



A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át, a nanokompozitos bevonatoló gépig

Aktuális trendek a forgácsolás világából

avagy

A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át, a nanokompozitos bevonatoló gépig

- Létezik-e intelligencia a forgácsoló szerszámokban?
- Szárazmegmunkálás; a zöld álom és a valóság
- Bevonatolás; a forgácsoló technológia legdinamikusabban fejlődő ágazata



• (Mesterséges) Intelligencia

- Ismeretek elsajátítása – ismeretek (adatbank) generálása
- A probléma felfogása -> mérése
- Keresés az ismeret bankban (volt-e már hasonló eset)
- A mért adatok és az ismeretek összehasonlítása
- Analízis – lehetséges megoldások generálása
- Döntés
- Reakció generálása
- A legrosszabb döntés a hiányzó döntés



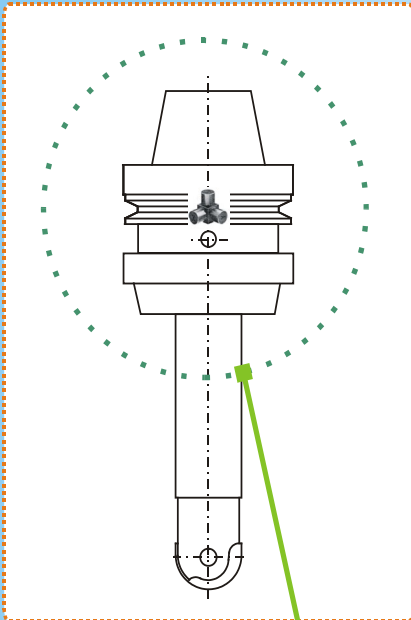
References:

- T. Cselle: Szerszámgépek felügyeletének tervezése szakértői rendszerek segítségével, BDGMF, Budapest, 1987
Schnittkraftmessung am rotierenden Werkzeug, Hanser, Zürich, 1993
Ein wissenbasiertes Beratungssystem zur Optimierung von Zerspanparametern, Hanser, München 1994
Spanende Fertigung, Vulkan, Essen, 2012



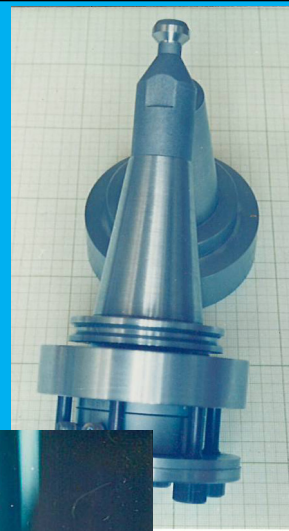
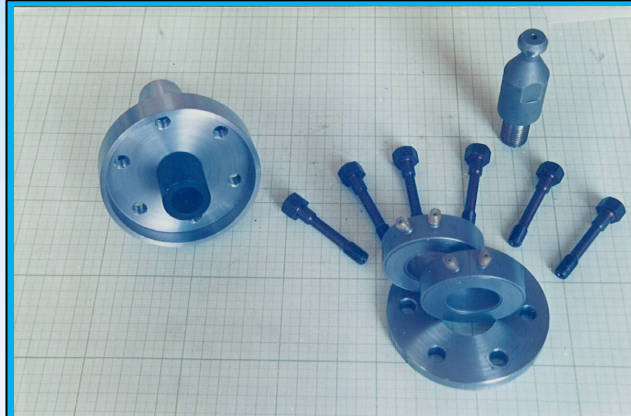
Szenzor-integráció szerszámtartókba

Möglichkeiten der prozessnahen Sensor-(Aktor)integration für die Zerspanung mit rotierenden Werkzeugen



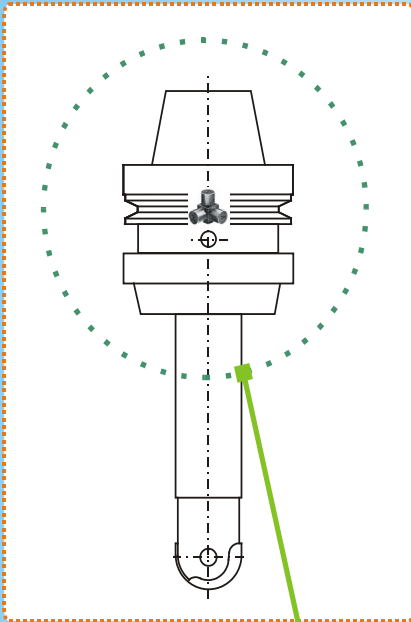
Sensor-(Aktor)integration in Werkzeugaufnahmen

- Nutzung für Werkzeuge mit kurzer Nutzungsdauer bzw. Werkzeuge, deren Baugröße eine direkte Integration ausschließt



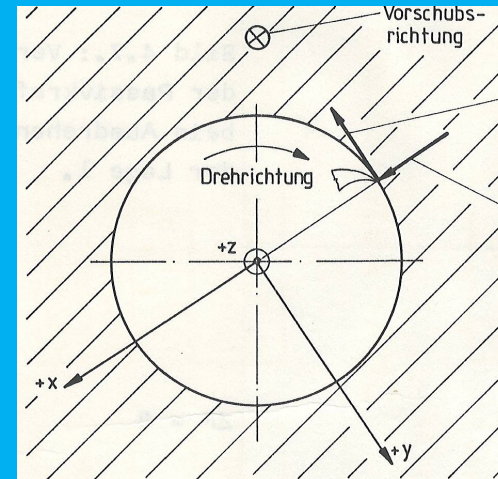
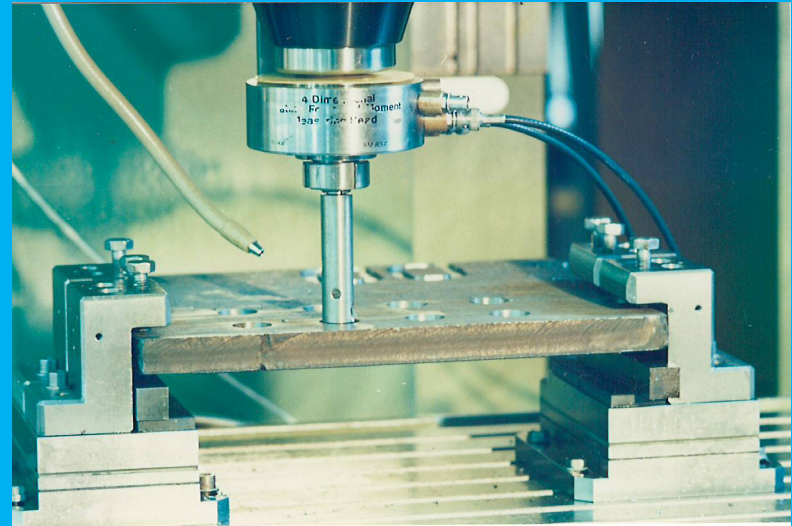
Szenzor-integráció szerszámtartókba

Möglichkeiten der prozessnahen Sensor-(Aktor)integration für die Zerspanung mit rotierenden Werkzeugen



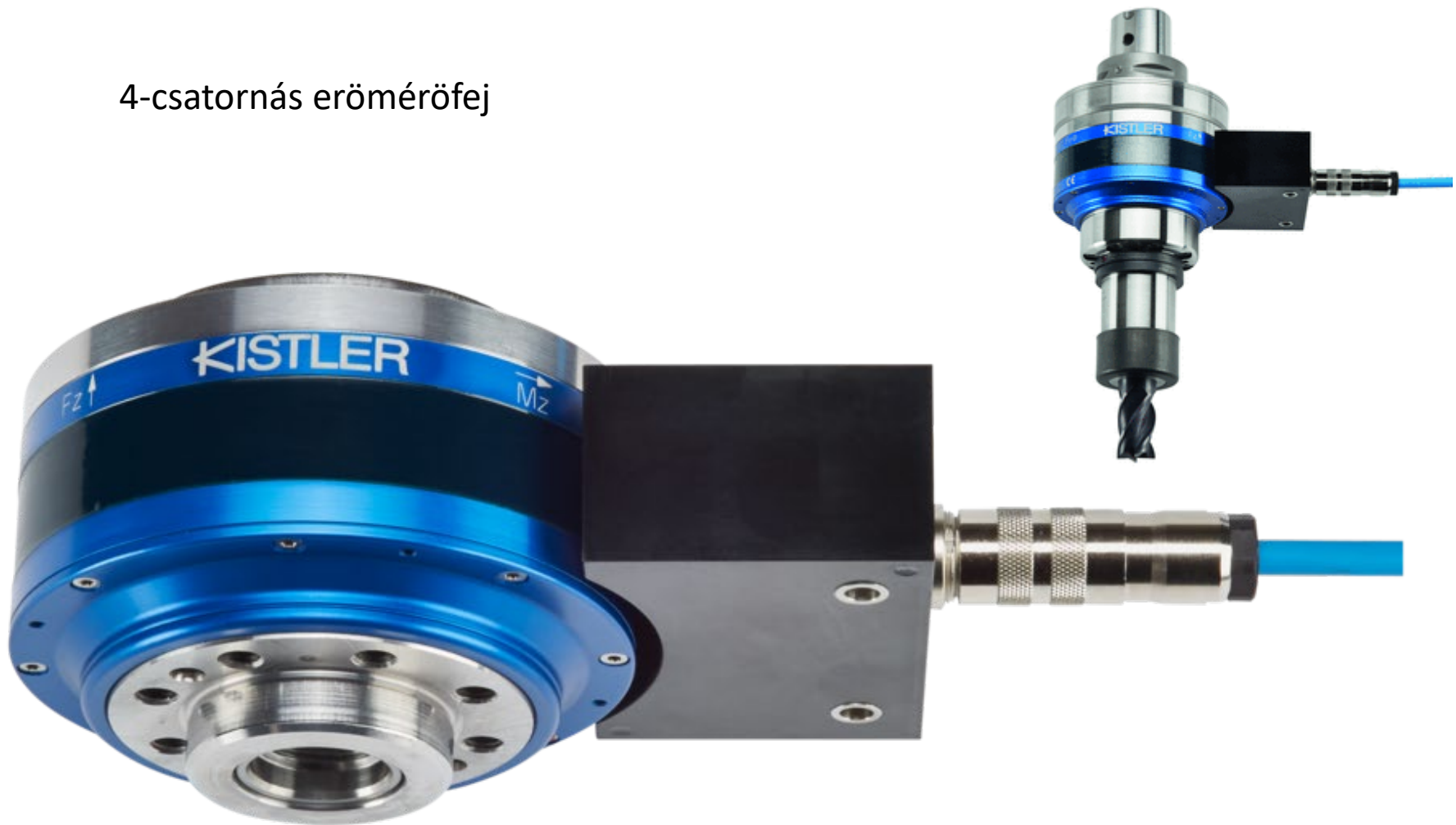
Sensor-(Aktor)integration in Werkzeugaufnahmen

- Nutzung für Werkzeuge mit kurzer Nutzungsdauer bzw. Werkzeuge, deren Baugröße eine direkte Integration ausschließt



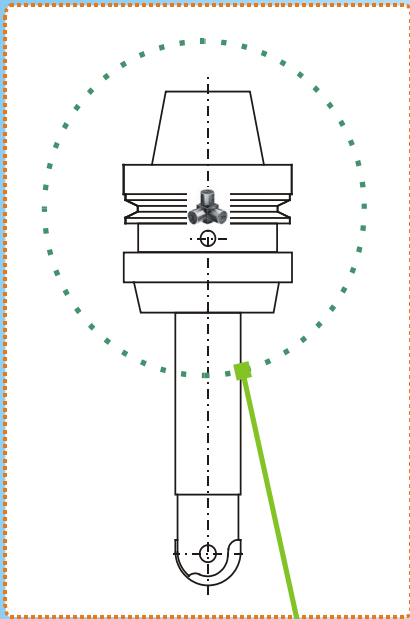
Szenzor-integráció szerszámtartókba

4-csatornás erőmérőfej



Mesterséges intelligencia -> stabil és optimális forgácsolás

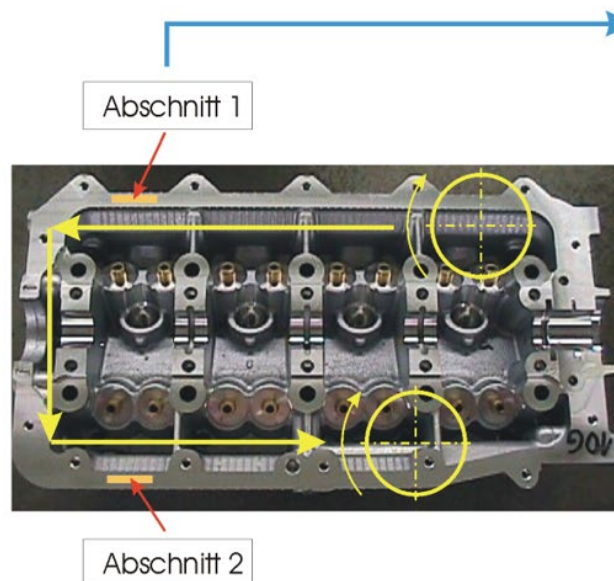
Möglichkeiten der prozessnahen Sensor-(Aktor)integration für die Zerspanung mit rotierenden Werkzeugen



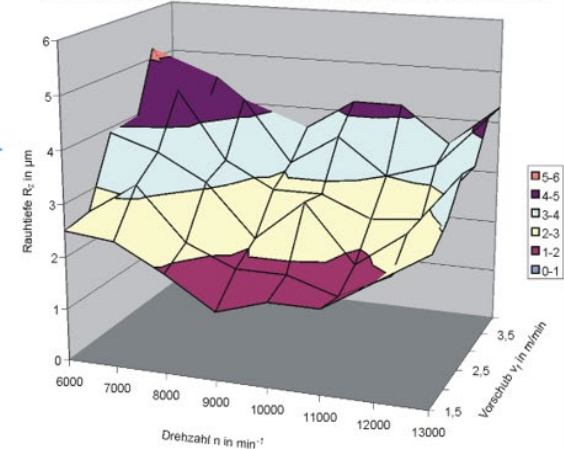
Sensor-(Aktor)integration in Werkzeugau

- Nutzung für Werkzeuge mit kurzer Nutzung bzw. Werkzeuge, deren Baugröße eine direkte Integration ausschließt

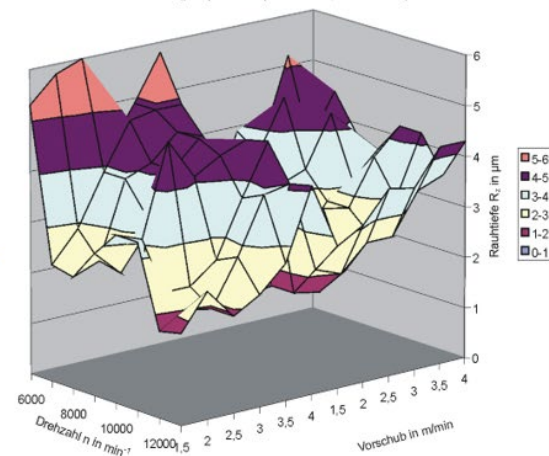
Rauhtiefenverteilung an einer Dichtfläche als Funktion der Drehzahl und des Vorschubes



Gemittelte Rauhtiefe R_z in μm als $f(\text{Drehzahl}, \text{Vorschub})$ im Abschnitt 1



Gemittelte Rauhtiefe R_z in μm als $f(\text{Drehzahl}, \text{Vorschub})$ im Abschnitt 2



Mesterséges intelligencia -> stabil és optimális forgácsolás

Adaptronisches Zerspanwerkzeug:

ADAPTOOL[®]

Tanulás

Mérés

Analízis

Döntés

Reakció



Aktuális trendek a forgácsolás világából

avagy

**A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át,
a nanokompozitos bevonatoló gépig**

- Létezik-e intelligencia a forgácsoló szerszámokban?
- Szárazmegmunkálás; a zöld álom és a valóság
- .



Szárazmegmunkálás



Szárazmegmunkálás; a zöld álom és valóság
Sok előny és sok feltétel;
Nem megbízhatóbb mint a forgácsolás hűtéssel

References:

- T. Cselle: New Contrary Trends in the Industry; Dry <-> HSC, Ford Dev. Center, Dearborn, May/1993
10 Commandments for Dry High Speed Machining, Leuven, Belgium, May/1997
Tooling – Quo Vadis 2007, Ford Development Center, Dearborn-Detroit, 18/01/2006
Beschichten in der Motoren- und Getriebefertigung, Dresden, 2013

Szárazmegmunkálás, miért?



Szárazmegtartás: Miért?

Egészség
Környezetvédelem

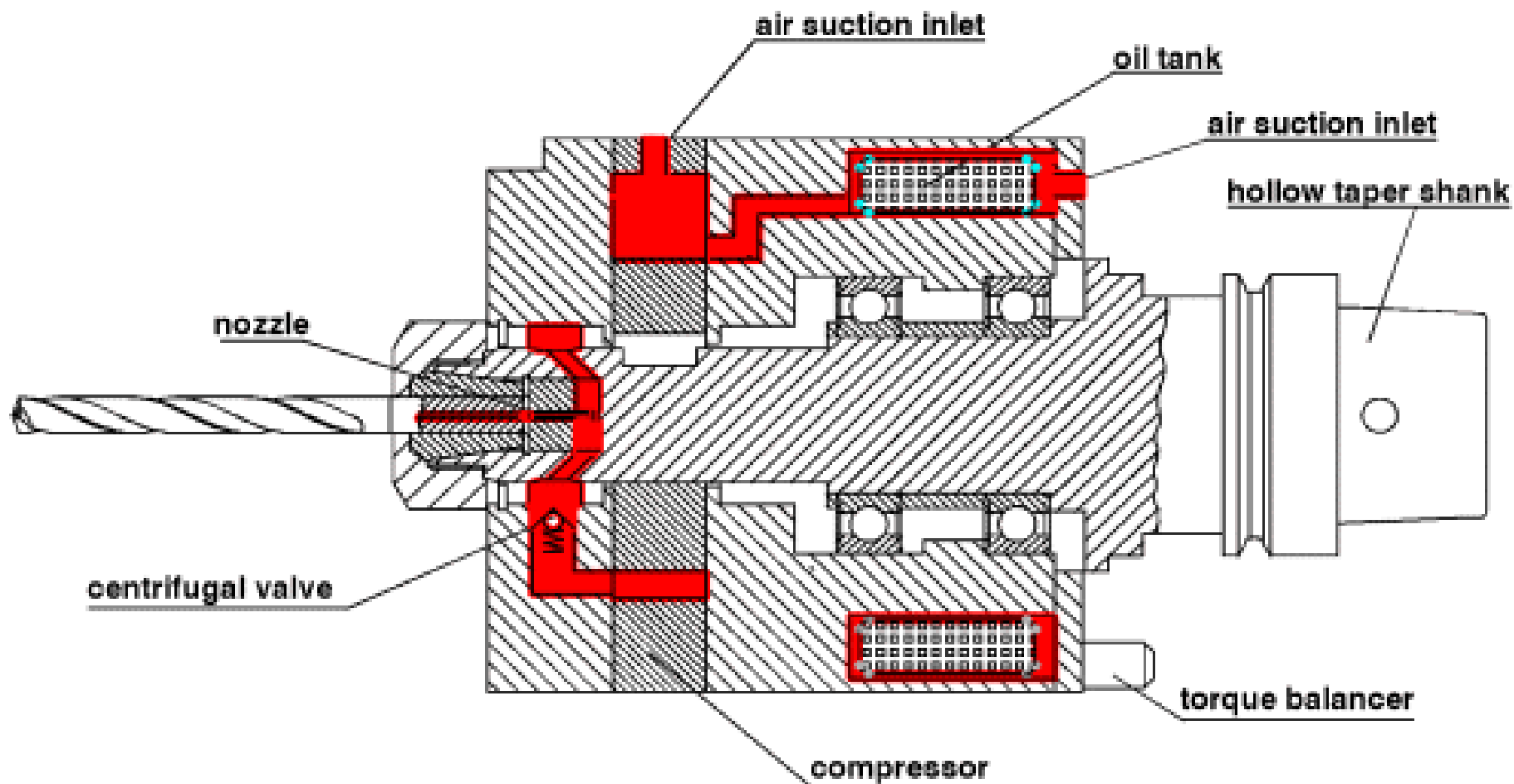
Hűtő-kenő-folyadék által okozott bőrbetegségek



A gépkezelők 53%-nak már volt ilyen bőrbetegsége (D)



Minimalkenés kívülről - belülről



Szárazmegmunkálás: Miért?

Egészség

Környezetvédelem

Költségek

conventional coolant : **beam
sparkling**



60000

: **1**

15 l/min

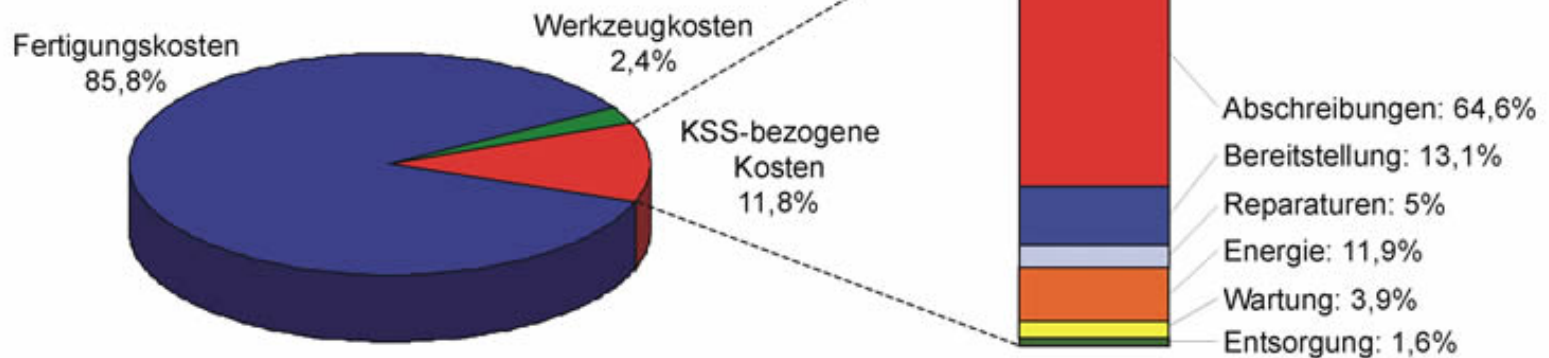
: 15 ml/h



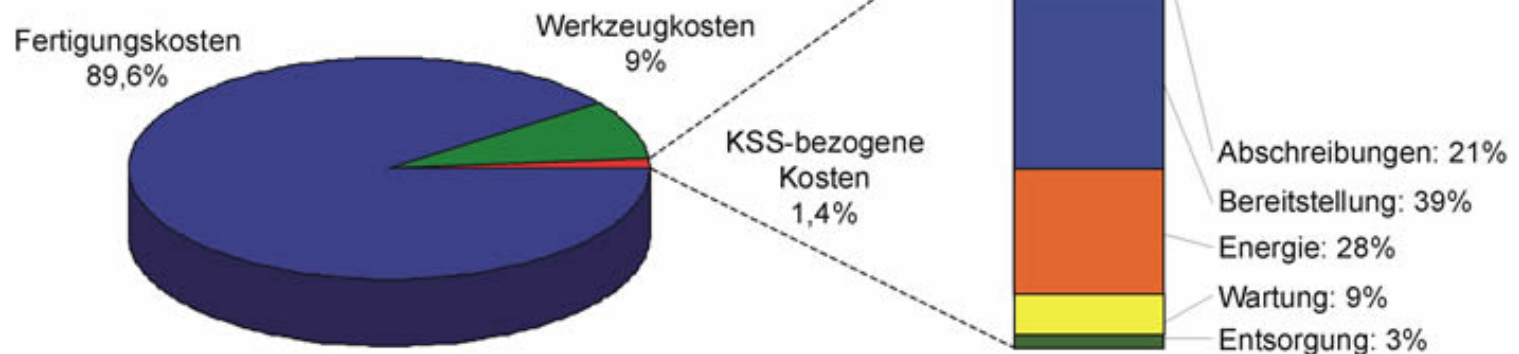
Szárazmegmunkálás: Miért?

