

NGB_AJ012_1 Forgácsoló megmunkálás
(Forgácsolás és szerszámai)

Szerszám anyagok

(élmányagok, szerszám bevonatok)

Dr. Pintér József

2018.

Felhasznált irodalom:

Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József: Forgácsolás és szerszámai. Széchenyi István Egyetem 2011. Digitális Tankönyvtár.

Pápai Gábor.ppt prezentációja 2013.

Dr. Szmejkál Attila – Ozsváth Péter Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. (Előadásanyag 2007-2008) – BME Járműgyártás és –Javítás Tanszék, BP

Dr. Igaz Jenő: Forgácsoló megmunkálás II.1. SZE, Győr
145-211. oldal

Szerszám élananyagok

Szerszám élananyagok

Az

- **ÉLANYAGOT**
- **ÉLGEOMETRIÁT**
- **A BEVONAT ANYAGÁT**
- **TECHNOLÓGIAI ADATOKAT**

úgy kell összehangolni, hogy a szerszám ne csak forgácsot, hanem
PÉNZT, NYERESÉGET

is termeljen.

A forgácsolásnak mindig

- ❖ **TERMELÉKENYNEK**
- ❖ **OLCSÓNAK**
- ❖ **BIZTOSNAK** (reprodukálhatónak)

kell lennie!

Szerszám élmények

ÉLMÉNYEK IGÉNYBEVÉTELE

MECHANIKAI

NYOMÓ

HÚZÓ

NYÍRÓ

STATIKUS, VÁLTAKOZÓ

CSAVARÓ

HAJLÍTÓ

TERMÍKUS

HŐFOK, VÁLTAKOZÓ HŐMÉRSÉKLET

KÉMIAI

OXIDÁCIÓ, DIFFÚZIÓ

Szerszám élananyagok

ÉLANYAGOK JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI

- KEMÉNYSÉG, NYOMÓSZILÁRDSÁG
- HAJLÍTÓ-, TÖRŐSZILÁRDSÁG, SZÍVÓSSÁG
- ÉLSZILÁRDSÁG
- MELEGKEMÉNYSÉG, HŐSOKK-ÁLLÓSÁG
- OXIDÁCIÓ-ÁLLÓSÁG
- KICSI DIFFÚZIÓS HAJLAM
- REPRODUKÁLHATÓ KOPÁSJELLEMZŐK

KEMÉNYSÉG, KOPÁSÁLLÓSÁG



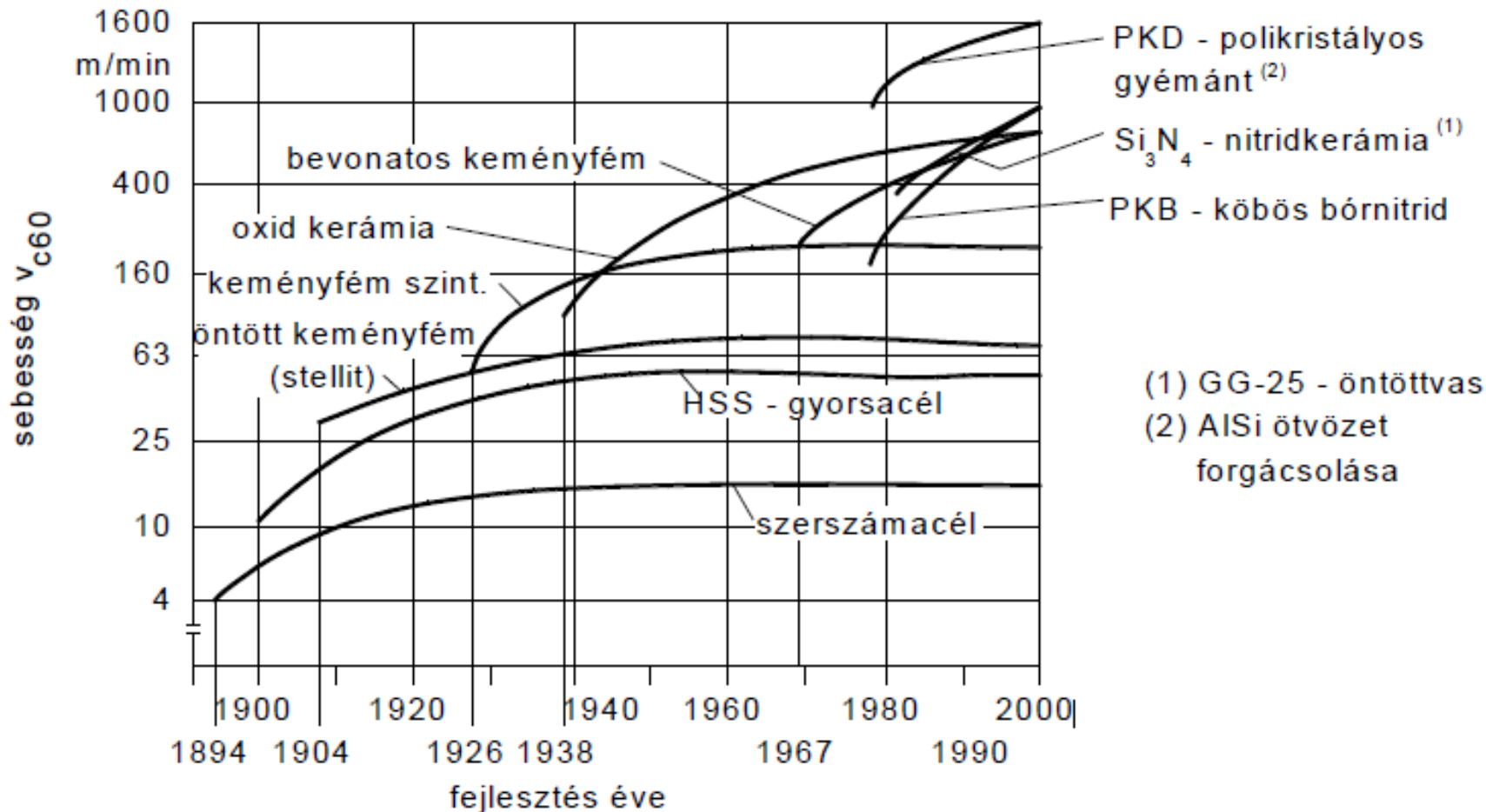
SZÍVÓSSÁG (hajlító és törőszilárdság)

Szerszám élananyagok

A szerszám forgácsolást végző része – az **él** – és az azt hordozó test ma már nem azonos anyagból készül, mert a velük szemben támasztott követelmények eltérőek.



Szerszám élananyagok



Szerszám élananyagok fejlesztése

Forrás: Dr. Szejmál Attila – Ozsváth Péter Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. (2007-2008)

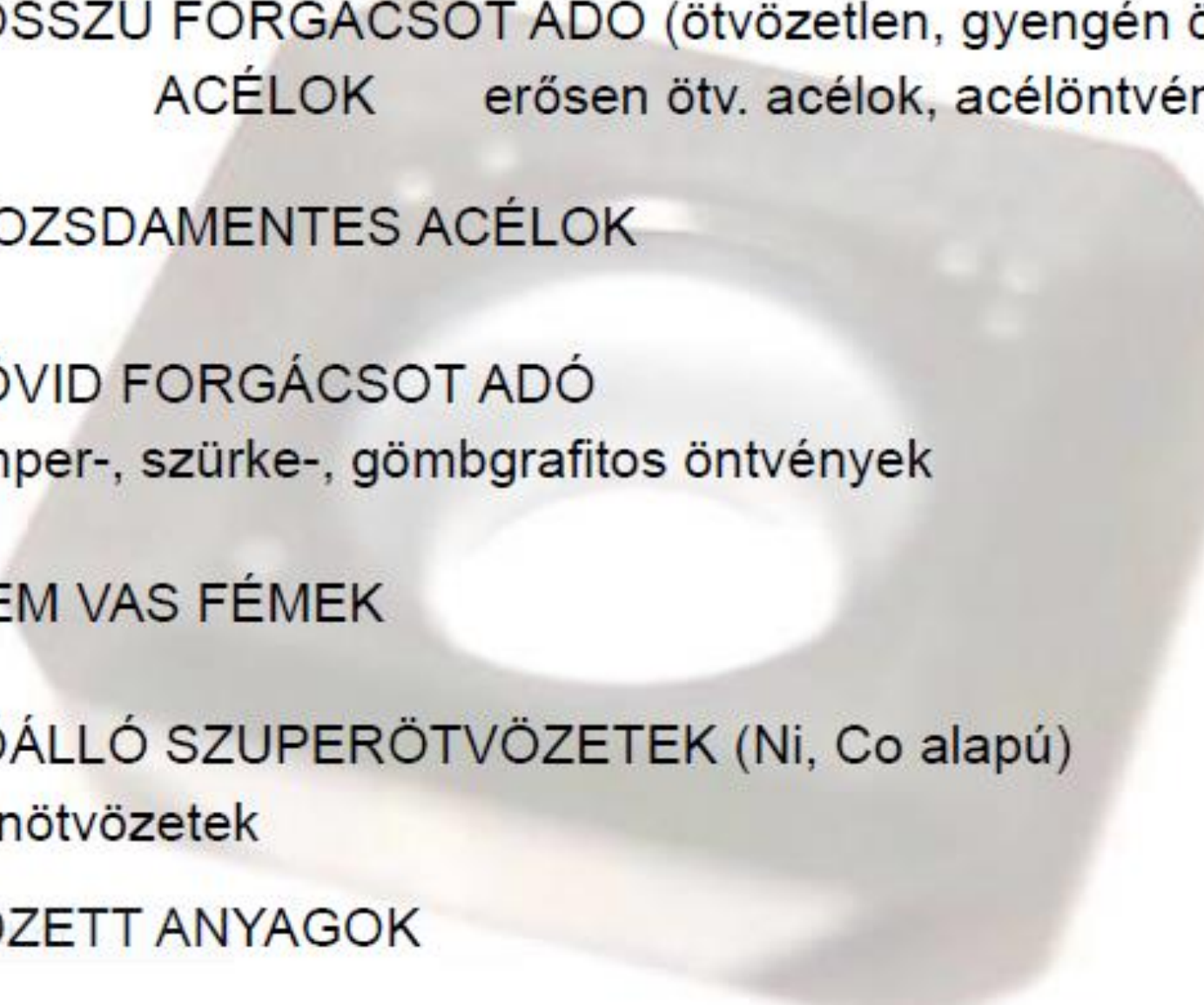
MUNKADARAB ANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA A

