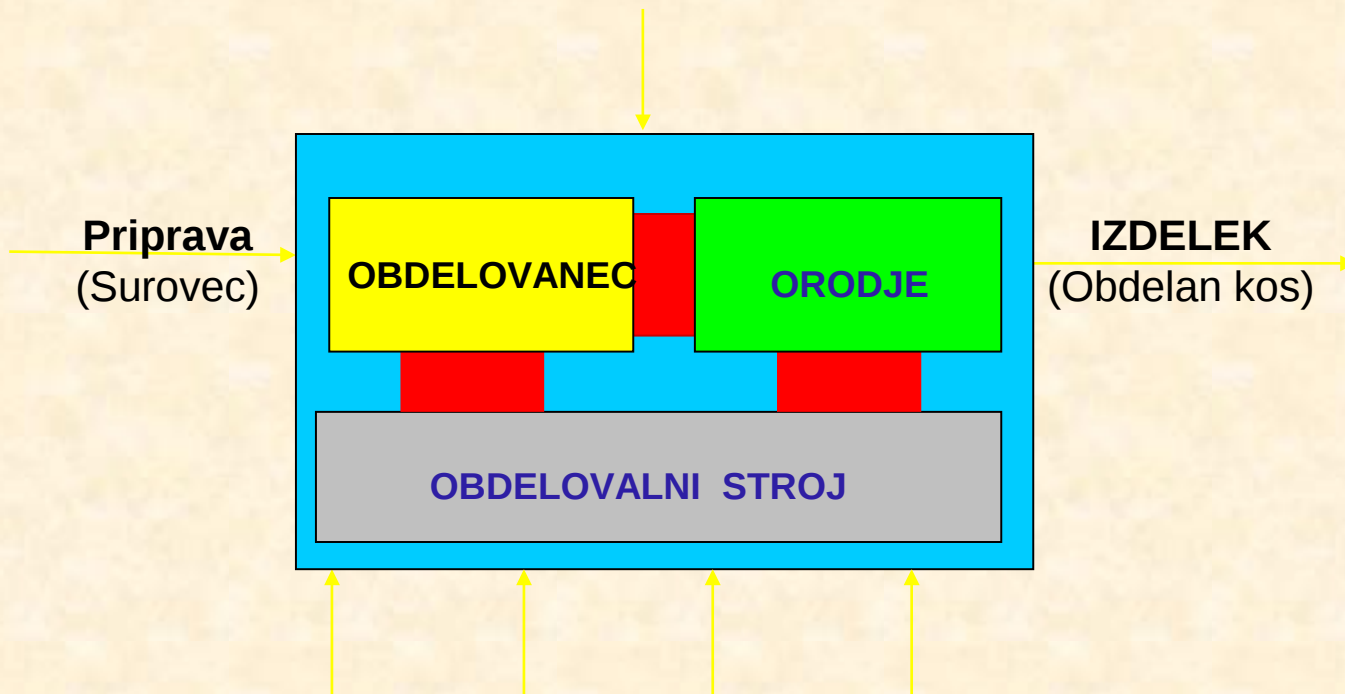


ODREZAVANJE

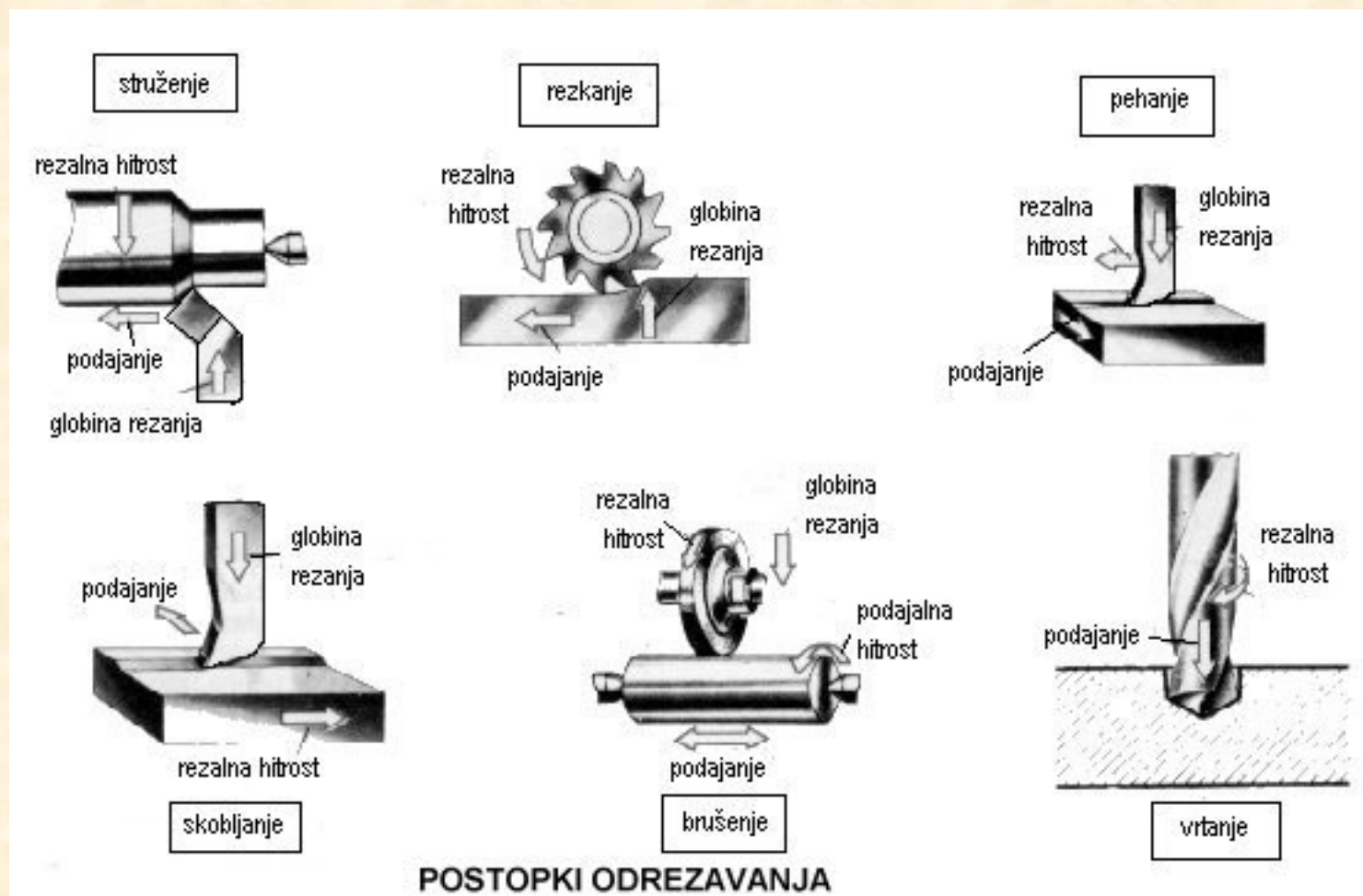


Namen in značilnosti postopkov odrezovanja

Odrezovanje je način obdelave, pri katerem od surovca (začetnega kosa) odrežemo ali na kak drug način odstranimo posamezne delce (odrezke) z namenom, da dobimo želeno obliko, posameznih izdelkov. Bistvena značilnost postopkov odrezovanja je v tem, da je končni izdelek lažji od surovca (uporabljenega kosa materiala).

Odrezujemo lahko z **orodjem v obliki klina**, pri čemer z obdelovanca odrezujemo posamezne delce. Rezalna orodja se med seboj razlikujejo predvsem po geometrijski obliki in po materialu, iz katerega so izdelana.

POSTOPKI ODREZA VANJA



Posamezni izdelek lahko izdelamo z različnimi postopki odrezovanja. Pri izbiri najustrežnejšega postopka upoštevamo naslednje:

- obdelana površina mora imeti predpisano kakovost,
- obdelovalni čas naj bo čim krajši,
- odpor pri odrezovanju oz. rezalna sila naj bo čim manjša,
- orodje naj bo kar najbolj obstojno.
- Navedeni pogoji vplivajo tudi na izbiro obdelovalnega stroja, rezalnega orodja in režimov obdelave.

Gibanja na obdelovalnih strojih

- **Glavno gibanje:** Je odločilno za odrezavanje. Lahko ga opravlja obdelovanec ali orodje, lahko je krožno ali premočrtno (odvisno od postopka odrezovanja). Hitrost glavnega gibanja imenujemo **rezalna hitrost v_c** .
- **Podajalno gibanje (f, F - mm/min, mm/vrt)** je lahko prekinjeno ali neprekinjeno in je pogoj za odrezovanje. Opravimo ga lahko ročno ali strojno, običajno je premočrtno.
- **Nastavitveno gibanje - globino rezanja (a, H - mm)** običajno opravimo ročno, izjema so avtomati in CNC stroji.

REZALNA HITROST- vC

REZALNA HITROST- Vc

Enota: m/min -struženje

m/sek – brušenje

1) Krožno gibanje (struženje, vrtanje, frezanje)

$$Vc = \pi \cdot d \cdot n / 1000 \quad [\text{m/min}]$$

d - premer obdelovanca ali orodja [m]

n - vrtilna hitrost ali št. vrtljajev [vrt/min ali min-1]

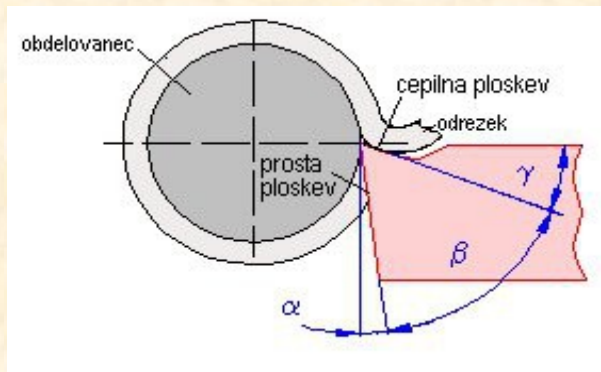
Rezalne hitrosti nikoli ne računamo, ampak jo izberemo iz tabel.

Na osnovi rezalne hitrosti izračunamo ali izberemo vrtilno hitrost - **n (obrate)**.

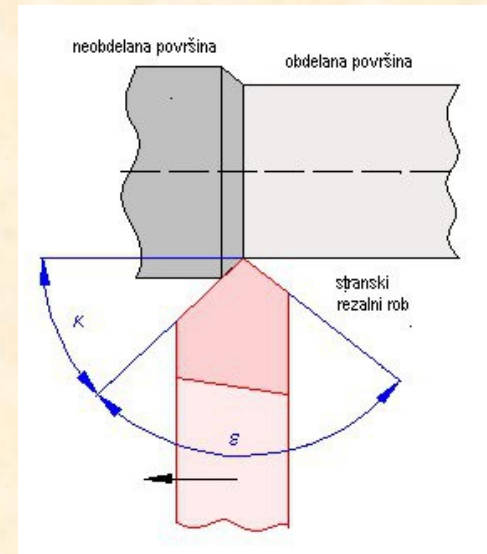
Izbira rezalne hitrosti je odvisna od:

- materiala obdelovanca,
- materiala orodja,
- globine rezanja,
- od kvalitete površine,
- od hlajenja in mazanja,
- od obdelovalnega postopka,
- od vrste stroja.

