

A terhelés nagyságának, időtartamának, a terhelésváltozás irányának a szerepe a várható élettartamra

Dr. Berke Péter – Dr. Michelberger Pál

Bevezetés

Az anyagfáradással, illetve az anyagok kifáradási határának növelésével kapcsolatos kutatásokat az indokolja, hogy – vélemények szerint – a járműgépészetben a károsodások mintegy 90%-a visszavezethető anyagfáradásra, vagy valamely anyagfáradás indította okra.

A konstruktőröktől az anyagfáradással kapcsolatos ismeretek, a jelenséget előidéző okok elleni tudatos tevékenység elemi követelményként kívánhatók meg.

Az ismert és/vagy kifejlesztés alatt álló technológiák jelentős részének közvetlen vagy közvetett célkitűzése a kifáradási határ növelése.

Természetes, hogy vannak olyan kifáradási határt növelő eljárások is, amelyek valamely, például gazdasági, kellő kivitelezhetőségi okból a jelenlegi ismereteink szerint nehezen realizálhatók. Viszont, az ilyen eljárások tüzetes vizsgálata olyan információkat adhat, amelyek ugyan-ezen kifáradást növelő eljárást, mondjuk fizikai hatást, más oldalról esetlegesen hőkezeléssel valósíthatják meg.

Célunk annak megvizsgálása volt, hogy a kifáradási határt meghaladó terhelés/terhelések milyen mértékben hatnak ki az eredeti kifáradási határra, célszerű-e a károsodást ebből a szemszögből mélyrehatóbban tanulmányozni. Kísérletorozatunkkal ehhez kívánunk adalékokat szolgáltatni az OTKA 5-420 sz. pályázat támogatásának felhasználásával.

A kísérletorozat anyagául a kereskedelemben kapható anyagot választottunk, ugyanis bármely laboratóriumi tisztaságú/összetételű anyagon elért eredmény gyakorlati alkalmazásába való átültetése megbukhat a rendelkezésre álló anyagokból való választhatóságon. Természetesen célként szerepelhetett volna egy megfelelő összetétel kifejlesztése is, viszont ez messze túlhaladta a kísérleti, együttműködési lehetőségek körét.

Kísérletek végzése

Előjáróban hangsúlyozni szeretnénk, hogy a cikk címében megfogalmazott problémakör irodalma igen terjedelmes, sokrétű, szerteágazó volta ellenére a megoldási próbálkozások olyan közös alapnak tekinthető hipotézist használnak fel, mint a károsodások halmozódása, illetve e hipotézis különböző matematikai megfogalmazása. Bár a kifáradással kapcsolatos kísérleteink jelentős mértékűnek mondhatók, nem rendelkezünk elégséges információval valamely állásfoglalás kialakításához, viszont célszerűnek látjuk az eredményeinket az ismert és igen egyszerű Miner-hipotézis felhasználásával bemutatni.

A kísérleti megfontolások

Mint ahogy a bevezetőben is említettük, kísérleteink teljességgel ipar orientáltak, azaz a kereskedelemben kapható anyagból, a javasolt geometriai méretek és tűrések, felületi minőség betartásával, a meg nem munkált felületeken az eredeti anyagfelület minőségének megtartásával készített próbatesteket fásasztottunk.

Kísérleti célunk az volt, hogy megvizsgáljuk a terhelések nagyságának, az egyes terhelésszinteken az igénybevétel időtartamának, mértékének a hatását az élettartamra lépcsős le- és felterhelések esetén. Más szavakkal fogalmazva: van-e eltérés a várható élettartam tekintetében az alábbiakban említett lépcsős terhelések alkalmazásakor?

A feltett kérdés megválaszolásához több módszer is kínálkozna, de mint említettük, az egyszerűség és a jóísmertség miatt a Miner-hipotézist alkalmaztuk, mégpedig összevetettük a $\frac{n_i}{N_i}$ hányados összegének értékeit.

(Megjegyezzük, hogy a hipotézis eredeti elgondolása szerint a kifáradási határ becslésére szolgált.)

A próbatestek anyaga

A próbatestek anyagául – döntően a beszerezhetőség szempontjait szem előtt tartva – az A38 jelű anyagot választottuk. A lemezvastagság 4 mm volt.

Eddigi vizsgálataink [1], [2], [3] szerint, indokolt az alapanyag, úgynevezett – gyártástechnológia okozta – szállirányának figyelembevétele, így próbatestjeink hossz tengelye egybeesett a lemeztermék szállirányával.

A terhelés értékek

Előkísérletek eredményei alapján választottuk a $\sigma_1 = 287,75 \pm 123,45$; $\sigma_2 = 258,97 \pm 111,1$; $\sigma_3 = 233,07 \pm 99,9$ N/mm² terhelési szinteket. A terhelési szinteken az aszimmetria tényező 0,4 volt.

Kísérleti eredmények

Az említett három terhelésszinten 9 darabos fásasztóvizsgálattal állapítottuk meg a terhelésszinthez tartozó N_i igénybevételi számot.

