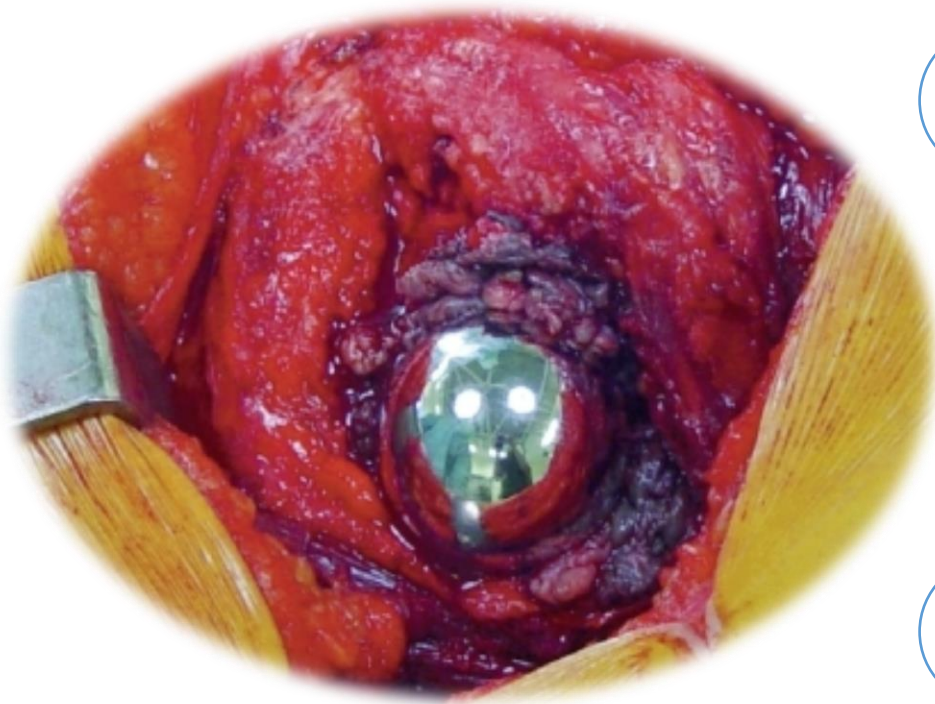


Implantátumok leromlási és károsodási folyamatai

Orvostechnikai anyagok
(BMEGEMTBMO1)

Kovács Dóra



- 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?

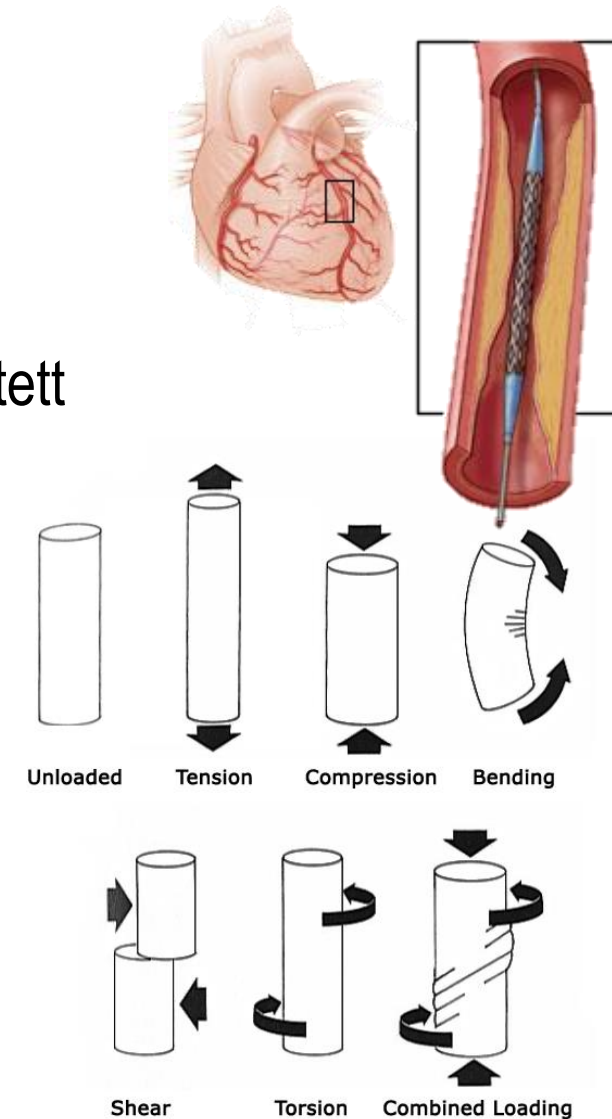
Gyártó – Orvos - Beteg



- 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.

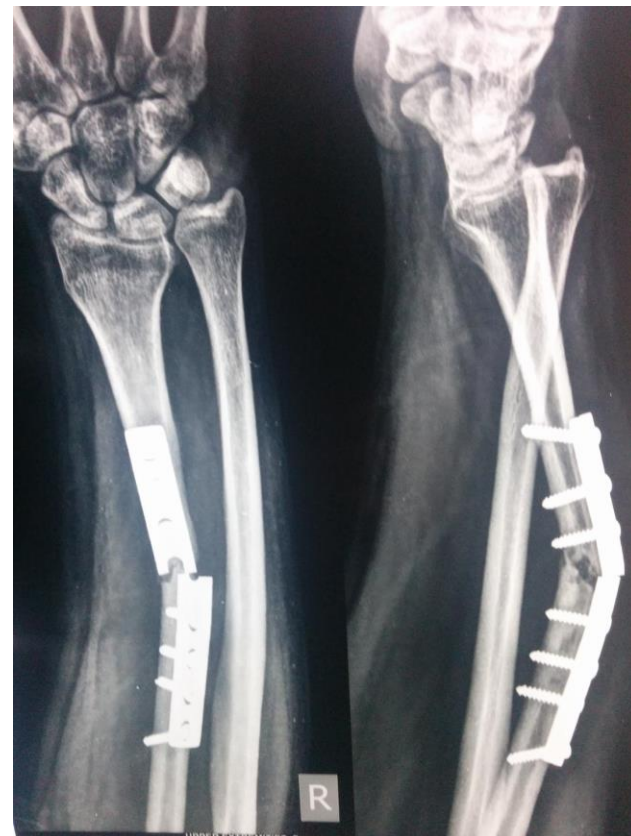
Material	Tensile Strength (MN/m) ²	Yield Strength (MN/m) ²	Vickers Hardness (H _v)	Young's Modulus (GN/m) ²	Fatigue Limit (GN/m) ²
316L SS	650	280	190	211	0.28
Wrought Co-Cr Alloy	1540	1050	450	541	0.49
Cast Co-Cr Alloy	690	490	300	241	0.30
Ti-6Al-4V	1000	970	370	121	---
Human Bone	137.3	---	26.3	30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

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

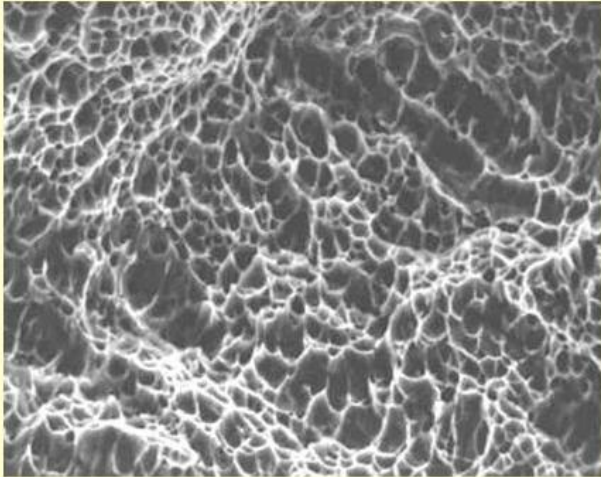


- Törés
- Kifáradás
- Korrózió
- Kopás
- Erózió
- Külső behatás okozta sérülések

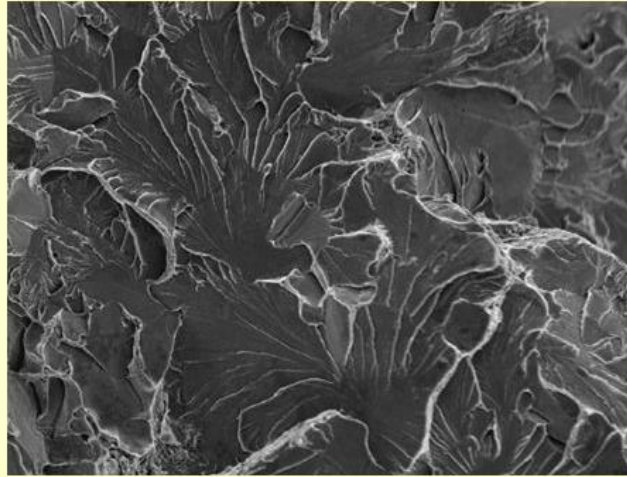
- Az anyagot alkotó részecskék közti kapcsolat folytonosságának makroszkópikus méretű megszűnése, amelyet olyan mérvű mechanikai igénybevétel okoz, amely nagyobb a részecskék közt ható kötőerőknél.
- A törés folyamata:
 - repedés keletkezése
 - repedés növekedése
 - repedés terjedése
 - anyag végső szétválása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



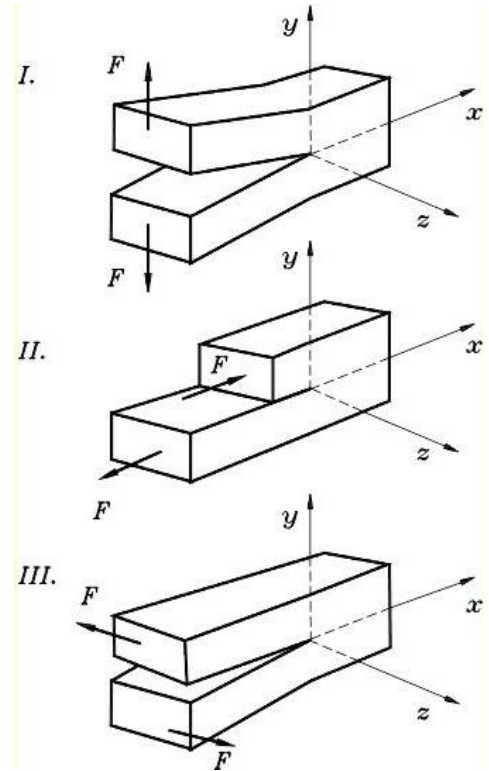
- Repedésterjedés:
 - Lassú: kúszás és kifáradás, terhelés növelése mellett – szívós törés
 - Gyors, instabil: alakváltozás nélküli – rideg törés



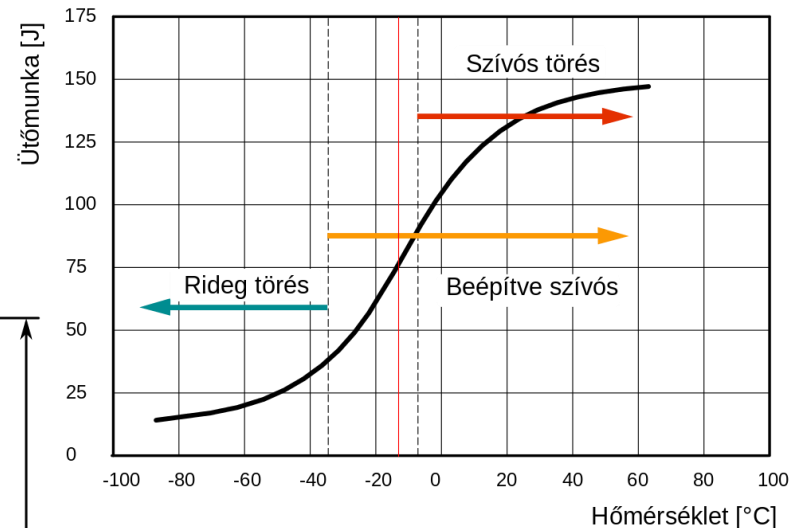
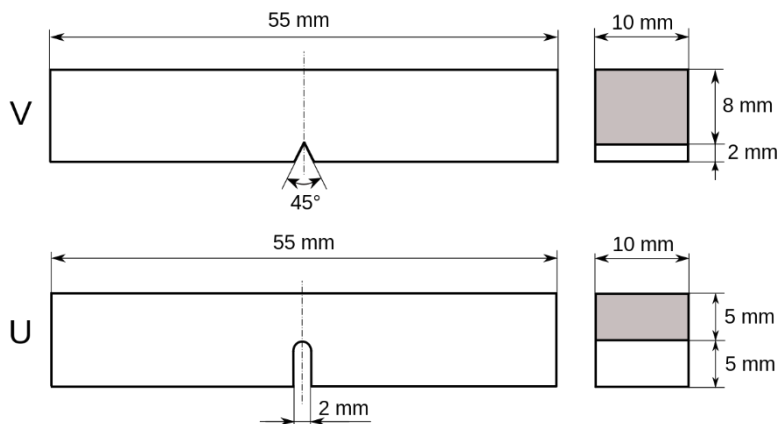
Szívós



