

# **MATERIALI ZA REZILNA ORODJA**

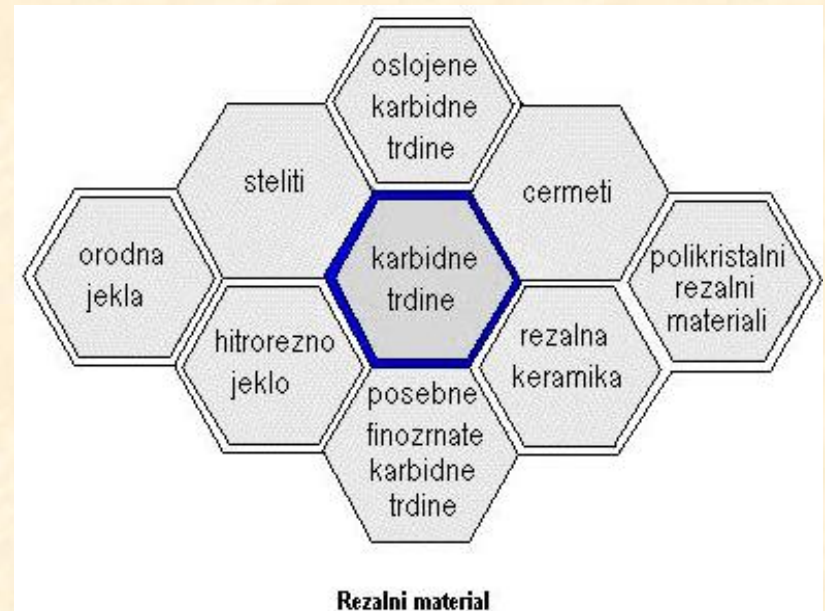
## **Lastnosti:**

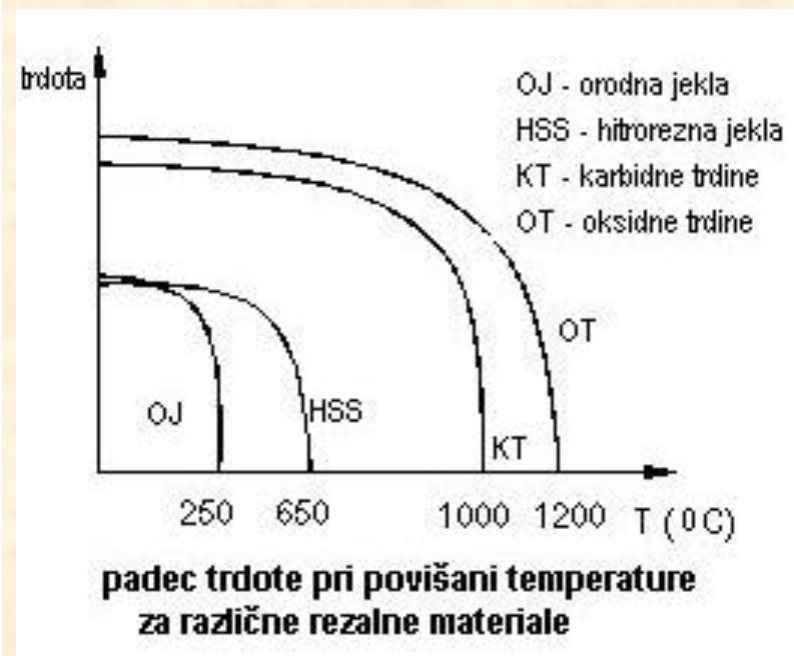
- **trdota orodja mora biti večja od trdote obdelovanca.**
- **trdnost (odpornost proti poružitvi)**
- **čim večja temperaturna trdota (temperaturna obstojnost).**
- **čim manjša nagnjenost k obrabi Obrabna obstojnost).**
- **čim večja žilavost (sposobnost prenašanja sunkovitih obremenitev).**
- **čim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

# 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 ),
- materiali za brušenje in poliranje.

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





## **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,.....

# HITROREZNA JEKLA (HSS)

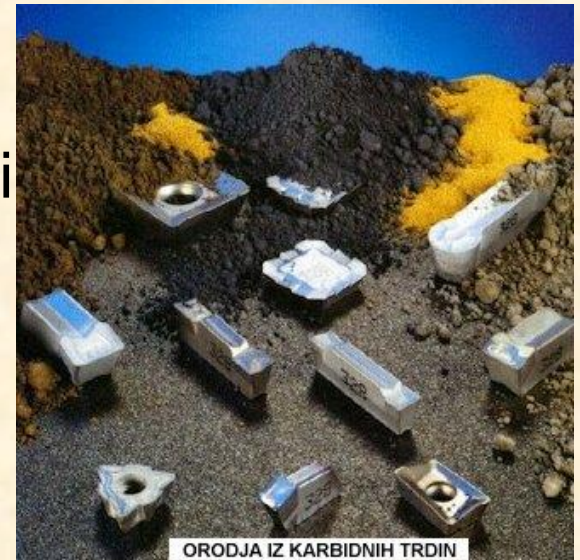
- So legirana jekla na osnovi Cr, W, V in Mo in imajo 0,7 do 1,3% C.
- S hitroreznimi jekli lahko delamo 5x hitreje kot z orodnimi jekli, zato so tudi dobila ime hitrorezna.
- Imajo bistveno boljše rezalne sposobnosti kot orodna jekla, večjo obstojnost, večjo trdoto pri povišani temperaturi (uporabni 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).
- 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  $\mu\text{m}$  pri 500°C, nanos je lahko večslojen).