FORGÁCSOLHATÓSÁG:

- KOPÁS, ÉLTARTAM
- ÉRDESSÉG
- FORGÁCSOLÓ ERŐ
- FORGÁCSOLÁSI HŐ
- FORGÁCS ALAKJA, TERJEDELME

ALAPJÁN.

PÁLMAI Z.: FÉMEK FORGÁCSOLHATÓSÁGA,
MŰSZAKI KIADÓ



P - HOSSZÚ FORGÁCSOT ADÓ (ötvözetlen, gyengén ötv.-,
ACÉLOK erősen ötv. acélok, acélöntvények)

M - ROZSDAMENTES ACÉLOK

K - RÖVID FORGÁCSOT ADÓ
temper-, szürke-, gömbgrafitos öntvények

N - NEM VAS FÉMEK

S - HŐÁLLÓ SZUPERÖTVÖZETEK (Ni, Co alapú)
titánötvözetek

H - EDZETT ANYAGOK

Szerszám élananyagok

Az élananyagok az alábbi fő csoportokba sorolhatók:

➤ Szerszámacélok

- ❖ Gyorsacél

➤ Keményfémek

- ❖ Wolfram bázisú

- ❖ Titán bázisú

➤ Forgácsoló kerámiák

- ❖ Oxid

- ❖ Nitrid

➤ Szuperkemény anyagok

- ❖ Köbös bórnitrid

- ❖ Gyémánt

Szerszám élananyagok

Szerszámacélok

- ötvözetlen
- ötvözött
- gyorsacélok

Ötvözetlen szerszámacél: Az acélba vason kívül csak szenet adagolnak, míg Mn és Si csak szennyezőként szerepel. C = 0,6 – 1,5%.

- keménysége elérheti a 65 HRC-t /megmunkálás 200 – 250⁰C-ig/
- legkisebb teljesítményű szerszámacél
- olyan forgácsolásnál használható, ahol kis hő keletkezik

Szerszám élananyagok

Ötvözött szerszámacél: Széneen kívül egy vagy több ötvözőt is tartalmaznak. Forgácsoló szerszámok készítésére a Mn, W és a Cr ötvözésű acélok használhatók.

Mangán-szerszámacél ($Mn = 1,5 - 2,1\%$)

- helyes edzéssel 63-64HRC elérhető /megmunkálás 250-300⁰C-ig/
- edzés után, köszörüléskor hajlamos a repedésre
- kis teljesítményű forgácsoló szerszámoknál alkalmazható

Wolfram-acél: 10 csoport, 1-esben max. $W = 12\%$ és $C = 0.2\%$, míg a 10-esben legalább $W = 0.8\%$ és legfeljebb $C = 1.2\%$

- 63-64HRC elérhető /megmunkálás 300-350⁰C/
- edzési hőmérséklet betartása fontos
- közepes teljesítményű forgácsoló szerszámoknál alkalmazható, ahol

edzés után minden felületen köszörülni lehet. pl.: csigafúró

Szerszám éanyagok

Krómotvözésű szerszámacél: 6 csoportba osztható.

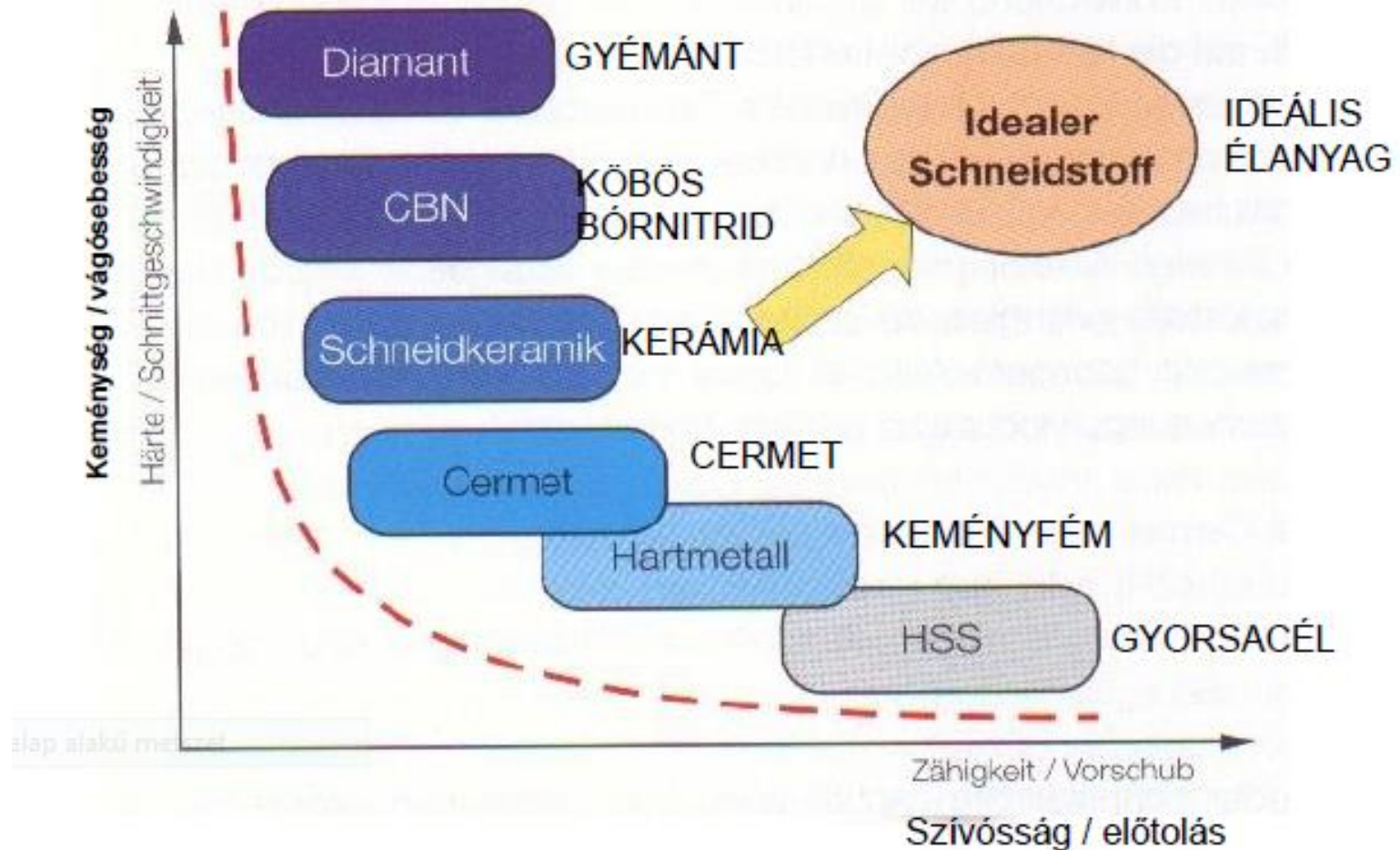
Az 1-esben Cr = 10 – 13 %, míg a 6-osban Cr = 0.2 -0.5 %

Jellemzői:

- keménysége 63 – 64 HRC, 350 – 400⁰C-ig megőrzi
- jó szilárdsági tulajdonságok
- nagy kopásálló
- lágy állapotban nehezen megmunkálható, míg edzés után jól köszörülhető
- jó minőségű dörzsárak, menetfúrók

Szerszám éanyagok

Szerszámanyagok összehasonlítása



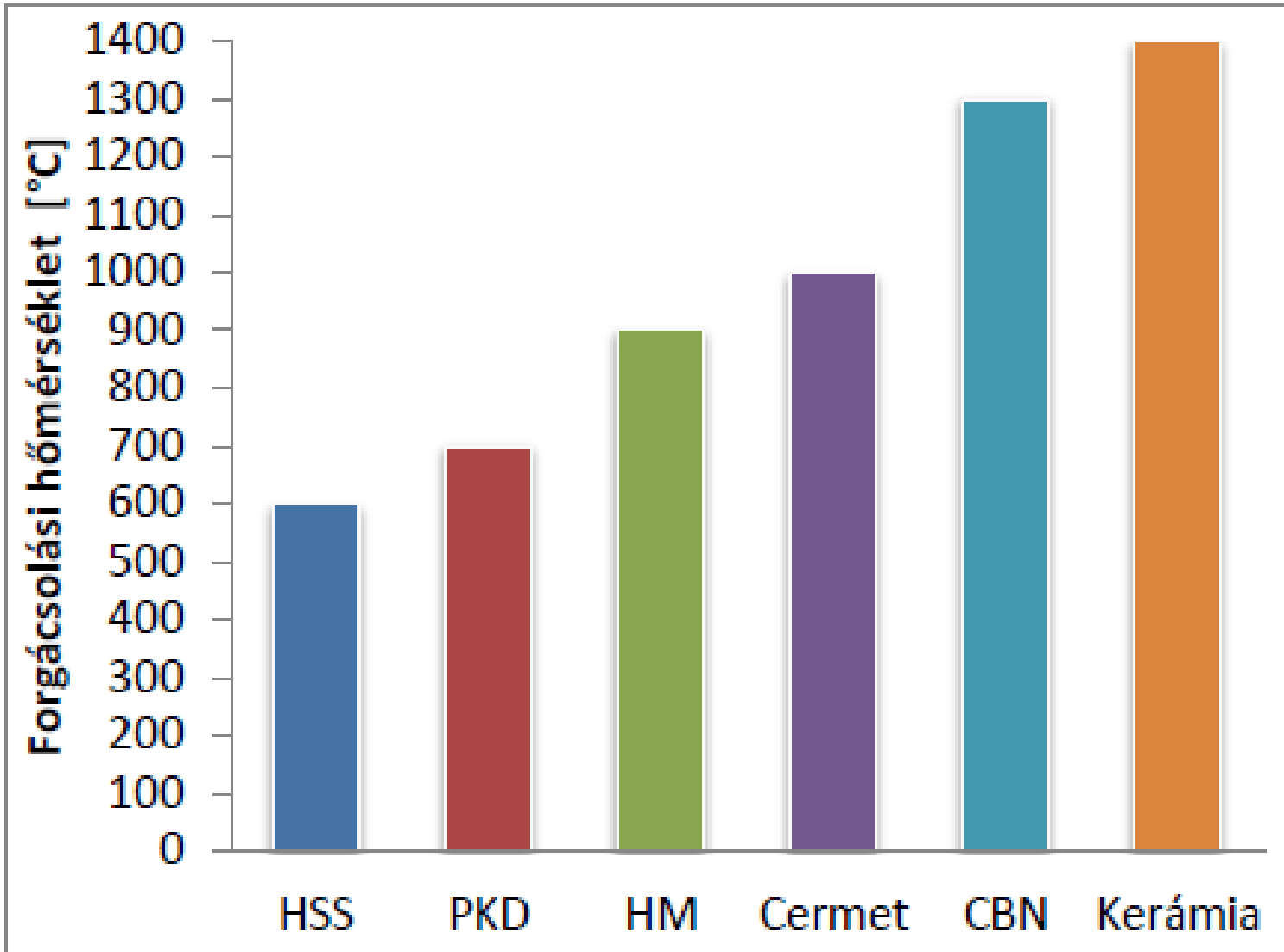
Szerszám éanyagok

Megjegyzés: a **CERMET** (Ceramic Metall) szerszámanyagot porkohászati úton állítják elő. Bázisa a nagy szemcsézetű és igen kemény **titán-karbid – titán-nitrid (TiC-TiN)**, kötőanyaga **Ni-Mo**. Előnye a WC-TiC bázisú keményfémmel szemben, hogy ellenállóbb a diffúziós kopással szemben. Acélok, acélötvözetek, de különösen Cr-Mo ötvöztetésű acélok forgácsolásához ajánlott. Alkalmazásakor csökken az élrátét- és sorjaképződés veszélye, javul a felületi érdesség és szerszám mérettartása.

Élanyagok csoportosítása DIN ISO 513 szerint

Élanyagok csoportosítása ISO szerint		
Rövid jel		Anyagcsoport
Keménycsoportok	H W	WC/Co keménycsoport
	H F	Finomszemcsés keménycsoport (<1 μm)
	H T	Ti/TiN keménycsoport (Cermet)
	H C	Bevonatos keménycsoport (fentiek)
Kerámikák	C A	Fehér kerámia (Al ₂ O ₃)
	C M	Kevert kerámia (Al ₂ O ₃ + nem oxid)
	C N	Szilícium-nitrid kerámia (Si ₃ N ₄)
	C R	Erősített kerámia (Al ₂ O ₃ + Whisker)
	C C	Bevonatos kerámia (fentiek)
Gyémánt	D P	Polikristályos gyémánt (PKD)
	D M	Gyémánt egykristály
Köbös bórnitrid	B L	Köbös bórnitrid (alacsony CBN tartalom) (PKB, CBN)
	B H	Köbös bórnitrid (magas CBN tartalom)
	B C	Bevonatos CBN (fentiek)

Maximális forgácsolási hőmérséklet



Gyorsacél

Gyorsacél

A **gyorsacél** (HSS – High Speed Steel) erősen ötvözött, nagy meleg keménységű és kopásálló acél.

A keménységét a martenzites alapszövetben egyenletesen eloszló finom **karbidok** (WC, W-Mo-C, CrC, VC) biztosítják.

Keménysége 60-64 HRC, melyet 550-600 °C-ig megtart.

A gyorsacél tulajdonságait elsősorban a **W** és **Mo** tartalom határozza meg. Nagy éltartósság és forgácsolási teljesítmény jellemzi.

Gyorsacélok szabványos jelölése (DIN EN ISO 4957) HS – W – Mo – V – Co tartalom alapján történik.

Gyorsacél

A gyorsacél előállítása történhet

- hagyományos – **olvasztásos** – eljárással vagy
- **porkohászati** úton.

További tulajdonságok:

- ❖ szilárdsági tulajdonságai jók,
- ❖ a dinamikus igénybevételt jól bírja,
- ❖ lágy állapotban nehezen munkálható meg,
- ❖ edzés után jól köszörülhető.

Keményfémek

Keményfémeknek nevezzük azokat az **álötvözeteket**, melyeket nagy olvadáspontú karbidokból (WC, TiC, TaC, NbC) TiN és kobaltból (Co) ill. nikkelből (Ni) **porkohászati úton** állítanak elő.

Két alapvető csoportot különböztetünk meg:

❖- wolfram bázisú

❖- titán bázisú

keményfémeket.

WOLFRÁM BÁZISÚ KEMÉNYFÉM	HW
---------------------------------	-----------

KEMÉNY FÁZIS	KÖTŐANYAG
WC, TiC, TaC, NbC	Co

TITÁN BÁZISÚ KEMÉNYFÉM	HT	CERMET
-------------------------------	-----------	---------------

KEMÉNY FÁZIS	KÖTŐANYAG
TiC, TiN	Ni, Mo

Keményfémek

A keményfémek olyan szerszámanyagok, amely magas olvadáspontú és nagy keménységű fémkarbidok (pl. wolframkarbid, titánkarbid) porából, zsugorítással állítanak elő. A fémkarbidokat kobalt kötőanyaggal porkohászati úton egyesítik. Az ötvözet keménységét a fémkarbidok adják. Az alacsony olvadáspontú kobalt a zsugorítást segíti elő, és a szívósságot biztosítja.

