

# HEGESZTÉS TECHNIKA

XVII. ÉVFOLYAM 2006. 3. SZÁM



A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS FOLYÓIRATA



Mi az, ami számít?  
A biztos kötés.



**...Varratok a legigényesebb helyekre**



# TARTALOM

## A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés szakfolyóirata

## Periodical of the Hungarian Association of Welding Technology and Material Testing

## Zeitschrift der Ungarische Vereinigung für Schweißtechnik und Material Prüfung

### 1 Technológia

- DR. TAKÁCS ZOLTÁN, DR. SZABÓ PÉTER  
Átlapolt horganyzott lemezek  
MIG/MAG hegesztései 5
- ÉRSEK LÁSZLÓ  
Hegesztett nagyszilárdságú acélok  
fáradási szilárdságának növelése  
utólagos kezelési eljárások alkalmazásával 13
- OROSZ CSABA, PALOTÁS BÉLA,  
ADONYI Y.  
TRIP acélok hegesztési vizsgálatai 23

### 1 Technology

- DR. TAKÁCS, ZOLTÁN, DR. SZABÓ, PÉTER  
MIG/MAG welding of lap joint  
of zinc clad sheets 5
- ÉRSEK, LÁSZLÓ  
Increasing of fatigue strength of welded  
joint made of high strength steels  
with postweld treatment 13
- OROSZ, CSABA, PALOTÁS, BÉLA,  
ADONYI, Y.  
Testing of welding of TRIP steels 23

### 1 Technologie

- DR. TAKÁCS, ZOLTÁN, DR. SZABÓ, PÉTER  
Überlappschweißen der verzinkten  
Stähle mit MIG/MAG Schweißprozess 5
- ÉRSEK LÁSZLÓ  
Steigerung der Ermüdungsfestigkeit  
von geschweißten Feinkornstähle  
mit Nachbehandlungen 13
- OROSZ, CSABA, PALOTÁS, BÉLA,  
ADONYI Y.  
Schweißsprüngen der TRIP Stähle 23

### 2 Kutatás – fejlesztés

- I. PIRES, L. QUINTINO, R. M. MIRANDA  
J. F. P. GOMES  
A gázemisszió korlátozása  
az ívhegesztésnél 31
- BERLINGER BALÁZS, DR. NÁRAI MIKLÓS  
A hegesztési füstök meghatározási  
lehetőségei 37
- DR. BALOGH ANDRÁS  
Ellenállás-ponthegesztés folyamat-  
paramétereinek komplex optimalizálása 45

### 2 Research and development

- I. PIRES, L. QUINTINO, R. M. MIRANDA  
J. F. P. GOMES  
A Control of gaseous emission  
in arc welding 31
- BERLINGER, BALÁZS, DR. NÁRAI, MIKLÓS  
Possibilities  
of welding fume measurements 37
- DR. BALOGH, ANDRÁS  
Complex Optimisation of Process  
Parameters for Resistance Spot Welding 45

### 2 Forschung-Entwicklung

- I. PIRES, L. QUINTINO, R. M. MIRANDA  
J. F. P. GOMES  
Begrenzung der Gasemission beim  
Lichtbogenhandschweißen 31
- BERLINGER, BALÁZS, DR. NÁRAI, MIKLÓS  
Bestimmungsmöglichkeiten des  
Schweißrauches 37
- DR. BALOGH, ANDRÁS  
Komplexe Optimierung von Prozess  
Parameter für Widerstandspunktschweißen 45

### 3 Információ

### 3 Information

### 3 Informationen

### 4 Rendezvénytár

### 4 Diary

### 4 Kalender

A CÍMLAPON:  
AIR LIQUID, Mi az ami számít? A biztos kötés.

# A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS TAGSZERVEZETEI

A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS (MhTE) nyereségre nem törekvő szervezet, jogi tagjai hegesztéssel kapcsolatos gyártó, szerelő 36 kis-, közép- és nagyvállalat:

Albatross PLASTUNION Zrt.  
Alstom Power Hungaria Zrt.  
Aprítógépgyár Zrt.  
„AUTOMED” Autogéntechnikai Kft.  
BAU-MONT '92 Rt.  
Bombardier Transportation MÁV Hungary Kft.  
CSÓSZER Berendezéseket Szerelő Zrt.  
DKG-EAST Zrt.  
DUNAFERR Acélszerkezeti Kft.  
FÖLDFÉM Kft.  
GANZACÉL Zrt.  
Ganz Transelektro Villamossági Zrt.  
Interweld-Nagykőrös Kft.  
INVESTMONT Kft.  
ITC-AMT Kft.  
KÉSZ Kft.  
KÓPIS és TÁRSA Kft.  
Kőolajvezetéképítő Rt.  
KRAUSE Ipari, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.

EXPLANT Kft.  
MCE Nyíregyháza Kft.  
MÁTRAFÜTŐBER Acélszerkezet Gyártó Kft.  
Molnár Zrt.  
Műszaki Biztonsági Vizsgáló és Tanúsító Intézet Kft.  
Paksi Atomerőmű Zrt.  
PETROLSZERVIZ Kft.  
Plazma-Technológia Kft.  
PYLON-94 Gép- és Acélszerkezetgyártó Kft.  
R & M TS Hungary Kft.  
Siemens Erőműtechnika Kft.  
Szellőző Művek Kft.  
TE Ganz-Röck Zrt.  
TEGÉP Kft.  
T-L-C Kft.  
VEGYÉPSZER Zrt.  
VEGYÉPSZERELŐ Kft.