Rideg



- Szabványos próbatestek:



- **Ütőmunka:**

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

ahol

K a töréshez szükséges ütőmunka [J]

m az ütőfej tömege [kg]

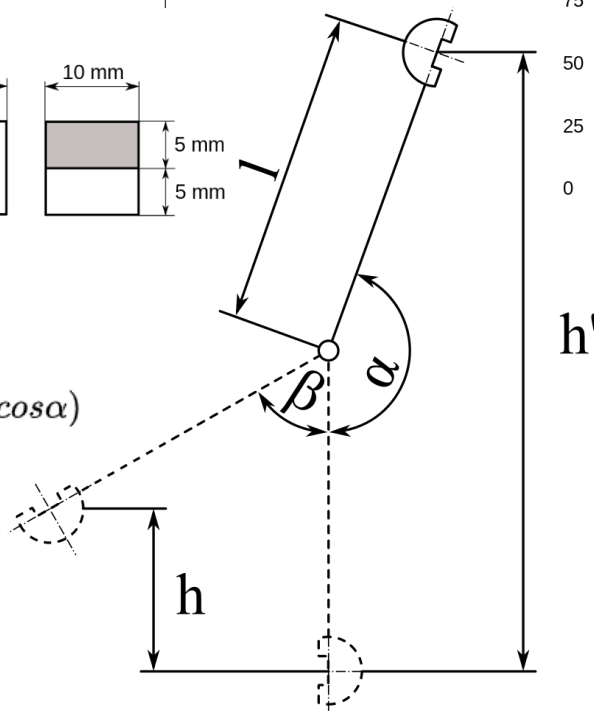
g a nehézségi gyorsulás [m/s²]

l az inga hossza [m]

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

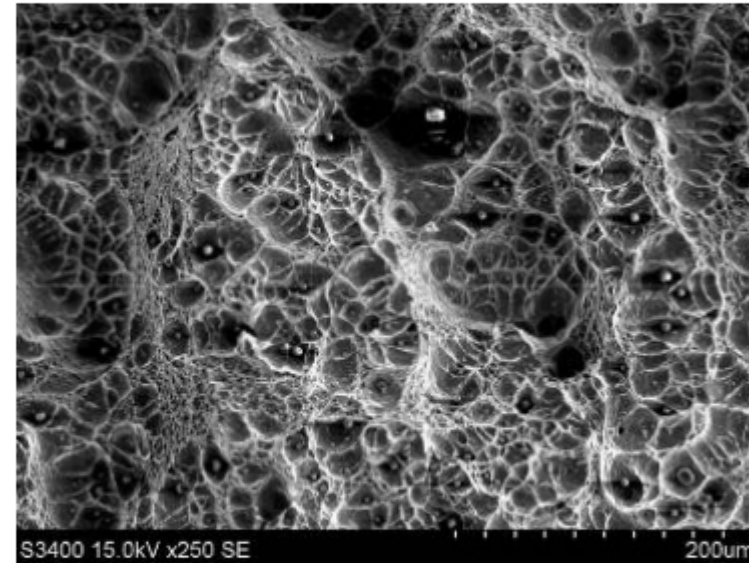
h az ütőfej tömegközéppontjának magassága az inga pályájának alsó pontjához képest törés után [m]

α, β az ábrán látható szögek.

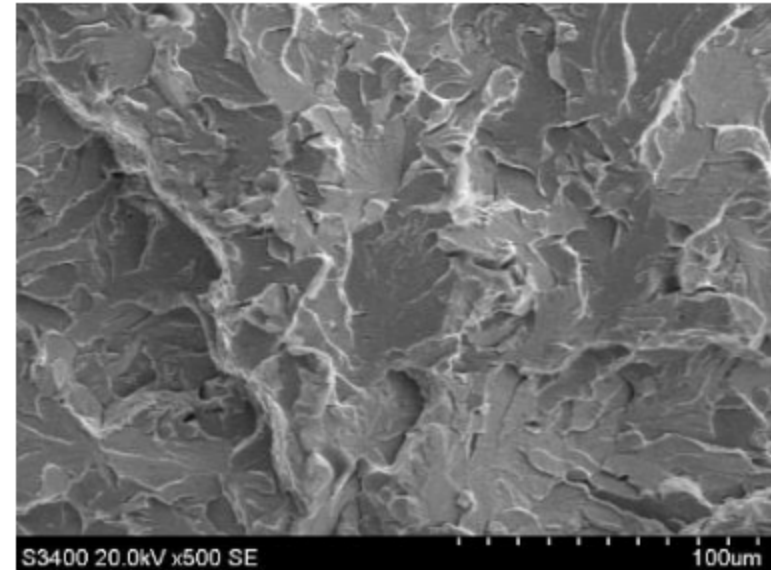


- **Átmeneti hőmérséklet (TTKV)**

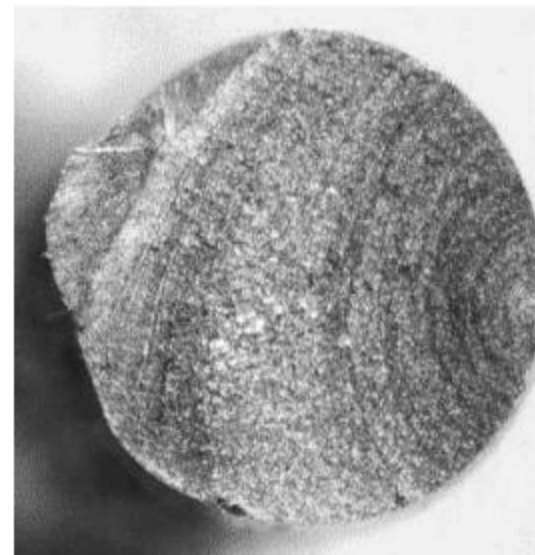
- A törési helyet környezetének makroszkopikus képlékeny alakváltozása jellemezi
- Fémes anyagokon a felszaggatott töretfelület tompa fényű, szálás
- Az anyag törését a csúsztatófeszültségek hatására bekövetkező elnyíródás okozza
- Technikai tisztaságú anyagokban a zárványok és kiválások mentén üregek 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

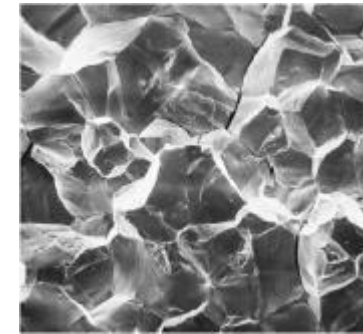


- Fáradásos törés akkor következik be, ha a váltakozó mechanikai terhelés ciklusainak száma eléri azt az értéket, amely a terhelés körülményeitől és az anyag tulajdonságaitól függően törést okoz
- Az ilyen törések kiindulási pontja általában az anyag felülete, ahol kezdő repedések alakulnak ki, amelyek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

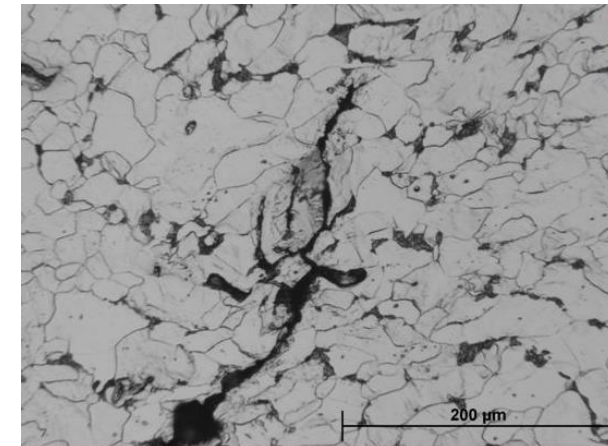


- Fémes anyagokban a magas hőmérsékleten lejátszódó kúszási folyamatok végső szakasza a kúszás által okozott törés
- Ezt a törési típust gyakran az anyag pórusképződéssel vagy karbidkiválással kapcsolatos interkrisztallin károsodása okozza
- Erősen lokalizált hő- vagy mechanikai terhelés esetén azonban 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)

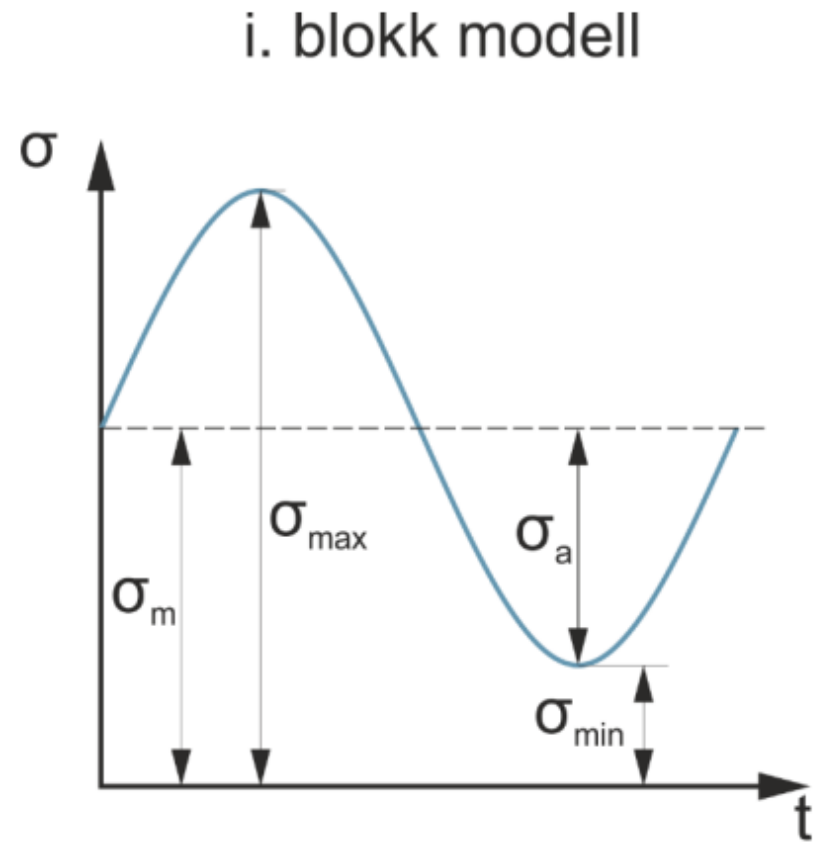
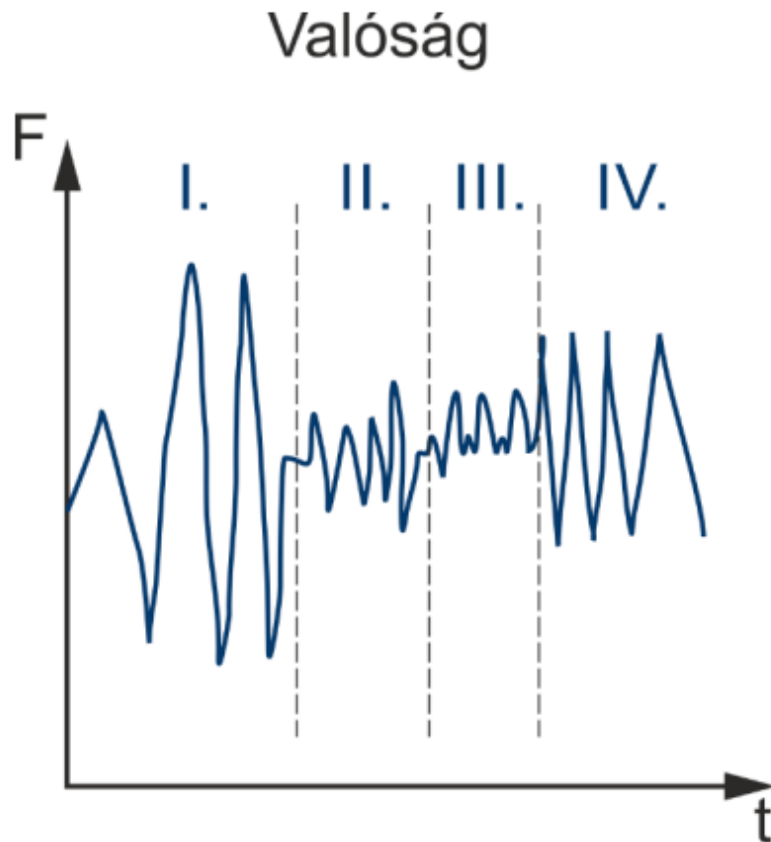


