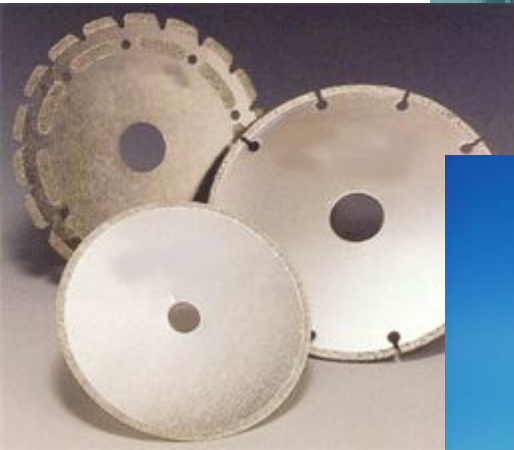


Keramika



- Keramika spolu s dřevem, kostmi, kůží a kameny patřila mezi první materiály, které pravěký člověk zpracovával.
- Chceme – li definovat pojem keramika, můžeme říci, že je to *materiál převážně krystalický, složený především z anorganických sloučenin nekovového charakteru.*
- Keramika má některé velmi dobré a v praxi využitelné vlastnosti.
- Většina keramik jsou výbornými izolátory (ale na druhé straně vysokoteplotní supravodiče mají rovněž strukturu keramik).
- Mají poměrně malou hustotu (cihly $\sim 2 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$, beton $\sim 3 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$, ale hliník $\sim 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ a ocel $\sim 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$) a patří k vůbec nejtvrdším látkám.
- Jsou velmi dobrým konstrukčním materiálem ve stavebnictví a ve strojírenství.

Zdroj: [1]

- Keramika má většinou vysoký bod tání a poměrně nízkou hustotu.
- Proto jsou předurčena pro využití v automobilovém, leteckém a kosmickém průmyslu.
- Vyšší pracovní teplota spalovacího motoru totiž zvyšuje jeho účinnost a nižší hmotnost motoru ještě dále tento trend podporuje. Takové moderní motory, založené na bázi keramik Si_3N_4 , SiC , Al_2O_3 a ZrO_2 mají navíc další výhodu – jsou otěruvzdorné [1].
- Keramika v automobilovém průmyslu – písty, ventily, stěny válců, výfuková potrubí, izolátory v zapalovacích svíčkách (hlavními materiály jsou korund (α - Al_2O_3), Si_3N_4 , SiC , částečně stabilizovaný ZrO_2 , thialit a perspektivně také sialony) [2].

Keramika

➤ Výrobky tradiční keramiky jsou dobře známé a setkáváme se s nimi každodenně. Jedná se především o následující sortiment: **porcelánové předměty, obkládačky, dlaždice, zdravotnická keramika, kamenina, tenkostěnné a silnostěnné cihlářské výrobky** atd. [2].



➤ **Řezná keramika**

➤ **Biokeramika** – se živou tkání nevyvolává zánětlivé reakce, je založena na bázi oxidů α $-Al_2O_3$, ZrO_2 , Y_2O_3 , TiO_2 . Jedná se především o zubní implantáty, klouby a kostní náhrady [2].

