

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

MODERNÍ SOUSTRUŽNICKÉ NÁSTROJE

PROGRESSIVE TURNING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Aleš FRANC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Aleš Franc

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:

Moderní soustružnické nástroje

v anglickém jazyce:

Progressive turning tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zachycení vývoje soustružnických nástrojů. Geometrie ostří. Používané materiály. Konstrukce a provedení moderních nástrojů. Průřez firmami vyrábějících nástroje. Ukázky konkrétních nástrojových sestav.

Cíle bakalářské práce:

Spojení teorie soustružení s výrobky na současném světovém trhu. Znalost firem a jejich produktů. Schopnost vybrat a sestavit nástrojovou sadu pro konkrétní účel.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, Petra, Michael Lars George HILL and Miroslav PÍŠKA. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. Miroslav Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
7. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.
8. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 25.10.2011

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na moderní soustružnické nástroje. Počátek se věnuje historii a vývoji soustružnických nástrojů. Další část se zabývá geometrií nástroje. Následuje popis nástrojových materiálů, konstrukce a rozdělení nástrojů, rozbor významných firem a jejich katalogů. Na konci je uveden postup při výběru nástrojového držáku a vyměnitelné břitové destičky.

Klíčová slova

vyměnitelná břitová destička, soustružnický nůž, soustružení, nástrojový materiál, slinuté karbidy

ABSTRACT

The bachelor's thesis is focused on progressive turning tools. The beginning of the study deals with history and development of turning tools. Next part deals with the tool geometry. The following description of the different tool materials, construction tools and distribution, analysis of major companies and their catalogs. At the end the procedure of the selection of the tool holder and indexable cutting insert is given.

Keywords

indexable cutting insert, lathe knife, turning, tool material, cemented carbides

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FRANC, Aleš. *Moderní soustružnické nástroje*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 40 s., 7 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

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

15. 5. 2012

Datum

Aleš Franc

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Speciálně bych rád poděkoval rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 VÝVOJ SOUSTRUŽNICKÝCH NÁSTROJŮ	10
1.1 Počátky soustružnických nástrojů.....	10
1.2 Nástroje z rychlořezné oceli	10
1.3 Nástroje ze slévárenských slitin.....	11
1.4 Nástroje ze slinutých karbidů	11
1.5 Nástroje z moderních materiálů.....	11
1.6 Shrnutí vývoje.....	11
2 GEOMETRIE SOUSTRUŽNICKÉHO NÁSTROJE.....	13
2.1 Nástrojové plochy	13
2.2 Nástrojové a pracovní úhly	13
2.2.1 Nástrojové úhly.....	13
2.2.2 Pracovní úhly	15
2.3 Nástrojové ostří.....	16
2.4 Souřadnicové soustavy nástroje.....	16
3 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	18
3.1 Nástrojové oceli	18
3.2 Slinuté karbidy.....	19
3.2.1 Nepovlakované slinuté karbidy	19
3.2.2 Povlakované slinuté karbidy.....	20
3.3 Cermety.....	22
3.4 Řezná keramika.....	22
3.5 Supertvrdé nástrojové materiály	23
4 KONSTRUKCE A ROZDĚLENÍ NÁSTROJŮ	25
4.1 Radiální soustružnické nože	25
4.1.1 Radiální soustružnické nože s VBD	25
4.2 Prizmatické soustružnické nože.....	26
4.3 Kotoučové soustružnické nože	26
4.3 Tangenciální soustružnické nože	26
5 PRŮŘEZ FIRMAMI VYRÁBĚJÍCÍ NÁSTROJE	27

5.1	Pramet Tools, s. r. o.	27
5.2	Sandvik Coromant AB.....	27
5.3	Seco Tools AB.....	28
6	VOLBA TYPU NÁSTROJE A VBD.....	29
6.1	Rozdělení obráběných materiálů	29
6.2	Upínací systém VBD	29
6.3	Velikost a typ držáku	29
6.4	Tvar VBD	30
6.4	Velikost VBD	30
6.5	Poloměr špičky	30
6.6	Typ a geometrie VBD.....	31
6.7	Materiál pro výrobu nástrojů	31
6.8	Řezné podmínky	32
7	DISKUZE	33
	ZÁVĚR	34
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
	Seznam použitých symbolů a zkratek.....	37
	SEZNAM PŘÍLOH.....	40

ÚVOD

Soustružení patří mezi nejstarší a nejužívanější obráběcí metody. Velká část vývoje proběhla na přelomu 18. a 19. století, ale k největšímu vývojovému skoku došlo až ve 20. století. Jedná se o metodu, která je vhodná pro obrábění velkého množství různých materiálů. Je možné soustružit vnitřní a vnější válcové, tvarové nebo kuželové plochy, rovinné čelní plochy i zápichy. Na soustruzích je také možné například řezat závity, vrtat, vyvrtávat či vystružovat atd.

Tato práce pojednává o moderních soustružnických nástrojích (obr. 1). Nejprve je popsán vývoj soustružnických nástrojů od pravěku po současnost. Dále jsou uvedeny informace o geometrii soustružnického nože. Poměrně velké část práce je věnována velmi důležitému aspektu při výběru soustružnického nástroje, a to nástrojovým materiálům. Za první nástrojový materiál lze považovat tzv. Mushetovu ocel. Ale s vývojem materiálového inženýrství, soustružení a technologie obecně kráčel ruku v ruce i vývoj nástrojových materiálů i samotných nástrojů. Proto dnes existují soustružnické nástroje s mnohonásobně vyššími řeznými parametry. V další části jsou nástroje rozděleny na radiální, prizmatické, kotoučové a tangenciální. Následuje rozbor trhu, popis a vývoj několika firem na tuzemském i zahraničním trhu. Poslední část se je zaměřena na výběr a sestavení vhodného nástrojového držáku a VBD.



Obr. 1. VBD firmy Seco Tools AB [23].

1 VÝVOJ SOUSTRUŽNICKÝCH NÁSTROJŮ

O různých fázích vývoje soustružnických nástrojů bude pojednáno v následujících podkapitolách.

1.1 Počátky soustružnických nástrojů

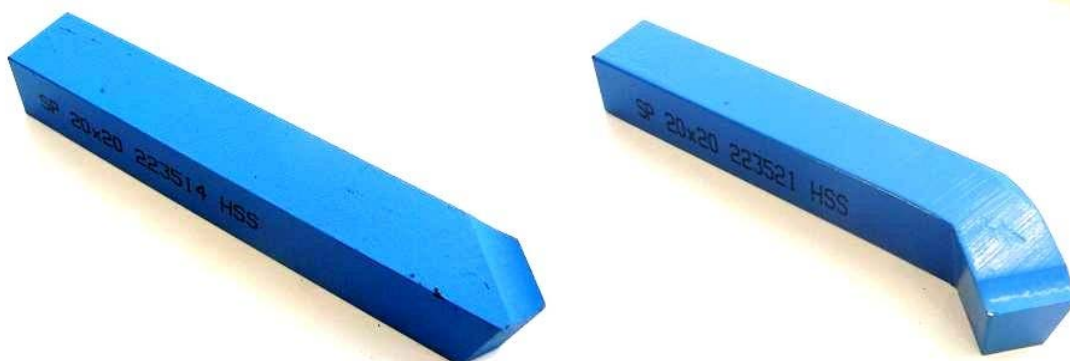
Nástroje byly používány již v pravěku, jak je patrné z obr. 1.1. Ale obrábění kovů bylo odstartováno až průmyslovou revolucí v polovině 18. století. Vývoj byl uspišen stroji na mechanický pohon a výrobci zbraní v 19. století. Ke vzniku nástrojové oceli došlo v 19. století, ale nejlepším tehdejším řezným materiálem byly legovaná a nelegovaná ocel, které i při nízkých řezných rychlostech rychle měkly. Ke zdvojnásobení produkce dopomohla Mushetova ocel, která byla náhodným experimentem. V Paříži roku 1900 byl na výstavě předveden nástroj, který zůstával ostrý i za vysoké teploty a pracoval s tehdy nepředstavitelnou řeznou rychlostí $40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ [1].



Obr. 1.1 Pazourkové nástroje z doby kamenné [2].

1.2 Nástroje z rychlořezné oceli

S pokrokem v metalurgii a tepelném zpracování legovaných ocelí byly k dispozici výkonnější řezné materiály. Počátkem 20. století se staly nejpoužívanějšími nástroji nože z rychlořezné oceli s vybroušenou řeznou částí (obr. 1.2). Pro obrábění hliníku, hořčíku a dalších materiálů se osvědčily kobaltové přísady [1].



Obr. 1.2 Soustružnické nože z rychlořezné oceli [3].

1.3 Nástroje ze slévárenských slitin

Tyto slitiny bývají označovány jako předchůdci slinutých karbidů. Destičky byly pájeny do ocelových držáků. Byly odolnější vůči opotřebení, tvrdší, výkonnější, ale méně houževnaté, než nástroje z rychlořezné oceli [1].

1.4 Nástroje ze slinutých karbidů

Materiál byl představen roku 1927 na veletrhu v Lipsku. Jeho trvanlivost a řezné rychlosti byly mnohonásobně vyšší než u rychlořezných ocelí. Vývoj pokračoval ve 30. letech 20. století. V prvních typech byl přítomen wolfram jakožto tvrdá složka a kobalt ve funkci pojiva. Při obrábění oceli bylo zlepšení nepatrné, ale u hliníku nebo šedé litiny byla produktivita mnohem vyšší. V tehdejší době stroje nedokázaly využít veškerý potenciál nástroje, proto bylo zavádění slinutých karbidů pomalé. Nástroje se začaly používat ve větší míře až s počátkem války na konci 30. let. Vyměnitelné břitové destičky vznikly v polovině 50. let, tím odpadlo pájení destiček do držáků, což mělo velký význam ve snížení nákladů. Na přelomu 60. a 70. let 20. století se na trhu objevily první povlakované vyměnitelné břitové destičky, což vedlo k nárůstu odolnosti. Na obr. 1.3 jsou k vidění povlakované nástroje ze slinutých karbidů [1].



Obr. 1.3 Povlakované VBD ze slinutých karbidů [4].

1.5 Nástroje z moderních materiálů

Cermety na bázi TiC byly vynalezeny roku 1931. První generace použitelných cermetů byla použita v USA v 50. letech 20. století. K jejich velkému rozšíření došlo v Japonsku, kde v 80. letech tvořily čtvrtinu produkce břitových destiček. První patent na keramické řezné nástroje byl vydán ve Velké Británii roku 1912. Sériovou výrobu keramických nástrojů odstartovala v roce 1960 firma Feldmühle AG, kdy se tyto nástroje začaly v technologii obrábění, a to vlivem intenzivního výzkumu, výrazněji prosazovat. Diamantový povlak z plynné fáze pomocí CVD vyrobili roku 1973 vědci v Rusku. Roku 1993 byly komerčně dostupné diamantové produkty pro řezné nástroje [9].

1.6 Shrnutí vývoje

Délka operace s nožem z uhlíkové oceli, používané v 19. století by byla 100 minut. Při použití nástroje z rychlořezné oceli se doba zkrátí na 26 minut. Nástroj ze slévárenské slitiny zvládne operaci za 15 minut. Za 6 minut vykoná práci nástroj s břity ze slinutých karbidů. Při použití povlakovaného slinutého karbidu (rok 1980) by délka operace byla kratší než 1 minuta [1].

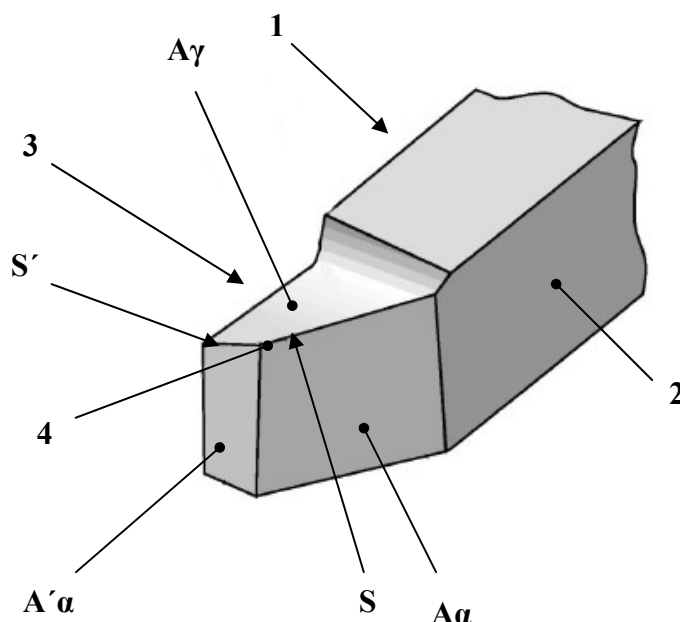
V následující tabulce (tab. 1.1) je zachycen vývoj nástrojových materiálů v závislosti na časovém období, kdy byly používány. Je zde patrné, že jak se postupně vyvíjely nové technologie a materiály, docházelo k nárůstu řezné rychlosti a posuvu. Trvanlivost nástroje se také postupně navyšovala. Tím rostla i produktivita. Zatímco v roce 1910 bylo vyrobeno za 1 hodinu 2,5 obrobků za použití rychlořezné oceli, v roce 1980 s vícenásobně povlakovanými vyměnitelnými břitovými destičkami mohlo být za hodinu vytvořeno 60 obrobků [1].

Tab. 1.1 Porovnání parametrů z hlediska vývoje [1].

Časové zařazení	Materiál	Řezná rychlost v_c [m.min ⁻¹]	Posuv minutový f [mm.min ⁻¹]
19. století	Uhlíková ocel	jednotky	
19./20. století	Legovaná uhlíková ocel	10	
1930	Rychlořezná ocel	70	
60. léta 20. století	Pájené břitové destičky	80	183
1964	Vyměnitelné břitové destičky	110	315
1971	Povlakované břitové destičky	150	450
70. léta 20. století	Povlakované břitové destičky	200	700

2 GEOMETRIE SOUSTRUŽNICKÉHO NÁSTROJE

Soustružnické nástroje tvoří geometrická tělesa ucelená nebo složená. Mezi nejvýznamnější části patří upínací a řezná, která může být celistvá, dělená nebo vyměnitelná [5]. Schematicky zobrazený nástroj se nachází na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Popis soustružnického nože: 1 - stopka, 2 - základna, 3 - řezná část, 4 - špička, S – nástrojové hlavní ostří, S' - nástrojové vedlejší ostří, Aα – hlavní hřbet, A'α – vedlejší hřbet, Aγ - čelo [7].

2.1 Nástrojové plochy

Mezi nástrojové plochy se řadí čelo nástroje, utvařeč třísky a hřbet nástroje [5, 6, 7].

- **čelo nástroje** se značí $A\gamma$, pokud je ale tvořeno více protínajícími se plochami, k indexu se připojí ještě pořadové číslo. Lze jej definovat jako plochu nebo souhrn ploch, po kterém odchází třísky. Je znázorněno na předchozím obrázku (obr. 2.1). Jeho tvar je dán křivkou, která je tvořena průsečíkem plochy čela a požadovanou rovinou,
- **utvařeč třísky** je část čelní plochy používána pro lámání nebo svinování třísky. Je tvořen vhodným tvarem čela, nebo přiloženým utvařečem,
- **hřbet nástroje** je označován $A\alpha$, pokud je ale tvořen více protínajícími se plochami, k indexu se přidá pořadové číslo. Hřbet je plocha nebo souhrn ploch, které při řezání směřují k ploše obrobku.

