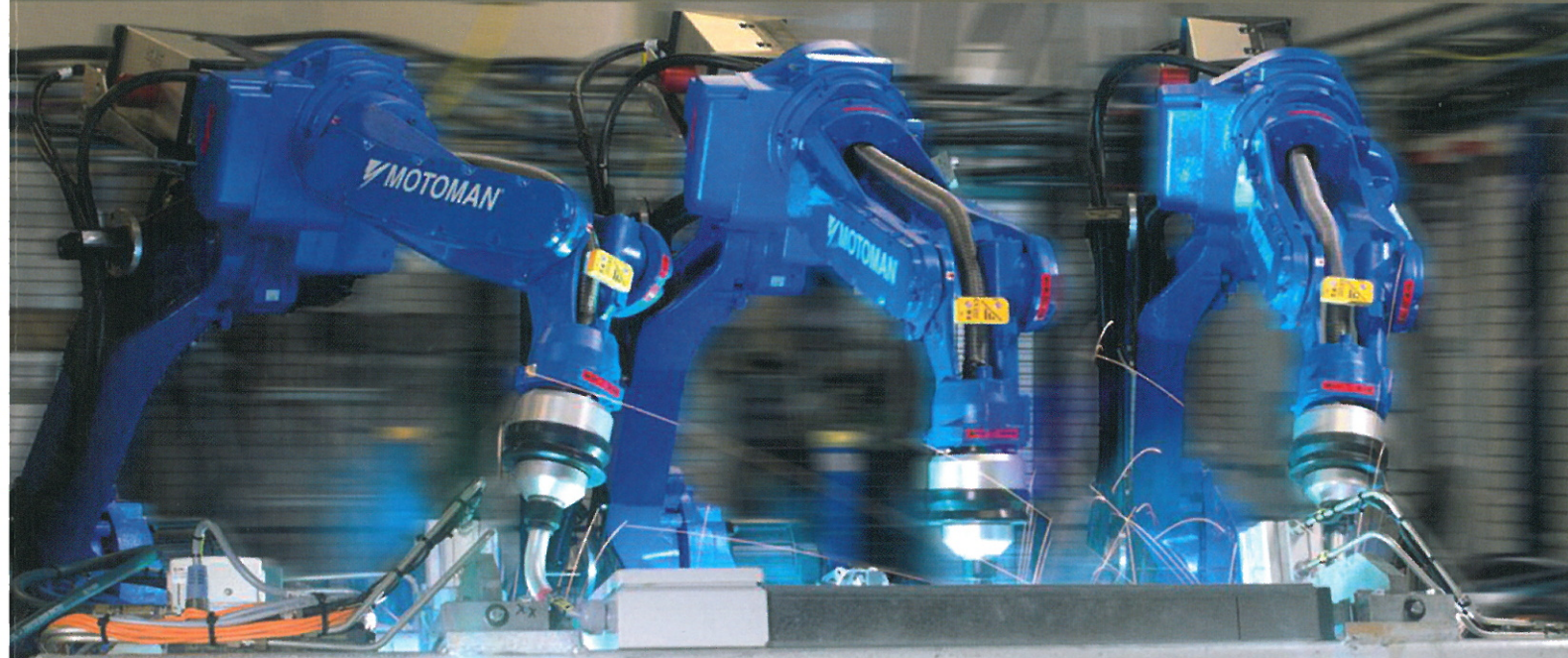


HEGESZTÉS TECHNIKA

XXIII. ÉVFOLYAM 2012. 1. SZÁM



A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS FOLYÓIRATA



YASKAWA
MOTOMAN

25 ÉVE MAGYARORSZÁGON

 **FLEXMAN
ROBOTICS**

YASKAWA-MOTOMAN MAGYARORSZÁGI ÉRTÉKESÍTÉS ÉS SZERVIZ
FLEXMAN ROBOTICS KFT.
1173 BUDAPEST, ÖSSZEKÖTŐ U. 1.
T: +36 30 951 0065
F: +36 1 256 2281



WWW.YASKAWA-MOTOMAN.HU

INFO@FLEXMANROBOTICS.HU

WWW.ROBOTAKADEMIA.HU

TARTALOM

1 Egyesületi és Személyi hírek Association and Personal News Vereinigungs-, und Persönliche Nachrichten

DR. GÁTI JÓZSEF

26. Hegesztési Konferencia az Óbudai Egyetemen 2012. május. 10–12. 3

Az EWF SZEREPE – szerkesztőségi cikk 4

Az EWF – 2012. évi cselekvési tervjavaslatai 4

Az EN 1090 és az EWF 652r1-11 Képzési Irányelv 5

EWF minősítési rendszerek 5

Modern eszközök és a hegesztés 5

MHtE által kiadott EWF-IIW-IAB diplomák 6

WELDCUP – hegesztő verseny 6

Az EA – 6/02 jelzetű irányelv EWF és EA közös áttekintése 6

KOMÓCSIN MIHÁLY

IIW ülés Párizsban 8

DOBRÁNSZKY JÁNOS

100 éve született Gillemot professzor 11

Dr. Kiss Lajos tanszéki könyvtárat avattak a Nyíregyházi Főiskolán 12

2 Kutatás – fejlesztés Research and development Forschung und Entwicklung

KRISTÓF CSABA

Hegesztő munkaeszközök biztonsága III. rész: Ellenállás-hegesztés 13

Safety of welding equipments. Part III. 13

Sicherheit von Schweißanlagen. Teil III. 13

DR. KOMÓCSIN MIHÁLY

Vegyipari- és energetikai berendezések károsodási mechanizmusai 17

Damage mechanism of chemical- and energetic equipments 17

Schädliche Mechanismen von chemischen und energetischen Anlagen 17

MELINGER ÁKOS

A lineáris dörzshegesztés és alkalmazásai 21

Linear friction welding and its applications 21

Lineares Reibschweißen und dessen Anwendungen 21

DR. JÁRMAI KÁROLY

Hegesztett kötések fáradása és hófáradása 25

Fatigue and heat-effected fatigue of welded joints 25

Ermüdung und Wärmermüdung von Schweißverbindungen 25

KRISTÓF DÁNIEL, NÉMETH LEVENTE, DR. DOBRÁNSZKY JÁNOS

Nagyító alatt a hegesztőhuzal, 2. rész 35

Part. II. The electrode wire under lens 35

Teil II. Schweißdraht unter der Lupe 35

FEHÉRVÁRI GÁBOR, GYURA LÁSZLÓ

Védógázos gyökvédelem alapjai és gyakorlati alkalmazása 39

Basics using of root forming gas and its practical implementation 39

Grundlage und praktische Anwendung vom Wurzelschutzgas 39

3 Sajtóközlemények: Press release: Pressemitteilungen:

MARTIN WOHLGENANT

Láncfalpas daruk rácsoszlop-sarokcsöveinek optimalizált hegesztése 49

Optimal welding technology for corner pipes 49

welding of cross-bars on crawler cranes 49

Optimiertes Schweißen von Rohrelementen 49

der Gittersäle eines Raupenkranes. 49

CARL CLOOS SCHWEISSTECHNIK GMBH

Innovatív QIROX® hegesztőrobotok a Cloostól 55

Moduláris felépítés – több változat 55

Innovative QIROX® welding-robots from Cloos 55

Modular construction and more variants. 55

Innovative QIROX® Schweißroboter von Firma Cloos 55

Modulare Konstruktion und mehrere Variante. 55

4 Információ az EU pályázatokról

EUROPLAST projekt aktualitásai 57

ACCESSWELD projekt aktualitásai 57

WELD – IMP projekt aktualitásai 57

DONE-IT projekt aktualitásai 58

EN 1090-2-re vonatkozó projektek 58

5 Könyvismertetés

Hegesztési zsebkönyv 61

6 Rendezvénytár Diary

Veranstaltungskalender 62

62

62

FONTOS KÖZLEMÉNY!