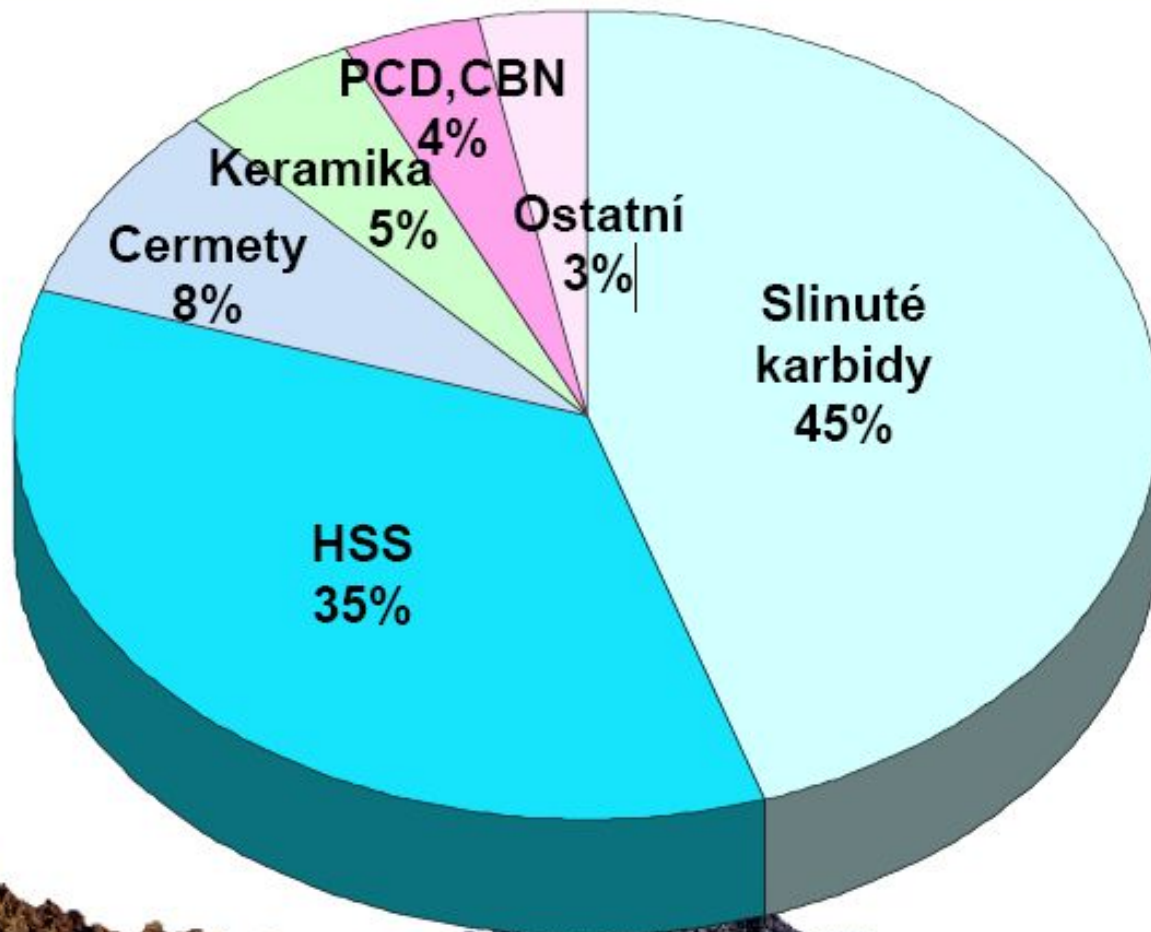


Řezná keramika





Světová produkce řezných materiálů v %

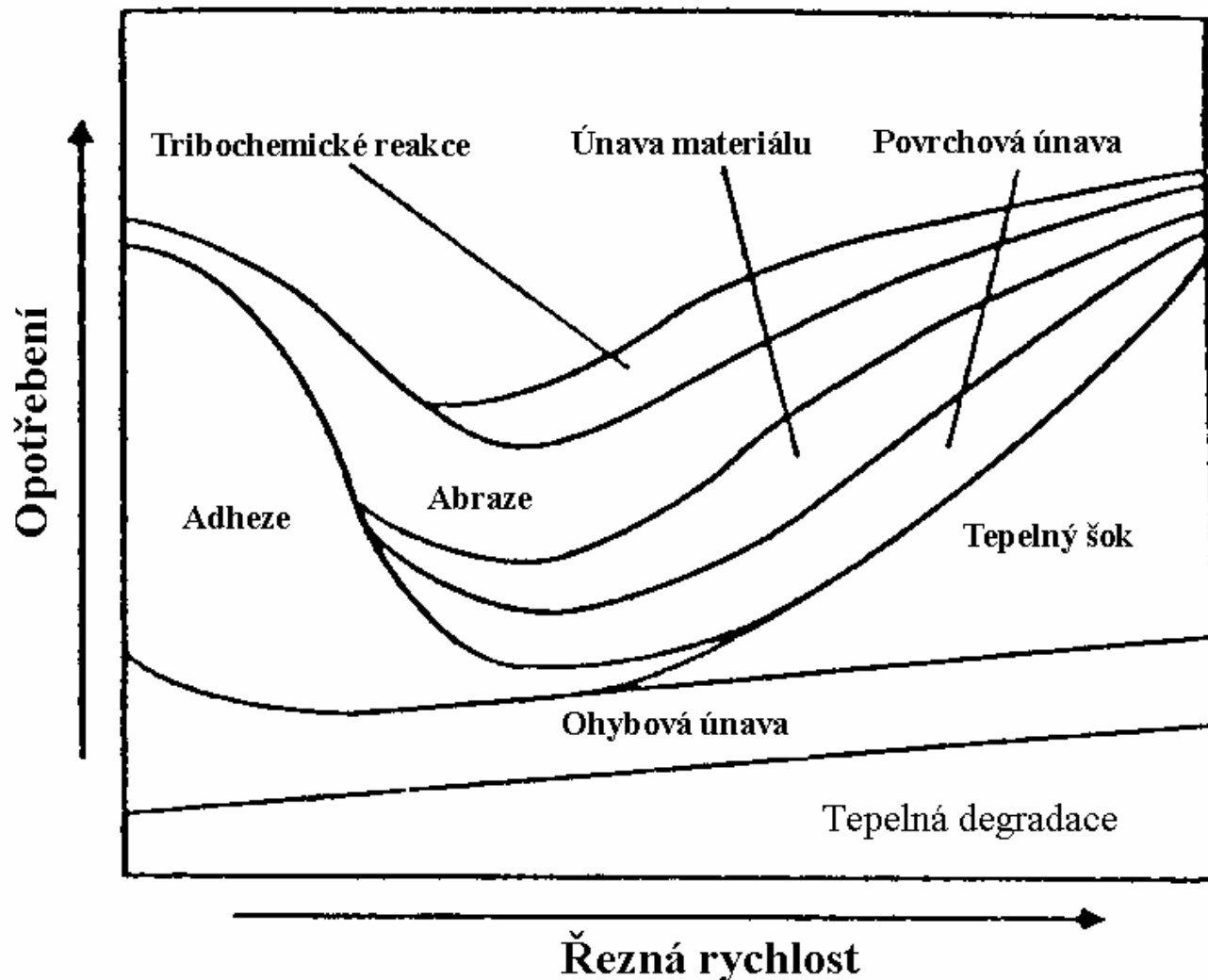


Požadavky kladené na nástrojové materiály

- Vývoj a neustálé zlepšování vlastností řezné keramiky umožňuje její všestranné využití jako řezného materiálu.
- Dominantní postavení v oblasti obrábění zaujímá celosvětově slinutý karbid, a řezná keramika je nasazována pouze v oblastech, kde nelze produktivně využít slinutý karbid [4].
- V dnešní době se klade největší důraz na zkracování výrobních časů a zvyšující se jakost výrobků. Největší vliv na celkový výrobní čas při obrábění mají řezné podmínky a samozřejmě jejich zvyšováním se tento čas zkracuje. K tomu je třeba, aby řezný materiál splňoval hlavní požadavky [5]:
 - b) odolnost proti opotřebení
 - c) houževnatost nástrojového materiálu
 - d) tvrdost za tepla
 - e) odolnost vůči tepelnému šoku
 - f) tepelná roztažnost
 - g) tepelná vodivost

A) Odolnost proti opotřebení [5]