- keménysége 88 – 90 HRA, 900 – 950⁰C-ig megőrzi
- rideg, törékeny, hajlítószilárdsága kicsi, nyomószilárdsága jó
- hirtelen hőingadozást kerülni kell

A keményfémek

Keményfém élananyagok alkalmazásának osztályozása ISO szerint					
Alkalmazási főcsoportok			Alkalmazási csoportok		
Betűjel	Színjel	Mdb. anyag	Keményfém fajták	Alkalmazhatóság	
P	KÉK	Acélok	P01 P05 P10 P15 P20 P25 P30 P35 P40 P45 P50	Kopásállóság és forgácsolási sebesség növekedése	Szívósság és előtolás növekedése
M	SÁRGA	Rozsda-mentes acélok	M01 M05 M10 M15 M20 M25 M30 M35 M40		
K	PIROS	Öntöttvasak	K01 K05 K10 K15 K20 K25 K30 K35 K40		
N	ZÖLD	Nemvas anyagok	N01 N05 N10 N15 N20 N25 N30		
S	BARNA	Nikkel alapú és titánötvözetek	S01 S05 S10 S15 S20 S25 S30		
H	SZÜRKE	Edzett anyagok	H01 H05 H10 H15 H20 H25 H30		

Keményfémek osztályozása az ISO-szabvány szerint

P	blau	Stähle	P01 P10 P20 P30 P40 P50	P05 P15 P25 P35 P45
M	gelb	Rostfreie Stähle	M01 M10 M20 M30 M40	M05 M15 M25 M35
K	rot	Gusseisen	K01 K10 K20 K30 K40	K05 K15 K25 K35
N	grün	Nichteisenmetalle	N01 N10 N20 N30	N05 N15 N25
S	braun	Nickelbasis- und Titanlegierungen	S01 S10 S20 S30	S05 S15 S25
H	grau	Gehärtete Werkstoffe	H01 H10 H20 H30	H05 H15 H25

- **P** – HOSSZÚ FORGÁCSOT ADÓ (ötvözetlen, gyengén ötv.-, ACÉLOK erősen ötv. acélok, acélöntvények)
- **M** – ROZSDAMENTES ACÉLOK
- **K** – RÖVID FORGÁCSOT ADÓ temper-, szürke-, gömbgrafitos öntvények
- **N** – NEM VAS FÉMEK, Al, réz
- **S** – HŐÁLLÓ SZUPERÖTVÖZETEK (Ni, Co alapú) titánötvözetek
- **H** – EDZETT ANYAGOK

Keményfémek

A KEMÉNYFÉMEK MEGNEVEZÉSE ISO – SZERINT

HW – WC/Co KEMÉNYFÉM

HT – TiC/TiN KEMÉNYFÉM (CERMET)

HC – BEVONATOS KEMÉNYFÉM

HF – FINOMSZEMCSÉS KEMÉNYFÉM

Pl.: HW – K40

Kerámia élananyagok

Kerámia élananyagok

A kerámia élananyagokat **porkohászati úton**

- ❖ fém oxidokból,
- ❖ karbidokból ,
- ❖ nitridekből állítják elő.

Két fő csoportot különböztetnek meg:

- oxid kerámiák Al_2O_3
- nitrid kerámiák Si_3N_4

Kerámia élananyagok

- ❖ **Kémiai ellenállásuk kitűnő**
- ❖ **Felhegedésre nem hajlamosak**
- ❖ **Szívóosságuk korlátozott**, mechanikai túlterhelés esetén törnek, ridegek. **Repedésre hajlamosak, ütésre, hajlításra érzékenyek**
- ❖ A kerámiák legfőbb jellemzője a **nagy keménység, kopásállóság.**
- ❖ Keménységük a hő hatására kisebb mértékben változik, mint a keményfémé, ezért **nagy forgácsolási sebességnél is jó a kopásállóságuk**

Kerámia élananyagok

Az Al_2O_3 tulajdonságainak javítására, a szívósság növelésére, a repedési hajlam csökkentésére ZrO_2 -t (3-15 %) kevernek a kerámiába.

TiC, Ti(CN) növeli a keménységet, abrazív kopással szembeni ellenállást, meleg keménységet. A kevert kerámiával már edzett acélok 64 HRC-ig **nagy sebességű simítása** megvalósítható, megszakított felületen is.

Kerámia élananyagok

Az **oxidkerámia szívósságát szálerősítéssel** lehet növelni. Az oxidhoz SiC egykristály szálakat (**Whisker**) kevernek, mely a hajlító-, törő szilárdságot növeli, a repedést megakadályozza.

SiC - WHISKER



Ø	0,1-10 µm
L	5-50 µm
ρ	3,9 g/cm ³
R _M	14000 N/mm ²
	ACÉL 370 N/mm ²

5000×

Kerámia élananyagok

Az **alumíniumoxid kerámiákat** elsősorban öntöttvasak nagy sebességű megmunkálására – esztergálás – alkalmazzák.

A **nitrid kerámiák** a 80-as évek elején jelentek meg. Az oxid kerámiánál szívósabb, jobb a hősokkállósága, melegszilárdsága, nagyobb a törési ellenállása. Kopásállósága kisebb, de bevonatolással növelhető.

A tiszta nitrid kerámia csak szinter segédanyagokat (Y_2O_3 , MgO , Al_2O_3) tartalmaz, melyek üvegfázist képezve, a nitrid tüköt körülfogva tömör, porzusmentes szerkezetet képeznek. (Jelmagyarázat: Y_2O_3 Yttrium oxid)

A TiC , TiN , Hf (hafnium) adalékokkal a keménységet növelik.

A sialon ($Si_3N_4 + Al_2O_3 + AlN$) + (Y_2O_3) kerámia keménysége, kémiai ellenálló képessége és oxidációállósága nagyobb.

Szuperkemény élananyagok

Szuperkemény élananyagok

A **szuperkemény élananyagok** csoportját

- ❖ a természetes gyémánt,
- ❖ a mesterséges gyémánt és
- ❖ a köbös bornitrid alkotják.

A gyémánt a legkeményebb ismert, természetben előforduló anyag, tiszta szén, melynek különleges tulajdonságát kristály szerkezete – köbös rácsrendszer, adja melyben a szén-atomok tetraéder formában kovalensen kötődnek. Nemcsak a keménysége, hővezető képessége is a legnagyobb. A gyémánt lehet **mono-**, vagy **polikristályos** formájú. **A természetes gyémántot monokristályos formájában** használják forgácsolásra.

Szuperkemény élananyagok

A kristály tulajdonságai keménység, kopásállóság, **irányfüggők**. A mono-kristályt a megfelelő irányba forrasztással rögzítik a szerszámba. Ott használják, ahol csorbulásmentes, igen éles élre ($r_g \sim 1 \mu\text{m}$) van szükség – ultra precíziós forgácsolásnál ill. réz, alumínium tükrök megmunkálásánál.

Az első közlemény 1955-ben jelent meg a mesterséges gyémánt előállításról (General Electric), mely hexagonális grafitból kiindulva nagy nyomáson, magas hőmérsékleten katalizátorok segítségével történt.

A keletkezett monokristályokat (2-400 μm) osztályozzák, nagynyomású szintézissel polikristálllyá (kötőanyag Co) alakítják, egy kobaltban gazdag kemény felületre viszik fel.

Szuperkemény élananyagok

A keményfémre felvitt PKD-ből nagyméretű **korongot** gyártanak, melyet megfelelő alakra **darabolnak**, és a lapka sarkába ill. szerszámtestbe **forrasztanak**.

Alkalmazása: nemvasfémek, Cu, Al nagy Si tartalommal, keményfém, grafit, szálerősítésű műanyagok és kompozitok nagyoló és simító megmunkálása.

CVD-bevonatolással készíthető vastag gyémánt réteg (0,5-1,8 mm), melyet az alapról leválasztanak, alakra darabolnak, lapkába forrasztanak.

CVD-vastag réteg tulajdonságai jobbak a PKD-nál, mivel kötőanyagot nem tartalmaz, tiszta gyémánt.

Szuperkemény élananyagok

A köbös bórnitrid:

a gyémánt után **a második legkeményebb anyag**, mely a természetben nem fordul elő, **mesterséges anyag**. Nagy termikus stabilitású, igen jó hővezető.

A bórnitrid a grafithez hasonló hexagonális szerkezetű, melyből nagy nyomáson és hőmérsékleten lítiumnitrid katalizátor segítségével köbös kristály szerkezetet állítanak elő.

A keletkezett szemcséket (1-50 μm) válogatják, és egy második szintereléssel, kerámia kötőanyag hozzáadásával, különböző szemcse- és kötőanyag arányú PKB (CBN, BN)-t állítanak elő.