# KARBIDNE TRDINE (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).

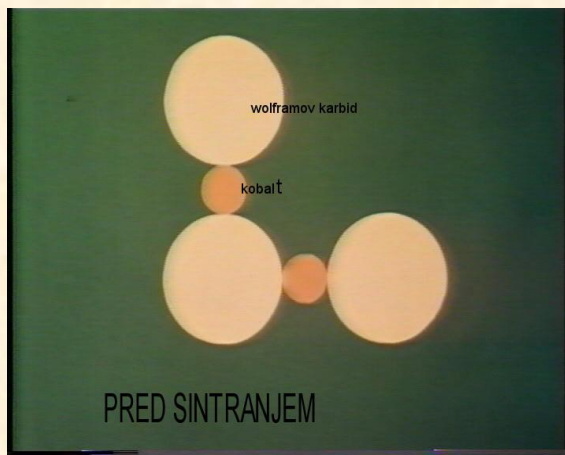
Poznamo veliko vrst karbidnih trdin, ki se uporabljajo za odrezovanje kovin ali za strojne elemente kjer je potrebna ekstremna trdota materiala.



# 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.



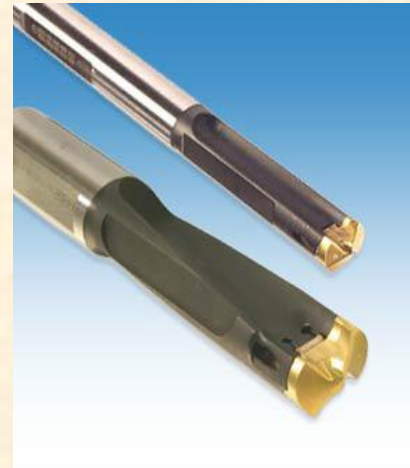
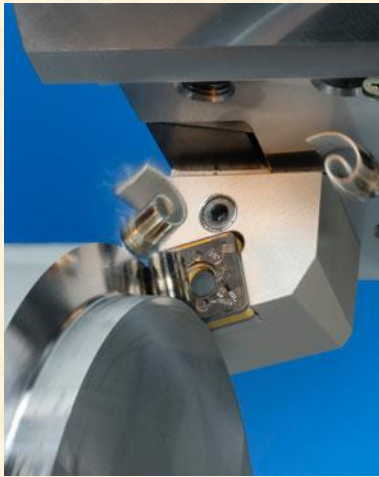


## Lastnosti karbidnih trdin:

- 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.

## 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 **ISO 513** 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)

Zraven črke navajamo še **karakteristično število**. Če je število višje, to pomeni, da ima karbidna trdina veliko trdnost in s tem večjo žilavost. To omogoča večje podajanje. Če je število manjše, je možno uporabiti večjo rezalno hitrost, saj je trdina trša in bolj odporna na obrabo.

•P01

•P10

•P50

Zraven oznake standarda lahko dodamo še standardno **oznako vrste rezalnega materiala** (npr. HW, CA, HC, itd):

•**HW - P 10** neprevlečena karbidna trdina, ki večinoma vsebuje wolfamov karbid

•**CA - K 10** keramika, ki večinoma vsebuje aluminijev oksid  $\text{Al}_2\text{O}_3$

•**HC - K 20** neprevlečena karbidna trdina

Oznaka	Uporabno za material	Postopek	$v_c$	$f, a_p$
P01	jeklo, jeklena litina	natančno struženje, vrtanje	zelo velika	majhna
P10	jeklo, jeklena litina	struženje, kopiranje, vrezovanje navojev, freziranje	velika	majhna
P20	jeklo, jeklena litina, kovano lito železo	struženje, kopiranje, freziranje	srednje	srednje
P30	jeklo, jeklena litina, kovano lito železo	struženje, freziranje, skobljanje	majhna	velika
P40	jeklo, jeklena litina z vključki peska in luknjicami	struženje, skobljanje, avtomatsko delo	majhna	zelo velika
P50	jeklo, jeklena litina manjše trdnosti z vključki peska in luknjicami	struženje, skobljanje, avtomatsko delo	zelo majhna	zelo velika
M10	jeklo, jeklena litina, manganovo jeklo, siva litina, legirana litina	struženje	srednje in velika	majhna
M20	jeklo, jeklena litina, avstenitno ali manganovo jeklo, siva litina	struženje, freziranje	srednje	srednje
M30	jeklo, jeklena litina, avstenitno jeklo, siva litina, zlitine odporne proti visokim temperaturam	struženje, skobljanje, freziranje	srednje	velika
M40	mehko jeklo z majhno trdnostjo, neželezne in lahke kovine	struženje, delo na avtomatih		
K01	zelo trda siva litina, aluminij legiran s silicijem, kaljeno jeklo, zelo abrazivne umetne mase, trdi papir, keramika	struženje, fino struženje, vrtanje, freziranje, strganje		zelo majhna
K10	siva litina s trdoto nad 220 HB, kovano lito jeklo s kratkim odrezom, kaljeno jeklo, aluminij legiran s silicijem, bakrove zlitine, plastika, steklo, trda guma, porcelan, kamen	struženje, freziranje, posnemanje, vrtanje, strganje		majhna
K20	siva litina s trdoto do 220HB, neželezne kovine, baker, med, aluminij	struženje, freziranje, skobljanje, vrtanje, posnemanje		srednje
K30	mehka siva litina, jeklo z malo trdnostjo, stisnjen les	struženje, freziranje, skobljanje,		velika
K40	mehak ali trd les, neželezne kovine delo pri neugodnih pogojih			zelo velika

