

A helyszíni lenyomatos technika új alkalmazási területei

New application territories of the replica technique

Mihálovits István, Rózsavölgyi Zsolt

Kulcsszavak: metallográfiai vizsgálat, replika, állapotvizsgálat, hibavizsgálat

Keywords: metallographic examination, replica technique, condition monitoring, failure analysis

Summary

Replica technique can be used among the wide variety of material testing, mainly in metallographic examination for the testing of huge components or to determine the microstructural changes originating from the operation and to perform failure analysis. This method is also useful when sampling can not be carried out easily. Replica testing can be used not only in the way of classic examination methods but it is a handy technique in the examination of surface defects, corrosion, during condition monitoring and in many other cases where the sensitivity of classic NDT techniques has to be exceeded. This article presents the new application of the replica technique and the experiences gathered by our company during the tests.

Bevezetés

A helyszíni lenyomatos technika – ismertebb nevén a replika – egy széles körben alkalmazható roncsolásmentes eljárás, melyet a helyszíni metallográfiában használnak a nagyméretű berendezések szövetszerkezeti vizsgálatára, az üzem közben jelentkező igénybevételek által okozott változások elemzésére és meghibásodások lehetséges kiváltó okainak meghatározására. Szintén ez az eljárás kerül előtérbe abban az esetben, ha a mintavétel nehézségekbe ütközik az adott darabból. A replika módszer azonban nemcsak a klasszikus anyagvizsgálati feladatokban alkalmazható, hanem új területeken is, például felületi állapotok és elváltozások vizsgálatában, az állapotvizsgálat területén, korróziós vizsgálatokra illetve sok más olyan esetben, ahol a szokásos szakmai gyakorlatban bevett roncsolásmentes vizsgálati eljárások alkalmazási határát meghaladó hiba kimutatására igény merül fel. Az előadás rövid áttekintést kíván adni a Társaságunk szakember gárdája által hosszabb idő alatt összegyűjtött vizsgálati tapasztalatokról és a módszer alkalmazásáról.

A replika általános felhasználási területei

A lenyomatos technika nem új eljárás az anyagvizsgálatok közt, de a technológiai fejlődésnek, az új vizsgálóanyagoknak és berendezéseknek köszönhetően sokkal szélesebb körben alkalmazható, mint 20–25 évvel ezelőtt.

Az eljárás során, egy megfelelően kiválasztott helyet mechanikus csiszolással (először durva, majd egyre finomabb csiszolóvászonnal) előkészítünk, majd különböző finomságú gyémántpasztával vagy elektrolitos úton felpolírozunk. A felület marása történhet a feladatnak megfelelően kémiai vagy elektrolitos úton egyaránt. Ezt követően vagy egy lágyított acetátfóliát vagy egy speciális pisztolyból kétkomponensű szilikongumit viszünk fel a felületre, mely a maratás miatt kialakult felszíni egyenetlenségekbe beleszikkad, felveszi a felületi érdességet. Száradás után a fólia vagy gumiréteg levehető, mely a felület negatív kontúrjait tartalmazza. Az így levett minta további vizsgálatára laboratóriumban optikai vagy elektronmikroszkóppal kerül sor széles nagyítás tartományban.

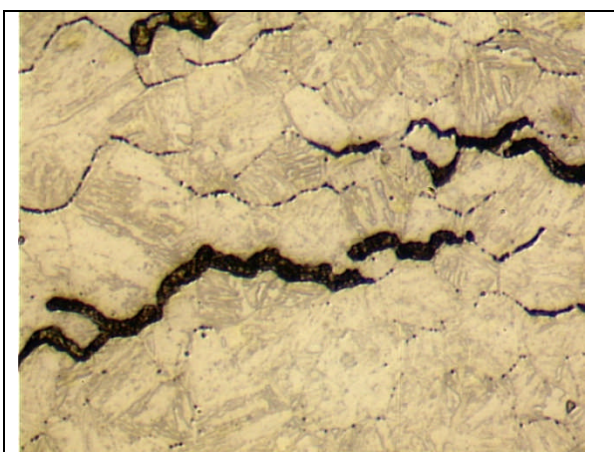
A klasszikus alkalmazási területek közé számítható az erőművek és petrokkémiai üzemek magas hőmérsékletnek és nagy mechanikai igénybevételnek kitett alkotóelemeinek állapotvizsgálata, az anyagtulajdonságok változásának rendszeres vizsgálata és a berendezés maradék élettartamának meghatározása. Az 1. és 2. ábra egy indikációt és az arról levett replika lenyomatot mutatja be, melyen jól megfigyelhetők a kúszási károsodás miatt kialakult pórusláncok és mikrorepedések. A károsodási folyamat – és kiváltó oka – az eljárás segítségével volt tovább vizsgálható.

