



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Obrábění

Téma: Nástrojové řezné materiály

Autor: Ing. Kubíček Miroslav

Číslo: VY_32_INOVACE_19 – 03

Anotace: Slouží jako podklad pro výuku. Přehled a vlastnosti materiálů vhodných pro obrábění. Text je určen pro studenty 1. ročníku střední odborné školy oboru strojírenství.

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Řezná část** - nejdůležitější částí každého řezného nástroje je jeho řezná část - břit . Materiál, z kterého se tato řezná část vyrábí, musí mít vyhovující řezné vlastnosti - tj. musí mít požadovanou **řezivost**
- **Řezivost** je souhrn vlastností materiálu na řezné nástroje, mezi něž patří např. tvrdost, pevnost, houževnatost, odolnost proti otěru, tepelná odolnost atd.)
- Mezi **řezné materiály** patří:
 - ◆ nástrojové oceli **NO**
 - ◆ slinuté karbidy **SK**
 - ◆ keramické materiály **KM**
 - ◆ polykrystalický syntetický diamant **PKD**
 - ◆ polykrystalický kubický nitrid bóru **KBN**
 - ◆ spékané oceli **SO**
 - ◆ brousící materiály

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Nástrojové oceli - základní vlastnosti**
 - ◆ tvrdost
 - ◆ houževnatost a pevnost
 - ◆ odolnost proti popuštění
 - ◆ kalitelnost a prokalitelnost
 - ◆ odolnost proti otěru a řezivost
 - ◆ stálost rozměrů
 - ◆ ostatní např. odolnost proti tepelné únavě apod.

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Tvrдост NO** ovlivňuje hlavně obsah uhlíku (tvrdost roste do přibližně 1 % C . Optimální tvrdost závisí na podmínkách a způsobu namáhání nástroje - např. obráběcí nástroje mají tvrdost nad 62 HRC, tvářecí nástroje většinou pod 60 HRC. Legury ovlivňují tvrdost tehdy, tvoří-li s uhlíkem karbidy
- **Houževnatost NO** zlepšují některé přísadové prvky - především Ni, a ovlivňuje ji mj. i struktura materiálu (má být homogenní, jemnozrnná, s minimálním vnitřním pnutím). Houževnatost je také závislá na provozní teplotě materiálu (obecně platí - vyšší teplota = vyšší houževnatost a naopak)
- **Odolnost proti popuštění u NO** - vyhřátí povrchu vlivem zvýšené teploty způsobuje pokles řezivosti a snížení životnosti nástroje. Zlepšují ji karbidotvorné prvky (Cr, W, Mo, V) a z nekarbidotvorných Co
- **Kalitnost a prokalitnost NO** je ovlivněna zejména obsahem C a přísadami. Uhlíkové oceli mají malou prokalitnost a proto tam, kde je nutné aby nástroj byl prokalen do větší hloubky (např. rozměrné nástroje jako zápustky apod.) je nutné použít středně a vysoce legované oceli
- **Odolnost proti otěru a řezivost NO** závisí na tvrdosti a struktuře oceli. Ovlivňuje ji hlavně obsah C a obsah některých legur - např. V, Mo, W a Cr, tvořících s C karbidy
- **Stálost rozměrů NO** - objemové změny během tepelného zpracování (dále TZ) způsobují délkové změny a vyvolávají napětí a pnutí v materiálu, z čehož pak vznikají tvarové deformace nástrojů. Tyto změny mohou být také vyvolány nestabilní strukturou oceli - rozpadem zbytkového austenitu A_z po kalení . Stálost rozměrů lze zajistit volbou vhodné oceli a patřičným tepelným zpracováním

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Rozdělení NO ♦ podle chemického složení**
 - uhlíkové **NO**
 - legované **NO** pro práci za studena
 - legované **NO** pro práci za tepla
 - rychlořezné oceli **HSS**
- ♦ **podle druhu ochlazovacího prostředí při kalení**
 - NO kalitelné do vody
 - NO kalitelné do oleje
 - NO kalitelné na vzduchu
- ♦ **podle použití**
 - NO pro obrábění kovů
 - NO pro obrábění nekovů
 - NO pro stříhání, řezání, krájení a sekání za studena
 - NO pro tváření za studena, drcení a mletí
 - NO na formy pro tváření plastů a jiných hmot
 - NO pro stříhání a tváření za tepla
 - NO na formy pro tlakové lití kovů
 - NO na ruční nástroje, nářadí, upínací nářadí a měřidla

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO uhlíkové** obsahují 0,1 až 1,35 % C. Jejich vlastnosti jsou dány zejména obsahem C - s rostoucím obsahem C roste tvrdost (do asi 1 % C), odolnost proti opotřebení, odolnost proti tlakovému namáhání, ale klesá houževnatost. Jsou málo prokalitelné, proto je nutné je kalit do vody (výjimečně do oleje - pro slabé průřezy do 3 až 5 mm) a jsou citlivé na dodržení správné kalící teploty. Tvrdost po TZ je 60 až 64 HRC a tuto **tvrdost si uchovávají do pracovní teploty 250 až 300 °C**