Lépcsős – három terhelésszintű – fásasztóvizsgálatot végeztünk egyrészt növekvő, másrészt csökkenő terhelésszintekkel, szintén 9 darabos sokaságon.

Az alapkísérletek, az állandó amplitudójú terheléssel végzett fásasztás eredményei – a törési igénybevételi számok átlagai és szórásai – az 1. táblázatban vannak összefoglalva.

1. táblázat

| Terhelésszint [N/mm ²] | Igénybevételi szám törésig | Törési igénybevétel számok szórása |
|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 287,75±123,45 | 548.400 | 97.615 |
| 258,97±111,1 | 1.284.550 | 764.340 |
| 233,07±99,9 | 2.084.233 | 1.223.818 |

A csökkenő terhelésszinteken végzett fásasztások törései igénybevételi számjai a 2. táblázatban találhatók.

2. táblázat

| Próbatest | Terhelési lépcső, igénybevételi szám | | |
|-----------|--------------------------------------|--------------|-------------|
| | 287,75±123,45 | 238,97±111,1 | 233,07±99,9 |
| 1 | 150.000 | 300.000 | 1.396.100 |
| 2 | 150.000 | 300.000 | 1.272.300 |
| 3 | 150.000 | 300.000 | 2.296.800 |
| 4 | 150.000 | 300.000 | 844.900 |
| 5 | 150.000 | 300.000 | 427.000 |
| 6 | 150.000 | 300.000 | 294.400 |
| 7 | 150.000 | 300.000 | 33.100 |
| 8 | 150.000 | 300.000 | 485.900 |
| 9 | 150.000 | 300.000 | 392.600 |

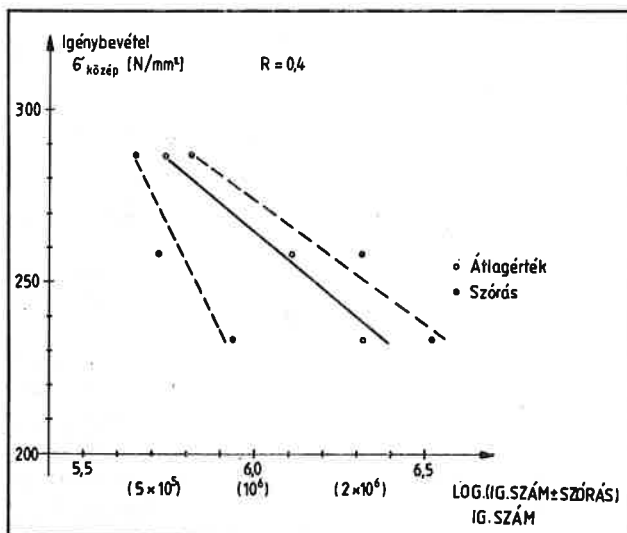
A növekvő terhelésszinteken végzett fásasztások törési igénybevételi számjai a 3. táblázatban találhatók.

3. táblázat

| Terhelési lépcső, igénybevételi szám | | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------|---------------|
| Próbatest | 233,07±99,9 | 258,97±111,1 | 287,75±123,45 |
| 1 | 800.000 | 600.000 | 299.700 |
| 2 | 800.000 | 600.000 | 597.400 |
| 3 | 800.000 | 600.000 | 218.700 |
| 4 | 800.000 | 600.000 | 673.300 |
| 5 | 800.000 | 600.000 | 275.200 |
| 6 | 800.000 | 600.000 | 439.400 |
| 7 | 800.000 | 537.600 | |
| 8 | 800.000 | 369.400 | |
| 9 | 800.000 | 313.700 | |

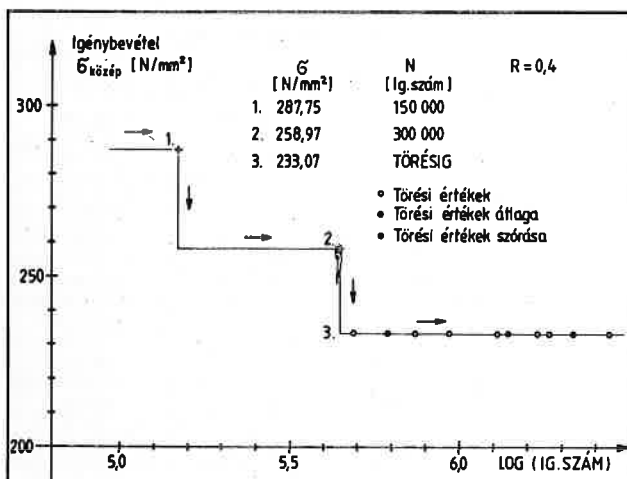
Az eredmények értékelése

Az állandó amplitudójú terheléssel végzett fárasztások törési értékeit

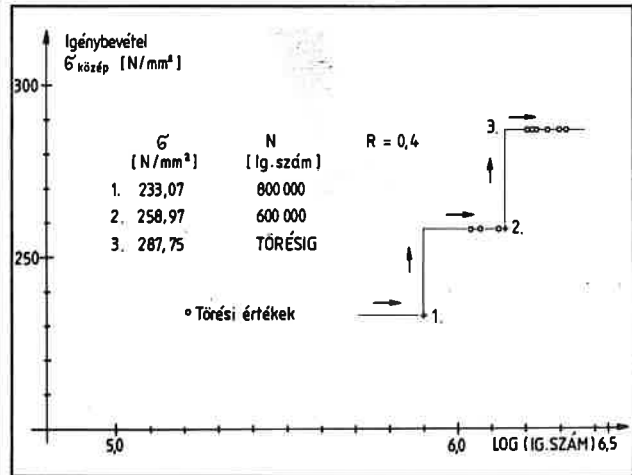


1. ábra. Az állandó amplitudójú terheléssel végzett fárasztóvizsgálatok törési értékei