Hasadásos törés

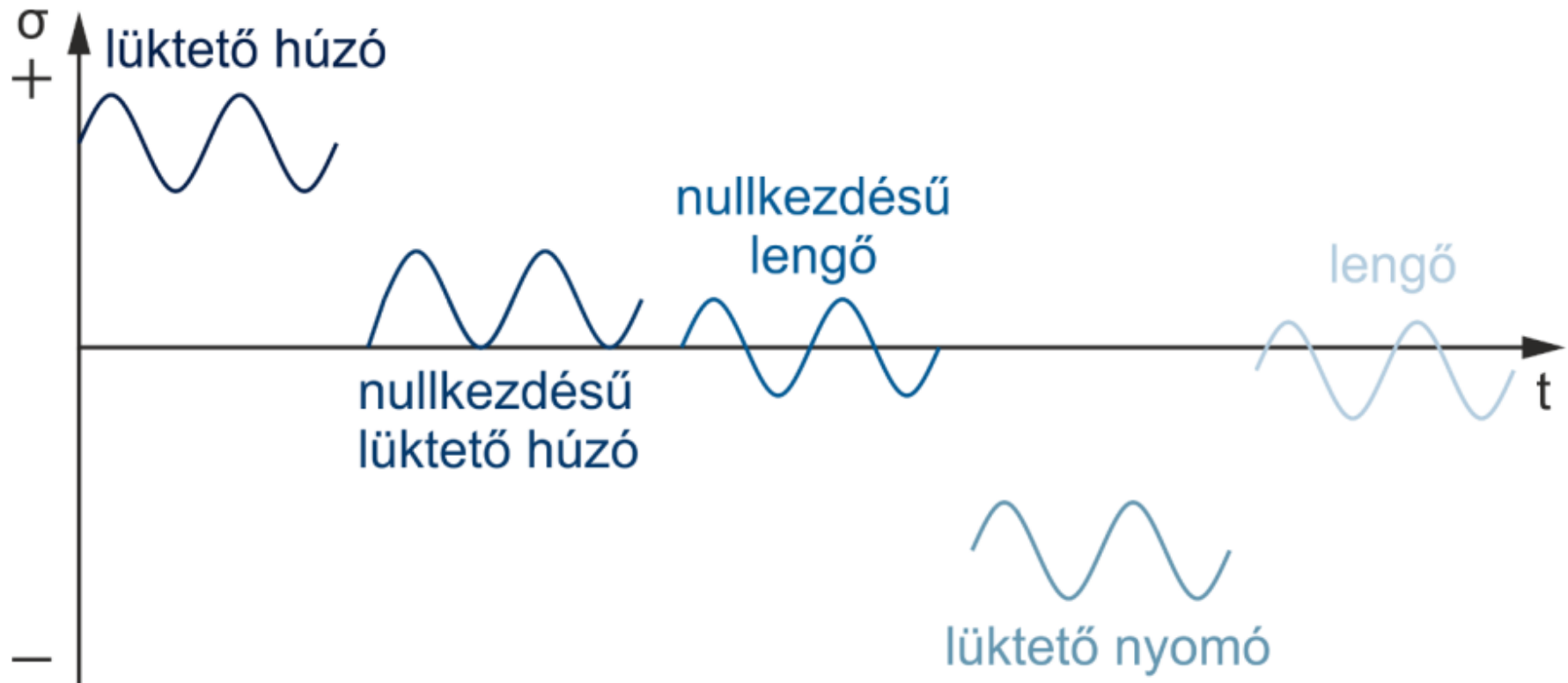


Transzkrisztallin repedés

- 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.”

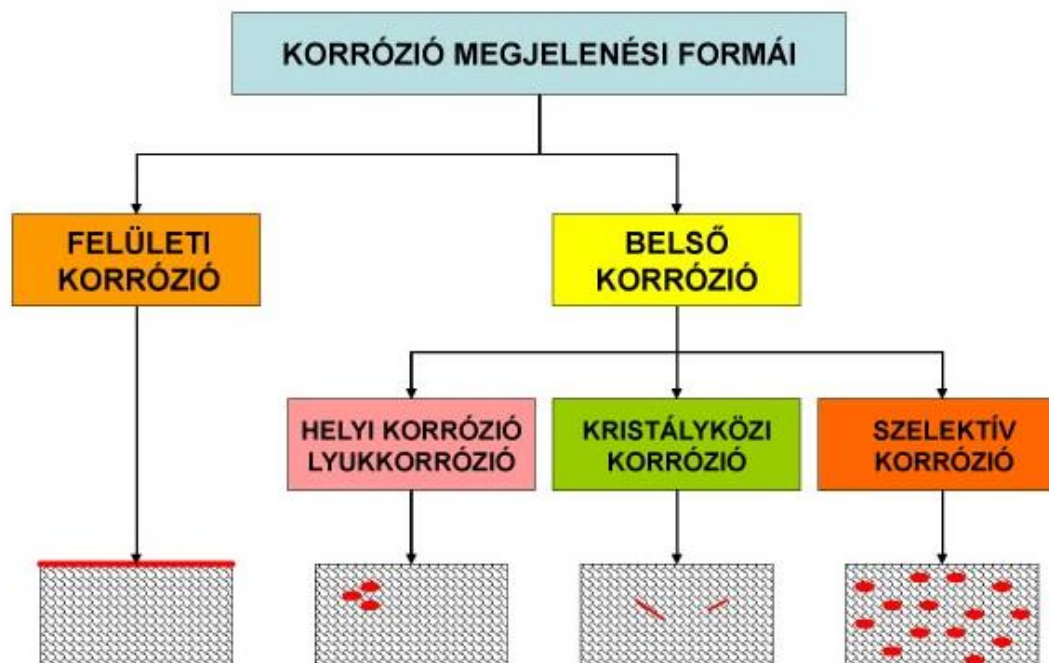
- Fémek felületéről indul – fémek belseje felé halad
- Környezeti hatás okozza



- 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



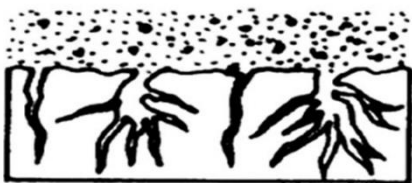
Réskorrózió



Lyukkorrózió



Hidrogén károsodás



Feszültségkorrózió



Korróziós fáradás



Egyéb fajták

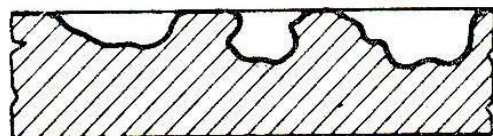


Hidrogén indukált korrózió

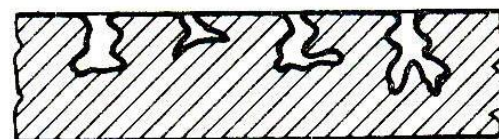
- Megjelenési forma szerint:
 - Egyenletes
 - Lyukkorrózió (pitting, bemarkódásszerű, szivacsos)



a,

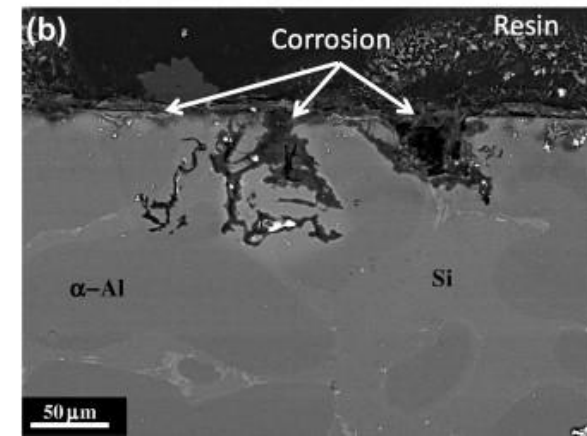
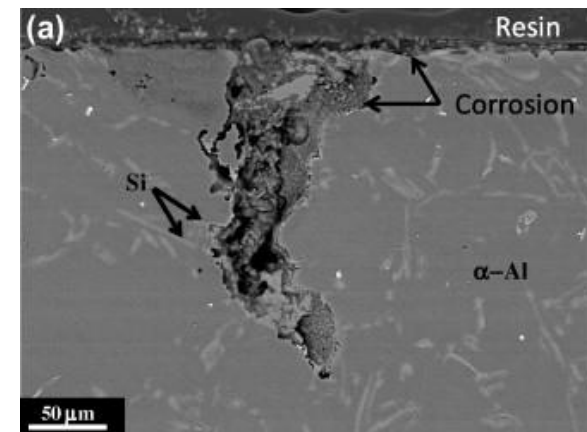
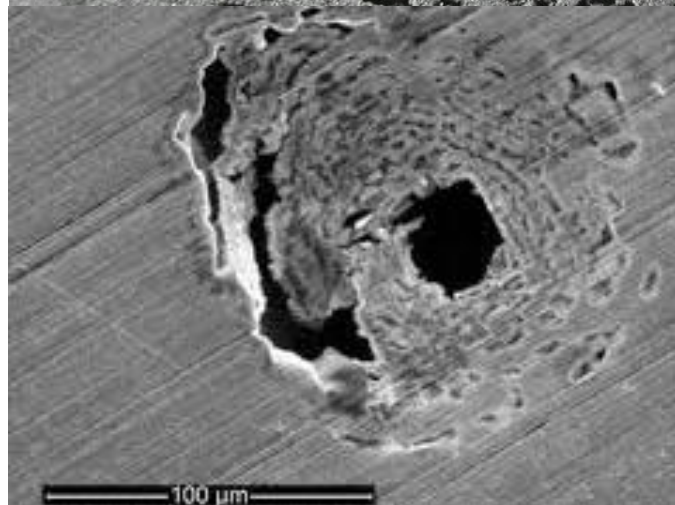


b,



c,

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

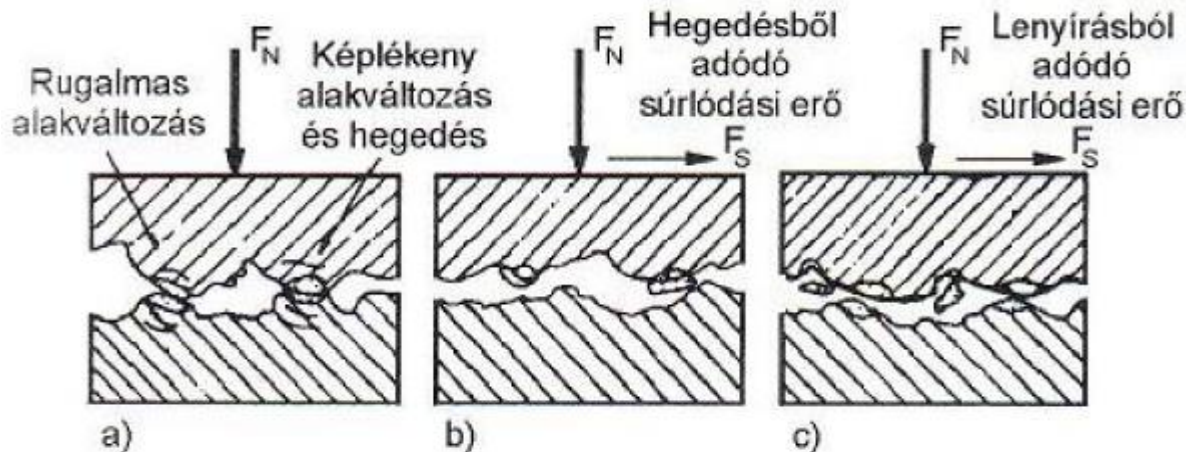


- Ötvöző és szennyező elemek
- Mikroszerkezet
- Gyártástechnológia (hegesztés, hőkezelés, hideg- és melegalakítás)
- Feszültségek, mechanikai igénybevételek
- Felületi állapot (pl. felületi érdesség)
- Korróziós környezet
- Rendszer hőmérséklete
- Közeg áramlása
- Felületek relatív csúszása (Fretting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

