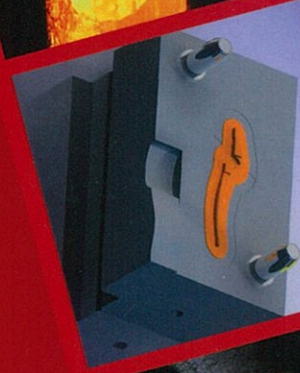
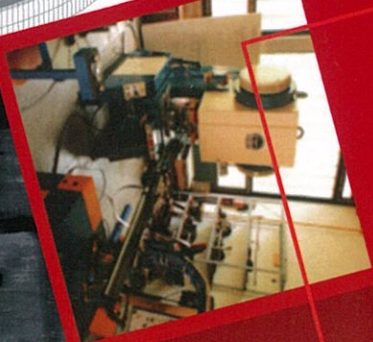
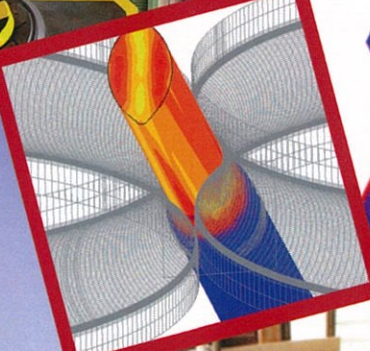
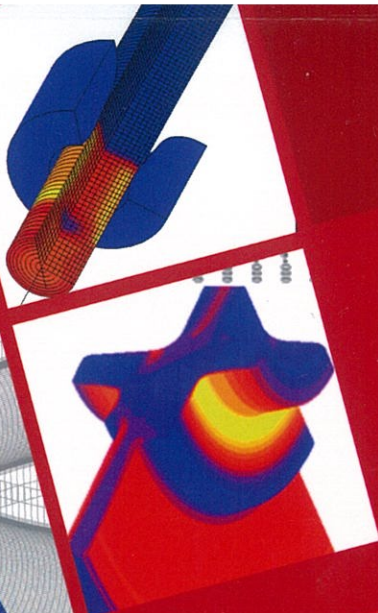


XIV.

KÉPLÉKENYALAKÍTÓ KONFERENCIA

MISKOLC 2012



Tis:

Gép
Tud
Bán
Osz

bizi
levi
kül
okt

Szerkesztette:

Pálunkás Sándor
Szabó Gábor
Szűcs Máté

Kiadja:

Miskolci Egyetem
Műszaki Anyagtudományi Kar
Anyagtudományi Intézet
3515, Miskolc – Egyetemváros
Telefon: +36 46 565 111 / 15 34
+36 46 565 201
Fax: +36 46 565 214
Honlap: <http://www.matsci.uni-miskolc.hu>

Nyomta és kötötte: Z-Press Kiadó Kft, Miskolc

Borítóterv: Z-Press Kiadó Kft, Miskolc

ISBN 978-963-661-985-5

Miskolc, 2012

Sz

MARADÓ FESZÜLTISÉG MEGHATÁROZÁSA RÖNTGEN DIFFRAKCIÓVAL

Mertinger Valéria^{1a}, Sólyom Jenő^{2b}, Cseh Dávid^{3c}

^{1a} Anyagtudományi Intézet, Miskolci Egyetem
² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolci Egyetem

^a ferrvalli@uni-miskolc.hu, ^b emsj@uni-miskolc.hu, ^c cseh88david@gmail.com

Kulcsszavak: maradó feszültség, rugalmas feszültség, röntgendiffrakció

Absztrakt

A maradó rugalmas feszültségek kialakulása a gépalkatrészek előállítása során elkerülhetetlen folyamat. A direkt maradó feszültségek létrehozására irányuló technikák alkalmazásának a célja az igénybe vétel során kialakuló állapotait ellenőrzés előjelt feszültségállapot rögzítése, ezáltal az élettartam megnövelése. Ilyen technikák a felülettömörítő és különböző hőkezelési eljárások. Az eljárás eredményességének kvantitatív jellemzésére az egyik legalkalmasabb módszer a röntgendiffrakciós rugalmas feszültség meghatározás. Jelen munkánkban összefoglalást adunk a mérés elméleti alapjairól és néhány példát kiemelve a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetének gyakorlatából bemutatunk konkrét alkalmazási lehetőségeket.

