



Felületi technológiák

A felületi technológiák vizsgálati módszerei

Hagyományos vizsgálati technikák
Felületi technológiára fókuszáló vizsgálatok

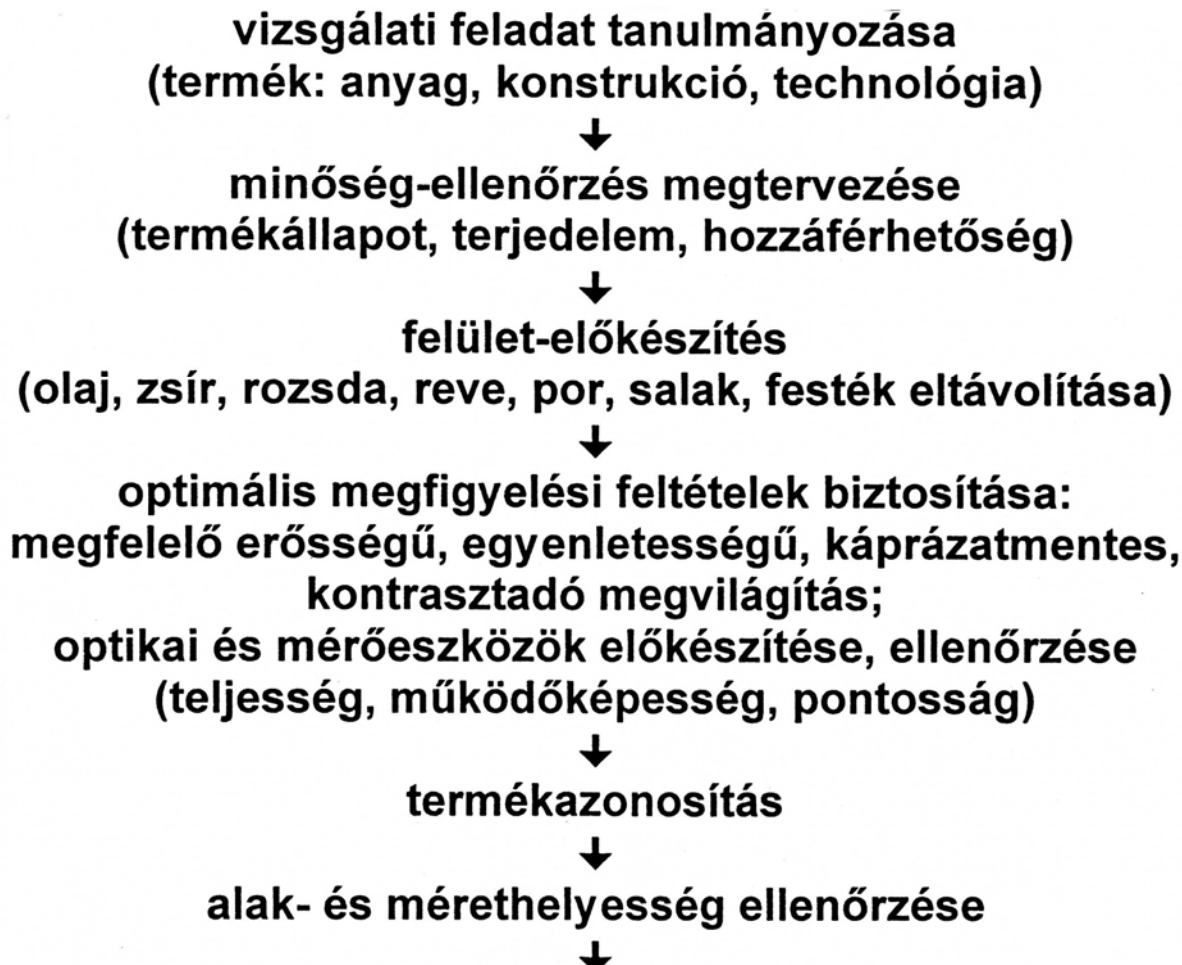


A vizsgálatok áttekintése

- Hagyományos vizsgálati technikák
 - Felületi topológia vizsgálata eredeti felületen
 - Vizuális, optikai és sztereo mikroszkópos elemzés
 - Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat
 - Felületi érdesség mérés
 - Felületi rétegek vizsgálata mikroszkópi csiszolaton
 - Szövetszerkezet, rétegvastagság, felületkezeléssel érintett réteg mikroszkópos vizsgálata
 - Keménységeloszlás meghatározása mikrokeménység méréssel
 - Összetétel, egyes elemek koncentráció eloszlásának mérése mikroanalizátorral
- Felületi technológiára fókuszáló vizsgálatok
 - Makro-, mikro- és nano- keménység mérés
 - Karc teszt
 - Koptató vizsgálatok
 - Roncsolásmentes rétegvastagság mérés

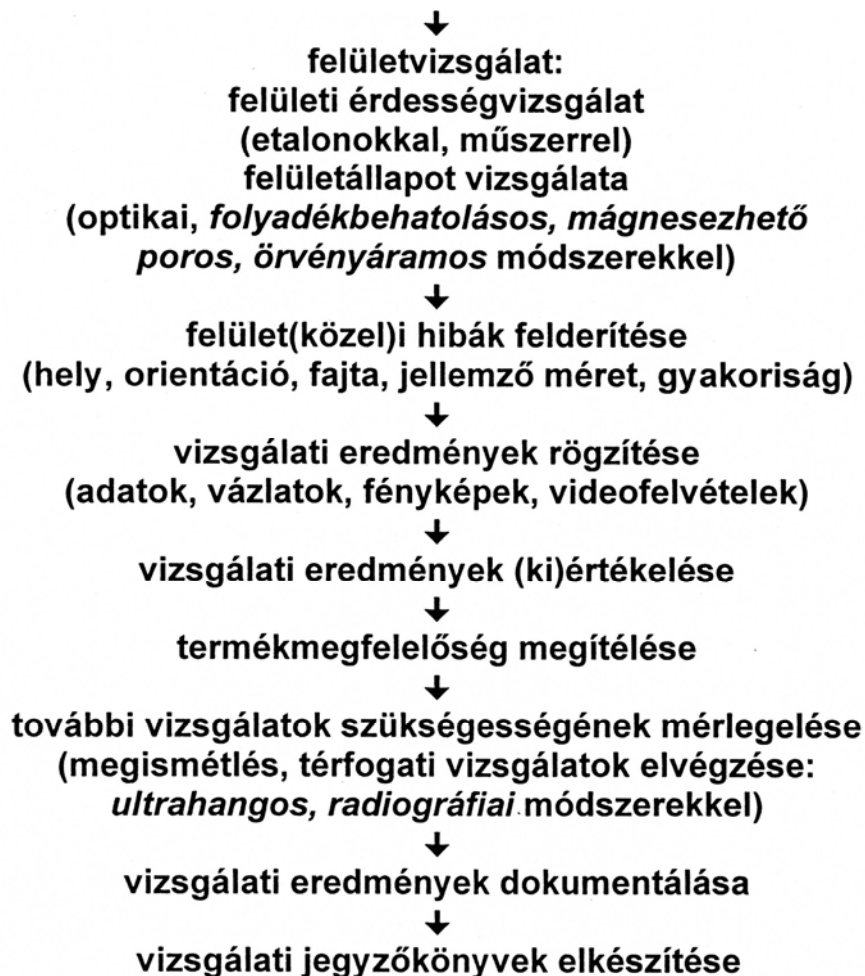


Az optikai vizsgálatok műveleti sorrendje





Az optikai vizsgálatok műveleti sorrendje (folytatás)

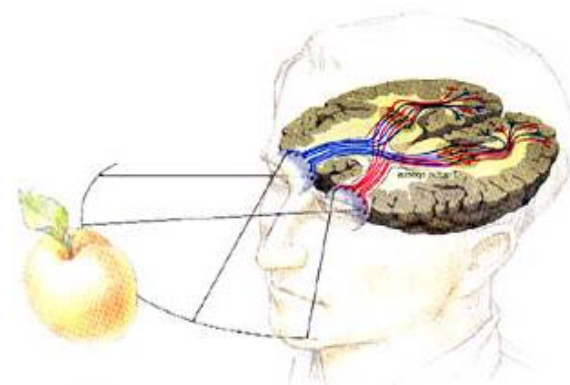
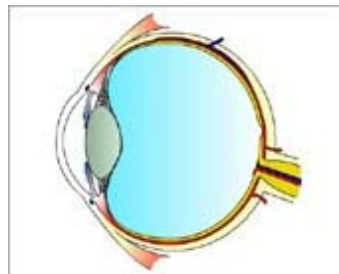




Az optikai vizsgálatok: digitális képalkotás

- Szem

- A szem a legfőbb kincsünk
- Óvja, mint a szeme világát
- ...



