



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

Műanyagipari szerszámokhoz alkalmazható korszerű, többretegű PVD/PACVD bevonatok felülettechnikai és tribológiai viselkedésének vizsgálata és fejlesztése

1. Féléves beszámoló

PhD hallgató: Széll Attila

Témavezetők:

Dr. Marosné Dr. Berkes Mária

és

Dr. Horváth Richárd

**Extrúzió
Fröccsöntés
Üreges alkatrészek gyártása**

**Felületkezelés
Surface engineering**

Követelmények:

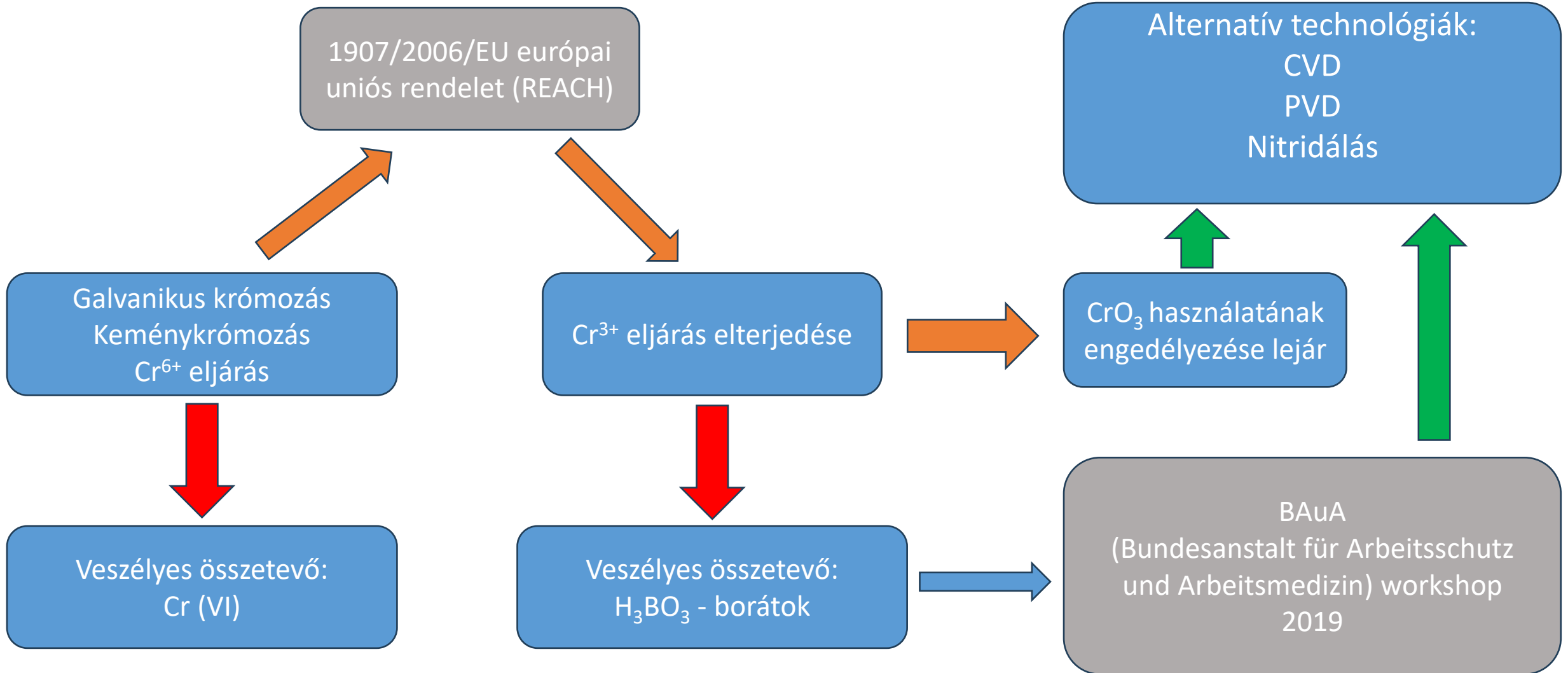
- Szívósság
- Keménység
- Korrozíóállóság
- Megmunkálhatóság
- Polírozhatóság -fotómarathatóság
- Hőtágulási tényező

