



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝKONNÉ NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ

EFFECTIVE TURNING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jaroslav KUTIL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Anton HUMÁR, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jaroslav Kutil

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výkonné nástroje pro soustružení

v anglickém jazyce:

Effective turning tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je zaměřena na soustružnické nástroje z hlediska jejich rozdělení, označování, materiálu, užití a současných trendů vývoje a výroby u renomovaných špičkových producentů nástrojů, v konstrukční i materiállové oblasti.

Cíle bakalářské práce:

1. Základní charakteristiky soustružení
2. Charakteristika soustružnických nástrojů z hlediska konstrukce, nástrojového materiálu, způsobu označování a užití
3. Soustružnické nástroje v sortimentu výroby nejvýznamnějších domácích a světových producentů nástrojů

Seznam odborné literatury:


1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. BARÁNEK, I. Rezné materiály pre rýchlostné, tvrdé a suché obrábanie. Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne. Trenčín, 2004. 112 s. ISBN 80-8075-013-0.
3. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
4. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Materiály pro řezné nástroje. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Září 2004. ISSN 1212-2572., s. 84-96.
5. LEICHTFRIED, G., SAUTHOFF, G., SPRIGGS, G.E. Refractory, Hard and Intermetallic Materials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2002. 267 p. ISBN 3-540-42961-1.
6. Technické materiály a prospekty firem Ceratizit, Iscar, Kennametal, Korloy, Kyocera, Mitsubishi, Pramet Tools, Sandvik Coromant, Seco, Sumitomo, Walter, Widia.
7. Odborné časopisy Carbon (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00086223>), Ceramics International (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02728842>), Diamond and Related Materials (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09259635>), International Journal of Refractory Metals & Hard Materials (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02634368>), Journal of Materials Processing Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09240136>), Wear (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00431648>).

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 30.10.2013





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na výkonné soustružnické nástroje. První část se věnuje charakterizaci soustružení včetně základních kinematických vztahů. V druhé části je uvedeno základní rozdělení nástrojů a popis nástrojových materiálů. Poslední část je zaměřena na porovnání sortimentu vybraných producentů nástrojů v konstrukční oblasti.

Klíčová slova

soustružení, vyměnitelná břitová destička, nástroje pro soustružení, nástrojový držák

ABSTRACT

This thesis is focused on high-performance turning tools. The first part deals with the characterization of turning, including basic kinematic relations. In the second part the division of tools and a the description of tool materials are introduced. The last part is centred on the assortment comparison of selected producers of tools in the field of construction.

Key words

turning, indexable cutting insert, turning tools, toolholder

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUTIL, Jaroslav. *Výkonné nástroje pro soustružení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výkonné nástroje pro soustružení vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23. 5. 2014

Datum

Jaroslav Kutil

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Antonu Humárovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Rád bych tímto poděkoval také své rodině za podporu při studiu, a to především tátovi, který na jaře letošního roku zemřel.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽENÍ.....	10
1.1 Kinematika soustružení.....	11
1.2 Parametry třísky.....	12
1.3 Řezné síly a výkon při soustružení	13
1.4 Jednotkový strojní čas.....	15
2 CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽNICKÝCH NÁSTROJŮ.....	17
2.1 Nástrojové materiály.....	17
2.1.1 Rychlořezné oceli (HSS)	17
2.1.2 Slinuté karbidy.....	18
2.1.3 Cermety.....	20
2.1.4 Řezná keramika.....	20
2.1.5 Supertvrdé materiály.....	21
2.2 Rozdělení soustružnických nožů	21
2.2.1 Radiální nože	22
2.2.2 Kotoučové nože	25
2.2.3 Tangenciální nože	25
2.2.4 Prizmatické nože.....	25
3 SOUSTRUŽNICKÉ NÁSTROJE V SORTIMENTU VÝROBY NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOMÁCÍCH A SVĚTOVÝCH PRODUCENTŮ NÁSTROJŮ	26
3.1 Sandvik Coromant	26
3.1.1. Nástrojové držáky	26
3.1.2 Výběr soustružnického nože podle katalogu	27
3.1.3 Trendy a vývoj ve firmě Sandvik Coromant	30
3.2 Pramet Tools s.r.o.	31
3.2.1 Nástrojové držáky	31
3.2.2 Výběr soustružnického nože podle katalogu	31
3.2.3 Trendy a vývoj ve firmě Pramet Tools	33
3.3 Shrnutí.....	33
ZÁVĚR	36

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	41

ÚVOD

Soustružení se řadí mezi nestarší a nejjednodušší metody obrábění. Archeologické průzkumy odhalily přítomnost prvních soustružnických nástrojů už v pravěku. Hlavní rozmach obrábění kovů ovšem začal až s příchodem průmyslové revoluce v polovině 18. století. Vývoj se ještě více urychlil v 19. století, kdy byla využita pro pohon pára, kterou později vystřídala elektrická energie. Velkým mezníkem soustružení bylo použití počítačů v průběhu minulého století. Takto počítačem řízené soustruhy (CNC systémy) v současnosti stále více nahrazují běžné konvekční stoje. Především se tak děje díky vysoké přesnosti, flexibilitě a automatizaci výroby.

Soustružení se dá zařadit mezi základní způsoby obrábění, kterými se zhotovují rotační plochy. Tento způsob obrábění je vhodný pro mnoho druhů materiálů např. ocel, litina, dřevo, kompozit atd. Soustružením lze obrábět válcové, tvarové, kuželové či čelní plochy, na soustruzích je také možné zapichovat, vrtat, vystružovat, vyhrubovat, řezat závity, válečkovat, hladit, leštit atd. Jako nástroje se nejčastěji používají soustružnické nože s vyměnitelnými destičkami, které stále častěji nahrazují tvarové nože. Nástrojové držáky musí mít zejména velkou tuhost a musejí odolávat vibracím. U vyměnitelných destiček je kladen velký důraz především na geometrii a materiál destičky. V dnešní době se používají zvláště povlakované slinuté karbidy, cermety, řezná keramika a supertvrdé řezné materiály. Kvůli stále zvyšujícím se požadavkům na jakost obrobeného povrchu musí výrobci nástrojů neustále vyvíjet a zlepšovat nástrojové držáky i samotné vyměnitelné destičky, aby uspěli na trhu.

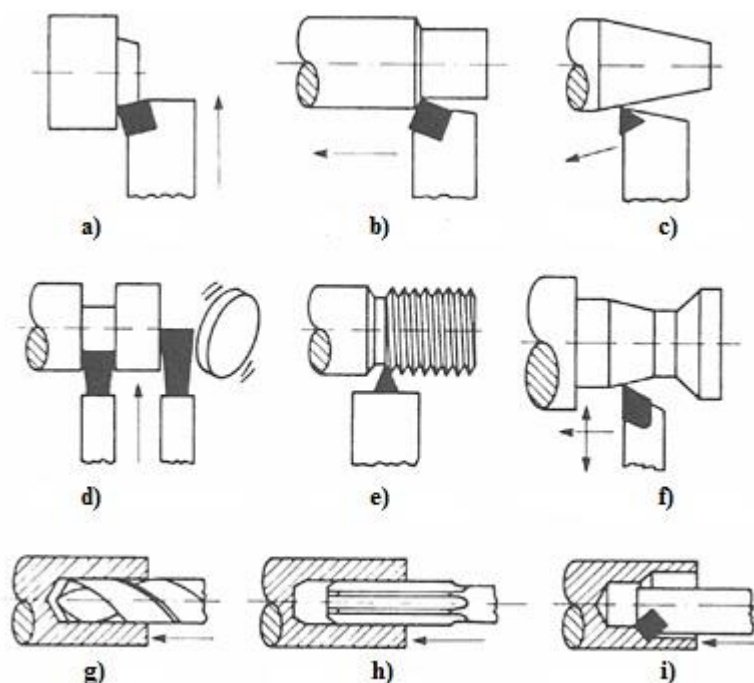
Už od nepaměti soustružení představuje nejčastěji používaný proces obrábění, který má ve strojírenské praxi nezastupitelné místo, a bez tohoto způsobu obrábění si nelze představit světovou průmyslovou výrobu.

1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je obráběcí proces, při kterém se oddělují částice materiálu obrobku břitem nástroje. Toto fyzikálně-mechanické oddělování materiálu se nazývá řezání (řezný proces). U soustružení se jedná o kontinuální řezný proces.

Obrobek koná hlavní řezný pohyb. Jedná se o pohyb rotační. Nástroj se při soustružení nazývá soustružnický nůž a koná přímočarý pohyb. Tento pohyb může být ve směru osy obrobku (podélné soustružení – řezný pohyb po šroubovici) nebo ve směru kolmém na osu obrobku (čelní soustružení – řezný pohyb po Archimedově spirále). Pohyb řezného nástroje lze provádět ručně nebo strojně. V dnešní době se nejvíce využívá strojní posuv, který je automatický či řízen počítačem [11].

Soustružením se obrábí plochy válcové (vnitřní i vnější), kuželové, tvarové, čelní a zá-pichy. Dále lze na soustruzích vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závitů, vroubkovat, vá-lečkovat, hladit, leštit atd. (obr. 1.1) [11].



Obr. 1.1 Příklady základních operací na soustruhu [2]

- a) čelní soustružení, b) podélné soustružení, c) soustružení kuželové plochy, d) zapichování a upichování, e) soustružení závitů, f) tvarové soustružení, g) vrtání, h) vystružování, i) vyvrtávání

Části soustružnického nože (obr. 1.2) [11]:

Stopka – část nástroje, která slouží k upínání nástroje

Základna – plocha stopky nástroje, která slouží pro umístění a orientaci nástroje při jeho výrobě, kontrole a ostření

Řezná část – funkční část nástroje obsahující prvky tvořící třísku – je tvořena ostřím, čelem a hřbetem

Hřbet – plocha nebo souhrn ploch, které směřují k ploše obrobku při řezu – existuje hlavní A_α (směřuje k přechodové ploše) a vedlejší $A_{\alpha'}$ (směřuje k vedlejší ploše)

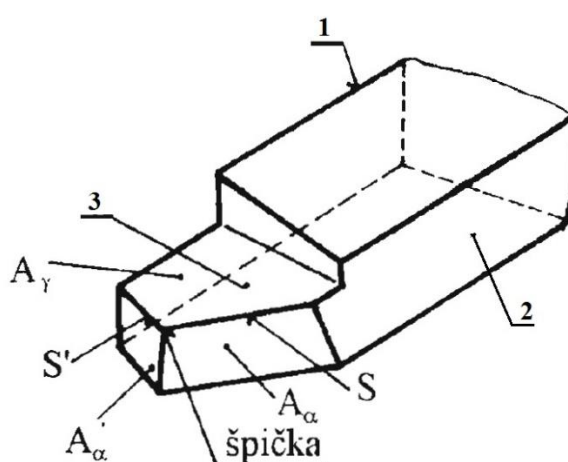
Čelo A_γ – plocha nebo souhrn ploch, po kterých odchází tříška

Utvařec třísky – část čelní plochy sloužící k svinování nebo lámání třísky

Ostří – prvek řezné části, kterým se realizuje proces řezání

- Hlavní ostří S – slouží k vytvoření přechodové plochy na obrobku
- Vedlejší ostří S' – provádí dokončovací práci na obráběné ploše, ale nevytváří přechodovou plochu

Špička – drobná část ostří ležící na spojnici hlavního a vedlejšího ostří (sražená nebo zaoblená)



Obr. 1.2 Hlavní části soustruž. nože [15]

1 – Stopka, 2 – základna, 3 – řezná část

1.1 Kinematika soustružení

Řezný proces se dá popsat následujícími kinematickými vztahy [11]:

Řezná rychlost v_c :

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [mm/min]} \quad (1)$$

Posuvová rychlost v_f :

$$v_f = 10^{-3} \cdot f \cdot n \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

Rychlost řezného pohybu v_e :

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = n \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (3)$$

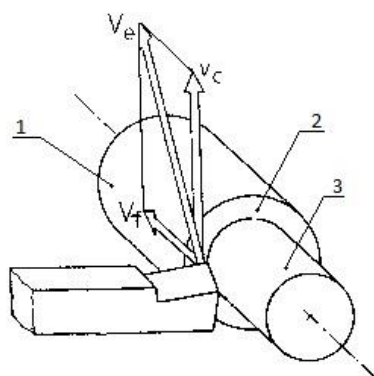
kde:

D [mm] – průměr obráběné plochy

f [mm] – posuv na otáčku obrobku

n [mm⁻¹] – otáčky obrobku

Na obr. 1.3 jsou znázorněny vektory pohybů při soustružení.



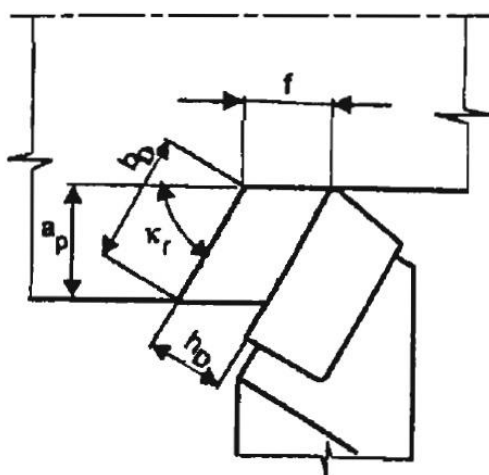
Obr. 1.3 Vektory pohybů při podélném soustružení [8]

v_c – řezná rychlost, v_e – rychlost řezného pohybu, v_f – posuvová rychlost, 1 – obráběná plocha, 2 – přechodová plocha, 3 – obrobená plocha

Ze vztahu (1) je zřejmé, že řezná rychlost v_c je přímo závislá na otáčkách obrobku a průměru obráběné plochy. Při zmenšení průměru obráběné plochy klesá u čelního soustružení řezná rychlost. Jestliže chceme ponechat řeznou rychlost konstantní, musíme adekvátně zvyšovat otáčky obrobku [11].

1.2 Parametry třísky

Třísky vznikají jako vedlejší produkt řezání (obr. 1.4.) Podle řezného procesu mají různé tvary, například: dělená segmentová tříska, plynulá článková tříska. Jejich technologické charakteristiky významně vypovídají o průběhu procesu řezání [11,13].