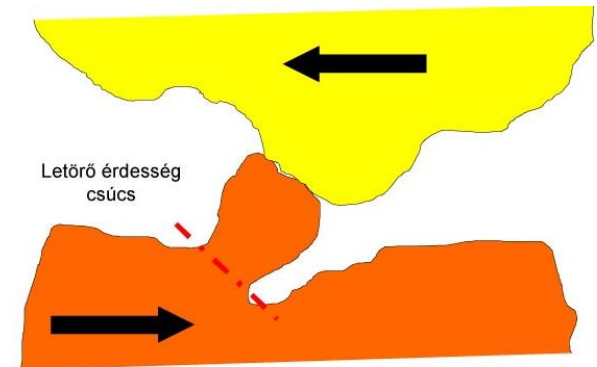
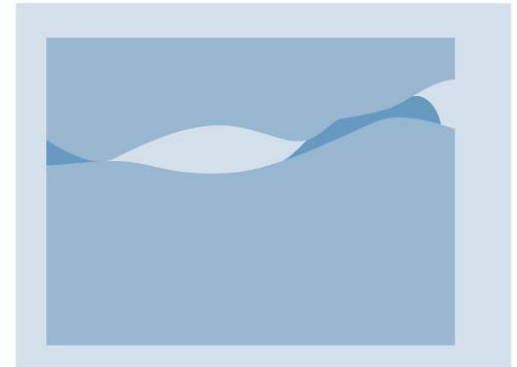
- Új anyagok, anyagrendszerek fejlesztése
- Korróziós igénybevételek csökkentése
- Korróziót befolyásoló tényezők módosítása
- Felületi viszonyok javítása
- Bevonatrendszerek módosítása



- 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 ezüstrrel 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

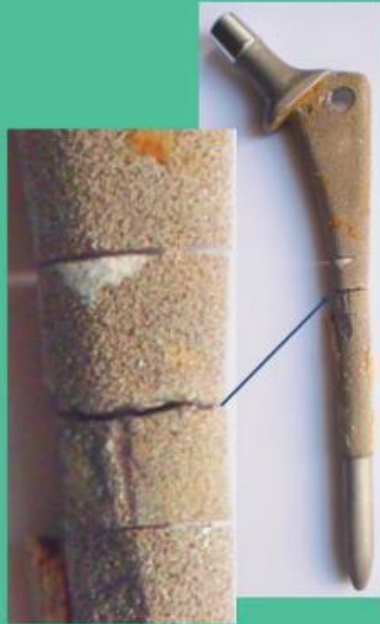
- A mérnöki károsodásanalízis legtöbbször a hiba azonosítását, az azt okozó folyamat feltárását, a károsodás mértékének becslését, a további használhatóságra való alkalmasság, a maradék műszaki élettartam megítélését jelenti.
- A károsodásanalízis nem csak az éppen vizsgált káreset okait tárja fel, hanem 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
- Endovaszkuláris implantátum: törés (+trombózis, rezstenózis)
- 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®

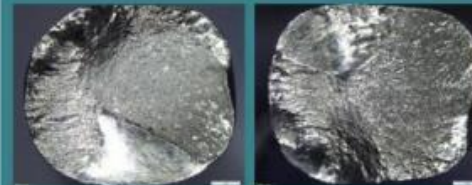
Töretfelület
Alsó Felső



Töretfelület
Alsó Felső

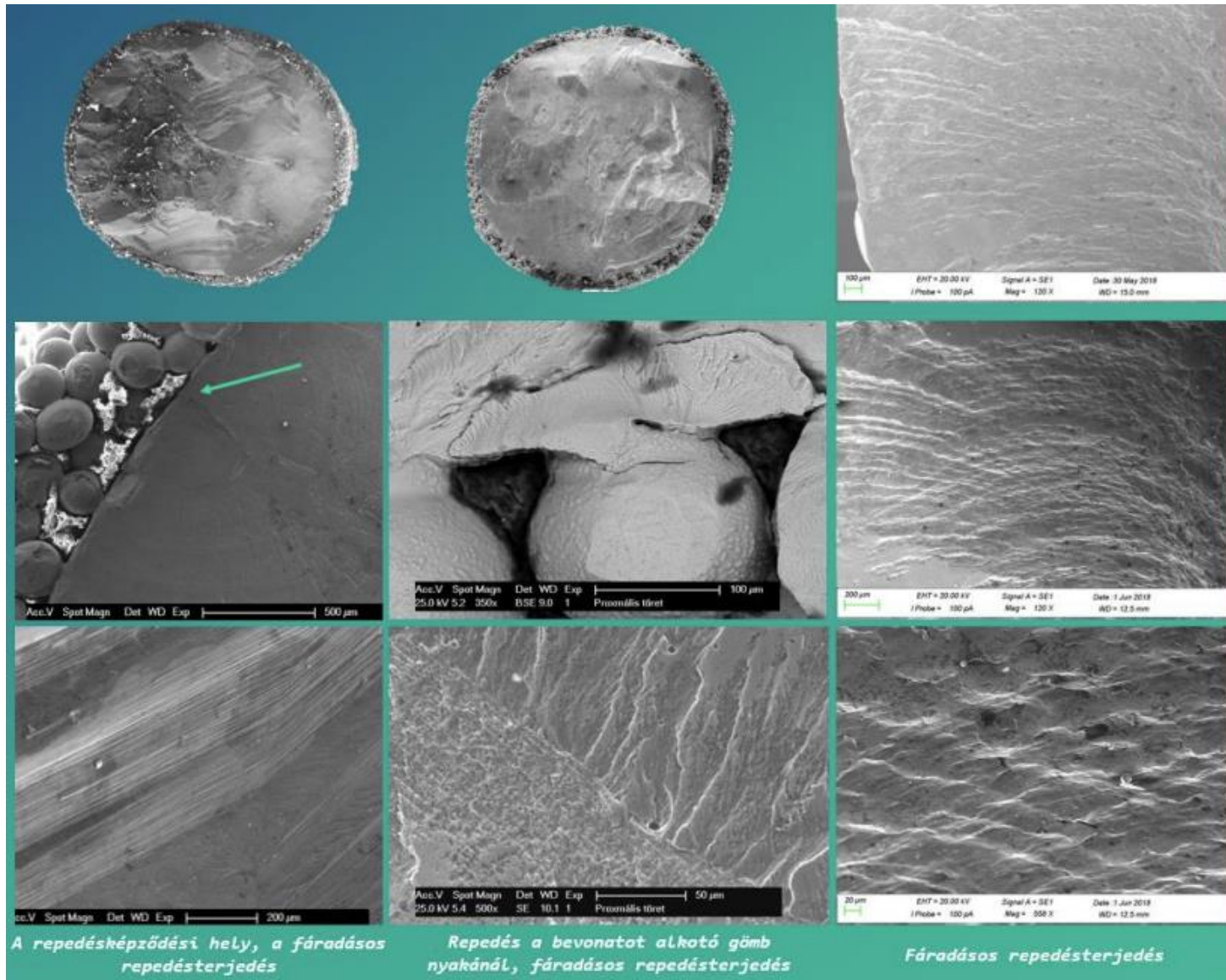


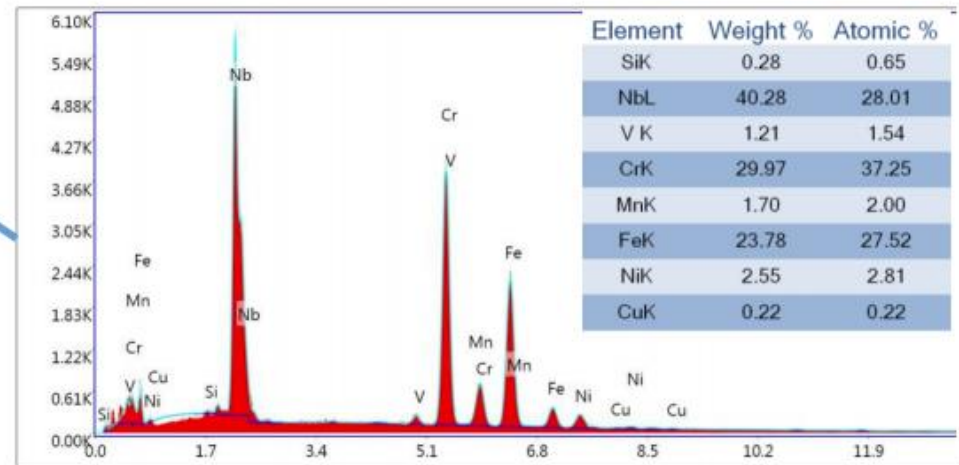
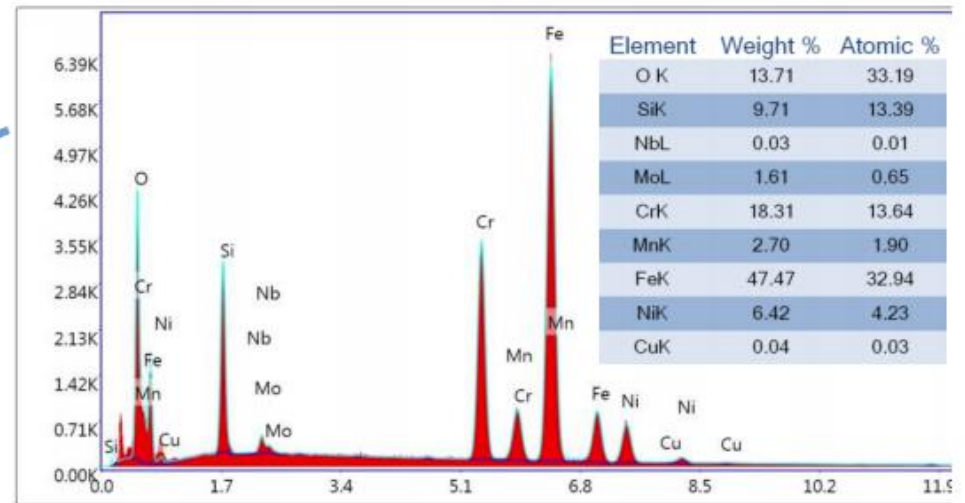
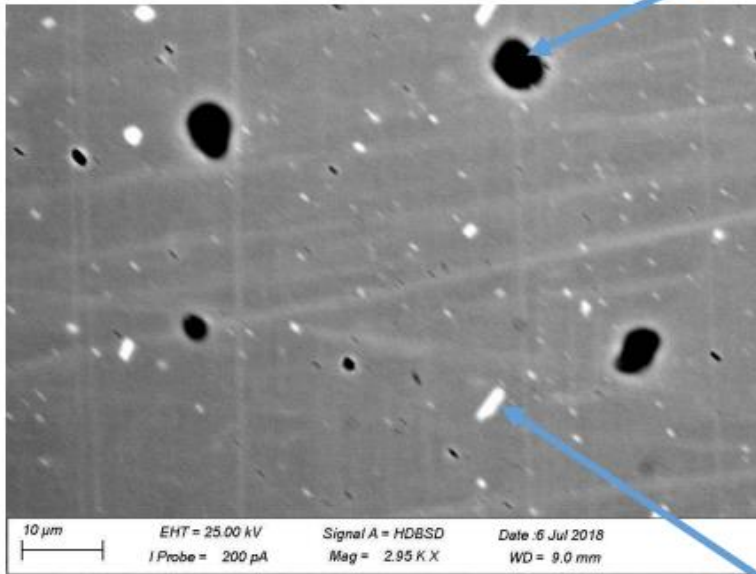
Töretfelület
Alsó Felső