- Digitális képalkotás

- Objektív, nem fárad
- Része a mesterséges intelligenciának





Digitális felvétel létrehozása és értékelése

- Optikai leképezés
- Digitalizálás CCD vagy CMOS chipekkel
 - több millió apró fényérzékeny cella együttese
 - a cellák kizárólag fényerősséget képesek érzékelni, színeket nem
- Színek megjelenítése mikrolencsékkel és színszűrőkkel
 - mindegyik cella csak az elé helyezett színszűrőn áthaladó fény erősségét érzékeli, az alapszínek kombinációja adja a színes képet
- A képek minőségi jellemzői
 - Pixelek száma
 - Színmélység (szürkeségi szintek)
- Képfeldolgozás: a vizsgálandó objektumtól független, általánosan alkalmazható technika



A képelemzés folyamata

- A képek érzékelése és rögzítése
- Digitális előfeldolgozás, a lényegi információk kiemelése
- A vizsgálni kívánt objektumok megkülönböztetése, kiemelése a háttérből
- A képeken végzett átalakítások, képelemzési műveletek elvégzése
- Célra orientált mérések (pl. terület arány, alakok jellemzése, méretek meghatározása, ...)
- Az eredmények értelmezése



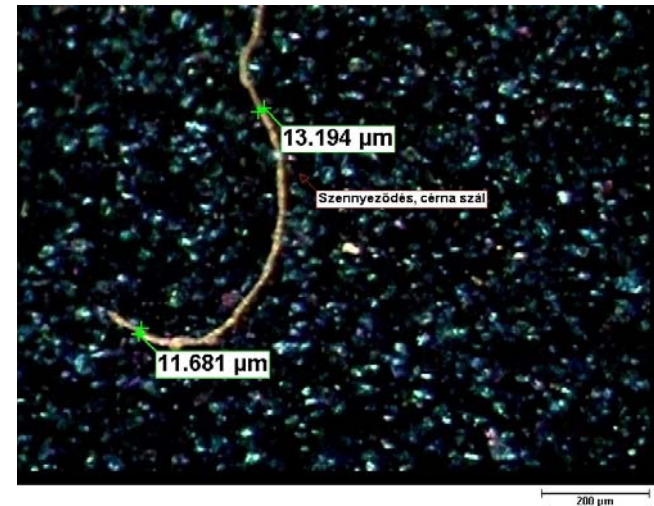
Szemrevételezéses vizsgálat

- A **szemrevételezéses** vizsgálatok feladata
 - Az anyag, illetve a termék rendelkezésre álló dokumentumok, információk szerinti **azonosítása**, azaz annak megállapítása, hogy azt vizsgáljuk-e, amit szándékoztunk.
 - Ezen vizsgálatok kezdetekor kell **kiszűrni** az olyan "durva" (nem korrigálható alak- és mérethelyességi) **eltéréseket**, valamint **felületi hibákat**, amelyek funkcionális alkalmatlanságot jelentenek
- Eszközei:
 - Szabad szem
 - Kézi nagyító
 - Digitális fényképezőgép a dokumentáláshoz
- Várható eredmény
 - A felület további vizsgálata indokolt, vagy
 - Elemi hibák miatt azonnali beavatkozás a folyamatba



Sztereo mikroszkópos vizsgálat

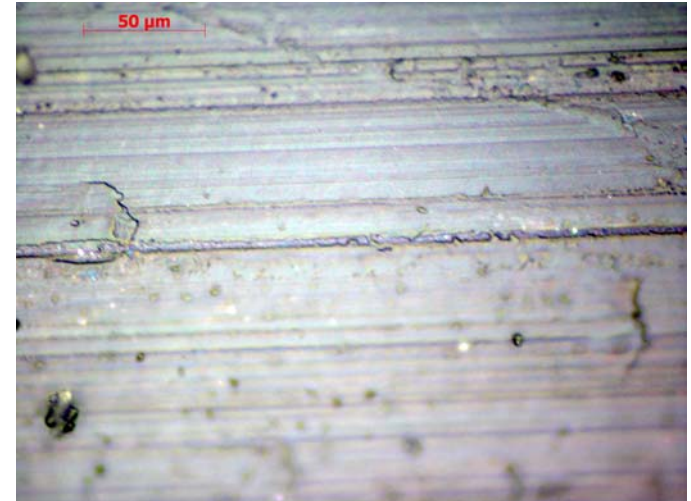
- A sztereo mikroszkóp egy objektív- és két szemlencse segítségével hoz létre térhatású képet
- Nagyítása 5x...200x határok közé esik
- Segítségével felületi hibák, megmunkálási nyomok, töretek tanulmányozhatók
- A digitális képen mérések is elvégezhetők
- Példák:
 - Lakkozott felület hibái (műanyag alapon)
 - Fémgőzölt felületen észlelhető szennyeződés (műanyag alapon)





Felület optikai mikroszkópos vizsgálata

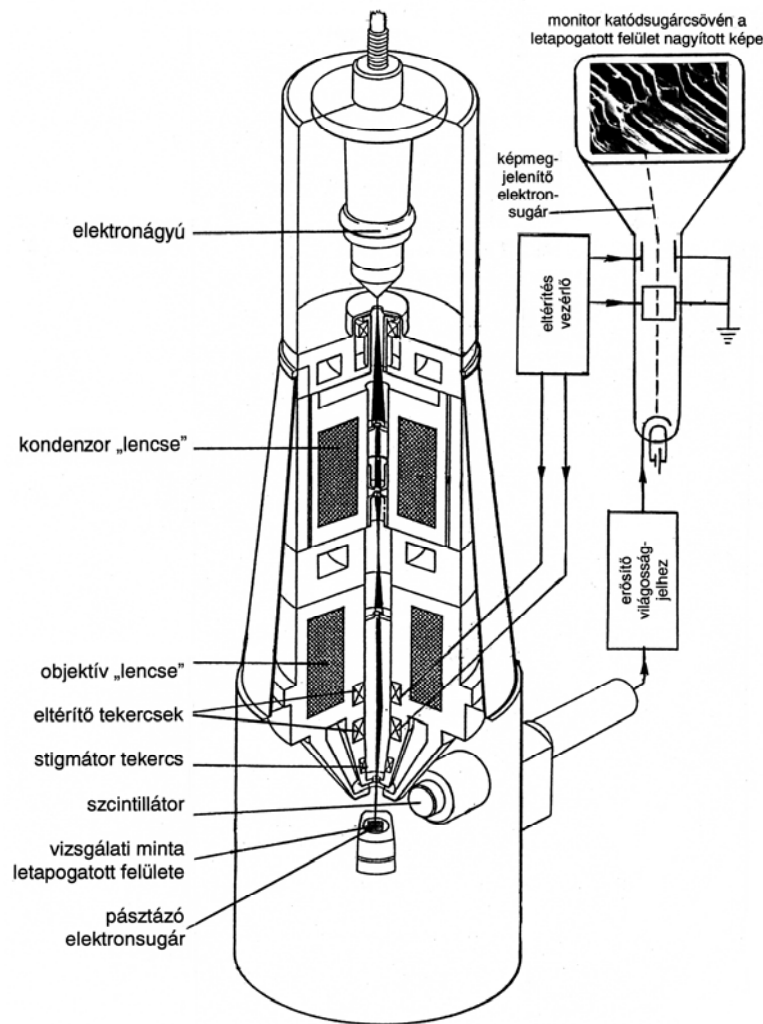
- A felület megbontása nélkül végezhető
- Az optikai mikroszkóppal elérhető 1000x-es nagyítás alkalmas lehet a felület minősítésére, bizonyos hibák detektálására
- Amennyiben a munkadarab felülete nem sík, a hagyományos mikroszkóppal csak szűk tartományban lehet éles képet kapni. Ezt korrigálja a topológiai felvétel technika, mely több, különböző élességű képből rak össze egyetlen térbeli éles képet.





Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok - a berendezés működése (1)

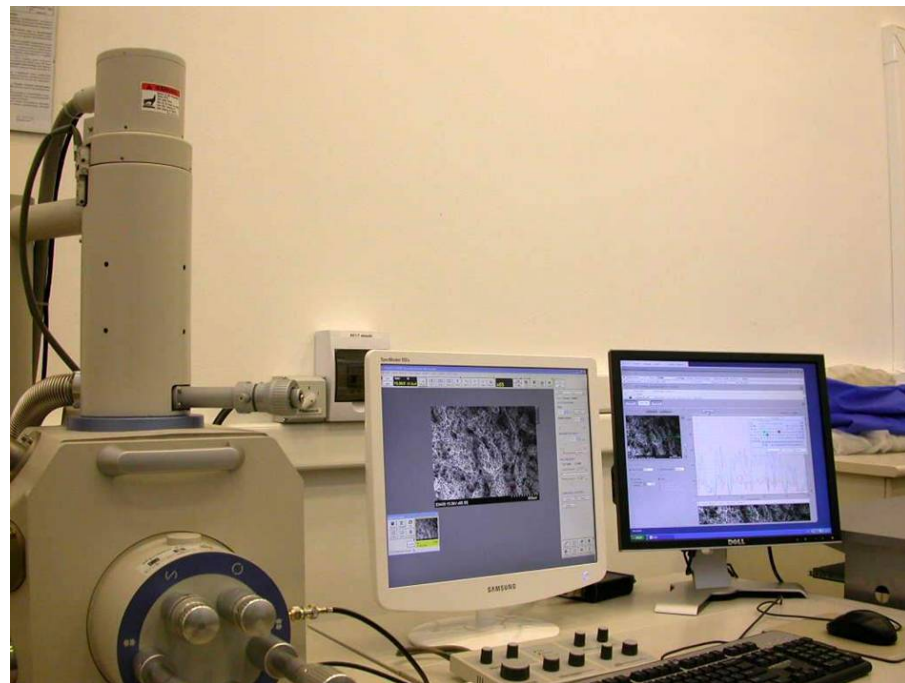
- A pásztázó (scanning) elektronmikroszkóp sugárforrása egy elektronágyú, amelynek vákuumterében a fűtött izzó katódból kilépő elektronok az $5\div 50$ kV gyorsító feszültség hatására az anód, illetve azon keresztül az anyagminta felé gyorsulnak.
- Az így előállított elektronsugár-nyalábot a két elektromágneses "lencse" annyira összesűkíti (fókuszálja), hogy a ferdén ($30\div 60^\circ$ -os szögben) elhelyezett mintán csak egy kb. $2,5\div 10$ nm kiterjedésű "foltot világít" meg.
- A pici sugárfolttal – a második lencsében elhelyezett eltérítő tekercsek révén – soronként és pontonként végig lehet a minta felületét pásztázni.





Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok - a berendezés működése (2)

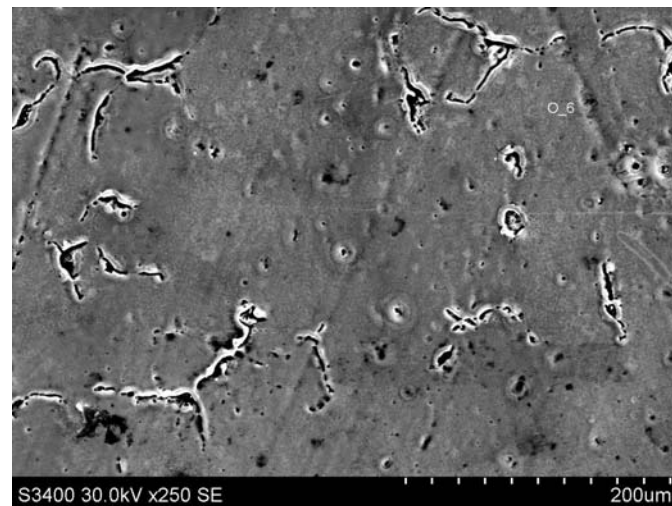
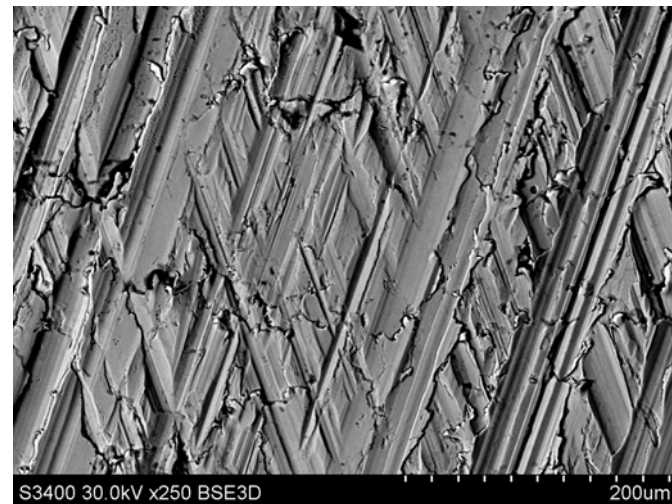
- A beeső elektronok hatására a minta éppen "megvilágított" pontjáról visszavert és szekunder (mintából származó) elektronok, valamint röntgensugarak lépnek ki.
- A kilépő szekunder elektronokat mintegy 10 kV-os feszültség egy érzékelőre, a szcintillátorra vonzza, amelyen minden beeső elektron apró felvillanást okoz. Ezeket a fényjeleket száloptikás fényvezető továbbítja a sokszorozó fotocellára.
- A felerősített jelek egy monitor katódsugárcsővére kerülnek, amelynek képmegjelenítő elektron-sugara az anyagfelületet vizsgáló elektronsugárral szinkronban pásztáz (térül el), s így kialakul a **képernyőn a letapogatott minta képe**.





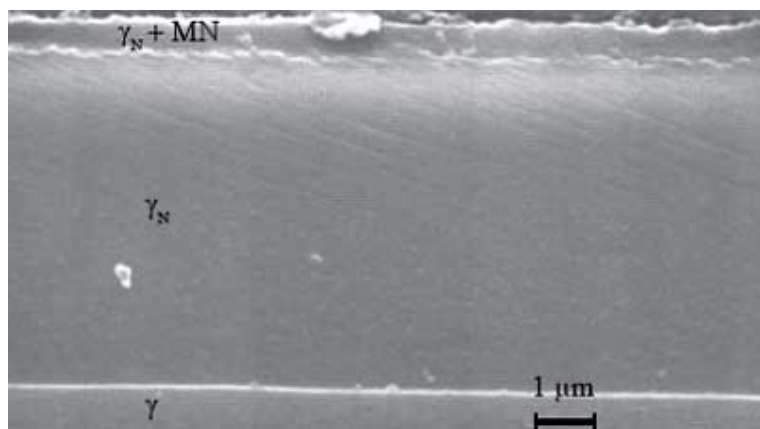
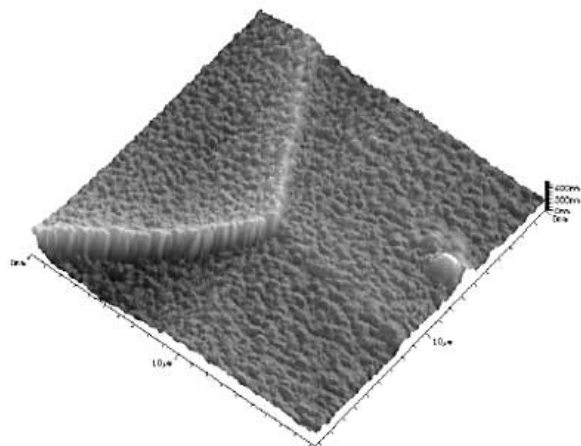
Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat (példa: hengerfelület)

