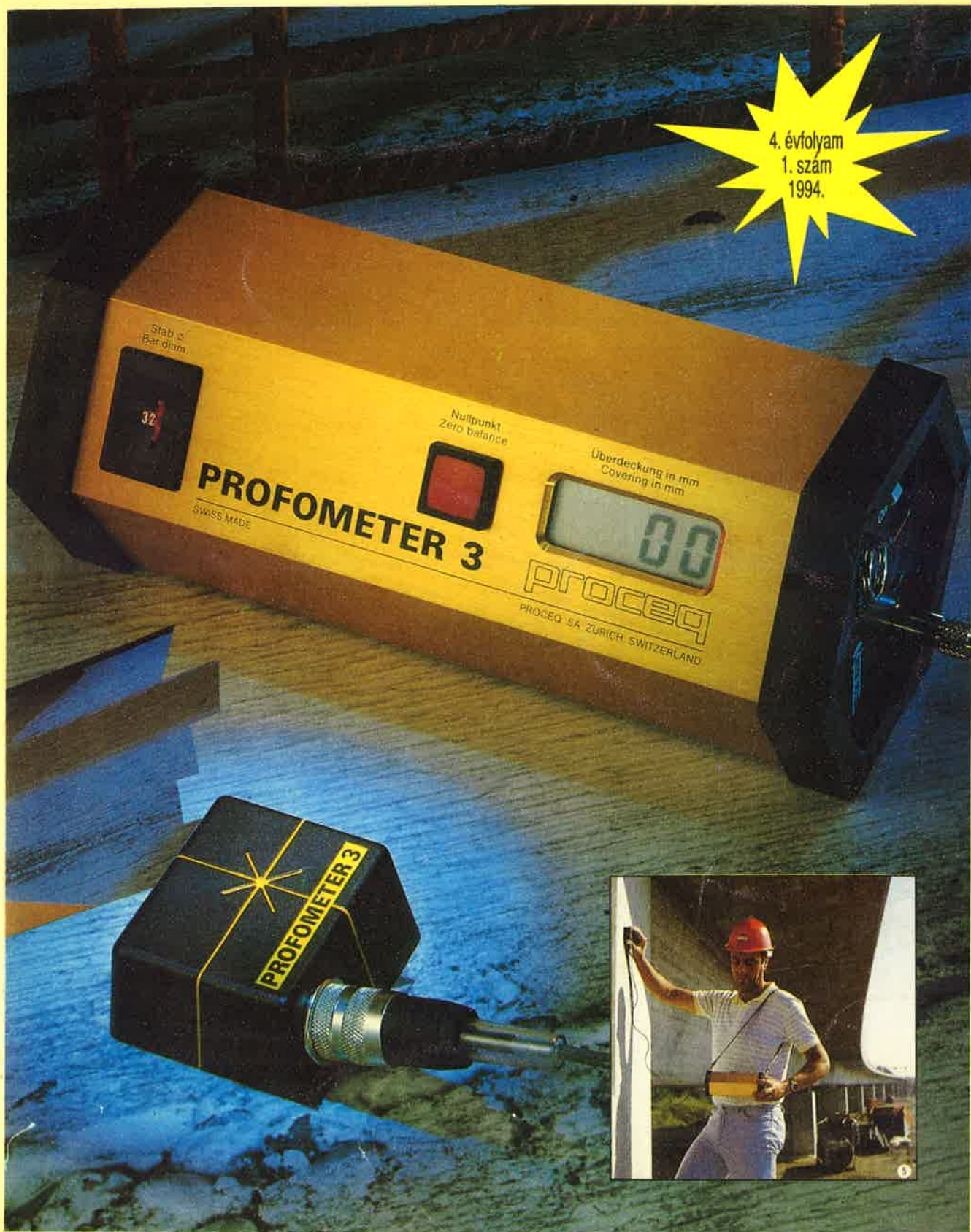


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

4. évfolyam
1. szám
1994.





6. Európai Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia

1994. október 24-28.

Nizza, Acropolis Konferencia Központ

A konferencia szervezője a COFREND, a roncsolásmentes vizsgálatok francia nemzeti társasága. Hírlevelük, a 6th ECNDT News októberi száma a következőkről tájékoztat:

Tudományos program

Az európai konferencia iránt világméretű az érdeklődés. Eddig 24 országból – az USA-tól Japánig – mintegy 400 előadási javaslat érkezett a dr. Saglio vezette tudományos bizottsághoz. A témák sokszínűsége, a vizsgálati elv és az alkalmazási terület szerinti megosztása **mini-kongresszusok szervezésére is** módot ad, mégpedig

- **akusztikus emisszió**, amely az európai munkacsoport, az EWGAE 21. értekezlete lesz;
- **nagyfrekvenciás ultrahangok**, amely a 2. ilyen világszerte lesz;
- **neutron radiográfia**, amely világméretű tapasztalatcserére ad lehetőséget.

Az egyes eljárások helyzet- és jövőképén túl már körvonalazható **az előadások fő mondanivalója** az eljárások automatizálása és modellezése, pl. a mágnesporos eljárásé, az azonos feladatra alkalmas különböző módszerek összehasonlító elemzése, pl. kompozitok vizsgálata, a környezetvédelmi szempontok érvényesítése, a jelfeldolgozás, az adatgyűjtés és -feldolgozás problémák köré.

Az **NDT innovációs díjra**, – amelyet az elmúlt négy évben az NDT terén elért legeredetibb módszertani vagy készülékfejlesztési eredményt elért személynek vagy csoportnak ítélnek oda –, eddig több mint 50 javaslat érkezett, bizonyítékul a díj által keltett érdeklődésnek. Ezért **kérjük mindazokat** – írja R. Genevray úr, a díjbizottság elnöke – **akik még részt kívánnak venni ebben a versenyben, lépjenek kapcsolatba a szervező egyesülettel, a COFREND-del.**

Az **NDT filmfesztiválra is még várnak további nevezéseket.** Mielőbbi előzetes jelentkezés után az érdeklődőknek megküldött tájékoztató szerint **1994. május 31-ig** lehet beküldeni mind az oktató, mind a műszaki tudományos kategóriába sorolható, kb. 20 perces, angol vagy francia nyelvű audiovizuális filmeket, megjelölve a video-rendszert.

A filmzsűri tagjai: J. Fytos (GR), M.J. Whittle (GB), G. Merckaert (B), Mrs J. Buysse (F), J. Colomer (F), M. Cousin (F), M. Vivarel (F). Mindkét kategóriában egy-egy fődíjat és zsűri különdíjat adnak át, mégpedig 1994. október 28-án, a konferencia záróülésén.

Kiállításra eddig 67 cég jelentkezett és az igényelt 1800 m² betölti a rendelkezésre álló csarnok csaknem teljes területét. Ezért **a jelentkezést október végén lezárták**, közölte a kiállítási bizottság elnöke, R. Verry úr.

„Az Ön jelenléte és tapasztalata is hasznára válik az egész NDT-szakmának! A konferencia jó alkalom arra, hogy kölcsönösen tanuljunk egymástól megismerve egymás munkáját és eredményét...”
hív mindannyiunkat R. Saglio úr, a tudományos bizottság elnöke.

Kapcsolattartó: Emmanuele Chapelon,
Tel.: 33-1 43473020 • Fax: 33-1 43473080

A konferenciáról és a kiállításról további adatokkal szolgál
a COFREND, 1 rue Gaston Boissier, F-75015 Paris.

Az Anyagvizsgálók Lapja az esemény hivatalos sajtóforrása
Kísérje figyelemmel közleményeinket!



Sous l'égide de

LA COFREND

1, rue Gaston Boissier - 75015 Paris - FRANCE - Tél. (33-1) 44 19 76 18 - Fax (33-1) 44 19 75 04



**Partenaires
Officiels**



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó TESTOR BT. címén

Budapest XII., Törpe u. 8.

1538 Budapest, Pf. 528.

Telefon: 155-9886

Telefax: 155-2618

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

Koczor Zoltán

dr. Pólos László

Szabó Sándor

dr. Tóth László

Szerkesztő:

Nagy Éva

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1994-re

(1-4 szám): 1.320,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, ill. posta-
utalványon, vagy átutalással, az OKHB Ft.
214-88883/2149-9467 számon. Az előfi-
zető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük
írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása

a TESTOR BT. címén, Nagy Éva

szerkesztőnél.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

Szedés-tördelés: PC-Print BT.

Ha Ön az újságban megjelenő
cikkekről bővebben kíván érdeklődni
– akár visszamenőleg is – kérjük
a hivatkozási kódszám jelölésével
szerkesztőségünket megkeresni.

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében
fizessen elő!

Egy súlyos ipari katasztrófa és hatása a műszaki fejlődésre

Ezzel a címmel rendezett ankétot a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) ez év január 18-án, Budapesten.

Az ankét időzítése a répcelaki ipari katasztrófa, a szénsavat tároló tartályok rideg törésének negyedszázados évfordulójához és egy mai társadalmi eseményhez kapcsolódott.

A katasztrófa oknyomozó vizsgálatában résztvevő Vasipari Kutató Intézet, Budapesti Műszaki Egyetem, Csepeli Anyagvizsgáló Intézet és Erőkar szakértői – akik a törés témakörében már kísérleti tapasztalatokkal is rendelkeztek – ekkor szembesültek először egy ipari szerkezet rideg törésének tragikus következményeivel, de a hasonló esetek biztonságos elkerüléséhez szükséges egyetemes műszaki tudományos ismeretek hiányosságával is!

Az ankét célja éppen az volt, hogy áttekintse a katasztrófának a hazai műszaki fejlesztésre gyakorolt hatását, az ennek nyomán született, nemzetközileg is elismert eredményeket és azok hasznosulását.

Lapunk jelen számát az ankétot elhangzott előadásokból válogatva szerkesztettük. E helyen is megköszönöm az előadóknak, hogy kézírataikat szerkesztőségünk rendelkezésére bocsátották.

Az ankétnak azonban az is célja volt, hogy felhívja társadalmunk figyelmét arra, hogy a gazdasági rendszerváltozás nehézségei közepette is szükséges áldoznia a műszaki kutatásra és fejlesztésre, hogy ne egy súlyos ipari baleset legyen a műszaki fejlesztést iniciáló erő!

Alkotmányunk szerint: „az élet- és vagyonbiztonság megfelelő szintű szavatolása, a környezet védelme az állam feladata”.

Ebből következik, hogy a műszaki biztonságot törvényekben kell szabályozni. Ezek végrehajtásához pedig rendelkezniünk kell tudományosan megalapozott műszaki szakértői, illetve az ezt felügyelő rendszerrel. gondoskodni kell ezek folyamatos fejlesztéséről és a rendszert működtető szakembereknek, az egyetemes műszaki tudományos eredményekre és tapasztalatokra alapozott rendszeres továbbképzéséről.

Ám a társadalom szükségleteinek kielégítésére a mégoly körültekintő, a környezettel harmonizáló módon végzett ipari tevékenységnek is lesz mindig – ha egyre csökkenő mértékben is – egy véges értékű kockázata. Ezért az emberi tevékenységből származó károk következményeinek a felszámolásához – csakúgy, mint a természeti katasztrófákéihoz – csak egy jól működő biztosítási rendszer tartalékolhat erőforrásokat.

A tudomány, a törvény és a biztosítás eszközeinek összehangolt érvényesítése iránti társadalmi igény kielégítésének problémája mintegy másfél évtizede gyakran szerepel a nemzetközi műszaki tudományos fórumokon.

Ennek eredményeként, 25 ország szakértői, bécsi székhellyel, megalakították az *International Society for Technology, Law and Insurance* (ISTLI) szervezetet. A főtáitkári teendőik ellátására dr. H.P. Rossmann urat, a bécsi műegyetem mechanikai intézetének tanárát választották meg. Az alakuló ülésen – a múlt év novemberében – a GTE képviselője jelezte csatlakozási szándékunkat. E célból, 1994. január 17-én, – a GTE gesztorálásával –, megalakult az ISTLI-Hungary-szervezet –, jelentette be az ankétot dr. Rittinger János, a GTE elnöke.

A társaság célja: a társadalom korrekt tájékoztatása a technológiák veszélyeiről, az ipari katasztrófák megelőzéséről, az ipari káresetekről; ezek megítélésére (rangsorolására) egységes rendszer kidolgozása; a műszaki tevékenység törvényi szabályozása, illetve biztosítása; a szakértők tanúsítása, a szakértői véleményeltérések egyeztetése.

Az Anyagvizsgálók Lapja szerkesztősége figyelemmel kíséri majd ezen összetett célokért tevékenykedők munkáját, és eredményeiről időről-időre tájékoztatni fogjuk olvasóinkat. Várjuk szakértőink publikációit!

Dr. Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Dr. Prohászka János: A rideg törés mikroszerkezeti vonásai Microstructure characteristics of the brittle fracture Mikrostrukturell Züge des Sprödbbruch	3
Dr. Rittinger János: Cseppfolyós szénsavat tároló tartály rideg törése Brittle fracture of a liquid carbonic acid storage tank Sprödbbruch des Speicherbehälter zur flüssige Kohlensäure	9
Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér: Műanyagok és kompozitok dinamikus törése, beszámoló az európai szimpóziumról Report of the European symposium on impact and dynamic fracture of polymers and composites Dynamische Bruch des Polymeren und Kompositen, Bericht über der europäische Symposium	12
Dr. Rittinger János: Káresetelemzések eredményeinek felhasználása műszaki feladatok megoldásában Using of results of the damage analysis to the solution of the technical problems Verwertung der schadenanalytische Ergebnisse zum Lösung der technische Aufgaben	13
Fehérvári Attila, Dr. Rittinger János: Módszer nyomástartó szerkezetek rideg törésének megelőzéséhez Method to prevent of brittle fracture of the pressure vessels Methode für Vorbeugung der Sprödbbruch der Behälter	16
Dr. Karsai István: Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata Non destructive testing of the welded bonds Zerstörungsfreie Prüfungen der Schweissverbindungen	20
Dr. Czoboly Ernő, Dr. Havas István: Töréssel kapcsolatos kutató- és oktatómunka a BME Mechanikai Technológiai Tanszéken Research and teaching connected with the crack at Budapest Technical University Department of Mechanical Technology Forschung und Unterricht der Bruch in Budapest Technische Universität Lehrstuhle für Mechanische Technologie	22
Dr. Tóth László: A répcelaki törés hatása a Miskolci Egyetem kutatási és oktatási tevékenységére Effect of Répcelak-crack to the research and teaching at the Miskolc University Wirkung der Bruch in Répcelak zur Forschung und Unterricht in Miskolcer Universität	25
HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN	19, 26

SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU

Dr. Borbás Lajos: Mérőműszerek, vizsgálóeszközök a Proceq kínálatából Testing instruments from Proceq Prüfgeräte von Proceq	27
--	----

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Pákh Miklós, Dr. Róth András: Beszámoló a II. Minőségi Hét nemzetközi konferenciáról Report of the 2nd Quality Week International Conference Bericht über 2. Qualitätswoche International Konferenz	28
--	----

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONES – MEILENSTEINE

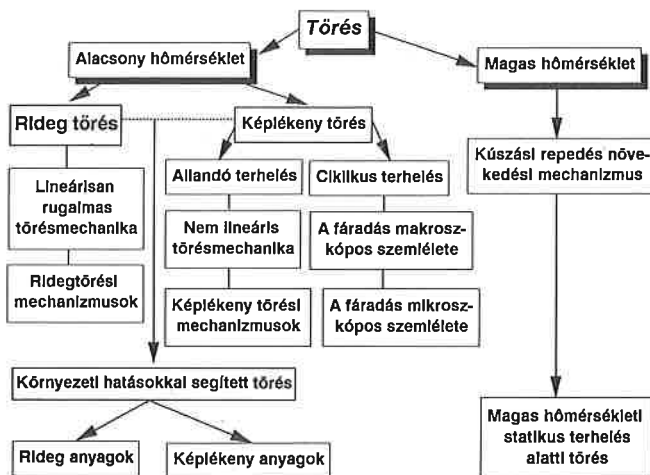
Dr. Huszár István köszöntése – Greeting – Begrüssung	31
--	----

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER	32
--	----

A rideg törés mikroszerkezeti vonásai

Dr. Prohászka János

A törés, ami a szerkezeti anyagokból készített alkatrészek élettartamát a legtöbb esetben meghatározza, nagyon bonyolult események sorozataként következik be, és annak számos fajtája és ennek megfelelően sokféle felosztási módja is megtalálható a szakirodalomban. Az alábbi táblázat az Encyclopedia of Materials Science and Engineeringből vett felosztást tartalmazza.



Mi a teljes táblázatból csak a rideg törés mechanizmusairól és a velük kapcsolatos mikroszerkezeti vonásokról próbálunk a következő oldalakon egy rövid áttekintést adni.

A rideg törést sokan sokféle módon definiálják a különböző cikkekben és könyvekben. Természetesen mindegyik tükrözi a legjellegzetesebb vonásokat. A következőkben a rideg törést úgy tekintjük, mint amelynek alapfeltétele az, hogy:

- a törés közvetlen szomszédságában nincs vagy csak alig mérhető a képlékeny alakváltozás;
- instabil a repedés;
- gyors a repedés terjedése;
- a repedés terjedéséhez szükséges energia a törési felület közvetlen környezetében felhalmozott rugalmas energiából származik.

Azt meg kell jegyezni, hogy a teljesen ridegnek tűnő törésselületekről készített röntgen felvételeken az interferenciavonalak kisértékesedése arra utal, hogy bizonyos, kismértékű maradó alakváltozások még az ilyen esetekben is végbemennek az anyagban.

A rideg törés tulajdonképpen a II. világháború alatti események óta foglalkoztatja nagyobb mértékben a szakembereket. Korábban is észleltek rideg töréseket és jelentek meg ezzel kapcsolatos dolgozatok, de a rendszeres kutatás a 40-es években indult meg.

Az USA-ban a hegesztéssel gyártott kereskedelmi hajók sorozatos szerencsétlenségei irányították a rideg törésre a figyelmet, mert az így gyártott hajók közül sok elsüllyedt a túlterhelés minden észlelhető jele nélkül. A legfigyelemreméltóbb az SS Schenectady olajszállító hajó esete volt, mert üresen a közepén ketté tört csendes vízben, 5 °C körüli hőmérsékleten. A terhelése statikus volt, mindössze 60–90 MN/m².

A törés bekövetkeztével kapcsolatos okokat eleinte a hegesztésben keresték, mivel abban az időben kezdték el a hegesztett hajók gyártását. Ezzel szemben állt az a tény, hogy sok hegesztett hajó nem süllyedt el. A másik érv az volt, hogy a törés nem csak a hegesztés mentén következett be, hanem keresztülhaladt a lemezekben és természetesen a hegesztett varratokon is, és semmilyen „akadálynál” nem állt meg.

Az eltört hajók lemezeiből kivett mintákon a szabványos szakítóvizsgálatoknál szobahőmérsékleten minden esetben jól észlelhető képlékeny alakváltozást mértek. A Charpy- és az Izod-vizsgálatok sem hoztak eredményt, mert azokon ugyan jelentkeztek olyan hasadási felületek, mint amelyeket a hajókba épített lemezek törésselületein megfigyeltek, de a

terhelési sebesség és a terhelés nagysága összehasonlíthatatlannak bizonyult az eltört hajókéval.

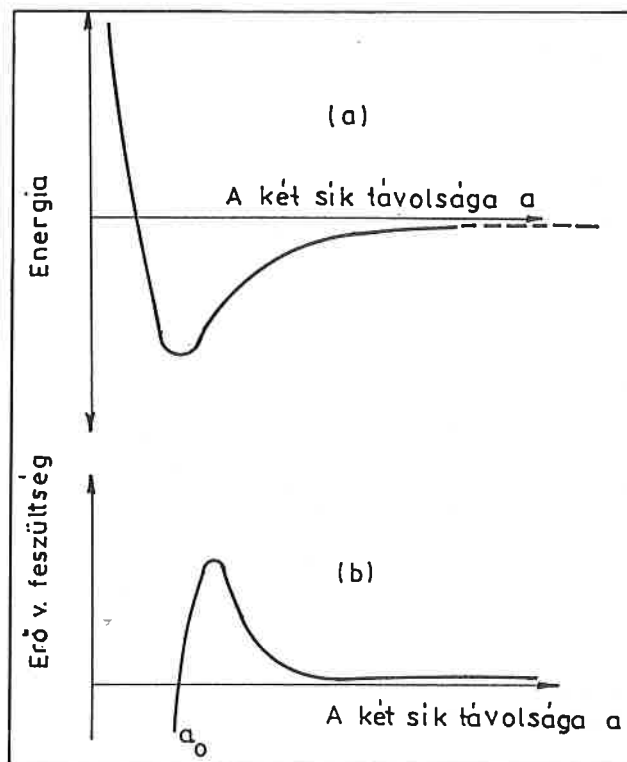
Az ismert volt már, hogy a lágyacél –150 °C-on és az az alatti hőmérsékleteken ridegen törik hasadással jelleggel, de a hajószerencsétlenségek hőmérséklete ennél sokkal nagyobb volt. Tulajdonképpen ezek a sajnálatos események irányították a figyelmet a rideg törés felé.

Rideg törési modellek

A rideg töréssel foglalkozó kutatások túlnyomó többsége két gondolat köré csoportosult, melyek mindegyike arra törekedett, hogy meghatározza, kiszámítsa azt a kritikus feszültséget, amelynél az anyagban a törés bekövetkezik.

Az egyik azon a modellen nyugszik, amely a kristályos testekben az egyes atomok vagy ionok között az összetartó kémiai kötések megszakításához szükséges energiából származtatja a töréshez szükséges elméleti szilárdságot.

Az 1. ábra mutatja a két atom közötti távolság függvényében az energiát (a) és az erőt, vagy feszültséget (b). Az (a) görbe egyértelműen a két H-atom közötti kölcsönhatást mutatja, amikor azok H₂-molekulává egyesülnek, de jó közelítéssel a fémkristályok két síkja közötti viszonyokat is jól tükrözi. Az a_0 a kristályokban a terhelés nélküli egyensúlyi távolság a két sík között. Ilyen távolság mellett a legkisebb a kristály szabadenergiája.



1. ábra Két H-atom közötti kölcsönhatás

A feszültség – távolság 1b. ábra szerinti görbéje jó közelítéssel a

$$\sigma = \sigma_{\text{elm}} \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \quad (1)$$

függvénnyel helyettesíthető, ahol σ_{elm} az az elméleti szilárdság, amely a törés bekövetkezéséhez szükséges, $x = a - a_0$ a szomszédos síkok egymáshoz mért elmozdulása az egyensúlyi értékhez képest, λ pedig a szinuszfüggvény hullámhossza. A töréshez szükséges külső terhelés munkája az (1) függvény félhullámhossza alatti terület nagyságából adó-

dik integrálással. Ez a munka annak a két új felületnek a felületi energiájaként jelenik meg, amely a törés során keletkezett, és annak felületegységrei mennyisége: γ . Ha a két energia-mennyiséget összevetjük, az alábbi kifejezéshez jutunk:

$$\sigma_{elm} = \left(\frac{E\gamma}{a_0} \right)^{1/2} \quad (2)$$

(Ennek a számításnak a részletei a tankönyvekben megtalálhatók.)

Az eredményként kapott egyenletből számított elméleti törési szilárdság sokkal nagyobb, mint a gyakorlatban mért értékek. Mielőtt ennek az eltérésnek a mikroszerkezeti jellegzetességeit tárgyalnánk, nézzük meg a második gondolatot, amit korábban megemlítettünk.

Griffith a ridegen törő anyagokban eleve meglévő repedéseket tételezett fel és azt a feszültséget számolta ki, amely az ilyen eredeti repedések terjedéséhez szükséges. Kiindulási pontja az volt, hogy a szabályos ellipszis alakúnak feltételezett és $2c$ nagytengelyű stabil repedés akkor indul terjedésnek, ha a σ terhelő feszültség okozta U_r rugalmas energia csökkenése a repedés környezetében azonos azzal az energianövekménnyel, amely a terjedő repedés megnagyobbodott felületének U_f energiájaként adódik. A stabil repedés környezetében felszabaduló rugalmas energia és a felületi energia összege:

$$U_0 = U_r + U_f = -\frac{\pi c^2 \sigma^2}{E} + 4c\gamma \quad (3)$$

A stabil és elhanyagolható vastagságú anyagban meglévő állandó méretű repedés akkor indul terjedésnek, amikor a felszabaduló rugalmas energia nagysága éppen egyenlő a megnövekedett repedés felületi energiatöbbségével. Ez a (3) függvény c szerinti differenciálhányadosának 0 értékéből számítható és a végeredmény

$$\sigma_{th} = \left(\frac{2E\gamma}{\pi c} \right)^{1/2} \quad (4)$$

Ez a Griffith-féle egyenlet, mely azt mutatja meg, hogy a $2c$ hosszúságú repedés milyen feszültségnél indul terjedésnek.

Az eddigiekkel kapcsolatban arra kell a figyelmet felhívni, hogy:

- mindkét elemzés energiáit feltételekből indul ki;
- mindkettő kizárólagosan csak a rideg törés feltételeit mérlegelte, mert egyik esetben sem fordult elő a képlékeny alakváltozással kapcsolatos megfontolás;
- mindkét megfontolás hasonló eredményre vezetett, mert a kritikus értékeket meghatározó kifejezések számológéppel ugyanazok az anyagi jellemzők szerepelnek annak ellenére, hogy két különböző feltételrendszerből származtatták azokat, és ha a $(2/\pi c)$ -t közelítően a_0 -nak vesszük, az eredmények azonosak.

A két végeredményben, a (2) és (4) függvényekben szereplő tulajdonságjelzők: az E rugalmassági modulus, a γ felületi energia, az a_0 rácsparaméter és a repedés c félhossza jellegzetes hatásait kell mérlegelnünk, hogy a rideg törés mikroszerkezeti vonásait értelmezhesük. Ezek közül gyakorlatilag kiesik az E és az a_0 , mivel azok minimális mértékben függenek csak a mikroszerkezettől, ui. szerkezetérzékeny tulajdonságok. A két anyagi paraméter, a γ felületi energia és a repedés c félhossza azok, amelyek a mikroszerkezettől jelentős mértékben függenek.

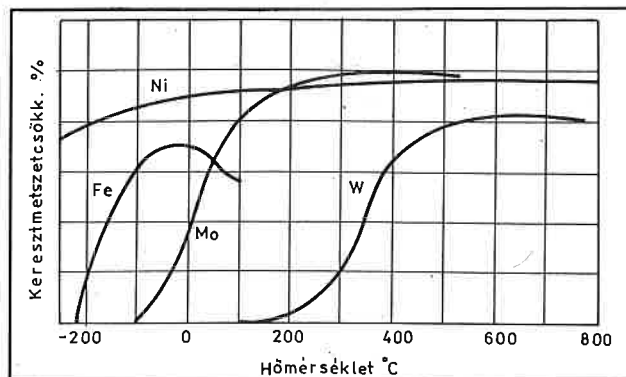
A felületi energiával kapcsolatban számos kutatási beszámoló jelent meg. A meghatározása nagyon körülményes és a mérésével kapcsolatban sok nehézség adódik. A repedés hosszúságának, a $2c$ -nek a mérlegelésénél nem annyira maga a hosszúság, hanem sokkal inkább a repedés létezésének a kérdése a kutatás tárgya.

A Griffith-gondolat abból indul ki, hogy eleve léteznek repedések a rideg anyagokban. Ilyeneket azonban a fémek szerkezeti anyagokban nem sikerült egyértelműen kimutatni. A fémekben és ötvözetekben sokkal inkább a repedés keletkezésének a hogyan és miben léte foglalkoztatja és foglalkoztatja a szakembereket. Annál is inkább, mert szinte általánosan elfogadott az a megfogalmazás, miszerint mind a képlékeny, mind a rideg törés két részfolyamat következménye:

- a repedési mag keletkezése (nucleation), és
- a repedés terjedése.

A repedés keletkezése szoros kapcsolatban van a szóbanforgó anyag kémiai összetételével és annak mikroszerkezetével adott terhelés mellett. A legjobban megmutatkozik ez akkor, ha a fémek és ötvözetek között leggyakrabban előforduló két különböző kristályszerkezetű anyagnak, a térben középpontos köbös (tkk) és a felületen középpontos köbös (fkk) fémkristályoknak a törési jellegzetességeit vesszük figyelembe.

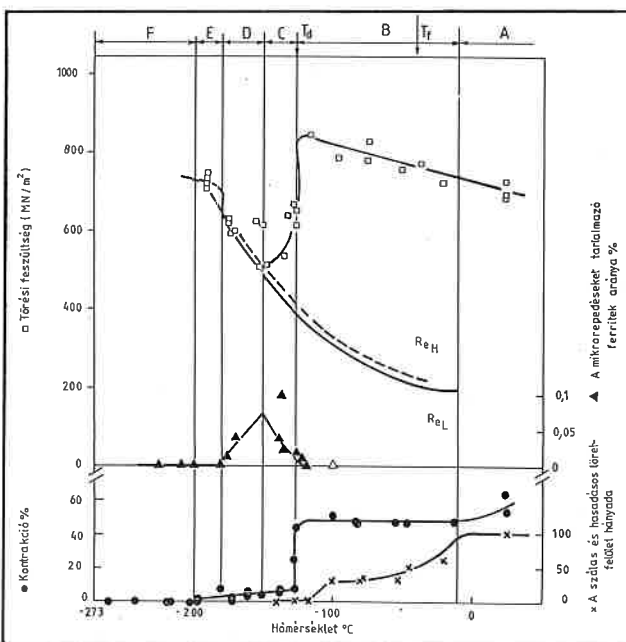
A 2. ábra néhány tkk fém és az fkk szerkezetű Ni szakításánál mért fajlagos keresztmetszetszökkenését mutatja a hőmérséklet függvényében. Ebből kiderül, hogy valamennyi tkk szerkezetű fém valamilyen T_d átmeneti hőmérsékleten elveszti képlékenységet és ridegen törik, míg az fkk szerkezetű nikkal 0 K közelében is alakítható képlékenyen.



2. ábra Néhány tkk fém és az fkk szerkezetű Ni szakítási szívfűsége a hőmérséklet függvényében

Itt jelenik meg először a szerkezet jelentős hatása a rideg törési viselkedésre. Annak okát, hogy a tkk fémek ridegen törnek alacsony hőmérsékleten abban látjuk, hogy a kristályokat összetartó kovalens, fémes, ionos és van der Waals kémiai kötések a legritkábban hatnak egyedül. A legtöbb esetben egyszerre több kötéstípus hatása tartja össze a kristályokat. Erre az egyik sokszor leírt példa a grafit, amelyben a bázislapok kovalens kötés hat, a bázislapokat pedig fémes kötés tartja össze. Ha a tkk fémek ionjai között kizárólag csak a fémes kötés hatna, akkor a szerkezetük nem lehetne ilyen. Ugyanis ismereteink szerint a fémes kötés jellegzetessége olyan, hogy a vezető elektronok által létrehozott és homogénnek feltételezett negatív elektromos tér tartja össze a gömb alakúnak tartott ionokat. Ebben az esetben viszont a legnagyobb térkitöltésnek kellene érvényesülni és vagy fkk, vagy legsűrűbb illeszkedésű hexagonális szerkezetűnek kellene lenni.

A tkk fémekben tehát a fémes kötés mellett kell még legalább egy olyan kémiai kötésnek is lennie, mely irányfüggő, ami kiváltja a szóbanforgó szerkezetet és a nem teljesen sűrű rácsban helyükön tartja az ionokat. A két vagy több kémiai kötés egymáshoz képesti erőssége hőmérsékletfüggő kell, hogy legyen. Ez okozhatja azt, hogy valamennyi tkk fém alacsony hőmérsékleten ridegen tör. Hasonló viselkedést a



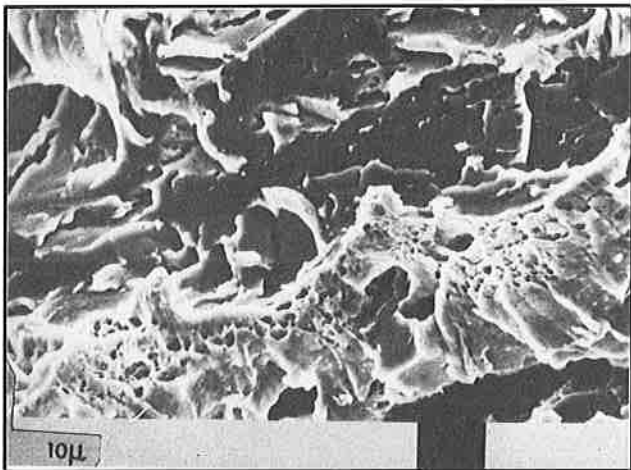
3. ábra Ötvözetlen lágy acél anyagjellemzőinek hőmérséklet-függése

gyémánszerkezetű Si és Ge is mutat. Ezek, a főleg kovalens kötéssel összetartott kristályok képlekenyen szintén alakíthatóvá válnak nagy hőmérsékleteken. Minél nagyobb az olvadáspont, annál nagyobb az a hőmérséklet, melyen alakíthatóvá válnak. És ugyanezt az olvadáspont-függést tükrözi a 2. ábra. Minél nagyobb a tkk fémek olvadáspontja, annál nagyobb a rideg-képlekeny átmeneti hőmérséklet.

Az átmeneti hőmérséklet körüli szerkezetváltozást érdemes Hahn és munkatársai után a 3. ábrán áttekinteni. Ebben az ábrában a hőmérséklet függvényében, amit hat tartományra bontottak, a legjellemzőbb törési paraméterek láthatók.

Az A szakaszban (20... -10 °C között) a durva szemcsés, 0.22% C-t tartalmazó ötvöztelen lágy acél tipikusan képlekeny és a kontrakciónál törik.

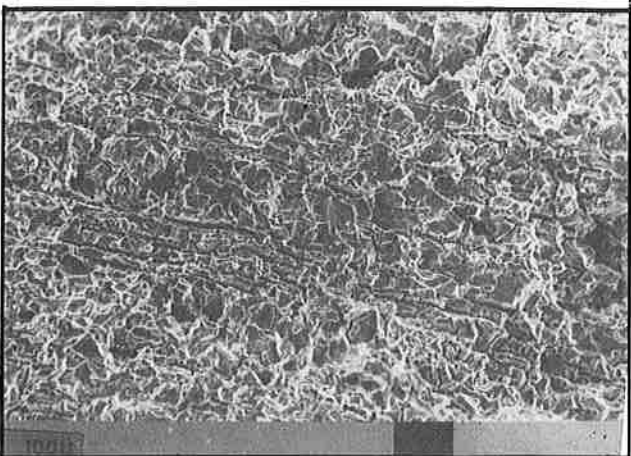
A B szakaszban (-10... -130 °C között) ugyan az acél a kontrakciónál törik, de a törési felület, annak indulásánál, szálas, a befejező szakaszban pedig rideg jellegű. Az ábrában a T_f hőmérséklet az 50-50%-os szálas, illetve hasadási törési felületre jelzi. A 4. ábra mutat olyan pásztázó elektronmikroszkopos felvételt, melyen mind a szálas, mind a rideg töré felület látható.