Bevetés

Maradó feszültségről egy adott munkadarabban akkor beszélünk, ha a darabra semmilyen külső erő illetve nyomaték nem hat, külső ponthoz viszonyított inercia rendszerben egyensúlyban van, ám a darab belsejében különböző helyeken különböző nagyságú és irányú, de egymással egyensúlyt tartó feszültségek hatnak. Míg az emberiség fémek szerkezetek, alkatrészek előállításába fogott, a maradó feszültség jelenlétével számolnia kellett. Minden olyan technológia amely hőmérséklet különbözőségel, fázisátalakulással, képlékenyalakítással, illetve forgácsolással jár maradó feszültség kialakulását okozza. Ezek a belső maradó feszültségek kiterjedéseket tekintve hagyományosan három csoportba sorolhatók, az I rendű vagy makro, a II rendű vagy mikro és a III rendű vagy szubmikronos feszültségek [1]. Makrofeszültségeket eredményez egy a darab méretével összemérhető hőmérséklet inhomogenitás, mikrofeszültség alakulhat ki a különböző módon alakváltozó szennsék (lásd Poisson szám) környezetébe, szubmikronos feszültséget kell pl. egy diszlokáció. Kezdetben a maradó feszültség kialakulása mint káros kitérő jelenség volt. Ma már a feszültségállapotot meg tudjuk határozni, és a technológiai lépéseket oly módon tudjuk alakítani, hogy annak igénybevétele közben feszültség állapotok eredője határozza meg. Az ipari gyakorlatban már elterjedt módszer, hogy különösen fémeknél igénybevételeknek kitért alkatrészekben a feszültségállapotot hoznak létre. Ilyen feszültségállapot létrehozására kívánóan alkalmaznak a felülettömörítő eljárásokat mint pl. a szennsésztörés vagy görögözés illetve bizonyos hőkezelések mint a betét- vagy kéregbeztés [2,3,4,5,6,7]. Azokról az alkatrészekről ahol a feszültség

kialakulása különösen fontos (csapágyelemek, tengelyek) a beszállítói előírások között a szokásos szilárdsági jellemzők mellett a feszültségállapokra történő előírások is szerepelhetnek. Ilyen esetben a feszültség értékét szennszeren kell meghatározni. Az Almen teszi egy ipari körülmények között elterjedt több mint 60 éves gyakorlatra visszatekintő módszer, de szennszeri eredményt nem ad. A maradó feszültség vizsgálására számos egészen változatos elvvel alapuló egyéb módszerek is ismertek (mágneses, ultrahangos, optikai, mechanikai deformáció alapján, Barkhausen zajmérés, Raman spektroszkópia) [8]. Kvantitatív eredményt igazán csak a diffrakciós (neutron és röntgen) módszerek adnak. A neutron diffrakció hátránya a telepített sugárforrás.

A röntgendiffrakciós berendezések alapvetően kétfélek, a laboratóriumi univerzális diffrakciószerkezet azon csoportja mely rendelkezik a speciális miniatűrrel limitált méretű és geometriájú miniatűrökön alkalmas felület közelí feszültség meghatározására sokszor csak röntgenes módon. A berendezések egy másik csoportja gyakorlatilag minia mért körlet nélkül, röntgenes módon, és akár helyszíni körülmények között is tud dolgozni.