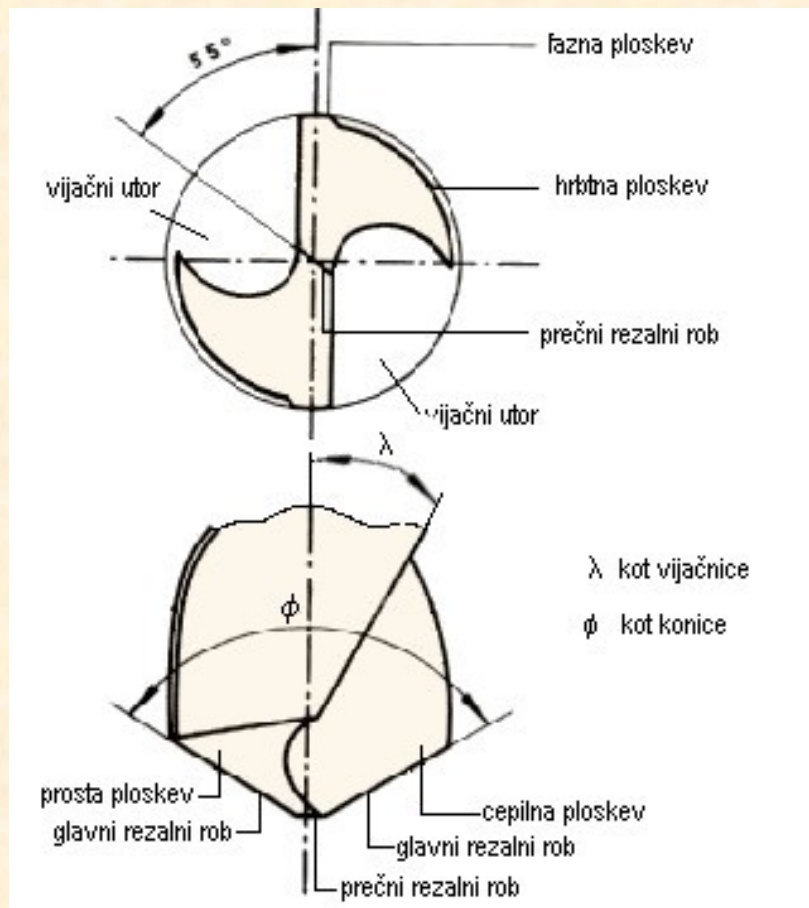
GEOMETRIJA REZALNIH ORODIJ



- α - prosti kot
- β – kot klina
- δ - rezalni kot $\delta = \alpha + \beta$
- γ - cepilni kot
- κ – nastavni kot
- Φ, ϵ – kot konice ($\lambda \Phi$)
- λ - kot vijačnice

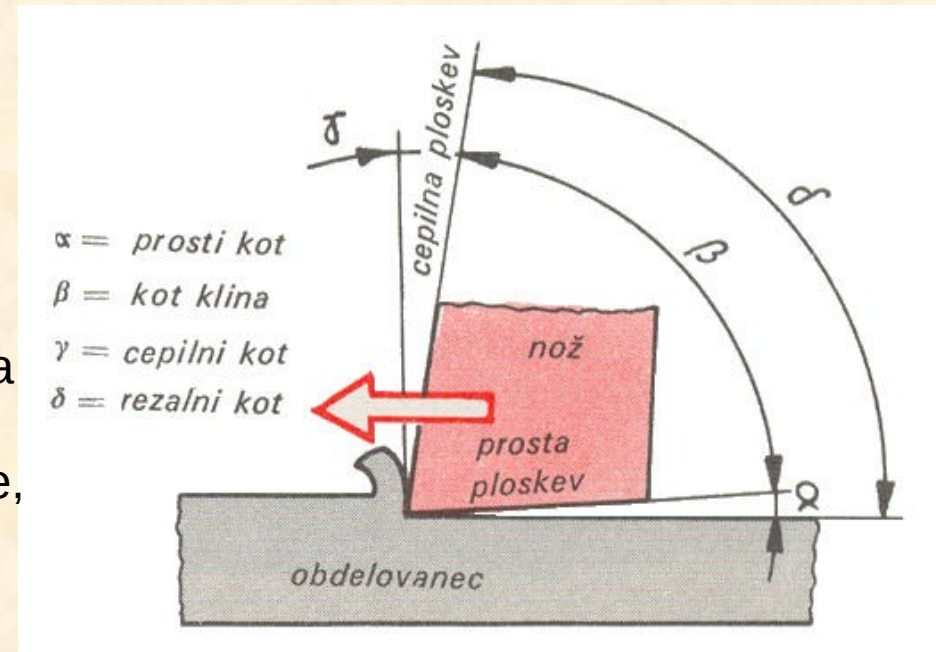


GEOMETRIJA REZALNIH ORODIJ-sveder



Kot klina β je na orodju najpomembnejši, kajti s klinom material odrezujemo.

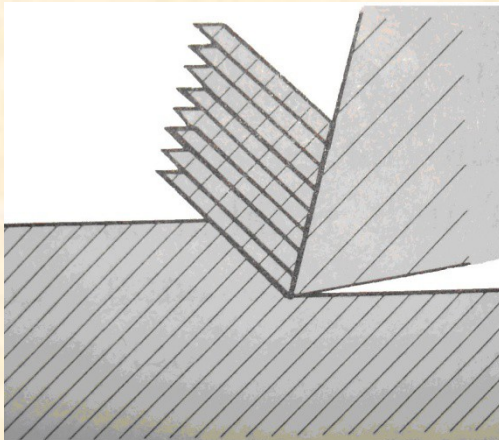
- Čim manjši je kot klina pri normalnem prostem kotu, tem manjši je odpor pri rezanju.
- Pri mehkeših materialih je kot klina manjši.
- Pri trših materialih je trenje manjše, zato je prosti kot manjši kot za mehkejše obdelovance.
- Geometrija je pomembna za odrezovanje materialov.
- Koti orodij so podani v tabelah (Tehnološki priročnik, katalogi proizvajalcev).



Nastanek in oblika odrezka

Nastajanje odrezka je zelo zapleten proces, na katerega vpliva veliko število dejavnikov:

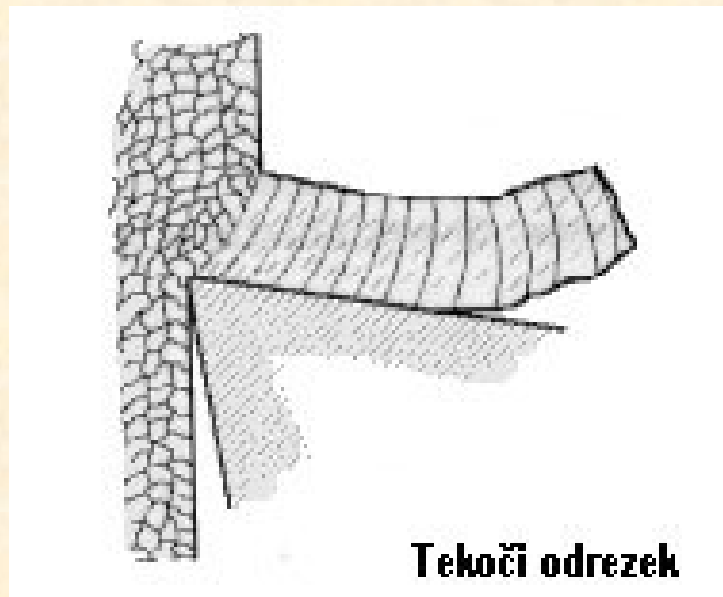
- material orodja (sestava orodja, odpornost proti obrabi in žilavost),
- režimi dela (rezalna hitrost, podajanje, globina rezanja, geometrija orodja, hlajenje).
- material obdelovanca (trdnost, trdota, struktura in kemična sestava),



Odrezek nastaja v strižni coni zaradi deformacije, ki jo povzroča orodje. Deformacija poteka v strižni coni, ki tvori s smerjo glavnega gibanja strižni kot ϕ . V odvisnosti od plastičnosti materiala in rezalne hitrosti se spreminja oblika odrezka.

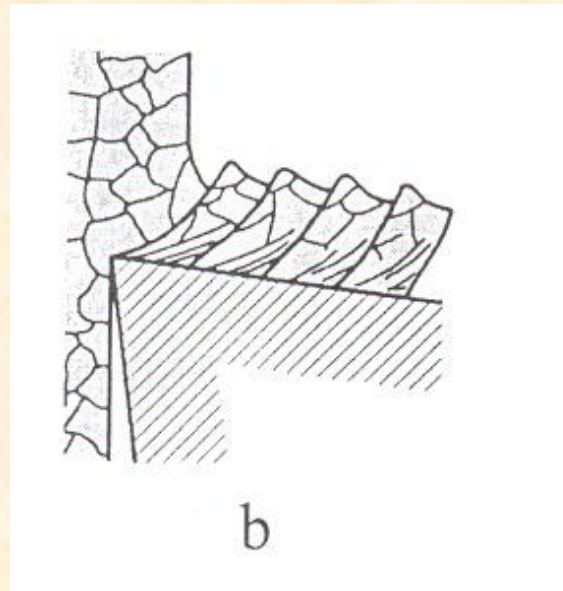
Osnovne oblike odrezkov :

Tekoči odrezek (a) nastaja pri dovolj **veliki hitrosti**, **manjši debelini odrezka** in dovolj **plastičnem materialu** obdelovanca. Odrezki so dolgi in razmeroma trdi. Tekoči odrezek nastaja pri manjših in srednjih debelinah odrezka in pri plastičnem materialu. V praksi se ga izogibamo, saj lahko poškoduje obdelovanec. Zato ima orodje rob na orodju, ki tekoče odrezke lomi.



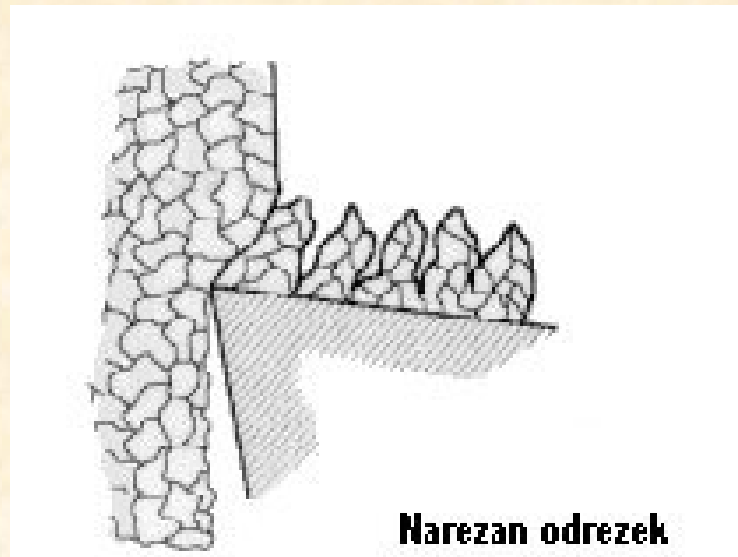
Osnovne oblike odrezkov :

Lameličasti odrezek (b) nastaja ob podobnih pogojih kot tekoči odrezek, le da imamo večjo debelino odrezkov. Lamelna struktura je dobro vidna, lamele so še vedno dobro spoj ene druga z drugo. Zunanja stran odrezka je nazobčana.



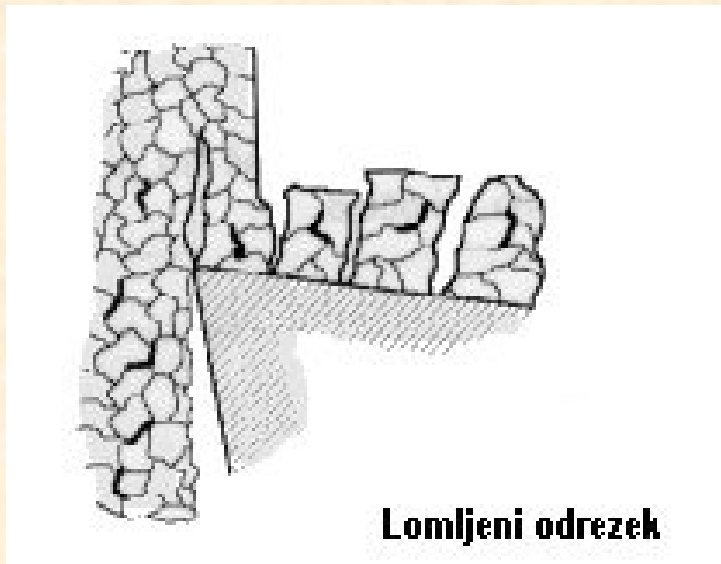
Osnovne oblike odrezkov :

Narezani odrezek (c) nastaja pri podobnih pogojih kot lamelni odrezek, vendar pri **manj plastičnem materialu**. Zaradi tega je spoj med lamelami slab. Razpoke se širijo z zunanje strani odrezka precej globoko v notranjost. Material se je v strižni coni močno utrdil.



Osnovne oblike odrezkov :

Lomljeni odrezek (d) nastaja pri **krhkih materialih** z neenakomerno strukturo in vključki. Koščki odrezka niso gladko odrezani ampak iztrgani, zato je površina obdelovanca močno poškodovana. Posamezni koščki odrezka so povsem nepovezani. Lomljeni odrezki imajo spremenjeno barvo zaradi visoke temp.

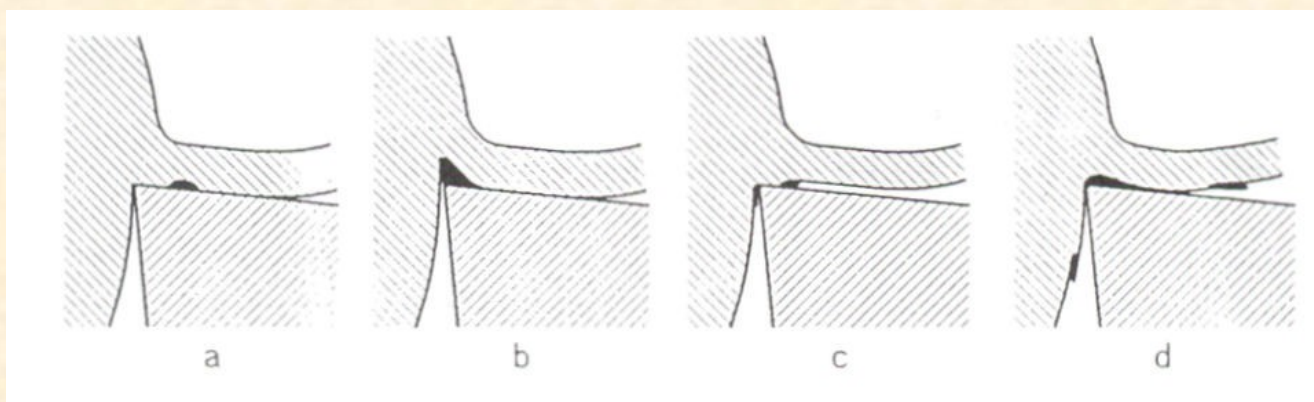


Ocenjevanje oblike odrezkov :

									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
trakovi	zviti odrezki	široki dolgi navoji	ozki odprti navoji	ozki stisnjeni navoji	široki kratki navoji	spirale	polžasti odrezki	luske	drobni odrezki
neprimerna oblika			dobra oblika zadovoljiva oblika						

Obložek (nalepek, otoček) na rezalnem robu

Pri odrezovanju drsi spodnja stran odrezka po cepilni ploskvi orodja. Ker sta obe ploskvi hrapavi, se dotika odrezek orodja samo v posameznih točkah, v katerih nastajajo veliki ploščinski tlaki. Zaradi trenja se material še močno segreje. Oboje skupaj lahko povzroči začasno zvarjanje materiala orodja in odrezka (slika 1.25).