Egészség
Környezetvédelem
Költségek

Prismatisches Bauteil: Getriebegehäuse

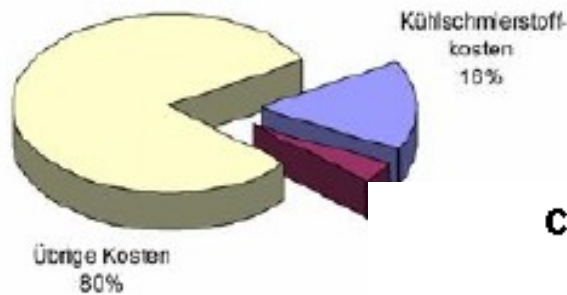


Rotationssymmetrisches Bauteil: Antriebskegelrad

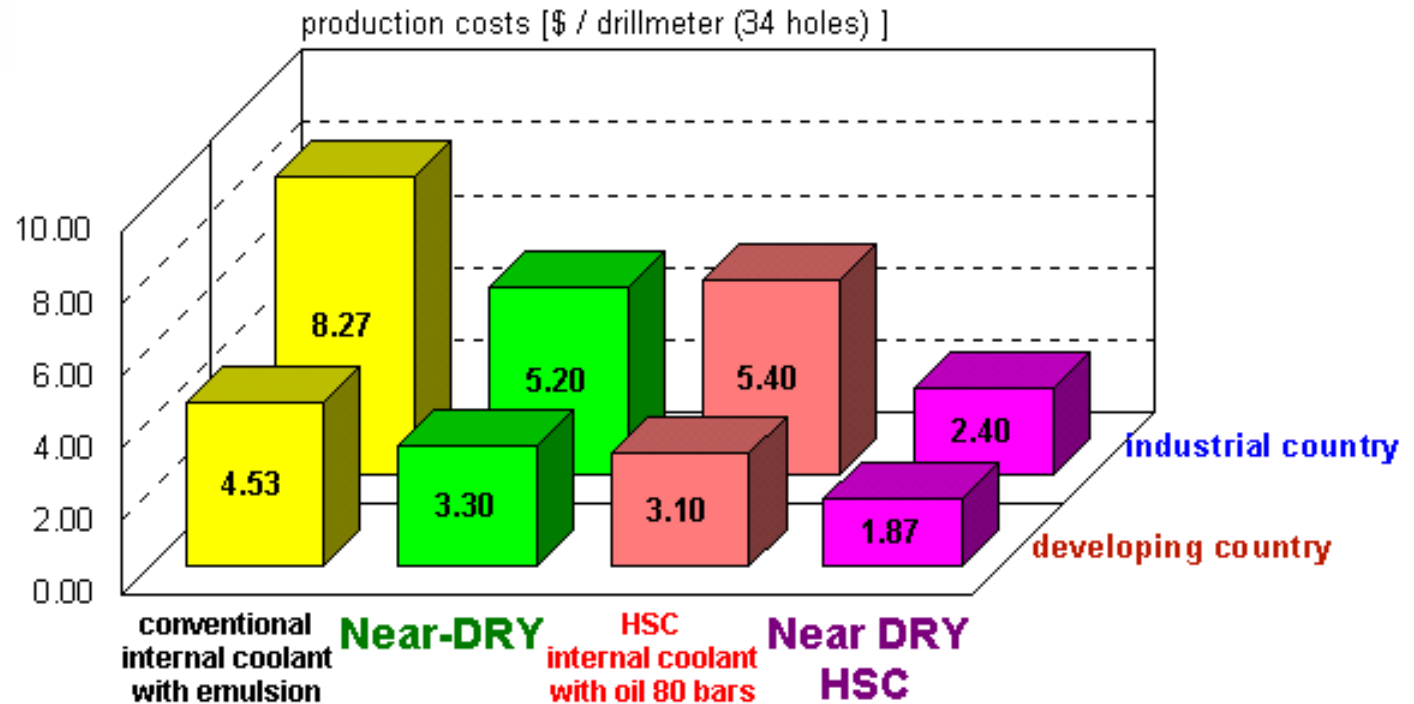


nach Daimler-Benz, VW

Költség-összehasonlítás; hengerfej gyártásánál



conventional <-> **DRY** <-> **HSC** <-> **Near DRY-HSC**



Work piece material: AISi9Cu3
Holes: d = 7.34 mm - a_p = 28 mm

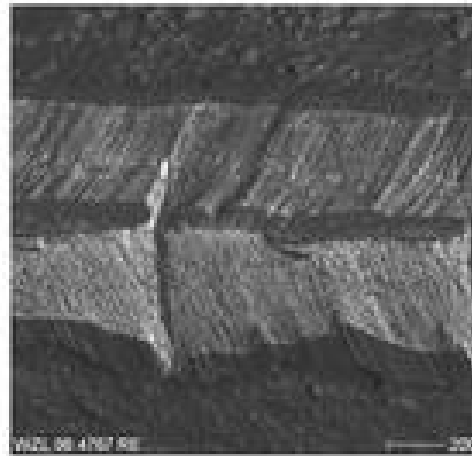
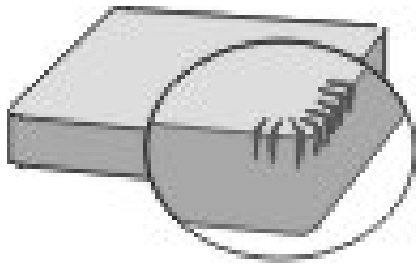
Szárazmegmunkálás: Miért?

Egészség

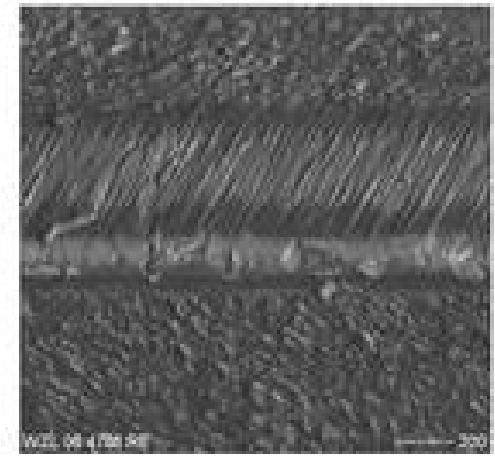
Környezetvédelem

Költségek

Hajrepedés elkerülése



With coolant
changing temperature
-> hair cracks

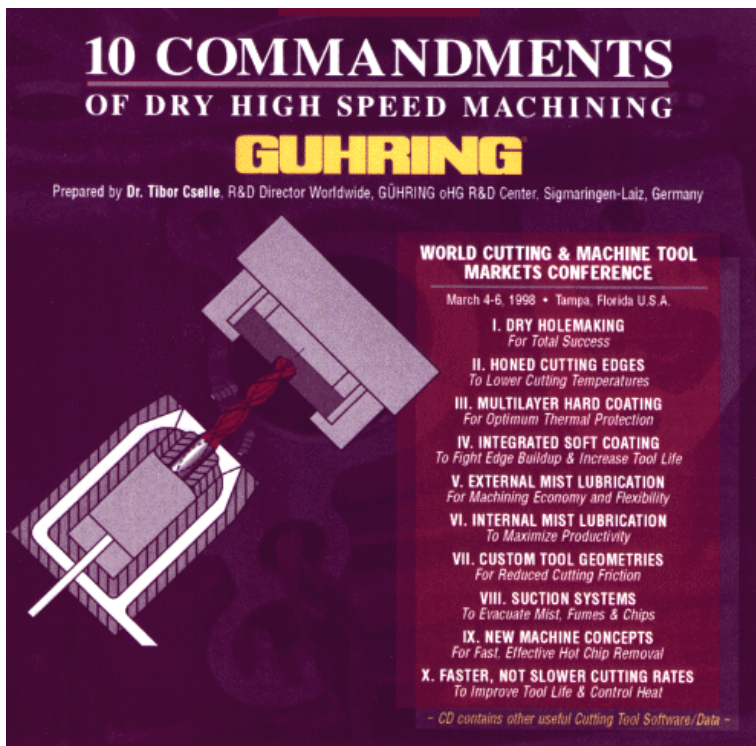


No coolant; dry
constant temperature
-> no cracks

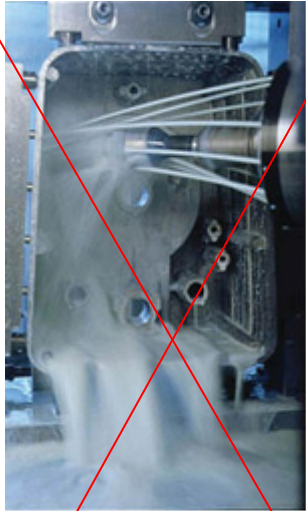


A szárazmegmunkálás 10-parancsolata

1. Csak 100%-nak van értelme



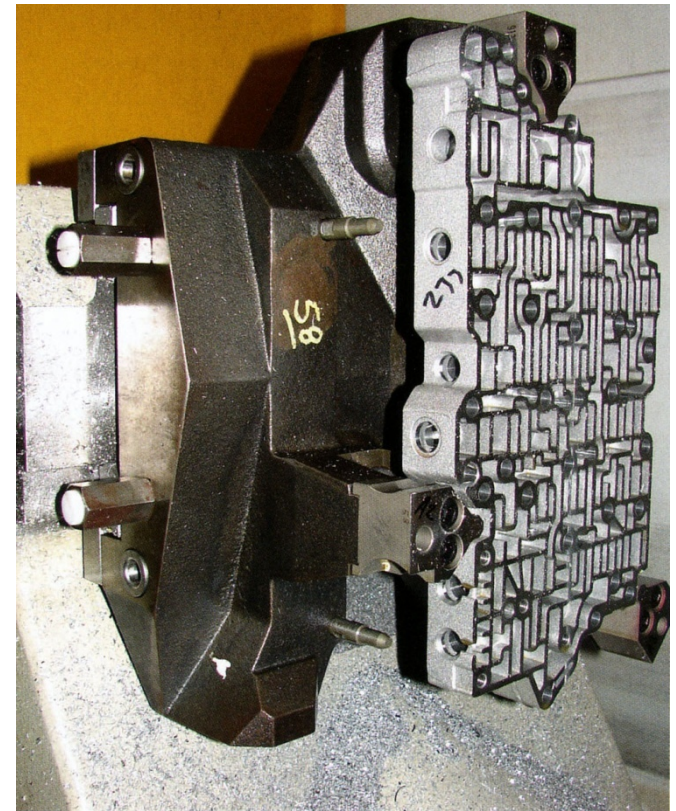
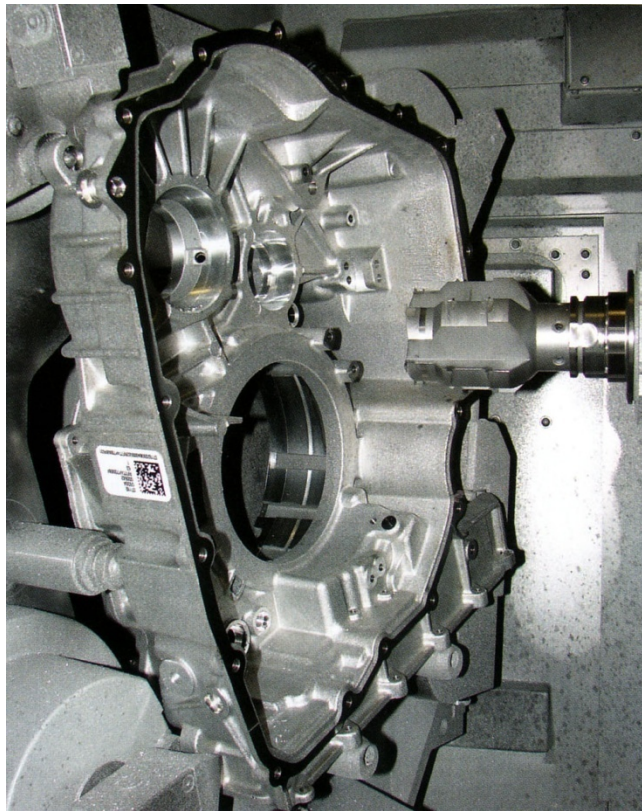
The 10 Commandments of DRY High Speed Machining



Flood-coolant machining effectively washes chips out of the machine, but fluid-handling creates additional costs overall. Photo courtesy Blaser Swisslube

Only 100% makes sense : FORD

- 6 speed automatic gear boxes
- AlSi9Cu3
- 136 machining centers (256 in 2009)
- MQL 2 channels



The 10 Commandments of DRY High Speed Machining

Examples from the industry

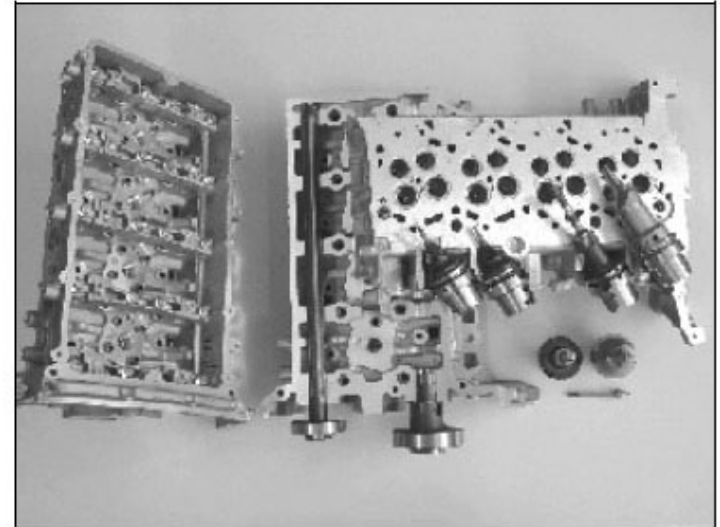
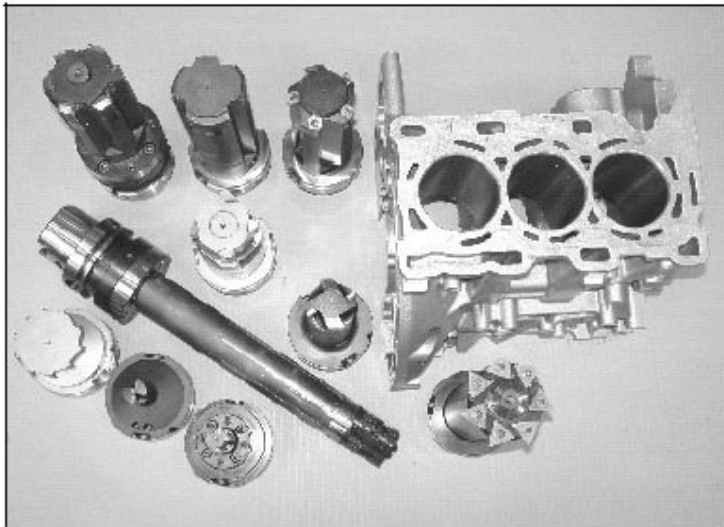
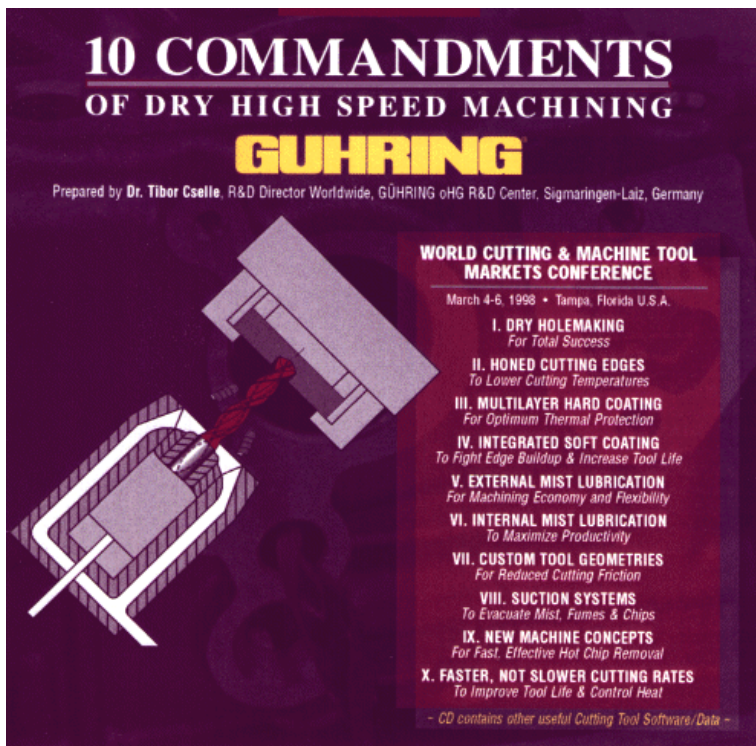


Bild 14 + 15: Al-Motorblock und Al-Zylinderkopf mit MMS - Werkzeugen [4]

Source: VW, Salzgitter, Germany



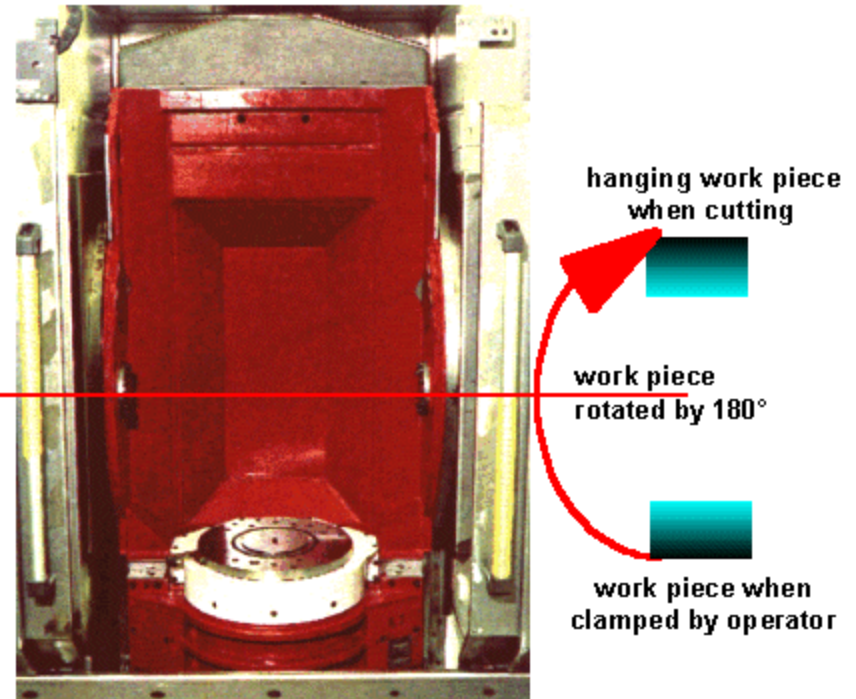
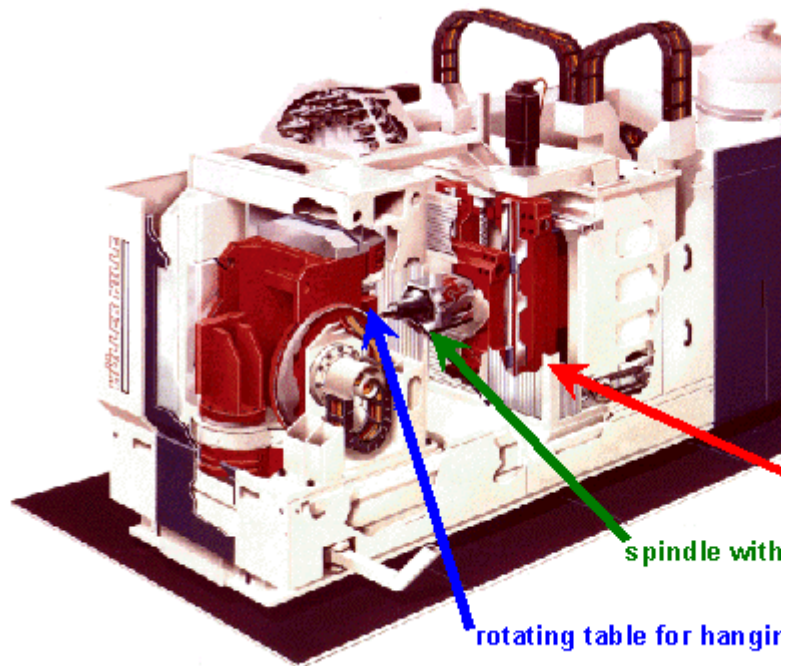
A szárazmegmunkálás 10-parancsolata