# 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  $\text{TiCN}$

titanov karbid  $\text{TiC}$

titanov nitrid  $\text{TiN}$

aluminijev oksid  $\text{Al}_2\text{O}_3$



## TiN

material: titanov nitrid

barva: zlata

debelina: 1 - 4  $\mu\text{m}$

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  $\mu\text{m}$
- mikrotrdota: 1800  $\text{HV}_{0,05}$
- temperatura nanašanja: 200 - 450  $^{\circ}\text{C}$
- maksimalna delovna temperatura: 700  $^{\circ}\text{C}$

### Zaščita orodij za:

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



## TiAlN

- material: titan-aluminijev nitrid
- barva: črno-modra
- debelina: 1 - 3  $\mu\text{m}$
- mikrotrdota: 3600  $\text{HV}_{0,05}$
- 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

- material: spodnja plast titan-aluminijev nitrid, zgornja plast amorfni ogljik
- barva: sivo-črna
- debelina: 3 - 5  $\mu\text{m}$
- mikrotrdota TiAlN: 3600 HV<sub>0,05</sub>
- temperatura nanašanja: 200 - 450 °C
- maksimalna delovna temperatura: 450 °C

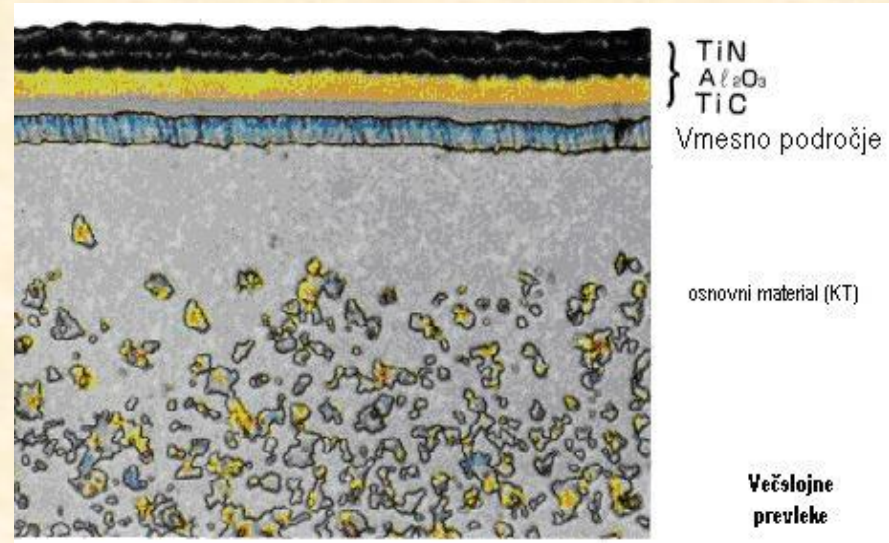


Primerna za:

- 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:

- finostrukturnost 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 **obrabi 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 karbid, 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.

## **Sestava: TiC+Ni® cermet**

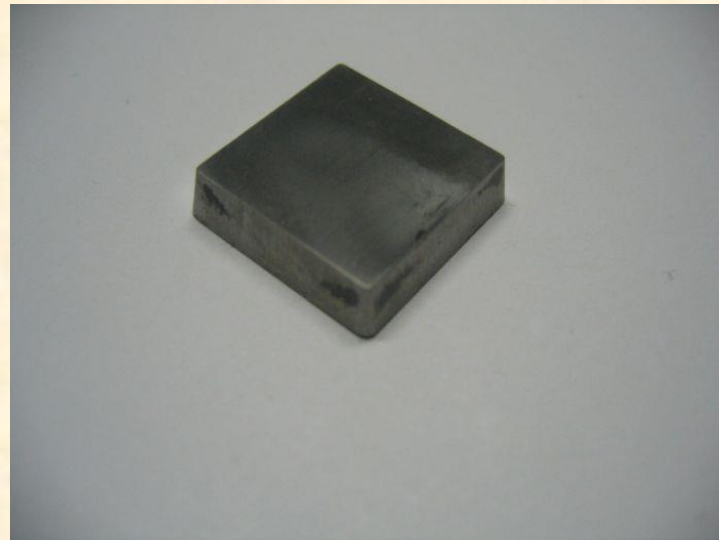
Trdota cermetov pri temperaturah okolice in pri povišanih temperaturah je primerljiva s trdoto KT, trdnost in žilavost pa sta v nekaterih primerih slabša kot pri trdinah.

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



## REZALNA KERAMIKA -RK

- Rezalna keramika je naravno trd rezalni material na osnovi čistega aluminijevega oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), cirkonijevega oksida  $\text{ZrO}_2$  in silicijevega nitrída  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . 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.