Obr. 1.4 Průřez odřezávané vrstvy [15]

a_p – šířka záběru ostří, h_D – jmenovitá tloušťka třísky, f – posuv na otáčku obrobku, b_d – jmenovitá šířka třísky, κ_r – nástrojový úhel nastavení hlavního ostří

Jmenovitá šířka třísky b_D :

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ [mm]} \quad (4)$$

kde:

κ_r [°] – nástrojový úhel nastavení hlavního ostří

a_p [mm] – šířka záběru ostří

Jmenovitá tloušťka třísky h_D :

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]} \quad (5)$$

kde:

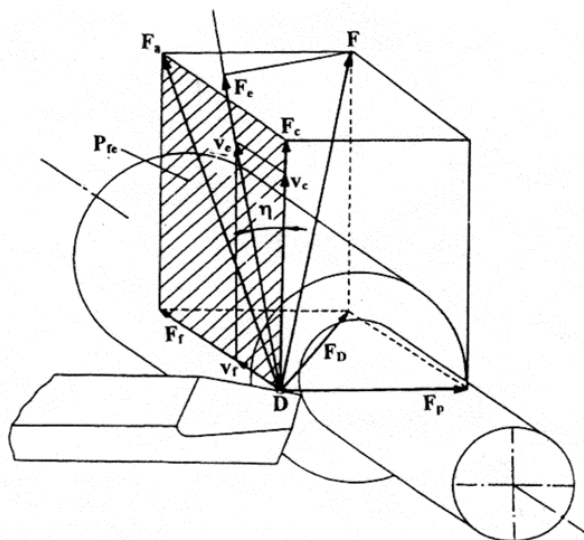
f [mm] – posuv na otáčku obrobku

Jmenovitý průřez třísky a_D , lze získat ze vztahů (4) a (5):

$$a_D = b_D \cdot h_D = f \cdot a_p \text{ [mm}^2\text{]} \quad (6)$$

Z obr. 1.4 a ze vztahů (4) a (5) vyplývá, že nástrojový úhel nastavení hlavního ostří κ_r zásadně ovlivňuje tvar třísky. Tento úhel je důležitý nejen pro tvar třísky, ale má vliv i na směr působení řezných sil, efektivní délku ostří a polohu břitu vůči obrobku. Nástrojový úhle nastavení hlavní ostří κ_r je podstatný pro správnou volbu nástroje a pohybuje se v rozmezí 45°-90°[1].

1.3 Řezné síly a výkon při soustružení



Obr. 1.5 Rozklad celkové řezné síly F při podélném soustružení [14]

D – hlavní bod ostří; F – celková řezná síla; F_a – aktivní síla; F_c – řezná síla; F_D – dimenzionální síla; F_e – pracovní síla; F_r – posuvová síla; F_p – pasivní síla; η - úhel řezného pohybu

Z obr. 1.5 je vidět, že se celková řezná síla F skládá ze tří hlavních sil – řezná síla F_c , pasivní síla F_p a posuvová síla F_r :

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} \text{ [N]} \quad (7)$$

$$F_p = C_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}} \text{ [N]} \quad (8)$$

$$F_f = C_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}} \text{ [N]} \quad (9)$$

kde:

C_{F_c} , C_{F_p} , C_{F_f} [-] – materiálové konstanty pro jednotlivé síly

x_{F_c} , x_{F_p} , x_{F_f} [-] – exponenty vlivu a_p

y_{F_c} , y_{F_p} , y_{F_f} [-] – exponenty vlivu f

a_p [mm] – šířka záběru ostří

f [mm] – posuv na otáčku obrobku

Celková řezná síla se poté stanoví dle vztahu:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \text{ [N]} \quad (10)$$

Měrnou řeznou sílu k_c (12) lze stanovit jako řeznou sílu F_c na jednotku plochy průřezu třísky A_D . Tato síla se velmi mění v závislosti na materiálu a jmenovité tloušťce průřezu třísky h_d [13].

$$k_c = \frac{F_c}{A_D} \text{ [MPa]} \quad (12)$$

kde:

F_c [N] – řezná síla

A_D [mm²] – jmenovitý průřez třísky

Vztah pro řezný výkon P_c :

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{6.10^4} \text{ [kW]} \quad (13)$$

kde:

F_c [N] – řezná síla

v_c [m.min⁻¹] – řezná rychlost

Tento výkon bývá často nazýván také jako užitečný výkon $P_{už}$, efektivní výkon P_{ef} nebo také výkon na vřetenu stroje P_v [13].

Pracovní výkon a posuvový výkon se poté počítá analogicky jako řezný výkon:

$$P_e = \frac{F_e \cdot v_e}{6.10^4} \text{ [kW]} \quad (14)$$

$$P_f = \frac{F_f \cdot v_f}{6.10^4} \text{ [kW]} \quad (15)$$

kde:

F_f [N] – posuvová síla

F_e [N] – pracovní síla

v_e [m.min⁻¹] – rychlost řezného pohybu

v_f [m.min⁻¹] – posuvová rychlost

Výkon obráběcího stroje, který zahrnuje řezný výkon a mechanické ztráty stroje, se stanoví ze vztahu [11]:

$$P_m = \frac{P_c}{\eta} \text{ [kW]} \quad (16)$$

kde:

P_c – řezný výkon

η – mechanická účinnost obráběcího stroje

1.4 Jednotkový strojní čas

U výpočtu jednotkového strojního času je důležité, zda se jedná o podélné či čelní soustružení.

Při podélném soustružení (obr. 1.6) se jednotkový strojní čas určí dle vztahu [13]:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l + l_n + l_p}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (16)$$

kde:

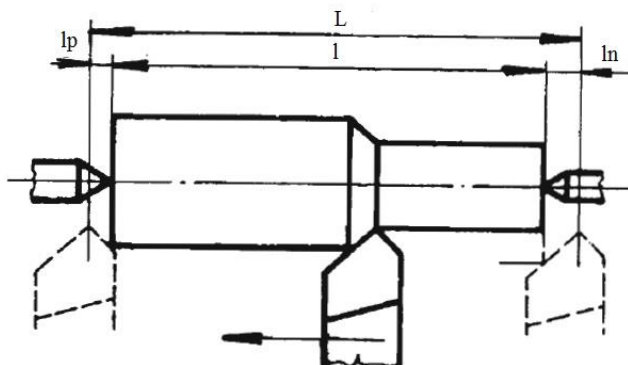
l [mm] – délka obráběné plochy

n [min^{-1}] – otáčky obrobku

l_n [mm] – délka náběhu

f [mm] – posuv na otáčku obrobku

l_p [mm] – délka přeběhu



Obr. 1.6 Schéma pro výpočet jednotkového strojního času – podélné soustružení [15]

Při čelním soustružení je nutné rozdělit jednotkový strojní čas za konstantních otáček t_{ASn} a za konstantní řezné rychlosti t_{ASv} . Pro obrábění za konstantních otáček t_{ASn} platí stejný vztah (16) jako u podélného soustružení [11, 13].

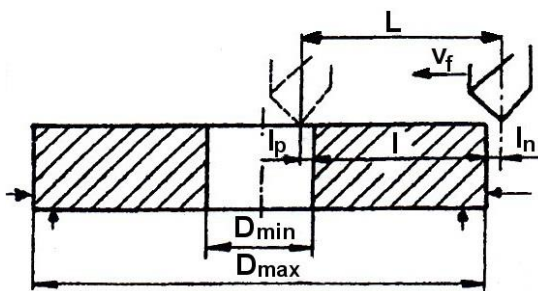
Jednotkový strojní čas pro soustružení čelních ploch (obr. 1.7) za konstantní řezné rychlosti [11]:

$$t_{ASv} = \frac{\pi \cdot [(D_{max} + 2 \cdot l_n)^2 - (D_{min} - 2 \cdot l_n)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot v_c \cdot f} \text{ [min]} \quad (17)$$

kde:

v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] – řezná rychlost

f [mm] – posuv na otáčku obrobku



Obr. 1.7 Výpočet jednotkového strojního času – čelní soustružení [11]

2 CHARAKTERISTIKA SOUSTRUŽNICKÝCH NÁSTROJŮ

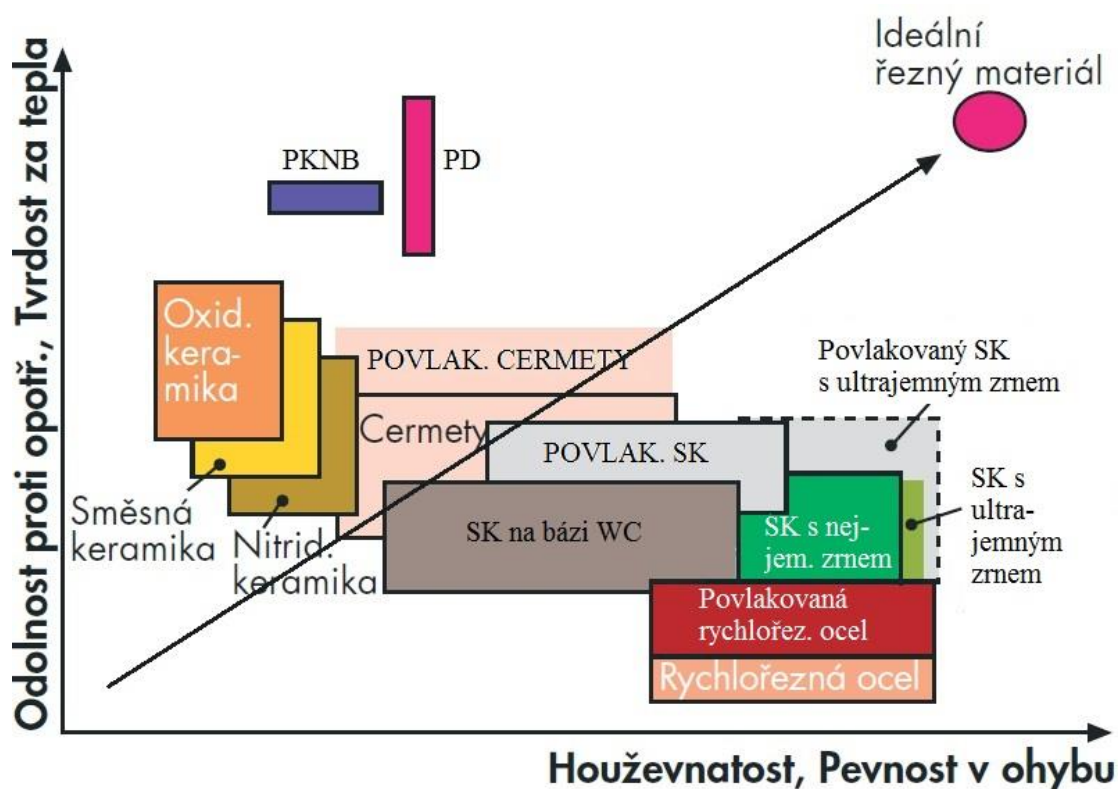
2.1 Nástrojové materiály

Kvalitu a produktivitu výroby přímo ovlivňuje řezná část nástroje vyrobená z nástrojového materiálu. V souvislosti s vývojem nových obráběcích strojů a nových konstrukčních materiálů pro obrábění jsou od nástrojových materiálů stále více požadovány tyto vlastnosti:

- ✓ velká tvrdost a pevnost v tlaku,
- ✓ velká pevnost v ohybu a houževnatost,
- ✓ vysoká odolnost proti otěru,
- ✓ vysoká tepelná vodivost.

Pro výkonné soustružnické nástroje se mezi nástrojové materiály zahrnují: *rychlořezné oceli, slinuté karbidy, cermety, řezná keramika a supertvrdé řezné materiály* [8,11].

Porovnání vlastností jednotlivých nástrojových materiálů je znázorněno na obr 2.1.



Obr. 2.1 Vlastnosti řezných materiálů [8]

2.1.1 Rychlořezné oceli (HSS)

Rychlořezné oceli jsou především vysokolegované nástrojové oceli. Obsahují větší množství legujících prvků W, Mo, Cr, V a Co, které výrazně zvyšují řezné vlastnosti. Řezivost nástroje zvyšuje wolfram (5-20%), který společně s C vytváří karbid wolframu, čímž se zvyšuje tvrdost a odolnost proti otěru. Wolfram je u některých ocelí nahrazen molybdenem. Chrom (cca 4%) zvyšuje kalitelnost a vanad (až 4,5 %) odolnost proti porušení. Nejvíce výkonné oceli obsahují také kobalt (4-10%) [7,8,4].

Rychlořezné oceli se dále rozdělují dle použití [30]:

- ✓ Pro běžné výkony – velká tvrdost a houževnatost, nástroje pro běžné použití
- ✓ Výkonné – vysoká odolnost proti opotřebení a popuštění, nástroje k jemnému a přesnému obrábění
- ✓ Vysoce výkonné – velká odolnost proti opotřebení a nižší houževnatost, nástroje pro vysoce namáhané nástroje k soustružení těžko obrobitelných materiálů

HSS má příznivé mechanické vlastnosti jako tvrdost, pevnost, odolnost proti opotřebení, a to i za vyšších teplot (700°C). Pro zvýšení povrchové tvrdosti a odolnosti proti abrazivnímu a chemickému opotřebení je možné nástroj povlakovat (používají se PVD povlaky, kvůli menšímu tepelnému ovlivnění základu) [4,7,8].

Rychlořezná ocel se využívá především pro tvarové nástroje, upichovací nože a pro nástroje vystavené tepelným rázům či rázům při přerušovaném řezu. Je však zapotřebí použít vhodné řezné prostředí (většinou je nutné použít chlazení ostří). Jejich výhodou je v neposlední řadě poměrně nízká pořizovací cena [4,7,8].

2.1.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy se vyrábějí práškovou metalurgií, v podstatě se jedná o lisování směsi prášku tvrdých karbidických částic s práškem pojícího kovu, poté a následuje slinování při teplotě blízké bodu tavení pojiva. Základní karbidy pro výrobu jsou: karbid wolframu (WC), karbid tantalu (TaC), karbidy niobu (NbC) či chromu (Cr_3C_2) a jako pojivo se používá kobalt (Co). Velikost tvrdých částic je do 10 μ m a zaujímají až 95% celkového objemu. Velikost, druh, rozmístění a množství karbidických částic a druh pojiva určují mechanické, tepelné a chemické vlastnosti SK. Například podíl tvrdých částic nám ovlivňuje tvrdost destičky a podíl pojiva především houževnatost. Rozdělení a oblast použití nepovlakovaných SK je znázorněno v Tab. 1. Dle ISO 513 se SK také označují symboly: **HW** – nepovlakované SK na bázi karbidu wolframu WC, **HT** – nepovlakované SK na bázi karbidu titanu TiC či nitridu titanu TiN a **HC** – povlakované SK (HW, HT) [5,10,13].