- A pásztázó elektronmikroszkóp felbontása maximum 3 nm, nagyítása eléri a 30.000x-es értéket
- A kép „térhatású”, nagy a mélységélessége, ezért jól mutatja a felületi domborulatokat
- A mikroszkóphoz csatlakoztatott elektron-diszperziós elemző (EDS) alkalmas arra, hogy kiválasztott elem pontszerű, vonal menti és felületi koncentráció eloszlását bemutassa
- A képen gömbgrafitos öntöttvas motorblokk hengerfelületének hónolt és lézerkezelt felvétele látható

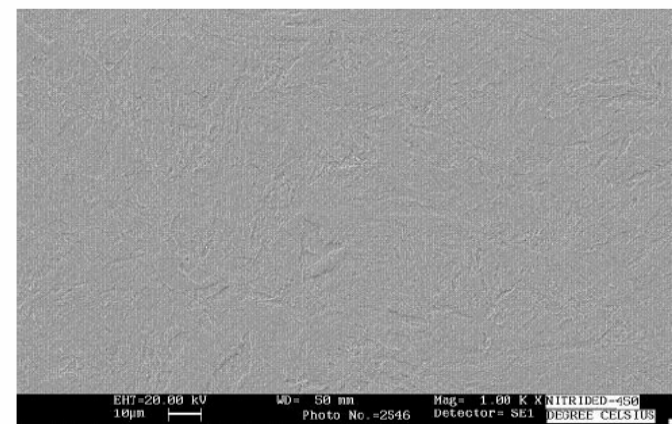
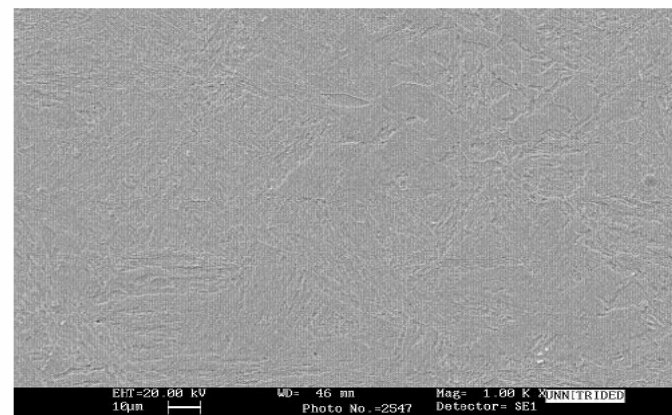




Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat (példák nitridálásra)



Nitridált réteg szerkezete

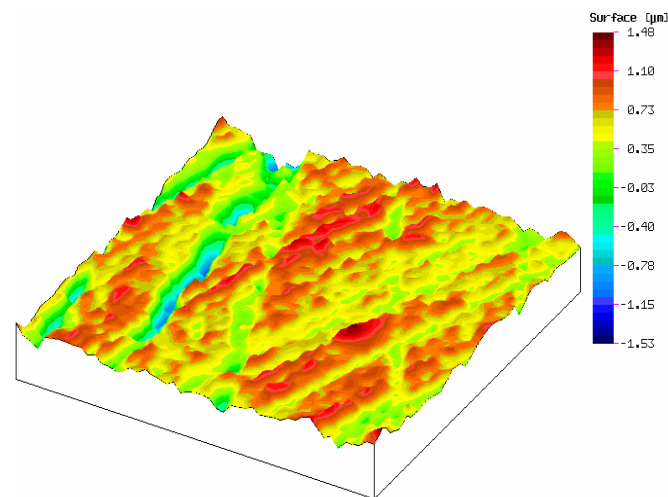
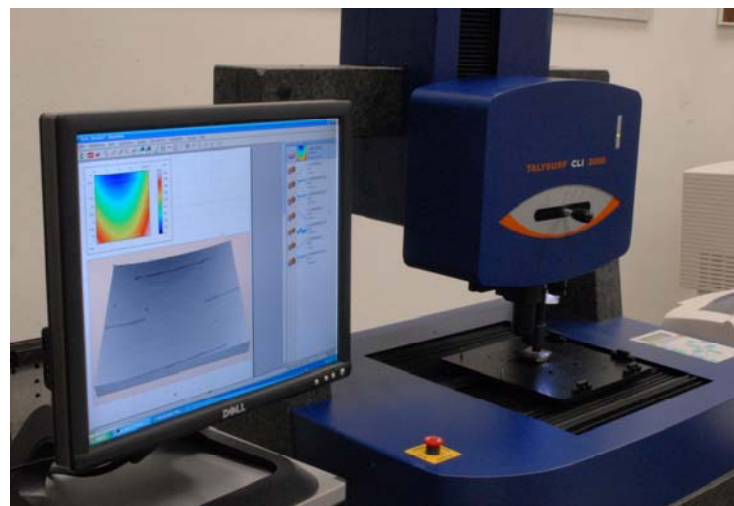


Felület képe ion-nitridálás előtt és után



Felületi érdesség mérés

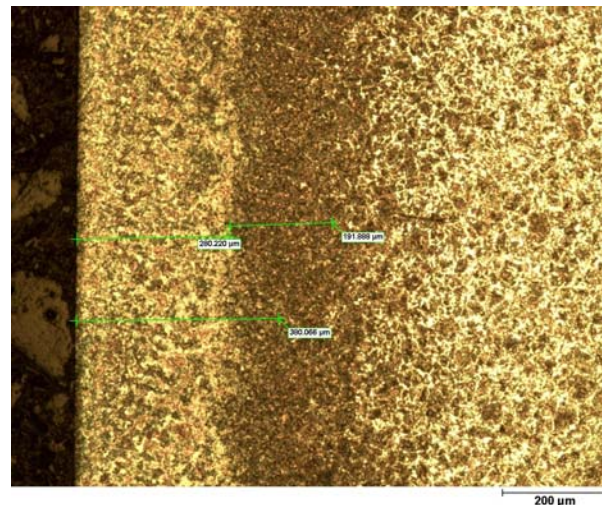
- Leképezés lézersugárral
 - Nem klasszikus „látás” funkció
- Felületi érdesség mérők új generációja
 - Felbontás 10 nm Z irányban
 - X-Y irányú lépésköz 0,5 μm -tól
- Teljes körű 3D megjelenítés
 - A hagyományos vonal menti analízis kiterjesztése 2D-re
 - Anizotrópia paraméterek megadása
- Példa: hónolással megmunkált hengerfelület
 - A színek a magasság eloszlást mutatják -1,5...+1,5 μm tartományban





Szövetszerkezet, rétegvastagság mikroszkópos vizsgálata

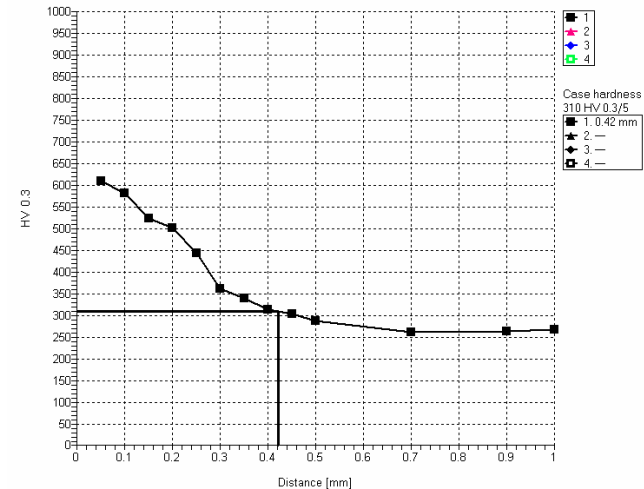
- A felületre merőleges csiszolaton a felületi rétegek szerkezete tanulmányozható
- Egyes rétegek maratás nélkül is láthatók, de a legtöbb esetben maratással lehet előhívni a szerkezetet
- A digitális képen alkalmas szoftverrel mérések is elvégezhetők
- A mikroszkópi vizsgálatra előkészített csiszolaton végezhető el a mikrokeménység mérés is (l. a következő dia)
- Példák:
 - Cementált kéreg szerkezete
 - Lemezgrafitos öntöttvas vezérműtengely elektronsugaras edzésekor keletkezett kéreg