2.2 Nástrojové a pracovní úhly

Slouží k identifikaci geometrické polohy čela, hřbetu a ostří. V nástrojové souřadnicové soustavě jsou definovány nástrojové úhly a v pracovní souřadnicové soustavě jsou definovány úhly pracovní [6, 7].

2.2.1 Nástrojové úhly

Obecně ovlivňují teplotu řezání, hospodárnost obrábění, velikost řezných sil, podmínky tvorby třísky, vlastnosti povrchové vrstvy opracované plochy a strukturu povrchu obrobku.

Největší vliv na volbu nástrojových úhlů mají mechanické a fyzikální vlastnosti obráběného materiálu, potom vlastnosti materiálu nástroje, řezné podmínky, požadovaná struktura a vlastnosti obrobené plochy. Nástrojové úhly jsou vyobrazeny v příloze 1 a 2. Jejich závislosti jsou v tab. 2.1.

- **nástrojové úhly orientace ostří**

κ_r - nástrojový úhel nastavení hlavního ostří je úhel v základní nástrojové rovině mezi nástrojovou boční rovinou a nástrojovou rovinou ostří. Je měřen od části nástrojové boční roviny, která obsahuje směr posuvu, směrem k hlavnímu ostří,

ψ_r - nástrojový doplňkový úhel nastavení hlavního ostří je úhel v nástrojové základní rovině, mezi nástrojovou zadní rovinou a nástrojovou rovinou ostří. Tento úhel je vždy ostrý a jeho znaménko je odvozeno ze vztahu: $\kappa_r + \psi_r = 90^\circ$,

κ'_r - nástrojový úhel nastavení vedlejšího ostří je úhel v nástrojové základní rovině, mezi nástrojovou boční rovinou a nástrojovou rovinou vedlejšího ostří,

λ_s - nástrojový úhel sklonu ostří je úhel v nástrojové rovině, mezi nástrojovou základní rovinou a ostřím,

ε_r - nástrojový úhel špičky je úhel v nástrojové základní rovině, mezi nástrojovou rovinou vedlejšího ostří a nástrojovou rovinou ostří,

- **nástrojové úhly čela**

γ_n - nástrojový normální úhel čela je úhel mezi čelem a nástrojovou základní rovinou, v nástrojové normální rovině ostří,

γ_f - nástrojový boční úhel čela je úhel mezi čelem a nástrojovou základní rovinou, v nástrojové boční rovině,

γ_p - nástrojový zadní úhel čela je úhel mezi čelem a nástrojovou základní rovinou, v nástrojové zadní rovině,

γ_o - nástrojový ortogonální úhel čela je úhel mezi čelem a nástrojovou základní rovinou, v nástrojové ortogonální rovině,

γ_g - nástrojový úhel největšího spádu čela je úhel mezi čelem a nástrojovou základní rovinou, v nástrojové rovině největšího spádu čela. Je největší z nástrojových úhlů čela,

δ_r - nástrojový úhel polohy roviny největšího spádu čela je úhel měřený v nástrojové základní rovině, mezi nástrojovou boční rovinou a nástrojovou rovinou největšího spádu čela,

- **nástrojové úhly břitu**

β_n - nástrojový normální úhel břitu je měřený v nástrojové normální rovině, mezi hřbetem a čelem,

β_f - nástrojový boční úhel břitu je měřený v nástrojové boční rovině, mezi hřbetem a čelem,

β_p - nástrojový zadní úhel břitu je měřený v nástrojové zadní rovině, mezi hřbetem a čelem,

β_o - nástrojový ortogonální úhel břitu je měřený v nástrojové ortogonální rovině, mezi hřbetem a čelem,

- **nástrojové úhly hřbetu**

α_n - nástrojový normální úhel hřbetu je měřený v nástrojové normální rovině, mezi hřbetem a nástrojovou rovinou ostří,

α_f - nástrojový boční úhel hřbetu je měřený v nástrojové boční rovině, mezi hřbetem a nástrojovou rovinou ostří,

α_p - nástrojový zadní úhel hřbetu je měřený v nástrojové zadní rovině, mezi hřbetem a nástrojovou rovinou ostří,

α_o - nástrojový ortogonální úhel hřbetu je měřený v nástrojové ortogonální rovině, mezi hřbetem a nástrojovou rovinou ostří,

α_b - nástrojový úhel největšího spádu hřbetu je měřený v nástrojové rovině největšího spádu hřbetu, mezi hřbetem a nástrojovou rovinou ostří,

Θ_r - nástrojový úhel polohy roviny největšího spádu hřbetu je měřený v nástrojové základní rovině, mezi nástrojovou rovinou největšího spádu hřbetu a nástrojovou boční rovinou.

2.2.2 Pracovní úhly

- **pracovní úhly orientace ostří**

κ_{re} - pracovní úhel nastavení hlavního ostří je úhel měřený v pracovní základní rovině, mezi pracovní boční rovinou a mezi pracovní rovinou hlavního ostří,

ψ_{re} - pracovní doplňkový úhel nastavení hlavního ostří je úhel měřený v pracovní základní rovině, mezi pracovní rovinou zadní a pracovní rovinou ostří,

λ_{se} - pracovní úhel sklonu ostří je úhel měřený v pracovní rovině ostří, mezi pracovní základní rovinou a pracovním ostřím,

- **pracovní úhly čela**

γ_{ne} - pracovní normální úhel čela je úhel měřený v pracovní normální rovině, mezi pracovní základní rovinou a čelem,

γ_{fe} - pracovní boční úhel čela je úhel měřený v pracovní boční rovině, mezi pracovní základní rovinou a čelem,

γ_{pe} - pracovní zadní úhel čela je úhel měřený v pracovní zadní rovině, mezi pracovní základní rovinou a čelem,

γ_{oe} - pracovní ortogonální úhel čela je úhel měřený v pracovní ortogonální rovině, mezi pracovní základní rovinou a čelem,

- **pracovní úhly břitu**

β_{ne} - pracovní normální úhel břitu je úhel měřený v pracovní normální rovině, mezi hřbetem a čelem nástroje,

β_{fe} - pracovní boční úhel břitu je úhel měřený v pracovní boční rovině, mezi hřbetem a čelem,

β_{pe} - pracovní zadní úhel břitu je úhel měřený v pracovní zadní rovině, mezi hřbetem a čelem,

β_{oe} - pracovní ortogonální úhel břitu je úhel měřený v pracovní ortogonální rovině, mezi hřbetem a čelem,

- **pracovní úhly hřbetu**

α_{ne} - pracovní normální úhel hřbetu je úhel měřený v pracovní normální rovině, mezi pracovní rovinou ostří a hřbetem,

α_{fe} - pracovní boční úhel hřbetu je úhel měřený v pracovní boční rovině, mezi pracovní rovinou ostří a hřbetem,

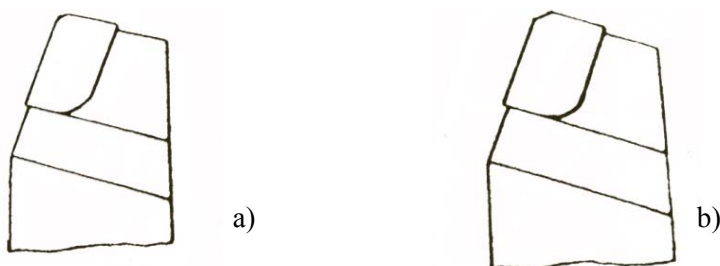
α_{pe} - pracovní zadní úhel hřbetu je úhel měřený v pracovní zadní rovině, mezi pracovní rovinou ostří a hřbetem,

α_{oe} - pracovní ortogonální úhel hřbetu je úhel měřený v pracovní ortogonální rovině, mezi pracovní rovinou ostří a hřbetem.

2.3 Nástrojové ostří

Ostří nástroje je element nástroje, jímž je prováděno řezání. Dělí se na nástrojové hlavní ostří, nástrojové vedlejší ostří a špičku [5, 6, 7].

- **nástrojové hlavní ostří** - na obrázku je označeno písmenem S (obr. 2.1). Jedná se o část ostří s počátkem v bodě, kde je nástrojový úhel nastavení hlavního ostří κ_r nulový. Slouží k tvorbě přechodové plochy na obrobku. Pokud je špička nástroje ostrá, hlavní ostří začíná na ní. Je-li úhel κ_r nenulový, celé ostří je hlavním ostřím,
- **nástrojové vedlejší ostří S'** je taková část ostří, kde je nástrojový úhel nastavení ostří κ_r nulový ve směru od hlavního ostří. Je určeno k dokončování, avšak nevytváří přechodové plochy. Upichovací nože mohou mít více takovýchto ostří,
- **špička** je část ostří, která je umístěna na průsečíku hlavního a vedlejšího ostří. Existuje špička sražená nebo zaoblená (obr 2.2).



Obr. 2.2 Špička nástroje: a – zaoblená, b – sražená [6].

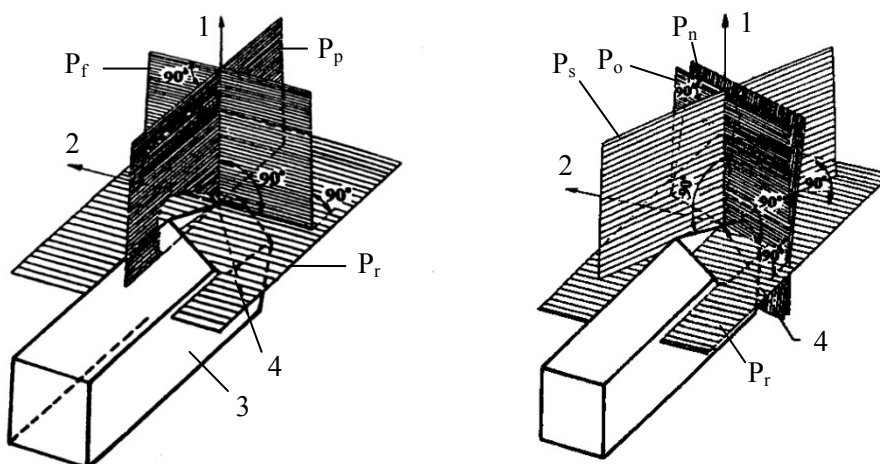
2.4 Souřadnicové soustavy nástroje

Rozlišují se souřadnicové soustavy nástroje nástrojové a pracovní. Jsou definovány pro určení úhlů řezné části nástroje [6, 7]. Nástrojové roviny jsou zobrazeny na obr. 2.3.

- **nástrojová souřadnicová soustava**

P_r - nástrojová základní rovina prochází uvažovaným bodem ostří a je orientována kolmo na předpokládaný směr hlavního pohybu,

- P_f - nástrojová boční rovina prochází uvažovaným bodem ostří, je orientována kolmo na nástrojovou základní rovinu a rovnoběžně s předpokládaným směrem pohybu,
- P_p - nástrojová zadní rovina, je kolmá na nástrojovou základní rovinu, nástrojovou boční rovinu a prochází uvažovaným bodem ostří,
- P_s - nástrojová rovina ostří je kolmá na nástrojovou základní rovinu a je tečná k ostří v uvažovaném bodě,
- P_n - nástrojová normální rovina ostří je kolmá na ostří v uvažovaném bodě a jako jediná není obecně kolmá k nástrojové základní rovině,
- P_o - nástrojová ortogonální rovina je kolmá na nástrojovou základní rovinu, nástrojovou rovinu ostří a prochází uvažovaným bodem ostří,



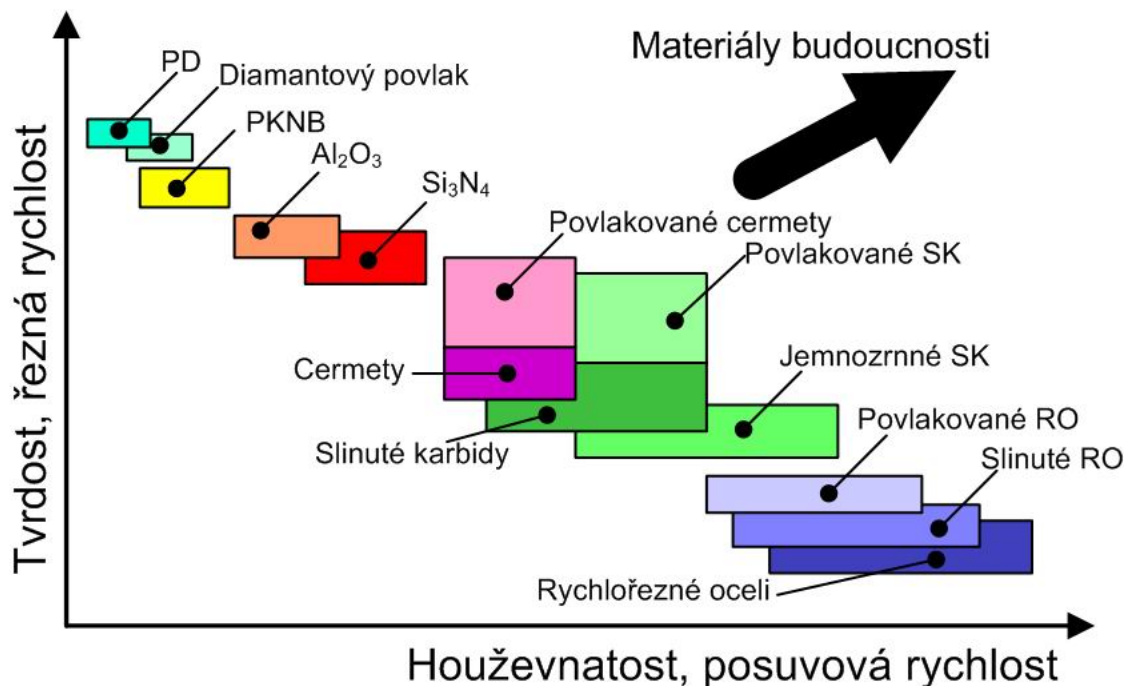
Obr. 2.3 Roviny nástrojové souřadnicové soustavy: 1 - předpokládaný směr hlavního pohybu, 2 - předpokládaný směr posuvu, 3 - základna, 4 - uvažovaný bod ostří [6].

• pracovní souřadnicová soustava

- P_{re} - pracovní základní rovina je kolmá na směr řezného pohybu a prochází uvažovaným bodem ostří,
- P_{fe} - pracovní boční rovina je kolmá na pracovní základní rovinu, rovnoběžná se směrem posuvného pohybu a prochází uvažovaným bodem ostří,
- P_{pe} - pracovní zadní rovina prochází uvažovaným bodem ostří kolmo na pracovní základní rovinu a na pracovní boční rovinu,
- P_{se} - pracovní rovina ostří je k uvažovanému bodu ostří tečná a k pracovní základní rovině kolmá. Tato rovina je totožná s výsledným směrem řezného pohybu,
- P_{ne} - pracovní normální rovina ostří je orientována kolmo na ostří v uvažovaném bodu. Rovina odpovídá nástrojové normální rovině,
- P_{oe} - pracovní ortogonální rovina je kolmá na pracovní rovinu ostří, pracovní základní rovinu a prochází uvažovaným bodem ostří.