Szuperkemény élananyagok

-nagy (80-90 %) CBN tartalmú (BH)

❖ kötőanyag W-Co vagy Ti, Al kerámia

❖ szemcse nagyság 5-10 μm

-kis (45-65 %) CBN tartalmú (BL)

❖ kerámia kötőanyag TiC, TiN

❖ finom szemcsés $< 2 \mu\text{m}$

❖ jobb élminőség – kemény,

❖ finom megmunkálásra alkalmazzák

Szuperkemény élananyagok

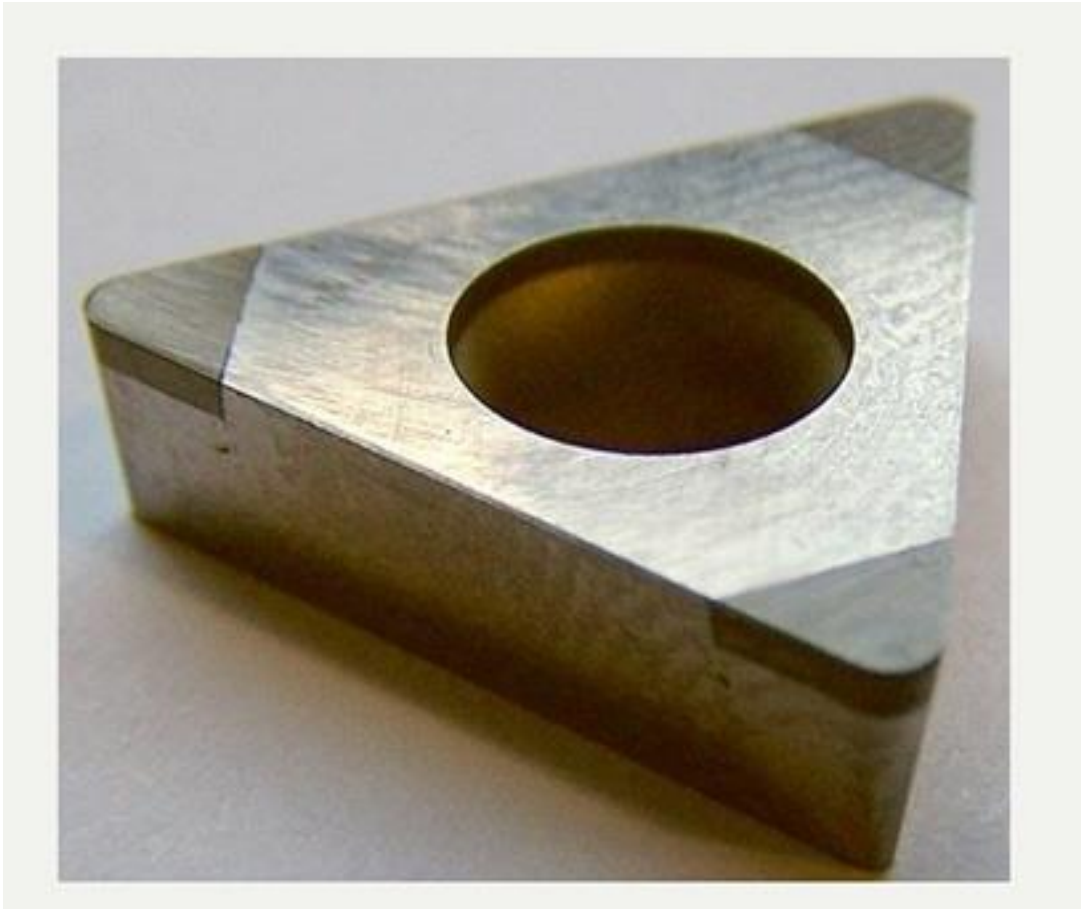
A CBN szerszámokat **edzett acél** (HRC 55-68), **gyors acél**, **szürkeöntvény**, **kemény-öntvény** **hőálló ötvözetek** (Ni, Co bázisú) **szinterfémek** **esztergálásánál**, **fúrásánál**, **marásánál** alkalmazzák.

A nagy CBN tartalmút (BH) nagyolásra, előmunkálásra használják.

A CBN élananyagot **váltólapka** formájában használják, mely kialakítása lehet **tömör**, **teljes réteges** (full face), és a lapka sarkába **forrasztott** (ezüsttartalmú keményforraszt).

Nagyobb kopásállóságot biztosít a bevonatolt (pl. TiN) CBN élananyag, a bevonat a kötőfázist védi és jobb kopásérzékelést biztosít.

Szuperkemény élananyagok



Keményfémlapka PCBN (polikristályos köbös bórnitrid)
csúcsokkal

Bevonatok, bevonatolás

Bevonatok, bevonatolás

A keményfémek továbbfejlesztésében mérföldkövet jelent a szerszám, lapka felületére felvitt nagy kopásállóságú, vékony bevonatú réteg.

Például: a bevonatolandó szerszám, lapka relatív szívós minőségű (P 20), amelyre egy 5-20 μm kemény karbid (pl. **TiC**), nitrid (pl. **TiN**), karbonitrid (**TiCN**) és/vagy oxid (**Al₂O₃**) réteget visznek fel.

A bevonatok fő feladatai:

- kopás elleni védelem
- éltartam növelése
- súrlódás csökkentése
- forgácsolóerő, hőfejlődés csökkentése
- hőszigetelés

Bevonatok, bevonatolás

Két bevonatolási eljárást különböztetnek meg:

- ❖ CVD-eljárás (Chemical Vapour Deposition)
- ❖ PVD-eljárás (Physical Vapour Deposition)

CVD-eljárás (Chemical Vapour Deposition)

A bevonat egyes alkotói között, gáz fázisban, adott nyomáson, hő vagy sugárzási energia bevitele mellett **kémiai reakció** megy végbe, létrehozva a bevonandó felületen egy szilárd réteget.

A reakciógáz összetételét változtatva hozhatók létre különböző összetételű rétegek.

A rétegek vastagságát a bevonatolás ideje határozza meg.

Bevonatok, bevonatolás

PVD-eljárás (Physical Vapour Deposition)

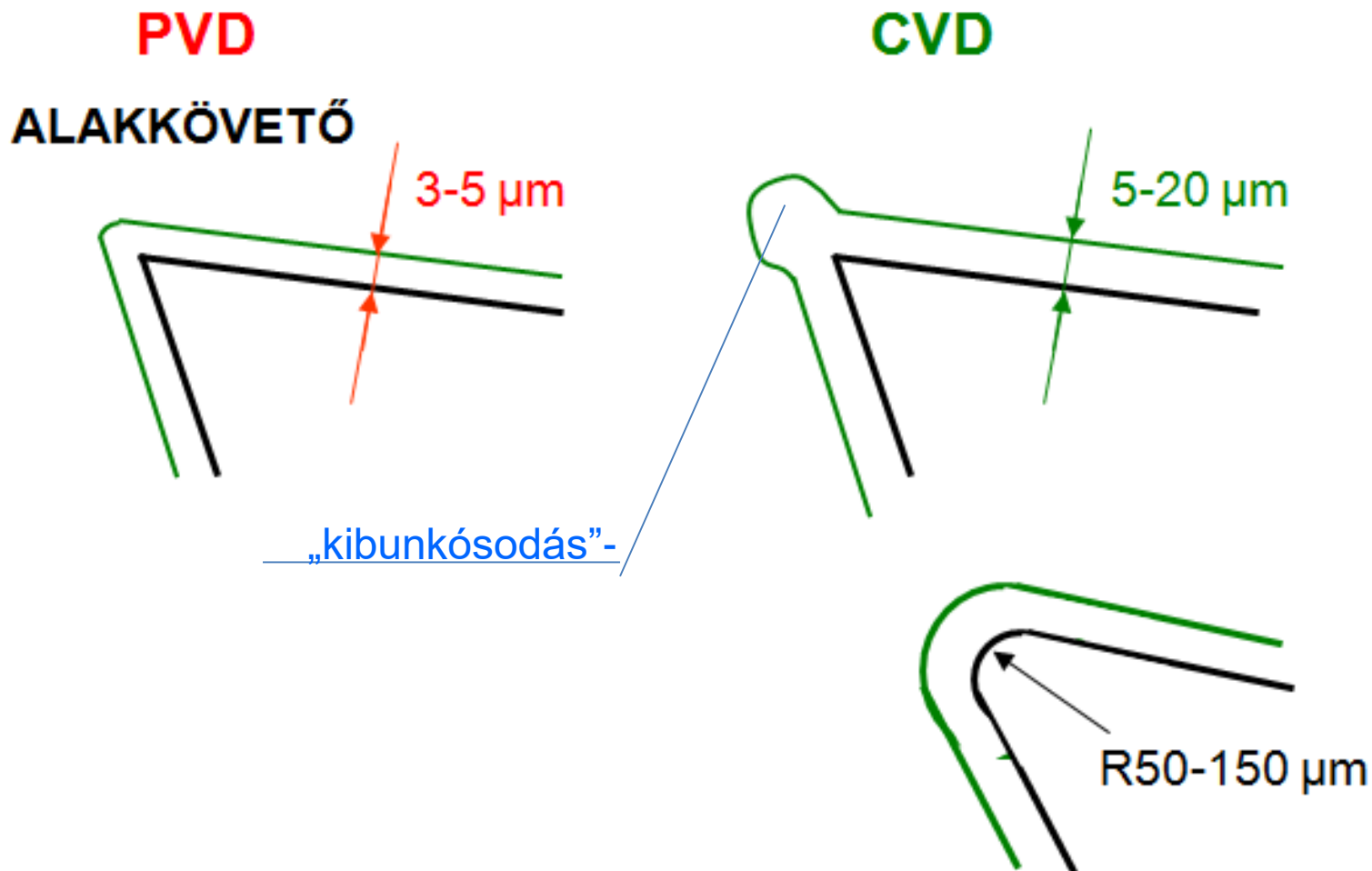
- Gőz fázisból történő lecsapátás.
- Az egyes eljárások a gőz fázis létrehozásában (termikus vákuum elgőzölögtetés, ill. kisüléssel, katód porlasztásos) különböznek.
- A különböző bevonatok az elgőzölögtetendő anyagok (Ti, Al, Cr...) és munkagázok megváltoztatásával hozhatók létre.