Keménység mérés felületre merőleges metszeten

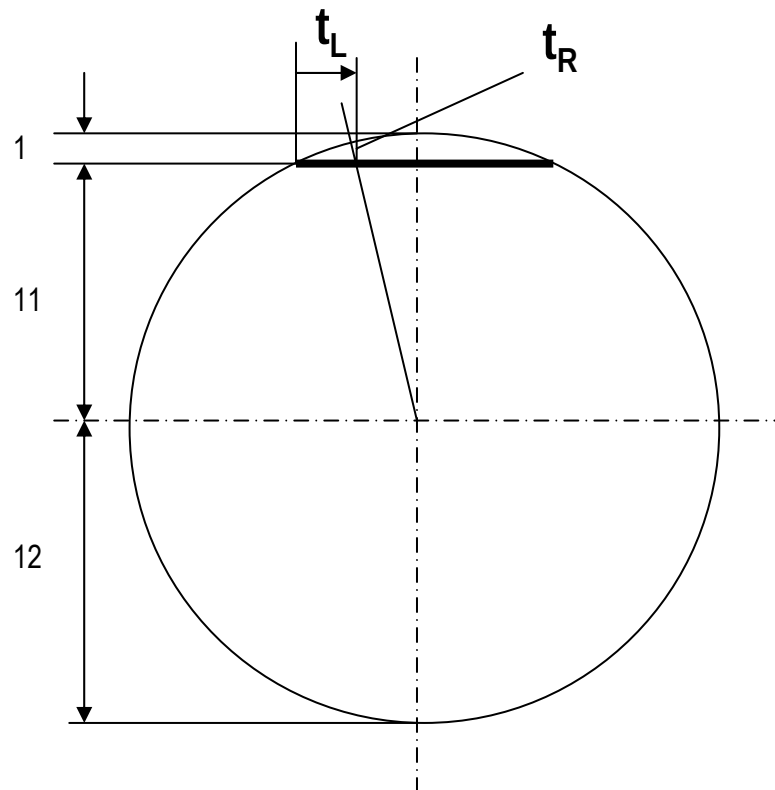
- A mérés mikrokeménységmérővel végezhető, általában a HV 0,3 meghatározásával
- A gépek képesek automatikus, előre programozott léptetésre, a szúrószerszám benyomására és digitális optikai úton az átlók meghatározására, ebből a keménység kiértékelésére és diagram rajzolásra
- Példa:
 - Nitridált kéreg szerkezete keménységmérési nyomokkal
 - Keménység lefutási görbe





Keménység mérés lelapolt felületen

- Kéreg minősítésére elfogadott eljárás a kéreg várható mélységénél nagyobb lelapoláson végzett mérés
- A lelapolás geometriai viszonyai (példa):
 - Hengeres rész sugara 12 mm
 - Lelapolás mélysége 1 mm
 - A lelapolt sík szélessége 9,592 mm
- A lelapoláson mért távolság (t_L) és a felülettől mért radiális távolság (t_R) közötti összefüggés:

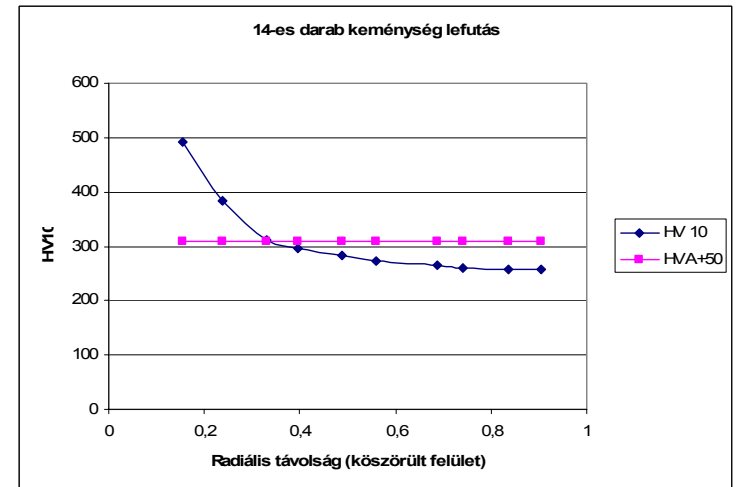
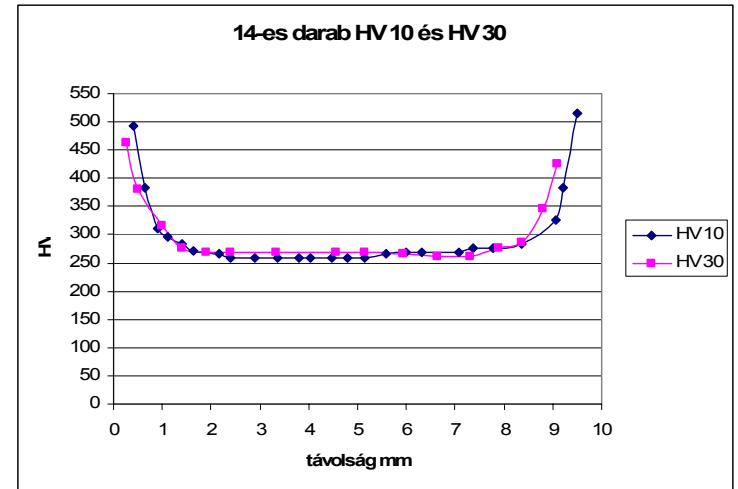


$$t_R = 12 - \sqrt{(4,796 - t_L)^2 + 11^2}$$



A lelapolt felületen mért eredmények

- A HV 10 és HV 30 mérések eredményei jó egyezést mutatnak
- A HV10 mérésből kiértékelt radiális távolság (mélység) és a keménység kapcsolata hasonló, mint a csiszolaton közvetlenül mért keménységlefutás
- A réteg mérete az ismert definíció szerint 0,335 mm
- Az eljárás előnye, hogy viszonylag kis megmunkálást igényel, és a mérés hagyományos Vickers-gépen is elvégezhető

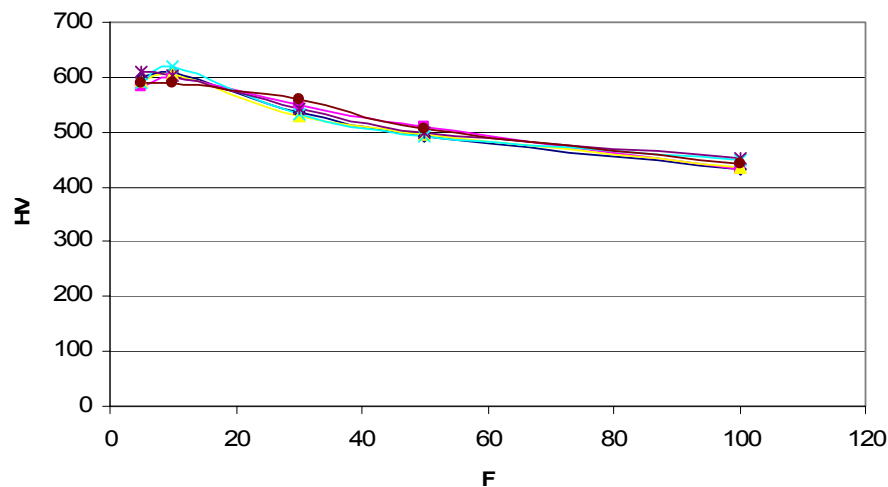




Nitridált felület HV keménység mérése változó terheléssel

- A homogén anyagon végzett HV keménység független a terhelő erőtől
- Ha a kéreg keménysége a mélység függvényében változó, akkor a különböző erővel mért keménység is eltérő lesz
- Példa: 5, 10, 30, 50 és 100 kg terheléssel elvégzett Vickers keménységmérések eredményei
- A görbék lefutása igazolja, hogy a nagyobb terhelésnél kisebb „látszólagos” keménység adódik, mert a réteg keménység eloszlása inhomogén