Obr. 2.2 Břitové destičky Sandvik Coromant GC 4325 pro výkonné soustružení ocelí [16]

Tab. 1 Rozdělení slinutých karbidů dle ISO 513 [5]

Skupina	Barevné označení	Použití
P	Modrá	Materiál tvořící dlouhou třísku
K	Červená	Materiál vytvářející krátkou třísku (např. šedá litina)
M	Žlutá	Austenitické, korozivzdorné, žáruvzdorné a nemagnetické oceli, slitiny Ti
S	Hnědá	Speciální žáruvzdorné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti
H	Šedivá	Zušlechtnuté oceli s pevností nad 1500 Mpa, kalené oceli s tvrdostí na 48 HRC
N	Zelená	Neželezné kovy, slitiny Al a Cu

V současnosti se vyrábí SK nejčastěji jako povlakované vyměnitelné břitové destičky (obr. 2.2).

Povlakované slinuté karbidy

Z důvodu zvýšení řezné rychlosti a trvanlivosti břitu, avšak při zachování houževnatosti jádra, se vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů začaly povlakovat. Na základní materiál se nanese velmi tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a odolností proti opotřebení. Používá se vhodný materiál: *karbid titanu TiN, nitrid titanu TiN, oxid hlinitý Al₂O₃ a karbonitrid titanu TiCN*. Tato vrstva může být jen jedna (jednovrstvé povlaky) nebo jich může být i více (vícevrstvé povlaky), kdy se vrstvy řadí podle jejich jednotlivých vlastností [1,11,13].

Pro povlakování se nejčastěji používají metody PVD, CVD a v současnosti modifikované metody CVD např.: MTCVD [9].

Metoda PVD – fyzikální napařování. Tato metoda probíhá za nižších teplot (350-600°C). Povlak se vytváří nejčastěji napařováním, napařováním nebo iontovou implantací. Jako výhody můžeme uvést dobrou odolnost vůči otěru, povlakování i ostrých hran a houževnatost. Mezi nevýhody se řadí důkladnější příprava povrchu (čištění, odmaštění), tenčí vrstva povlaku či směrový účinek [11].

Metoda CVD – chemické napařování z plynné fáze. Metoda probíhá za vysokých teplot (1000 – 1200 °C) a používá se jako hlavní metoda povlakování u SK. K výhodám této metody se řadí velká adheze mezi povlakem a základním materiálem, povlakování složitých tvarů, všestranný účinek a variabilita typů povlaků. Nevýhody ovšem jsou: ovlivnění podkladového materiálu, zbytková tahová napětí v povlaku a nelze povlakovat ostré hrany [11].

Metoda MTCVD – Na rozdíl od metody CVD se nanášejí povlaky za nižších teplot (700-850°C). Velkou předností této technologie je to, že břitové destičky jsou odolnější proti mechanickým rázům. Používá se větší posuvová rychlost a zvyšuje se houževnatost [11].

V současné době se kromě klasických materiálů začaly používat nové materiály např. [11]: CrN, HfN, ZrN, TiZrN, TiAlN, Ti₂N, TiAlSiN, AlTiN, TiN/TaN, TiN/NbN, TaC, ZrC, HfC, TaN, TaCN, (Ti-Cr)CN, TiC+TiB₂, CrC, B₄C, či Al₂O₃+ZrO₂.

2.1.3 Cermety

Cermet je tvrdý materiál kovokeramického charakteru. U cermetů jsou tvrdé složky tvořeny karbidem titanu (TiC), karbonitridem titanu (TiCN) a nitridem titanu (TiN). Původně se jako pojivo používal především nikl (Ni), dnes už se používá zejména pojivo na bázi kobaltu (CO) [1,8,21].

Mezi zajímavé vlastnosti cermetů se řadí [1]:

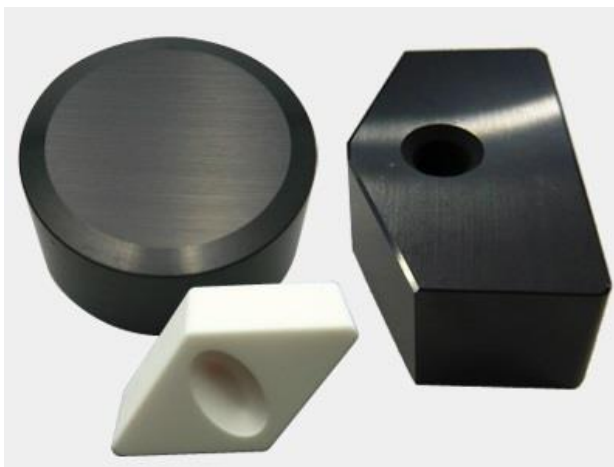
- ✓ vysoká chemická stabilita a tvrdost za tepla,
- ✓ vysoká pevnost hřbetních ploch a odolnost proti vymílání,
- ✓ malý sklon k oxidačnímu opotřebení,
- ✓ nízký sklon k tvorbě nárůstků.

Používají se jako VBD pro dokončovací operace u korozivzdorných ocelí, nodulárních litin, nízkouhlíkových a feritických ocelí obzvláště tam, kde jakost obrobeného povrchu, přesnost rozměrů a trvanlivost bříty jsou důležitými požadavky [8,21].

2.1.4 Řezná keramika

Jedná se o nekovový materiál, kde je hlavní složkou anorganická sloučenina nekovového charakteru. Mezi hlavní vlastnosti řezné keramiky se dá zahrnout vysokou tvrdost za tepla, chemická stálost, malý rozměr zrna (pod 1 μ m), nízká houževnatost a nízká měrná hmotnost. Keramika se řadí mezi velmi výkonné nástrojové materiály (řezné rychlosti až 1800°C) a její úspěšné použití ve velké míře závisí na určitých podmínkách, jako jsou: tuhost stroj-nástroj-obrobek, rozdělení a vedení řezu, stabilita upnutí obrobku, výborný stav obráběcího stroje, sražení náběhových hran atd. [1,9,11].

Řezná keramika se obvykle využívá pro výrobu VBD (obr. 2.4) a lze ji rozdělit na dva základní druhy – *oxidovaná keramika* a *nitridová keramika*.



Obr. 2.4 Vyměnitelné břitové destičky z řezné keramiky [6]

Oxidovaná keramika se dále dělí na čistou, polosměsnou a směsnou. Čistá keramika (CA) obsahuje 99,9% Al_2O_3 . Jelikož má nízkou pevnost v tlaku, houževnatost a tepelnou vodivost, používá se zejména jen pro jemné dokončování. Barva čisté keramiky je slonově bílá. Polosměsná keramika (CA) je směs Al_2O_3 a nejčastěji 15-20% ZrO_2 . Na rozdíl od čisté keramiky má vyšší pevnost a houževnatost. Barva této keramiky je bílá. Směsná ke-

ramika (CM) má černou barvu. Obsahuje Al_2O_3 a 20-40% karbidu titanu, který zvyšuje pevnostní vlastnosti a také odolnost proti teplotním rázům.

Nitridová keramika (CN) je keramika na bázi nitridu křemíku (Si_3N_4). Tato keramika je houževnatější než oxidovaná keramika a má vysokou tvrdost za teplot, ve kterých SK neobstává. Používá se zejména pro obrábění šedé litiny a litiny s hrubou licí kůrou, kde mohou řezné rychlosti dosáhnout přes $1000 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Destičky z nitridové keramiky se vyrábí lisováním za studena a následným slinováním nebo lisováním za tepla s vybrušováním tvarů [1,9,11].

V současné době lze všechny druhy řezné keramiky vyrábět s vyztužujícími vlákny – whiskery, které zvyšují hodnotu lomové houževnatosti, čímž kladně ovlivňují řezné vlastnosti [1,9,11].

2.1.5 Supertvrdé materiály

Do této skupiny materiálů patří především *polykrystalický nitrid bóru* a *polykrystalický diamant*. Jelikož mají dobré mechanické vlastnosti (vysoká tvrdost), používají se především pro speciální aplikace, kde nevádí i jejich vysoká cena [1].

Polykrystalický nitrid bóru (PKNB) má vysokou tvrdost za tepla (až do $2000 \text{ }^\circ\text{C}$), vysokou odolnost proti opotřebení, dobrou chemickou stabilitu a houževnatost. Jedná se o spojení kubických krystalů bóru s kovovým či keramickým pojivem za vysokých tlaků a teplot. Vlastnosti tohoto materiálů lze ovlivnit změnou velikosti krystalu, obsahu a druhu pojiva. PKNB se vyrábí jako řezné těleso připájené na břitové destičce ze slinutého karbidu nebo jako monolitní vyměnitelná břitová destička. Používá se zejména pro obrábění tvrdých ocelových a litinových materiálů, tepelně odolných slitin a lze jím nahradit broušení při dokončovacím obrábění [1,8,13].

Polykrystalický diamant (PD) je nejtvrdší nástrojový materiál, který odolává vysokému abrazivnímu opotřebení. Oproti SK může za určitých podmínek dosahovat znatelně delší trvanlivosti břítu. Malé břítý PD jsou přislínovány na vyměnitelné břitové destičce z SK, díky níž odolávají tepelným a rázovým šokům. Použití polykrystalického diamantu má však velké omezení - kvůli afinitě diamantu (čistý uhlík) k železu ho nelze používat pro obrábění železných materiálů. Teploty v oblasti řezání nesmí překročit $600 \text{ }^\circ\text{C}$, je kladen důraz na tuhost stroj-nástroj-obrobek. Používá se tedy zejména k obrábění abrazivních slitin hliníku a křemíku, mědi, bronzů, slitin zinku a olova. Často se doporučuje také pro obrábění kompozitních materiálů, keramiky, titanu a tvrdých přírodních materiálů (mramor, žula) [1,8,9].

2.2 Rozdělení soustružnických nožů

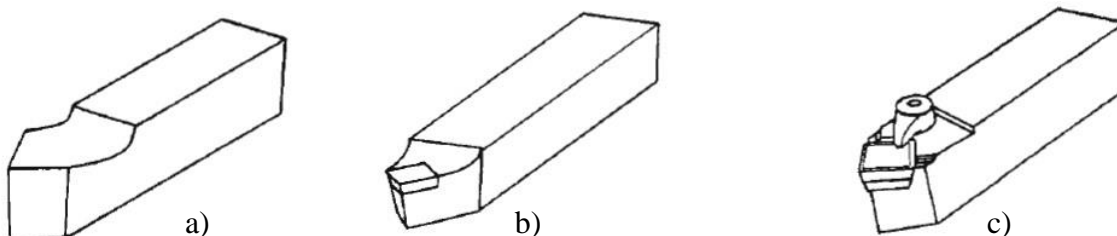
Soustružnický nůž je nejvíce používaný nástroj při soustružení. Nože se rozdělují z technologického hlediska [11]:

- ✓ radiální nože,
- ✓ kotoučové nože,
- ✓ tangenciální nože,
- ✓ prizmatické nože.

Kotoučové, tangenciální a prizmatické nože je možné zařadit mezi tvarové nože.

2.2.1 Radiální nože

Radiální nože se používají stále častěji a vytlačují ostatní druhy nožů. Dají se rozdělit podle mnoha kritérií.

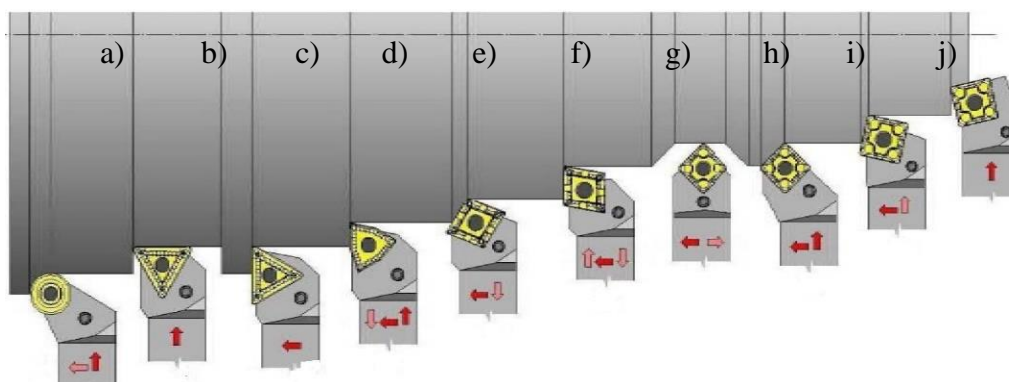


Obr. 2.6 Soustružnické nože – a) celistvý, b) s pájenou břitovou destičkou, c) s VBD [15]

Rozdělení z hlediska konstrukce [3,11,12]:

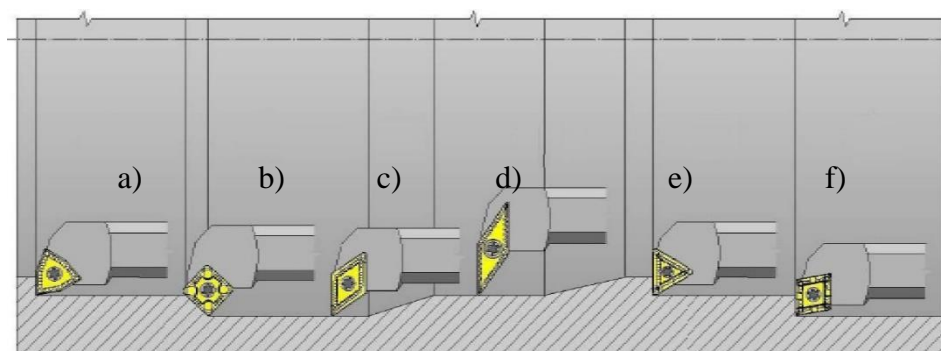
- ✓ *Celistvé* – řezná část a těleso nástroje z nástrojového materiálu tvoří jeden celek (obr. 2.6a),
- ✓ *S pájenými břitovými destičkami* – na těleso z konstrukční oceli je připájena břitová destička z řezného materiálu (obr. 2.6b),
- ✓ *Modulární* – hlavice s VBD se upevní pomocí upínacího systému do základního držáku,
- ✓ *S vyměnitelnými břitovými destičkami* – do nožového držáku (z konstrukční oceli) se upne pomocí upínacích systémů ISO, vyměnitelná destička (z řezného materiálu) viz obrázky 2.6c, 2.7, 2.8.

Nože se dají rozdělit také podle směru posuvu na pravé (pohyb zprava doleva k vřetenu) a levé (pohyb zleva doprava ke koníku). Rovněž se dělí dle způsobu obrábění – pro obrábění vnějších ploch (obr. 2.7) a pro obrábění vnitřních ploch (obr. 2.8). Z hlediska tvaru nože je možno rozdělit na přímé a ohnuté. Všechny tyto nože lze také rozdělit na uběrací, upichovací, zapichovací, kopírovací, tvarové a závitové nože [11].