Obložek (nalepek, otoček) na rezalnem robu

Posledice obložka:

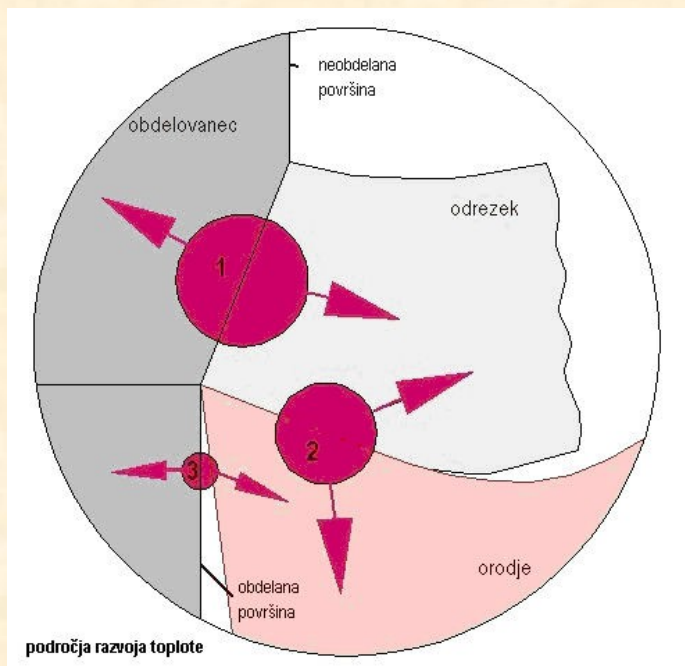
- slabša natančnost obdelave(mere, valovitost),
- luskavost površine obdelovanca,
- vibracije in tresljaji orodja.

Nastanek **obložka preprečimo, če:**

- zmanjšamo ali še bolje povečamo rezalno hitrost (s tem preprečimo utrditev materiala),
- izberemo orodje iz takega materiala, ki se ne zvarja z obdelovancem (pri obdelavi jekla
npr. orodje prevlečemo s titanovim nitridom),
- povečamo cepilni kot in s tem zmanjšamo pritisk odrezka na cepilno ploskev,
- uporabimo primerno mazalno in hladilno sredstvo sredstvo.

Toplota pri odrezavanju

Orodja so med odrezavanjem obremenjena s silami, ki so posledica deformacij pri nastajanju odrezka in trenja med orodjem in obdelovancem. Pri tem se razvija toplota, ki segreva orodje, odrezek, in deloma obdelovanec. Toplota se razvije v treh conah :



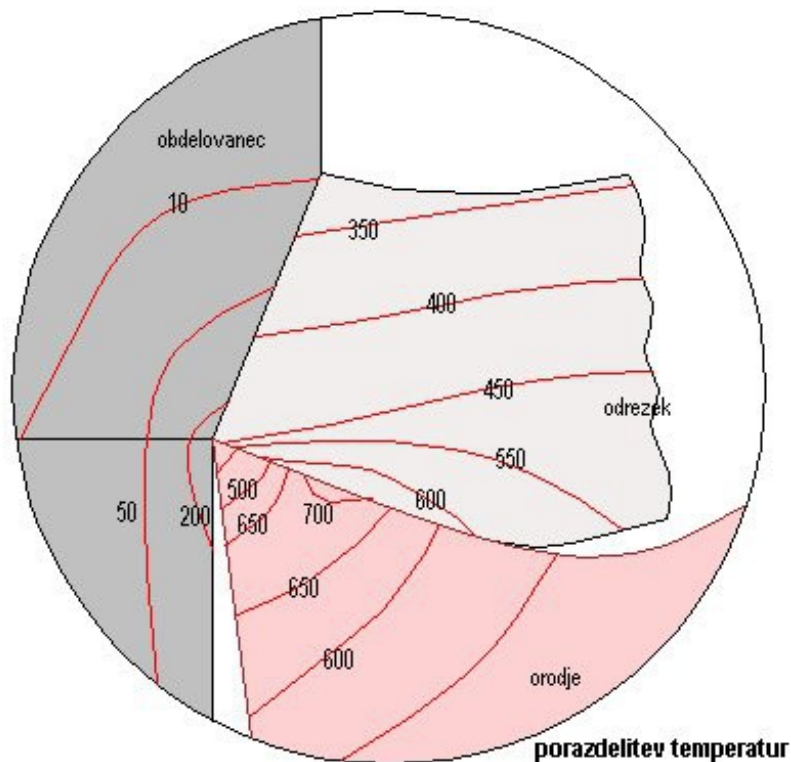
1. cona Tukaj nastopi t.i. notranje trenje, ker nedeformirani material prehaja v deformirani (odrezek se ločuje od obdelovanca).

2. cona: Zaradi drsenja odrezka po cepilni ploskvi orodja tukaj nastopi največja temperatura in pride so kotanjaste obrabe.

3. cona Toplota nastaja zaradi trenja obdelane površine ob obrabljeni del proste ploskve.

Toplota pri odrezavanju

Najbolj kritično je segrevanje orodja. Ker poznamo orodja iz različnih materialov, ki imajo različne temperaturne trdote, moramo biti na segrevanje orodja izredni pozorni - kajti če prekoračimo kritično temperaturo orodja, lahko le-to izgubi rezalno sposobnost.



Toplota se oddaja v:

- orodje 20%,
- obdelovanec 10% in
- odrezek 70%.

Največja temperatura na orodju nastane nekoliko odmaknjeno na cepilni ploskvi, kjer tudi nastopi obraba v obliki kotanje.

HLADILNA MAZALNA SREDSTVA

Pri odrezavanju moramo hladiti, da znižamo temperaturo in zaščitimo orodje, mažemo pa, da zmanjšamo trenje in dobimo bolj fino obdelavo. Mazanje preprečuje tudi lepljenje odrezka na cepilno ploskev orodja in tvorbo nalepka na rezalnem robu,



Hladilna mazalna sredstva morajo doseči pravo mesto na orodju.

Če začnemo hladiti pred rezanjem **(nevarnost temperaturnega šoka).**

Pri lomljenju odrezkov hladilno mazalno sredstvo skrbi tudi za odnašanje odrezkov.

Tekočine, ki jih uporabljamo za hladilno mazalna sredstva:

- **hladilne tekočine in raztopine** (voda, ki ne maže in ima odlične hladilne sposobnosti, povzroča pa korozijo; raztopine sode in milnice; ogljikov tetraklorid, ki je ena najučinkovitejših poznanih rezalnih tekočin za majhne rezalne hitrosti, se ga pa zaradi njegove strupenosti ne uporablja.)
- **hladilna emulzija** (mešanica vode in mineralnih olj) + dodatki (dezinfekcijska sredstva, emulgator, mehčalec). Emulzija odlično hladi in maže.
- **rezalna olja** (mineralna, rastlinska in živalska olja). Bolj mažejo in zmanjšuje trenje.
- **plini** - utekočinjen plin ali zrak ekspandira v bližini rezila in ga s tem hladi. Če plinu dodamo še drobno razpršeno olje, obenem tudi maže.
- **petrolej** za hlajenje pri obdelavi aluminijevih zlitin,
- protipožarna hladilna sredstva,
- sintetična hladilna sredstva,
- čista voda z dodatki proti rjavenju.***

hladilno mazalna sredstva:

Na izbor tekočine vplivajo naslednji faktorji:

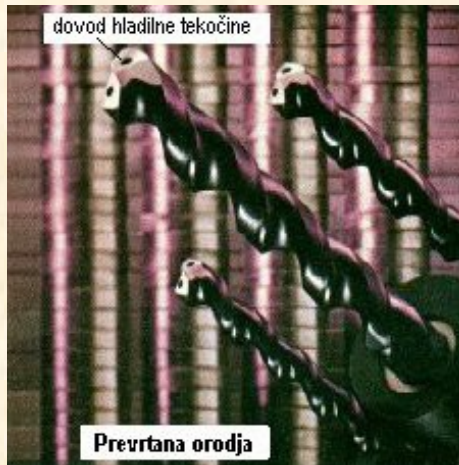
- - hitrost,
- - rezalni material,
- - odstranjevanje odrezkov,
- - korozija,
- - strupenost,
- - stroški.

Od mazalnega in hladilnega sredstva se zahteva:

- - dobro mazanje in hlajenje,
- - obstojnost,
- - ne sme škodljivo delovati na material in okolje,
- - ne sme se peniti

Načini dovajanja hladilno-mazalne tekočine:

Poznamo **prevrtana orodja** (globoko vrtanje...), pri katerih ima tekočina visok tlak, poleg hlajenja pa služi tudi za odvajanje odrezkov .



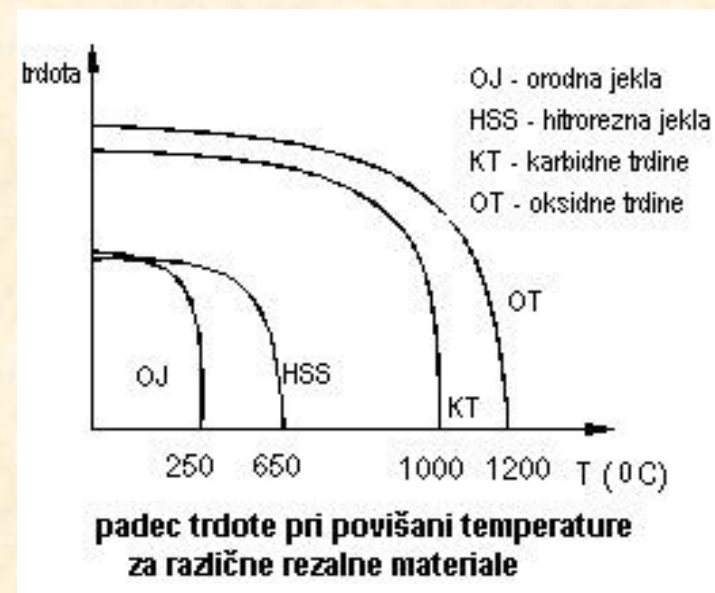
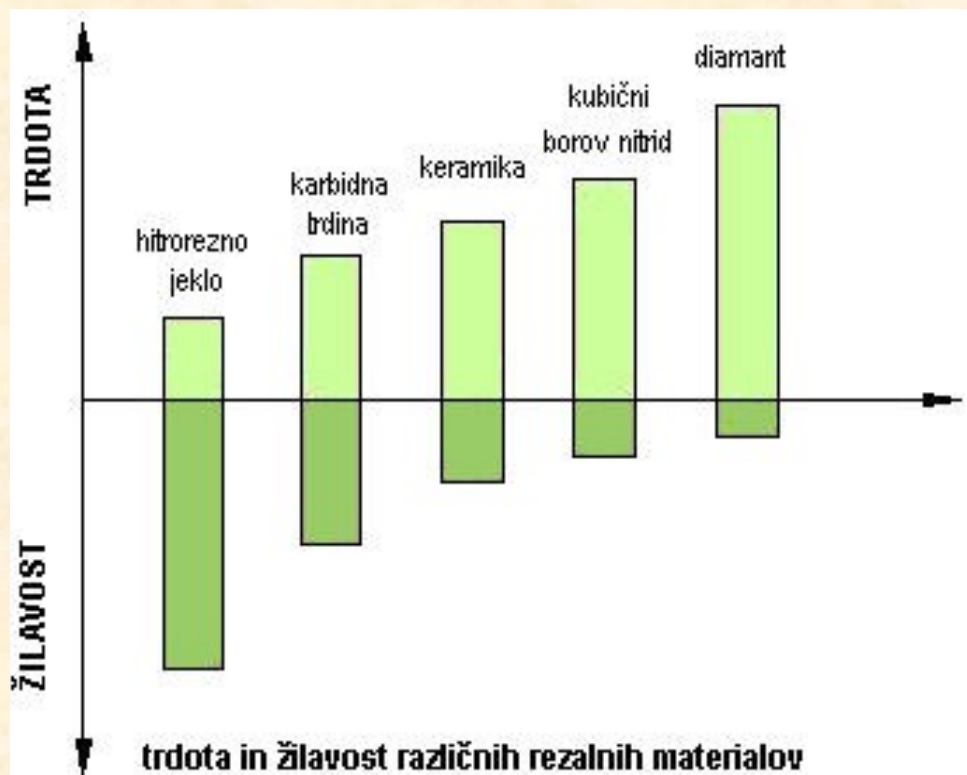
Slika 1.30: Dovajanje hladilno - mazalne tekočine

MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

Lastnosti:

- trdota orodja mora biti večja od trdote obdelovanca.
- trdnost (odpornost proti porušitvi)
- čim večja temperaturna trdota (temperaturna obstojnost).
- čim manjša nagnjenost k obrabi Obrabna obstojnost).
- čim večja žilavost (sposobnost prenašanja sunkovitih obremenitev).
- čim manjše trenje med orodjem in obdelovancem.
- čim nižja cena

MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

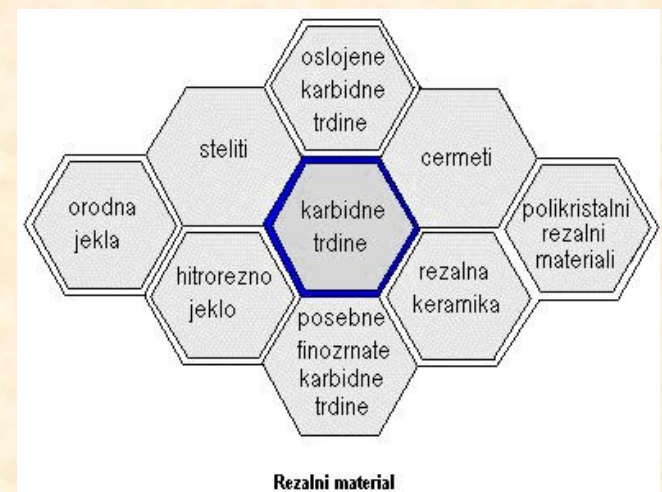


MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

Vrste rezalnih materialov:

- orodno jeklo - OJ,
- hitrorezna jekla - HSS,
- karbidne trdine - KT,
- rezalna keramika (oksidne trdine) - RK ali OT,
- cermeti,
- polikristalni rezalni materiali
(kubični borov nitrid -CBN in diamant - PKD),
- materiali za brušenje in poliranje.

