mohou být dále vybaveny poháněnými (rotujícími) nástroji v revolverové hlavě či nástrojové liště a osou C (polohování vřetene). Pak je možné vrtat otvory mimo osu rotace obrobku či frézovat drážky a jiné tvary. Pokud je stroj vybaven osou Y (výškové přestavení nástroje nad či pod osu obrobku), je možné frézovat i větší frézované plochy na obrobku či vrtat otvory prakticky v libovolném směru a místě obrobku. Případně může být soustružnický stroj vybaven frézovacím vřeteníkem s osu B. Pak hovoříme o obráběcím centru (na bázi soustruhu). Centra mohou být vybavena též technologiemi, které neobrábějí (například laserem, jenž popisuje součást čárkovým kódem, navařovací hlavicí atd.).

Soustružnický nůž základního tvaru pro obrábění venkovních ploch je ve svých různých podobách typickým nástrojem. Klasický nůž je vykován z jednoho druhu rychlořezných ocelí, případně s plátkem slinutého karbidu naletovaného do lůžka držáku z konstrukční oceli. Nůž současný tvoří držák s vyměnitelnou břitovou destičkou (VBD). Dále existují vrtací, vyvrtávající nástroje (více se používají na horizontálních frézkách), nástroje pro řezání závitů a další.

1.1.1 Soustružnický nůž

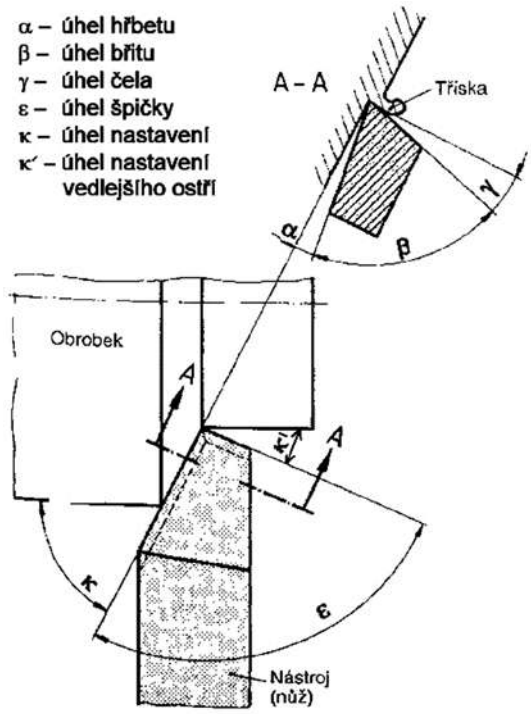
Úhly na noži a jejich vliv na obrábění

Na obrázku 1.2 jsou uvedeny úhly pro obecný soustružnický nůž, které platí pro jakýkoliv nůž či nástroj – pamatujme si, že po čele nástroje odchází tříska. Od toho lze odvodit ostatní úhly na nástrojích, jako je vrták, fréza a případně další nástroje.

α je úhel hřbetu, který snižuje tření mezi hřbetem nástroje a obráběnou (úhel hlavního hřbetu) nebo obrobenou (úhel vedlejšího hřbetu) plochou.. Musí být tím větší, čím měkčí a houževnatější je materiál obrobku a čím je větší posuv nástroje při obrábění. Bývá v rozmezí 3 až 15°.

β je úhel břitu určující pevnost břitu. Pokud je úhel malý, břit lépe vniká do materiálu. Pro hrubování a tvrdý materiál obrobku musí být z důvodu velkého namáhání břitu úhel velký (třeba i 110°).

γ je úhel čela ovlivňující především tvorbu třísky a velikost řezné síly. Velikost úhlu je závislá na materiálu obrobku i nástroje. Velikost úhlu ovlivňuje i vznik chvění a přesnost výroby. Může být záporný i kladný, například –20° pro nástroj z řezné keramiky a až +45° pro nástroj na obrábění plastů.



Obr. 1.2 Úhly na nástroji (vztaženo na soustružnický nůž)

ε je úhel špičky nástroje – velký úhel je vhodný pro hrubování (vznikají velké síly, je nutný tuhý nástroj), malý úhel je vhodný pro dokončení (malá hloubka třísky, malé síly). Malý úhel dává možnost obrábění do hloubky tvarů zápichů, rádiusů. Závisí na úhlech κ a κ‘ (ε + κ + κ‘ = 180°).

κ je úhel nastavení hlavního ostří, pro stranové nože je 93°, 95°. Výhodou je, že řezná síla působí především v axiálním směru (namáhá obrobek na vzpěr) a radiální síla prohýbající obrobek je velice malá (závisí na velikosti zaoblení špičky R). Výrobek obráběný takovým nástrojem není příliš odtlačován, lze tak dosáhnout větší přesnosti rozměru. U některých nožů může být úhel i 45° až 90°. Úhel pak ovlivňuje poměr velikosti radiálních a axiálních sil.