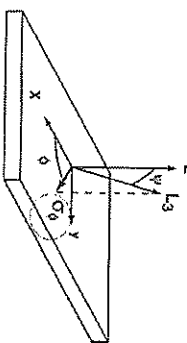
A diffrakciós mérési módszer alapja, hogy rugalmas feszültség kialakulása esetén a kristályrácokban a rácscsokk távolsága megváltozik [9]. A megváltozott távolságú síkokon szóródó röntgensugár szórás képe, szintén megváltozik. Adott hullámhosszú, adott Miller indexű rácscsokk távolságát visszaverődő hullámok teljes erősségének feltevélet a Bragg egyenlet írja le:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (1)$$

ahol: n egész szám, λ a röntgen sugárzás hullámhossza, d_{hkl} az adott hkl Miller indexű síkok rácscsokk távolsága, θ a diffrakció szöge. A diffrakciós mérések során a d távolságot keressük úgy, hogy ismert λ hullámhosszú röntgen hullámmal besugározzuk a vizsgálandó felületet, melynek azt a θ szöget, amelyenél a szóró sugárzásnak intenzitása maximuma van. Adott felületi reflexióról alkotott diffrakciós kép, a különböző szögben mért visszaverődő sugár intenzitásának mérése. Az adott szögnek mérhető diffrakciós csúcsokból visszaverődő sugár diffrakciót okozó síksorozati távolság. Adott „ d ” rácsparaméterű körcsokk tiszteles (hkl) Miller indexű rácscsokk távolsága következő összefüggésből számolható

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (2)$$

Mivel az anyagban a rugalmas maradó rácscsokk feszültség hatására a rácscsokk távolsága megváltozik, a rácscsokk távolságok megváltozásának mérésevel, és az anyagjellemzők ismeretében visszaszámolható a feszültség. A diffrakciós technikában az $\sin^2 \psi$ módszer terjedt el, melynek a lényege, hogy a Bragg szögeitől valóban a feszültség értéke az 1. ábra szerinti jelölés alapján a következő módon írható le:



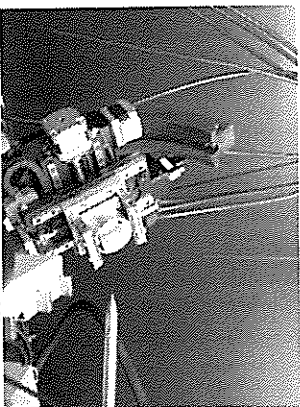
1. ábra Feszültség meghatározása a minta egy valamely ϕ irányában

$$\sigma_\phi = \frac{d_\psi - d_s}{d_s} \cdot \frac{E}{(1 + \nu) \sin^2 \psi} \quad (3)$$

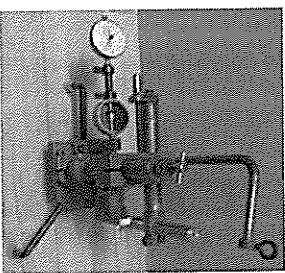
ahol E a Rugalmassági modulus és ν a Poisson szám, d_{hkl} az 1. ábra szerinti L_3 és Z irányokból meghatározott rácstávolság.
A mérőtechnikai oldalt ez a paraméter határozza meg, mert ebben az esetben vagy a miniat (ami a laborberendezések gyakorlata) vagy a berendezési (ami a célszerek gyakorlata) kell ψ szöggel megdönteni.

Feszültség meghatározás az ipari gyakorlatban

A Miskolci Egyetem Anyagudományi Intézetben lévő Komplex Képelemző és Szerkezetvizsgáló Laboratóriumban (rövid nevén LISA -az országos NEKIFUT regiszterben elnyerte a Stratégiai Kutatási Infrastruktúra (SKI) besorolást [10]) mlkódó, Auler bőlcsővel felszerelt BRUKER D8 Advance típusú röntgendiffrakcióméter a harmad, második rendű feszültségek mérésére alkalmas. Az elsőrendű feszültségek szintén meghatározhatók ott ahol a kiterjedés és egyensúly tartománya nem háladja meg a berendezés által kezelni tudó miniameret. A laboratórium legjelentősebb mérési gyakorlatai az elsőrendű feszültségekhez kapcsolatosan a hegesztési problémákhoz, hőkezelési problémákhoz és felületkezelési szemecseszórás problémákhoz kötődnek.
A feszültség felület alatti eloszlásának vizsgálatához elektroitos maratással távolítjuk el a felületi anyagrétegeket. Az eltávolított rétegvastagságot mechanikus vagy lézeres módon határozzuk meg. A 2. ábrán a diffrakcióméter mérési helyzetben illetve a mélységi vizsgálatok eszközei láthatók.

