

Zárójelentés

Az anizotrópia szerepének kutatása
a polikristallin fémek mechanikai tulajdonságaira
és ultraprecíziós forgácsolhatóságára
című kutatási téma eredményeiről

OTKA-azonosító: 43571

Típus: K

Zsűri: GEK

Kezdőév: 2003.

Futamidő: 4 év

Témavezető:

2003-2005. július: dr. Prohászka János

2005. augusztus – 2006: dr. Dobránszky János

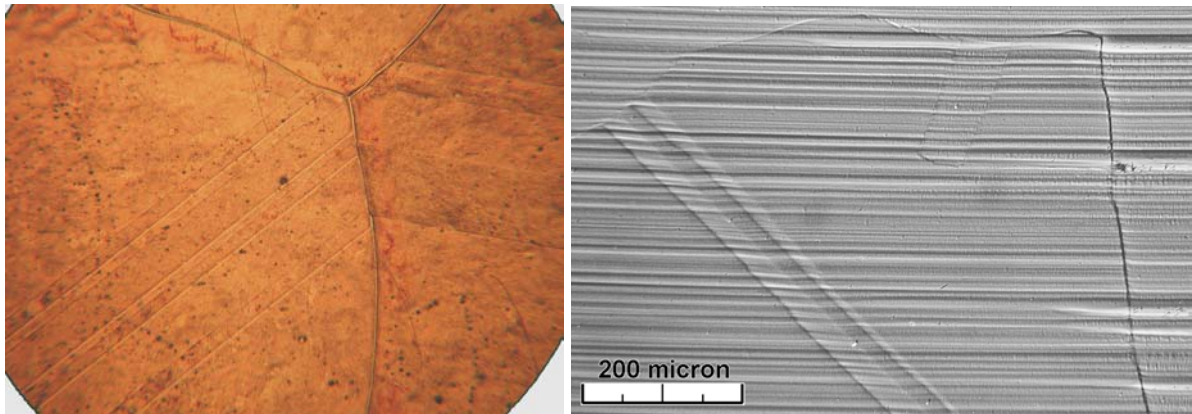
1. A projekt fő feladatcsoportjai

- FKK fémek (Cu, Al, ausztenites acél) és TKK fémek (W, Cr, Mo, Fe) tükrösítése
- Forgácsolás (gyalulás) a képlékeny–rideg átmeneti hőmérséklet (DBTT) alatti és feletti hőmérsékleten
- Az anizotrop alakváltozás in-situ kísérleti meghatározása egytengelyű húzással terhelt próbatesteken

2. Az FKK fémek (Cu és Al) tükrösítésével kapcsolatos kísérletek

A kísérletek leírásához

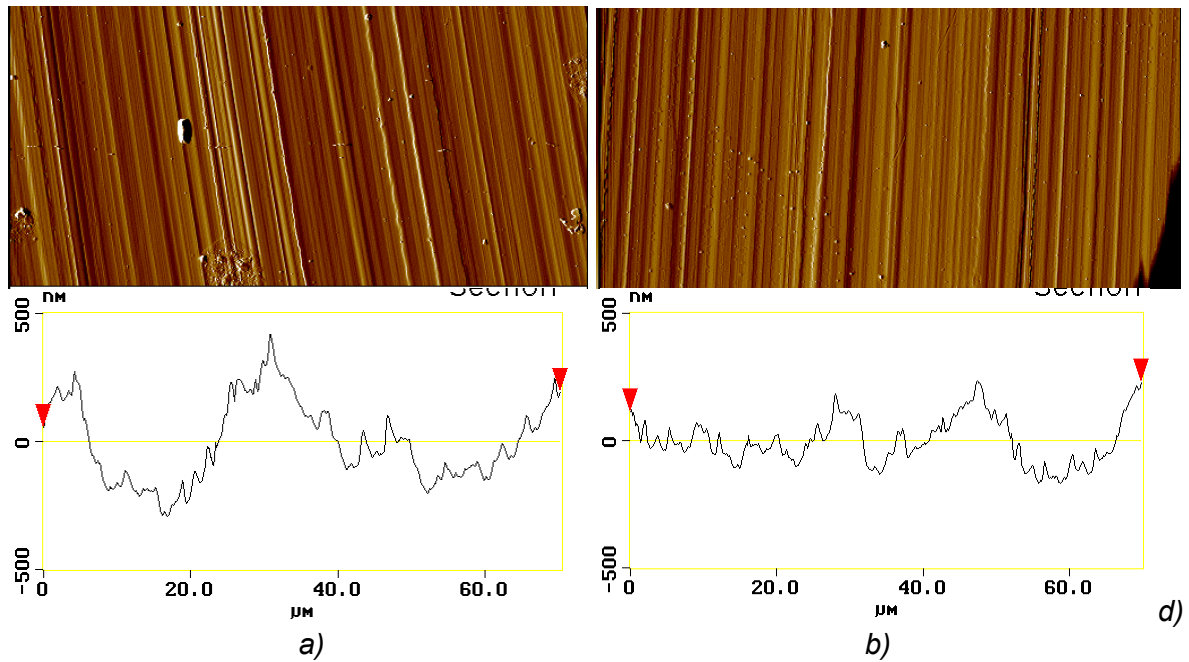
A kísérletek záró szakaszában lágyított, finomszemcsés réz próbatestek lettek tükrösítve, amely próbatestek előzetesen különböző mértékben voltak alakítva hideghengereléssel. Az alakítás mértéke 5%, 20% és 40% volt. Ennek a kísérletnek az volt a célja, hogy meghatározzuk, milyen hatással van az előzetes hidegalakítás a tükrösített felület érdességére.