A példa jól illusztrálja, hogy a módszer igen előnyösen használható fel a hibavizsgálatok során, a kiváltó okok meghatározásában. Segítségével nemcsak acélgyártási, hőkezelési vagy üzemeltetési hibák tárhatók fel, hanem szinte bármilyen anyag (öntöttvas, szuperötvözetek, kerámia, szilikátok...) elváltozása vizsgálható mikroszkópi méretekben. A szövetszerkezeten és a

repedés jellegén túl, a maratástól függően vizsgálható a szemcseméret, a grafit mikroszerkezete, a kivált fázisok és nemfémes zárványok mennyisége, illetve a laboratóriumi metallográfiában bevett szinte összes jellemző, beleértve a rétegvastagság méréseket is. A módszer korlátozott mértékben képes árnyalatok átvitelére is, hasonlóan kontrasztos fényképfelvételek készíthetők, mint csiszolati metszetek vizsgálata esetén. A 3. és 4. ábrák a teljesség igénye nélkül mutatnak be két példát a szokásos alkalmazási területekről.



1. ábra – Tartály belső falán roncsolásmentes eljárással feltárt indikáció
Figure 1 – Indication found by NDT on the inner surface of a vessel

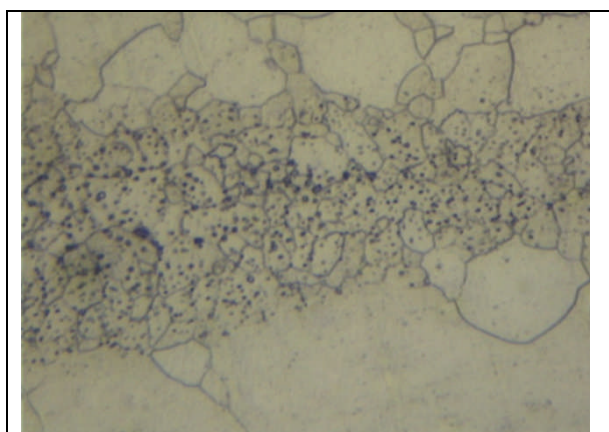


2. ábra – Kúszási károsodás, az indikációt kísérő repedések és pórusláncok (N ≈ 400x)
Figure 2 – Creep, chains of pore and cracks along the indication (M ≈ 400x)

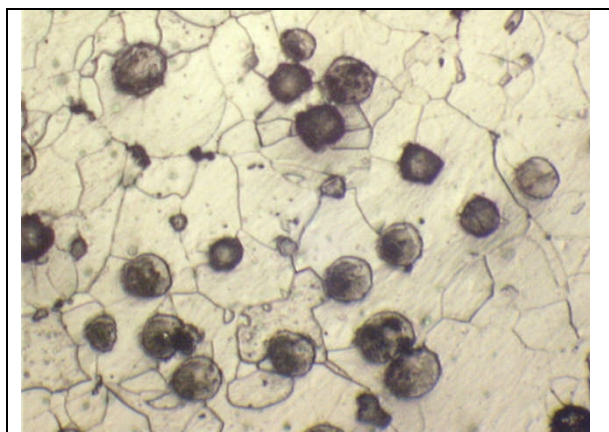
A lenyomatok felhasználása a felületi tulajdonságok vizsgálatában

A replika eljárás új, az ipari gyakorlatban még kevésbé használt területe a felületek érdességének, tulajdonságainak és elváltozásának vizsgálata. A feladattól függően a fentebb említett mindkét

eljárás használható. Acetátfólia esetén nagyobb nagyítási tartományok vizsgálhatók, de a mély felületi barázdákba, üregekbe csak kevésbé képes behatolni, beszikkadni a fólia. A szilikon gumi sokkal jobban felveszi a durva felületek kontúrjait, de tapasztalataink szerint elsősorban a makroszkópos nagyítástartományban használható ki e tulajdonság. Mindkét eljárás felbontóképessége kiváló, 0,1 μm-es részletek is jól kivetetők a mikroszkópon. Maga az eljárás nem igényel különösebb előkészületeket, csak a felület oldószeres tisztítására van szükség, csiszolásra, polírozásra, maratásra általában nem.