Obr. 2.7 Radiální soustružnické nože s VBD pro obrábění vnějších ploch [3]

a – rádiusový, b – hladící, c – ubírací stranový, d,f – rohový, e,i – ubírací přímý, g – ubírací oboustranný, h – ubírací ohnutý, j – ubírací čelní



Obr. 2.8 Radiální soustružnické nože s VBD pro obrábění vnitřních ploch [3]
a,e – vnitřní rohový; b,c,f – vnitřní ubírací, d – vnitřní kopírovací

Radiální nože s vyměnitelnými břitovými destičkami:

Výrobci nástrojů a nástrojových materiálů na celém světě používají pro označení radiálních nožů s VBD jednotný systém ISO. Jednotlivé označení vnitřních a vnějších soustružnických nožů je uvedeno v přílohách 1 a 2. Zde je uveden jednoduchý příklad označení [19]:

Vnější nůž:

PCLNR-3225L12-S

kde:

P – způsob upínání, C – tvar destičky, L – tvar nože, N – úhel hřbetu, R – směr řezu, 32 – výška držáku, 25 – šířka držáku, L – celková délka, 12 – velikost destičky, S – údaje výrobce

Vnitřní nůž:

A40T-PCLNL12-X

kde:

A – provedení držáku, 40 – průměr držáku, T – celková délka, P – způsob upínání, C – tvar destičky, L – tvar nože, N – úhel hřbetu, L – směr řezu, 12 – velikost destičky, X – údaje výrobce

Vyměnitelné břitové destičky se vyrábějí jako vícebřité, což znamená, že se nemusí po otupění břitu destička vyměnit, ale pouze se otočí do nové polohy (např.: čtvercová oboustranná destička má až 8 břitů). Břitové destičky (obr. 2.9) se nejčastěji vyrábějí ze slinutých karbidů, dále z řezné keramiky, cermetů, polykrystalického diamantu (PD) a polykrystalického kubického nitridu boru (PKNB). Na čele destiček mohou být předlisovány (nebo vybroušené) utvařeče třísek [11].

Podobně jako soustružnické nože se také vyměnitelné břitové destičky označují jednotným systémem označování ISO. V příloze 3 je uvedeno označování VBD z SK. Vyměnitelné destičky z cermetů se označují podle stejného systému, keramické destičky mají trochu odlišný systém a VBD ze supertvrdých materiálů používají pro označování jednotlivé prvky ze SK [19].



Obr. 2.9 Příklady VBD z různých řezných materiálů, různých tvarů, velikostí a geometrií [20]

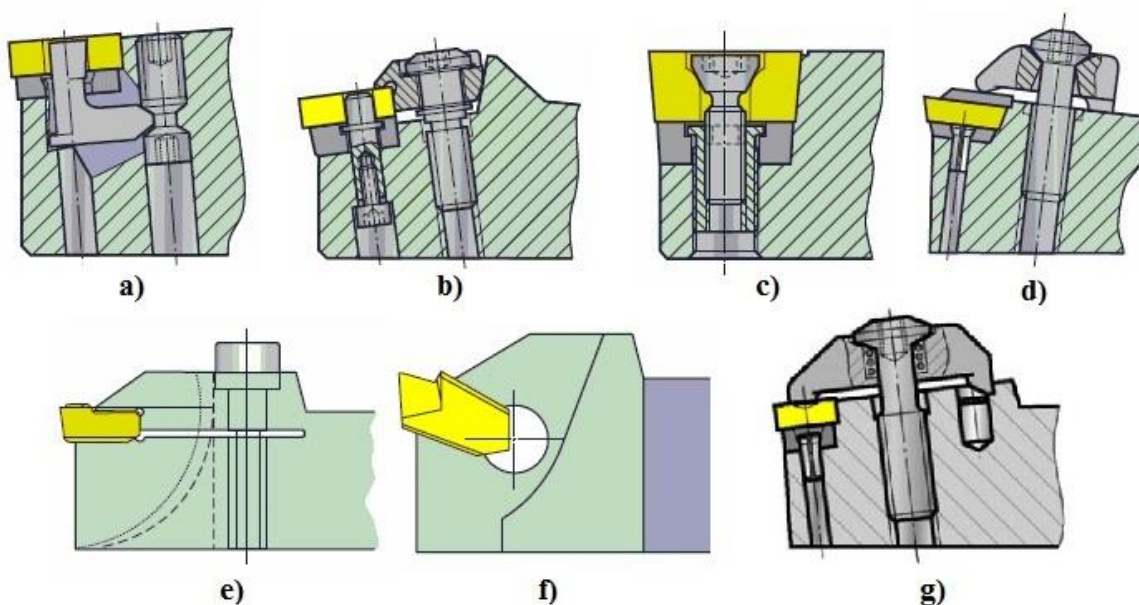
Příklad označení VBD [19]:

TNMG BB0408 EN-M

kde:

T – tvar destičky, N – úhel hřbetu, M – tolerance, G – provedení, 22 – délka ostří,
04 – tloušťka, 08 – rádius špičky, E – provedení řezné hrany, N – směr posuvu,
M - utvařeč

Upínání VBD:



Obr. 2.10 Upínací systémy vyměnitelných břitových destiček [18]

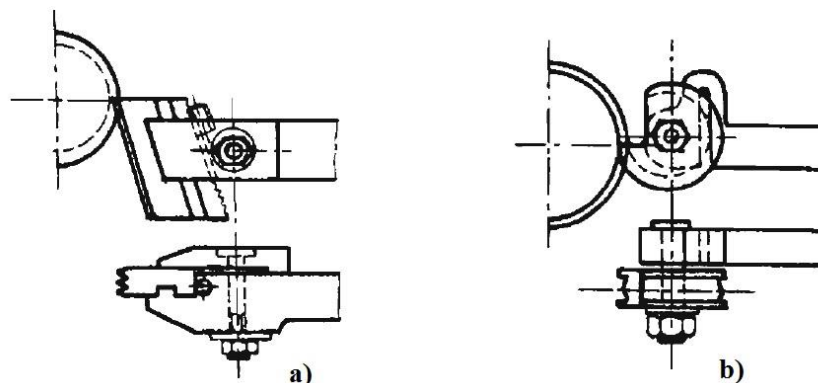
a) typ P, b) typ M, c) typ S, d) typ C, e) typ G, f) typ X, g) typ D

Vyměnitelné břitové destičky se mechanicky připevňují k nožovému držáku. Toto upevnění se rozděluje do několika základních systémů (obr.2.10). Upínací systém je volen podle velikosti obrobku a druhu operace. Řezné odpory nesmí zatěžovat upínací mechanismus, a

proto musí být VBD uloženy v nožovém držáku tak, aby odpory směřovaly do stěn pro ně vytvořených vybrání [13].

2.2.2 Kotoučové nože

Kotoučové nože (obr.2.11b) se používají pouze jako tvarové nože. Tvar obrobené plochy není stejný jako tvar obvodu kotoučového nástroje. Ostřit nůž (provádí se na čele) lze vícekrát, aniž by se změnil jeho funkční tvar. Profil tohoto nože se stanovuje v jeho radiálním řezu nejčastěji pro $\gamma_o > 0$ [13].



Obr. 2.11 Soustružnické nože [3]

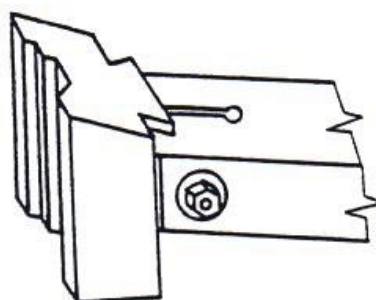
a – tangenciální, b – kotoučové

2.2.3 Tangenciální nože

Tyto nože (obr. 2.11a) se častokrát používají na soustružnických revolverových automatech a rovněž se používají jako tvarové nože. Soustružení začíná na maximálním průměru (jmenovitá tloušťka třísky je maximální) a končí, je-li tloušťka třísky minimální dokončným povrhu. Při dokončování se pracovní úhel mění ze záporných hodnot na pozitivní [13].

2.2.4 Prizmatické nože

Prizmatickými noži (obr 2.12) se soustruží vnější tvarové plochy pomocí zapichování. Ostření nože se provádí na čele, avšak funkční profil a tvar obráběné plochy se nemění [13].



Obr. 2.12 Prizmatický soustružnický nůž [11]

3 SOUSTRUŽNICKÉ NÁSTROJE V SORTIMENTU VÝROBY NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOMÁCÍCH A SVĚTOVÝCH PRODUCENTŮ NÁSTROJŮ

Jelikož firma Sandvik Coromant je největší výrobce řezných nástrojů na světě, byla vybrána pro porovnání s tuzemským výrobcem řezných nástrojů, firmou Pramet Tools, s.r.o.. Porovnání sortimentu bylo omezeno pouze na stopkové nože pro vnější soustružení, kde je VBD upnutá systémem D s tvarem VBD C.










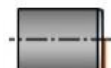
3.1 Sandvik Coromant

Firma Sandvik Coromant se zabývá výrobou a vývojem řezných nástrojů a to nejen pro soustružení, ale i frézování a vrtání. Dále se zabývá upínáním nástrojů a výrobou vyměnitelných břitových destiček. Tato švédská firma patří mezi nejvýznamnější producenty řezných nástrojů na světě a je součástí globální průmyslové skupiny Sandvik [28].

Sandvik Coromant vyrábí nože pro vnitřní a vnější soustružení, dále pro řezání závitů, upichování a zapichování.

3.1.1. Nástrojové držáky

Firma Sandvik Coromant rozděluje svoje nástrojové držáky dle dvou parametrů (obr. 3.1). Zaprvé podle systému upínání břitových destiček a zadruhé podle toho, zda jde o VBD s negativní či pozitivní geometrií nebo o břitové destičky z PKNB anebo řezné keramiky.

Systém pro upínání nástrojů	Břítové destičky s negativní geometrií			Břítové destičky s pozitivní geometrií		Keramické a CBN břitové destičky	
	CoroTurn® RC	T-Max P		CoroTurn® 107	CoroTurn® TR	CoroTurn® RC	T-Max®
	 Pevná upínka	 Upínání pákou	 Provedení s klínovou upínkou	 Upínání šroubem	 Upínání šroubem	 Pevná upínka	 Upínání upínkou shora
 Podélné soustružení/čelní soustružení	●●	●	●	●	●	●●	●
 Tvarové obrábění	●●	●	●	●●	●●	●●	●
 Čelní soustružení	●●	●	●	●		●●	●

●● = Doporučený nástrojový systém ● = Alternativní nástrojový systém

Obr. 3.1. Upínací systémy firmy Sandvik Coromant [20]

Upínací systém CoroTurn RC (obr. 3.2) je doporučen především pro břitové destičky s negativní geometrií. Je zajištěno pevné upnutí a vynikající zaměnitelnost břitových destiček především díky kombinaci upevňovací síly a polohy VBD [27].



Obr. 3.2 Nástroj s upínacím systémem CoroTurn RC [27]

Systém CoroTurn 107 je určen především pro soustružení malých a štíhlých součástek a to zejména při použití břitové destičky s pozitivní geometrií. U tohoto systému je k dispozici také speciální geometrie pro použití vysokotlakého přívodu řezné kapaliny (systém CoroTurn HP).

CoroTurn TR je vhodný pro vnější tvarové a kopírovací obrábění. Společně se systémem iLock (obr. 3.3) je vynikající pro obrábění součástí, kde je kvůli pohybům břitové destičky těžké udržet rozměrovou přesnost nebo kde se provádí častá korekce [23].



Obr. 3.3 CoroTurn TR se systémem iLock [23]

Systém T-max P s upínací pákou je primárně určen pro břitové destičky s negativní geometrií. Otočením upínacího šroubu tlačí otočná páka na VBD a přitlačuje ji k oběma bočním stranám [24].

3.1.2 Výběr soustružnického nože podle katalogu

První krok při výběru nástroje je volba vhodného upínacího systému. Při vybírání držáku je dobré se řídit druhem operace a také trochu velikostí obrobku. Upínací systém se zvolí z obr. 3.1, kde se volí podle obecných operací. Sandvik Coromant doporučuje pro běžné soustružení přednostně používat upínací systém CoroTurn RC, který zhruba odpovídá systému D [1].

V dalším kroku se určí typ držáku. Faktory ovlivňující volbu jsou především: směr posuvu, řezné podmínky, upnutí obrobku a nástroje. Složené operace pro výběr držáku je vhodné rozdělit. Podle firemní příručky jsou základní pravidla pro výběr: zvolit co největší držák z důvodu velké tuhosti a měl by být zvolen co nejmenší úhel nastavení hlavního ostří, který se s ohledem na obrábění může použít. Firma Sandvik Coromant nabízí dva typy držáků, a to modulární rychloměnitelný systém Coromat Capto (obr 3.4) nebo konvekční stopkový nástroj. Pro lepší porovnání byl vybrán stopkový nástroj s upínacím systémem Coroturn RC [1,20].
















Při výběru tvaru VBD se doporučuje zvolit takovou vyměnitelnou destičku, která má větší úhel špičky a to především z důvodu lepší pevnosti a stability bříty. Nevýhodou větší špičky je ovšem horší přístupnost a sklon ke vzniku vibrací. Při výběru úhlu špičky je tedy nutné tyto vlastnosti zohlednit. Jako kompromis se často používá VBD kosočtverečného tvaru s úhlem špičky 80° [1].



Obr. 3.4 Hlavice pro modulární systém Coromat Capto [22]

Dále je nutné vybrat velikost vyměnitelné břitové destičky. Velikost se vybírá zohledněním šířky záběru ostří při požadovaném obrábění. Pro porovnání byly zvoleny destičky o velikosti 19 mm, které se hodí pro střední obrábění (tab. 3.2. kap 3.3).

Pro podélné soustružení byl vybrán úhel špičky destičky 80° , kterému odpovídají nástrojové úhly hlavního ostří dle katalogu $\kappa_r = 95^\circ$, $\kappa_r = 75^\circ$ a nedávno nově přidaná varianta s nástrojovým úhlem $\kappa_r = 91^\circ$ (obr. 3.5).

