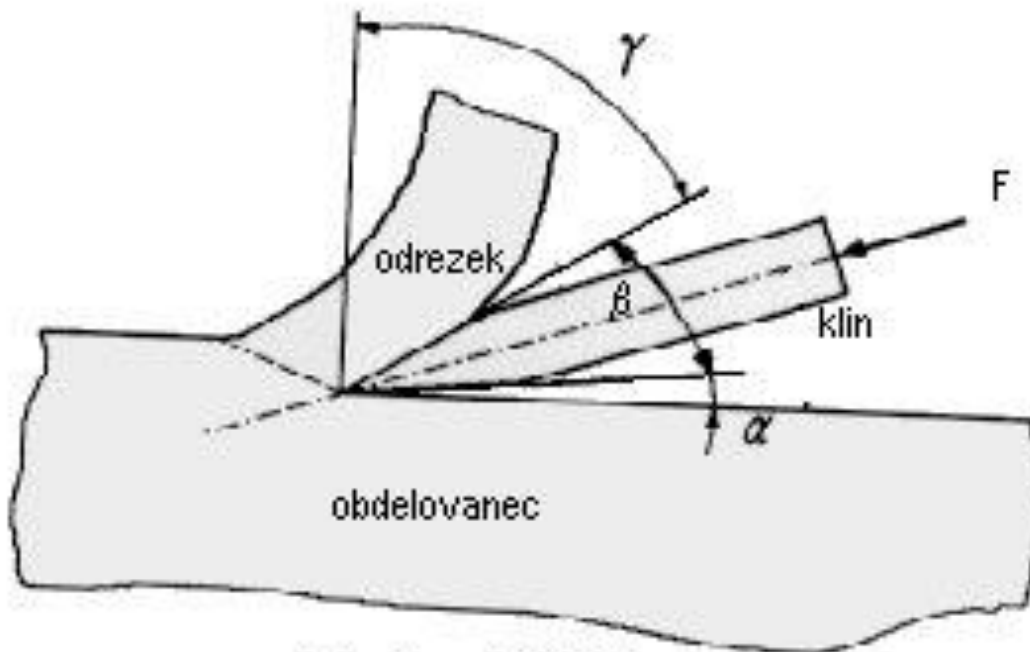


SPLOŠNO O ODREZAVANJU

Odrezavanje je postopek, s katerim osnovni material - surovec z odstranitvijo nepotrebnega materiala spremenimo v uporaben izdelek. Eno prvih orodij za odrezavanje je bil klin za katerega je že značilna osnovna geometrija rezalnih orodij:

- prosti kot (α)
- kot klina (β)
- cepilni kot (γ)



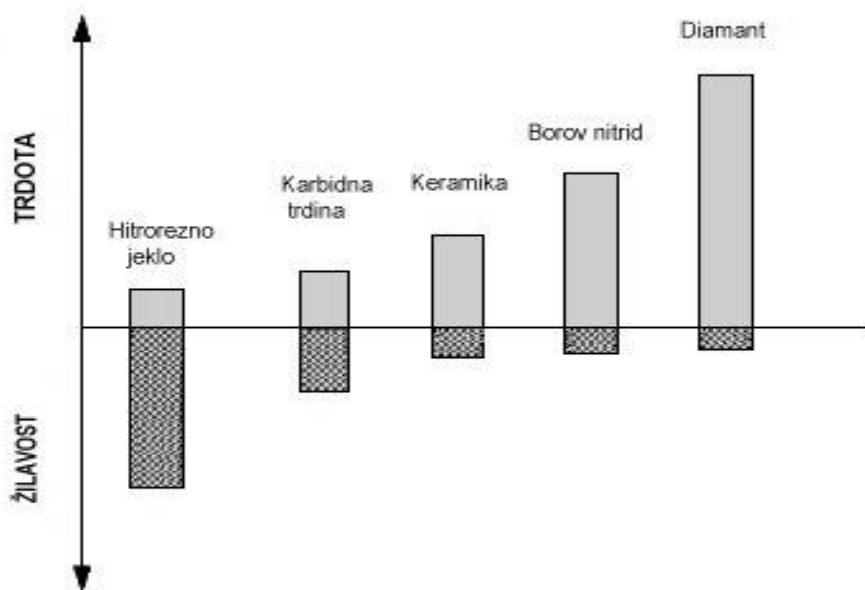
Orodje v obliki klina

Poznamo več različnih postopkov odrezavanja. Na izbiro postopka, po katerem bomo obdelovali kak izdelek, vplivata predvsem geometrijska oblika in material obdelovanca.

MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

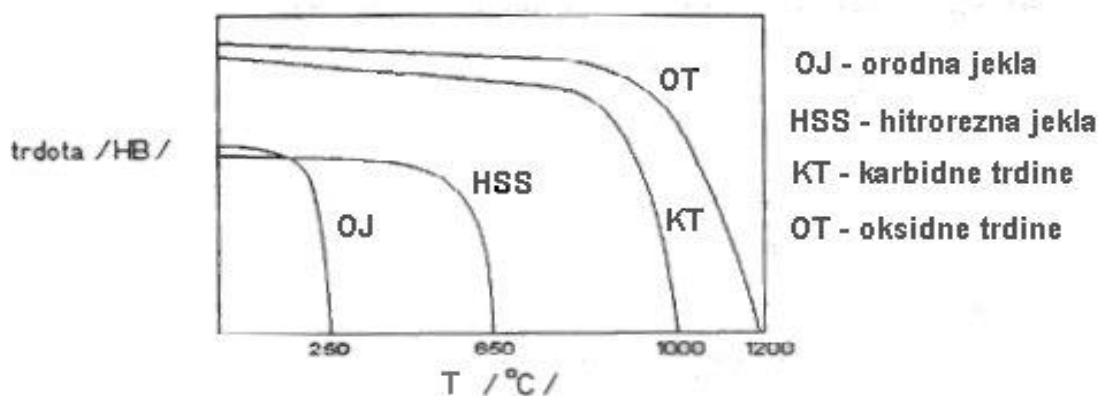
Izbira pravilnega materiala za orodje se kaže v večji konkurenčnosti, to je v večji produktivnosti, boljši kvaliteti in manjših stroških. Zahteve do orodij so raznolike, vsak orodni material ima svoje zakonitosti, ki ga postavljajo v ospredje za določeno uporabo. Na izbiro pravilnega materiala pa vplivajo naslednje zahteve:

- **trdota orodja mora biti večja od trdote obdelovanca.**
- **čim večja temperaturna trdota.**
- **čim manjša nagnjenost k obrabi.**
- **čim večja žilavost.**
- **čim manjše trenje med orodjem in obdelovancem.**
- **čim nižja cena**



Trdota in žilavost različnih rezalnih materialov

Na mehanske in fizikalne lastnosti orodnega materiala močno vpliva predvsem povišana temperatura zaradi toplote, ki nastaja v rezalnem procesu. Povišana temperatura predvsem vpliva na padec trdote.



Padec trdote pri povišani temperaturi različnih rezalnih materialov

Zato mora je pri izbiri ustreznega orodnega materiala potrebno doseči določen kompromis. Pri izbiri optimalnega materiala orodja najbolj odločajo lastnosti obdelovanca in način obdelave.



Rezalni material

1. ORODNO JEKLO (OJ)

Orodna jekla zdržijo **do 250° C**, pri višjih temperaturah pa se zelo hitro zmanjšuje trdota. Zato **niso primerna za velike hitrosti** in **se danes pri odrezovanju komaj še uporabljajo**. Predvsem so primerna za ročna orodja (**pile, sekači, žagini listi...**) ter za nože za rezanje tobaka, papirja,....