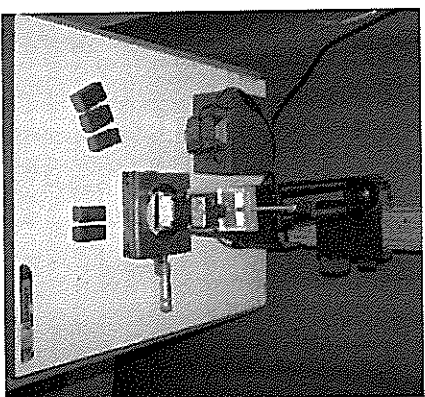


Auler bőlcső mérési pozícióban



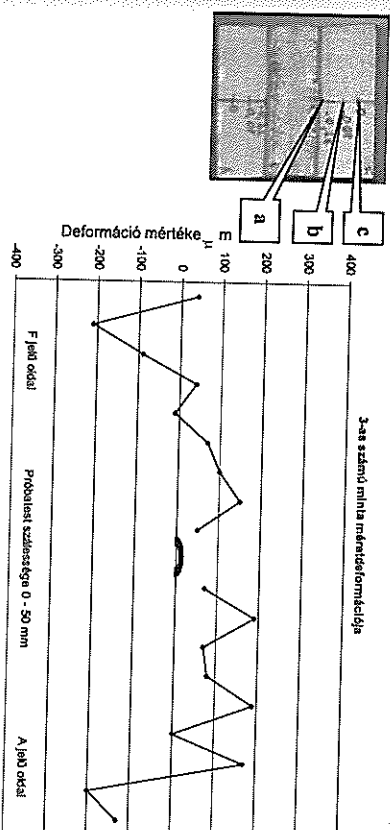
mélység mérés tapinó mikrométerrel

2. ábra Feszültség meghatározás eszközei



Hegesztési varrat környezetének feszültségállapota

Ennél a kísérlet sorozatnál Inconel 617 jelű ötvözetből készített lemezen kialakított különböző energiabevitelrel készített hegesztési varrat környezetben kialakuló feszültség állapotot, illetve annak a különböző feszültségjelentő izzítás hatására bekövetkező változását vizsgáltuk. Példaként egy varratot, a varrat környezetben kialakult mért deformációt illetve a kialakult feszültség értékeit mutatja a 3. ábra.



Mérés helye (Φ : 90°)	Feszültség értéke, MPa	Feszültség értéke 980°C , 1 óra hőkezelés után, MPa
1. sz. mérés a pont	894 ± 235	491 ± 94
2. sz. mérés b pont	772 ± 61	554 ± 103
3. sz. mérés c pont	664 ± 135	502 ± 148