CoroTurn® RC - s pevnou upínkou	Úhel nastavení (Úhel hlavního bříty)						
	$\kappa_r 95^\circ (-5^\circ)$	$\kappa_r 91^\circ (-1^\circ)$	$\kappa_r 91^\circ (-1^\circ)$	$\kappa_r 75^\circ (15^\circ)$	$\kappa_r 75^\circ (15^\circ)$	$\kappa_r 75^\circ (15^\circ)$	$\kappa_r 107.5^\circ (-17.5^\circ)$
							
							
	DCLNR/L	DCFNR/L	DCGNR/L	DCKNR/L	DCBNR/L	DCRNR/L	DDHNR/L
Velikost břitové destičky, mm	09-25	12	12-19	12-16	12-19	12-19	15
Velikost VBD ϕ C, inch	3/8-1	1/2	1/2-3/4	1/2-5/8	1/2-3/4	1/2-3/4	1/2
Rozměry stopky, mm	16-50	-	-	20-40	20-40	-	20-32
Rozměry stopky, in	.625-1.500	1.000	1.000-1.250	.750-1.250	-	.750-1.500	-
Strana	A137	A138	A138	A138	A139	A139	A140

Obr. 3.5 Stopkové nástroje pro destičky s negativní geometrií [20]

Jelikož se nástrojové držáky DCFNR/L, DCGNR/L a DCRNR/L vyrábějí výhradně v palcových rozměrech, pro porovnání byly vybírány pouze úhly $\kappa_r = 95^\circ$ a 75° . Pro zvole-

nou velikost destičky 19 mm nejlépe odpovídá varianta s úhlem $\kappa_r = 95^\circ$, čemuž odpovídají čtyři varianty stopkového držáku. Dle pravidla o volbě největšího možného držáku byl zvolen držák o šířce 40 mm, výšce také 40 mm a celkovou délkou 250 mm. Takto vybraný držák pro pravý směr obrábění má objednávací kód DCLNR 4040 S19 (obr. 3.6) [20].

Nyní se dle vybraného držáku a obráběného materiálu zvolí vyměnitelná břitová destička. Pro běžné obrábění oceli byla zvolena třída P (Tab.1). Tomu odpovídají 3 varianty destiček CNMG-PM s technologií Wiper, které se liší pouze v poloměru zaoblení (obr. 3.7). Byl zvolen poloměr $r_\epsilon = 1,2$ mm, protože se nepředpokládá, že by byl nůž použit k dokončovacím operacím. Technologie Wiper je obchodní označení geometrie VBD, která zvyšuje kvalitu obrobené plochy a rychlost posuvu, čímž se zvyšuje produktivita soustružení. Jako první volbu doporučuje Sandvik Coromant destičky z materiálu GC2225 (obr. 3.8). Jedná se o povlakovaný slinutý karbid metodou CVD. Tento materiál je vhodný pro spojitě i přerušovaný řezy s velkými rychlostmi úběru kovu. Mimo tento materiál Sandvik Coromant nabízí velké množství druhů povlakovaných slinutých karbidů, cermetů, řezné keramiky a PKNB [20].

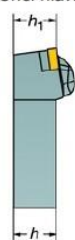
Stopkové nástroje

CoroTurn® RC - s pevnou upínkou

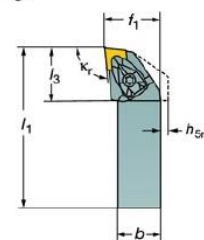


- CNMM, CNGP
- CNMG
- CNMA, CNGA

Úhel nastavení:
Úhel hlavního břítu:



DCLNR/L
 $\kappa_r 95^\circ$
 -5°



Hlavní použití	ISO	Objednací kód	Rozměry, mm								Měrné břitové destičky		Nm ³
			b	f ₁	h	h ₁	l ₁	l ₃	γ^1	λ_{s2}			
	19	DCLNR/L 2525M 19	25	32	25	25	150	43.7	-6°	-6°	CNMG 19 06 12	6.4	
		DCLNR/L 3225P 19	25	32	32	32	170	43.7	-6°	-6°	CNMG 19 06 12	6.4	
		DCLNR/L 3232P 19	32	40	32	32	170	43.2	-6°	-6°	CNMG 19 06 12	6.4	
		DCLNR/L 4040S 19	40	50	40	40	250	43.4	-6°	-6°	CNMG 19 06 12	6.4	
		DCLNR/L 4040S 25	40	50	40	40	250	53.2	-6°	-6°	CNMG 25 09 24	9.5	
		DCLNR/L 5050T 25	50	60	50	50	300	53.2	-6°	-6°	CNMG 25 09 24	9.5	

Obr. 3.6 Stopkové nástroje CoroTurn RC s pevnou upínkou DCLNR/L [20]

ISO	jC	P												M					K					N					S					ANSI
		GC	GC	GC	GC	GC	CT	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC			
		1515	1525	4205	4215	4225	4235	5015	1115	1125	2015	2025	2035	235	3005	3205	3210	3215	GC	H13A	H13A	1105	1115	1125	GC	H10A	H13A	GC	S05F	GC				
	CNMG 09 03 04-PM	09	3/8					*	*	*	*																				CNMG 321-PM			
	CNMG 09 03 08-PM				*	*	*	*																							CNMG 322-PM			
	CNMG 12 04 04-PM	12	1/2			*	*	*	*																						CNMG 431-PM			
	CNMG 12 04 08-PM				*	*	*	*																							CNMG 432-PM			
	CNMG 12 04 12-PM				*	*	*	*																							CNMG 433-PM			
	CNMG 12 04 16-PM				*	*	*	*																							CNMG 434-PM			
	CNMG 16 06 08-PM	16	5/8		*	*	*	*																							CNMG 542-PM			
	CNMG 16 06 12-PM				*	*	*	*																							CNMG 543-PM			
	CNMG 16 06 16-PM				*	*	*	*																							CNMG 544-PM			
CNMG 19 06 08-PM	19	3/4		*	*	*	*																							CNMG 642-PM				
CNMG 19 06 12-PM				*	*	*	*																							CNMG 643-PM				
CNMG 19 06 16-PM				*	*	*	*																							CNMG 644-PM				

Obr. 3.7 VBD z katalogu Sandvik Coromant [20]



Ocel, ocelolitina, temperovaná litina s dlouhou třískou.

GC4225 (HC) - P25 (P10 - P40)

Karbidová třída s CVD povlakem určená pro dokončování až hrubování ocelí a ocelí na odlitky. Kombinace gradientního substrátu s tvrdostí a houževnatostí optimalizovanou pro soustružení ocelí a tlustého otěruvzdorného povlaku. Tato třída umožňuje provádění spojitých, stejně jako přerušovaných řezů s velkými rychlostmi úběru kovu. Třída s velmi širokou oblastí použití.

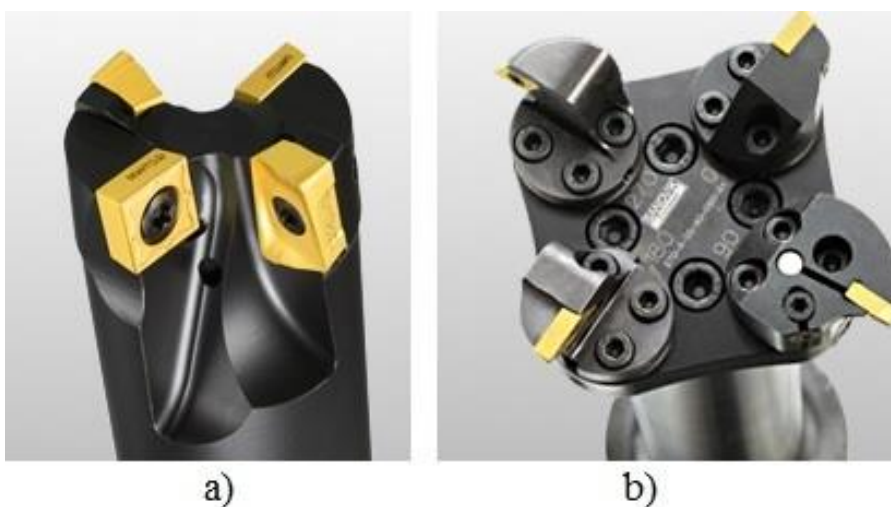
Obr. 3.8 Popis materiálu GC4225 [20]

3.1.3 Trendy a vývoj ve firmě Sandvik Coromant

Společnost Sandvik Coromant nedávno přišla na trh se zajímavými nástroji CoroPlex MT a CoroPlex SL.

Coroplex MT (obr. 3.9a) je víceúčelový nástroj pro frézování a soustružení. Tento nástroj lze použít jednak jako výkonný nástroj pro frézovací operace, tak i jako stacionární nástroj pro soustružení vnitřních a vnějších ploch. Břitové destičky CoroMill 390 (slouží pro frézování) jsou trochu přesazeny před břitové destičky CoroTurn, které se používají na soustružení. Tímto přesazením nehrozí, že by se destičky CoroTurn zničily při frézování [25].

Coroplex SL (obr.3.9b) je víceúčelový nástroj pro soustružení, upichování, zapichování a řezání závitů. Jedná se o malou revolverovou hlavu se čtyřmi řezacími hlavami a nástrojovým adaptérem Coromant Capto. Lze tedy poskládat multifunkční nástroj, který se hodí pro více operací. Tím se především zkrátí čas potřebný pro výměnu nástroje [26].



Obr. 3.9 a) CoroPlex MT b) CoroPlex SL [25,26]

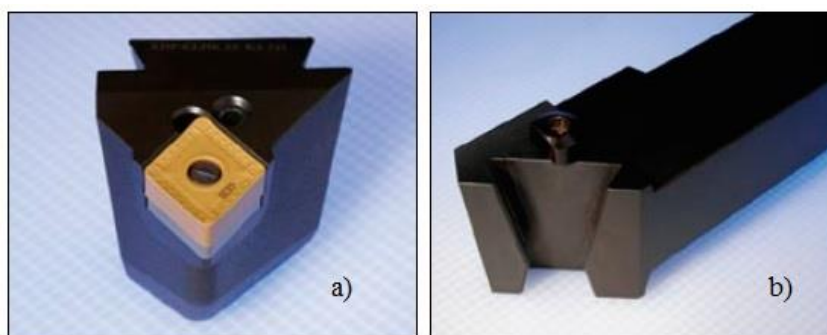
3.2 Pramet Tools s.r.o.

Také firma Pramet Tools se zabývá výrobou řezných nástrojů a to především pro soustružení, frézování, vrtání a vyvrtávání. Firma Pramet Tools je největší, nejvýznamnější a prakticky jediná firma, která se zabývá vývojem, výrobou a prodejem obráběcích nástrojů v České Republice.

Stejně jako Sandvik Coromant vyrábí Pramet Tools soustružnické nože pro vnitřní a vnější soustružení, řezání závitů, upichování a zapichování.

3.2.1 Nástrojové držáky

Firma Pramet Tools na rozdíl od Sandvik Coromant svoje nástrojové držáky dělí podle normy, a to na ISO D, ISO P, ISO S a ISO M. Od roku 2014 už nefigurují v nabídce firmy nástrojové držáky ISO C. Nyní je upřednostňován systém ISO D. Pramet Tools nabízí systém ISO D pro pozitivní i negativní břitové destičky (Sandvik pouze pro negativní VBD). Většinu držáků vyrábí Pramet Tools vyrábí jako stopkové nástroje, pouze ISO P dodává také se systémem upínání pomocí vyměnitelných hlavic s rybinovým vedením (obr. 3.10) a ISO S se systémem stavitelných držáků [19].



Obr. 3.10 Systém upínání ISO P pomocí hlavic [19]

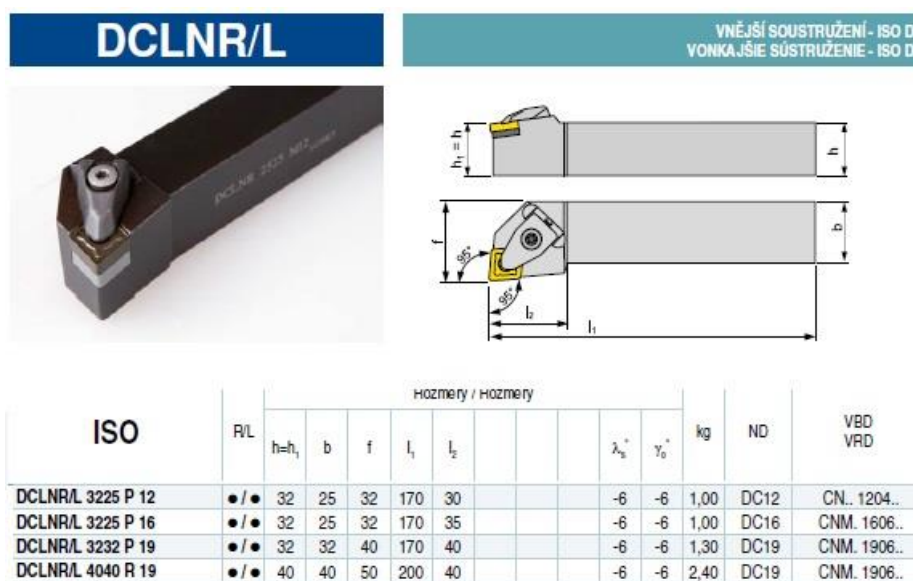
a) Hlavice s VBD b) Držák nože

3.2.2 Výběr soustružnického nože podle katalogu

Také u výběru nože z katalogu Pramet Tools je nejdříve nutné vybrat způsob upnutí břitové destičky. Pramet Tools podobně jako Sandvik Coromant doporučuje pro běžné podélné soustružení volit přednostně systém upnutí ISO D (Sandvik tento systém nazývá CoroTurn RC). Stejně jako Sandvik Coromant, také Pramet Tools doporučuje volit rozměry držáku co největší s ohledem na stroj. V případě nejasné volby navíc ve svém katalogu uvádí nomogram (Příloha 4), který umožňuje optimální volbu velikosti držáku s ohledem na použité řezné podmínky a vyložení nástroje.