Hlavní nedostatky NO uhlíkových jsou

- rychlý pokles trvanlivosti a řezivosti s poklesem tvrdosti
- nedostatečný řezný výkon při obrábění vyššími řeznými rychlostmi
- špatná prokalitelnost u větších průřezů
- deformace po kalení a citlivost na přehřátí po kalení

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- Rozdělení NO uhlíkových

- ◆ podle obsahu C

- nízkouhlíkové (C do 0,25 %)
 - středně uhlíkové (C od 0,25 do 0,6 %)
 - vysokouhlíkové (C nad 0,6 %)

- ◆ podle vlastností

- velmi houževnaté (C do 0,5 %)
 - houževnaté (C od 0,55 do 0,7 %)
 - houževnaté s vyšší tvrdostí (C od 0,8 do 1,2 %)
 - tvrdé s menší houževnatostí (C nad 1,2 %)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO legované pro práci za studena** obsahují především karbidotvorné prvky **Cr, W, Mo, V** a také **Ni, Mn, Si**. **Cr, W, Mo** zvyšují odolnost proti opotřebení, prokalitelnost a odolnost proti popouštění; **V** zvyšuje otěruvzdornost; **Ni** zlepšuje prokalitelnost a houževnatost; **Mn** zvyšuje rozměrovou stálost a **Si** zvyšuje mez pružnosti, odolnost proti únavě a odolnost proti popouštění.

Rozdělení:

- ◆ oceli chromové
- ◆ oceli komplexně legované se zvýšenou houževnatostí
- ◆ oceli manganové
- ◆ oceli křemíkové
- ◆ oceli pro vrtací techniku
- ◆ oceli wolframové
- ◆ oceli cementační
- ◆ oceli martenziticky vytvrditelné.

Svoji tvrdost si uchovávají do pracovních teplot **350 až 400 °C**

NO legované pro práci za studena (19 312, 19 313, 19 314, 19 315, 19 340, 19 356, 19 420, 19 421, 19 422, 19 423, 19 426, 19 436, 19 437, 19 452, 19 474, 19 486, 19 487, 19 501, 19 505, 19 550, 19 559, 19 569, 19 571, 19 572, 19 574, 19 581, 19 614, 19 655, 19 710, 19 711, 19 712, 19 732, 19 733, 19 735, 19 901, 19 902)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO legované pro práci za tepla** jsou převážně středně a vysoce legované a obsahují **Mn, Si** a karbidotvorné **Cr, W, Mo, V** a také nekarbidotvorné **Ni, Co** s nižším obsahem **C** (0,2 až 0,6 %). Mají poměrně velkou tvrdost, ale i pevnost a houževnatost.

Rozdělení:

- ◆ wolframové oceli
- ◆ molybdenové oceli
- ◆ W-Mo oceli
- ◆ Cr-Mo oceli
- ◆ niklové oceli
- ◆ chromové oceli.

NO legované pro práci za tepla – (19 434, 19 541, 19 552, 19 554, 19 555, 19 561, 19 564, 19 642, 19 662, 19 663, 19665, 19 675, 19 678, 19 680, 19 720, 19 721, 19 723, 19 724, 19 740)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Rychlořezné oceli** jsou samostatnou skupinou vysokolegovaných ocelí a obsahují Mn, Si, Cr, W, Mo, V a Co; obsah C se pohybuje od 0,7 do 1,34 %. Mezi jejich vlastnosti patří zejména velká odolnost proti popouštění, velká tvrdost za tepla i za studena, velká odolnost proti opotřebení a přiměřená houževnatost.

Rozdělení:

♦ podle hlavních legur:

- wolframové s 18 % W
- wolframové s 10 až 12 %W
- wolfram-molybdenové

♦ podle výkonnosti:

- vysocevýkonné (19 850, 19 851, 19 857, 19 861, 19 856, 19 852, 19 855, 19 858)
- výkonné (19 829, 19 830, 19 802, 19 810)
- pro běžné výkony (19 820, 19 824)

Jejich **tvrdost** se **po TZ** pohybuje od **63 do 68 HRC**.

Oblast použití je do pracovních teplot 550 až 600 °C

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro obrábění kovů** - jsou na ně kladeny tyto požadavky:

- ◆ dostatečně velká řezivost a trvanlivost
- ◆ velká tvrdost za tepla i za studena
- ◆ velká odolnost proti popouštění
- ◆ velká odolnost proti opotřebení
- ◆ dostatečná houževnatost
- ◆ minimální změny rozměrů při TZ
- ◆ bezpečnost při kalení

Rozdělení:

- ◆ HSS
- ◆ NO legované.

Příklady ocelí:

- ◆ soustružnické nože (19 802, 19 810, 19 830)
- ◆ závitníky (19 820, 19 830, 19 856)
- ◆ ševingovací kola (19 810, 19 829, 19 856)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro obrábění nekovů** - hlavní druhy obráběných nekovů jsou dřevo a vrstvené dřevo, kompozitní hmoty na bázi dřeva, plastické hmoty nevytvrditelné (především polyvinylchlorid PVC a polymethylmetakrylát PMMA - plexisklo) a vytvrditelné (vrstvené plasty)
- Jsou na ně kladeny tyto požadavky:
 - ◆ dostatečně velká řezivost a trvanlivost
 - ◆ přiměřená tvrdost za studena i za tepla
 - ◆ velká odolnost proti opotřebení
 - ◆ dostatečná houževnatost
 - ◆ dostatečná odolnost proti popouštění
 - ◆ co nejmenší změny rozměrů po TZ
 - ◆ bezpečnost při kalení.