2. HITROREZNA JEKLA (HSS)

Na prelomu stoletja je F.W. Taylor leta 1898 izdelal in prvič uporabil hitrorezno jeklo. S hitroreznimi jekli lahko **delamo 5X hitreje kot z orodnimi jekli**, zato so tudi dobila ime hitrorezna. Imajo bistveno boljše rezalne sposobnosti kot orodna jekla, bistveno večjo obstojnost in kar je najvažnejše - **veliko večjo trdoto pri povišani temperaturi**. Čeprav so danes znani tudi mnogo boljši materiali za orodja, kot so orodna jekla, njihov pomen še zdaleč ni izgubil na pomenu - nasprotno njihov razvoj še zdaleč ni končan. Hitrorezna jekla lahko uporabimo za vsa orodja v tehniki odrezovanja - **stružni noži, svedri, rezkala...**, kot tudi **v tehniki preoblikovanja (predvsem sintrana hitrorezna jekla)**.



Poznamo **standardna** hitrorezna jekla in hitrorezna jekla **iz prahu (sintrana)**.

Standardna hss jekla

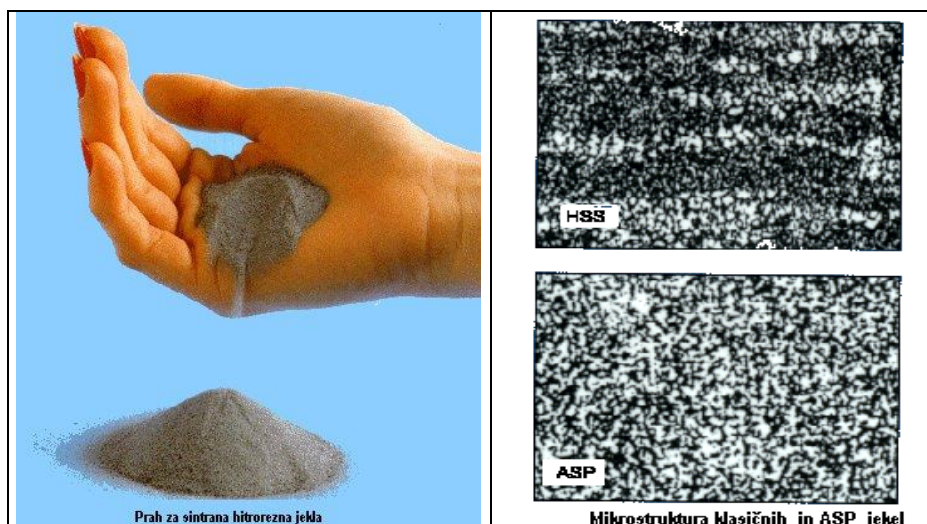
Pomembni sta dve skupini hitroreznih jekel: molibdenova (delež Mo je do 10%) in volframova (delež W je do 20%). Molibdenova jekla dosežejo posebej veliko trdoto in to trdoto obdržijo do relativno visokih temperatur. Volframova jekla pa so odpornejša proti obrabi, imajo pa manjšo žilavost.

Vsa hitrorezna jekla imajo naslednje lastnosti:

- velika koncentracija legirnih elementov
- koncentracija ogljika je tolikšna, da omogoča trdoto 64 HRC in več
- trdota je enakomerna po celem prerezu
- velika žilavost
- sprejemljive izdelovalne stroške

Hitrorezna jekla iz prahu (sintrana)ASP

Nedvomno je, da so jekla iz prahu boljša od klasičnih. To je posledica velike (popolne) kemične homogenosti in enakomernosti mikrostrukture. V primerjavi z običajnimi hitroreznimi jekli enake strukture imajo znatno boljšo žilavost, obrabno obstojnost, neznatne spremembe dimenzij po kaljenju in boljšo sposobnost brušenja.