az EN 1090 szabvány bevezetésének legújabb végső határideje: 2013. 07. 01. Hegesztéstechnika

Címlapon: Yaskawa Motoman 25 éve Magyarországon!

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés szakfolyóirata
Periodical of the Hungarian Association of Welding Technology and Material Testing
Zeitschrift der Ungarischen Vereinigung für Schweißtechnik und Material Prüfung

Dr. Jármái Károly*, Dr. Virág Zoltán**, Oláh Róbert***

Hegesztett kötések fáradása és hőfáradása

Az elmúlt évtizedekben több olyan dolog megváltozott, mely a hegesztett szerkezetek kialakítására nagy hatással van:

- Új anyagok jelentek meg. A fejlődés egyik iránya a folyáshatár növelése volt és megjelentek az 1000 MPa fölötti folyáshatárú anyagok. A másik irány az volt, hogy az anyagok minél szívósabbak legyenek. A rozsdamentes acélok egyre több fajtája elérhető és egyre többet alkalmaznak.
- Új hegesztési technológiák jelentek meg, illetve terjedtek el, például a lézersugaras, az elektron-sugaras hegesztés, valamint a hibrid hegesztések. Az alacsony átmeneti hőmérsékletű elektródák alkalmazása jóval kisebb hőbevitellel jár, csökkentve a szerkezet maradó sajátfeszültségét, vétemedését. A nagysebességű hegesztő eljárások hatalmas gyártási kapacitást jelentenek, 25-50 m/perc sebességgel.
- A tervezési előírások jelentősen finomodtak. Különösen igaz ez a dinamikus igénybevételre, a fáradásra. A különféle kutató intézetekben, egyetemeken, ipari laboratóriumokban nagyszámú fárasztó kísérletet végezve pontosabban megközelítették a szerkezet viselkedését. Javultak a fárasztó berendezések is, nagyobb ciklusszámú vizsgálatot téve lehetővé. Jelenleg a kérdés az, hogy pl. az Eurocode 3-ban megadott 100 milliós fáradási határ mennyire megbízható? Mennyire csökken nagyobb ciklusszámon a fáradási határ, mekkora ciklusszámnál nem csökken tovább?

A hegesztett szerkezetek tervezésének általános elvei, a szerkezeti megoldások jellegzetességei

A hegesztett szerkezetek kialakításánál a tervezés-gyártás-gazdaságosság hármasságát kell szem előtt tartani. A tervezés a szerkezet kedvező kialakítását jelenti, mely során figyelembe kell venni a feszültségi, alakváltozási, stabilitási, rezgéscsillapítási, a sajátfrekvenciára vonatkozó, stb. előírásokat, melyek szükségesek ahhoz, hogy a szerkezet megbízhatóan működjön. A gyártási szempontok a tervezés elválaszthatatlan részei, ahol megvizsgálva a különböző szóba jöhető gyártási technológiákat, a legmegfelelőbbek legyenek kiválasztva. Lehetnek olyan előírások, melyek a tervezés alatt lévő szerkezet méreteire adnak előírásokat, pl. hegesztési feltétel, ami a kapcsolódó lemezek vastagságkülönbségét korlátozza. A harmadik terület, a gazdaságosság adja meg az előző két területnek, hogy mi a 'kedvező' kialakítás. Az alakváltozás a tervezésnél, hogy biztonságos legyen a szerkezet, a gyártásnál, hogy legyártható. A gazdaságosságnál az, hogy minél kisebb legyen a költsége [1, 2].

A szerkezetek jellemzői és a kialakítás alapelvei

A szerkezetek fő jellemzői a következők szerint csoportosíthatók:

- a) Terhelések: állandó, változó – statikus, dinamikus (fárasztó, ütő), megoszló – koncentrált, hidrosztatikus,

- belső – külső nyomás, síkbeli – térbeli, önsúly, hasznos teher, meteorológiai terhek, hó, szél, hő, földrengés,
- b) Igénybevételek: húzás, nyomás, hajlítás, nyírás, csavarás,
- c) Anyagok: normál- és nagyszilárdságú acél, rozsdamentes acél, időjárásálló acél, acélöntvények, alumínium-ötvözetek, kombinációk vasbetonnal, szálerősítéses műanyaggal,
- d) Tönkremeneteli módok: szakadás, elnyíródás, instabilitás (kihajlás, horpadás, kifordulás), megfolyás, nagy alakváltozások, rideg törés, fáradás,
- e) Szerkezettypusok: rúdszerkezetek: két- és többtámaszú tartók, rácsos tartók, keretek – felületszerkezetek: lemezek és héjak, kötélszerkezetek,
- f) Kötéstípusok: szegecselte, hegesztett, csavarozott, ragasztott, kombinált,
- g) Geometria, topológia, peremfeltételek: fő méretek, hajlásszögek, terhelés-támadáspontok, megtámasztások (csukló, befogás, görgős támasz, villás támasz, szabad szegély), rudak száma és helyzete rácsos tartókban és keretekben, lemezek alaprajza, héjak alakja,
- h) Szelvényprofilok: hengerelt, hegesztett, sajtolt (alumínium), ragasztott (réteges, szendvics), cső (üreges) szelvények,
- i) Felületkezelés, felületvédelem: homokszórás, festés, tűzi horganyzás, tűzvédelmi bevonatok, üreges szelvények kitöltése,
- j) Szállítás, szerelés: szállítható egységek a szállítás módjától függően,
- k) Költségek: anyag- és gyártási költségek, mint hegesztési, elektródacsere, salakolási, lemezegyengetési, lemez előhajlítás, felület-előkészítési, lemezvágási, festési, stb. Ezekon kívül még fontos lehet a tervezési, szállítási, szerelési, karbantartási költség is.