Tagja továbbá az Egyesülésnek az alap-, közép- és felsőfokú hegesztőképzést folytató következő 10 intézmény és 11 vállalkozás:

ADU Oktatási Központ  
ANDRÁSSY Gyula Szakközépiskola  
Budapesti Műsz. Főisk. BÁNKI D. Gépészmérnöki Főisk. Kar  
BME ATT  
CSÜCS '91 Oktatási és Vezetési Tanácsadó Kft.  
Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kara  
DUNAFERR Dunai Vasmű Zrt.  
DUNAGÁZ Zrt.  
Dunaújvárosi Főiskola  
EÖTVÖS Loránd Szakközépiskola és Szakiskola  
EUROKT-AKADÉMIA Szakképző és Szakmai Szolg. Kft.

GYÁÉV Szakképzési és Továbbképzési Kft.  
Kecskeméti Főiskola Műszaki Főiskolai Kar  
Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft.  
MISKOLCI EGYETEM Mechanikai Technológiai Tansz.  
Nyíregyházi Főisk. Műsz. Alapozó és Gépgyárttechn. Tansz.  
ORSZAK Bt.  
OKTÁV Továbbképző Központ  
SLV München GSImbH  
SZILY Kálmán Kéttannyelvű Műszaki Középiskola  
SZTÁV Rt.

Szintén a MhTE-nek tagja a hegesztő alapanyag, segédanyag és gépgyártó, kereskedő; továbbá hegesztéssel kapcsolatos szolgáltatást (anyagvizsgálat, tanúsítás, érdekvédelem stb.) nyújtó következő 35 cég:

AC Plymovent Kft.  
AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt.  
AIR LIQUIDE HUNGARY Kft.  
BÖHLER Kereskedelmi Kft.  
COKOM Mérnökiroda Kft.  
CORWELD PLUS Kft.  
C & T Hegesztéstechnikai Kereskedőház Kft.  
Erdőkémia Kft.  
ESAB Kft.  
ÉMI-TÜV BAYERN Kft.  
FEMA Kereskedelmi Kft.  
FROWELD Kft.  
HEGPONT Kft.  
INTERWELD Kft.  
INVENT-WELDING Kereskedelmi Kft.  
KE-TECH Kft.  
LINDE GÁZ MAGYARORSZÁG Zrt.  
MAROVISZ

MESSER HUNGAROGÁZ Kft.  
MIGATRONIC Kft.  
MINELL Kft.  
POLYWELD Kft.  
REHM Hegesztéstechnika Kft.  
Rechnen Hegesztőház Kft.  
Dr. Rittinger János egyéni vállalkozó  
SIAD HG Kft.  
SOVEREIGN Kft.  
SZINTÉZIS Kft.  
TRAKIS-HETRA Kft.  
TÜV Austria-Magyarország Kft.  
TÜV Rheinland InterCert Kft.  
VISZÉK Kft.  
VÖRSAS Kft.  
WELDIMPEX Termelő és Kereskedelmi Kft.  
WELDMATIC Kft.

## Az MhTE főbb tevékenységeinek néhány jellemzője:

- kiterjedt hegesztési felelős hálózattal rendelkezik;
- hegesztő üzemalkalmassági tanúsításokat folytat a magyar és külföldi megrendelők igénye szerint;
- elősegíti tagvállalatainak gyártói, szerelői, szolgáltatói, oktatói és kereskedelmi tevékenységét;
- az Oktatási Minisztérium által pályázat alapján a hegesztés és anyagvizsgálat területén kijelölt országos vizsgaközpontként működik, biztosítva a képzések dokumentációs ellátását;
- kormány és miniszteri rendeletek alapján kapott megbízásból végzi – az MSZ EN 287 szabvány alapján több, mint 50 tanúsított képző- és minősítő helyen – a hegesztők minősítését;
- több mint 100 ipari, főiskolai és egyetemi szakértőt foglalkoztat esetenkénti különféle kutatási, fejlesztési, szaktanácsadási és vizsgáztatói megbízásokkal;
- nyomástartó berendezések állandó kötéseit vizsgálók és készítőik alkalmasságának megítélésére kijelölt (GKM) és Brüsszelben regisztrált szervezet (PED);
- személyzettanúsításra akkreditált szervezet (MSZ EN ISO/IEC 17024).

**Tagvállalatainkról bővebben a <http://www.mhte.hu/> weblapon lehet olvasni.**



## CSÚCSMINŐSÉGŰ ELEKTRÓDÁK ÉS CO<sub>2</sub>-HUZALOK

# ASKAYNAK

A hegesztéstechnika  
jövője



- ✓ könnyű ívfogás
- ✓ távolról is jó ívtartás
- ✓ egyenletes, szép vonalvarrat
- ✓ kis áramerősséggel is jól működik
- ✓ minden pozícióban használható
- ✓ bevonatos elektródák széles választéka



Magyarországi forgalmazó:

**Centrotool** [www.centrotool.com](http://www.centrotool.com)

1102 Budapest, Halom utca 1.  
Tel.: (06-1) 262 4408 Fax: (06-1) 260 4840  
e-mail: [centrotool@t-online.hu](mailto:centrotool@t-online.hu)



**ERGUS**  
INVERTERS  
[www.ergus.hu](http://www.ergus.hu)

(46) 505-958

[info@ergus.hu](mailto:info@ergus.hu)

**3 funkciós hegesztőinverterek**

**MIG - AWI - MMA**  
3 az egyben

**KOMPAKT 160 HF**

MIG (Co), bevontelektródás (MMA)  
és AWI (HF gyújtás) hegesztőgép  
IGEN LEHETSÉGES: 3 in 1