Káros hatások, tönkremeneteli módok:

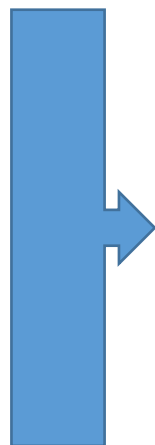
- Mozgó alkatrészek berágódása (kenés mentes csúszófelületek)
- Abrázív kopás (erősítő fázis tartalmú polimerek, GF, CF)
- Korrozíó: kémiai, pitting (agresszív alapanyag, PVC, ABS, égésgátlók)
- Feltapadás (felületi feszültség + súrlódás)
- Kavitációs károsodás (nagy nyomás, áramlási idomok)
- Dízelhatás (csak a szerszám védhető)

Jellemző szerszámanyagok:

- Előnemesített(prehardened) acélok
- Betétben edzhető acélok
- Edzhető korrozíóálló acélok
- Marazsing acélok
- Berillium bronz
- Alumínium ötvözetek



Keménység
Korrózióállóság
Súrlódási együttható
Határfelületi energia
Hőállóság



Probléma	Fő alkalmazás	Feldolgozott polimer	Bevonat típus	Bevonat összetétele	Bevonat keménysége
Kopás	Erősítő fázis tartalmú polimer (GF, CF)	EP, PPS, LCP, PF	CERTESS X	CrN	800 - 2200 HV
			CERTESS SD	TiBN	3500 HV
Oxidáció	Általános célú	PP, POM, PA, ABS, PVC	CERTESS X	CrN	800 - 2200 HV
		PC, PET, PS	CERTESS DCY	Cr+WCC+a-C:H	1000 - 3000 HV
Feltapadás	Általános célú	PP, POM, PA, ABS, PVC	CERTESS X	CrN	800 - 2200 HV
		PA, PI	CERTESS T	TiN	2200 HV
Elszennyeződés	Optikai lencsék	PMMA, OKP, COP, SZILIKON	CERTESS N	CrN	2000 HV
Formakitöltés	Gumi feldolgozás	NBR, EPDM, PUR	CERTESS XC	CrN többrétegű	1600 HV

A HEF Groupe műanyagipari felhasználásra ajánlott PVD bevonatai

Irodalmi hivatkozások:

- TS Nanocoat: Certess Plastic Rubber 2020 (2020) https://www.nanocoat-ts.com/sites/default/files/Certess_PlasticsRubber_2020.pdf

Alapanyag: Böhler W302

Méret: Ø30 x 8 mm

Vegyí összetétel

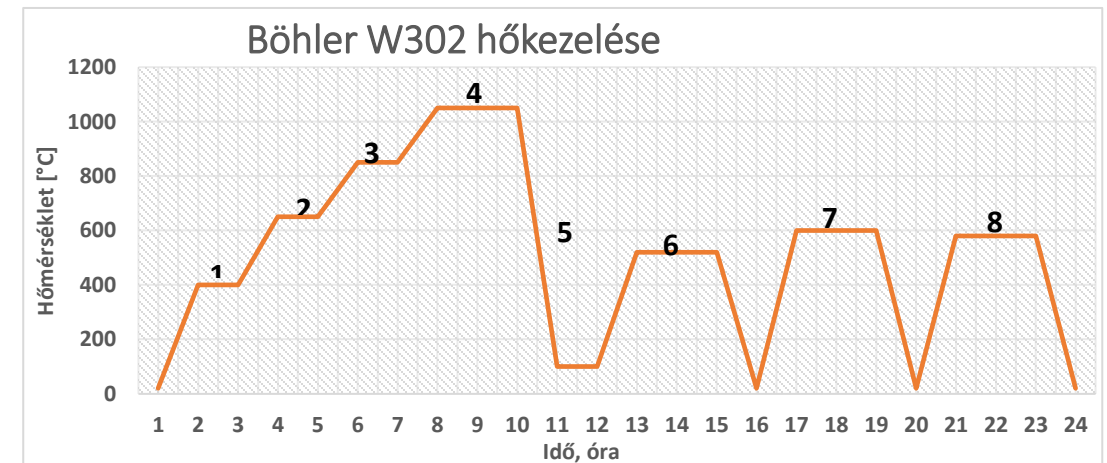
C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,39	1,10	0,40	5,20	1,30	0,95