Néhány alapelv a hegesztett szerkezet

„kedvező” kialakítására:

- minél kevesebb és minél kisebb méretű varratot célszerű alkalmazni, ezáltal a hegesztési maradó feszültségek és alakváltozások is csökkennek,
- a hegesztett szelvények keresztmetszete lehetőleg szimmetrikus legyen a súlypontjára,
- hasonlóan a szelvényen elhelyezett varratok is szimmetrikusak legyenek a súlypontra,
- a varratokat a szerkezet olyan részére kell tervezni, ahol jól hozzáférhető és ellenőrizhető. A vízszintesen hegeszthető varratok a legkedvezőbbek,
- a fáradásra igénybevett szerkezeteknél kerülni kell a nagy keresztmetszet-változásokat. Az átmeneteknél megfelelő lekerekítéseket kell alkalmazni,
- a tompavarratok, illetve tompa T-kötések terhelhetősége nagyobb, mint a sarokvarratoké, de drágábbak,
- hegesztési utókezelésekkel jelentősen növelhető a szerkezet fáradási teherbírása, ezért ezt már a tervezés során érdemes számításba venni.

Szerkezetek méretezése fáradásra

A hegesztett kötések fáradását befolyásoló tényezők

A varratméretezésnél a következő tényezők fontosak:

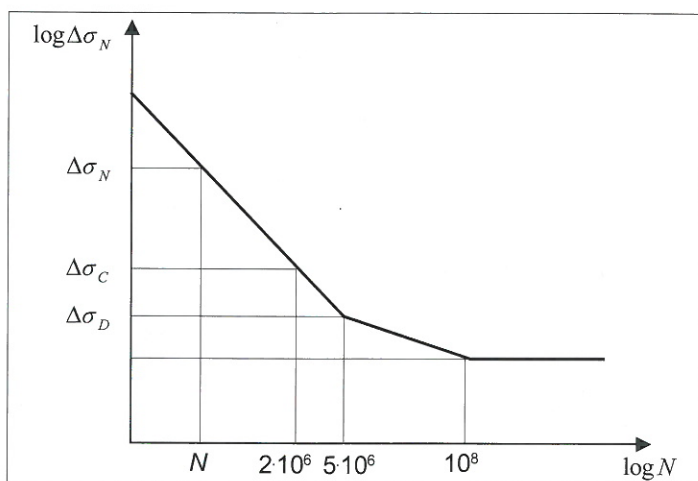
KUTATÁS – FEJLESZTÉS

- Az alapanyag, ami leggyakrabban acél, de lehet könnyűfém is, például alumínium ötvözet.
- A hegesztési technológia, ahol a legelterjedtebb az aktív védőgázos fogyóelektródás hegesztés, de a bevontelektródás kézi ívhegesztés, illetve a fedettív (és több más) hegesztés is használatos.
- A hegesztési maradó feszültségek, melyek a bevitt hőtől, a szerkezet és a varrat méreteitől függenek.
- A kötés típusa, amely a méretezésnél a fáradási kategóriát megadja.
- A varrat geometria, amely még javítható hegesztési utókezeléssel.
- Figyelembe kell venni a hegesztési hibákat, melyek pl. előfordulhatnak a varratok végein, azon pontokban, ahol elektródacsere volt, illetve a merőleges varratok találkozásánál.
- A feszültség-tartomány a fáradási élettartamot legjobban befolyásoló tényező, értéke $\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$.
- A ciklusszám szintén domináló tényező. A jelenlegi fáradási viselkedési leírások szerint csak $N = 10^8$, vagy 10^9 ciklusszám után lehet a $\Delta\sigma - N$ görbénél a fáradási értéket változatlanoknak tekinteni.
- A feszültség-állapot, az esetek nagy részében nemcsak normálfeszültség, de nyírófeszültség is adódik. A fáradási viselkedés jelentősen változik, illetve változhat ezen tényezők változásával.

Fáradási tervezési előírások az Eurocode 3 alapján

Az Eurocode 3 [3] szabvány, továbbiakban EC3, a hegesztett kötések osztályba sorolja. Az osztály száma $\Delta\sigma_C, \Delta\tau_C$ jelenti a fáradási feszültség-tartományt MPa-ban $N = 2 \cdot 10^6$ ciklus esetén. N ciklusszám esetén a fáradási feszültség-tartomány értékei $\Delta\sigma_N, \Delta\tau_N$ grafikusán vannak megadva (egyenes vonalak a log-log koordináta rendszerben, 1. ábra). A szabvány megfelelő ábráján párhuzamos vonalak jelölik 36–160 MPa-ig a különböző osztályokat. Az 1. ábra csak egy vonalat ad meg, de a számítás bármely ide tartozó osztálynál ugyanúgy történik. Ennek megfelelően $\Delta\sigma_N, \Delta\tau_N$ értékei lineáris interpolációval meghatározhatók (1) és (2) képletek szerint, ha ismerjük a $\Delta\sigma_C$ -t, m és N értékét.

Az N ciklusszám 10^5 és végtelen között változhat.



1. ábra. Normálfeszültség fáradási határértékek a ciklusszám függvényében

Normálfeszültség fáradási határértékek

Ha $N \leq 5 \cdot 10^6$, akkor

$$\log \Delta\sigma_N = \frac{1}{m} \log \frac{2 \cdot 10^6}{N} + \log \Delta\sigma_C \quad (1)$$

ahol m a görbe meredeksége állandó, $m = 3$, $\Delta\sigma_C$ a fáradási feszültség-tartomány $N = 2 \cdot 10^6$ ciklusszám esetén, ez megegyezik a kötés csoportba sorolási számával (36–160 MPa közötti).

Ha $5 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8$, akkor

$$\log \Delta\sigma_N = \frac{1}{m} \log \frac{5 \cdot 10^6}{N} + \log \Delta\sigma_D \quad (2)$$

ahol a görbe meredeksége kisebb, $m = 5$, $\Delta\sigma_D$ a fáradási feszültség-tartomány $N = 5 \cdot 10^6$ ciklusszám esetén (meghatározható $\Delta\sigma_C$ értékéből).

A nyírófeszültség fáradási görbéje az előzőtől eltérő, két egyenesből áll a log-log koordináta rendszerben.

A nyírási feszültség-tartomány

ha $N \leq 10^8$, akkor

$$\log \Delta\tau_N = \frac{1}{m} \log \frac{2 \cdot 10^6}{N} + \log \Delta\tau_C \quad (3)$$

ahol a görbe meredeksége állandó, $m = 5$, $\Delta\tau_C$ a fáradási feszültség-tartomány $N = 2 \cdot 10^6$ ciklusszám mellett.

A fáradási osztályt a szabvány ábrával és szöveggel megadott választékából határozhatjuk meg.

Méretezési összefüggés

Az EC3 szabvány interakciós formulája összetett igénybevétel esetén, ahol $\Delta\sigma, \Delta\tau$ a normál és a nyírófeszültség tervezési értékei, $\Delta\sigma_N, \Delta\tau_N$ a fáradási feszültség-amplitúdók, γ_{Ff} és γ_{Mf} részbiztonsági tényezők a fáradási terhekhez és a fáradási szilárdságokhoz.

$$\left(\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma}{\Delta\sigma_N / \gamma_{Mf}} \right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau}{\Delta\tau_N / \gamma_{Mf}} \right)^5 \leq 1 \quad (4)$$

Az ENV 1991 Eurocode 1-ben található ferasztóterhek már tartalmazzák a γ_{Ff} biztonsági tényező megfelelő értékét. γ_{Ff} értékét általában 1-nek veszik.