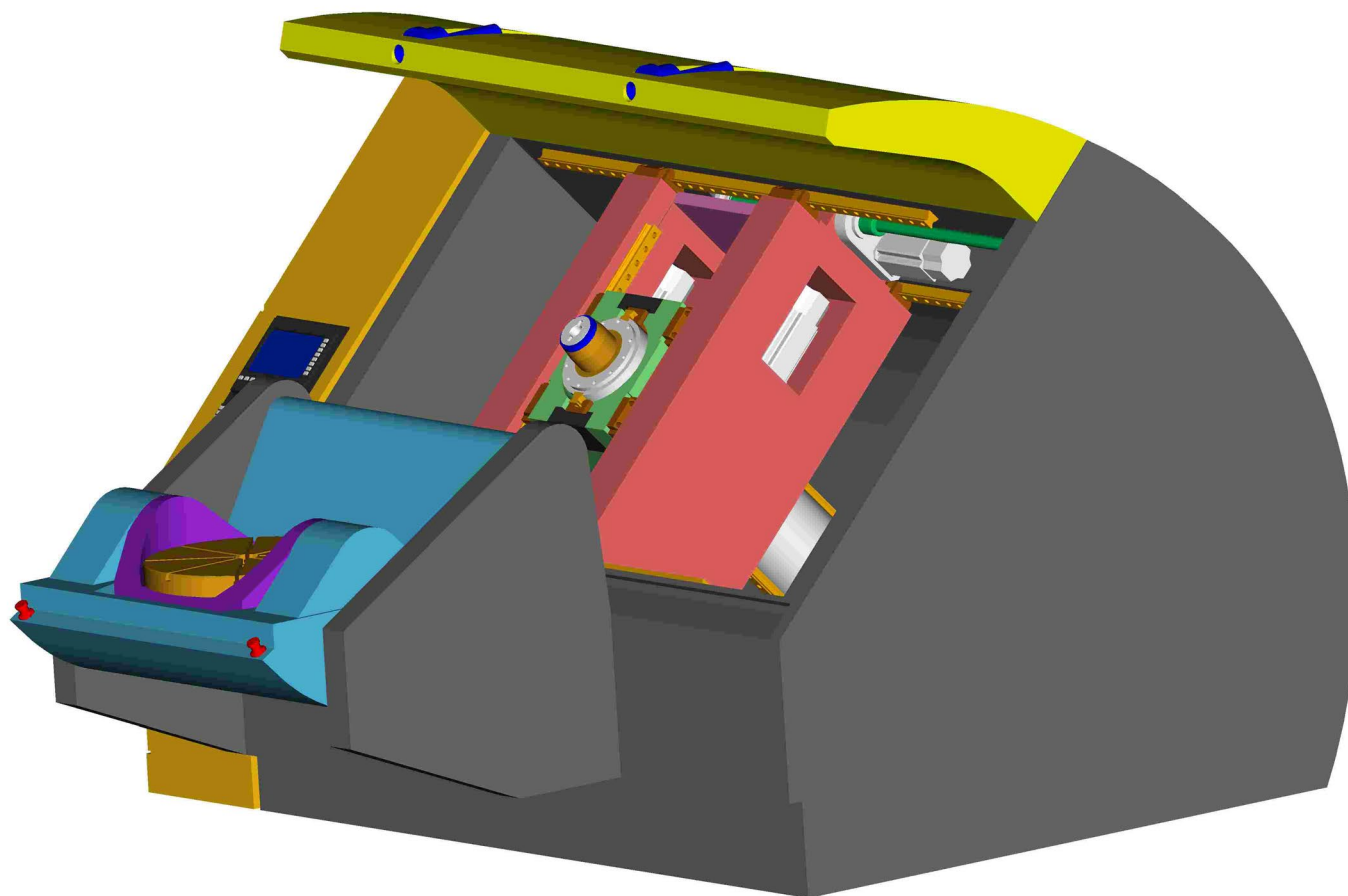


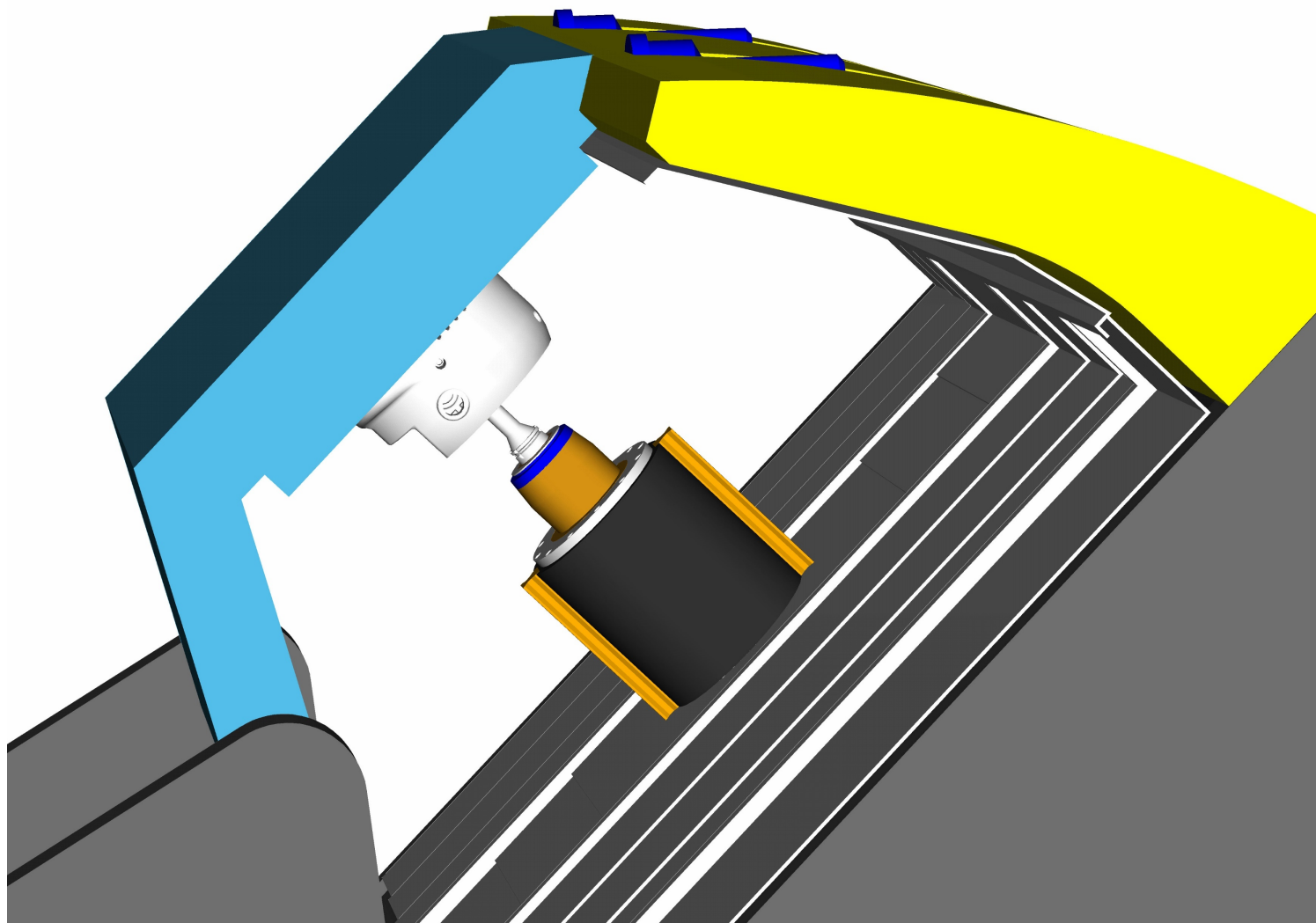
1. Csak 100%-nak van értelme
2. A kulcs a precíziós furatmegmunkálás
3. Dedicated szerszám-geometria
4. Magas hőszilárdsságu forgácsoló anyag él-előkészítéssel
5. Külső minimálkenés
6. Belső minimálkenés
7. Gyorsabban nem lassabban
8. Dedicated szerszámgép-konstrukció



Speciális szerszámgép konstrukció







A szárazmegmunkálás 10-parancsolata



1. Csak 100%-nak van értelme
2. A kulcs a precíziós furatmegmunkálás
3. Dedicated szerszám-geometria
4. Magas hőszilárdsságu forgácsoló anyag él-előkészítéssel
5. Külső minimálkenés
6. Belső minimálkenés
7. Gyorsabban nem lassabban
8. Dedicated szerszámgép-konstrukció
9. Kenő bevonat
10. Nagy szilárdságu kemény bevonat



Aktuális trendek a forgácsolás világából

avagy

A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át, a nanokompozitos bevonatoló gépig

- Létezik-e intelligencia a forgácsoló szerszámokban?
- Szárazmegmunkálás; a zöld álom és a valóság
- **Bevonatolás; a forgácsoló technológia legdinamikusabban fejlődő ágazata**

References:

- T. Cselle: Carbide Drill: At the Peak of the Development? Gühring, Sigmaringen, 1.-8. kiadás, 1991 - 2001
Mikrogeometrie und Nanoschichten für Zerspanungswerkzeuge, RWTH, Aachen, 2010
11-er Anlagen mit vier Schichtgenerationen, Werkzeugtechnik, Boulogne, 2013
Coatings for Cutting High Performance Materials, wpk, Wien, 2016
From Start-Up to Hybrid Revolution, Werkzeugtechnik, Boulogne, 2017
Compendium - Quo Vadis PVD Coatings, 1.- 58. kiadás, PLATIT, Grenchen, Selzach, 2002- 2017

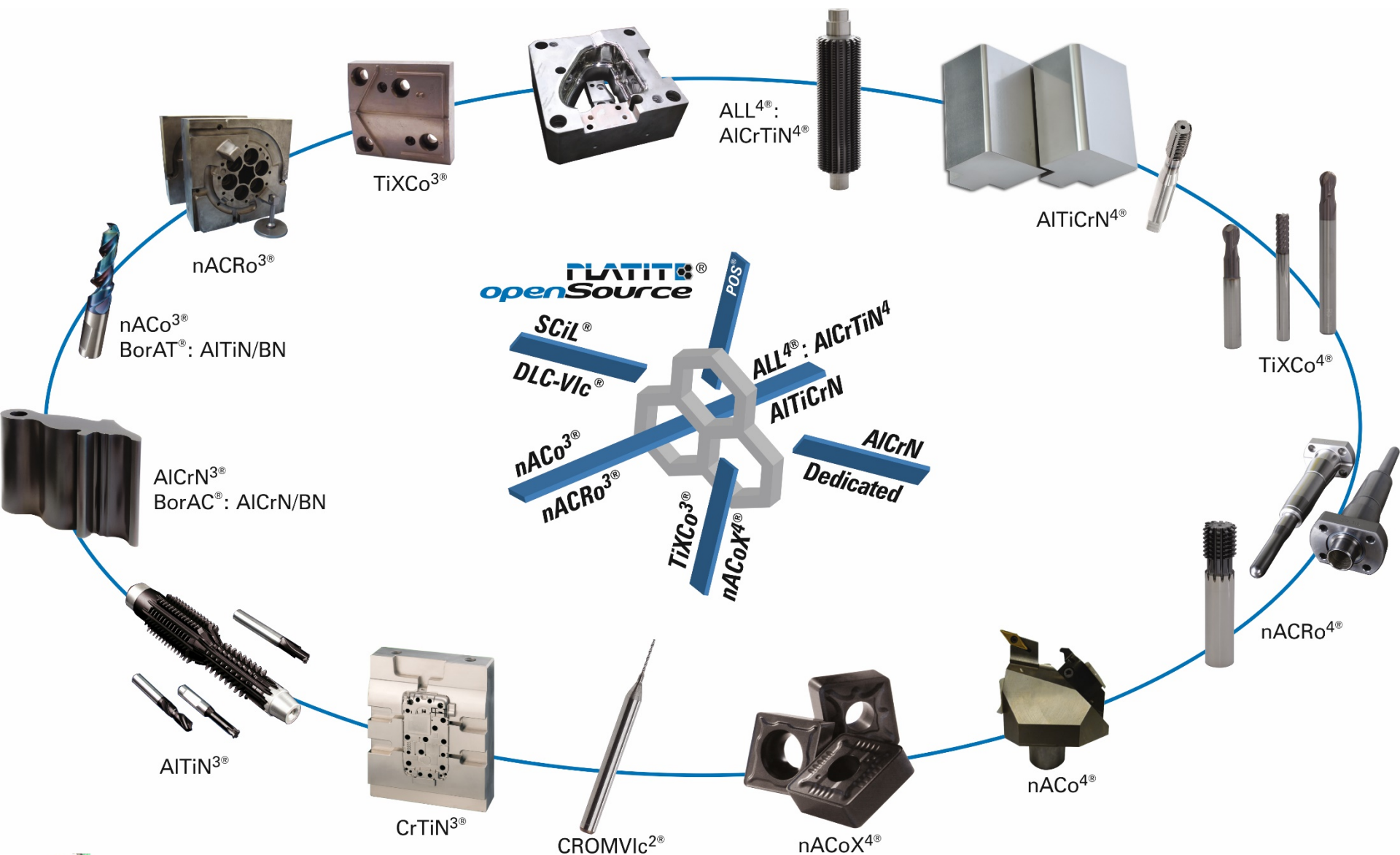


A bevonatolás legfontosabb alkalmazási területei

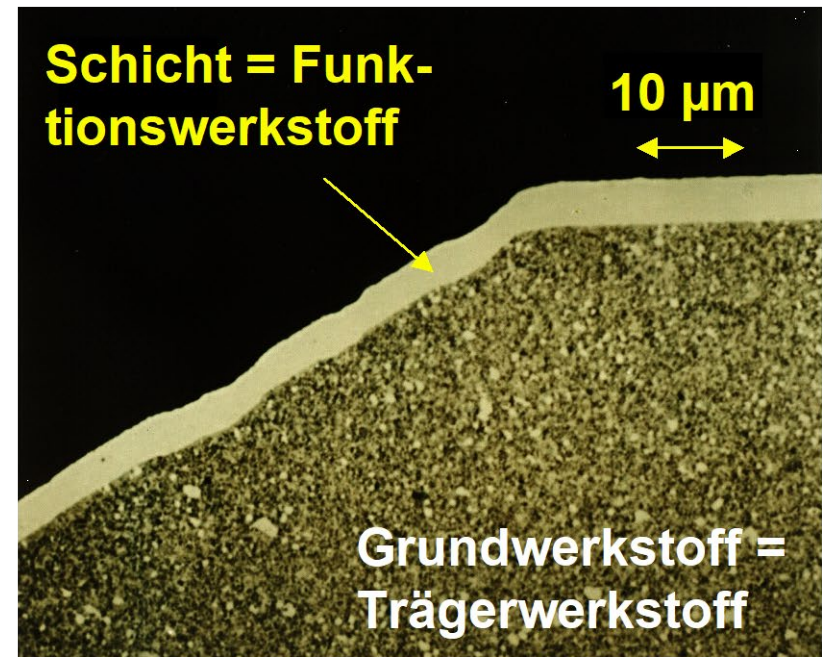
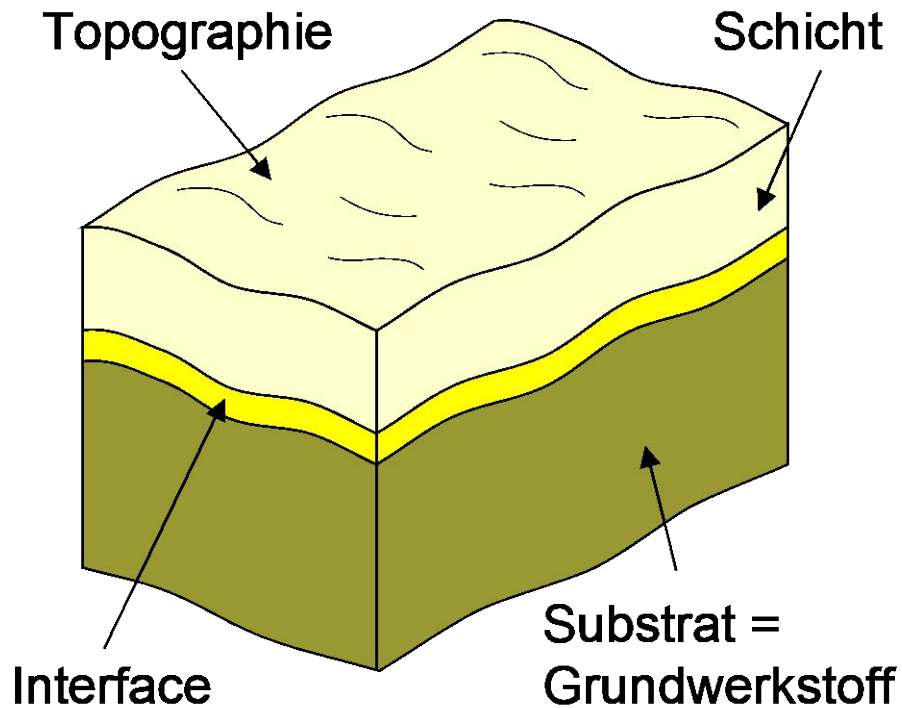
- dekoratív felületvédelem
- forgácsoló szerszámok
- automotive komponenten
- kivágó és formalakító szerszámok
- fröccsöntő szerszámok



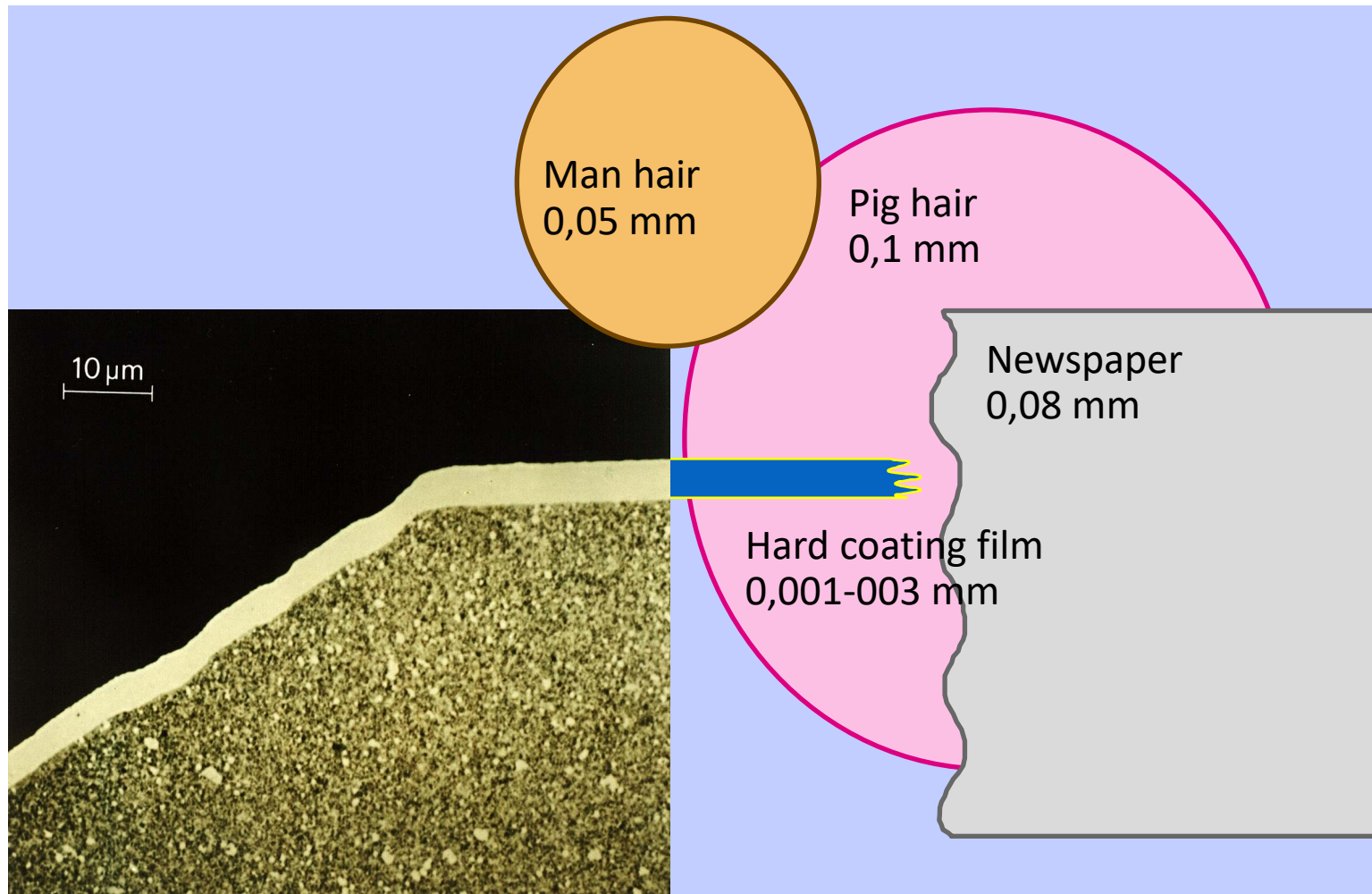
Fő bevonatok és legfontosabb alkalmazásaik forgácsoló szerszámokon



- **Mi a bevonat? Egy kemény vékonyréteg film!**



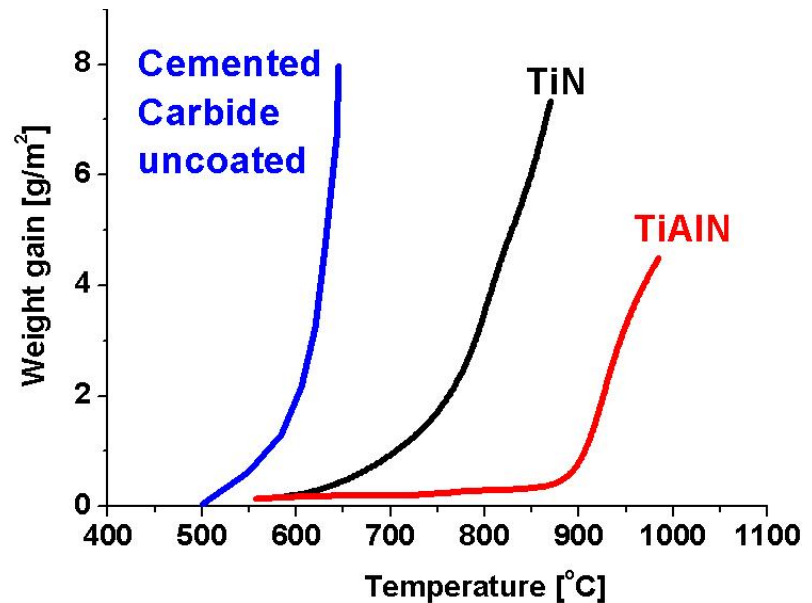
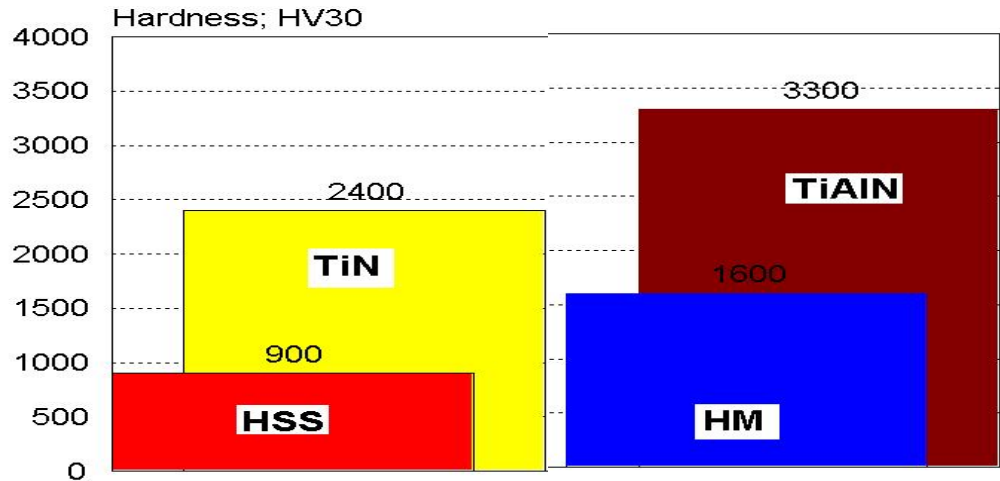
Mi a bevonat? Egy kemény vékonyréteg film!



Miért bevonatolás?

A vékony kemény
filmréteg feljavítja
A szerszám jellemzőit
(az alapanyag tulaj-
donságaihoz
hasonlítva), mint

- keménység
- oxidációs ellenállóság
- súrlódási tényező
- szivósság
- vegyi stabilitás
- etc.



Miért bevonatolás?