3. ábra – Csőgyártási hibára utaló oxidfelhő, és inhomogén szemcseméret a repedés mentén (N ≈ 500x)
Figure 3 – Oxide clouds and inhomogeneous grain size along a crack indicating for pipe manufacturing defect (M ≈ 500x)

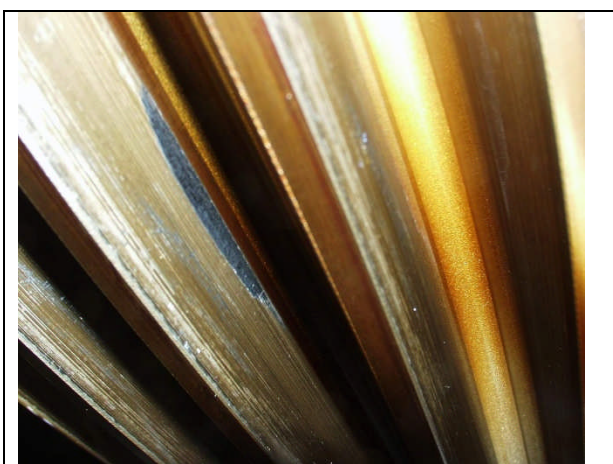


4. ábra – Gömbgrafitos öntöttvas szövetszerkezete (N ≈ 200x)
Figure 4 – Microstructure of spheroidal graphite cast iron (M ≈ 200x)

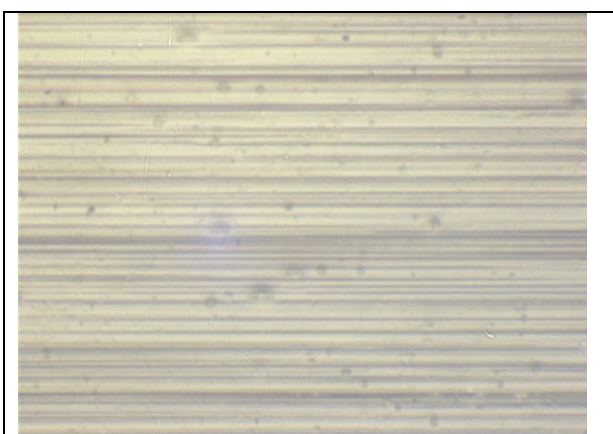
Leggyakrabban fogaskerekék érintkező felületeinek vizsgálatára használtuk a módszert, de bármilyen, két egymással érintkező felület minősége, kopottsága, elhasználódása elemezhető vele (pl. vasúti abroncs–sín, csúszka–szán kapcsolat...). Forgácsoló megmunkálások esetén a

késztermék felületi minősége, illetve a szerszám kopottsága ellenőrizhető (pl. nagy pontosságú tűréssel illesztett alkatrészek, optikai lencsék felülete).

Az eljárás a szokásos roncsolásmentes felületi hibakereső vizsgálatok (elsősorban a folyadékbehatolásos és a mágnesezhető poros) érzékenységi határát meghaladja, segítségével egészen kis mélységű mikrorepedések is kimutathatók. Az 5. ábra egy fogaskerék kapcsolódó fogfelületén szabad szemmel is látható elváltozásokat mutatja be. Ezek a megvilágítás irányától függően különböző fényes–kevésbé fényes hosszirányú zónák-ként jelentkeznek, felületi minőségük jól láthatóan eltér a köszörült, eredeti fogfelület állapotától.