Rozdělení:

- ◆ HSS
- ◆ NO legované
- ◆ NO uhlíkové.

Příklady ocelí:

- ◆ frézy (19 820, 19 802, 19 735)
- ◆ vrtáky (19 820, 19 829, 19 735)
- ◆ nebozezy (19 083)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro stříhání, řezání, krájení a sekání za studena** - vyžaduje se od nich zejména:

- ◆ řezivost a trvanlivost
- ◆ houževnatost
- ◆ pevnost v tlaku.

Rozdělení:

- ◆ legované NO
- ◆ HSS
- ◆ uhlíkové NO
- ◆ vytvrditelné NO.

Příklady ocelí:

- ◆ střížníky a střížnice (19 312, 19 436)
- ◆ nože ploché pro strojní nůžky (19 550)
- ◆ nože krájecí (19 712)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro tváření za studena, drcení a mletí - požadavky**

- ◆ odolnost proti opotřebení
- ◆ pevnost v tlaku
- ◆ houževnatost
- ◆ rozměrovou a tvarovou stálost při TZ
- ◆ kalitelnost a prokalitelnost
- ◆ obrobitelnost

Rozdělení:

- ◆ legované NO
- ◆ HSS
- ◆ uhlíkové NO
- ◆ vytvrditelné NO.

Příklady ocelí:

- ◆ zakružovací čelisti (19 312, 19 732, 19 191)
- ◆ tažníky (19 312, 19 436, 19 191)
- ◆ závitové válcovací čelisti (19 569, 19 830)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO na formy pro tváření plastů a jiných hmot** by měly splňovat tyto požadavky
 - ◆ obrobitelnost
 - ◆ odolnost proti opotřebení
 - ◆ pevnost v tlaku a v tahu
 - ◆ houževnatost a odolnost proti dynamickému namáhání
 - ◆ rozměrová a tvarová stálost při TZ
 - ◆ kalitelnost a prokalitelnost
 - ◆ leštitelnost
 - ◆ odolnost proti korozním účinkům a chemická odolnost
 - ◆ žáruvzdornost

Rozdělení:

- ◆ legované NO
- ◆ HSS
- ◆ oceli martenziticky vytvrditelné

Příklady ocelí

- ◆ tvárníky a tvárnice pro formy pro tváření plastů (19 550, 19 614, 19 901)
- ◆ tvárníky pro formy na sklo (19 552, 19 554)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro stříhání a tváření za tepla** musí mít tyto vlastnosti
 - ◆ vysoká tvrdost a pevnost za normálních i zvýšených teplot
 - ◆ co největší odolnost proti popouštění
 - ◆ dostatečná houževnatost
 - ◆ dobrá kalitelnost a prokalitelnost
 - ◆ dobrá odolnost proti tepelné únavě
 - ◆ malá tepelná roztažnost
 - ◆ co nejlepší tepelná vodivost

Rozdělení:

- ◆ uhlíkové NO
- ◆ legované NO pro práci za tepla
- ◆ HSS

Příklady ocelí

- ◆ střížníky a střížnice pro stříhadla pro ostřihování zápusťkových výkovků (19 662, 19 732, 19 564)
- ◆ zápusťky pro kování na bucharech(19 662)
- ◆ zápusťky pro kování na lisech (19 662)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO pro tlakové lití** - požadavky na oceli:
 - ◆ velká pevnost i za zvýšených teplot
 - ◆ maximální odolnost proti popouštění
 - ◆ dostatečná odolnost proti tvorbě trhlinek vlivem tepelné únavy
 - ◆ dobrá odolnost proti chemickému působení roztavených kovů
 - ◆ dobrá tepelná vodivost a malá tepelná roztažnost
 - ◆ dostačující prokalitelnost
 - ◆ stálost rozměrů po kalení
 - ◆ dobrá obrobitelnost a leštitelnost

Rozdělení:

- ◆ NO legované pro práci za tepla
- ◆ NO legované pro práci za studena
- ◆ vysokolegované martenziticky vytvrditelné oceli
- ◆ NO uhlíkové.

Příklady ocelí:

- ◆ tvárnice (19 901, 19 902)
- ◆ vyhazovače (19 552, 19 720, 19 721)
- ◆ vtokové trysky (19 552, 19 720, 19 723)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO na ruční nástroje a nářadí a na upínací nářadí** - kladeny jsou tyto požadavky:
 - ◆ tvrdost povrchu
 - ◆ odolnost proti opotřebení
 - ◆ houževnatost
 - ◆ kalitelnost a prokalitelnost
 - ◆ minimální deformace při TZ
 - ◆ řezivost
 - ◆ obrobitelnost
 - ◆ tuhost
 - ◆ odolnost proti korozi.
- **Příklady ocelí:**
 - ◆ dláta (19 083, 19 103, 19 133)
 - ◆ rašple (19 065)
 - ◆ sekáče (19 132, 19 152, 19 191)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **NO na měřidla** - u NO na měřidla se požadují:
 - ◆ malé deformace při TZ
 - ◆ dlouhodobá rozměrová stabilita
 - ◆ odolnost proti opotřebení
 - ◆ kalitelnost a prokalitelnost
 - ◆ odolnost proti korozi
 - ◆ obrobitelnost
- Nejdůležitějším požadavkem je **rozměrová stálost** provádí se po hrubovacích operacích žíhání ke snížení vnitřního pnutí. Při kalení je třeba dbát na pozvolný ohřev na austenitizační teplotu, mít optimálně zvolenou výši kalící teploty a způsob ochlazování. Během TZ musí být povrch měřidel chráněn proti oduhličení. Popouštění musí následovat včas po kalení. Stabilizace struktury se provádí zmrazováním a teprve po něm se popouští

Druh měřidla	NO podle ČSN
Měřicí doteky	19 221; 19 312
Spároměry	19 312
Různé součásti skládaných měřidel	19 221; 19 312; 19 314; 19 315
Kalibry na průměry	19 221; 19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Kalibry tvarové	19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Kroužky	19 221; 19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Pravítka nožová a sinusová	19 221; 19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Úhelníky nožové	19 221; 19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Šablony	19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Měřicí drátky	19 221
Kalibry a kroužky na závity	19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Hroty kružidel	19 221
Rýsovací jehly	19 221
Úhelníky a pravítka	19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Měřicí drátky	19 221
Kalibry a kroužky na závity	19 312; 19 314; 19 315; 19 486
Hroty kružidel	19 221
Rýsovací jehly	19 221
Úhelníky a pravítka	19 312; 19 314; 19 315; 19 486

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Slinuté karbidy - SK** - jsou nástrojové materiály, vyráběné práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů - karbidu wolframu WC, karbidu titanu TiC, karbidu tantalu TaC a nízkotavitelného slinovadla (pojiva) - kobaltu Co. Jsou směsí dvou a více fází
- **Charakteristické vlastnosti**
 - ◆ velká pevnost v tlaku
 - ◆ odolnost proti korozi
 - ◆ malý součinitel tepelné roztažnosti
 - ◆ vysoká měrná hmotnost
 - ◆ špatná tepelná a elektrická vodivost
 - ◆ vysoká tvrdost 88 až 93 HRA, tj. 2000 až 3200 HV
 - ◆ velká odolnost proti opotřebení **do 700 až 1000 °C**
 - ◆ velká křehkost
 - ◆ malá pevnost v ohybu

Jejich tepelné zpracování není možné; obrábět se dají broušením, lapováním a elektroerozivním obráběním

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Rozdělení a označování SK** - podle použití a složení se SK podle ISO označují :
 - ♦ **skupina P** - SK vhodné **pro obrábění materiálů dávajících dlouhou (plynulou) třísku**, tj. pro obrábění **ocelí, ocelí na odlitky, zušlechtěných ocelí**. Jsou to SK na bázi **WC-TiC+Co** (mají větší tvrdost a odolnost proti opotřebení, ale nižší pevnost a houževnatost). Jsou označeny **ultramarínovou modří**
 - ♦ **skupina M** - SK pro obrábění materiálů, které mohou mít **třísku dlouhou i krátkou a pro nesnadno obrobitelné materiály** jako jsou např. **austenitické oceli** apod. Jedná se o SK na bázi **WC-TiC-TaC+Co** nebo **WC-TiC-Cr₃C₂+Co** a označují se **chromovou žlutí**
 - ♦ **skupina K** - SK pro obrábění materiálů dávajících **krátkou třísku**, tj. pro **litinu s lupínkovým grafitem (tzv. šedou), kalené oceli, plasty, neželezné kovy a jejich slitiny** atp. Tyto SK jsou na bázi **WC+Co** (obsahují 3 až 30 % Co; mají větší houževnatost a pevnost, ale menší tvrdost a odolnost proti opotřebení). Označují se **višňovou červení**

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Kromě písmena P, M, K obsahuje každá skupina ještě označení číslem** (např. K 10) udávající mechanické vlastnosti SK - nízká čísla znamenají malou houževnatost a pevnost v ohybu, ale velkou tvrdost a odolnost proti opotřebení; vysoká čísla naopak velkou houževnatost a pevnost v ohybu, ale menší tvrdost a odolnost proti opotřebení
- **Použití SK** - slinuté karbidy jsou využívány jako nástrojové materiály, a to jak na činné části rezných nástrojů např. soustružnických nožů, fréz, vrtáků, výhrubníků, výstružníků apod. pro obráběcí stroje , tak i na činné části nástrojů tvářecích (např. střižníků a střižnic, tažníků a tažnic, průvlaků atp.). Pokud se jedná o použití SK na činné části obráběcích nástrojů, tak v současné době převážná většina SK je vyráběna ve formě vyměnitelných břitových destiček (dále jen VBD)