3 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

Vývoj nástrojových materiálů byl vždy úzce spjat s vývojem strojů určených k obrábění. Z nástrojového materiálu je vyrobena řezná část nástroje, která výrazně ovlivňuje produktivitu, kvalitu výroby i výrobní náklady. Požadované vlastnosti na nástrojové materiály jsou tvrdost, pevnost v ohybu, tepelná vodivost, odolnost proti opotřebení, houževnatost a chemická stálost. Řadí se mezi ně nástrojové oceli, slinuté karbidy, keramika, cermety a supertvrdé řezné materiály [6, 7, 8]. Porovnání jejich vlastností je ukázáno na obr. 3.1.



Obr. 3.1 Vlastnosti řezných materiálů [9].

3.1 Nástrojové oceli

Patří mezi ušlechtilé oceli třídy 19. Nevyrábí se z nich pouze nástroje na obrábění, ale i na stříhání, tváření, řezání a měřidla. Dle chemického složení existují oceli nelegované, legované a rychlořezné [6, 7].

- **nelegované nástrojové oceli** - jejich vlastnosti určuje především množství uhlíku. Se stoupajícím množstvím uhlíku tvrdost roste, ale klesá houževnatost. Se zvyšující se tvrdostí roste i odolnost vůči otupění. Maximální teplotní odolnost je 220 °C až 250 °C a nejvyšší řezné rychlosti jsou 15 m.min⁻¹. V současnosti jsou nahrazovány legovanými ocelmi a využívají se zejména k výrobě ručního nářadí, jako kladiva, sekery, nože, pilníky a další,
- **legované nástrojové oceli** – obsahují méně než 1,3 % uhlíku. Jsou legovány karbidotvornými prvky: chromem, wolframem, molybdenem a vanadem. Nekarbidotvorné legující prvky jsou nikl, křemík a kobalt. Oproti nelegovaným ocelím se vyznačují větší odolností proti otupění, vyšší tvrdostí a pevností za tepla, větší prokalitelností a vyšší odolností proti popouštění, ale jsou náročnější na tepelné zpracování. Odolávají teplotám do 350 °C a jejich řezná rychlost je 15 až 25 m.min⁻¹. Vyrábí se z nich většina řezacích,

stříhacích a tvářecích nástrojů, avšak nejsou vhodné pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů,

- **rychlořezné oceli** – obsahují méně než 1 % uhlíku a jejich vlastnosti se liší podle obsahu legujících prvků. Používají se na výrobu tvarových nástrojů, fréz, závitníků, protahovacích trnů, řezných nástrojů na obrábění ocelí a těžkoobrobitelných materiálů. Vyznačují se vyšší řezivostí a dobrou pevností v ohybu. Pro úplné využití nástroje je třeba použít vhodné řezné prostředí. Nástroje snášejí teploty do 700 °C a mohou být užívány pro řezné rychlosti do 50 m.min⁻¹ [6].

3.2 Slinuté karbidy

Slinutý karbid je nástrojový materiál, ve kterém jsou obsaženy tvrdé částice karbidu a kovové pojivo. Slinuté karbidy jsou vyráběny práškovou metalurgií z velmi tvrdých karbidů a většinou kobaltového pojiva. Nejdůležitějšími karbidy jsou karbid wolframu, karbid titanu, karbid tantalu a karbid niobu. Velikost částic se pohybuje od 1 do 10 μm a v celkovém objemu je jich obsaženo 80 až 95 %. Jejich houževnatost, tvrdost a odolnost proti otěru je dána množstvím jednotlivých fází. Jedná se o směs více fází a z toho důvodu nelze provádět tepelné zpracování. Z důvodu vysoké tvrdosti je lze tvarově a rozměrově upravovat pouze broušením, lapováním a elektroerozivním honováním [1, 6, 7, 9, 10].

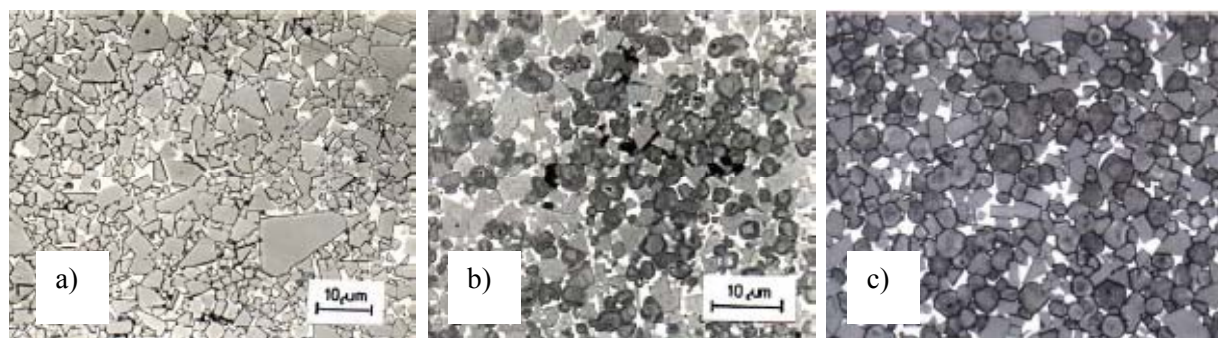
Slinuté karbidy jsou vyráběny ve tvaru destiček, které byly dříve pájeny do ocelových držáků. K velkému rozvoji došlo v 60. letech minulého století, kdy byly pájené spoje nahrazovány mechanickým upínáním. Tím byla zvýšena produktivita obrábění, ale došlo i k rozvoji geometrie, utvařeče nástroje a nástrojových materiálů. Na destičkách se nachází několik ostří, které jsou postupně využívány a po jejich otupění jsou destičky vyřazovány [1, 6, 7].

V současnosti jsou vyráběny slinuté karbidy nepovlakované a opatřené různými druhy povlaků.

3.2.1 Nepovlakované slinuté karbidy

Nepovlakované slinuté karbidy jsou dle užití rozděleny do šesti skupin – **K, P, M, N, S, H**, z nichž jsou nejužívanější K, P a M. Další dělení je dáno číslem za písmenem (například P01, P50, M20, K40). Vyšší obsah pojícího kovu je dán vyšším číslem [1, 6, 7]. Jednotlivé mikrostruktury jsou zobrazeny na obr. 3.2.

- skupina **K** je označována červenou barvou. Je používána pro obrábění materiálů, které tvoří krátkou a drobnou třísku. Do této kategorie je možné zařadit šedou litinu, kalenou ocel, neželezné materiály (hliník, bronzy, plasty). Jediná tvrdá strukturní složka je tvořena karbidem wolframu, který má za pokojové teploty vysokou tvrdost, ale s rostoucí teplotou značně klesá,
- skupina **P** se značí modrou barvou. Je užívána pro obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli, korozivzdorné oceli a temperované litiny. Vhodnost spočívá ve vysoké odolnosti proti difuzi a vyšší tvrdosti za vysokých teplot, nevýhodou je zvýšená křehkost a nižší odolnost vůči abrazi,
- skupina **M** je označena žlutě. Jedná se o universálnější nástroje, které jsou určeny pro obrábění materiálů, tvořících střední a delší třísku, jako jsou austenitické oceli, manganové oceli, oceli na odlitky, tvárné litiny a žáruvzdorné materiály. Výhodou je poměrně vysoká houževnatost, proto jsou tyto nástroje užívány pro těžké hrubovací a přerušované řezy.



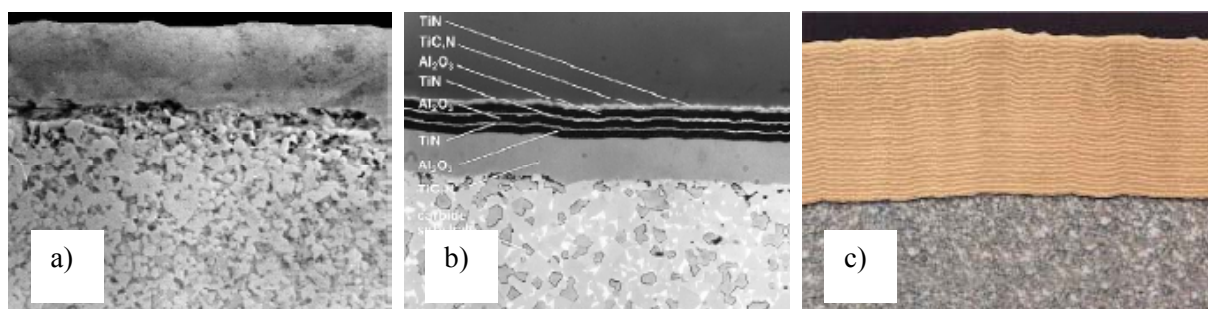
Obr. 3.2 Mikrostruktury slinutých karbidů: a – skupina K, b – skupina P, c – skupina M [7].

3.2.2 Povlakované slinuté karbidy

Od řezných nástrojů je vyžadována vysoká otěruvzdornost, ale současně i velká houževnatost. Proto lze za ideální nástroj považovat takový, který bude mít houževnaté jádro a tvrdý otěruvzdorný povrch. Těmto požadavkům vyhovují povlakované nástroje ze slinutých karbidů s povlaky karbidu titanu, nitridu titanu nebo oxidu hlinitého. Povlaky mohou být tvořeny jednou nebo více vrstvami s jedním nebo více komponenty [1, 6, 7, 9].

První povlakované břitové destičky ze slinutého karbidu byly uvedeny na trh firmou Sandvik Coromant AB v roce 1969. Výkonnost nástroje, řezná rychlost a trvanlivost břitu byla zvýšena tímto prvním povlakem tenkým jen několik μm . Z břitových destiček používaných pro obráběcí stroje je jich v současnosti 80 až 90 % reprezentováno slinutými karbidy. To je dáno nejen zmíněnými vlastnostmi, ale i schopností nechat se formovat do složitých tvarů. Vývojové stupně jsou obvykle rozdělovány do 4 generací [4, 7, 9].

- **1. generace:** Byl použit jednovrstvý povlak o tloušťce 6 μm se špatnou soudržností podkladu a povlaku. To bylo způsobeno nedokonalou technologií výroby, kdy došlo ke vzniku křehkého eta-karbidu mezi podkladem a povlakem. To vedlo k odlupování povlaku, čímž bylo způsobeno znehodnocení nástroje,
- **2. generace:** Zdokonalením technologie výroby bylo umožněno vytvořit vrstvy povlaků o tloušťce 7 až 10 μm . Také zde bylo použito jednovrstvého povlaku, ale bez eta-karbidu mezi podkladem a povlakem. Zde již nedocházelo k odlupování vrstev. Povlak 2. generace je zobrazen na obr. 3.3,
- **3. generace:** V tomto vývojovém stupni bylo použito vícevrstvého povlaku (dvě až tři vrstvy, případně více) s ostře ohraničenými přechody mezi vrstvami (obr. 3.3). Jako první jsou nanášeny vrstvy s dobrou přilnavostí k podkladu, které jsou méně odolné proti opotřebení, a jako poslední byly nanášeny vrstvy, které mají vysokou tvrdost, odolnost proti opotřebení a oxidaci za zvýšených teplot,
- **4. generace:** Bylo užito speciálního vícevrstvého povlaku (často i více než deset vrstev a mezivrstev) s více nebo méně výraznými přechody mezi vrstvami. Vychází se ze shodných materiálů, jako u povlaků 3. generace. Výroba takového povlaku (obr. 3.3) je zaručena cíleným řízením atmosféry v povlakovacím zařízení.

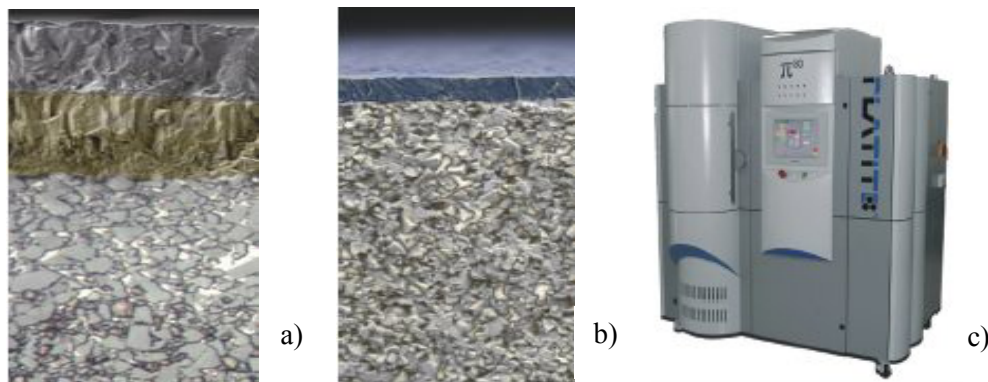


Obr. 3.3 Povlaky: a – povlak 2. generace, b – povlak 3. generace, c – povlak 4. generace [7].

Na podkladový materiál, kterým je nejčastěji slinutý karbid typu K, P nebo M je nanášena tenká vrstva materiálu, která má dobrou odolnost vůči opotřebení a vysokou tvrdost. V povlakovém materiálu není obsaženo pojivo, má jemnější zrnitost, méně strukturních defektů a tvoří bariéru vůči difuznímu mechanismu opotřebení nástroje. Metody povlakování jsou rozděleny do dvou skupin, CVD a PVD (obr. 3.4) [4, 7, 9, 10, 11].

- **metoda CVD:** Jedná se o zkratku z anglického výrazu Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze. Je uskutečňováno za vysokých teplot 900 až 1200 °C. Mezi výhody této metody lze zařadit výbornou adhezi mezi podkladem a povlakem, možnost nanesení silnějších vrstev (10 až 13 μm), variabilitu typů povlaků, všestranný účinek a povlakování předmětů složitějších tvarů. Nevýhodami jsou snížení ohybové pevnosti podkladového materiálu, tahová zbytková napětí v povlaku a nemožnost povlakovat ostré hrany. Využití má široké spektrum aplikací – všeobecné soustružení, vyvrtávání oceli a frézování v materiálech K, P a M,

- **metoda PVD:** Z anglického Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování. Povlaky jsou nanášeny za nižších teplot 400 až 600 °C. Vysokou tvrdostí propůjčují povlakovanému materiálu odolnost vůči otěru a vnitřní tlaková pnutí zvyšují houževnatost. Ostrý břit je možné zhotovit díky malé tloušťce povlaku. Tloušťka povlaku se pohybuje od 1,8 do 3 μm a u nanopovlaků, skládajících se z mnoha vrstev, je tloušťka vrstvy menší než 0,2 μm. Povlaky jsou doporučeny pro houževnaté, ale ostré břity a pro obrábění materiálů, které ulpívají na břitu. Jsou vhodné pro aplikace na středových břitových destičkách vrtáků, monolitních karbidových frézách, pro zapichování a řezání závitů. Často jsou užívány pro dokončovací operace.



Obr. 3.4 a – CVD povlak [4], b – PVD povlak [4], c – povlakovací zařízení [11].