A gyorsacél szerszámok csak a megeresztési hőfoknál alacsonyabb PVD-eljárással, míg a keményfémek mindkettővel, de elsősorban CVD-eljárással bevonatolhatók.

A PVD-bevonatok vastagsága 3-5 μm és alakkövető, a CVD-bevonat 5-20 μm vastag és hajlamos az élen való „kibunkósodás”-ra, ennek elkerülése végett az éleket le kell kerekíteni 50-150 μm -re.

Bevonatok, bevonatolás

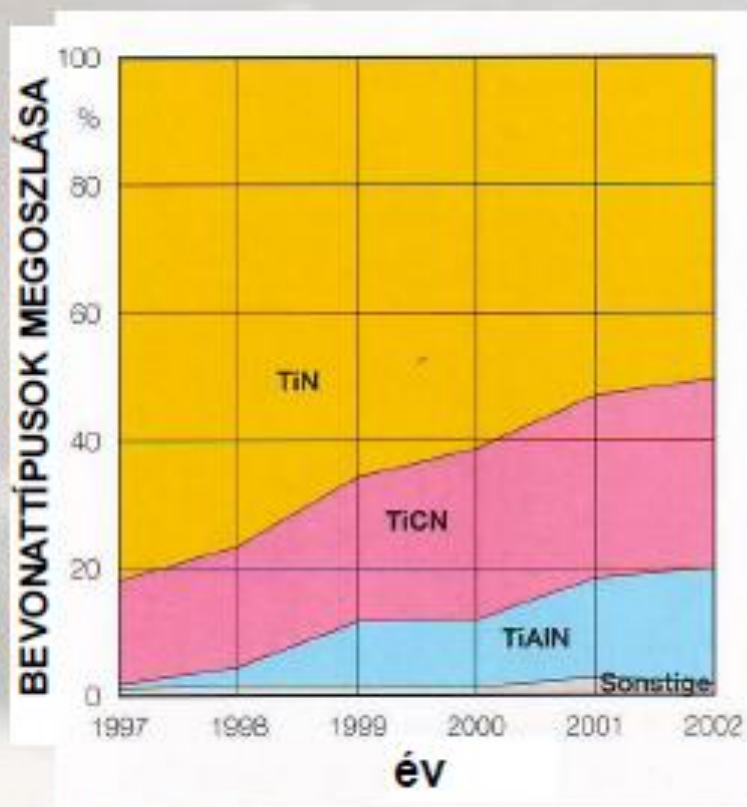
Ha **éles él** szükséges keményfém szerszámok esetén, akkor a bevonatolást **PVD**-eljárással végzik.



HSS

HSS - PM

SZERSZÁMOK PVD BEVONATTAL



MA:

**60-FÉLE
BEVONAT!**

www.balzers.hu – Coating Guide



www.platit.com

www.cemecon.de

FORRÁS: EMUGE

Bevonatok, bevonatolás

A különböző bevonatok tulajdonságairól ad áttekintő képet az alábbi táblázat:

HÁTKOPÁS ÁLLÓSÁG	KRÁTERES KOPÁS ÁLLÓSÁG
 <p data-bbox="486 831 685 1099">TiC Al₂O₃ TiN</p>	 <p data-bbox="1265 831 1468 1110">Al₂O₃ TiN TiC</p>

Bevonattípusok és jellemzői



nACo[®]

Szín: viola-kék
Nanokeménység: 45 GPa
Rétegvastagság: 1-4 μm
Sűrűdési együttható: 0,45
Max. alkalmazási hőmérséklet: 1100°C
Nanokompozit-réteg
 $nACo^{\circledR} = (nc-AlxTi1-xN)(Si_3N_4)$



TiN

Szín: arany
Nanokeménység: 24 GPa
Rétegvastagság: 1-7 μm
Sűrűdési együttható: 0,55
Max. alkalmazási hőmérséklet: 600°C



TiAlN-ML

Szín: viola-fekete
Nanokeménység: 28 GPa
Rétegvastagság: 1-4 μm
Sűrűdési együttható: 0,6
Max. alkalmazási hőmérséklet: 700°C



TiCN-G

Szín: vörös-réz
Nanokeménység: 32 GPa
Rétegvastagság: 1-4 μm
Sűrűdési együttható: 0,2
Max. alkalmazási hőmérséklet: 400°C



TiAlN-MB

Szín: viola-fekete
Nanokeménység: 35 GPa
Rétegvastagság: 1-4 μm
Sűrűdési együttható: 0,5
Max. alkalmazási hőmérséklet: 800°C



CrN+CBC

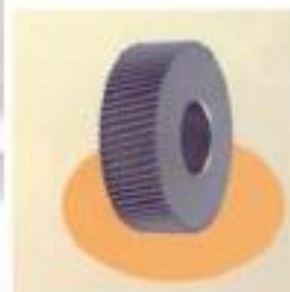
Szín: szürke
Nanokeménység: 20 GPa
Rétegvastagság: 1,5-6 μm
Sűrűdési együttható: 0,15
Max. alkalmazási hőmérséklet: 400°C
Gradiens duplaréteg

Bevonattípusok és jellemzői



TiAlCN

Szín: burgundi(vörös)
Nanokeménység: 28 GPa
Rétegvastagság: 4 μm
Súrlódási együttható: 0,25
Max. alkalmazási hőmérséklet: 500°C



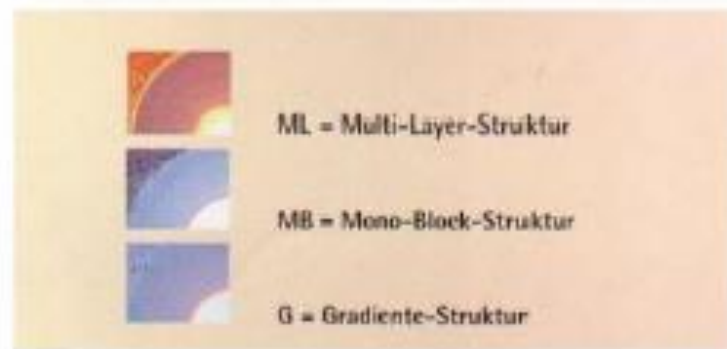
CrN

Szín: fém-ezüst
Nanokeménység: 18 GPa
Rétegvastagság: 1-7 μm
Súrlódási együttható: 0,3
Max. alkalmazási hőmérséklet: 700°C



AlTiN-G

Szín: fekete
Nanokeménység: 38 GPa
Rétegvastagság: 1-4 μm
Súrlódási együttható: 0,7
Max. alkalmazási hőmérséklet: 800°C



AlTiN-ML

Szín: fekete
Nanokeménység: 38 GPa
Rétegvastagság: 4 μm
Súrlódási együttható: 0,7
Max. alkalmazási hőmérséklet: 800°C



Bevonatok, bevonatolás

Súrlódás csökkentő lágy, kenő bevonatok, amelyeket a kemény rétegre visznek fel pl.: TiN + MoS₂, ill. (TiAl)N + WC/C és **száraz** forgácsolásnál alkalmaznak.

A **gyémánthoz hasonló (DLC – diamond-like-carbon)** bevonat (1-5 μm) kis súrlódási tényezőjű, kopásálló és nagyon kicsi a feltapadás hajlama, nem vas fémek, és Al, Mg száraz forgácsolásánál alkalmazzák.

CVD eljárással lehetséges kristályos **gyémánt bevonatot** előállítani, mely teljes mértékben gyémánt, mikro vagy nano kristályokból áll kötőfázis nélkül.