κ' je úhel nastavení vedlejšího ostří ovlivňující drsnost obrobené plochy a pevnost špičky nástroje. Velký úhel nastavení vedlejšího ostří umožňuje zajíždění do hloubky při tvarovém obrábění (zápichů, rádiusů, tvarových ploch).

λ je úhel sklonu ostří (není zakreslen v obrázku). Pokud je ostří rovnoběžné se základnou nástroje, je úhel sklonu ostří 0°. Při záporném úhlu sklonu ostří (ostří od špičky míří nahoru) vznikají větší síly odtlačující obrobek, tříska se stáčí k obrobku (to není vždy vyhovující), ale nástroj je stabilnější a špička lépe odolává namáhání například při přerušovaném řezu.

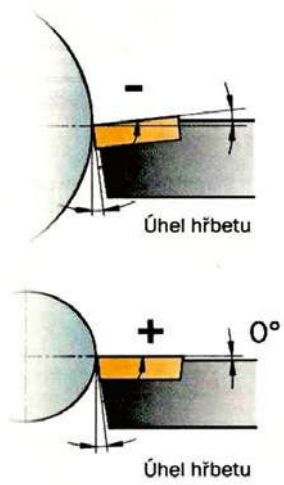
R je zaoblení špičky nástroje (zaoblení úhlu ε). Pokud je zaoblení malé (nebo žádné), hrozí vylomení špičky a poškození nástroje vlivem koncentrace tepla na špičce. Velikost R je závislá na technologických podmínkách (viz obr. 1.2).

Základní tvary vyměnitelných břitových destiček VBD

Na obrázku 1.3 vidíte základní tvary vyměnitelných břitových destiček (VBD).

Negativní (–) profil VBD v řezu je obdélník, úhel hřbetu α se získá sklonem lůžka pro VBD v držáku vůči upínací základně, úhel čela je pak záporný (negativní). Toto řešení umožňuje využití destičky z obou stran, je k dispozici dvojnásobek řezných hran vůči destičkám pozitivním.

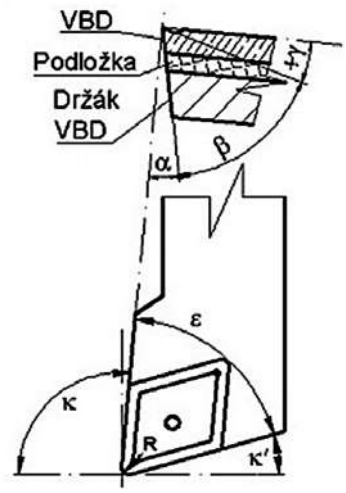
Pozitivní (+) VBD je umístěna v lůžku obvykle rovnoběžně s upínací základnou držáku. Úhel hřbetu je vytvořen na destičce. Destičku pak nelze otočit („vzhůru nohama“), na destičce mohou být utvářeče třísek pouze z jedné strany. Pozitivní geometrie vytváří menší řezné síly při obrábění a bývá lepší utváření třísky.



Obr. 1.3

Základní nože pro soustružení povrchu

Na obrázku 1.4 je vidět tvar běžného základního soustružnického nože s VBD, jeho konstrukce a úhly.



Obr. 1.4

Obrázek 1.5 pak ukazuje tři nože pro vnější obrábění na CNC strojích, v držácích nože jsou umístěné VBD. Nože se liší tvarem pro možné použití:



Obr. 1.5

1. Hrubovací nůž. Obvyklé úhly hlavního ostří: $\kappa = 93°$, $\varepsilon = 80° \Rightarrow \kappa' = 7°$, R 0,8.

Úhel κ podřezává čelní plochu, ale pohybem nahoru (na větší průměr pohybem na další třísku) tuto plochu přerovná do úhlu 90°. Úhel κ' je malý a R je velký. Takto nůž snese velké silové a tepelné zatížení – velká tříska a posuv.

2. Dokončovací nůž. Obvyklé úhly hlavního ostří: $\kappa = 93°$, $\varepsilon = 35° \Rightarrow \kappa' = 52°$, R 0,4.
U tohoto nože je v porovnání s hrubovacím malý úhel ε a velký κ'. Takto může nůž při dokončování (hlazení) zajíždět do hloubky rádiusu, ale programátor musí úhel κ' zvolit tak velký, aby tímto vedlejším ostřím nezničil soustružený tvar při dokončování v dané hloubce. R je malý, omezený normou, která říká, že nekótované hrany na výkrese mohou být do R 0,4. Hladicí tříska je již malá, nůž plynule objíždí vyhlubovanou konturu obrobku, zajišťuje kolmost ploch válcových k čelním (včetně rádiusu). Posuv je také malý (podle požadované jakosti plochy), tříska rovněž, a tak je možné zvýšit řeznou rychlost.

