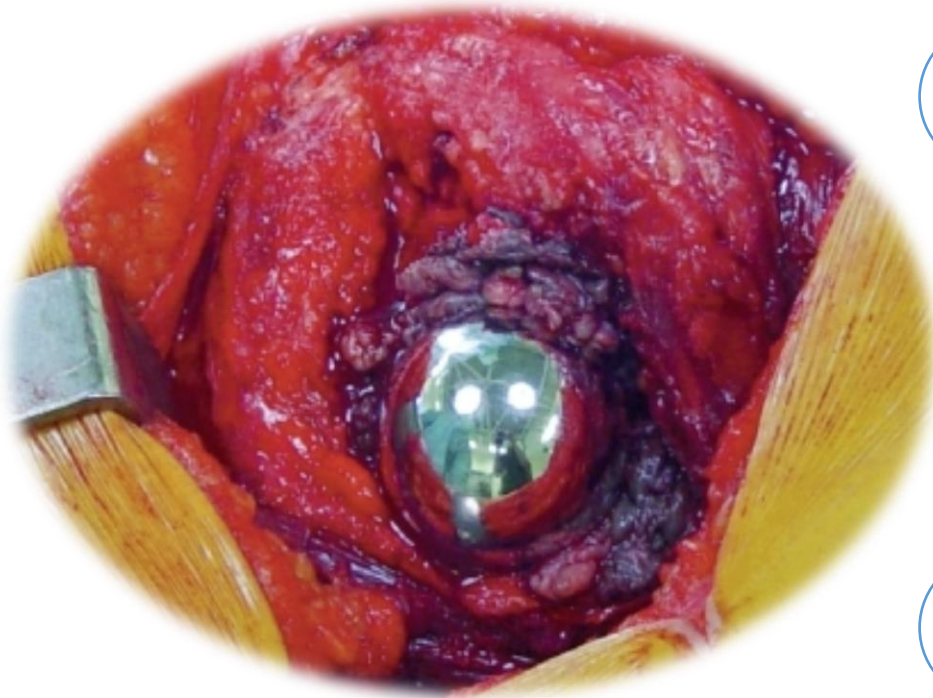


# Implantátumok leromlási és károsodási folyamatai

Biokompatibilis anyagok

Kovács Dóra



- Bevezetés
- Implantátum elhasználódás/tönkremenetel
- Várható élettartamot befolyásoló tényezők
- Károsodási módok
- Esettanulmányok
- Összefoglalás

- Az implantátumok élettartamuk folyamán számos mechanikai és korróziós igénybevétel éri, amelyek hatására a legkörültekintőbb tervezés és gyártás ellenére is hibák, eltérések fordulnak elő
- **Leromlás:** a fellépő hatások eredményeképp az anyagnak bizonyos tulajdonságai romlanak pl. szilárdságcsökkenés
- **Károsodás:** túlterhelés, elhasználódás vagy külső hatás következtére beálló csökkent vagy nem megfelelő működés // a tervezett élettartamot csökkentő elváltozás pl. vápabetét kopása
- **Tönkremenetel:** a károsodás legsúlyosabb foka, azonnali működésképtelenség pl. törés

## Johnson&Johnson

- DePuy fém a fémen implantátum
- 2005: FDA engedélyezte klinikai vizsgálatok nélkül
- 2007: Australian Orthopaedic's National Joint Replacement Registry: 13% tönkremegy 3 éven belül
- 2008: legtöbb tönkremenetel, National Joint Registry of England and Wales: 3 éven belüli tönkremenetel
- 2010: világszintű implantátum visszahívás (93 000 beteg – 10 000 per)
- 2011: vizsgálat - implantátumok 40%-a 5 éven belül tönkremegy
- 3 milliárd \$ perekre
- 800 millió \$ visszahívási költség

**Elfogadott arány:  
3% tönkremenetel**





## Miért?



## Johnson&Johnson

- Problémák:
  - Metallózis, kopás során Co és Cr ionok kerültek a szervezetbe (karcinogén, gyulladáskeltő)
  - Rossz illeszkedés, kilazulás csontból
  - Csonttörés az implantátum környezetében
  - Implantátum elmozdulás
  - Súrlódás az acetabulummal (medence homorú felülete)



## Implantátumok Károsodása ↔ Tönkrementele

Biofunktionalitás,  
biokompatibilitás



Élő szervezettel való  
köölcsönhatás hosszú távon



- Nem megfelelő anyagválasztás
- Rossz tervezés, struktúra
- Rossz gyártástechnológia, gyártás során felmerülő hibák
- Implantátum kiválasztás: nem megfelelő méret, anyag, típus
- Műtét során: technika, implant mix, orvosi hiba, fertőzés
- Gyógyulási folyamat: gyógytorna, csontosodás, korai terhelés
- Beteg életmódja: táplálkozás, dohányzás, alkoholfogyasztás, mozgás, túlterhelés
- Szabályok betartása

Ki a hibás?

Gyártó – Orvos - Beteg

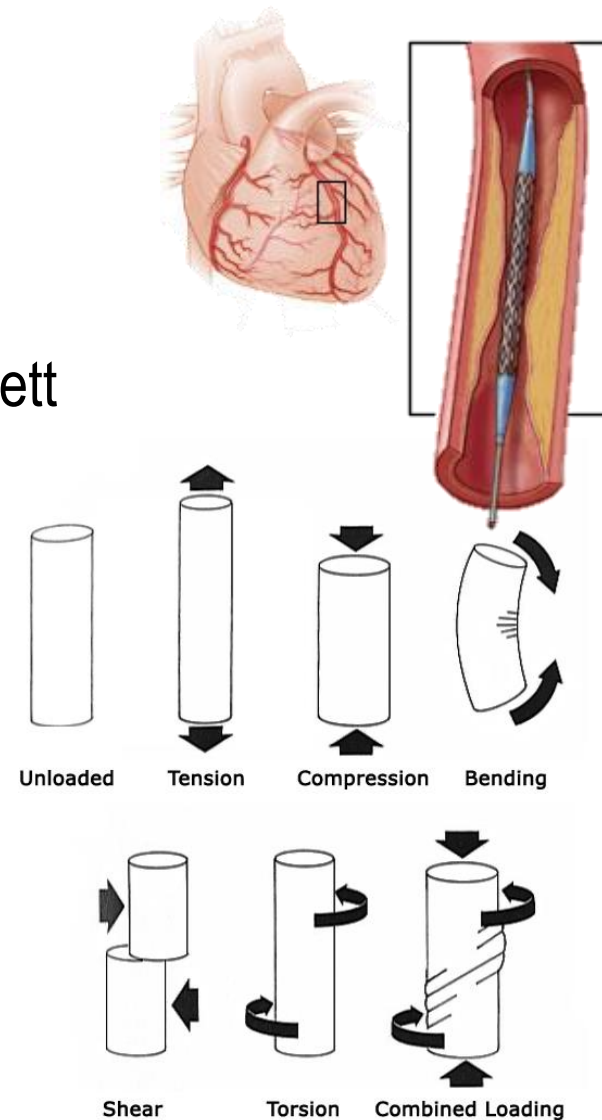




- Legegyszerűbben megfogalmazva az **élettartam** az az idő, „ameddig a termék használható”
- **Életciklus**: a termék fejlesztésétől kezdve a piacról kivételéig tartó időtartam
- A termék életciklusa során tapasztaltak felhasználhatók a termék élettartamának növelésére (PDCA), ezért fontos a piacra dobás utáni folyamatos monitorozás
  - Gyártás közbeni ellenőrzések
  - Felhasználói visszajelzések gyűjtése
  - Káresetek regisztrálása, kivizsgálása pl. FDA adatbázis



- Mechanikai terhelések
  - Statikus
  - Dinamikus (impulzusszerű/egyenletes)
- Terhelésátadás, igénybevételek
  - Normálerők, hajlítás, csavarás, nyírás, összetett igénybevételek
- Feszültségek eloszlása, kialakuló feszültségmező
- Egyéb igénybevételek
  - Termikus, vegyi, elektrokémiai, áramló közeg miatti, koptató, sugárzás okozta, biológiai
- Anyagok, anyagrendszerek mikro- és makroszerkezete



- Anyagok mechanikai tulajdonságai (szilárdsági és rugalmassági jellemzők)

Table II. Mechanical properties of implant alloys and human bone.

Material	Tensile Strength (MN/m) <sup>2</sup>	Yield Strength (MN/m) <sup>2</sup>	Vickers Hardness (H <sub>v</sub> )	Young's Modulus (GN/m) <sup>2</sup>	Fatigue Limit (GN/m) <sup>2</sup>
316L SS	650	280	190	211	0.28
Wrought Co-Cr Alloy	1540	1050	450	541	0.49
Cast Co-Cr Alloy	690	490	300	241	0.30
Ti-6Al-4V	1000	970	370	121	---
Human Bone	137.3	---	26.3	30	---

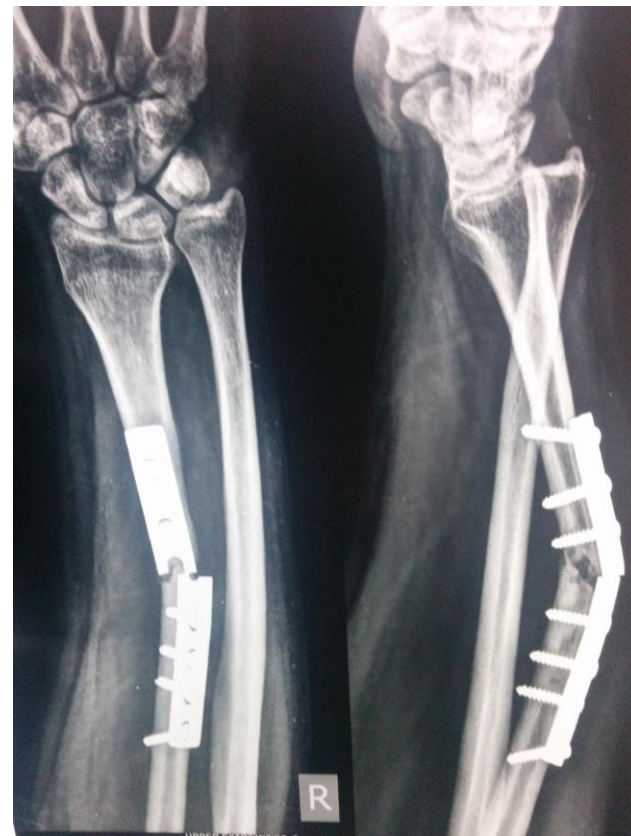
- Anyagok és a rendszer súrlódási tulajdonságai
- Kopásállóság
- Felületi jelenségek
- Anyagok degradációja, korróziója



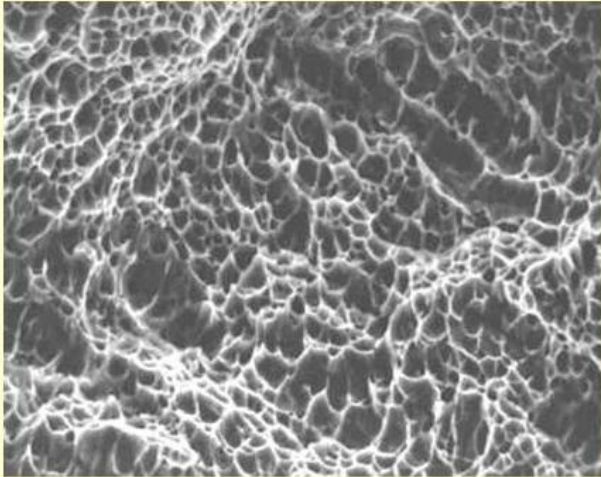
- Törés
- Kifáradás
- Korrózió
- Kopás
- Erózió
- Külső behatás okozta sérülések



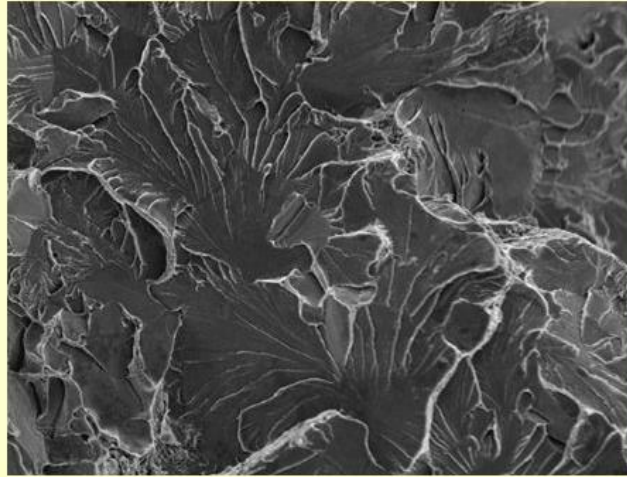
- Az anyagot alkotó részecskék közti kapcsolat folytonosságának makroszkópikus méretű megszűnése, amelyet olyan mérvű mechanikai igénybevétel okoz, amely nagyobb a részecskék közt ható kötőerőknél.
- A törés folyamata:
  - repedés keletkezése
  - repedés növekedése
  - repedés terjedése
  - anyag végső szétválása
- A törés kiváltó oka lehet:
  - túlterhelés
  - ismétlődő igénybevétel (fárasztás)
  - kúszás



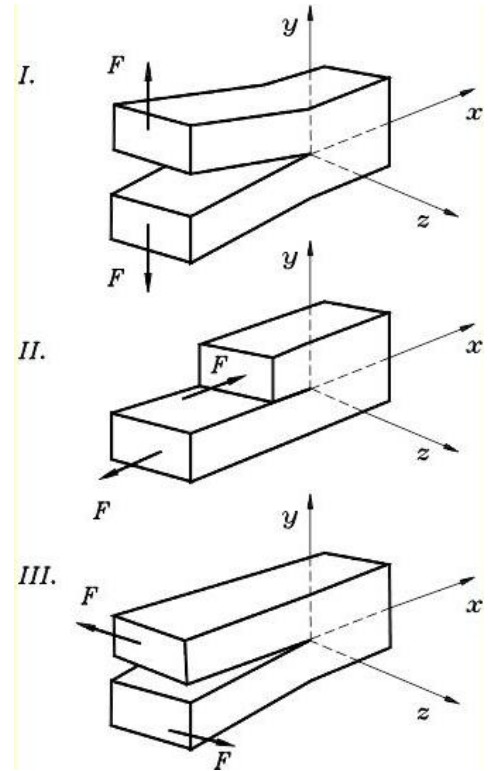
- Repedésterjedés:
  - Lassú: kúszás és kifáradás, terhelés növelése mellett – szívós törés
  - Gyors, instabil: alakváltozás nélküli – rideg törés