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Volba SK pro obrábění** se provádí podle
 - ◆ obráběného materiálu
 - ◆ druhu obrábění (hrubování nebo práce na čisto; plynulý nebo přerušovaný řez)
 - ◆ stavu a výkonu stroje (zejména s ohledem na tuhost soustavy **stroj-nástroj-přípravek-obrobek : S-N-P-O**)
 - ◆ tuhosti obrobku
 - ◆ velikosti průřezu třísky
 - ◆ požadovaného stupně přesnosti IT a požadované drsnosti R_a

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Povlakované nástroje - VBD** ze SK jsou velmi používané zejména v oblasti plynulého obrábění. V oblasti proměnného tepelně mechanického zatížení, tj. pro přerušovaný řez, je jejich použití (vzhledem ke křehkosti SK) poněkud omezené. Jednou z metod, jak zlepšit vlastnosti SK jsou povrchové úpravy
- **Povlakováním** nástrojů se dosahuje zejména zvýšení trvanlivosti, odolnosti proti opotřebení a výkonnosti. V současné době jsou vyráběny VBD s jednovrstvými, s vícevrstvými a s kombinovanými povlaky
- **Jednovrstvé povlaky** jsou tvořeny především karbidem titanu **TiC** (vhodné pro obrábění nepřerušovaným řezem) anebo nitridem titanu **TiN**. Jako další materiály povlaků se používají **oxid hlinitý Al_2O_3** , karbonitrid titanu **Ti(CN)**, **oxid-nitrid hlinitý ALON**, **oxid-karbid-nitrid titanu Ti(CNO)** a **nitrid hafnia HfN**; ojediněle **karbid tantalu TaC** a **karbid niobu NbC**. Protože u jednovrstvých povlaků TiC existuje pod tímto povlakem křehká vrstva je výhodnější používat **povlaku TiN**. Ten má vysokou mikrotvrdost 2000 až 2500 HV, což znamená zvětšení životnosti přibližně o 300 % a zvýšení řezných podmínek o 25 až 50 %; nekovový charakter vrstvy, chemická odolnost a nižší koeficient tření vylučují tvorbu nárůstku; vrstva TiN tvoří teplotní bariéru a chrání tak základní materiál; povlak snižuje drsnost obrobku, má výhodné třecí vlastnosti snižují řezné odpory a tím se snižuje namáhání a chvění nástrojů

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- Výhodnější se jeví používání **vícevrstevných a kombinovaných povlaků**, které vedou k dosažení maximální stability a houževnatosti břitů při zvyšování trvanlivosti a výkonnosti. Většina povlaků (75 %) se nanáší na základní podkladový SK speciálně vyvinutý pro tento účel.
- **Nevýhoda** - vyšší cena povlakovaných VBD - o 10 až 30 % u jednovrstvých povlaků a o 30 až 60 % u vícevrstevných povlakovaných VBD oproti nepovlakovaným VBD
- Příklady použití povlaku TiN - závitořezné nástroje (závitníky), vrtáky, výhrubníky, výstružníky, nástroje na výrobu ozubení - odvalovací frézy, obrážecí nože hřebenové i kotoučové, kotoučové pily na kov, soustružnické nože, stopkové frézy, **vyměnitelné břitové destičky ze SK** (VBD ze SK); dále pro části nástrojů pro tváření za studena - razníky, průtlačníky, vyrážače, tažníky, matrice, stříhací nože, tažné trny pro výrobu trubek apod. a také na strojní součásti namáhané na otěr v textilním, automobilovém, papírenském a leteckém průmyslu

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY - KM

- **Výhody používání KM** - využívání keramických materiálů (dále KM) by mělo přinést výrazný efekt v **úspoře energie** (v porovnání s výrobou oceli se snižuje energetická náročnost o 50 %; v porovnání s výrobou hliníku o 80 %; např. použití KM u spalovacích motorů snižuje spotřebu paliva o 20 %)
- **Vlastnosti KM** jsou rozdílné od vlastností materiálů kovových
 - KM mají obecně vysokou teplotu tání, vysokou pevnost v tahu, tvrdost, odolnost proti opotřebení, malou hustotu, nízkou tepelnou a elektrickou vodivost, vysokou teplotní a chemickou stálost při zvýšených a vysokých teplotách (do 1400 - 2300 °C)
nevýhoda - křehkost a malá pevnost v ohybu
- **Použití KM** - KM se používají k různým aplikacím v nejrůznějších odvětvích
 - ♦ strojírenství (např. činné části obráběcích nástrojů, průvlaky, kalibry, ...)
 - ♦ automobilový průmysl (např. tepelně namáhané části motoru jako turbodmychadla, písty, válce, izolace sacích a výfukových kanálů; abrazivně namáhané díly - zdvihátka a vedení ventilů, těsnění vodních čerpadel atd.)
 - ♦ stavebnictví (př. nástřiky keramických vrstev na konstrukcích pro zvýšení korozní a abrazivní odolnosti)
 - ♦ elektrotechnika (např. KM pro integrované obvody, výroba zařízení pro skladování elektrické energie apod.)
 - ♦ zdravotnictví (kupř. kostní endoprotézy a zubní implantáty)
 - ♦ hutnictví (např. nové vyzdívkové materiály atp.)
 - ♦ ostatní možnosti použití