**most nettó**  
**434.400 Ft**

### ÁLTALÁNOS JELLEMZŐK:

- Tápellátás: egy fázisról használható (230V)
- könnyen hordozható
- magasfokú ívstabilitás
- 4,0 átmérőjű bevont elektróda leolvasztására is alkalmas
- Porbeles huzallal is használható

|                             | KOMPAKT 160 HF    | MET 160 DCi       |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| Hálózati feszültség:        | 230V / 50 - 60 Hz | 230V / 50 - 60 Hz |
| Üresjáratú feszültség       | 85V               | 85V               |
| Névleges teljesítmény (MMA) | 5,3 kW            | 5,3 kW            |
| Névleges teljesítmény (AWI) | 3,3 kW            | 3,3 kW            |
| Névleges teljesítmény (MIG) | 4,4 kW            | 4,4 kW            |
| Ívfeszültség (MIG):         | 15 - 22V          | 15 - 22V          |
| Maximális áramerősség:      | 27A               | 27A               |
| Hálózati biztosíték:        | 20A lómha         | 20A lómha         |
| Bekapcsolási idő (MMA):     | 160A / 60%        | 160A / 60%        |
| Bekapcsolási idő (AWI):     | 160A / 70%        | 160A / 70%        |
| Bekapcsolási idő (MIG):     | 160A / 70%        | 160A / 70%        |
| Hegesztő áram (MMA):        | 5 - 160A          | 5 - 160A          |
| Hegesztő áram (AWI):        | 5 - 160A          | 5 - 160A          |
| Súly:                       | 21 kg             | 21 kg             |
| Méret (cm):                 | 23 x 58 x 39      | 23 x 58 x 39      |
| Letapadásgátlás:            | •                 | •                 |
| HOT START:                  | •                 | •                 |
| ARC FORCE:                  | •                 | •                 |

- AWI funkció: HF gyújtás, gázutánfutás, áramlefutás
- MIG(Co): Potméterrel folyamatosan szabályozható hegesztő áram
- MMA (Bevont elektróda): 60%-os bekapcsolási idő
- HF gyújtás: röntgenezhető varratokat készíthet
- Gázsabályzás: a beépített szelep biztosítja a precíz gázellátást
- 2/4 ütemű gyújtás: az igényeinek megfelelő ütemezést választhatja

**SOTOX KFT**

3526 Miskolc, Szentpéteri kapu 66.

**MET 160 DCi**

MIG (Co), bevontelektródás (MMA)  
és AWI (LIFT-es gyújtás) hegesztőgép  
KISÍ ÉS MINDENBEN TÖKÉLETES



**most nettó**  
**304.100 Ft**

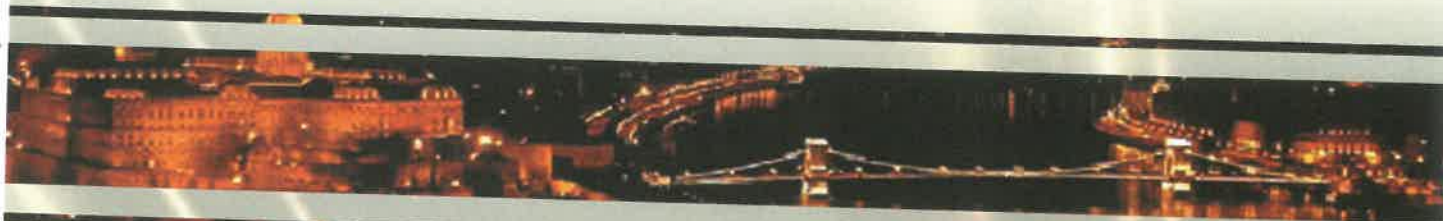
- Nagy huzaldob: akár 15 kg-os dob is rátehető
- Zúrványmentes hegesztés: AWI funkcióban
- lift(esemelés) gyújtás
- Nagy bekapcsolási idő
- AWI DC: 70% MMA(bevontelektróda): 60%
- MIG(Co): 70%



[www.corweld.hu](http://www.corweld.hu)



1119 Budapest, Andor u. 1  
Tel.: 208-4641, Fax: 208-4642  
E-mail: [office@corweld.hu](mailto:office@corweld.hu)

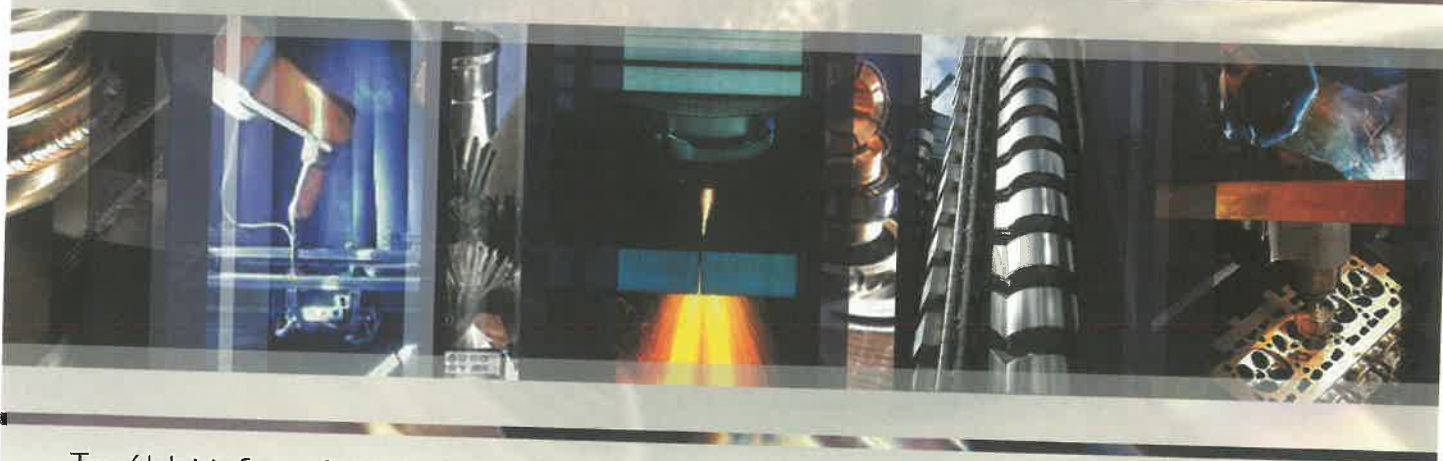


A Gépípari Tudományos Egyesület Hegesztési Szakosztálya, a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés, valamint a Budapesti Műszaki Főiskola 2006. szeptember 14-16. között Budapesten rendezi meg a