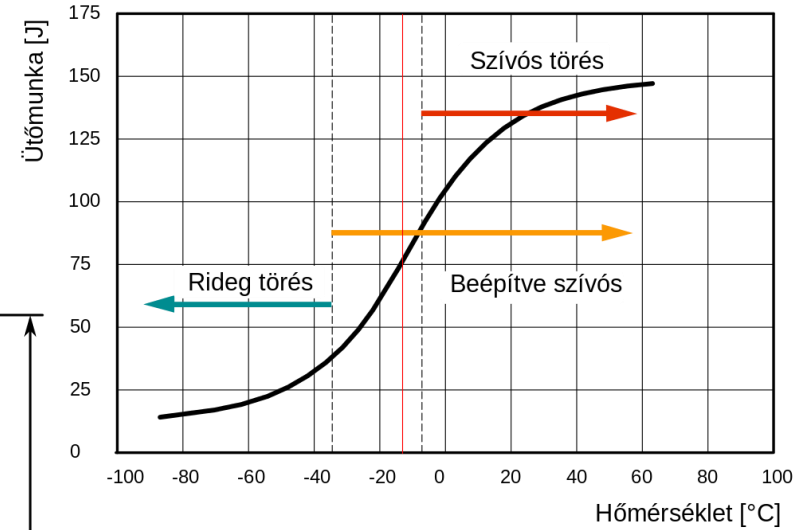
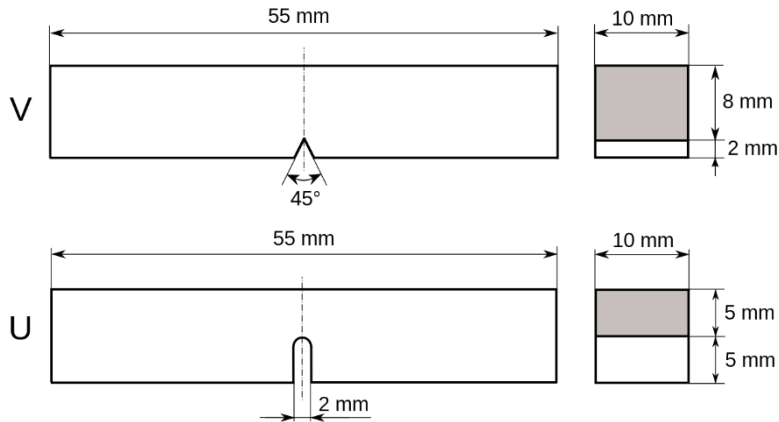
**Szívós**



**Rideg**



- Szabványos próbatestek:



- Ütőmunka:

$$K = mgh' - mgh = mgl(\cos\beta - \cos\alpha)$$

ahol

$K$  a töréshez szükséges ütőmunka [J]

$m$  az ütőfej tömege [kg]

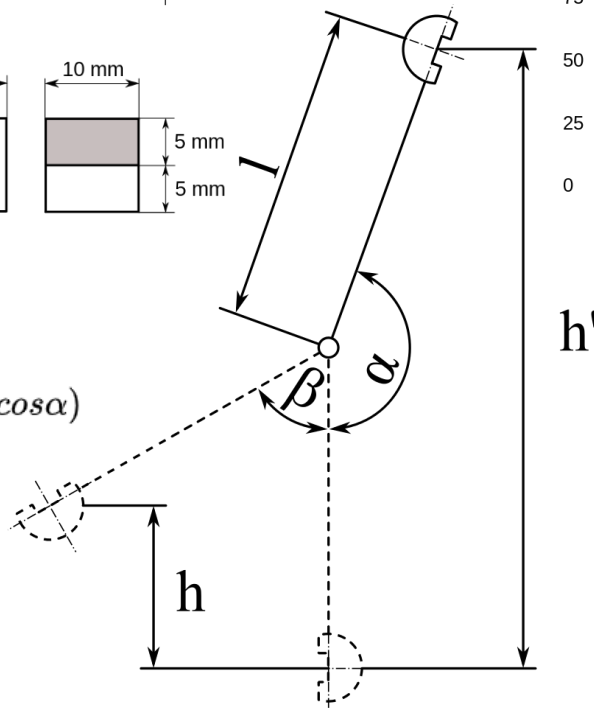
$g$  a nehézségi gyorsulás [m/s<sup>2</sup>]

$l$  az inga hossza [m]

$h'$  az ütőfej tömegközéppontjának magassága az inga pályájának alsó pontjához képest indításnál [m]

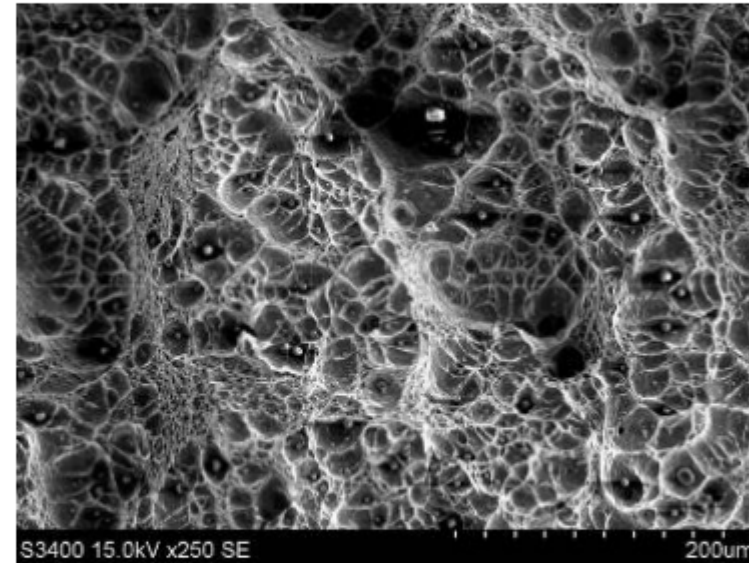
$h$  az ütőfej tömegközéppontjának magassága az inga pályájának alsó pontjához képest törés után [m]

$\alpha, \beta$  az ábrán látható szögek.



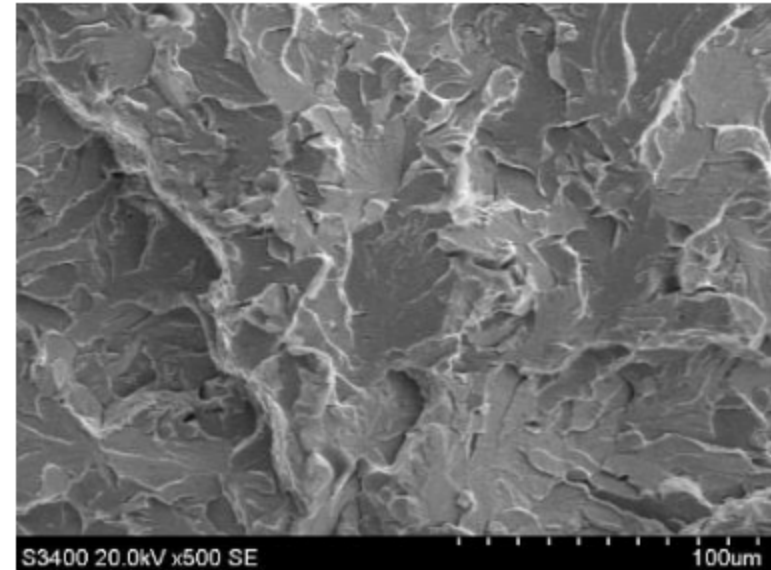
- Átmeneti hőmérséklet (TTKV)

- A törési helyet környezetének makroszkopikus képlékeny alakváltozása jellemezi
- Fémes anyagokon a felszaggatott töretfelület tompa fényű, szálás
- Az anyag törését a csúsztatófeszültségek hatására bekövetkező elnyíródás okozza
- Technikai tisztaságú anyagokban a zárványok és kiválások mentén üregek keletkeznek, amelyek fokozatosan nagyobbodnak, az üregek közti ép anyagrészek (hidak) helyi kontrakció következtében sorra elszakadnak
- A gödrök mélyén gyakran felfedezhetők azoknak az idegen fázisoknak a részecskéi, amelyeknek a határfelületén az üregképződés megindult

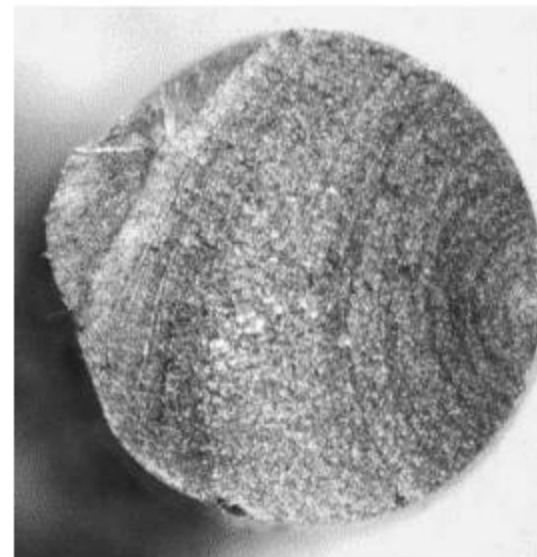




- A szívós töréssel ellentétben ridegtörés esetén makroszkopikusan alig észlelhető alakváltozás
- A töreti kép hasadásos törésre utal, fémes anyagok esetében a töretfelület kristályos, csillogó
- Hasadási törés akkor keletkezik, ha a repedés csúcsában, vagy más helyi feszültségkoncentrációjú helyen a feszültség eléri azt az értéket, ami hasadási törést okoz
- A törés vagy transzkrisztallin vagy a szemcsehatárok mentén terjed

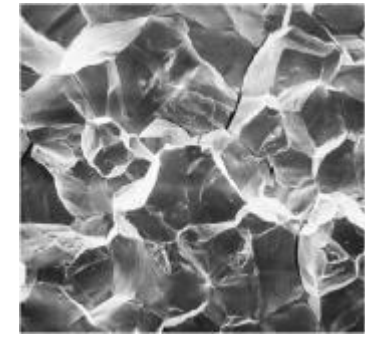


- Fáradásos törés akkor következik be, ha a váltakozó mechanikai terhelés ciklusainak száma eléri azt az értéket, amely a terhelés körülményeitől és az anyag tulajdonságaitól függően törést okoz
- Az ilyen törések kiindulási pontja általában az anyag felülete, ahol kezdő repedések alakulnak ki, amelyek fokozatosan tovább terjednek

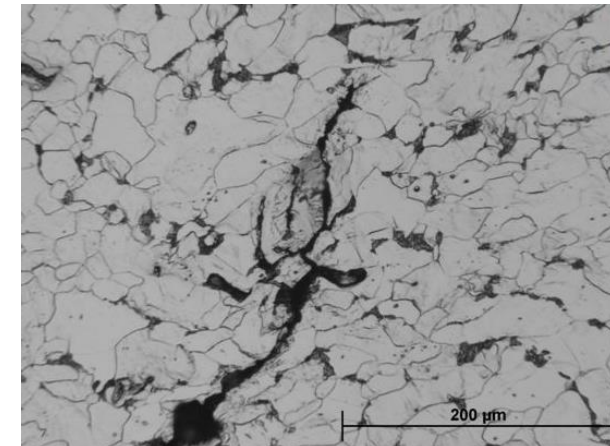


- Fémes anyagokban a magas hőmérsékleten lejátszódó kúszási folyamatok végső szakasza a kúszás által okozott törés
- Ezt a törési típust gyakran az anyag pórusképződéssel vagy karbidkiválással kapcsolatos interkrisztallin károsodása okozza
- Erősen lokalizált hő- vagy mechanikai terhelés esetén azonban már rövid idő után is a szemcsékben üregnövekedés révén transzkrisztallin repedések alakulhatnak ki

- Képlékeny alakváltozás mértéke a repedés terjedésekor
- Terjedéskor elnyelt energia mennyisége (szívós vagy rideg anyag)
- Repedésterjedés sebessége
- Törés mechanizmusa (képlékeny alakváltozás kísérté szemcsekiszakadások vagy hasadási síkok mentén)
- Töretfelület morfológiája (transzkrisztallin vagy interkrisztallin törés)



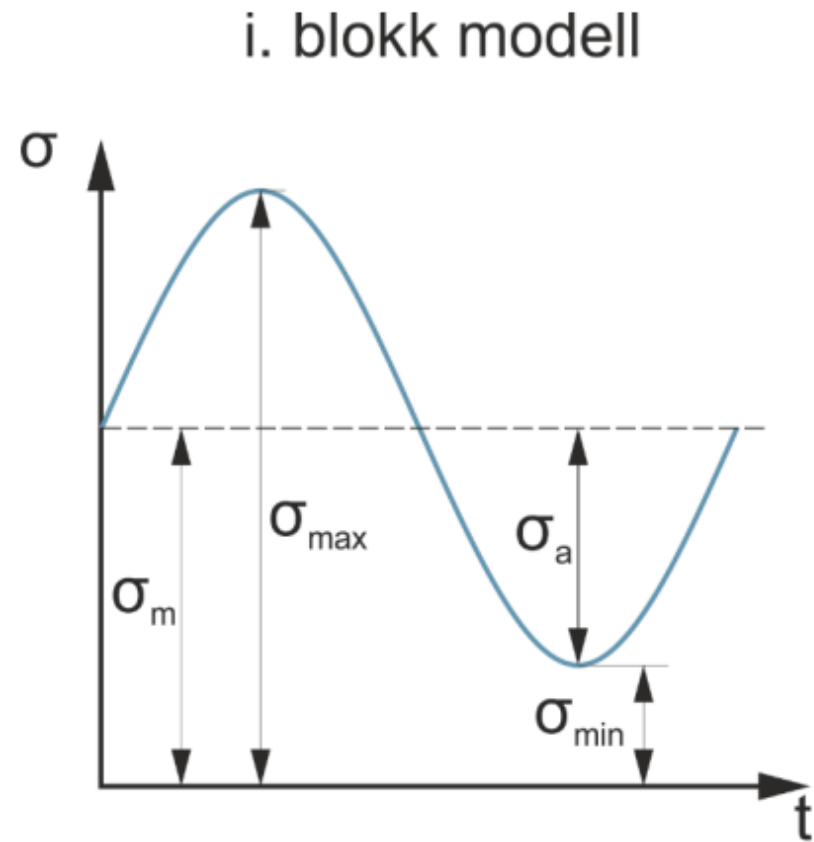
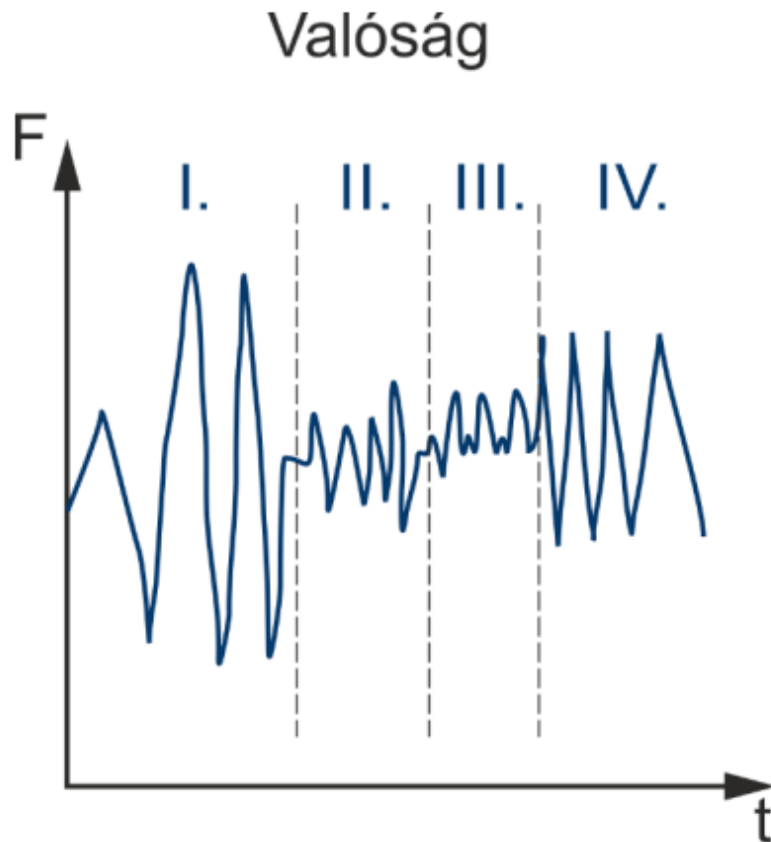
Hasadásos törés



Transzkrisztallin repedés



- Fáradás: A fáradás ismételt, időben változó igénybevétel hatására bekövetkező tönkremenetel.