4. ábra Részben szívós, szálas, részben rideg, hasadási törési felület

A C szakaszban (-130... -150 °C között) a kontrakció rohamosan csökken, a törési feszültség azonban az alsó folyási határ felett marad. A szakaszban belül a mikrorepedéseket tartalmazó ferrit kristallitok mennyisége gyorsan nő a hőmérséklettel. A mikrorepedések a kristallitok minden részében megtalálhatók voltak, már amelyekben voltak repedések. Az 5. ábra szemléltet olyan kristallitokat, amelyekben mikrorepedések láthatók.

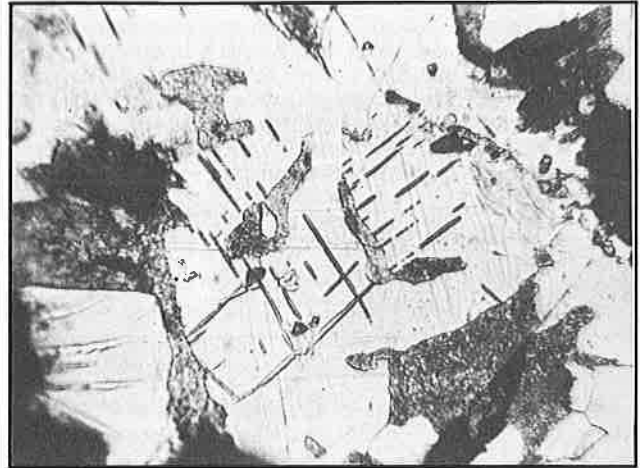
A D szakaszban (-150... -180 °C között) a törési feszültség egybeesik az alsó folyási határral, de a törést mindig megelőzi kismértékű képlekeny alakváltozás. Azoknak a kristallitoknak a száma, melyekben mikrorepedéseket lehet látni, csökken.



5. ábra Mikrorepedések a kristallitokban

Az E szakaszban (-180... -200 °C között) a törés már minden előzetes, a szakításnál mérhető képlekeny alakváltozás nélkül török, az extrapolált felső folyási határnak megfelelő feszültségnél. Mikrorepedéseket a ferrit kristallitokban nem észleltek, amiből arra következtettek, hogy az első repedés azonnal terjedésnek indult és törésre vezetett.

Az F szakaszban (-200 °C alatt) a törés jóval a folyási határ alatt következett be és ez a törés szoros kapcsolatban áll az alakítási ikrek megjelenésével. (Ilyen mikroképet mutat alakítási ikrekkel a 6. ábra.)



6. ábra Alakítási ikrek a ferrit kristallitokban, N~560 x

Az elmondottakból úgy tűnik, hogy a mikrorepedések alacsony hőmérsékleten jelennek meg, ami együtt jár némi képlekeny alakváltozással, és az is kiderül, hogy a legalacsonyabb hőmérsékleti tartományban megjelennek az alakítási ikrek is. A 3. ábra jellemzőinek leírásában nem fordult elő a rideg törésnek egy másik módja, a kristallithatárokon végbemenő repedés.

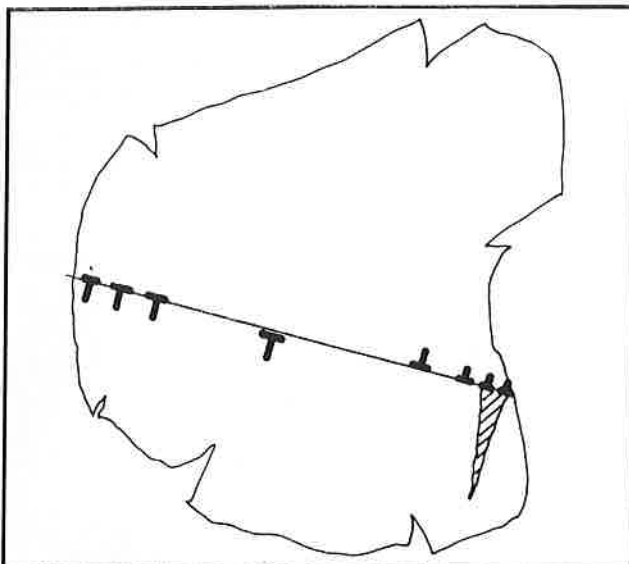
A törés mikromechanizmusai

A következőkben azokat a mikromechanizmusokat tekintjük át, melyek a rideg törés során akár a repedés keletkezésében, akár annak terjedésében fontos szerepet játszanak.

Az általánosságban elfogadott tény, hogy a fémes szerkezetű anyagokban a törést megelőzően képlekeny alakváltozás – mely nagyon minimális is lehet – szükséges a mikrorepedések kialakulásához. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy a Griffith-féle feltételezést a meglevő repedésekről több szerző elfogadta és azt tételezi fel, hogy a ridegen törő anyagokban a képlekeny alakváltozásra képtelen második fázisok, mint pl. az acélban a cementit, hasadhatnak és ezeket lehet a mikrorepedések magjának tekinteni.

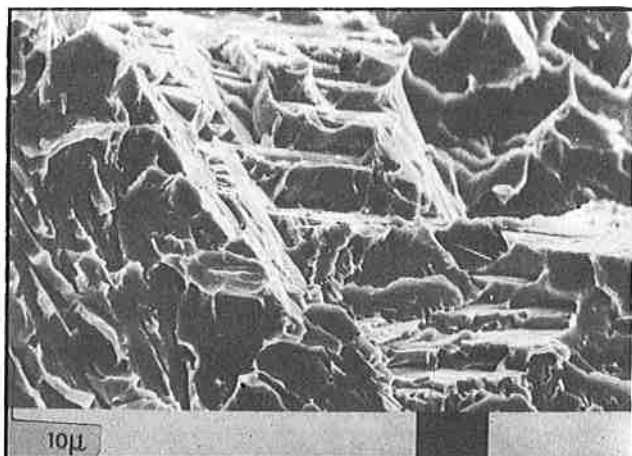
A képlekeny alakváltozás fontos szerepét a rideg törésben nem vitatják. Mivel a képlekeny alakváltozás mikromechanizmusai a diszlokációk jelenléte és mozgása a meghatározó, az természetes, hogy a diszlokációk mozgását, akadályoztatását és reakcióit tekintik fontos tényezőnek, és a mikrorepedések okát ebben keresik.

Zener volt az első, aki feltételezte, hogy a csúsztató síkon mozgó diszlokációk nem tudnak a kristallithatárokon keresztül mozogni és felhalmozódnak, ahogy azt a 7. ábra mutatja. Ezzel kapcsolatban az vetődik fel, hogy pl. a minket elsősorban érdeklő tkk fém szerkezetekben egyrészt a csúsztató síkok, amelyekben a diszlokációk mozoghatnak az {110}, az {112} és az {123} Miller-indexű síkok és bennük a $b = a/2\langle 111 \rangle$ Burgers-vektorú diszlokációk mozognak az $\langle 111 \rangle$ irányokban, másrészt ezekben a fémekben a hasadási síkok az {100} kristálysíkokkal párhuzamosak. A 7. ábra szerint bármilyen is a csúsztató sík a megadott három közül, a diszlokációk keltette repedési magoknak a hasadási síkkal kellene párhuzamosnak lenniük. A megadott három síksereg közül egyik sem teljesíti ezt a feltételt. Azt nem lehet kizárni, hogy az olyan diszlokációfelhalmozódás, mint amilyen a 7. ábra vázol, mikrorepedést keltsen. Ezeknek azonban akkor olyan terjedési mechanizmust kell okozniuk, amely a törési felületeket az {100} síkokkal teszi párhuzamossá, mert azok a hasadási síkjai. A 8. ábra mutat olyan hasadással végbement rideg törési felületet, amelyen jól láthatók az egymásra merőleges kocka lapok.

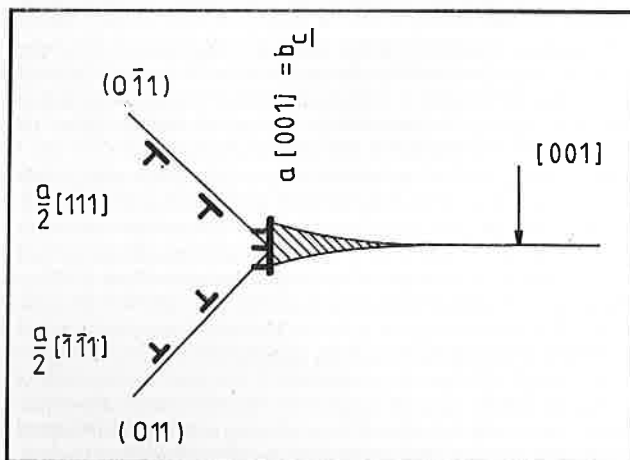


7. ábra Repedésképződés mechanizmusa Zener szerint

A hasadási mikrorepedések keletkezésének értelmezését Cottrell adta meg azzal, hogy a képlékeny alakváltozásban szerepet játszó két egymást metsző csúszósíkon mozgó diszlokációk, amikor találkoznak egymással, létrehozzák az ún. Cottrell-féle hasadási diszlokációt.



8. ábra Hasadási törés az egymásra merőleges kocka lapokon



9. ábra Hasadásos mikrorepedés-képződés Cottrell szerint

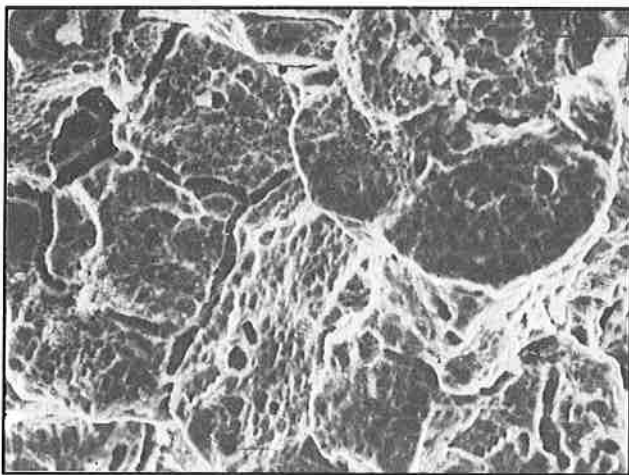
Legyen a két aktív csúszósík a 9. ábra vázlata szerint a (011) és a (0 $\bar{1}$ 1) sík. Az előbbiben mozogjon a terhelés hatására az $a/2[1\bar{1}1]$, a másodikban pedig az $a/2[111]$ Burgers-vektorú diszlokáció. Ha ezek a két

aktív csúszósík metszésvonalában az [100] irány mentén találkoznak, akkor a megadott diszlokáció-reakció szerint létrehozzák a hasadási diszlokációt az alábbi egyenlet szerint;

$$a/2[1\bar{1}1] + a/2[111] = a[001], \quad (5)$$

A diszlokáció-reakció eredményeként keletkezett Cottrell-féle diszlokáció Burgers-vektorának abszolút értéke, mely a csúszási sík feletti és alatti (010) síkokkal párhuzamos síkoknak a „szétfeszítését” is mutatja (ld. a 9. ábrán a b), éppen az (100) síkok távolságával egyenlő. Ezzel szemben a reakcióban résztvevő két egységnyi diszlokáció egyenként csak 0.866-a nagyságú szétfeszítést okoz. Ma úgy véljük, hogy ez a hasadási diszlokáció okozza a mikroropedések jelentős részét a tkk szerkezetű fémekben.

A hasadási felületek soha nem teljesen simák, mint ahogy az a 4. és 8. ábrákon látható. Ezek az ún. „folyó vonalak” (river lines) annak következményei, hogy a képleken alakváltozást okozó csúszás nagyon sok, egymással párhuzamos aktív síkban magy végbe és ezek természetesen egymással párhuzamos, de különböző magasságban kialakuló lépcsők szerint hozzák létre a bemutatott hasadási diszlokációt.

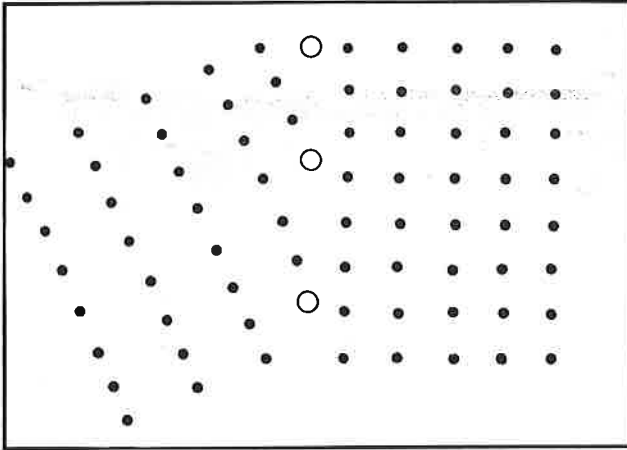


10. ábra Rideg törés a krisztallithatórok mentén

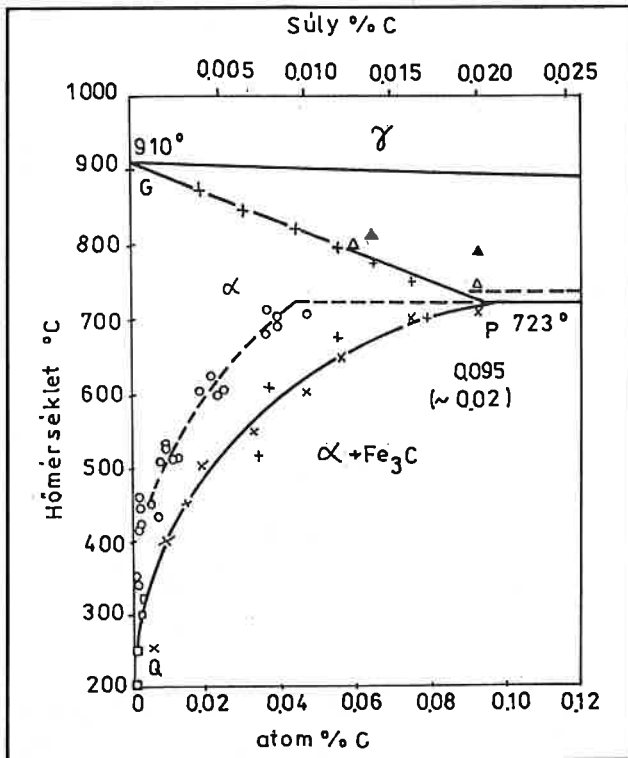
Az elrögzítés másik jellegzetes törethelyét a kristallizálhatók képezik. Ilyen kristallizálhatómenti törethelyről készített képet mutat a 10. ábra. A nagyszögű kristallizálhatók szerkezete egyértelműen nem írható le, de annyi biztos, hogy mivel eltérő orientációjú kristallitok találkoznak ezeken a felületeken, az atomos rend valamilyen ő szélességű részen nem maradhat fenn. A 11. ábra vázol egy olyan átmenetet, mely egy kristallizálható lehetséges szerkezetét mutatja. A határokon a diszlokációk nem tudnak átcúszni. Ez vezette Zener-t arra a feltételezésre, hogy a határokon fennakadó diszlokációk keltik a repedési magokat, amelyeknek keletkezését a 7. ábra szerint tételezte fel. Ehhez hasonló gondolat vetődött fel akkor is, amikor a mikropredések keletkezését a határokon kiváló cementit részecskék jelenlétével értelmezték.

A határok szerepét a törésben a benne felhalmozott ötvöző és szennyező atomok jelenléte és koncentrációja nagy mértékben meghatározza. A határokon elhelyezkedő ionok legközelebbi szomszédainak száma kisebb, mint ami az adott kristályszerkezetnek megfelel. Ebből, valamint a szabadenergia-csökkenésből következően adott hőmérsékleten a krisztallizálhatóak oldóképessége mindig nagyobb, mint azok belsője. Ehhez még azt is számításba kell venni, hogy az állapototrák szélső szilárd oldatainak oldhatósági görbéi, néhány kivételtől eltekintve olyanok, mint amilyenek a 12. ábra mutat. E két, azonos tendenciájú hatásnak a következőben az idegen ionok koncentrációja a krisztallizálhatóakon mindig nagyobb az átlagosnál, és ez kedvez kiválások létrejöttének.

A krisztallithatárok szerepének a megértésében az oldott ionok hatását a kiválaszkötél nagyon nehéz szétválasztani. A határok bonyolult szerkezete miatt azok oldhatósági határa pontosan nem ismert, és az is természetes, hogy a változó orientációjú krisztallithatárok mentén nagyon nagy mértékben változhat az oldott idegen atomok koncentrációja még egyetlen anyagon belül, egyetlen krisztallithatár mentén is. Ezért az oldott atomok szerepe a krisztallithatárokon meglehetősen homályos. A szakirodalomban felvetik, hogy az acél krisztallithatármenti ridék törésében a határon oldott idegen atomok jelentős szerepet játszanak. A gyakorlati



11. ábra A nagyszögű kristallithatár szerkezeti vázlata



12. ábra A szén korlátozott oldhatósága a ferritben

eredmények azt mutatják, hogy az acélban már század százaléknyi olyan metalloidelemek, mint az As, a P, a S, az Sb, és a sokkal kisebb mennyiségű H jelentősen megemeli a rideg-képlékeny átmeneti hőmérsékletet.

Az említett alkotók ritkán fordulnak elő egyedül. Együttes hatásuk sokkal valószínűbb. A nagyon tisztának tekintett acélokból is bekövetkezik a rideg törés a kristallithatár mentén. Több szerző azon a véleményen van, hogy az esetek többségében a metalloidelemek mellett, melyek egyedül nem okozhatnák a kristallithatár menti törést, a hidrogénnek a hatása is közrejátszik.

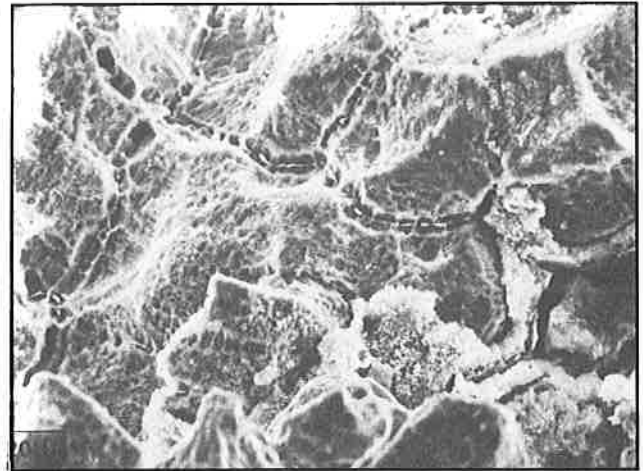
A hidrogénnek a szerepe különösen fontos. Az a legvalószínűbb, hogy a kristallitokban oldott H ionos állapotban van, ami azzal jár, hogy a H^+ -ionnak a mérete a pozitron nagyságára csökken, mely 10^5 -szer kisebb, mint a többi ioné, ami rendkívül nagy mértékben megnöveli mozgékonyágát a kristallitban, és az tovább nő a kristallithatárokon. A H viselkedése azért különbözik lényegesen a többi elemétől, mert

(a) sokkal könnyebben változtatja a helyét, könnyebben kerül a határra, és

(b) a határon könnyebben okoz „kiválást” mint a többi alkotó.

A H kiválása azt jelenti, hogy a határon mindössze két H-ion közelsége elég ahhoz, hogy H_2 -molekula keletkezzék. A hidrogén kiválásnak ez a „kritikus magmérete”. Ugyanakkor a kristályos kiválások magméretének kritikus értéke nagyságrendekkel több ion egyidejű, egy helyre koncentrált jelenlétét követeli. Azt is feltételezik, hogy a H_2 -molekulák a kristallithatárokon a gáztörvényeknek megfelelően viselkednek, ami szerint azok nyomása rendkívül nagy kell legyen. Itt természetesen fontolóra kell venni azt, hogy mennyi az a minimális mennyiségű H-tartalom, amely gázként viselkedik. Az nyilvánvaló, hogy egy-két, vagy akár néhány H_2 -molekulára nem vonatkozhatnak a gáztörvények.

A kristallithatármenti rideg törés lényeges oka az ott felhalmozódó idegen elem, amit a határok nagy szabadenergia-többlete vált ki. Ez nagyon kedvező feltételeket teremt a kiválásoknak. Az ilyen kiválások jelenlétét számos gyakorlati példa mutatja, és a 13. ábrán látható egy olyan felvétel, amely a kristallithatár menti törés mellett kitűnő bizonyítékot adja a határmenti kiválásoknak. A határok töréssel szembeni ellenállásának a kiválások okozta csökkenését több ok együttes hatása idézi elő. Ezek között:



13. ábra Kristallithatár menti rideg törés kiválásokkal

(a) mivel a kiválások döntő többsége rideg, alacsony hőmérsékleteken képlékenyen alakíthatatlanok, ezért a repedési magok keletkezésének kedveznek;

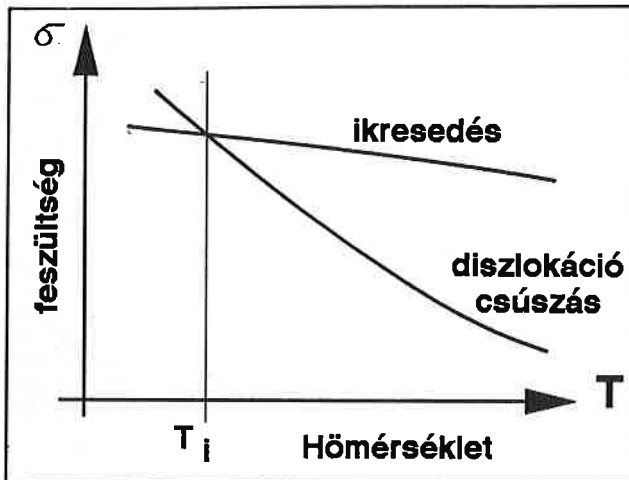
(b) a kiválások az eredeti határok szélességét megváltoztatják és elősegítik a határokkal párhuzamos repedési magok létrejöttét;

(c) a kiválások mellett a korábbi egy határ helyett kettő jön létre. Amíg korábban az A kristallitot a B-től választotta el a határ, a kiválás megjelenésével kialakulnak az A-kiválás és a kiválás-B határok. Ezeknek a kötöttsége pedig szerkezetileg még bonyolultabb, mint a szilárd oldat – szilárd oldat határ.

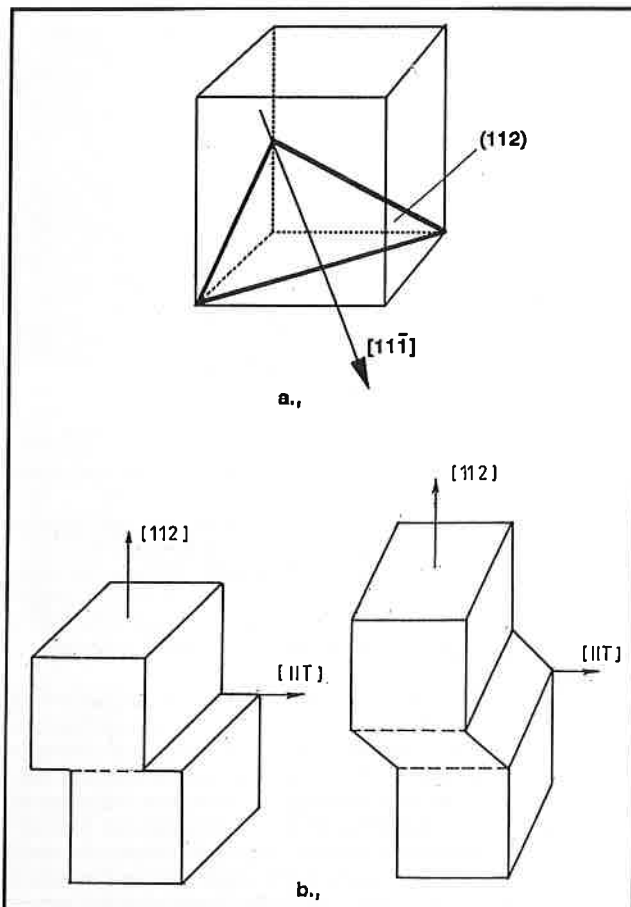
A rideg törésben az alakítási ikreknek a szerepe is meghatározó. A tükör fémekben a hőmérséklet csökkenésével, ahogy azt a 3. ábra kapcsán is láttuk, megjelennek az alakítási ikrek. Mivel a terhelő feszültség és annak az egész anyagban inhomogén eloszlású volta a képlékeny alakváltozásra legjobban alkalmas orientációjú kristallitokban indítja meg az alakváltozást, az még a terhelő feszültségnél is heterogénebb. A hőmérséklet radikális csökkenésével azonban a képlékeny alakváltozás, amint azt a 2. ábra mutatja, nagyon megnehezedik, annak ellenére, hogy benne az alakváltozásért a leggyakrabban felelős diszlokációk sűrűsége semmit nem változtatott. A diszlokációk mozgását ezért alacsony hőmérsékleteken valamilyen ok nagyon megnehezíti annak ellenére, hogy mozgásukat viszonylag kis csúsztató feszültség is előidézi normális hőmérsékleteken. Úgy véljük, hogy ebben is a tükör fémekben az irányított kötések nagyobb szerepe nyilvánul meg, amint arra korábban már rámutattunk.

A feszültségek inhomogén eloszlása azonban bizonyos helyeken olyan nagy, hogy az alakváltozás bekövetkezik. Ennek az alakváltozásnak, vagy bizonyos részének a mechanizmusa az ikresedés, ami a tapasztalatok szerint alacsony hőmérsékleteken megjelenik a rideg töréssel együtt.

Az ikresedés bizonyítékai gyakran megjelennek a metallográfiai csiszolatokon, legtöbbször mint a kristallitokon belüli egyenes vonalak, amelyek az ikerhatárok. Az újrakristályosodási ikrek az tükör Cu- és Ni-kristallitokban nem számítanak ritkaságnak. A képlékeny alakváltozási,



14. ábra A csúszást és az ikresedést kiváltó kritikus feszültség változása a hőmérséklet függvényében



15. ábra A tkk fémek ikresedésének szerkezeti jellemzői (a), alakváltozás csúszással és ikresedéssel (b)

vagy mechanikai ikrek azonban az fkk fémekben nem fordulnak elő, de annál gyakoribbak az egyéb kristályszerkezetű fémekben és így a tkk kristályos anyagokban is (ld. a 6. ábrát). A 14. ábra azt mutatja, hogy a hőmérséklet függvényében hogyan változik az alakítási ikrek keletkezéséhez, illetve a diszlokációk mozgásának megindulásához szükséges kritikus feszültség. A diszlokációk elcsúszásához szükséges feszültség a hőmérséklet csökkenésével gyorsan nő, és nagy hőmérsékleten jóval kisebb, mint az ikresedést kiváltó feszültség. Ez utóbbi azonban kevésbé nő a hőmérséklet csökkenésével, aminek az a következménye, hogy egy meghatározott T_i hőmérsékleten a két feszültség egyenlővé válik és nagy

hőmérsékleteken a diszlokációk csúszása, míg alacsony hőmérsékleteken a mechanikai ikresedés valószínűbb. A metszéspont környezetében mindkét mechanizmus egyszerre működik.

Az ikrek megjelenése a kristályokban a diszlokációk mozgását jelentősen megnehezíti. Az ikresedés kristálytanilag erősen kötött alakváltozás. Ezt a legegyszerűbben a 15. ábra szemlélteti. A tkk fémekben az ikrek az $\{112\}$ síkokon az $\langle 111 \rangle$ irányok menti elcsúszással keletkeznek. A 15a. ábra mutatja az $\{112\}$ síkot, benne az $[11\bar{1}]$ iránnyal.

Az ikrek keletkezésével, valamint a diszlokációk elcsúszásával járó alakváltozást mutatja a 15b. ábra, melyből az látszik, hogy az ikresedés egy bizonyos vastagságú rétegre terjed ki, és azon belül az elmozdulás az egész tartományra homogén. Ezt jelenti a kristálytani kötöttség.

Ezzel szemben a diszlokációk elcsúszása nagyon inhomogén is lehet. Az inhomogenitást lehetővé teszik az aktív csúszósíkok, a diszlokációk egyenlőtlen eloszlása, ami pl. látható a 7. ábrán. Ez egyetlen csúszósíkon is nagyon eltérő elmozdulást enged meg. Ugyanakkor az aktív csúszósíkkal párhuzamosan inaktív síkok is vannak és csak bizonyos távolságban fordul elő az előbbivel párhuzamos másik aktív sík.

A mechanikus ikrek keletkezését Cottrell és Bilby az alábbi diszlokáció-disszociációval értelmezzük:

$$b_0 = b_1 + b_p = a/2\langle 111 \rangle \rightarrow a/3\langle 112 \rangle + a/6\langle 111 \rangle$$

A bal oldali b_0 egységnyi diszlokáció a jobb oldali két diszlokációra disszociál. Ezek közül az első, b_1 egy mozgásképtelen, rögzített (sessile) diszlokáció, míg a másik, a b_p egy olyan parciális, melynek a csúszása létrehozza az ikertartományon belül minden párhuzamos síkon a $|b_1| = 0.2886a$ elmozdulást. Ez az oka annak, hogy az ikertartományon belül az alakváltozás homogén és, hogy az ikertartomány jelenléte lehetetlenné teszi az eredeti orientációjú kristályban mozgó diszlokációknak az ikertartományba való átcsúszását. E tartományok a kristalliton belül olyan hatást fejtenek ki a diszlokáció mozgására ebben a vonatkozásban, mint a kristallithatárok.

Összefoglalás

Az elmondottak alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le;

1. Minden olyan kristályszerkezetű anyag, amelyben az irányított kémiai kötések fontos szerepet játszanak, egy adott hőmérséklet alatt ridegen törnek. Ide tartozik az fkk és a legsűrűbb rácsú hexagonális fémeken kívül minden más szerkezetű fém és ötvözet.
2. A fémek szerkezeti anyagok mindegyikének szabadenergiája valamilyen ΔF_m értékkel nagyobb (ami a metastabilitás mértéke), mint ami a termodinamikai egyensúlyhoz tartozó ΔF_0 minimum.
3. Minden olyan mikroszerkezeti változást, amely a repedés magjának a keletkezésére, vagy a repedés terjedésére vezet, a szabadenergia-többlet csökkenése okozza.
4. A hőmérséklet csökkenésével a metastabilitáshoz tartozó szabadenergia-többlet az egyensúlyi minimumhoz képest állandóan nő, és ha ez eléri azt az értéket, mely a stabilabb állapothoz vivő folyamathoz kell, megindul a változás, és ebben az értelemben a folyamatokhoz tartozik a rideg törés is.
5. Az adott mikroszerkezet szabja meg azt, hogy a rideg törés, egyébként azonos feltételek mellett, milyen mechanizmussal, vagy mechanizmusokkal megy végbe, beleértve a hasadást, a kristallithatármenti törést és a mechanikus ikresedést is.
6. A mikroszerkezet rideg törését meghatározó legfontosabb jellemzők a kémiai összetétel, a kristályszerkezetben az irányított kötések aránya a fémeshöz képest, a tisztaság foka, a kristallit méret átlagos finomsága (ezek az elridegedés ellen hatnak), a szennyezők mennyisége és milyensége, mint amilyenek az As, a P, a S, az Sb és a H, a kiválások mennyisége, átlagos nagysága és eloszlása és végül a metastabilitás ΔF_m mértékének a nagysága (ez utóbbiak ridegítik az anyagot).

Irodalom

- Prohászka J.: Anyagszerkezeti ismeretek, Mérnöki Továbbképző Int. Budapest 1964.
 R.E.Reed-Hill: Physical Metallurgy Principles, D. Van Nostrand Co., 1973
 G.T.Hahn and all: Conference on Fracture, Swamscott, 1959.

941 003 132

Cseppfolyós szénsavat tároló tartály rideg törése

Dr. Rittinger János

Az esemény

A Szénsavtermelő Vállalat a szénsavkutak termékét szűrősorokkal tisztította. A megtisztított szénsav további feldolgozása 4 db. A, B, C és D jelű, 27...31 m³ térfogatú álló, hengeres tartályokon keresztül történt. Az A és B tartályokat a Karl Liebnicht cég (NDK) 1958-ban gyártotta, a dokumentáció szerint, 16Mn3 (valószínűbb, hogy 17Mn4 DIN 17155) jelű acélból. A tartályokat, az AD Merkblatt HP előírásai szerint, a hegesztést követően feszültségcsökkentő hőkezelésnek vetették alá.

A C és D tartályt itthon gyártották. Az 1960-ban készített tervekben a tartály anyagát 44ÖMo jelűnek választották. A tartályokat A 42.21 jelű acélból gyártották 1961-ben. A tartályokat, méretük miatt, a hegesztést követően nem hőkezelték. A tartályokat expanziós szelepen és tárcsákon keresztül töltötték. A szén-dioxid 0...+5 °C hőmérsékletű, 60...70 bar nyomású és cseppfolyós halmazállapotú volt. A tartályokban a szénsav hőmérséklete -30 °C, nyomása 15 bar és kb. 25%-ban gáz, 75%-ban pedig cseppfolyós halmazállapotú volt.

A tartályokon, a folyadékfázis szintjének mérésére, higanyos differenciál manométer volt elhelyezve, a nyomást pedig bourbon csöves nyomásmérővel mérték. A hőmérséklet mérésére hőzsebeket alakítottak ki, ezekben azonban hőmérő nem volt.

A pontatlan mérőeszközök miatt nem zárható ki, hogy a gázoldali elvétel hatására 10...13 barra csökkent a nyomás. Ehhez a nyomáshoz -41...-33 °C hőmérséklet tartozik. Túlzott nyomáscsökkenés esetében nem zárható ki a szilárd CO₂ képződése, amely értelemszerűen a tartály alján helyezkedik el.

1968. december 31-én a tartályokat lezárták, ekkor a nyomás 14...15 bar volt, a folyadékszint mutatók 21...23 tonna töltet tömeget mutattak.