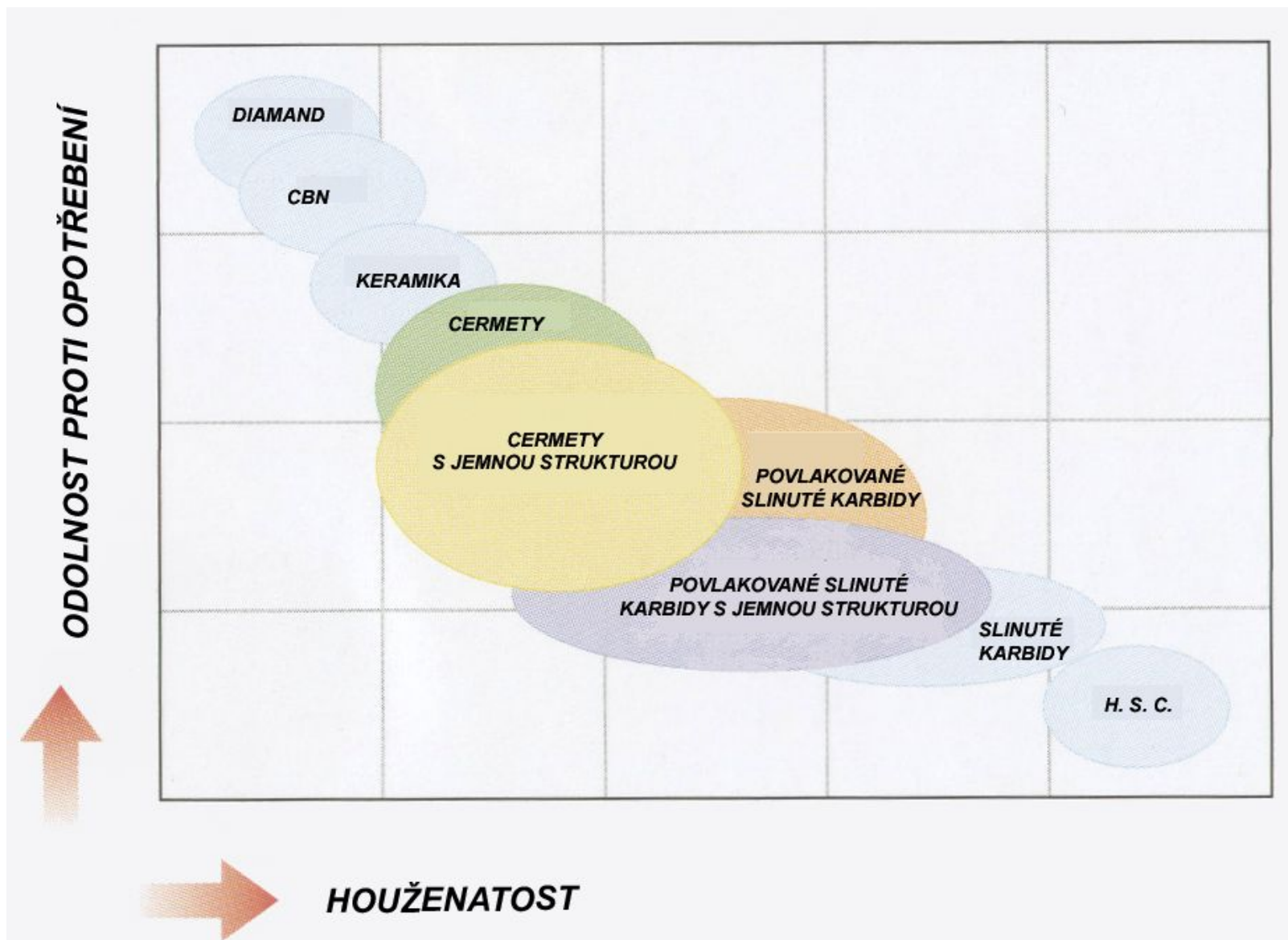
- Brusný otěr
- Adhezní otěr
- Difúzní otěr
- Chemický otěr



Příčiny opotřebení rezných nástrojů

B) Houževnatost nástrojového materiálu [5]

- Z důvodu vyšších nároků na operace obrábění, **vysoké řezné rychlosti, obrábění tvrdých materiálů, přerušovaného řezu** atd. je snaha, aby **houževnatost nástrojového materiálu byla co nejvyšší**, z důvodu porušení břitu nástroje křehkým lomem atd, ale zároveň je potřeba, aby **řezný materiál měl dostatečnou tvrdost**, která by zajišťovala odolnost proti opotřebení.
- Tento problém částečně vyřešila **depozice tenkých vrstev**. Depozicí zůstane jádro u určitých materiálu houževnaté a povrch tvrdý a odolný proti jednotlivým druhům opotřebení.



Porovnání odolnosti proti opotřebení a houževnatosti řezných materiálu [5].

C) Tvrdost za tepla

Během obráběcího procesu se téměř veškerá práce řezání transformuje v teplo. Teplo řezného procesu, vzniklé při odebrání určitého množství materiálu, je přibližně rovné práci řezného procesu. Vzniklé teplo výrazně ovlivňuje řezný proces, protože:

- negativně působí na řezné vlastnosti nástroje
- ovlivňuje mechanické vlastnosti obráběného materiálu
- ovlivňuje petchování a zpevňování obráběného materiálu
- ovlivňuje podmínky tření na čele i hřbetě nástroje

D) Odolnost vůči tepelnému šoku

Vyskytuje se při frézování nebo při jiném druhu přerušovaného řezu např. soustružení nerotačních součástí.