A fáradási feszültség-amplitúdóra a részbiztonsági tényező γ_{Mf} értéke az 1. táblázatban kerül megadásra.

„Törésbiztos elem” az, melynek lokális tönkremenetele nem eredményezi a teljes szerkezet tönkremenetelét. „Nem törésbiztos elem” az, melynek tönkremenetele a teljes szerkezet tönkremenetelét okozza (1. táblázat).

	törésbiztos elem	nem törésbiztos elem
megközelíthető kapcsolat	1.00	1.25
nehéz elérhető kapcsolat	1.15	1.35

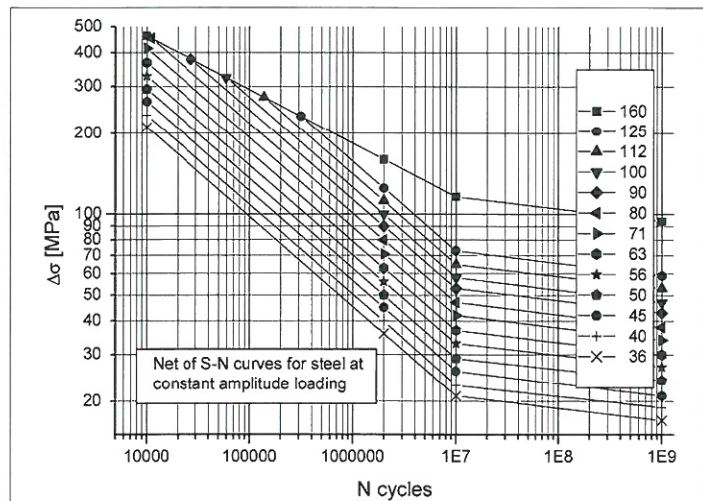
1. táblázat. A részbiztonsági tényező γ_{Mf} értéke az EC3 szabvány szerint

Fáradási tervezési előírások a Nemzetközi Hegesztési Intézet ajánlása alapján

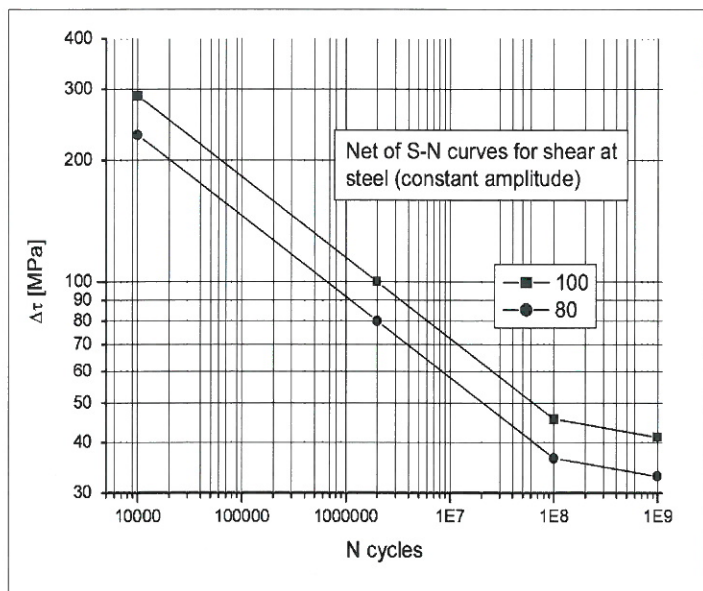
A Nemzetközi Hegesztési Intézet (International Institute of Welding) ajánlást dolgozott ki hegesztett kapcsolatok

fáradásának meghatározására [4]. Az ajánlás előnye, hogy felhasznál újabb kutatási eredményeket. 960 MPa folyáshatárig érvényes az Eurocode 690 MPa folyáshatárhoz képest. A fáradási határokat nemcsak acélra, hanem alumíniumra is megadja. A fáradási határ 10^9 ciklusszám fölött válik állandóvá mind normál, mind nyírófeszítésre (2–3. ábra).

Továbbra is kérdés, hogy mennyire kell növelni a ciklusszámot, ami fölött már nem változik a fáradási határ [5]?



2. ábra. IIV Recommendation fáradási görbék normálfeszítésre



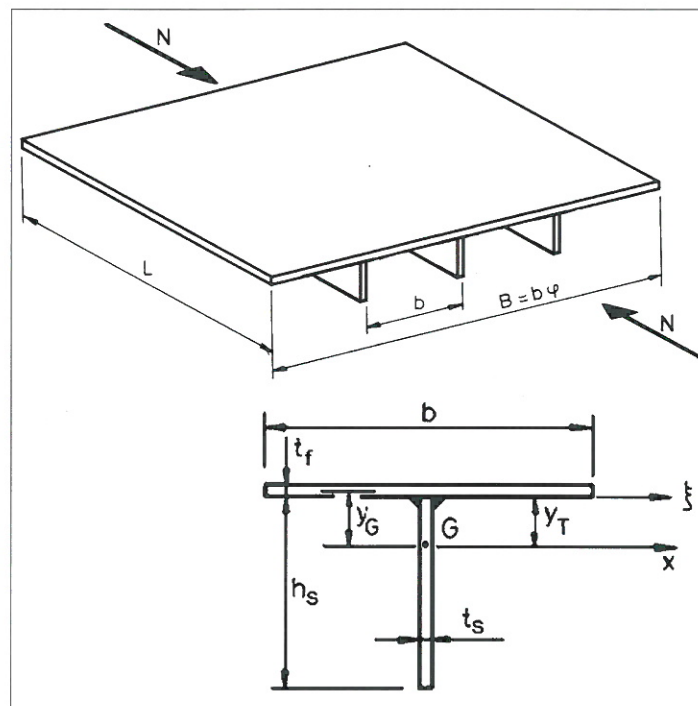
3. ábra. IIV Recommendation fáradási görbék nyírófeszítésre

Szám példa lemezbordás lemez fáradási vizsgálatára

Megadott adatok: $B = 6000$ mm, $L = 4000$ mm, $N = 1.974 \times 10^7$ [N], $f_y = 235$ MPa, $E = 2.1 \times 10^5$ MPa, $G = E/2.6$, $\rho = 7.85 \times 10^{-6}$ kg/mm³, $\Theta_d = 3$. A számított fáradási ciklusszámok: 10^5 , 10^6 , 10^7 , 10^8 . A vastagságokra felső határokat adtuk meg, a fedőlemeze 40 mm, a bordára 30 mm. A bordaközök száma maximum 30 lehet.