Dekoráció

- egyszerűbb kopásmérés

Surlódás csökkentés

- könnyebb forgácseltávolítás

Hő és kontakt-szigetelés

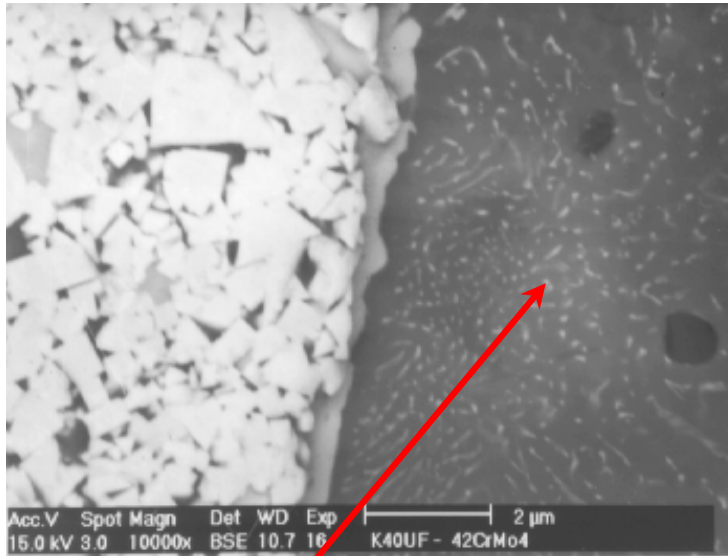
- mechanikus és kémiai reakciók elkerülése



Cobalt-Leaching at Higher Temperature

HM-K40UF
uncoated

steel
42CrMo4

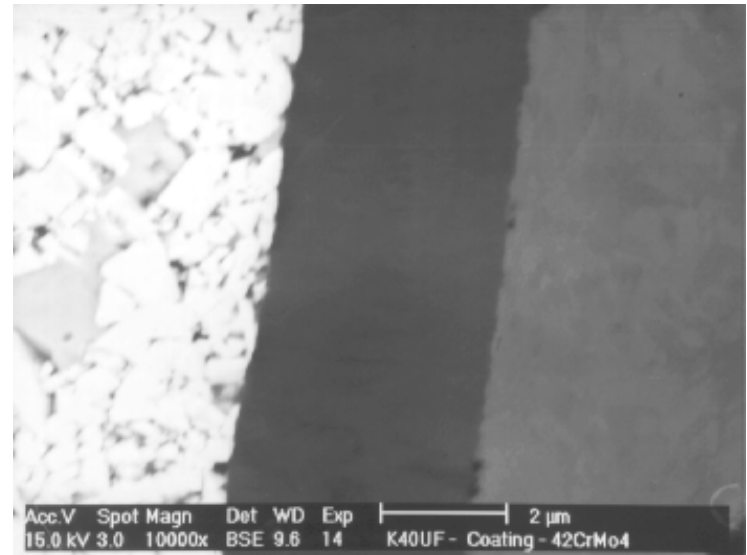


**cobalt-leaching
from carbide into steel**

HM-K40UF

coating
TiAlN

steel
42CrMo4



T: 700 °C

Source: Eucotooling, Brite-Euram Project, KU Leuven



Miért bevonatolás?

Dekoráció

- egyszerűbb kopásmérés

Surlódás csökkentés

- könnyebb forgácseltávolítás

Hő és kontakt-szigetelés

- mechanikus és kémiai reakciók elkerülése

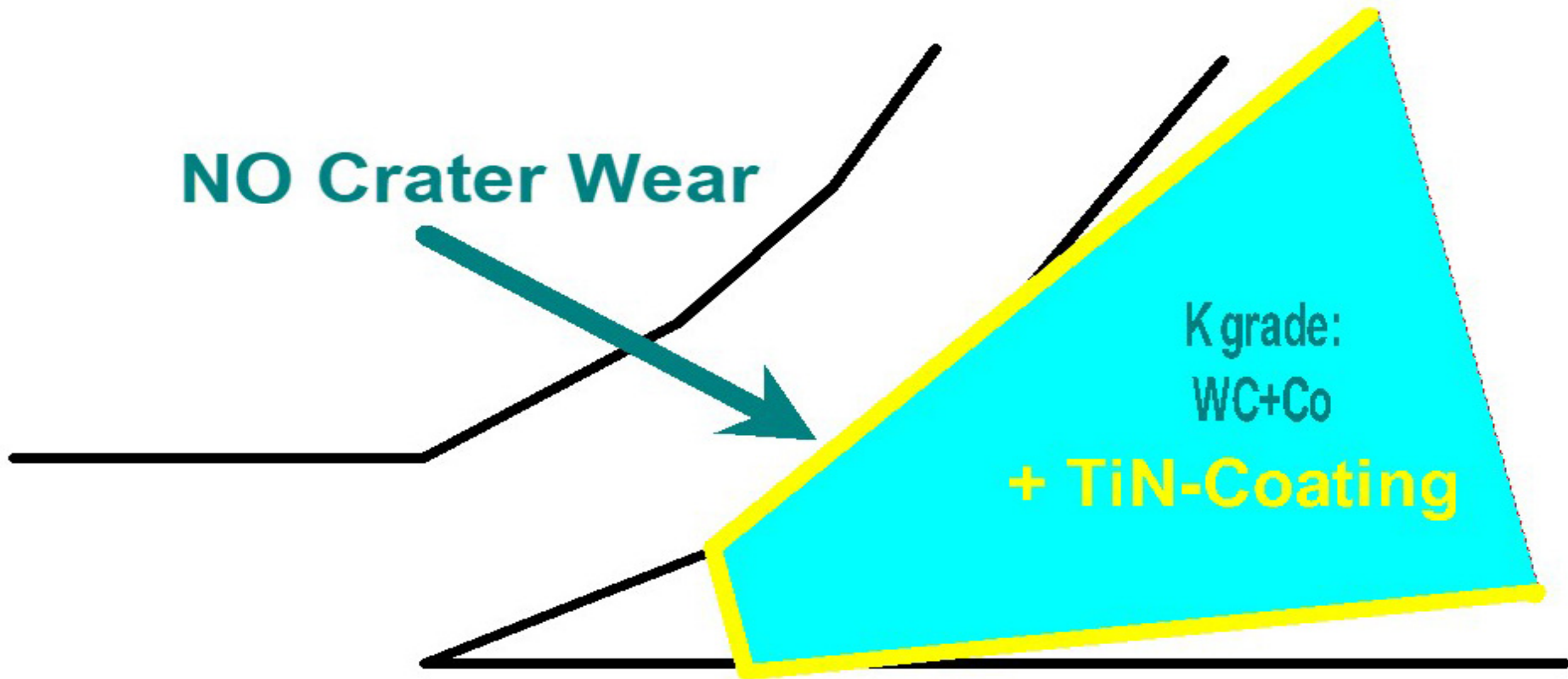
Megnövelt kopásállóság

- magasabb forgácsoló paraméterek
- szerszám éltartam megnö



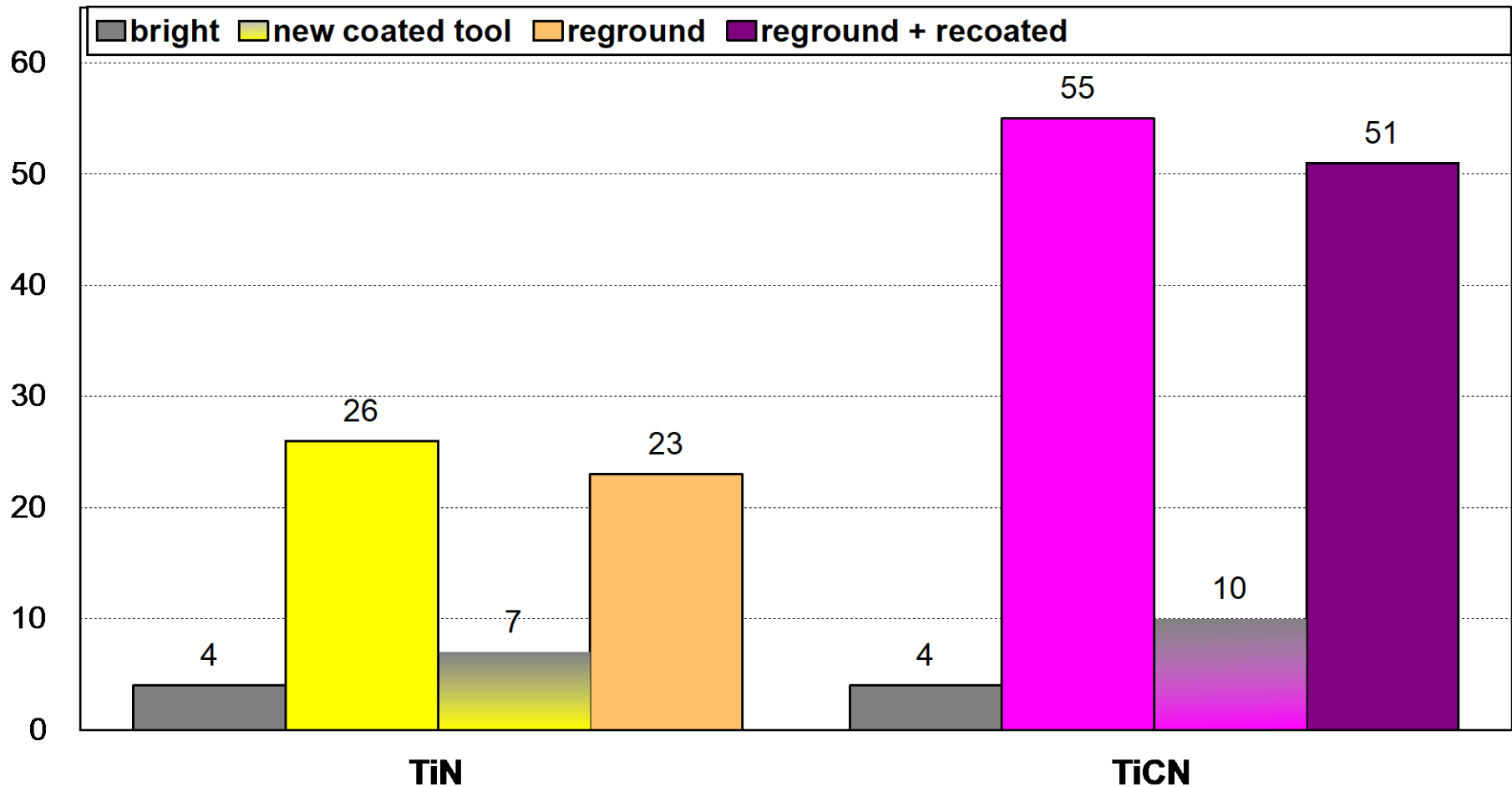
Miért bevonatolás?

NO Crater Wear



Éltartam-összehasonlítás

Bevonat nélkül <-> bevonattal <-> újraélezve ujrabevonatalás nélkül – újraélezve, ujrabevonatolva
tool life; Lf [m]



Mat.: 42CrMo4V - Rm=1000 N/mm² - Outer M
Source: Gühring, Sigmaringer

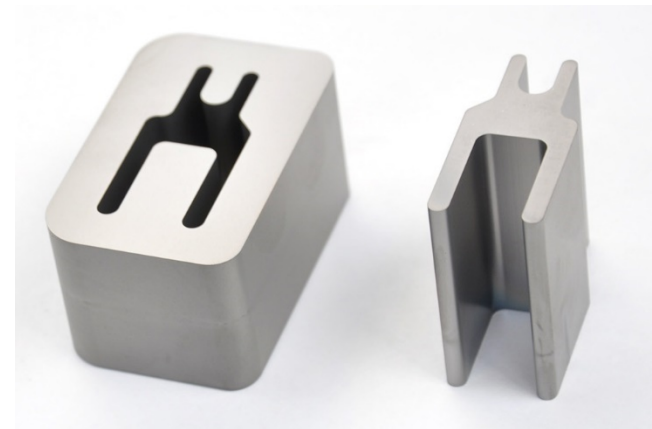
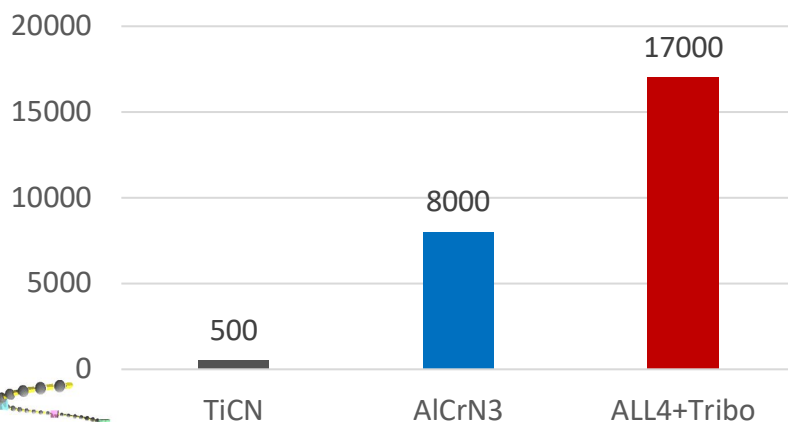
Bevonatok alkalmazása finomkivágáshoz

Éltartam bevonat nélkül < 100 munkadarab



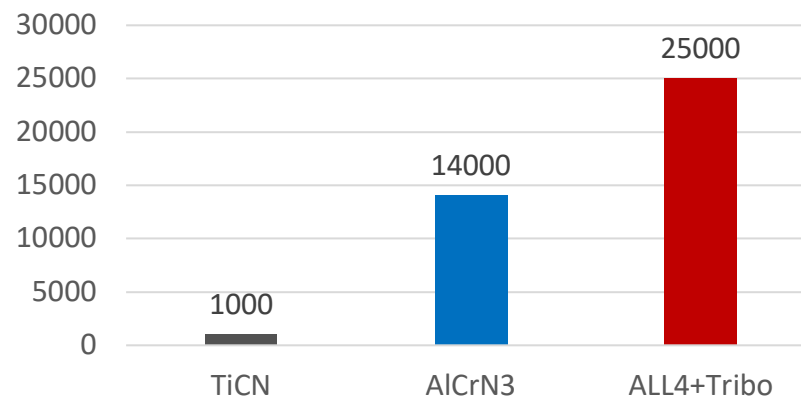
Work piece material: stainless steel 1.4509 (X2CrTiNb18)

Tool Life [# work pieces]



Work piece material: stainless steel 1.4301 – 2 mm thick

Tool Life [# work pieces]



Source: Feintool, Lyss, CH

Miért bevonatolás?

Dekoráció

- egyszerűbb kopásmérés

Surlódás csökkentés

- könnyebb forgácseltávolítás

Hő és kontakt-szigetelés

- mechanikus és kémiai reakciók elkerülése

Megnövelt kopásállóság

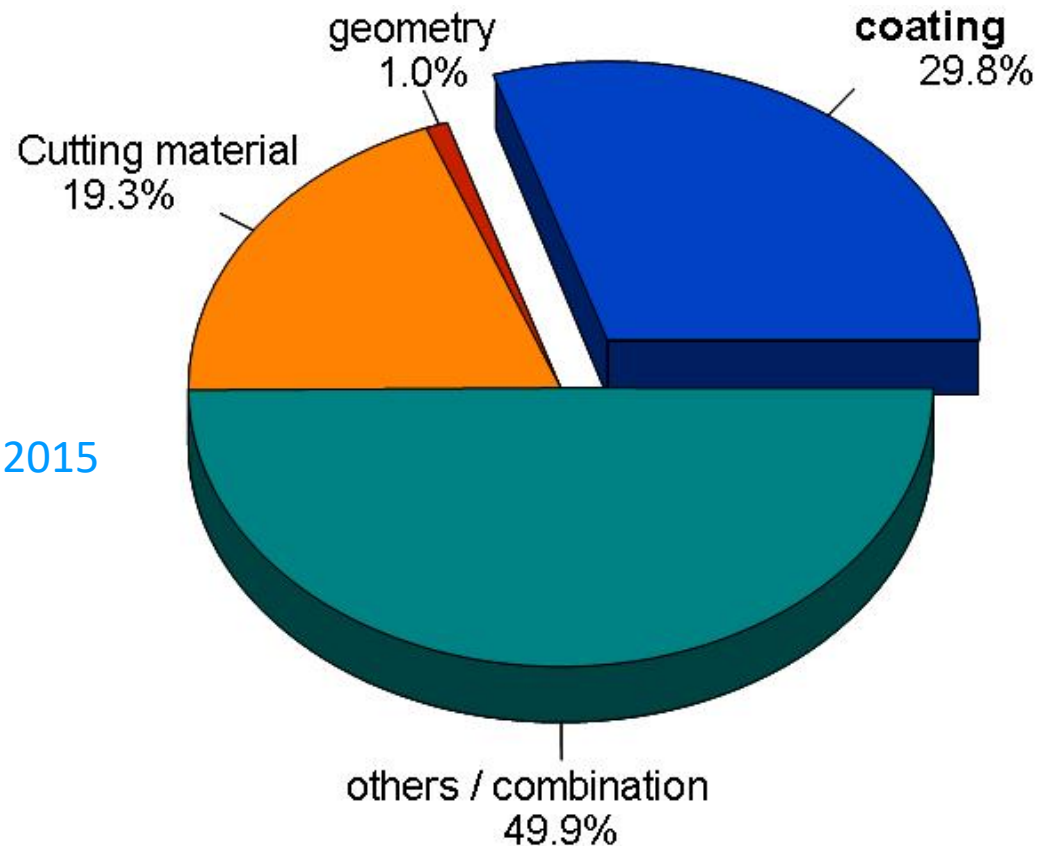
- magasabb forgácsoló paraméterek
- szerszám éltartam megnö

Profit



Miért bevonatolás?

- fancy outfit → simply wear measurement
- lower friction between tool and chips → better chip flow
- lower friction between machine components → reducing lubrication
- heat and contact insulation → avoiding physical and chemical reactions
- higher wear resistance → higher tool life and cutting parameters
- profit



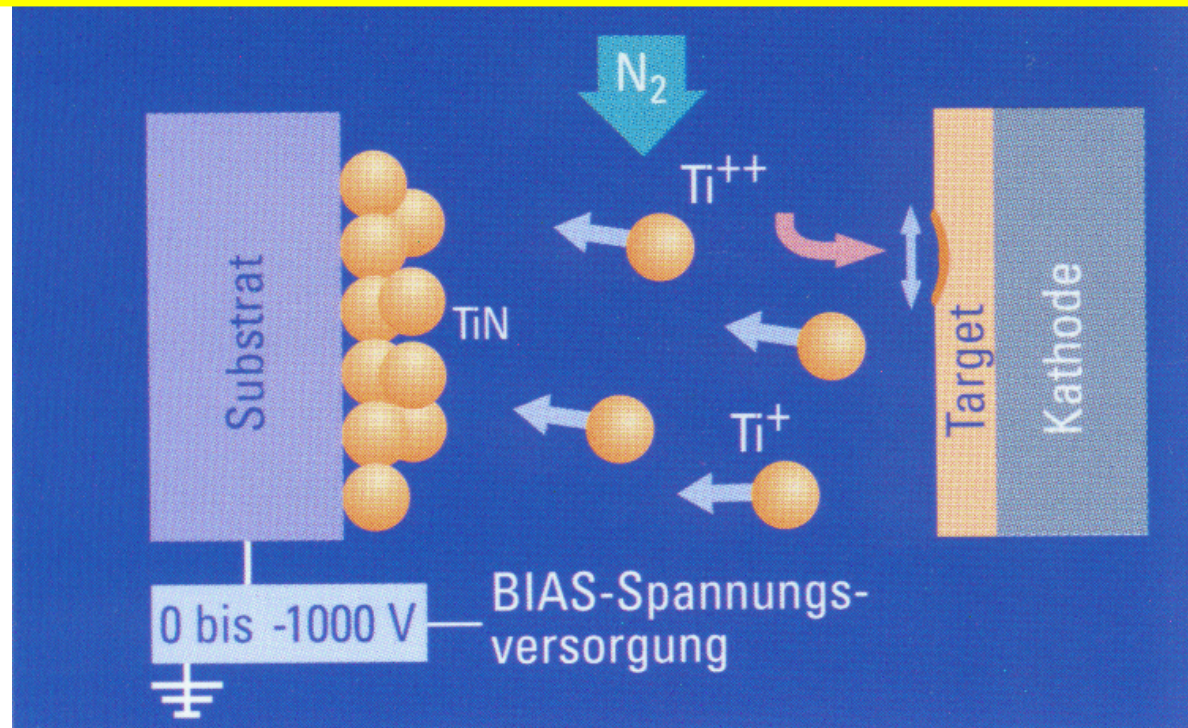
Szabadalmi bejelentések megoszlása, 2015

Source: European Patent Office, Munich



Hogyan működik az ARC-bevonatolás?