- Megkülönböztetünk lüktető és lengő igénybevételt. Előbbi előjele állandó (vagy pozitív vagy negatív), utóbbinak az előjele változik



- A fáradásnak alapvetően két fajtája van:

➤ Nagyciklusú fáradás:  $\sigma_{max} < R_{p0,2}$   $N_t \sim 10^{6...7} db$

A probléma, hogy folyáshatár alatti terhelés éri az anyagot, de mégis törés következik be. Ez ellentmond a klasszikus méretezés alapelveinek.

➤ Kisciklusú fáradás:  $\sigma_{max} > R_{p0,2}$   $N_t \sim 10^4 db$

A két típusú fáradás között nincs éles határ. Kisciklusú fáradás esetében nehezebb a repedéskeletkezés, de a repedés gyorsabban terjed.

- Cél: a fáradásos törés elkerülése, adatok szolgáltatása a tervezők számára, amely az anyagvizsgáló mérnök feladata

- Fémkorrózió MSZ EN ISO 8044:2003 definíciója:

*„A korrózió a fém és környezete közötti fizikai-kémiai kölcsönhatás, amelynek következtében a fém tulajdonságai megváltoznak, és gyakran bekövetkezik a fém, a környezet, illetve az ezekből álló műszaki rendszer funkcionális jellemzőinek a romlása.”*

- Fémek felületéről indul – fémek belseje felé halad
- Környezeti hatás okozza

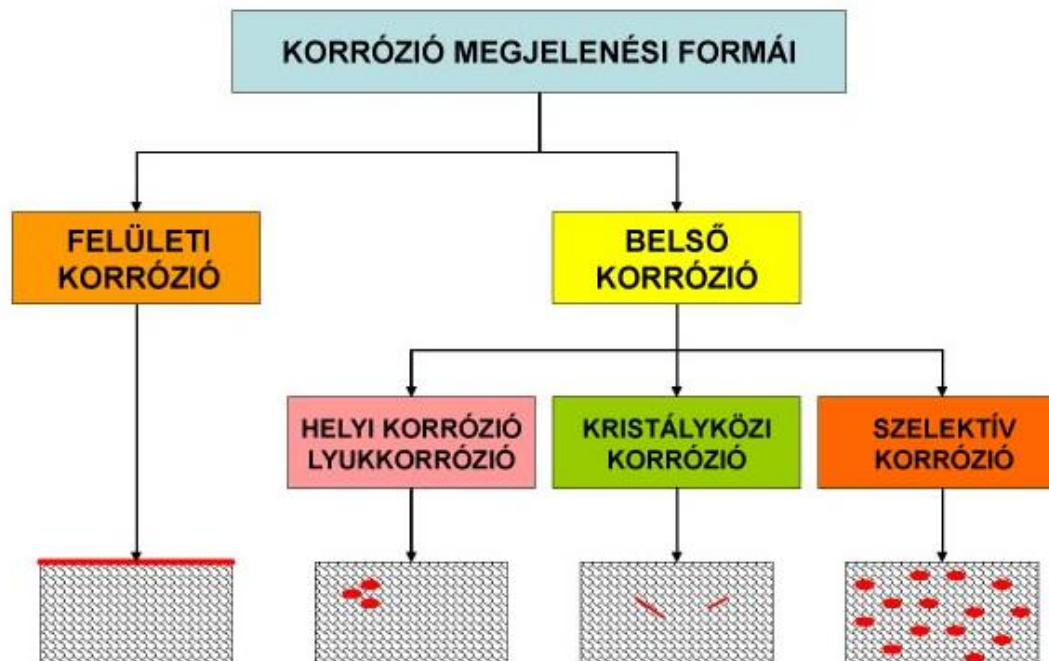




- Korróziós közegként nemcsak a levegő, talaj, vagy vizes közegek jöhetnek számításba, hanem akár szerves folyadékok, sóoldatok, folyékony fémek, gáz stb.
- Kémiai korrózió esetén a fém és a korróziós közeg között közönséges kémiai reakciók játszódnak le, amelyekre általában a heterogén kémiai folyamatok törvényszerűségei érvényesek
- Elektrokémiai korrózió esetén az oxidáció és a redukció térben elkülönítetten, a molekuláris méreteket meghaladó távolságban játszódik le. Az elektrokémiai korrózió a fém anódos oldódása vagy spontán elektrokémiai oldódás miatt következik be.

- Megjelenési forma szerint:
  - Egyenletes, felületi
  - Belső:
    - Lyukkorrózió (pitting, bemarkódásszerű, szivacsos)
    - Kristályszerkezeti (kristályközi, szelektív)
  - Korróziós repedések (feszültségi, fáradási)
  - Különleges korrózió fajták (felhólyagosodás, lemezes, filiform)
- Eloszlás szerint:
  - Általános
  - Helyi
- Korróziós alapfolyamatok szerint:
  - Kémiai (védőrétegek)
  - Elektrokémiai (standard és elektrolitos potenciál)
- Egyéb:
  - Eróziós (berágódásos, kavitációs)
  - Mikrobiológiai
  - Kontakt-, réskorrózió

- Megjelenési forma szerint:
  - Egyenletes, felületi
  - Belső:
    - Lyukkorrózió (pitting, bemarkódásszerű, szivacsos)
    - Kristályszerkezeti (kristályközi, szelektív)
  - Korróziós repedések (feszültségi, fáradási)
  - Különleges korrózió fajták (felhólyagosodás, lemezes, filiform)





Egyenletes



Szemcseközi



Galvánkorrózió

Felületi repedések

Belső üregek



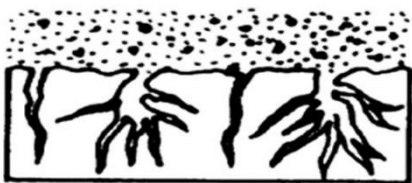
Réskorrózió



Lyukkorrózió



Hidrogén károsodás



Feszültségkorrózió



Korróziós fáradás



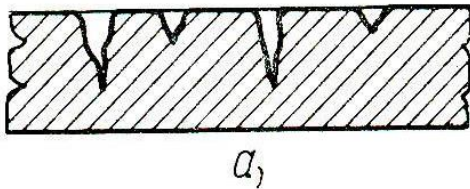
Hidrogén indukált korrózió



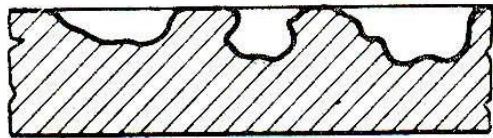
Egyéb fajták



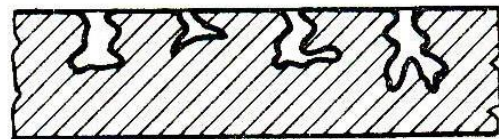
- Megjelenési forma szerint:
  - Egyenletes
  - Lyukkorrózió (pitting, bemarkódásszerű, szivacsos)



*a*,

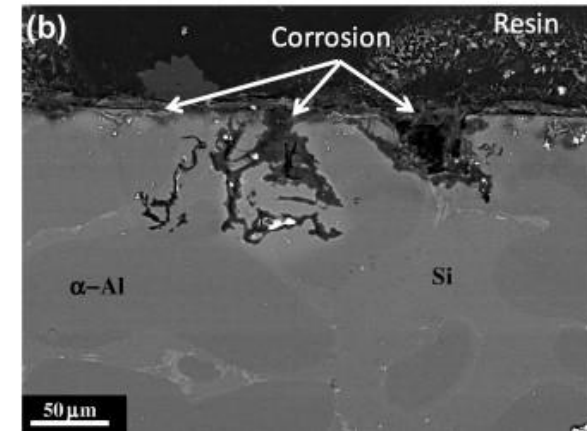
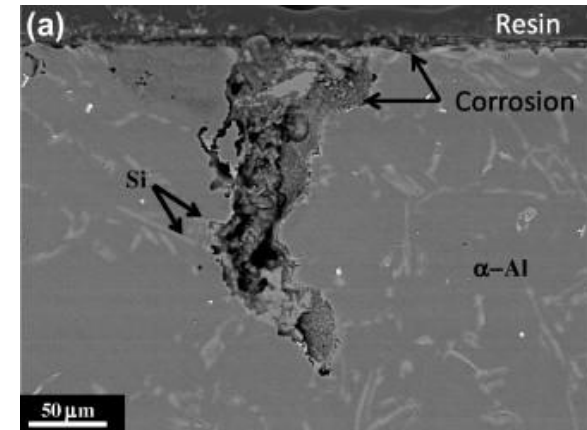
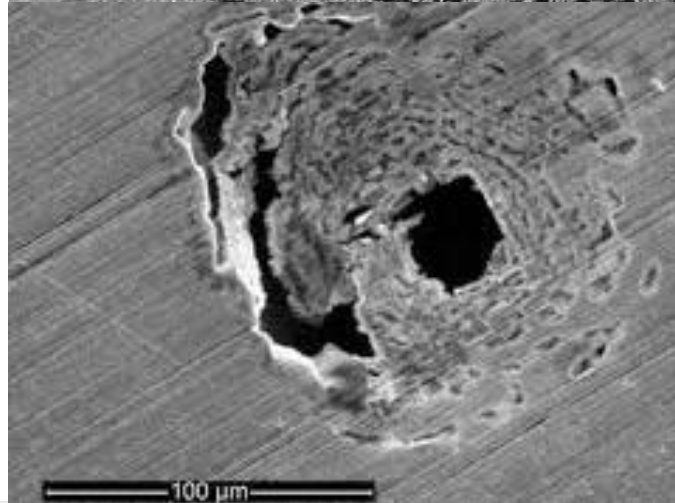


*b*,



*c*,

A lyukkorrózió fajtái  
*a*) pontkorrózió; *b*) bemarkódás;  
*c*) szivacsos korrózió



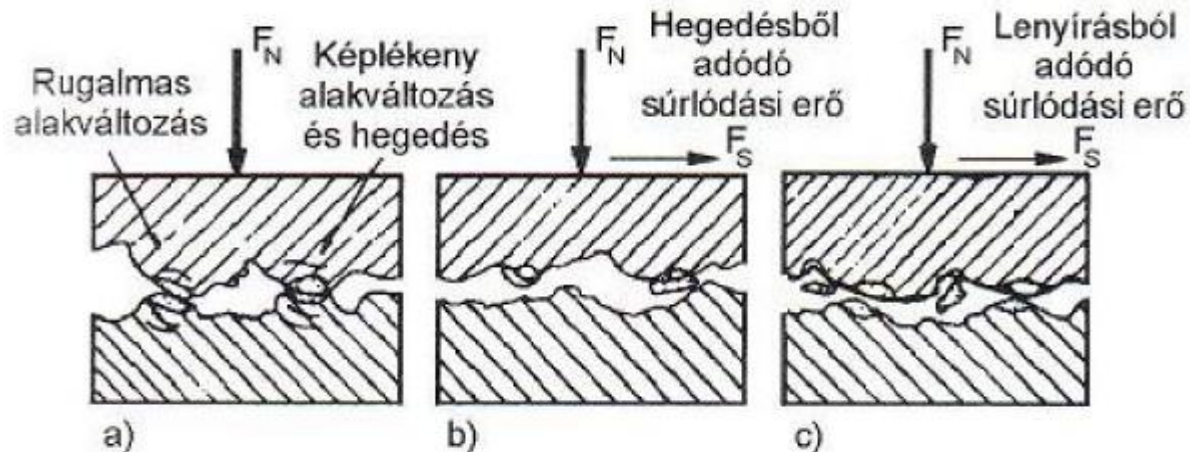


- Ötvöző és szennyező elemek
- Mikroszerkezet
- Gyártástechnológia (hegesztés, hőkezelés, hideg- és melegalakítás)
- Feszültségek, mechanikai igénybevételek
- Felületi állapot (pl. felületi érdesség)
- Korróziós környezet
- Rendszer hőmérséklete
- Közeg áramlása
- Felületek relatív csúszása (Fretting korrózió)
- Mikroorganizmusok hatása