A változók: ϕ , t_f , t_s . Az optimumok a Rosenbrock's Hillclimb matematikai eljárással lettek számolva diszkrét kerekített értékekre [1]. Vizsgálatok három hegesztési eljárásra lettek elvégezve:

- kézi hegesztés (SMAW)
- kevert védőgázos félautomatikus hegesztés (GMAW-M)
- poralatti automatikus hegesztés (SAW)



4. ábra. Hosszirányban terhelt bordás lemez geometriája

A lemezborda geometriai jellemzőit a következőképpen írhatjuk le

$$A_s = h_s t_s \quad (5)$$

ahol a borda helyi horpadását figyelembe véve

$$h_s = 14 t_s \varepsilon, \text{ ahol } \varepsilon = \sqrt{235 / f_y} \quad (6)$$

$$y_G = \frac{h_s + t_f}{2} \frac{\delta_s}{1 + \delta_s}, \text{ ahol } \delta_s = \frac{A_s}{b t_f} \quad (7)$$

Az ezekből kapott másodrendű nyomatékok

$$I_x = \frac{b t_f^3}{12} + b t_f y_G^2 + \frac{h_s^3 t_s}{12} + h_s t_s \left(\frac{h_s}{2} - y_G \right)^2 \quad (8)$$

$$I_s = h_s^3 \frac{t_s}{3} \quad (9)$$

$$I_T = \frac{h_s t_s^3}{3} \quad (10)$$

Fáradási feltétel

A fáradási feltétel a 3. fejezet szerint lett számítva az EC3 szabvány alapján. A különböző hegesztési eljárások különböző fáradási hegesztési tartományba sorolhatók a 2. táblázat adatai szerint.

Hegesztési módszer	$\Delta\sigma_c$ [MPa]
SMAW	100
GMAW-CO2	112
SAW	125

2. táblázat Hegesztési eljárások besorolása

A teljes bordázott lemez horpadása

Mikami módszere [6, 7] szerint a kezdeti alakpontatlanság és a maradó hegesztési feszültségek hatását figyelembe veszi a horpadási görbe, amiben a redukált karcsúsági tényező

$$\lambda = (f_y / \sigma_{cr})^{1/2} \quad (11)$$

A klasszikus kritikus horpadási feszültség hosszirányba nyomott bordázott lemezre

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 D}{hB^2} \left(\frac{1 + \gamma_S}{\alpha_R^2} + 2 + \alpha_R^2 \right)$$

$$\text{ha } \alpha_R = L/B < \alpha_{R0} = (1 + \gamma_S)^{1/4} \quad (12)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{2\pi^2 D}{hB^2} \left[1 + (1 + \gamma_S)^{1/2} \right] \text{ ha } \alpha_R \geq \alpha_{R0} \quad (13)$$

A redukált karcsúsági tényezőt tudva tényleges teljes horpadási feszültség számítható:

- Mikami szerint

$$\sigma_U / f_y = 1 \text{ ha } \lambda \leq 0.3 \quad (14)$$

$$\sigma_U / f_y = 1 - 0.63(\lambda - 0.3) \text{ ha } 0.3 \leq \lambda \leq 1 \quad (15)$$

$$\sigma_U / f_y = 1 / (0.8 + \lambda^2) \text{ ha } \lambda > 1 \quad (16)$$

A teljes horpadási feltétel

$$\frac{N}{A} \leq \sigma_U \frac{\rho_P + \delta_S}{1 + \delta_S} \quad (17)$$

ahol

$$A = Bt_f + (\varphi - 1)A_S \quad (18)$$

$$\delta_S = \frac{A_S}{bt_f} \quad (19)$$

a ρ_P tényező

$$\rho_P = 1 \text{ ha } \sigma_{UP} > \sigma_U \quad (20)$$

$$\rho_P = \sigma_{UP} / f_f \text{ ha } \sigma_{UP} < \sigma_U \quad (21)$$

A teljes horpadási feltétel

$$\frac{N}{A} \leq \sigma_U \quad (22)$$

Fedőlemez horpadás

Ez a feltétel az alaplemez bordák közötti helyi horpadására a klasszikus horpadási képletből egyirányú nyomásra egyszerűsítve a feltétel

$$\sigma_{crP} = \frac{4\pi^2 E}{10.92} \left(\frac{t_F}{b} \right)^2 \quad (23)$$

a redukált karcsúság

$$\lambda_P = \left(\frac{4\pi^2 E}{10.92 f_y} \right)^{1/2} \frac{b}{t_F} = \frac{b/t_F}{56.8\varepsilon} \quad \varepsilon = \left(\frac{235}{f_y} \right)^{1/2} \quad (24)$$

a kezdeti alakpontatlanságtól és maradó hegesztési feszültségtől függő horpadási feszültség

$$\sigma_{UP} / f_y = 1 \text{ ha } \lambda_P \leq 0.526 \quad (25)$$

$$\frac{\sigma_{UP}}{f_y} = \left(\frac{0.526}{\lambda_P} \right)^{0.7} \text{ ha } \lambda_P \geq 0.526 \quad (26)$$

A fedőlemez horpadási feltétele

$$\frac{N}{A} \leq \sigma_{UP} \quad (27)$$

Bordák elcsavarodó kihajlása

Ez az instabilitási feltétel a bordák geometriájától függ. Az elcsavarodó kihajlási feltétel

$$N / A \leq \sigma_{UT} \quad (28)$$

A klasszikus elcsavarodó kihajlási feszültség

$$\sigma_{crT} = \frac{GI_T}{I_P} + \frac{EI_\omega}{L^2 I_P} \quad (29)$$

ahol $G = E/2.6$ a nyírási modulus, I_T elcsavarodási inercia nyomaték, I_P poláris inercia nyomaték és I_ω a torzulási konstans. A tényleges elcsavarodó kihajlási feszültség a redukált karcsúság függvényében számolható

$$\lambda_T = (f_y / \sigma_{crT})^{1/2} \quad (30)$$

$$\sigma_{UT} / f_y = 1 \text{ ha } \lambda_T \leq 0.45 \quad (31)$$

$$\frac{\sigma_{UT}}{f_y} = 1 - 0.53(\lambda_T - 0.45) \text{ ha } 0.3 \leq \lambda_T \leq 1.41 \quad (32)$$

$$\frac{\sigma_{UT}}{f_y} = \frac{1}{\lambda_T^2} \text{ ha } \lambda_T \geq 1.41 \quad (33)$$

A költség függvény

Ez a célfüggvény az anyagfüggvény és az előállítási költség összegeként számolható

$$K = K_m + K_f = k_m \rho V + k_f \sum T_i \quad (34)$$

más alakban

$$\frac{K}{k_m} = \rho V + \frac{k_f}{k_m} (T_1 + T_2 + T_3) \quad (35)$$

ahol ρ az alapanyag sűrűsége, V a szerkezet térfogata, K_m és K_f valamint k_m és k_f anyag és előállítási költségek és tényezők, T_i előállítási idők a következők szerint:

- összeszerelési és összefűzési idő

$$T_1 = \Theta_d \sqrt{\kappa \rho V} \quad (36)$$

ahol Θ_d a hegesztett szerkezet bonyolultsági tényezője, κ a szerkezet összeszerelendő részeinek száma;

- T_2 hegesztési idő, és T_3 a járulékos idők, mint például elektróda csere. $T_3 \approx 0.3T_2$