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY - KM

- **Rozdělení KM na**
 - ♦ **oxidické KM** - např. syntetický korund Al_2O_3 , ZrO_2 , BeO , MgO , SiO_2 , atd.
 - ♦ **neoxidické KM** - např. nitridy TiN , ZrN , VN , NbN , TaN , BN , AlN , Si_3N_4 ; karbidy WC , B_4C , karbid křemíku SiC ; boridy a silicidy
 - ♦ **složené (kompozitní) materiály** : např. $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$, S-BN , $\text{SiC} - \text{Si}_3\text{N}_4$, $\text{SiC} - \text{Al}_2\text{O}_3$ aj.
- Oxidické keramické materiály jsou většinou jednosložkové
- **KM na bázi Al_2O_3** - používá se téměř čistý - pro průmyslové použití je čistota 96 až 99,5 %. I když se mechanické vlastnosti s klesajícím množstvím Al_2O_3 všeobecně zhoršují, lze přesto použít ke zvýšení některých vlastností (zejména žárupevnosti) vhodných přísad (obvykle do 3 %) - MgO , SiO_2 či TiO_2 nebo MnO . Jako nástrojový materiál slouží keramika na činné části nástrojů pro třískové obrábění (pro řezné rychlosti až 2000 m/min.), nástroje pro tváření - např. průvlastky pro tažení drátů , nástroje k protlačování, díly ohýbacích nástrojů apod.
 - Čistá řezná keramika** označovaná **Disal 100 (bílá)** - 99 % Al_2O_3) vyniká tvrdostí a odolností proti opotřebení za vysokých teplot (až do 1600 °C). Je výhodná při obrábění litiny s lupínkovým grafitem, tzv. šedé a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem vysokými řeznými rychlostmi (až 1000 m/min.).
 - Polosměsná řezná keramika** (na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$) označovaná **Disal 200, Disal 210, Disal 220 (bílá)** je tvrdá, odolná proti opotřebení za vysokých teplot i houževnatá. Může se s ní obrábět i částečně přerušovaným řezem a to zejména temperovanou litinu, zušlechtěné i rychlořezné oceli.
 - Směsná řezná keramika** (na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$) označovaná **Disal 300, Disal 310, Disal 320 (černá)** má vysokou tvrdost, houževnatost a odolnost proti teplotním šokům, což umožňuje obrábění s chladicí kapalinou. Používá se při obrábění tvrzené litiny a kalených ocelí nebo pro střední a jemné frézování.
 - Podobné použití má i řezná keramika Disal 400** (na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Si}_3\text{N}_4$) , která má z uvedených KM nejvyšší houževnatost a hodí se tak pro obrábění přerušovaným řezem

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY - KM

- **KM na bázi ZrO_2** - se vyrábí s přísadou CaO nebo MgO , popř. Y_2O_3 , aby bylo možno tyto KM používat až do pracovní teploty 2300°C . Mají vysokou odolnost proti abrazivnímu a korozivnímu opotřebení a vysokou leštitelnost - což je výhodou zejména u tvářecích nástrojů; oproti KM na bázi oxidu hliníku mají větší odolnost proti tepelným rázům, horší tepelnou a elektrickou vodivost a nižší modul pružnosti. Používají se např. k výrobě nástrojů pro jemné a střední tažení drátů (ocelový drát do pneumatik, svařovací drát, dráty z Cu , Ni a slitin Ni); dále k výrobě činných částí řezných nástrojů zejména pro obrábění slitin Al , k výrobě protlačovacích nástrojů, ale také k výrobě dílů plynových hořáků, vložek válců spalovacích motorů, vodičů nití textilních strojů atp.
- **Směsné KM na bázi Al_2O_3 - ZrO_2** - tyto materiály označované jako ZTA (zirconia toughened alumina - tj. Al_2O_3 „ zhouževnatělý “ ZrO_2) mají oproti KM na bázi oxidu hliníku vyšší houževnatost
- **Neoxidické KM** mají vysokou teplotu tání, vysokou tvrdost, žáruvzdornost i odolnost proti korozi

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY - KM

- **KM na bázi Si_3N_4** - strukturu tvoří částice Si_3N_4 a tenký film SiO_2 na povrchu. Významnou vlastností těchto KM je odolnost proti tepelným rázům, používají se na výrobu rotorů, statorů a skříní plynových turbín, dále součástí turbokompresorů (rotory, statory, ložiska), pro trysky, pístní kroužky a válce spalovacích motorů, části rekuperátorů, hydraulické plunžry a také nástroje pro tváření kovů
- Příkladem takového KM může být siliciumnitrid, který vyniká otěruvzdorností, dobrými izolačními vlastnostmi, dobrou odolností vůči tepelným šokům; jeho použití je výhodné v rozmezí od 800 do 1400 °C na vyměnitelné břitové destičky pro rychlostní obrábění např. oceli na odlitky a jiných tvrdých materiálů, dále pro prvky termočlánků, slévačské pánve, stříkací a tryskací dýzy, izolátory, části forem pro tlakové lití a také na součásti valivých ložisek, používaných při vysokých teplotách s odolností proti otěru a kontaktní únavě .
- Jako konkrétní případy lze uvést např. řeznou keramiku **Iskanite** na bázi nitridu křemíku **SiN**, kterou lze obrábět litiny, slitiny Ni nebo Ti vysokými řeznými rychlostmi i přerušovaným řezem, bez anebo za použití kapaliny, která si uchovává svoji řezivost až do teplot 1300 °C;
- Řezná keramika **Widianit** na bázi nitridu křemíku **Si_3N_4** s příměsí karbidu titanu TiC - je určena pro hrubování a dokončování litiny při řezných rychlostech přes 1000 m/min a to i přerušovaným řezem i při použití řezné kapaliny