Vsi ti materiali se zelo razlikujejo tako v žilavosti kot v obrabni sposobnosti in temperaturni trdoti



MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

- **ORODNO JEKLO (OJ)**
- Odvisno od sestave so legirana in nelegirana, imajo 0,6 do 1,3%C. Orodna jekla zdržijo do 250°C (300°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...), pri strojni obdelavi za obdelavo umetnih mas, lesa, papirja,....

MATERIALI ZA REZILNA ORODJA

HITROREZNA JEKLA (HSS)

- So legirana jekla na osnovi Cr, W, V in Mo in imajo 0,7 do 1,3% C.
- 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, večjo obstojnost, večjo trdoto pri povišani temperaturi (uporabni do 650°C).
- So žilava, z veliko upogibno trdnostjo uporabna za prekinjeno odrezavanje.
- - Namenjana so za vsa orodja v tehniki odrezovanja - stružni noži, svedri, rezkala..., kot tudi v tehniki preoblikovanja (predvsem sintrana hitrorezna jekla).

HITROREZNA JEKLA (HSS)

Smeri razvoja

- sintrana hitrorezna jekla imajo še boljše lastnosti zaradi homogene strukture,
- oslojena hitrorezna jekla; orodja so prevlečena z tankim slojem iz proti obrabne prevleke. Imamo

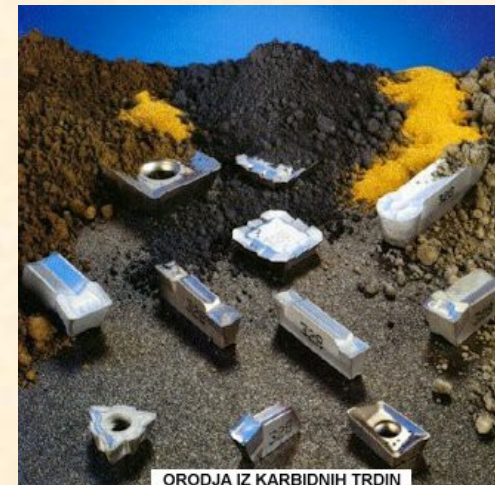
različne vrste prevlek iz TiC, TiN, TaC (fizikalni nanos, debelina sloja 2 do 4 μm pri 500°C, nanos je lahko večslojen).



KARBIDNE TRDINE (KT)

- **KT** so sintrani materiali na osnovi zeli trdih karbidov (TiC, TaC, WC, VC) in vezivom Co. Naloga karbidov je doseči čim večjo trdoto pri povišani temperaturi in odpornost proti obrabi (trdota), naloga veziva pa je povezava krhkih karbidov v trdno telo(trdnost).

Poznamo veliko vrst karbidnih trdin, ki se uporabljajo za odrezovanje kovin ali za strojne elemente kjer je potrebna ekstremna trdota materiala.



KARBIDNE TRDINE (KT)

Karbidne trdine izdelujemo po postopkih metalurgije prahov (sintranje),

- - izdelava prahov (mletje) WC ali drugih karbidov (TiC, TaC...),
- - priprava prahov določene velikosti, mešanje sestavin,
- - kompaktiranje (stiskanje v kalupih pri temp. 1800 do 1900°C),
- - sintranje (toplotna obdelava),
- - 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 temperaturno in obrabno obstojnost (1000°C).
- V primerjavi s HSS so bolj krhke in občutljivejše na udarce nekatere na terošok.

Uporaba karbidnih trdin:

- 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...

Označevanje karbidnih trdin:

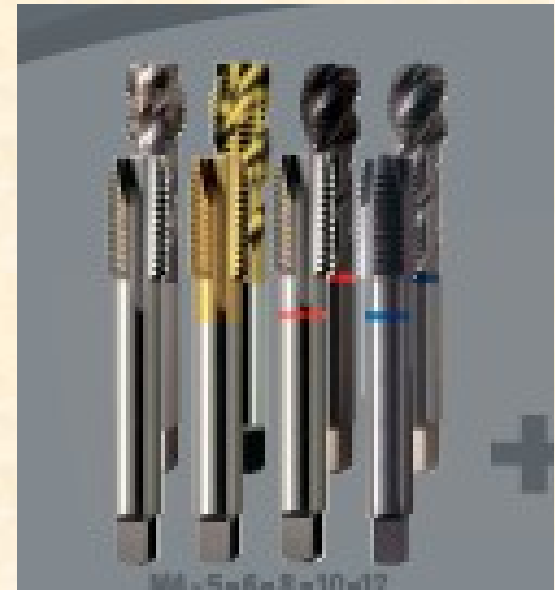
Po standardu **DIN 4990** so karbidne trdine razdeljene v tri glavne skupine:

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

PREVLEČENI REZALNI MATERIALI (KT in HSS)

Lastnosti HSS jekel in KT izboljšamo z različnimi prevlekami.
Te prevleke lahko naneseemo na kemičen način ali na način vakuumske depozicije.

uporabljajo naslednje prevleke:
titanov karbonitrid TiCN
titanov karbid TiC
titanov nitrid TiN
aluminijev oksid Al_2O_3



TiN (JOSTiN®)

material: titanov nitrid

barva: zlata

debelina: 1 - 4 μm

mikrotrdota: 2300 HV0,05

temperatura nanašanja: 200 - 450 °C

maksimalna delovna temperatura: 500 °C



Prevleka je primerna za zaščito: rezalnih orodij za obdelavo nelegiranega jekla
orodij za hladno preoblikovanje kovin orodij za brizganje plastike

CrN

- material: kromov nitrid
- barva: srebrno-siva
- debelina: 1 - 6 μm
- mikrotrdota: 1800 $\text{HV}_{0,05}$
- temperatura nanašanja: 200 - 450 °C
- maksimalna delovna temperatura: 700 °C



Zaščita orodij za:

- obdelavo Cu-zlitin
- brizganje plastike
- stiskanje feritnih prahov
- toplo preoblikovanje nelegiranega jekla in jekla s trdoto do 500 N/mm^2
- tlačno litje, vroče iztiskovanje in kovanje Al-zlitin

TiAlN

- material: titan-aluminijev nitrid
- barva: črno-modra
- debelina: 1 - 3 μm
- mikrotrdota: 3600 HV_{0,05}
- temperatura nanašanja: 200 - 450 °C
- maksimalna delovna temperatura: 850 °C



Primerna za:

- zaščito frezal iz karbidne trdine za visokohitrostno suho ali polsuho obdelavo
- zaščito orodij za obdelavo pri težkih pogojih odrezovanja in preoblikovanja (Ni- in Ti-zlitine)

TiAlN + a-C (CC plus C®)

material: spodnja plast titan-aluminijev nitrid,

zgornja plast amorfni ogljik

barva: sivo-črna

debelina: 3 - 5 μm

mikrotrdota TiAlN: 3600 HV0,05

temperatura nanašanja: 200 - 450 °C

maksimalna delovna temperatura: 450 °C



Primerna za:

zaščito HM-svedrov za vrtanje brez mazanja

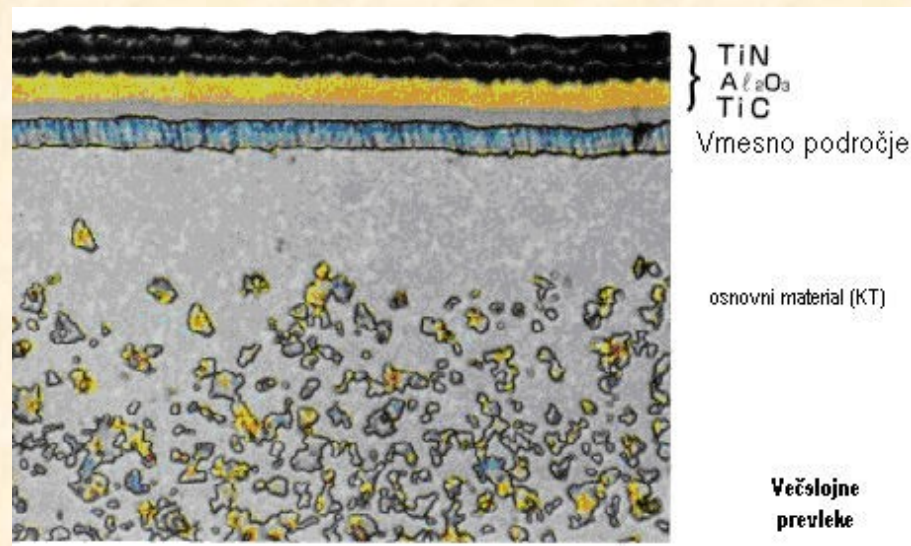
zaščito HSS- in HM-orodij za rezanje navojev brez mazanja

zaščito frezal za obdelavo Al- in Cu-zlitin ter trde plastike

zaščito rezalnih orodij za obdelavo Ti-zlitine, medenine in bronze

Lastnosti zaščitne prevleke:

- fino zrnatost 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



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 **obrabí in ker osnovni material ne prenese tako velike hitrosti, lahko pride celo do loma orodja...**

CERMETI

Cermeti so sestavljeni materiali iz **keramike in kovinske faze**: keramična faza je v večini primerov titanov nitrid, kovinska vezna faza pa je najpogostejše 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.

Sestava: TiC+Ni® cermet

Trdota cermetov pri temperaturah okolice in pri povišanih temperaturah je primerljiva s trdoto KT, trdnost in žilavost pa sta v nekaterih primerih slabša kot pri trdinah.

Moderne cermete uporabljamo za končno obdelavo jekel z velikimi reznimi hitrostmi pri majhnih podajanjih in majhnih globinah rezanja.



REZALNA KERAMIKA -RK

- Rezalna keramika je naravno trd rezalni material na osnovi čistega aluminijevega oksida (Al_2O_3), cirkonijskega oksida ZrO_2 in silicijskega nitrida Si_3N_4 . Materiali so v rabi bodisi čisti bodisi z dodatki.
- Keramika je sintran material pod tlakom do visoke gostote



REZALNA KERAMIKA -RK

Prednosti rezalnih ploščic iz keramike v primerjavi s karbidnimi trdinami so:

- - predvsem visoka hitrost obdelave,
- - dolgi obstojni časi in s tem velika učinkovitost ter
- - velika kemijska stabilnost tudi pri povišani temperaturi (1200°C).
- Uveljavila se je zlasti v velikoserijski obdelavi na sodobnih numerično krmiljenih obdelovalnih strojih.

Pomanjkljivost keramike je:

- - njena krhkost ter občutljivost na mehanske udarce in termične šoke.

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).
- 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 mikrozrnatosti 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 trdih jekel.