I) Tepelná roztažnost

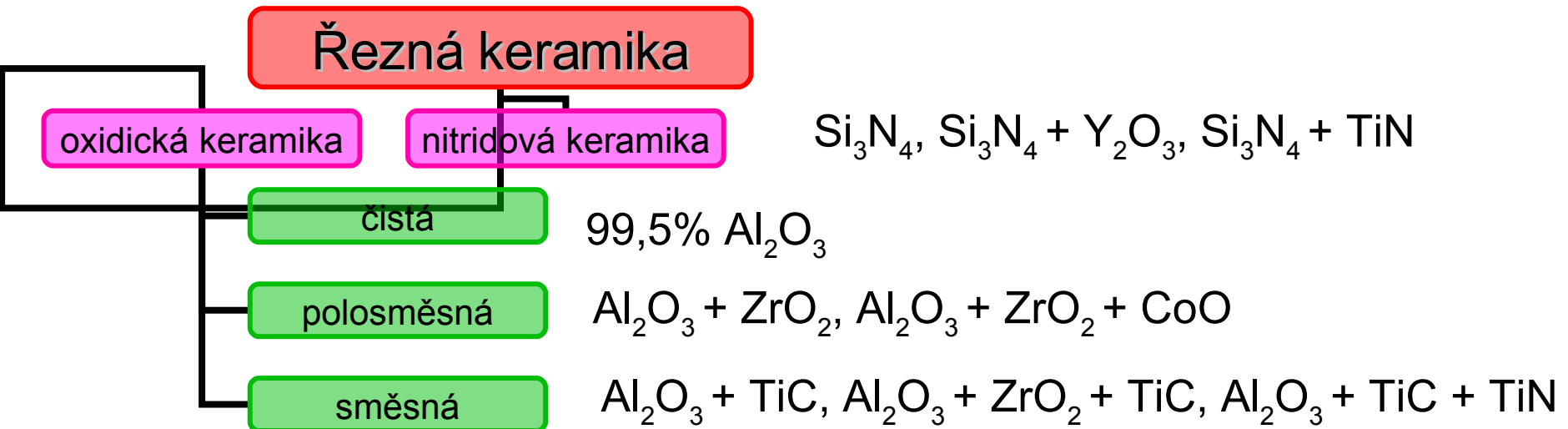
Tato vlastnost ovlivňuje budoucí přesnost obrobené plochy. Vysoká tepelná roztažnost může způsobit vznik mikrotrhlin, které pak značně sníží trvanlivost nástroje.

M) Tepelná vodivost

Zvláště při zvýšených pracovních podmínkách (řezná rychlost, posuv) může docházet v oblasti špičky nástroje ke zvýšené koncentraci tepla. Důsledkem nízké tepelné vodivosti nástrojového materiálu může dojít k rychlému plastickému opotřebení břitu nástroje, které může dosáhnout až lavinového otěru.

Řezná keramika [4]

- Řezná keramika patří mezi anorganické, nekovové převážně krystalické materiály.
- Přestože neexistuje normou stanovené rozdělení řezné keramiky, lze ji podle chemického složení rozdělit na dva základní typy:
 - oxidickou a neoxidickou řeznou keramiku.



- Všechny druhy řezné keramiky mohou být vyztuženy pomocí tenkých vláken submikronového průměru – whiskerů (např. SiC), které značně zvyšují řezné vlastnosti.

- Řezná keramika je charakterizována [4]:
 - nízkou měrnou hmotností
 - vysokou tvrdostí i za vysokých teplot
 - tepelnou odolností
 - chemickou stálostí
 - odolností proti opotřebení

které zaručují při správném použití vysokou trvanlivost bříty nástroje i při vysokých řezných rychlostech.