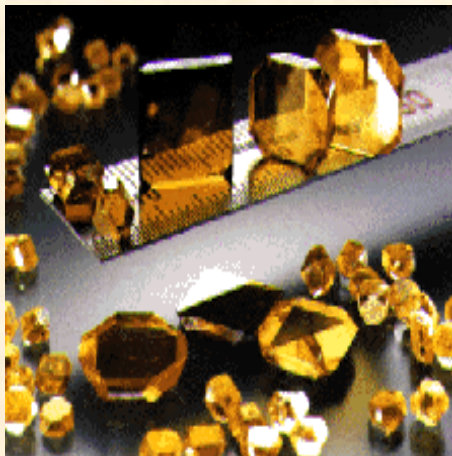
**Pomanjkljivost keramike je:**

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

# POLIKRISTALIČNI REZALNI MATERIALI

## Polikristalični diamant - PKD

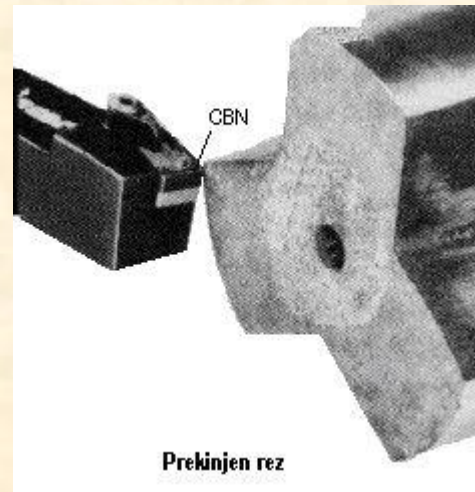
- Ogljik se v naravi pojavlja v dveh različnih oblikah: kot saje, grafit ali kot diamant. Ta pojav se imenuje alotropija in pomeni, da ima določen element v naravi različne kristalne rešetke (primer alotropije je tudi jeklo).
- Naravni diamant izredno občutljiv na sunkovite obremenitve, ima majhno strižno 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.



# 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.



# REZALNE PLOŠČICE

Kot najboljša uporaba dragih rezalnih materialov se je izkazala uporaba rezalnih ploščic. Rezalne ploščice vstavimo na nosilce (držala), ki so ponavadi narejeni tako, da omogočajo obračanje rezalne ploščice, ko se rezalni rob rezalne ploščice obrabi.

Po DIN 4987 obstaja veliko osnovnih oblik rezalnih ploščic:

- kvadratne
- trikotne
- okrogle
- pravokotne
- rombi
- romboidne
- mnogokotne



## **Natančnost**

Natančnost rezalnih ploščic se spreminja. Največji vpiv ima segrevanje, ki lahko povzroči skrčenje z razlikami  $\pm 0.02$  to  $\pm 0.3$  mm. Natančnost rezalne ploščice lahko popravimo z brušenjem. Za brušenje rezalnih ploščic uporabljamo diamant.

Po standardu DIN 4987 so dimenzije rezalne ploščice omejene. Omejena je debelina in premer rezalne ploščice.

## **Posebne zunanje oblike rezalnih ploščic**

Rezalne ploščice imajo vedno definirane luknje za pritrdjevanje in lomilce odrezkov. Oblike luknje, lomilcev odrezkov in ostale oblike so definirane v standardu DIN 4981.

## **Pritrjevanje rezalnih ploščic**

Poznamo več sistemov pritrjevanja rezalnih ploščic. Skupno vsem sistemom je to, da omogočajo pritrjevanje rezalnih ploščic tako za struženje, frezanje in vrtanje. Pritrdilni sistem mora fiksirati rezalno ploščico, hkrati pa mora omogočati tudi možnost obračanja rezalne ploščice - menjavo rezalnega roba.

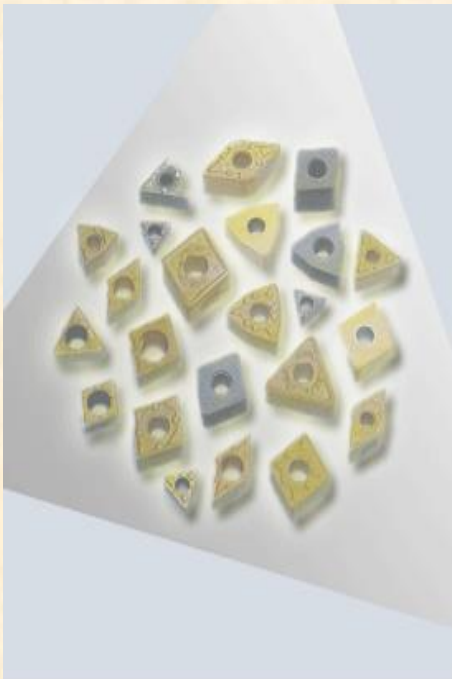
Primeri pritrjevalnih sistemov:

- pritrjevalni sistem z vijakom
- pritrjevalni sistem z ekscetrom
- pritrjevalni sistem s klinom
- pritrjevalni sistem z vzvodom

# VRSTE IN OZNAKE REZALNIH PLOŠČIC

## OZNAKE REZALNIH PLOŠČIC

Zahteve po kvaliteti rezalnih ploščic so visoke. DIN 4987 definira vse zunanje oblike, osnovne oblike, rezalne kote, velikosti, pritrjevalne oblike in zunanje strani rezalnih ploščic. Oznaka rezalne ploščice je tako sestavljena iz kombinacije črk in števil.