Hegesztési módszer	a_w [mm]	$10^3 C_2 a_w^n$
SMAW	0-15	$0.7889 a_w^2$
GMAW-CO ₂	0-15	$0.3258 a_w^2$
SAW	0-15	$0.2349 a_w^2$

3. táblázat Hegesztési idők a varrat méret a_w [mm] függvényében hosszirányú sarokvarratra

SMAW	k_f/k_m	t_f	t_s	ϕ	K/ k_m (kg)
fáradás nélkül	0	7	13	26	3177
	1	21	16	5	6953
	2	21	16	5	9498
Ciklusszám 10^5	0	7	13	26	3177
	1	21	16	5	6953
	2	21	16	5	9498
10^6	0	22	21	19	7635
	1	40	14	4	9531
	2	40	14	4	11266
10^7	0	39	30	13	12096
	1	40	25	18	35407
	2	39	30	13	58779
10^8	0	40	30	30	19010
	1	40	30	30	74810
	2	40	30	30	130611

4. táblázat Optimális méretek bevontelektrodás kézi ívhegesztésre

GMAW	k_f/k_m	t_f	t_s	ϕ	K/ k_m (kg)
fáradás nélkül	0	7	13	26	3177
	1	18	16	7	5874
	2	21	16	5	7032
10^5	0	7	13	26	3177
	1	18	16	7	5874
	2	21	16	5	7032
10^6	0	26	16	18	6812
	1	35	15	4	7961
	2	35	15	4	9031
10^7	0	40	23	15	10792
	1	40	29	10	18264
	2	40	29	10	25664
10^8	0	40	29	27	17149
	1	40	29	27	37712
	2	40	29	27	58276

5. táblázat. Optimális méretek CO₂ védőgáz hegesztésre

SAW	k_f/k_m	t_f	t_s	ϕ	K/ k_m (kg)
fáradás nélkül	0	7	13	26	3177
	1	15	15	9	5258
	2	21	16	5	6548
Ciklusszám 10^5	0	7	13	26	3177
	1	15	15	9	5258
	2	21	16	5	6548
10^6	0	24	15	17	6105
	1	31	16	4	7119
	2	31	16	4	8060
10^7	0	31	18	28	9686
	1	40	17	18	13950
	2	40	20	14	18687
10^8	0	40	30	21	15449
	1	40	30	21	28151
	2	40	30	21	40853

6. táblázat Optimális méretek fedőporos hegesztésre

$$T_2 + T_3 = 1.3 \sum C_{2i} a_{wi}^n L_{wi} \quad (37)$$

ahol L_{wi} a varrathossz, $C_{2i} a_{wi}^n$ értéke a COSTCOMP [8] software által rajzolt függvényből kapható meg hegesztési eljárásokra, a_w a varratméret (3. táblázat).

Eredmények

Az eredmények három technológiára kerültek meghatározásra, fáradás nélkül, valamint 10^5 - 10^8 ciklusszám esetén. A bevontelektrodás kézi ívhegesztésre a 4. táblázat, a CO₂ védőgáz hegesztésre az 5. táblázat, a fedőporos hegesztésre a 6. táblázat adja meg az eredményeket.

Az eredmények azt mutatják, milyen nagy a hatása a fáradási ciklusszámnak az eredményekre. A lemezméretek és a bordaszám is jelentősen növekednek, ahogy megy felfelé a ciklusszám. A bevontelektrodás kézi ívhegesztésnél 13.5-szeresére is növekedhet a költség, ha 100 millió ciklust ki kell bírnia a szerkezetnek. Ugyanolyan ciklusszámnál (100 millió) a bevontelektrodás kézi ívhegesztésnél 3.2-szeres lehet a költség, mint a fedőporos eljárásnál. A tömegminimumnál nagy bordaszámra törekszik a program. A költségminimumnál csak akkor növeli nagyra a bordaszámot, amikor már nem tudja a fedőlemezt és a bordákat tovább vastagítani. Összefoglalva érdemes mind a technológiát, mind a költségeket figyelembe venni a tervezéskor és ezekre optimálni.

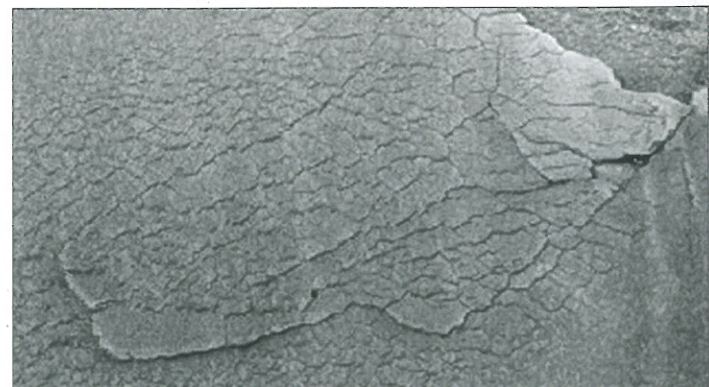
Hőfáradás

A hőfáradás maga növelt hőmérsékleten üzemelő berendezéseknél fordul elő, amelyek váltakozó hőfeszültségnek vannak kitéve. A hőfeszültségek oka a szerkezeti elemek gátolt hőtágulása vagy zsugorodása a hőmérséklet változásakor (5. ábra)

A hőmérséklet csökkenésével viszont nő az anyag folyáshatára, és csökken a ridegtörést okozó törési feszültség nagysága, tehát hőmérsékleti elridegedést okoz. Az anyag akkor válik rideggé, amikor a törési feszültség kisebbé válik a folyáshatárnál, vagyis a törés képlékeny alakváltozás nélkül következik be.

Szerkezeti anyagok hőállósága [9]

A magas hőmérsékleten igénybe vett szerkezeti anyagok károsodásállósága – amit hőállóságnak nevezünk – a termikus igénybevétel mértékétől, jellegétől és a járulékos hatásoktól függ, de az anyagok viselkedését az összetétel, az előállítási módja, a megmunkálás és a hőkezelés is befolyásolja.



5. ábra Hőfáradás a felületen

A hófáradás vagy termikus fáradás olyan anyagkárosodás, melynek során a ciklikusan váltakozó ΔT hőterhelés (vagy hő- és mechanikai terhelés) váltakozó képlékeny alakváltozást idéz elő az anyag felületközeli rétegeiben, a külső és belsőbb anyagrések eltérő és akadályozott hőtágulása következtében. A termikus fáradással szemben ellenállóbb anyagok magas hőmérsékleti szilárdság-szilóvság aránya optimált, azaz a szívós repedésterjedéssel szemben is megfelelő ellenállást tanúsítanak. Továbbá hővezetőképességük és hőtágulási együtthatójuk viszonya olyan, hogy az anyag, ill. a belőle készült alkatrész felülete és belső részei között kialakuló hőmérséklet-gradiens ne okozzon kritikus mértékű hőfeszültségeket.