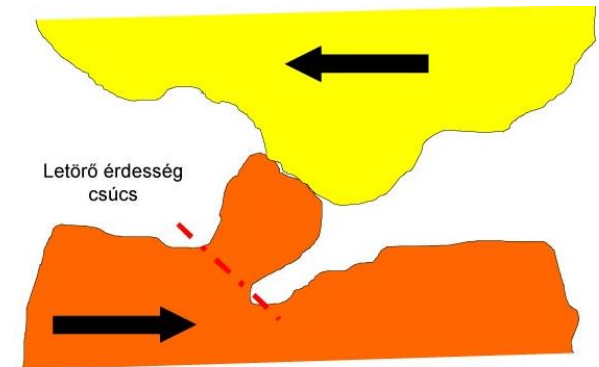
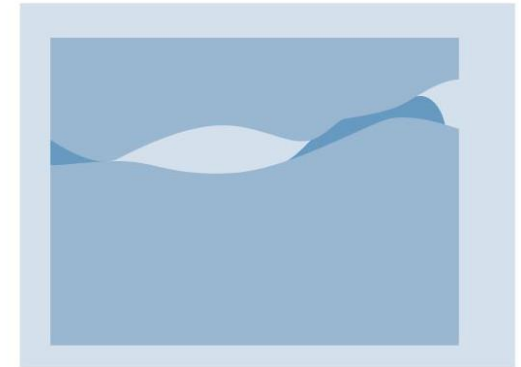
- Új anyagok, anyagrendszerek fejlesztése
- Korróziós igénybevételek csökkentése
- Korróziót befolyásoló tényezők módosítása
- Felületi viszonyok javítása
- Bevonatrendszerek módosítása



- A szilárd anyagok felületének anyagvesztesége, amelyet egyedül vagy más igénybevétellel társult mechanikai igénybevétel okoz.
- Kopási mechanizmusok:
  - Felületi fáradás (Hertz feszültség)
  - Abrázió (felületi érdesség, mikroforgácsolás)
  - Kemoszorpció (súrlódás és vegyi hatás)
  - Adhézió (azonos anyagpárosítás)



- Adhéziós kopás:
  - tényleges érintkezési felületen kialakuló adhéziós kapcsolatok elszakadásakor létrejövő anyagvesztés
  - megjelenési formái: berágódás, lyukak, pikkely, anyagátvitel, anyagkiszakadás
- Abráziós kopás:
  - benyomódó érdességcsúcs vagy kemény szemcse barázdát húz: a barázdából kinyomódó anyag, részben kopási részecske formájában leválik
  - megjelenési formái: rovátkolódás, kaparási nyom, vájat, hullámok, kráter
- Fáradásos kopás:
  - csúszás vagy gördülés során a felszíni réteg tartományában kialakuló ismétlődő tribológiai igénybevételek okozzák
  - megjelenési formái: repedés, gödrösödés, pitting, lehámlás





- Az anyagban igen lassan végbemenő kémiai és/vagy fizikai folyamatok következtében az anyagok tulajdonságainak többnyire kedvezőtlen változása.
- Fémeknél:
  - Öregedés: tútelített szilárd oldatból kiválások, nagyfrekvenciás rezgések hatására képlékeny anyagokban a feszültségmező megváltozása, sugárzások hatására ridegedés
- Polimereknél:
  - Oxigén és/vagy ibolyántúli sugárzás hatására depolarizáció
- Kerámiáknál:
  - Kiválások

- A biológiailag lebontható fémek alapvető elve az, hogy olyan fémes elemeket tartalmaz, amelyek fiziológias úton eltávolíthatók a testből, és amelyek a korróziós folyamat során a szervezetbe lépve nem lépik túl a toxicitási határértékeket
- Kezdeti próbálkozások tiszta ezüsttel és vassal, de mechanikai tulajdonságaik nem bizonyultak kielégítőnek
- A magnézium alapú ötvözetek ígéretes útnak számítanak, de a korrózió nehezen szabályozható folyamat

- A biológiailag lebontható műanyagok biomasszává, szén-dioxiddá, metánná, vízzé és vagy egyéb anyagokra bontásához mikroorganizmusokra és fotolitikus, hidrolitikus, mechanikai eljárásokra vagy ezek kombinációira van szükség – meg természetesen időre
- Poli-tejsav
  - 6 hónap elteltével elveszíti a stabilitást
  - Újra felbomlik tejsav egységekké, amelyek a citromsav ciklusban vízre és karbondioxidra bomlanak
- Poli-glikolsav
  - 1-2 hónap után elveszíti az erejét
  - Lebontódik glicerénné, amely kivonható a vizelettel
  - Jól használható szálakhoz

- A mérnöki károsodásanalízis legtöbbször a hiba azonosítását, az azt okozó folyamat feltárását, a károsodás mértékének becslését, a további használhatóságra való alkalmasság, a maradék műszaki élettartam megítélését jelenti.
- A károsodásanalízis nem csak az éppen vizsgált káreset okait tárja fel, hanem hozzájárul a hasonló esetek jövőbeni elkerüléséhez, a konstrukció kedvező irányú módosításához, a minőség, a megbízhatóság javításához is.

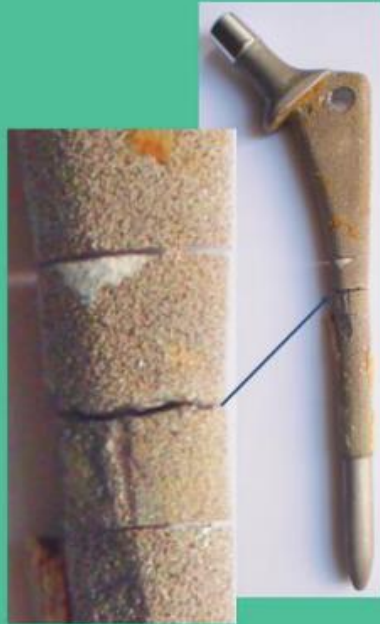


- Metallózis: kopás, korrózió, degradáció során
- Csontba ültethető implantátum: kilazulás, nem megfelelő oszeointegráció, törés
- Ízületi implantátum: kopás és ebből adódó metallózis
- Endovaskuláris implantátum: törés (+trombózis, resztenózis)
- Csontrögzítő lemezek és csavarok: törés (fáradás)
- Lebomló implantátumok: gyulladáskeltés
- Polimer implantátumok: sugárzás miatti leromlás, kiszakadás, eresztés

- A csípőprotézisek legsúlyosabb károsodása az implantátum szárának törése
- Befolyásoló tényezők: a beteg testtömegindexe, fizikai aktivitása, sérülései, életkora, de az implantátum geometriája és alapanyaga is szerepet játszik benne.
- Szártörés ritkán fordul elő, viszont klinikai jelentősége miatt az egyes esetek kivizsgálása kiemelkedően fontos.
- Az elmúlt években három különböző csípőprotézis szár törését vizsgáltuk ki. A vizsgálatok során szerzett tapasztalatokat alapján kidolgoztunk egy, a protézisek károsodásanalízisére alkalmas kutatási módszertant.



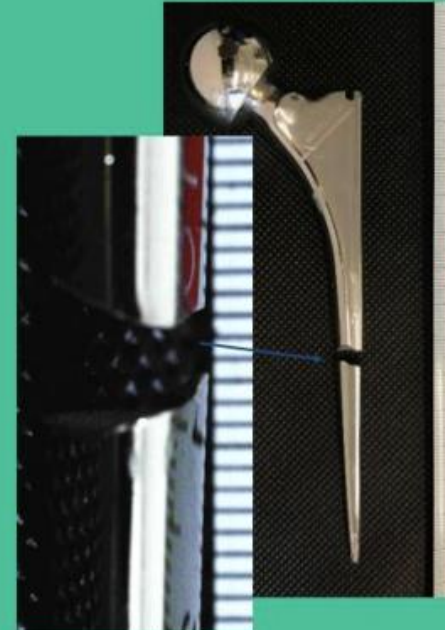
- Szemrevételezés
  - Alapvető eltérések, nem megfelelőségek, anomáliák rögzítése makroszkópiusan
- Röntgenes vizsgálatok
  - Belső hibák, anyagfolytonossági hiányok feltárása
- Fraktográfia
  - A töretfelület elemzése
- Metallográfia
  - Az anyag mikroszerkezetének vizsgálata csiszolatokon
- Keménységmérés
- Szilárdságmérés
- Anyagösszetétel-elemzés