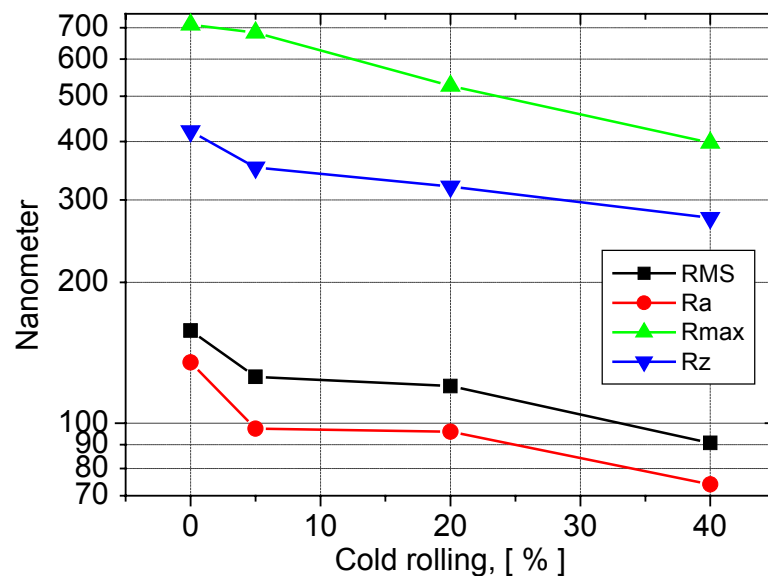
1.1. ábra – Cu próbatest felülete tükrösítés előtt és után

Az eredmények bemutatásához

A különböző mértékű előzetes hidegalakítás után tükrösített réz próbatesteknél atomerő-mikroszkóppal (AFM) lett megmérve a felületi érdesség. A 4CU-1. ábra mutatja a deformálatlan és a 40% hidegalakítást kapott próbatest deflektációs képét és a megmunkálási barázdákra merőleges vonal mentén a felületi érdességet. Az AFM-es mérések összesített eredményeit mutatja a 4CU-2. ábra



4CU-1. ábra – „AFM deflection image” és „section analysis” lágyított (balra) és 40% hidegalakítást kapott Cu-próbatesten mérve (b).jobbra



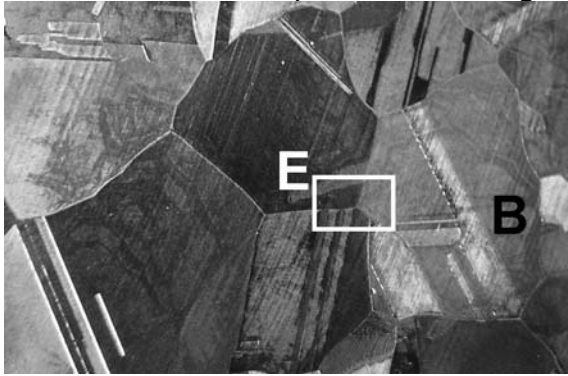
4CU-2. ábra – A hidegen alakított Cu felületi érdességi jellemzői az alakítás függvényében

Az eredmények értékeléséhez

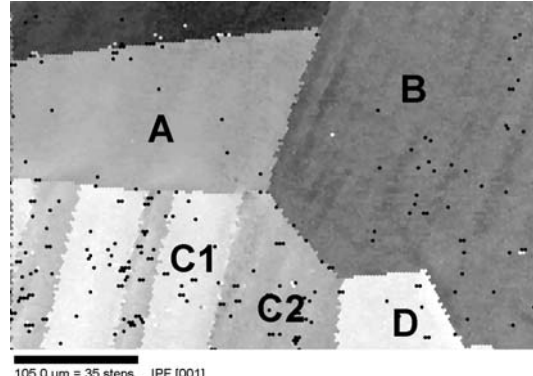
A különböző mértékű előzetes hidegalakítás után tükrösített réz próbatesteknél AFM-val mért érdességi eredmények azt mutatják, hogy az előzetes hideghengerlés hatására minden érdességi jellemzőt javul, tehát kisebb lesz. Az érdességváltozás csökkenése a szemcsehatároknál és az ikerhatároknál is megmutatkozik, de erre vonatkozóan érdemes további kvantitatív méréseket végezni.

A következő képek illusztrálják az EBSD-vel meghatározott orientációjú szemcsék tükrösítés előtti és utáni vizsgálati lépéseit.

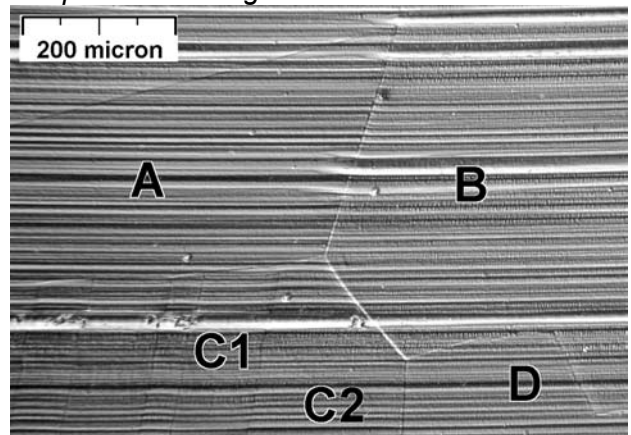
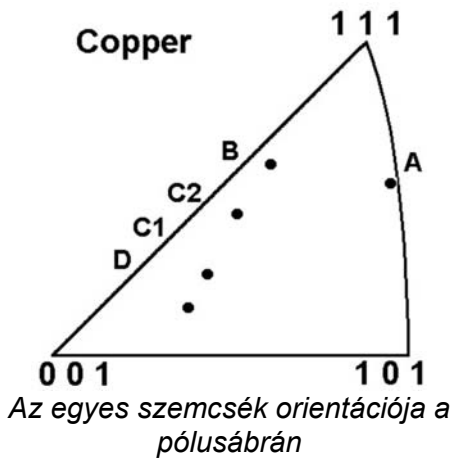
Réz tükrösítése ultraprecíziós esztergálással