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Polykrystalický syntetický diamant - PKD**
- **Výhody a použití** - v polovině padesátých let se vědcům americké fy General Electric Company podařilo vyrobit průmyslově syntetické diamantové krystaly a od té doby nastala éra průmyslového využívání diamantu. V současné době je z celkového množství diamantů asi 90 % vyrobeno uměle a 10 % jsou přírodní diamanty. Z hlediska použití je až 80 % diamantů využíváno v procesu obrábění. Diamant je řezný materiál, který je mnohostranně použitelný při obrábění, umožňuje vysoký výkon řezání a dává výbornou jakost obrobené plochy (umožňuje obrábět plochy „ na čisto “, čímž odpadá broušení); trvanlivost diamantu je až 250 krát vyšší než u SK.
- Diamant se však **nehodí** pro obrábění ocelí a litin, neboť při vyšších teplotách difunduje do železa a tím ztrácí svoje řezací schopnosti a břit se velmi brzy otupí
- Synteticky vyrobené diamanty také mají poněkud menší odolnost proti opotřebení za vyšších teplot než diamanty přírodní
- Používá se především pro soustružení, frézování, vrtání a broušení těžkoobrobitelných materiálů - např. keramiky, kompozitů plněných vlákny, neželezných kovů, dřeva apod. (**vyměnitelné břitové destičky** - VBD se vyrábí z diamantů polykrystalických)
- Diamant se také používá pro vytvoření tenké otěruvzdorné vrstvičky na vhodném slinutém karbidu nebo na destičce z KM
- Ve stavebnictví se diamantové nástroje používají při prorážení, vrtání otvorů a řezání drážek do různých stavebních hmot
- **syntetické diamanty** pro řezání a vrtání přírodních kamenů a betonu, které mají třikrát větší odolnost proti porušení lomem než diamant přírodní, odolávají vyšším teplotám při obrábění, mají o 20 až 50 % větší trvanlivost a o 10 % větší rázovou pevnost než diamanty používané doposud.

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **VBD z PKD na podložce ze SK** - vhodné pro soustružení, vrtání a frézování a to do teplot **650 až 700 °C**.
- **Nedoporučuje se používat je pro obrábění materiálů na bázi železa,**
- **Vhodné** - pro neželezné kovy a jejich slitiny (hliník a jeho slitiny, měď, mosazi, bronz, titan a jeho slitiny apod.) pro obrábění keramických a plastických hmot s abrazivními plnidly, gumy, grafitové hmoty s abrazivními plnidly aj. kompozitů s abrazivní složkou; dále pro obrábění dřeva a dřevotřískových materiálů a také pro obrábění SK.
- Typické použití VBD z PKD je na činné části vrtných korunek, obrábění pístů, obrábění děr v ojnicích, frézování drážek v dřevotřískových deskách atp.
- **Výhody** spočívají zejména v podstatném zvýšení řezných rychlostí a objemu odebraného materiálu $\Rightarrow$ ekonomické úspory, životnost nástroje je mnohonásobně vyšší a také přesnost a jakost opracování (R_a) je lepší, takže i zde je možné nahradit broušení
- **Nevýhody** - vyšší cena VBD z PKD
- U nás (kromě již uvedených VBD ze SK a KM) vyrábí Pramet Šumperk ještě VBD pro speciální použití, dále **VBD z polykrystalického kubického nitridu boritého (PKBN)** a **VBD z polykrystalického diamantu (PKD)** a také potřebné podložky a vhodné utvářeče

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Polykrystalický kubický nitrid boru**
- Protože diamantem nelze obrábět slitiny železa (viz výše) byl uměle vyroben práškovou metalurgií další materiál - kubický nitrid boru KNB. Polykrystalický KNB má o něco menší tvrdost než diamant, ale je netečný k železu.
- **VBD z PKBN** - tyto VBD jsou vhodné pro soustružení i s přerušovaným řezem , vrtání a frézování. VBD mají záporný úhel čela (optimální úhel $\gamma = -6^\circ$) a mohou se používat do teplot **1000 až 1200 °C**. Obrábí se jimi materiály jako kalená ocel s tvrdostí větší jak HRC 45, bílá litina s tvrdostí větší jak HRC 50, legované litiny, tvrdé návary apod. Používají se např. při obrábění válců, kroužků valivých ložisek, obrábění těles čerpadel, obrábění válcových otvorů, sedel ventilů a frézování kalených loží. Obráběcí stroj musí mít dostatečnou tuhost. Mezi výhody VBD z PKBN patří možnost obrábění tvrdých materiálů, které dříve musely být broušeny; používání podstatně vyšších řezných rychlostí $\Rightarrow$ ekonomické úspory; mnohonásobně větší životnost; dosažení rozměrově přesnějšího obrobku a také dosažení kvalitnější jakosti povrchu (menší R_a), což umožňuje vypustit broušení. Nevýhodou je vyšší cena VBD.

NÁSTROJOVÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

- **Spékané oceli SO**
- Mezi materiály, vyráběné slinováním (kromě již zmíněných slinutých karbidů a keramických materiálů) patří i **spékané oceli**.
- **Druhy a použití slinutých ocelí :**
 - ♦ **konstrukční slinuté oceli**
 - ♦ **nástrojové slinuté oceli** - se používají pro nástroje s VBD. V Evropě se vyrábí např. oceli označené ASP 23, S 690, ISOMATRIX a CPM REX M4, které se používají na střížníky a střížnice pro přesné stříhání a pro řezné nástroje pracující v podmínkách vysokého abrazivního opotřebení; dále oceli ozn. ASP 30, CPM REX T15 a CPM REX 86 - tyto slouží pro výrobu velmi výkonných nástrojů na ozubení a na závity, fréz a protahovacích trnů a také ocel ozn. ASP 60, kterou je vhodné použít na soustružnické nože (i tvarové) a na nástroje pro obrábění materiálů se špatnou obrobitelností. Takto vyráběné oceli mají vysokou strukturní homogenitu a izotropii vlastností, mají tudíž zvýšenou houževnatost (která je požadovaná především u nástrojů pracujících v podmínkách přerušovaného řezu - např. závitníky, kotoučové obrážecí nože, odvalovací frézy, čelní frézy, zapichovací, závitové a jiné nože) a až o 200 % větší životnost (disperzní struktura s rovnoměrně rozloženými karbidy vede současně při broušení k vyšší jakosti břitu, což se nejvýrazněji projeví vzrůstem trvanlivosti jemnobřitých nástrojů).

NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY - SO

- Tyto oceli mají i daleko **lepší obrobiteľnosť** broušením a rozměrovou stálost po kalení; **vyšší řezivost** než klasické rychlořezné oceli, ale také **vyšší houževnatost než SK**. Lze jimi dosáhnout větší produktivity práce. Jejich použití je výhodné v oblasti těžkoobrobitelných materiálů, jako jsou kupř. slitiny niklu, titanu a hliníku, dále oceli zušlechtěné na vysokou mez pevnosti až do $R_m = 2100 \text{ MPa}$
- důležitou oblastí jejich nasazení jsou nástroje pracující v automatizovaných či robotizovaných systémech, kdy svou spolehlivostí brání výpadkům výroby a zamezují tak vzniku neúměrných výrobních ztrát. Dalším typickým příkladem jsou VBD z HSS opatřené ochranným povlakem nitridu titanu TiN mající označení Tizit-Steelmaster Gm80). U těchto VBD bylo dosaženo jemné stejnoměrné struktury bez řádkovitosti, čímž se dosáhlo jejich podstatně větší houževnatosti
- Na destičky je možno vylisovat i komplikované tvary utvářečů třísky a upínacích otvorů; povlak TiN tvoří dobrou ochranu proti opotřebení; VBD mají velkou chemickou stálost a zvýšenou trvanlivost břitů.
- Jsou vhodné zejména pro soustružení dlouhých a štíhlých obrobků především na soustružnických automatech a na malých soustruzích. Je vhodné je používat při obrábění materiálů menší pevnosti ($R_m = 700$ až 900 MPa) jako jsou oceli automatové, cementační, zušlechtěné, ale také i pro těžké i lehké neželezné kovy a plasty. Při obrábění je nutno dostatečné chlazení a mazání nástrojů řeznou emulzí nebo řezným olejem

NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

- **Brusné materiály** - slouží k výrobě brousících nástrojů nebo brousících pomůcek
- **Druhy brousících materiálů:**
 - ♦ **přírodní:**
 - diamant
 - křemičitý písek
 - pískovec
 - přírodní korund
 - smirek
 - pazourek
 - pemza
 - granát
 - jiná
 - ♦ **umělá:**
 - umělý korund - oxid hlinitý Al_2O_3 (**elektrit**)
 - karbid křemíku SiC (**karborundum**)
 - karbid bóru B_4C
 - polykrystalický kubický nitrid boritý PKBN
 - polykrystalický syntetický diamant PKD.
- Přírodní brusiva se používají na méně náročné práce (na brousící papíry a plátna pro broušení dřeva apod.), umělá brusiva potom pro ostatní aplikace z oblasti broušení

Zdroje:

- ČSN 42 0075 – rozdělení NO
- švýcarská fa Stellram, švédská fa Sandvik Coromant a také rakouská fa Metallwerk Plansee
- od fy Iscar Hartmetall GmbH – SRN
- od fy Krupp Widia GmbH – SRN
- ČSN 42 0075 – ROZDĚLENÍ NO
Fiala J., Bebr A., Matoška Z., **Strojnické tabulky 1**
- **materiály pro strojírenskou výrobu**, SNTL, Praha, 1990
- postup fy Balzers AG
- fa Metallwerk Plansee GmbH - RAKOUSKO
- Humár A., **Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění**, CCB, Brno, 1995