TiN Coating Process



PLATIT-11; bevonató gépek családja



PLATIT-11; bevonató gépek családja

2 x LARC®: Lateral Rotating Cathode technology

3 x LARC®: Lateral Rotating Cathode technology

CERC®: CEntral Rotating Cathode technology



4 PLANAR Cathodes



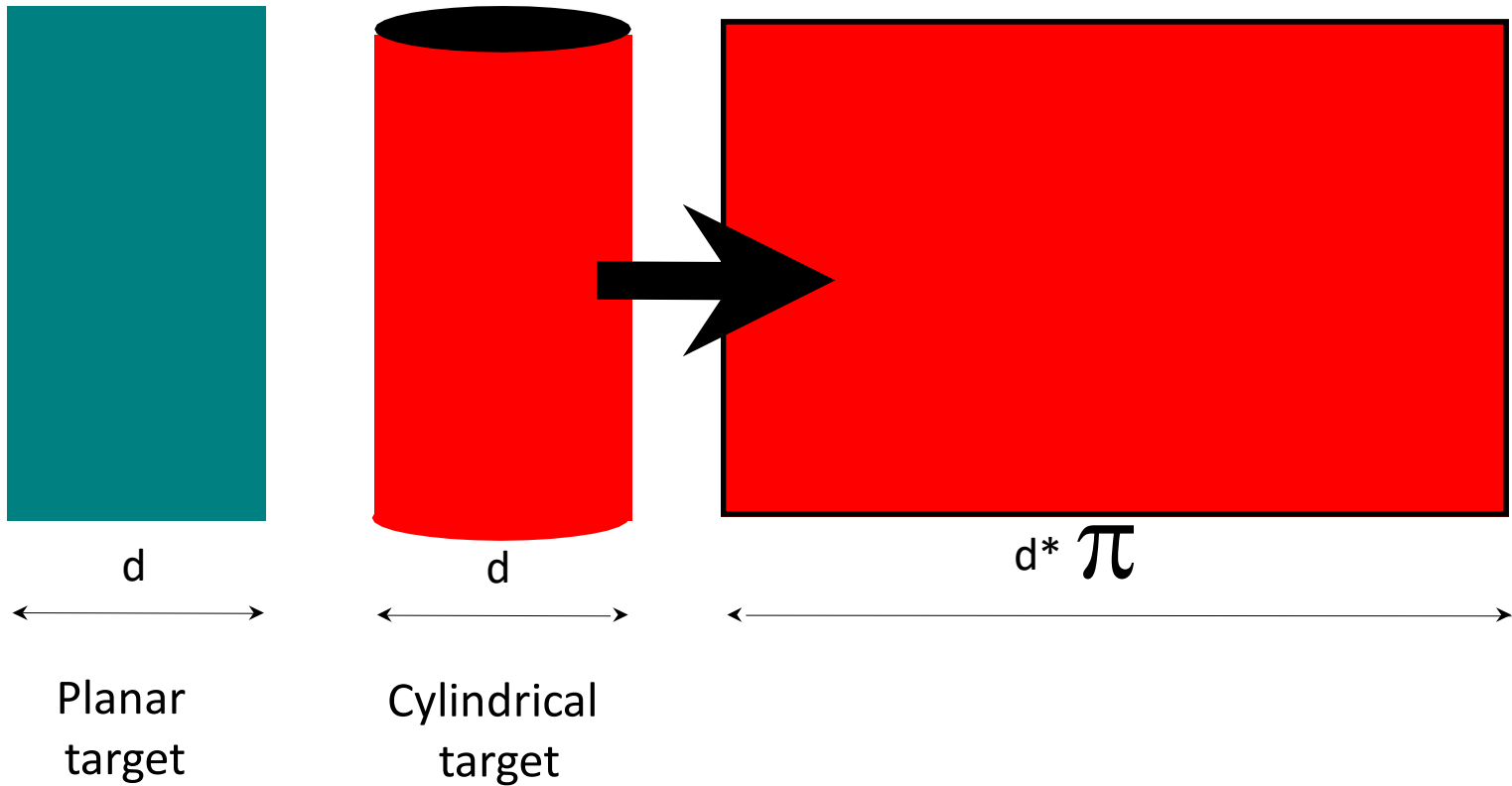
3 x LARC®:-XL + 2 x PLANAR Cathodes

Patents: EP1173629, EP01271645.2, PCT/01/00075, EP02008914.0, US10/419992, PCT/EP2004/011669, 2001-2004

π -előny: 3.14-szer nagyobb target-felület

Target width: d^*

π : longer target life



π 411 PLUS : The Flagship

***From Start-Up to
Hybrid Revolution***

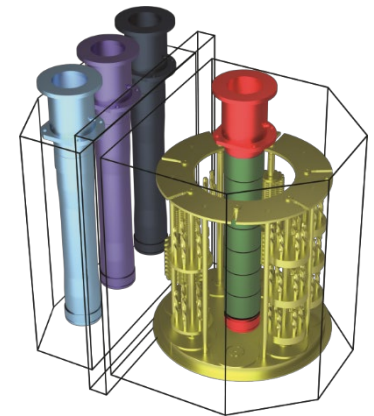


Rugalmas bevonatolás a LARC[®]-, CERC[®]-, SCiL[®]- és LACS[®]-technológiával

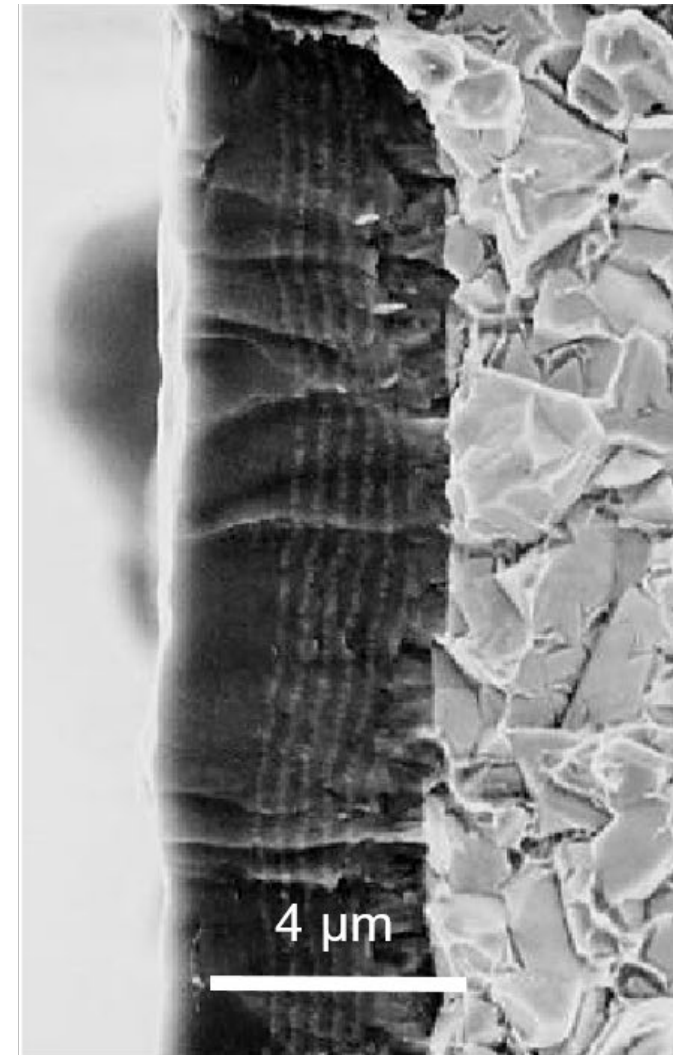
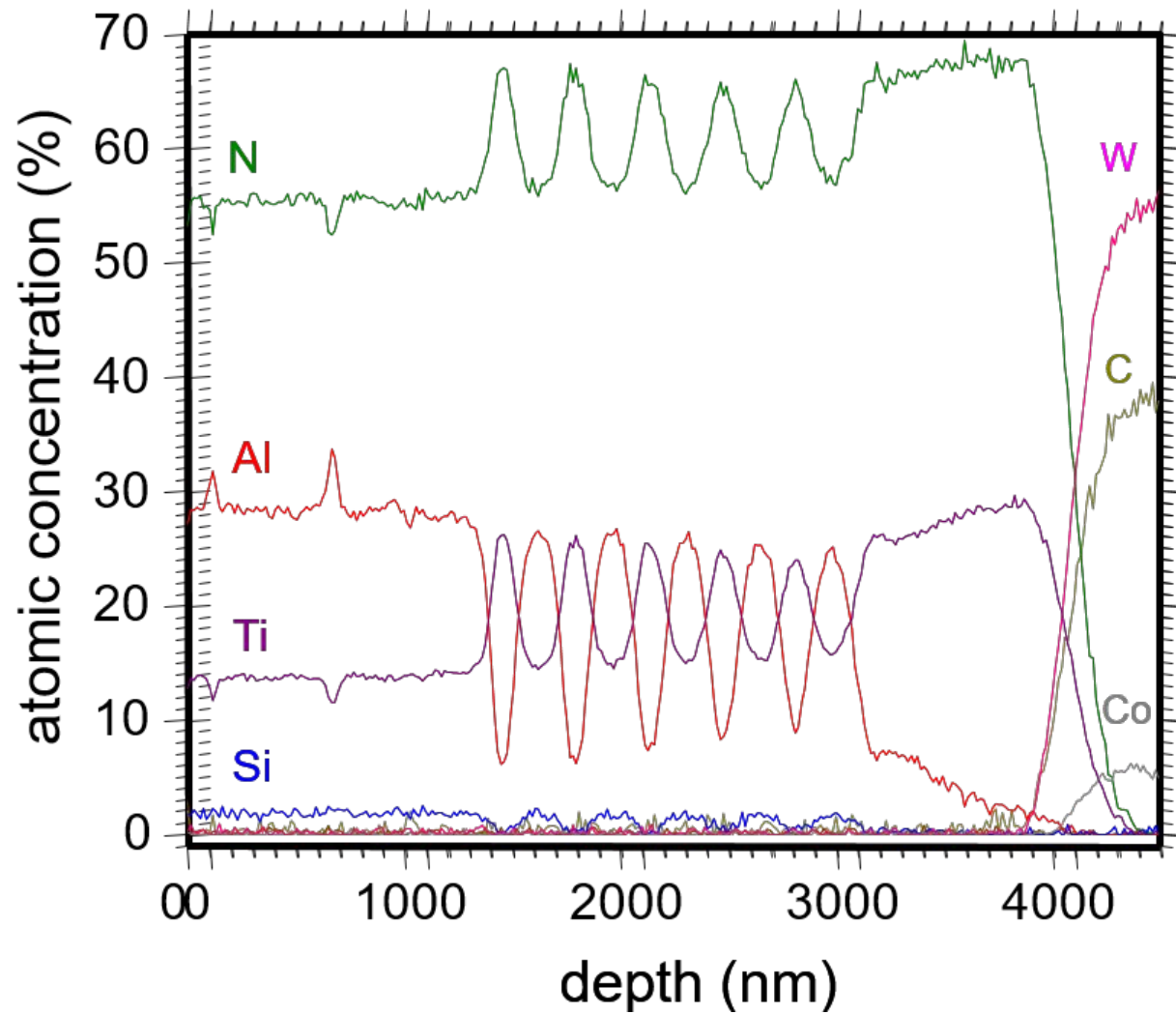


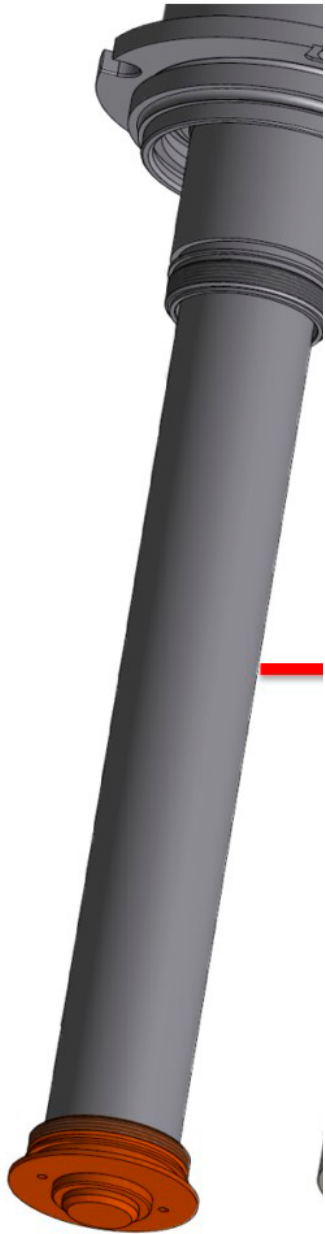
Cathode configuration (Ti & Al & Cr § SiC (B4C)) for ALL of these coatings:

- TiN, TiCN, TiCN-MP, Ti₂N, SuperTiN, TiAlN (50/50%), AlTiN (60/40, 67/33%);
- TiAlCN (75/25, 80/20%), CrN, CrTiN, AlCrN (70/30, 80/20%)
- TiAlCrN = All-in-One
- all coating with DLC2 top layer
- TiAlSiN, AlCrSiN, TiAlBN, AlCrBN



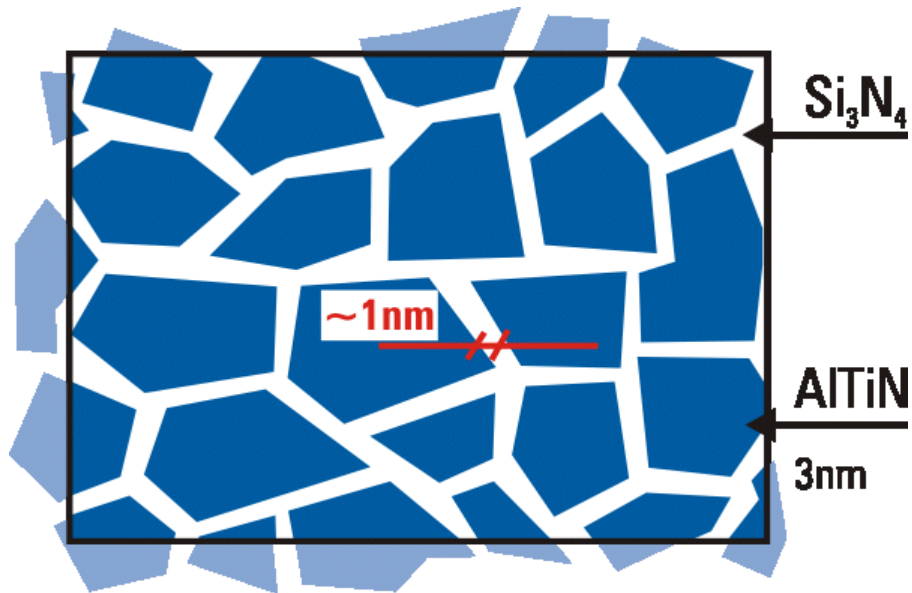
Triple Coating Structure



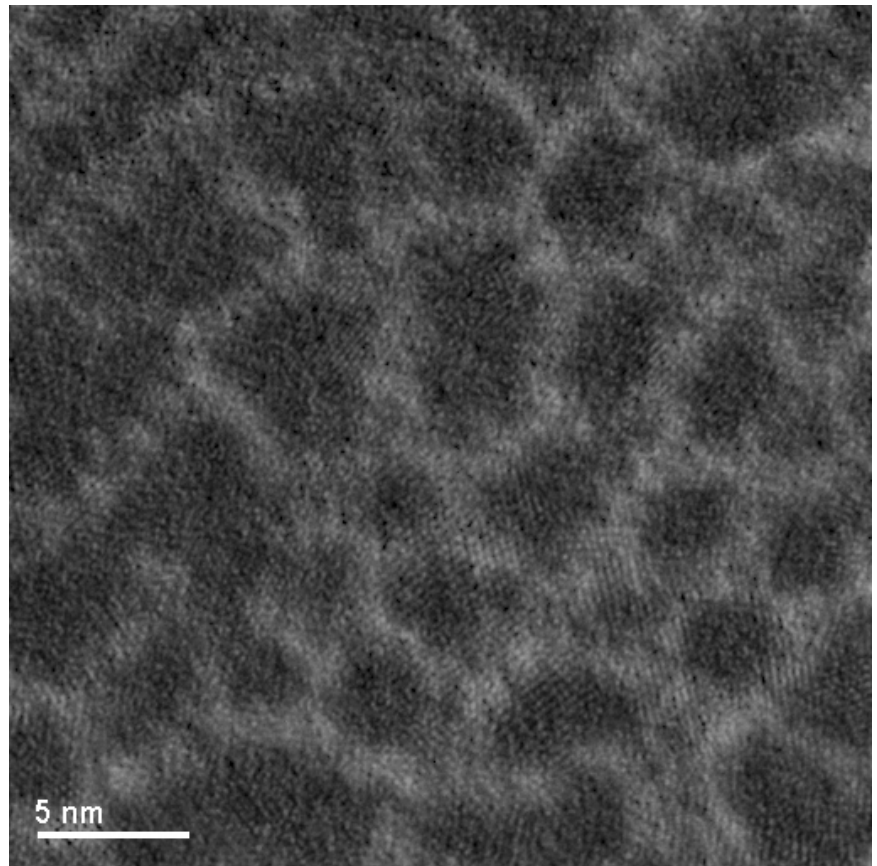


Nanocomposite Structure; (nc-TiAlN)/(a-Si₃N₄)

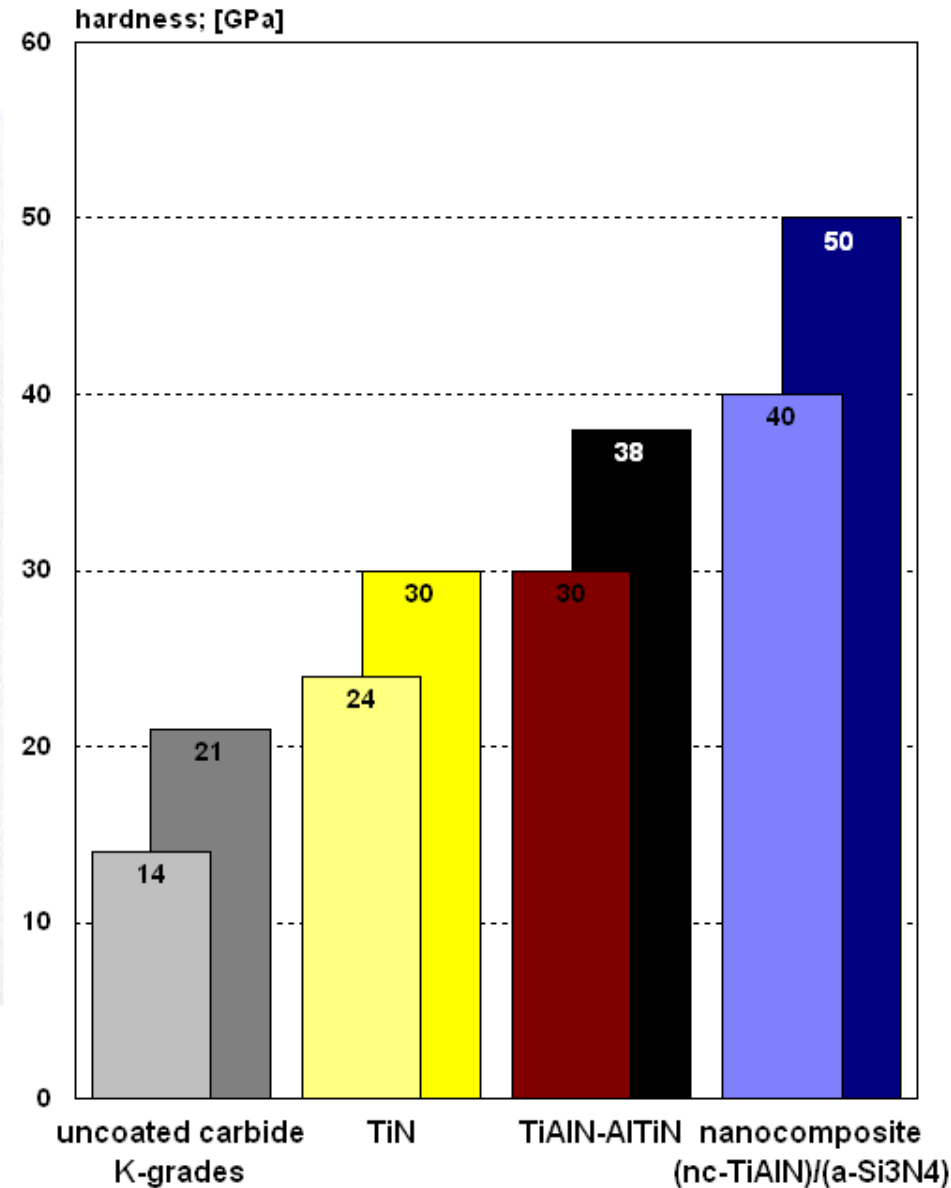
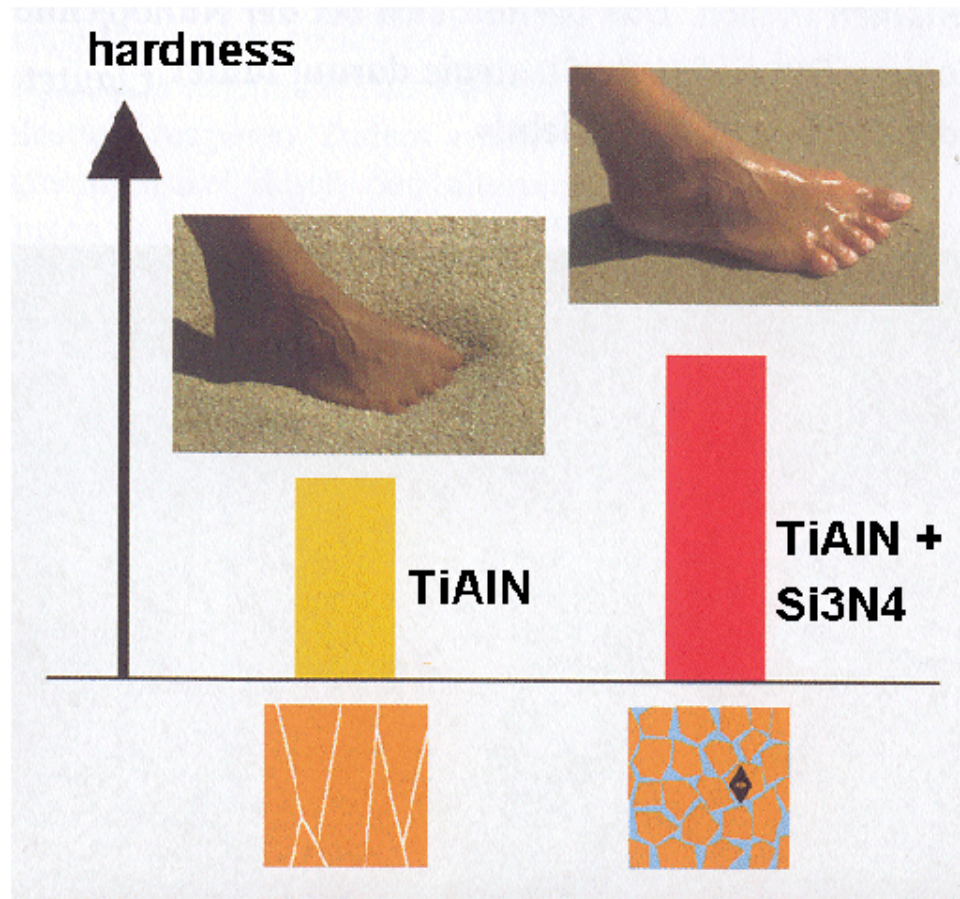
model



TEM of a Monolayer

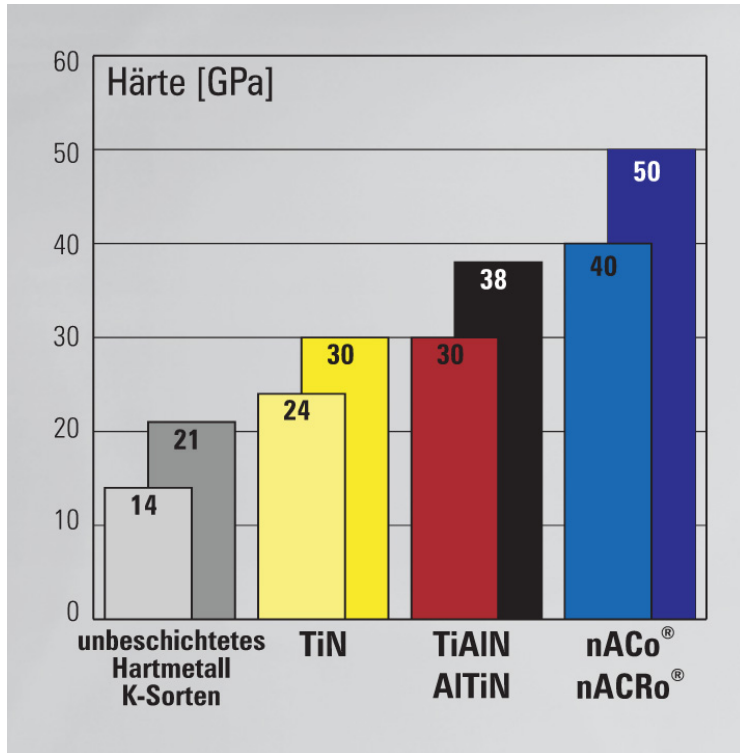


Hardness Increasing by Nanocomposite (nc-Ti_{1-x}Al_xN)/(a-Si₃N₄) Structure

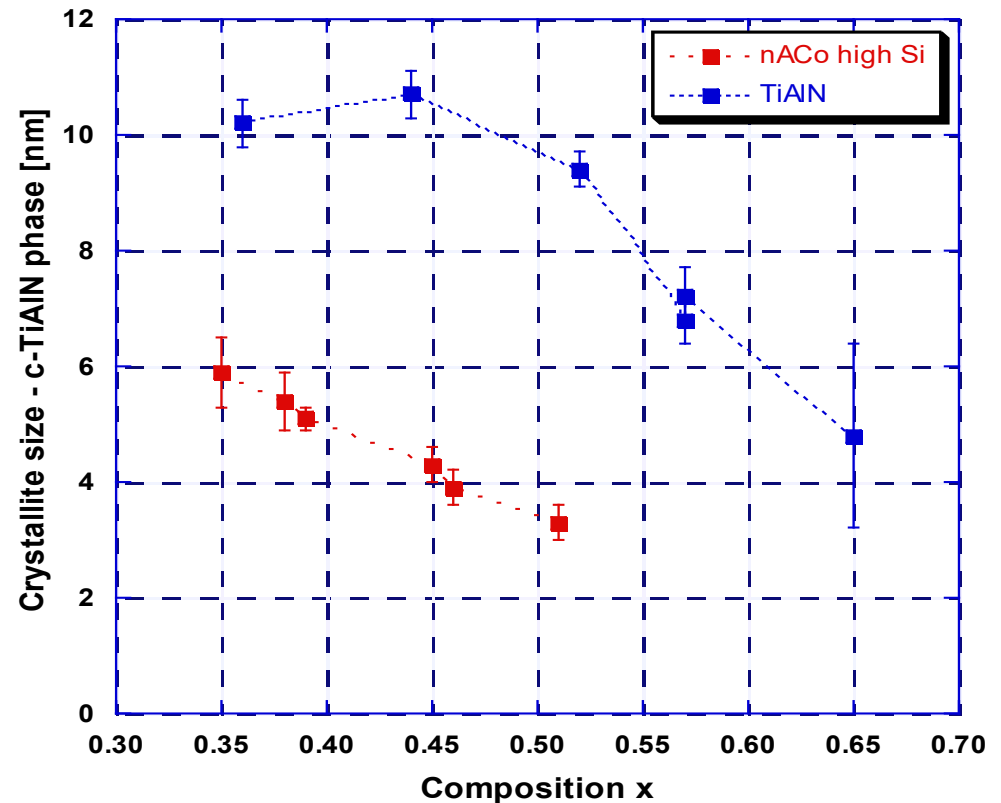


Konvencionális és nanocompozit bevonatok szemcsenagysága

Nanocomposite Struktur;
(nc-AlTiN)/(a-Si₃N₄)



Vergleich der Korngrößen für TiAlN und Ti_{1-x}Al_xN/SiN_y



Die nanocrystalline TiAlN oder AlCrN-Körner werden in die amorphe SiN -Matrix eingebettet. wodurch die Nanocomposite-Struktur entsteht.