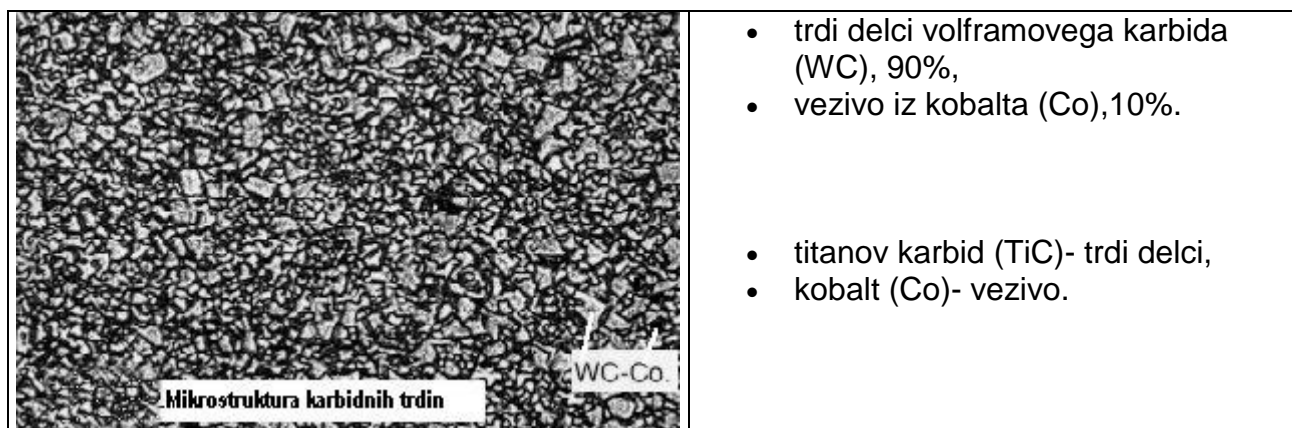


Pomanjkljivost hitroreznega jekla iz prahu so visoki stroški pri izdelavi, ki vplivajo na visoko nabavno ceno teh jekel.

3. KARBIDNE TRDINE (KT)

Karbidne trdine so sintran material, ki so ga iznašli leta 1923 v tovarni Krupp (Nemčija) in so v svetu poznane kot WIDIA (trgovsko ime; izhaja iz WIE DIAMANT trdo kot diamant). Ker dopuščajo dosti večje rezalne hitrosti kot HSS, so pomenile takrat prav majhno revolucijo.

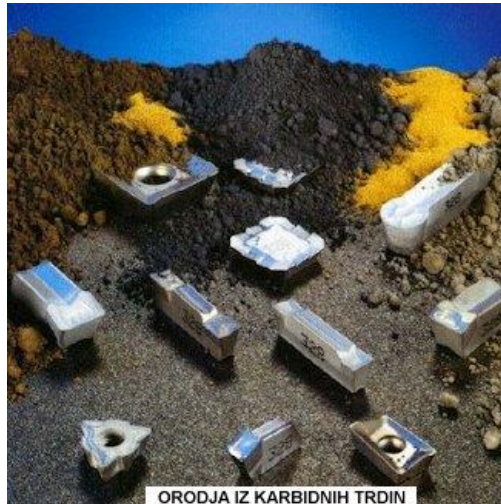
-Prvotna sestava KT:



Naloga karbidov je doseči čim večjo trdoto pri povišani temperaturi in odpornost proti obrabi, naloga veziva pa je povezava krhkih karbidov v trdno telo.

Karbidne trdine izdelujemo po postopkih metalurgije prahov, ki obsegajo naslednje postopke:

- a. izdelava prahov WC ali drugih karbidov (TiC, TaC...)
- b. priprava prahov določene velikosti
- c. kompaktiranje (stiskanje v kalupih)
- d. sintranje (toplotna obdelava)
- e. sekundarne operacije



Lastnosti karbidnih trdin:

- enakomerna homogena struktura zaradi prahaste metalurgije.
- brez večjih problemov zdržijo visoke temperature, imajo največjo tlačno trdnost in se dejansko približujejo idealnemu orodnemu materialu.
- imajo veliko odpornost proti abrazijski obrabi.

Po standardu DIN 4990 so karbidne trdine razdeljene v tri glavne skupine:

- **skupina P:** uporaba za železne materiale, ki dajo dolge odrezke
- **skupina M:** za obdelavo nerjavnih jekel
- **skupina K:** za obdelavo materialov, ki dajo kratek odrezek - siva litina, kamen...