Lágyított Cu próbatest

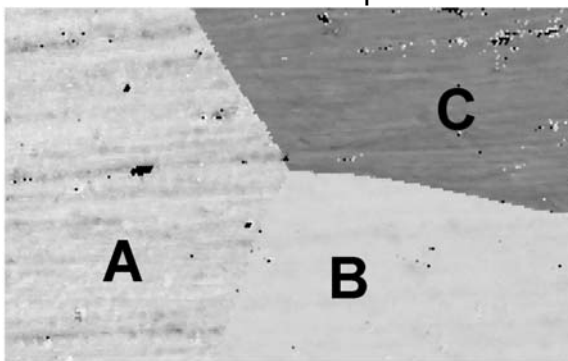


A próbatest vizsgált részlete tükrösítés előtt

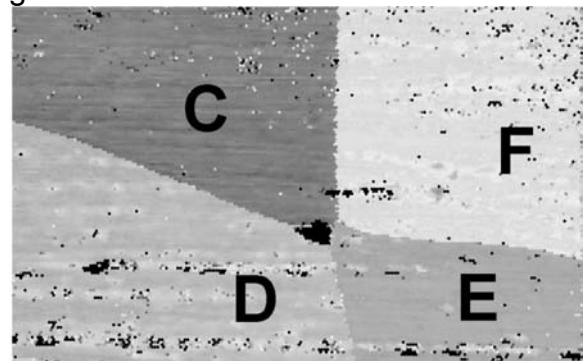


A próbatest vizsgált részlete tükrösítés után

Alumínium tükrösítése ultraprecíziós esztergálással

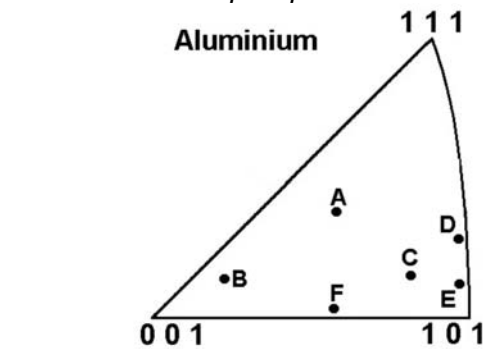


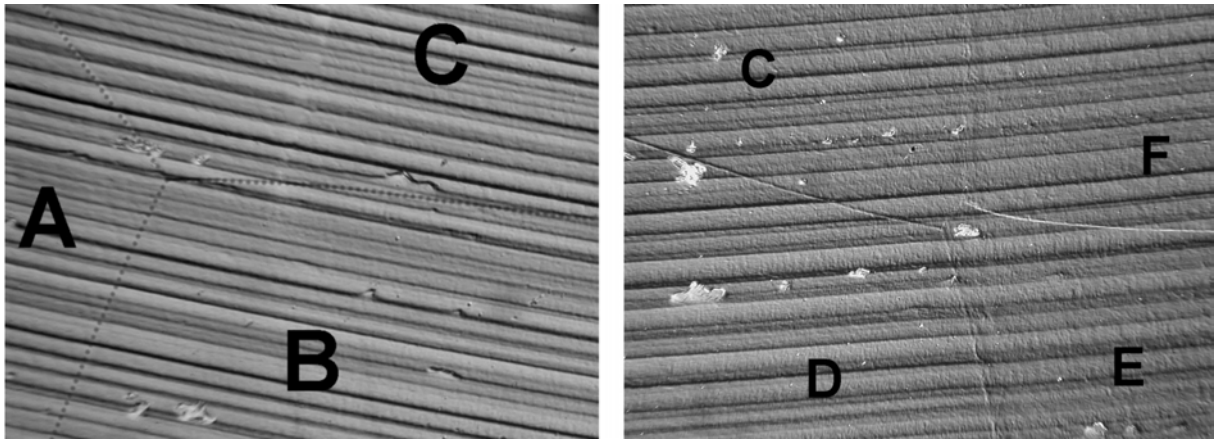
200.0 μm = 50 steps IPF [001]



200.0 μm = 50 steps IPF [001]

EBSD orientációs térkép Al-próbatest felületének részletén





A próbatest vizsgált részlete tükrösítés után, differenciál interferenciakontraszt képeken