## **XII. ORSZÁGOS HEGESZTÉSI TANÁCSKOZÁST.**

A tanácskozás "**Hegesztési kultúránk a XXI. század kezdetén**" címmel az alábbi téma területeken várja az érdeklődőket

- új szemlélet a hegesztett szerkezetek, berendezések gyártása terén, EU előírások alkalmazásának tapasztalatai;
- a hegesztés, a hegesztett szerkezetek anyagai és a hegesztéssel kapcsolatos vizsgálatok;
- a hegesztő és a roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet képzése, képesítése, minősítése, hegesztés munkavédelme, ergonómiája és humanizációja.



További információ és jelentkezési lap a [www.bmf.hu/hegkonf2006](http://www.bmf.hu/hegkonf2006) honlapon érhető el. Várjuk az érdeklődők jelentkezését!



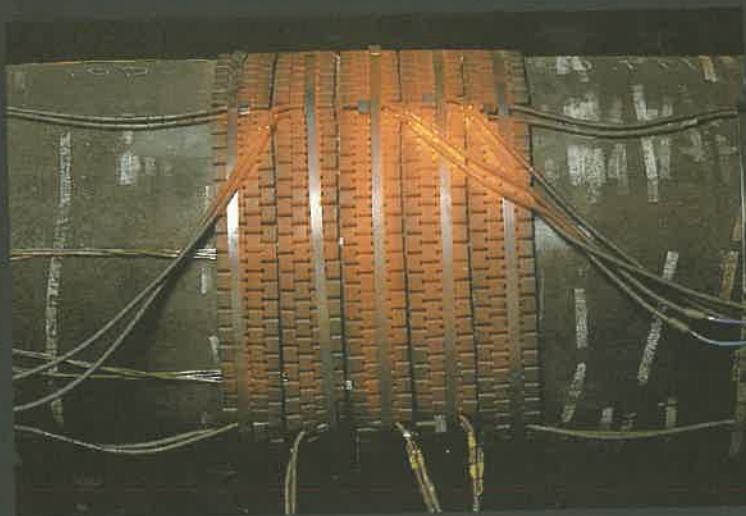
WELDOTHERM®  
G.M.B.H. ESSEN

# HIGH Tech

HIGH-TECH NÉMETORSZÁGBAN - HIGH TECH MAGYARORSZÁGON

EGYENLETES HŐBEVITEL FÜGGETLENÜL  
A MUNKADARAB TÖMEGÉTŐL.  
A FOLYAMATOSAN MÉRT HŐFOKVÁLTOZÁSNAK  
ÉS A PROGRAMVEZÉRLÉSNEK  
KÖSZÖNHETŐEN A HŐFOKELTÉRÉS A TELJES FŰTÉSI  
TARTOMÁNYBAN KISEBB MINT 1%.  
FOLYAMATOS HŐFOKREGISZTRÁLÁS, KIFORROTT,  
BEVÁLT TECHNOLOGIA

TÖBB ÉVTIZEDES SZAKMAI MŰLTAL PÁROSÍTVÁ = WELDOTHERM®

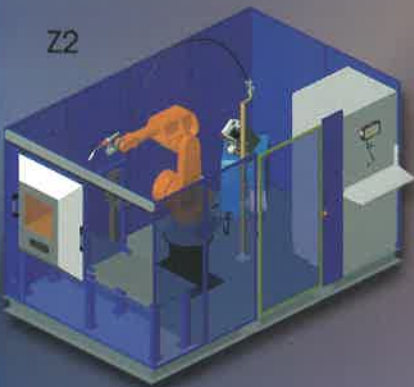


IHR PARTNER BEI DER WÄRMEBEHANDLUNG  
PREHEAT AND POSTHEAT SPECIALISTS  
PARTNERE A HELYSZÍNI HŐKEZELÉSEKNÉL

WELDOTHERM HŐTECHNIKAI ÉS KERESKEDELMI KFT.  
8400 AJKA, GYÁR ÚT 40. TELEFON/FAX: 06-88/213-934, 213-935

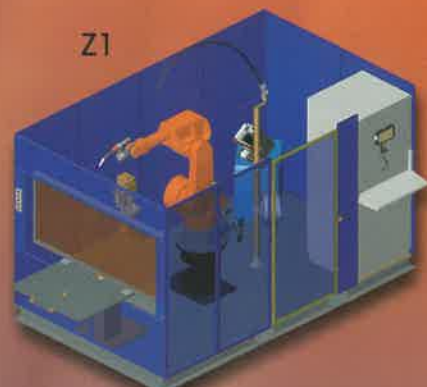
Az Ön intelligens munkatársai:

Z2



Két munkahelyes kompakt  
robotos gyártócellák

Z1



Síkasztallal...