3.3 Cermety

Název byl vytvořen spojením slov keramika (ceramic) a kov (metal). Je to slinutý karbid tvořený tvrdými částicemi na bázi titanu. Původně byly vyráběny z karbidu titanu a niklu. V moderním cermetu však již nikl obsažen není a složení je tvořeno, jakožto základním stavebním prvkem, částicemi karbonitridů titanu, částicemi sekundárních tvrdých fází a pojivem bohatým na kobalt. Vyšší odolnost vůči otěru je poskytnuta karbidem a nitridem titanu, odolnost vůči plastické deformaci je zvýšena sekundárními tvrdými fázemi a na houževnatost má pozitivní vliv podíl kobaltu. Odolnost proti otěru je vyšší a tendence kulpívání materiálu obrobku na břitů jsou menší u cermetu než u běžných slinutých karbidů. Cermety mají nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin, což lze redukovat povlakováním PVD. Použití je možné u materiálů, kde hrozí tvorba nárůstku. Typickým způsobem opotřebení se samoostřicí schopností je umožněno udržení nízké úrovně řezných sil i pro dlouhé časy v řezu. Výhody spočívají v dlouhé životnosti nástroje, úzkých tolerancích a vysoké kvalitě obrobené plochy. Jsou užívány při dokončovacích operacích korozivzdorných ocelí, modulárních litin, nízkouhlíkových ocelí a feritických ocelí [1, 12].

3.4 Řezná keramika

Řeznou keramiku je možné definovat jako převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru. Nová keramika je krystalickou látkou na rozdíl od tradiční keramiky, v které je obsažen i značný podíl amorfni fáze. Nová keramika je vyráběna z čistých surovin jako syntetická keramika. Keramické látky jsou vázány kovalentními a iontovými meziatomovými vazbami. Oba typy vazeb se často objevují současně [7, 9].

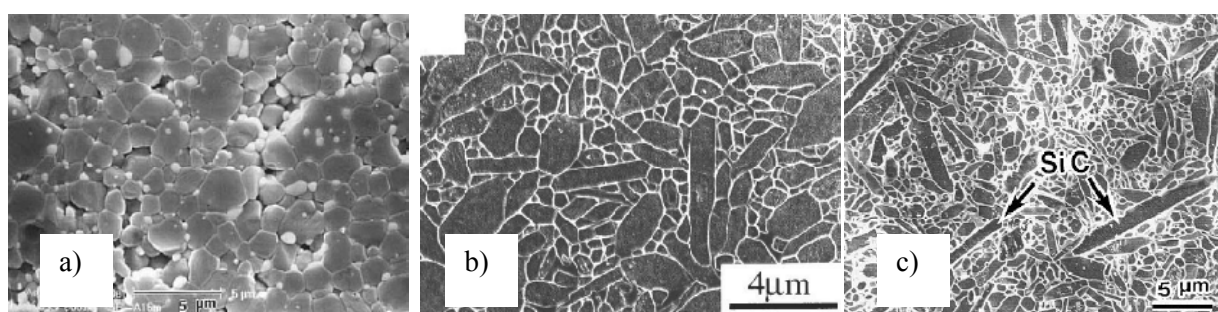
Mezi základní vlastnosti lze zařadit malý rozměr zrn, vysokou tvrdost za tepla, nízkou houževnatost, nízkou měrnou hmotnost a chemickou nereaktivnost s materiálem obrobku. Tím je zajištěna vysoká trvanlivost břitů, snáší teplotu až 1200 °C a mohou být používány při řezných rychlostech do 1600 m.min⁻¹. Jedná se o nástrojový materiál s nízkou tepelnou vodivostí a vysokou křehkostí. Nástroje jsou vyráběny ve formě destiček, které jsou mechanicky upínány na řeznou část nástroje a po opotřebení se vyřazují. Keramické materiály jsou rozděleny na oxidickou, nitridovou a vyztuženou keramiku (obr. 3.5) [6, 7].

- **oxidická keramika:** Oxidickou keramiku je dále možné rozdělit na čistou, polosměsnou a směsnou. V čisté keramice je obsaženo až 99,9 % oxidu hlinitého Al₂O₃. Většinou je používána pro dokončovací soustružení šedé litiny, uhlíkových a nízko legovaných ocelí při řezné rychlosti vyšší než 100 m.min⁻¹. Když je čistá keramika lisována za studena, barva je bílá, když je lisována za tepla, barva je šedá. Polosměsná keramika je vyráběna přidáním různých přísad do čisté keramiky. Nejčastěji se jedná o oxid zirkonu ZrO₂ a to až do 20 %. V polosměsné keramice jsou obsaženy další přísady kombinací Al₂O₃ + ZrO₂, Al₂O₃ + ZrO₂ + CoO. Destičky, které jsou vyráběny za tepla, mají červenou barvu. Ve směsné keramice je kromě Al₂O₃ obsaženo 20 až 40 % karbidu titanu. Touto přísadou je dosaženo větší odolnosti proti teplotním a mechanickým rázům. Materiál je používán pro frézování šedé litiny a ocelí, pro soustružení načisto a jemné soustružení cementačních, zušlechtěných ocelí a tvrdé litiny. Destičky z této keramiky jsou zbarveny do černa,

- **nitridová keramika:** Jedná se o keramiku na bázi nitridu křemíku, jejíž odolnost proti mechanickému porušení břitů je poměrně vysoká. Je používána zejména

pro hrubování i dokončování šedé litiny a litiny s hrubou licí kůrou. Taktéž je ji možné použít pro přerušované řezy, je odolná proti teplotním rázům, je vhodná pro soustružení žárovevých slitin na bázi niklu a také pro měnící se hloubku řezu. Vysoký stupeň tvrdosti je zachován za vysokých teplot, které již slinutý karbid nesnáší. Materiál je možno použít pro obrábění šedé litiny za sucha i při chlazení při řezných rychlostech až $400 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,

- **vyztužená keramika:** Kompozity Al_2O_3 vyztužené vlákny SiC (whiskery) byly vyvinuty v polovině 80. let minulého století. Whiskery mají průměr asi $1 \mu\text{m}$ a délku více než $20 \mu\text{m}$ a jejich pevnost je velmi vysoká. U destiček z vyztužené keramiky je vykazována zvýšená houževnatost, odolnost proti tepelnému šoku a pevnost v tahu. Podíl whiskeru se pohybuje mezi 20 a 30 %. Zhotovené destičky mají zelenou barvu a jsou používány pro obrábění žáruvzdorných litin, kalené oceli, šedé litiny a zejména při obrábění přerušovaným řezem.

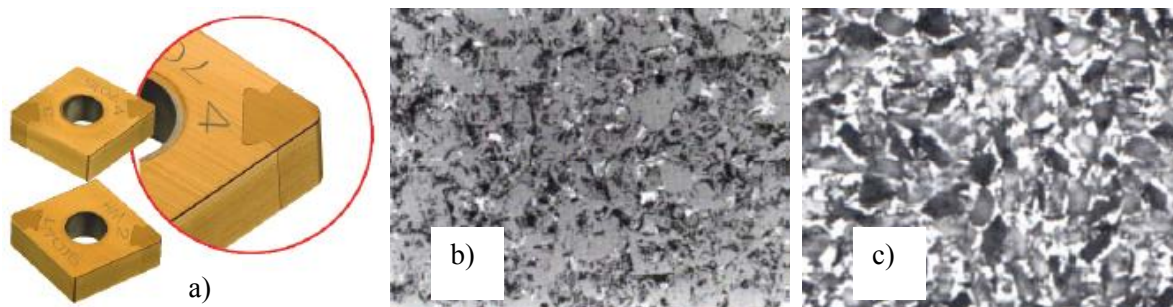


Obr. 3.5 Keramika: a - $\text{Al}_2\text{O}_3 + 15 \% \text{ZrO}_2$, b - Si_3N_4 , c - Si_3N_4 vyztužená SiC [7].

3.5 Supertvrdé nástrojové materiály

Mezi perspektivní řezné materiály, které jsou v současnosti vyráběny, je možné zařadit polykrystalický kubický nitrid bóru (PKNB) a polykrystalický diamant (PD). Hlavní nevýhodou je jejich vysoká cena. PKNB i PD jsou zástupci nejtvrděších řezných materiálů. Materiály, ve kterých jsou tyto komponenty obsaženy, jsou nazývány supertvrdé. V praxi jsou aplikovány jako prášky kubického nitridu bóru, diamantové prášky, diamantové brousící kotouče, diamantové brousící pasty, řezné nástroje osazené segmenty PKNB nebo PD [6].

- **polykrystalický kubický nitrid bóru:** Materiál je významný svou mimořádně vysokou tvrdostí za vysokých teplot (2000°C), dobrou houževnatostí, velkou odolností proti abrazivnímu opotřebení, chemickou stabilitou a odolností proti tepelným rázům. Může být používán při velmi vysokých řezných rychlostech. Jsou vyráběny za vysokých teplot a tlaků, přičemž je uskutečňováno spojení kubických krystalů bóru s keramickým nebo kovovým pojivem. Řezná část vyměnitelné břitové destičky ze slinutého karbidu je tvořena PKNB (obr 3.6). Jsou však vyráběny i monolitické destičky z PKNB. Nástroje jsou používány k obrábění tvrdých a žáruvzdorných materiálů, kalených ocelí, kobaltových a niklových slitin. Dále jsou využívány k dokončovacímu soustružení tvrzených ocelí, vysokorychlostnímu hrubování šedé litiny při soustružení a frézování. Jedná se o jediný nástrojový materiál, který může nahradit tradičně používané metody broušení [6, 13],



Obr. 3.6 a – břitová destička s PKNB [13], b – PKNB firmy de Beers (JAR) [7], c – PKNB firmy Toshiba Tungaloy (Japonsko) [7].

- **polykrystalický diamant:** Nejtvrdším materiálem byl určen přírodní monokrystalický diamant. Této tvrdosti je téměř dosaženo v případě syntetického polykrystalického diamantu. Jemné krystaly jsou slinovány za vysokých teplot a tlaků, přičemž je uskutečňováno spojení krystalů diamantu s kovovým pojivem. Jejich poloha je nahodilá a v žádném směru nejsou vytvářena místa, která by mohla být zdrojem lomu. Břity z PD jsou pevně umístěny na vyměnitelné destičce ze slinutých karbidů, která zaručuje odolnost vůči rázovým a tepelným šokům. Trvanlivost je oproti slinutým karbidům mnohonásobně navýšena, odolnost proti otěru je na velmi vysoké úrovni, ale je postrádána chemická stabilita za zvýšených teplot a materiál má vysokou afinitu k železu. Použití je omezeno na neželezné materiály, jako například sklolaminát, tvrdý kaučuk, grafit, sklo, dřevo. Z kovových materiálů je používán pro obrábění slitin hliníku, mědi a s dostatečně bohatým přívodem řezné kapaliny pro jemné dokončovací operace titanu [6, 14].

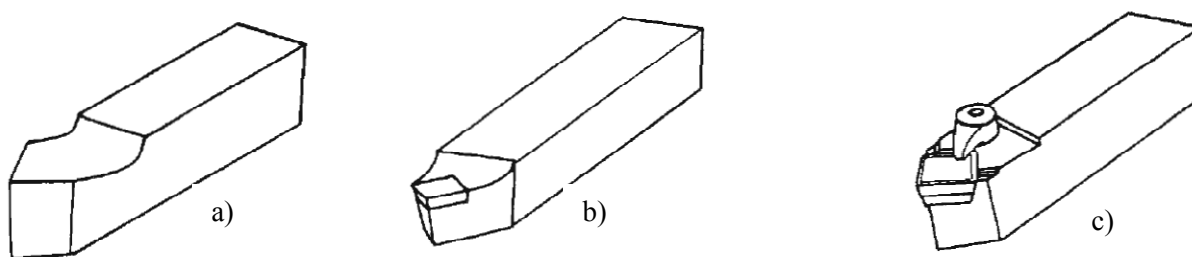
4 KONSTRUKCE A ROZDĚLENÍ NÁSTROJŮ

Nejčastěji používanými soustružnickými nástroji jsou soustružnické nože. Lze je rozdělit podle technologického hlediska na radiální, prizmatické, kotoučové nebo tangenciální [6, 15, 16].

4.1 Radiální soustružnické nože

Radiální nože je možné členit dle konstrukce, způsobu obrábění, směru posuvového pohybu, použitého nástrojového materiálu a tvaru tělesa. Z hlediska konstrukce (obr. 4.1) existují nože:

- **celistvé:** řezná část i těleso nástroje jsou vyrobeny z nástrojového materiálu, nejčastěji jsou to nože z nástrojové oceli,
- **s pájenými břitovými destičkami:** břitová destička, která je vyrobena z řezného materiálu, je pájena na těleso nástroje, které je z konstrukční oceli,
- **s vyměnitelnými břitovými destičkami:** těleso nože je opět vyrobeno z konstrukční oceli, ale VBD jsou k němu mechanicky upínány,
- **modulární:** do základního držáku se pomocí upínacích systémů upevní hlavice, která je osazena VBD [16].



Obr. 4.1 a – celistvý nůž, b – nůž s pájenou destičkou, c – nůž s VBD [15].

Dále se rozlišují nože podle směru posuvu na pravé, kde posuv směřuje od koníku soustruhu k vřetenu a levé, kde posuv míří od vřetena ke koníku. Podle způsobu obrábění jsou vyráběny nože pro obrábění vnitřních a vnějších ploch. Tyto nože je ještě možné členit na uběrací, upichovací, zapichovací, tvarové, kopírovací a závitové. A dle tvaru tělesa se radiální nože dělí na přímé a ohnuté [16].

4.1.1 Radiální soustružnické nože s VBD

Označují se jednotným systémem ISO, který dodržují výrobci nástrojů a nástrojových materiálů. Označení vnitřních a vnějších soustružnických nožů je ukázáno v přílohách 4 a 5.

VBD jsou vyráběny ze slinutých karbidů, řezné keramiky, cermetů, kubického nitridu bóru, případně syntetického diamantu. Na čelech destiček jsou předlisovány či předbroušeny utvářeče třísek nebo jsou hladké. Destičky bývají vícebřité a oboustranné. Po otupění se pootočí a je aplikován další břit (čtvercová oboustranná destička má 8 břitů). Po otupění všech břitů, je nutné destičku nahradit. Výměna probíhá snadno a rychle.

Polohu břitu většinou není třeba seřizovat. Destičky jsou do držáků upínány tak, aby řezné odpory směřovaly do stěn pro ně vytvořených vybrání a upínací mechanismus tak nebyl zatěžován.

VBD jsou také označovány jednotným systémem ISO (příloha 7), který výrobci dodržují, podobně jako soustružnické nože [6, 16].