DePuy AML®



DePuy MMA®



Zimmer CPT®

Töretfelület  
Alsó Felső



Töretfelület  
Alsó Felső

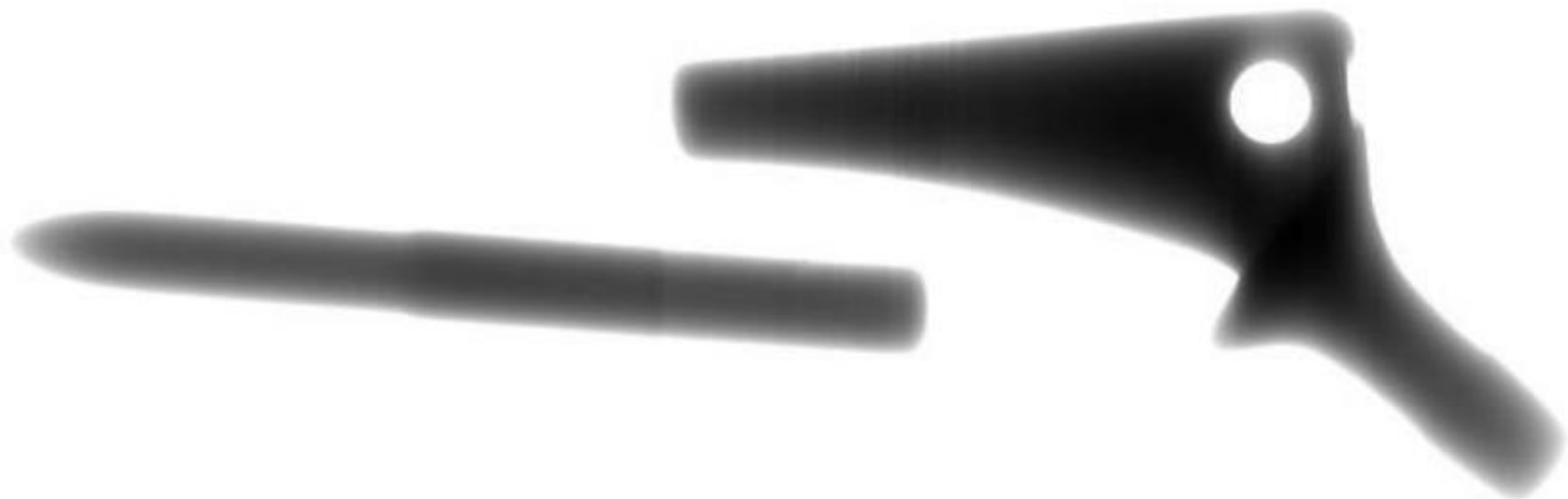


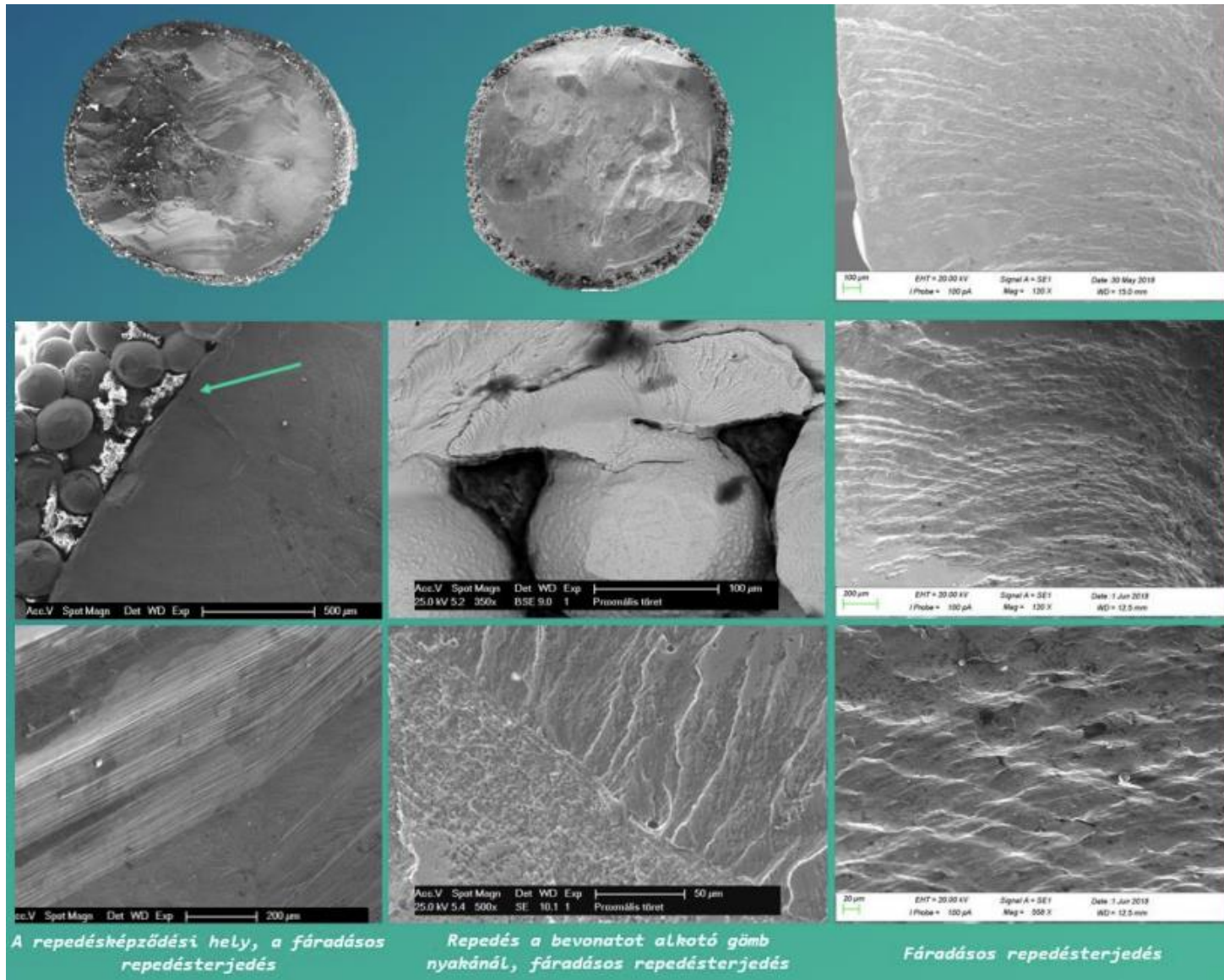
Töretfelület  
Alsó Felső

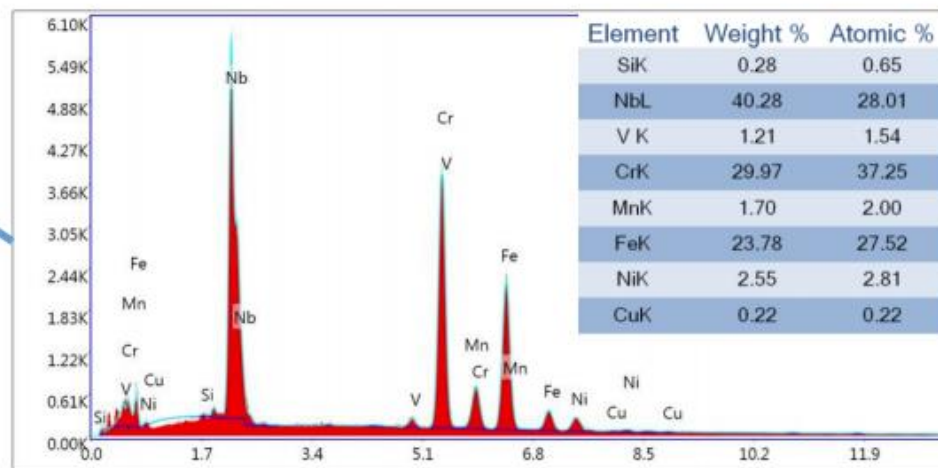
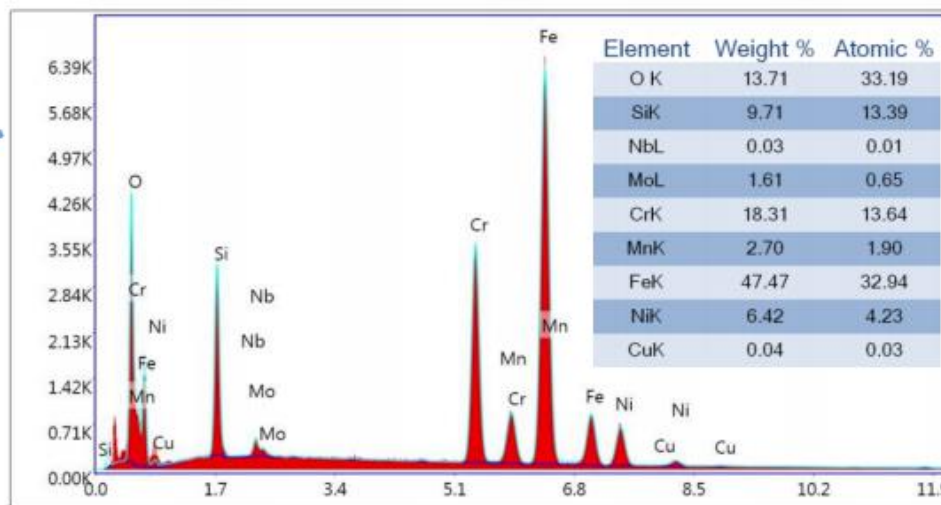
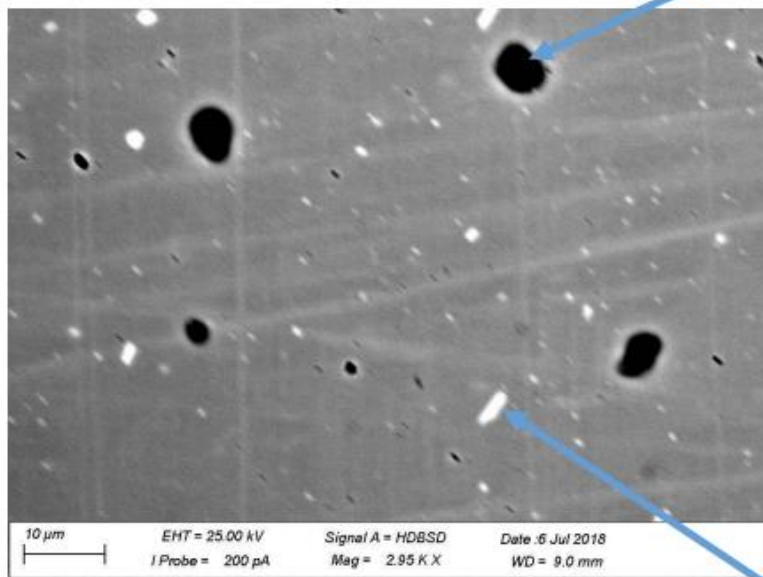




- A vizsgálat célja az anyag belsejében lévő, gyártási eredetű térfogati anyaghibák feltárása. A röntgenmikroszkópos vizsgálat térfogati hibát egyik protézis esetében sem tárt fel.

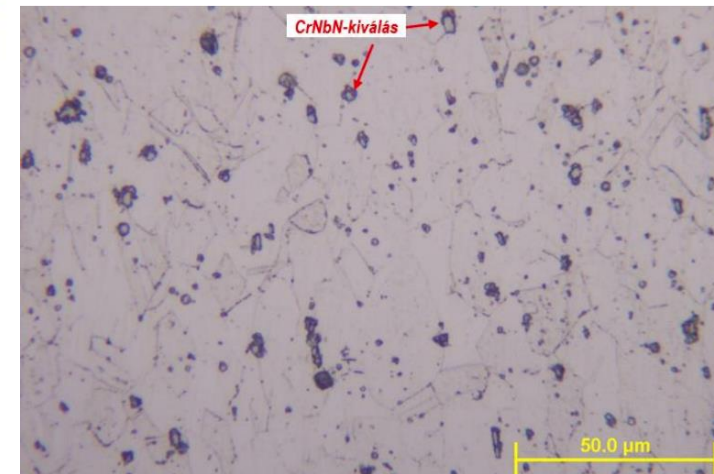
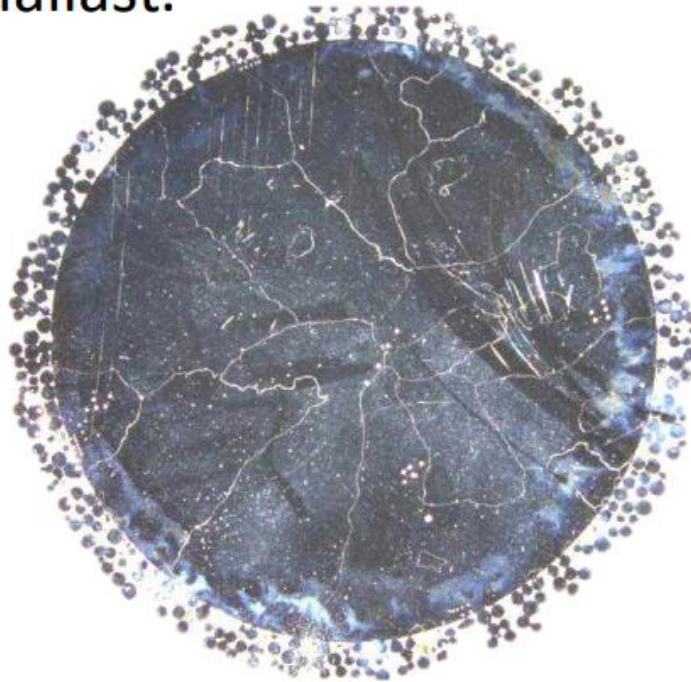




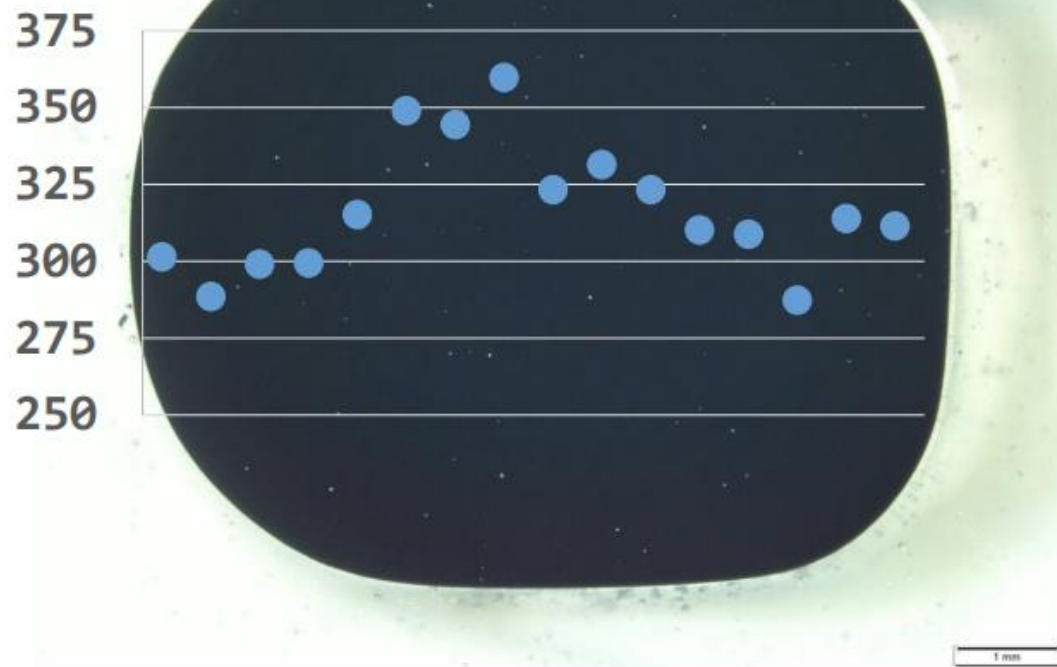




- A metallográfiai vizsgálat alapján megállapítható, hogy a szövetszerkezet rendkívül durvaszemcsés, ami erősen rontja a szívósságot és ezzel a repedésterjedéssel szembeni ellenállást.



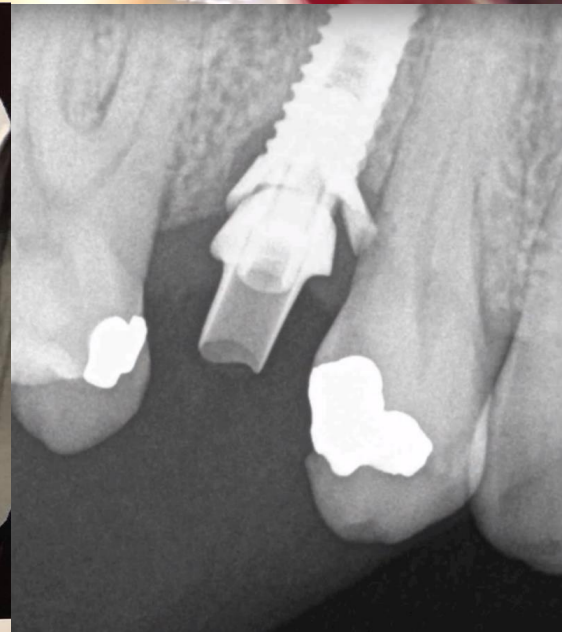
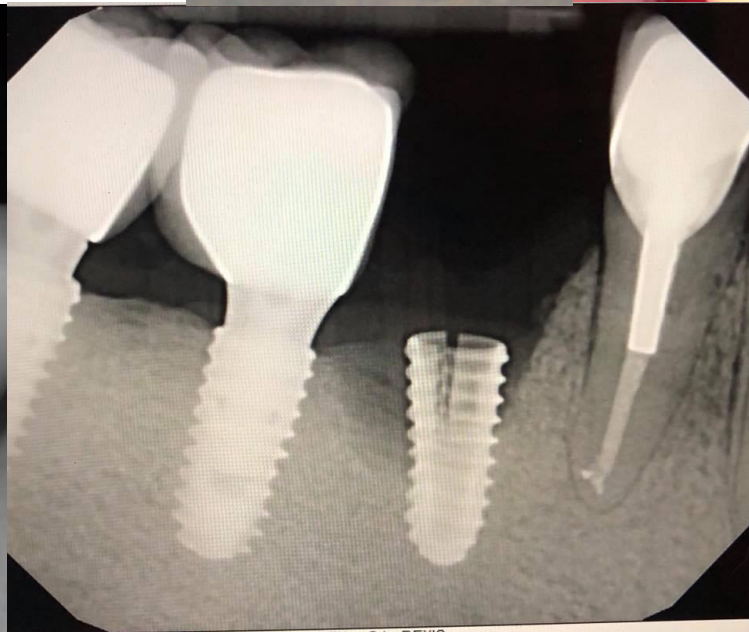
- A keménységvizsgálat során a szár felülete mentén jelentős keménységbeli eltérések mutatkoztak. Ez a durvaszemcsés szerkezet mechanikai anizotrópiájának a hatása, és fokozza a repedésképződéssel, repedésterjedéssel szembeni ellenállás gyengülését.






- Fogászati implantátumok törése:

- Túl vékony nyaki rész
- Túl kicsi falvastagság



- Csípőimplantátumok törése:

- 
- Implantátum szár törés – 12 hónapig
  - Szár elmozdulás
  - Elváltozás a combcsontban
  - CoCr – cementált DePuy implantátum
  - OK: nem elegendő cementezés a prox. combcsont részen

- Csontrögzítő lemezek és csavarok törése:



- 52 éves férfi
- Nagylábujj ízület rögzítése
- Csavartörés

- 36 éves férfi – golyó miatti combcsont törés
- Külső majd belső rögzítés, elfertőződés
- 12 évvel később többszörös implantátum törés

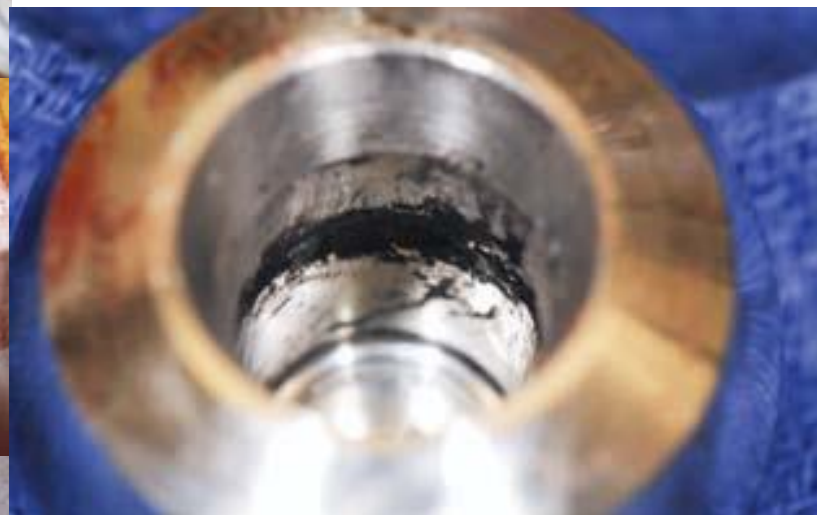
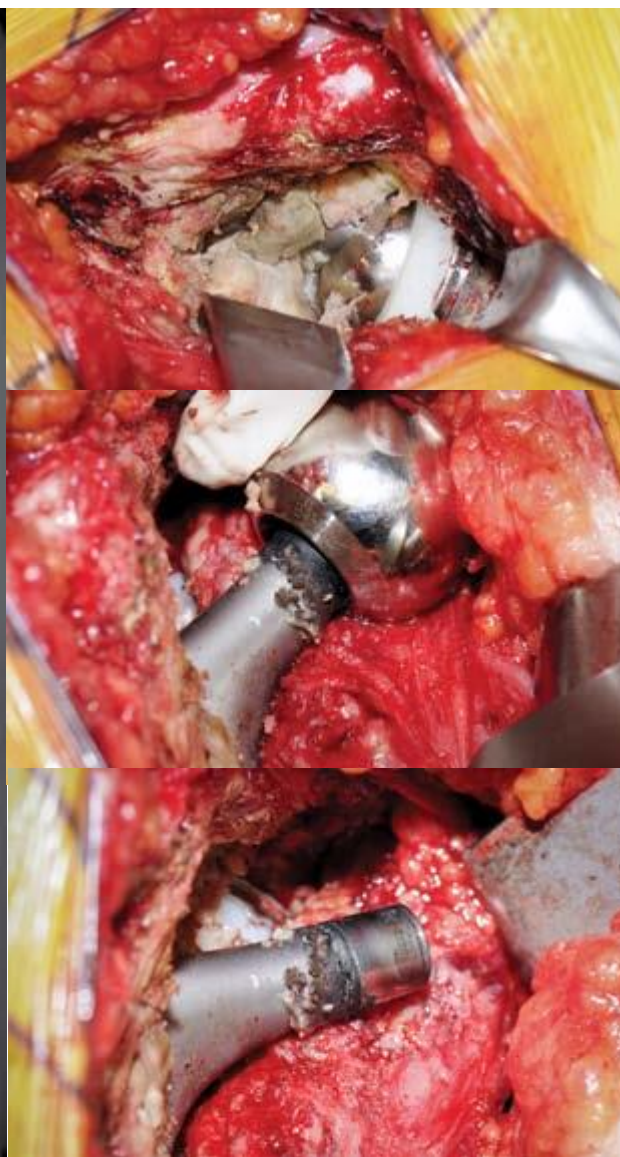