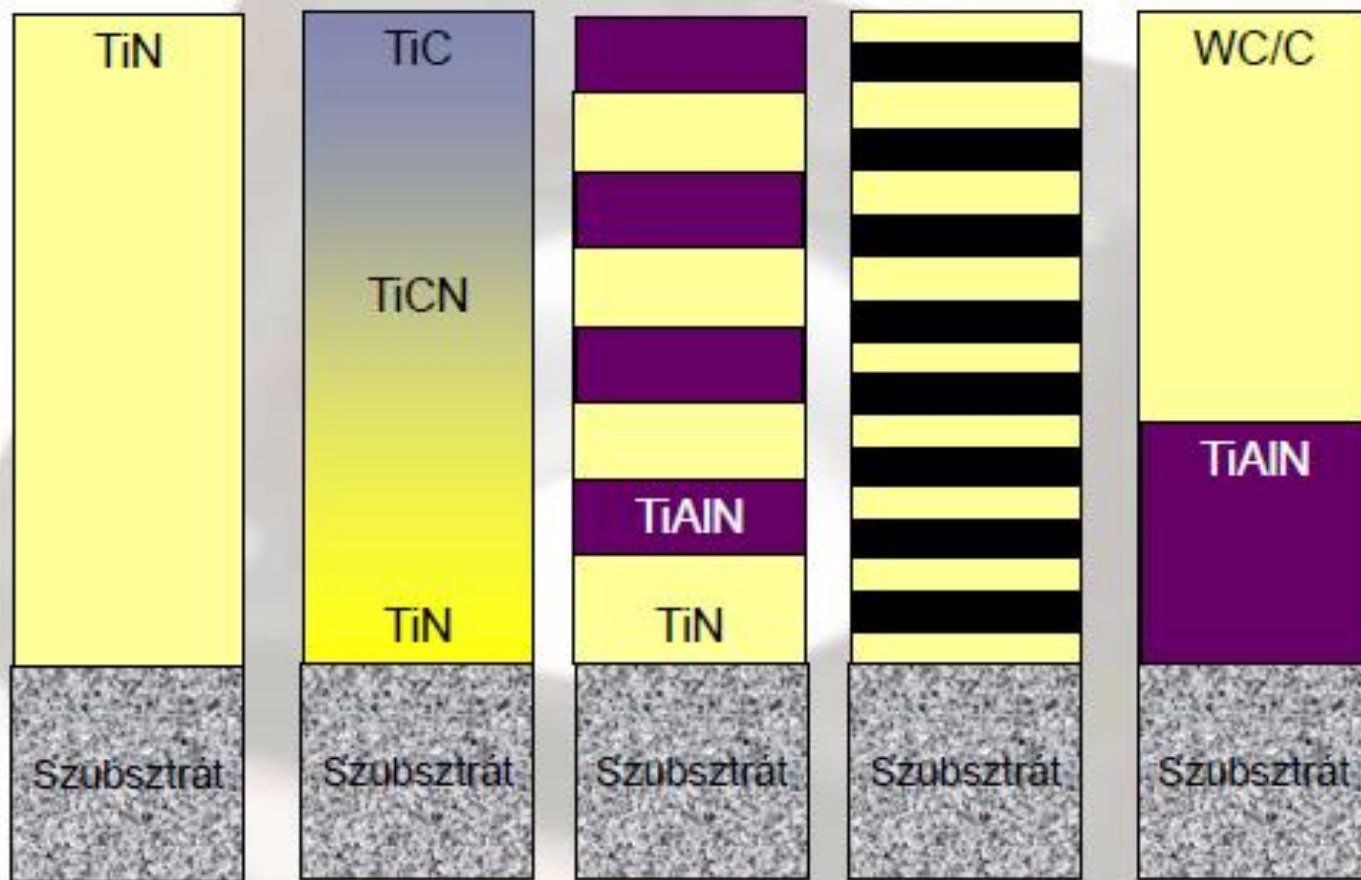
Megjelent, de még nem terjedt el a **CBN bevonat**.

Bevonattípusok alkalmazása

		Acélok	Szürke-öntvények	Alumínium (>12% Si)	Alumínium (<12% Si)	Szuper-öntvözött	Vörösréz	Bronz/ Sárgaréz	Műanyag
Forgácsoló megmunkálás	Fúrás	AlTiN TiAlN	AlTiN TiAlN	nACo® TiCN	TiCN-MP TiAlCN	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	TiCN-MP TiAlCN
	Esztergálás	AlTiN TiAlN	AlTiN TiAlN	nACo® TiCN	TiCN-MP TiAlCN	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	TiCN-MP TiAlCN
	Marás	AlTiN TiAlCN	AlTiN TiAlN	nACo® TiCN	TiCN-MP TiAlCN	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	TiCN-MP TiAlCN
	Menet megmunkálás	TiAlCH TiCN-MP	AlTiN TiAlN	AlTiN TiAlN	CrN+CBN TiCN-MP	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	TiCN-MP TiAlCN
	Fűrészelés	TiAlCN TiN	TiCN-Mp TiN	TiAlCN TiN	TiAlCN TiN	TiAlCN TiN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	TiCN-MP TiAlCN
	Dörzsárazás és üregelés	TiAlN TiCN-MP	TiAlN TiCN-MP	TiAlN TiCN-MP	TiCN-MP TiAlCN	AlTiN TiAlCN	CrN	TiCN-MP TiAlCN	-
Forgácsolás nélküli megmunkálás	Fröccsöntés	TiN CrN	-	TiN CrN	TiN CrN	TiN CrN	CrN	CrN TiN	TiN CrN
	Kivágás és sajtolás	AlTiN TiAlCN	-	nACo® TiCN-MP	CrN+CBN TiCN-MP	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP nACo®	-
	Képlékeny alakítás	TiCN-MP TiAlCN	-	nACo®	CrN+CBN TiCN-MP	nACo® AlTiN	CrN	TiCN-MP	-