a 1. ábrán tüntették fel. A korigált szórás/átlagérték viszonyszámok a kísérleti sorozatoknál rendre 0,178; 0,595; 0,587 értékek.



2. ábra. Csökkenő lépcsős terheléssel végzett fárasztóvizsgálatok törési értékei



3. ábra. Növekvő lépcsős terheléssel végzett fárasztóvizsgálatok törési értékei

A lépcsős terheléssel végzett fárasztóvizsgálati eredmények a 2. és 3. ábra szerinti.

Mint, említettük, a lépcsős terhelés hatásának megítélésékor a halmozott károsodás $\sum \frac{n_i}{N_i}$ értékeit vizsgálatuk. Az értékeket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

| A lépcsős terhelés változás iránya | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Próbatest | $\downarrow \sum \frac{n_i}{N_i}$ | $\uparrow \sum \frac{n_i}{N_i}$ |
| 1 | 1,1768 | 1,397 |
| 2 | 1,117 | 1,939 |
| 3 | 1,609 | 1,249 |
| 4 | 0,912 | 2,078 |
| 5 | 0,711 | 1,352 |
| 6 | 0,648 | 1,652 |
| 7 | 0,528 | 0,802 |
| 8 | 0,740 | 0,671 |
| 9 | 0,695 | 0,628 |
| Átlagérték | 0,904 | 1,307 |
| Korigált szórás | 0,341 | 0,53 |

Összefoglalás

Ismételten hangsúlyozzuk, hogy egy műszaki kérdés megválaszolása több szinten, érte ezalatt laboratóriumi, félüzemi, vagy esetünkben a kereskedelemben kapható, legszélesebb körben használatos, vagy igen nagy tisztaságú anyagokon végzett kísérletek eredményei alapján – hogy csak néhány lehetőséget említsünk – lehetséges.

Természetes az is, hogy mindegyik válasz magában hordozza a korlátozottságot. Kísérletünkénél maradv: a nagy tisztaságú anyagokon végzett kísérletsorozat eredményei átvihető-e a kereskedelemben kapható anyagok viselkedésének leírására, illetve a kereskedelmi minőség nem gátolja-e valamely összefüggés/kapcsolat kellő mértékű értelmezését?

Úgy érezzük, hogy bár nyilvánvalóan helyes kiindulási pontnak tekinthető az a kísérleti elképzelés, amely az ipari igényeknek megy – bármely/minden tekintetben – elé, a kísérletsorozatunk anyagául választott (adott időpontban megvásárolható) A38-as minőségű anyag törési igénybevételi számának szórása igen jelentős volt, amely szórás a lépcsős

terhelésszinteken mért törési igénybevételi számokban is jelentkezett. Meg kell említenünk azt is, hogy a lépcsős terhelés két alsó terhelésszinti feszültsége – az önkényesen 5×10^6 igénybevételi számhoz rendelt – kifáradási határ feszültségértékhez közeli, ilymódon a szórás értékek a terhelésszintek miatt (csökkentő terhelés, növekvő szórásérték) is növekedtek.

Az anyagfáradással kapcsolatos elképzelésekkel, előítéletekkel a műszaki élet egyéb területeihez képest különösen óvatosan kell bánni, amelyet kísérletünk is alátámaszt, azaz a lépcsősen növelt terhelések esetén az igénybevételi számok korrigált szórása (0,53) nagyobb, mint a lépcsősen csökkentő terhelések ugyanezen jelzőszáma (0,341) annak ellenére, hogy a két alsó terhelési szinten mért igénybevételi számok (764.340; 1.223.818) korrigált szórását a terhelésszintenkénti állandó igénybevételi számok miatt (800.000; 600.000) mintegy kizártak az értékelésből.

E várhatótól eltérő viselkedésre magyarázatul szolgálhat az a tény, hogy a második terhelési lépcsőn három esetben fordult elő törés (537.600; 369.400; 313.700), illetve valószínű, hogy négy esetben az első két terhelésszinten nem jött létre károsodás, ugyanis az utolsó terhelésszinti igénybevételi számok meghaladták az ugyanezen terhelésszint állandó amplitudójú vizsgálatinál kapott törési igénybevételi

szám átlagértékét. (A szórásértékek egyirányú – pozitív – számításba vevése az állítást módosítja.)