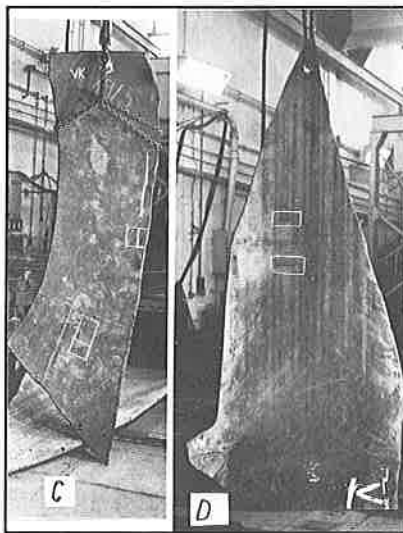
1969. január 1-én 13:50-kor a C jelű tartály töltését kezdték meg. Töltés közben a C jelű tartály felrobbant. A C jelű tartály törésének hatására a D jelű tartály is darabokra tört. Az A jelű tartály lábazatáról leszakadt. Az egyik lába kb. 300x300 mm² nagyságú darabot kiszakított a palástból. A benne lévő cseppfolyós szén-dioxid a nyíláson át expandált, és ez a tartályt a technológiai laboratórium épületébe repítette. A B jelű tartály felborult, de nem tört el.

A fenti rövid összefoglalás az Országos Bányaműszaki Főfelügyelőség 510/1969 számú utasítása és a bírósági tárgyalás során elhangzott vallomások alapján készült.

Kiindulási adatok

Bár vitatható, de rögzítsük, hogy a törés -30 °C hőmérsékleten következett be. A törés kiinduló pontja a tartály búvónyílása volt. A búvó-

nyílás és környezetének csak helyszíni szemrevételezésére volt lehetőség. A C és D tartály alsó egyharmada lényegesen kisebb darabokra tört, mint a felső kétharmada. Ez a cseppfolyós és gáz halmazállapotú közeg egyidejű jelenlétével, figyelembe véve az acél jó hővezetőképességét, magyarázható. A tartály palástjából származó darabokról készült felvételeket az 1. ábra szemlélteti.

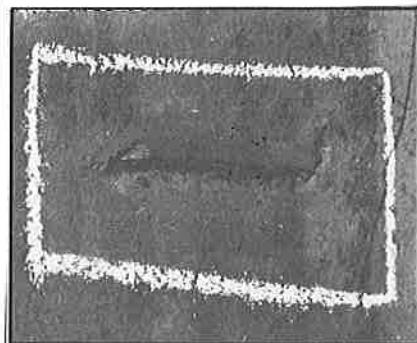


1. ábra A C és D jelű tartályok palástjaiból származó darabok

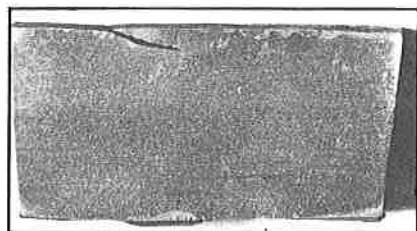
A tartályból származó darabok külső és belső felületén a gyártás során alkalmazott átmeneti megfogásokból származó, a tartály törése szempontjából kedvezőtlen helyek (2. és 3. ábra) voltak. Az alapanyag több ponton rétegeségi nyomokat mutatott (4. és 5. ábra). A rétegeség a rideg törésre jelentős mértékben természetesen nem hatott.



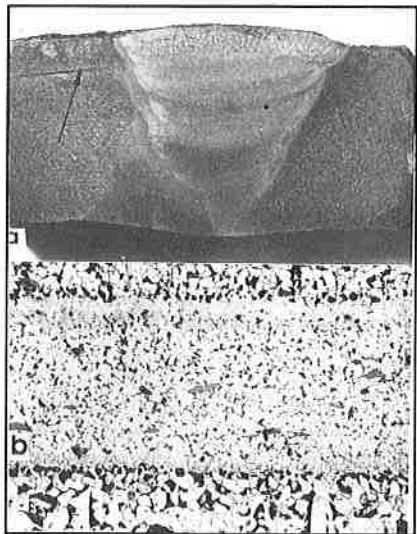
2. ábra Ráhegesztések a tartálypalást külső felületén



3. ábra AD jelű tartály palástján - az 1. ábrán jelölt helyen - lévő gyártási hiba



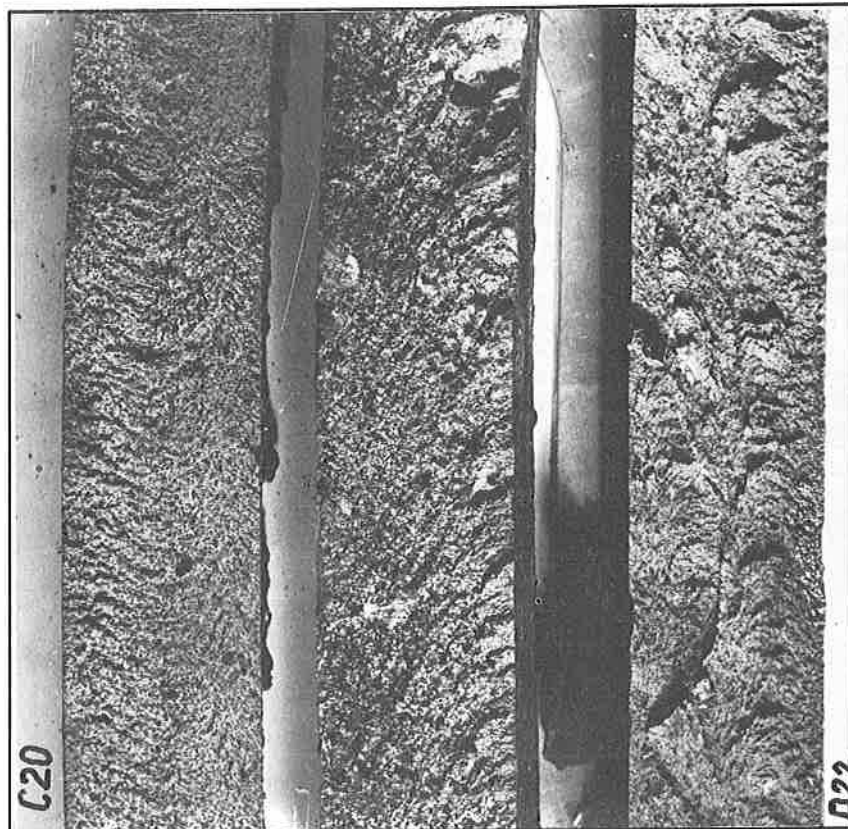
4. ábra Felületi ráhengerlés, réteges szövetszerkezet, N = 1 x



5. ábra A CA jelű hegesztett kötés, N = 1 x, (a), és az alapanyag réteges szövetszerkezete a -> jelölt helyen, N = 50 x, maratás: nitálban, (b)

A törés egyértelműen rideg törés volt. Ezt igazolja a 6. ábrán közölt töretfelületről készült felvétel is.

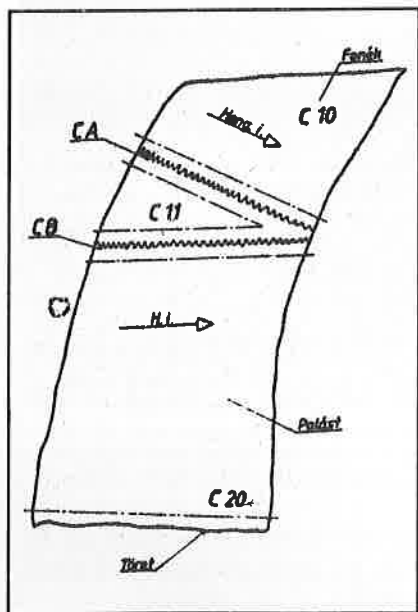
A tartály törésének okáról az [1, 2] szakértői véleményben számoltunk be.



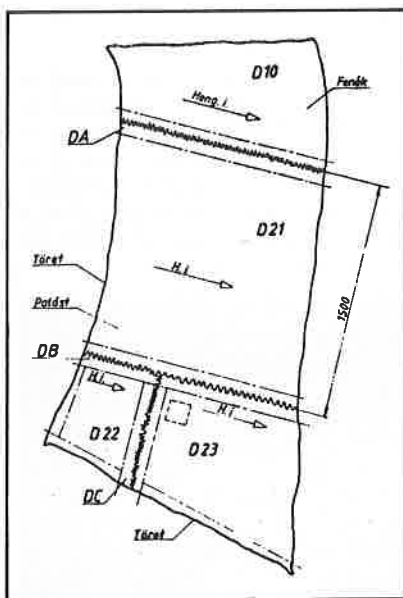
6. ábra A C és a D jelű tartály toretfelületei, N = 1 x

A vizsgálatba vont anyagok tulajdonságai

A C és D tartályból származó és vizsgálatba vont minták jelölései a 7. és 8. ábrákon láthatók.



7. ábra A C jelű tartály vizsgált darabja és a jelölések



8. ábra AD jelű tartály vizsgált darabja és a jelölések

A minták vegyelemzésének eredményét az I., szakítóvizsgálatának eredményét pedig a II. táblázat tartalmazza.

I. táblázat: A vegyelemzés eredménye, s.%-ban

Jel	C	Si	Mn	S	P
A	0,20	0,22	0,63	0,034	0,011
C10	0,18	<0,01	0,56	0,031	0,011
C11	0,19	0,24	0,66	0,029	0,015
C20	0,20	<0,01	0,50	0,031	0,011
D10	0,22	<0,01	0,55	0,045	0,020
D21	0,25	<0,01	0,54	0,060	0,020
D22	0,22	<0,01	0,56	0,035	0,022
D23	0,23	<0,01	0,55	0,030	0,020
DA*	0,11	0,04	0,62	0,040	0,029

* DA: hegesztési varrat

II. táblázat: A szakítóvizsgálat eredményei

Jel	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A5 (%)	Z %
A	247	447	35	45
C10	213	415	39	62
C20	225	448	32	60
D10	226	447	35	55
D21	258	496	27	53
D23	233	448	36	58

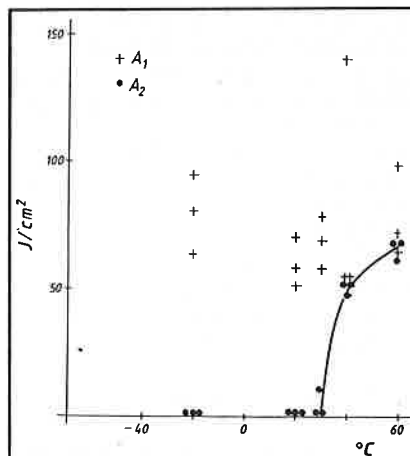
A vizsgálat hőmérséklete: 20 °C; Szakítási sebesség: 1 mm/min; A próbatétel átmérője: 10 mm

Vizsgáltuk az ütőmunkát a hőmérséklet függvényében. A C és a D jelű tartályokból származó darabok átmeneti hőmérséklete TTKV₂₇ = +16...50 °C között változott, a hegesztési varratoké pedig +33...+35 °C volt. A legnagyobb átmeneti hőmérsékletet egy 0,25% C tartalmú csillapítatlan acél (D21) esetén állapítottuk meg.

Az A jelű tartály palástjából származó lemez átmeneti hőmérséklete TTKV₂₇ = +16 °C volt.

A D21 jelű lemez átmeneti hőmérsékletét normalizáló hőkezelést (920 °C, 30 min/levégőn) követően ismét meghatároztuk; az átmeneti hőmérséklet TTKV₂₇ = +33 °C-ra csökkent. A csökkenés alig több, mint a KV = 27 J energia szinthez tartozó átmeneti hőmérséklet szórása.

1969-ben törési vizsgálatot Kahn-próbatétel végeztünk. A próbatétel vastagsága 15 mm, a bemetszés lekerekítési sugara pedig 1 mm volt. A szakítást 1 mm/min sebességgel végeztük. A vizsgálat során a repedés keletkezésére (A₁) és a repedés terjedésére (A₂) fordított, a



9. ábra AD21 jelű mintán Kahn-próbával elvégzett vizsgálat eredményei

töretfelületre vonatkoztatott munkát határoztuk meg. A D21 jelű mintára vonatkozó vizsgálati eredmények a 9. ábrán láthatók. A repedés terjedésére fordított munka (A_2) +30...+20 °C hőmérséklettartományban nullára csökkent.

Később statikus és dinamikus törésmechanikai vizsgálatokat végeztünk. A statikus törésmechanikai vizsgálatok esetén a 19TPB ($B = 19$ mm, $W = 38$ mm) méretű próbatest $a/W \sim 0,5$ méretű, fásztó igénybevétellel létrehozott, repedést tartalmazott. A vizsgálatokat -60...+20 °C hőmérsékleti tartományban végeztük $K < 2,5$ MPa.m^{0,5}.s⁻¹ terhelési sebességgel. A vizsgálatok során a repedés kinyílást (CTOD) és a J-integrál értékét határoztuk meg. A vizsgálatok eredményeit a III. táblázat tartalmazza.

III. táblázat: A statikus törésmechanikai vizsgálat eredményei

°C	CTOD (mm)	J _{IC} (kJ/mm) ⁻¹	K _{IC} (MPa.m) ^{0,5}
40	0,451	216	—
20	0,327	159	196
0	0,243	113	158
-20	0,144	70	126
-30	0,084	39	114
-40	0,045	20	66

Próbatest: 19TPB. A táblázat hőmérsékletenként legalább 6-6 mérés átlagát tartalmazza. Az acélminta jellemzői: $R_{p0,2} = 219$ MPa, $R_m = 394$ MPa, $R_m = 470$ MPa, $R_u = 780$ MPa, $A_5 = 28\%$, $Z = 63\%$, $TTKV_{27} = +16$ °C

A dinamikus törésmechanikai vizsgálatokat $B = W = 10$ mm méretű, $a/W \sim 0,5$ mélységű, fásztó igénybevétellel létrehozott repedést tartalmazó próbatesttel végeztük. A vizsgálat során a terhelés sebessége $K \sim 10^5$ MPa.m^{0,5}.s⁻¹ volt. A vizsgálati eredményekből a J-integrál értékét határoztuk meg. A vizsgálati eredményeket a IV. táblázat foglalja össze.

IV. táblázat: A dinamikus törésmechanikai vizsgálat eredményei

°C	J _{IC} kJmm ⁻¹	K _{IC} MPam ^{0,5}
80	83	135
60	32	84
40	39	88
20	18	64
0	13	53
-20	10	44
-30	8	41
-60	9	51
-80	6	36

Próbatest: $B = W = 10$ mm, 10TPB. Igénybevételi sebesség: $K \sim 10^5$ MPa.m^{0,5}.s⁻¹. A táblázat 3-3 mérés átlagát tartalmazza. A vizsgálati tétel további jellemzőit lásd a III. táblázat lábjegyzetében.

A mechanikai vizsgálatok eredményeit metallográfiai vizsgálatokkal egészítettük ki. Az A jelű acél szövetszerkezete enyhén soros volt, a ferrit átlagos szemcsemérete a 8-9 fokozatnak (MSZ 2657-1966), a C és D jelű tartályok anyagáé pedig egyenletes volt, és a ferrit átlagos szemcsemérete a 6-8 jelzőszámra felelt meg.

A tartály törésének oka

A tartály rideg törése szükségszerű volt! Az acélikiválasztási rendszer [3] szerint $s^* = 25$ mm-es mértékadó falvastagság és $T^* = -30$ °C mértékadó hőmérséklet esetén, a hegesztett állapotú nyomástartó edény rideg törését csak az E rideg törési kategóriánál ($TTKV_{27} < -50$ °C) jobb acél alkalmazása zárja ki.

Abban az esetben, ha a nyomástartó edényt a hegesztést követően feszültségcsökkentő hőkezelésnek vetik alá, a rideg törés veszélye már a B rideg törési kategóriájú acél ($TTKV_{27} \leq +20$ °C) választásával is biztonsággal elkerülhető. A B rideg törési kategóriájú acél hőkezelt, 25 mm-es mértékadó falvastagságú edény esetén -50 °C hőmérsékletig kizárja a rideg törés veszélyét (lásd a 18. oldal 6. és 7. ábráit).

Az acélikiválasztási rendszer alapján tett megállapítást igazolja az A jelű tartály viselkedése, amely anyagának átmeneti hőmérséklete: $TTKV_{27} = 16$ °C volt. A tartály felborulásából, illetve a technológiai laboratórium falának ütközéséből (áttöréséből) származó igen jelentős többletígyénybevétel hatására sem tört el, miközben a hőmérséklete a C jelű tartály hőmérsékletével azonos volt.

Végezzünk törésmechanikai számítást a statikus törésmechanikai anyagjellemzők felhasználásával [4]. Legyen az $\epsilon/\epsilon_y = 3$ ($K_I = 2,25...2,5$ feszültségkoncentrációjú bűvönnyílás és hegesztett állapotú nyomástartó edény). A kritikus hiba mérete:

$$\bar{a}_k = C \cdot \frac{CTOD}{\epsilon_y}$$

Burdekin által javasolt, ma már a PD 6493 szerinti design curve alapján $\epsilon/\epsilon_y = 3$ esethez a $C = 0,058$. Az átlagos folyáshatár legyen $R_{p0,2} = 219$ MPa, a rugalmassági modulus pedig $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa. A III. táblázat szerint -30 °C hőmérsékleten a CTOD = 0,084 mm. Ezek ismeretében a felületre redukált félellipszis alakú hiba kritikus mérete (az ellipszis kis tengelyének hossza) $\bar{a} = 4,4$ mm. A további értékelés során feltétlenül figyelembe kell venni, hogy a törésmechanikai vizsgálat során alkalmazott próbatest vastagsága $B = 19$ mm, a tartály falvastagsága pedig $s = 25$ mm volt.

A hiba kritikus méretét a falvastagsághoz viszonyítva megállapítható, hogy ha végeztek volna a 8 éves üzemeltetés során szerkezetvizsgálatot, nem biztos, hogy feltárnak egy ilyen méretű hibát, természetesen figyelembe véve az 1960-as évek roncsolásmentes anyagvizsgálatának színvonalát. Nem véletlen, hogy a törésmechanika alkalmazásának kezdetekor (esetek többségében még ma is) az LBB (leak before break) követelményt támasztják.

A tartály gyártásakor a fel nem tárt hibára feltétlenül igaz volt, hogy $a \ll \bar{a}_k$. A két hiba különbsége $\Delta a = \bar{a}_k - a$ az üzemeltetés során csökkent nullára a tartályt érő váltakozó igénybevételek (fáradásos repedésterjedés) hatására.

Megállapítások

A C és a D tartályt 44ÖMo jelű, MSZ 1741-1956 szabvány szerinti acélból tervezték. Ezt az acélt csillapítást és hengerlést követően nor-

malizáló vagy lágyító izzításnak vetik alá. A 44ÖMo jelű acél átmeneti hőmérsékletét a szabvány nem szavatolta sem az 1956-os, sem pedig a későbbi kiadásában. A 20 °C hőmérsékleten előírt ütővizsgálat nem tekinthető rideg töréssel szembeni biztonságot nyújtó előírásnak. Ez egyébként ennek a kornak jellemző sajátossága volt. Végül ennek az acélnek a rendeltetészerű használati területe a kazánéptés és nem a hidegben üzemelő szerkezetek gyártása volt.

A két tartály dokumentációjában 1961. március 28-i keltezéssel található megjegyzés: „hőkezelés nélkül és a bejelentett anyagváltoztatásokkal”.

A C és D tartályból származó próbák szerint a gyártáshoz felhasznált acél A42.21 jelű volt. A felhasznált acél jelentős hányadban csillapítatlan, esetenként nagy karbontartalmú, és fellelvezhetően normalizálatlan (hőkezeletlen) állapotú volt. Ami természetesen nem mond elent az A42-21 jelű acélra vonatkozó MSZ 21-1950 és MSZ 1741-1956 jelű szabványoknak, mert ezekben követelményként mindössze a következők szerepeltek: $\sigma_B \geq 42$ kg/mm², $\delta_5 \geq 21\%$, a hajlítási szög: 180°, 4xs tüske esetén, valamint K.S kikötés esetén: $S < 0,05\%$, $P < 0,05\%$ és $C \leq 0,25\%$. Ezeknek a követelményeknek a vizsgált tételek maradéktalanul megfeleltek.

A C és D tartályból származó minták átmeneti hőmérséklete $TTKV_{27} = +16...50$ °C között, az A jelű tartályból származó minta átmeneti hőmérséklete pedig +16 °C volt. A legkedvezőtlenebbnek tekinthető D21 jelű (nagy karbontartalmú, csillapítatlan acél) mintát laboratóriumi körülmények között normalizáló hőkezelésnek vetettük alá. A hőkezelés hatására az átmeneti hőmérséklet jelentéktelen mértékben (17 °C-kal) csökkent. Ez számszerűen is kizárja azt a feltételezést, hogy a C és a D tartályok anyaga az üzemeltetés során elhidegedett. Az elhidegedés (esetünkben öregedés) diffúzióval megy végbe. A diffúzió sebességét a hőmérséklet jelentősen befolyásolja. A tartályok hőmérséklete az üzemeltetés során mindenkor nulla fok alatt volt.

Az A és B jelű tartályt, a hegesztést követően, feszültségcsökkentő hőkezelésnek vetették alá. A hőkezelés, a hazai lehetőségek miatt, a C és D jelű tartálynál elmaradt. Az A és B jelű tartályok a felborulás, a falnak ütközés ellenére sem törtek el. Az A jelű tartályból származó minták átmeneti hőmérséklete számottevően nem különbözött a C és D jelű tartályokból származó minták átmeneti hőmérsékletétől.

Az A, illetve a C és D jelű tartályok között a legjelentősebb eltérést a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés elhagyása jelentette.

Az ütővizsgálattal meghatározott átmeneti hőmérséklet és a szerkezet megengedhető minimális üzemi hőmérséklete (mértékadó hőmérséklete) közötti különbségre épülő acélikiválasztási rendszer szerint a feszültségcsökkentő hőkezelés elhagyása miatt a szerkezet rideg törése szükségszerű volt.

Az 1960-as években, – de dátumozható korábbi, és tart talán napjainkig is – a német előírások a nyomástartó edények esetén a

gyártástechnológia (és nem az acélkiválasztás) oldaláról teszik kötelezővé a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelést. Ez jelentős mértékben csökkenti a német előírások alapján gyártott nyomástartó berendezések rideg törésének veszélyét.

Probléma jelentkezik minden olyan esetben, amikor technikai lehetőségek miatt nincs mód a szerkezet feszültségcsökkentő hőkezelésére. Ez volt jellemző az 1960-as években a hazai helyzetre.

Rideg törés szempontjából jelentős hatása van a mértékadó vastagságnak. Növelt folyáshatárú acélok alkalmazásával a nyomástartó edények falvastagsága jelentősen csökkenthető. Az St. 52.3, illetve a 19Mn5 jelű, illetve az ezekkel egyenértékű acélok alkalmazásával jelentős falvastagság-csökkenés volt elérhető. A hazai gyakorlatban a növelt folyáshatárú acélok a 60-as évek második felében jelentek meg, szükségszerűen gyermekbetegségeikkel együtt.

A C és D tartályból származó minták felhasználásával elvégzett törésmechanikai számítások alátámasztották a rideg törés bekövetkezésének szükségességét. A számításokkal meghatározott kritikus méret, a roncsolásmentes anyagvizsgálat és a hegesztett szerkezetek gyártási kultúrájára tett feltételezések figyelembevételével alátámasztja azt, hogy a törés nem azonnal, hanem viszonylag hosszabb idő (8 év) elteltével következett be.

A rideg törés, néhány szélsőséges esettől eltekintve, a késleltetett károsodási folyamatok közé tartozik. Ezért ezeknél a szerkezeteknél is fontos szerepet kap az üzemeltetés során végzett állapotellenőrzés.

Kötelességünk megállapítani, hogy 1969...1970-ben a nemzetközi és hazai műszaki társadalom többet tudott, és éppen ezzel a súlyos katasztrófával összefüggésben többet tud a szerkezetek rideg törésének megelőzéséről, mint tudott az 1960-as évek első felében.

A Vaskut szakértői, a szénsavtartály törési okának vizsgálatát követően, elvállalták a helyreállítás, valamint a meglevő készülékek felülvizsgálatának szakértését, illetve az OGKT megbízásából egy jelentős program megvalósítására vállalkoztak a problémák tisztázása érdekében.

Hivatkozások

- [1] Rittinger, J.: Arépcelaci CO₂-tartálytörések vizsgálata 4-3-007/1969 Vaskut I. rész. 1969. január 17.
- [2] Rittinger, J.: Arépcelaci CO₂-tartálytörések vizsgálata 4-3-007/1969 Vaskut II. rész. 1969. március 6.
- [3] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetekhez rideg törési érzékenység alapján, BKL Kohászat 104 242 (1971)
- [4] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Módszer nyomástartó szerkezetek rideg törésének megelőzésére, Anket. Gépipari Tudományos Egyesület (1993)

941 009 133

„Műanyagok és kompozitok dinamikus törése” Beszámoló az európai szimpóziumról

A „European Symposium on Impact and Dynamic Fracture of Polymers and Composites” konferenciát 1993. szeptember 20-22 között rendezték meg Porto Cervo-ban (Szardinia, Olaszország). Részvételmet az OMFB által meghirdetett *ACCORD-programból nyert támogatás* tette lehetővé. Magyarországot rajtam kívül Major Zoltán kollégám képviselte, aki egy poszterelőadás társszerzőjeként vett részt a szimpóziumon.

A rendezvényt a Politechnico di Milano szervezte, az ESIS (European Structural Integrity Society) 4. számú munkabizottságának támogatásával. Ez a munkabizottság, amelyet 1985-ben alapítottak, a műanyagok és kompozitok vizsgálatával foglalkozik. A bizottság jelenlegi társelnökei Prof. J.G. Williams (Imperial College) és Prof. A.Pavan (Politechnico di Milano).

Miért válhatott szükségessé külön foglalkozni a műanyagok és kompozitok dinamikus törésével?

A műszaki gyakorlatban alkalmazott egyre többféle műanyag és kompozit anyag fejlődése következtében egyre nagyobb lett az igény ezen anyagok töréssel szembeni ellenállására az értékelésére. Sok alkalmazásban kiemelt fontosságú ismerni az anyag választását az ütésszerű igénybevételre. Egyre szélesebb körben igénylik az ilyen anyagok viselkedésének jellemzését nagy terhelési sebességek esetén, amire az ütésvizsgálat elterjedten használt vizsgálati technika.

A szokásos szabványos ütésvizsgálat azonban ezen anyagok esetén nem alkalmas valós anyagjellemzők meghatározására. A kapott eredmények (mint pl. az ütésmunka) nincsenek összhangban a végtermékek használat közbeni viselkedésével.

A dinamikus jelenség jobb értékelése, a törésmechanikai módszerek alkalmazása valamint az eszközök, műszerezések és adatfeldolgozás fejlődése hozzájárult a törési folyamat jobb megértéséhez és jobb vizsgálati technikák kidolgozásához.

A szimpózium célja az volt, hogy az ezen a területen dolgozó szakemberek áttekinthetők és megvitassák a legújabb elméleti és kísérleti eredményeket. A szimpóziumon 20 országból (Európán kívül Amerikából és Japánból is) kb. 100 szakember vett részt.

Az első szekció a *nagy terhelési sebességű vizsgálati módszerekkel* és a velük kapcsolatos elméletekkel foglalkozott. A kilenc előadásban a különböző vizsgálati technikákról és eredményeik értékeléséről esett a legtöbb szó, mint pl. a nagy sebességű szervo-hidraulikus berendezésekről, a műszerezett ütésvizsgálatról, a Moire-technikáról és a Hopkinson-rúddal végzett vizsgálatról. Az egyik legérdekesebb kérdés – amiben megosztott a résztvevők véleménye – a csillapítás problémája volt. Az

egyik vélemény szerint szükséges a csillapítás alkalmazása, különben az erő-jel nagy oszcillációja miatt az eredmények kiértékelhetetlenek. Mások véleménye az volt, hogy a csillapítás olyan mértékben változtatja meg az anyag választását, hogy nem kaphatunk valós anyagjellemzőt. Egy másik érdekes probléma a felműszerezett ütéslá alakjának és anyagának hatása az ütésvizsgálatnál kapott erő-jelre. A különböző anyagú késekkel elvégzett vizsgálatok esetén különböző amplitúdójú oszcillációt tapasztaltunk. A vizsgálatok azt mutatták, hogy műanyagok esetén acélkés alkalmazásával kapták a legnagyobb oszcillációt, és a titánkésnél tapasztalták a legkisebb mértékű és gyorsan lecsengő rezgést.

A második szekcióban a *dinamikus repedésterjedés modellezéséről* 4 előadás hangzott el.

A harmadik szekció témája a *műanyagok dinamikus törési szívóssága* volt. Az előadásokban érintett legérdekesebb témák a következők voltak:

- hogyan alkalmazhatók a fémeknél szokásos vizsgálati módszerek a műanyagokra;
- a műanyagok visko-elasztikus tulajdonsága hogyan befolyásolja a vizsgálati eredményeket;
- mi az érvényessége a törésmechanikai mérőszámoknak a műanyagok esetén;
- a műanyagok anyagjellemzőinek sebesség-érzékenysége.

A negyedik szekció a *kompozitok ütésszerű igénybevétel esetén bekövetkező károsodásával*, annak jellemzésével és a károsodásnak a tulajdonságokra gyakorolt hatásával foglalkozott. Az előadások elsősorban a kompozitok károsodásának jellemzésére alkalmas módszerekkel foglalkoztak. A kompozitok esetén az egyik fő probléma az, hogy a károsodási folyamat egy delaminációval (a rétegek szétválásával) kezdődik, ami optikai vizsgálatnál nem határozható meg, viszont az anyag terhelhetőségét lerontja. Az előadásokban különböző módszereket mutattak be és értékelték a károsodás jellemzése szempontjából. Ezek voltak az ultrahangos és az örvényáramos vizsgálat; a termoelasztikus feszültséganalízis infravörös képelemző rendszerrel (a mérőrendszer felbontása 0.001 °C, 200–400 µm!); az akusztikus képelemzés; a delamináció mértékének meghatározása a kompozit mechanikai tulajdonságváltozás alapján.

A szimpóziummal egyidőben kiállított is szerveztek, ahol a CEAST, Dynatup, Instron és MTS cégek mutatták be dinamikus vizsgálatokra alkalmas berendezéseiket.

A szimpózium kiadványa csak a rendezvényt követően jelenik meg, amely majd minden érdeklődőnek betekintésre rendelkezésre áll.

Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér

Káresetelemzések eredményeinek felhasználása műszaki feladatok megoldásában

Dr. Rittinger János

A káresetek mindenkor előrevitték a műszaki feladatok megoldását. A megnevezést általános értelemben használjuk és beleértjük a tévedés vagy véletlen okozta hibát, a környezeti hatások (árvíz, földrengés, szélvész) által okozott katasztrófát, de nem utolsó sorban a túlzott megismerési, törekvési vagy következményét is.

A káresetek között a rideg töréseket, a fadarasos töréseket, valamint a korróziós károsodásokat gyűjtik rendszeresen. Számos gyűjtemény ismert a villamos erőművi berendezések kúszási károsodásáról.

A káresetek elemzése önmagában hasznos. Az elemzések magukban hordják a méretezési előírások felülvizsgálatát, acélkiválasztási rendszerek kidolgozásának lehetőségét és kritikáját. A káresetek feldolgozása a biztosító társaságoknak is fontos tevékenysége [1].

Meghaladja vállalkozásunkat a káresetek részletes elemzése, ezért csak példák bemutatására szorítkozunk. A példákat a rideg törést szenvedett szerkezetekre korlátozzuk, és kiindulásnak egy korábban megjelent hazai összefoglalást [2] tekintjük.

Történeti háttér

Az első rideg törések

Az első rideg (kontrakció nélküli) törést 1886-ban jegyezték fel az Egyesült Államokban. A törés egy 76 m magas víztorony lábrészének 25 mm vastag lemezében keletkezett a torony feltöltésekor. A torony összedőlt. Ezt az esetet követte két teljes és tíz részleges rideg törés nem hegesztett tartályszerkezeteken. Ezek közül feltétlenül megemlítené 1930...1940 között 8 db szegecselv olajtartály rideg törése, amely -34...-18 °C hőmérséklettartományban következett be.

Hegesztett szerkezetek első rideg törése hidak leszakadását eredményezte. 1938-ban a belgiumi Albert-csatorna Hasselt melletti közúti hídjának főtartója *kis terhelés* mellett ridegen tört és a szerkezet a vízbe zuhant. A törést hegesztési hiba indította a 19 mm vastag gerinc és a 32 mm (III. 56 mm) vastag övlemez sarokvarratában. A *merev szerkezet* folytán (Vierendel tartó) nagy maradó feszültségeket tartalmazó főtartó 37 kp/mm² névleges szilárdságú, csillapítatlan acélból készült. 1940 és 1950 között további tizenhat hasonló hídszerkezeten észleltek rideg törést 3-5 év üzemidő után.

Az St52 acélok alkalmazását követően 1936-ban egy berlini vasúti híd, 1938-ban egy Berlin melletti, rüdersdorfi közúti híd részleges rideg töréséről tudunk. A törést a varrat hőhatás övezetének edződésével hozták kapcsolatba. Ez a megfontolás vezetett a hernyóvarratos hajlító próba kifejlesztéséhez a rideg törések megelőzésének reményében.

Figyelemre méltó a Quebec-i Duplessis híd rideg törése 1951. január 31-én. A főtartó 64 mm vastag övlemez 0,23-0,40% karbontartalmú, csillapítatlan acélból készült. Az átmeneti hőmérséklet (Ch-V) 40 °C felett volt, a törés -1 °C hőmérsékleten következett be.

A legnagyobb és legtöbbet vizsgált katasztrófa hajószerkezetek rideg törése volt a második világháborúban, majd az ezt követő években. A rideg törés több mint ezer hajót érintett, ebből több mint kétszáz esetben a hajótest tönkrement. A törés körülményeiről időről-időre jelentek meg közlemények. Összefoglaló értékelést Wright, Jonassen és Acker, illetve Parker munkájában találunk [3, 4].

A hajókatasztrófák okának megismerésére számos statisztika készült. Ezek legnagyobb érdeme a hőmérséklet jelentőségének felismerése. További katasztrófák megelőzésére laboratóriumi vizsgálatokat végeztek a ridegen tört hajók lemezeiből készült próbatestekkel. Ennek eredménye lett az üto-hajlító vizsgálatok rideg törési vizsgálatként való alkalmazása.

A hajók rideg törésénél megfigyelt hőmérséklet átlagértékének figyelembevételével +3 °C-on végeztek üto-hajlító vizsgálatokat. Az üto-munka átlagértéke 1,26 mkp azoknál a lemezeknél, amelyeken a repedés keletkezett, 1,62 mkp azoknál, amelyekben a repedés átterjedt és 2,44 mkp azoknál, amelyekben a repedés megállt. Ezek a mérések arra a helytelen következtetésre vezettek, hogy a rideg törés megelőzése érdekében az

acélnak az üzemi hőmérsékleten végzett üto-hajlító vizsgálattal meghatározott üto-munkája nagyobb kell legyen egy előírt értéknél.

A Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályzata ma is ennek szellemében intézkedik, noha azóta tudjuk, hogy ez a szemlélet helytelen, és az üto-munka érték csupán az átmeneti hőmérséklet kijelölésének vagy ellenőrzésének feltétele lehet.

Nyomástartó edények törése

Nyomástartó edények rideg törésével az Egyesült Államokban találkoztak először. 1943. február 16-án egy 3,5 att. nyomású, hidrogénnel töltött gömbtartály három hónapos üzemidő után, 12 °C hőmérsékleten ridegen tört. A tartály átmérője 12 m, falvastagsága 17 mm, anyaga félig csillapított acél volt. A törés a bűvönnyílás 19 mm vastag merevítő lemezének repedéséből indult ki.

1944 januárjában hasonló méretű és anyagú gömbtartály víznyomás-próba közben tört ridegen. A víz hőmérséklete 3 °C, a környezeté 0 °C volt. A töréssel kapcsolatban elvégzett vizsgálatokból csupán annyit tudunk megállapítani, hogy a Charpy-V próbatestre jellemző átmeneti hőmérséklet 0 °C felett volt. Ez akkoriban a hajókatasztrófák vizsgálatának tükrében elegendő magyarázatnak látszott a törés bekövetkezésére.

Közel egyidőben bekövetkezett részleges rideg törésről tudunk, amely egy 5,25 att. nyomású, 12 m átmérőjű és 22 mm falvastagságú gömbtartályon következett be víznyomás-próba alatt kalapácsütés hatására. A tartály csillapítatlan és félig csillapított acél lemezekből épült, a törést egy hidegkötés és annak szomszédságában levő varratporozítás indította.

Hengeres, 21 m átmérőjű és 13 m magas tartály rideg törése következett be 1944 októberében Clevelandben kb. 1 év üzemidő után. A tartályban -160 °C hőmérsékletű és 0,35 att. nyomású folyékony gázt tároltak. A tartály 0,1% karbon-, 3,5% nikkel-tartalmú acélból készült. A törést robbanás és tűz kísérte, amelynek következtében a hengeres tartályhoz csatlakozó azonos anyagú és azonos feltételek mellett üzemelő három gömbtartály egyike eltört. A katasztrófaának százhuszonnyolc ember esett áldozatul és 6,8 millió dollár kár keletkezett. A katasztrófát széles körű vizsgálatok követték. Ezek eredményeiből is csupán annyi információ áll rendelkezésünkre, hogy az átmeneti hőmérséklet Charpy-keyhole próbatesttel az üzemi hőmérséklet fölött volt.

Az előzőekben a rideg törési esetek és azokat követő vizsgálatok lényeges megállapításait foglaltuk össze, elsősorban Shank gyűjteménye [5] alapján. A felsoroltakon túl több - nem nyomástartó edényben bekövetkezett - rideg törésről tudunk. 1947 és 1952 között 13 olajtartály és nagyszámú csővezeték rideg törését jegyezték fel.

A rideg törést szenvedett szerkezetek anyagának vizsgálatából szerzett és felhasznált információk ellenére a rideg törések nem szűntek meg. Ez a körülmény lázas munkára ösztönözte a kutatókat olyan vizsgálati módszer kidolgozása érdekében, amely a rideg törés megelőzéséhez nagyobb biztonságot nyújt. Számos módszer látott napvilágot anélkül, hogy a hozzá fűzött reményeket beváltotta volna.

Az acélkiválasztás

A káresetelemzések kudarca nyomán vette kezdetét a még ma is általános ipari gyakorlatot jelentő acélkiválasztási rendszerek kidolgozása. A hídszerkezetekre vonatkozó - amelyet később építményekre is kiterjesztettek - acélkiválasztási rendszerek Klöppel, K.-tól, illetve Bierett, G.-tól származnak, amelyek összefoglalása a [6] közleményben található meg. A Bierett-rendszer került honosításra, amely Gállik, I. munkája [7].

A hegesztett szerkezetek rideg törésének elkerülése a folyáshatárra (megengedett feszültségre, határfeszültségre) történő méretezés és acélkiválasztás útján érhető el.

Az acélkiválasztás lényege a következő:

A hegesztett szerkezetben az acél a szerkezet feszültségállapotától és az igénybevétel sebességétől függően szívósan vagy ridegen viselkedik. A szívós-rideg állapot határát egy hőmérséklettel jelölhetjük ki. Ez a hőmérséklet a szerkezet megengedhető mértékadó hőmérséklete.

Ütővizsgálat során az acél szívósan vagy ridegen viselkedik. Utóvizsgálattal meghatározható az acél szívós-rideg átmenetét jellemző hőmérséklet, az átmeneti hőmérséklet.

Az eltérő körülmények (feszültségállapot, alakváltozási sebesség) miatt a két hőmérséklet nem azonos, de korrelációban van egymással. Ezt a korrelációt fejezi ki az acélkiválasztás. A ma is elfogadható eredményre vezető acélkiválasztási rendszerek a törésmechanika elméleti alapjainak lerakását követően születtek.

Ebben az időben a törésmechanikai anyagjellemzők meghatározásának módszerei még kiforratlanok voltak. Az első törésmechanikai anyagjellemzők meghatározására vonatkozó vizsgálati szabványok 1970...74. között jelentek meg.

Az acélok folyáshatára és a szerkezeti elemek falvastagsága miatt a síkbeli alakváltozás feltételei a vizsgálat során és a szerkezeti elemek esetén nem teljesülnek.

A rugalmas-képlékeny törésmechanika törvényei, az anyagok tulajdonságától és a szerkezetek méretétől jelentős mértékben függő modellek segítségével írhatók le. A modellek elméleti alapját *Dugdale*, *Barenblatt*, később *Wells* raktár le 1960...1965 között. A gyakorlat számára használható megoldások ezt követően alakultak ki, és még ma is jelentős mértékben változnak.

Igy az 1960-as évek végén a nyomástartó edényekre vonatkozó acélkiválasztási rendszer kidolgozásakor, figyelembe véve az első regisztrált rideg törési esetek tapasztalatait, olyan káreseteket kellett összegyűjteni, amelyekre vonatkozó vizsgálati eredmények lehetővé tették azok célkitűzésünknek megfelelő feldolgozását.

A gyűjtéshez nagy segítséget nyújtott a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW). A rideg törési esetek gyűjtését 1960-ban hirdette meg *Wells*, A. [6]. A vezetésével megalakult munkabizottság tagjai között a kor neves szakemberei, pl. *Roberts, J.E., Boyd, G.M., Audige, A., Herbiet, H., Rühl, K.* szerepeltek. Az adatgyűjtést bevezető közlemény [7] *Wells* munkája. A program kisebb-nagyobb megszakításokkal 1977-ig folyt, és 103 részletesen feldolgozott rideg törési esetet gyűjtött össze.

A bizottság 1971-ben mérleget készített az addig összegyűjtött esetekről [8]. A káresetek szerkezettypusonkénti megoszlása a következő volt:

csövek, csővezetékek	4
kazánok, nyomástartó edények	7
tároló tartályok	10
hajók	19
hidak, tartók	9
daruk	8
vízutókat	1
teherautók	1

Az IIW-gyűjtés eredményéből néhány jellemző példát a következőkben foglalunk össze.

Válogatás ipari káresetekből

5,35 m átmérőjű, 20,4 m hosszúságú, mélydomború fenekekkel ellátott, 400 m³-es fekvő hengeres tartály megengedett üzemi nyomása 7 kp/cm² volt. A 28 mm falvastagságú palást egyik gyűrűjének hossz- és körvarrat csatlakozásánál 0 °C hőmérsékleten, 4,9 kp/cm² üzemi nyomás mellett, 750 mm hosszú repedés keletkezett. A tartály hegesztést követően nem volt hőkezelve. Repedést tartalmazó gyűrűk 41–51 kp/mm² szakítószilárdságú, 0,15–0,19 % C-tartalmú, csillapítatlan acélból készültek. A repedést tartalmazó lemez átmeneti hőmérséklete TTKV_{2,8} = 0 °C volt [9].

Álló hengeres olajtartály 19,5 mm vastag alaplemeze +4 °C hőmérsékleten szenvedett rideg törést. A törés pillanatában a szerkezeti elemben 10 kp/mm² feszültség ébredt. Az 1,5 m hosszú repedés, 20 mm hosszú, fásztó igénybevétel eredményeként keletkezett repedésből indult ki. A törést szenvedett lemez 0,19% C-tartalmú, csillapítatlan acél volt, amely TTKV_{2,8} = +27 °C átmeneti hőmérséklettel rendelkezett [10].

Álló, hengeres tartály talplemezének (t=10 mm) és alsó gyűrűjének (t=20 mm) sarokvarratából kiindulva, +4 °C hőmérsékleten, 0,1–3 m

hosszú repedések keletkeztek. A 20 mm vastag gyűrű anyaga 0,2% C, 0,17% Si, 0,61% Mn összetételű, $\sigma_B = 45,4$ kp/mm² szakítószilárdságú, TTKV_{2,8} = +8 °C átmeneti hőmérsékletű acél volt [11].

1,8 m átmérőjű, 32 mm falvastagságú nyomástartó szerkezet +15 °C hőmérsékleten ridegen tört. A terjedő repedést fedettív automatikus eljárással hegesztett varrat állította meg. A 0,17% C-, 0,11% Si-, 0,49% Mn-tartalmú, $\sigma_B = 43,5$ kp/mm² szakítószilárdságú szerkezeti acél átmeneti hőmérséklete TTKV_{2,8} = +60 °C volt [12].

65 m³-es cseppfolyós propán-butángázt szállító tartálykocsi törése 16 évvel az üzembehelyezést követően következett be. A törés pillanatában a tartály 4 kp/cm² nyomás mellett 45 m³ gázzal volt töltve és hőmérséklete –9 °C volt. A tartály 3 m átmérőjű, 11,8 m hosszú volt, 4 db 28 mm vastag palástból és sekély domború fenekekből állt. A törés az egyik palást felületére hegesztett cseppfogó sarokvarratánál, fásztó igénybevétel hatására keletkezett repedésből indult ki. A palást DIN 17100 szerinti 0,21% C-, 0,47% Si-, 1,38% Mn-tartalmú, $\sigma_B = 51,3$ kp/mm² szakítószilárdságú St 52–3 jelzésű acélból készült. Utólagos vizsgálat során az acél átmeneti hőmérséklete KCU = f(T) kapcsolatból meghatározott, TTKU-ból számított TTKV_{2,8} = 5 °C, TTKV_{4,2} = +15 °C volt [14].

36 m átmérőjű, 14,6 m magas hegesztett olajtartály 70%-ig volt töltve, melegtett olajjal. A törést közvetlen megelőzően, a 60 km/óra erősségű szél, egyik percről a másikra 90 km/óra erősségűre változott, miközben a levegő hőmérséklete +6 °C-ról 0 °C-ra csökkent. Törés az alaplemezhöz csatlakozó 20 mm-es övlemezben keletkezett, és áterjedt a 17,5 mm vastag második gyűrűre is. Az első gyűrű 0,19% C, 0,46% Mn összetételű, $\sigma_B = 43,5$ kp/mm² szakítószilárdságú, a második gyűrű pedig 0,21% C, 0,60% Mn összetételű csillapítatlan acélból készült. A 20 mm-es lemez átmeneti hőmérséklete: TTKV_{2,8} = +21 °C volt [15].

1140 mm átmérőjű, álló hengeres tartály 32 mm vastag lemezből készült feneke próbanyomás során +7,2 °C-os hőmérsékleten, 4,2 kp/cm²-es próbanyomáson (1,5 x üzemi nyomás) ridegen tört. A fének anyaga A 285-C jelzésű, 0,2% C-, 0,37% Mn-tartalmú, csillapítatlan acél volt. A fének átmeneti hőmérséklete TTKV_{2,8} = +49 °C [17].

33 mm falvastagságú, ASTM A 212-B lemezből készült tartály belső felületén, 20 évvel az üzembe helyezést követően, falvastagság-csökkenést tapasztaltak. A tartály belső felületére, a hibás helyen, ~400 mm átmérőjű foltot hegesztettek, és tovább üzemeltették (az üzemi körülmények ismeretlenek). A későbbi időszakos próbanyomáson +15 – +20 °C hőmérsékleten a tartály ridegen eltört. A törés a javítás helyéről indult ki. A tartály 0,33% C, 0,62% Mn, 0,24% Si összetételű, $\sigma_B = 54$ kp/mm² szilárdságú acélból készült. A tartály anyagának átmeneti hőmérséklete TTKV_{2,8} = +63 °C volt [17].

2140 mm átmérőjű, 45 mm falvastagságú, ASTM A 204 – B jelzésű acélból készült CO-konverter próbanyomás közben +7,2 °C-on ridegen eltört, (1,5 x tervezett üzemi nyomásnál). A szerkezet üzemi hőmérséklete 450–480 °C volt. A tartály belső felületét 1,6 mm vastagságban a korrózió mértékének csökkentése végett, 18% Cr – 8% Ni névleges összetételű, auszténites acéllal hegesztették fel. A tartályszerkezetet 510 °C-on, 10 óra hőntartás mellett, feszültségmentesítő hőkezelésnek vetették alá. A törés hegesztés közben, hőkezelés előtt keletkezett repedésből indult ki. Az acél 0,09% C, 0,78% Mn, 0,24% Si, 0,64% Mo összetételű, $\sigma_B = 56$ kp/mm² szakítószilárdságú, $\sigma_F = 36,5$ kp/mm² folyási határú, hengerelt állapotú volt. A tartály anyag TTKV_{2,8} = +82 °C átmeneti hőmérséklettel rendelkezett [17].

150 mm átmérőjű, 4,5 mm falvastagságú, varrat nélküli cső 14 évi üzemelés után, 2 kp/mm² névleges feszültség mellett –45 °C-on ridegen eltört. A törés az egyik körvarrat gyökéből indult ki, a nem kielégítő mélységű beolvasás miatt. A cső 0,09% C-, 0,28% Mn-tartalmú, csillapítatlan acélból készült. Az acél, 3 mm széles próbatesttel meghatározott átmeneti hőmérséklete, TTKV = –30 °C. A mérési eredmények alapján a próbatest vastagságának átmenti hőmérsékletre gyakorolt hatását kerekén 45 °C-kal figyelembe véve, az acélra TTKV = +15 °C-os átmeneti hőmérséklet jellemző [19].

760 mm átmérőjű, 9,5 mm falvastagságú, API szerint X52 jelzésű cső körvarratának hőhatásövezetében az acél hegeszthetőségének fokával összhangban nem levő hegesztési munkarend miatt 250 mm hosszú repedés keletkezett. A cső +5 – +10 °C közötti hőmérsékleten, 5 éves üzemeltetés után, tervezési nyomáson ridegen tört. A cső 0,29% C, 1,12% Mn összetételű, csillapítatlan acélból készült, és átmeneti hőmérséklete 5 mm vastag próbatesttel meghatározva, TTKV = +1 °C. A vas-

tagság hatását figyelembe véve, az acélra jellemző átmeneti hőmérséklet TTKV = +21 °C volt [20].

800 mm átmérőjű, 3480 mm magas, függőleges, 29 mm falvastagságú folyadék akkumulátor 19 éves üzemeltetés után +4 °C-on ridegen tört. A törés pillanatában a nyomás a megengedett nyomásnál kisebb volt. Nyomástartó szerkezet gyártása során a hosszvarratokat feszültségmentesítették. Az akkumulátor 0,18% C, 0,9% Mn, 0,25% Si, 0,35% Cr, 0,5% Cu összetételű, 59 kp/mm² szakítószilárdságú és TTKV = 0 °C átmeneti hőmérsékletű szerkezeti acélból készült [21].

Egy érdekes eset

A következő eset érdekessége, hogy vésszesen megegyezik a repce-laki szénsavtartály rideg törésével. Az adatok bírósági jegyzőkönyvekből származnak.

1955. október 22-én 1:45 h-kor Milánóban egy cseppfolyós szénsavat tároló tartály felrobbant, és egy 300 m távolságban levő üzemből két ember halálát okozta. (Az üzemek megnevezését szándékosan mellőzöm, hiszen ez esetünkben közömbös is!)

Az ügy kapcsán a bíróság három kérdést tett fel a vizsgáló bizottság-nak:

Milyen érvekkel tudja a vizsgáló bizottság alátámasztani azt, hogy a robbanás a tartály rideg törésének következménye volt?

Milyen volt az üzem állapota, különös tekintettel az alkalmazott biztonsági előírásokra?

Mik a hozzáférhető műszaki irodalomban fellelhető eredmények a rideg törésről, és milyen előírások ismeretesek a rideg törés elkerülésére?

A vizsgáló bizottság, véleményének kifejtése előtt, négy esetet vizsgált meg:

A nyomás növekedésének lehetőségei: nem cseppfolyósodó gázzal történő nyomásnövelés, a tartály hőmérsékletének szándékos növelése és a külső hőhatás a tartály szigeteltségének hiányával vagy hiányosságai következtében. Az első két esetet a rekonstruált körülmények kizárták. A harmadik lehetőség kapcsán, a szakértők megosztó véleménye szerint, a -30 °C hőmérsékletű tartálynak óránként 1200 kcal (5021 kJ), illetve 19300 kcal (80753 kJ) hőmennyiséget lehet átadni! (A felkiáltójel a jelentős eltérésre vonatkozik.) A CO₂ párolgási hője -30 °C-on: 72 kcal/kg. Így 17...270 kg között van az elpárolgó CO₂ tömege. 15 kcal/m²·h hőátadási tényezőt feltételezve, a tartály 150 m² felületén, 43 °C (a légköri hőmérséklet 13 °C volt) hőmérsékleti különbség esetén a hőátadás 6800 kcal/h és ez 940 kg/h párolgási sebességnek felel meg. A tartályon levő biztonsági szelep 15,5 bar nyomás esetén 2400 kg/h áteresztő képességű volt, és a robbanást követően is működött.

A szakértő testület számításokat végzett arra az esetre is, ha a biztonsági szelep nem működött. Ebben az esetben az üzemi napló szerint robbanás előtt 5,5 h-val leolvasott utolsó 13,5 bar nyomáshoz képest a két szélső esetet véve a nyomás 13,6, illetve 26,6 bar értékre növekedett volna.

Utólag, a tényleges szilárdsági jellemzők ismeretében, kiszámították, hogy szívós állapotban a tartály töréséhez 70 bar nyomásra lett volna szükség. Az időszakos szilárdsági nyomáspróba értéke 20 bar volt. Ezzel a bizottság a túlnyomást, mint okot elvetette.

A folyékony fázis felőli túltöltés esetén, 1200, illetve 19300 kcal/h hőátadást feltételezve, 40 l gázfázis jelenlétekor a nyomás 14...50 bar. Tehát még szélső esetben is kisebb a nyomás, ami a tartály töréséhez szükséges szívós állapotban.

A hőmérséklet alatti hűlés esetét vizsgálva feltételezték, hogy a biztonsági szelep 2 h időtartamig nyitva van, és 4800 kg tömegű CO₂ távozik el. Ebben az esetben a hőmérsékletcsökkenés, az alkalmazott számítási módszertől függően 12,6...11,1 °C között van. Így a hőmérséklet -42,6...-41,1 °C lehet. A hőmérséklet csökkenése -56,6 °C. A szakértői bizottság ezt az esetet is elvetette.

A vizsgáló bizottság a fenti okok kizárását követően a tartály robbanását rideg törésben jelölte meg.

Sajnos ismeretlenek a rideg törést szenvedett szerkezetből származó darabok anyagvizsgálatának eredményei.

A vizsgáló bizottság, a már ismertetett korai rideg törési esetekre hivatkozott. Kapcsolódó szakirodalomként „Bibliography on low temperature characteristics of the steels” The International Nickel Co. Inc. New

York kiadványt említi meg, amely 1904...1960 között 1227 közleményt tekint át.

Meg kell jegyezni, hogy az 1955-ben bekövetkezett robbanás bírósági tárgyalása és egyben a vizsgáló bizottság munkája 1961. június 9-én fejeződött be!

A bizottság az előírásokkal kapcsolatban megállapította, hogy az olasz előírások 1955-ben nem tartalmaztak követelményt a rideg törés elkerülésére. Nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy az említett tartályrobbanással összefüggésben, Olaszországban 1958. december 22-én kiadott 642D jelű „körlevélben” kiegészítették az ANCC szabályzatot, a levél tárgya: átvételi feltételek ötvözetlen acélból gyártott nyomástartó edények alapanyagai számára.

Ennek az esetnek a kapcsán is megállapítható, hogy az ipari káreset hatással volt a műszaki fejlődésre és nyilvánvalóan ezzel összefüggésben az előírások korszerűsítésére.

Megállapítások

A káresetek szakszerű leírása és ezek rendszeresen ismétlődő elemzése természetesen nemcsak a rideg törés területén folyik. Feltétlenül meg kell említeni a fáradás, a korrózió, a kúszás stb. útján bekövetkező káresetek elemzését. Igen jelentős a káresetfeldolgozás módszerének meghatározásával és fejlesztésével foglalkozó szakirodalom.

A káresetekből okulni kell! A káreseteket arra használták fel kezdetben, hogy tapasztalati megállapításokat alkossanak (ennek tekinthető példaként a minimális üzemi hőmérsékletre előírt ütemmunka).

A károsodási mechanizmus figyelembevételével történő feldolgozás egy határ kijelölését teszi lehetővé. Ez a határ kijelöli azt, ahol biztosan bekövetkezik a törés.

A rideg törés bekövetkezéséhez egy kritikus méretű hibára van szükség. A gyártás során vagy az üzemeltetés alatt keletkező hiba és a kritikus hiba mérete közötti különbségtől, valamint a repedés terjedését kiváltó hatások nagyságától függően hosszabb-rövidebb idő telik el a rideg törés bekövetkezéséig. Erre adatokat az ismertetett példákban is találunk. Ezért azt a tényt, hogy a rideg törés nem azonnal következik be, a káresetek tanúságait figyelembe kell venni az acélkiválasztási rendszerek ellenőrzéséhez vagy kidolgozásához.

Hivatkozások

- [1] Allianz-Handbuch der Schadenverhütung, 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage, VDI Verlag. München (1984)
- [2] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetekhez rideg törési érzékenység alapján, BKL Kohászat 104 (1971) p. 241.
- [3] Wright, A.E., Jonassen, F., Acker, H.G.: WRC Bull. No 16 (1953)
- [4] Parker, N.: Brittle behavior of engineering structures. J. Wilner et Sons Inc. New York (1957)
- [5] Shank, M.E.: A critical survey of brittle failure in carbon plate steel structures other than ships. WRC Bull. No 17 (1954) and Ship Structure Committee Report SCC-65 (1958)
- [6] Co-operative study of brittle fractures in service Doc. 61-60 (IIW)
- [7] Wells, A.A.: Pressure vessel brittle fracture and information required to design against it.
- [8] Casebook of brittle fracture failure Doc. IX-753-71
- [9] Doc. X-386-66 (IIW)
- [10] Doc. X-476-68 (IIW)
- [11] Doc. X-419-67 (IIW)
- [12] Doc. X-418-67 (IIW)
- [13] Doc. X-270-67 (IIW)
- [14] Doc. IX-357-63 (IIW)
- [15] Doc. IX-356-63 (IIW)
- [16] Doc. IX-360-63 (IIW)
- [17] Puzak, P.P., Babecki, A.J., Pellini, W.S.: Correlation of brittle-fracture service failures with laboratory notchductility tests. Welding Journal 37 (1958) p. 391.
- [18] Doc. X-384-66 (IIW)
- [19] Doc. X-354-63 (IIW)
- [20] Doc. X-423-67 (IIW)
- [21] Doc. X-423-64 (IIW)
- [22] Doc. X-359-63 (IIW)

Módszer nyomástartó szerkezetek rideg törésének megelőzéséhez

Fehérvári Attila—Dr. Rittinger János

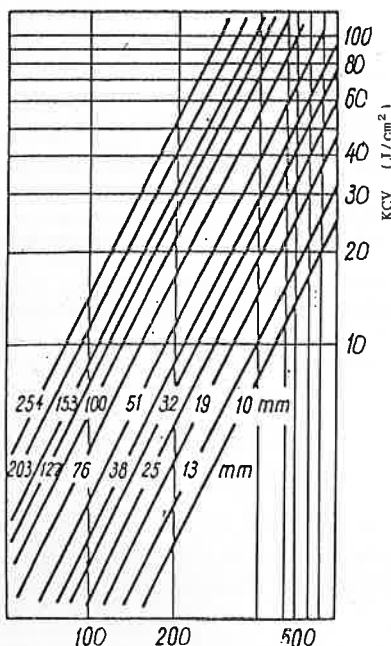
Bevezetés

A nyomástartó szerkezetek rideg törésének megelőzésére a korai előírások a minimális üzemi hőmérsékleten végzett ütővizsgálat eredményével szemben támasztottak követelményeket. [1] Ezt a követelményt tartalmazták a korai (1970 előtti) hazai előírások (pl. MSZ 13833, MSZ 1761) is.

A nyomástartó szerkezetek gyártására vonatkozó korai külföldi és hazai előírások a képlékeny hidegalakítás miatt előírták a szerkezet feszültségcsökkentő hőkezelését.

A nyomástartó berendezéseket „kazánlemezektől” gyártották, amelyekre vonatkozó szabványok 20 °C hőmérsékleten ütővizsgálatot írtak elő, az európai gyakorlat szerint DVM típusú próbatesttel. Az ütővizsgálatra vonatkozó követelmény teljesülése esetén fennállt, hogy a $TTKU < 20$ °C. Ennek teljesülése, továbbá a képlékeny hidegalakítás miatt előírt feszültségcsökkentő hőkezelés viszonylag nagy vastagságokig és kis üzemi hőmérsékletig kizárta a rideg törés veszélyét. Hangsúlyozni kell, hogy a feszültségcsökkentő hőkezelés a képlékeny hidegalakítás (a tartálypalást behengerítésének) hatását nem befolyásolta. Tehát egy műszakilag tartalmatlan kapcsolat révén végrehajtott hőkezelés védte meg a szerkezeteket a rideg töréstől.

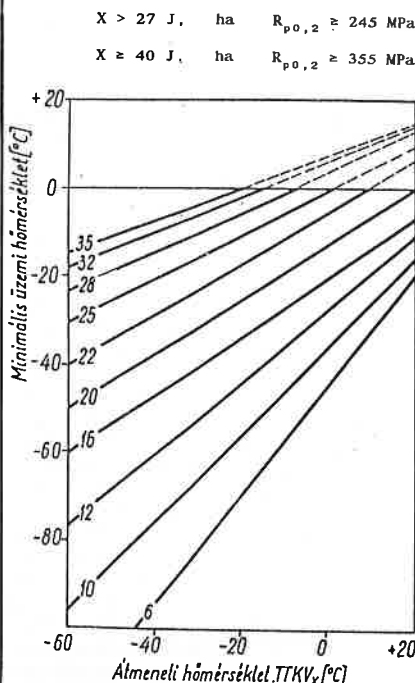
A gondok ott jelentek meg, ahol az adott ország vagy gyártó nem rendelkezett hőkezelő berendezéssel, és a hőkezelést elhagyták!



1. ábra Üzemi hőmérsékleten szükséges ütmunka a folyáshatár és a vastagság függvényében Wells javaslata szerint [2]

Wells későbbi munkájában [2] a vastagság és a folyáshatár függvényében tesz javaslatot a hegesztett kötésben, a minimális üzemi hőmérsékleten szükséges ütmunka értékére. A javaslat alapját a wide plate vizsgálatok eredményei képezik. Wells feltételezi, hogy a wide plate vizsgálatok a próbatest méretei miatt a szerkezetek törését közvetlenül jellemzik. A wide plate vizsgálat és az ütővizsgálat eredménye között az 1. ábra szerinti összefüggést állapította meg. Wells javaslata figyelembe veszi a folyási határt és a szerkezeti elemek vastagságát, de elvileg helytelen módon. Az ütmunka ugyanis a folyáshatártól függően az átmeneti hőmérséklet kijelölésének feltétele, vagyis a folyáshatár az acél tulajdonságának megállapításában játszik szerepet. A vastagság az alkalmazás körülményének tekinthető, vagyis az átmeneti hőmérséklet és az üzemi hőmérséklet közötti korreláció paramétere.

Wells javaslatával kapcsolatos hiányosságot Burdekin küszöbölte ki [3]. Javaslatát a hegesztett és feszültségmentesített állapotú szerkezetekre a 2. és 3. ábra tartalmazza. Burdekin javaslata figyelembe veszi az acél folyáshatárának az ütővizsgálat eredményére gyakorolt hatását. A laboratóriumi vizsgálat eredménye és a szerkezet rideg törése közötti kapcsolatot elemzi Wessel [4], illetve az ezzel kapcsolatos japán vizsgálatokat az [5] munka tekinti át. 1970-ben Hollandia javaslatot tett az ISO számára, nyomástartó edények acélkiválasztására



2. ábra Burdekin javaslata [3] hegesztett állapotra

[6]. A holland javaslatot a 4. és 5. ábra szemlélteti.

A hazai javaslat

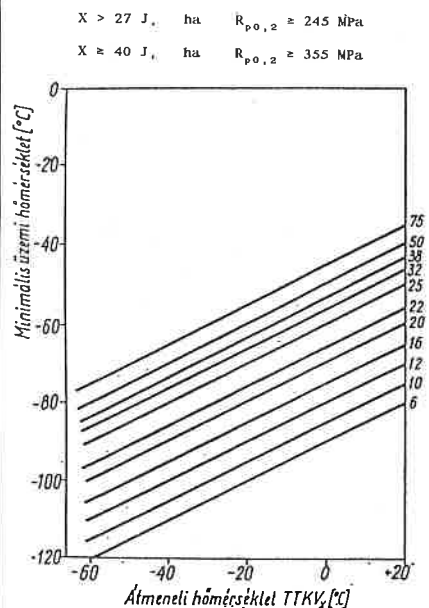
Előzmények

A hazai javaslat kidolgozását az 1960-as évek második felében, elsősorban az acélok hegeszthetőségének kutatásával foglalkozó témák eredményei alapozták meg [7...9].

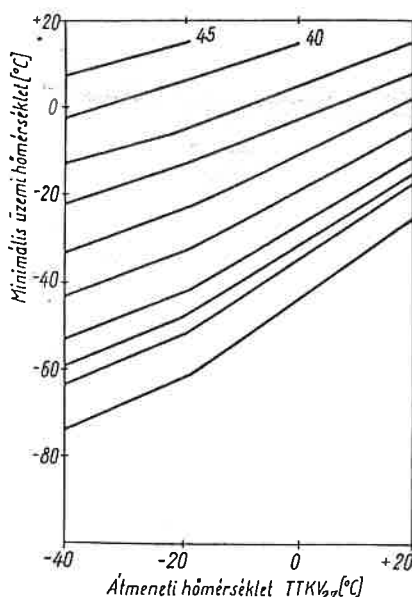
A répcelaki tartály rideg törését követően, egyrészt a káreset elemzése, másrészt a helyreállítás és ezt követően – érthető módon – a rideg törés veszélyének kitétt nyomástartó edények (pl. PB-tároló gömbtartályok) tervezése és gyártása sürgetően hatottak egy megbízható acélkiválasztási rendszer kidolgozására. Erre vállalkozott a Vasipari Kutató Intézet, mindenek előtt az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt, a Ganz Mávag, a Vegyiműveket Szerelő és Építő Vállalat, a Csepel Egyedi Gépgyár, a Kiskunfélegyházi Vegyipari Gépgyár és a Dunai Vasmű anyagi támogatásával.

A rideg törési érzékenység

A ridegség az acélaknak nem tulajdonsága, hanem bizonyos körülmények között mutatott viselkedése. Az acélok rideg viselkedése a hőmérséklet mellett a feszültségek nagyságától és azok változásának sebességétől függ. (A feszültségi állapot hatására vonatkozóan a folyási feltétel kontinuum-mechanikai megközelítése, a



3. ábra Burdekin javaslata [3] a hegesztett követő feszültségcsökkentő hőkezelés alkalmazása esetén



4. ábra Holland javaslat [6] hegesztett állapotra

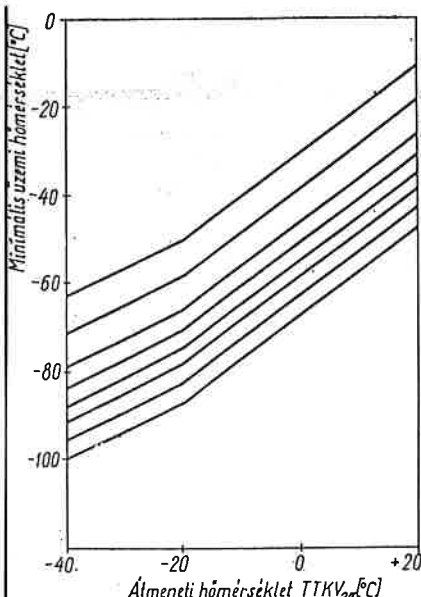
terhelésváltozási sebesség hatására vonatkozóan a képlékeny alakváltozás diszlokációs modellje kielégítő magyarázatul szolgál. Az acélok szerkezetben mutatott viselkedésének megítélése tehát a szerkezet feszültségi állapotának térben és időben való leírásával volna lehetséges. Ebben az esetben az üzemi és a vizsgálati hőmérséklet közé egyenlőségeket tehetnénk.

Kis próbatestekkel sem térben, sem időben nem tudjuk a feszültségi állapotot megvalósítani. Ennél fogva a vizsgálat alapján csak az acél rideg törési érzékenységről, és nem a szerkezetben mutatott viselkedéséről nyilatkozhatunk. Az érzékenység és a szerkezetben mutatott viselkedés összekapcsolásában tapasztalatokra vagyunk utalva.

A vizsgálatnak csak olyan tulajdonságai hasznosíthatók, amelyek a szerkezet üzemének is tulajdonságai. Így az ütmunka értéke semmit sem mond a szerkezet rideg állapotára vonatkozóan, mivel a „szerkezet ütmunkája” nem értelmezhető. A szerkezet és a próbatest esetén közös az a tulajdonság, hogy az acél szívósan is, ridegen is viselkedhet, és a kettő viselkedés között bizonyos hőmérsékleten vagy hőmérsékleti tartományban átmenet figyelhető meg. Az ütmunka csupán az átmenet kijelölésének feltétele lehet.

A vizsgálatnál általában nem átmeneti hőmérsékletet, hanem átmeneti pontot jelölhetünk ki. A rideg viselkedés határa a feszültségi állapot vagy az igénybevételi sebesség függvényében is megkereshető. A hőmérséklet függvényében való vizsgálat elsősorban azért célszerű, mert a szerkezet üzemi paraméterei közül ezt ismerjük, így a próbatest és a szerkezet rideg állapotának kapcsolatát ezzel tudjuk kifejezni.

