

Erőművi csővezetékek károsodásának vizsgálata

Bagi István* — Dr. Dévényi László*

Az elmúlt években károsáselemzési és maradékélettartam-vizsgálatokat végeztünk a hazai erőművekben gyakori 670 t/h-s kazánok egyes, különféle okok miatt meghibásodott csőszakaszain. Ezek a csőszakaszok a kazánok be- illetve kilépő vezetékeiből, forrcsőveiből, valamint a túlhevítőiből származtak, és az 60.000-116.000 óra között változott. A vizsgálatokat a meghibásodott csőszakaszokból a tönkremenetel közvetlen közeléből kimunkált, valamint referenciaként az ép részekből származó mintákon végeztük. Eredményeinket összevetettük a tervező és a gyártó cég hasonló vizsgálataiból illetve az elméleti számításokból kapott eredményekkel. Elsődleges célunk a meghibásodások lehetséges okainak felderítése, továbbá a maradék élettartam becslése volt.

Vizsgálatok

A minta-előkészítés az alkalmazott vizsgálatok jellegéhez, követelményeihez igazodott. A vizsgált anyagok többsége X20CrMoV121 valamint 15121 típusú acél volt. Általában a csődarabokból 10 mm széles gyűrűket vágunk ki, amelyekből merőleges és a hossz tengelyükkel párhuzamos metszeteket készítettünk. Esetenként a felületi vizsgálatokhoz, a felületi rétegek mikroanalíziséhez külön minta-előkészítést végeztünk. A mintákat különböző anyagvizsgálati módszerekkel vizsgáltuk. A hagyományos anyagjellemzők mérése és a vizuális vizsgálatok mellett széles körű pásztázó elektronmikroszkópos töretvizsgálatot, az alapanyag és a rajta található felületi rétegek (lerakódások, oxidrétegek) kémiai összetételének meghatározására elektronsugaras mikroanalízist, a szerkezeti változások nyomon követésére pedig több esetben mágneses Barkhausen-zaj mérést végeztünk.

A felületi oxidrétegek elektronsugaras mikroanalízisének valamint a töretvizsgálatoknál Philips XL-30 típusú pásztázó elektronmikroszkópot használtunk, amelyhez energiadiszperzív röntgenanalizátor is tartozik. A berendezés alkalmas lokális inhomogenitások vizsgálatára is. A külső és a belső felületekről egyaránt készítettünk EDS spektrumokat. Az oxidok tipikus kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja.

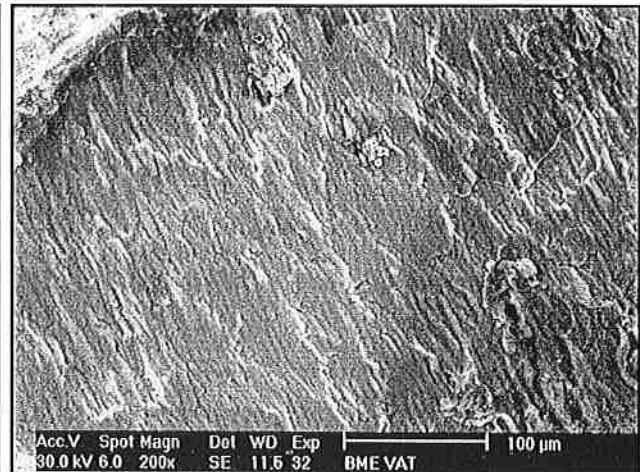
1. táblázat A cső oxidrétegeinek az elemösszetétele, tömeg %-ban

	C	O	Cu	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni
A	0.25	28.0		3.1			0.60	0.3	0.24	44.2			22.8	0.4
B	0.34	13.4	30.4		0.8		0.59		0.30		0.08	0.13	53.9	
C	0.26	6.20	47.2		0.5	7.0	0.14		0.36		0.27	0.42	37.6	

A: a cső külső felületén lévő oxid, B és C: a cső belső felületén lévő oxid

Ezek tanúsága szerint a belső felületeken található rétegek elsősorban vasoxid (Fe_2O_3) tartalmúak, ezen kívül kis százalékban található még Na, Ca, S és P. A belső felületen lévő oxid réztartalma jelentős. A réz átlagosan 1–2 μm átmérőjű apró gömböcskék formájában rakodott le a felületre. A külső felületeken pedig számottevő mennyiségben találtak vanádiumot. Ez a vanádiumban gazdag réteg sötét színű, jól megkülönböztethető a vörös színű vasoxidtól. A felületre merőleges irányban elvégzett lineáris mikroanalízis vizsgálat azt mutatta, hogy az alapanyagokhoz közeli részek vanádiumtartalma nagyobb, mint a felülethez közeli részek. Ennek oka a fűtési módszerben, illetve a fűtőanyagban bekövetkezett változás lehet.