Minden, ami a hegesztéshez kell, egy helyen:

- robotmechanika és vezérlés
- hegesztéstechnikai komponensek
- pozícionálók
- biztonságtechnikai eszközök

Optimálisan összehangolt komponensek, megbízható működés

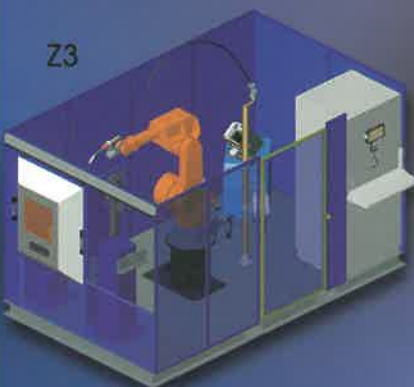
Palettás építési mód: egyszerű szállítás és telepítés, gyors  
üzembehelyezés

Párhuzamos munkavégzés, jobb kihasználtság, nagyobb  
hatásfok

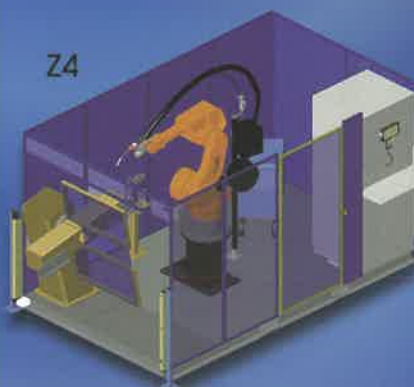
Egyszerűbben megoldható füstelszívás

Rövid szállítási határidő, hosszútávra bérleti  
lehetőség

Z3



Z4



forgatóberendezéssel

Z5



Bővebb információért forduljon hozzánk bizalommal!

# DLT Hegesztéstechnikai Kft.

GÉPESÍTÉS, KÖRNYEZETVÉDELEM

## HEGESZTÉS ÉS VÁGÁS AUTOMATIZÁLÁSA



♦ EGYEDI TERVEZÉSŰ  
CÉLGÉPEK

♦ HOSSZVARRAT  
HEGESZTŐGÉPEK

♦ CNC HEGESZTŐ  
AUTOMATÁK

♦ CNC LÉZER, PLAZMA,  
GÁZ- ÉS VÍZSUGÁR  
VÁGÓKÖZPONTOK



♦ ROBOTOS HEGESZTŐ-  
ÉS VÁGÓCELLÁK

♦ POZICIONÁLÓK

♦ FORGATÓK,  
FORGATÓ ASZTALOK



♦ EGYEDI ELSZÍVÁS  
ÉS SZÜRÉS

♦ KÖZPONTI POR-,  
GÁZELSZÍVÓ ÉS  
SZÜRŐRENDSZEREK

♦ OLAJKÖD  
LEVÁLASZTÁS  
ÉS SZÜRÉS

1038 Budapest, Ráby Mátyás utca 44.  
Telefon/fax: 06-1-430-1321, 430-1322  
Mobil: 06-30-343-2924 e-mail: dltdulin@axelero.hu

## Figyelem!

*Felhívjuk az 1996.*

*évben minősítést*

*szerzett vizsgálók*

*figyelmét,*

*hogy az*

**MSZ EN 473:2001**

**szabványban**

**foglaltak szerint**

**újratanusításért**

**kell folyamodniuk!**

**További információ a**

**[www.mhte.hu](http://www.mhte.hu)**

**honlapunkon**



Kiadó és Nyomda Kft.

vállal

nyomdai előkészítést  
nyomtatást (B1 méretig)

valamint

kötészeti munkákat

1107 Budapest,

Fertő utca 8.

Tel./fax: 2633 292

Mobil:

0630 9210 478

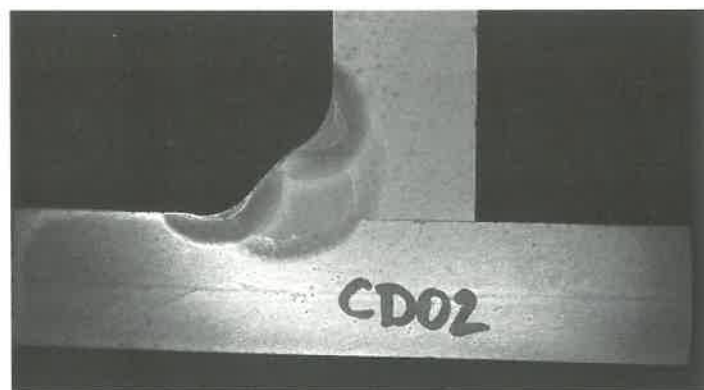
0620 9370 350



2. ábra. TIG-utókezelés gyakorlati alkalmazása (hozaganyag nélkül)



3. ábra. A TIG-utókezelés gyakorlati alkalmazása (hozaganyaggal)



4. ábra. Szélkiolvadásos varrat TIG-utókezelés után

Az eljárás alkalmazásával kapcsolatban fel kell hívni a figyelmet az előmelegítés alkalmazására vastagabb lemezek esetén, mivel különben a kedvezőtlen hűlési viszonyok miatt – az eljárásra jellemző kis hőbevitel mellett általában vékony és rövid varratokról van szó – beedződés, ill. repedési veszéllyel kell számolni.

A kérdés jelentőségét mutatja, hogy ezzel kapcsolatban korábban több IIW-dokumentum is megjelent [6]. Hazai viszonylatban cégünk említhető a vasúti járművek, ill. azok elemeinek gyártása területén [7].

## Szemcseszórás

Ipari alkalmazását tekintve a legnagyobb múltra visszatekintő eljárás. Első változatát az autópárházban alkalmazták az USA-ban az 1930-as években [8]. Alkalmazása azóta is töretlen, még

az ún. csúcstechnológiákat alkalmazó hadiiparban is. Pl. az amerikai légierő építési szabályzata előírja, hogy minden nagyszilárdságú  $R_m > 1400 \text{ N/mm}^2$  – kovácsolt acélból készült alkatrészt az egész felületre kiterjedően szemcseszórni kell [8].