4.2 Prizmatické soustružnické nože

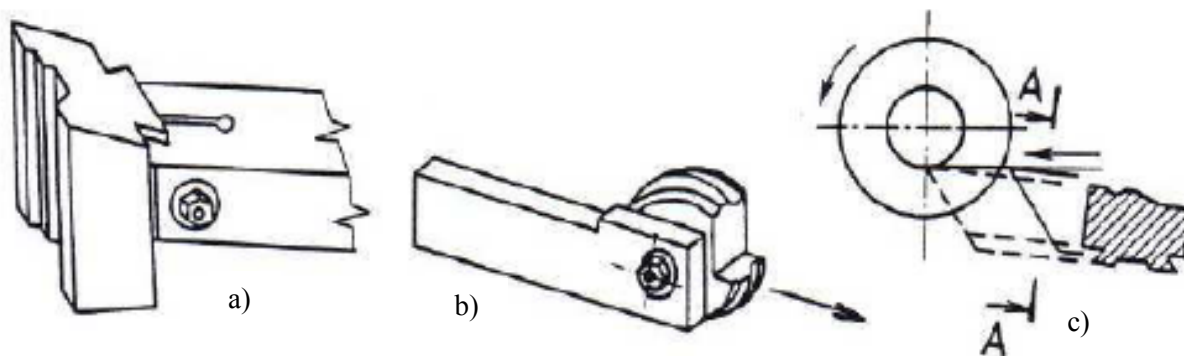
Používají se pro vnější soustružení tvarových ploch zapicováním jako tvarové nože (obr. 4.2). Profil nože je řešen pro jednotlivé uzlové body v rovině čela a v radiální rovině nože. Tyto nože jsou ostřeny na čele, ale tvar soustružené plochy a funkční profil se nemění [6].

4.3 Kotoučové soustružnické nože

Tyto nože (obr. 4.2) jsou výhradně používány jako tvarové, ale tvar obvodu kotoučového nože není shodný s tvarem, který má být obroben. Ostření nože se může uskutečňovat mnohokrát, aniž by došlo ke změně funkčního tvaru a provádí se na čele. Osa nástroje je ustavena v držáku nad osou obrobku v závislosti na požadovaném úhlu hřbetu α_0 . Profil kotoučového nože se stanovuje v radiálním řezu zpravidla pro $\gamma_0 > 0$ [6].

4.3 Tangenciální soustružnické nože

Tangenciální nože (obr. 4.2) jsou nejčastěji používány jako tvarové, a to nejčastěji na soustružnických revolverových automatech. Nůž vykonává posuvný pohyb po přímce, která je mimoběžná s osou rotace obrobku. Soustružení začíná na maximálním průměru, když je tloušťka třísky maximální a končí, když je tloušťka třísky minimální a povrch je dokončován. Pracovní úhel čela se může z negativních hodnot na začátku soustružení měnit na pozitivní hodnoty při dokončování [6].



Obr. 4.2 Soustružnické nože: a – prizmatický, b – kotoučový, c – tangenciální [6].

5 PRŮŘEZ FIRMAMI VYRÁBĚJÍCÍ NÁSTROJE

Na tuzemském i zahraničním trhu existuje značné množství firem, které se zabývají výrobou či prodejem nástrojů určených pro obrábění. Z kapacitních důvodů této práce byly vybrány tři firmy, a to konkrétně: Pramet Tools, s. r. o., Sandvik Coromant AB a Seco Tools AB.

5.1 Pramet Tools, s. r. o.

Firma se zabývá výrobou nástrojů pro soustružení, frézování a vrtání. Roku 1951 byla v Šumperku zahájena výroba (obr. 5.1) součástí ze slinutého karbidu a započala výroba nástrojů osazených slinutým karbidem. V roce 1999 došlo k propojení s finančně silným partnerem. Společnost navýšila základní jmění a získané prostředky byly použity na pořízení nových technologií, rozšíření výzkumných a vývojových aktivit, optimalizaci informačních systémů, posílení technického servisu, poradenství zákazníkům a rozšíření poboček, které byly založeny v Polsku a Itálii [17].



Obr. 5.1 Firma Pramet Tools, s. r. o.: a – logo firmy, b – historie, c – současnost [17].

Katalog firmy Pramet Tools, s. r. o., který obsahuje nástroje pro soustružení, je nazvaný Soustružení 2012. V katalogu je nejprve ukázán systém značení nožů ISO (přílohy 4 a 5). Potom jsou zde seřazeny nože pro vnější a vnitřní soustružení podle systému upnutí C, D, M, P a S. Pro systém upnutí P jsou nabízeny ještě hlavice, stavitelné hlavice a držáky těchto hlavice. Následuje nabídka nástrojů určených k upichování, zapichování a soustružení závitů. Dále je zde ukázán systém značení vyměnitelných břitových destiček ISO a široký sortiment VBD ze slinutých karbidů, VBD s PKNB a PD. Na konci je technická část, která obsahuje rozdělení obráběných materiálů, volbu nástroje, geometrii VBD pro různé upínací systémy, povlakované materiály, volbu startovních řezných podmínek a mnoho jiných teoretických poznatků, vzorců a tabulek, týkajících se soustružení [18].

5.2 Sandvik Coromant AB

Firma se zabývá výrobou nástrojů pro soustružení, frézování a vrtání. Dle požadavků zákazníka firma dokáže vyrobit i speciální nástroj. Společnost Sandvik Coromant AB založil roku 1862 Göran Fredrik Göransson (obr. 5.2). Stanovil dvě základní hodnoty, které jsou dodnes dodržovány, a to nepřetržitý technologický vývoj a úzké spojení se zákazníky. Skutečná historie firmy započala v roce 1942, kdy Wilhelm Haglund přijal pozici manažera nového závodu na výrobu nástrojů ze slinutých karbidů ve švédském městě Sandviken. Název byl změněn na Sandvik Coromant AB v roce 1984 [19, 20].

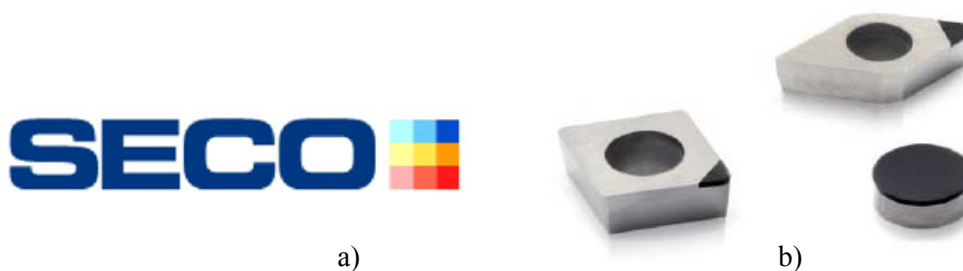


Obr. 5.2 Firma Sandvik Coromant AB: a – logo firmy, b – zakladatel, c – historie [19].

Firma Sandvik Coromant AB má rozsáhlý sortiment nástrojů. Katalog s názvem Soustružnické nástroje je rozdělen do několika částí. Nejprve jsou zde ukázány nejdůležitější novinky, poté všeobecné soustružení s obrázky, grafy a tabulkami a podobně jako u firmy Pramet Tools, s. r. o. jsou zde ukázány systémy značení. V sekci všeobecné soustružení v části aplikace je popsáno obrábění vnějších a vnitřních ploch a produktivita soustružení. Následuje přehled produktů. Největší část tvoří břitové destičky, které jsou rozděleny na destičky s negativní a pozitivní geometrií. Další část obsahuje VBD z řezné keramiky, kubického nitridu bóru a polykrystalického diamantu s jejich kódovým značením pro metrické a palcové rozměry. Následuje široká nabídka držáků pro vnější a vnitřní soustružení opět se systémem značení. Dále jsou zde kazety pro speciální nástroje a přehled náhradních dílů. Další sekce jsou věnovány upichování a zapichování, řezání závitů, upínacím systémům, víceúčelovému obrábění a všeobecným informacím [21].

5.3 Seco Tools AB

Jedná se o švédskou společnost, která byla založena roku 1929 a v současnosti zaměstnává přes 4000 lidí. Firma se zabývá výrobou nástrojů pro soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů ze slinutých karbidů, keramiky a supertvrdých materiálů. Výrobní jednotky se nacházejí ve Švédsku, České republice, Německu, Francii, Itálii, USA a Indii [22]. Logo firmy je na obrázku 5.3.



Obr. 5.3 Firma Seco Tools AB: a – logo firmy, b – nástroje z PD [23].

V první kapitole katalogu Soustružení jsou technické informace, které obsahují systémy značení držáků a destiček, upínací systémy a všeobecné informace o soustružení. Katalog pokračuje nabídkou vnějších a vnitřních držáků, kazet, adaptérů a příslušenství. Následují břitové destičky z klasických i supertvrdých materiálů (obr. 5.3). Dále je zde kapitola, která se věnuje tvarovému soustružení, mini soustružení, soustružení závitů, zapichování a upichování a informace o obráběných materiálech [23].

6 VOLBA TYPU NÁSTROJE A VBD

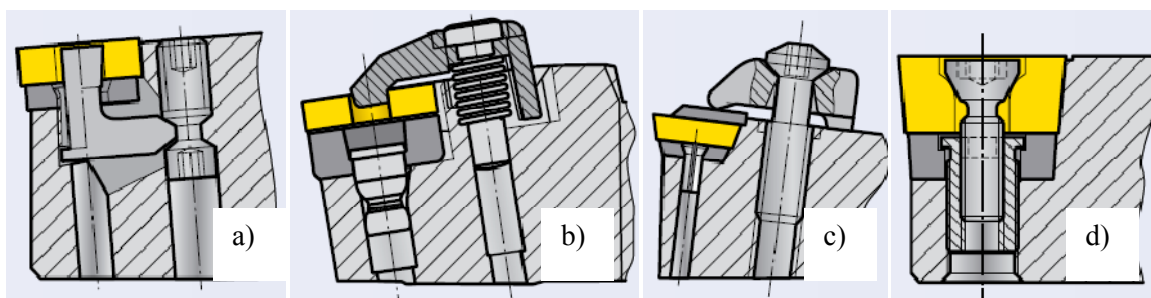
Před začátkem soustružnické operace je důležitá identifikace obráběného materiálu a volba upínacího systému VBD, velikosti a typu držáku, tvaru, velikosti, poloměru špičky a geometrie VBD, řezného materiálu a řezných podmínek [1, 18].

6.1 Rozdělení obráběných materiálů

Dle normy ISO 513 jsou obráběné materiály rozděleny do šesti základních skupin. Jsou v nich sdružovány materiály, které vyvolávají kvalitativně stejný typ zatížení břitu a tím pádem i podobný typ opotřebení. Do skupiny **P** patří uhlíkové oceli třídy 10, 11, 12, legované oceli tříd 13, 14, 15, 16, nástrojové uhlíkové oceli, nástrojové legované oceli, uhlíková ocelolitina skupiny 26, nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27 a feritické a martenzitické korozivzdorné oceli. Do skupiny **M** se řadí austenitické a feriticko-austenitické oceli, korozivzdorné, žáruvzdorné a žáropevné oceli nemagnetické a ořezivzdorné. Šedá legovaná i nelegovaná, tvárná a temperovaná litina náleží skupině **K**. Skupině **N** přísluší neželezné kovy, slitiny hliníku a mědi. Speciální žáropevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti patří do skupiny **S**. Do skupiny **H** se řadí zušlechtilé oceli s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli HRC 48 až 60 a tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85 [18].

6.2 Upínací systém VBD

Držáky jsou vyrobeny tak, aby s nimi bylo možné dosáhnout optimálního výkonu v celé šíři oblasti jejich použití. Volbu upínacího systému VBD určuje velikost obrobku a druh operace. Upínací systém typu **D** se přednostně používá pro běžné vnější soustružení. VBD je zajištěna v držáku pomocí upínky, která ji zatlačuje do pevného lůžka. Tento systém se používá u negativních břitových destiček s otvorem a jedná se o robustní, stabilní upnutí. Upnutí typu **P** se také používá u negativních destiček s otvorem a volný prostor nad destičkou usnadňuje odvod třísek. Dotahováním upínacího šroubu dojde k vychýlení páčky s kolíkem, který přitlačuje destičku do lůžka. Systém typu **C** je především určen pro destičky z PKNB bez otvoru. Destička je zajištěna v lůžku upínkou s karbidovou opěrkou. Pro vnější i vnitřní soustružení s pozitivními destičkami s otvorem se používá systém typu **S**. Destička je zajištěna v lůžku pomocí středového šroubu [1, 23]. Upínací systémy jsou na obr. 6.1.



Obr. 6.1 Upínací systémy: a – typ P, b – typ D, c – typ C, d – typ S [18].

6.3 Velikost a typ držáku

Volba je ovlivněna směrem posuvu, řeznými podmínkami, upnutím obrobku a nástroje ve stroji. Také je třeba zohlednit přístup ke stroji. Tvar obrobku je rozhodující pro soustružení tvarů. Typy držáků se určují podle úhlu nastavení hlavního ostří a úhlu

špičky, které jsou stanoveny tvarem VBD. Účinnost obrábění je ovlivňována efektivním úhlem nastavení hlavního ostří. Pro zmenšení poměrného vyložení nože a získání nejvyšší možné tuhosti ve prospěch stability břitů je třeba zvolit největší držák, který lze na daném stroji upnout. Velikost držáku by měla odpovídat velikosti VBD, podle které se určuje aktivní délka ostří. Měl by se volit nejmenší možný úhel nastavení hlavního ostří, který je možné s ohledem na obrábění použít [1].

6.4 Tvar VBD

Tvar VBD by měl být v souladu s přístupností, případně mnohostranností použitelnosti soustružnického nože a s úhlem nastavení hlavního ostří. Z důvodu hospodárnosti a stability by měla být volena taková destička, která má větší úhel špičky. Ale při obrábění za střídajících se řezných podmínek je doporučováno použít destičky s menším úhlem špičky. Se zvětšujícím se úhlem špičky narůstá nebezpečí vzniku vibrací [1]. Základní tvary a velikosti VBD jsou zobrazeny v příloze 6.

6.4 Velikost VBD

Při výběru velikosti VBD musí být brána v potaz největší hloubka řezu, která má být nástrojem obráběna. Musí být stanovena aktivní délka ostří l_a , která v případě úhlu nastavení hlavního ostří 90° odpovídá hloubce řezu. S klesajícím úhlem nastavení hlavního ostří a při zachování konstantní hloubky řezu je pak aktivní délka ostří větší. Při volbě velikosti je nutné zohlednit náklady a spolehlivost obrábění. Větší VBD s větší tloušťkou zaručují vyšší spolehlivost břitů, ale jsou dražší. Toto je výhodné především při obrábění přerušovaným řezem a u zvláště náročných hrubovacích operací.

Na stabilitu VBD má značný vliv úhel špičky. Každý tvar destičky má maximální přípustnou aktivní délku ostří. Jedná se o maximální směrné hodnoty, které zaručují spolehlivost obrábění při nepřerušovaném hrubování, ale krátkodobě lze pracovat s větší hloubkou řezu. Dalším faktorem je typ destičky, který má totožný tvar destičky, ale rozdílnou geometrii břitů. Geometrie je dimenzována buď pro hrubování nebo obrábění načisto.