- Átmeneti alaptípusú korrózió
- Felületi réteg és környező közeg kölcsönhatása
- Metallózis: fémionok emberi szervezetbe kerülése
- Emberek 6%-a hiperszenzitív a korrózióálló acélok vagy a Co-Cr ötvözetek valamely összetevőjére



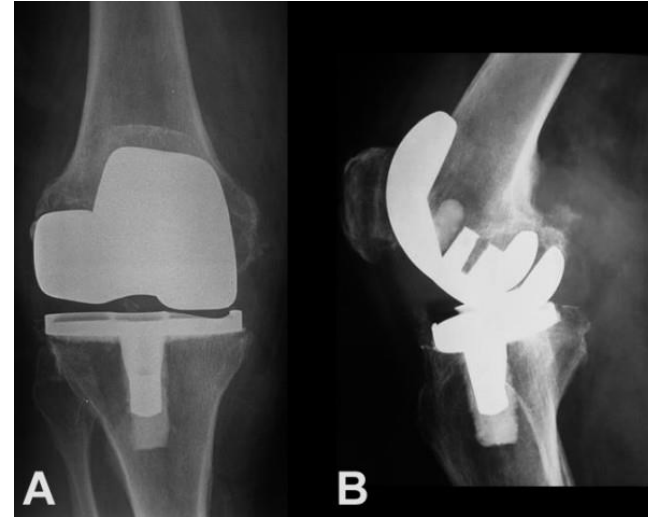
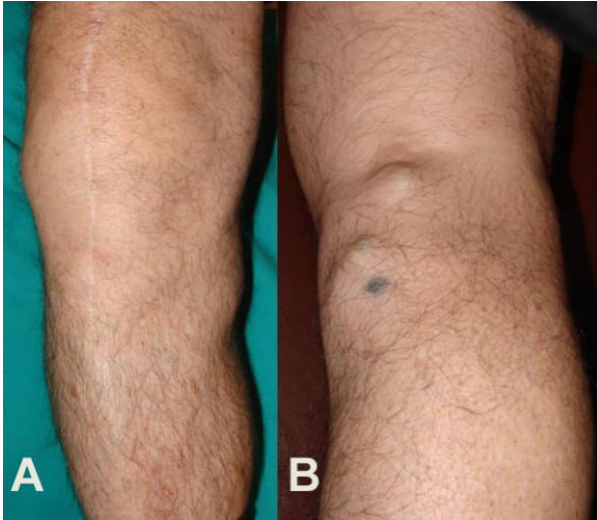
Co-Cr-Mo

- 20 éves férfi
- „Megaprotézis”
- Metallózis - 10 év után

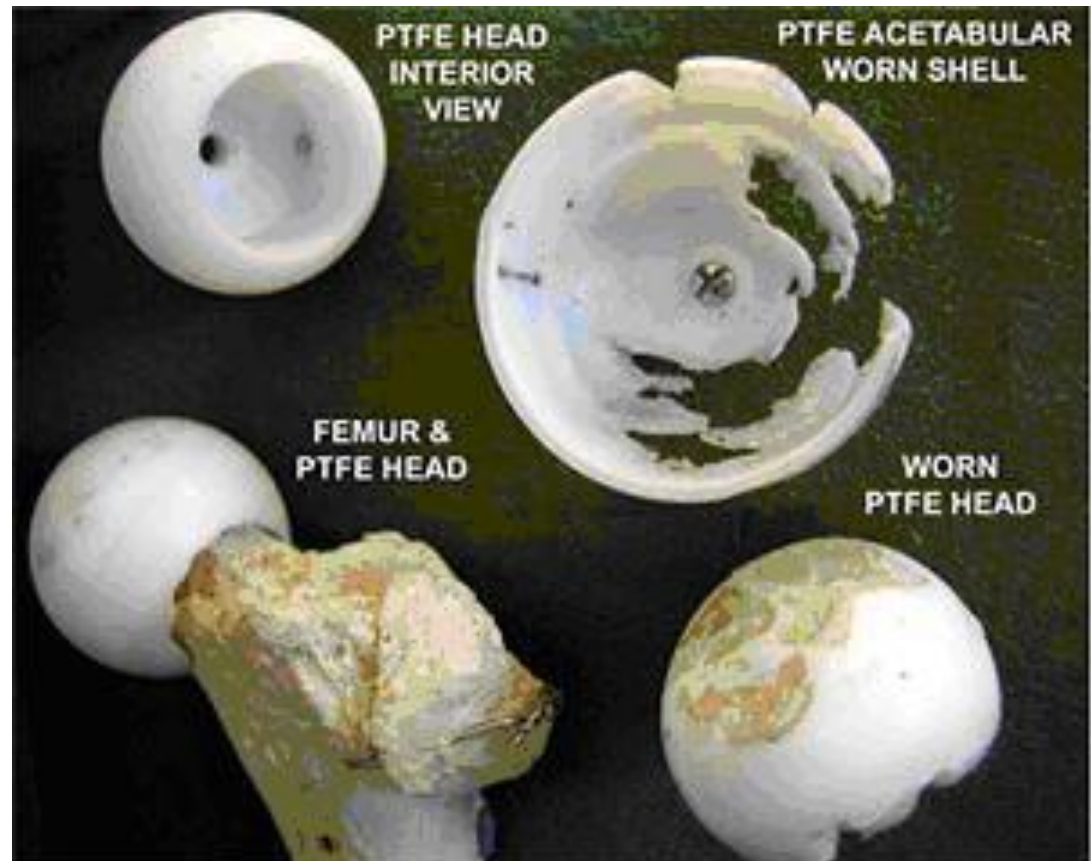


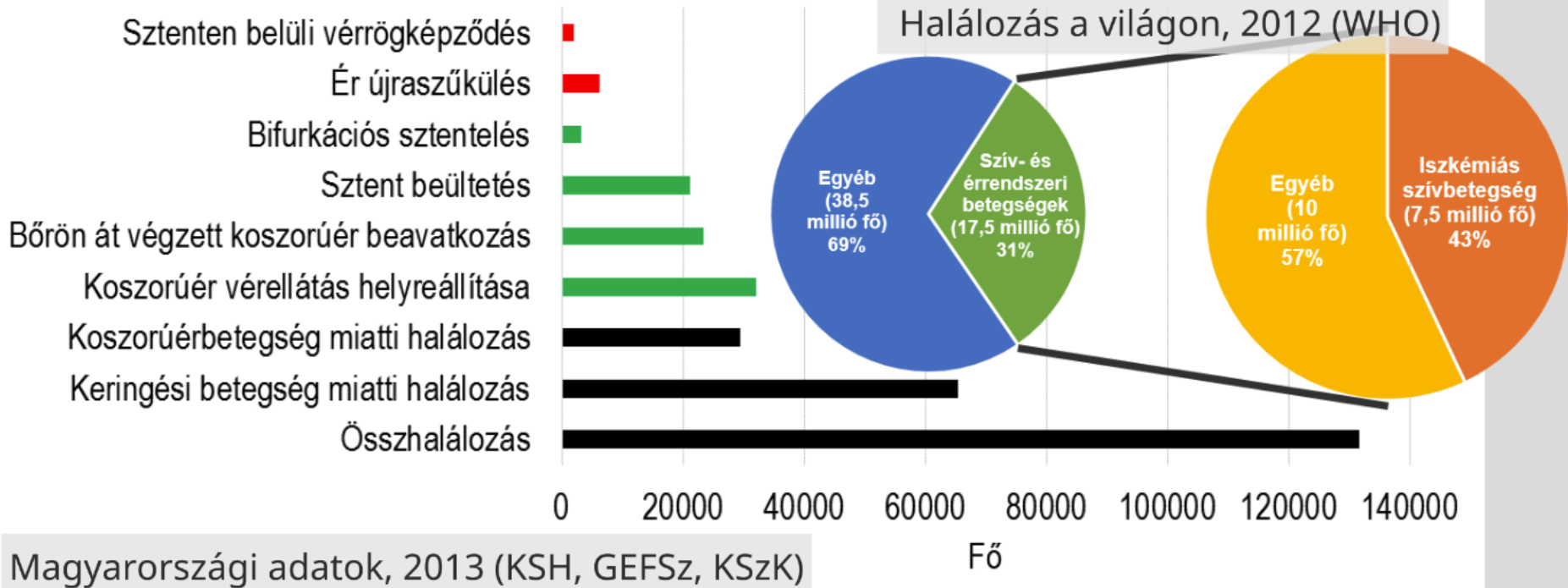
- 67 éves nő
- 5,7 évvel beültetés után
- Galvánkorrózió





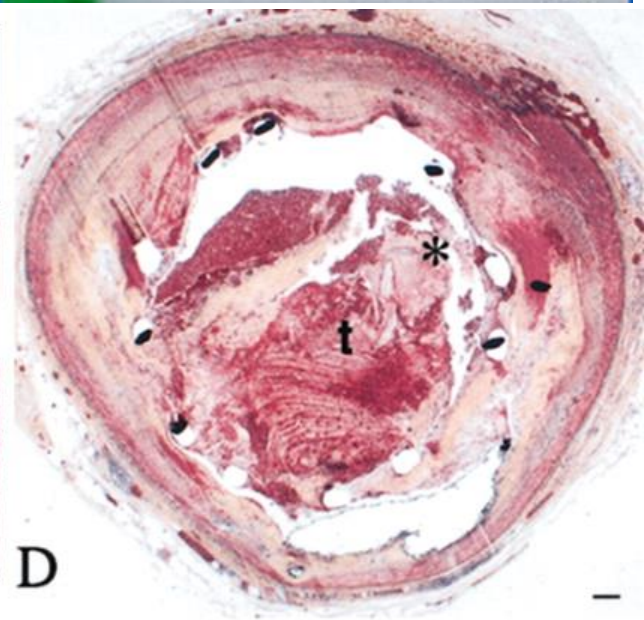
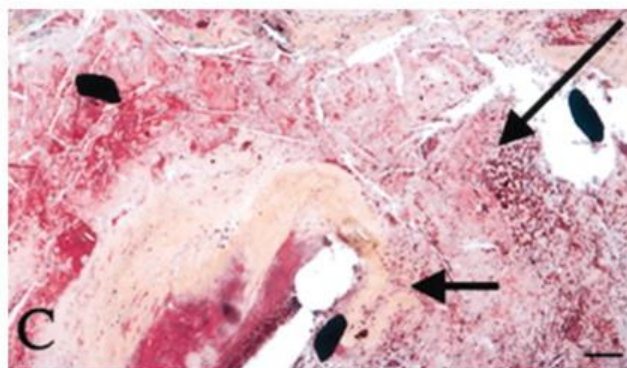
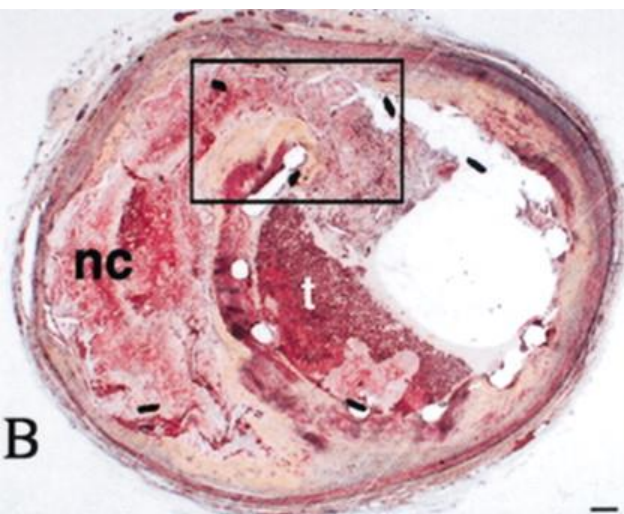
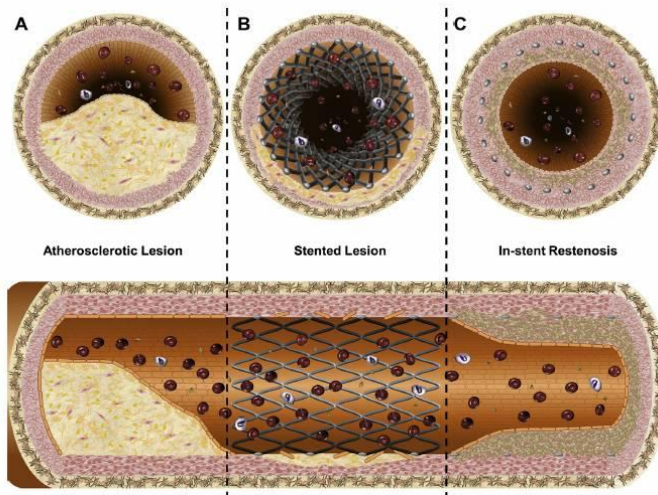
- Csípőimplantátumoknál leggyakrabban a vápa betét kopik el