A $\sum \frac{n_i}{N_i}$ értékek (4. táblázat) közelisége a terhelési lépcső irányától

való élettartam függetlenségét sugallják, hozzátevé, hogy a viszonylagosan kevés elemű kísérleti sokaság állásfoglalás tételére nem alkalmas, különösen akkor nem, ha figyelembe vesszük az idevonatkozó irodalom gyakran egymásnak ellentmondó eredményeit.

További korlátozó körülmény, hogy vizsgálatainkat 4 mm vastagságú próbatesten és csak három terhelésszinten 0,4 aszimmetria tényező mellett végeztük, az eredmények ilymódon mintegy további vizsgálatokra ösztönzőeknek tekinthetők.

Irodalom

- [1] Dr. Berke Péter – Dr. Michelberger Pál: Járműépítésben használatos anyagok anizotrópiájának vizsgálata. Anyagvizsgálók Lapja 3. évf. 3. szám. 1993. pp. 96-98.
- [2] OTKA pályázat 1987–1991. Hagyományos és növelt szilárdságú acél anyagok valamint kötések tönkremeneteli folyamatainak feltárása rendszertelen terhelésváltozás esetén.
- [3] 5–420 sz. OTKA pályázat. Hasznójármű vázszerkezetek dinamikai méretezése. 942 045 031/114

Nemzetközi tanácskozások Miskolcon a kifáradásról és a törésről

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékének szervezésében, az **European Structural Integrity Society (ESIS)** védnöksége alatt került lebonyolításra a két nemzetközi rendezvény a kora tavaszi időszakban (március 10–12.), mégpedig a XIIth International Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals (XII ICMFM) és a 3rd International Seminar/Workshop on Teaching and Education in Fatigue and Fracture (TEFF-3). Mindkét rendezvény egy sorozat része a maga hosszabb-rövidebb hagyományaival.

Az ICMFM sorozat elindítása a volt szocialista országok tudományos akadémiáinak égisze alatt valósult meg **Mirko Klesnil** (Csehszlovákia) és **G. K. Schmidt** (NDK) professzorok kezdeményezésére. Az első konferenciát 1972-ben Brnoban szervezték, amelyet követtek a Drezdában (1974), Jablonában (1975), Brnoban (1977), Drezdában (1979), Kievben (1981), Miskolcon (1983), Gdanskban (1985), Smolenicében (1987), Gauszigban (1989), majd az újból Kievben (1991) szervezett konferenciák. A 90-es évek elején végbement politikai változások következtében az addig többnyire csupán szocialista országok vezető szakemberei mellett megjelentek a szakmai közélet jelentősebb egyéniségei. Kievben igen élesen vetődött fel a hogyan tovább kérdése. Tekintettel arra, hogy a „történelmi hagyományok” szerint hazánk következett a rendezők sorában, a döntés számomra igen nehéz és egyben felelősségteljes volt. A folytatás melletti kiállás után két rendkívül fontos feladat adódott. Az egyik a konferencia hosszútávú életben maradását garantáló nemzetközi tanácsadói testület megszervezése, a másik pedig a rendezvénysorozat életében, történetében „átmenetinek” tekinthető miskolci konferenciához az anyagi támogatást adó szponzorok megnyerése pályázatokkal, avagy egyéb utakon. Mindkét feladatot sikerült kellően megoldani, hisz a 32 tagú nemzetközi tanácsadói testületben négy földrész 24 ország vezető szakembere kapott helyet. Többek között **I. Milne** az ESIS elnöke, a fáradással foglalkozó, minden könyvben megtalálható, **P. C. Paris** a Washington Egyetem professzora, az ESIS fáradással foglalkozó szakbizottságának vezetője, **J. Petit**, az Ukrán Tudományos Akadémia két tagja, **V. V. Panasyuk** és **V. T. Troshenko**, a Lengyel Tudományos Akadémia tagja: **S. Kocanda**, a Francia és Ukrán Tudományos Akadémia tagja **D. Francois**, az Orosz Tudományos Akadémia tagja: **N. S. Makhutov**, valamint a sokat forgatott szakkönyvek ismert szerzői (**P. Lukas**, **D. Cioclov**, **Brown M. V.**, **Bloom A. F.**, **Sunder R.**, **Pluvinage G.**, **H. P. Rossmanith**, **A. Carpinteri** és mások). A konferencia sikerességének egyik záloga volt, hogy a nemzetközi tanácsadói testület tagjainak döntő többsége jelezte részvételi szándékát. Így az ESIS elnöke I.

Milne úr, több mint 20 ország (Japán, Kína, Korea, USA, Dél-Afrika, Izrael és az európai országok többségét képviselő) mintegy 100 részvevőjét üdvözölhette a konferencia megnyitóján. A mintegy 80 elhangzott szóbeli előadás alapján a világ különböző helyein folyó kutatásokról kaphattak átfogó képet a résztvevők. A hazai szakemberek előadásaikkal kellőképpen képviselték és bemutatták e kis országot, amely megítélés szerint földrajzi méreténél nagyobb súllyal vesz részt a nemzetközi szakmai élet e szeletében.