Bevonatolás

Bevonatstruktúrák



alap alakú metszet

Egyszeres bevonat

Gradiens bevonat

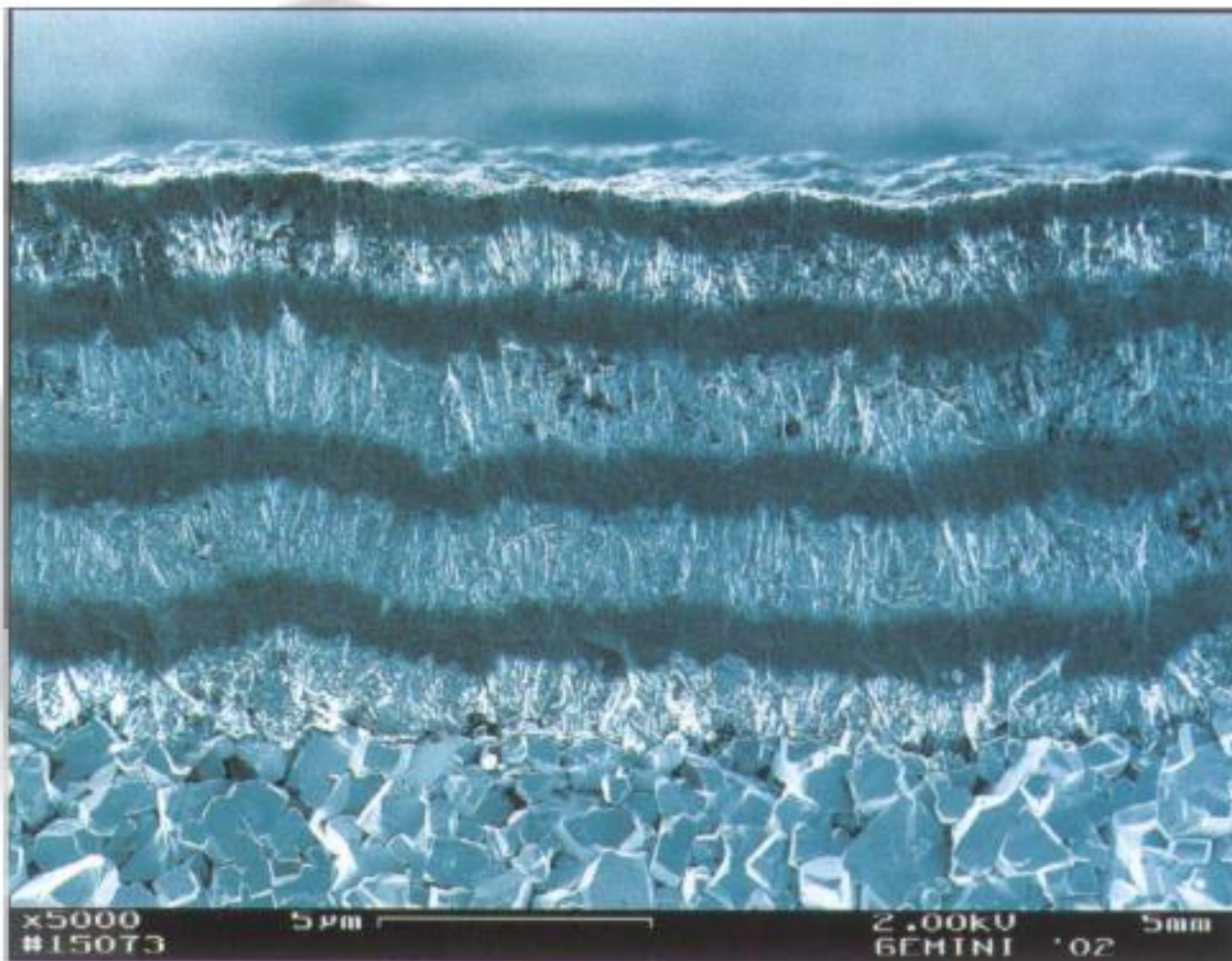
Többrétegű bevonat

Nano bevonat

Kemény/lágy bevonat

Bevonatolás

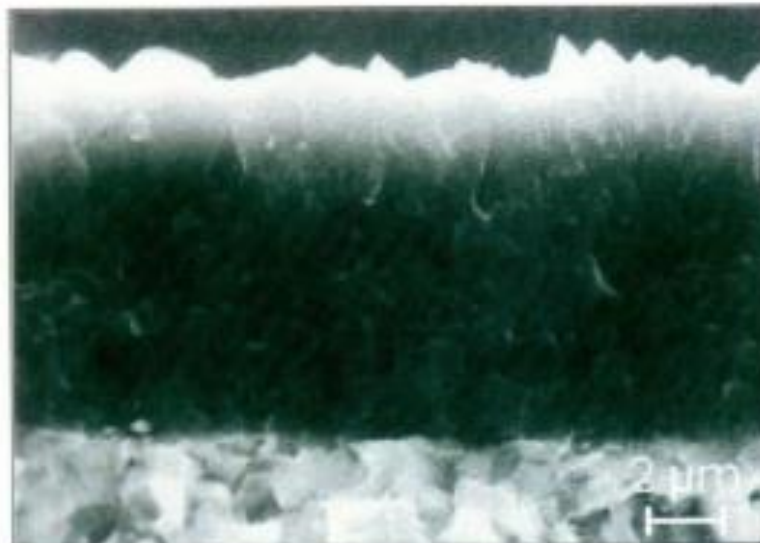
Többrétegű gyémántbevonat
elektronmikroszkópi képe



alap alakú metszet

Bevonatolás

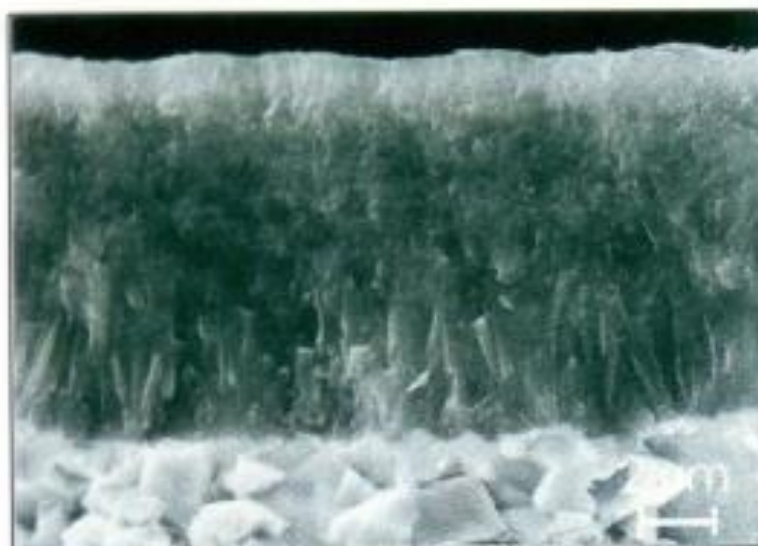
Többrétegű bevonatok elektronmikroszkópi képei



Töret rászter-elektron-
mikroszkópos felvétele

Alap: $2xTi(C,N)$

Fedőréteg:
 $[TiN, Ti(C,N), Ti(N,B)]$



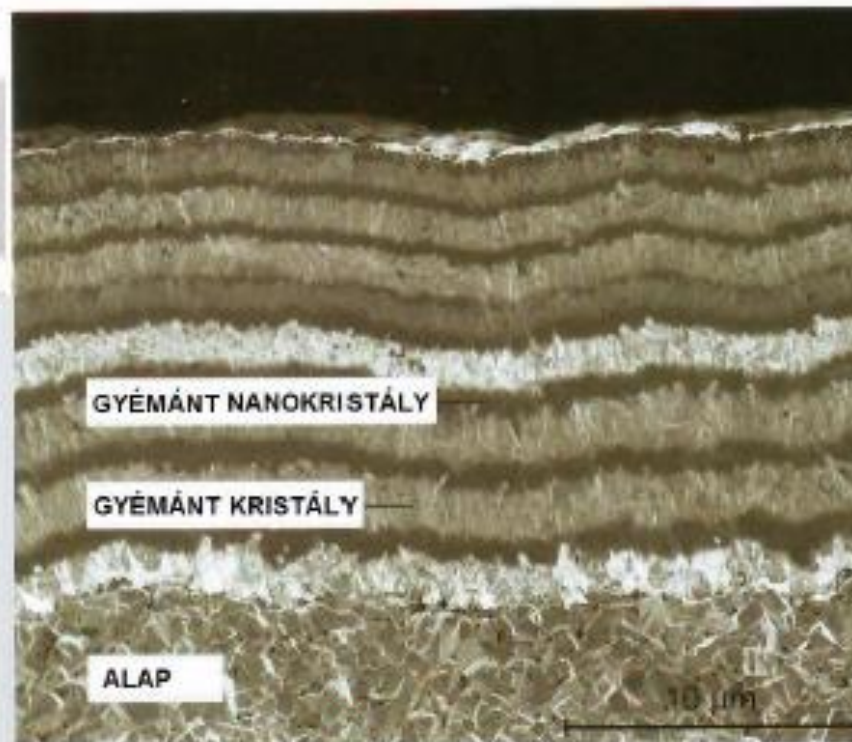
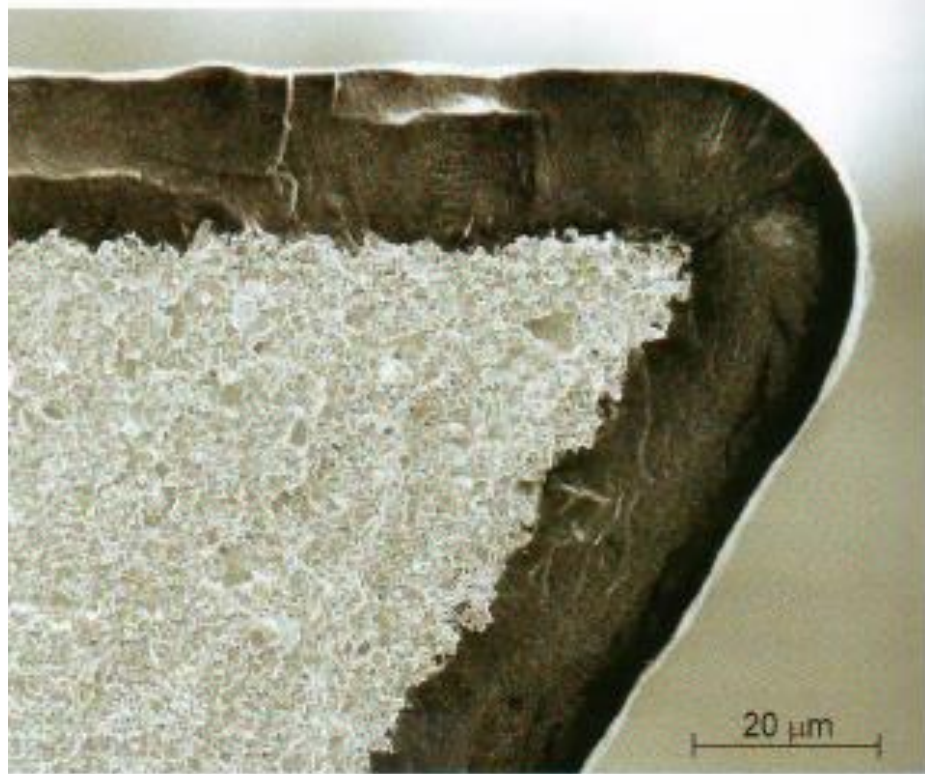
Töret rászter-elektron-
mikroszkópos felvétele

Alap: $TiC-Ti(C,N)$

Fedőréteg: TiN

Bevonatolás

Gyémánt bevonatok
töretfelületének
elektronmikroszkópi
képei



NORMÁL ÉS NANO
MULTI BEVONAT

EGYRÉTEGŰ

Forrás: EMUGE

Szerszámkonstrukciók, befogási módok

**Az egyes megmunkálási módoknál
tárgyaljuk!**

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!