3. Nůž na soustružení čela. Tento nůž v moderním provedení vývojově navazuje na vyhnutý uběrací nůž u konvenčních strojů. Je určen pro větší úběr třísky na čele. V současnosti, kdy je i na pile při řezání polotovaru přesnější

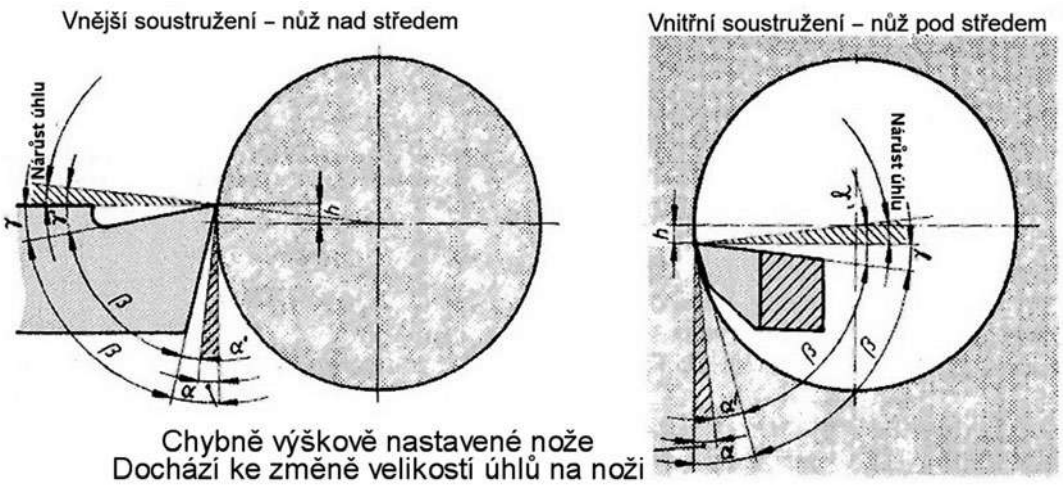
výroba, jsou přídavky na čele minimální. Je časově výhodnější nůž neměnit a s hrubovacím nožem (vedlejším ostřím) zarovnat čelo a poté hrubovat válcové plochy. VBD má ostrou hranu také na vedlejším ostří a větší R, takto bude jakost ploch jistě vyhovující.

Dokončování osazených ploch nožem. Pokud na výkrese není zakreslen v rozích rádius, je povolen do velikosti R 0,4. Při soustružení štíhlých hřídelů lze volit i menší R. **Minimální hloubka řezu by měla odpovídat velikosti poloviny R.** Je třeba vzít v úvahu, že jakost soustružené plochy závisí na velikosti posuvu F a velikosti R – z toho plyne: příliš malé R vyžaduje malý posuv, příliš velké R může způsobit chvění obrobku.

Výškové nastavení soustružnických nožů

Nástroj musí být vždy v ose otáčejícího obrobku. Chybné nastavení nástroje pod osu rotace nebo nad ni změní velikosti úhlů, tím se rovněž změní důležité vlastnosti úhlů, a to tím více, čím je ostří blíže ose rotace. Tvoří se nevhodná tříska a prudce klesá trvanlivost ostří nástroje.

Na obrázku 1.6 je znázorněn upnutý nůž pro vnější soustružení nad středem a vnitřní pod středem, může nastat i opačná situace. Vždy je to chyba. Při zarovnání čela (při noži pod středem) nůž střed podjede, ten zůstává neosoustružený. Nůž nad středem střed nesoustruží, ale deformuje – nůž je odtlačován, může nastat změna jeho délkových korekcí. Držáky a nože pro revolverové hlavy CNC strojů a též držáky s VBD jsou normalizovány, k uvedeným chybám by tedy nemělo docházet, ovšem nelze je zcela vyloučit.



Obr. 1.6

Síly na noži v závislosti na úhlu nastavení a jeho R

Obrázek 1.7 ukazuje vliv úhlu κ na velikost složek řezné síly. Na tuto velikost má vliv i R špičky, i když ne tak podstatný – čím je větší R, tím se zvětšuje radiální síla. Soustružnická praxe dává přednost úhlu 93° z toho důvodu, že téměř každá soustružená součástka má osazení s navazující kolmou plochou (čelo), která se při dokončení přesoustruží (přesné nastavení 90° nelze zaručit). Jak vyplývá z obrázku zcela vlevo, je zde velká síla axiální, zanedbatelná je radiální. Hrubovat s úhlem menším než 90° (typu uběrák přímý 60°) nelze pro velké množství zbytkového materiálu u čela osazení.