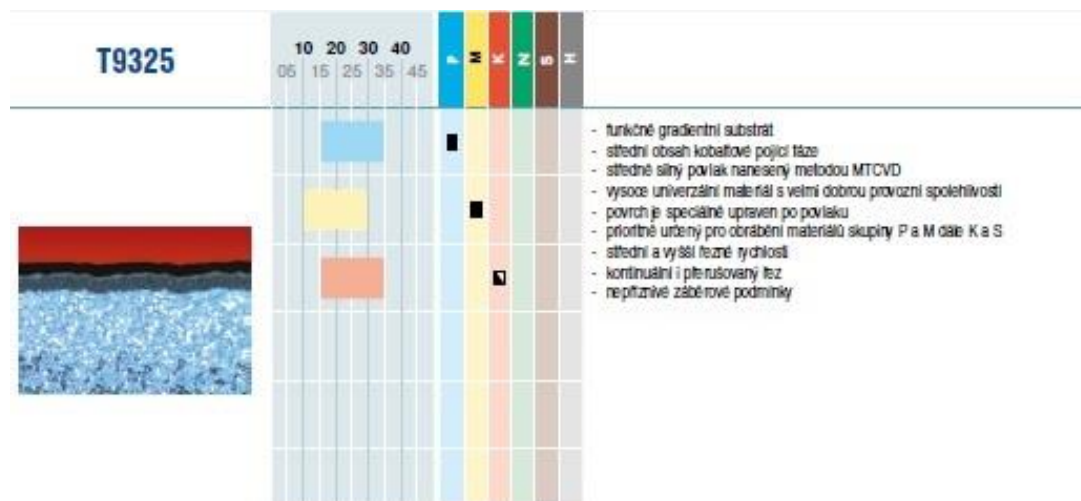
Dále je nutné vybrat tvar břitové destičky. Postupuje se stejně jako u firmy Sandvik nebo je možné pro volbu využít zjednodušenou tabulku z katalogu (Příloha 5). Byl tedy zvolen pro porovnání stejný typ destičky C s úhlem špičky 80° . Pramet Tools pro zvolený typ destičky nabízí pouze jednu variantu nástrojového úhlu hlavního ostří $\kappa_r = 95^\circ$. Byl volen opět nůž pro pravý směr řezu a podle nomogramu (Příloha 4) vybrán držák se šířkou a výškou 40 mm a celkovou délkou 200 mm. Na rozdíl od firmy Sandvik Coromant nabízí Pramet Tools také menší počet velikostí nástrojových držáků, v tomto případě nabízí pouze dvě

velikosti (obr. 3.11). Takto jsme dostali objednávací kód tohoto držáku a to DCLNR 4040 R 19 [19].



Obr. 3.11 Stopkový nástroj DCLNR/L [19]

Při volbě poloměru zaoblění VBD lze rovněž použít nomogram, který je obsažen v katalogu. Obecně se dá říci, že čím větší je poloměr zaoblění r_s , tím je možné použít větší posuv a zároveň je zaručena větší odolnost proti plastické deformaci destičky. Naopak je nutná větší tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek. Stejně jako u Sandviku Coromant byl zvolen stejný poloměr špičky $r_s = 1,2$ mm.



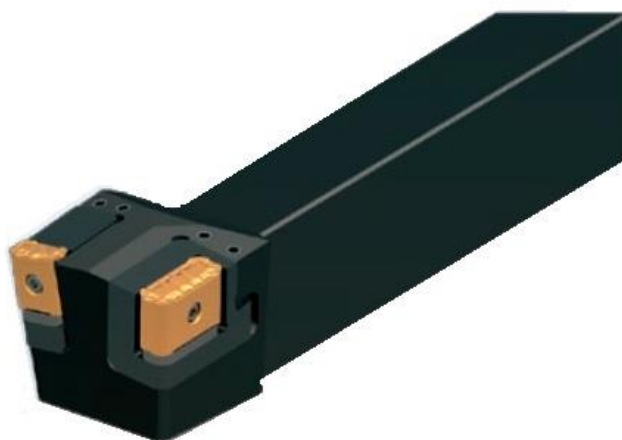
Obr. 3.12 Materiál VBD skupiny T9625 [19]

VBD se volí podle typu materiálu, který bude obráběn a podle kódu držáku. Vybrána byla ocel, tedy třída P (tab. 1). Ve svém katalogu doporučuje Pramet Tools pro zvolenou ocel materiálovou skupinu T9325 (obr. 3.12). Jedná se o povlakovaný slinutý karbit metodou MTCVD. Mimo tento materiál nabízí Pramet Tools velké množství VBD z materiálů: povlakovaný SK, cermety, rezná keramika a polykrystalický diamant. Firma má podobně velký sortiment materiálů jako Sandvik Coromant, dokonce pro skupinu P má více variant

povlakovaných slinutých karbidů. Pro zvolené parametry doporučuje Pramet utvařeče třísek typu M a R. Destička s utvařečem R má poté označení CNMG 190616 E-M.

3.2.3 Trendy a vývoj ve firmě Pramet Tools

Také Pramet Tools se snaží každoročně na trh dostat nové či inovované produkty. Například nedávno uvedla na trh nové břitové destičky s utvařečem MN pro soustružení korozivzdorných ocelí, které jsou vhodné pro větší řezné rychlosti při nízkých řezných silách a řezném odporu.



Obr. 3.13 Soustružnický nůž Pramet DKTR 5050 X D2 s kazetou určený pro renovaci železničních kol [17]

Jelikož se podnik zabývá také mimo jiné renovacemi železničních kol, vyvinul a uvedl na trh speciální hlavicevé držáky a vyměnitelné destičky pro tuto renovaci (obr. 3.13). V závislosti na typu renovovaného kola je nutné přizpůsobit řezné podmínky, a to především řeznou rychlost a materiál destičky. Na speciální nástrojový držák se připevní většinou dvě vyměnitelné břitové destičky, kterými je celé kolo obráběno najednou.

3.3 Shrnutí

Zde je uvedeno porovnání stopkových nástrojů obou výrobců se systémem upínání D a vyměnitelnou břitovou destičkou typu C. Tento systém upínání je v technické praxi velmi často používán, poněvadž zaručuje velmi pevné upnutí destičky.

Jak jde poznat z tab. 3.1, Sandvik Coromant má v oblasti nástrojových držáků viditelně větší sortiment. Ve svém výrobním sortimentu má na výběr v metrickém provedení dvě varianty nástrojového úhlu nastavení hlavního ostří κ_r (95° a 75°). Pro $\kappa_r 95^\circ$ nabízí držáky o rozměrech od 16x16x100 (pro VBD 9 a 12 mm) až po 50x50x300 (pro VBD 25 mm). U držáků s $\kappa_r 75^\circ$ má menší sortiment, a to o rozměrech od 20x20x125 (pro VBD 12 mm) až po 40x40x250 (pro VBD 12,16,19 mm). Pro VBD o velikosti 19 mm má na výběr 4 rozměry nástrojových držáků. Navíc vyrábí varianty v palcových rozměrech s nástrojovým úhlem nastavení hlavního ostří $\kappa_r 91^\circ$. Jeho tuzemský konkurent Pramet Tools má v sortimentu držáky stejné velikosti. Nenabízí pouze držák o největších rozměrech

50x50x300. Ve svém katalogu má jen jednu variantu nástrojového úhlu nastavení hlavního ostří κ_r (95°) a zároveň nabízí pouze dva rozměry nástrojových držáků pro VBD 19mm.

Tab. 3.1 Porovnání vybraných stopkových nástrojů [19,20]

Výrobce nástrojů	Označení nožů	κ_r	Rozměry (v-š-d)	Velikost VBD
Sandvik Coromant	DCLNR/L	95°	16 x 16 x 100	9 a 12
			20 x 20 x 125	9 a 12
			25 x 25 x 150	9, 12, 16, 19
			25 x 32 x 170	12, 16, 19
			32 x 32 x 170	12, 16, 19
			40 x 40 x 250	12, 19 , 25
	DCBNR/L	75°	20 x 20 x 125	12
			25 x 25 x 150	12, 16
			32 x 25 x 170	12, 16
			32 x 32 x 170	12, 16, 19
Pramet Tools	DCLNR/L	95°	16 x 16 x 100	9
			20 x 20 x 125	9, 12
			25 x 25 x 150	9, 12
			32 x 25 x 170	9, 16
			32 x 32 x 170	19
			40 x 40 x 200	19

V sortimentu VBD o velikosti 19 mm nabízejí obě dvě firmy prakticky stejné varianty destiček. Rozdíl je pouze v poloměru zaoblení špičky r_c . Sandvik Coromant nabízí poloměry 0,8 mm; 1,2 mm; 1,6 mm a pro geometrii břítu QM i 0,4 mm. Zároveň nabízí destičky se „samohladící“ technologií Wiper. V katalogu firmy Pramet Tools se nacházejí stejné velikosti poloměrů jako u Sandvik Coromant (0,8; 1,2 a 1,6 mm). Jednotlivé varianty se liší pouze tvarem utvářeče třisek.

Oba dva výrobci nabízejí materiál VBD víceméně stejný či podobný. Sandvik Coromant neprodává destičky z polykrystalického diamantu a má větší sortiment destiček z SK. Také u vybrané destičky nenabízí variantu pro obráběný materiál skupiny H. Na druhou stranu Pramet Tools nabízí více destiček z cermetu, ale nevyrobí destičky z PKNB. Obě dvě firmy ovšem pokrývají svým sortimentem všechny druhy obráběných materiálů od běžných ocelí až po tvrzené materiály.

Podle zaslané cenové nabídky se cena vybraných soustružnických nožů velmi liší v závislosti na počtu odebraných kusů. Obě dvě firmy z ekonomického hlediska ohodnotily svoje produkty velmi podobně. Sandvik Coromant má své výrobky oceněny nepatrně levněji. Je to způsobené především tím, že se jedná o velkou světovou firmu, která patří globální průmyslové skupině Sandvik. Na druhou stranu Pramet Tools je spíše menší tuzemská firma, která se ovšem prosazuje i na světovém trhu.

Tab. 3.2 Porovnání vybraných VBD [19,20]

Výrobce nástrojů	Označení VBD	Velikost VBD	Tloušťka VBD	Poloměr špičky	Geometrie bříty/ Utvařec
Sandvik Coromant	CNMG	19	6 mm	0,8 mm	PM
				1,2 mm	
				1,6 mm	
				0,4 mm	QM
				0,8 mm	
				1,2 mm	
				1,6 mm	
Pramet Tools	CNMG	19	6 mm	0,8 mm	M
				1,2 mm	
				1,6 mm	
				0,8 mm	R
				1,2 mm	
				1,6 mm	

ZÁVĚR

Soustružení je velmi důležité ve strojní výrobě. Většina součástí se vyrábí prostřednictvím VBD, bez ohledu na typ operace. Proto je v současnosti kladen vysoký nárok na výrobce, aby své nástroje stále zdokonalovali a především kladli důraz na kvalitu nástroje.

V první části je obecně popsána základní charakteristika soustružení. Je zde krátce popsána kinematika soustružení včetně základních vztahů pro výpočet vektorů pohybů při podélném soustružení. Dále jsou uvedeny parametry třísky, vztahy pro výpočet řezných sil, výkonů a zjednodušeně popsána kalkulace jednotkového strojního času. Všechny tyto důležité parametry jsou nezbytné pro správný výběr nástroje a zároveň pro efektivní výrobu.

V druhé části jsou nejprve popsány nejčastější materiály, které se používají pro výrobu soustružnických nožů. Obecně lze říci, že nejvíce používaným materiálem pro běžné obrábění oceli jsou povlakované slinuté karbidy. Stále častěji se v dnešní době používají tzv. multivrstvé povlaky. Následně je uvedeno rozdělení soustružnických nožů z hlediska jejich konstrukce. Radiální nože s VBD postupně vytlačují ostatní tvarové nože. Nicméně pro speciální účely jsou tyto nože stále nenahraditelné. Vnější a vnitřní radiální nože, stejně jako vyměnitelné břitové destičky, jsou jednotně značeny podle jednotné normy na celém světě. Toto značení je důležité pro správnou orientaci ve výrobním sortimentu výrobců. Dále jsou uvedeny základní systémy upínání VBD v nástrojovém držáku, které jsou podstatné pro správné upnutí VBD a zachycení řezných sil.

V poslední kapitole jsou uvedeny dva významní producenti nástrojů a jejich vzájemné porovnání vybraných nástrojů. Významnou světovou firmu zastupuje firma Sandvik Coromant AB. Jako příklad tuzemského trhu je uvedena firma Pramet Tools s.r.o.. Obě dvě firmy vyrábějí nástroje pro vnější a vnitřní soustružení, zapichování a řezání závitů.

Sandviku Coromant nabízí soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami a to jak ze slinutých karbidů (tato firma je prvně uvedla na trh), tak i z řezné keramiky či polykrystalického nitridu bóru. Firma má ve svém sortimentu na výběr pouze dva typy nástrojových držáků. Konvekční stopkový nástroj nebo modulární systém Coromant Capto. Tato firma přišla jako první s upínacím systémem ISO D. Tento systém od nich posléze převzali ostatní výrobci. Jedná se o upnutí pomocí upínky, která slouží pro pevné uložení VBD. V dnešní době je tento systém nejlepší pro upínání VBD. Obecně se dá říci, že Sandvik nabízí větší možnost výběru velikostí a materiálů nástrojů. U vybraného nástroje nabízí například rozměry od 16x16x100 až po 50x50x300 mm.

Pramet Tools ve svém katalogu nabízí pouze konvekční stopkové nástroje. Materiál pro VBD je obdobný jako u Sandviku, chybí zde pouze větší sortiment u řezné keramiky a polykrystalický nitrid bóru nahradil polykrystalický diamant. Pramet nemá takový výběr velikostí nástrojů jako Sandvik. U mnoha vybraného nástroje nabízí rozměry od 16x16x100 až po 40x40x200 mm. Firma nabízí také systém upínání ISO D, ovšem pouze s jednou variantou nastavení úhlu hlavního ostří κ_r .

Při porovnání celého výrobního sortimentu těchto firem jasně převyšuje nabídka švédské firmy Sandvik Coromant. Oba dva výrobci mimo jiné nabízejí výrobu nástrojů nad rámec jejich katalogů.