- pevnost v tlaku a ohybu

Řezný materiál	Tvrdość HV	Pevnosť v tlaku R_{md} (MPa)	Pevnosť v ohybu R_{mo} (MPa)	Teplotní odolnosť (°C)
Rychlořezná ocel	750 – 800	2500 – 3500	2000 – 3000	560 – 610
Slituté karbidy	1300 – 2000	4000 – 5600	900 – 2200	900 – 1100
Řezná keramika	2000 – 2800	3500 – 4500	450 – 1000	1300 – 1600
Kubický nitrid bóru	4500	4000	600	1500
Diamant	7000	3000	300	320 – 720

Mechanické vlastnosti jsou z hlediska struktury ovlivněny zejména [5] :

- charakterem chemické vazby, která je převážně iontová nebo kovalentní (na rozdíl od kovových materiálů, kde je vazba kovová) a ovlivňuje tím výrazně pohyblivost dislokací a je důsledkem křehkosti keramiky.
- složitá krystalická struktura v porovnání s kovovými materiály
- prostorové uspořádání částic různých tvarů, rozměrů, fází
- množství trhlin, defektů a pórů

Oxidická keramika [5]

- **Čistá oxidická řezná keramika** - s obsahem 99,5 % Al_2O_3 vyznačuje se vysokou tvrdostí, otěruvzdorností a výbornou chemickou odolností a stabilitou při vysokých teplotách.
 - Nízká odolnost proti mechanickému a tepelnému rázovému zatížení a ohybové pevnosti a je vhodná jen pro operace jemného dokončování.

- **Polosměsná oxidická keramika** - s obsahem ZrO_2 15-20 %, může obsahovat i jiné složky např. CoO . Oproti čisté keramice má vyšší pevnost. Přísada ZrO_2 a zdokonalení technologie výroby snižuje náchylnost proti lomu a zvyšuje houževnatost.

- **Směsná oxidická keramika (CM)** - s přísadami TiN, TiC je charakterizována vyšší odolností proti tepelným rázům, kterou zabezpečuje přísada TiC. Přísada TiN vylepšuje odolnost proti tepelným rázům a zároveň zvyšuje pevnostní vlastnosti. Dále tyto přísady zabezpečují stabilitu mechanických vlastností při vysokých teplotách.
- **Kompozitní oxidická keramika** - zpevněná monokrystaly křemíku SiC, tzv. whiskery v matrici Al_2O_3 , která má rovnoměrnou jemnozrnnou strukturu. Úlohou SiC vláken je bránit šíření mikrotrhlin v základní matrici. Vlákná SiC mají průměr 0,1-1 μm a délku 5 -100 μm , pevnost v tahu 7 GPa a modul pružnosti 550 GPa a zvyšují tvrdost za tepla, ohybovou pevnost.

Výroba oxidické keramiky [5]

- Postup výroby řezné keramiky je srovnatelný v dílčích oblastech s výrobní technologií práškové metalurgie.
- Skládá se z těchto etap
 - příprava hmoty přesného složení, tj. mletí surovin, homogenizace, sušení atd.
 - tvarování
 - lisování
 - finální opracování
- Technologický proces výroby oxidické keramiky může být dvojitý:
 - lisování za studena (proces podobný konvenční práškové metalurgii)
 - lisování za vysokých teplot (*HP Hot Pressing*) a izostatické lisování za vysokých teplot (*HIP Hot Isostatic Pressing*)
- Lisování za studena se používá při výrobě čisté oxidické keramiky. Polosměsná a směsná keramika se nejčastěji vyrábí lisováním za tepla.

- Jemný prášek Al_2O_3 se získává rozkladem hliníkových solí, nejčastěji bauxitu a následným jemným mletím.
- Upravený prášek s aditivami pojiva je před lisováním předspékaný při teplotě 1350-1520 °C.
- Lisování probíhá při tlaku 20 MPa a teplotách 1500-1700 °C. Proces HIP probíhá při tlaku 160 MPa a teplotě 1450 °C.
- Směsná keramika se vyrábí smícháním jemného prášku Al_2O_3 s TiC, TiN práškem a následným lisováním při teplotách 1500-1800 °C a tlaku 20-40 MPa.
- Konečný tvar získávají vyměnitelné břitové destičky řezáním, pokud jsou polotovarem tyče a následným broušením a honováním, kdy jsou vytvořeny typické úpravy řezné hrany, pro zvýšení pevnosti a odolnosti proti vylamování břitu.



Neoxidická (nitridická) řezná keramika [5]

- Nitridická keramika na bázi nitridu křemíku Si_3N_4 existuje ve dvou modifikacích α a β . Modifikace α Si_3N_4 je tvrdší než β Si_3N_4 , ale v porovnání s oxidickou keramikou má nižší tvrdost a vyšší pevnost, tepelnou vodivost, dobrou houževnatost a odolnost proti tepelným rázům.