Az egyszerű, tisztító célú szórással (elterjedt, de nem teljesen szabatos elnevezéssel „homokszórás”, mivel ma már a legtöbb esetben ötvözetlen acélokhoz acélhuzal-vagdálékot használnak) szemben szemcseszórással a kezelendő fémfelületet egyértelműen definiált és az anyaghoz pontosan illeszkedő szórási paraméterekkel szórják. Szóróanyagként 50 – 600  $\mu\text{m}$  átmérőjű, acélöntvényből, nemesacélból, üvegből, vagy kerámiából készített golyókat alkalmaznak. A szóróanyagot, vagy sűrített levegővel, vagy centrifugával gyorsítják 20 – 150 m/s sebességre. A szóróanyag felütközésekor a szórando felületen 0,2 – 0,5 mm vastag felületi rétegben hideg felkeményedés és nyomó sajátfeszültség keletkezik, aminek nagysága a szóró sugár intenzitásától és a kezelendő anyag tulajdonságaitól függ. Mivel az eljárást túlnyomóan gépesítve végzik, a szemcseszórás nagy fokú reprodukálhatóságával tűnik ki.

## Kalapálás, tűvel kalapálás

Kalapálásnál, tűvel kalapálásnál is a hegesztési varratátmenet képlékenyen alakváltozik és nyomó jellegű sajátfeszültségek képződnek a felületi tartományban. A fáradási szilárdság javulása lényegében a következő tényezőkhöz alapul [9]:

- nyomó sajátfeszültségek bevitele a potenciális repedésképződés helyén,
- a bemetszés alakjának javulása a varratátmenet lekerekítése, lesimítása révén.

A hegesztéstechnikában viszonylag széleskörűen elterjedt kalapálás (lásd szürkevasöntvények ún. hideghegesztése) – ugyanúgy, mint a tűvel kalapálás – a szemcseszóráshoz hasonló elven alapul. Előbbinél a hegesztési varratátmenetekre mért ismételt kalapálással – egy általában < 12 mm csúcsát-mérőjű véső szerű szerszámmal való ütögetéssel – érik el a felület alakváltozását. Pneumatikus, vagy hidraulikus kalapácsokat alkalmaznak, amelyek átlagosan 25 – 100 ütést végeznek percenként. A geometriai hatás egy ezáltal létrejövő mintegy 0,3 mm mély teknő.

Tűvel kalapálásnál lekerekített, kis átmérőjű acélcsapokból, tűkből álló köteget használnak a kalapáláshoz. A tiszta kalapálással összehasonlítva itt az alkalmazás alapvetően nagy kiterjedésű felületeknél célszerű. A berendezés átlagosan 800 ütést végez percenként. (Egy hasonló eljárást, ill. szerszámot cégünk is használ, de nem erre a célra, hanem a hegesztési varratok salakolására, ennek megfelelően *tűsalakokolásnak*, ill. *tűsalakolónak* nevezzük.)

## UIT-eljárás

Az ultrahangos eljárások elsősorban az ultrahang előállításának a módjában különböznek, ami magnetostruktív (UP), vagy piezoelektromos (UIT) elven történhet [9]. Az eljárások hatása mechanikai impulzusok átvitelén alapul a munkadarab felületére. A készülékek fejei az edzett acél, vagy keményfém tűk elrendezésében és számában különböznek. A továbbiakban csak az utóbbi módszerrel foglalkozunk [10] alapján.

Az UIT (Ultrasonic Impact Treatment = ultrahangos ütés kezelés) utólagos kezelési eljárás egy nagy jövő elé tekintő módszer hegesztett kötések fáradási szilárdságának a javítására, ami az acélszerkezetek gyártásánál különösen alkalmasnak tűnik.



5. ábra. A komplett UIT-berendezés (UH-generátor, hűtőberendezés, megmunkáló fej) [10]



6. ábra. A megmunkáló fej munka közben [10]

Az UIT-eljárást – még a 70-es években a szovjet tengerészet számára – Statnikov fejlesztette ki. Ipari méretű elterjedés azonban csak az USA-ban és Kanadában volt a 90-es évek közepétől.

A technológia az Applied Ultrasonics USA cég tulajdona és szabadalma (**Esonix**<sup>TM</sup> néven).

A módszer harmonikus rezgések átalakításán alapul egy ultrahangos átalakító által mechanikai impulzusokká és nagyfrekvenciás UH-energiává. A varratátmenet utólagos kezelése ennek során egy mechanikus kalapálással – egy edzett acélból, vagy keményfémből készült csappal – történik, amelynek során egyidejűleg az UH-energiát mintegy 27–55 kHz frekvenciával viszik be. Tehát hangsúlyozni kell, hogy *nem ultrahanggal*, hanem mechanikai úton, lényegében *kalapálással* történik a kezelés!

A berendezés alapkivitelben – lásd 5. és 6. ábra – egy 1–3 kW teljesítményű és 27–55 kHz kimenő frekvenciájú UH-generátorból, valamint a megmunkáló fejből és egy adapterből áll (továbbá egy kis hűtőkészülék is szükséges hozzá).

A fejek által bevitt impulzusok – mint a „klasszikus” kalapáló módszerekénél – képlékeny alakváltozást eredményeznek a munkadarabban, ami hideg felkeményedéshez vezet – a nyomó sajátfeszültségekkel együtt – a felülethez közeli területeken. Az anyag állapotának változásai ezért a szemcseszórás és a kalapálással hasonlíthatók össze, amelynek során a behatolási mélység valamivel nagyobbra (0,5–1,0 mm-re) tehető. Pótlólag a megmunkált helyek az alkalmazott csapok alakjától függően alakító hatást is kifejtenek, így a bemetszés élességének a csökkenése is elérhető.