Különböző erőkkel végzett Vickers keménységmérés

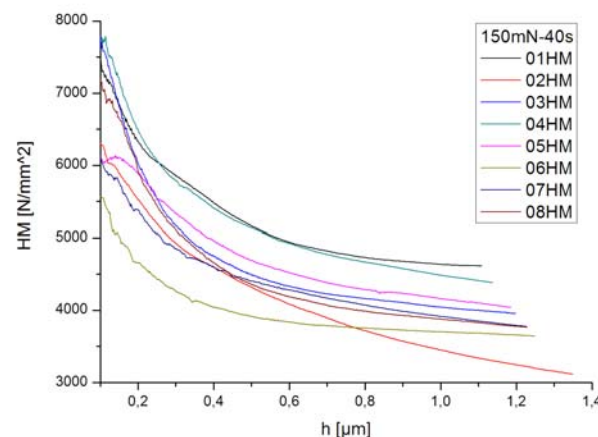
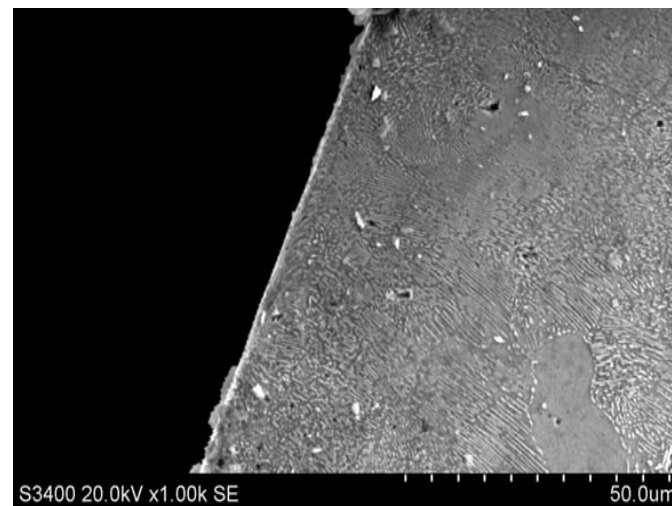


Ebből a mérésből tapasztalati összefüggéseket lehet levezetni pl. arra, hogy kétféle terheléssel mért keménység és a kéregvastagság között milyen összefüggés van (nitridált, cementált kérégek esetében alkalmazzák)



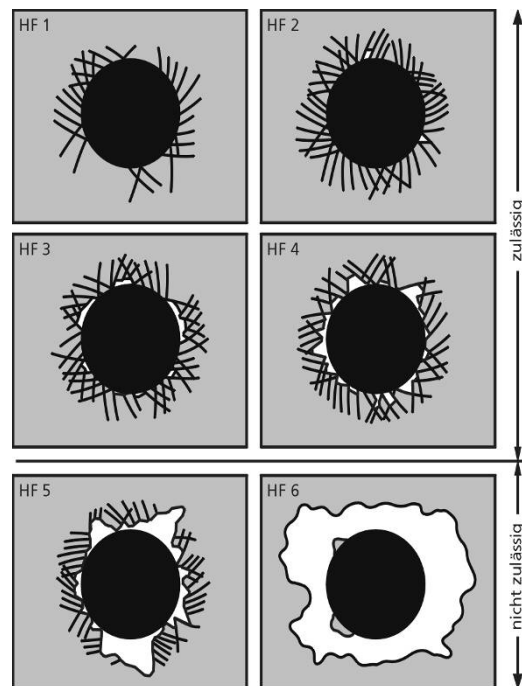
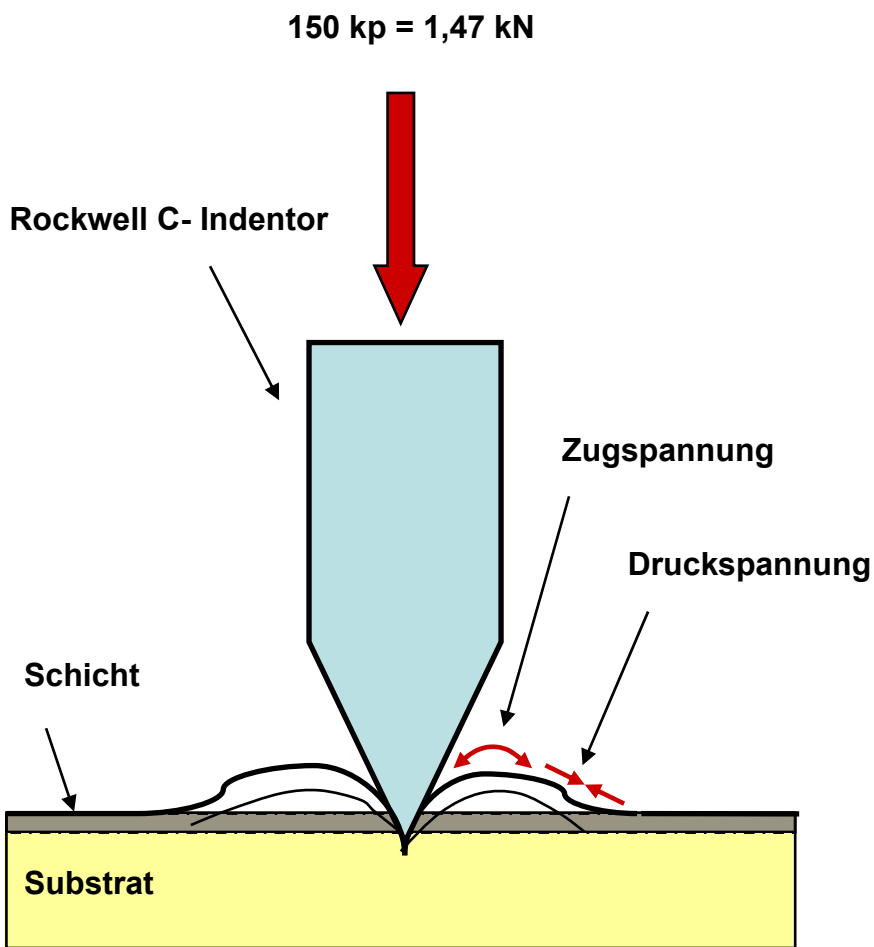
Felületi technológiák speciális vizsgálatai

- Nanokeménységmérés
 - A normál és mikro tartományú mérések már ismertek
 - A nano-keménységmérés erőtartománya 100...1000 mN
 - Ezzel néhány tized mikron távolságra lehet lenyomatokat elhelyezni a rétegben
- Példa: lézerrel kezelt hengerfelület
 - Pásztázó elektronmikroszkópos felvétel, melyen látható a kb. 1 μm vastagságú nanokristályos réteg
 - Ennek keménységeloszlását mutatja az alsó ábra
 - A felületi keménység 6...8000 HM
 - A mérés szórása viszonylag nagy, de ez a technika finomsága miatt érthető

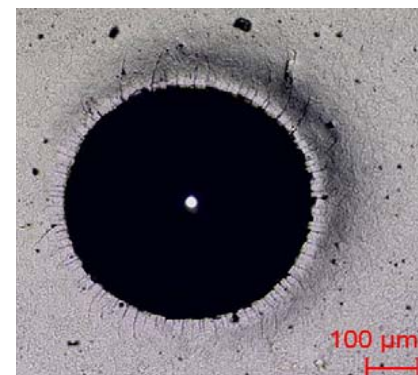




Keménység lenyomat elemzése



 Rissnetzwerk
 adhäsive Schichtausbrüche
(Freilegung des Grundwerkstoffes)



A keménység lenyomat körül kialakuló repedés háló mutatja a réteg ridegségét.