Die Steigerung der Härte wird allein durch die Struktur erreicht. Die SiN-Matrix umhüllt die harten Körner und verhindert das Kornwachstum.

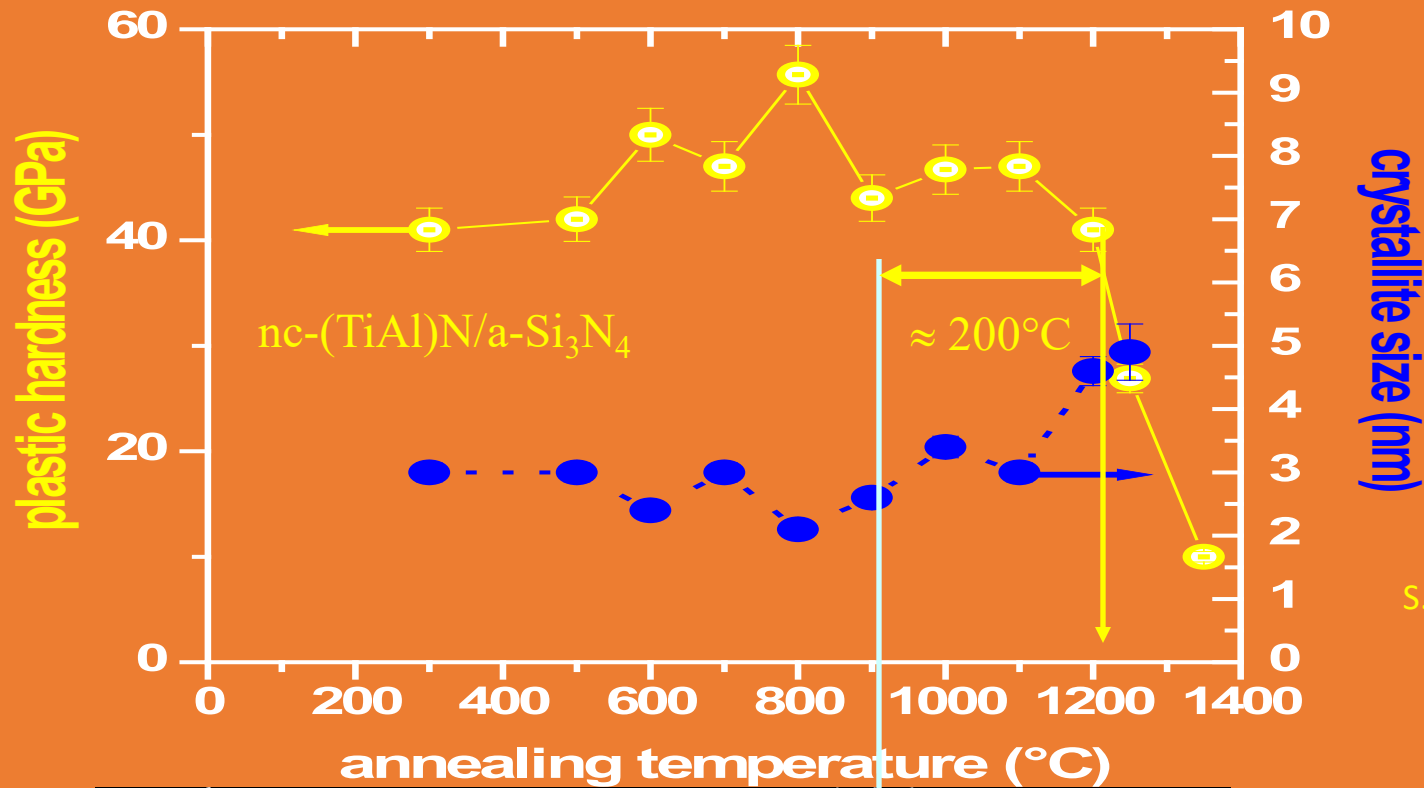


Morat

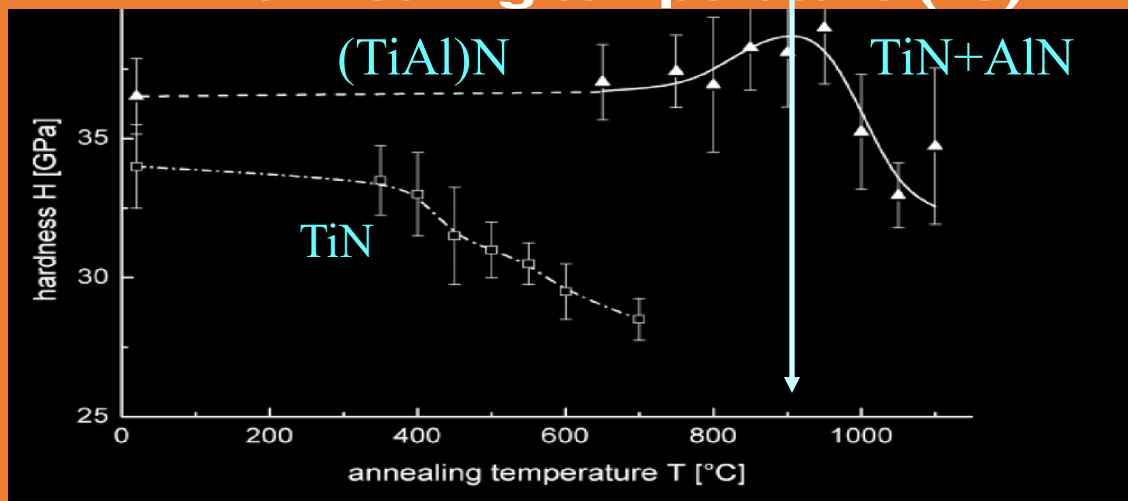
Bienne

Bern

Stable Nanostructure Delays Spinodal Decomposition of (TiAl)N

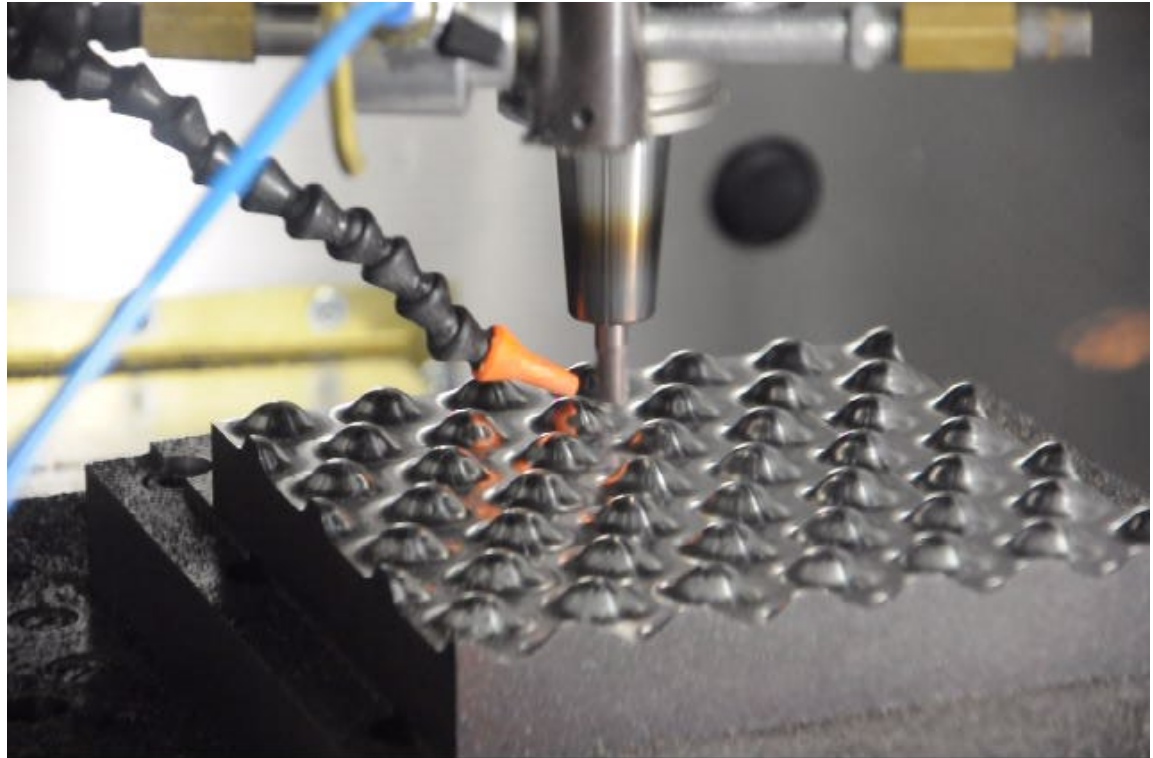


S. Veprek



P.H.Mayrhofer et al., Appl. Phys. Lett. 83 (2003) 2049

Trockenmarás: 60.5 HRc - nACo³®



Material: 1.2080 - X210Cr12 (Hardness = 60,5 HRC)

Tools: Solid carbide ball nose end mills - d=10 mm – z=2

$n = 10445 \text{ min}^{-1}$, $vc = 0-328 \text{ m/min}$ - $a_p = 0.14 \text{ mm}$, $a_e = 0.1 \text{ mm}$, $f_z = 0.1 \text{ mm}$, external cold air nozzle

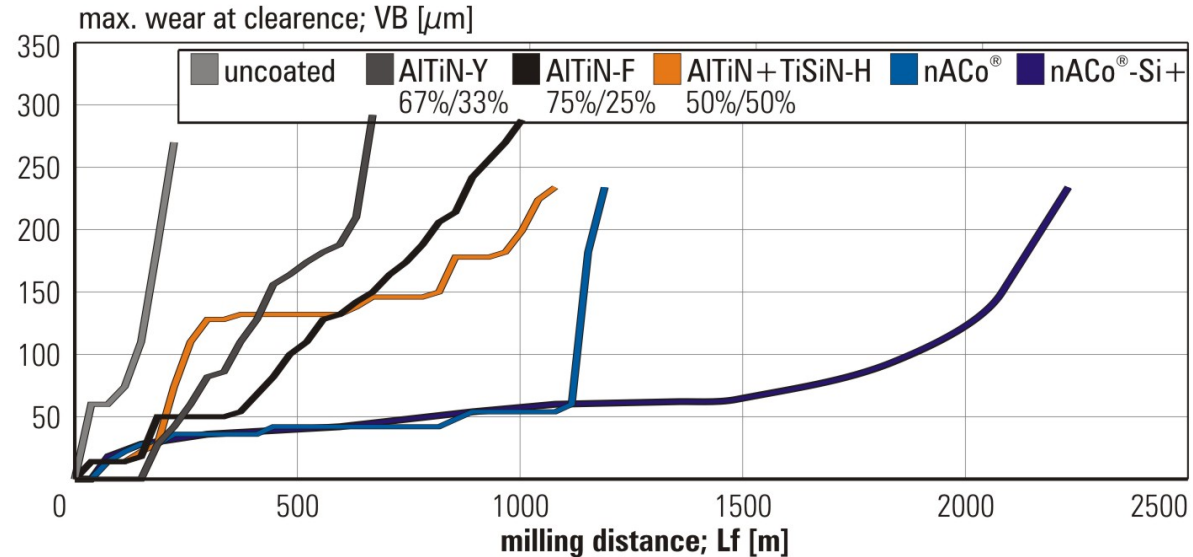


Nanocomposite bevonat: nACo[®] (AlTiN/SiN) szárazmaráshoz

Hard Milling

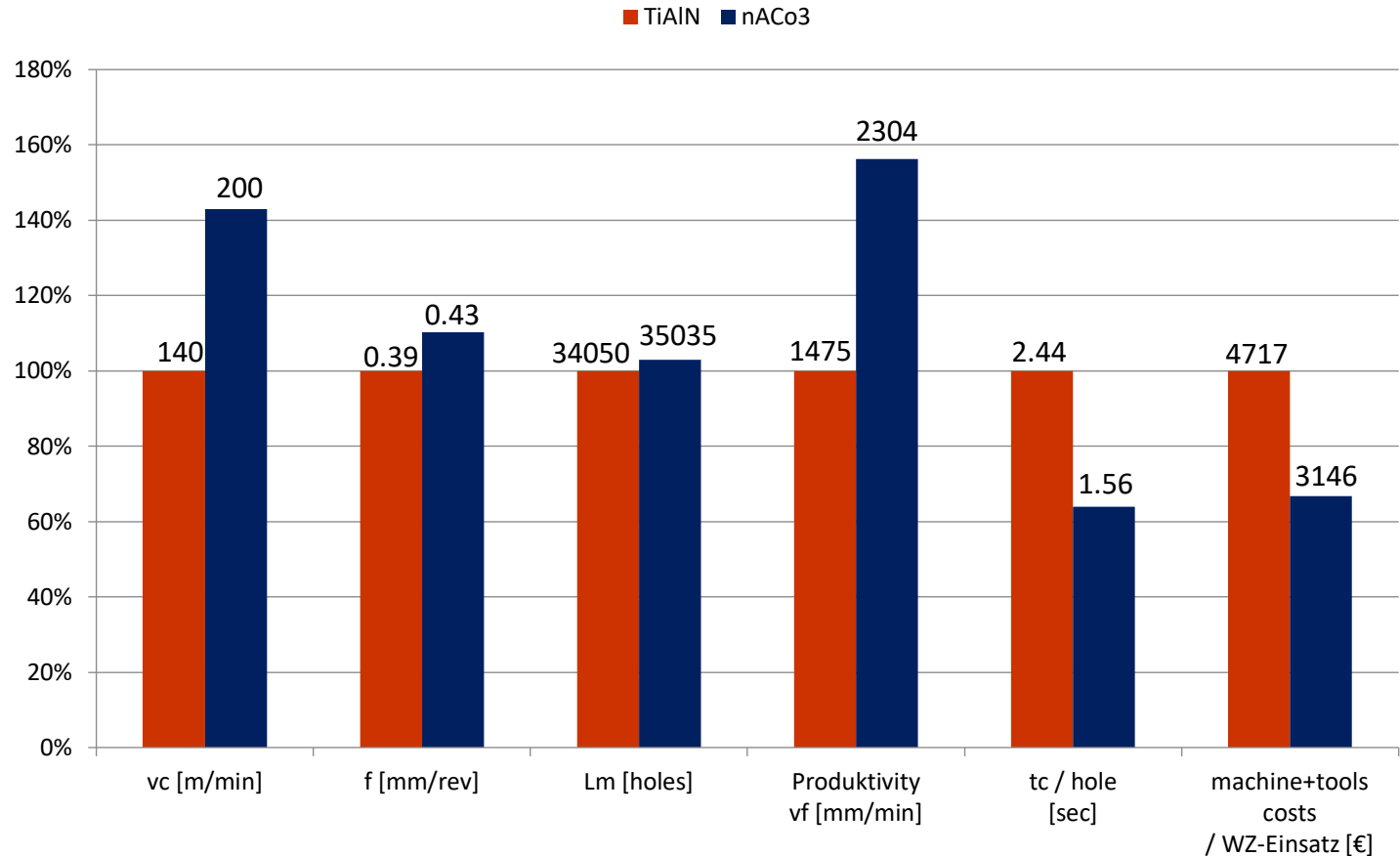


Wear Comparison



Hard milling in 2D spiral; Mat.: 1.2343, X38CrMoV5-1, warm working steel, 57 HRC,
Tools: solid carbide ball nose end mills, z=2, d=10mm x 57,
RPM=18500, $f_z=0.18\text{mm}$, $a_p=0.25\text{mm}$, $a_e=0.6\text{mm}$, MQL; Measured by iFT Grenchen, Switzerland

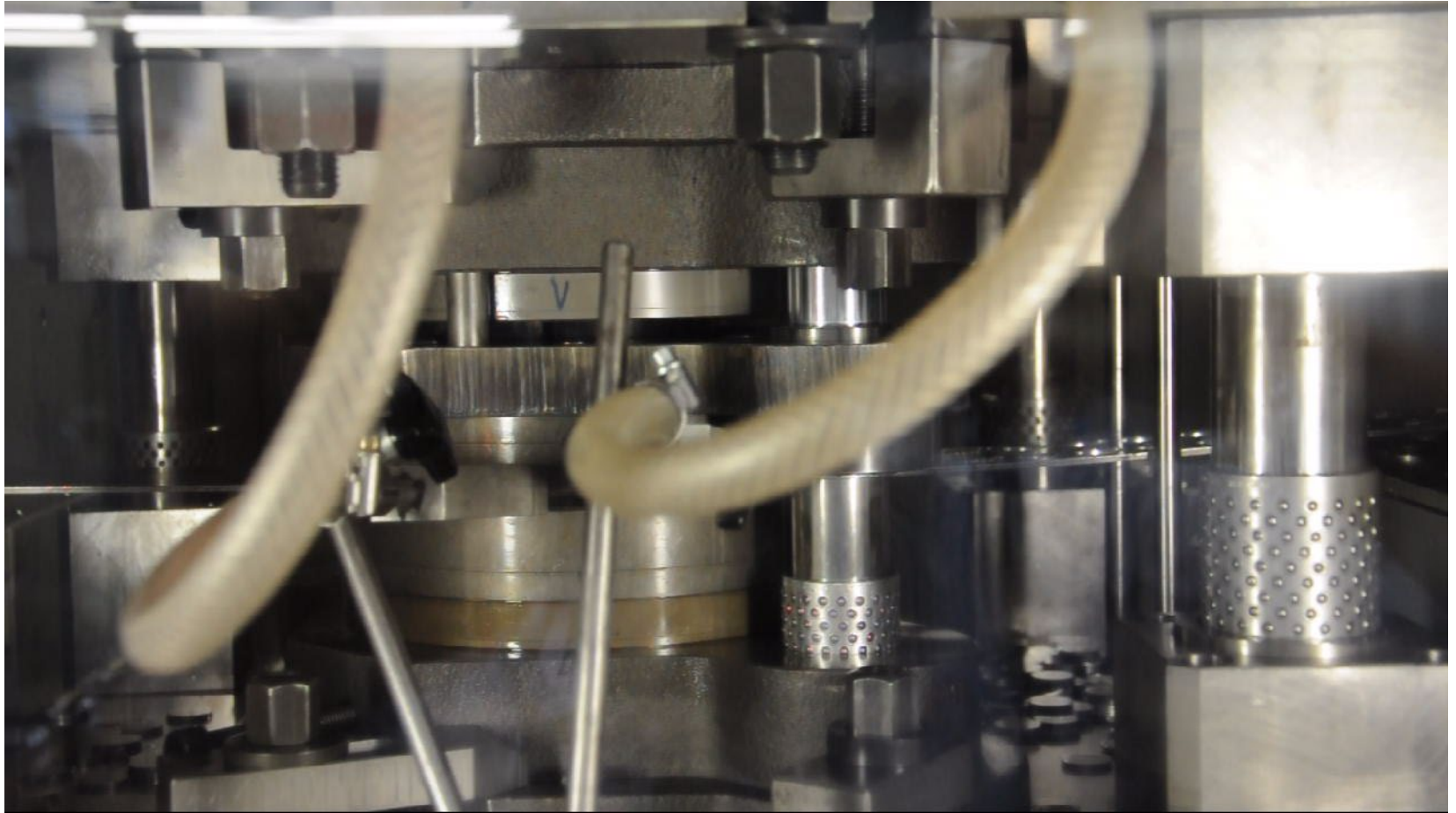
Termelékenység növelése és költségek csökkentése nanokompozit bevonat segítségével



Work piece material: GGG40 – ap=60 mm
Solid carbide step drill: d=7.1/12 mm – Internal cooling with 70 bar - 5 % Emulsion
Source: Sauer Danfoss, Steerings, Dänemark