Korrelációs rendszerek bármilyen vizsgálati módszerrel megállapított átmeneti hőmérsékletre meghatározhatók. Legtöbb kísérleti adat Charpy-V típusú ütőpróbatesttel áll a rendelkezésünkre.



5. ábra Holland javaslat [6] a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés alkalmazása esetén

zésre, ezért ez a vizsgálati módszer a korrelációs rendszerek leggyakrabban választott alapja.

Az átmeneti hőmérséklet kijelölése

Az átmeneti hőmérséklet

- a próbatest alakváltozásának mértéke,
- a töretfelület, vagy
- a törési munka alapján jelölhető ki.

Ütővizsgálatoknál a próbatest alakváltozásának jellemzésére Gross és Stout a keresztirányú expanzió mérését vezette be. Tipper javaslata szerint az 50%-ban kristályos törethez tartozó hőmérséklettel célszerű kijelölni az átmenetet (BS 131). Legáltalánosabban alkalmazott módszer adott energiaszinthez tartozó hőmérséklet megállapítása; így érhető el a legnagyobb pontosság.

Ütővizsgálat során a repedés keltésére és a repedés terjedésére fordított energia összegét mérjük, a rideg törési érzékenység viszont a repedés terjedésének feltételeivel függ össze. Ezért, ha különböző folyáshatárú szerkezeti acélok rideg törési érzékenységét akarjuk összehasonlítani, a törési munka folyáshatár függőségével kell számolni.

Az átmeneti hőmérséklet kijelölésére választott energiaszint folyáshatár függőségét ma már a hazai acélszabványok (MSZ 1741, MSZ 6280) figyelembe veszik.

A szerkezetben mutatott szívós és rideg viselkedés határát kijelölő üzemi hőmérséklet és a Charpy-V próbatesttel végzett ütővizsgálat között korreláció állapítható meg. Nyilvánvaló, hogy hasonló összefüggés van különböző módszerrel meghatározott átmeneti hőmérsékletek között is. Regressziós elemzések eredményéből néhány példa:

A vizsgálati módszer hatása:

Robertson:	$Q_s = 17 + 0,64 \cdot TTKV_{27}$
Pellini:	$NDT = -16 + 0,51 \cdot TTKV_{27}$
	$TDT = -10 + 0,75 \cdot TTKV_{27}$

A próbatest bemetszésének hatása:

DVM-próbatest: $TTKV = -29 + TTKV_{27}$

Schnadt-próbatest: $TTK = 32 + TTKV_{27}$

Az átmeneti hőmérséklet kijelölésének hatása:

50% $TTKV_{50\%} = 28 + 0,96 \cdot TTKV_{27}$

0,5 · KV_{max} $TTKV_{0,5} = 10 + 0,91 \cdot TTKV_{27}$

Az ütővizsgálat eredményeire a

$$KV = A + B \cdot \text{th} \left[\frac{T - T_0}{C} \right] \quad (1)$$

görbe illeszthető. Ma már az anyagok tulajdonságát tartalmazó adatbankok az A, B, T₀ és C állandókat tartalmazzák. Az állandók ismeretében tetszős szerinti ütmunkához meghatározható az átmeneti hőmérséklet.

Alkalmazástól függően szükség lehet 10 mm-nél kisebb vastagságú termékek rideg törési érzékenységének (átmeneti hőmérsékletének) meghatározására. Az acélkiválasztási rendszerek figyelembe veszik a vastagság hatását. A kettősség elkerülése végett a vizsgálat során a próbatest hatását korrigálni kell.

A korreláció mértékére tartalmaz javaslatot az ASME Code VIII (UG 84-2 paragrafusa), illetve hazai vizsgálatok eredményeinek felhasználásával adatok találhatók a [10] közleményben. Ezeket veszi figyelembe az MSZ 4308/1 szabvány előírása.

A próbatest vastagságának az acél átmeneti hőmérsékletére gyakorolt hatásának figyelembevételét elsősorban a csővezetékek acélkiválasztása sürgette.

Az átmeneti hőmérséklet és a szerkezet mértékadó hőmérsékletének kapcsolata

Az előzőekben megismertük az átmeneti hőmérséklet fogalmát és az átmeneti hőmérséklet meghatározását befolyásoló fontosabb tényezőket. Tehát ismert az acél ütővizsgálattal meghatározott átmeneti hőmérséklete (TTKV), amely a próbatest által reprezentált feszültség-állapot (Φ_p) és a vizsgálatra jellemző ütesi sebességből (-5,8 m/s) származó feszültség-változás sebességére (Φ_p) jellemző. A szerkezet mértékadó hőmérséklete (T*), amelynél kisebb hőmérsékleten a szerkezetben az acél ridegen viselkedik, a szerkezet feszültségállapota (Φ_{s2}) és a szerkezet igénybevételének sebessége (Φ_{s2}) mellett értelmezhető. A vizsgálat és a szerkezet jellemzőinek különbsége:

$$TTKV - T^* = f[(\Phi_p - \Phi_{s2}); (\Phi_p - \Phi_{s2})] \quad (2)$$

alakban írható fel. Abban az esetben, ha a szerkezet maga a próbatest $TTKV = T^*$. Ez egyben summázott kritikája azoknak az előírásoknak, amelyek egyenlőséget tesznek az átmeneti hőmérséklet és a szerkezet mértékadó hőmérséklete között. A (2) összefüggésből belátható, hogy ha a szerkezet tekintjük próbatestnek, annak különböző hőmérsékleten történő eltérése alapján a szerkezet mértékadó hőmérséklete (T*) meghatározható. Ezt a módszert a szakirodalom *hőmérsékletkülönbség eljárásnak* nevezi [11], és ez az acélkiválasztási rendszerek filozófiája.

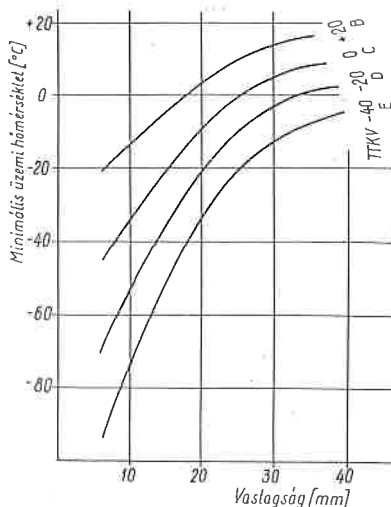
Az acélkiválasztási rendszerek megjelenési formájukat tekintve lehetnek diagramok (ez a legáltalánosabban elterjedt forma), működhetnek pontozásos formában (erre példa a Klöppel javaslat, vagy a FEM, emelőgépek és szállító-

többerendzéseikre vonatkozó európai javaslat), illetve lehet analitikus összefüggés (pl. Cottrel csővezetékekre vonatkozó javaslata). A kapcsolat, tekintettel a befolyásoló tényezők számára, csak jól körülhatárolt szerkezetípusokra dolgozható ki.

A korrelációs kapcsolatot korrekt módon a diagramok fejezik ki. A pontrendszerben jelentős a szubjektív hiba. Az analitikus megoldások a tizedes pontosságú kiszámítást sugallják, ami nyilvánvalóan hibás.

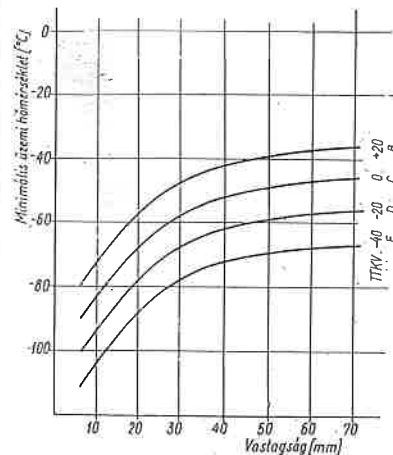
A nyomástartó edényekre vonatkozó acélkiválasztási rendszer kidolgozásakor Burdekin [3] javaslatát vettük alapul, és meghatároztuk a hegesztett állapotra, illetve a feszültségcsökkentő hőkezelést követő állapotra az egyes rideg törési kategóriák (B, C, D, E) alkalmazási határát (6. és 7. ábra), [12].

A javasolt acélkiválasztási rendszert káresetekkel ellenőriztük. A javaslat részletes magyarázatokkal és az ellenőrzéssel a [12] kutatási jelentésben, később értelemszerűen rövidített formában a [10, 13, 14] közleményekben jelent meg. A [14] közlemény nyomán feltétlenül jelentősnek tekinthető nemzetközi megmértetésre került [15]. 1970...1980 között a [12] ku-



6. ábra A rideg törési kategóriák alkalmazási határa [10, 12] hegesztett állapotban

tatási jelentés alapján történt a hazai nyomástartó szerkezetek acélkiválasztása. Az acélkivá-



7. ábra A rideg törési kategóriák alkalmazási határa [10, 12] a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés alkalmazása esetén

lasztási rendszert 1979 óta, a ma is hatályos MSZ 13802 szabvány tartalmazza.

A hazai acélkiválasztási rendszer megbízhatóságának növelése; az acélkiválasztási rendszer és a törésmechanika kapcsolata

A hőkezelés hatásának ellenőrzése

A 6. és 7. ábra szerinti határok összevetése alapján a feszültségcsökkentő hőkezelés jelentős hatása állapítható meg. Természetesen ez a jelentős hatás csak akkor érvényesül, ha a hőkezelést követően az acélnak a hegesztett szerkezet rideg törése szempontjából meghatározó tulajdonságai (pl. TTKV, $R_{p0,2}$) kedvezőtlen irányban nem változnak meg. Ezért tekintettük fontos feladatnak az A_1 hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten végzett hőkezelés hegesztett kötés tulajdonságaira gyakorolt hatásának megismerését [16]. A hőkezelés hatására vonatkozó fontosabb megállapításokat az MSZ 13802 és az MSZ 13833/5 szabvány tartalmazza.

Az acélkiválasztási rendszer ellenőrzése a törésmechanika alkalmazásával

A hazai acélkiválasztási rendszer érvényességét $B(s^*) = 10, 20, 25, 28$ és 38 mm vastag próbatestekkel ellenőriztük. A vastagság, valamint az alapanyag és a hegesztési varrat folyáshatára miatt a rugalmas-képlékeny törésmechanika mérőszámait (CTOD, J_{IC}) és összefüggéseit használtuk fel az ellenőrzés során.

Burdekin későbbi, PD 6493 javaslata szerint a megengedhető hibaméret:

$$\bar{a}_m = C \cdot \left(\frac{CTOD_{krit}}{\epsilon_y} \right) \quad (3)$$

ahol $\epsilon_y = R_{p0,2}/E$

Az állandó értéke:

$$C = \frac{1}{2\pi \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_y} \right)^2}, \quad \text{ha } \frac{\epsilon}{\epsilon_y} < 0,5, \text{ illetve}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_y} - 0,25 \right)}, \quad \text{ha } \frac{\epsilon}{\epsilon_y} > 0,5$$

A C konstans meghatározásához képezzük a hiba helyén fellépő feszültségek ($P_m + P_b + Q + F$) és a folyáshatár viszonyát. Ha a viszony szám nagyobb mint 2, a feszültségek helyett a nyúlás értékét (ϵ/ϵ_y) helyettesítjük be. A szerkezetben fellépő nyúlást kísérletek eredményeiből ismerjük.

Későbbi elemzéseink során a WES 2805 által javasolt összefüggést is alkalmaztuk:

$$\bar{a}_m = \frac{CTOD_{krit}}{3,5 \cdot \epsilon} \quad (4)$$

Nagyszámú vizsgálati eredmény alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a javaslatunk alapján született acélkiválasztási rendszer nagy méretű kiváltásoktól (búvónyílástól) távoli helyen a falvastagság felével, kiváltások ($\alpha_k = 2,25 \dots 2,5$ feszültségkoncentrációjú helyek) környezetében pedig a falvastagság negyedével egyező mélységű, felületre nyitott síkszerű hiba esetén zárja ki a rideg törést. Az acélkiválasztás ellenőrzésének eredményét az MSZ 13802 szabvány tartalmazza. Az ellenőrzés eredményét többek között a [15] nemzetközi fórumon vitattuk meg.

Az acélkiválasztás kritikája

Az acélkiválasztás feltételez egy gyártási és ellenőrzési kultúrát. A hazai acélkiválasztási rendszer az 1970-es évek hazai színvonalhoz igazodott, és mindenképp biztonságosnak bizonyult. Minden olyan esetben, ahol a gyártás és az ellenőrzés színvonala átlag feletti, az acélkiválasztás gazdaságtalan és túlzottan szigorú követelményt támaszt. Az acélkiválasztási rendszerek összehasonlításakor mindenkor fi-

gyelembbe kell venni, hogy azok adott gyártási és ellenőrzési kultúrára vonatkoznak!

Az acélkiválasztási rendszerek továbbfejlesztését és egyben a gazdaságosság növelését, az acélkiválasztás és a törésmechanika egyidejű alkalmazásával létrehozott differenciált acélkiválasztás bevezetése jelenti.

Az acélkiválasztás továbbfejlesztése, a differenciált acélkiválasztás

Az átmeneti hőmérséklet és a törésmechanikai anyagjellemzők kapcsolata

A (3) és a (4) összefüggésekből belátható, hogy adott törésmechanikai anyagjellemző (pl. CTOD) egy kritikus hibaméretet reprezentál. A különböző törésmechanikai anyagjellemzőkhöz tartozó hőmérséklet tehát azt a hőmérsékletet jelenti, amelyen a szerkezet, a törésmechanikai anyagjellemző által reprezentált hiba mellett nem szenved rideg törést.

Az acélok ütővizsgálattal meghatározott átmeneti hőmérséklete és adott törésmechanikai anyagjellemző által kijelölt hőmérséklet között szoros kapcsolat van [17]. Ezekből néhány példa:

- hegesztési varrat, 28 mm vastag próbatest,
 $TT(CTOD)_{0,2} = 14,56 + 1,8 \text{ TTKV}_{27}$
 $TT(CTOD)_{0,4} = 8,7 + 0,86 \text{ TTKV}_{27}$
- acélok, 20 mm vastag próbatest,
 $TT(CTOD)_{0,2} = -9,6 + 1,55 \text{ TTKV}_{27}$
 $TT(CTOD)_{0,4} = 6,4 + 1,31 \text{ TTKV}_{27}$

Az átmeneti hőmérséklet és a mértékadó törésmechanikai anyagjellemző kapcsolatát az

egy anyagjellemzőkre vonatkozó referencia görbe paramétereinek ismerete jelenti. Példaként az $R_{p0.2} \geq 355$ MPa névleges folyáshatárú acélokra vonatkozó referencia görbe [18]:

$$K_{IR} = 26,0 + 27,9 \cdot \exp[0,0225 \cdot \Delta T],$$

(MPa · m^{0.5})

ahol $\Delta T = T - TTK_{40}$

Tehát az acél átmeneti hőmérsékletének ismeretében megbízhatóan becsülhető az adott hőmérsékletre (T) érvényes, mértékadó törésmechanikai anyagjellemző értéke [19, 20].

A differenciált acélkiválasztás

Az acél és hegesztőanyag szabványok az átmeneti hőmérsékletre tartalmaznak előírást. A tervezés során az acélkiválasztást kell alkalmazni a következő sorrendben: a szerkezethez acélt és az acélhoz hegesztő anyagot kell választani. A hegesztett szerkezetek gyártásához kapcsolódó eljárásvizsgálatok során meghatározható a hegesztett kötés átmeneti hőmérséklete és ebből, az előző szakasz szerint, becsülhető a mértékadó törésmechanikai anyagjellemző. A mértékadó törésmechanikai anyagjellemző ismeretében az acélkiválasztási rendszer határa kiterjeszthető!

Fontos szerkezet esetén természetesen a technológiai próbából törésmechanikai vizsgálatokat is lehet végezni, amely a konkrét hegesztett kötés törésmechanikai anyagjellemzőjének pontos meghatározását teszi lehetővé.

Összefoglalás

Az 1970-ben kidolgozott nyomástartó edények acélkiválasztási rendszerét 1979 óta szabvány tartalmazza.

Az acélkiválasztási rendszer rendszeres ellenőrzése növelte megbízhatóságát és lehetővé tette a gyártási és a roncsolásmentes anyagvizsgálati kultúra fejlődésének mindenkor figyelembevételét.

A törésmechanika gyakorlati alkalmazásával lehetőséget nyitott az egyedi esetek differenciált kezelésére.

A nyomástartó edényekre vonatkozó acélkiválasztási rendszer tíz éven át, mint a Vaskut műszaki megoldása, 1979-től kezdve pedig, mint országos szabvány biztonságos megoldást jelent a nyomástartó berendezések rideg törésének elkerüléséhez.

Hivatkozások

- [1] Wells, A.A.: ASTM STP 302 21 (1961)
- [2] Wells, A.A.: Notched bar tests, fracture mechanics and the brittle strengths of welded structures. Houdremont lectures (1964) IIW
- [3] Burdekin, F.M.: The practical application of fracture tests to prevent services failures, Welding Journal 50 129s (1968)
- [4] Wessel, E.T.: Correlation of laboratory determination of fracture toughness with the performance of large steel pressure vessels. Welding Journal 46 140s (1964)
- [5] Kihara, H., Kanazawa, T., Ikeda, K., Oba, H., Susei, S.: Effects of notch size, angular distortion and residual stress on brittle fracture initiation characteristics of welded joints for high strength steels, Doc X-508-1969 (IIW)
- [6] ISO/TC 11 (Netherland-4) 278 (1970)
- [7] Györgyi, F.: Acélok hegeszthetősége, BKL Kohászati 100 269 (1967)
- [8] Rittinger, J.: Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok hegeszthetőségi vizsgálata, 4-1-060/66 Kutatási jelentés (Vaskut)
- [9] Fehérvári, A.: Szerkezeti acélok ivhegesztő anyagának hatása a varrat minőségére, 4-1-070/67 Kutatási jelentés (Vaskut)

- [10] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetek gyártásához rideg törési érzékenység alapján, BKL Kohászati 104 241 (1971)
- [11] Rühl, K.: Die Spröbruchsicherheit von Stahlkonstruktionen, Werner Verlag, Düsseldorf (1959)
- [12] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetek gyártásához rideg töréssel szembeni biztonság szempontjából, 1/4-1-035/70 A1. Kutatási jelentés (Vaskut)
- [13] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetek gyártásához rideg törési érzékenység alapján, Gép XXIV 9 (1972)
- [14] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Stahlauswahl für Druck ausgesetzte Konstruktionen auf Grund ihrer Spröbruchempfindlichkeit. Neue Hütt 18 209 und 455 (1973)
- [15] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Bruchmechanische Untersuchungen im Eisenforschungsinstitut. Bruchmechanische Forschungen zur Industriellen Anwendung. Sommerschule, Freiberg – Siebenlehn (1979); Freiburger Forschungshefte B214 (1980)
- [16] Rittinger, J., Kern, F.: Feszültségcsökkentő hőkezelés hatása a szerkezeti acélok tulajdonságaira, Gép XXV 399 (1974)
- [17] Fehérvári, A.: Kapcsolat az ütvé-hallító vizsgálat és a COD mérés eredménye között, BKL Kohászati 108 155 (1975)
- [18] Rittinger, J.: Példák a törésmechanika alkalmazására a szerkezeti acélok kiválasztásánál és a kritikus hibaméret meghatározásakor. Gép XXXII 354 (1980)
- [19] Rittinger, J.: Referencia görbék jelentősége a törésmechanika gyakorlati alkalmazásánál, Gép XXXIV 393 (1982)
- [20] Rittinger, J.: Bedeutung der Referenzkurven bei der Anwendung der Bruchmechanik. Festigkeitsverhalten höherfester schweißbarer Baustahl. VEB Deutscher Verlag für Grundwerkstoffindustrie, Leipzig (1983)

941 016 133-134

HÍREK

TÖRÖK TIBOR KITÜNTETÉSE

A magyar színeképelemzők nagy családjá számára örömhír, hogy „a magyar színeképelemzők atyja”, * Török Tibor, múlt év novemberében a Magyar Tudományos Akadémia elnökétől, Kosári Domokos-tól **Éótvös József-koszorú emlékérmét** vett át.

Ez az új kitüntetés rangos elismerést jelent a magyar tudományos élet eredményes alkotó munkásai számára. Tudjuk, hogy Török Tibor munkásságáért már az 1950-es években elnyerte a tudományok doktora fokozatot, de az 1960-as években a megérdemelt felterjesztése ellenére, nem vették fel a Magyar Tudományos Akadémia tagjai közé sem akkor, sem később. Tudományos életműve alapján kapta meg most ezt a kitüntetést. Az emlékérem átvétele alkalmával így válaszolt: „Az életművem még nem fejezte be, csak a szűk tudományos pályámat. Most írom annak a mintegy 30 fejezetre tervezett könyvnek a 16. fejezetét, amelyben természettudományos világképet mutatom meg Istenbe vetett hitem alapján, aki ezt a csodálatos világot alkotta és irányítja.”

Ennek a műnek a befejezéséhez kívánunk sok erőt a 80. évében járó tudósunk, igaz barátunknak, őszinte szeretettel és tisztelettel.

Dr. Gegus Ernő

VÉKÁSSY ALAJOS KITÜNTETÉSE

A magyar kultúra napján, január 21-én, dr. Vékássy Alajos, a Könnyűipari Műszaki Főiskola címzetes főiskolai tanára, **Szent-Györgyi Albert-díjban** részesült.

* Beszélgetés Török Tiborral, Anyagvizsgálók Lapja 2 (1992) 69.

**Anyagvizsgálók Lapja 2 (1993) 33.

A köztörtélmék anyagszerkezetének, tulajdonságainak neves kutatójának, ** a ma is aktívan tevékenykedő tanár úrnak szeretettel és tisztelettel gratulálunk!

BAY ZOLTÁN INTÉZET MISKOLCON

Dr. Pungor Ernő tárca nélküli miniszter, az OMFB elnöke december 10-én Miskolcon felavatta a második Bay Zoltán Kutatóintézetet, amely a gyártástechnológia és a logisztika kérdésköreinek alkalmazott kutatásával foglalkozik.

CERN-kiállítás a BME-n, Január 29. — február 24.

Az **anyag végső építőkövei** című, a Budapesti Műszaki Egyetem aulájában megrendezett kiállítás szemléletes és közérthető bepillantást nyújt a CERN – az Európai Részecskefizika Laboratórium munkájába. Tájékoztatást ad az alkalmazott eszközökről és módszerekről, a fontosabb eredményekről és a magyar kutatók részvételéről a kvarkok „felszabadítása” nehéz ionok ütköztetésével programban, valamint a nagysebességű jel- és adatfeldolgozáshoz szükséges, több ezer processzor párhuzamos összekapcsolásával működő számítógép kifejlesztésében.

Érdekes időt szentelni a működő eszközöket és modelleket is bemutató, de a közérthetőséget karikatúrákkal is segítő kiállítás megtekintésére.

Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata

Dr. Karsai István

A nagyobb szilárdságú, növelt folyáshatárú szerkezeti acélok iránti megnövekedett igény mind gazdasági, mind műszaki szempontból jogos törekvés, mert a nagyobb szilárdságú anyagból könnyebb összcsúlyú szerkezet készíthető, miközben a kisebb falvastagság növekvő biztonságot nyújt a rideg töréssel szemben. Problémaként jelentkezik azonban, hogy az ilyen acélok gyártásánál, és feldolgozásuk közben is, csak igen pontosan megtervezett és szigorúan betartott technológia vezethet megfelelő eredményre; a technológia valamelyik paraméterének megváltoztatása a szilárdság csökkenését, a rideg törési érzékenység katasztrofális növekedését idéz(het) elő.

A hibák veszélyessége

A szerkezetek méretezésénél a konstruktőr abból indul ki, hogy az anyag homogén és folytonos, valamint hogy a mechanikai tulajdonságok meghatározásához felhasznált próbatetek tulajdonságai a beépített anyag tulajdonságaival mindenben azonosak. A valóság ettől eltérő, ugyanis az anyag mikro- vagy makroszerkezete általában inhomogén és az anyagban van/lehet valamilyen folytonossági hiány, hiba. Ennek oka lehet

- alapanyaggyártás (kémiai összetételbeli eltérés, kiválások, dúsulások)
- félkésztermék-gyártás (geometriai és felületi hibák, folytonossági hibák, belső anyaghibák)
- késztermék-előállítás (kiegések, szövetszerkezeti változások, méret- és alakhibák, felületi hibák, belső anyaghibák)

Az inhomogén szerkezet a mechanikai tulajdonságok változását idézi elő; a hibák rontják az anyag használhatóságát: a statikus terhelhetőség csökken, rideg vagy fáradt törést okoz(hat)nak.

A hibák veszélyessége sok tényező függvénye. A legfontosabbak:

- a hiba fajtája, mérete, gyakorisága, elhelyezkedése és orientációja;
- az anyag állapota és szilárdsági tulajdonságai;
- a szerkezet mérete, kialakítása és előállítási módja (pl. hegesztés);
- az igénybevétel jellege (statikus, dinamikus, ismétlődő), nagysága és a járulékos körülmények (hőmérséklet, korrózió...).

A legnagyobb biztonságot a homogén, hibamentes anyag jelentené. Mivel azonban ez a gyakorlatban rendszerint nem teljesül, törekedni kell a hibák minél részletesebb, pontosabb felderítésére, vagyis annak megállapítására, hogy az adott anyagban/szerkezetben van-e hiba; ha igen, milyen fajtájú, méretű, elhelyezkedésű; mennyi és a szerkezet melyik részében van jelen.

Ezekre a kérdésekre a roncsolásmentes anyagvizsgálattól várják a választ.

Általánosan ismert tény, hogy univerzális roncsolásmentes vizsgálat nem létezik; mindegyik eljárás bizonyos jellegzetes hibafajták kimutatására alkalmas, meghatározott hibakimutatási érzékenységgel. Szükség esetén tehát a teljeskörű roncsolásmentes defektoszkopiai vizsgálat több eljárás együttes alkalmazását kívánja meg. Erre az MSZ 4310/1 szabványban is találunk részletes útmutatást.

A roncsolásmentes hibakereső anyagvizsgálat sikere megfelelően megválasztott eljárás esetében is alapvetően két körülménytől függ: az egyik a vizsgálati technológia korszerűsége, ami értelemszerűen magába foglalja a vizsgálati eszközök, berendezések korszerűségét is; a másik a vizsgáló személyzet szakmai ismereteinek megfelelő szintje.

Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata

A hegesztett kötések minősítésében meghatározó szerepet játszanak a defektoszkopiai vizsgálatok. Ugyanis a hegesztett kötés szükségszerűen heterogén szerkezetű, mivel magában foglalja az öntött szerkezetű varratot, a hőhatásnak kitett átkristályosodott zónát és a hő által nem befolyásolt alapanyagot is. Az eltérő szövetszerkezet a mechanikai tulajdonságok megváltozását is magával hozza.

A kristályszerkezeti különbségek mellett eltérések vannak az ömledék és az alapanyag kémiai összetételében is. Ez ismét változó mechanikai tulajdonságokat eredményez.

Számolni kell a varratban és esetenként a hőhatásövezetben a hegesztési eljárástól függő folytonossági hiányok, hibák keletkezésének veszélyével, valamint a visszamaradó feszültségekkel is. Végül nem hanyagolható el a varratgeometriától függő feszültséggyűjtő helyek ridegítő hatása sem.

A hegesztett kötések hibakereső vizsgálatának a célja, hogy a kötésben keletkezett felületi, vagy felületközeli – jellemzően repedés jellegű – hibákat, illetve a varratban keletkezett belső anyaghibákat, folytonossági hiányokat felfedezze, és a hiba jellemzőit az értékelő számára használható formában megadja.

A hegesztett szerkezetek gyártásához a korábbi években használt úgynevezett „jól hegeszthető” szívós anyagok és a hozzájuk illő hegesztési technológiák esetében elsősorban a varratban keletkezett belső anyaghibák felderítése volt a feladat. Ehhez jól használható volt a radiográfia (R) és az ultrahangos (U) vizsgálat, szükség esetén ezek együttes alkalmazása.

A növelt folyáshatárú anyagokra való áttérés a varrat vizsgálata mellett szükségessé tette a hőhatásövezet repedésvizsgálatát is festékdifúziós penetrációs (P) vagy mágneses repedésvizsgáló (M) eljárással.

A nagy szilárdságú, különleges szerkezeti acélok hegesztett szerkezetekben való felhasználásával pedig – ezen anyagok jellemzően nagyobb bemeztetésérzékenysége miatt – a hangsúly a repedésekre, illetve jelentős feszültséggyűjtő hatást okozó éles bemeztetés jellegű felületi hibákra – beleértve az alapanyagban a hegesztéshoz közeli felületen pl. alakítási technológiából származó sérüléseit (karcok, gyűrődések, benyomódások) – tevődött át, ami előtérbe helyezte az örvényáramos (Ö) vizsgálatokat is.

Egy mai korszerű szerkezet hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálatánál a geometriai eltéréseket, durva felületi hibákat felderítő vizuális vizsgálat (V) után feltétlenül szükséges a hőhatásövezet repedésvizsgálata (P vagy M); a belső varratbelső vizsgálat ultrahangos (U) és/vagy radiológiai (R) vizsgálat, amit különleges esetekben kiegészít(het) az alapanyag felületének örvényáramos (Ö) vizsgálata is.

Roncsolásmentes anyagvizsgálók képzése

Magyarországon a roncsolásmentes vizsgálattal foglalkozó szakemberek az ismereteket a II. világháborút közvetlenül megelőző időkből és még az azt követő néhány évben is autodidakta módon fejlesztették.

A ma már világszerte alapeljárásokként számoltartott R, U, V, P, M, Ö vizsgálatok közül a durvaszerkezeti radiográfia volt az első és hosszú időn át uralkodó roncsolásmentes vizsgálat. A szervezett radiológus képzés a GTE kezdeményezésére és szervezésében 1952-ben indult meg. Az ipari fejlődés, az erőműépitési programok, az olaj- és gáztávvezeték építése, a hajó- és darugyártás fellátása és az ezeken a területeken uralkodóvá vált hegesztés indította és erősítette ezt a programot. A vizsgálatok szükségességének felismerése és a vizsgálatok eredményességének elismerését jelezte, hogy az 1/1959 MüM rendelet a radiográfusok működését minősítéshez kötötte. E rendelet alapján született meg a 9075/1959 KGM végrehajtási utasítás, amely szabályozta a szakképesítés tartalmi és formai követelményeit. Lényegében ez a rendelet határozta meg az oktatást egészen a 70-es évek elejéig. A rendelet szerint megrendezett tanfolyamokon az 1952–1974 időszakban 1282 fő szerzett durvaszerkezeti radiográfus minősítést.

Az oktatás, melynek szakmai ellenőrzése végig a GTE feladata volt, folyamatosan követte az igényeket és fejlesztette az átadandó ismeretanyagot. Ennek a munkának nemzetközi elismerése volt a Varsóban 1973-ban megrendezett VII. ICNDT ülés azon megállapítása, hogy sok nyugati országban nem folyik olyan szervezett radiológusképzés, mint

hazánkban. Ennek alapján az ICNDT vezetőtestülete felkérte Magyarországot, hogy vegyen részt a szervezet oktatással foglalkozó szakbizottságának munkájában, melynek feladata a roncsolásmentes anyagvizsgálók képzésének nemzetközi egységesítésére vonatkozó javaslat kidolgozása.

Az ultrahangos vizsgálat szintén létezett csíráiban az 50-es években, sőt speciális feladatra célvizsgálatként már sikeresen alkalmazták pl. a MÁV-nál; általános ipari alkalmazásra azonban még nem került sor.

Az első ultrahangos tanfolyamot 1968-ban szervezte a GTE, majd 1972-ben a Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakbizottság kidolgozta a tanfolyamok egységes tematikáját és 1973-ban jegyzet formájában is megjelent a tananyag.

A hegesztett szerkezetek terjedése és a hegesztett kötések vizsgálatának különleges igényei miatt 1976-ban, a korábban végzett ultrahangos vizsgálók számára, a hegesztések vizsgálatára jogosító kiegészítő továbbképzést kellett megszervezni. Ettől az időtől kezdve a hegesztés-vizsgálat a tananyag szerves részévé vált. 1977–1983 időszakban 12 ultrahangos tanfolyamon, tanfolyamonként átlagosan 24 fő szerzett hegesztések vizsgálatára is jogosító ultrahangos vizsgálói minősítést.

A roncsolásmentes vizsgálók képzésében új korszak kezdődött, amikor a képzés szervezése – a radiológusképzés 1974-ben, az ultrahangos képzés 1976-ban – a KGMTI hatáskörébe került. Ekkor ugrásszerűen megjavultak a képzés anyagi és tárgyi feltételei és már felmerült a szakképesítő oklevelek más országokban történő elfogadtatásának igénye is. Ez az ismeretanyag újabb korszerűsítését vonta maga után, ami gyakorlatilag megerősítette az újabbban megjelent nagyobb szilárdságú anyagoknál készített hegesztett szerkezetek miatt amúgyis aktuális korszerűsítési szándékot.

A magyarországi oktatási rendszer magas színvonala és az ICNDT VIII., Moszkvában tartott kongresszusán elfogadott nemzetközi harmonizációba való beilleszkedése, a három fokozatú képzésre való áttérés tette lehetővé, hogy 1983-ban sor került a magyar-osztrák, majd 1986-ban a magyar-német kétoldali megállapodásra a radiológus 2. és az ultrahangos 2. fokozat kölcsönös elismerésére.

A megállapodások alapját a Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakbizottság tagjaiból szervezett munkacsoport által már korábban kidolgozott tanfolyami és vizsgaszabályzat képezte, amelyet a 10/1984 Ip.M. sz. miniszeri rendelet legalizált és a 8016/1985 Ip.M. végrehajtási utasítás helyezett véglegesen érvénybe.

Ez a rendszer teljes egészében a nemzetközileg elfogadott három fokozatú képzést írta elő valamennyi (V, P, M, R, U Ö) roncsolásmentes vizsgálati eljárásra vonatkozóan. A rendelet tehát megteremtette a szakmai oktatás kereteit a teljes roncsolásmentes anyagvizsgálati területen, azonban V, P, M eljárások tényleges oktatása – az ipar érdektelensége miatt – csak évek múlva indult meg.