CNC esztergált próbatest előgyártmányok

Próbatestek hőkezelésének lépései:

1. Előmelegítés 1 400°C
2. Előmelegítés 2 650°C
3. Előmelegítés 3 850°C
4. Ausztenitesítés 1050°C
5. Hűtés nagy nyomású N₂ gázban
6. Megeresztés N₂ gázban, 530°C
7. Megeresztés (munkakeménység) N₂ gázban, 600°C
8. Megeresztés N₂ gázban, 570°C



Irodalmi hivatkozások:

- voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG, (2023) Böhler W302 Isodisc, W302 ISODISC HU – 04.2023



TSD 550-40 CCM bevonatoló berendezés:

- kiegyensúlyozott egyenáramú magnetronos porlasztási konfiguráció
- két darab katóddal
- egy további független mikrohullámú plazmaforrással

Mikrohullámú plazmaforrás működés közben

- argon gáz bevezetésekor (bal)
- acetilén gáz bevezetésekor (jobb)



Mikrohullámú plazmaforrás

- Elektron ciklotron rezonancia (ECR) elvén működik
- Alacsony nyomású plazmát hoz létre, amelyet az acél szubsztrátumok maratására használható,
- A bevonatolási folyamat során a szubsztrátumokra érkező ion-semleges arány változtatására használható,
- A plazma sűrűség vagy árama változtatható, a sűrűség a szubsztrátumon a plazmaforrás teljesítményének beállításával finomra hangolható

TSD 550-40 felépítése

Mikrohullámú ágyúk

2,45 GHz / 540 W

Gázbevetés

Ar: 60 sccm

N₂ : 0 – 40 sccm

O₂ : 0 – 40 sccm

N₂ + O₂ = 40 sccm

Próbatestek

DC / impulzus mód:
-150 V / 250 kHz



Magnetron katód
Cr target (99,5 %)