A TEFF-3 ugyancsak egy nemzetközi rendezvénysorozat eleme, amely 1992. évben indult útjára Bécsben. Ezt követte a Miskolcon 1993-ban szervezett konferencia, a TEFF-2. A mostani konferencián elhangzott 11 előadás ugyanennyi ország képviselőjének álláspontját szemlélteték tükrözve, aláhúzáva a gazdasági jelentőséget az élet- és vagyonszolgálatot szolgáló törési folyamatok minél alaposabb megismerését és kiküszöbölését közvetlenül elősegítő oktatás fontosságát.

A rendezvények feszített szakmai programját jól egészítették ki a relaxációs biztosító kulturális programok Egerben, Tokajban, valamint a barlangfürdőben Miskolc-Tapolcán eltöltött órák.

Az általános megelégedést kiváltott szerény részvételi díjat csak úgy érthettük el, hogy szponzoraink, az OMFB, az Európai Unió, az MTS Training Centre és a Paksi Atomerőmű a rendezvény anyagi biztonságának megteremtéséhez számottevően hozzájárultak.

A konferencia kellemes színtöltje volt az egyetemi hallgatók széles köre (mintegy 25 fő) bekapcsolódása a helyszíni szervezői munkába, a vendégek szabadidős programjainak lebonyolításába. Ez a nyelvgyakorlás, a szakmai élet vezető egyéniségeinek megismerése mellett egyben hozzájárult a kapcsolatteremtésekhez, a nemzetközi rendezvényeken való szereplés tanulásához. Mint a konferencia egyik szervezője meggyőződéssel vallom, hogy a nemzetközi szakmai életben való fesz-telen, de felelősséggel járó szereplés megtanulását pedig nem lehet eléggé korán kezdeni. Úgy tapasztaltam, hogy a jelenlevő, lelkes munkát végző hallgatók ezt maximálisan átértékelték.

A két miskolci rendezvény egyik legnagyobb sikerének az tekinthető, hogy a folytatás már eleve biztosított. A XIII ICMFM megrendezésére **S. Vodenicharov** úr vállalkozott Bulgáriában, míg a TEFF-4 megrendezésére újból Bécsben kerül sor 1995-ben **H. P. Rossmanith** úr vezetésével.

Dr. Tóth László
a konferencia szervező bizottságának elnöke

Tapasztalatok az anyagvizsgálat köréből

Dr. Szombatfalvy Árpád*

Szerkezetek, gépelemek és szerszámok törése és a hibák okainak feltárása mindig érdekes és izgalmas munkát jelent az anyagvizsgáló számára. Vannak esetek, amelyeknél szemrevételezéssel, esetleg kézi nagyító használatával a hiba jellege alapján megállapítható, hogy mi okozta a bajt. Gyakoribb azonban, hogy csak korszerű berendezéssel (raszter-mikroszkóp, mikroszonda, röntgenfluoreszcens-spektrométer stb.) végzett vizsgálatok és hosszas töprengés után dönthető el, hogy mire kell visszavezetni egy ipari káresetet.

Van egy tényező, ami nagy segítségére lehet a vizsgáló személynek: a tapasztalat. Ehhez azonban sok éves szakmai tevékenység szükséges. – Elvileg megoldás lehet a kizárásos módszer alkalmazása is, ez azonban hosszadalmas és költséges.

A hibák hatása összegződik

Sokszáz vizsgálat eredményei alapján megkíséreltük egy olyan eljárást kidolgozását, amely előírja, milyen sorrendben mit kell ellenőrizni és a részeredmények alapján még milyen vizsgálatok szükségesek. A hibák jellege és eredete azonban annyira sokféle lehet, hogy ilyen irányú elképzelésünk nem volt megvalósítható. Egy vizsgálati sablon alkalmazásának van még egy akadály: több éves tapasztalat alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a hibák hatása összegeződik, a bekövetkezett törések legnagyobb része (mintegy 80%-a) *nem egyetlen okra* vezethető vissza. Tengelyek, fogaskerek, szerszámok nem azért hibásodtak meg, mert anyaguk zárványos volt, helytelen volt a méretezésük, vagy nem volt megfelelő a hőkezelésük. A baleset azért következett be, mert ezek együttesen léptek fel. Pl. egy tartót alumíniumból készítették, nem számoltak a fagypontra alatti hőmérséklettel és még túl is volt terhelve. A legtöbb gépelem vagy szerszám rendszerint túléli, ha e hibák egyike van jelen; de ha ezek közül egyidejűleg több is előfordul, az töréshez vezet.

Az időjárás is tényező

Hogy egy anyagvizsgálónak milyen sok körülményre kell hogy kiterjedjen a figyelme, álljon itt tanulságul a következő néhány eset.