Uporaba: Ker so karbidne trdine sintran material, nudijo zelo širok spekter uporabe. Največ, približno 50% se jih uporablja za orodja za odrezovanje. S tem pojmom so mišljene različne oblike rezalnih ploščic. Poleg tega uporabljamo karbidne trdine še v tehniki preoblikovanja, v rudarstvu, geologiji...

4. OSLOJENI REZALNI MATERIALI

- Lastnosti HSS jekel in KT izboljšamo z različnimi prevlekami. Te prevleke lahko naneseemo na kemičen način ali na način vakuumske depozicije. Kemični načini se opuščajo, ker spremenijo strukturo in sestavo osnovnega rezalnega materiala. V začetku 80. let so izumili vakuumske postopke, ki ne spremenijo strukture osnovnega materiala.

Vrste in lastnosti trdih prevlek

Nanašanje trdih prevlek na različna rezalna orodja ima v odrezovalni tehniki velik pomen.

Za oslojevanje hitroreznega jekla se je doslej najbolj uveljavila prevleka titanov nitrid - TiN (BALINIT A, JOSTiN□ ali prevleka I. generacije, nad 90% v uporabi, orodje dobi zlato rumeno barvo).



Za oslojevanje karbidnih trdin pa se najpogosteje uporabljajo naslednje prevleke:

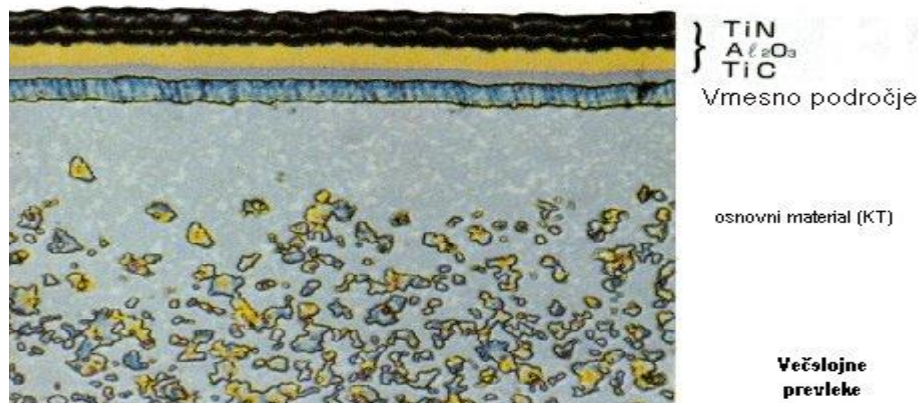
- titanov karbonitrid TiCN ali prevleka II. generacije (BALINIT B).
- titanov karbid TiC
- titanov nitrid TiN
- aluminijev oksid Al₂O₃.



Lastnosti zaščitne prevleke:

- finoizrnatost trdih prevlek zmanjšuje trenje pri odrezovanju (manjše segrevanje pri večji hitrosti)
- velika trdota na površini, kar povečuje odpornost proti obrabi.
- majhna toplotna prevodnost, da se neposredno zaščiti osnovni material pred pregretjem
- dobra oprijemljivost na osnovni material.

Žal nobena omenjenih vrst trdih prevlek ne zadostuje vsem omenjenim lastnostim, zato gredo **raziskave v večkratno oslojevanje** - nanašanje posameznih slojev enega vrh drugega v določenem zaporedju.