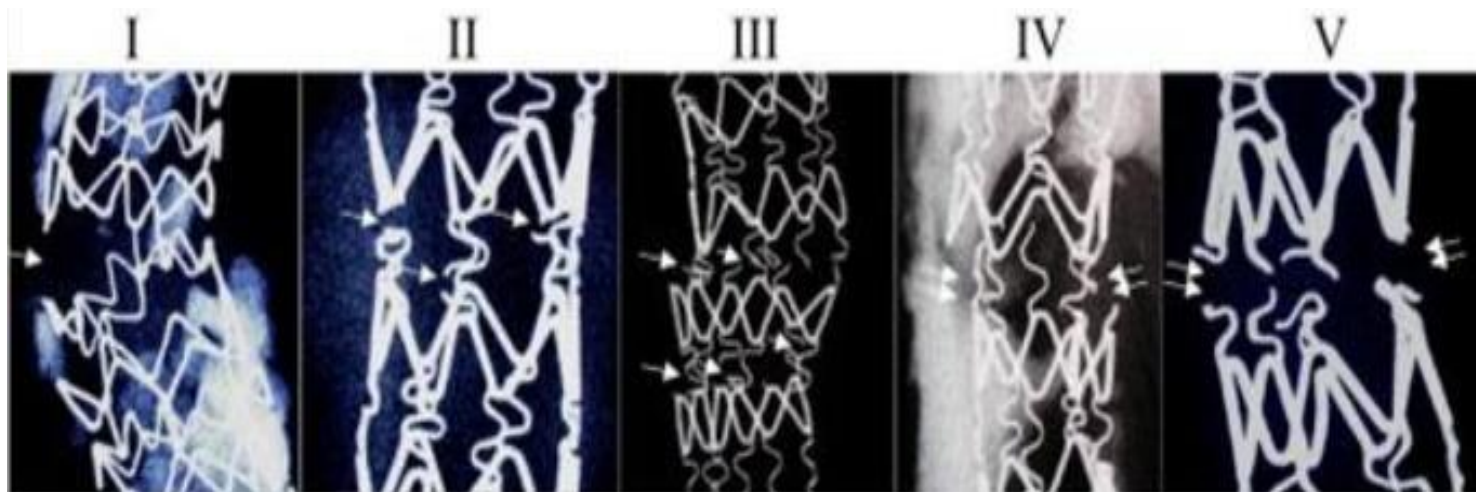
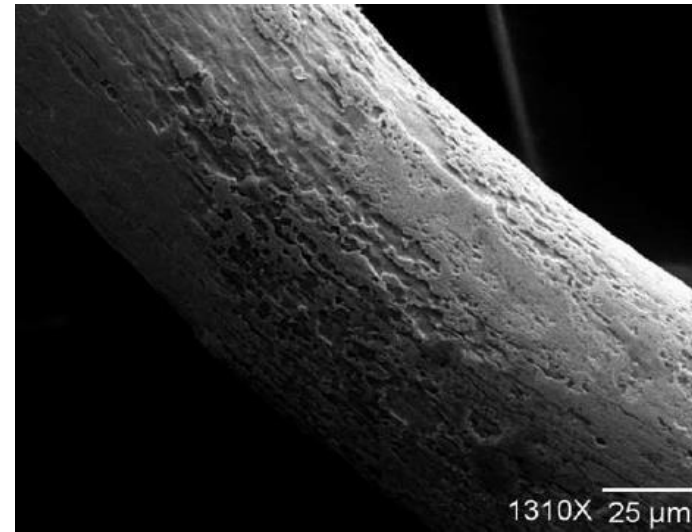


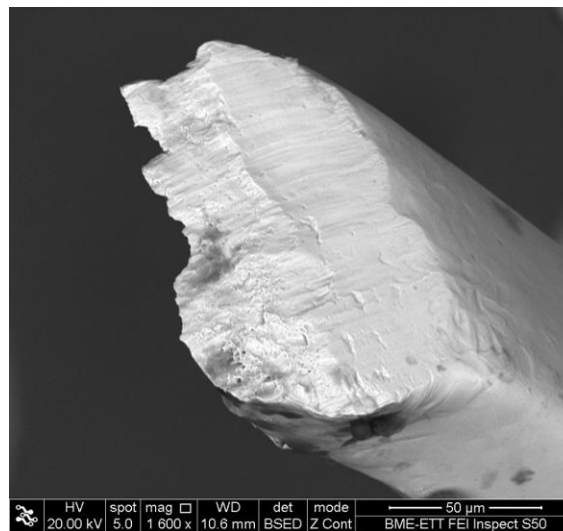
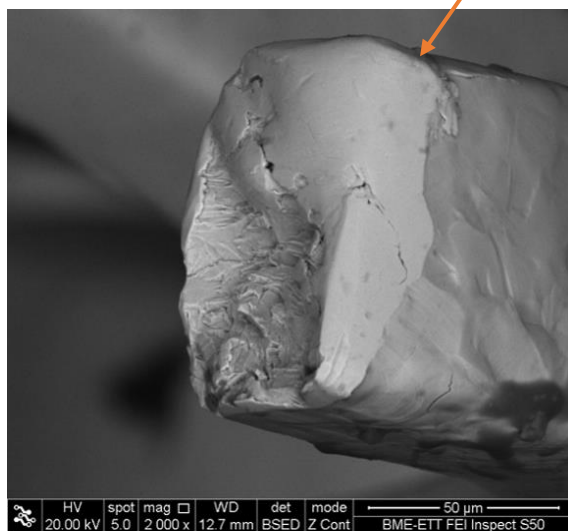
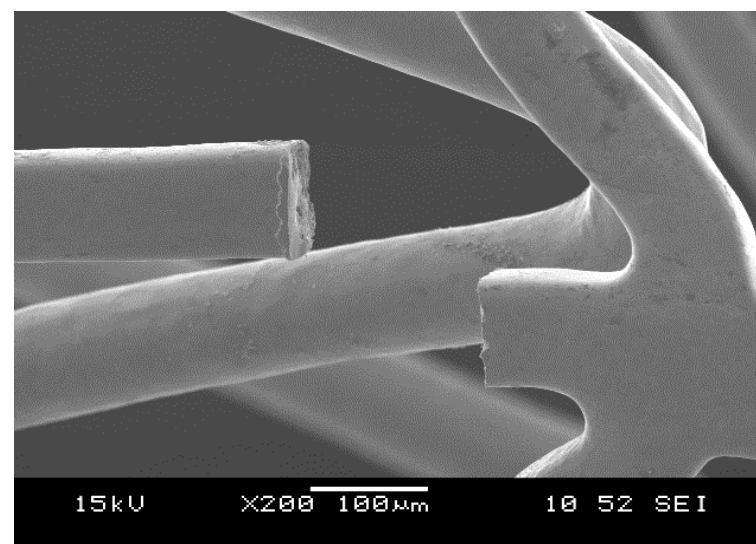
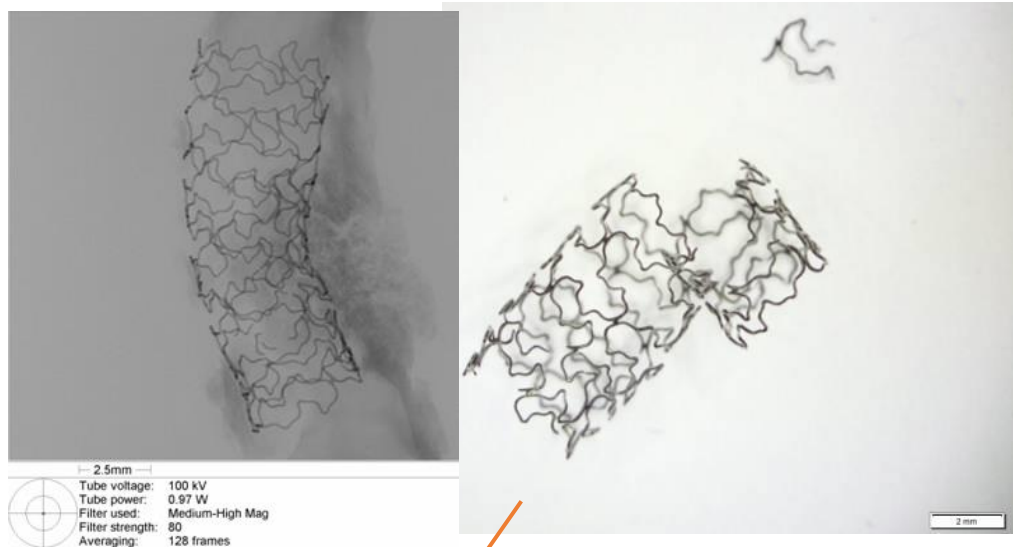
- Resztenózis
- Trombózis



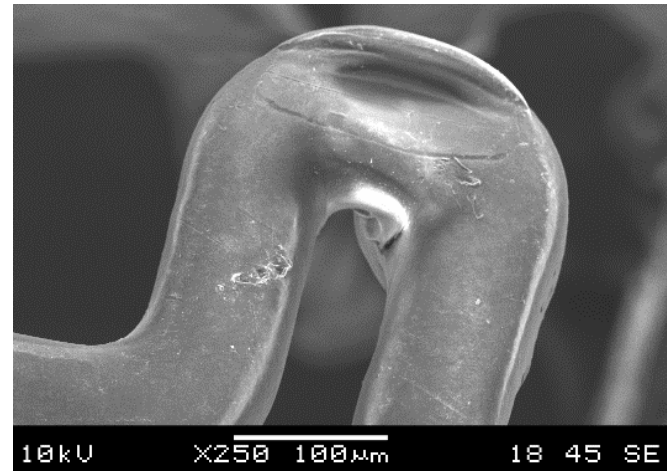
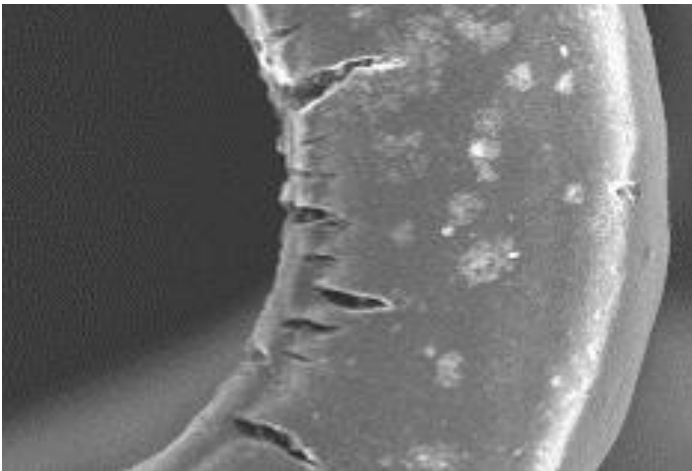
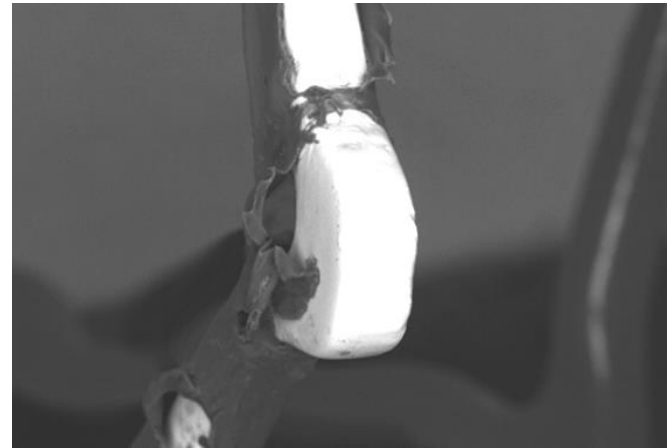
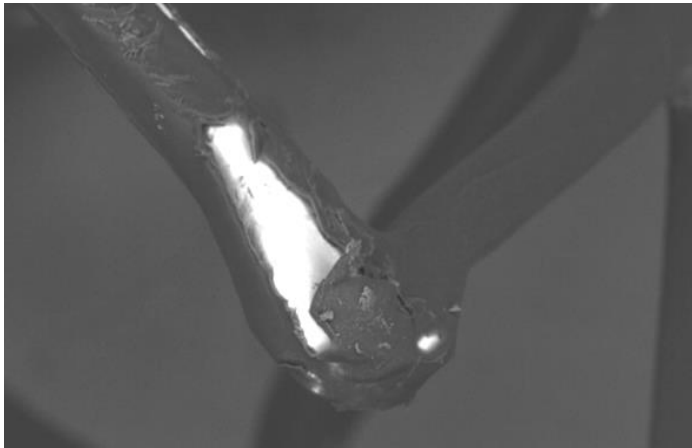


- Törés
- Korrózió





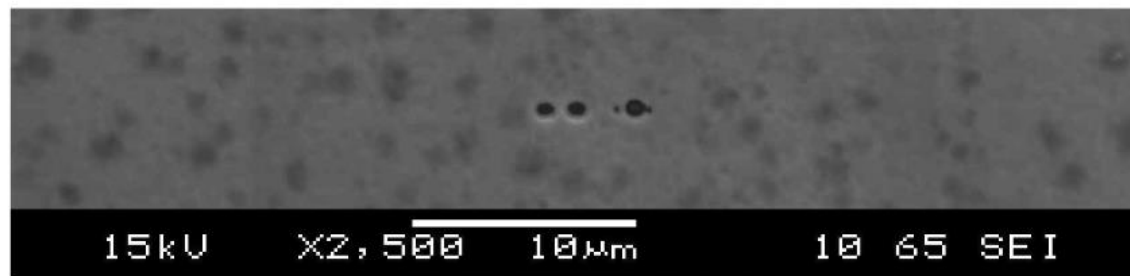
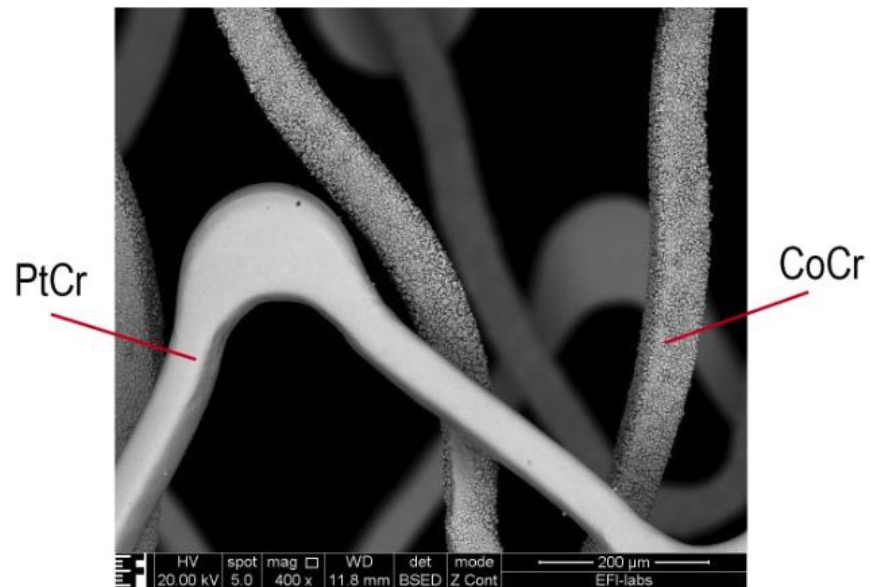
Törés