A vizsgálat kvalitatív értékelésre alkalmas

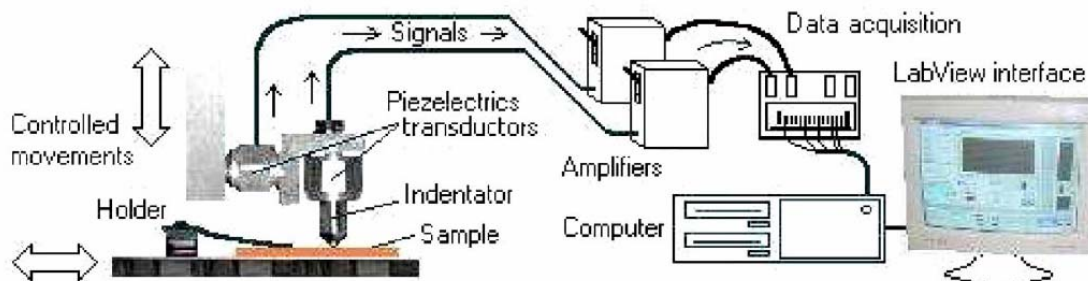
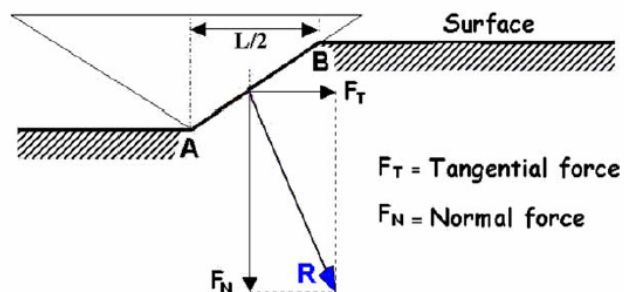


Karc teszt: elvek

- Ha egy felületet kemény szerszámmal megkarcolunk, a karc jellege jól mutatja a felület tulajdonságait
 - A képlékeny anyagban maradó alakváltozás (szántás) tapasztalható
 - A kemény anyag forgácsolódik
 - A rideg kéreg töredezik
- A jelenség azzal válik mérhetővé, hogy regisztráljuk az erő komponenseket
- A normál erő (F_N) néhány tized N-től 100 N-ig terjedhet

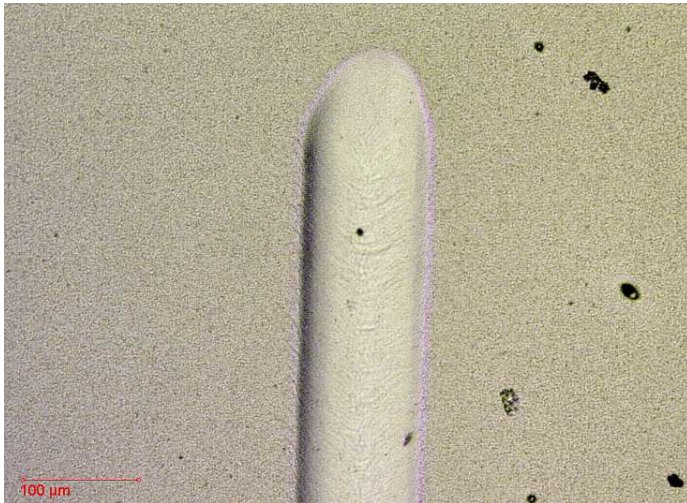
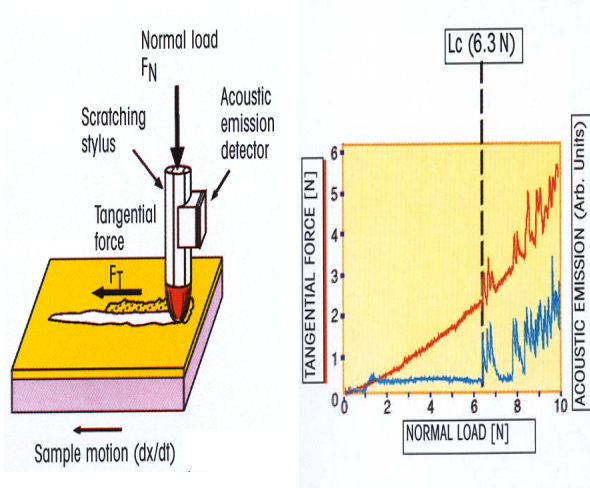


Fig. 1. Material loss mechanisms: (a) micro-ploughing, and (b) micro-cutting (c) micro-cracking.

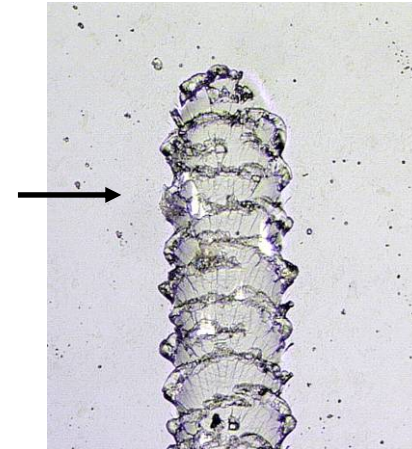




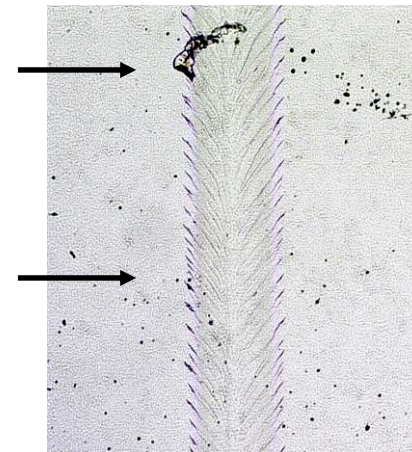
Karc teszt: mérés és karc alakok



Abplatzungen
Schichtablösung

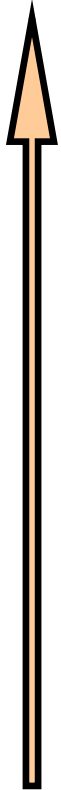


Kritische Last
 L_{c2}



Rissbildung

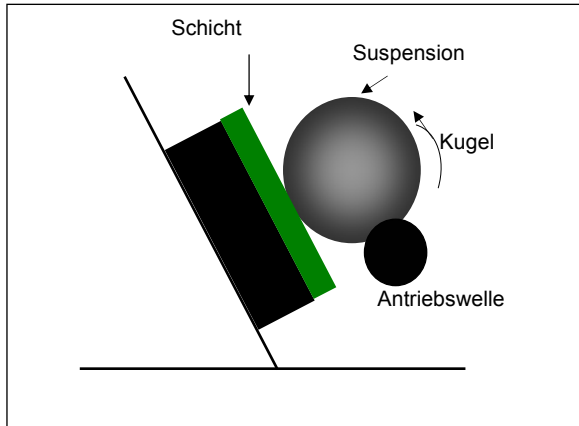
Last



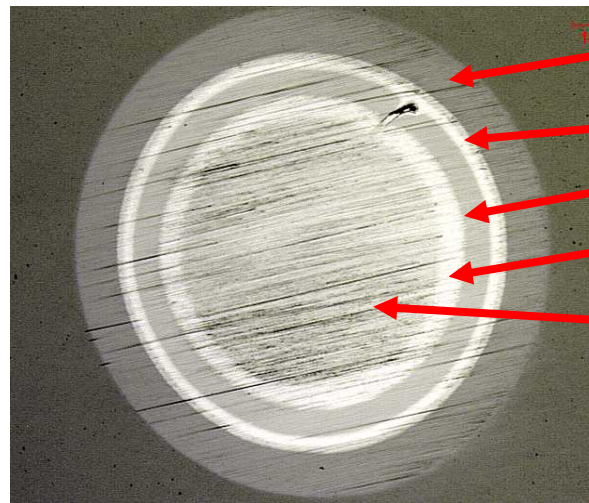
A mérés a munkadarabbal együtt kezelt próbatesten történik



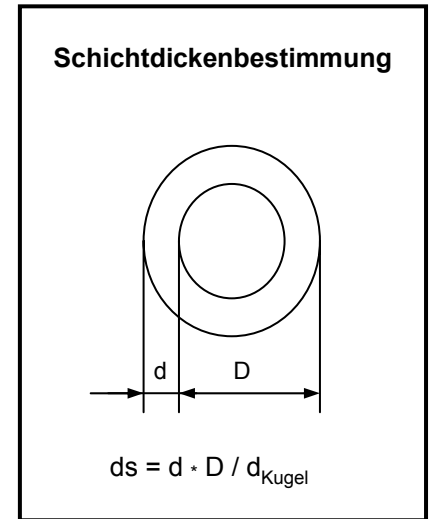
Kopásvizsgálat és rétegvastagság mérés



- A vizsgálandó felületet egy keményfém golyó koptatja adott tribológiai feltételek között
- A kopási nyom gömbsüveg alakú, rajta láthatók a bevonat rétegek
- A geometriai viszonyokból a réteg mélységét ki lehet számítani
- Ezzel a vizsgálattal különböző anyagok és rétegek kopásállósága is összehasonlítható