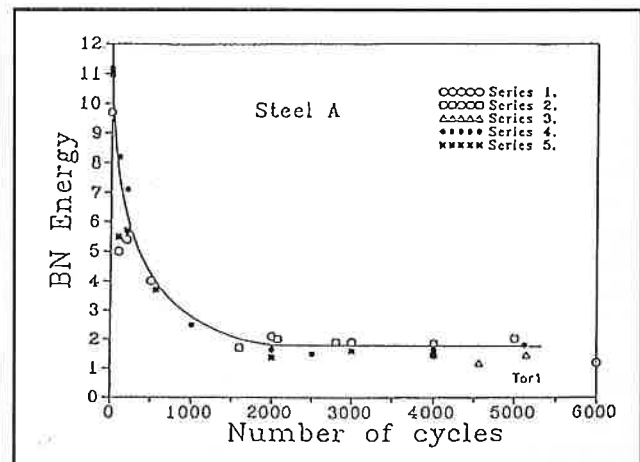
* Budapesti Műszaki Egyetem
Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék
1111 Budapest, Goldmann Gy. tér 3.



1. ábra. A cső törési felülete

A töretek vizsgálatát pásztázó elektronmikroszkóppal 25x-ös és 200x-os nagyítás mellett végeztük. A mintákat a tönkrement csőszakaszokból, a felhasadás mindkét végének környezetéből munkáltuk ki. Az 1. ábrán láthatunk egy, a fáradt törésre jellemző jellegzetes töretképet. A sötétebb rész az eredeti károsodott keresztmetszeti részt, a világosabb rész pedig a laboratóriumban (folyékony nitrogénnel történt lehűtés után) végrehajtott friss törést mutatja.

A Barkhausen-zaj mérésnél szinuszos jelgenerátort, teljesítményerősítőt, mérőfejet, Krenz TRB 4000 típusú mérésadatgyűjtő és analizátor egységet használtunk, amely tartalmazta a sávszűrőket is. A minták teljesítményspektrumát Fourier-transzformációval állítottuk elő, digitális jelalakban. Az anyagok szerkezeti változásainak jellemzésére – egy adott frekvenciatartományban – a Barkhausen-zaj energiájára jellemző mérőszámot (Barkhausen Noise Energy, BNE) használjuk, amely a spektrum két frekvenciaértéke közötti szakasz integrálásával kapható. Ezt a módszert sikeresen használtuk a tipikus erőművi anyagok (P91, X20CrMoV21, 1/2Cr1/2Mo1/4Mo) hőfáradás következtében létrejövő belső szerkezeti változásainak nyomon követésére. A 2. ábrán láthatjuk a P91 acélra jellemző tipikus Barkhausen-zaj energiaváltozást a hőfáradási ciklus függvényében.



2. ábra. A BN energia változása a hőfáradási ciklusok függvényében

Következtetések

A károsodáselemzés során előfordult meghibásodási okok az alábbi körből származtak:

- adott frekvenciájú és amplitúdójú mechanikai és/vagy hőfáradás,
- lokális túlmelegedés,
- vanádium-korrózió,
- az oxidok minőségétől és vastagságától függő eltérő hővezetési viszonyok,
- lokális mechanikai túlterhelés,
- kedvezőtlen vízkémiai állapot,
- a hegesztési hőhatás övezetek kedvezőtlen találkozása,
- a hegesztést követő nem megfelelő hőkezelés,
- az alapanyag nagymértékű mikroszerkezeti károsodása.

A károsodáselemzések során a lehetséges meghibásodási okok feltárása mellett, annak kialakulására, a folyamat identifikálására, esetenként a maradék élettartam meghatározására – és amennyiben ez

lehetséges volt – a műszaki teendőkre vonatkozó javaslatokat is megadtuk.