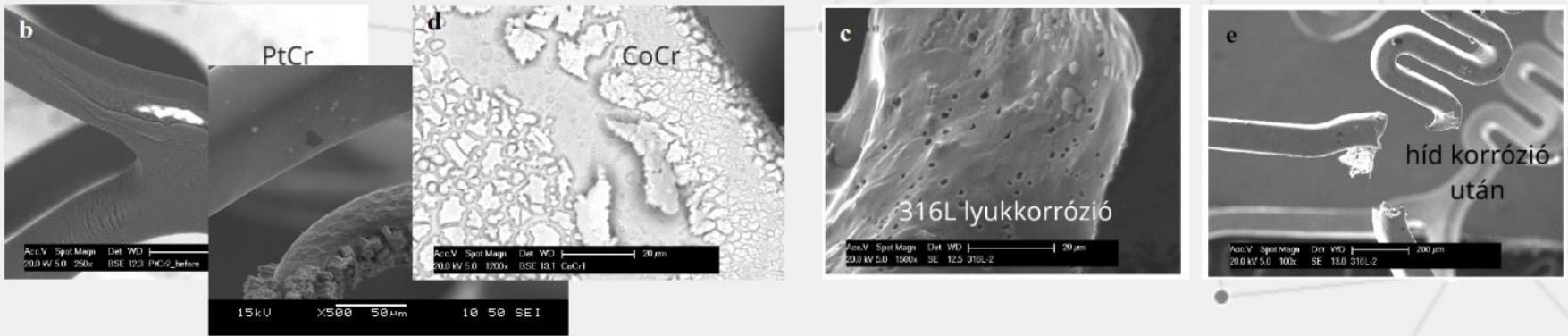
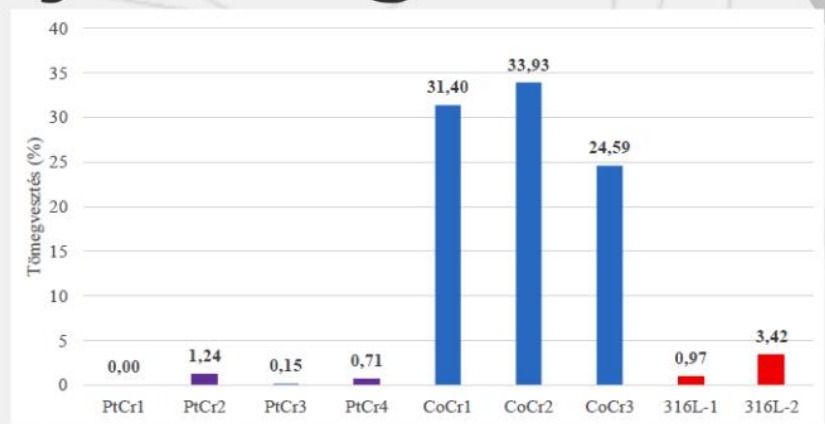
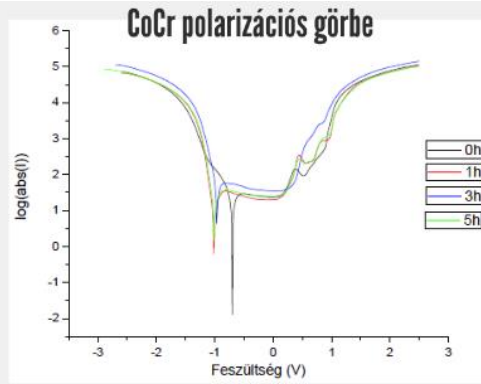
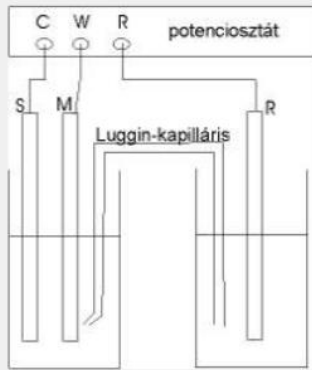
Bevonat károsodás

+ Különböző alapanyagú sztentek egymásba tágítása

Normálpotenciál 25°C-on	
Elektródfolyamat	Potenciál (Volt)
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{+++}$	-0,710
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++}$	-0,440
$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{++}$	-0,277
$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{++}$	+1,200



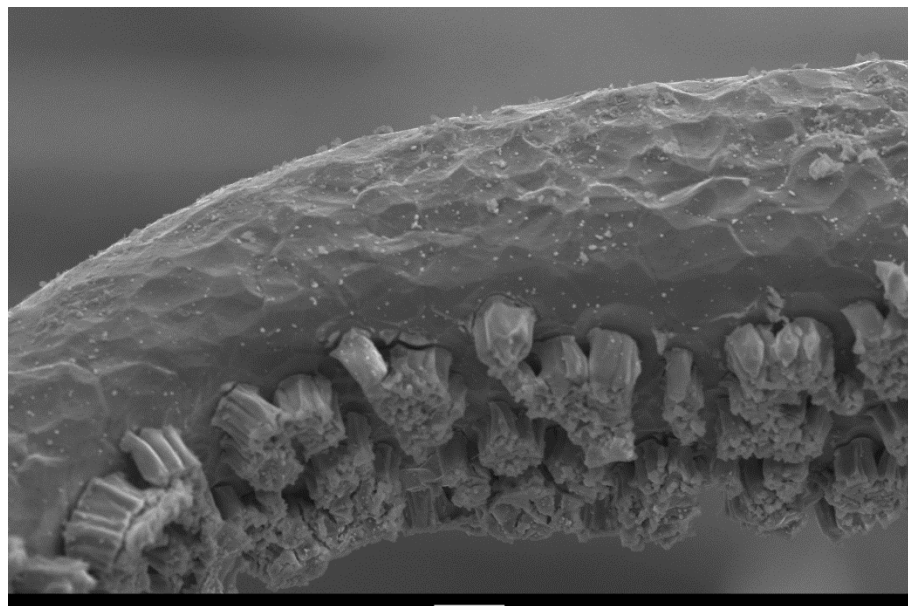
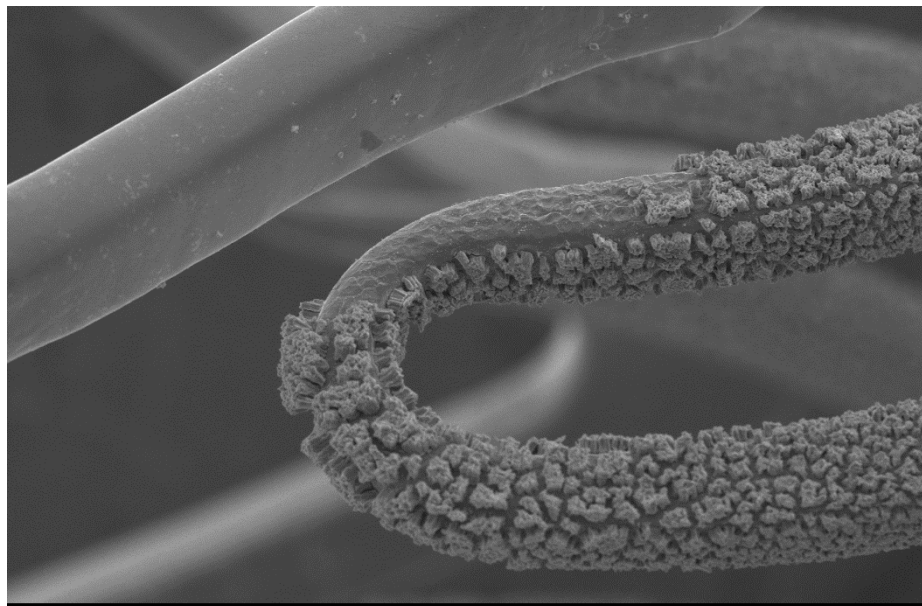




Háromelektrodos cellában (az elektrolizáló cellában 36°C-os 0,9 m/m%-os NaCl oldattal) a korróziós áramsűrűség meghatározásához potenciodynamikus méréseket és tömegfogyás mérését alkalmaztam. A potenciodynamikus méréseket -2,5 és +2,5V tartományon, 10 mV/s mintavételezési sebességgel végeztem el.

Megfigyeltem, hogy a bevonatos Fe-Pt-Cr sztentek esetén a bevonathiányos területeken koncentrálódnak a korróziós folyamatok. A kobalt-króm ötvözetek esetében a korróziósebesség nem tér el jelentős mértékben a Fe-Pt-Cr sztentektől, viszont a sztenteken az egész felületre kiterjedő, általános korrózió zajlott le, az 5 órás mérés végére a sztent a kiindulási tömegének 30%-át elvesztette, az elektrolitba jelentős mennyiségű korrózióterméket juttatva. Az ausztenites korrózióálló acél sztenteken a gyűrűket összekötő hullámos hidak a korróziós szempontból kritikus helyek. A károsodás oka lyukkorróziós folyamatnak köszönhető.

# Koszorúérsztentek



X1,000 10µm 10 50 SEI



HV 20.00 kV spot 5.0 mag 1 600 x WD 11.9 mm det BSED mode Z Cont 50 µm EFI-labs

HV 20.00 kV spot 5.0 mag 400 x WD 11.7 mm det BSED mode Z Cont 200 µm EFI-labs



## Bevezetés

- Johnson@Johnson példa

## Implantátum elhasználódás/tönkremenetel

- Tönkremenetel okai

## Várható élettartamot befolyásoló tényezők

## Károsodási módok

- Törés (Fáradás)
- Korrózió
- Kopás
- Degradáció

## Esettanulmányok

- Csípőimplantátum
- Tipikus esetek
- Koszorúérsztentek

- <http://publichealthwatchdog.com/wp-content/uploads/2012/12/Metal-on-Metal-Hip-Implants-Wear-Down-Faster-Research-Suggests.jpg>
- [https://www.drugwatch.com/wp-content/uploads/xDiscontinue-on-metal-on-metal-hip-implants.jpg.pagespeed.ic.7mSuz\\_tLHs.jpg](https://www.drugwatch.com/wp-content/uploads/xDiscontinue-on-metal-on-metal-hip-implants.jpg.pagespeed.ic.7mSuz_tLHs.jpg)
- <http://www.good-legal-advice.com/wp-content/uploads/2011/04/depuy-hip-lawyer-infographic-hip-replacement-injury-side-effects-lawsuit.jpg>
- <https://www.cssfirm.com/depuy-asr-hip-implants/>
- <http://hipsettlementfund.com/wp-content/uploads/2016/11/drugwatch-depuy-405x448.jpg>
- <http://www.drugdangers.com/wp-content/uploads/2013/04/depuy-lawsuit.jpg>
- [https://preachrr.files.wordpress.com/2011/04/bone\\_cross-section.jpg](https://preachrr.files.wordpress.com/2011/04/bone_cross-section.jpg)
- [http://slideplayer.hu/slide/2191710/8/images/15/AGY5+Szakmai+Szemin%C3%A1rium\\_+2010-06-09.jpg](http://slideplayer.hu/slide/2191710/8/images/15/AGY5+Szakmai+Szemin%C3%A1rium_+2010-06-09.jpg)
- [http://image.wikifoundry.com/image/1/5AA4UDi9\\_AhRB7Ahzyil7A110997/GW532H66\\_0](http://image.wikifoundry.com/image/1/5AA4UDi9_AhRB7Ahzyil7A110997/GW532H66_0)
- <http://docplayer.hu/docs-images/55/35797950/images/24-0.jpg>
- <http://www.presserv.com/wp-content/uploads/2016/06/Corrosion-protection.jpg>
- [https://upload.orthobullets.com/cases/1971/img\\_20140709\\_204330.jpg](https://upload.orthobullets.com/cases/1971/img_20140709_204330.jpg)
- [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013\\_kenesgazdalkodas/8.3.1.jpg](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_kenesgazdalkodas/8.3.1.jpg)
- <http://docplayer.hu/docs-images/27/11497024/images/29-0.jpg>
- [https://www.researchgate.net/post/What\\_are\\_the\\_most\\_dangerous\\_types\\_of\\_corrosion\\_and\\_does\\_the\\_dangerous\\_vary\\_depending\\_on\\_the\\_type\\_of\\_metal](https://www.researchgate.net/post/What_are_the_most_dangerous_types_of_corrosion_and_does_the_dangerous_vary_depending_on_the_type_of_metal)
- <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/817257.fig.004.jpg>
- <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/817257/>
- <http://www.impactimpex.com/images/ptfepfastenersTest.jpg>
- [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013\\_roncsolasmentes\\_es\\_roncsolasos\\_anyagdiagnostikak/a\\_tartosfolyas\\_kuszas\\_leir\\_asa\\_a\\_vizsgalatok\\_celja.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_roncsolasmentes_es_roncsolasos_anyagdiagnostikak/a_tartosfolyas_kuszas_leir_asa_a_vizsgalatok_celja.html)
- [https://www.electrochem.org/dl/interface/sum/sum08/su08\\_p31-34.pdf](https://www.electrochem.org/dl/interface/sum/sum08/su08_p31-34.pdf)
- <https://mgimplants.wikispaces.com/Types+of+corrosion>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921510711002820>
- <http://www.kon.org/urc/v5/ravichandran.html>
- <https://reconstructivereview.org/ojs/index.php/rr/article/view/131/166>
- <https://www.slideshare.net/mittal87/implant-failure-12655431>
- [https://hu.wikipedia.org/wiki/Fajlagos\\_%C3%Bct%C5%91munka](https://hu.wikipedia.org/wiki/Fajlagos_%C3%Bct%C5%91munka)
- <https://www.burbankdentalimplants.com/complications-dental-implants-break/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=02b5L6om3Fc>
- [http://www.priory.com/surgery/femoral\\_fracture.htm](http://www.priory.com/surgery/femoral_fracture.htm)
- <https://www.verywellhealth.com/broken-metal-implants-in-your-body-2549321>
- [https://medapparatus.com/Complications/Complications\\_FractureFixation.html](https://medapparatus.com/Complications/Complications_FractureFixation.html)
- <http://www.kneesandhips.net/hip/failed-hip-replacement/loose-worn-hip-replacement/>





Köszönöm a figyelmet!