TPR Klemenšek

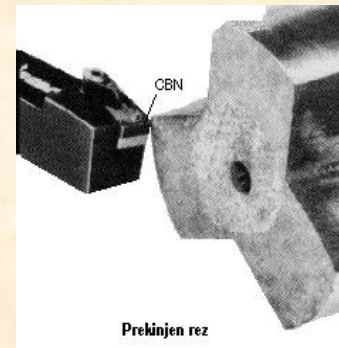


3.1_Odrežavanje_splošno

Kubično kristaliziran borov nitrid - CBN

- 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:
- 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.
- Rondelo z žično erozijo razrežejo na ploščice
- Lotanje ploščic na držalo noža
- Brušenje rezilnih robov

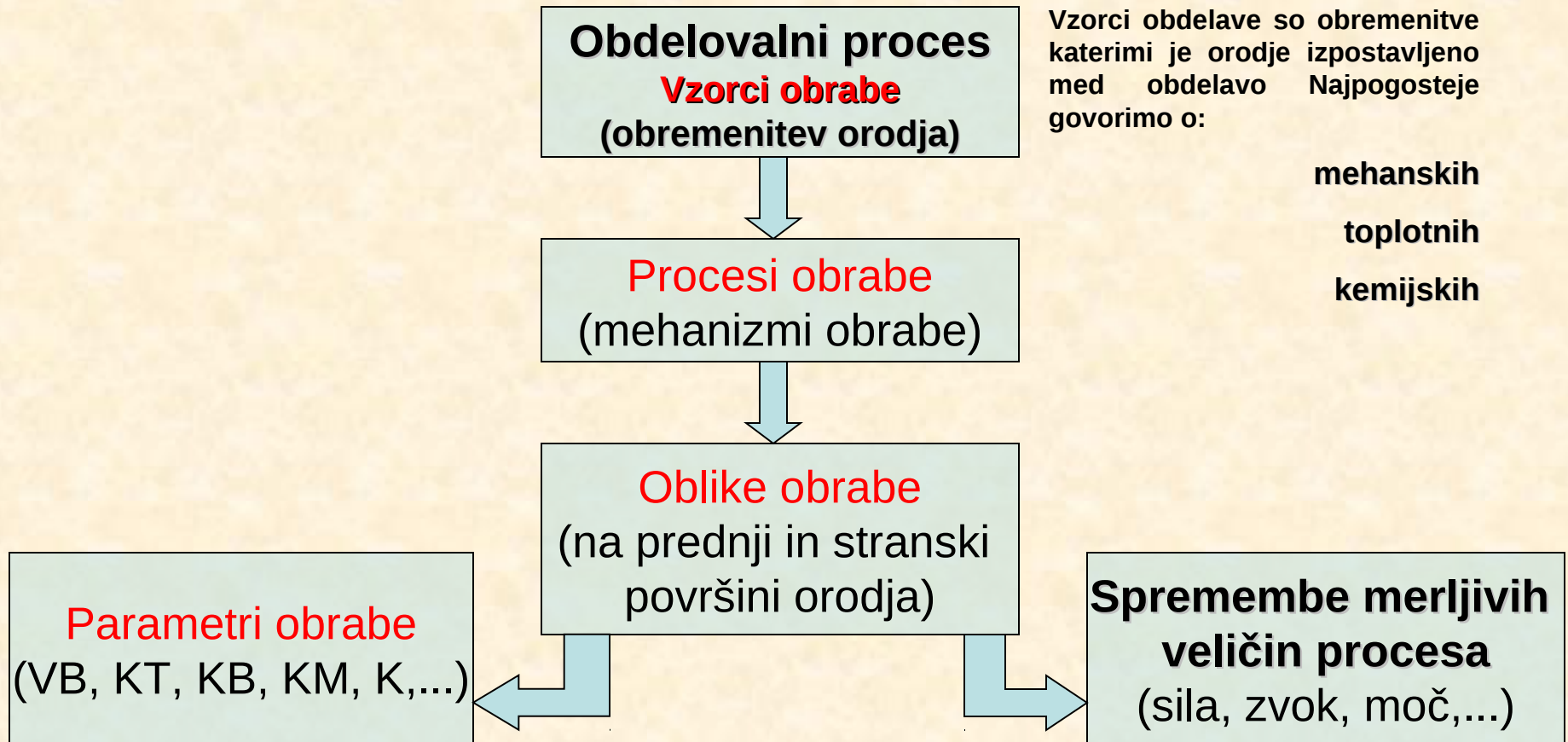
Rezanje poteka tekoče in gladko, dosežena površina je po kvaliteti enaka brušeni. Brušenje lahko obdržimo le kot končno fino obdelavo ali pa sploh ni več potrebno.



OBRABA ORODIJ

- Zaradi trenja med orodjem in obdelovancem oziroma med orodjem in odrezkom je orodje med delom obremenjeno s silami. Pri tem se razvija toplota, ki segreva orodje, odrezek in obdelovanec. Vse to nam povzroča obrabo orodja in zmanjšuje njegovo obstojnost. Obstojnost orodja lahko definiramo kot čas efektivnega dela orodja do obrabe, po kateri delo ni več smotno. Odvisna je od velikega števila faktorjev, največji vpliv pa ima materiala orodja in obdelovanca in rezalna hitrost.

OBRABA ORODIJ



Shematski prikaz vzročno-posledične verige obrabe orodja

OBRABA ORODIJ

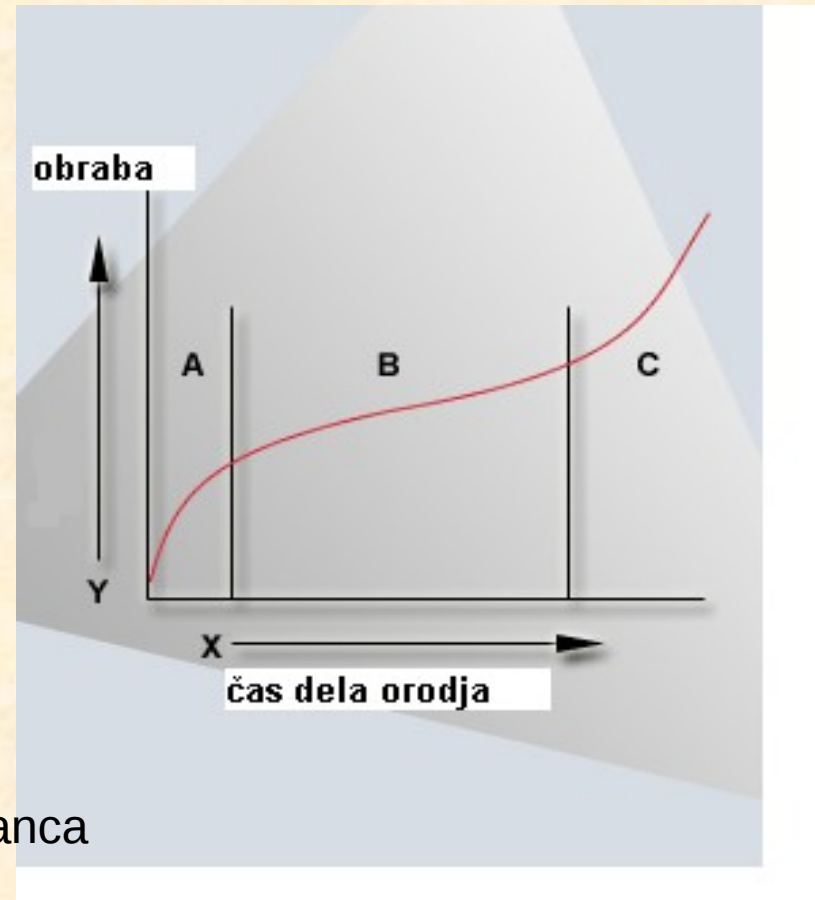
- Kriterij za obrabljenosti orodja je:

- ovira potek dela,
- negativno vpliva na delovanje stroja,
- orodje izgubi rezalno sposobnost, pričakuje se lom orodja,
- kvaliteta površine obdelovanca ni več v zadovoljiva,
- geometrijska netočnost obdelovanca,
- porast rezalnih sil.

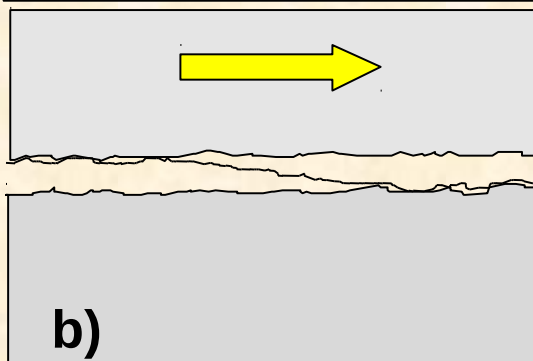
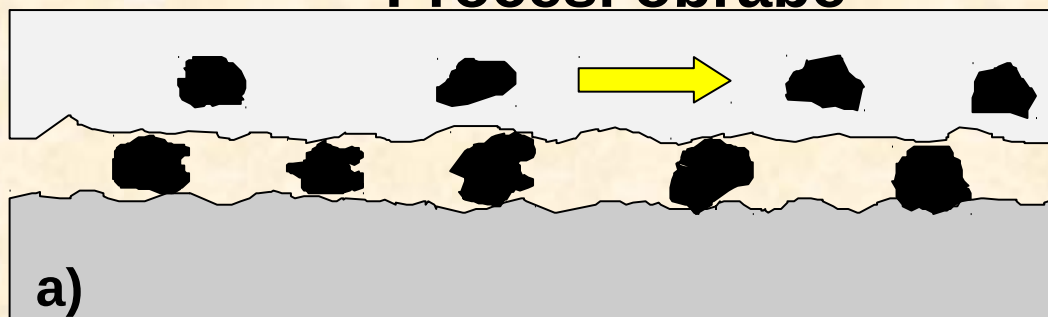
A – začetek dela,

B – optimalni čas dela,

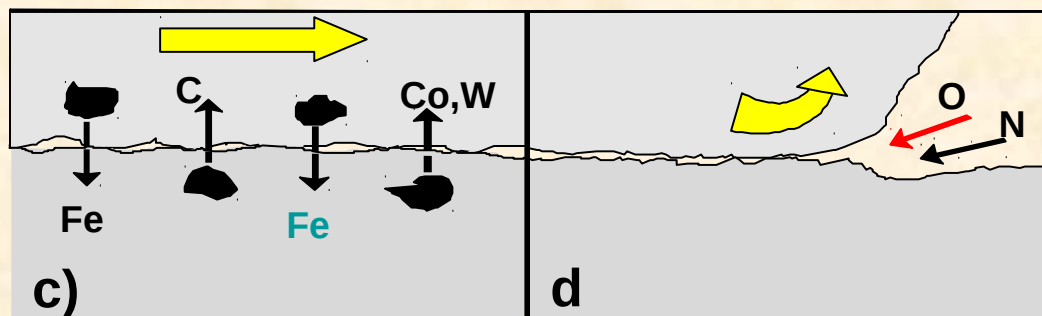
C - orodje izgubi rezalno sposobnost, pričakuje se lom orodja, kvaliteta površine in geometrija obdelovanca ni več v zadovoljiva.



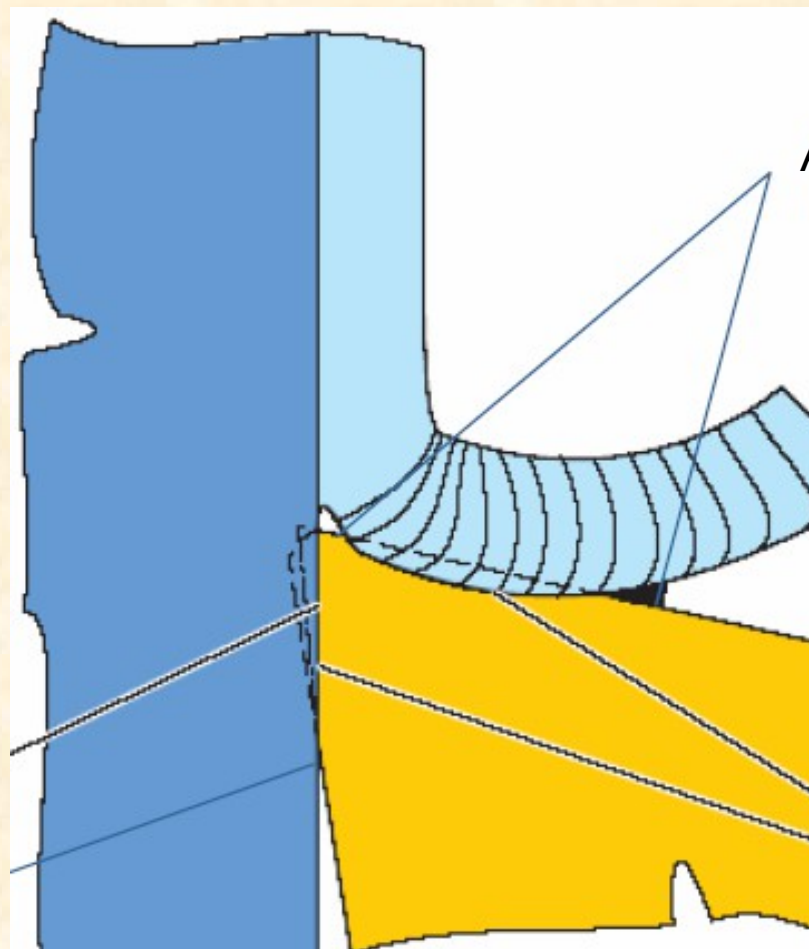
Procesi obrabe



- a) abrazijska obraba
- b) adhezijska obraba
- c) difuzijska obraba
- d) oksidacijska obraba