Irodalom:

1. C. Moura Branco – R. Ritchie – V. Sklenička: Mechanical Behaviour of Materials at High Temperature, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996.
2. I. Bagi – J. Ginszler: Failure Analysis of Superheater Tubes of Boilers, 3rd International Conference on Heat Exchangers, Boilers and Pressure Vessels, HEB-97, 5-6 April 1997, Alexandria, Egypt.
3. I. Mészáros, M. Káldor, B. Hidasi: Barkhausen Noise Energy Measurement, Method for Characterising the Ferromagnetic Ratio of Alloys. 7th International Symposium on Nondestructive Characterisation of Materials, Prague 19-22, 1995.
4. I. Bagi, L. Dévényi: Failure Analysis of Different Tubes of Boilers, „GÉPÉSZET '98" First Conference on Mechanical Engineering, Technical University of Budapest, May 28-29, 1998. p.12-15

SZEMLE

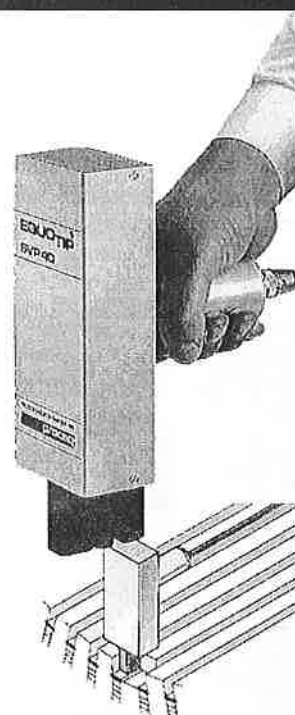
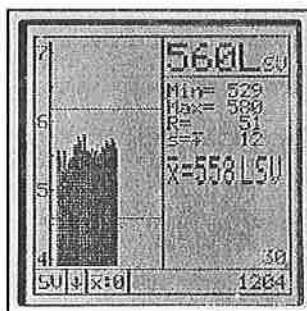
Az ékeléses kötések ellenőrzése

A gépszerelés mind ez ideig nélkülözötte az ékeléses kötések ellenőrzésének megbízható módszerét és eszközét. Ezt a hiányt pótolja az **Equotip SVP 40** kézikészülék, amely a szabványosított Equotip dinamikus keménységmérés elvén működik, azaz induktív elven méri a keménységben végződő ütőtestnek a vizsgált felületre csapódásának (A) és visszapatánásának (B) a sebességét, amelyből képzett $L = 1000 \cdot B/A$ értéket, annak átlagértékét és szórását megjeleníti a nagyméretű LCD ernyőjén.

Végigvezetve az Equotip SVP 40 automatizált mérőfejét például a villanymotor állórészének hornyai mentén és meghatározott távközönként megmérve a horonyba ékelte tekercelemet ellenőrizhető a beékelés jósága. Minél feszesebb az illesztés annál nagyobb az L mérőszám értéke. A lazább illeszkedésű szakaszokon az L értéke kisebb, ingadozó. Így az L érték átlaga és szórása minősíti a horonyba ékelte tekercelem illeszkedését.

Az automatizált mérőfej és a kijelző készülék a hálózati tápegységen keresztül kapcsolódik egymáshoz. Egy mérés ciklusideje 2 s. Az ütés energiája: 28 N.mm. A kézi mérőfej tömege: 1 kg.

Forrás: Proceq SA sajtószolgálat



Kalibrálható betonvizsgáló



A közelmúltban került piacra a betonvizsgáló Schmidt-kalapács elektronizált változata a **Digi-Schmidt-2** készülék, amely a régebbi skála leolvasású alaptípushoz képest lényegesen pontosabb minőség- és állapotellenőrző vizsgálatokat tesz lehetővé. Ugyanis, a készülék szoftverje automatikusan kompenzálja a mérési eredményt befolyásoló tényezők közül az ütés irányát, az alaktényezőt és a beton korát.

A Digi-Schmidt-2 mérési pontossága még azáltal is fokozható, hogy a felhasználó a saját átszámítási táblázatát eltávolíthatja a készülék memóriájában, amelyek a számára fontos betontípusokon végzett összehasonlító szilárdsági sorozatvizsgálatok (lásd a fotónkon) eredményeit tartalmazzák. Az ún. típusbetonokon elvégzett méréssorozattal meghatározott kalibrációs görbékkel figyelembe vehetők a betonkeverékek eltérő összetétele, illetve a feldolgozás és a megszilárdulás eltérő feltételei. A készülék egyszerű kalibrálhatósága párosulva a már említett kompenzációs lehetőségekkel, a gyakorlatban gazdaságosan alkalmazható Schmidt-elv alapján lényegesen több és pontosabb információt szolgáltat.

Forrás: Proceq SA sajtószolgálat