Primer oznake **CBN-rezalne ploščice za večkratno brušenje:**

Oznaka ima 12 mest. Vsako mesto oznake ima točno določen pomen.

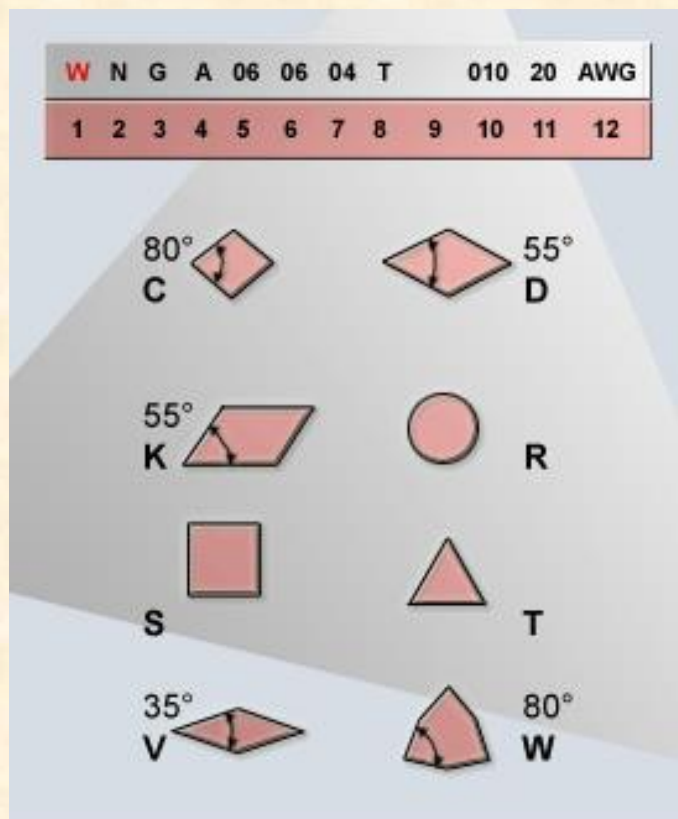
Zadnje 12 mesto je namenjeno specifikaciji proizvajalca rezalne ploščice.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W	N	G	A	06	06	04	T	0	10	20	AWG

# OZNAČEVANJE REZALNIH PLOŠČIC PO STANDARDU DIN 4987

## Oznaka na mestu 1 - osnovna oblika rezalne ploščice

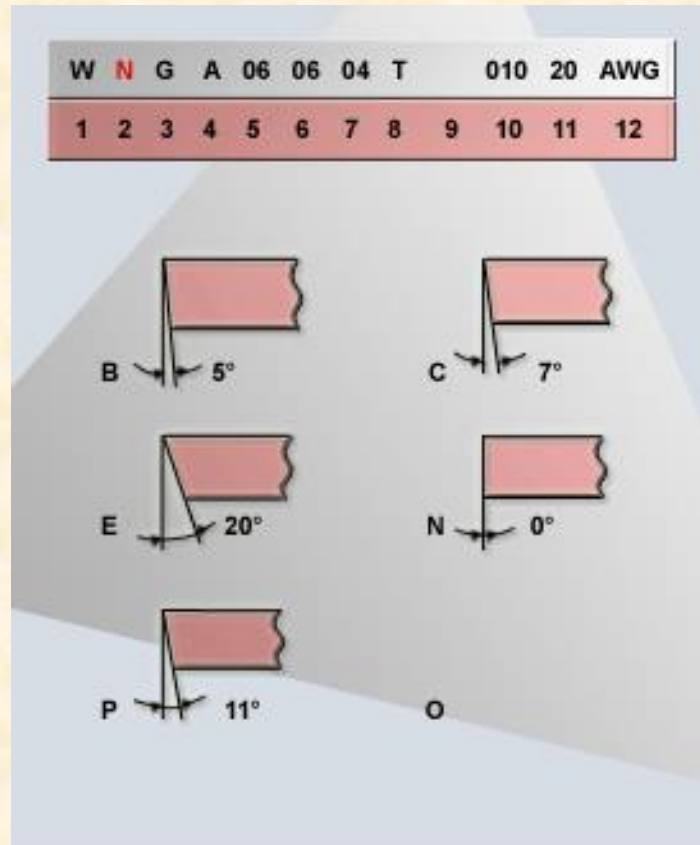
C	80°
D	55°
K	55°
R	
S	
T	
V	35°
W	80°



Oznaka na mestu 1 je namenjena osnovni obliki rezalne ploščice. Na sliki so primeri definiranja posameznih oblik rezalnih ploščic z veliko črko.