Mehanizmi obrabe



Abrazijska obraba

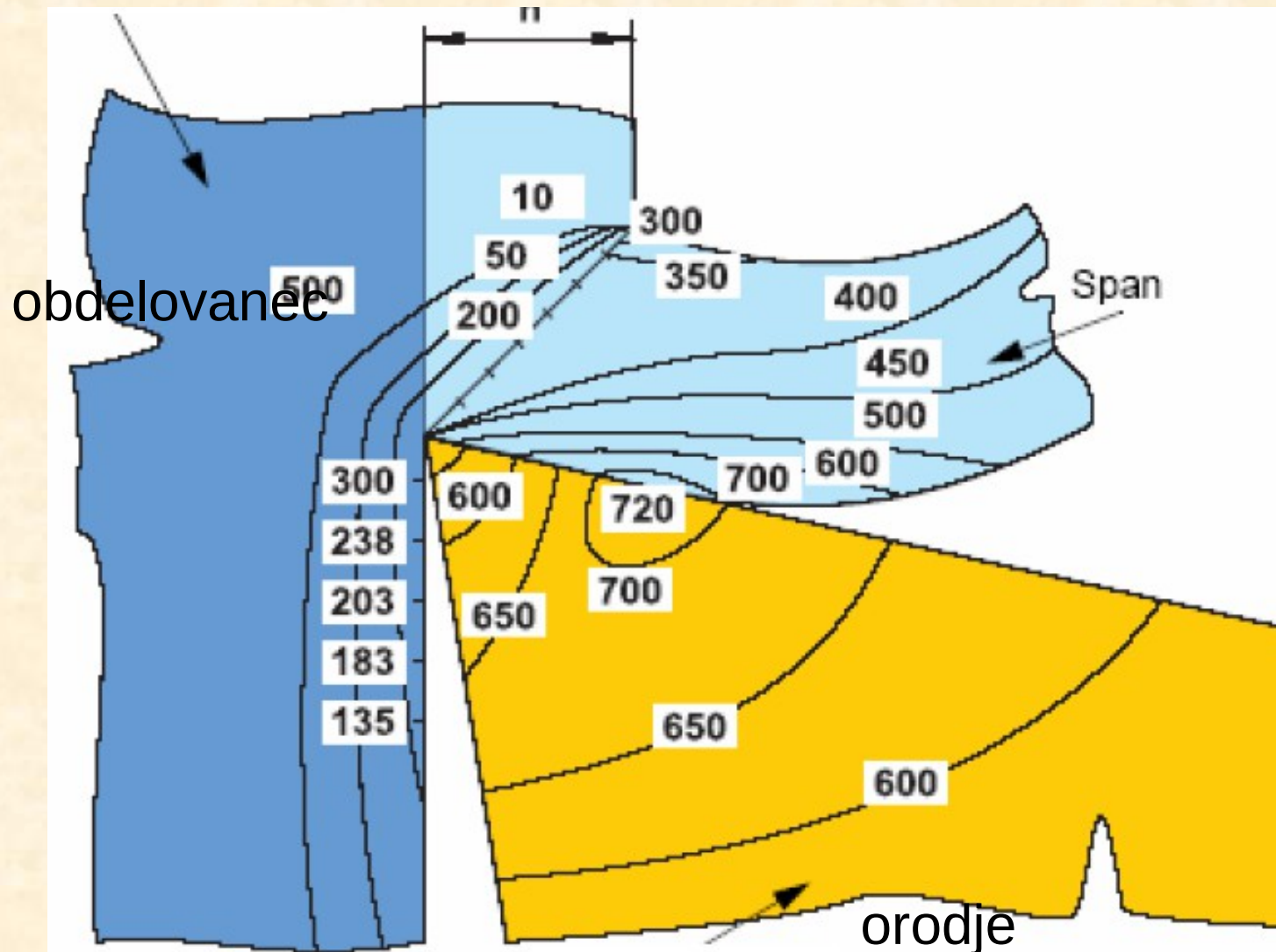
oksidacija

Adhezijska obraba

Difuzijska obraba

In kemične reakcije

Temperature pri odrezavanju



OBRABA ORODIJ

- Vzroke za obrabo lahko razdelimo v:

adhezijsko obrabo - privarjanje materiala obdelovanca na površino orodja.

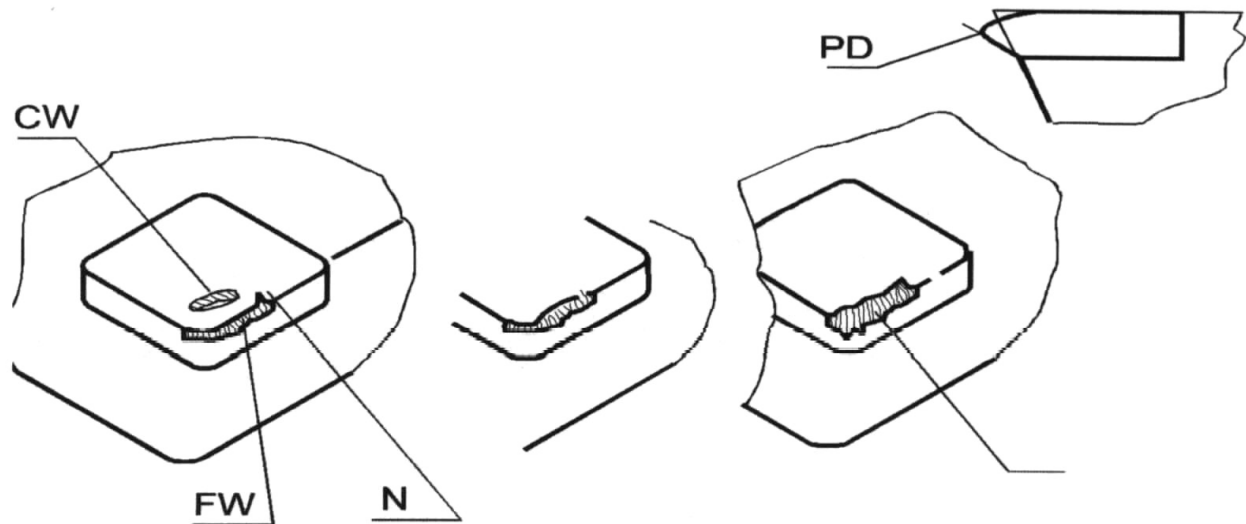
abrazivno obrabo - zaradi delovanja trdih delčkov v materialu obdelovanca.

difuzijsko obrabo - zaradi prehajanja atomov pri visoki temperaturi.

korozivno obrabo - oksidacija zaradi povišanih temperatur.

Poružitvena obraba (krušenje rezalnega robu)

Običajni položaji in oblike obrabe rezalnega orodja

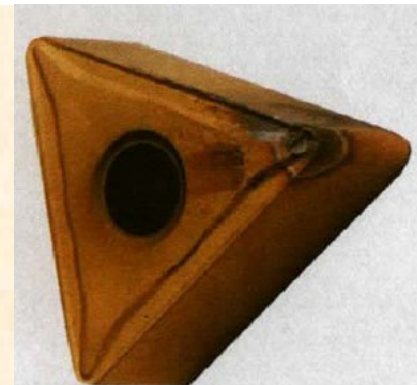


FW- obraba na prosti ploskvi

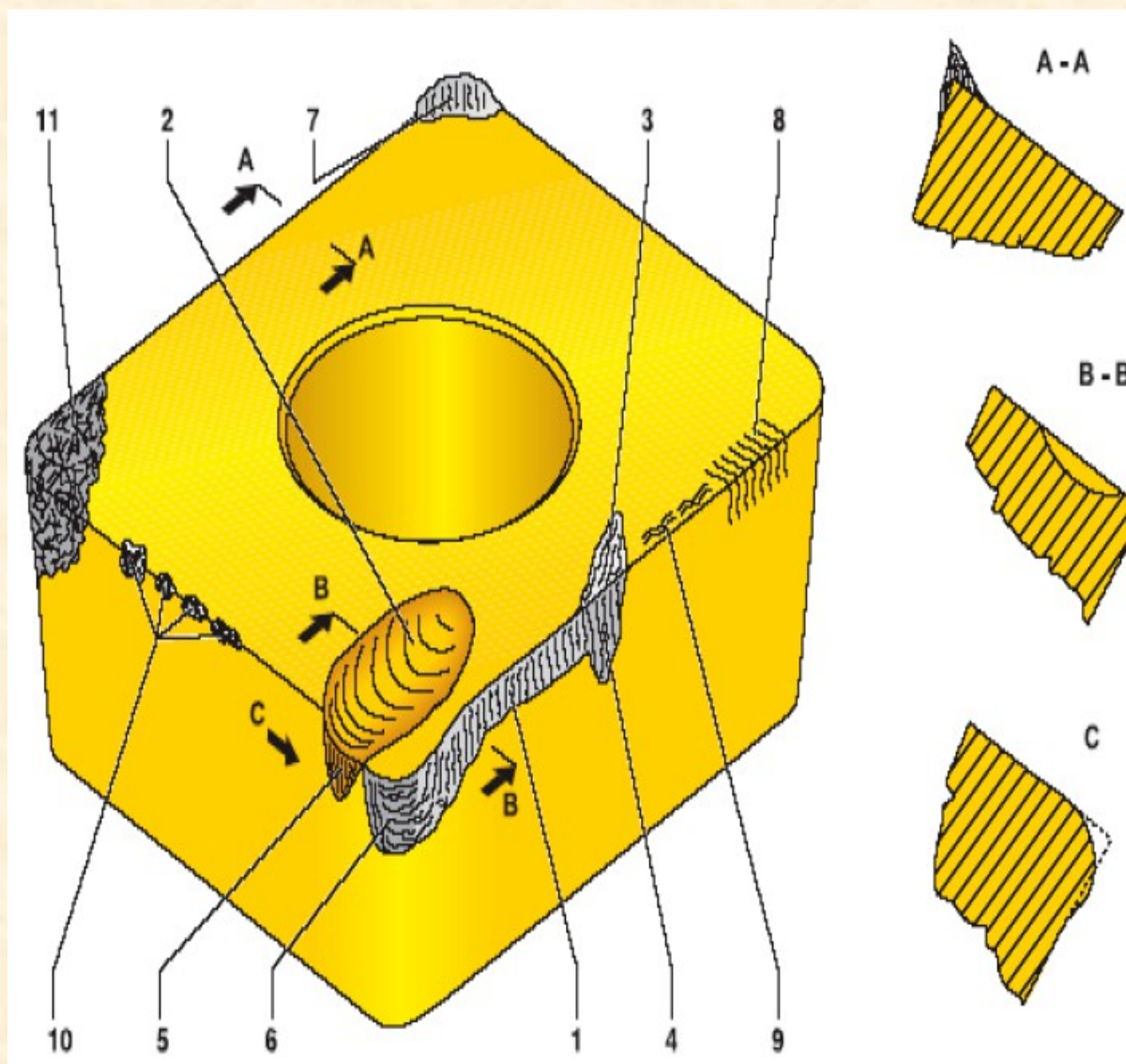
CW- kotanjasta obraba na sprednji površini

N- lom orodja

PD- plastična deformacija konice



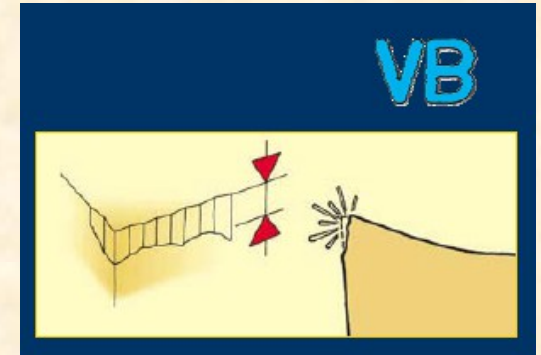
Oblike obrabe



1. Obraba proste ploskve
2. Kraterska obraba
3. Zarezna obraba
4. Obraba proste ploskve max.
5. Oksidacijsko zarezna obraba
6. Plastična deformacija
7. Nalepek (BUE)
8. Toplotna razpoka
9. Vzдолžna razpoka
10. Razgradnja konice
11. Lom konice

VRSTE OBRAB

- Obraba na prosti ploskvi :



Hitra obraba
povzroča slabo
kvaliteto površine in
mersko
nsnatančnost

Najpogostejši vzroki:

Prevelika rezalna hitrost

Premala odpornost proti obrabi

Možne rešitve:

Zmanjšati rezalno hitrost

Izbrati drugačen rezilni material

VRSTE OBRAB

- Toplotne razpoke :



Mala razpoka pravokotno na konico povzroča slabo kvaliteto površine in krhanje.