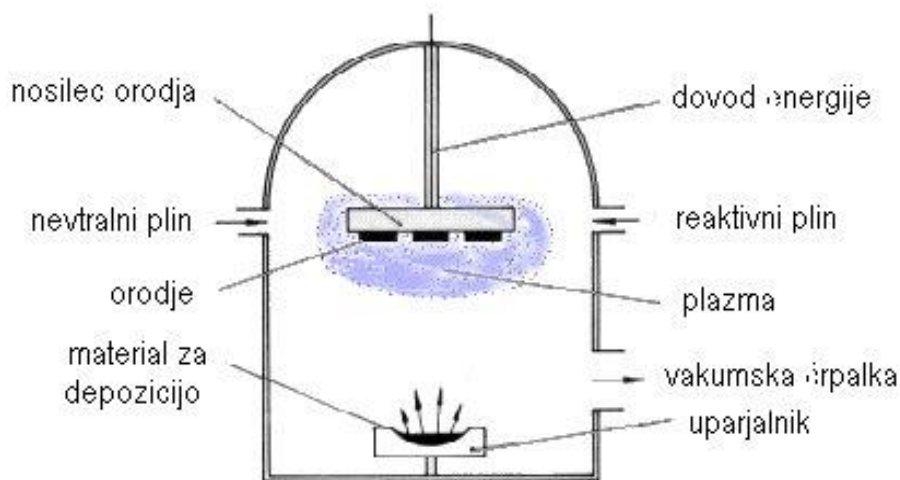
Pomanjkljivosti trdih prevlek:

Hitrosti odrezovanja orodij, na katera so nanešene trde prevleke, so bistveno večje od tistih, ki jih dopušča osnovni material orodja. Vendar se **trda prevleka sčasoma obrabi** in ker osnovni material ne prenese tako velike hitrosti, lahko pride celo do loma orodja...

Postopek nanašanja trdih prevlek

Šele v osemdesetih letih je z razvojem posameznih vakuumskih tehnik nanašanja postalo mogoče uspešno industrijsko nanašati trde zaščitne prevleke tudi na orodja. Postopek

fizikalnega nanašanja v vakumu - PVD, ki poteka pri temperaturi okoli 550°C, je predvsem primeren za nanašanje trdih prevlek na orodja iz hitroreznega jekla.



Shematičen prikaz PVD-postopka nanašanja trdih prevlek

Osnovne faze pri prekrivanju so:

- vakuumiranje komore.
- predgrevanje vzorca.
- dovajanje argona in ustvarjanje plazme.
- ionsko bombardiranje (čiščenje) površine vzorca.
- uparjanje kovine (titana).
- uvajanje reaktivnega plina (N_2).
- proces depozicije
- ohlajanje.

Površina orodij mora biti kemično čista, debelina prevleke pa je običajno od 3...5 μ m. Pomanjkljivost procesa je v majhni hitrosti nanašanja (1 μ m na uro).

5. CERMET

Cermeti so sintran material, podobno kot KT. Razvili so jih po 2. svetovni vojni na Japonskem, kateri so prepovedali uvoz kobalta, ki je vezivo K.T.

Sestava: TiC+Ni□ cermet

Cermeti so sestavljeni materiali iz keramike in kovinske faze: keramična faza je v večini primerov titanov nitrid, kovinska vezna faza pa je najpogosteje nikelj. **Keramične sestavine cermetov so znane po velikih trdotah pri povišani temperaturi in odpornost proti oksidaciji, kovinske sestavine pa so nosilke odpornosti proti temperaturnim šokom.** Cermete se izdeluje po postopkih metalurgije prahov v rezalne ploščice. Trdota cermetov pri temperaturah okolice in pri povišanih temperaturah je primenljiva s trdoto karbidnih trdin, trdnost in žilavost pa sta v nekaterih primerih slabša kot pri trdinah.

Moderne cermete se predvsem **uporablja za dokončno obdelavo jekel z velikimi rezalnimi hitrostmi pri majhnih podajanjih in majhnih globinah rezanja.**

6. REZALNA KERAMIKA

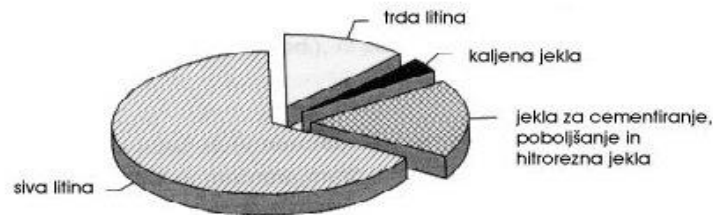
Pojem rezalna keramika je novejšega datuma, saj je bila uporaba tega materiala gospodarsko upravičena šele na koncu šestdesetih let. V zadnjih letih **narašča interes za uporabo keramike na novih področjih tehnike.** Eden od razlogov je napredek na področju mehanske odpornosti keramike, ker je v novejšem času uspelo proizvajalcem bistveno **zvišati natezno trdnost.**