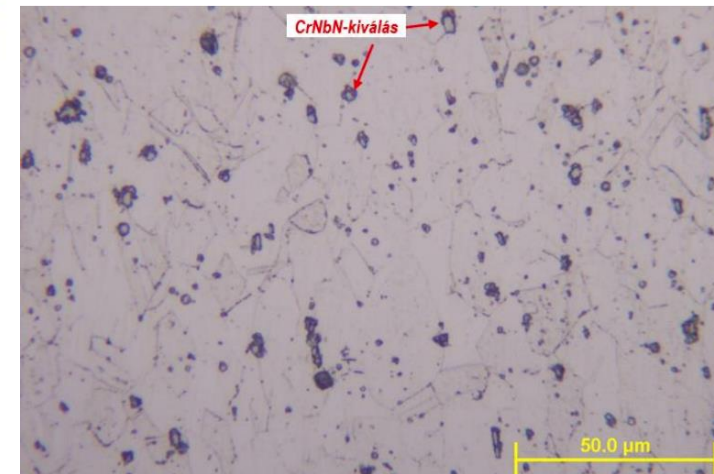
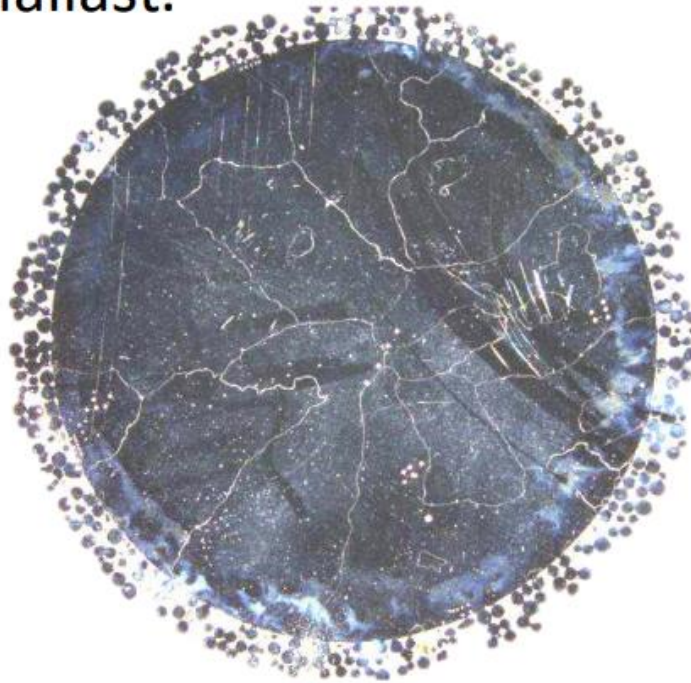
- A vizsgálat célja az anyag belsejében lévő, gyártási eredetű térfogati anyaghibák feltárása. A röntgenmikroszkópos vizsgálat térfogati hibát egyik protézis esetében sem tárt fel.



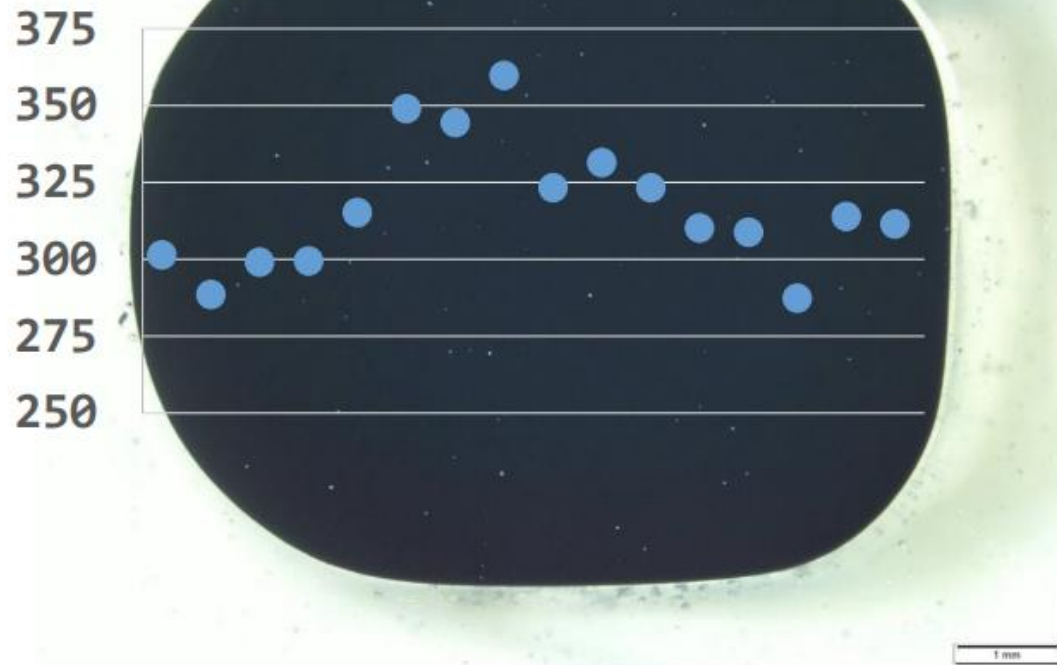




- A metallográfiai vizsgálat alapján megállapítható, hogy a szövetszerkezet rendkívül durvaszemcsés, ami erősen rontja a szívósságot és ezzel a repedésterjedéssel szembeni ellenállást.

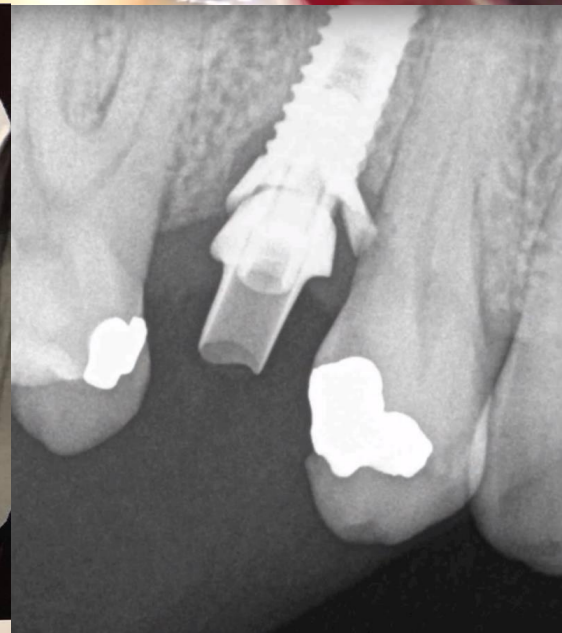
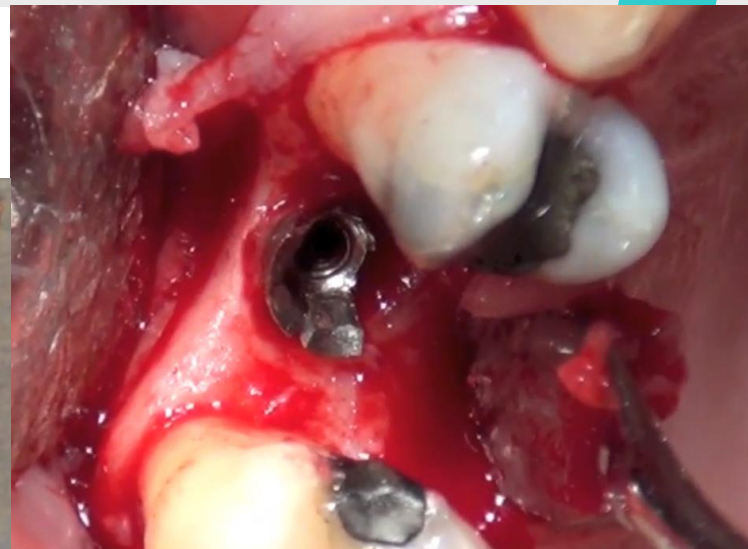


- A keménységvizsgálat során a szár felülete mentén jelentős keménységbeli eltérések mutatkoztak. Ez a durvaszemcsés szerkezet mechanikai anizotrópiájának a hatása, és fokozza a repedésképződéssel, repedésterjedéssel szembeni ellenállás gyengülését.




- 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

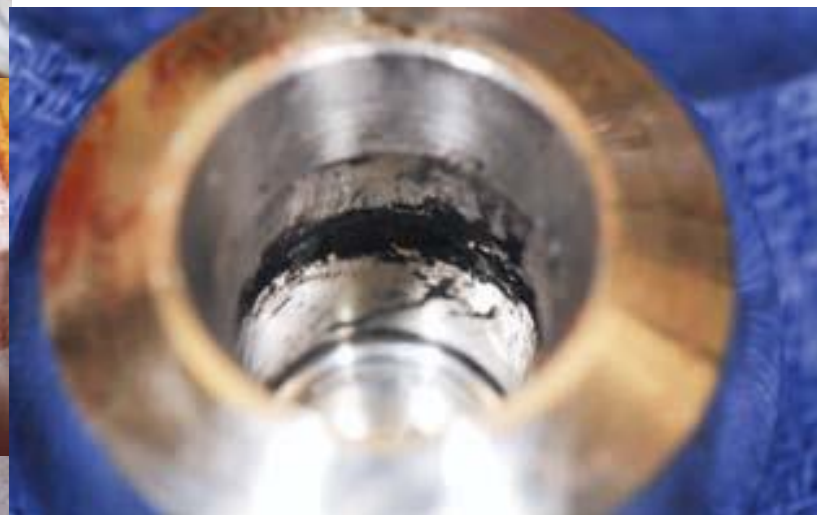
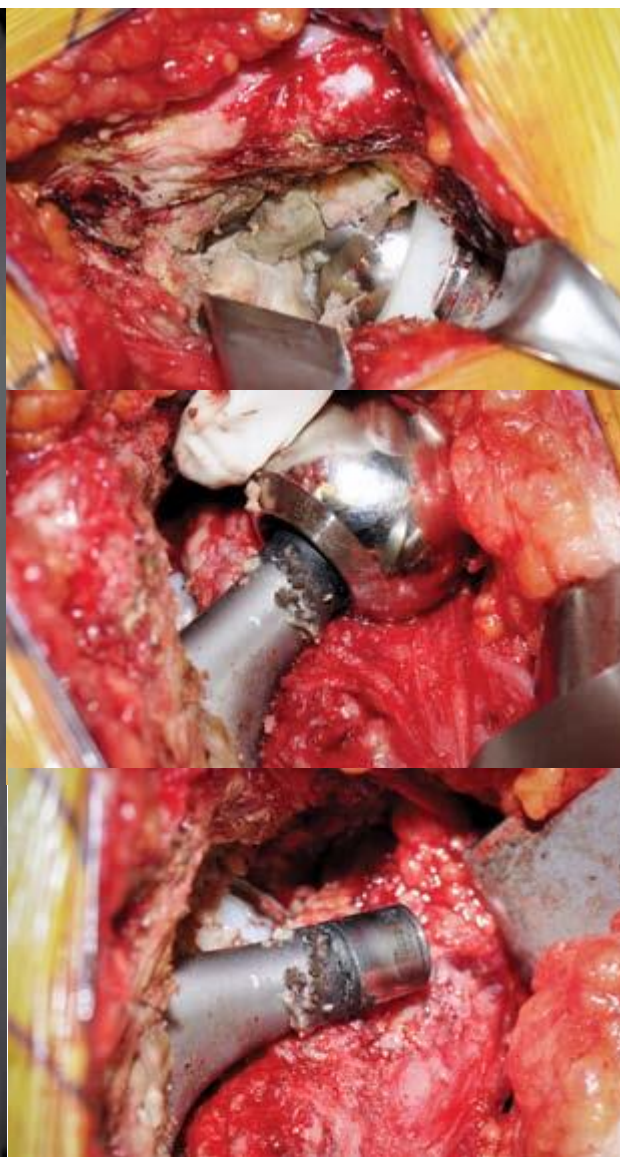
- 36 éves férfi – golyó miatti combcsont törés
- Külső majd belső rögzítés, elfertőződés
- 12 évvel később többszörös implantátum törés