5. ábra – Fogaskerék érintkező fogfelületén látható elváltozások
Figure 5 – Surface defects on the working flank of a gear tooth

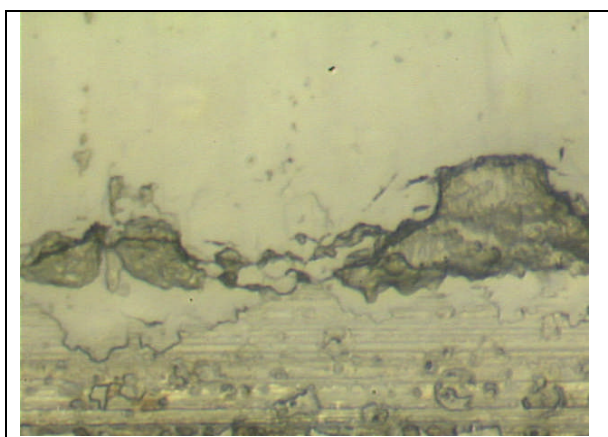


6. ábra – Az eredeti, köszörült fogfelület (N ≈ 200x)
Figure 6 – The original grinded surface quality (M ≈ 200x)

A fogfelületeken elvégzett fluoreszkáló mágnesezhető poros vizsgálat még nagyító felhasználásával sem mutatott ki anyagfolytonossági hiányra utaló indikációt, azonban a fogaskerék üzemi igénybevételét, kihasználtságát és az átvitt telje-

sítményt figyelembe véve, azok megjelenése feltételezhető volt. A felületi elváltozások lenyomatatos vizsgálata igazolta is feltételezésünket, az mikroszkópi méretekben felületi elváltozásokat, kopásokat, deformációkat, hiányzó anyagrészecskéket és jelentős számú mikrorepedést tárt fel. Igen jól megfigyelhetők a fogak egymáson való legördülése miatt, a felületek relatív elmozdulásából adódó karcok, barázdák. A 6–9. ábrák az eredeti és az elváltozott területek jellemző felületi állapotát szemléltetik.

A vizsgálat nemcsak a felületi állapotot diagnosztizálta, hanem az eredményekből számos következtetést lehetett levonni a fogaskerek állapotára, a fogkapcsolódásra vonatkozóan.



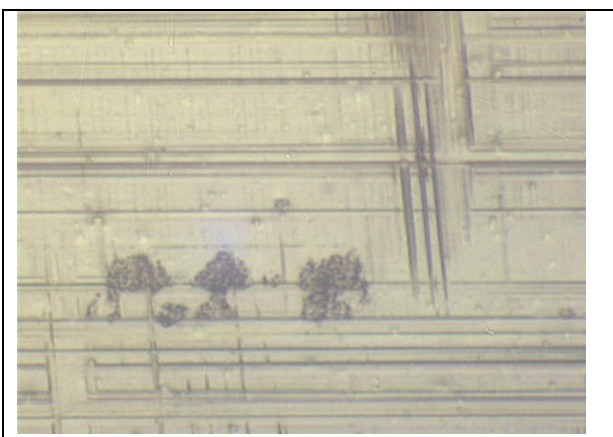
7. ábra – A felületek minősége és mikrorepedések (N ≈ 400x)
Figure 7 – Surface quality and microscopic cracks (M ≈ 400x)



8. ábra – Kezdődő felületi kifáradás, apró, kis átmérőjű kipattogzott részek (N ≈ 200x)
Figure 8 – Surface fatigue in the beginning stadium with small parts fallen out (M ≈ 200x)

A megfigyelt kopások, sima területek és deformálódott–elkenődött felületek utaltak arra, hogy a felületi kéreg keménysége (mely a geometriai jellemzők miatt a fogfelületen nem volt mérhető)

nem kielégítő, abban lágyabb szövetelemek is előfordulnak. A kipattogzott, kitöredezett felületrészek az érintkezés során fellépő magas Hertz-feszültségek miatt jöttek létre, és a fogfelületi kifáradással, mint károsodási forma a jövőben számolni kell. A felületi elváltozások jól körülhatárolhatóan megjelenítették a fogkapcsolódás jellegzetes vonalait, a fogak be- és kilépésének vonalát, illetve azokat a részeket, ahol a legördülés mellett csúszás is fellép a fogak érintkezésekor. Ez utóbbi adatok a szerkezeti ellenőrzés számára adtak hasznos információkat, mely segítségével a beállítási és pontossági hibák voltak kimutathatók.