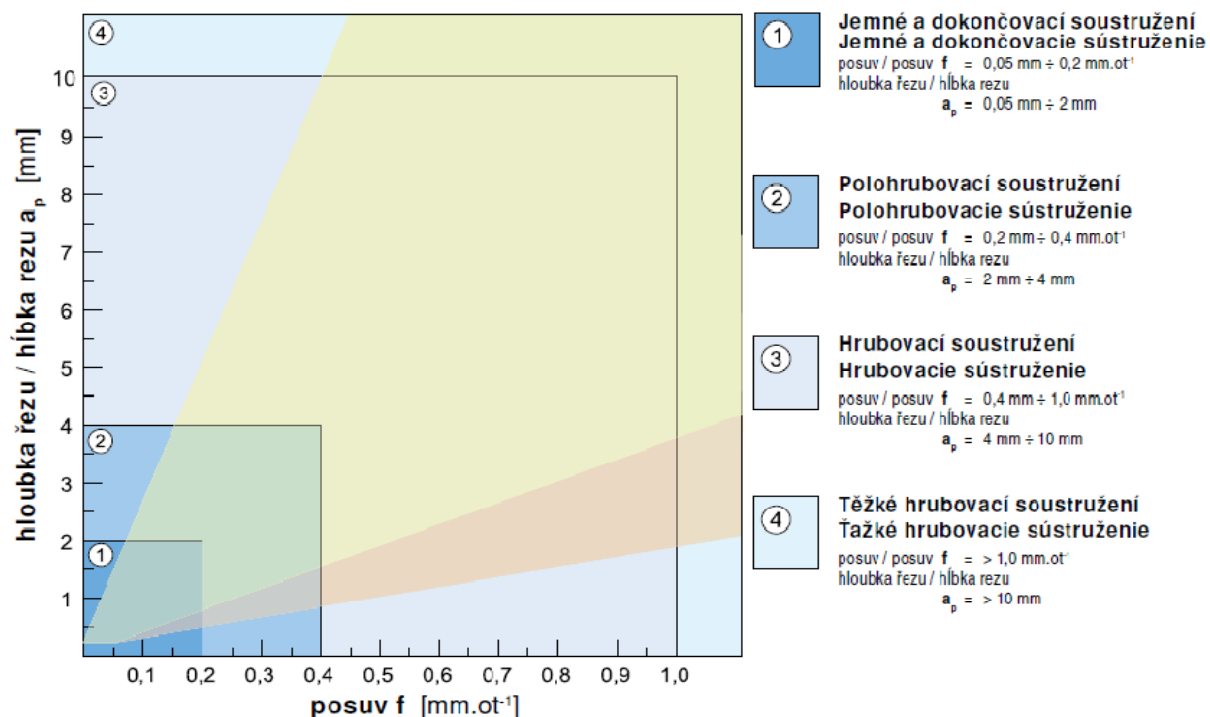
Je-li hloubka řezu větší než aktivní délka ostří VBD, je doporučeno volit větší VBD nebo změnit hloubku řezu. K získání větší spolehlivosti při hrubování je třeba použít větší VBD s větší tloušťkou [1].

6.5 Poloměr špičky

Poloměr zaoblení špičky r_ϵ je poslední dvojčíslí v ISO kódu značení VBD. Jedná se o důležitý faktor pro stabilitu při hrubování a stav povrchu při obrábění načisto. Velikostí poloměru je ovlivňuje rychlost posuvu a chování nástroje při vibracích. Poloměr špičky tvoří přechod mezi hlavním a vedlejším ostřím. Poloměr se volí pokud možno co největší. Větší poloměr umožní vyšší rychlost posuvu, ale je nutné dbát nebezpečí vzniku vibrací. Pro hrubování se používají nejčastěji destičky s poloměrem 1,2 až 2,4 mm. Hodnota posuvu na otáčku by při hrubování měla činit asi polovinu velikosti poloměru špičky. Stav a jakost obrobeného povrchu určuje, při soustružení načisto, poloměr špičky a rychlost posuvu. Při obrábění načisto vykonává špička břitů největší množství práce. Jakost obrobeného povrchu se může často zlepšit pozitivní geometrií břitů a použitím vyšší řezné rychlosti. Posuv by měl být volen tak, aby nepřesáhl hodnotu, nutnou ke vzniku uspokojivé jakosti povrchu. Jako směrný údaj je doporučováno volit hodnotu posuvu maximálně $1/3$ poloměru špičky [1, 18].

6.6 Typ a geometrie VBD

Geometrie břitu je charakteristickým znakem pro typ VBD. Rozdílné materiály a řezné podmínky určují odlišné požadavky na břit. Geometrie břitu je tedy dána materiálem obrobku a pracovní oblastí operace. Volba je také ovlivněna výkonem, stavem stroje, sklonem k vibracím, stabilitou upnutí a tím, zda se jedná o kontinuální či přerušovaný řez. Způsoby obrábění soustružením jsou rozděleny do pracovních oblastí (obr. 6.2), v kterých jsou obrobky a materiály opracovávány na přesný rozměr a specifickou jakost obrobeného povrchu [1].



Obr. 6.2 Pracovní oblasti [18].

6.7 Materiál pro výrobu nástrojů

Pro funkci břitu má velký význam volba řezného materiálu. Mezi hlavní patří povlakované a nepovlakované slinuté karbidy, cermety, řezná keramika, kubický nitrid bóru a polykrystalický diamant [1].

Nejvyužívanější jsou nástroje z povlakovaných slinutých karbidů, kterými je možné obrábět ocel, šedou litinu a korozivzdorné oceli. Nepovlakované druhy slinutých karbidů jsou specializovány především v určitých oblastech soustružení. Jsou vhodné pro obrábění žáruvzdorných materiálů, jako například slitin na bázi niklu.

Cermety jsou používány od lehkých hrubovacích operací, až po obrábění načisto. Vhodné jsou především na jemné obrábění načisto a zaručují vysokou jakost obrobeného povrchu.

Rozsah použití keramických řezných materiálů sahá od obrábění litiny a ocelí, až po kalenou ocel a žáruvzdorné materiály. Soustružení keramickým materiálem může nahradit operace broušení. Keramické VBD jsou dobré pro svou vysokou produktivitu, ale musí být použity vhodné podmínky obrábění. Po dlouhou dobu obrábění je dodržována jakost obrobeného povrchu a současně přesnost rozměrů.

Kubický nitrid bóru je velmi tvrdým materiálem a používá se pro obrábění tvrzené litiny, kalené oceli nebo slitin na bázi kobaltu nebo niklu. Při správné způsobu obrábění poskytují vyšší produktivitu než nástroje řezné keramiky nebo slinutých karbidů. Tento materiál je určen především pro obrábění načisto.

VBD osazené polykrystalickým diamantem jsou naprosto nevhodné pro obrábění materiálů obsahující uhlík. Tento materiál má velmi vysokou tvrdost a vysokou odolnost proti opotřebení. Používá se zejména při obrábění načisto předběžném dokončování neželezných materiálů. Nejčastěji jsou jím obráběny abrazivní materiály a slitiny hliníku.

Při volbě řezného materiálu je přihlédnuto především k materiálu obrobku a k rozsahu obrábění. Důležitá je houževnatost a odolnost vůči opotřebení [1].

6.8 Řezné podmínky

Při vypočítávání řezných podmínek se vychází ze zvoleného řezného materiálu, rozsahu obrábění a materiálu obrobku. Nejsnadnější cesta k určení řezných podmínek je z tabulek, udávajících doporučené hodnoty, které jsou uvedeny v katalogu výrobce.

Posuv se volí podle toho, jak velký objem odřezaného materiálu je při hrubování přiměřený, nebo jaká je požadována kvalita povrchu. Řeznou rychlost je možné stanovit v poměru k posuvu [1].

7 DISKUZE

Zdrojů k tomuto tématu existuje mnoho, ale z kapacitních důvodů této práce, byly vybrány nejpodstatnější informace. Kromě vývoje soustružnických nástrojů, jejich geometrie, nástrojových materiálů, konstrukce a volby typu nástroje je zde popsán i trh. Také tato kapitola mohla být daleko rozsáhlejší, protože firem, které se soustružnickými nástroji zabývají, existuje mnohem více než tyto tři zvolené firmy – Pramet Tools, s. r. o., Sandvik Coromant AB a Seco Tools AB. Mezi další společnosti, které vyrábí nástroje pro obrábění, patří například WALTER AG, ISCAR LTD, Gühring oHG, Kennametal Inc., MITSUBISHI MATERIALS Corporation, Hartmetall-Werkzeugfabrik PAUL HORN GmbH, Hoffmann Qualitätswerkzeuge CZ s. r. o.

Na počátku 20. století byla nástrojová ocel nepoužívanějším nástrojovým materiálem. V 60. letech se na trhu objevily povlakované vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů, které jsou v současnosti nejužívanějšími. Z veškerých břitových destiček používaných pro obrábění nástroje reprezentují slinuté karbidy 80 až 90 %. Slinuté karbidy jsou takovým zlatým středem v poměru tvrdost/houževnatost. Mezi nejtvrdší materiály s nízkou houževnatostí patří polykrystalický diamant a naopak vysokou houževnatost a minimální tvrdost mají nástroje vyrobené z rychlořezné oceli.

Je možné předpokládat, že nástrojové materiály budoucnosti budou mít vyšší tvrdost i houževnatost. Důraz bude kladen zejména na co největší dosažitelný výkon při nejmenších možných nákladech. Velkou roli také bude hrát technologický vývoj a snaha o snižování ekologických dopadů.

V současnosti se nejvíce používají radiální nože s VBD. Prizmatické, kotoučové a tangenciální nože jsou užívány už pouze ojediněle. Dříve hojně využívané celistvé soustružnické nože byly z velké části nahrazeny držáky, na které jsou mechanicky upínány vyměnitelné břitové destičky z různých nástrojových materiálů, pomocí některého z upínacích systémů.

Jak bylo již zmíněno, výrobou nástrojů pro obrábění se zabývá mnoho firem. Mezi největší světové výrobce patří švédská firma Sandvik Coromant AB, která byla založena již roku 1862. Tato společnost má velmi široký sortiment zboží a nezabývá se pouze soustružením, ale nabízí nástroje pro jiné obráběcí metody. Nejvýznamnější tuzemskou společností je firma Pramet Tools, s. r. o. se sídlem v Šumperku. Roku 1999 byla bývalá akciová společnost Pramet Šumperk koupena skupinou Seco Tools AB se sídlem ve švédské Fagerstě. Tato firma se také nezabývá pouze nástroji pro soustružení, ale i pro jiná odvětví obrábění a tváření.

Soustružnický nástroj se sestavuje tak, že se po identifikaci obráběného materiálu vybere vhodný upínací systém dle druhu operace a velikosti obrobku. Volbu držáku ovlivňují řezné podmínky, směr posuvu a upnutí obrobku ve stroji. Tvar VBD se volí dle řezných podmínek. Jsou-li střídavé, doporučují se destičky s menším úhlem špičky, jsou-li řezné podmínky stálé, jsou doporučovány destičky s větším úhlem špičky. Velikost VBD je dána především největší hloubkou řezu. Dalším důležitým parametrem VBD je poloměr zaoblení špičky. Ten se z pravidla volí co největší. Geometrie břitu je dána materiálem obrobku a pracovní oblastí. Velmi důležitá je také volba nástrojového materiálu, který velmi ovlivňuje funkci břitu. Vhodné řezné podmínky jsou často uvedeny přímo v katalogu výrobce.

ZÁVĚR

Soustružení je velmi významné ve strojní výrobě. Tento obor prošel dlouhým vývojem, a proto je dnes na tak vysoké úrovni. Nálezy dokazují, že soustružení bylo používáno již ve starém Egyptě, ale skutečný rozvoj odstartovala průmyslová revoluce v 18. století. Pro svou univerzálnost je soustružení využíváno jak v malých, tak i ve velkých firmách. Ale původní soustruhy jsou dnes nahrazovány víceosými obráběcími centry, která jsou kromě soustružení schopna i jiných technologických operací. Tyto stroje jsou již téměř plně automatizovány a šetří se jimi mnoho strojního času a pracovní síly.

První kapitola shrnuje vývoj soustružnických nástrojů, následuje popis geometrie řezného nástroje. V další části jsou popsány užívané nástrojové materiály. Následuje rozdělení nástrojů a rozbor trhu se soustružnickými nástroji. Poslední kapitola je věnována volbě vhodného nástroje.

Výrobci obráběcích nástrojů v současnosti zaměřují svoji pozornost na vývoj nových nástrojů a jejich materiálů, aby byly schopny efektivně obrábět i titanové slitiny, kompozitní materiály, superslitiny a jiné moderní materiály, které mají v dnešní praxi stále větší zastoupení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SADVIK 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 Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. *Geologie.vsb.cz* [online]. [cit. 2012-01-25]. Historie těžby a využití nerostů na našem území. Dostupné na World Wide Web: <<http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/historie.html>>.
3. *Katalog.mav.cz* [online]. [cit. 2012-01-25]. Soustružnické nože z HSS. Dostupné na World Wide Web: <<http://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=6043>>.
4. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-08]. Povlakovaný slinutý karbid. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/Pages/default.aspx>.
5. FOREJT, M. a PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
6. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
7. HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – I. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT – FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003 [online], [cit. 2012-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf>.
8. *GARANT příručka obrábění*. S.1 : S.n., 2006. 641 s.
9. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
10. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Interaktivní multimediální text pro všechny studijní programy FSI. VUT – FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2006 [online], [cit. 2012-03-20]. Dostupné na World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf>.
11. BORO VAN, P. *Řezné nástroje: Moderní řezné materiály 2. Technický týdeník* [online]. [cit. 2012-04-14]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.techtydenik.cz/reznenastroje.php?part=3>>.
12. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-14]. Cermet. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/materials/cutting_tool_materials/cermet/pages/default.aspx>.
13. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-15]. Polykrystalický kubický nitrid bóru. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx>.

14. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-15]. Polykrystalický diamant. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_diamond/pages/default.aspx>.
15. BARCAL, J. a MÁDL, J. *Základy technologie II*. Praha: ČVUT, 2005, 55 s. ISBN 80-01-0610-8.
16. HUMÁR, A. *Technologie I – Základní metody obrábění – 1. část*. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT – FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004 [online], [cit. 2012-04-17]. Dostupné na World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1>.
17. *Pramet.com* [online]. [cit. 2012-04-20]. Historie a dnes. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com/indexad49.html?menu=firma1>>.
18. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení 2012*. [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Turning%202012%20CZ%20PROG.pdf>>.
19. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-20]. Naše historie. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/aboutus/our_history/pages/default.aspx>.
20. *Sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-04-20]. History. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.sandvik.com/en/about-sandvik/about-the-company/history/>>.
21. SANDVIK COROMANT AB, Sandviken, Sweden. *General turning*. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné na World Wide Web: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/ENG/MTG_A.PDF>.
22. *Liu.se* [online]. [cit. 2012-04-28]. Partner presentations. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.liu.se/forskning/funmat/partners?l=en>>.
23. SECO TOOLS AB, *Soustružení*. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/turning/Turning%202012_CZ_LR.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CVD	[-]	chemical vapour deposition
HRC	[-]	tvrdost dle Rockwella
HSh	[-]	tvrdost podle Shoreho
ISO	[-]	international organization for standardization
JAR	[-]	Jihoafrická republika
PD	[-]	polykrystalický diamant
PKNB	[-]	polykrystalický kubický nitrid bóru
PVD	[-]	physical vapour deposition
RO	[-]	rychlořezná ocel
SK	[-]	slinutý karbid
USA	[-]	United States of America
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
s. r. o.	[-]	společnost s ručením omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
Aα	[-]	hlavní hřbet
A'α	[-]	vedlejší hřbet
Aγ	[-]	čelo nástroje
P_f	[-]	nástrojová boční rovina
P_{fe}	[-]	pracovní boční rovina
P_n	[-]	nástrojová normálná rovina
P_{no}	[-]	pracovní normálná rovina
P_o	[-]	nástrojová ortogonální rovina
P_{oc}	[-]	pracovní ortogonální rovina
P_p	[-]	nástrojová zadní rovina
P_{pe}	[-]	pracovní zadní rovina
P_r	[-]	nástrojová základní rovina
P_{re}	[-]	pracovní základní rovina

P_s	[-]	nástrojová rovina ostří
P_{se}	[-]	pracovní rovina ostří
S	[-]	hlavní ostří nástroje
S'	[-]	vedlejší ostří nástroje
a_p	[mm]	hloubka řezu
f	[mm.ot ⁻¹]	posuv
l_a	[mm]	aktivní délka ostří
r_ε	[mm]	poloměr špičky
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
Θ_r	[°]	nástrojový úhel polohy roviny největšího spádu hřbetu
Ψ_r	[°]	nástrojový doplňkový úhel nastavení hlavního ostří
Ψ_{re}	[°]	pracovní doplňkový úhel nastavení hlavního ostří
α_b	[°]	nástrojový úhel největšího spádu hřbetu
α_f	[°]	nástrojový boční úhel hřbetu
α_{fe}	[°]	pracovní boční úhel hřbetu
α_n	[°]	nástrojový normální úhel hřbetu
α_{ne}	[°]	pracovní normální úhel hřbetu
α_o	[°]	nástrojový ortogonální úhel hřbetu
α_{oe}	[°]	pracovní ortogonální úhel hřbetu
α_p	[°]	nástrojový zadní úhel hřbetu
α_{pe}	[°]	pracovní zadní úhel hřbetu
β_f	[°]	nástrojový boční úhel břitu
β_{fe}	[°]	pracovní boční úhel břitu
β_n	[°]	nástrojový normální úhel břitu
β_{ne}	[°]	pracovní normální úhel břitu
β_o	[°]	nástrojový ortogonální úhel břitu
β_{oe}	[°]	pracovní ortogonální úhel břitu
β_p	[°]	nástrojový zadní úhel břitu
β_{pe}	[°]	pracovní zadní úhel břitu

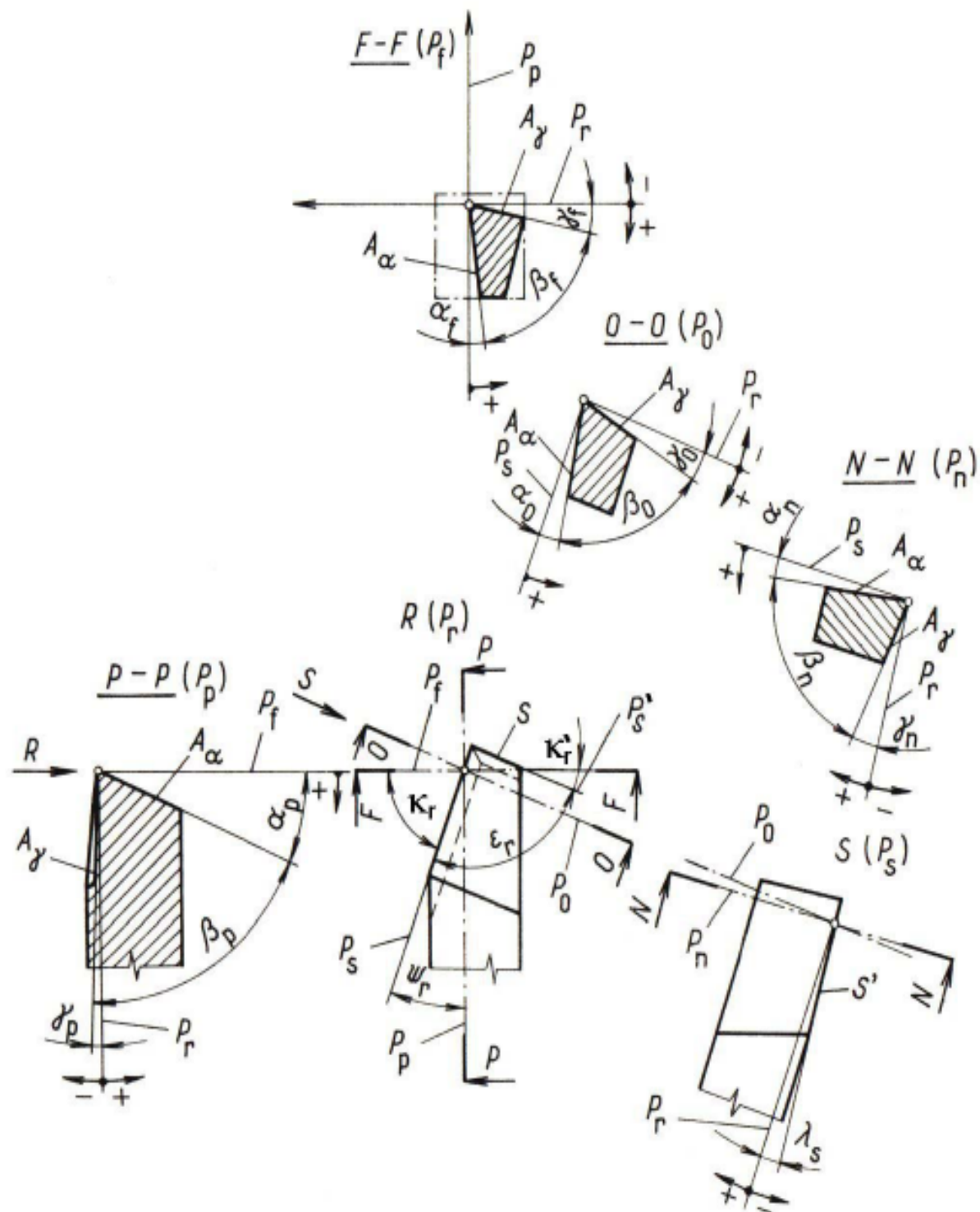
γ_f	[°]	nástrojový boční úhel čela
γ_{fe}	[°]	pracovní boční úhel čela
γ_g	[°]	nástrojový úhel největšího spádu čela
γ_n	[°]	nástrojový normální úhel čela
γ_{ne}	[°]	pracovní normální úhel čela
γ_o	[°]	nástrojový ortogonální úhel čela
γ_{oe}	[°]	pracovní ortogonální úhel čela
γ_p	[°]	nástrojový zadní úhel čela
γ_{pe}	[°]	pracovní zadní úhel čela
δ_r	[°]	nástrojový úhel polohy roviny největšího spádu čela
ε_r	[°]	nástrojový úhel špičky
κ_r	[°]	nástrojový úhel nastavení hlavního ostří
κ'_r	[°]	nástrojový úhel nastavení vedlejšího ostří
κ_{re}	[°]	pracovní úhel nastavení hlavního
λ_s	[°]	nástrojový úhel sklonu ostří
λ_{se}	[°]	pracovní úhel sklonu ostří

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Nástrojové úhly v rovinách P_r , P_f , P_p , P_s , P_o , P_n
Příloha 2	Nástrojové úhly v rovinách P_g , P_b
Příloha 3	Třídy pro soustružení z katalogu firmy Sandvik Coromant AB
Příloha 4	Systém značení nožů ISO pro vnější soustružení z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o.
Příloha 5	Systém značení nožů ISO pro vnitřní soustružení z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o.
Příloha 6	Základní tvary a velikosti VBD z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o.
Příloha 7	Systém značení VBD z katalogu firmy Seco Tools AB

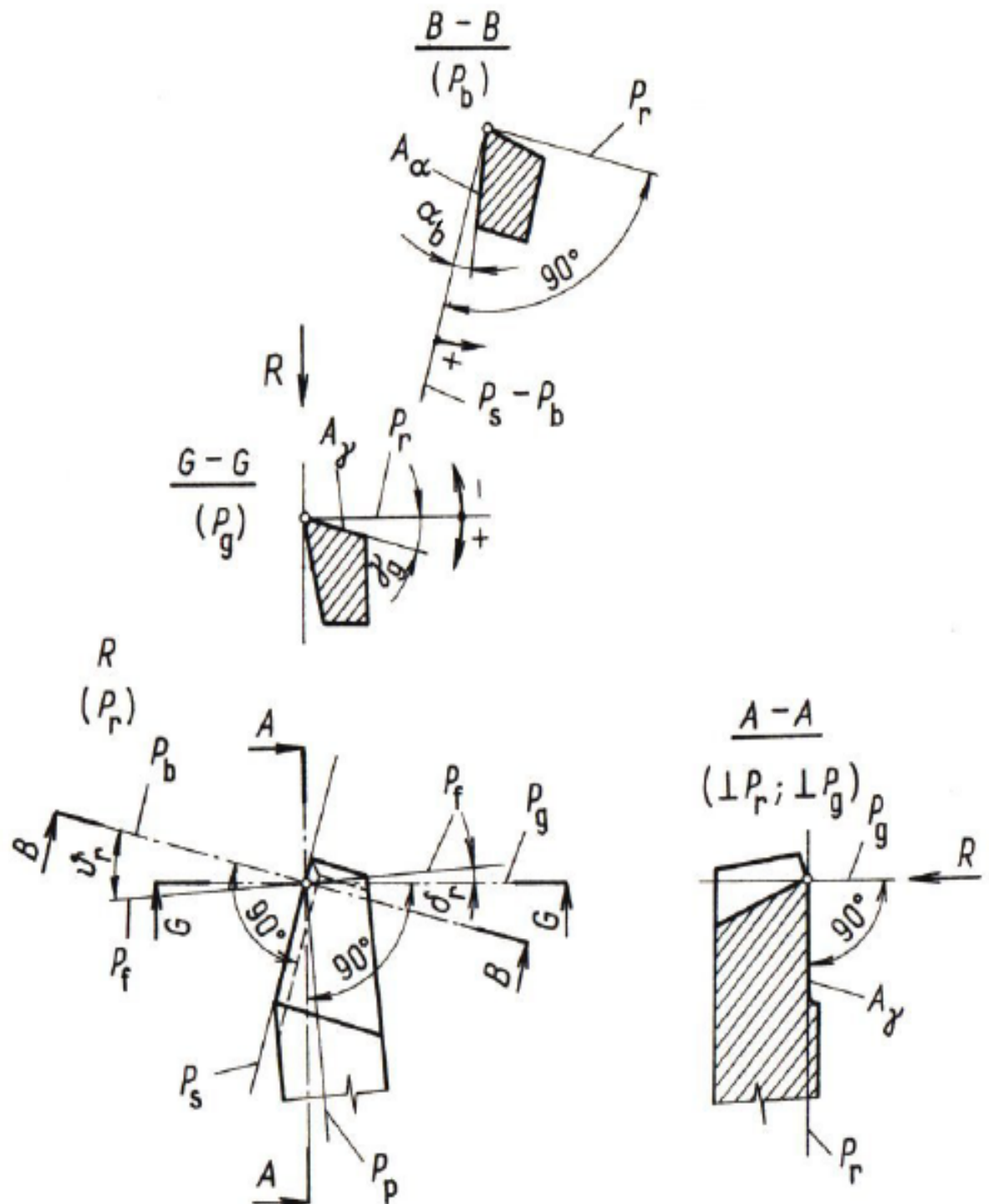
PŘÍLOHA 1

Nástrojové úhly v rovinách P_r , P_f , P_p , P_s , P_o , P_n [7].



PŘÍLOHA 2

Nástrojové úhly v rovinách P_g , P_b [7].



PŘÍLOHA 3

Třídy pro soustružení z katalogu firmy Sandvik Coromant AB [21].

Třída	Aplikační oblasti dle ISO						Nástrojový materiál	Typ slinutého karbidu	Metoda povlakování a složení povlaku		Tloušťka povlaku	Barva
	P	M	K	N	S	H						
GC1005		M15		N10	S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC1025	P25	M15			S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC1105		M15			S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	—	
GC1115		M15		N15	S20		HC	⬢	PVD	Oxid	—	
GC1125	P25	M25		N25	S25		HC	⬢	PVD	Oxid	—	
GC1515	P25	M20	K25				HC	⬢	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2015	P25	M15					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2025	P35	M25					HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2035		M35					HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC235	P45	M40					HC	▲	CVD	Ti(C,N)+TiN	—	
GC3005	P10		K10				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3205			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3210			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3215			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4205	P05		K10			H15	HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4215	P15		K15			H15	HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4225	P25	M15					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4235	P35	M25					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
S05F					S05		HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
H10				N15			HW	▲				
H10A					S10		HW	▲				
H10F					S15		HW	▲				
H13A			K20	N15	S15	H20	HW	▲				
GC1525	P15	M10					CT		PVD	Ti(C,N)	—	
CT5015	P10		K05				HT					
CC620			K01				CA					
CC650			K01		S05	H05	CM					
CC6050			K01			H05	CM		PVD	TiN	—	
CC670					S15	H10	CM					
CC6090			K10				CN					
CC6190			K10				CN					
CC6060					S10		CN					
CC6065					S15		CN					
GC1690			K10				CC		CVD	Al ₂ O ₃ +TiN	—	
CB7015						H15	BN		PVD	TiN	—	
CB7025						H20	BN					
CB7050/CB50			K05			H05	BN		PVD	TiN	—	
CB20						H01	BN					
CD10				N05			DP					
GC1810				N10			HC	▲	CVD	Diamant	—	

PŘÍLOHA 4

Systém značení nožů ISO pro vnější soustružení z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o. [18].

1	2	3	4
Způsob upínání Spôsob upínania	Tvar destičky Tvar doštičky	Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia	Úhel hřbetu Uhol chrbta
C  D  P  M  S  X  G 	S  T  R  W  L  X  Speciál Speciál	A  B  C  D  E  F  G  H  J  K  L  M  N  P  Q  R  S  T  U  V  W  X  Y  Z  Speciál Speciál	N  C  P  N $\alpha_n=0^\circ$ C $\alpha_n=7^\circ$ P $\alpha_n=11^\circ$
			5
			Směr řezu Smer rezu
			R 
			L 
			N 

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-
									S	

6	8	9
Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]	Celková délka Celková dĺžka	Velikost destičky Veľkosť doštičky
08 10 12 16 20 25 32 38 40 45 50 60	I ₁ [mm] D 60 E 70 F 80 H 100 J 110 K 125 L 140 M 150 N 160 P 170 Q 180 R 200 S 250 T 300 U 350 V 400 W 450 X Spec, Y 500	S C D V K W T R d [mm] 6,00 06 07 11 06 11 06 6,35 06 07 11 06 11 06 8,00 09 09 11 16 19 06 16 9,525 09 09 11 16 19 06 16 10,00 12 12 15 08 22 12 12,00 15 16 08 27 15 12,70 12 12 15 08 22 12 15,875 15 16 08 27 15 16,00 19 19 08 27 15 19,05 19 19 08 27 15 20,00 25 25 08 27 15 25,00 25 25 08 27 15 25,40 25 25 08 27 15 38,10 38 38 08 27 15
7		
Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]		
08 10 12 16 20 25 32 38 40 45 50 60		
10		
Údaje výrobce Údaje výrobcu		
M	Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou	
S	Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami	

PŘÍLOHA 5

Systém značení nožů ISO pro vnitřní soustružení z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o. [18].