Podle složení se nitridická řezná keramika dělí na:

- nitrid křemíku s různými přísadami např. MgO , Al_2O_3 , Y_2O_3 orientovaný na β - Si_3N_4 tzv. sialon
- nitrid křemíku s přísadou TiN
- nitrid křemíku zpevněný tenkými vlákny SiC „whiskery“

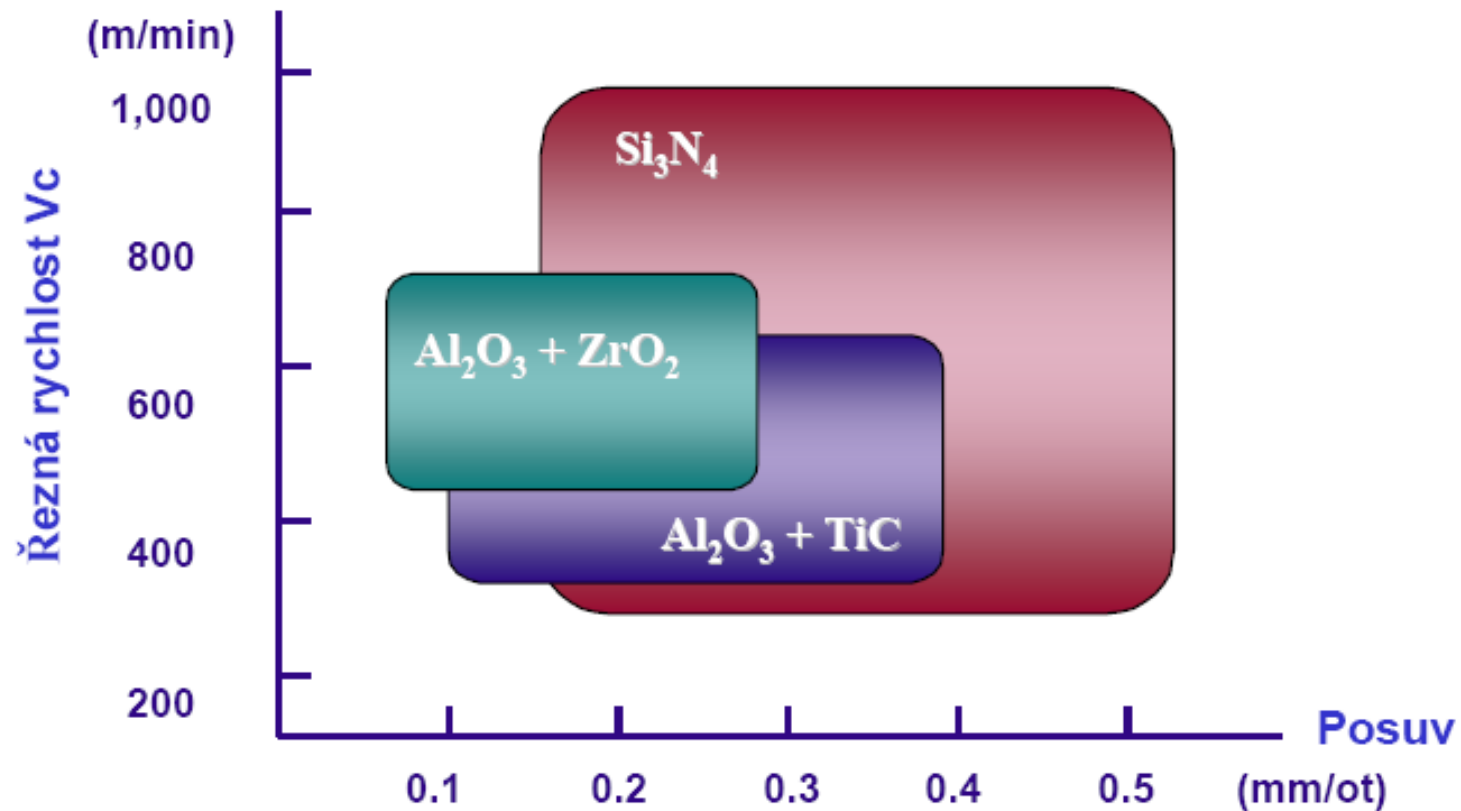
Vlastnosti nitridické keramiky [5]