Egy vidéki vállalat telepén 8 db, egyenként Ø 4x8 méteres erjesztő tartályt telepítettek. Ezek közül kettő néhány hónapos üzem után meghibásodott, szivárgást észleltek. A burkolat eltávolítása után egyes varratok mentén repedések tűntek elő, amelyek a varratokra is áttértek. Feltűnő volt, hogy a repedések eloszlása nem egyenletes, hanem csak egyes területekre korlátozódott. – A gyártási dokumentációból a következők voltak kiolvashatók: négy tartályt A38B, másik négyet A38 minőségi jelű acélból gyártottak, a lemez vastagsága 12 mm. Néhány lemeznek hiányzott a műbizonylata. A hegesztők minősítése és a varratok ellenőrzése megfelelt az előírásoknak. Kezdetben arra nem találtunk magyarázatot, hogy a repedések miért csoportosan, csak egyes zónákban fordulnak

elő. A hegesztőkkel folytatott beszélgetés során elhangzott, hogy néha mostoha körülménynek között, hidegben, szélben dolgoztak. Ez a megjegyzés vezetett nyomra: az építési naplóban fel volt jegyezve a varratok hegesztésének időpontja. Az Országos Meteorológiai Intézettől bekért kimutatásokkal ezeket egyeztetve kitudt, hogy a hibás varratokat erősen szeles, esős időben készítették. Az utólagos vizsgálatokból az is megállapítható volt, hogy a repedt lemez anyaga erősen zárványos, csillapítatlan acél. A vizsgálatok eredménye abban összegezhető, hogy a repedések az anyagminőség és a bizonytalan hegesztési körülmények együttes hatásának a következményei.

A kényelem ára

A következő történet jó példa arra, hogy mi mindenre kell gondolnia egy anyagvizsgálónak.

Egy drága, külföldi szerszámgép szétszerelve érkezett. A rendkívül részletes, szabatos előírásokat betartva, csapágyai néhány száz üzemóra elteltével erősen zörögtek, kikoptak. A reklamációra a szállító válaszképpen új SKF csapágyakat küldött. Ezek beszerelése után az eset megisméllődött. A szerelési utasítást tanulmányozva, abban a következőket olvastuk:

„A csapágyakat a dobozból kiemeljük, a csomagolópapírt eltávolítjuk és a zsírréteget letöröljük, majd egy edényben, bő petróleum-fürdőben ecsettel lemossuk. Ezt a műveletet megismételjük, majd pormentes helyiségben, áramló petróleumsugárban még egyszer átmoszuk, utána vékonyan bekenjük...”

A szerelést végző lakostól utólag megkérdezve, pontosan elismételte az utasítás szövegét, és állította, hogy pontosan aszerint járt el. Némi töprengés után fölítettünk még egy kérdést: „Hogyan állította elő a folyékony petróleumsugár?” „A sikkoszűrőből bőségesen ömlik a petróleum” – hangzott el a válasz! Ez mindent megmagyarázott.

A szerelést irányító üzemvezetőnek nem volt elég fantáziája, hogy ezt a mosási módot elképzelje és megtiltsa!

A tisztaság szerepe

Egy további tanulságos eset a következő: Egyik gépgyárban vágóhídi berendezéseket rendeltek. természetesen korrózióálló acélból. Az asztalok, állványok, kádak elkészültek és néhány napos tárolás után szállításra voltak előkészítve, amikor észrevettük, hogy egyeseken rozsdafoltok keletkeztek. Kezdetben anyaghibára gyanakodtak, ezért beperelték a lemezanyagokat, rudakat, csöveket szállító vállalatot. Az elrendelt szakértői vizsgálat célját szolgáló szemle során a következők voltak megállapíthatók:

A legyártott tárgyak kb. 30%-a hibátlan volt. A többiek pontszerű rozsdafoltok jelentkeztek. Ezek nem egyenletesen oszlottak el, hanem helyenként sűrűbben, máshol ritkábban voltak láthatók, vagy teljesen hiányoztak. Volt pl. olyan cső, amelynek egyik oldalát sűrűn borították a korróziós nyomok, az ellenkező oldal viszont hibátlan volt. A hibák ilyen eloszlása kizárta az

anyaghiba valószínűségét; így valamilyen technológiai rendellenességre, a szállítási, rakározási körülményekre kellett gondolni. A laboratóriumi vizsgálat egyelőre feleslegesnek látszott, ehelyett a gyártás körülményeinek a tanulmányozása tűnt célravezetőnek.

A technológia egyes lépéseit követve, a raktáron, a daraboló-, a megmunkáló-, a hegesztő- és a szerelőműhelyeken végighaladva, a következőket tapasztaltuk: A csöveket és a rudakat vágótárcsával darabolták. Egyidejűleg ötvözetlen acélokat is daraboltak ugyanezen gépeken. Ezek vágásakor az apró vasszemcsék rácsapódtak a nemes anyagok felületére és a nedves levegő hatására utóbb megrozsdásodtak. E felismerést igazolta, hogy a rozsdafoltok enyhe csiszolással eltűntek és utóbb sem jelentkeztek.

A gyárban viszont – némi izgalom árán – megtanulták, hogy korrózióálló acélokat nem szabad közönséges szerkezeti acélokkal együtt megmunkálni.