## Oznaka na mestu 2 - prosti kot

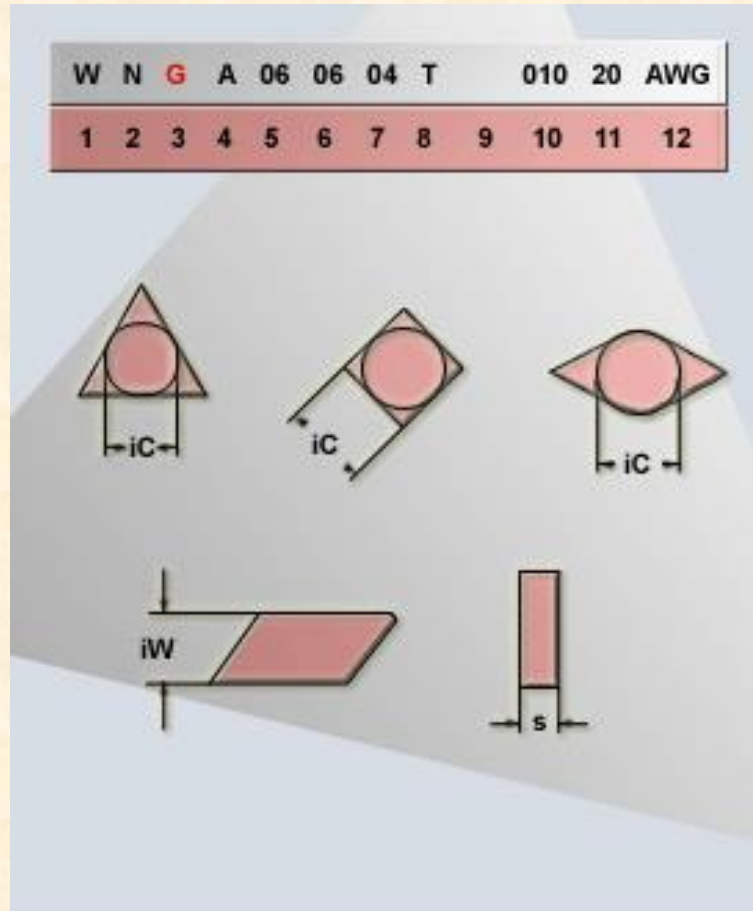
<b>B</b>	5°
<b>C</b>	7°
<b>E</b>	20°
<b>N</b>	0°
<b>P</b>	11°
<b>O</b>	ostali



Oznaka na mestu 2 s črko definira prosti kot rezalne ploščice.

## Oznaka na mestu 3 - odstopanja

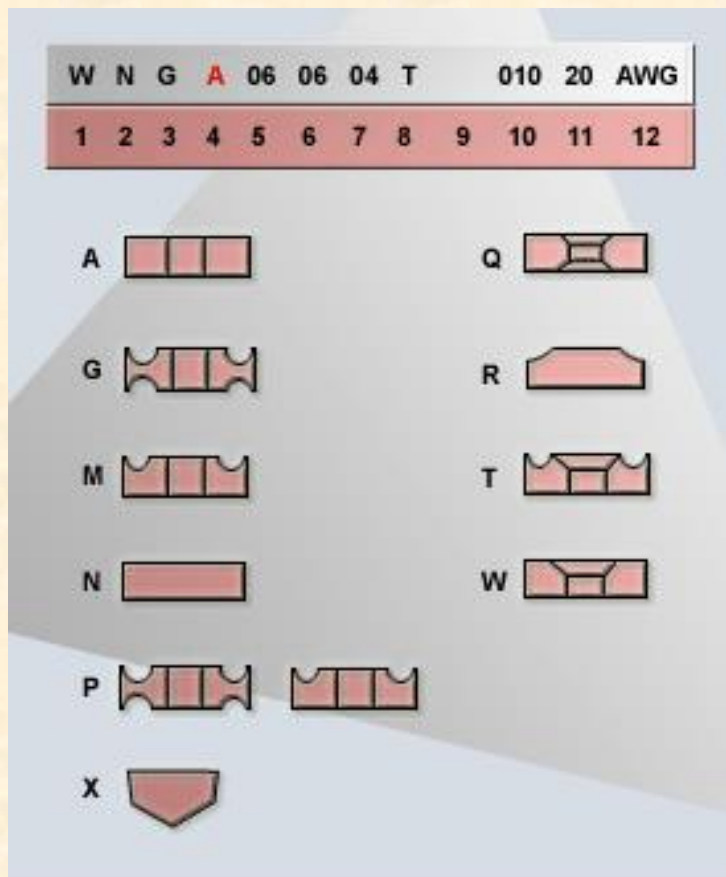
<b>G</b>	$\pm 0.13$
<b>M</b>	$\pm 0,13$
<b>U</b>	$\pm 0.13$
<b>E</b>	$\pm 0.025$



Oznaka na mestu 3 definira odstopanje ali nenatančnost rezalne ploščice. To je zelo pomembno za pritrjevanje oziroma togost držala in rezalne ploščice. Zanima nas predvsem odstopanje oblike "iC/iW" in odstopanje debeline ploščice "s". Odstopanje je definirano v [mm].

## Oznaka na mestu 4 - pritrjevalne oblike

Oznaka na mestu 4 definira oblike rezilnih robov rezalne ploščice ter lomilec odrezkov (obliko cepilne ploskve).