DC: 5300 W
5 W/cm²

Szubsztrát tartó/forgató mechanizmus

Fordulatszám: 5 1/min

1. fázis
Szendvics szerkezetű bevonat gradiens átmenettel



Funkcionális bevonat



Gradiens bevonat



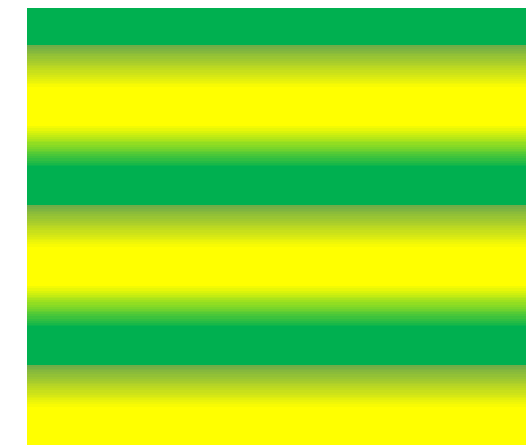
Alapbevonat



2 fázis
Multilayer szerkezetű bevonat gradiens átmenetekkel

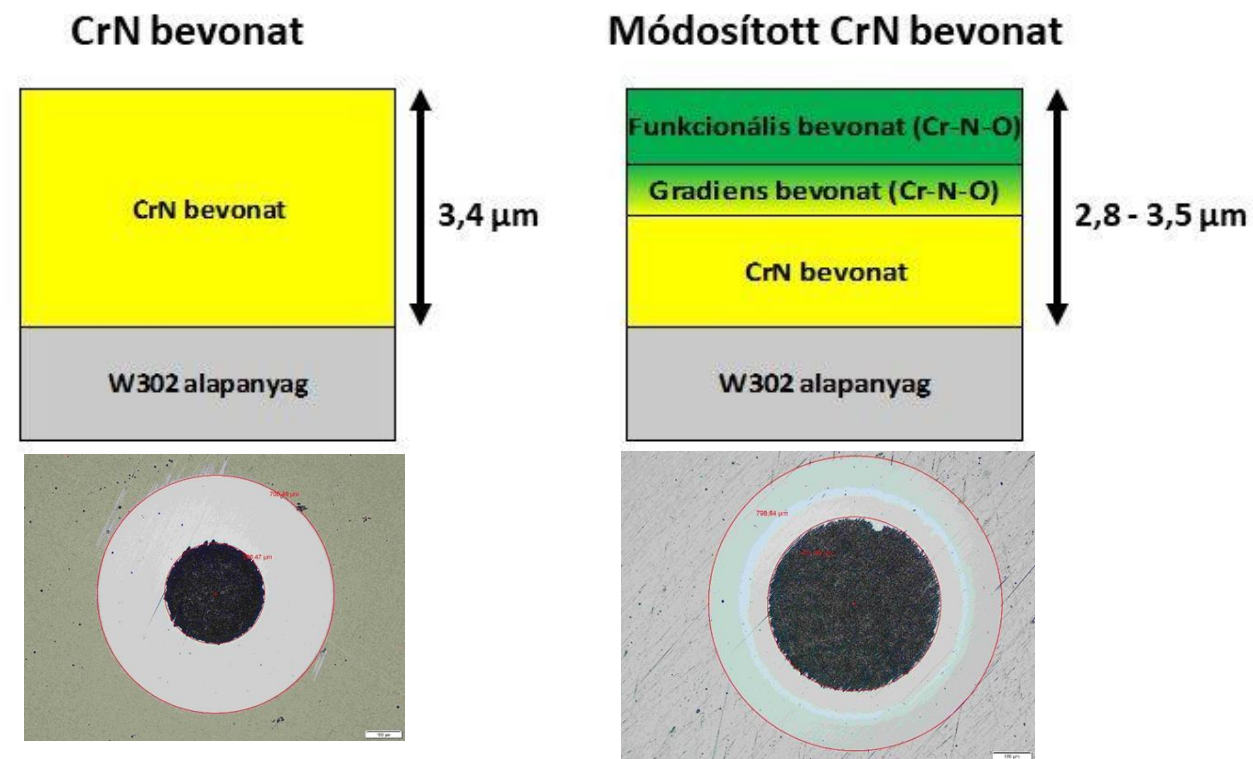


Időszakosan ismétlődő
bevonat lamellák
gradiens átmenetekkel
a lamellák között

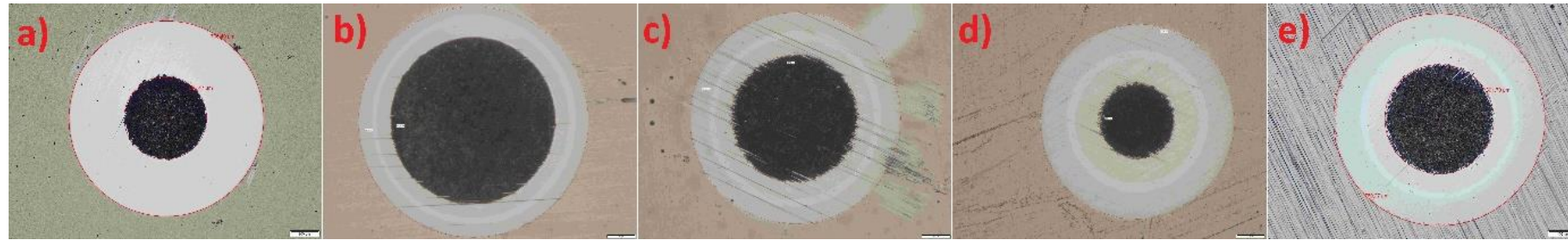


Próbatest jele	Bevezetett gáz mennyiség (sccm)		
	Ar	N ₂	O ₂
CrN	60	40	
Cr25	60	30	10
Cr50	60	20	20
Cr75	60	10	30
Cr100	60		40

A próbatestek reakció gáz bevezetés mátrixa



A próbatesteken létrehozott PVD rétegek sematikus felépítése, Calotest nyoma és a rétegek vastagsága