- Nitridická keramika se v porovnání s oxidickou keramikou vyznačuje vyšší houževnatostí, pevností v ohybu, odolností vůči cyklickému a tepelnému namáhání.
- Chemická stabilita a odolnost proti opotřebení je u nitridické keramiky nižší, než u oxidické keramiky.
- Při vysokých teplotách má nitridická keramika určité přednosti:
 - odolnost proti oxidaci
 - mechanickou pevnost a chemickou odolnost
 - vysokou tvrdost a odolnost proti tepelným šokům

Tyto vlastnosti zabezpečují dostatečnou pevnost řezné hrany a zároveň odolnost proti náhlému porušení křehkým lomem a umožňují tedy použití nitridické keramiky při dokončovacích i hrubovacích operacích i v oblastech přerušovaného řezu a s použitím řezné kapaliny.

- Nitridická keramika je vhodná k obrábění šedých litin, tvárných litin, kalených ocelí, žáruvzdorných slitin, niklových slitin typu Inconel a titanových slitin.
- Stejně jako i oxidické keramiky jsou řezné vlastnosti zlepšovány tenkými vlákny SiC whiskery a aplikací tenkých otěruvzdorných vrstev typu Al_2O_3 nebo TiN.
- Z některých zdrojů je zřejmé, že tenká vrstva Al_2O_3 má zabránit difúznímu opotřebení a trvanlivost břitu zvyšuje, na druhé straně je takový názor, že se tenká vrstva vlivem vysokého mechanického a tepelného namáhání z vysoce namáhaných míst řezné destičky „strhne“ a je tedy neúčinná.

Rozsah použití řezné keramiky



Zdroj: [3]

Využití řezné keramiky v oblasti obrábění [3]

- Řezná keramika patří do skupiny netradičních řezných materiálů a její použití představuje cca 4–5 % z celkového objemu řezných materiálů.
- Řezná keramika nemá nahradit doposud používané řezné materiály, ale má rozšířit možnosti volby pro hospodárnější úběr materiálu.
- Existují ale specifické oblasti průmyslu jako letecký, kosmický a automobilový, kde je toto procento daleko vyšší a řezná keramika zde přispěla k celkové intenzifikaci řezného procesu, protože díky svým vlastnostem umožňuje dosahovat i řezných rychlostí vyšších než 1000 m/min.
- Pro efektivní využití řezné keramiky jsou ale kladeny nároky na dodržení určitých zásad popsanych výše. Většina druhů řezných keramik má jen úzkou specifickou oblast využití.viz. tab.

Druh řezné keramiky	Charakteristické použití řezné keramiky	Charakter řezu
Al_2O_3	obrábění šedé litiny a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem vysokými rychlostmi za sucha	dokončovací operace
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$	obrábění šedé, tvárné a temperované litiny, konstrukčních i zušlechťených ocelí za sucha	střední a dokončovací operace, částečně přerušovaný řez
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	obrábění kalených ocelí a těžko obrobitelných materiálů s částečně přerušovaným řezem za sucha i s chlazením obrábění šedé litiny a tvrzených litin	střední a dokončovací operace včetně středního a dokončovacího frézování
$\text{Al}_2\text{O}_3 +$ whiskery SiC	obrábění žáruvzdorných a žárupevných materiálů a kalené oceli	hrubovací i dokončovací operace při soustružení i frézování
keramiky na bázi Si_3N_4	obrábění všech druhů litin, slitin na bázi Ni za sucha i s chlazením	hrubovací i dokončovací operace při soustružení i frézování

LITERATURA

- [1] <http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FMkomplet3.htm>
- [2] Kratochvíl B., Švorčík V., Vojtěch D. Úvod do studia materiálů. 1. vydání. ISBN 80-7080-568-4. 2005.
- [3] Česánek J.: Vývojové trendy a nasazení rezné keramiky.
- [4] Matějka J., Kapinus. V., Česánek J.: Vliv přerušovaného a nepřerušovaného řezu na řezivost rezné keramiky při obrábění kalených ocelí.
- [5] Matějka J.: Řezné materiály. KKS. ZČU Plzeň.