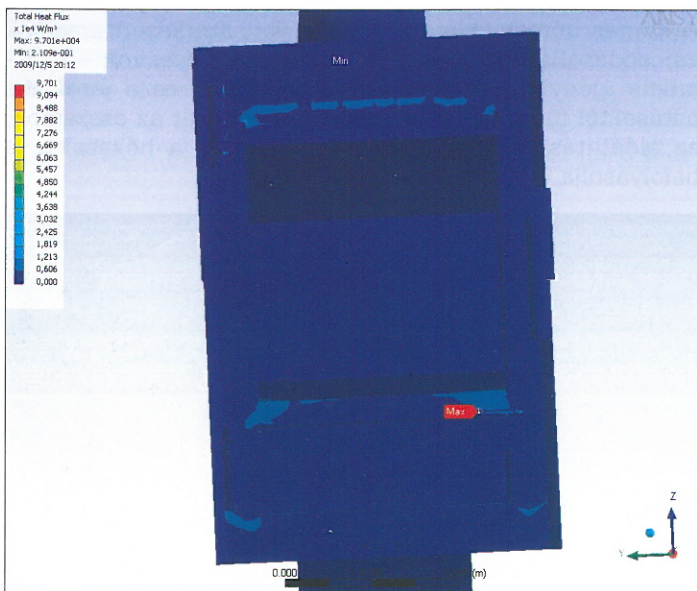
A hősokk „lökésszerű” hőhatás (pl. gyors túlhűtés), viszonylag nagy (esetenként változó) hőmérsékletváltozások között. A ΔT hőökés hatására kialakuló hőfeszültség – különösen egyidejűleg ható mechanikai terheléssel – az anyag szilárdságát elérő feszültséget, az akadályozott alakváltozás (nem eléggé képlékeny anyagoknál) pedig repedést, sőt törést eredményez(het).

A hófáradást vizsgálókat során az anyagban a valós hőciklus hatására kialakuló feszültségállapotot modellezzük. Különböző ciklusszámig terhelt próbatest-sorozaton megmérhető a kialakult repedéshálózat átlagos mélysége vagy az össz-repedéshossz, ill. a keménység-csökkenés mértéke. Ezeket az igénybevételi ciklusszám függvényében ábrázolva, a tönkremeneteli folyamat intenzitása jellemezhető [10].

Kandalló vizsgálata

A hegesztett kandallónál a teljes hőáramlási fluxust – Total heat flux – határozzuk meg 3 mm-es homlokfal vastagság mellett. Az 5. ábrán látható a teljes szerkezet hőáramlási fluxusa, a 6. és 7. ábrán pedig a további vizsgálódás tárgya is a fedőlap felső sarkai, Ennél a modellnél itt nem sarkos kialakítás található, hanem egy lekerekítés.

A továbbiakban azok voltak vizsgálataink céljai, hogy megtudjuk a lekerekítések változtatásával, illetve a patkó lemezvastagság változtatásával együtt hogy viselkedik terhelés alatt a szerkezet előlapja. 6 mm-es sugárról indulva 2-2 mm változtatással figyeljük a változásokat.



6. ábra. A teljes hőáramlási fluxus a teljes kandallóra

A feszültségek 44.3 és 59.0 MPa között adódnak a lekerítés környezetében. A magasabb feszültség pontszerűen jelentkezik. A következő vizsgálat a lekerítés hatásának vizsgálata. Változtattuk a lekerítés értékét a 3 mm-es homlokfal vastagság mellett 6-4-2-0 mm-re és kíváncsiak voltunk a feszültség-változásra.

A 7. táblázat mutatja a von Mises feszültségek változását a jobb felső sarok lekerítésénél, a lekerítési sugár függvényében.

Lekerekítés [mm]	Feszültség [MPa]
6	63.5
4	77.8
2	80.6
0	Folyáshatár

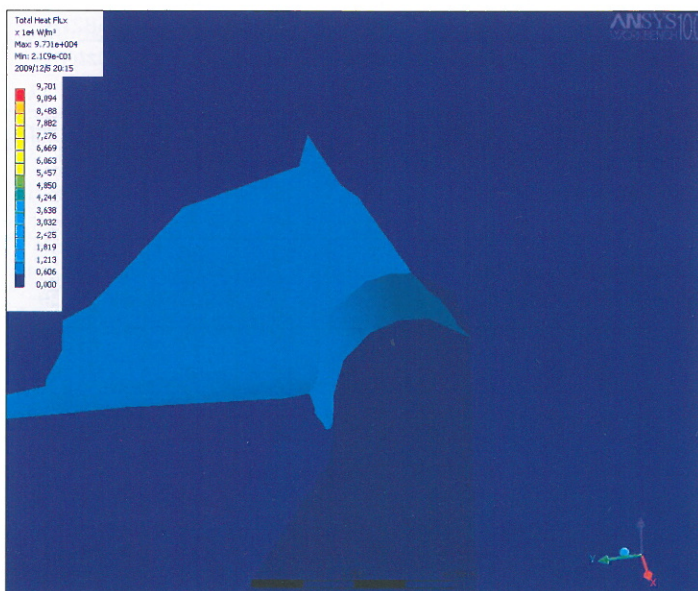
7. táblázat. A feszültségek változása a a lekerekítési sugár függvényében

A számítás azt mutatja, amit vártunk, hogy a lekerekítési sugár csökkentése a feszültség emelkedését okozza. Nem a konkrét feszültségértékek a fontosak, hanem az, hogy hozzávetőlegesen olyan 10–15 %-kal nő a feszültség, ha a sugár 2–2 mm-rel csökken. Éles lemeztalálkozásnál nagy feszültségcsúcs adódik, ami kerülendő.

Kandallók hófáradása

Összefoglalóan megállapítható, hogy a kandallóknál általában az ajtó körüli sarkok a veszélyeztetettek hófáradásra. Ha hófáradási probléma fordul elő, akkor a megoldás elemei a következők lehetnek.

- A homlokfal kismértékű megvastagítása.
- Azonos homlokfalvastagság mellett patkolás felhegesztése. A patkolás nem lehet túl vastag és nem kell folytonos varrattal felhegeszteni, mert az a maradó feszültséget és a deformációt növeli.
- A lekerekítések növelése, amennyire csak lehetséges.
- A maradó feszültségek csökkentése, kedvezőbb vágási és hegesztési technológia alkalmazásával.
- Hőálló acél alkalmazásával, mely a magas hőmérsékleten is szívósabb, kedvezőbb viselkedést érünk el.
- A hőtároló anyagok olyan elhelyezése belül, hogy árnyékolják az acélelemeket, ahol csak lehet.



7. ábra. A teljes hőáramlási fluxus a kandalló jobb első sarkánál

- Jobb belső hőszigetelő burkolat alkalmazásával, mely mérsékli a hőgradienst a felfűtés fázisában.

Összefoglalás

A fáradás és a hófáradás egymástól jelentősen eltérő jelenségek, mégis lehet közös vonásokat találni. Mindkét jelenség sok paramétertől függ. Ezen paraméterek beállítása igényel szaktudást. A mechanikai fáradás jól kidolgozott, többféle anyagra, nagy ciklusszámra. A hófáradás általában kisciklusú de már megjelentek azon mérőberendezések, melyek tudnak viszonylag nagy ciklusszámú mérést produkálni ezen speciális területen is.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatást az OTKA támogatta a T 75678 számú projekt keretében.