3. ábra Hegesztési varrat környezetének vizsgálata Inconel 617 ötvözetben

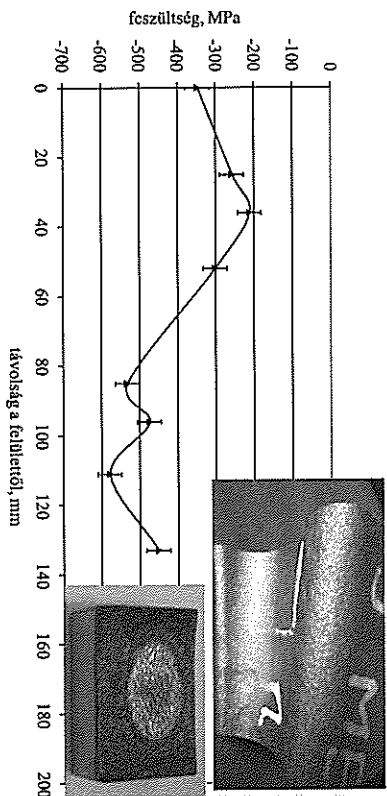
Szemecseszórás hatásának a vizsgálata

Cépalakátszerek technológiai műveletei között szinte kivétel nélkül megtaláljuk a szemecseszórást. Különböző alapanyagokon (nemesített, mikroötvöztött acélok) szemecseszórás hatására kialakuló feszültség megartó képességet vizsgáltuk. Kísérleteket végeztünk a dekarbonizálódott rétegvastagság szerpénnek felhárására is. Illetve végeztünk méréseket beszállító tanúsítvány kiállítása célból is. Az utóbbira mutat egy konkrét feszültség alatti eloszlásra példát a 4. ábra.

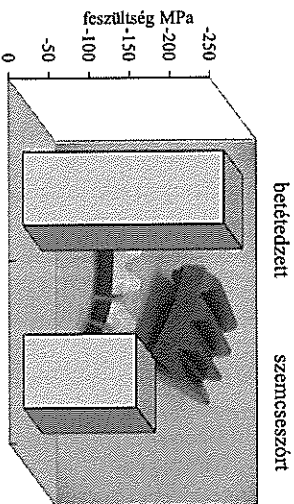
Hőkezelési feszültségek vizsgálata

Kis méretűvel szerelt nemesített alakátszerek esetén gyártói előírás a maradék auszénit tartalom maximalása és a feszültség állapot rögzítése. Ilyen jellegű méréseket csapágyak görgőin illetve golyóin végeztünk.

Betétből edzett fogaskerek felülete alatt kialakuló nyomó feszültségállapot szintén az élettartam növelését eredményezi. Összehasonlító vizsgálatokat végeztünk kisintenzitású szemcsesorrás és betétedzés hatására kialakuló feszültség állapotokról fogaskerek felületén. Erre mutat példát az 5. ábra.



4. ábra Szemcsesorrt tengely felület alatti feszültségeloszlása



5. ábra Szemcsesorrt és betétedzett fogaskerek felületi feszültsége

Összefoglalás

Jelen munkánkban összefoglalót adtunk a maradó rugalmas feszültség kialakulásának jelentőségéről és a röntgendiffrakciós technikával történő meghatározásáról. Konkrét példákon keresztül mutattunk be néhány az ipari gyakorlatban előforduló alkalmazási lehetőséget.

Köszönetnyilvánítás

A kézirát készítését a *TÁMOP-4.2.1/B-10/2/KONV-2010-0001* számú projekt támogatja.

Irodalom

- [1] Dr Bárczy, Dr Fuchs Erik: Metallográfia I, Tankönyvkiadó, Budapest 1981 pp119-126
- [2] Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, ASM International 2008, USA pp:347-358
- [3] E. Machterrauch and V. Hauk: Residual stress in Science Technology Vol 2, pp 697 1987 Nemotország
- [4] J.R. Davis: Surface hardening of steels, ASM International 2002, USA, pp 79-103
- [5] R.E. Hainbaugh: Induction Heat Treating, ASM International 2001, USA pp:106-117
- [6] Cast Irons Specialty Handbook, ASM International 1996, USA pp:48
- [7] Heat treating ASM Handbook Vol. 4, ASM International 1991, USA pp
- [8] P.J Withers, H.Bhadeshia: Residual Stress Part I - Measurement techniques, Mat Sci ann Technology, April 2001 Vol17 pp: 355-365
- [9] A.D.Krawitz: Introduction to diffraction in materials science and engineering, John Wiley 2001, pp119-143, 278-318
- [10] <https://realizster.nekitut.hu/ki/434>