Finomkivágás

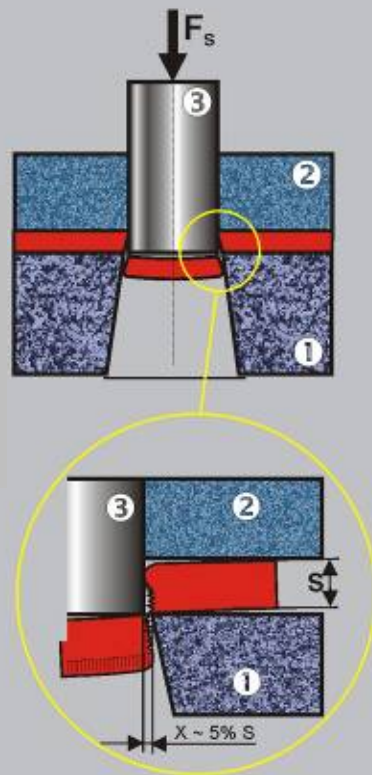


Source: Feintool, Liss, CH

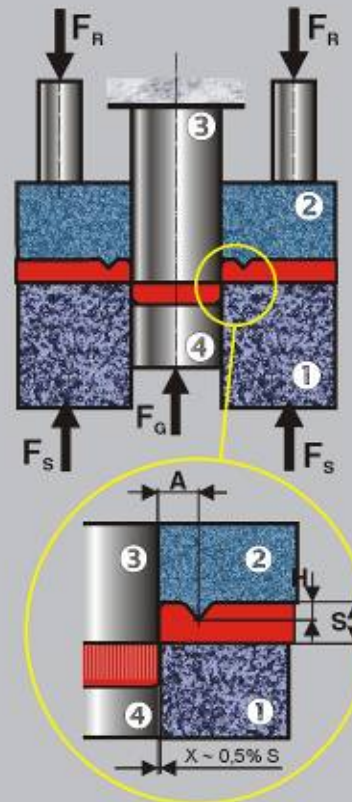


Kivágás és finomkivágás

Punching

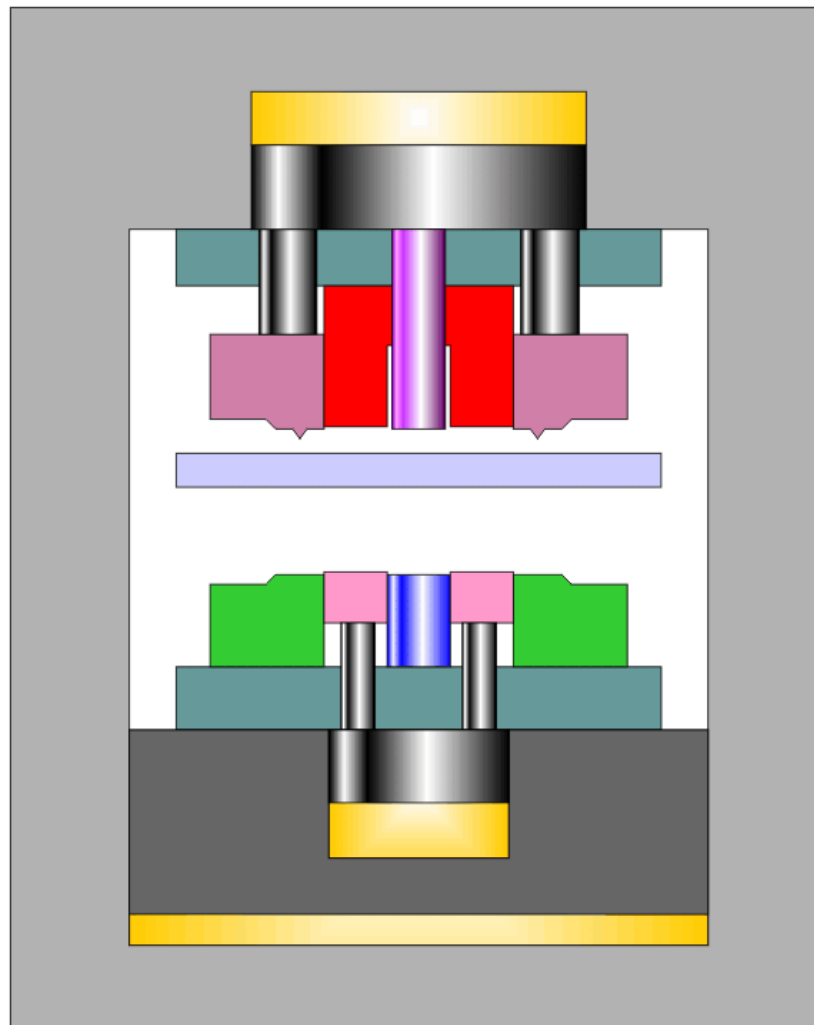


Fine punching

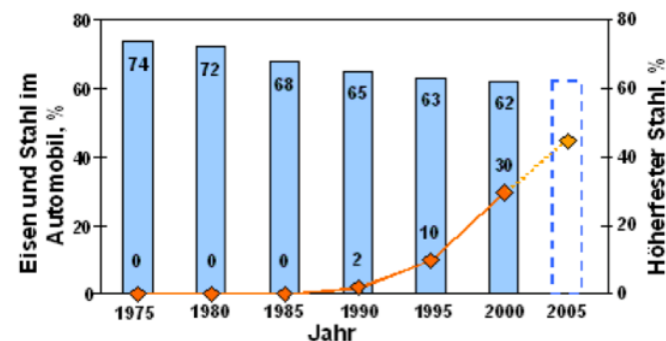
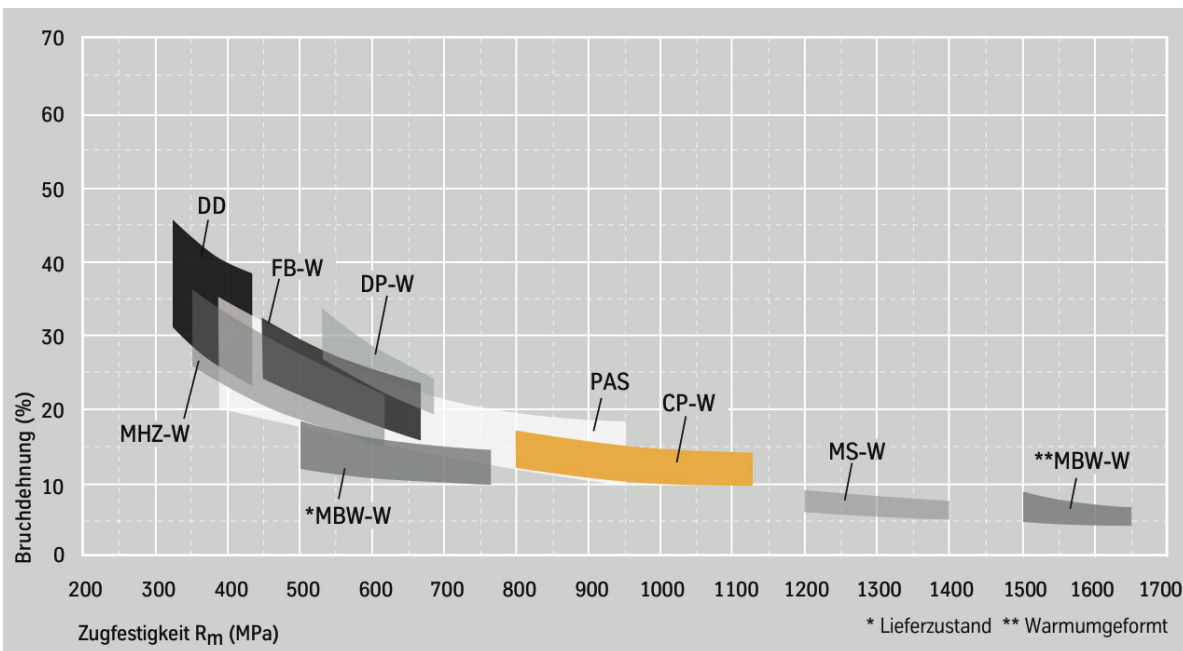


- 1 Cutting plate
- 2 Guiding plate
- 3 Punching stamp
- 4 Reloader

Fine punching



Mgas sziládságu CP-Complex Phase, acélok autokarosszériákban



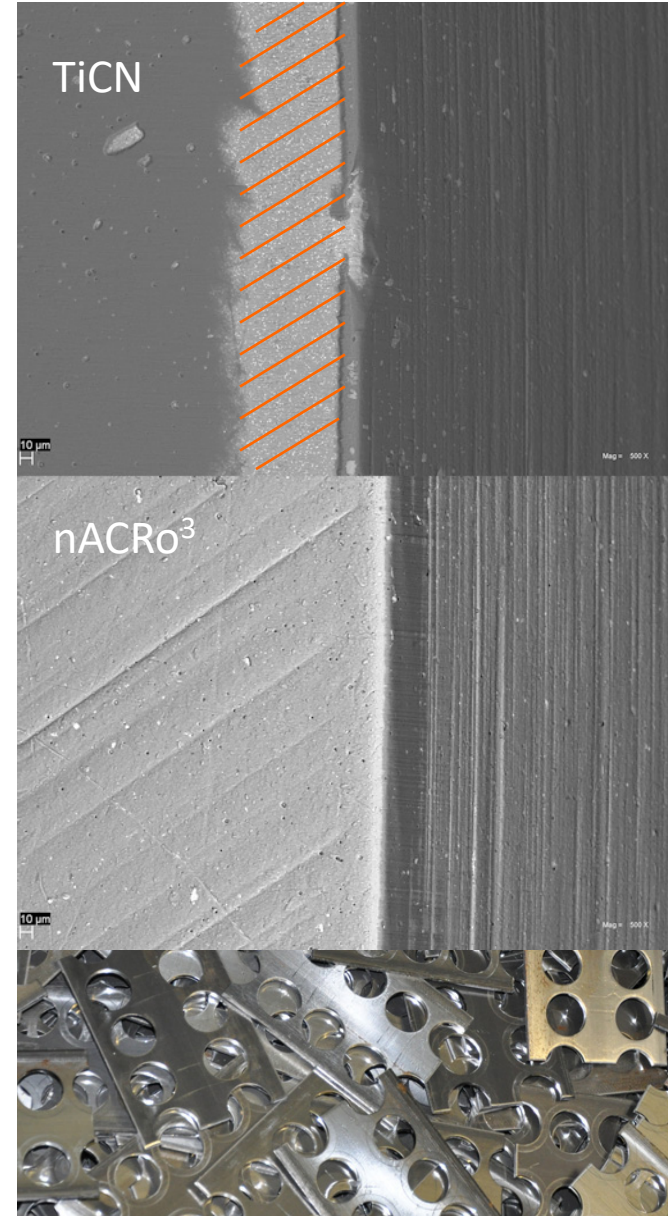
Complex Phase Steels

- CP steels typify the transition to steel with very high ultimate tensile (800...1100 N/mm²)
- An extreme grain refinement is created by retarded recrystallization or precipitation of microalloying elements like Ti or Cb
- CP steels are often used in modern cars for weight reduction

source: ThyssenKrupp Steel Europe, Volkswagen AG, Salzgitter AG

Finomkivágás: nACRo³

- PM-HSS-Tools
- CPW-800-steel 27 HRC,
d=2.9 mm, minimum lubrication
 - Old Standard: TiCN
 - Problem oxidation at higher temperature
 - nACRo3-Triple-coating with
 - High resistance against abrasive wear and oxidation
 - Special edge preparation

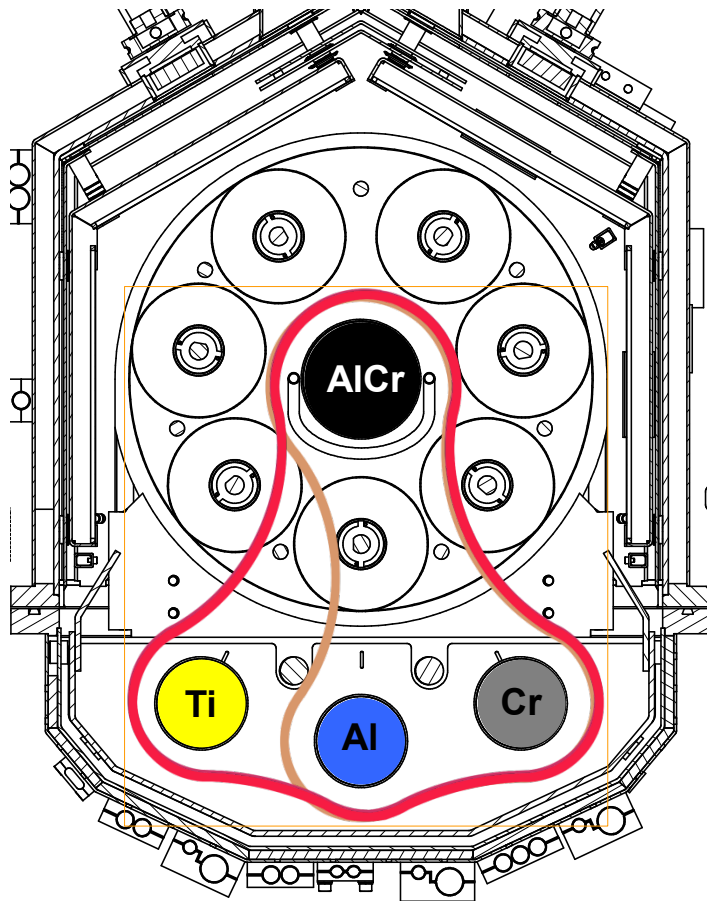


A π^{411} 4 katódusa egy QuadCoating-bevonat előállításánál



AlCrTiN⁴

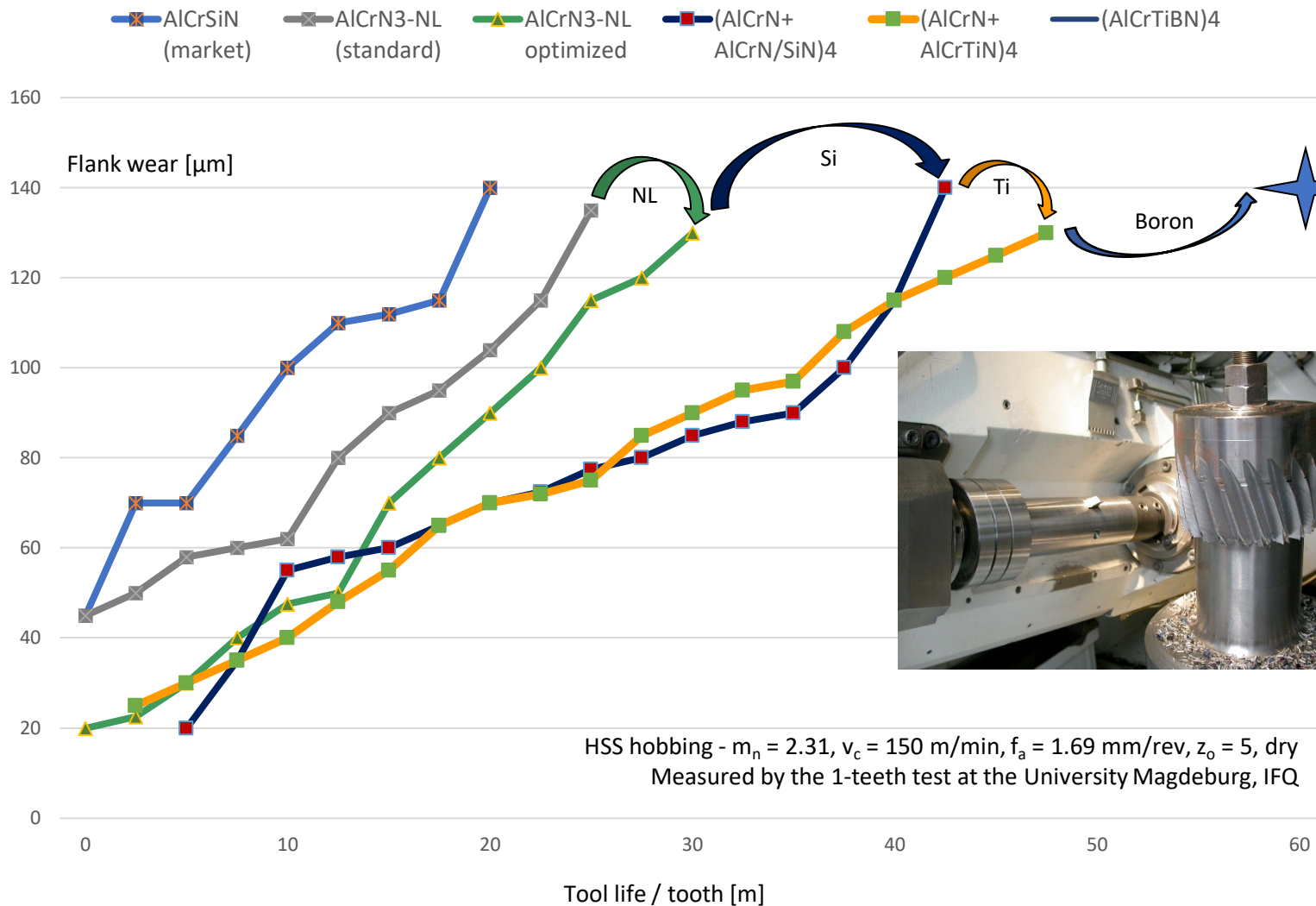
CrTiN – AlTiCrN-G – AlCrN-ML – AlCrTiN



Anyagkomponensek hatása a bevonat-teljesítményre

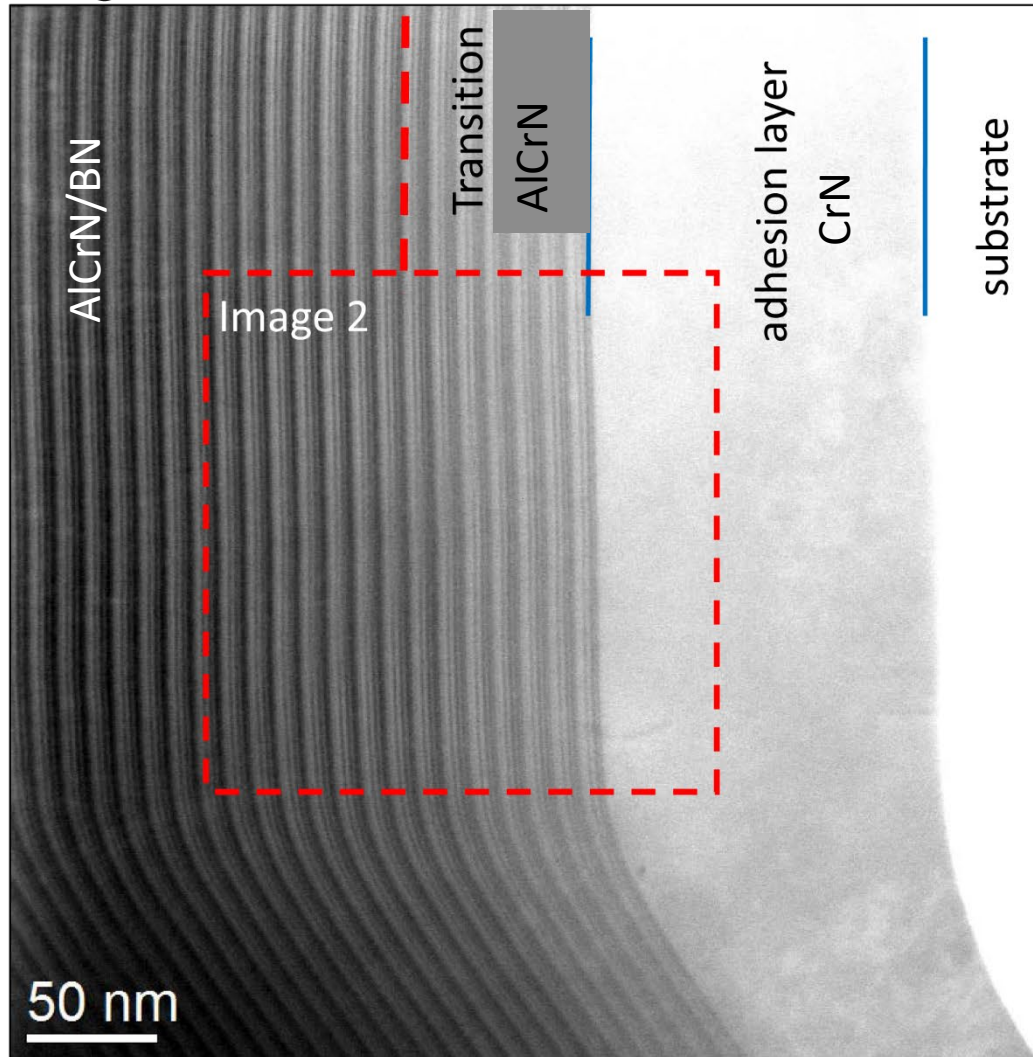
Al: Heat resistance: ↑ Cr: Toughness + abrasive wear resistance: ↑

Al/Cr/Ti: Nanolayer: toughness: ↑ Ti: risk for break out: ↓ Bor: chemical stability: ↑



AlCrN/BN with LASC® –Technology – Triple Stoichiometry

Image 1

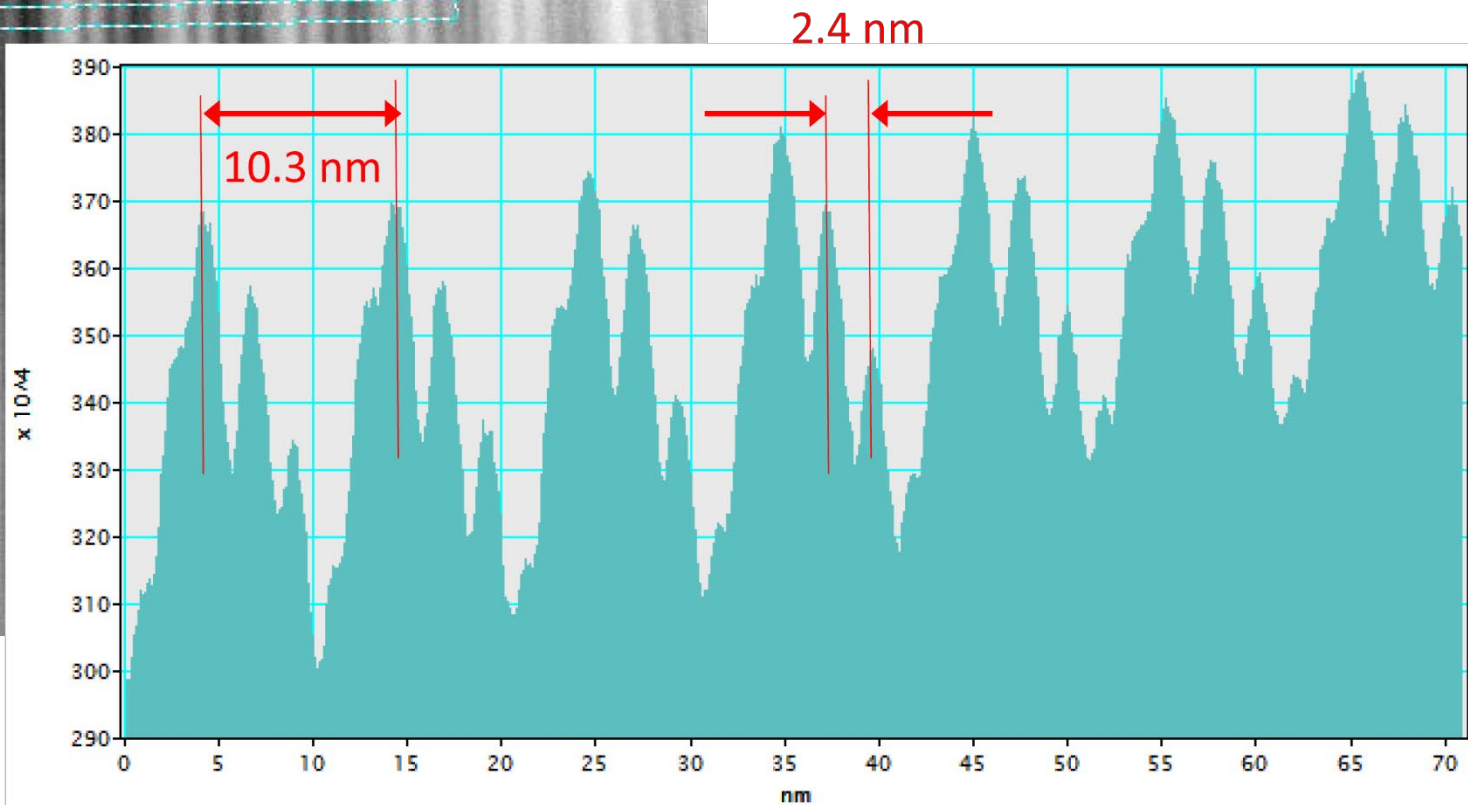


In DF STEM-mode bright areas correspond to elements with high atomic number

→ Layered contrast is attributed to fluctuations of Cr and Al
(this was measured by energy dispersive X-ray spectroscopy)