3. A W tükrösítésével kapcsolatos kísérletek

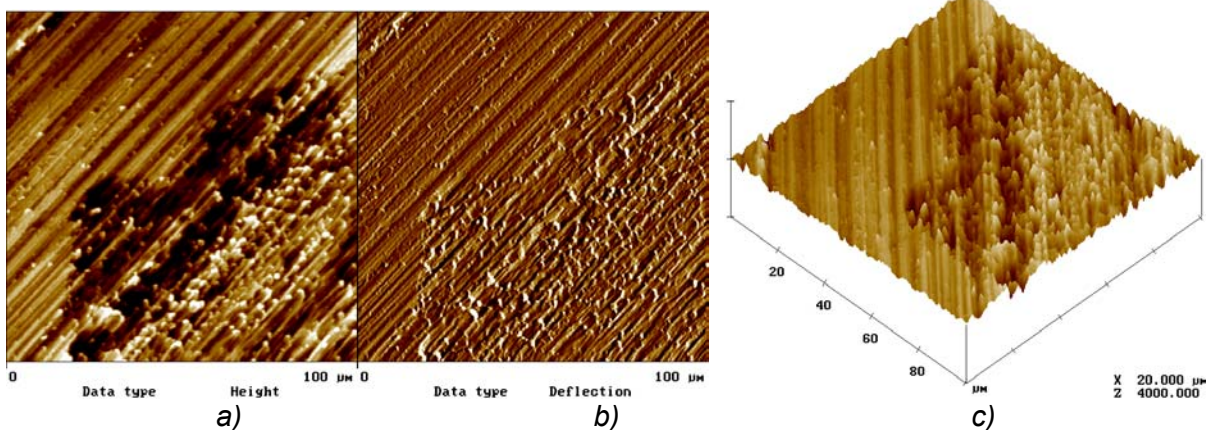
A kísérletek leírásához

A W tükrösítését a gyémánt anyagú forgácsolószerszám mellett köbös bór-nitrid (CBN) anyagú szerszámmal is elvégeztük; az volt a cél, hogy meghatározzuk, milyen hatása van a szerszámanyagnak a felület minőségére akkor, ha nagyon rideg anyag megmunkálása történik. A W-próbatest a porkohászati elektróda villamos ívvel megolvasztott és így durvakristályosra dermedt csúcsából készült.

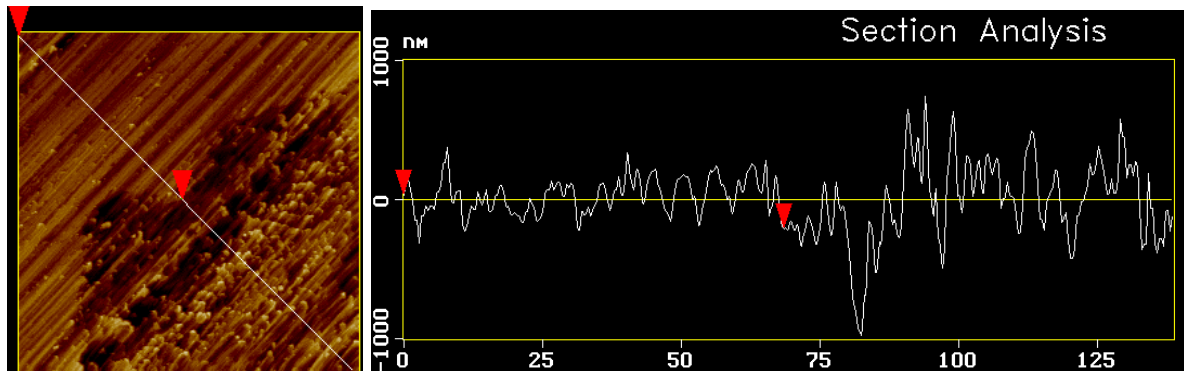
Az eredmények bemutatásához

A kétféle szerszámmal tükrösített próbatesteknél AFM-mel lett megmérve a felületi érdesség. Az 1W-1. ábra mutatja a gyémánt szerszámmal megmunkált próbatest magassági és deflektációs képét két szemcse határán. A két szemcse érdessége erősen eltérő, ami az eltérő orientációjukból adódik, és emiatt a forgácsoló erő különböző szöget zár be a W-szemcse csúszósíkjával. Ha ez a szög kedvezőtlen, az mikrodeformációk mellett lokális ridegtörés (hasadás) lép fel, és emiatt a felület nagyon durva lesz.

A megmunkálási barázdákra merőleges vonal mentén a felületi érdességet az 1W-2. ábra mutatja mind a két szemcsére, az érdességi jellemzők számszerű adatait pedig az 1W-1. táblázat első két sora tartalmazza.



1W-1. ábra – AFM magassági kép (a), deflektációs kép (b) és 3D kép gyémántkessel megmunkált W-próbatest felületéről