Výrobci soustružnických nástrojů na celém světě se v současnosti snaží vyvíjet nové nástroje a materiály tak, aby mohly být efektivně obráběny nové moderní materiály, které se stále více prosazují v praxi.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praxe*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o. 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. BRALLA, James G. *Design for manufacturability handbook*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c1999, 1 v. (various pagings). ISBN 00-700-7139-X.
3. BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PATŘKOVSKÁ. *Technologie II – 2. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007-2008, 2 sv. ISBN 978-80-248-1822-12.
4. BORO VAN, Petr. Řezné nástroje: Řezné nástroje I. *Technický týdeník* [online]. 2011 č.1 [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/rezne-nastroje/rezne-nastroje-1_8513.html.
5. BORO VAN, Petr. Řezné nástroje: Moderní řezné materiály. *Technický týdeník* [online]. 2011, č. 2 [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/rezne-nastroje/rezne-nastroje-2_8514.html.
6. EVATEC TOOLS. *Řezné destičky*. [online]. 2012 [vid. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.evatec-tools.com/plaquettes-de-coupe-carbure-cbn-pcd-evatec-tools.html?lang=cz>.
7. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. HOFFMANN GROUP. Germany. *Garant příručka obrábění*. [online]. [vid. 2014-02-04]. Dostupné z: <http://www.hoffmannngmbh.de/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>.
9. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. 235s. ISBN 978-80-254-2250-2.
10. HUMÁR, Anton. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno: CCB, 1995. ISBN 80-858-2510-4.
11. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT–FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, 2003. [vid. 2014-02-03]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf.
12. HUMÁR, A. *Technologie I – Základní metody obrábění – 1. část*. [online] Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT – FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. [vid. 201-02-13]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.
13. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
14. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie výroby II*. [online]. VUT – FSI v Brně, ÚST. 2002. [vid. 2014-02-05]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnVyroby_II.pdf

15. MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 55 s. ISBN 80-010-2610-8.
16. NOVÁK, Zdeněk. EMO Hannover 2013: část 3 - řezné nástroje. *MM Průmyslové spektrum*. [online] 2013, č. 11. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/emo-hannover-2013-cast-3-rezne-nastroje.html>
17. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Nástroje pro renovaci železničních kol*. [online]. [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=244>
18. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Příručka obrábění 2004*. [online]. [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: http://www.mavslovakia.sk/pdf/pramet/prirucka_cz.pdf
19. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení 2014*. [online]. [vid. 2014-02-12]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=574>.
20. SANDVIK COROMANT. *Soustružnické nástroje – Všeobecné soustružení*. [online]. [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/_layouts/tibp/downloadshandler.ashx?url=http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/turning/turn_a.pdf&fileName=Soustru%C5%BENick%C3%A9%20n%C3%A1stroje%20-%20V%C5%A1eobecn%C3%A9%20soustru%C5%BEen%C3%AD
21. SANDVIK COROMANT. *Cermet*. [online]. [vid. 2014-02-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/cermet/pages/default.aspx.
22. SANDVIK COROMANT. *Coromant Capto*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromant_capto/pages/default.aspx
23. SANDVIK COROMANT. *Coroturn TR*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroturn_tr/pages/default.aspx
24. SANDVIK COROMANT. *T – MAX P* [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/t-max_p/pages/default.aspx
25. SANDVIK COROMANT. *Coroplex MT*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroplex_mt/pages/default.aspx
26. SANDVIK COROMANT. *Coroplex SL*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroplex_sl/pages/default.aspx
27. SANDVIK COROMANT. *Coroturn RC*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroturn_rc_ceramic/pages/default.aspx
28. SANDVIK COROMANT. *Our offer*. [online]. [vid. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/aboutus/our_offer/pages/default.aspx
29. SECO TOOLS AB. *Soustružení*. [online]. [vid. 2014-02-13]. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/turning/Turning%202012_CZ_LR.pdf
30. TUMLIKOVO. *Druhy rychlořezných ocelí (HSS)*. [online]. 2010, č. 1 [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/druhy-rychloreznych-oceli-hss/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numeric Control
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze
HRC	[-]	Tvrдость podle Rockwella
HSS	[-]	High Speed Steel – rychlořezná ocel
MTCVD	[-]	Middle Temperature Chemical Vapour Deposition
PD	[-]	Polykrystalický diamant
PKNB	[-]	Polykrystalický kubický nitrid boru
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování
SK	[-]	Slinutý karbid
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
s. r. o.	[-]	Společnost s ručením omezením

Symbol	Jednotka	Popis
A_D	[mm ²]	Jmenovitý průřez třísky
A_α	[-]	Hřbet nástroje
A_γ	[-]	Čelo nástroje
C_{Fc}	[-]	Materiálová konstanta
C_{Ff}	[-]	Materiálová konstanta
C_{Fp}	[-]	Materiálová konstanta
D	[mm]	Průměr obrobku
D_{max}	[mm]	Maximální průměr
D_{min}	[mm]	Minimální průměr
F	[N]	Celková řezná síla
F_c	[N]	Řezná síla
F_e	[N]	Pracovní síla
F_f	[N]	Pracovní síla
F_p	[N]	Posuvová síla
P_c	[kW]	Řezný výkon

Symbol	Jednotka	Popis
P_e	[kW]	Pracovní výkon
P_f	[kW]	Posuvový výkon
P_m	[kW]	Výkon obráběcího stroje
S	[-]	Hlavní ostří
S'	[-]	Vedlejší ostří
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
b_D	[mm]	Jmenovitá šířka třísky
f	[mm]	Posuv na otáčku obrobku
h_D	[mm]	Jmenovitá tloušťka třísky
k_c	[MPa]	Měrná řezná síla
l	[mm]	Délka obráběné plochy
l_n	[mm]	Délka náběhu
l_p	[mm]	Délka přeběhu
n	[min ⁻¹]	Otáčky obrobku
t_{AS}	[min]	Jednotkový strojní čas
t_{ASn}	[min]	Jednotkový strojní čas při konstantních otáčkách obrobku
t_{ASv}	[min]	Jednotkový strojní čas při konstantní řezné rychlosti
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_e	[m.min ⁻¹]	Pracovní rychlost
v_f	[m.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
x_{Fc}	[-]	Exponent vlivu a_p
x_{Ff}	[-]	Exponent vlivu a_p
x_{Fp}	[-]	Exponent vlivu a_p
y_{Fc}	[-]	Exponent vlivu f
y_{Ff}	[-]	Exponent vlivu f
y_{Fp}	[-]	Exponent vlivu f
η	[-]	Mechanická účinnost obráběcího stroje
κ_r	[°]	Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Systém označování nožů ISO pro vnější soustružení
- Příloha 2 Systém označování nožů ISO pro vnitřní soustružení
- Příloha 3 Systém označování ISO pro VBD
- Příloha 4 Nomogram z katalogu Pramet Tools pro optimální volbu průřezu nástrojového držáku.
- Příloha 5 Volba základního tvaru a velikosti břitové destičky podle katalogu Pramet Tools

PŘÍLOHA 1

System označování nožů ISO pro vnější soustružení [29].

Vnější držáky břitových destiček



P	W	L	N	R	25	25	M	06	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1. Typ upnutí destičky

D

Upinka (břitové destičky se středovým otvorem)

P

Kolík / Klín nebo páčka

M

Kolík / Upinka

S

Šroub

C

Upinka

2. Tvar břitové destičky

A **B** **C** **D**

E **H** **K** **L**

M **O** **P** **R**

S **T** **V** **W**

3. Typ nástroje

A **B** **D** **F** **G**

H **J** **K** **L** **N**

P **R** **S** **T** **V**

4. Úhel hřbetu

A **B** **C**

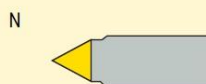
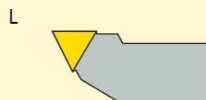
D **E** **F**

G **N** **P**

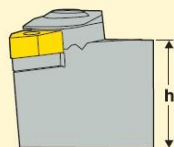
O = Speciální

Vnější držáky břitových destiček

5. Směr řezu



6. Výška tělesa



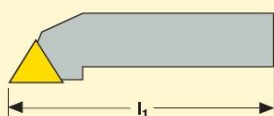
12 = 12 mm
25 = 25 mm
32 = 32 mm
atd.

7. Šířka tělesa



12 = 12 mm
25 = 25 mm
32 = 32 mm
atd.

8. Délka nástroje



A = 32 mm	M = 150 mm
C = 50 mm	P = 170 mm
D = 60 mm	R = 200 mm
E = 70 mm	S = 250 mm
F = 80 mm	T = 300 mm
H = 100 mm	V = 400 mm
K = 125 mm	

Standardní délky nástrojů

9. Délka řezné hrany

A, B, K



C, D, E, M, V



H, O, P



L



R



S



T



W



10. Doplnkové značení

-PL = Plunging (zanořování)
atd.

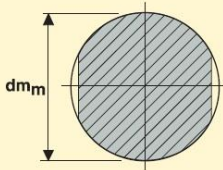
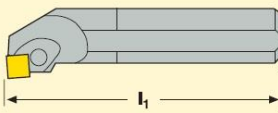
PŘÍLOHA 2





System označování nožů ISO pro vnitřní soustružení [29].

















Vnitřní držáky břitových destiček



A	20	Q	-	P	W	L	N	R	06	R
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10

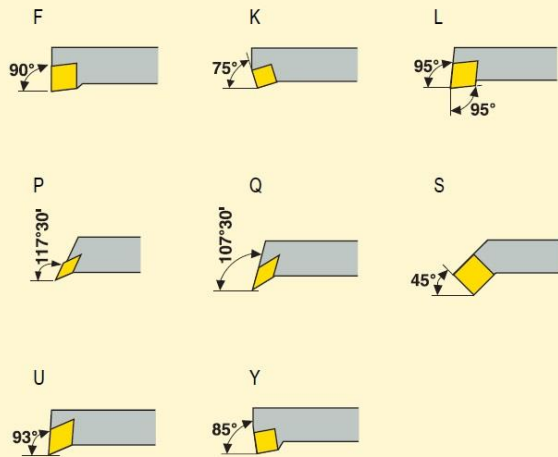
<p>1. Typ držáku břitové destičky</p> <p>A = Ocelový držák s kanálkem chlazení</p> <p>S = Ocelový držák</p> <p>E = Monolitní karbid, stopka s připájenou* běžnou řeznou částí a s kanálkem chlazení</p> <p>*Připájená nebo ekvivalentní</p>	<p>2. Průměr stopky</p>  <p>dm</p> <p>12 = 12 mm 20 = 20 mm 25 = 25 mm atd.</p>	<p>3. Délka nástroje</p>  <p>l₁</p> <p>K = 125 mm R = 200 mm L = 140 mm S = 250 mm M = 150 mm T = 300 mm N = 160 mm U = 350 mm P = 170 mm V = 400 mm Q = 180 mm</p> <p>Standardní délky nástrojů</p>
--	---	--

4. Typ upnutí destičky	
<p>P</p>  <p>Kolík / Klín nebo páčka</p>	<p>M</p>  <p>Kolík / Upinka</p>
<p>S</p>  <p>Šroub</p>	<p>C</p>  <p>Upinka</p>

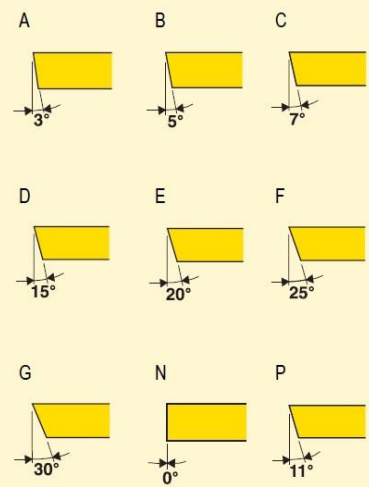
5. Tvar břitové destičky			
A	B	C	D
			
E	H	K	L
			
M	O	P	R
			
S	T	V	W
			

Vnitřní držáky břitových destiček

6. Typ nástroje

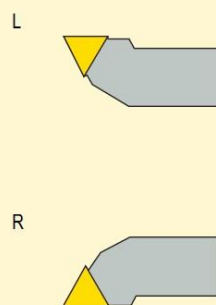


7. Úhel hřbetu

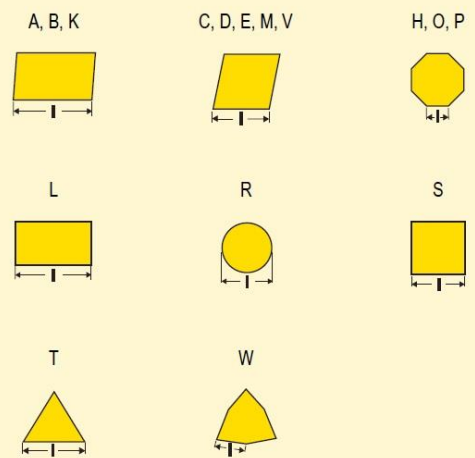


O = Speciální

8. Směr řezu



9. Délka řezné hrany



10. Doplnkové značení

R = Kruhový průřez

PŘÍLOHA 3

System označování ISO pro VBD [20].

Břítové destičky pro všeobecné soustružení

Břítové destičky, metrické provedení

C	N	M	G	12	04	08	-		-	PF
1	2	3	4	5	6	7		8	9	12

1 Tvar VBD	
C	D
K	R
S	T
V	W

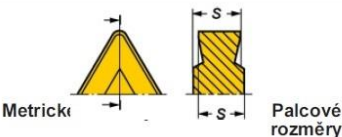


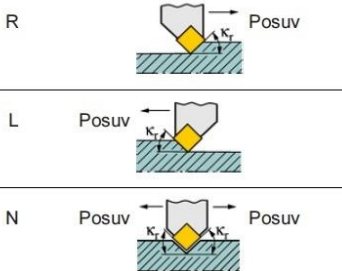
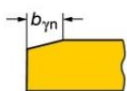
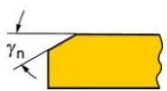
2 Úhel hřbetu břítové destičky	
B	C
E	N
P	O Zvláštní provedení

3 Tolerance - metrické rozměry		
Třída	s	iC / iW
G	±0.13	±0.025
M	±0.13	±0.05 - ±0.15 ¹⁾
U	±0.13	±0.08 - ±0.25 ¹⁾
E	±0.025	±0.025
¹⁾ Závisí na velikosti iC. Viz níže.		
Vepsaná kružnice	Třída tolerance	
iC mm	M	U
3.97		
5.0		
5.56		
6.0	±0.05	±0.08
6.35		
8.0		
9.525		
10.0		
12.0	±0.08	±0.13
12.7		
15.875		
16.0	±0.10	±0.18
19.05		
20.0		
25.0	±0.13	±0.25
25.4		
31.75	±0.15	±0.25
32.0		
U destiček s pozitivní geometrií břitu platí hodnota iC pro ostrou hranu. Viz tvar řezné hrany F. (Pozice 8).		