Az alkalmazás során a megmunkáló fejet enyhe nyomással és kb. 0,5 – 1,5 m percenkénti sebességgel vezetik a varrat irányában a varratátmenet mentén (6. ábra). Annak megállapítása, hogy a kívánt eredmény elérésére hány megmunkálási „menet”-re van szükség, elég szubjektív, a kezelőtől függően és a viszonylag széles sebességtartomány miatt.

A különböző egyetemeken és az iparban elvégzett vizsgálatokat a szerkezetépítésben leginkább használatos S355, S460 és S690 szilárdsági kategóriájú acélokon végezték.

A jellemző alkatrész egy az acélszekezet-gyártásban általánosan használt szerkezeti elem – egy keresztmervítő – volt, amelyknél nem csak a hegesztést követően, hanem előzetesen berepesztett – hosszabb üzemidőt (használatot) szimuláló – kötések is vizsgáltak a maradék élettartam növekedésére kifejtett hatás érdekében. Az eredmények minden várakozást felülmúltak. Az UIT-eljárás alkalmazásával a feszültség 116%-kal növelhető, ill. azonos feszültség esetén az élettartam 10-szeresére növekszik, míg az összehasonlító vizsgálatok során TIG-utókezelte próbákkal 74%-os növekedést értek el [10]. Az elért eredmények illusztrálására – a nagyszámú kutatási eredmény alapján – szolgáljon a 7. ábra. Ennél jóval szerényebb, de szintén tekintélyes – közel 50%-os – élettartam-növekedést értek el szemcseszórás alkalmazásával mobil daruk kitoló gémejénél [3].

A módszer szinte az ipar minden területén alkalmazható (az iparági áttekintés során nem említett esetekben is).

Saját tapasztalatunk szerint az eljárás alkalmazásának elsősorban nem a hídstruktúrák, hanem inkább a vasúti járműkomponensek gyártása területén van jövője.

A hídstruktúráknál az előszerelés, de főleg a helyszíni szerelés során óhatatlanul kényszerhelyzetekben (még fej felett is) kell hegesztést végezni. Az ezek során kialakuló kedvezőtlen varratalakot az eljárás használatával a követelményeknek megfelelővé lehetne tenni és csökkenteni a gyári és a szerelési varratok minősége között meglévő különbséget.

A járműszerkezetek átadás előtti „kikészítése” során megszokott a szinte véget nem érő köszörülés, ill. TIG-utókezelés. A jelentős mennyiségű köszörűszerszám-felhasználás és az előmunka lassú, de fokozatos drágulása szükségessé teszi az eddig alkalmazott módszerek felülvizsgálatát és legalább az új eljárás kipróbálását.

Az UIT-eljárás a szokásos eljárásokkal szemben a következő előnyökkel tűnik ki:

- könnyű kezelhetőség,
- kis vibrációs terhelés,
- kis zajterhelés,
- jó illesztési képesség (hozzáférhetőség) az anyaghoz,
- nagy fokú reprodukálhatóság,
- mobilitás (helyszíni alkalmazhatóság).

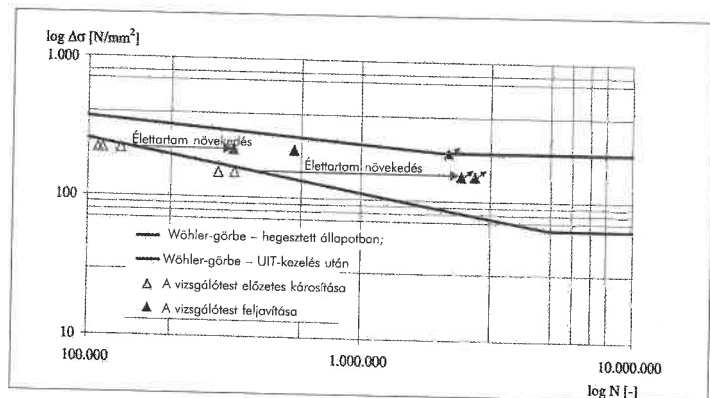
A fáradási szilárdság javítása a kalapálással, vagy tűszórással történő utólagos kezelési eljárásokhoz hasonló módon történik nyomó sajátfeszültségek bevitelével és a bemetszési alak javítása révén a varrat-átmenetnél. A jó reprodukálhatóság az UIT-eljárás egyszerű kezelhetősége révén ezen kívül csökkenti a fáradási vizsgálatoknál tipikus szóródásokat.

Az egyes eljárások jellemzőinek bemutatása után azok hatékonyságának összehasonlítását az 1. táblázat tartalmazza.

## Összegzés

Összefoglalóan az alábbi következtetéseket lehet levonni a fenti technológiák fáradásra igénybevett nagyszilárdságú acélokon való alkalmazásánál [5]:

- a fáradási szilárdság növekedése és ezzel összefüggésben a nagyszilárdságú acélok hatékony alkalmazása érhető el az utólagos kezelési eljárások helyi alkalmazása révén a kritikus helyeken,
- a fáradási vizsgálatok első eredményei keresztmerezítők konstrukciós részleteinél a TIG- és az UIT-varratutókezelési eljárásoknál a fáradási szilárdság lényeges emelkedését eredményezték különösen a tartószilárdságnál. Különösen az UIT-eljárás tűnik az egyszerű alkalmazhatóság révén a gyakorlatba átvihetőnek,
- az UIT varratutókezelési eljárás annál hatékonyabb, minél nagyobb az anyag statikus szilárdsága,
- az előzetesen károsított szerkezetek feljavításának első eredményei a maradék élettartam jelentős meghosszabbodását eredményezték. Itt is nagyon sokat ígérőnek tűnik az UIT-eljárás alkalmazása.