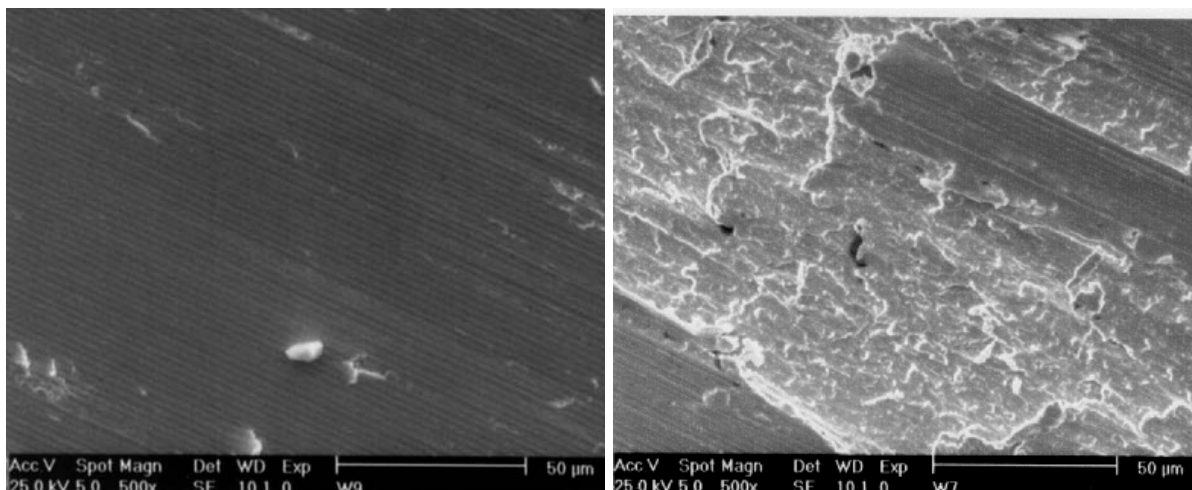


1W-2. ábra – „AFM section analysis” a gyémántkéssel tükrösített W felületén

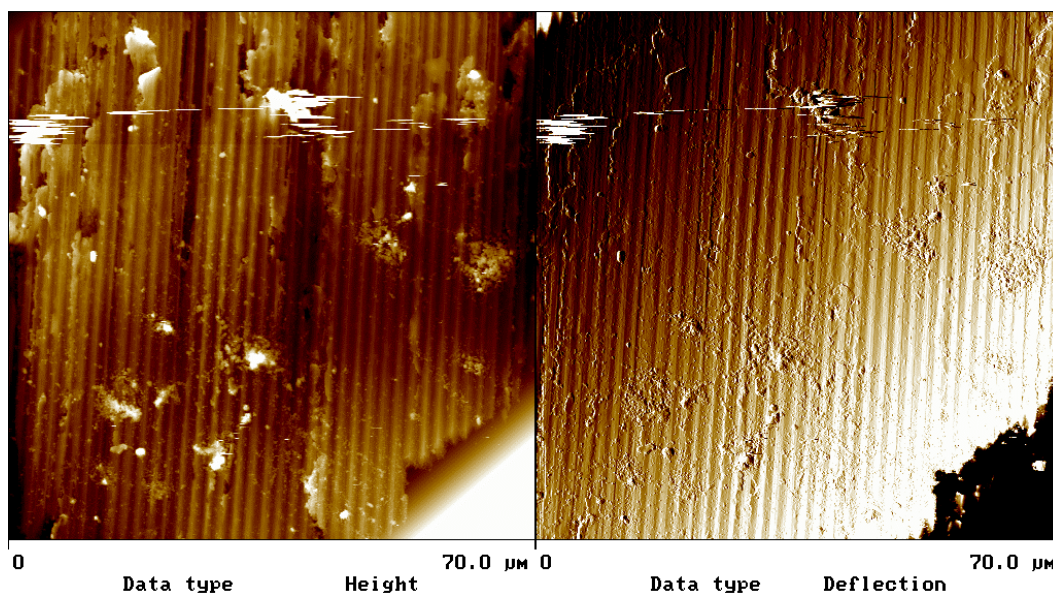
	RMS [nm]	R _a [nm]	R _{max} [nm]	R _z [nm]
„A” szemcse, gyémánt	129,16	96,559	695,44	506,20
„B” szemcse, gyémánt	281,72	199,29	1623	1026
CBN-nel megmunkálva, legjobb	65,912	50,293	372,92	284,50
CBN-nel megmunkálva, legrosszabb	211,53	135,33	679,53	541,89

1W-1. táblázat

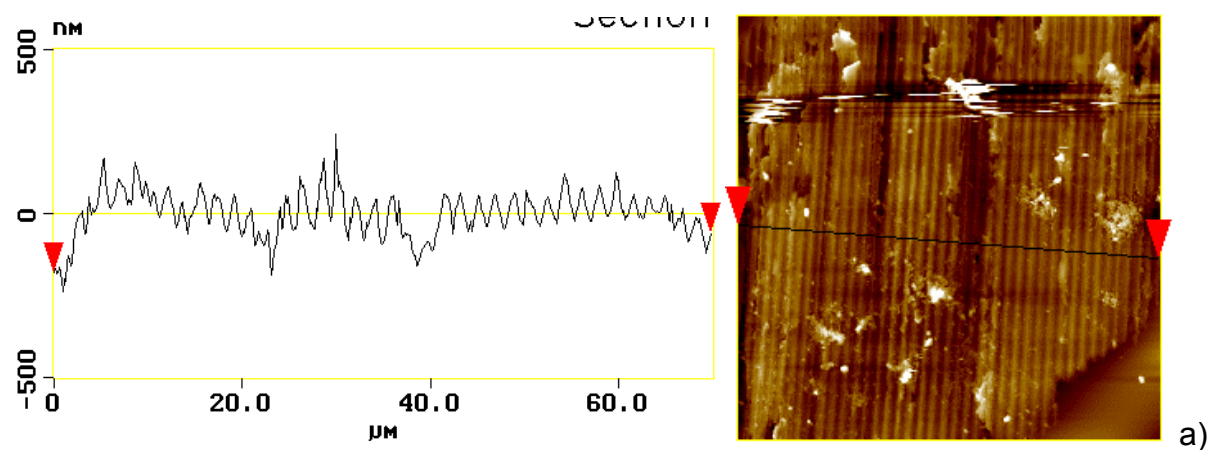
A CBN szerszámmal megmunkált W felülete kettős hatást tükröz. Egyfelől finom, kis érdességű felületek jönnek létre (lásd a 1W-3/a. ábrát), amelyek azonban csak kis területre korlátozódnak, másfelől pedig nagyon durva kitörések, amelyek lerontják teljes megmunkált felület simaságát (1W-3/b. ábra). Az 1W4. ábrán látható legjobb felület AFM-mel mért érdességi profilját mutatja az 1W5. ábra. Meg kell jegyezni, hogy a legrosszabb, hasadékos felületeken az érdesség jóval meghaladja az 1W5/b. ábrán bejelölt szakaszra vonatkozó értékeket, és az R_{max} akár a 2000 nm-t is elérheti.