A fentiekhez kissé hasonló az a történet, amelyet annak idején, boldogult Verebély professzorunk mesélt: Az 1920-as évek végén az Egyesült Államokban kísérlet képpen alumíniumsodronnyal építettek villamos távvezetékét, amely éveken keresztül kifogástalanul működött. Németországban, az ismert gazdasági okokból kifolyólag, szintén próbálkoztak ilyen távvezeték építésével, ez azonban alig egy év elteltével leszakadt, a sodrat szinte szétmállott. Mélyreható vizsgálatok alapján a hiba okát a következőkben találták meg:

Amerikában külön húzóművet építettek az alumínium huzalok gyártására. Németországban ennek anyagi akadályai voltak, ezért egyik részfeldolgozó üzemben gyártották le a huzalokat, olyan húzógyűrűket használva, amelyeken korábban rézanyagot húztak. Ezek mikroszkópius és szubmikroszkópius szemcséi rátapadtak az alumínium felületére, mondhatsz, „megfertőzték” azt és a korrózió jelenségének ismeretében könnyű belátni a végbemenő folyamatot.

Talán tréfának tűnik, de a tapasztalt anyagvizsgáló néha „megszolgálja” a hiba okát.

Néhai volt főnököm, *Mester István*, aki a szakma kiváló művelője volt, mesélte el a következő történetet: Egy kisebb vidéki gépgyár reklamációt jelentett be a Diósgyőri Vasgyárnál, hogy a hengerelt bugákat nem tudják feldolgozni, mert az anyag kovácsoláskor rendkívül törékenynek bizonyul. Nem a vöröstörékenységre jellemző módon reped, hanem „kásaszerűen” szétmállik. A reklamáció kivizsgálására őt küldték ki. Már a gyár kapujában megcsapta orrát a fokhagymára emlékeztető szag. „Minden világos volt – mesélte – akár vissza is mehettém volna, csak illemből látogattam meg az üzemvezetőt, hogy közöljem vele a reklamáció elfogadását.” Ugyanis tapasztalatból tudta, hogy az acél arzén tartalmaz. Az pedig ismeretes, hogy ez a szennyező milyen nagy mértékben teszi rideggé az acélt.

942 048 118

* nyugalmazott gépészmérnök

Hőmérsékletmérés acélok hegesztésénél

Hollósné Szabó Andrea – Gyura László – Csikós Gábor*

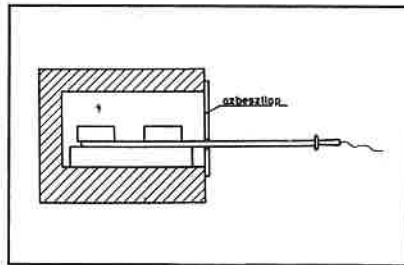
Bevezetés

Növelt szilárdságú hegeszthető szerkezeti acélok esetében különleges jelentőséget kap a hegesztett kötés hőmérsékletének ellenőrzése magának a hegesztési folyamatnak a során. Ezeknek az acéloknak a kiváló tulajdonságait a termomechanikus alakítással létrehozott, igen finomszemcsés szövetszerkezet biztosítja. A hegesztés során az a legfontosabb feladat, hogy ezt a finomszemcsés szövetszerkezetet a hőhatásövezetben megőrizzük, a varratban pedig úgy irányítsuk a szövetszerkezet-változás folyamatokat, hogy hasonlóan finom szerkezet alakuljon ki. Ehhez a technológiai paraméterek gondos megválasztásán túl a hőbevitel ellenőrzésére is szükség van. A nagyszilárdságú szerkezeti acélok hegesztésénél a technológiai előírás tartalmazza az ún. közbenső hőmérséklet értéket, amely hőmérsékletre az elkészült varratnak a következő sor rákerüléséig le kell hűlnie. A kötés tulajdonságainak szempontjából egyaránt kedvezőtlen, ha a varrat az előírt hőmérsékletig nem hűl le, illetve ha annál alacsonyabb lesz a hőfoka.

Hőmérsékletmérés

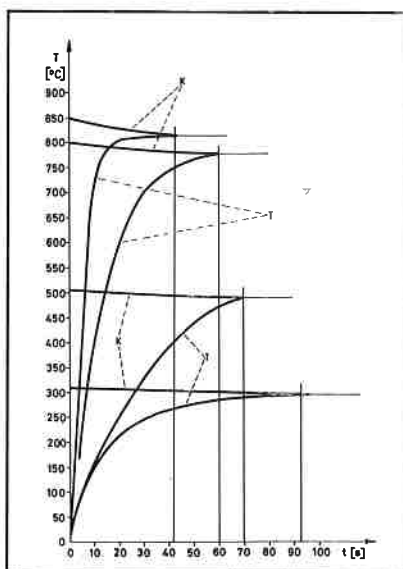
Az említett közbenső hőmérséklet ellenőrzéséhez hasznos segítséget nyújt a hordozható kivitelű Testo Therm 2256-1 típusú műszer. A műszer a hőmérséklet mérésén kívül relatív páratartalom mérésére is alkalmas, természetesen megfelelő érzékelő szonda alkalmazásával. A következőkben a hőmérséklet mérés során szerzett tapasztalatainkat, észrevételeinket foglaljuk össze.