9. ábra – Fogfej irányú, a relatív elmozdulásból eredő karcok a felületen (N ≈ 200x)

Figure 9 – Tooth head oriented cracks on the surface originating from the relative movement (M ≈ 200x)

A módszer már kisebb nagyításoknál (100x–200x) is számos új részletet tárt fel, de az alkalmazható nagyítás tartomány lefedi az optikai mikroszkópokkal elérhető tartományt, egészen az 1500x–2000x-es nagyításig.

A lenyomatos eljárás segítségével a vizuális vizsgálatnál megfigyelt elváltozások, indikációk pontos jellege meghatározható volt. A szokásos vizsgálat korlátait kiterjesztette, segítségével az elhasználódás mértéke folyamatosan diagnosztizálhatóvá válik, és szükség esetén a javítás elvégezhető (pl. a fogkapcsolódás, az egytengelyűség és a csapághézagok ismételt beállítása). A replika jól kiegészíti a többi roncsolásmentes vizsgálat és geometriai méretellenőrzés eredményét.

Az eljárás további lehetséges felhasználási területei

A már bemutatott klasszikus és felületi állapotvizsgálatokon túl az eljárás még az alábbi területeken is felhasználható:

- Mintavétel, mely során a felülethez gyengén tapadó alkotók a fóliára vagy a gumirétegre feltapadnak. Ez akkor alkalmazható előnyösen, ha a klasszikus mintavétel nehézségek

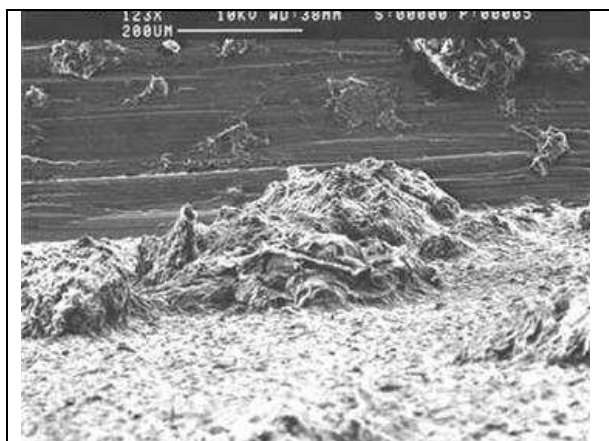
be ütközik vagy a vizsgálandó anyag kevés, esetleg finom por állagú. A további elemzés laboratóriumi körülmények között elvégezhető, akár a szokásos technikákkal, akár mikroszondával.

- A lenyomatokról készített felvételek képelemző rendszerrel tovább vizsgálhatók, meghatározható pl. a porozitás, a szemcseméret, illetve a kiválások, elváltozások statisztikai elemzése elvégezhető.
- Felületi érdesség mérés, illetve a korróziós károsodás vizsgálata. A síkba feszített lenyomaton érintésmentes technikával magasságkülönbségek, távolságok mérhetők. A szilikongumi zsugorodása elhanyagolható, és jól felveszi a felület, mélyedések kontúráját. A 10–12. ábra néhány jellemző új alkalmazási példát mutat be.



10. ábra – Korróziós károsodásról készített lenyomat

Figure 10 – Negative copy of a corroded surface



11. ábra – Pittingkorrózió elektronmikroszkópos képe

Figure. 11. – Electronmicroscopic image of a pitting corrosion spot



12. ábra – Mintakészítés szilikongumival
Figure 12. – Pattern making with silicone rubber

Összefoglalás

A helyszíni lenyomatos eljárás nemcsak a klasszikus anyagvizsgálati feladatok során alkalmazható eljárás, hanem felületek különböző tulajdonságainak vizsgálatára is. A vizuális vizsgálat tartományát kiterjeszti a mikroszkópos nagyítás tartományba, segítségével meghatározhatók a károsodási módok és folyamatos állapotvizsgálat végezhető. A felületet különösebb előkészítést nem igényel és az eljárás sem mechanikailag, sem kémiaiilag nem károsítja azt. Az eljárás dokumentálhatósága kiváló, a minták hosszú időn át megőrizhetők, fényképfelvételek készítése a szokásos módon végezhető. A minták további kiegészítő mérésekre is lehetőséget adnak.