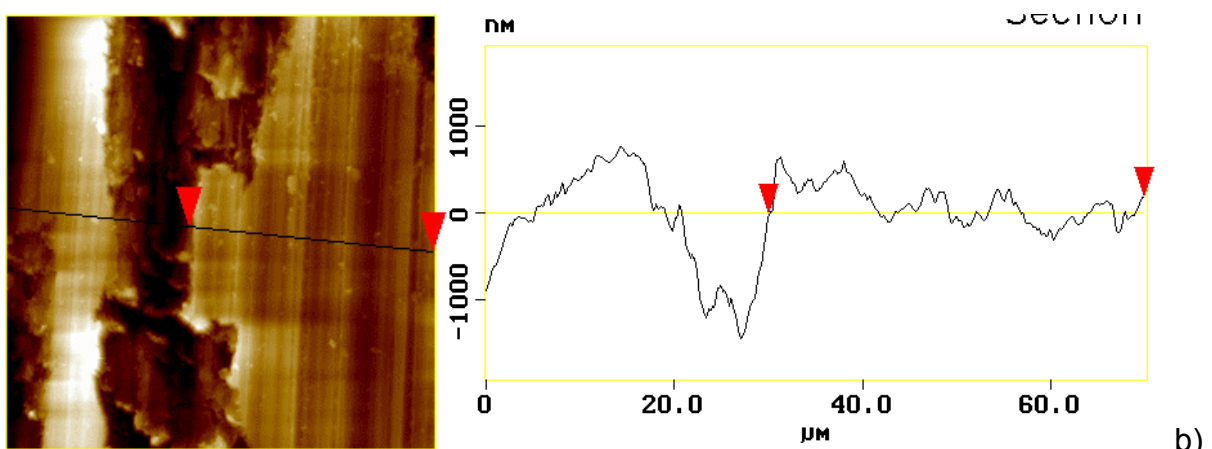
1W-3. ábra – CBN szerszámmal tükrösített felület: legjobb (a) és legrosszabb (b)



1W-4. ábra – „AFM height image” (a) és „deflection image” (b) CBN szerszámmal megmunkált W-próbatesten



a)



b)

1W-5. ábra – „AFM section analysis” CBN szerszámmal megmunkált W felületén: a legjobb minőségű rész (a) és a legrosszabb minőségű rész (b)

Értékelés

Az egyes kristallitokban a képlékeny alakváltozást létrehozó csúsztatófeszültség attól függ, hogy milyen a kristallit és a főforgácsoló erő geometriai kapcsolata. A szerszám által az aktív csúszási rendszerekben keltett csúsztatófeszültséget a Schmid-tényező határozza meg, melynek értéke a csúszáshoz szükséges tau-feszültségnek és a forgácsoló szerszám által okozott szigma-feszültségnek a hányadosa. A Schmid-tényező maximális értéke 0,5 minimuma pedig 0,27. Ez azt jelenti, hogy a forgácsolási feszültség igény ilyen értékingadozások között változhat. Ilyen ingadozásokkal változik a szerszámra ható terhelés és az általa előidézett rugalmas alakváltozás az idő és a kristallitok orientációjának a függvényében.

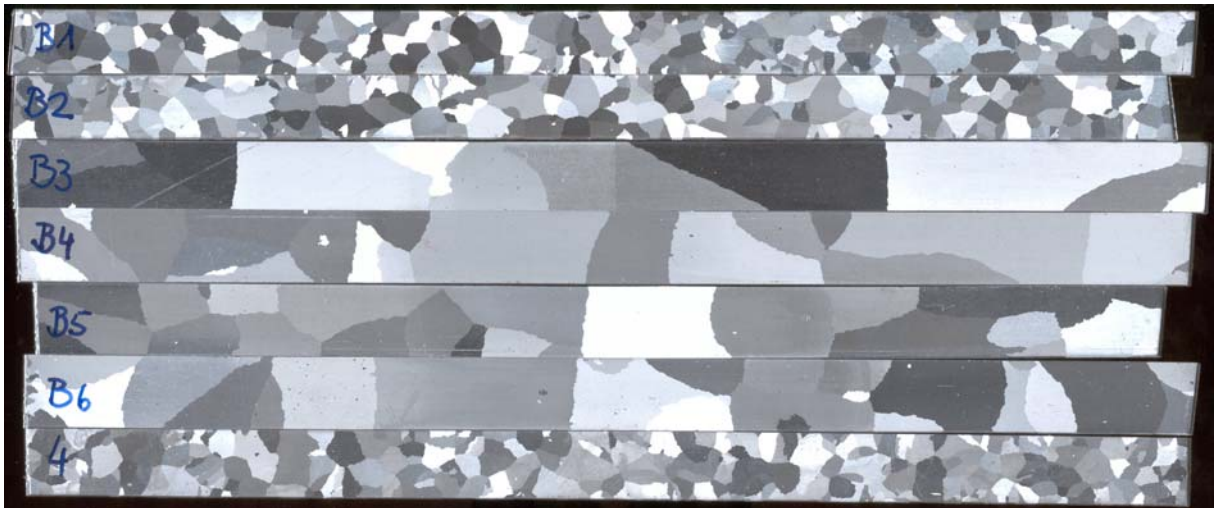
A tükrösített felületeket kitűnően lehet vizsgálni fáziskontraszt leképezési módban az optikai mikroszkópos megfigyeléssel. Az egyébként tükrösímanak tartott felületen az adott eljárás minden olyan felületi egyenlőtlenséget kimutat, ahol a forgácsolószerszám függőleges irányú elmozdulása ugrásszerűen következik be. Minden kristallithatáron az orientációváltozás miatt megváltozik a felületre merőleges Young-modulus értéke, és vele a kés által okozott rugalmas alakváltozás is. Ez az oka annak, hogy az ábrán minden előzetes metallográfiai eljárás nélkül megjelennek a kristallithatárok.