A rendszerváltozást követő dereguláció kampányának a 10/1984 – IpM rendelet is áldozatul esett. Az újabb törvényi szabályozásra 1992-ben került sor: az 1/1992 MM rendelet, amely az iskolarendszeren kívüli képzést szabályozza, ezen a területen átvette a korábbi gyakorlatot. Már most regisztrálható azonban, hogy a kérdés végleges, a nemzetközi harmonizációban tökéletesen illeszkedő megoldása a roncsolásmentes vizsgálók minősítésére vonatkozó MSzEN szabvány hatályba lépésével és ezzel kapcsolatban a Nemzeti Akkreditációs Rendszer felállításával valósul meg.

Az ipari fejlődés hatása a képzésre

A fejlődő ipar új követelményeket támaszt az anyagvizsgálókkal szemben is. A műszaki fejlesztés, új anyagok, technológiák bevonulása a gyakorlatba szükségszerűen új vizsgálati eljárások, értékelési szemlélet/módszer alkalmazását kívánja meg; a két terület kölcsönhatása teljesen egyértelmű.

Néhány súlyos ipari káreset – mint pl. a répcelaki „robbanás”, nagy átmérőjű csövek törése – anyagvizsgálati vonatkozású következtetéseknek levonása, összefüggésben az új, nagyobb szilárdságú szerkezeti acélok használatba vételével a hegesztett szerkezetekben, mind pedig a nemzetközi harmonizációban való részvétel világossá tették, hogy tovább kell fejleszteni a magyar vizsgálati kultúrát, amelynek elválaszthatatlan részét képezi a humán faktor a maga szakmai képzettségével és etiká-

jával. Ennek megfelelően a képzési paletta az igényekhez igazodva, sőt azokat megelőzve is folyamatosan bővült: a hagyományos radiológus- és ultrahangos képzés mellett megjelent a speciális ultrahangos hegesztés-vizsgálat, majd a későbbiekben a vizuális, penetrációs, mágneses repedésvizsgálat oktatása, és 1990-ben bekerült a programba az örvényáramos vizsgálat is. A nagyobb szilárdságú acélok széles körű alkalmazása – ezek fokozottabb bemetszésérzékenysége, illetve a repedés-terjedéssel szembeni kisebb ellenállása – miatt nagyobb hangsúlyt kaptak a repedés jellegű felületi hibák kimutatására alkalmas vizsgálati eljárások. Jól tükrözi az igények változását, hogy az 1987-ben 24 fő részére kiadott első R3 és I3 fő részére kiadott első U3 minősítést követően 1992-ben 9 fő megszerezte a VPM3 fokozatú minősítést, 1993-ban pedig 7 fő az Ö3 minősítést.

Megtörténtek az első lépések a szerkezetekben üzem közben keletkező repedések detektálását és a repedés terjedésének folyamatos ellenőrzését lehetővé tevő akusztikus emissziós (AE) vizsgálatok beillesztésére az oktatási rendszerbe. Az első ilyen akusztikus emissziós tanfolyamra 1993-ban került sor.

A korszerű méretezési elvek, a biztonságos üzemeltetés követelményei nemcsak új vizsgálati eljárások alkalmazását igénylik, hanem megkívánják a megtalált hibáknak a törésmechanikai elemzéséhez, a maradék élettartam becslésekhez szükséges pontos, számszerű leírását, másrészt az állapotellenőrzéshez a hibatörténet nyomkövetettségének lehetőségét. Mindezek a hibakép, a hibajel-feldolgozás, a részletes hibaelemzés, visszakeresés-dokumentálás, megismételhetőség területén is a vizsgálat-értékelő személyekkel szemben új, magasabb szakmai követelményeket támasztanak, melyek egyik összetevője a számítástechnika bevonása a mindennapi gyakorlatba.

Mint az eddigiekből kitűnik, a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakemberképzés magyarországi gyakorlata rugalmasan alkalmazkodott a megjelent új igényekhez, miközben mind tartalmában, mind szerkezetében a nemzetközi harmonizációban elfogadott alapelvekkel teljes összhangban működött és működik ma is.

A nemzetközi egységesítési törekvések aktuális lépése most a roncsolásmentes vizsgálók képzésének és minősítésének európai szabványba foglalása. Ezt az EN 473 szabvány tartalmazza. E szabvány rendelkezései és a jelenlegi magyar gyakorlat mind a képzési szinteket, mind az oktatás tartalmát és terjedelmét tekintve gyakorlatilag fedik egy; mást. Eltérés a minősítés rendszerében van, aminek megszüntetése a Nemzeti Akkreditációs Rendszer (NAR) felállításával és működésbe lépésével lesz lehetséges.

A szabvány honosítása már megtörtént, hatályba léptetése MSZ EN 473 számmal a közeljövőben várható. Mivel a szabvány hatálybalépése bizonyosan megelőzi a NAR felállítását, az átmeneti időszakra, az MSZ EN 473 előszavában rögzítettek szerint, az oktatásra vonatkozó IKM rendelet rendelkezéseit kell mértékadónak tekinteni.

Összefoglalás

Az ipari fejlődés, az új, a megszokottól eltérő tulajdonságú szerkezeti anyagok használatba vétele a vizsgálók és a vizsgálati eljárásokkal szemben is új követelményeket támaszt. A növelt folyáshatárú acélok esetében a nagyobb bemetszésérzékenység, a csökkent szívósság miatt fokozottan veszélyesek a repedések és a bemetszés jellegű hibák, nagyobb jelentőségűek a felületi sérülések (benyomódás, karcolás, szegélyhiba stb.). Ezért előtérbe kerülnek a repedések kimutatására szolgáló és a felületi vizsgálati eljárások.

A törésmechanikai elemzésekhez szükséges számszerűsíteni a hiba jellemzőit, a hibatörténet ismeretéhez fontos a vizsgálat/mérés pontos reprodukálhatósága. Ezek a körülmények a vizsgálati személyzet szakmai ismereteinek bővítését teszik szükségessé. Ugyancsak szükséges a számítástechnika felhasználása is az értékelés területén.

A vizsgálati technika és kultúra fejlődése az ipari fejlődés szükségszerű követelménye, ütemét azonban jelentősen befolyásol(hat)ják az ipari katasztrófák, vagy súlyos műszaki balesetek.

941 020 135

Töréssel kapcsolatos kutató- és oktatómunka a BME Mechanikai Technológia Tanszéken

Dr. Czoboly Ernő – Dr. Havas István

Előzmények

A második világháború utolsó és az azt követő években egyre-másra következtek be olyan katasztrófák, amelyek mérnöki létesítmények tönkremenetelével, pusztulásával voltak kapcsolatosak. Félbetörtött hajók, leszakadt hidak, szétrobbant tartályok és ehhez hasonlóak szinte napirenden voltak. A magyar műszaki gárda szerencsésnek mondhatta magát, hogy ezekről a balesetekről csak a sajtó útján értesült, de akkor még közvetlenül nem kellett ezt a jelenséget tanulmányoznia. A katasztrófáktól legjobban sújtott országokban azonban lázas kutatómunka folyt, hogy a jelenségre magyarázatot találjanak és biztonságos elkerülésére eljárást dolgozzanak ki. E munka végét, de egyben egy egészen új méretezési filozófia és tudományág kezdetét talán 1958-ban lehet megjelölni, amikor Irwin, a First Symposium on Naval Structural Mechanics tanácskozáson először ismertette a „törésmechanikát”.

Az azóta eltelt idő során sok ismeret született arról, – emiatt ma már sokmindent természetesnek tartunk –, hogy a rideg törést hogyan lehet elkerülni. De az 50-es évek nemzetközi tudásszintjén még korántsem volt minden egyértelmű. Ennek illusztrálására itt két jellegzetes példát említsünk meg.

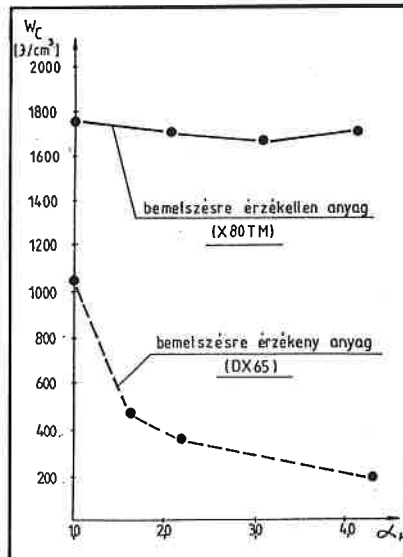
Az egyik egy káreset. A kanadai Quebecben 1951-ben leszakadt egy 4 éve üzemben levő híd. A katasztrófa oka, – ahogy azt a későbbi vizsgálatok megállapították –, az volt, hogy a híd csillapítatlan acélból készült. Az anyag üzemelés közbeni öregedése vezetett a végső töréshez. A másik egy nemzetközi kongresszuson elhangzott kijelentés. Ugyanazon a kongresszuson, amelyen Irwin a törésmechanika alapjairól beszélt, J. A. Brown bevezető előadásában kijelentette: „a rideg törés jelenségét ma már ismerjük, de kezelni még nem tudjuk”.

Bár a katasztrófák abban az időszakban Magyarországot elkerülték, mégis voltak akik felismerték a töréssel kapcsolatos kutatás fontosságát. Dr. Gillemot László a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia Tanszék professzora a képlékeny törés körülményeit vizsgálta. Munkatársával, Sinay Gáborral azt az irányvonalat követték, amelyet még Rejtő professzor jelölt meg; a törés kritériumát egy, az anyagra jellemző energiában találták meg. Újszerű volt, hogy ez a mérőszám, a törésmunka, fizikai szempontból helyesen, térfogatra és nem felületre vonatkoztatott mennyiség.

Már a kezdeti időszakban is azt vizsgálták, hogy miként alakul a töréshez szükséges fajlagos energia (munka), W_c a különböző külső és belső befolyásoló tényező hatására.

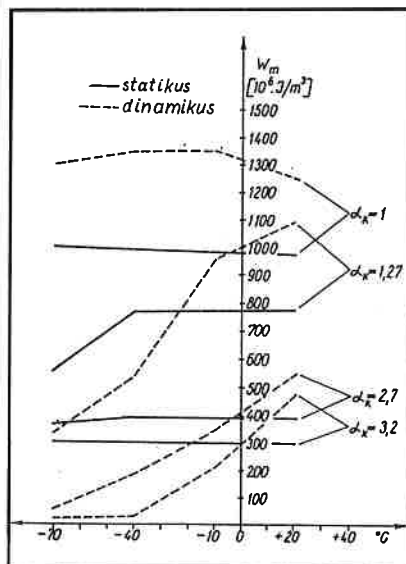
Belső tényezők alatt azokat értjük, amelyek magát az anyagot, annak összetételét, kristály- és szövetszerkezetét befolyásolják. Ilyenek pl. az ötvöztetés, hőkezelés, hidgealakítás, szemcse-

nagyág, öregítés, neutronsugárzás. A külső tényezők, mint pl. a hőmérséklet, a terhelés változásának sebessége vagy a feszültségi állapot ezzel szemben az anyag viselkedését, elsősorban a törési tulajdonságokat változtatják meg.



1. ábra A törésmunka változása a bemetszés függvényében (Csikós Gábor és Hollósiné Szabó Andrea mérései)

Gillemot és Sinay úgy találták, hogy a W_c változása a bemetszett, húzott próbatesteknél nem függ a méretektől, ha független változóként a formatényezőt, α_k -t használják. Így jöttek létre és így lettek a következő években egy sor kutatási eredmény jellegzetes ábrái a W_c - α_k görbék (1. ábra). Kissé más ábrázolási móddal



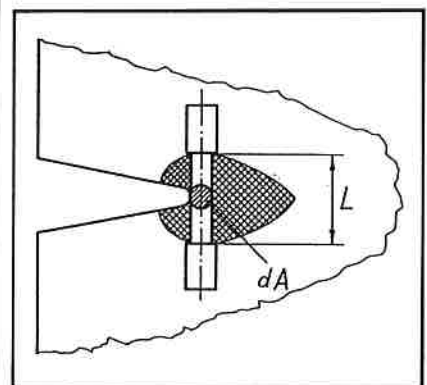
2. ábra A törésmunka változása a hőmérséklet és a bemetszés függvényében

egyidejűleg a hőmérséklet és a terhelési sebesség hatását is szemléltethetjük (2. ábra). Ezek a diagramok kitűnően kijelölték azokat a határokat (hőmérséklet, terhelési sebesség, bemetszés), amelyek között az adott anyag a ridegtörés veszélye nélkül használható, illetve amelyek kívül már más anyag alkalmazása tanácsos. Közvetlen méretezésre azonban nem voltak alkalmasak.

A Mechanikai Technológia Tanszéken folyó kutatásokban természetesen a tanszék más munkatársai, így a szerzők is bekapcsolódtak. Egyikük – a sors különös kegyéből – éppen abban az évben tölthetett néhány hónapot a londoni Imperial College-ban, a törésmechanika egyik korai fellelőjében, amikor a sajnálatos répcelaki robbanás a hazai szakemberek figyelmét is a rideg törésre irányította. Nem csoda hát, hogy ottani feladata az lett, miként ötvözhető a hazai, a képlékeny törésre alapozott elmélet a törésmechanikával, amelynek kiindulópontja a rideg törés. Ezt a munkát a másik szerző egy év múlva Düsseldorfban, a Max Planck intézetben folytatta.

Törési vizsgálatok

A törésmunka és a törésmechanika elméleteit egy egyszerű modell alapján lehet összekötni. A modellt a 3. ábrán vázoljuk fel. E szerint valamely bemetszés (általában: feszültséggyűjtő hely) közvetlen környezetében egy miniatűr szakítópróbatestet képzelünk el. E képzeletbeli próbatest L hossza megegyezik az ott képződő képlékeny zóna vastagságával. A repedés létrejötte a bemetszés tövénél úgy modellezhető, mint a kis próbatest törése.



3. ábra Egy elképzelt kis próbatest a bemetszés tövénél

A repedés létrehozásához E energiára van szükség. Ez az energia a törésmunka elmélete szerint:

$$E = dA \cdot L \cdot W_c \quad (1)$$

ahol dA a fiktív próbatest keresztmetszete, L a hossza és W_c a töréshez szükséges, egységnyi

térfogatra vonatkoztatott fajlagos energia. Amennyiben az (1) egyenletet egy végtelenül éles bemetszésre, vagyis egy repedésre vonatkoztatjuk, akkor az L egy anyagra jellemző határértékhez, az L_0 -hoz tart,

Ugyancsak erre a végtelenül éles bemetszésre az E energia törésmechanikai megfontolások szerint:

$$E = dA \cdot G_c \quad (2)$$

Itt G_c az egységnyi repedésfelület létrehozásához szükséges képlékeny alakváltozási munka, ami határesetben egyébként a felszabaduló fajlagos rugalmas energiával egyenlő.

Mivel a két egyenlet baloldalai egymással egyenlők, a jobboldalak is egyenlővé tehetők, majd dA -val egyszerűsítve felírhatjuk, hogy

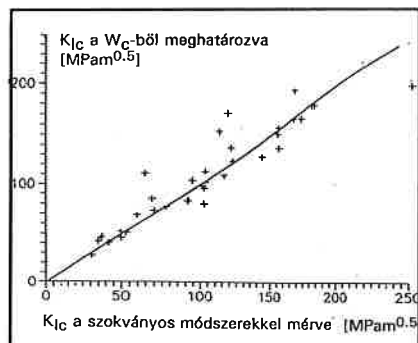
$$G_c = L_0 \cdot W_c \quad (3)$$

Közismert, hogy

$$(G_c \cdot E)^2 = K_{Ic} \quad (4)$$

ahol E a rugalmassági modulus és K_{Ic} a törési szívósság. Így megvan a közvetlen kapcsolat és az átszámítási lehetőség a törésmunka és a törési szívósság közt.

Mivel modellünk – mint minden más modell – egy sor egyszerűsítést rejt magában, ezért gyakorlati alkalmazhatóságára széles körű vizsgálatssorozatot végeztünk, amelynek eredményét a 4. ábra szemlélteti. Úgy gondoljuk, hogy az eredmények önmagukért beszélnek. Mégis megemlítjük, hogy a vizsgálatok egy részét – főleg az összehasonlító méréseket – külföldi kutatóhelyeken végezték el, ami hitelességüket növeli.

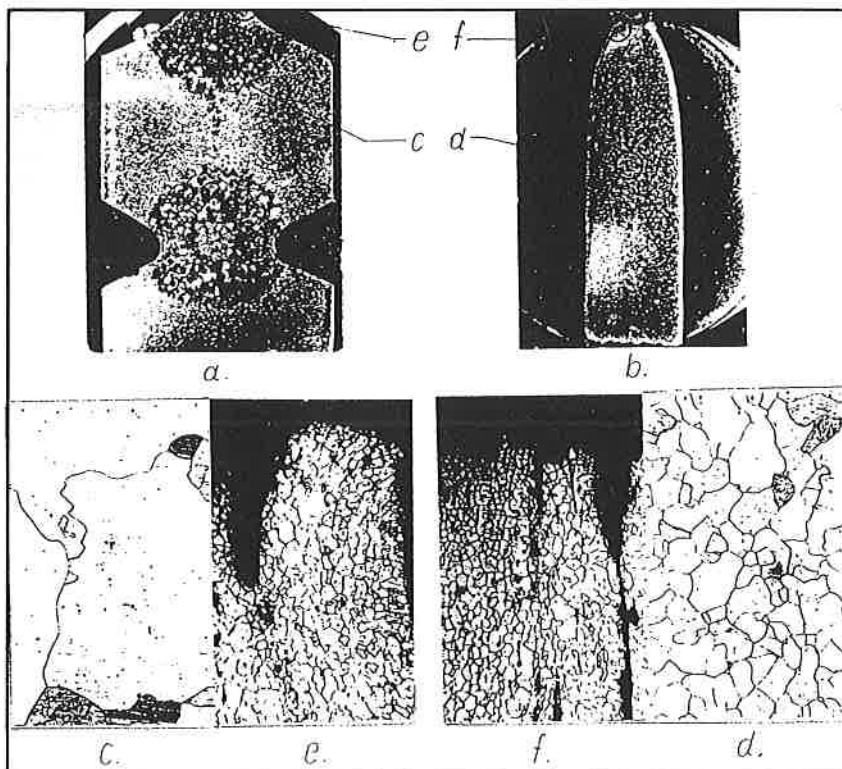


4. ábra Az általunk kidolgozott módszer eredményeinek összehasonlítása a hagyományos vizsgálati eredményekkel.

Vizsgáltuk továbbá azt is, hogy az általunk elképzelt modell *elméletileg* helyes-e. A modell ugyanis feltételezi, hogy valamely bemetszés vagy repedés tövében, ahol mi a „kis próbatetet” elképzeljük, hasonló viszonyok alakulnak ki, mint egy sima szakítópróbatestnél a kontrakciós környezetben. Pontosabban fogalmazva: a modell érvényességéhez szükséges volt ellenőrizni, hogy a kontrakció helyénél és a bemetszés tövében közvetlenül a törés (repedés megindulása) előtt kb. ugyanakkora-e

- a képlékeny alakváltozás mértéke,
- az alakváltozási sebesség és
- hasonló-e a feszültségi állapot.

Ezek ellenőrzésére többféle kísérleti technikát, anyagot és körülményeket alkalmaztunk. Ezek vázlatos ismertetése is túlmenne a rendelkezésre álló kereteken. Itt csak egyetlen ered-



5. ábra Kettősen bemetszett, illetve sima próbatest hosszszelvénye szakítóvizsgálat, majd az azt követő újrakristályosító hőkezelés után

ményt mutatunk be, amely ugyan nem a legtöbb információt szolgáltatja, de igen szemléletes. A képlékeny zóna kimutatására és az azon belüli képlékeny alakváltozás mértékének számszerű becslésére jól használható eljárás a törési vizsgálat utáni újrakristályosítás. Az 5. ábrán azonos anyagból készült (Armco vas) sima és bemetszett próbatest hosszszelvénye látható szakítóvizsgálat és újrakristályosító hőkezelés után. Figyelemre méltók a törétfelületek közvetlen közeléről kinagyított részletek (e és f felvételek). A szemcseméret mindkét felvételen azonos, ami arra enged következtetni, hogy a törést megelőzően a képlékeny alakváltozás mértéke mind a sima, mind a bemetszett darabnál azonos, vagy közel egyenlő volt. Hasonló eredményekre vezettek az alakváltozási sebességre, illetve a feszültségállapotról vonatkozó mérések és megfontolások is.

Az említett kutatási irányvonalon kívül sokat foglalkoztunk más törési vizsgálat honosításán, illetve továbbfejlesztésén is. Aki ezen a területen dolgozik, az ismeri ezeknek a módszereknek bonyolultságát és sok elvi és kísérleti nehézségét. A sokféle módszerrel nemcsak kutatói kíváncsiságunk kielégítése miatt foglalkoztunk, hanem gyakran megkívánták ezt azok a megbízások is, amelyeket más kutatóintézetektől vagy ipari vállalatoktól kaptunk különféle anyagok és termékek törési tulajdonságainak meghatározására. Ezek közül főleg a vékony (6–10 mm-es), lágy anyagok, mint pl. a gyengén ötvöztött alumíniumok, okoznak nehézségeket. De foglalkoztunk nagy szilárdságú acéltövényekkel, szerszámanyagokkal és más hasonlókkal is. A megbízások száma alapján arra lehet következtetni, hogy az üzemek érdeklődé-

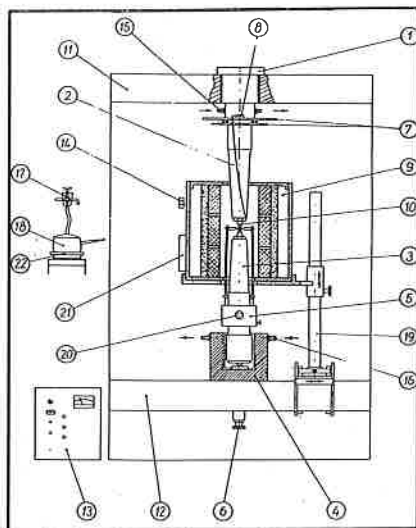
se a törési problémák iránt – feltehetően a répcelaki robbanás hatására is – az 1970-es években volt a legnagyobb.

Fáradási vizsgálatok

Bár a gyakorlati esetekben a törést nem mindig előzi meg egy fáradási folyamat, de a két jelenség kapcsolódása mégis igen gyakori. Szerkezetek törését gyakorta váltja ki egy fáradási repedés. Ismeretes, hogy a repedések a gyakorlatban többnyire feszültséggyűjtő helyekről indulnak ki. Ezeknek a helyeknek az igénybevételére jellemző vizsgálati módszer a *kisciklusú fárasztás*. Ez alatt ismétlődő képlékeny alakváltozással járó (tehát a folyáshatár meghaladó feszültséggel való) fárasztást értünk, mely *keves ciklusszám* után okoz törést.

E vizsgálatok honosításában és fejlesztésében a tanszék kutatói élen jártak. Tisztáztak elméleti kérdéseket, fejlesztettek és megépítettek kísérleti berendezéseket és bemértek sok hazai alapanyagot, valamint hegesztett kötést. Ipari megrendelésre a fontosabb hazai szerkezeti anyagok Manson-Coffin diagramjait, ciklikus folyásgörbéit, az azokat leíró anyagállandókat atlaszban állították össze. A felhasználók szempontjából jelentős az a körülmény, hogy a méréseket saját fejlesztésű berendezés segítségével növelt hőmérsékleten is el tudták végezni. (6. ábra).

A répcelaki tragikus esemény sugallta azt a rendkívül érdekes kísérletet is, amit *Gillemot* és *Havas* csillapítatlan acélon végzett. Ismeretes, hogy kismértékű képlékeny alakváltozás és az azt követő 2–300 °C-os hőkezelés hatására ezek az acélok erősen öregednek, törési hajla-



6. ábra Befogó és mérő berendezés kisciklusú vizsgálatokhoz növelt hőmérsékleten

- 1 – erőmérő cella, 2 – felső befogó, 3 – alsó befogó, 4 – Wood-fémes központosító,
- 5 – differenciál átmérőmérő, 6 – alsó rögzítő,
- 7 – hővisszaverő tárcsák, 8 – termoelem,
- 9 – háromzónás kemence, 10 – próbatest,
- 11 – felső keresztfej, 11 – alsó keresztfej,
- 13 – kemence vezérlése, 14 – szabályozó termoelem, 15 – felső befogó vízűtése,
- 16 – víz- és gőzbevezetés, 17 – víz- és gőzváltó-kapcsoló, 18 – gőztároló és forraló, 19 – kemence rögzítője,
- 20 – az átmérő-mérő csatlakozója,
- 21 – kemence csatlakozója, 22 – főzőlap

muk megnő. Kevés adatot lehetett azonban az akkori szakirodalomban arra találni, hogy ilyen hatása van a fázisátalakításnak is. Pedig logikus, mivel a fázisátalakítás is képlékeny alakváltozást jelent (csak elszórtan elhelyezkedő egyes szemcsékre nézve) az öregedést kiváltó egyik tényező máris adva van. A melegeledést – ami a szennyező elemek atomjainak könnyebb elmozdulását segíti elő – a fázisátalakítás darabban az elnyelt és hővé alakult munka idézi elő. Ezt a gondolatmenetet azonban akkor, a 70-es években még be kellett bizonyítani. Ennek érdekében csillapítatlan acélból készült próbatesteket fázisátalakított két sorozatban. Az egyik sorozatot hagyományos módon, a másik sorozatot folyamatosan hűtve. Az így előfázisátalakított darabokból ütmunka próbatesteket munkáltattak ki, amelyeket különböző hőmérsékleten elűtöttek.

Az eredmények bizonyították, hogy a hűtés nélkül fázisátalakított próbatestekből készült ütmunka próbák átmeneti hőmérséklete megnövekedett, ez az effektus a hűtött próbák esetében csak csekély mértékben jelentkezett.

Egyéb törési vizsgálatok

A teljesség kedvéért említjük meg, hogy a tanszéken korábban és jelenleg is folynak más jellegű, a töréshoz kapcsolódó kutatások. Így pl. súllyesztek, alakító szerszámok kopása, termikus fázisátalakítás és törése, alakítási műveletek határállapotainak megállapítása. Ezekre azonban itt nem térünk ki, mert a répcelaki eseményhez nem kapcsolódnak közvetlenül.

Oktatási tevékenység

A rideg törés és a fáradás kezelésének modern elemei a felismert szükségszerűségek miatt bekerültek az oktatott anyagba is. Már az alaptárgyak oktatásánál, az *anyagvizsgálat* és *anyagvizsgálat* keretében is foglalkoztunk ezekkel a tárgykörökkel, de az időszabta korlátok miatt, csak röviden. A szakirányi oktatásban azonban erre bővebb lehetőség nyílt. Mivel a rideg törés talán a hegesztett szerkezetekre jelenti a legnagyobb veszélyt, mind a hegesztési hibák, mind a szövetszerkezeti változások miatt, elsősorban a hegesztési szakiránynál vezettük be a *szerkezeti anyagok törése és fáradása* című tárgyat heti két órában, az újonnan induló *anyagvizsgálat* szakirányban pedig a *fémek alakváltozása és törése* című tárgyat. A törési ismereteket oktatjuk az angol, francia és német nyelvű képzésben résztvevő hallgatóknak is.

Még részletesebb oktatásra adódott alkalom a hegesztő szakmérnököknél. Ott már valóban az egyik legfontosabb tárgy lett az anyagvizsgálat, amelynek keretében egy teljes fél-éven át, heti 4 órában foglalkoztunk ezekkel a kérdésekkel. Az ipar igénye is leginkább erre a szakterületre volt. Hegesztő szakmérnök oktatás az első, 1962-ben induló évfolyam után szinte minden évben megismétlődött. Érdekes megemlíteni, hogy 1969 és 1976 között minden évben, átlagosan 25–35 fővel indultak az évfolyamok. Feltehető, hogy a vállalatok részéről megnyilvánuló nagy érdeklődés a répcelaki káresettel is összefüggésbe hozható.

Külön ki kell emelni az anyagvizsgáló szakmérnököket, mint akik ezekkel a kérdésekkel a leg részletesebben ismerkedtek meg. Ebből a továbbképző tanfolyamból eddig két alkalommal tudunk egy-egy csoportot indítani: 1971-ben 29 fővel és 1980-ban 24 fővel. Ezek a hallgatók két fél-éven keresztül heti 4 órában hallgatták az alakváltozással és töréssel kapcsolatos problémákat és egy külön fél-éven heti 5 órában a fáradást. Az elméleti oktatást gyakorlatok egészítették ki. Sajnos, az érdeklődés hiánya miatt azóta újabb évfolyam nem indult.

Mind a nappali, mind a szakmérnök-képzésben évente több olyan diplomafeladatot adunk ki, amelyek különböző vállalatok fenti témákkal kapcsolatos problémáival foglalkoznak.



Bár nem tartozik közvetlenül a BME Mechanikai Technológia Tanszék tevékenységéhez, de nem lenne teljes a beszámoló, ha nem említenénk meg röviden arról a munkáról, amit a tanszék munkatársai a GTE-ben végeztek.

Az Anyagvizsgáló Központi Szakosztály fémtani- és mechanikai vizsgálatok szakbizottságában, a korábban megalakult fáradási munkabizottság mellett, a 70-es évek elején megalakult a törésmechanikai munkabizottság is, amely kezdeti fogva összehozta a téma iránt érdeklődő szakembereket. A munkabizottságokat jelen cikk szerzői alakították meg és vezették az első években.

A törés és fáradás kérdései nemzetközi szinten is az érdeklődés homlokterében állnak. Újabb és újabb eredmények születnek, egyre jobban megértjük a bonyolult folyamatokat és

egyre jobban tudjuk megbecsülni a szerkezeti anyagaink viselkedését. Remélhetjük, hogy a répcelaki katasztrófához hasonlóak nem ismétlődnek meg. Remélhetjük, de bizonyosak még nem lehetünk. Erre intenek a világszerte bekövetkező törési esetek is. Ezért a kutatásokat nekünk is tovább kell folytatni, egyesítve a mi szerény lehetőségeinket más, gazdagabb országok kutatócsoportjaival, mert ennek költése egy esetleges káreset költségeinek csak töredékét teszi ki.

Irodalom

1. Gillemot, L.–Sinay, G.: Die Brucharbeit als Werkstoffkenngröße. *Acta Technica*, Tom. 22 (1958) Fas. 1–2. pp. 150–173.
2. *Proc. of the First Symp. on Naval Structural Mechanics*. 1960. Pergamon Press, New York
3. Gillemot L.: Eine neue Methode zur Bestimmung der Spröbruchgefahr, *Periodica Polytechnica* 8. (1964) No. 1. pp. 1–14.
4. Gillemot L.: Low cycle fatigue by constant amplitude true mean stress, *Periodica Polytechnica* 10 (1966) No. 2. pp. 77–94.
5. Gillemot L.–Czoboly E.: A törés általánosított elmélete. VI. *Hegesztéstechnikai Konferencia Kiadványa*. GTE, Budapest, 1971, p. 1.
6. Radon, J.C.–Czoboly, E.: Material toughness versus specific fracture work. *Proc. Int. Conf. on Mechanical Behaviour of Materials*. Kyoto, Japan, 1972. vol. 1. pp. 543–557.
7. Czoboly E.–Havas I.: Bemetszett próbatesteken végzett kisciklusú előfázisátalakítás hatása a képlékeny zóna kialakulására. *Gép.* vol. 24. (1972) pp. 323–328.
8. Czoboly, E.–Havas, I.: Einfluss der Wechselbeanspruchung mit hoher Spannungsamplitude auf die Spröbrucheigenschaften der Baustähle. *Materialprüfung* vol. 15. (1973) pp. 82–84.
9. Gillemot, L.–Havas, I.: Einfluss einer vorangegangenen Dauerbeanspruchung auf die Übergangstemperatur von Stählen. *Materialprüfung* 15. (1973) pp. 206–209.
10. Havas, I.–Schulze, H.D.–Hagedorn, K.E.–Kochendorfer, A.: Der Zusammenhang zwischen der spezifischen Brucharbeit und der Bruchzähigkeit. *Materialprüfung*. vol. 16 (1974) No. 11. pp. 349–353.
11. Gillemot L.: Hegesztett szerkezetek méretezésének néhány alapelve. *Gép.* 28. (1976) pp. 433–441.
12. Czoboly, E.–Havas, I.–Radon, J.C.: Fracture evaluation at high loading rates by the extrapolation method. *Proc. „Dynamic Fracture Toughness” Symp.*, London 1976 pp. 159–167.
13. Czoboly, E.–Havas, I.: Einfluss der plastischen Zone auf das Spröbruchverhalten. *Neue Hütte* vol. 22 (1977) pp. 147–148.
14. Havas I.: Az ismételt igénybevétel szerepe a szerkezeti acélok törési tulajdonságainak megváltozásában. *Gép.* 32. (1980) pp. 322–324.
15. Czoboly E.–Havas I.–Stanzl, S.–Koller T.: A képlékeny alakváltozás eloszlása a bemetszés függvényében. *Gép* vol. 33. (1981) pp. 298–302.
16. Czoboly, E.–Havas, I.–Gillemot, F.: The absorbed specific energy till fracture as a measure of the toughness of metals. *Proc. Int. Symp. on Absorbed Specific Energy and/or Strain Energy Density*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982, pp. 107–129.
17. Havas, I.–Czoboly, E.: Effect of low cycle fatigue on the brittle characteristics of a structural steel. *Proc. Int. Conf. on Low-cycle Fatigue and Elastoplastic Behavior of Materials*. Braunschweig, 1987 pp. 702–706.

941 022 029/022

A répcelaki törés hatása a Miskolci Egyetem kutatási és oktatási tevékenységére

Dr. Tóth László

Ipari káresetek – tudományos kutatás-oktatás

A műszaki-technikai fejlődés egyik legkönyörtelenebb hajtóerejét a bekövetkezett káresetek szolgáltatják. Ha a 10^8 órára eső halálos balesetek számát tekintjük, akkor a következő hozzávetőleges átlagos statisztika adható:

- otthon 3, autóbusszon 3, vonaton 57, kerékpározás közben 96, repülőbaleset során 240, motorkerékpáron 660, vízisport úzése során 1000, sziklamászás során 4000 fő veszíti életét,
- az ipari balesetek miatt a vegyiparban 3,5, az acéliparban 8, a halászatban 35, a szénbányászatban 40, a vasúti szállítás kapcsán 45 fő veszíti életét.

Ezen gyakoriságok nagyságrendekkel kisebbek a profi bokszolóknál tapasztalt 7000, illetve a zokéknál regisztrált mintegy 50 000 halálos balesettel szemben. Mégis azt kell mondanunk, hogy a műszaki haladást az ipari balesetek gerjesztik, azok mozgatják, és ezen keresztül motiválják. Ezt egyértelműen alátámasztják a történelmi példák.