3 Tolerance, inch		
A: Teoretický průměr vepsané kružnice pro danou VBD.		
T: Tloušťka břítové destičky.		
B: Viz obrázek.		
Tolerance - palcové rozměry		
Třída B:	A:	T:
A ±.0002	±.001	±.001
B .0002	.001	.005
C .0005	.001	.001
D .0005	.001	.005
E .001	.001	.001
F .0002	.0005	.001
G .001	.001	.005
H .0005	.0005	.001
J .0002	.002-.005	.001
K .0005	.002-.005	.001
L .001	.002-.005	.001
M .002-.005	.002-.005	.005
U .005-.012	.005-.010	.005
N .002-.010	.002-.004	.001

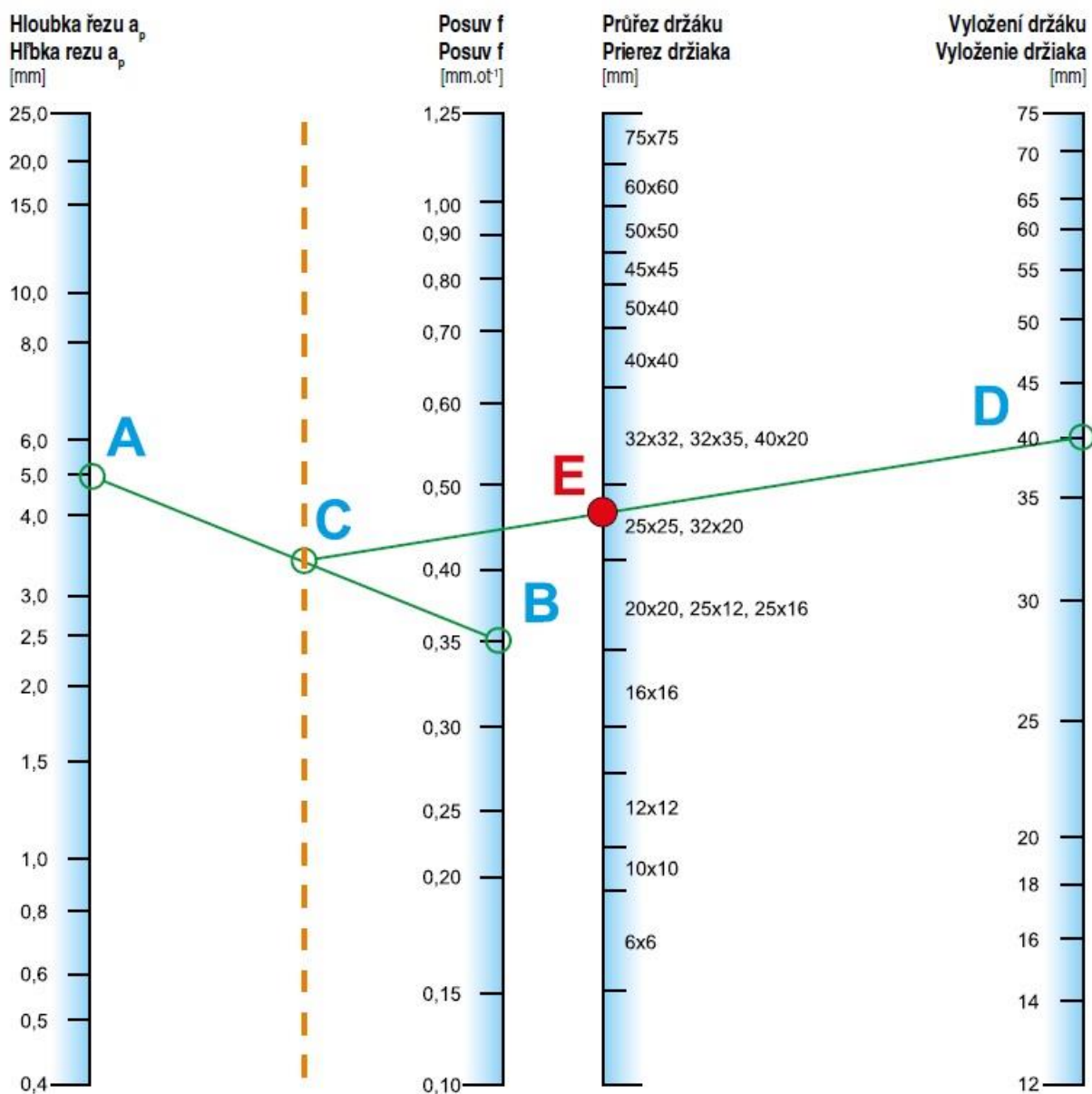
4 Typ VBD	
A	Q
G	R
M	T
N	W
P	X
	Zvláštní konstrukční provedení

5 Velikost VBD		Délka břitu, metrické jednotky									
		iC mm	iC inch	C	D	R	S	T	V	W	K
Průměr vepsané kružnice je udáván v 1/8".		3.18	1/8"					05			
		3.97	5/32"					06		02	
		5.0				05					
		5.56	7/32"			09					
		6.0									
		6.35	1/4"	06	07			11	11	04	
		8.0				08					
		9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16 ¹⁾
		10.0	10.0			10					
		12.0				12					
		12.7	1/2"	12	15	12	12	22	22	08	
		13			13				13		
		15.875	5/8"	16		15	15	27			
		16.0				16					
		19.0	3/4"	19		19	19	33			
		20.0				20					
		25.0				25 ¹⁾					
		25.4	1"	25		25 ²⁾	25				
¹⁾ Provedení v metrických mírách		31.75	1/4"			31					
²⁾ Provedení v palcových mírách		32				32					

<p>6 Tloušťka břitové destičky s, mm, inch</p>  <table border="0"> <thead> <tr> <th>Metricki</th> <th></th> <th>Palcové rozměry</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>$s = 1.59$</td><td>1 $s = .0625$</td></tr> <tr><td>T1</td><td>$s = 1.98$</td><td>(1.2) $s = .075$</td></tr> <tr><td>02</td><td>$s = 2.38$</td><td>(1.5) $s = 3/32$</td></tr> <tr><td>03</td><td>$s = 3.18$</td><td>2 $s = 1/8$</td></tr> <tr><td>T3</td><td>$s = 3.97$</td><td>(2.5) $s = 5/32$</td></tr> <tr><td>04</td><td>$s = 4.76$</td><td>3 $s = 3/16$</td></tr> <tr><td>05</td><td>$s = 5.56$</td><td>4 $s = 1/4$</td></tr> <tr><td>06</td><td>$s = 6.35$</td><td>5 $s = 5/16$</td></tr> <tr><td>07</td><td>$s = 7.94$</td><td>6 $s = 3/8$</td></tr> <tr><td>09</td><td>$s = 9.52$</td><td>6.3 $s = .394$</td></tr> <tr><td>10</td><td>$s = 10.00$</td><td>7.6 $s = .475$</td></tr> <tr><td>12</td><td>$s = 12.00$</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Metricki		Palcové rozměry	01	$s = 1.59$	1 $s = .0625$	T1	$s = 1.98$	(1.2) $s = .075$	02	$s = 2.38$	(1.5) $s = 3/32$	03	$s = 3.18$	2 $s = 1/8$	T3	$s = 3.97$	(2.5) $s = 5/32$	04	$s = 4.76$	3 $s = 3/16$	05	$s = 5.56$	4 $s = 1/4$	06	$s = 6.35$	5 $s = 5/16$	07	$s = 7.94$	6 $s = 3/8$	09	$s = 9.52$	6.3 $s = .394$	10	$s = 10.00$	7.6 $s = .475$	12	$s = 12.00$		<p>7 Poloměr špičky r_c, mm, inch</p>  <table border="0"> <thead> <tr> <th>mm:</th> <th>Inch:</th> <th>Skutečný rozměr: inch</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00 = 0</td><td>00</td><td>Kruhové VBD</td></tr> <tr><td>01 = 0.1</td><td>03</td><td>.004</td></tr> <tr><td>02 = 0.2</td><td>0</td><td>.008</td></tr> <tr><td>04 = 0.4</td><td>1 = 1/64</td><td>.0156</td></tr> <tr><td>05 = 0.5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08 = 0.8</td><td>2 = 1/32</td><td>.0312</td></tr> <tr><td>10 = 1.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12 = 1.2</td><td>3 = 3/64</td><td>.047</td></tr> <tr><td>15 = 1.5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16 = 1.6</td><td>4 = 1/16</td><td>.0625</td></tr> <tr><td>24 = 2.4</td><td>6 = 3/32</td><td>.094</td></tr> <tr><td>32 = 3.2</td><td>8 = 1/8</td><td>.125</td></tr> </tbody> </table>	mm:	Inch:	Skutečný rozměr: inch	00 = 0	00	Kruhové VBD	01 = 0.1	03	.004	02 = 0.2	0	.008	04 = 0.4	1 = 1/64	.0156	05 = 0.5			08 = 0.8	2 = 1/32	.0312	10 = 1.0			12 = 1.2	3 = 3/64	.047	15 = 1.5			16 = 1.6	4 = 1/16	.0625	24 = 2.4	6 = 3/32	.094	32 = 3.2	8 = 1/8	.125	<p>8 Tvar řezné hrany</p>  <ul style="list-style-type: none"> F Ostrý břit A Břit s úpravou typu ER (ANSI) E Zaoblená řezná hrana (s ER úpravou) T Řezná hrana s negativní fazetou K Řezná hrana s dvojitou negativní fazetou S Břit s negativní fazetou a zaoblením řezné hrany (s ER úpravou)
Metricki		Palcové rozměry																																																																														
01	$s = 1.59$	1 $s = .0625$																																																																														
T1	$s = 1.98$	(1.2) $s = .075$																																																																														
02	$s = 2.38$	(1.5) $s = 3/32$																																																																														
03	$s = 3.18$	2 $s = 1/8$																																																																														
T3	$s = 3.97$	(2.5) $s = 5/32$																																																																														
04	$s = 4.76$	3 $s = 3/16$																																																																														
05	$s = 5.56$	4 $s = 1/4$																																																																														
06	$s = 6.35$	5 $s = 5/16$																																																																														
07	$s = 7.94$	6 $s = 3/8$																																																																														
09	$s = 9.52$	6.3 $s = .394$																																																																														
10	$s = 10.00$	7.6 $s = .475$																																																																														
12	$s = 12.00$																																																																															
mm:	Inch:	Skutečný rozměr: inch																																																																														
00 = 0	00	Kruhové VBD																																																																														
01 = 0.1	03	.004																																																																														
02 = 0.2	0	.008																																																																														
04 = 0.4	1 = 1/64	.0156																																																																														
05 = 0.5																																																																																
08 = 0.8	2 = 1/32	.0312																																																																														
10 = 1.0																																																																																
12 = 1.2	3 = 3/64	.047																																																																														
15 = 1.5																																																																																
16 = 1.6	4 = 1/16	.0625																																																																														
24 = 2.4	6 = 3/32	.094																																																																														
32 = 3.2	8 = 1/8	.125																																																																														
<p>9 Provedení nástroje</p> 	<p>10 Šířka fazety mm, inch</p>  <table border="0"> <thead> <tr> <th>mm:</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>010</td><td>$b_{\gamma n} = 0.10$</td></tr> <tr><td>025</td><td>$b_{\gamma n} = 0.25$</td></tr> <tr><td>070</td><td>$b_{\gamma n} = 0.70$</td></tr> <tr><td>150</td><td>$b_{\gamma n} = 1.50$</td></tr> <tr><td>200</td><td>$b_{\gamma n} = 2.00$</td></tr> </tbody> </table> <table border="0"> <thead> <tr> <th>Inch:</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>03</td><td>$b_{\gamma n} = .003$</td></tr> <tr><td>08</td><td>$b_{\gamma n} = .008$</td></tr> <tr><td>30</td><td>$b_{\gamma n} = .030$</td></tr> <tr><td>60</td><td>$b_{\gamma n} = .060$</td></tr> <tr><td>80</td><td>$b_{\gamma n} = .080$</td></tr> </tbody> </table> <p>Podrobnější informace, viz vysvětlivky k objednacím kódům na straně A76</p>	mm:		010	$b_{\gamma n} = 0.10$	025	$b_{\gamma n} = 0.25$	070	$b_{\gamma n} = 0.70$	150	$b_{\gamma n} = 1.50$	200	$b_{\gamma n} = 2.00$	Inch:		03	$b_{\gamma n} = .003$	08	$b_{\gamma n} = .008$	30	$b_{\gamma n} = .030$	60	$b_{\gamma n} = .060$	80	$b_{\gamma n} = .080$	<p>11 Úhel zkosení</p>  <p>15 $\gamma_n = 15^\circ$ 20 $\gamma_n = 20^\circ$</p>																																																						
mm:																																																																																
010	$b_{\gamma n} = 0.10$																																																																															
025	$b_{\gamma n} = 0.25$																																																																															
070	$b_{\gamma n} = 0.70$																																																																															
150	$b_{\gamma n} = 1.50$																																																																															
200	$b_{\gamma n} = 2.00$																																																																															
Inch:																																																																																
03	$b_{\gamma n} = .003$																																																																															
08	$b_{\gamma n} = .008$																																																																															
30	$b_{\gamma n} = .030$																																																																															
60	$b_{\gamma n} = .060$																																																																															
80	$b_{\gamma n} = .080$																																																																															
<p>12 Možnost označení ponechaná na výrobci</p> <p>Označení dle ISO se skládá z 9 symbolů, přičemž symboly 8 a 9 se používají pouze tehdy, jsou-li potřeba. Výrobce má navíc možnost použít až tři další symboly, např.</p> <ul style="list-style-type: none"> - WF = geometrie Wiper – dokončování - WMX = hladící geometrie Wiper, střední obrábění - PF = ISO P – dokončování - PR = ISO P – hrubování 																																																																																

PŘÍLOHA 4

Nomogram z katalogu Pramet Tools pro optimální volbu průřezu nástrojového držáku [19].






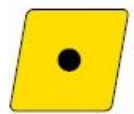




Příklad použití nomogramu:

V prvním kroku spojíme zvolenou (nebo maximální) hloubku řezu a_p (bod A) se zvoleným (nebo opět maximálním použitým) posuvem f (bod B). Z průsečíku středové přímky a spojnice těchto dvou bodů (bod C) vedeme úsečku do bodu označujícího vyložení držáku (bod D). Na druhé ose zprava pak odečteme vhodný průřez držáku (bod E).

PŘÍLOHA 5

Volba základního tvaru a velikosti břitové destičky podle katalogu Pramet Tools [19].

Volba základního tvaru a velikosti břitové destičky						
priorita volby priorita volby	tvar VBD tvar VRD	velikost VBD velikost VRD	Maximální přípustná délka břitu v záběru L_{max} [mm] Maximální přípustná délka ostria v záběru L_{max} [mm]			
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zlepšuje se přístupnost k opěrnému hrotu a aplikační rozsah při proměnném úhlu nastavení Zlepšuje se přístupnost k opěrnému hrotu a aplikační rozsah při proměnném úhle nastavení</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Roste odolnost proti plastické deformaci a odolnost v přerušovaném řezu Rastie odolnosť proti plastickej deformácii a odolnosť v prerušovanom reze</p>		V	11	0,25L	2,8	
			16		4,2	
		D	07	0,25L	2,0	
			11		2,9	
			15		3,9	
		K	16	0,25L	4,7	
			19		4,7	
		T	11	0,33L	3,6	
			16		5,5	
			22		7,3	
			27		9,1	
		W	06	0,50L	3,3	
			08		4,4	
		C	06	0,66L	4,2	
			09		6,4	
			12		8,5	
			16		10,6	
			19		12,7	
			25		16,5	
		S	09	0,66L	6,3	
			12		8,4	
			15		10,4	
			19		12,6	
			25		16,8	
		R	38	0,40D	25,0	
			06		2,4	
			08		3,2	
			10		4,0	
12			4,8			
15			6,0			
16			6,4			
19			7,6			
20			8,0			
25			10,0			
32	12,8					