## Oznaka na mestu 5 - velikost rezalne ploščice

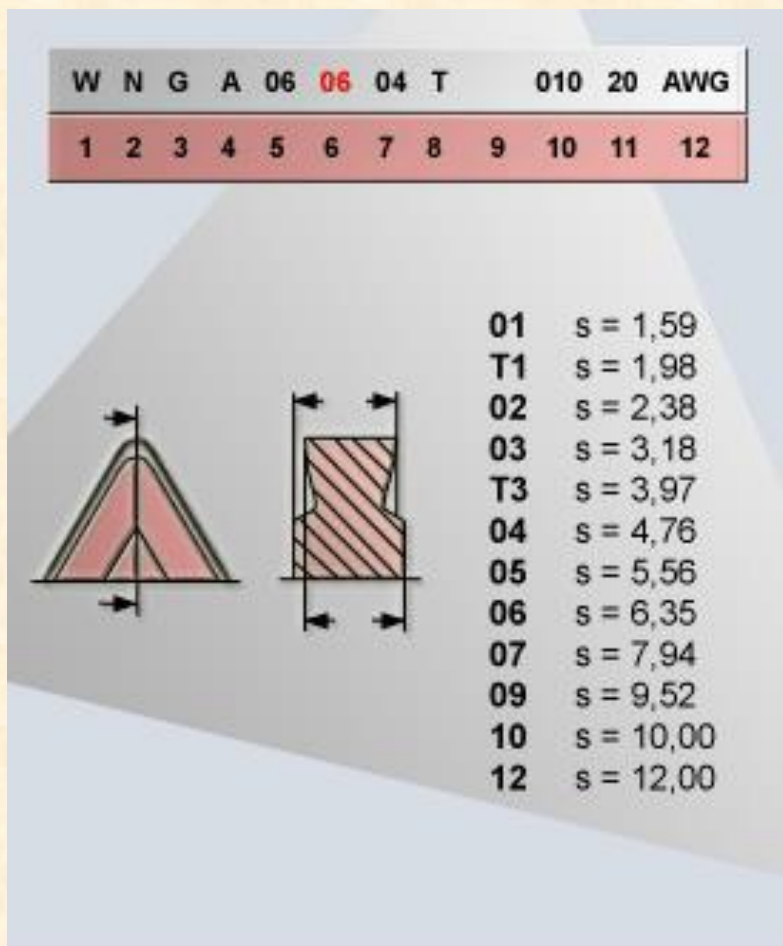
Na mestu 5 definiramo velikost rezalne ploščice. Velikost definira dolžina rezalnega roba [mm].

W N G A 06 06 04 T 010 20 AWG											
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12											
C	D	R	S	T	V	W	K				
		05		06							
		06		09							
06	07	08		11	11						
09	11	09	09	16	16	06	16*				
		10									
12	15	12	12	22	22	08					
16		15	15	27							
		16									
19		19	19	33							
		20									
		25									
25		25	25								
		31									
		32									



## Oznaka na mestu 6 - debelina rezalne ploščice

Na mestu 6 označimo debelino rezalne ploščice  $s$ [mm].




## Oznaka na mestu 7 - zaokrožitev

Na mestu 7 označimo zaokrožitev rezalne ploščice  $r_{\epsilon}$  [mm].

Oznaka „M0“ ali 00“ pomeni okrogla rezalna ploščica.

W	N	G	A	06	06	04	T	010	20	AWG	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



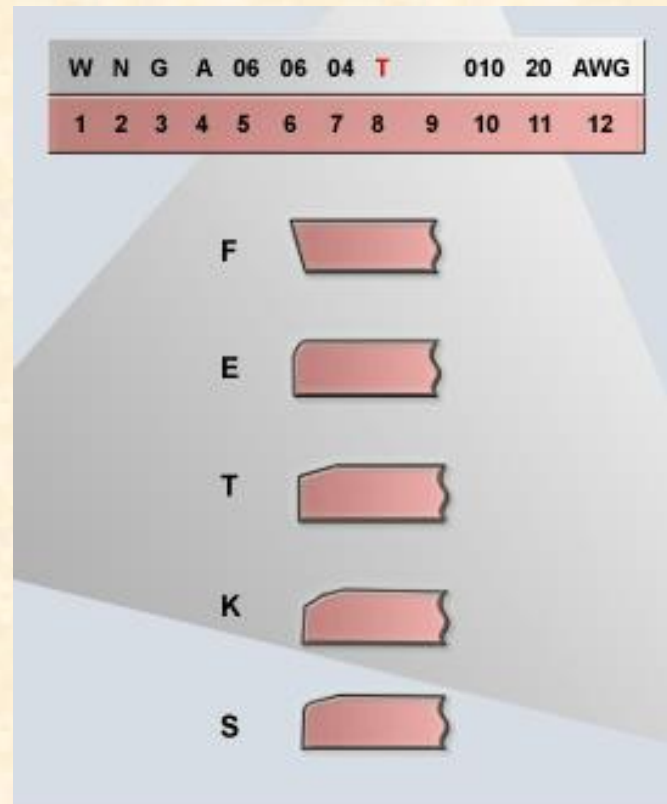
**M0, 00 \*)**

<b>04</b>	$r_{\epsilon} = 0,4$
<b>08</b>	$r_{\epsilon} = 0,8$
<b>12</b>	$r_{\epsilon} = 1,2$
<b>16</b>	$r_{\epsilon} = 1,6$
<b>24</b>	$r_{\epsilon} = 2,4$

## Oznaka na mestu 8 - oblika rezalnega roba

Oznaka na mestu 8 definira osnovno obliko rezalnega roba.