- 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

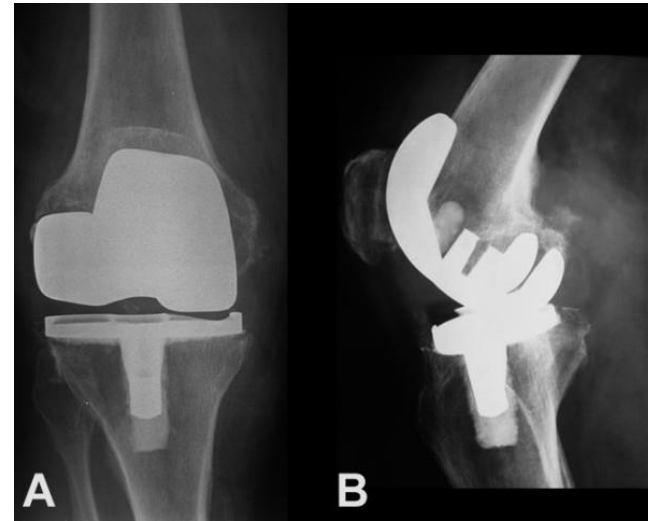
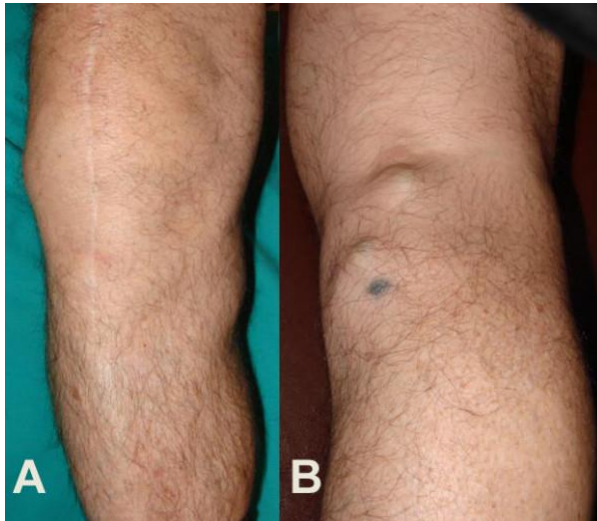


Co-Cr-Mo

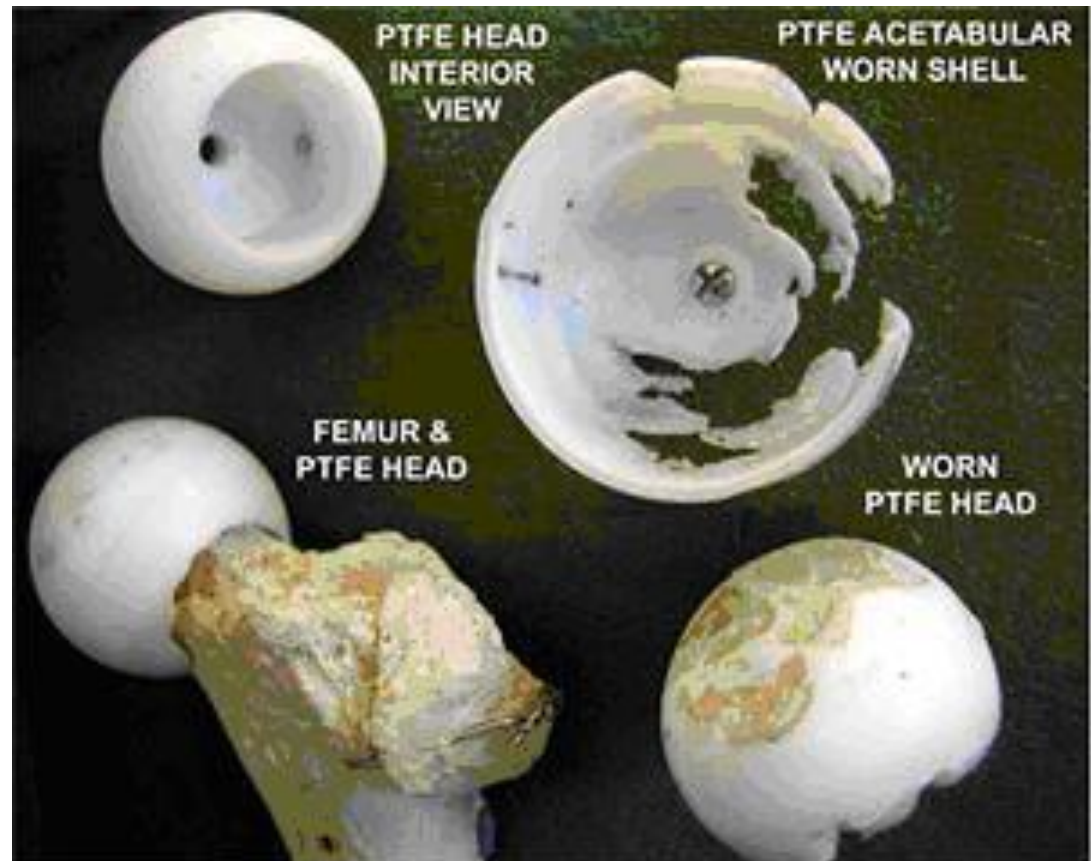
- 20 éves férfi
- „Megaprotézis”
- Metallózis - 10 év után

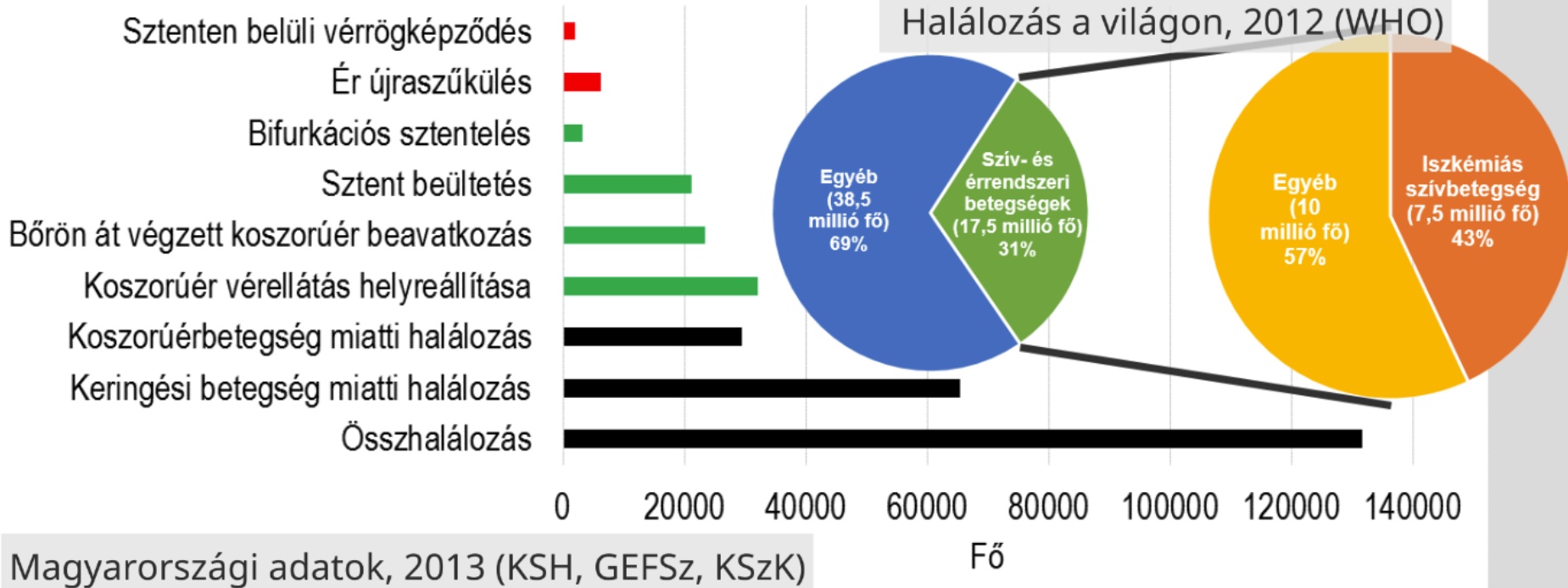


- 67 éves nő
- 5,7 évvel beültetés után
- Galvánkorrózió

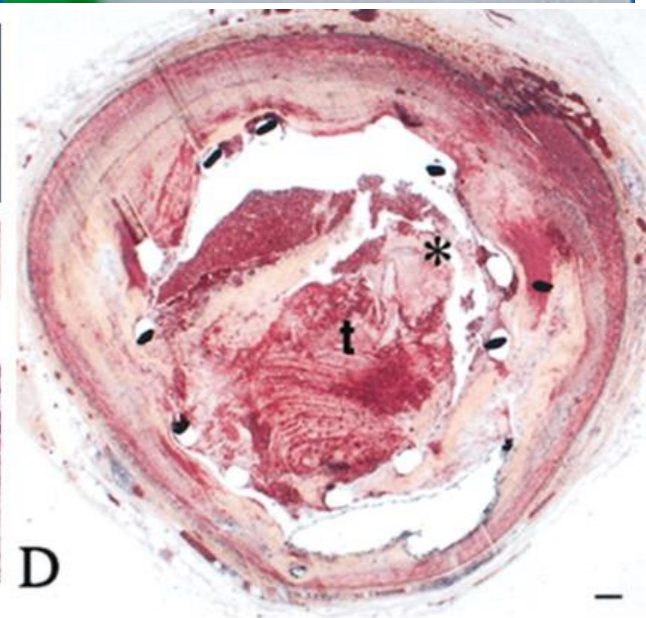
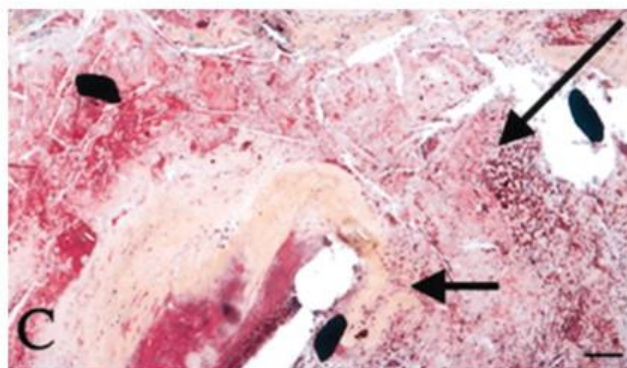
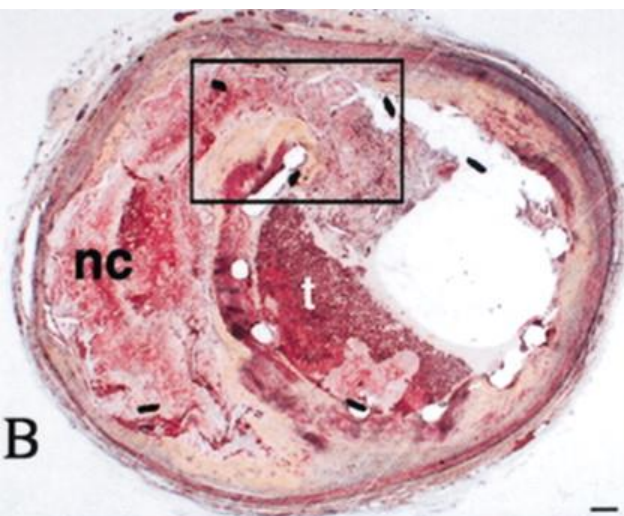
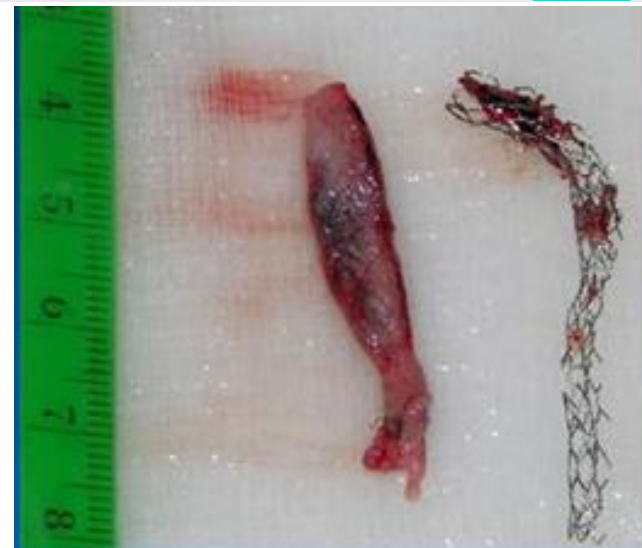
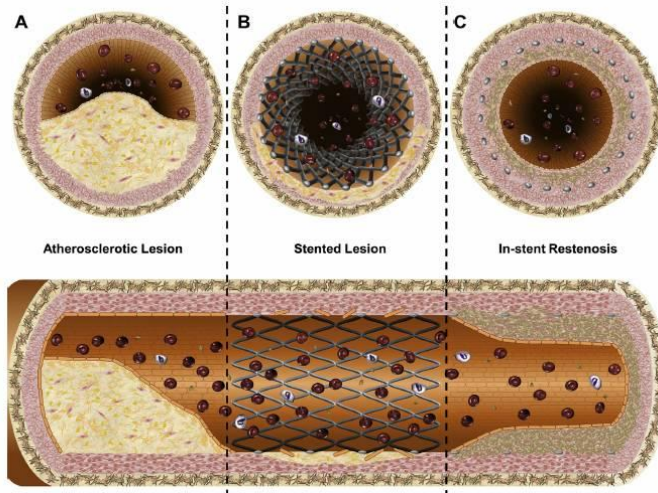