Ezek közül csupán néhány jellegzetes esetet ragadjunk ki. *James Watt* gőzgépekre vonatkozó egyik meghatározó szabadalmát 1781-ben elfogadva (1793–1784 között számos eredményt felmutatva) a gőz széles körű ipari alkalmazása megkezdődhetett. A bányászati felhasználás mellett igazi forradalmi lépést *Robert Fulton* gőzhajójának megindulása (a Hudson folyón 1807. augusztus 9-én) jelentette. Ezt követte *George Stephenson* első közforgalmú gőzüzemű vasúti jármű megtervezése, illetve üzembeállítása Stockton és Darlington között. Ünnepléses megnyitóját 1825. szeptember 27. amelyet mintegy 20 éves késéssel követ az első hazai vasútvonal megnyitása (Budapest–Vác útvonalon, 1846. július 15.). Az ipari fejlődés kikényszerítette a jobb anyagok gyártási technológiáinak kidolgozását. Ennek egyik legfőbb eredménye az acélgártás megindulása (1855. október 17. a *Bessemer*, 1864. a *Siemens-Martin*-eljárás és 1877–1878. a *Thomas*-eljárás bevezetésének időpontja).

Az ipari fejlődés megindulása, az új anyagok bevezetése az előre nem várható törések sorozatát produkálták. Így pl. Angliában 1800–1870 között 936 kazánrobbanást regisztráltak. Ennek következményeként 1615 haláleset és 2097 sérülés következett be. Németországban 1875–1905 között mintegy 500 kazánrobbanás kb. 300 halálesettel járt [1]. E törések számottevő része az anyag folyási határa alatti feszültségen következett be. E tények irányították a figyelmet a kúszás jelenségére.

A vasúti közlekedés robbanásszerű fejlődésével egyidejűleg a jellegzetes törések egy újabb típusa, a kifáradás jelentkezett. E jelenség megismerésére tett erőfeszítéseket jól tükrözi a kifáradás témakörével foglalkozó publikációk számának növekedése összhangban a vasútvonalak összes hosszának növekedésével [2].

Az anyagok makroszkópikus folyási határa alatti törések egy újabb csoportja, a rideg törés vált ismertté és tömegessé a II. világháború idején, a Liberty hajók törése kapcsán. *Henry Kaiser* amerikai konstruktor bevezette a hegesztett hajók építését, – a szegceszt konstrukciók helyett –, amelynek eredményeként pl. a *Robert E. Peary* hajó 4 nap alatt készült el [3], és amely nem található az 1942–1965 között rideg törést szenvedett hajók 39 tétel tartalmazó listáján [4]. E törések azonban katasztrofális mennyiségben jelentkeztek, hisz a 2700 db újonnan épített Liberty hajó közül 400 db-on észleltek jelentéktelenebb, 90 db-on jelentősebb rideg törést, 20 esetben a hajó használhatatlanná vált, és 12 hajó a szó szoros értelmében kettőtört [3].

Hasonló katasztrófákat regisztráltak a turbógenerátoroknál, csővezetékeknél, a hadiparban – a nagyszilárdságú anyagok bevezetése során – valamint a nyomástartó edényeknél. Ezek felsorolását nem kívánom megtenni, hisz éppen a répcelaki baleset kapcsán megindult kutatások során a Vaskút egyik kutatási jelentésében ennek rövid összefoglalása megtalálható [5].

Répcelaknál maradvá, az 1969. január 2-án bekövetkezett katasztrófa következtében 9 fő veszítette életét, és 15 fő került sérüléssel kórházba. Ez a világ jelentősebb ipari katasztrófái között valószínűleg nem fog

szerepelni, de a rideg töréshez kapcsolódó hazai kutatás elindításának kétségtelen motiválója. E katasztrófát követően indult meg a szisztematikus hazai kutatás a rideg töréshez, annak kiküszöböléséhez kapcsolódóan. Ennek bázisa a Vaskút, a Budapesti Műszaki Egyetem [7], a Miskolci Egyetem és a Közlekedéstudományi Intézet volt. Ez utóbbi elsősorban a hídszerkezetekre koncentrált [8].

Töréshez kapcsolódó kutatások a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetemen a Mechanikai Technológiai Tanszékre koncentráltak a kutatások kezdettől fogva. E csoport a döntően hegesztéssel foglalkozó *dr. Romvári Pál* tanszékvezető professzor körül alakult ki, akinek igen nagymértékben segítségére volt *dr. Béres Lajos* docens. A tanszék tevékenysége a nyomástartó edények biztonságos üzemeltetésének megítéléséhez kötődött. E terület hazai vezető szakemberei kétségtelenül a Vaskút-ban koncentráltak. Munkáik méltán vívtak ki elismerést mind a hazai, mind pedig a nemzetközi (ebben az időben még többnyire csak a KGST) szinten. Sajnos kutatási jelentéseik csak viszonylag szűk szakmai körben forogtak pl. [5, 9–11], következésképpen igen kicsi volt annak lehetősége, hogy igazán pezsgő szakmai viták, véleménycserék alakulhassanak ki. Ennek dacára a Vaskút tevékenységének szakmai tartalmát, irányát ismerve a Mechanikai Technológiai Tanszék munkája alapvetően a következő három irányban indult meg:

- a ridegtörési hajlam jellemzésére használatos útvehajlító vizsgálat információtartalmának megismerése,
- az átmeneti hőmérséklet becslése a vegyi összetétel és a mikroszerkezeti jellemzők alapján,
- üzemelő nyomástartó edények biztonságának megítélése.

Az előbbieken említett három főirány közül az első egybeesett a nemzetközi tendenciákkal, míg a másik kettőt alapvetően a répcelaki baleset következményei indították. A katasztrófát ugyanis számos biztonságtechnikai előírás megjelenése követte. Ezek egyike szerint az üzemelő nyomástartó edények anyagának átmeneti hőmérsékletét utólagosan meg kellett állapítani, illetve ennek alapján az edények ridegtörési biztonságáról az arra hivatottaknak nyilatkozni kellett. Mivel az átmeneti hőmérséklet az útvehajlító vizsgálat eredményei alapján határozható meg, hazánkban megindult az a „mozgalom”, hogy az edényekből ki kell vágni egy darabot, az abból kimunkált próbatesten meg kell határozni az átmeneti hőmérsékletet. A kivágott lemez helyére új darabot kell behegeszteni, vagy egy új csontot kell e helyen kialakítani és vakkármával lezárni. Ezen irány követése a hazai munkafegyelem mellett a katasztrófák tömegének lehetőségét hordozták magukban (mind a helyszíni hegesztés, mind pedig a kialakított új csontok minőségének ellenőrizhetőségét tekintve). Ebből adódóan a tanszék törekedett arra, hogy a lehető legkevesebb anyag kivételével nyerjen információkat a beépített anyag ridegtörési hajlamáról. Ennek megfelelően egyrészt a mikopróbatesteken végzett vizsgálatokra, másrészt a vegyi összetételre és a mikroszerkezeti jellemzőkre támaszkodva igyekeztünk becsléseket adni, vállalva az ezzel járó kockázatokat is. Ebben az időszakban formálódott az a szemléletmód, hogy „ha nem tudunk javítani, legalább ne ártsunk a rendszernek”.

Nyilvánvalóan e gondolkörnek voltak (és vannak) támogatói és ellenzői is. A támogatók érveit nagymértékben erősítették a teljes méretű nyomástartó edényeken az 1970-es évek elején elvégzett repesztési kísérletek [12–13].

Ezen tapasztalatok a későbbiekben egyrészt az oktatás különböző szintjein (nappali, hegesztő-, és vegyipari rendszerbiztonságtechnikai szakmérnökök képzésében, mérnöktovábbképző tanfolyamokon) hasznosultak, másrészt különböző szintű disszertációk elkészítésében realizálódtak, illetve újabb kutatási megbízásokhoz vezettek.

A tanszék ezen irányú tevékenysége címszavakban, időintervallumokra bontva, a következő módon foglalható igen röviden össze [14];

1970-es évek:

- Répcelaki balesethez kapcsolódó tevékenység
- Nyomástartó edények dokumentációjának kiegészítése
- Nyomástartó edények repesztővizsgálatai
- Javaslatok kidolgozása a periodikus felülvizsgálatok módszereire, eszközeire
- Gömbtartályok vizsgálata I. (Hajdúszoboszló, Algyó)

1980-as évek:

- Barátság II. vezeték törései
- Gömbtartályok II. (Százhalombatta, Hajdúszoboszló)
- Oxigén palackok hibáinak hatása annak terhelhetőségére
- Alumínium PB palackok megengedhető hibái
- Védőcsövek kiküszöbölési lehetőségei vezeték és műtárgy keresztmetszetében
- A 30 000 m³-es atmoszférikus PB tartály üzemeltethetőségi feltételei I.

1990-es évek:

- A 30 000 m³-es atmoszférikus PB tartály üzemeltethetőségi feltételei II., Felülvizsgáló periódusok
- Csővezetékek periodikus felülvizsgáló rendszere
- Nyomástartó edények periodikus felülvizsgáló rendszere
- Korrosziós károsodások megengedhető mértéke nyomástartó rendszerekben
- Gömbtartályok felülvizsgáló periódusa
- A 30 000 m³-es atmoszférikus PB tartály üzemeltethetőségi feltételei III., Földrengés hatása

E tevékenységek kapcsán a tanszék munkatársaiból egy olyan csoport alakult ki és fejlődött tovább, amely igyekszik mind az oktatás, mind pedig a kutatás területén megtalálni a maga helyét, kialakítani arculatát

mind a hazai, mind pedig a nemzetközi szakmai életben. Az újonnan beindult doktorandusz képzésben a Gépészmérnöki Kar programjában az ismereteket szintetizáló szerkezeti integritás témaköre is szerepel. Ez az egyetlen akkreditált program hazánkban e témakörben.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Blumenauer H., Pusch, G.: Technische Bruchmechanik. Deutscher Verlag für Grudstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart, 1993.
- [2] Tóth L.: Adalékok az anyagvizsgálat történetéhez. Anyagvizsgálók Lapja. 1993/2. p. 68-69.
- [3] Meguid S.A.: Engineering Fracture Mechanics. Elsevier, 1989. p. 95-96.
- [4] Liebowitz H.: Razruchenie. Tom 5. p. 350-351.
- [5] Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetekhez ideg törési biztonság szempontjából. Vaskut, Kutatási Jelentés. 1970.
- [6] Népszabadság, 1977. január 29.
- [7] Czoboly E.: A törésmechanika fejlődése és jelenlegi főbb irányai, Műszaki Tudomány, 1970/3-4. p. 391-412.
- [8] Gálík I.: Hegesztett híd szerkezetek ideg törése és az új acéltípusok. UKI 38. sz. kiadvány. Budapest, 1970.
- [9] Kézi ívhegesztéssel készült varratok törési érzékenysége. Vaskut, Kutatási Jelentés. 1970.
- [10] Technológiai feltételek hatása a varratfém átmeneti hőmérsékletére. Vaskut, Kutatási Jelentés 1971.
- [11] Alakítás módjának és mértékének hatása a szerkezeti acélok tulajdonságaira tartályszerkezetek gyártásánál. Vaskut, Kutatási Jelentés 1971.
- [12] Romvári P., Tóth L., Gálík I., Samu J.: Nyomástartó edények repesztési kísérletei I. r. Kőolaj és Földgáz, 1975/8. p. 225-228.
- [13] Romvári P., Tóth L., Gálík I., Vizi Gy.: Nyomástartó edények repesztési kísérletei 2. r., Kőolaj és Földgáz, 1975/9. p. 276-281.
- [14] Tóth L.: Biztonság-gazdaságosság a nyomástartó edények, csővezetékek periodikus felülvizsgálata. Csapok, 1991. november 7-9.

941 025 023

Megalakult a HUNGAROLAB

Valamennyi EKG- és EFTA-országban létrejöttek a laboratóriumok nemzeti egyesületei/szövetségei; sőt ma már ezek képviselőiből szerveződött EK-intézmények, mint például az Eurolab; EOTC; Eurachem; Euromedtest. Ezek az intézményi keretek gyorsan bővülő nemzeti-nemzetközi érdekérvényesítési és kapcsolatépítési lehetőségeket nyitnak meg.

A jelenleg is meglévő és hosszabb távon erőteljesebbé váló érdekgyezőség Magyarországon is megérlette, nemzetközi környezetünk pedig szükségessé is tette a laboratóriumok együttműködésének szervezeti keretbe integrálását, egy magyar egyesület, a Hungarolab létrejöttét. E szövetség a legkülönbözőbb szakági területeken tevékenykedő vizsgáló-, tanúsító-, megfelelőségértékelő laboratóriumok közös érdekérvényesítésének szervezeti bázisát kell adja. Egyidejűleg megnyitja a lehetőséget az európai intézményrendszerekkel a formális, illetve hivatalos kapcsolatfelvételre.

Ezen alapelvekkel egyetértve, 117 vizsgáló-tanúsító szervezet képviselője – alakulóközgyűlés keretében – 1993. december 16-án megalapította a Hungarolab Magyar Vizsgáló és Tanúsító Szervezetek Szövetsége egyesületet. Ez alkalommal elfogadásra került a Szövetség alapszabálya és megválasztották a tisztségviselőket.

A szövetség ügyvezető elnökségének az elnöke: Lazur Lajos, (Magyar Elektrotechnikai Ellenőrző Intézet), tagjai: Bölskei András, (Hírközlési Főfelügyelet), dr. Havas István, (BME Mechanikai Technológiai és Anyagszerkezet-tani Intézet), dr. Kovács Károly, (Metalcontrol Kft. – Miskolc), dr. Markó József, (Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.), dr. Ring Rózsa, (Magyar Szabványügyi Hivatal), dr. Salgó András, (BME Vegyészmérnöki Kar Kari Labor), dr. Sas Barnabás, (Országos Élelmiszer-szervizsgáló Intézet), dr. Simon-Kis Gábor, (Országos Kórház- és Orvosteknikai Intézet).

Az ellenőrző bizottság tagjai: Fodor Olivér, (Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet), Sós Józsefné dr. Gazdag Mária, (KPKI, Konzervipari Kutatóintézet), dr. Török Ilona, (Országos Gyógyszer-szerzési Intézet).

Titkár: dr. Kovács Károly, (Építészeti Minőségellenőrző Intézet)

A szövetség alapszabályban rögzített fontosabb célkitűzései:

- a tagszervezetek érdekeinek képviselete – nemzeti szinten, valamint az Európai Unió (EU) és más európai, illetve Európán kívüli szervezetekben a termékvizsgálat, -tanúsítás és az ehhez kapcsolódó ellenőrzés, engedélyezés és megfelelőség igazolása területén;
- a tevékenységével érintett területeken a dokumentumok nemzeti és nemzetközi szintű kölcsönös elfogadásának előmozdítása;
- a műszaki együttműködés megkönnyítése a laboratóriumok és más szervezetek között, a vizsgálati és értékelési módszerek fejlesztése, összehangolása és az azt követő egységes alkalmazás érdekében;
- a hazai laboratóriumok nemzetközi szintnek megfelelő fejlődésének előmozdítása, a laboratóriumokat érintő műszaki tudományos ismeretek és kapcsolatos közvetítésén keresztül;
- a vizsgáló, tanúsító, ellenőrző és engedélyező szervezetekben a minőségbiztosítási rendszerekkel szembeni és az akkreditálási követelmények elérésének elősegítése.

A szövetség székhelye:

Építészeti Minőségellenőrző Intézet
1113 Budapest, Diószegi út 37. — Postacím: 1502 Bp., Pf. 69.
Telefon: 166-9891 — Fax: 186-8794

Dr. Kovács Károly – a szövetség titkára.

Kapcsolatfelvétel, a belépési szándék jelzése a szövetség titkárságán. A belépni szándékozók a mellékelt Nyilatkozat-ot szíveskedjenek a titkárságra eljuttatni.

A szövetség létrejöttének előkészítő munkájában kiemelkedően nagy szerepet vállalt magára a GTE Anyagvizsgáló Központi Szakosztálya, a Magyar Minőség Társaság, az EOQ-Magyar Nemzeti Bizottsága és a Testor BT. vezetése, amelyért ezúton mond köszönetet a szövetség vezetősége.

Dr. Kovács Károly
titkár

Megjegyzés: az Anyagvizsgálók Lapja rendszeresen közölni fogja a Hungarolab hivatalos közleményeit, programjait és várjuk a tagoknak az egyes vizsgálati módszerekkel és eszközökkel szerzett tapasztalatairól szóló cikkeit, de a híreket és a hirdetéseket is. (A szerkesztőség)

Mérőműszerek, vizsgálóeszközök a Proceq kínálatából

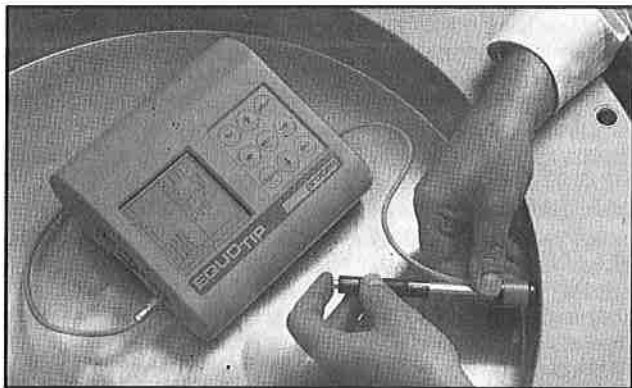
Equotip általános célú, dinamikus keménységmérő-készülék

Az Equotip készülék a vizsgált felületre lött acélgolyó rugalmas visszapatantási energiájának mérési elvén az ún. L-értékben mutatja a vizsgált felszín keménységét. A mérési eredmények, a készülék saját programjának alkalmazásával, átszámíthatók a hagyományosan ismert Brinell, Vickers, Rockwell, valamint igény esetén Shore értékekre.

Digitális kijelzés, nagy pontosságú mérés (0,5% ismétlési pontosság), mérési adatok tárolása, statisztikai feldolgozása, PC és printer csatlakozási lehetőség jellemzi a készüléket. A mérőfej alkalmas *fej feletti mérések* lefolytatására is, a szükséges korrekciót a saját programja végzi.

Az alapkitöltő, általános célú mérőfejen kívül öt különböző, speciális vizsgálófej is csatlakoztatható a készülékhez. Említést érdemel a G jelű, nagy energiájú mérőfej a durva (pl. öntvény) felületek vizsgálatára, valamint a DL jelzésű, furatok, homyak belső felszíneinek, fogaskerék lábkörének ellenőrzésére. speciális adapterei révén külső görbületek, élek, sarkok vizsgálata válik lehetővé.

A készülék a 6 db ceruzaelemmel 60 óra folyamatos üzemre képes. Fő alkalmazási területe a fémipar, a különböző acélok, öntöttvasak, könnyűfémek és azok ötvözei.



A betonszilárdság ellenőrzésének eszközei

Schmidt-kalapács, különböző kivitelben

A beton keménységének, szilárdságának ellenőrzésére a legáltalánosabban alkalmazott, egyszerű vizsgálóeszköz. Alapkitöltőn kívül – mely egyszerű skálán való leolvasással működik – rendelkezik diagramíró, valamint ún. Digi-Schmidt változattal is. Ez utóbbi a saját beépített printerén írja ki a mérési adatokat, és a számítógépes kivétel némi adatfeldolgozási és -tárolási feladat ellátásra is alkalmas, de az RS 232 kimenete révén a PC-hez csatlakoztatása is biztosított.

Dyna, a beton felszíni szilárdságát mérő készülék

A készülék a beton, valamint annak felületi rétegei (beton, bitumen, habarcs, szintetikus anyagok, lakkok stb.) tapadási szilárdságának a meghatározására szolgáló eszköz. Az eljárás során a felületre ragasztott szabványos, kör keresztmetszetű próbatest felületre merőleges irányú leválasztásához szükséges erőt tudjuk meghatározni.

A készülék alapkitöltőben mechanikus erőmérővel felszerelt. Létezik erőmérőcellás kivitele, ahol is az erő mérésén kívül elmozdulásmérésre is lehetőség kínálkozik.

Ügyszintén – a készülékhez külön vásárolható vágó adapterek segítségével – nemcsak a felszíni rétegek tapadása mérhető, hanem a mélyebben fekvőké is.

Speciális alkalmazási területe az ipari tiplik, dűbelek kihúzási szilárdságának ellenőrzése (Extraction Tester) Ebben az esetben egy alkalmas

kiegészítővel az alapkészülék alkalmassá tehető a jelzett szerelvények vizsgálatára.

Vasbetonszerkezet állapotellenőrzése

Profometer 3 (Rebar Locator)

A címkédon látható készülék alkalmas a betonba ágyazott vasháló mélységi elhelyezkedésének, szerkezetének és kiterjedésének a meghatározására a felülettől 20 cm mélységig, továbbá a betonvas átmérőjének mérésére maximum 16 mm-ig. A mérés elve: örvényáramos.

Canin készülék a vasbetonszerkezet korróziós állapotának meghatározására

A Canin (Corrosion Analysing Instrument) készülékkel a vasbetonszerkezet felületén mérhető és szintekre bontva megjeleníthető az a villamos erőter, amely a betonba ágyazott vas elektrokémiai korróziójának a következménye. Segítségével feltérképezhető a vasbetonháló korróziós állapota. (Ha a háló szerkezete nem ismert, akkor előzetesen célszerű a Profometer 3 készülékkel vizsgálatot végezni.)

A mérés elvégezhető diszkrét, min. 50 mm-es lépésközzönként, X-Y koordináta rendszerben egyedi mérőfejjel (mérőfejekkel), illetőleg görgős mérőelem alkalmazásával sávok mentén.

A készülékhez egy időben max. 8 mérőfej csatlakoztatható. A mérési adatok potenciál-térképen jelennek meg a készülék saját kijelzőjén, valamint a készülékhez csatlakoztatható (fekete fehér, vagy színes) printeren. Az adatok további feldolgozására a PC-kapcsolat biztosít lehetőséget.



Betonszerkezetek ultrahangos ellenőrzése

Az ultrahangos készülék alkalmas a betonszerkezet elő- és hátoldalán elhelyezett vagy az azonos oldalon, egymás mellé helyezett fejekkel a betonszerkezet tömörségének, repedései elhelyezkedésének meghatározására. A mérési eredményekből következtetések vonhatók le a szilárdságra, a rugalmassági modulusra, fagyás állékonyságra. A készülék alkalmas az ún. szendvics szerkezetek, valamint azbeszt és faszerkezetek állapotellenőrzésére is.

Dr. Borbás Lajos

Beszámoló a II. Minőségi Hét nemzetközi konferenciáról

Az I. Minőségi Hét sikere indította a Magyar Minőség Társaságot arra, hogy az EOQ Magyar Nemzeti Bizottsága, „A Minőségért” Alapítvány és a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság együttműködésével 1993. november 8–10. között megrendezze a II. Minőségi Hétet felhasználva az elmúlt évi konferencia tapasztalatait.

Az 1993. évi konferencián az előadások hangsúlya eltolódott a múlt évihez képest. Akkor a minőségbiztosítási rendszerek létrehozása, követelményei és az EK minőségügyi és szabványosítási rendszere volt a középpontban, a második rendezvény pedig – az azóta bekövetkezett fejlődést figyelembe véve – jobban kidomborította a hazai eredményeket és az utóbbi időben kialakult hazai felkészültséget.

A programok

Ennek megfelelően a konferencián elhangzott 11 külföldi és 24 hazai előadásban a szakemberek a következő témák köré csoportosították gondolataikat;

- a korszerű minőségbiztosítási rendszerek bevezetése, valamint a laboratóriumok tanúsítása és akkreditálása során elért jelentősebb eredmények és szerzett gyakorlati tapasztalatok az ipari és a szolgáltató szervezeteknél;
- a minőségbiztosítási rendszerek és a tanúsítás piaci értéke az EK-ban;
- a szolgáltató szervezetek (szállítás, energetika stb.) minőségbiztosítása;
- a vezetést támogató számítógépes alkalmazási módszerek a minőségirányítás és az információszolgáltatás területén;
- a minőségbiztosítási rendszerek költségeinek megtérülése,
- a fogyasztói érdekvédelem hazai és nemzetközi helyzete, a felügyeleti rendszer létrehozása és tapasztalatai.

Felismerve azt a tényt, hogy a design, a forma szerves része a minőségnek, a Magyar Kulturális Kamara „Tárgykultúra-Minőség” címen önálló szekciót szervezett, négy kiváló szakértő közreműködésével. A Kulturális Kamara kiállításon is bemutatkozott.

Egy másik párhuzamos rendezvény a munkavédelmi törvénnyel kapcsolatos, ugyancsak kiállítással egybekötött szakmai nap volt, ennek 6 előadását az Országos Munkavédelmi Tudományos Kutató Intézet állította össze.

Növekvő érdeklődés

Figyelemre méltó, hogy a több, mint 350 fős (a „Tárgykultúra – Minőség” szekcióval együtt kb. 420 fős) látogatottság meghaladott minden eddigit. Kézenfekvő az a következtetés, hogy a minőségügy iránt jelentősen nőtt az érdeklődés hazánkban. Ez egyrészt a minőségügy erősödő propagandájára vezethető vissza, de remélhetően köze van hozzá a növekvő piaci nyomásnak is, melyet a gazdálkodó szervek a munkájukban érzékelnek. Erre mutat az is, hogy a kormányzati szervek előirányzata szerint a századforduló táján exportunk kétharmadát az EK országaival fogjuk lebonyolítani. Érthető tehát, hogy fel kell készülni a vevőkör minőségi követelményeinek teljesítésére. Megismerésükhöz a II. Minőségi Hét több előadása is számottevően hozzájárult, utalunk pl. dr. P. Herrmann. úr, a TÜV Zertifizierungsgemeinschaft e. V. igazgatójának előadására. Ebből adódik, hogy ezt az érdeklődést a jövőben is fenn kell tartani, és színvonalas információkkal, előadásokkal, fórumokkal ki kell szolgálni.

Az összesen kb. 50 előadás és hozzászólás egyenkénti ismertetésére itt nem térünk ki, mert a Magyar Minőség Társaság rövidesen kiadja az előadások gyűjteményét, és így az minden érdeklődő rendelkezésére áll. Inkább – a teljesség igénye nélkül – tématerületenként összegezzük a fontosabb megállapításokat és következtetéseket.

A minőségügyi rendszerek kapcsolódásai

Több tanácsadó (pl. H.J. Thomann. Qualitec Ebasco) is rámutatott arra, hogy a minőségbiztosítási (QA) rendszereket nem elég létrehozni és bevezetni. A siker előfeltétele a koncepció elfogadtatása, a dolgozók

egyetértő magatartása, valamint a vezetők „involvációja”, vagyis elkötelezettsége és példamutató magatartása. (Megjegyzendő, hogy ez utóbbi meghatározó jellegét több előadó kiemelte már az I. Minőségi Hétben is). A rendszerek bevezetését célszerű összekapcsolni TQM rendszerek oktatásával is, mert ha a QA-rendszert nem fejlesztik tovább, fennáll az a veszély, hogy idővel összeomlik.

A QA rendszerek egy nagyon jelentős vonására mutatott rá több előadó is, pl. B. Plowman (Develin & Partners), R. Driessen (TNO Quality Management). Ez azzal jellemezhető, hogy a QA-rendszer bevezetése a vállalatnak szinte minden alrendszerére hatással van, még a másodlagos folyamatok is megváltoznak. A helyzet magaslatán álló vezető megérti a változások dinamikáját, azt, hogy a QA-rendszer feltárja a belső tartalékokat és ezzel nemcsak a minőségre, hanem a termelés teljes folyamatára, gazdaságosságára is hat. A Develin & Partners által kifejlesztett, BPQM-nek nevezett rendszer rámutat arra az összefüggésre, mely a külső gazdasági környezet és a vállalat belső képességeinek változása között fennáll, és melynek tudatos felhasználása fontos eszközzé válhat a vállalati folyamat- és minőségirányításban. A korszerű minőségmenedzsment beépül a vállalat általános információs rendszerébe. Beillesztésének összehangolásának elméleti alapjait, konfliktusait, előnyeit és hátrányait tárgyalta Papp László (BBL Kft.). Ezek ismeretében megállapította, hogy a két rendszer integrálása nálunk még nem terjedt el, de ez a vezetési rendszerek gyors fejlődése folytán egyre inkább szükségessé válik. Ez az előadás is azt igazolja, hogy a minőségmenedzsment nem önálló, önmagában értelmezhető fogalom, hanem a vállalatvezetés része. Ezt bizonyította dr. Parányi György (MTA – IVKI) is a hozzászólásában, mely az EUREKA FAMOS alprogramjába tartozó MONQUIS nevű projektet ismertette. Ez lényegében szerelészakos pontú minőségirányítási rendszer.

Egy további jelentős irányzat, amelyre M. Lilley, a P.E. International igazgatója fogalmazott meg: a minőségügyi rendszerek és a környezetvédelem összefüggése. Az ISO olyan környezetvédelmi menedzsment-rendszer szabványosítását készíti elő (a BS 7750 alapján), melynek szerepe hasonló lesz az ISO 9000-eshez. A szerző ennek várható magyarországi hatásait is elemezte.

A minőségbiztosítási rendszerek bevezetésének gazdaságosságát több előadó tárgyalta, pl. A. de Heer (TNO) és Peterdy András (Szenzor P-E). A. de Heer gyakorlati módszert is bemutatott a minőségköltség nyilvántartására. Ennek alakulása ugyanis a QA-rendszer működésének fontos jelzőszáma.

Ahogy a tanácsadók látják

A hazai gazdálkodók számára értékes információkat nyújtottak a tanácsadó vállalatok.

Dr. Papp László, a ConsAct üzletág igazgatója azt elemezte, hogy milyen helyi sajátosságokat kell figyelembe venni a minőségbiztosítási rendszer megválasztásakor és a rendszer tanúsításakor. Hasonló témát választott a Struktúra Minőségfejlesztési Kft. ügyvezető igazgatója, Sencz József is, aki többek között az auditáló szervezetek követelményeinek eltérését vizsgálta és megfogalmazta a sikeres fejlesztés kritériumait. Ezek jelentősen hasonlítanak a korábban kiemeltékhez (pl. a vezetők elkötelezettsége, a dolgozók megnyerése). Bálint Mihály, a Szenzor P-E tanácsadója áttekintette a QA-rendszerek hazai bevezettségét, Kormány Tamás a Controll Minőségfejlesztési Tanácsadó Iroda vezetője pedig a tanácsadó szakmai és etikai kérdéseit.

Hazai viszonyok között – különös tekintettel a gyorsan szaporodó kisvállalkozásainkra – megkülönböztetett figyelmet érdemel Tunkli Gábornak, a BBL Tanácsadó Kft. ügyvezetőjének gondolata; a QA-rendszer vállalatra „szabása”, vagyis a szakmai specifikumok beépítése a rendszerbe, a helyi szakemberek tudását hasznosítva, valamint a szervezeti sajátosságok figyelembevétele, elsősorban a vállalatnagyságtól függően. A méret ugyanis meghatározó a szervezeten belüli kultúrára, kommuni-

kációra nézve, és a QA-rendszer bevezetésekor nagyon lényeges. Ez ismét a vezető szerepének kiemelkedő jelentőségére figyelmeztet.

Szinte már közhelyé vált, annyit foglalkozott vele a szakmai közvélemény, hogy halaszthatatlan a hazai akkreditációs rendszer létrehozása, kiépítése, – felhasználva az EK tapasztalatait. E nélkül ugyanis a hazai gazdálkodók egyre inkább hátrányos helyzetbe kerülnek. A kérdéskör kiváló szakértője, *dr. Ring Rózsa*, az MSZH igazgatója, ennek a folyamatnak előrehaladását ismertette. *Tósiné dr. Lak Beáta*, a MERTcontrol főmunkatársa a vizsgálólaboratóriumok és a szolgáltató vállalatok minőségügyi rendszerét, akkreditálását az ILAC-ban folyó munka tükrében hasonlította össze és rámutatott arra is, hogy a minőségbiztosítási ISO 9001-es és a laboratórium akkreditálási 45 001-es szabvány hogyan egészíti ki egymást. Ez utóbbihoz *Ferber István* szolgált további adalékokkal.

A szolgáltatások hátul kullognak

A szervezőbizottság szívesen fogadott volna több előadást a szolgáltató vállalatok minőségbiztosítása köréből, erről azonban – úgy tűnik – kevés a hazai tapasztalat, egy kivétellel külföldi előadókat hallhattunk. Ez is arra figyelmeztet, hogy e területen milyen nagy lemaradást kell behoznunk. Annál figyelemre méltóbbak az elhangzott információk. *P.E. Broadbent* (TQM International Ltd) a szállítmányozásban, *Ken-Myers Allen* (Medicert Ltd) a fogászati iparban, *Nagy Tibor* (Centech) pedig az energetikai szolgáltatásokban elemezte a QA-rendszerek sajátosságait. *Krámer Tamás* (ConsAct) hozzászólásában arra utalt, hogy a hazai szállítmányozásban is felismerték QA-rendszer létezésének szükségességét.

A minőségbiztosítás szempontjából sajátos szektor az építőipar. *Dr. Kovács Károly*, az ÉMI ügyvezető igazgatója rámutatott egy olyan intézményrendszer létrehozásának szükségességére, mely az EK direktívák hazai érvényesülését segítené elő. Ennek révén az eddigi, elszigetelt törekvések egységes kormányzati program integráns részévé válhatnak.

A dolgozók magatartásának hatása a termék vagy a szolgáltatás minőségére olyan tényező, melynek jelentőségét nem lehet kiellőni kiemelni. A szolgáltatások „fogasztói” ebben a tekintetben még nagyobb függőségben vannak, mint a termékek. Ez a szolgáltatások természetéből következik. *R. Baden Hellard* (Polycon Group) előadásában azt vizsgálta, hogyan hat az építőmunkások „hozzáállása” az építmény minőségére. Rámutatott a munka során keletkező konfliktusok okaira, ezek részben a tervezés, részben a kivitelezés során az építés természetéből adódóan alakulnak ki, és felsorolt több olyan tényezőt, melyet a minőségirányításban résztvevők felhasználhatnak a minőség, a teljesítmény és a jövedelmezőség javítására.

A hazai gazdaság különösen időszerű eseménye a terméklefelelősségi törvény 1994. évi hatályba lépése. *Dr. Svecz Mária*, a Providencia Biztosító jogi szakértője e széles témakörből azt ragadta ki, hogy a biztosító milyen feltételekkel áll helyt a károkozó helyett a kárrendezési folyamatban, és ennek díjtételei hogyan függnek a vállalat felkészültségétől.