A hőmérő, a hozzá tartozó NiCr-Ni hőelemes mérőszondának köszönhetően, -200°C – $+1370^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet intervallumban használható. 200°C alatti hőmérsékleten a mért adat tized $^{\circ}\text{C}$ pontossággal, 200°C felett 1°C pontossággal határozható meg. A műszer folyadékkrisztályos kijelzővel rendelkezik, így a mért érték könnyen leolvasható. Az említett szonda 3 mm átmérőjű hengeres rúdban végződik, így a felületre való felfekvéskor a vizsgált tárggyal vonalszerűen érintkezik. Tapasztalataink szerint a mérés akkor végezhető el pontosan, ha ez a felfekvés legalább 15–20 mm hosszon létrejön. A méréseket abból a célból végeztük, hogy egyrészt ellenőrizzük a hőmérő pontosságát, illetve megbízhatóságát a számunkra fontos 100 – 250°C hőmérséklet-tartományban, másrészt meghatározzuk azt az időt, mely alatt a hőmérő a szükséges



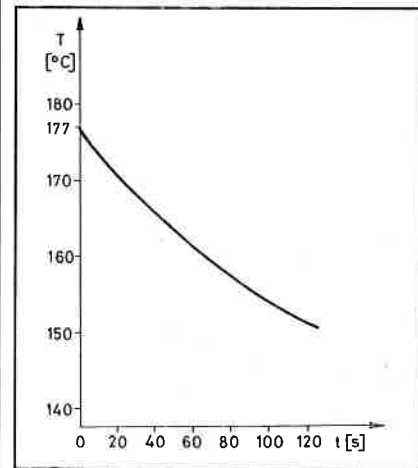
1. ábra. A hőmérő kabralása

hőfokra beáll. A hőmérővel való pontos mérés technikájának megtalálásához ellenőrző méréseket végeztünk, melynek lényege, hogy egy LTP-M-K/1100 típ. asztali hőkezelő kemence felütiött munkaterében elhelyezett acél próbatest felületéhez érintettük a mérőszondát. A kemence kikapcsolása után az azbeszt lappal lezárt munkatér hőmérsékletének mérése során a kemence saját hőmérője és a Therm 2256-1 hőmérő a 150 – 180°C -os tartományban pontosan ugyanazokat az értékeket jelezte. Az említett nagyszilárdságú acélok hegesztésénél a közbenső hőmérséklet kritikus értéke a 120 – 150°C intervallumba esik, ez indokolja a kalibrálási hőmérsékletet. A mérés elrendezését vázlatosan az 1. ábra mutatja. A 100°C hőmérséklet ellenőrzésére normál nyomáson forrásban lévő vízbe helyezett próbatest hőfokát mértük. Az eljárás a műszer pontosságát igazolta. A mérések során, természetesen a szonda hőtehetetlenségéből adódóan, adott hőmérséklet eléréséhez bizonyos időre van szükség. A teljes hőmérséklet-tartomány ellenőrzésének érdekében



2. ábra. A beállási idő meghatározása. K – a kemencetér és a munkadarab hőmérséklete, T – a tapintó hőmérő hőmérséklete.

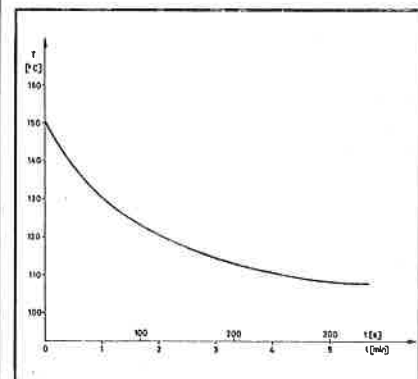
különböző hőmérsékletre beállított hőkezelő kemencében végeztük el az adott hőfokra való beállítás vizsgálatát. A 2. ábrán látható görbék jól mutatják, hogy a tapintó hőmérő a magasabb hőmérsékleteket lényegesen gyorsabban eléri. Az ábrán berajzoltuk a tapintó hőmérővel, valamint a kemencetér hőelemmel mért hőmérséklet változását is. A mérést mindaddig folytattuk, míg a két érték egyenlővé nem vált. A különböző hőfokoknál adódott beállási idő az ábráról leolvasható és a 850 – 300°C hőmérséklet-intervallumban 40 – 90 s között van. Megjegyezzük, hogy a magasabb hőmérséklet eléréséhez szükséges rö-



3. ábra. Hegesztett kötés

videbb beállási idő azzal van összefüggésben, hogy a hűtődés jelenős mértékben hőszigeteléssel történik, ellentétben az alacsonyabb tartományban, ahol a konvekció a meghatározó.

A hegesztett munkadarabok hőmérsékletének ellenőrzésekor figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a $\sim 150^{\circ}\text{C}$ mérések a szonda elegendően hosszú ideig érintkezzen a darab



4. ábra. Hegesztett kötés hűlési görbéje az utolsó varratosor elkészülte után

* BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Intézet