1		2					
Provedení držáku Prevedenie držiaka		Průměr držáku [mm] Priemer držiaka [mm]					
S	Ocelový držák Oceľový držiak	08	10	12	16	20	
A	Ocelový držák s chladičím otvorem Oceľový držiak s chladičím otvorom	25	32	40	50	60	

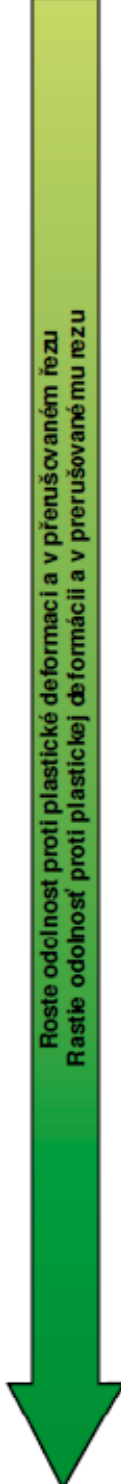
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	40	T	-	P	C	L	N	L	12
									X

3	4	5	6																																																																																																																												
Celková délka Celková dĺžka	Způsob upínání Spôsob upevnenia	Tvar destičky Tvar dosičky	Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia																																																																																																																												
 <table><tr><td></td><td>l₁ [mm]</td></tr><tr><td>D</td><td>30</td></tr><tr><td>E</td><td>70</td></tr><tr><td>F</td><td>90</td></tr><tr><td>H</td><td>100</td></tr><tr><td>J</td><td>110</td></tr><tr><td>K</td><td>125</td></tr><tr><td>L</td><td>140</td></tr><tr><td>M</td><td>150</td></tr><tr><td>N</td><td>160</td></tr><tr><td>P</td><td>170</td></tr><tr><td>Q</td><td>180</td></tr><tr><td>R</td><td>200</td></tr><tr><td>S</td><td>250</td></tr><tr><td>T</td><td>300</td></tr><tr><td>U</td><td>350</td></tr><tr><td>V</td><td>400</td></tr><tr><td>W</td><td>450</td></tr><tr><td>X</td><td>Spec.</td></tr><tr><td>Y</td><td>500</td></tr></table>		l ₁ [mm]	D	30	E	70	F	90	H	100	J	110	K	125	L	140	M	150	N	160	P	170	Q	180	R	200	S	250	T	300	U	350	V	400	W	450	X	Spec.	Y	500	<table><tr><td>C</td><td></td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>P</td><td></td></tr><tr><td>M</td><td></td></tr><tr><td>S</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr></table>	C		D		P		M		S		X		G		<table><tr><td>S</td><td></td></tr><tr><td>T</td><td></td></tr><tr><td>R</td><td></td></tr><tr><td>W</td><td></td></tr><tr><td>L</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>K</td><td></td></tr><tr><td>V</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>Speciál</td></tr><tr><td>Špeciál</td><td></td></tr></table>	S		T		R		W		L		C		D		K		V		X	Speciál	Špeciál		<table><tr><td>A</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>E</td><td></td></tr><tr><td>F</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr><tr><td>H</td><td></td></tr><tr><td>J</td><td></td></tr><tr><td>K</td><td></td></tr><tr><td>L</td><td></td></tr><tr><td>M</td><td></td></tr><tr><td>N</td><td></td></tr><tr><td>P</td><td></td></tr><tr><td>Q</td><td></td></tr><tr><td>R</td><td></td></tr><tr><td>S</td><td></td></tr><tr><td>T</td><td></td></tr><tr><td>U</td><td></td></tr><tr><td>V</td><td></td></tr><tr><td>W</td><td></td></tr><tr><td>X</td><td>Speciál</td></tr><tr><td>Y</td><td></td></tr><tr><td>Z</td><td></td></tr></table>	A		B		C		D		E		F		G		H		J		K		L		M		N		P		Q		R		S		T		U		V		W		X	Speciál	Y		Z	
	l ₁ [mm]																																																																																																																														
D	30																																																																																																																														
E	70																																																																																																																														
F	90																																																																																																																														
H	100																																																																																																																														
J	110																																																																																																																														
K	125																																																																																																																														
L	140																																																																																																																														
M	150																																																																																																																														
N	160																																																																																																																														
P	170																																																																																																																														
Q	180																																																																																																																														
R	200																																																																																																																														
S	250																																																																																																																														
T	300																																																																																																																														
U	350																																																																																																																														
V	400																																																																																																																														
W	450																																																																																																																														
X	Spec.																																																																																																																														
Y	500																																																																																																																														
C																																																																																																																															
D																																																																																																																															
P																																																																																																																															
M																																																																																																																															
S																																																																																																																															
X																																																																																																																															
G																																																																																																																															
S																																																																																																																															
T																																																																																																																															
R																																																																																																																															
W																																																																																																																															
L																																																																																																																															
C																																																																																																																															
D																																																																																																																															
K																																																																																																																															
V																																																																																																																															
X	Speciál																																																																																																																														
Špeciál																																																																																																																															
A																																																																																																																															
B																																																																																																																															
C																																																																																																																															
D																																																																																																																															
E																																																																																																																															
F																																																																																																																															
G																																																																																																																															
H																																																																																																																															
J																																																																																																																															
K																																																																																																																															
L																																																																																																																															
M																																																																																																																															
N																																																																																																																															
P																																																																																																																															
Q																																																																																																																															
R																																																																																																																															
S																																																																																																																															
T																																																																																																																															
U																																																																																																																															
V																																																																																																																															
W																																																																																																																															
X	Speciál																																																																																																																														
Y																																																																																																																															
Z																																																																																																																															

7	9	10																																																																																																																																																				
Úhel hřbetu Uhol chrbta	Velikost destičky Veľkosť dosičky	Údaje výrobce Údaje výrobcu																																																																																																																																																				
 <table><tr><td>N</td><td>C</td><td>P</td></tr><tr><td>$\alpha_n=0^\circ$</td><td>$\alpha_n=7^\circ$</td><td>$\alpha_n=11^\circ$</td></tr></table>	N	C	P	$\alpha_n=0^\circ$	$\alpha_n=7^\circ$	$\alpha_n=11^\circ$	<table><tr><th>d [mm]</th><th>S</th><th>C</th><th>D</th><th>V</th><th>K</th><th>W</th><th>T</th><th>R</th></tr><tr><td>6,30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>06</td></tr><tr><td>6,35</td><td></td><td>06</td><td>07</td><td>11</td><td></td><td></td><td>11</td><td>08</td></tr><tr><td>8,30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9,525</td><td>09</td><td>09</td><td>11</td><td>16</td><td>19</td><td>06</td><td>16</td><td>10</td></tr><tr><td>10,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>12</td></tr><tr><td>12,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>12,70</td><td>12</td><td>12</td><td>15</td><td></td><td></td><td>08</td><td>22</td><td>12</td></tr><tr><td>15,875</td><td>15</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>27</td><td>15</td></tr><tr><td>16,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16</td></tr><tr><td>19,05</td><td>19</td><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>19</td></tr><tr><td>20,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>20</td></tr><tr><td>25,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>25</td></tr><tr><td>25,40</td><td>25</td><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>25</td></tr></table>	d [mm]	S	C	D	V	K	W	T	R	6,30								06	6,35		06	07	11			11	08	8,30									9,525	09	09	11	16	19	06	16	10	10,00								12	12,00									12,70	12	12	15			08	22	12	15,875	15	16					27	15	16,00								16	19,05	19	19						19	20,00								20	25,00								25	25,40	25	25						25	<table><tr><td>X</td><td>Speciální provedení stopky Speciálne provedenie stopky</td></tr><tr><td>.</td><td></td></tr><tr><td>.</td><td></td></tr><tr><td>87</td><td>Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z"</td></tr><tr><td>90</td><td>Hodnota úhlu κ při noži tvaru "Z"</td></tr><tr><td>93</td><td></td></tr><tr><td>.</td><td></td></tr><tr><td>.</td><td></td></tr></table>	X	Speciální provedení stopky Speciálne provedenie stopky	.		.		87	Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z"	90	Hodnota úhlu κ při noži tvaru "Z"	93		.		.	
N	C	P																																																																																																																																																				
$\alpha_n=0^\circ$	$\alpha_n=7^\circ$	$\alpha_n=11^\circ$																																																																																																																																																				
d [mm]	S	C	D	V	K	W	T	R																																																																																																																																														
6,30								06																																																																																																																																														
6,35		06	07	11			11	08																																																																																																																																														
8,30																																																																																																																																																						
9,525	09	09	11	16	19	06	16	10																																																																																																																																														
10,00								12																																																																																																																																														
12,00																																																																																																																																																						
12,70	12	12	15			08	22	12																																																																																																																																														
15,875	15	16					27	15																																																																																																																																														
16,00								16																																																																																																																																														
19,05	19	19						19																																																																																																																																														
20,00								20																																																																																																																																														
25,00								25																																																																																																																																														
25,40	25	25						25																																																																																																																																														
X	Speciální provedení stopky Speciálne provedenie stopky																																																																																																																																																					
.																																																																																																																																																						
.																																																																																																																																																						
87	Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z"																																																																																																																																																					
90	Hodnota úhlu κ při noži tvaru "Z"																																																																																																																																																					
93																																																																																																																																																						
.																																																																																																																																																						
.																																																																																																																																																						
8																																																																																																																																																						
Směr řezu Smer rezu																																																																																																																																																						
R																																																																																																																																																						
L																																																																																																																																																						

PŘÍLOHA 6

Základní tvary a velikosti VBD z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o. [18].

priorita volby priorita volby		tvar VBD tvar VRD		velikost VBD veřkost VRD	Maximální přípustná délka břitu v záběru L_{max} [mm] Maximálna prípustná dĺžka ostria v zábere L_{max} [mm]	
 Zlepšuje se přístupnost k opěrnému hrotu a aplikační rozsah při proměnném úhlu nastavení Zlepšuje sa přístupnosť k opornému hrotu a aplikačný rozsah pri promenném uhle nastavenia	 Roste odolnosť proti plastickej deformácii a v preuřovaném řezu Rastie odolnosť proti plastickej deformácii a v prerušovaném řezu		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
				38		25,0
			R	06	0,40D	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

PŘÍLOHA 7 (1/2)

Systém značení VBD z katalogu firmy Seco Tools AB [23].

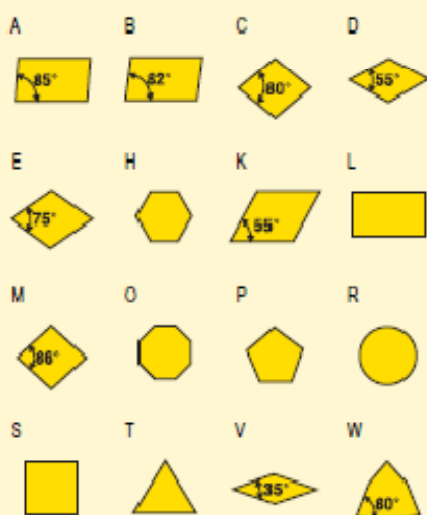


W	N	M	G	06	04	08			M3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

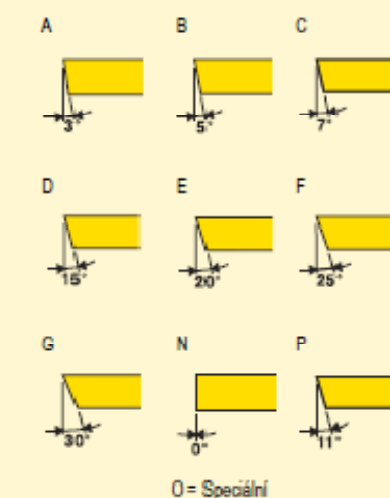


C	C	M	W	09	T3	08	S			L1		B
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

1. Tvar břitové destičky



2. Úhel hřbetu



3. Tolerance

Třída přesnosti	Tolerance ± mm		Pro průměr d, mm (vepsaná kružnice)											
	s	d	3,175	3,969	4,064	4,760	6,350	9,525	12,700	15,875	19,050	25,400	31,750	38,100
A	0,025	0,025	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
C	0,025	0,025	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E	0,025	0,025	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
F	0,025	0,013	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
G	0,130	0,025	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
H	0,025	0,013	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
J	0,025	0,050	*			*	*	*						
	0,025	0,080							*					
	0,025	0,100								*	*			
	0,025	0,130									*			
	0,025	0,150										*	*	*
K	0,025	0,050	*			*	*	*						
	0,025	0,080							*					
	0,025	0,100								*	*			
	0,025	0,130									*			
	0,025	0,150										*	*	*
M	0,130	0,050	*			*	*	*						
	0,130	0,080							*		*			
	0,130	0,100								*	*			
	0,130	0,130									*			
	0,130	0,150										*	*	*
U	0,130	0,080	*			*	*	*						
	0,130	0,130							*		*			
	0,130	0,180								*	*			
	0,130	0,250										*	*	*

* není ISO

PŘÍLOHA 7 (2/2)

Systém značení VBD z katalogu firmy Seco Tools AB [23].

4. Typ (upnutí a/nebo utvářeč)				
A	B	G	M	N
R	T	U	W	
X = Speciální				

5. Délka řezné hrany			
A, B, K	C, D, E, M, V	H, O, P	L
R	S	T	W

6. Tloušťka			
	01 = 1,59 mm T1 = 1,98 mm 02 = 2,38 mm 03 = 3,18 mm T3 = 3,97 mm	04 = 4,76 mm 05 = 5,56 mm 06 = 6,35 mm 07 = 7,94 mm 08 = 8,00 mm 09 = 9,52 mm	

7. Úhel nastavení / úhel hřbetu / rádius			
1. písmeno	A = 45° D = 60° E = 75° F = 85° P = 90° Z = Speciál	2. písmeno	A = 45° B = 5° C = 7° D = 15° E = 20° F = 25° G = 30° N = 0° P = 11° Z = Speciál
		rádius špičky	M0 = kruhové destičky (metrická verze)
			005 = 0,05 mm 01 = 0,1 mm 02 = 0,2 mm 04 = 0,4 mm 08 = 0,8 mm 12 = 1,2 mm atd.

8. Provedení řezné hrany			
F	E	T	S
W = destička pro vysoký posuv.			
Nepovinná informace			

9. Směr řezu			
L	N	R	
Nepovinná informace			

10. Doplňkové značení	
např. označení utvářeče třísek F = Obrábění na čisto (Finishing) M = Střední obrábění (Medium) R = Hrubování (Roughing)	např. označení řezné hrany např. 01020=0,1 mm x 20°

11. Výrobní provedení	
Velikost řezného prvku: L0 L1 L2 LF = celistvá vrstva (spékaná vrstva)	
Nepovinná informace	

12. Doplňkové značení	
Soustružení např. označení utvářeče třísek F = Obrábění na čisto (Finishing) M = Střední obrábění (Medium) R = Hrubování (Roughing) WZ = Hladicí ploška (Wiper) (PCBN) atd.	
Nepovinná informace	

13. Počet řezných prvků	
B = 2 C = 3 D = 4	U = 4 (oboustranná) V = 6 (oboustranná)