Najpogostejši vzroki:

Oscilacija temperature

Slabo hlajenje

Prekinjen rez

TPR Klemenšek

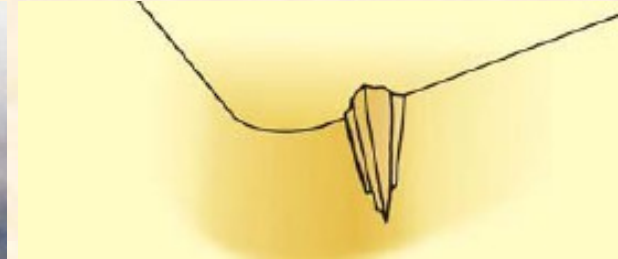
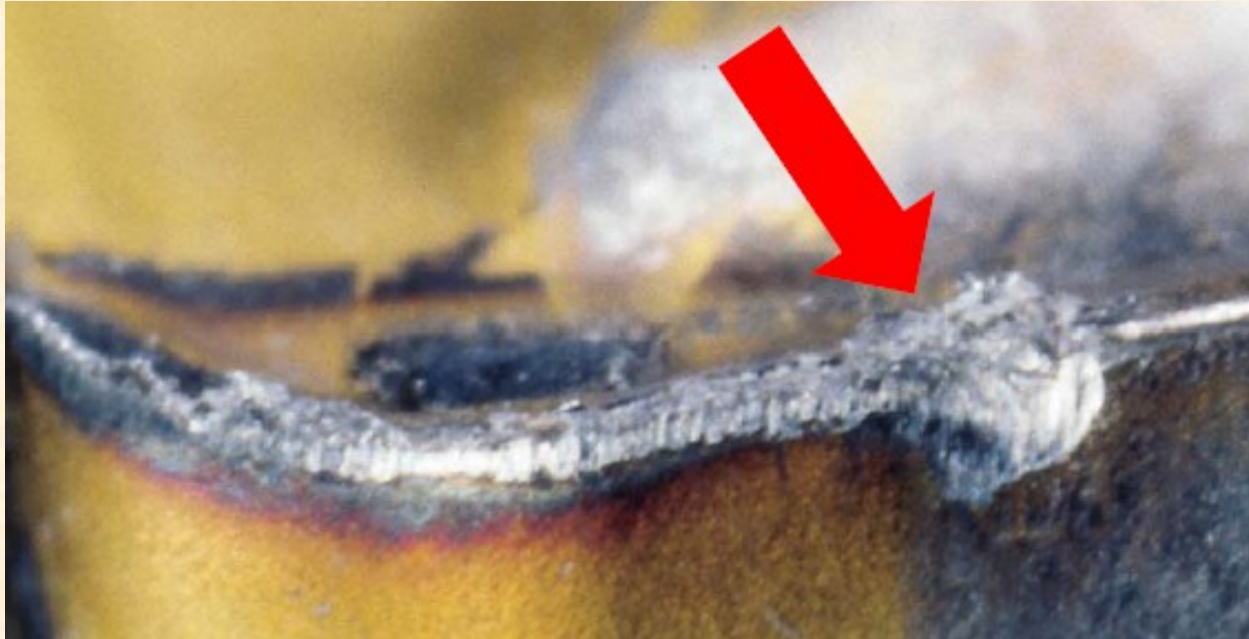
Možne rešitve:

Suha obdelava

Izbrati bolj žilav material

VRSTE OBRAB

- Zareze :



Povzroča slabo kvaliteto površine in velik rizik loma konice

Najpogostejši vzroki:

Prevelika rezalna hitrost

Premala odpornost proti obrabi

Možne rešitve:

Zmanjšati rezalno hitrost

Za kaljene materiale manjši kot kapa

Izbrati orodje z boljšo obrabno trdnostjo

VRSTE OBRAB

- Kotanjasta obraba :



Hitra obraba
povzroča slabo
kvaliteto površine
slabšanje
odpornosti konice

Najpogostejši vzroki:

Previsoke temperature in pritiski

Možne rešitve:

Zmanjšati rezalno hitrost in pomik
(manjša temperatura)

Izbira pozitivne geometrije orodja

Izbrati drugačen rezilni material

VRSTE OBRAB

- Krhanje konice :



Hitra obraba
povzroča slabo
kvaliteto površine in
preveliko obrabo na
prosti ploskvi

Najpogostejši vzroki:

Konica je prekrhka

Nalepek

Slaba konica
TPR Klemenšek

Možne rešitve:

Povečati rezalno hitrost

Izbira pozitivne geometrije orodja

Izbrati drugačen rezilni material

3.1_Odrezavanje_splošno

Zmanjšati pomik na začetku reza

VRSTE OBRAB

- **Nalepek (BUE) :**



Hitra obraba
povzroča slabo
kvaliteto površine in
povzroča vibracije

Najpogostejši vzroki:

Prenizka temperatura

Težave pri nizkoogljiknih jeklih.
AL...

Možne rešitve:

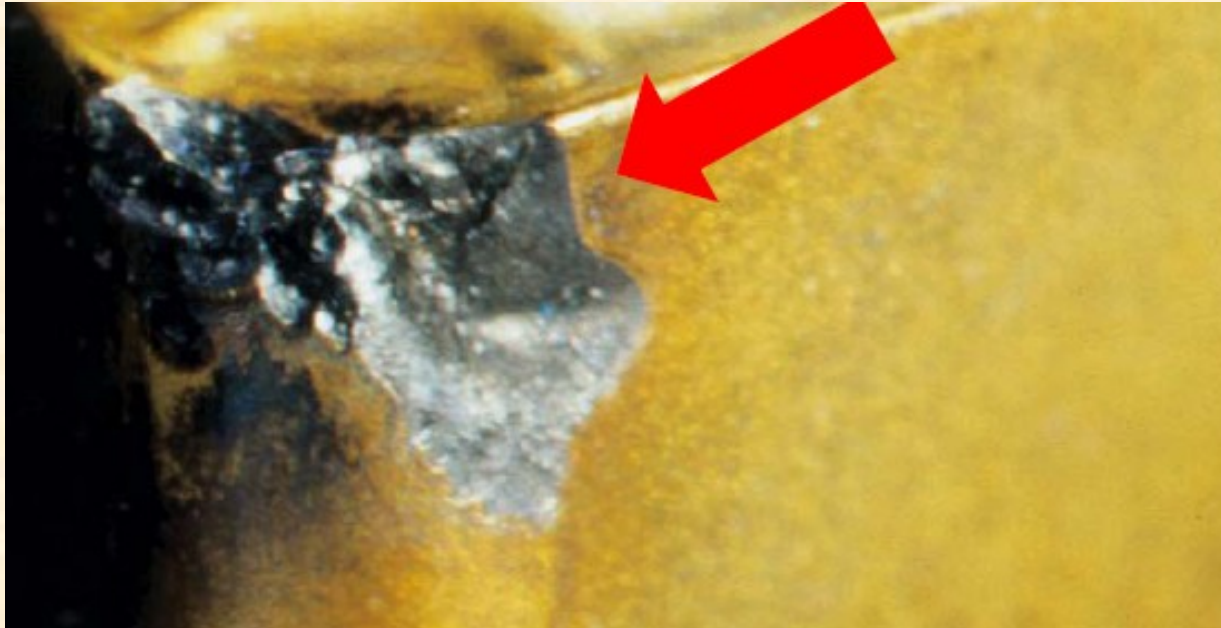
Povečati rezalno hitrost

Izbira pozitivne geometrije orodja

Izbrati primernejše orodje

VRSTE OBRAB

- Lom konice :



Onemogoča
obdelavo, možnost
loma celega orodja
ali podložne ploščice

Najpogostejši vzroki:

Prevelike napetosti

Nalepek

Slaba geometrija orodja

Možne rešitve:

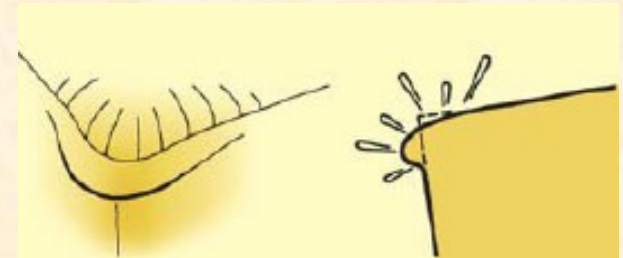
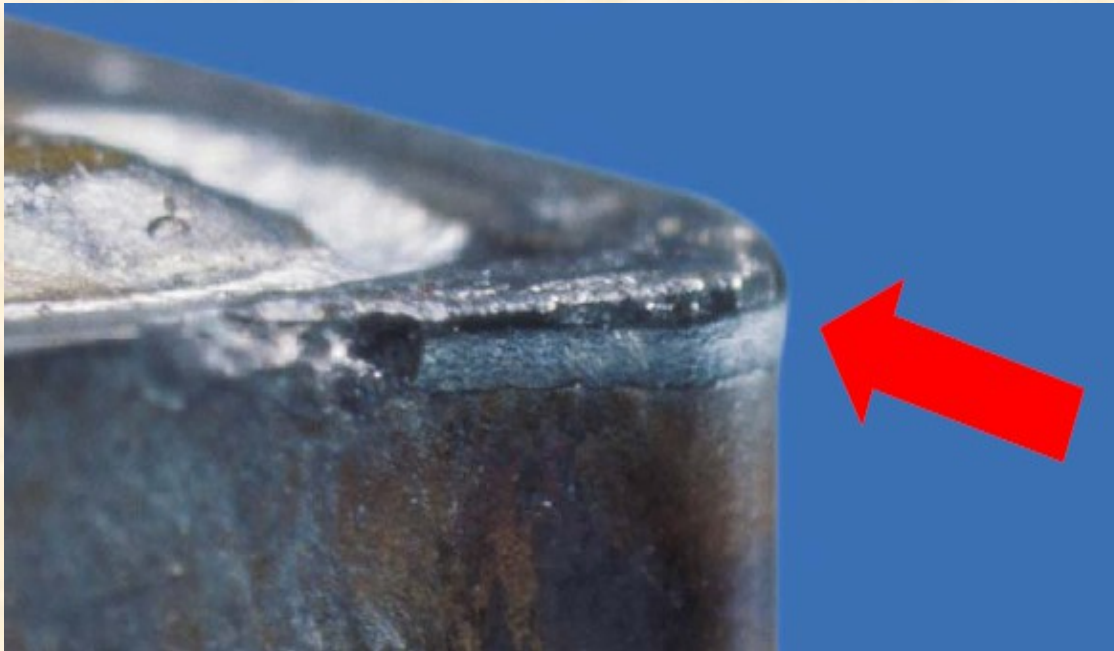
Zmanjšati rezalno hitrost, pomik,
globino

Izbira močnejše geometrije orodja

Izbrati večjih ploščic,.....

VRSTE OBRAB

- **Plastična deformacija :**



Povzroča slabo kvaliteto površine, povzroča vibracije, velika možnost loma orodja

Najpogostejši vzroki:

Prevelike napetosti

Nalepek

Slaba geometrija orodja
TPR Klemenšek

Možne rešitve:

Zmanjšati, pomik, globino

Izbira močnejše geometrije orodja

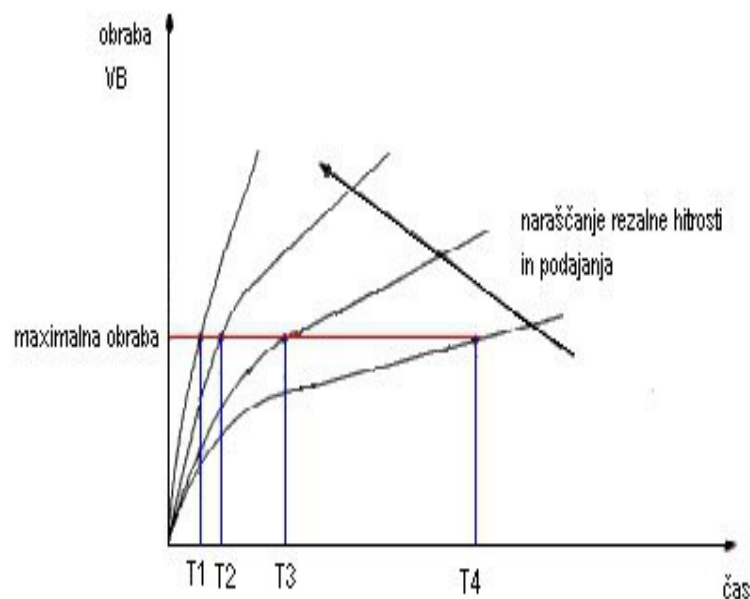
Izbrati večjih ploščic,.....