Szoftverminőség

A számítástechnika a minőségirányításnak is fontos eszköze, ezért a konferencia önálló szekciót szentelt az alkalmazásának. Az előadások nagy része a szoftverek minőségvizsgálatával, minőségük mérésének lehetőségeivel foglalkozott. *Havas Miklós*, a Számalk igazgatója, a Neumann János Számítógéptudományi Társaságban végzett, átfogó minőségvizsgálat tapasztalatait adta közre. *Thassy Miklós* (Siemens Telefontyár Kft.) a szoftverminőség mérésével kapcsolatos tapasztalatait alapján megállapította, hogy a mérés eredményeit számokban is ki lehet fejezni, s ez lehetővé teszi a szoftverek minőségi rangsorolását. *Kupán Károly* (Diamond Szoftverstudió) ismertette, hogy milyen problémákba ütközik a szoftverfejlesztésben az ISO 9000-es alapú minőségbiztosítási rendszer bevezetése. Az MTA SZTAKI kutatói, *dr. Bíró Miklós*, *Fauer Éva* és *dr. Felmész Tibor* is ehhez szótartak hozzá, bemutatták a szoftverfejlesztés érettségét felmérő, ún. Bootstrap-módszertant, melynek kidolgozásában közreműködtek. A módszertant, melynek célja, hogy a fejlesztő jobban megértse saját szoftverfejlesztési folyamatát, és képet kapjon arról, hogy az nemzetközi léptékben milyen érettségi szinten van, az ESPRIT-program keretében fejlesztették ki és az MTA-SZTAKI az OMFB támogatásával szerezte meg magyarországi licencét.

A konferencia néhány előadása túlmutatott a termékek és a szolgáltatások minősége körén, mert a gazdasági életben igen gyakori *fejlesztési folyamatok minőségét* elemezte, s ezzel a minőségértelmezésnek egy új dimenzióját vitte be a köztudatba. *Dr. Martínez Ferenc* (Aramis BT) a *beruházási folyamat minőségét* értelmezte, és azt állapította meg, hogy a beruházás roppant bonyolult, konfliktusokkal terhelt olyan folyamat, melynek követése és optimalizálása csak hatékony számítástechnikai támogatással, project monitoring útján valósítható meg. Ez utóbbi fogalmat *dr. Gelléri Péter* (Aramis BT) és *Kupás Tibor* (BME) közös előadása több vetületben (mint funkció, mint szoftver, mint szolgáltatás) értelmezte. Ebben a körbe tartozott *Poós László* ENSZ műszaki főtanácsos előadása is, ő egy távoli LDC országban megvalósított ENSZ projektről számolt be, melynek az volt a célja, hogy a lehető legjobb hatékonysággal létrehozzon egy szabvány- és minőségügyi hivatalt. Ez többek között a kormány minőségpolitikáját hivatott támogatni. A projekt megvalósítását high-tech számítógép támogatta.

A Paksi Atomerőmű telematikai szolgáltatásainak minőségfelügyeletét, vagyis egy információtechnológia minőségbiztosításának kiépítését *Sipos László* (Paksi Atomerőmű Rt.) ismertette. Minőségbiztosítási rendszerben gyakori a statisztikai módszerek alkalmazása. *Herczeg István* (ÁSZSZ) a mesterséges intelligenciakutatás egy ágának, a neuronhálózatalapú rendszereknek eredményeiről számolt be. Ezek a statisztikák készítésében jó segítséget nyújthatnak.

A fogyasztó és a minőség

A megfelelés biztosítására és a minőség javítására való törekvések végső célja természetesen a fogyasztók elégedettségének növelése. Ezért önálló szekció tárgyalta a minőség és a végső fogyasztók érdekvédelmének összefüggéseit. E témakört annál is inkább szükségesnek tartottuk felkarolni, mert – véleményünk szerint – a hazai rendezvényeken, a szaksajtóban stb. távolról sem kap a jelentőségének megfelelő figyelmet.

Dr. Szabó Gyula, a Fogyasztói Főfelügyelőség Vizsgálati Osztályának vezetője, a nemzetközi kereskedelemnek arra a joghözágára hívta fel a figyelmet, amely miatt hibás termékek kerülhetnek a belföldi piacra. *Dr. Stadler János*, a Versenyhivatal elnökhelyettese ennek az intézménynek a fogyasztóvédelemben betöltött szerepéről ismertette és illusztrálta konkrét példákkal. Szervesen kapcsolódott előadásához *dr. Huszay Gábornak*, a Kermi igazgatójának hozzászólása. *Vince Mátyás*, a Teszt Magazin főszerkesztője rámutatott, hogy a piacgazdaságban milyen jelentős a fogyasztói érdekvédelem egyik eszköze: a sajtónyilvánosság. *Krámer Tamás*, a ConsAct Tanácsadó Iroda ügyvezető igazgatója elemezte, hogy a komplex minőség hogyan mérhető és állandósága miképpen stabilizálható.

Tárgykultúra – Minőség

Ebben a szemináriumban a design, a forma és a minőség szerves kapcsolatát tárgyalták. Témakörével részletesebben foglalkozunk, mert egyrészt a minőségügyi irodalom kissé elhanyagolja az ipari esztétikát, másrészt a szemináriumon több egyszerű összefüggésre is rámutattak.

Dr. Lovag Zsuzsának, az Iparművészeti Múzeum főigazgatójának megnyitó előadása áttekintette azt a fejlődési folyamatot, amely a kézműves iparban végbement. Kiemelte, hogy a céhek milyen nagy gondnal őrködtek a szakma becsületén, a termékek minőségén, hogy a vásárlót ne érhesse csalódás, ha tisztos céhmestertől vásárolnak. Ezt az értékítéletet őrzi máig is a „kontár”, vagyis a „céhen kívüli” szó pejoratív értelme.

Benkő Cs. Gyula, a Képző- és Iparművészeti Lektorátus Iparesztétikai Osztályának vezetője a minőség, a gépi civilizáció és a design összefüggéseit elemezte. A gépi termelési mód lehetővé tette az anyagi javak nagymennyiségű előállítását, jelentősen kibővítette a termékek körét, elősegítve ezzel új igények kialakulását is.

A változás kísérőjelensége, hogy az előállított termék funkciója, a tervezési folyamat, valamint az előállítás közötti, addig évezredek óta meglevő összhang átmenetileg felbomlott. A termék tervezője és készítője korábban ugyanaz a személy volt. A változás következményeként ez a folyamat sok ember által végzett részfeladatok sorozata lett. Ez szükségszerűen egy új tevékenység kialakulásához vezetett, amelynek feladata a termék funkciója, struktúrája, emberi-társadalmi-környezeti

megfelelő, esztétikai és használati szempontjai, az előállítási technológiák, valamint a piaci, értékesítési, gazdasági összetevők közötti összhang megteremtése. E tevékenység a design, művelője a designer. Az elnevezés tartalma az itt kifejtettől is szélesebb körű.

Az ipari termék minőségét valamennyi tulajdonságának együttes ismeretében határozhatjuk meg. E komplex minőség három fő összetevőből, a műszaki-technológia-fizikai, a közgazdasági-kereskedelmi, valamint a funkcionális-társadalmi-ökológiai-humán vonatkozásokból áll. Ez utóbbi tartozik a design feladatkörébe.

A termék minőségét a három közül a legalacsonyabb szintű összetevő határozza meg. Ebből következően kell kijelölni a design helyét a termék létrehozásának folyamatában. Az első két összetevő racionálisan, egzakt módon tervezhető. A harmadiknak számos szubjektív eleme van, ezért ezt a területet különösen gondosan kell kezelni, ui. nem megfelelő szintje esetén az elérhető minőséget drasztikusan csökkentheti. Döntő tehát a designer tevékenységének integrálása a fejlesztési folyamatokba, illetve a tevékenység strukturális kapcsolódási pontjainak helyes kijelölése.

Wilhelm Gábor, a Kanizsa Trend Kft. ügyvezető igazgatójának előadása is abból indult ki, hogy a termékminőség elválaszthatatlan része a külső megjelenés. Áttekintette a magyar lakáskultúra átalakulását a feudális lakásképtől az eklektikus magyar környezet kialakulásán át az irányított információk dömping hatására kialakult példaképekig. Részletesen foglalkozott a bútorgyártásnak az építészethez való kötődésével és felvázolta a külső megjelenés technikai-technológiai hátterét. Utalt az általa vezetett kft. bevezetés alatt álló minőségbiztosítási rendszerére.

Dr. Hegedűs József, az OMBF főosztályvezetője szerint a termékminőségek szakadatlan emelkedésével együtt jár az életminőség fejlődése. Számos szociológiai vizsgálat viszont kimutatta, hogy a termékek mennyiségi és minőség-növekedése nem hozta a várt módon a tárgykultúra, illetve az életminőség színvonalának emelkedését. A tárgyak mennyiségének növekedésével nem jár együtt például a használat kultúrája. Az emberek egyre kevésbé képesek eligazodni a tárgyak tömegében. A tárgyfelhalmozás, a tárgyak minőségének szakadatlan emelkedése a tárgykultúrában fellelhető értékrendszer zavaraihoz vezetett. Feladatunk segíteni az értékzavarok hatásának csökkentését, kiiktatását, a

tárgy-ember kapcsolat viszonyának javítását. Magukra a termékekre vonatkozóan nagy eredményeket mutattak és mutatnak fel a különféle tervezők, termékgyártók és forgalmazók. Ma a termékminőség összetevőit tényezőire tudjuk bontani, ezek döntő többségét kvalifikálhatóvá, leírhatóvá tudjuk tenni. Magyarországon az elmúlt 2-3 évben és a következő 4-5 évben ez teljesedik ki.

Fel kell figyelniünk arra – amikor soha nem látott mértékben növeljük meg a minőség színvonalát –, hogy a termékek gyártásánál vagy akár a tervezésénél kicsúszik a kezünk közül valami olyan lényeg, ami a minőséget mint egységet jellemzi, de alkotórészeiben konkrétan nem lelhető fel. Az sem biztos, hogy a minőség összetevőinek összessége jó minőségű terméket eredményez. Ezért kell minél hamarabb megkezdőnünk az összehatás értékelését, a termék-ember viszony hatásrendszerének feltárását, megfogalmazását. Ez nemcsak új megközelítést, új vizsgálati módszereket jelent, hanem ki kell dolgozni az így értelmezett minőségfogalmat is, nagyobb teret kell engedni – az eddigiekkel ellentétben – a szubjektív értékítéletnek. Fel kell ismerni: az objektíven számszerűsítható és mérhető minőségi jellemzők vagy tulajdonságok a következő évtizedekben magától értetődő követelmények lesznek. A termékek különbségét – természetesen a piaci sikerét is – ezután az általunk is kutatóit komplex minősítés fogja megadni.

Az amerikai Alvin Toffler gondolatait átvéve és folytatva, ezt a fogalomrendszert *kulturális minőségnek* nevezzük. Az ő kutatásait és elméletét követve végezték kísérletet az így értelmezett kulturális minőség megfogalmazására, tervezésére, fejlesztésére. A kísérletek elsősorban azt célozták, hogy a Toffler-módszert az ipari formatervezés területére adaptálják. Az e területen levont következtetések jól általánosíthatók az általános tárgykultúrában is.

Az eddig értelmezett, objektíven mérhető és meghatározható minőségi tulajdonságokon kívül a változatosság, a technikai színvonal, a kiváló tárgyak mennyisége, a korszerűség és a komplexitás tényezőivel kell kiegészíteni a minőséggel kapcsolatos eddigi szemléletünket, módszereinket.

Pákh Miklós – dr. Róth András

AJÁNLÁS

Örömmel állapíthatjuk meg, hogy az utóbbi évben Magyarországon is megnőtt az érdeklődés a minőségügy iránt, és ha lemaradással is, de követjük az iparilag fejlett országokban érvényesülő tendenciákat. Ezt igazolja többek között az, hogy a második konferenciának majdnem háromszor annyi résztvevője volt, mint az elsőnek, és az egyes szekciók aktivitása is meghaladta a múlt évit, sok esetben élénk vita alakult ki.

Az első Minőségi Hét plénuma megfogalmazta és közzétette a minőségügy fejlesztése érdekében szükséges teendőket. Bár az azóta eltelt időben több kérdésben előreléptünk, a múlt évi *Ajánlások* jórésze ma is időszerű. Ezek figyelembevételével a II. Minőségi Hét konferencia az elmúlt évi megállapítások alapján az alábbiakban foglalja össze az időszerű teendőket.

1. Fel kell gyorsítani az Európai Közösség által kidolgozott alapelvekre épülő és attól csak különösen indokolt esetben eltérő, korszerű **minőségügyi jogrendszer** kiépítését. Ez előfeltétele annak, hogy a hazai termékek és szolgáltatások a fejlett iparú országok piacain versenyképesek legyenek.

2. A múlt év folyamán jelentős számú magyarországi vállalat vezetett be korszerű **minőségbiztosítási rendszereket**, és szerezte meg nemzetközileg elismert hazai és külföldi vállalatok tanúsítását. Számos további vállalatnál ébredtek rá ennek fontosságára, és kezdtek meg az ilyen irányú felkészülést. Mindamellett a konferencia felkéri a termelőket és a szolgáltatókat, hogy ezen a téren tegyenek további erőfeszítéseket. Kéri a kormányzati, állami és bankszerveket, hogy piaci eszközökkel és pályázatokkal is ösztönözzék a minőségügyi rendszerek bevezetését, valamint továbbfejlesztését a TQM irányába.

3. A **nemzeti tanúsítási és elismerési (akkreditálási) rendszer** kiépítése tekintetében az elmúlt évben jelentősen előreléptünk. További igyekezetre van szükség, hogy a rendszer végleges formája mielőbb kialakuljon, és életbe lépjen.

4. A konferencián elhangzott előadások felhívták a figyelmet arra is, hogy az Európai Közösség országaiban egyre szorosabb a **kapcsolat a minőségbiztosítás és a környezetvédelem között**. Erre nézve szabványokat is készítenek. Szükséges, hogy a hazai műszaki szabályozás is figyeljen erre, és a biztonságtechnika, egészség-, környezet-, és munkavédelem is beépüljön a minőségbiztosítási rendszerünkbe. Mindez a kutatási- fejlesztési munkánkban is kellő súlyt kell, hogy kapjon.

5. A konferencia különös jelentőséget tulajdonít a minőségkultúra fejlődése szempontjából az **ismeretek elterjesztésének és a minőség-tudat fejlesztésének**. Ebben a vonatkozásban kiemelkedő szerepe van az oktatási intézményeknek, a műszaki egyetemeknek, főiskoláknak és középiskoláknak, de nem utolsósorban a tömegkommunikációnak, az újságírásnak, beleértve az elektronikus médiát is. A konferencia nyomatékosan utal a minőségügyi ismeretek elterjesztésének fontosságára. Ebből a munkából a minőségügyi társadalmi szervezeteknek is jelentős részt kell vállalniuk.

6. A termékek és a szolgáltatások megfelelőségének biztosítására és a komplex minőség javítására irányuló törekvések végső célja a fogyasztók elégedettségének növelése. A végső **fogyasztók érdekeinek védelmé**t azonban fejlett piacgazdaságban sok más eszköz is szolgálja, pl. fogyasztóvédelmi törvény, fogyasztói egyesületek, rendezvények, önkormányzatok és nem utolsósorban a nyilvánosság, tehát a sajtó, a média. A konferencia felhívja erre mindazok figyelmét, akiknek módjuk van a fogyasztói érdekvédelem ügyét hatékonyabban szolgálni.

7. Végezetül a konferencia felhívja a figyelmet arra, hogy a minőségügy fejlesztése a teljes társadalom érdeke és egyúttal feladata is. Ebből következik, hogy az ún. civil szervezetek kezdeményezzenek **öntevékeny** akciókat, a pénzügyi források felett rendelkező alapítványok, bankok pedig segítsék, támogassák a mozgalmak kibontakozását.

Dr. Huszár István köszöntése

Az anyagvizsgálók társadalmi közössége a közelmúltban köszöntötte dr. Huszár Istvánt 70. születésnapja alkalmából. A baráti beszélgetés során felillantak a tervező, oktató, kutató tudós mémök töretlen ívű életpályájának fontosabb állomásai.

A reálantárgyak iránt érdeklődő diák Csurgón érettségizett a fennállásának 200. évfordulóját nemrég ünneplő Csokonai Vitéz Mihály Reálgimnáziumban. 1942 őszén az Eötvös Lóránd Matematikai és Fizikai Társulat versenyén – elsőéves egyetemistaként – fizikából elnyerte az első díjat.

Egyetemi tanulmányait a Műegyetemen kezdte. Képességeit igazoló eredményei alapján Horváth-ösztöndíjban részesült. Noha tanulmányait a háború megszakítja, melyeket így 1948-ban, kitüntetéses gépészmérnökként fejez be, 1945 őszétől már tanít. Kezdetben (díjtalan) gyakornok, később kiegészítő tanárság, Vörös professzor meghívására a II. Gépszerkezettani Tanszéken. Jellemző a háború befejezését követő időkre, hogy az oktatási feltételeket – szinte a semmiből – a személyzetnek kellett megteremtenie a tantermek „üvegezési” munkáitól (pauszpapírossal) a jegyzetek elkészítéséig. 1946-ban, a nagy hírű Mutnyánszky professzor, a mechanika tanszék vezetője kikéri Vörös professzortól, de a meghívást azzal hárítja el, hogy szeretne a praxisban tevékenykedni, a mérnöki munka gyakorlatával ismerkedni.

Kapcsolata a transzformátorokkal, villamosgépekkel – későbbi sikereinek egyik fő területe – 1948 őszére datálódik. Ekkor hívják meg egyetemi állásának megtartása mellett az akkori Szabó és Mátéffy Vállalathoz, a későbbi Ganz Kapcsolók és Készülékek Gyárához transzformátortervezőnek. Részt vesz a teljes transzformátor – választék tervezésében, (10...300 kW), nevéhez fűződik számos, a tervezéshez nélkülözhetetlen paraméter meghatározása mérésrel.

A miskolci egyetemi képzés megindulásakor – meghívás alapján – a Miskolci Nehézipari Egyetemre került a Sályi professzor vezette Mechanika Tanszékre, adjunktusként. Az akkori kormányzat jelentős összegeket áldozott a „zöld mezőn” alapított egyetem felszerelésére. A gépgyártás és a kohászat közelségének eredményeként az egyes tanszékek rövidesen be tudtak kapcsolódni a helyi fejlesztésekbe, kutatásokba, időszzerű mérési problémák megoldásába. 1954-ben védi meg kandidátusi értekezését, szilárdságtani mérések témakörében. A téma is indokolja a számos, vállalati fejlesztőmunkában való részvételét, a vegyipari tartályoktól a lövegcsöveken való mérése-

kig. Ekkortájt készítette azt a mechanikus, különböző bázishosszúságú (25, 50, 100 mm) nyúlásmérő műszerét, amelynek szabadalmi bejegyzése 1958-ból származik.

1962-ben népgazdasági érdekből, áthelyezéssel kerül a Ganz Villamossági Művekhez, ahol már félállásban 1960-tól dolgozik. Kezdetben a gépszerkezettani főosztályon, majd 1965-től, a szervezésében létrejött laboratóriumi főosztály vezetője. Szaktudására, szemléletére az akkori idők World-Leonard mozdonyainak megfeneklett fejlesztésében volt a szükség. Az általa vezetett tervezési időszakban sikerült az 50-60-as évek 1000...1200 Le-s teljesítményű villanymozdonyait 1800...2000 Le teljesítményre fejleszteni, megteremtve ezzel a hazai, nagy teljesítményű villamos vontatás bázisát. Számos újítás, találmány fémjelzi munkáját ebből az időből, melyet 1966-ban a Kiváló Újító ezüst fokozatával, 1970-ben a Kiváló Dolgozó kitüntetéssel honorálnak. Ebben az időben már számos hazai és külföldi konferencia résztvevője, meghívott előadója. 1964-től datálható a szakterületet átfogó, egyedülálló mérés technikai könyv: „A szilárdságtan kísérleti módszerei” írásának kezdete, melyben társszerzőként vesz részt. (Thamm, - Ludvig, - Huszár, - Szántó...).

A könyvet „Dehnungsmessverfahren” címmel 1971-ben Németországban is kiadják. 1970. ismét fordulópontra az életében. Több egyetem megkeresését követően Gödöllő mellett dönt. Ez évben nyer egyetemi tanári kinevezést a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Gépészmérnöki Karára, annak Mechanikai Tanszékére, tanszékvezetőként. A Ganz Művekben végzett tevékenységére alapozva, akadémiai doktori disszertációját 1971-ben védi meg. A tanszéken laboratóriumi fejlesztést valósít meg, az oktatás jelentős átszervezésével. Kollégái szigorú vezetőként ismerik, aki számon kér, de egyben „menedzseli” is a követelményeket teljesítő kollégákat. Szakmai munkájának elismeréseként 1972-75 között dékánhelyettes, 1975-81 között a kar dékánja, munkájának elismeréseként a Munka Érdemrend ezüst fokozatával tüntetik ki.

Gödöllői munkássága során a mechanika teljes tárgykörét felölelő jegyzetsorozatot ír. Elsősorban a gépész, de a bányász, kohász, mezőgazdasági gépész hallgatók igényeit is figyelembe véve olyan jegyzeteket alkot, amelyek nemcsak elméleti beállítottságú, hanem a praktizáló mérnök számára is kiválóan alkalmasak munkaeszközként. Jegyzetei érintik az egyes mérés technikai problémákat is, körvonalazva a megoldási lehetőségeket. Tudományos tevékenységének ebben a fázisában elsősorban



a mezőgazdasági anyagok mechanika vizsgálata, az optikai feszültségmérés biomechanikai alkalmazásai állnak. Összességében, ez ideig magyar nyelvű publikációinak száma meghaladja a 90-t, az idegen nyelvéké mintegy 60; továbbá, mintegy 30 jegyzet, tankönyv fémjelzi eddigi életútját. Számos hazai és külföldi konferencia résztvevője: magyar nyelven 55, idegen nyelven mintegy 50 tudományos előadást tartott szerte a világban.

Külön fejezetet érdemel a Gépipari Tudományos Egyesületben – a mai napig – végzett munkája. 1964 óta tagja a szervezetnek. Ő alapította az optikai feszültségvizsgáló munkabizottságot az anyagvizsgáló központi szakosztály keretében. A feszültségmérő szakcsoportot is magában foglaló feszültségvizsgáló szakbizottságnak ma is Huszár professzor úr az elnöke. Az egyik magyar alapítója a Duna-Adria-Symposiumnak, amely indult 1983-ban, magyar, osztrák, jugoszláv részvétellel. A kísérleti mechanika területén működő nemzetközi együttműködés később olasz és cseh partnerekkel bővült. A kezdetben Pentagonale, majd Közép-európai Kezdeményezés elnevezéssel, rotációs elven, évenként sorra kerülő szimpózium biztosítja a legfrissebb tudományos eredmények cseréjét a közreműködő országok szakembereinek számára. A legutóbbi hazai rendezvény 1991-ben, éppen Gödöllőn került megrendezésre. GTE-n belüli tevékenységének elismeréseként 1967-ben miniszeri kitüntetést, 1978-ban Egyesület Érem elismerésben részesült, 1992-ben Pattantyús Á. Géza-díjat kapott.

A gödöllői tanszékéről 1993-ban vonult nyugállományba, azonban ma is dolgozik. Részt vesz a külföldi hallgató angol nyelvű képzésében. Aktív résztvevője és irányítója a GTE-n belüli szakmai munkának. Részt vesz tanácsadóként, előkészítőként kutatási témák, együttműködések kidolgozásában, koordinálásában.

Mindehhez a tudományos közéleti munkájához kívánunk lapunk olvasói nevében is, jó egészséget és sok sikert!

Borbás Lajos

Tanfolyamok 1994-ben

GTE-TÜV

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

A tanfolyamok vizsgakötelesek. A sikeresen vizsgázók Németországban regisztrált TÜV-bizonyítványt kapnak.

– MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI ALAPTANFOLYAM

Időtartam: 5 nap
Időpont: folyamatosan

– MINŐSÉGÜGYI MUNKATÁRS – QS-Fachkraft – TANFOLYAM

Időtartam: 10 nap (80 óra)
Időpontok: havonta

– MINŐSÉGÜGYI MEGBÍZOTT – QS-Beauftragter – TANFOLYAM

Időtartam: 12 nap (96 óra)
Időpontok: 1994. I. félévben
Jelentkezés: folyamatosan

– VÁLLALATI MINŐSÉGÜGYI SZAKÉRTŐ TANFOLYAM

Időtartam: 10 nap
Időpont: januártól folyamatosan
Jelentkezés: folyamatosan

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK

A nemzetközi (ICNDT) irányelveknek és a 12/1992.IV.4.IKM sz. rendelet alapján képesítést nyújtó középfokú (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző (T), radiológiai (R), ultrahangos (U), mágneses, penetrációs, vizuális (MPV), örvényáramos (O) vizsgálati tanfolyamok a jelentkezéstől függően, folyamatosan indulnak és időtartamuk (napi 8 órában): R1 – 18 nap, R2 – 18 nap, R3 – 21 nap, R2T – 5 nap, U1 – 16 nap, U2 – 20 nap, U3 – 15 nap, U2T – 5 nap, O1 – 8 nap, O2 – 8 nap, MPV 1 – 11 nap, MPV 2 – 15 nap. Jelentkezés: folyamatosan

ÁLLÁSTALAN MÉRŐKÖK ÉS KÖZÉPFOKÚ VÉGZETTSÉGŰ MŰSZAKIAK KÉPZÉSE

Részletes ismertetés az Anyagvizsgálók Lapja 1993/1 száma 36–37. oldalán.

Jelentkezés és érdeklődés: folyamatosan

REZGÉSMÉRŐ ÉS ANALIZÁLÓ SZAKTANFOLYAM I–II.

Időtartam: 44–44 óra
Időpontok: folyamatosan, jelentkezésszerűen

MINŐSÉGELENŐR KÖZÉPFOKÚ – MEO II. – SZAKTANFOLYAM

Időtartam: 130 óra
Időpont: folyamatosan

MINŐSÉGELENŐR ALAPFOKÚ – MEO III. – SZAKTANFOLYAM

Időtartam: 180 óra
Időpont: folyamatosan

*

JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS:

GTE Oktatási Iroda, 1027 Budapest, Fő utca 68. III. em. 344.
Tel.: 202-1382 vagy 201-2011/422,626
Fax: 201-7180

Nemzetközi rendezvények 1994-ben

microCAD '94 Miskolc, március 3.

XIIth Int. Colloquium on Mechanical Fatigue of Materials, 1994. március 10–12. Miskolc. Jelentkezés: dr. Tóth László, ME Mechanikai Technológiai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros, fax: 46-311-140.

3rd Int. IMEKO Symp. on Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry, 1994. március 21–22. Heidelberg, Németország. Cím: VDI/VDE-GMA, POB 101139, D-40002 Düsseldorf.

Condition Monitoring '94, Swansea, UK. március 21–25.

Forum Engelbert '94 – Kémia és életminőség, 1994. április 12–15., Engelberg, Svájc. Fővédnöke és tudományos elnöke: Pungor Ernő akadémikus, társelnöke: Richard Ernst, Nobel díjas kémikus.

Deformation, Yield and Fracture of Polymers, 1994. április 11–14., Cambridge, UK. Cím: Mrs. Debbie Schorer, Conf. Dept. C406, London SW1Y 5DB, UK.

2nd Symp. on Testing for the Years 2000, 1994. április 25–27. Firenze, Olaszország. Cím: EUROLAB Secretariat, 1, rue Gaston Boissier, 75015, Paris, France.

2nd Int. Conf. on Engineering Integrity Assessment, 1994. május 10–12., Glasgow, UK. Cím: Neil Harwood, Dynamic Testing Agency, East Kilbride, Glasgow G75 0QU, UK.

3rd Symp. on Advances in Fatigue Lifetime Predictive Techniques, 1994. május 16–17..., Montreal, Quebec, Kanada. Cím: M.R. Mitchell, Rockwell Int. Science Center, 1049 Camino Dos Rios Thousand Oaks, CA 91360, USA.

MRQ 94 – Testing for Quality, 1994. május 17–19. Birmingham, UK., Cím: National Exhibition Centre Ltd. Birmingham B40, UK.

Symp. on Pendulum Impact Machine: Procedures and Specimens for Verification, 1994. május 18–19., Montreal, Quebec, Kanada. Cím: Mrs. Dorothy Savini, Symp. Operations, ASTM., 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103–1187, USA.

4th Int. Conf. Biaxial/Multi-axial Fatigue, Párizs, 1994. május 31–június 2. Cím: Société Française de Métallurgie et de Matériaux, 1 Rue Paul Cézanne, 75008 Paris, France.

XXXVII. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés, Kaposvár, június.

PaPro 94 Int. Fair Package Production Paper, Film and Foil Manufacturing and Converting Machinery, Materials, Processes, Düsseldorf, Németország, 1994. május 25–31. Ezen belül: General Meeting of the Zellcheming, május 24–27. Cím: Düsseldorf Messegesellschaft mbH. – NOWEA – Pf. 320203 Stockumer Kirchstrasse 61. D-4000 Düsseldorf 30. Tel. (02 11)45 60 01 Fax: (02 11)45 60 -6 68

4th Int. Conf. on Residual Stresses – ICRS 4, Baltimore, Maryland, USA, 1994. június 8–10. Cím: SEM, Inc. Bethel, CT 06801, 7 School Street, USA Tel.: (203)790 6373, Fax: (203)790 4472. Dr. M. James

4th Int. Conf. on Computer Aided Design in Composite Material Technology – CADCOMP 94, Southampton, UK, 1994. június 29–július 1. Cím: Wessex Inst. of Technology, Southampton SO4 2AA, UK. Tel.: (+44)703-293223, Fax: (+44)703-292853

10th Int. Conf. on Experimental Mechanics, Lisbon, Portugália, 1994. július 18–22. Cím: APAET Lab. Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101 – 1799 Lisbon Codex, Portugal.

10th European Conf. on Fracture – ECF 10, Berlin, Németország, 1994. szeptember 20–23. Cím: DVM, Unter den Eichen 87. 1000 Berlin 45, Germany, Mrs. I. Maslinski. Tel.: (30) 8113066, Fax: (30) 8119359

Lessons from Structural Failures, Prága, Cseh Köztársaság, szeptember 27–29. Cím: Ing. M. Drdacky, Czech Academy of Sciences, Pod vodarenskou vezi 4. 182 00 Prague 2.

IUTAM Symp. on Size-Scale Effects in the Failure Mechanism of Materials and Structures, 1994. október 3–7. Torinó, Olaszország. Cím: Prof. A. Carpinteri, Politecnico di Torino, I-10129 Torino.

4th Int. Cong. on NDT of Artistic and Cultural Objects, 1994. október 3–7. Berlin, Németország. Cím: DGZfP, Unter den Eichen 87. D-1000 Berlin 45.

IX. Hegesztési Szeminárium, Paks, október

The Recycling of Metals, 1994. október 19–21. Amsterdam, Hollandia. Cím: ASM European Office, rue de l'Orme 75, Olmstraat, B-1040 Brussels.

6th ECNDT, 1994. október 24–28. Nizza, Franciaország. Cím: COFREND, 1 rue Gaston Boissier, F-75015 Paris.

EUROMAT 94 – TOPICAL – XV. Kohászati Anyagvizsgáló Napok és XI. Anyagvizsgáló Kongresszus – Szakkiállítás.

Balatonszéplak, 1994. május 30. – június 1.

Az Európai Anyagtudományi Egyesületek Szövetsége (FEMS) hivatalos nemzetközi rendezvénye.

Témakörök: korszerű kémiai, mechanikai, anyagszerkezeti és roncsolásmentes vizsgálati módszerek és eljárások teljes köre; élettartamcsökkentő károsodási folyamatok (kifáradás, kúszás, korrozio stb.); összefüggések az anyag szerkezete és tulajdonságai között; vizsgálati eredmények gyűjtése, tárolása, feldolgozása; az anyagvizsgálat szerepe a minőségbiztosításban.

Jelentkezés és felvilágosítás a szervezőktől: 1027 Budapest, Fő u. 68. vagy az OMBKE Tel.: 201-7337, Fax: 156-1215, vagy GTE Konferencia Iroda, tel.: 201-2011/189, fax: 202-0252 címen. Kérjen részletes információt!

ELŐZETES 1995-re:

7th Int. Conf. on Mechanical Behaviour of Metals, 1995. május 28. – június 2. Hága, Hollandia. Előzetes jelentkezés az előadás címével 1994. január 1-ig. Cím: ICM7 Secretariat c/o Congress Office ASD, Asvest 22, POB 40, NL – 2600 AA Delft, Tel.: (+31) 15-120234, fax: (+31) 15-120250

SPT-5 Int. Conf. Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance, Bécs, 1995. július 10–14. Előzetes jelentkezés az előadás kivonatával 1994. október 31. Cím: Dr. H.P. Rossmann, Inst. of Mechanics, TU Vienna, Wiedner Hauptstrasse 8–10/325, A-1040 Vienna, Austria.

PRODUKTE ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN VERKSTOFFPRÜFUNG

MR

Anyagvizsgálat penetrációval és mágneses vizsgálati eljárással

A cég gyártmányai megfelelnek az európai és amerikai ISO, ASTM, ASME és EN szabványok környezetvédelmi előírásainak.

A termékek raktárról megrendelhetők, ütemezett szállítási megbízással házhozszállítva is kaphatók.

Magyarországon 1994. január 1-től képviseleti joggal forgalmazza a



Postacím: 1452 Budapest, Pf. 552.

Tel./fax: 215-1034

Iroda: 1091 Budapest, Üllői út 45.

Viszonteladók:

Fesol BT. – Miskolc • Mexweld Kft. – Miskolc • H-Tech Hegesztéstechnikai Szaküzlet – Győr •
Testor BT – Budapest • Gáz Carbona Kft. – Dorog

Várjuk viszonteladók jelentkezését, részükre jelentős ár és fizetési kedvezményt adunk.

Anyagvizsgáló gépek szervize

MÉTISZ Q BT

Mechanikai anyagvizsgálatokhoz

szakítógép, keménységmérőgép,
ütőmű, Erichsen-húzó,
homokszilárdságvizsgáló és egyéb
felszerelések beszerzése,
javítása, szervizelése, felújítása,
hitelesítése, kalibrálása.

Levélcím: 1601 Budapest, Pf. 130.

Műhely:

1103 Budapest, Gergely út 43-45.

Tel.: 157-42-11/38

Fax: 142-52-93 • 177-73-89

A FERROETALON Kft.

*az atomspektrometria legtöbb
alkalmazási területére mintegy*

8000 különféle hiteles
anyagmintát, beállítómintát,
ellenőrzőmintát kínál mint a
Breitländer GmbH
magyarországi képviselője.

Címünk:

2400 Dunaújváros, Sport u. 5.

Tel./Fax: 25 382-815



MAGYARREGULA

**Szeretettel
várjuk!**

**Ismét a
C 265-ös
standon**