Prednosti rezalnih ploščic iz keramike v primerjavi s karbidnimi trdinami so predvsem **visoka hitrost obdelave, dolgi obstojni časi** in s tem velika storilnost ter velika kemijska stabilnost tudi pri povišani temperaturi. Uveljavila se je zlasti v velikoserijski obdelavi na sodobnih **numerično krmiljenih obdelovalnih strojih.**

Glavna pomanjkljivost keramike je predvsem njena **krhkost** ter **občutljivost na mehanske udarce in termične šoke.**

Rezalna keramika je naravno trd rezalni material na osnovi čistega **aluminijevega oksida (Al_2O_3)**, **cirkonijevega oksida ZrO_2** in **silicijevega nitrída Si_3N_4** . Materiali so v rabi bodisi čisti bodisi z dodatki. Keramika **je sintran material** pod tlakom do visoke gostote. Pore namreč večajo krhkost, ker delujejo kot razpoke in znižujejo elastični modul. Zato mora **biti keramika homogena** in brez slučajnostnih defektov.

Rezalno keramiko so v preteklosti v glavnem **uporabljali za obdelavo sive** litine v velikoserijski proizvodnji; z novimi vrstami keramike pa se je področje uporabe razširilo tudi **na področje struženje litin, jekel za cementiranje in kaljenih jekel.**



Uporaba rezalne keramike

7. POLIKRISTALIČNI REZALNI MATERIALI

Polikristalični diamant - PKD

Ogljik se v naravi pojavlja v dveh različnih oblikah: kot saje, grafit ali kot diamant. Ta pojav se imenuje alotropija in pomeni, da ima določen element v naravi različne kristalne rešetke (primer alotropije je tudi jeklo). Diamant ima med vsemi znanimi rezalnimi materiali zaradi posebne oblike kristalne rešetke največjo trdoto in odpornost proti obrabi. Poleg tega je naravni diamant izredno občutljiv na sunkovite obremenitve, ima majhno strižno in upogibno trdnost in je zelo drag. Zato uporabljamo naravni diamant le v redkih primerih fine obdelave neželeznih kovin.

S posebnim postopkom sintranja pri visokih tlakih in temperaturah dobimo iz sintetičnih diamantnih zrn definirane mikroznatosti rezalne ploščice.

Danes se diamant predvsem uporablja za obdelavo lahkih kovin (aluminij in njegove zlitine), težkih kovin (baker, cink, titan..), plemenitih kovin (platina, zlato, srebro...) in ostalih materialov (guma, umetne mase, trdi les...). Za odrezovanje železnih materialov ni primeren, ker se pri visokih temperaturah poveča afiniteta diamanta (ogljika) do jekla pride do difuzijske obrabe in rezalni rob orodja postane neuporaben.

Kubično kristaliziran borov nitrid - CBN

Tudi za borov nitrid velja, da lahko obstaja v različnih kristalnih rešetkah . Tako ga poznamo kot prah, poznan pod imenom beli grafit, ali kot drugi najtrši material - CBN.

Izdelava ploščic iz CBN materiala poteka v 4 fazah:

1. Sintranje pri 50.000 barih z osnovnim CBN zrnem manjšim od $1 \mu\text{m}$ in vezivom, ki je posebna vrsta keramike. Tako dobimo rondelo.
2. Rondelo z žično erozijo razrežejo na ploščice

3. Lotanje ploščic na držalo noža
4. Brušenje rezilnih robov

Uporaba (po podatkih firme SUMITOMO ELECTRIC):

- Za kaljena jekla trdote 58 HRc do 63 HRc, kjer je bilo brušenje do zdaj edina možna obdelava.
- Za ostro prekinjen ali polni rez.

Z ali brez hlajenja.