CrN próbatest

Cr25 próbatest

Cr50 próbatest

Cr75 próbatest

Cr100 próbatest

Próbatest jele	Rétegvastagság (μm)			
	CrN	Gradiens	Funkcionális	Teljes
CrN	3,4			3,4
Cr25	0,9	0,7	1,2	2,8
Cr50	0,9	0,5	1,6	3,0
Cr75	0,9	0,5	1,9	3,3
Cr100	1,0	0,5	2,0	3,5

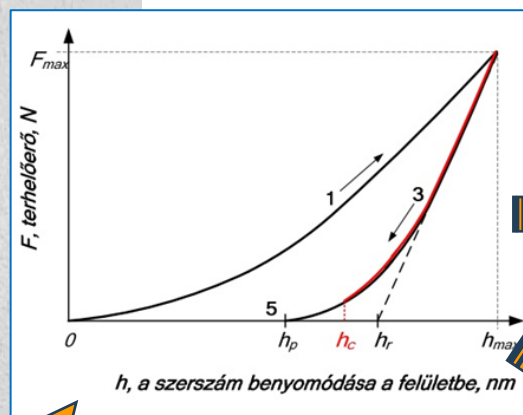
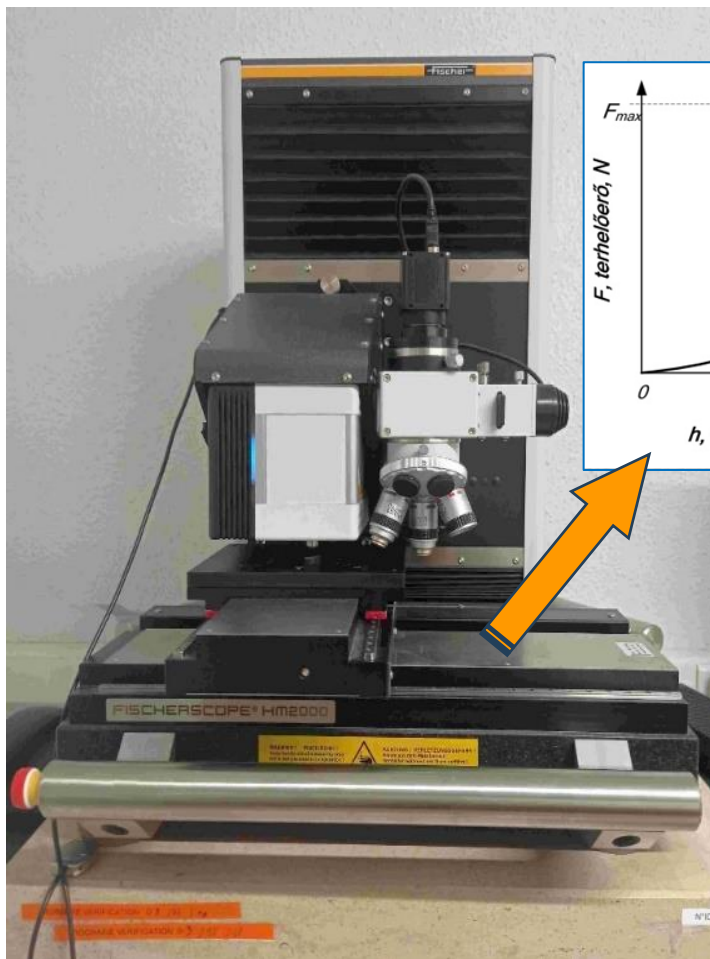
Próbatest jele	Funkcionális bevonat		
	Rétegvastagság (μm)	Bevonatolás ideje (s)	Réteg képződés sebessége (nm/s)
CrN	3,4	10800	0,315
Cr25	1,2	3600	0,333
Cr50	1,6	3600	0,444
Cr75	1,9	3600	0,528
Cr100	2,0	3600	0,555