3.1_Odrezavanje_splošno

Izbrati bolj žilav material

OBSTOJNOST ORODJA IN IZBIRA USTREZNE HITROSTI

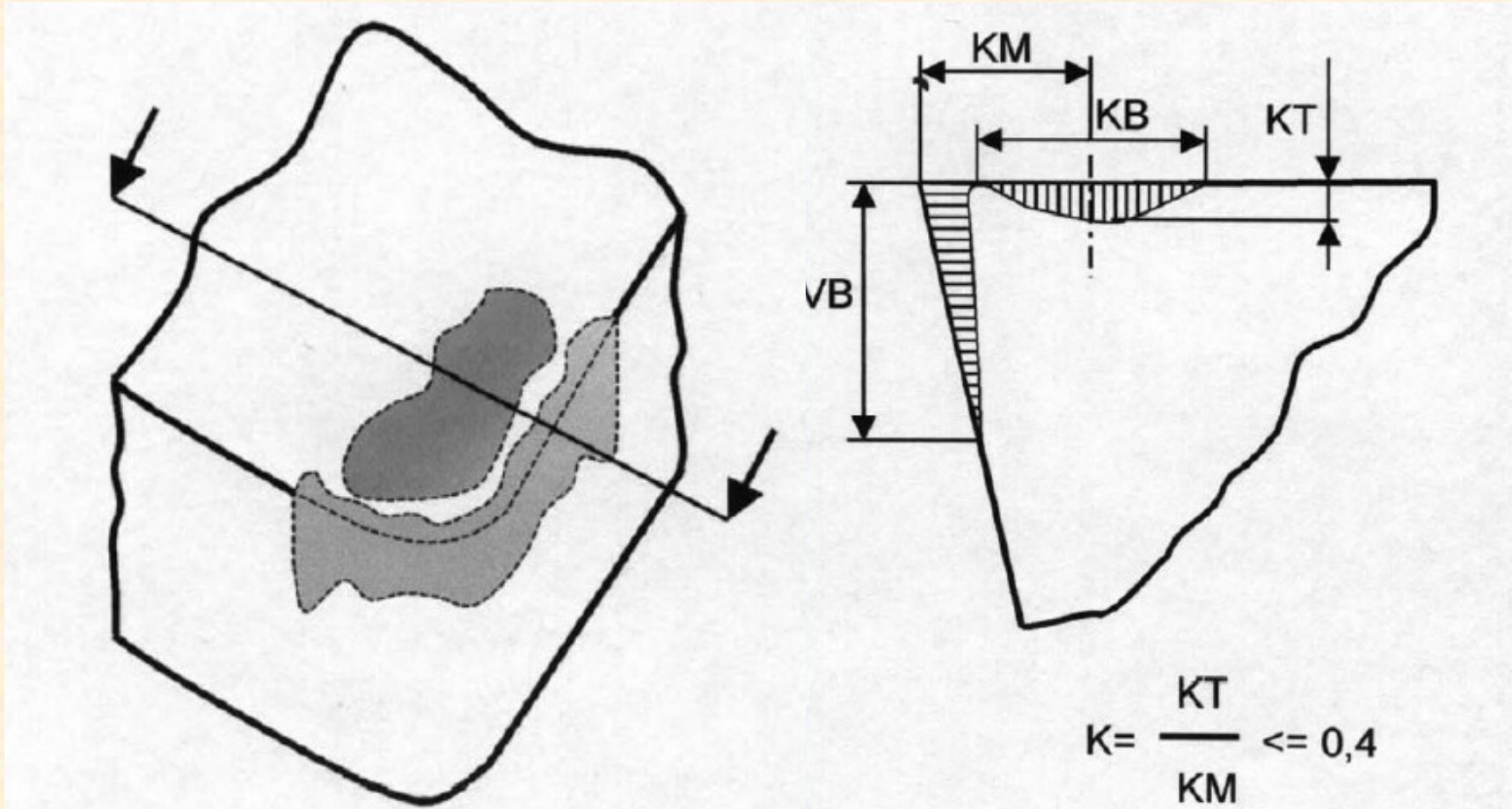
- Orodje je za delo sposobno tako dolgo, dokler ne pride do loma ali kake druge oblike popolne obrabe in delo z njim ni več smotno. **Obstojnost orodja lahko definiramo kot čas efektivnega dela orodja, v katerem je prišlo do takšne obrabe, da nadaljnje delo ni več mogoče.**



T1, T2.....obstojnost orodij

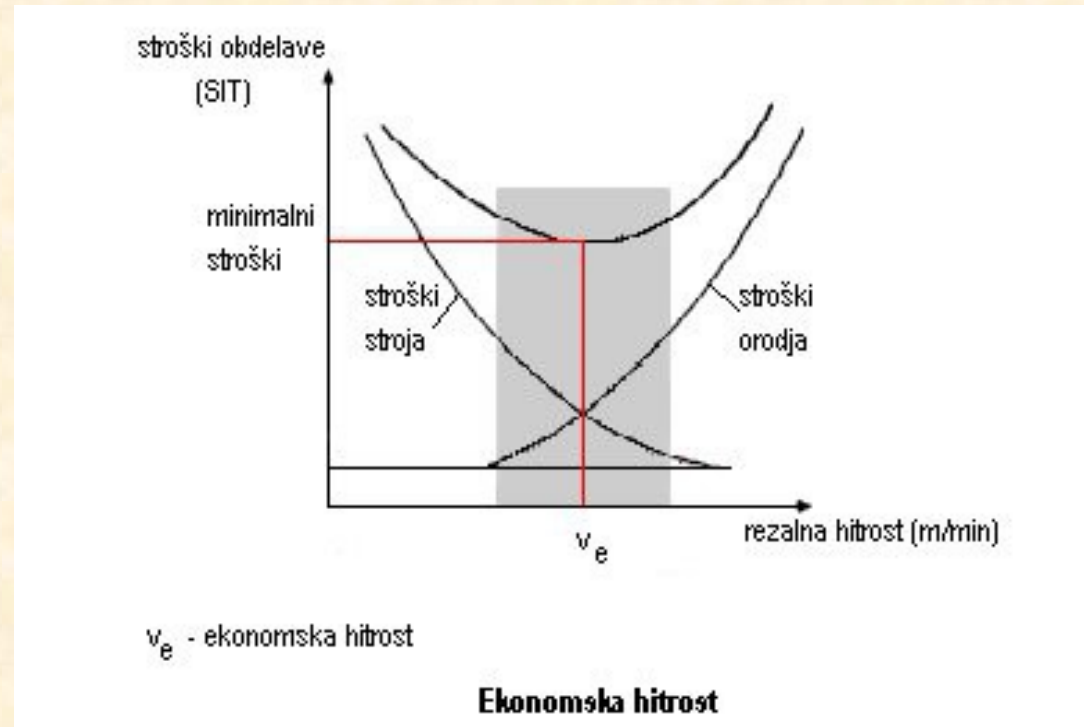
Diagram obstojnosti orodja

Parametri obrabe



OBSTOJNOST ORODJA IN IZBIRA USTREZNE HITROSTI

- Kolikor hitreje delamo, toliko večji so stroški za brušenje in zamenjavo orodja, saj je obraba večja; nižji pa so pri tem stroški za stroj, saj naredimo več izdelkov. Presek obeh krivulj nam da *ekonomsko hitrost*.



Zapis obstojnosti orodja:

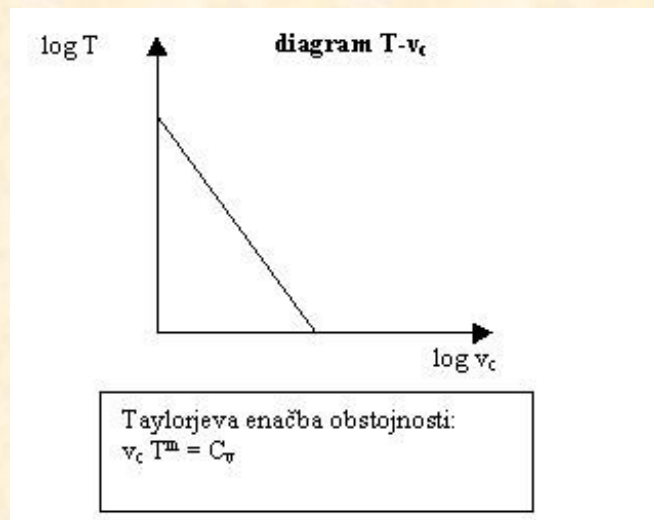
maksimalna hitrosti - V_{60} . To je tista rezalna hitrost, ki nam da v času 60 minut predpisano maksimalno obrabo in orodje ni več sposobno delati. V tem primeru pomeni 60 minut obstojnost orodja, ta čas je standardiziran. Poleg 60 min poznamo še čas obstojnosti 240 in 480 minut.

Zapis obstojnosti orodja:

$V_{c60}=120\text{m/min}$

**Zapis pomeni, da ima orodje
obstojnost 60 min če bo rezalo z
rezalni hitrostjo 120m/min.**

Obstojnost orodja je odvisna od velikega števila faktorjev, največji vpliv pa ima **materiala orodja in obdelovanca in rezalna hitrost**. Diagram, ki kaže odvisnost obstojnosti orodja T od rezalne hitrosti je prikazan na spodnji sliki:



V Taylorjevi enačbi pomeni:

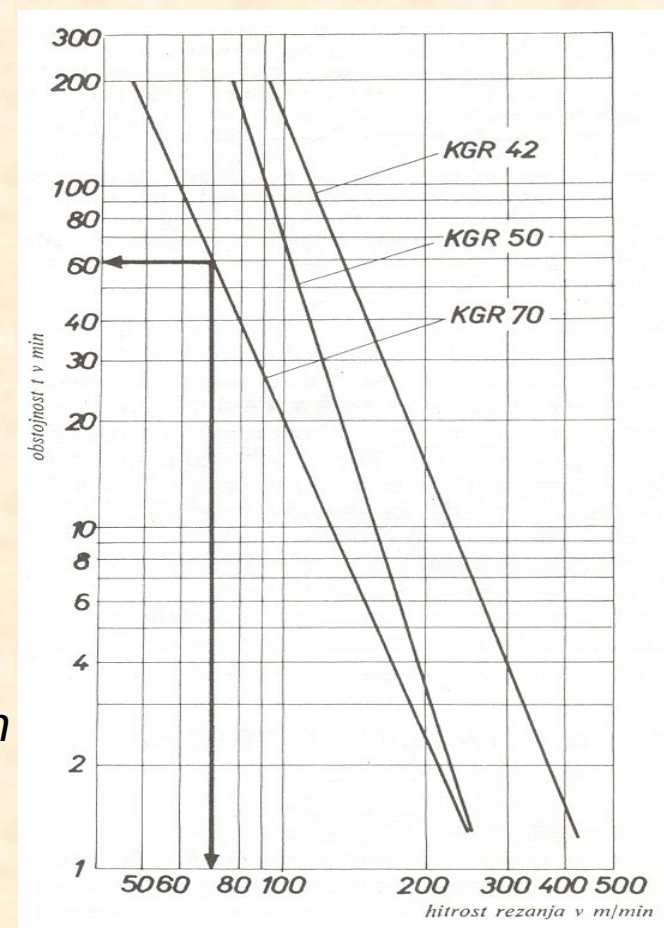
T-obstojnost orodja

v_c -rezalna hitrost

m-eksponent obstojnosti, ki je odvisen od materiala obdelovanca, materiala in geometrije orodja, orodja in od hladilnega sredstva

C_v - konstanto, ki je po pomenu rezalna hitrost, pri kateri bi bila obstojnost $T=1$ in je odvisna od podajanja, globine rezanja, deloma pa tudi od

obdelovanca in orodja

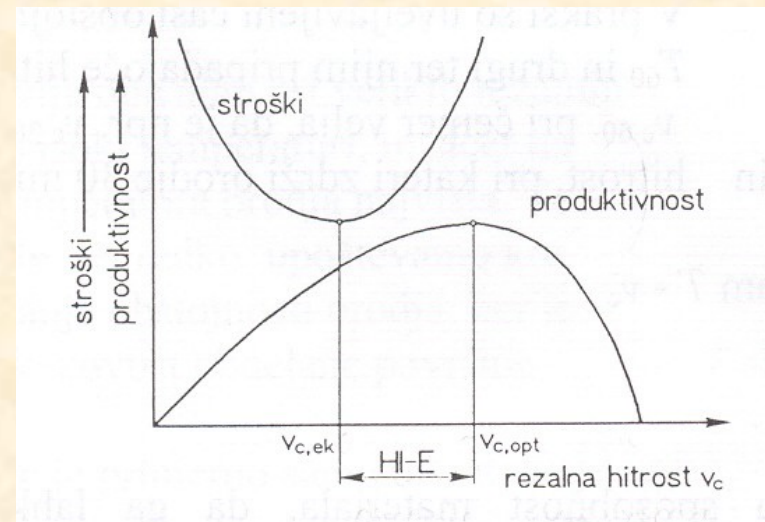


Izbira najprimernejše rezalne hitrosti

- Diagram stroškov v odvisnosti od rezalne hitrosti, vidimo, da ima krivulja svoj minimum pri določeni rezalni hitrosti, ki jo imenujemo **ekonomska rezalna hitrost** $V_{c,ek}$.

Rezalno hitrost, pri kateri je produktivnost največja, imenujemo **optimalna rezalna hitrost** $V_{c,opt}$. Zelo veliko pove diagram, v katerem sta združena odvisnost stroškov in produktivnosti od rezalne hitrosti.

Ekstrema obeh krivulj ne nastopata pri isti rezalni hitrosti ampak omejujeta področje največje učinkovitosti $Hi - E$ (High - Efficiency).



Odvisnost stroškov in produktivnosti od rezalne hitrosti

Obdelovalnost (odrezovalnost)

- Obdelovalnost materiala imenujemo sposobnost materiala, da ga lahko kakor koli obdelujemo oziroma mu spreminjamo obliko. Pojem odrezovalnost je podrejen pojmu obdelovalnost in pomeni sposobnost materiala, da ga lahko obdelujemo s kakim postopkom odrezovanja.

Bolje odrezovalen je tisti material:

- ki ga lahko odrezujemo z večjo rezalno hitrostjo v_c ,
- pri katerem so rezalne sile manjše,
- pri katerem je poraba moči manjša,
- pri katerem dosežemo boljšo kakovost površine,
- pri katerem nastajajo odrezki bolj ugodne oblike.

Obdelovalnost (odrezovalnost)

- **Kriteriji, s katerimi lahko številčno izrazimo obdelovalnost, so:**
 - obstojnost orodja,
 - rezalne sile ali rezalna hitrost,
 - oblika ali masa odrezkov,
 - kakovost površine in
 - stroški obdelave.

Gradivo, ki je proti orodju manj odporno in manj uničuje rezalni rob, ima torej ***boljšo odrezovalnost***.