Felület
Átmeneti zóna
Kemény réteg
Alapréteg
Alapanyag





Felületi rétegek roncsolásmentes vizsgálata

- A felületi kéreg vizsgálatára kétféle célból végeznek roncsolásmentes vizsgálatot:
 - Felületi hibák (a kérgen lévő repedések) detektálása
 - Eszközei: mágneses, festékdifúziós repedésvizsgálat, örvényáramú vizsgálat
 - Kéregvastagság
 - Eszközei: ultrahangos vagy örvényáramú vizsgálat
- A kéregvastagság mérés elve
 - Ultrahang vizsgálat: az ultrahang terjedési sebessége a kéregben és a magban különbözik, ebből lehet a réteg vastagságára következtetni
 - Örvényáramú vizsgálat: a villamos ellenállás, vagy mágnesezhető anyagoknál a hiszterézis veszteség eltérő a kéregben és a magban
- A vizsgálatok sok tényezőtől függenek (felület állapota, alapanyag), ezért tájékoztató vizsgálatra, vagy azonos geometriájú alakzatok összehasonlító vizsgálatára alkalmasak



Nitridált réteg mérése ultrahangvizsgálattal

- Az előbbiek szerint az ultrahangos módszer alkalmasnak látszik a nitridált kéreg vastagságának minősítésére
- A továbbiakban bemutatott prezentáció egy cég termékét mutatja be
- Ismertetés az UH Prezentáció 1-5 diákon



Manual sensor

ULTRA-RS

SAS AU CAPITAL DE 37 000€

Technopole de l'Aube en Champagne - 2, Rue Gustave Eiffel - 10 430 Rosières près Troyes - France

Tél. : +33 (0) 3 25 72 92 60 - Fax : +33 (0) 3 25 83 21 80 - a.lemarchand@ultrars.fr

SIRET 445 065 519 00016 - APE 748 K -- N°TVA intra . FR08445065519



UH Prezentáció - 1

Cég
bemutat-
kozás



Testing of quality of nitriding

Juin 2008



UH Prezentáció - 2

Mérési elv:

Ultrahang
hullámok keltése
a nitridált
zónában

A terjedési
sebesség
regisztrálása

Az eljárás felületi
hullámokat
használ



Definition

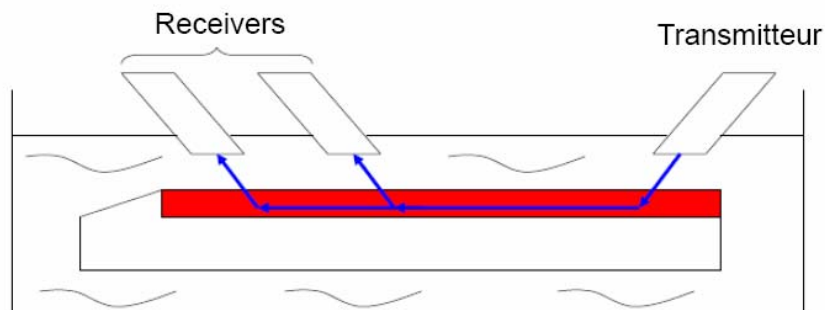
Method

Principle

Example of specific device

Method :

The method consists in propagating an acoustic wave in the nitrided zone to record its propagation velocity. Nitriding is a surface treatment, so we use waves of surface.



Juin 2008

www.ultrars.com



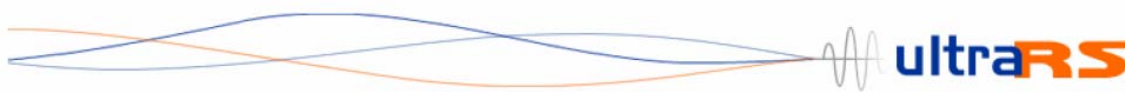
UH Prezentáció - 3

A nitridált kéreg kémiai összetétele különbözik az alapanyagétól

A hullámok terjedési sebessége erősen függ az anyag szerkezetétől és összetételétől

Ha a hullám behatolási mélysége nagyobb, mint a nitridált kéreg vastagsága, akkor a sebesség változik

A sebesség változás megjelenése detektálja a kéregvastagságot



Definition

Method

● Principle

Example of specific device

Principle :

- The chemical composition in the nitrided zone is different from that of basic material.
- The propagation velocity of wave depends a lot on the structure and the composition of the material in which it is propagated. Thus this speed in basic material is very different from that in the nitrided zone.
- If the wave has a penetration depth larger than the depth of nitriding, then its propagation velocity will depend on the depth in the nitrided zone.

Juin 2008

www.ultrars.com



UH Prezentáció - 4

Készülék megoldások:

- hordozható
- fix telepítésű



Definition

Method

Principle

• Example of specific device

Example of specific device :

- This device has been especially developed for a famous aeronautics company to test some mechanical parts of engines.

- It is automated to be adapt on a production line.



Juin 2008

www.ultrars.com



UH Prezentáció - 5

Szabadalmak,
referenciák



Information about Ultra RS :

- 2 patents,
- Labeled Jeune Entreprise Innovante (JEI) in 2004 by the French Ministry of Research,
- Membre of the French-Norwegian Association of Technology,
- Prize winner of the Tremplin Entreprises 2007,
- References: **Snecma, Areva, SNCF, Airbus, DNV...**



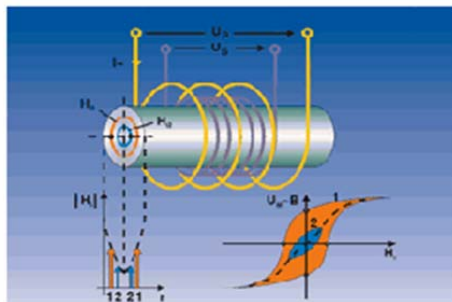
Juin 2008

www.ultrars.com



Kéregvastagság mérése örvényárammal (1)

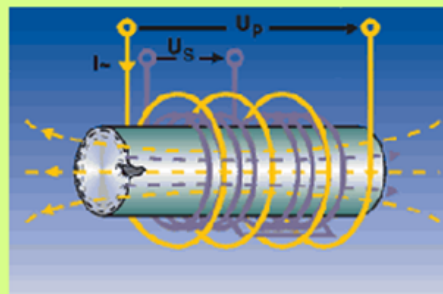
- Mérési elvek
 - Magneto-induktív
 - Örvényáramú (Eddy-current)
- Mindkét eljárás felületi repedések és rétegek vizsgálatára alkalmas
 - Cementált, nitridált kéreg vastagság kimutatása



With the magneto-inductive method, it is possible to investigate the core and surface selectively by varying the frequency. Excitation is either with one single frequency or with several frequencies (serial or simultaneous), depending on the testing task.

Magneto-inductive methods

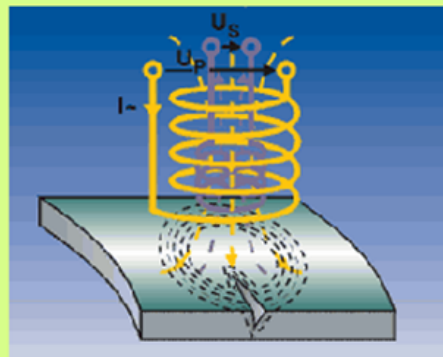
which cover the frequency band from a few Hz to approx. 1,000 Hz conventionally with absolute coils and which are generally used to determine integral, technological material properties, such as grain structure, hardness, case-hardening depth and layer thickness.



Eddy-current methods

methods which conventionally cover the frequency band up to approx. 10 MHz with differential coils and which are generally used for testing for surface flaws.

Semi-finished products, such as wires, bars and tubes, are tested for local flaws in the form of cracks and holes by encircling through-type coils.



The surface of semi-finished products or components is scanned with scanning probes. This allows maximum flaw resolution.



Kéregvastagság mérése örvényárammal (2)

Berendezések

OLYMPUS

Innovation in **NDT™**



Örvényáramos hibakeresők