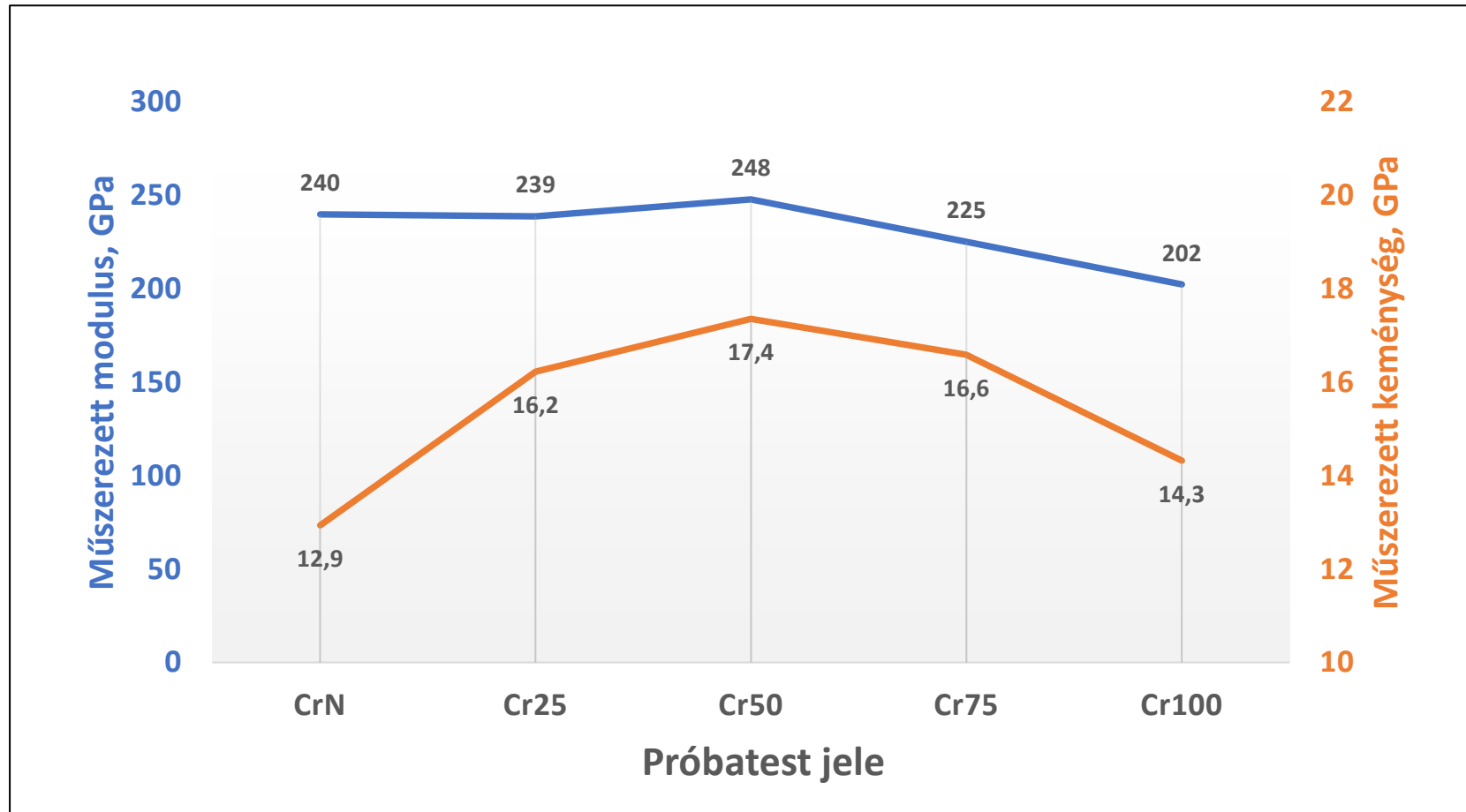
Oxigén beépülése a Cr rácsba → térfogatnövekedés → réteg képződés sebességének növekedése