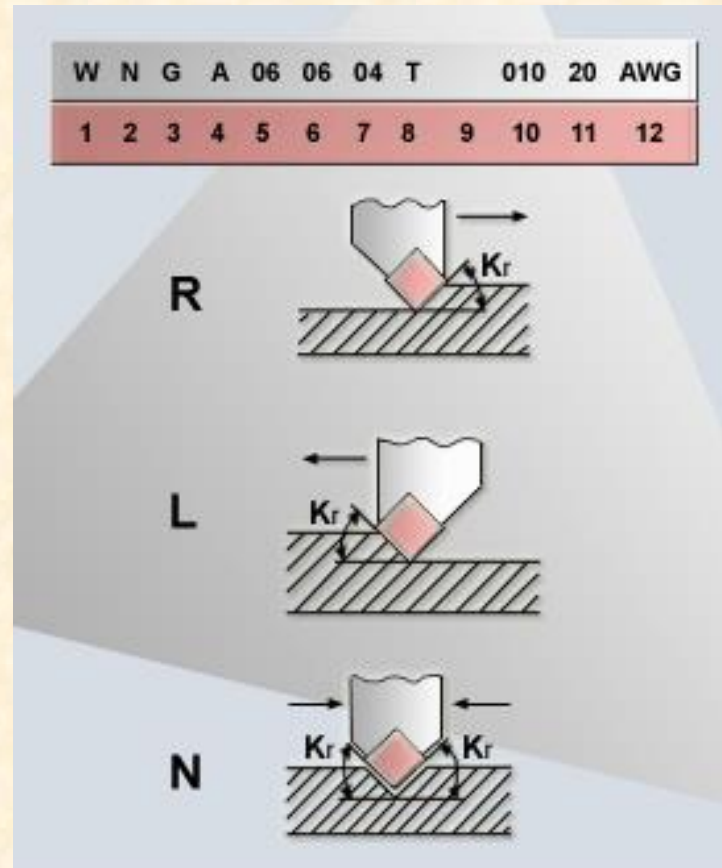
<b>F</b>	ostri rezalni rob
<b>E</b>	zaokroženi rezalni rob
<b>T</b>	negativni rezalni rob
<b>K</b>	dvojni negativni rezalni rob
<b>S</b>	negativni in zaokroženi rezalni rob



## Oznaka na mestu 9 - model držala

Oznaka na mestu 9 je namenjena definiranju oblike držala:

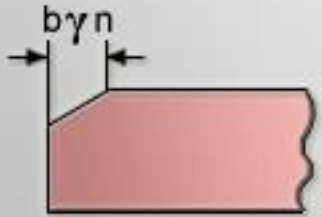
<b>R</b>	smer rezanja desno
<b>L</b>	smer rezanja levo
<b>N</b>	rezanje iz desne in leve strani (nevtralno)



## Oznaka na mestu 10 - velikost cepilne ploskve

Oznaka na mestu 10 definira velikost rezalne površine byn [mm].

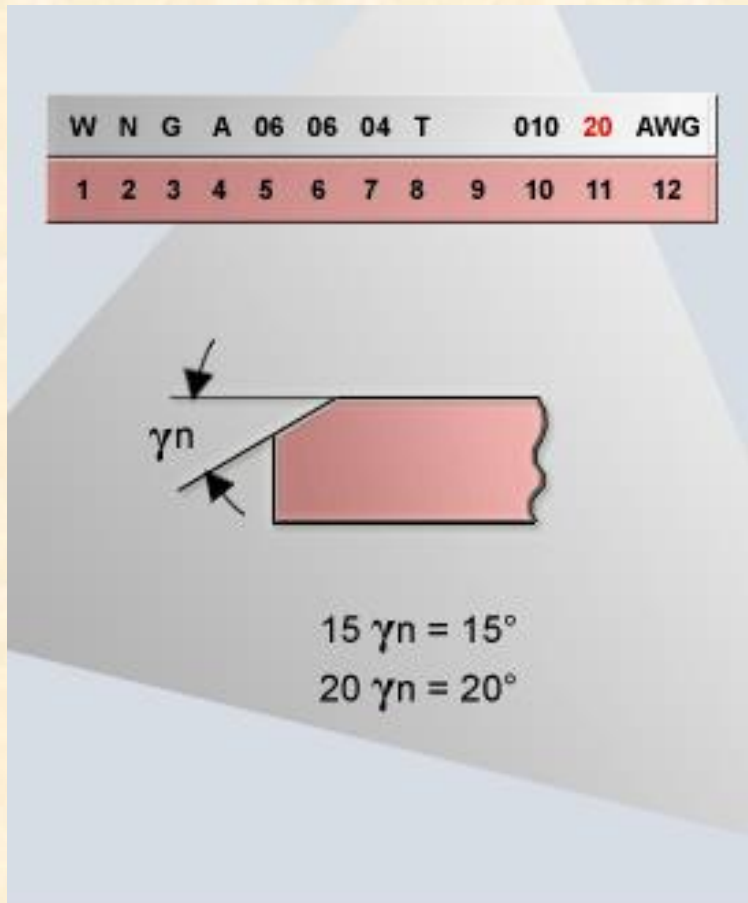
W	N	G	A	06	06	04	T	010	20	AWG	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

010 byn = 0,10  
025 byn = 0,25  
070 byn = 0,70  
150 byn = 1,50  
200 byn = 2,00

## Oznaka na mestu 11 - cepilni kot

Oznaka na mestu 11 je velikost cepilnega kota rezalne ploščice  $\gamma_n$ .



## Oznaka na mestu 12 - podatki izdelovalca rezalne ploščice

Na 12. mestu oznake lahko proizvajalec doda oznako, ki jo sam definira.