AlCrN/BN with LASC® –Technology – Nanolayer Structure

Integrated intensity profile



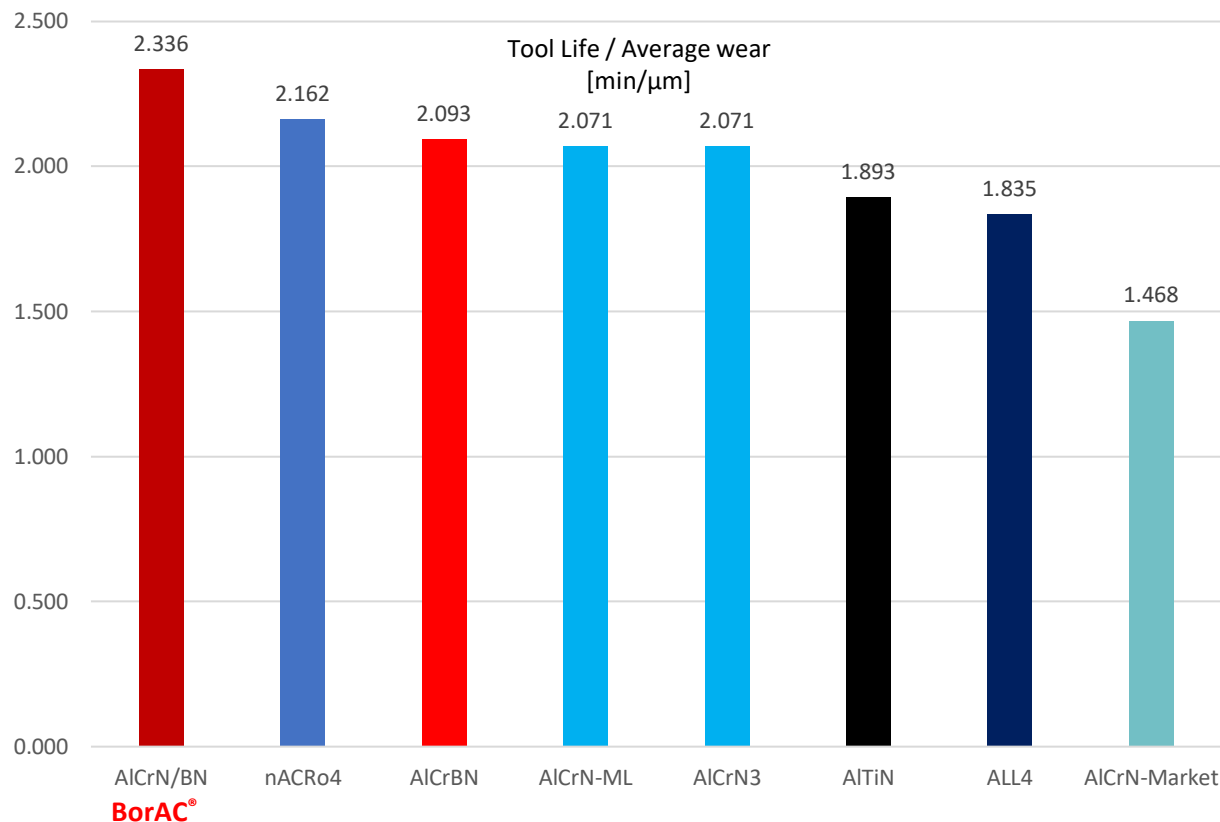
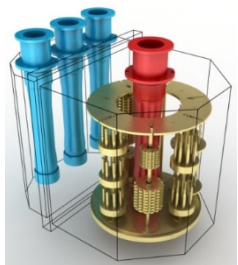
10 nm



Using Boron as Material Components for Increasing Performance

Wear and Tools Life Comparison at Pocket Milling

LACS® : Lateral ARC and Central Sputtering Rotating Cathodes

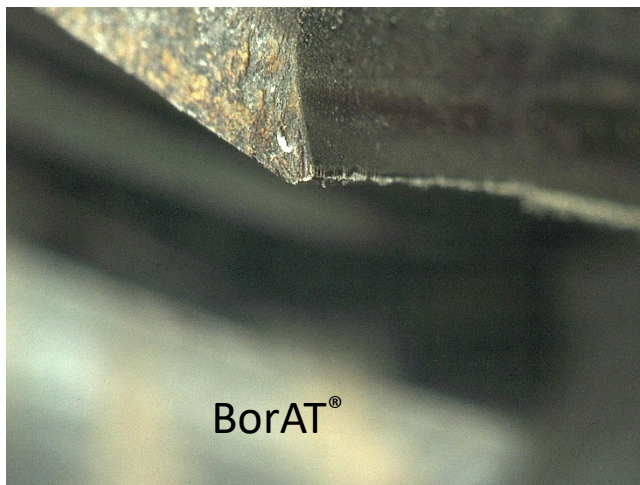
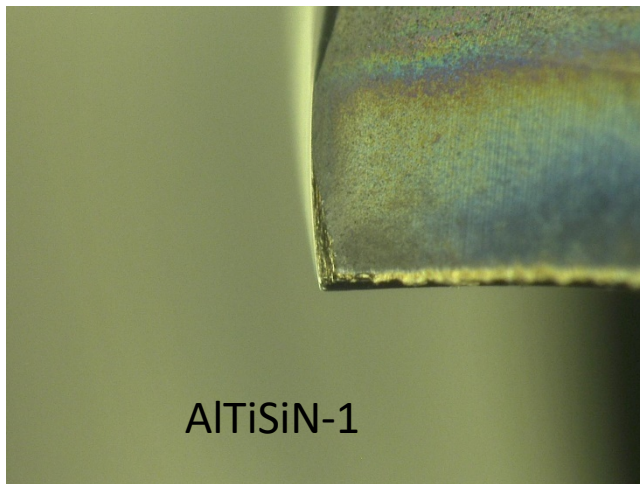


Mat.: Tool steel - 1.2085 – X33CrS16 – HRC 32.4 – $a_p=5$ mm – $a_e=1.8$ mm – $v_c=120$ m/min

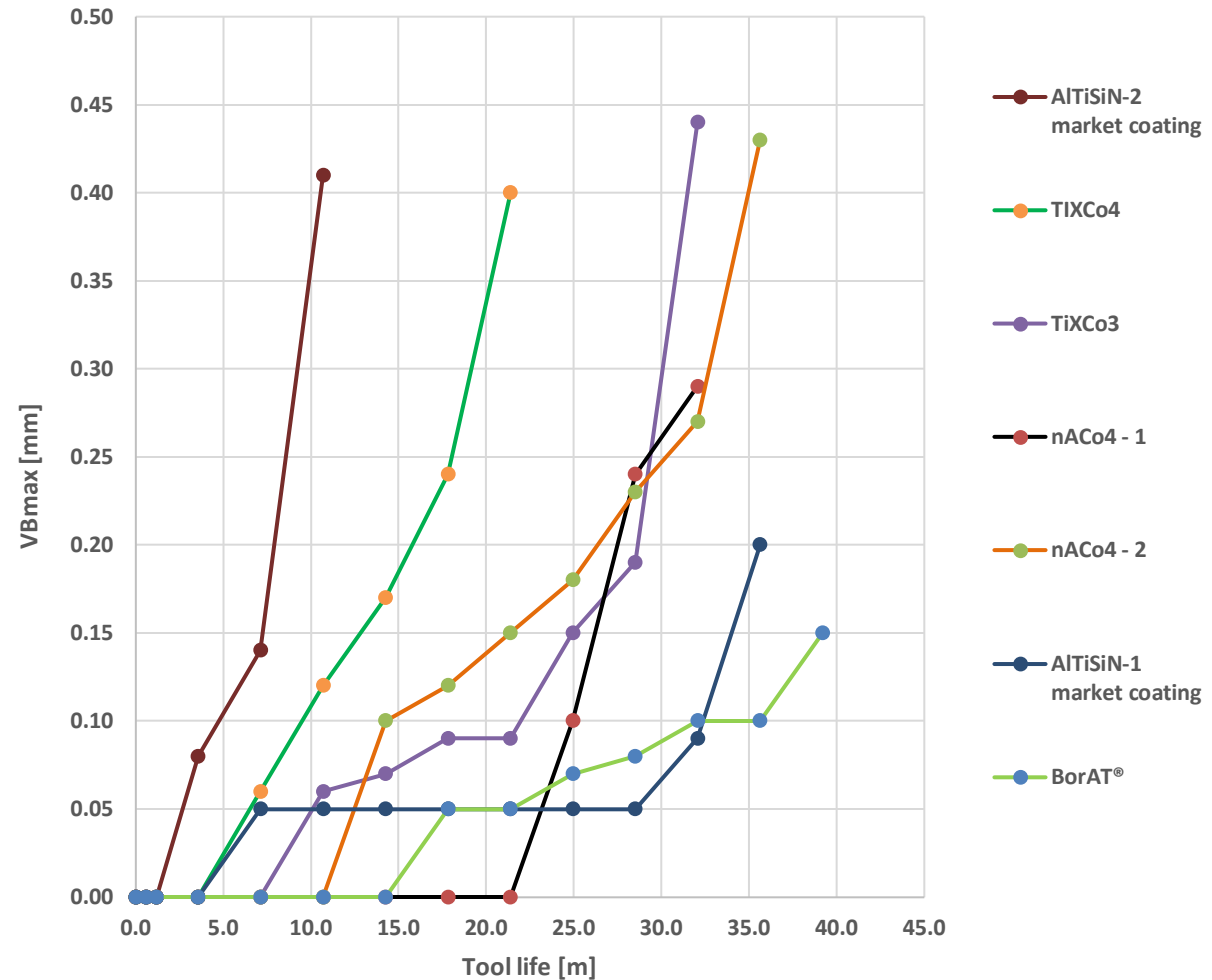
Tools: D=8mm - Fraisa NX-V Torus – $d=2.2$ mm – $z=4$ – $f_z=0.05$ mm/teeth – MMS

Average wear = (Max. margin wear + VBmax (clearance wear) + Top edges wear + corner wear) / 4

BorAT[®] - AlTiN/BN: Wear Behavior at Drilling

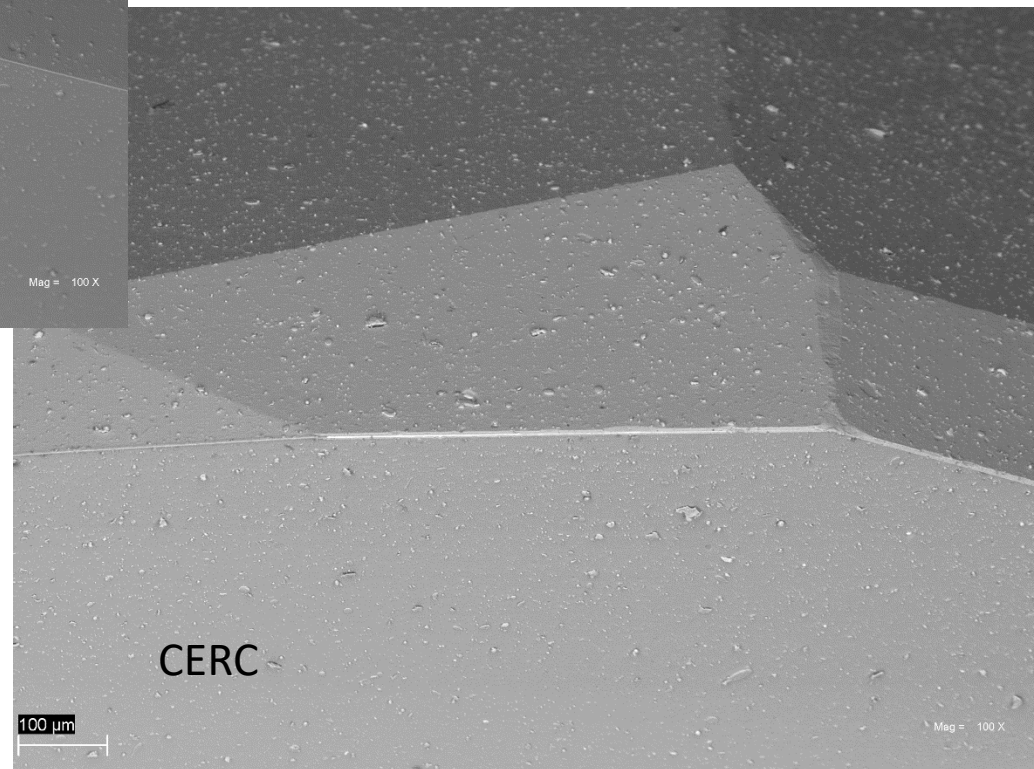
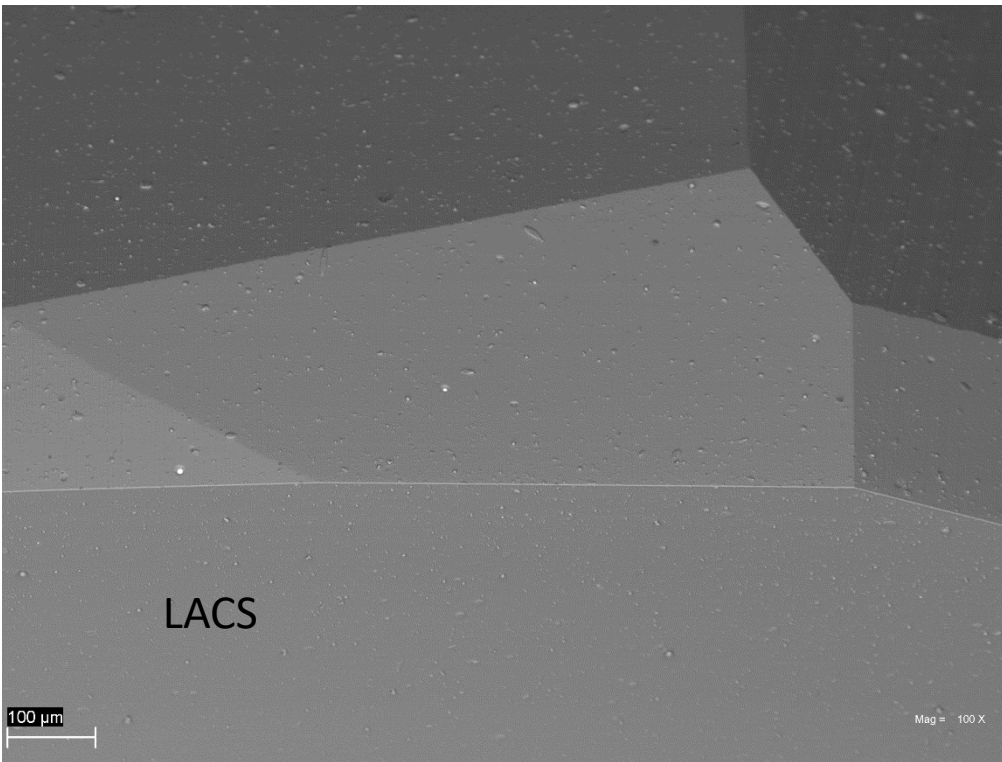


Drill's Corner Wear after 2178 Holes



Mat.: heat treated steel - 1.7225 – 42CrMo4 – HRC 30 – $a_p=18$ mm – $v_c=120$ m/min
 Tools: Solid carbide drill - $d=6.8$ mm - Fa. Schlenker – $z=2$ – $f=0.15$ mm/rev – MQL
 Measured at GFE, Schmalkalden, Germany

Edge Views



Aktuális trendek a forgácsolás világából

avagy

A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át, a nanokompozitos bevonatoló gépig

- Létezik-e intelligencia a forgácsoló szerszámokban?
- Szárazmegmunkálás; a zöld álom és a valóság
- Bevonatolás; a forgácsoló technológia legdinamikusabban fejlődő ágazata
- Think different! Gondolj másképp!

References:

- T. Cselle: Knw Important from Urgent, Gépgyártástechnológia, Budapest, 1999
Adaptation - Integration - Open Source, Swiss Quality Production, Hanser, Zürich, 2011
Off to New Shore of Blue Oceans, Werkzeugtechnik, Boulogne, 2011
Compendium - Quo Vadis PVD Coatings, 1.- 58. kiadás, PLATIT, Grenchen, Selzach, 2002- 2017



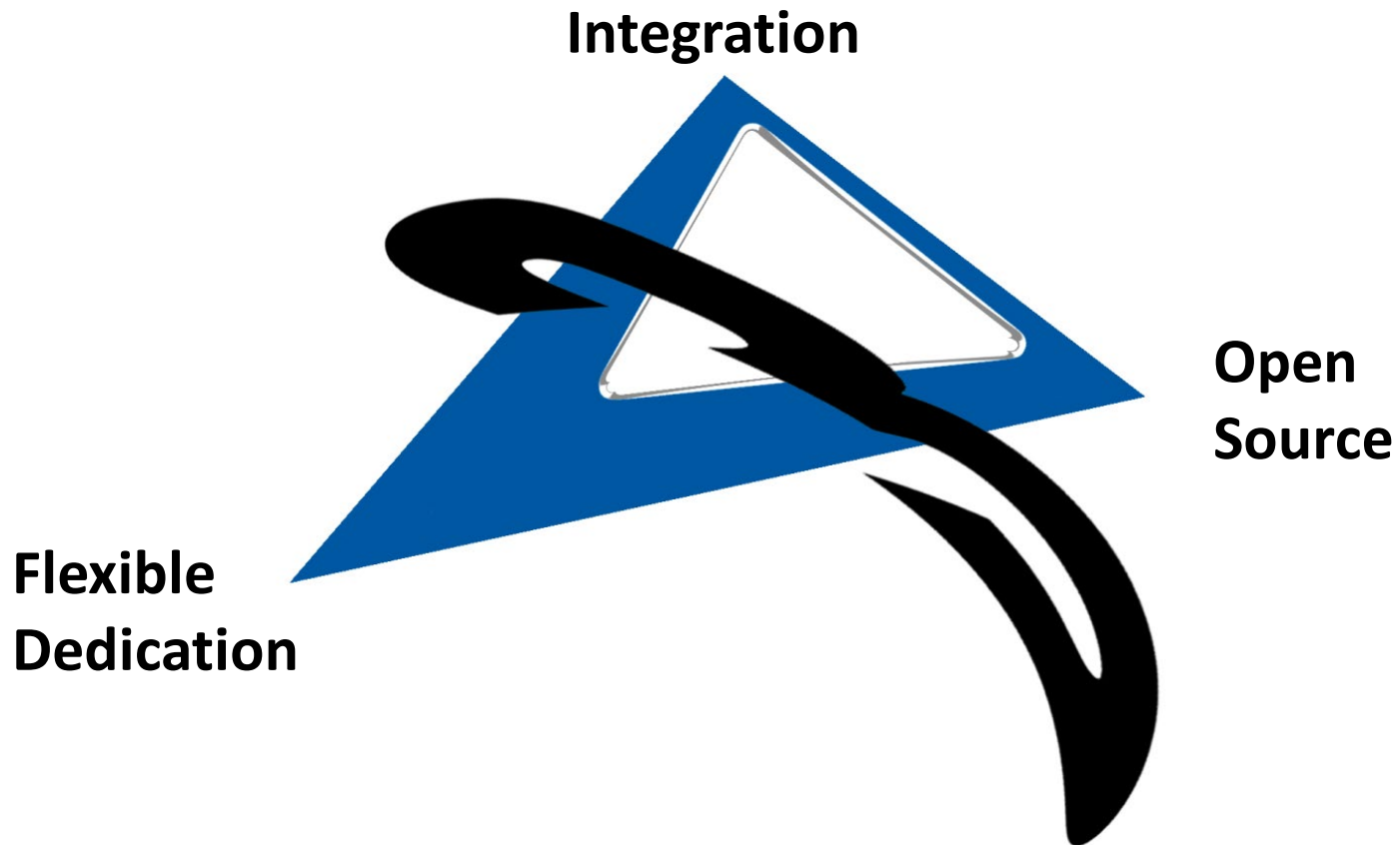
Mitől modern ma egy cég (középvállalkozás)?

- **Blue Ocean Strategy – avagy –
szüz, kék tenger piacot kell generálni!**
- **Nem másolt és nehezen másolható innovatív új terméket
kell kitalálni, fejleszteni és gyártani!**
- **Elosztott intelligencia és flexibilis projektek
merev hierarchia helyett!**
- **Csak a paraonid éli túl a krizist!**



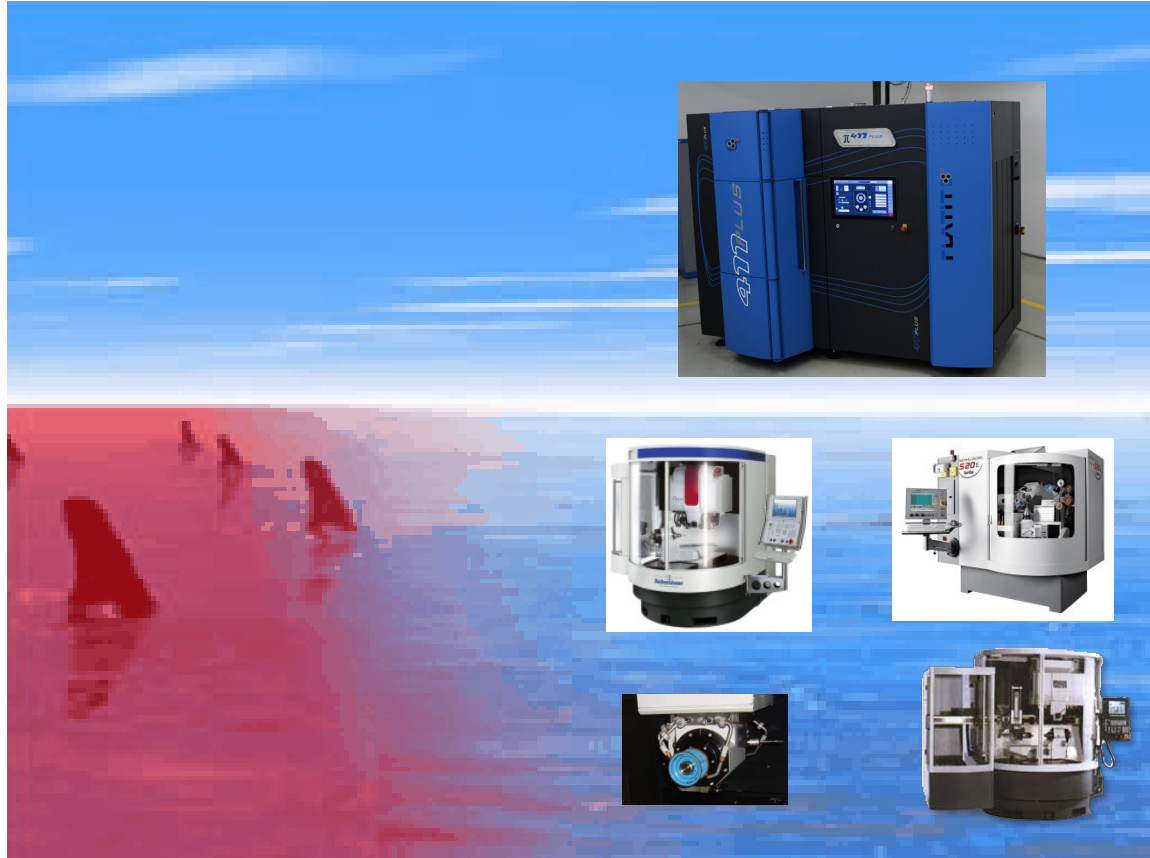
Mitől modern ma egy cég (középvállalkozás)?

- **Integration** of coating technology in mechanical manufacturing
- **Flexible dedicated** solutions
- To be an “**Open Source**” for SME’s
- **World Wide Support and Service**



Blue Ocean Strategy

Ne másoldj, képezz szüz piacot; Kék óceánt!



Köszönöm a figyelmet!





A forgó erőmérőfejtől, a szárazmegmunkáláson át, a nanokompozitos bevonatoló gépig