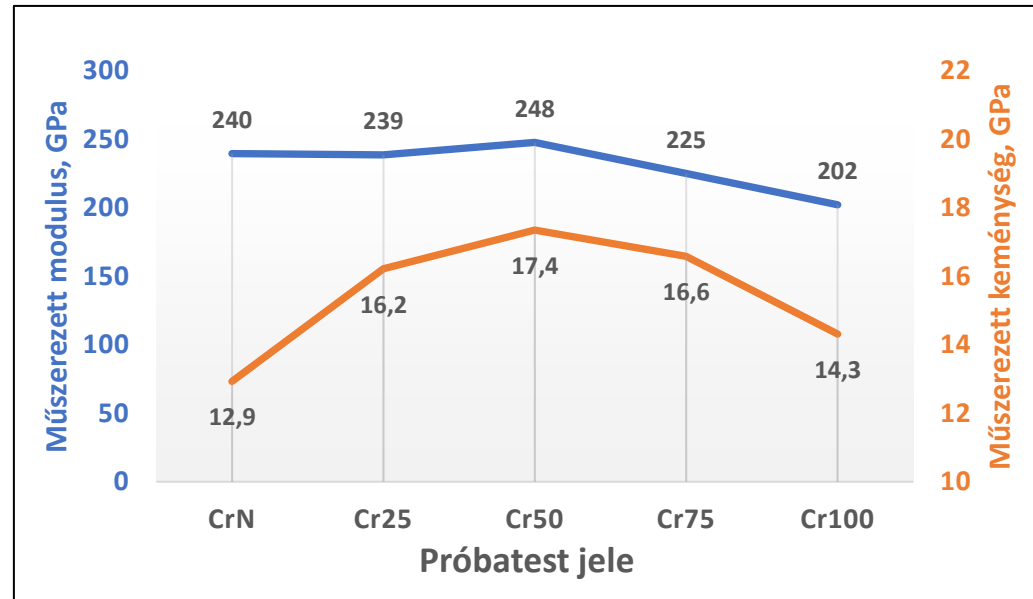
Mérések helyszíne: IREIS (Institut de Recherches en Ingénierie des Surfaces) kutatóintézet, F-42160 Andrezieux-Boutheon, Franciaország, Központi Felülettechnikai Laboratórium

Berendezés: Fischerscope HM2000, Szúrótest: Vickers gúla, Terhelőerő: 20 mN

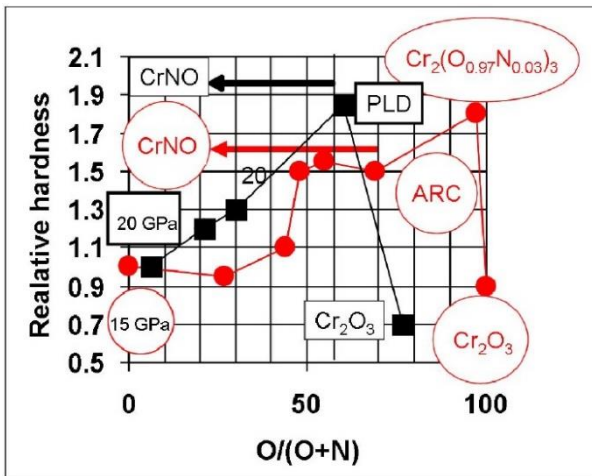


Próbatest jele		02	04	06	08	10
Bevezetett gáz mennyisége		100% N ₂	25% O ₂	50% O ₂	75% O ₂	100% O ₂
Műszerezett modulus, EIT (MPa)	Min	186974	215053	226071	197744	176412
	Max	299246	281056	270587	262772	243041
	Szórás	35096,4	22791,1	14164,5	18534	18448,8
	Variancia e.h., %	14,64	9,55	5,72	8,23	9,12
	Átlag	239792	238729	247808	225108	202313
Vickers keménység (HV)	Min	998	1314	1421	1265	1214
	Max	1462	1800	1784	1870	1641
	Szórás	147,6	173,1	117,2	191,5	112,4
	Variancia e.h., %	12,07	11,29	7,15	12,22	8,3
	Átlag	1222	1533	1640	1567	1353
Műszerezett keménység, HIT (N/mm²)	Min	10561	13901,6	15032,9	13383,9	12850,5
	Max	15466,2	19043,9	18878,1	19791,7	17360,5
	Szórás	1561,51	1831,32	1240,41	2026,1	1188,98
	Variancia e.h., %	12,07	11,29	7,15	12,22	8,3
	Átlag	12934	16220	17350	16586	14317