Hivatkozások

- [1] Jármái,K.,Iványi,M.: *Gazdaságos fémszerkezetek analízise és tervezése*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 226 old. 2001, ISBN 963 420 674 3
- [2] Jármái,K.,Iványi,M.: *Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése, Bevezetés az acélszerkezetekkel kapcsolatos európai szabványokba és alkalmazásukba*. Gazdász-Elasztik Kft.

- Miskolc, 259 old. 2008. ISBN 978-963-87738-4-5
- [3] Eurocode 3 (2006): MSZ ENV 1993-1-1:1992/A2:2002 Acélszerkezetek tervezése, 347 old. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
 - [4] Recommendations (2008): Recommendations on fatigue of welded components of the IIW, Doc. IIW-1823-07, ex. XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07
 - [5] Pyttel, B., Schwerdt,D., Berger,C.: Very high cycle fatigue – Is there a fatigue limit? International Journal of Fatigue, Vol. 33, 2011, pp. 49-58.
 - [6] Mikami,I., Niwa,K. Ultimate compressive strength of orthogonally stiffened steel plates. J. Structural Engineering ASCE 122(1996)No.6. 674-682.
 - [7] Discussion of [1] by Bedair,O. and authors' closure. J.Struct.Engng 123(1997)No.8.1116-1119.
 - [8] COSTCOMP Programm zur Berechnung der Schweisskosten. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1990.
 - [9] ASM Specialty Handbook: *Heat-Resistant Materials*, Editor(s): J.R. Davis, ASM International, 1997, 591 p. ISBN: 978-0-87170-596-9
 - [10] Dahlberg,M., K.-F. Nilsson, N. Taylor, C. Faigy, U. Wilke, S. Chapuliot, D. Kalkhof, I. Bretherton, M. Church, J. Solin, J. Catalano: *Development of a European Procedure for Assessment of High Cycle Thermal Fatigue in Light Water Reactors*: Final Report of the NESC-Thermal Fatigue Project, 2007, EUR 22763 EN, 162 p.

*Dr. Jármái Károly egyetemi tanár (Miskolci Egyetem),

**Dr. Virág Zoltán egyetemi adjunktus (Miskolci Egyetem),

***Oláh Róbert tud. munkatárs

(Admatis Kft. 3515 Miskolc, Egyetemváros)

ÓZON
Lég- és Környezettechnikai Bt.

A LÉNYEG MINDIG A RÉSZLETEKBEN REJLIK!



Füst- és pormentes hegesztés, vágás?

Az esetek nagy részében csak szándék és ígéret marad.

A hatékony, könnyen és gazdaságosan alkalmazható berendezések megalkotásához sok évtizedes tapasztalat szükséges.

Cégünk szakértelme és megelégedett vevőink nagy száma garantálja Önnek a minőséget! Velünk megvalósíthatja a környezetbarát hegesztéstechnikát.

Tegyen próbára bennünket!

ÓZON
Lég- és környezettechnikai Bt.
www.ozonlkt.hu
Tel.: 06-1-240-9077
E-mail: info@ozonlkt.hu

VÁLASZLEVELEZŐLAP

FELADÓ

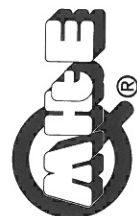
Név:

Telefon/fax:

Lakcím:

Cég neve és címe:

Magyar Hegesztéstechnikai
és Anyagvizsgálati Egyesülés



BUDAPEST,
Fogarasi út 10-14.
1148

FELADÓ

Név:

Telefon/fax:

Lakcím:

Cég neve és címe:



BUDAPEST,
Fogarasi út 10-14.
1148

Magyar Hegesztéstechnikai
és Anyagvizsgálati Egyesülés

VÁLASZLEVELEZŐLAP

Felelős kiadó: dr. SZABÓ BÉLA, az MHEB igazgatója
Főszerkesztő: Dr. Gremsperger Géza, Telefon: 0620-983-77-99
Szerkesztő, hirdetés szervező: GAYER BELA
Telefon: 467-2812

Szerkesztőség: Magyar Hegesztéstechnikai
és Anyagvizsgálati Egyesülés,
1148 Budapest, Fogarasi út 10-14.
Telefon: 467-2810, Fax: 363-3295, 222-0947

Fedélterv, szedés, tördelés és nyomtatás:
a PLANTIN Kiadó és Nyomda Kft.-nél készült,
1092 Budapest, Ráday utca 31.
Telefon: 06 30 9210 478, 06 20 9370 350

Felelős vezető:

Gollob Józsefné, a PLANTIN Kft. ügyvezető igazgatója
A folyóirat évente négyszer jelenik meg.
1 példány ára 2012. évben: 250,- Ft + 5% ÁFA.

Évi előfizetési díj: 1000,- Ft + 5% ÁFA.

Előfizethető a Magyar Hegesztéstechnikai
és Anyagvizsgálati Egyesülésnél, az előfizetési díjak kiegyenlítésére,
számla ellenében az alábbi lehetőségek választhatók:

- 1.) készpénzzel az MHEB pénztárában
- 2.) belföldi postautalványon
- 3.) banki átutalással

ISSN 1215-8372

Fizetett hirdetések

AC Plymovent Kft.	16	Magnatech Int.B.V.	60, 63
Böhler Kereskedelmi Kft.	B. II.	Mátra Diagnosztika Kft.	24
Cooptim Ipari Kft.	9	Mátrai Hegesztéstechnikai és	
Corweld Plus Kft.	20, 48	Szakképzési Kft.	54
Crown Cloos Kft.	38	Messer Hungarogáz Kft.	2
DLT Kft.	61	Migatronik Kft.	52
ESAB Kft.	47	Ozon Bt.	31
Flexman Robotics Kft.	B. I.	Polyweld Kft.	33
Froweld Kft.	10	Qualiweld Kft.	34
Géper Kft.	24	Soyer Magyarország Kft.	19
Henkel Magyarország Kft.	61	Synergic Kft.	32, 56
ITM International Kft.	B. III.	Rehm Kft.	B. IV
Lincoln Electrics Kft.	54	Weldotherm Kft.	53, 59
Linde Gáz Mo. Zrt.	7		

FONTOS!

Kérjük azon hirdetőinket, akik kész hirdetést adnak
le, TIF-ben, EPS-ben vagy PSD-ben
készítsék el, CMYK-re színrebonva.
Színyymatot kérünk mellé! Köszönjük!

Szerzőink figyelmébe!

Kérjük kedves szerzőinket, hogy a megjelentetni
kívánt fényképeket ne word dokumentumba ágyazva
küldjék el, hanem külön állományként: jpg, jpeg, tif,
eps, psd formátumban. Emailon csatolmányként, vagy
adathordozón (CD, DVD, stb.).

Csak így tudjuk biztosítani
a képek jó minőségét!



» OBSERVER «

1084 Budapest, Auróra utca 11.
Telefon: 303-4738; Fax: 303-4744