- Csípőimplantátumoknál leggyakrabban a vápa betét kopik el

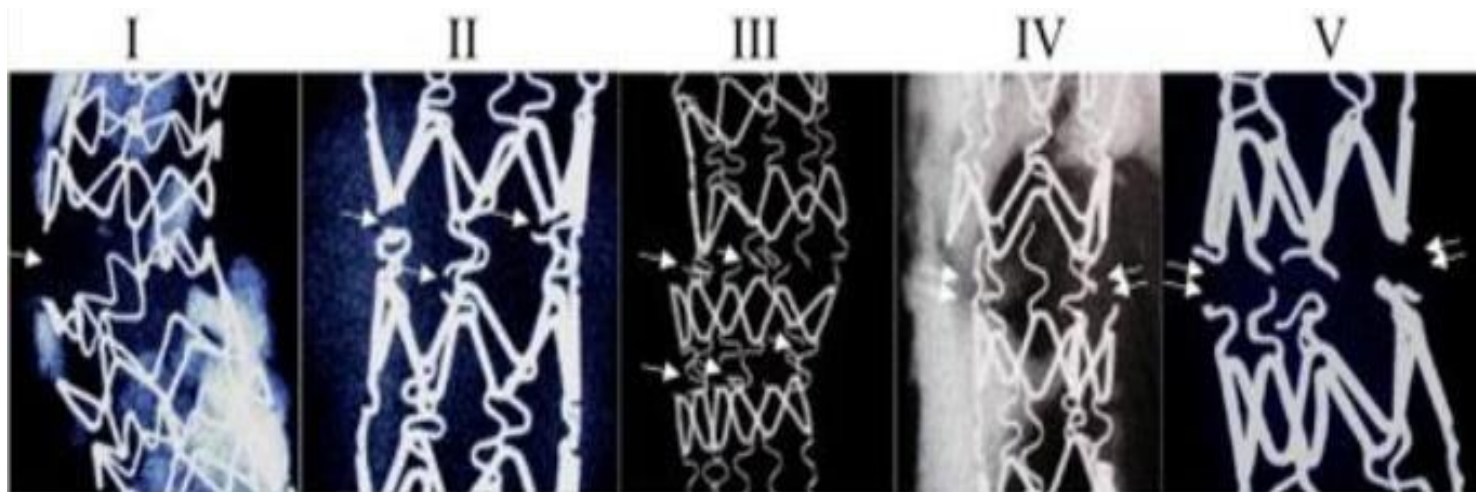
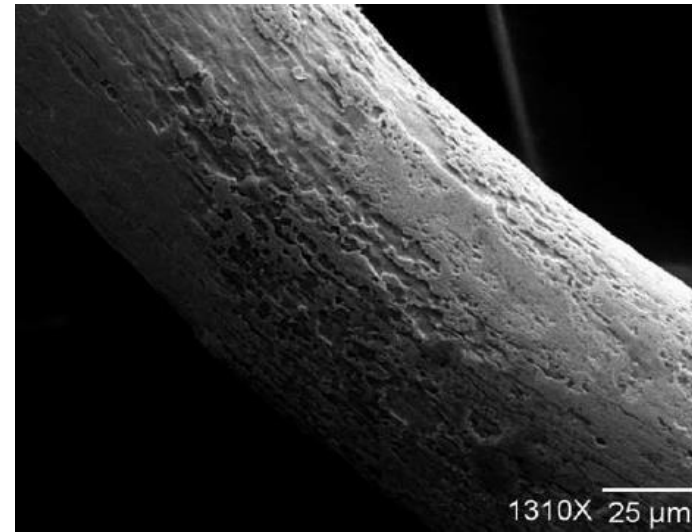


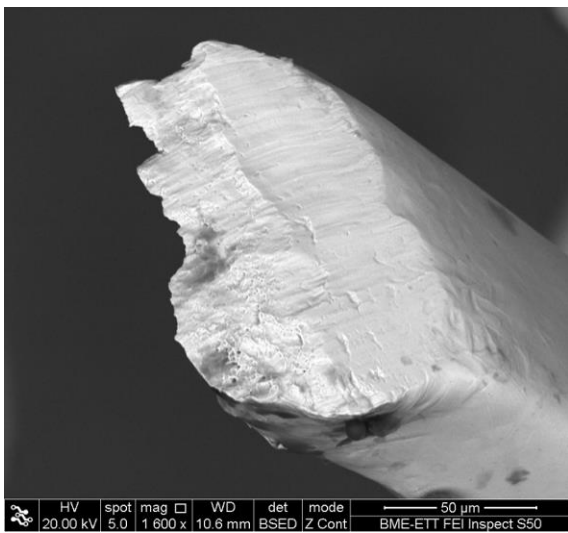
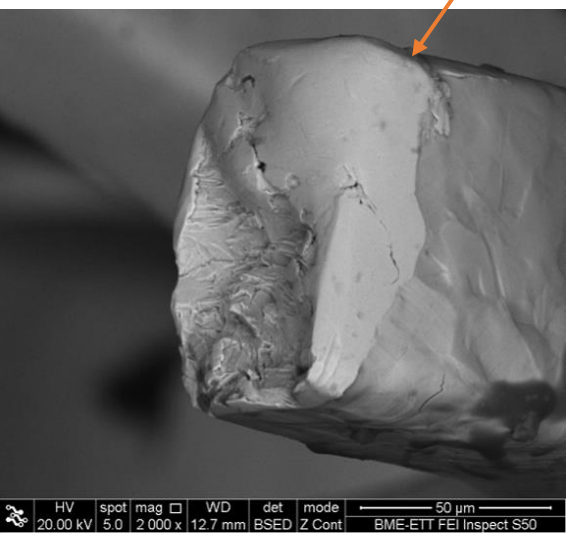
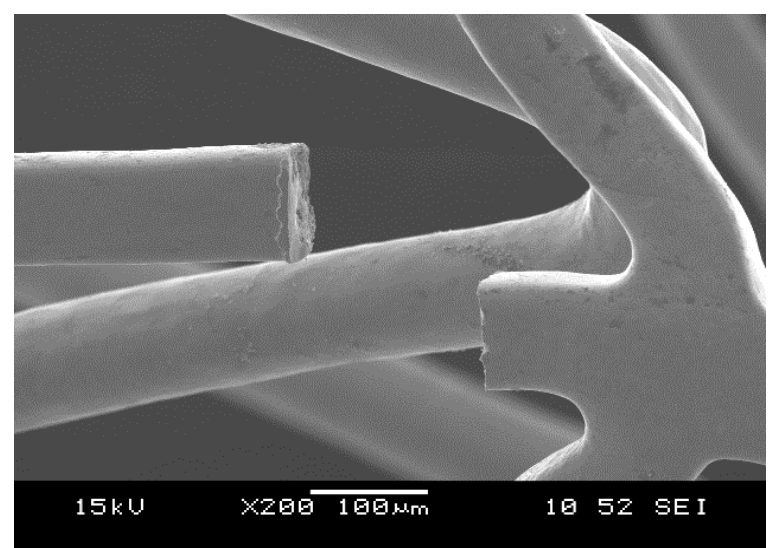
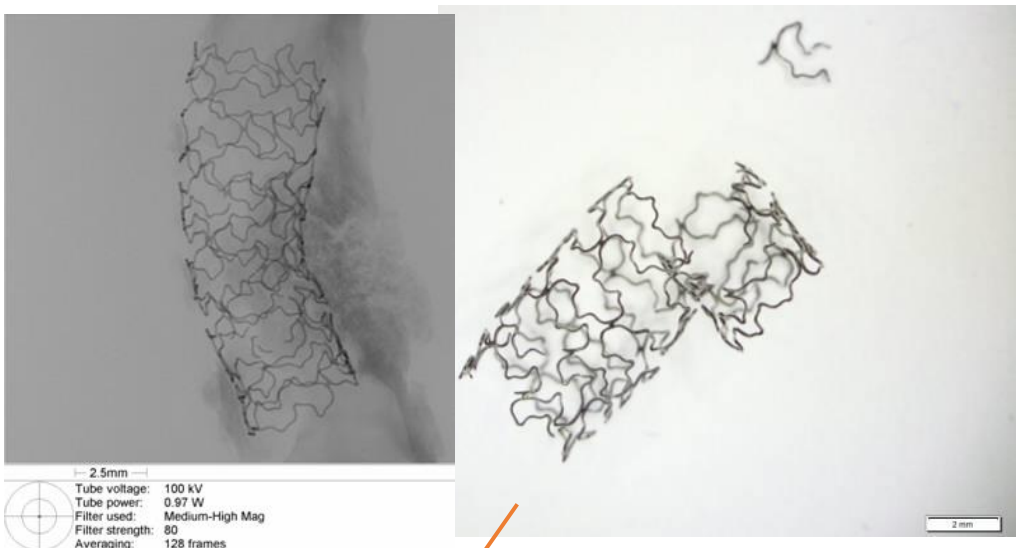