A bemutatott felvételek és a hozzájuk fűzött értelmezések egyértelműen mutatják, hogy a forgácsolt felületek egyenlőtlenségei a felület alatti réteg képlékeny alakváltozását és a felületi hibákat (repedéseket) a forgácsolt anyag szerkezete és a technológiai műveletek együtt határozzák meg. Az anyag tulajdonságainak a meghatározója a termodinamikai állapot a felületen és annak közelében a munkadarab és a szerszám közötti kölcsönhatás hatására megváltozik és ennek a változásnak az eredménye mindaz, ami a darab felületén és annak közelében történik. Természetesen a szerszám élének a változása keménységben és a forgácsoló él geometriájának a változása is a termodinamikai változások következménye. Úgy véljük, hogy ezeket a felvételek és a hozzájuk fűzött értelmezések bizonyítják, amit a tükrösítési technológiával kapcsolatban már számos kísérlet igazol, de a forgácsolás teljes területén a szerszám és a munkadarab közötti kölcsönhatásnak a tudományos tisztázása még hátra van.

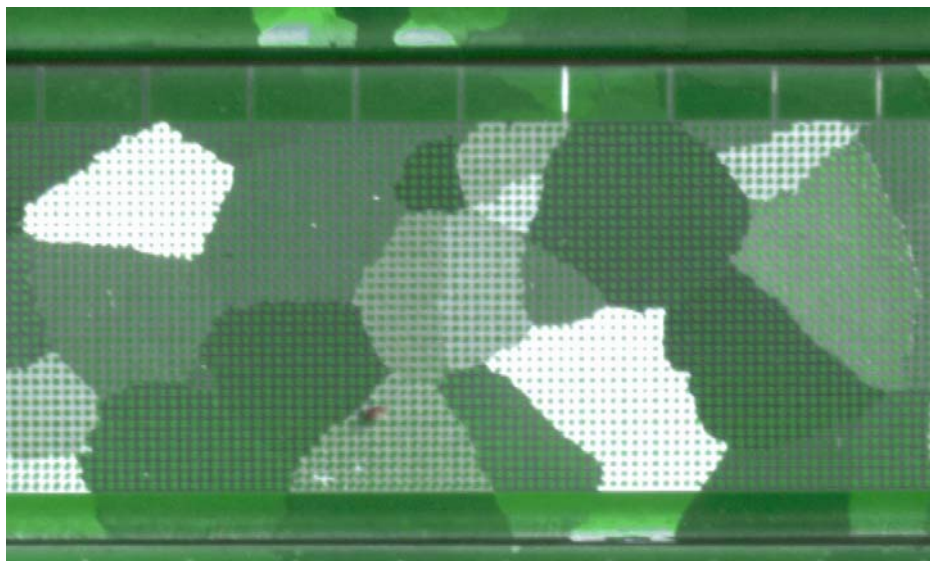
4. Az anizotrop alakváltozás in-situ kísérleti meghatározása egytengelyű húzással terhelt próbatesteken

A kísérletek leírásához

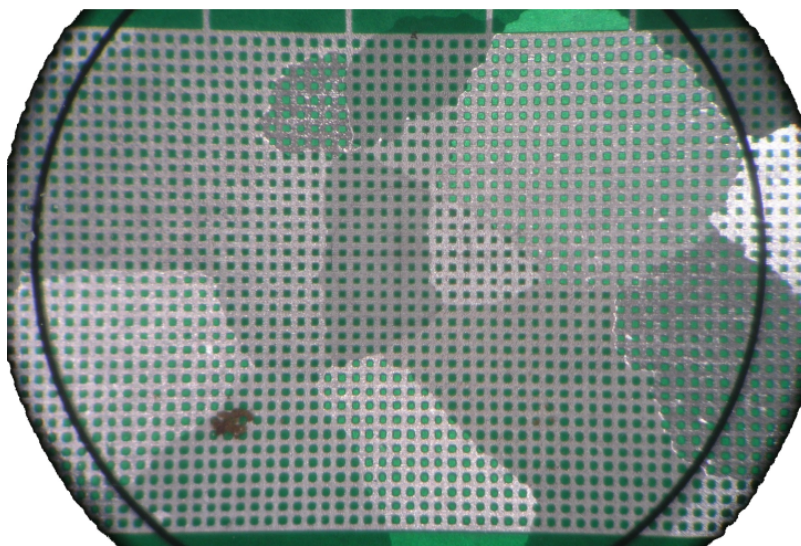
Az egytengelyű húzással igénybevett próbatestek alakváltozásának in-situ vizsgálatára olyan eljárást dolgoztunk ki, amely lehetővé teszi az egyes kristallitok alakváltozásának nagy pontosságú mérését. A módszer lényegét az alábbi képsorozat illusztrálja:



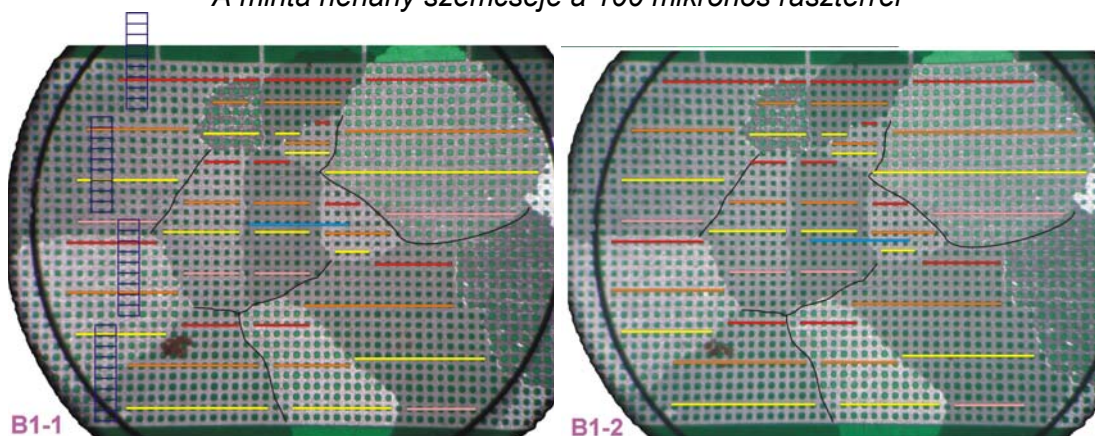
*A vizsgálatra előkészített próbatestek (méretarány = 1:1).
A szemcseméretet tudatosan állítottuk be a kívánt méretre.
A szemcsék makromaratással váltak láthatóvá*



A B1 jelű minta a 100 mikronos raszter fotolitográfias eljárással való felvitele után

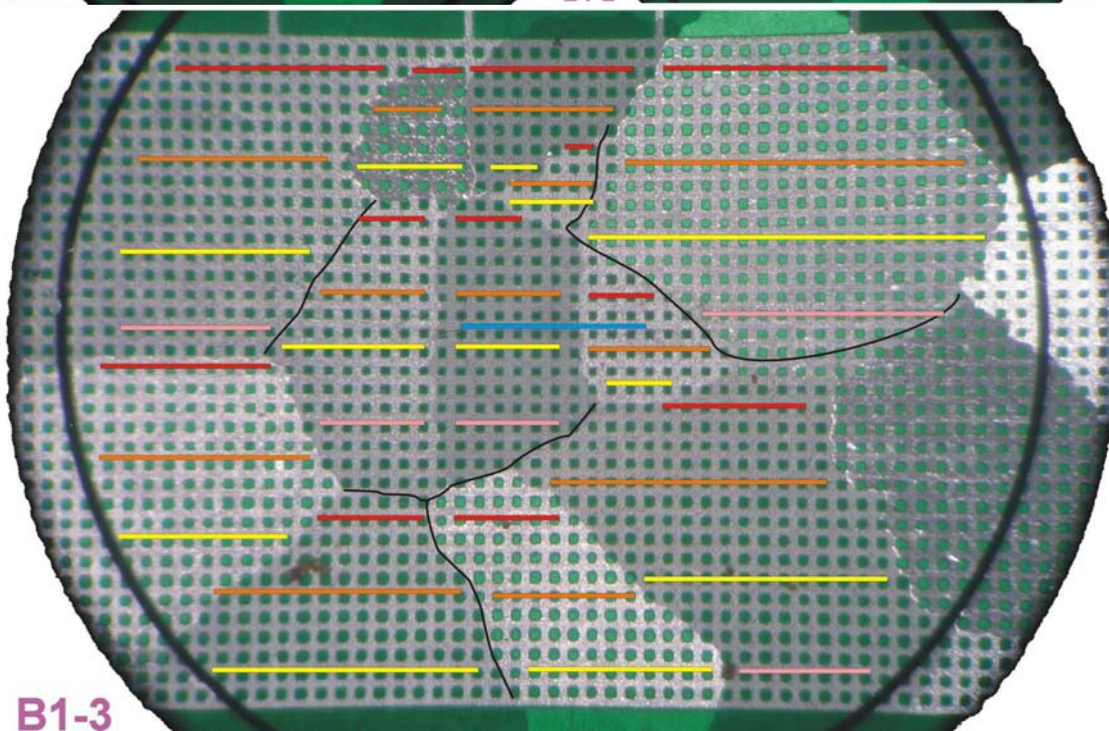


A minta néhány szemcséje a 100 mikronos raszterrel



B1-1

B1-2



B1-3

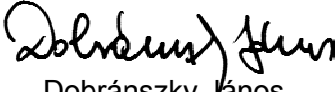
A minta vizsgált szemcséi terhelés előtt (B1-1), 1% alakítással terhelve (B1-2) és a terhelés levétele után (B1-3). A méréseket az in-situ készített makrofotókon képelemzővel végeztük

5. Záró megjegyzések

A kutatás négy éve során elvégzett kutatási feladatok a kutatási tervben foglaltak végrehajtását szolgálták. Kiváló együttműködést sikerült kialakítani a BME Gépgyártástechnológia Tanszék kutatóival, akik az ultraprecíziós megmunkálásokat végezték. Fontos előrelépést jelentett a felületek topográfiai jellemzésében az MTA KKK és az ELTE Fizikai Intézete által elérhetővé tett AFM-es mérések alkalmazása, valamint a tanszéken üzembe helyezett visszaszórtelektron-diffrakciós berendezés. Mindezek révén jelentősen felgyorsultak és pontosabbá váltak a mérések.

Prohászka János akadémikus 2005 nyarán lemondott a témavezetői feladat ellátásáról, amelynek az ellátására a projekt befejezéséig én kaptam megbízást. Az addig és az azóta elvégzett mérések eredményeit e beszámolóban csak vázlatosan ismertettük, mivel nyilvános publikációkban az eredmények megjelentek. A kutatási eredmények egy részének – konkrétan a Fe, Cr, Mo és W képlékeny–rideg átmeneti hőmérséklet felett és alatt végzett forgácsolási kísérletek fraktográfiai eredményeinek – a feldolgozása még nem fejeződött be, ezeket a 6. OAAKK konferenciára kívánjuk befejezni és bemutatni.

Budapest, 2007. február 27.



Dobránszky János
témavezető