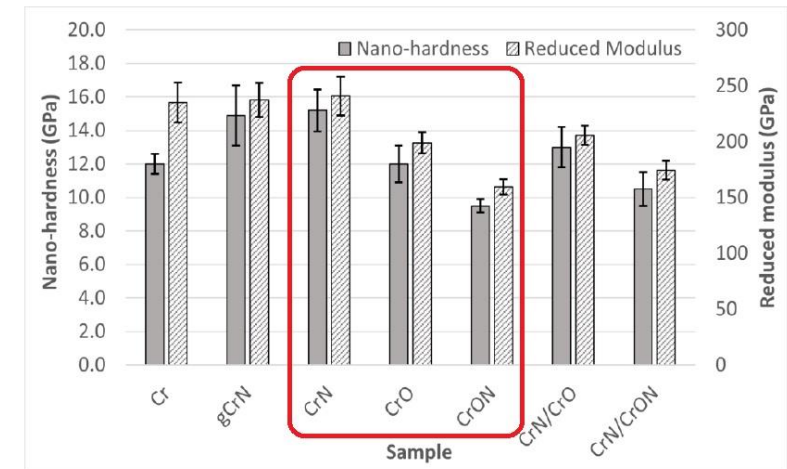


Mérési eredményeim összehasonlítása a szakirodalommal



PLD eljárásnál 38 GPa / 62 % O
 ARC eljárásnál 28 GPa / 97 % O

Magnetronos porlasztásnál



Forrás: Carneiro, E. et al, (2021)

Forrás: F. Vaz, N. Martin, M. Fenker. (2013)

Az 1. félév során teljesített tárgyak

Tantárgy	Tárgykód	Kreditpont
Anyagtudomány alapjai	OATANTA1ND	6
Forgácsoláselemélet	OATFELM1ND	6

Az 2. félévre tervezett tárgyak

Tantárgy	Oktató neve	Kreditpont
Törésmechanika	Dr. Kovács Tünde	6
Acél folyamatos öntésével kapcsolatos jelenségek	Dr. Réger Mihály	6

Kutatási tevékenység leírása		2023 / 2024		2024 / 2025		2025 / 2026		2026 / 2027	
		I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Szakirodalom kutatás									
Próbatestek bevonatolása	W302 acél								
	Si lapka								
Bevonat integritás és kohézió	VDI3198 Rockwell teszt								
	Karcteszt								
Kémiai összetétel, szerkezet és mechanikai tulajdonságok	Gömbcsüveg koptatás, Calotest módszer								
	Műszerezett keménységmérés, nano keménységmérés								
	Vickers keménységmérés növekvő terhelő erővel								
	Pasztázó elektron mikroszkópia (SEM)								
	Atomerő mikroszkópia (AFM)								
	Röntgendiffrakció (XRD)								
Tribológiai vizsgálatok	Ball on disc elvű vizsgálatok								
Nedvesítési vizsgálatok	Nyugvócsepp módszeres peremszög mérés								
Eredmények publikálása 1. Q3									
Eredmények publikálása 2. Q3 / Q2									
Eredmények publikálása 3. Q2 / Q1									
Eredmények publikálása 4. Q1									
Tézisértékű megállapítások megfogalmazása									
Disszertáció készítése									
Disszertáció védeése									

Bevonatok készítése

- Si wafer (Siegert - P/B-dópolt - <100>)  Publikációkhoz SEM rétegfelvételekhez
- W302 acél próbatestek

Bevonat integritás és adhézió

- VDI3198 Rockwell teszt

Tribológiai vizsgálatok

- Karcteszt


Mechanikai tulajdonságok

- Vickers mérésorozat különböző terhelőerőkkel

Nedvesítési vizsgálatok

- Nyugvócsepp módszeres peremszög mérés  Kooperációs kutatóhely megkeresése

Kémiai összetétel, finomszerkezet

- SEM vizsgálat  Kooperációs kutatóhely megkeresése
- XRD vizsgálat