- Resztenózis
- Trombózis

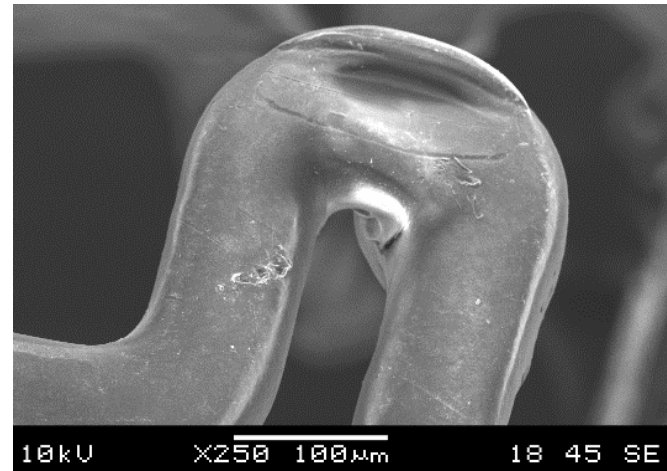
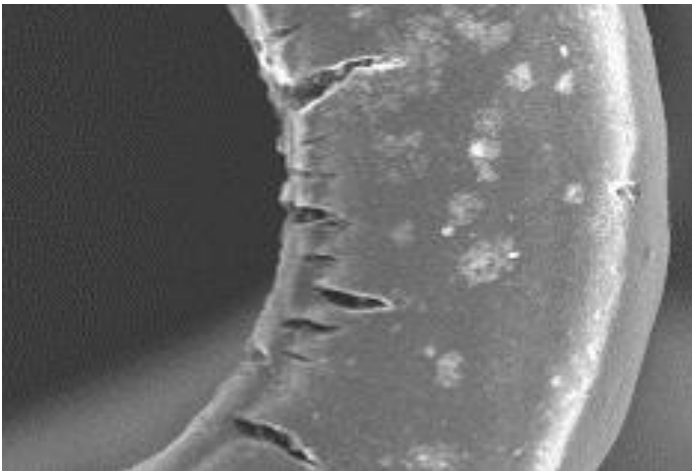
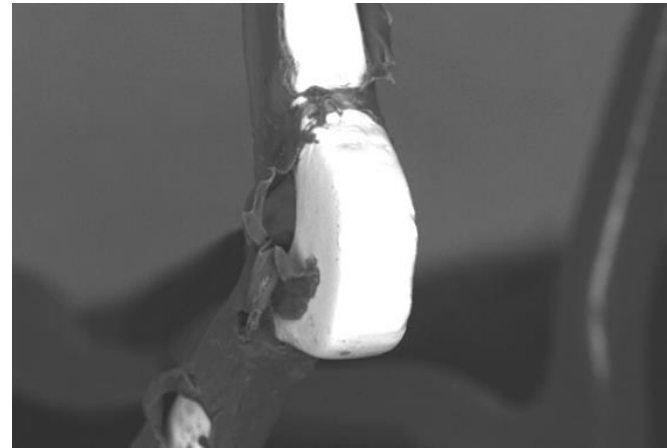
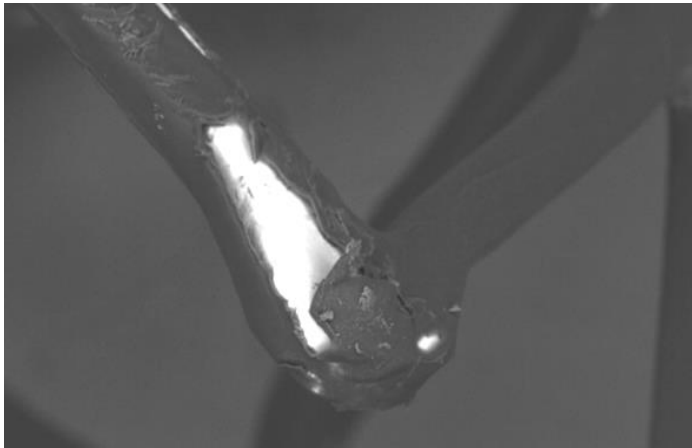


- Törés
- Korrózió





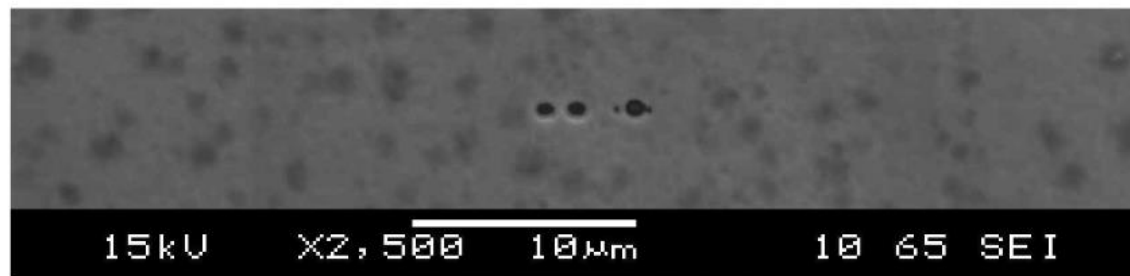
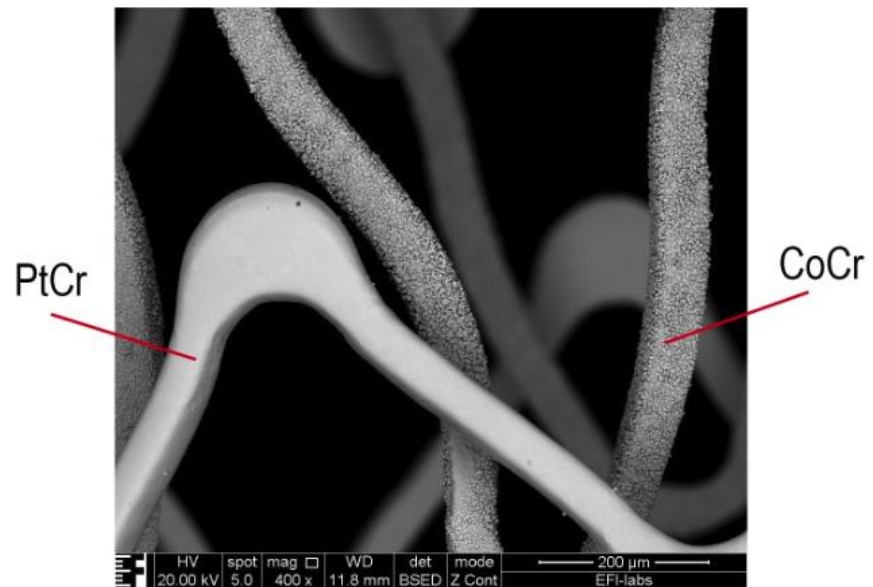
Törés

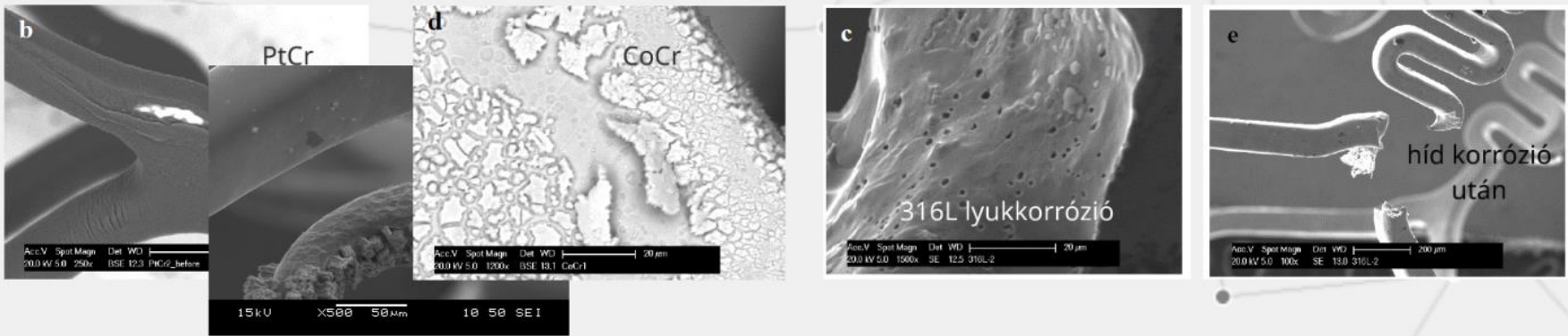
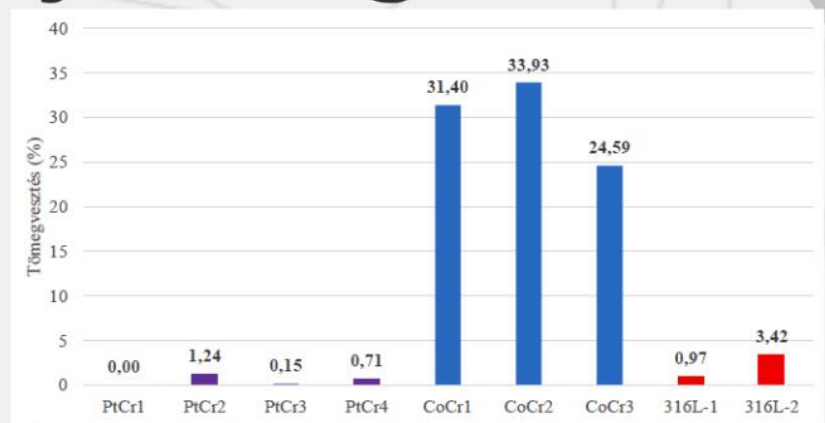
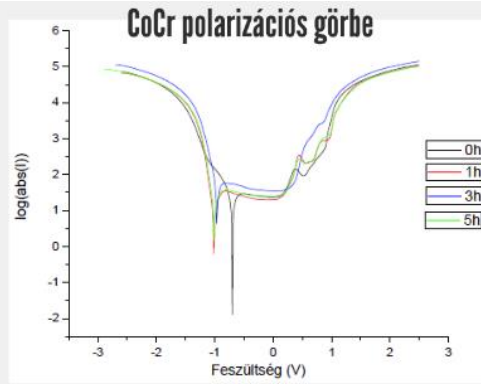
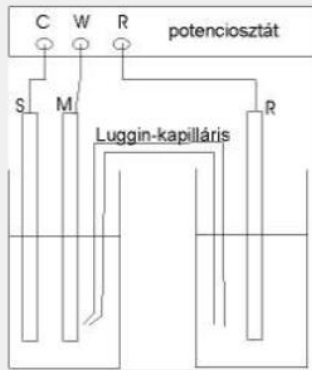


Bevonat károsodás

+ Különböző alapanyagú sztentek egymásba tágítása

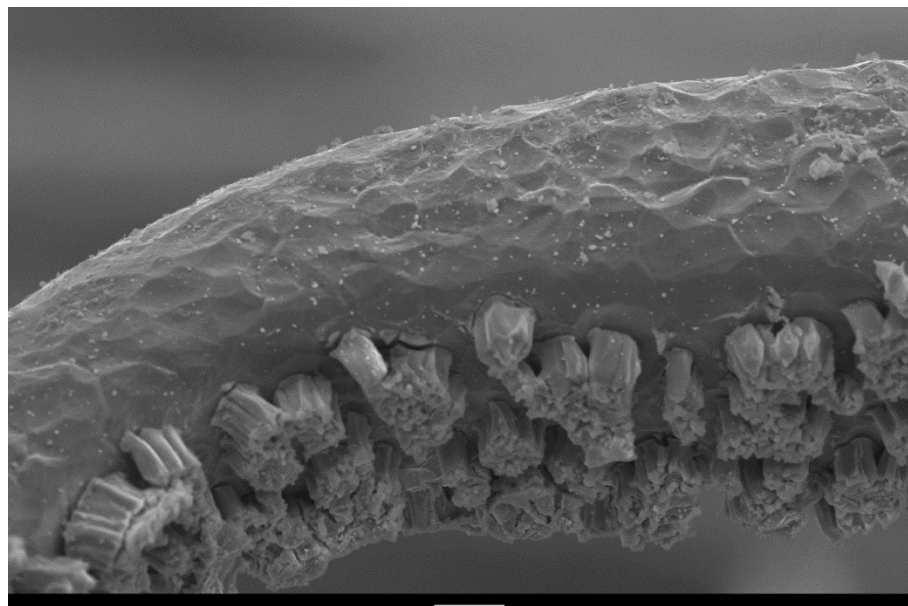
Normálpotenciál 25°C-on	
Elektródfolyamat	Potenciál (Volt)
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{+++}$	-0,710
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++}$	-0,440
$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{++}$	-0,277
$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{++}$	+1,200





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.



X1,000 10µm 10 50 SEI



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

HV spot mag WD det mode 200 µm
20.00 kV 5.0 400 x 11.7 mm BSED Z Cont
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
- <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
- 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://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
- 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.hindawi.com/journals/bmri/2014/817257.fig.004.jpg>
- <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/817257/>
- <http://www.impactimpex.com/images/ptfefastenersTest.jpg>
- 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://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://www.burbankdentalimplants.com/complications-dental-implants-break/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=02b5L6om3Fc>
- 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
- <http://www.kneesandhips.net/hip/failed-hip-replacement/loose-worn-hip-replacement/>



Köszönöm a figyelmet!