7. ábra: Élettartam-növekedés az UIT-eljárás utólagos alkalmazásával [10]  
Példa: Keresztmerezítő S460 acélból

Jelen összeállítás az iparban már viszonylag régen ismert és részben alkalmazott varrat utókezelési eljárások mellett egy új, sokat ígérő eljárást, ill. annak lehetőségeit és előnyeit kívánta bemutatni – egyelőre még csak külföldi példák alapján. Csak remélni lehet, hogy a számtalan alkalmazási terület közül hamarosan hazai eredményekről is be lehet számolni.

A szerző szilárd meggyőződése, hogy az ilyen és hasonló módszerek csak az alapanyagok és a konstrukciós alapelvek szisztematikus továbbfejlesztésével alkotott hármas egységben érhetik el a kívánt hatást, mert egyébként tényleg „utókezelések” maradnak a kifejezés némi pejoratív felhangjával.

## Irodalom

- [1] SCHRÖTER, F.: Höherfeste Stähle für den Stahlbau – Auswahl und Anwendung, Bauingenieur 78 (2003), September S. 426–432
- [2] HAMME, U. et al.: Einsatz hochfester Baustähle im Mobilkranbau, Stahlbau 2000/4 S. 295–305
- [3] BLECK, W. et al.: Ermüdungsverhalten von Mobilkranbauteilen aus hochfesten Baustählen, Stahlbau 73 (2004) H. 11 S. 901–907
- [4] GURNEY, T. R.: Fatigue of welded structures Cambridge University Press, 1979.
- [5] KUHLMANN, U. et al.: Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von geschweissten höherfesten Baustählen durch Anwendung von Nachbehandlungsverfahren, Stahlbau 74 (2005) H. 5 S. 358–365
- [6] The method of TIG dressing, Doc. IIS/IIW-494-76 (ex doc. XIII-773-75), Welding in the World Vol. 14. No. 3/4 1976 p. 100–107
- [7] BARÁT István – Dr. DOMANOVSKY Sándor: A TIG eljárás alkalmazási lehetőségei az acélszerkezet építésben, Hegesztéstechnika 1997/3 21–24. old.
- [8] SCHÜTZ, W.: Das Kugelstrahlen und sein Einfluss auf wichtige Bauteileigenschaften, Maschinenschaden 1989/5 S. 170–176
- [9] UMMENHOFER, T. et al.: Lebens- und Restlebensdauererhöhung geschweisster, Windenergieanlagen und anderer Stahlkonstruktionen durch Schweissnaht-Nachbehandlung Stahlbau 74 (2005) H. 6 S. 412–422
- [10] GERSTER, P.: Die „Esonix™ Ultrasonic Impact Treatment” Technologie – eine Methode zur Erhöhung der Lebensdauer von Schweisskonstruktionen. A 47. Hídmérnöki Konferencián – 2006. május 24–26, Siófok – elhangzott előadás

Végezetül köszönetemet szeretném kifejezni dr. Domanovszky Sándor úrnak, Széchenyi-díjas hegesztőmérnöknek, továbbá Peter Gerster úrnak – az UIT-eljárás európai terjesztőjének – a cikk megjelenéséhez nyújtott segítségüért.

Érsek László (GANZACÉL Fémipari Gyártó és Szerelő Zrt)

| Technológia<br>Eredmény                  | Köszörülés | Szemcse-<br>szórás | Kalapálás és<br>túvel szórás | Feszültség-<br>csökkentő ízzítás | TIG-utó-<br>kezelés | Esonix™ -<br>technológia |
|------------------------------------------|------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Az üzemi szilárdság<br>növelése          | +          | +                  | +                            | +                                | +                   | +                        |
| A korrózióállóság<br>növelése            |            | +                  |                              |                                  |                     | +                        |
| A hegesztési<br>elhúzóerők<br>csökkenése |            |                    | +                            | +                                |                     | +                        |
| A sajátfeszültségek<br>csökkenése        |            |                    |                              | +                                |                     | +                        |

1. táblázat. A különböző utókezelési eljárások hatékonyságának összehasonlítása

# A FELADAT ÉS GÉPE.

A hegesztési munka olyan, mint a matematika: egy feladatnak legtöbbször csak egyetlen tökéletes megoldása van. Ezért fontos megtalálni azt a gépet, amelyet minden szempontból az Ön hegesztési feladatának megoldásához terveztek.



**Precíz, megbízható hegesztőgépek, PONTOSAN a feladathoz!**

FastMIG Basic és Synergic – a Kemppi legújabb MIG/MAG ívhegesztő gépcsaládja minden munkához, speciális gyökhegesztő programmal is.

1148 Budapest, Fogarasi út 10-14.  
Telefon: (061) 467 28 28, Telefon/Fax: (061) 38 38 616,  
Márkaszerviz telefon: (061) 467 28 29, E-mail: iroda@inventwelding.hu

 **KEMPPPI**  
The Joy of Welding



**INVENT WELDING**  
KÉRESKEDELMI KFT

**KEMPPPI. A hegesztés élménye.**

[www.kemppi.com](http://www.kemppi.com)

# EMGÉ-V

Légszűrőtechnikai Kft.

*Tiszta levegőjű, egészséges,  
hatékony munkahelyek  
a légszűrőtechnika specialistájától.*

Tiszta levegőjű,  
biztonságos,  
hatékony  
munkahelyek!

Elszívó- és  
szűrőberendezések,  
komplett rendszerek  
tervezése, kulcsrakész  
kivitelezése, szervíz,  
alkatrészellátás

Hegesztés?  
Lángvágás?  
Plazmavágás?  
Lézervágás?  
Lézerhegesztés?  
Forrasztás?  
Ragasztás?  
Festés?  
Köszörülés?  
Csiszolás?  
Forgácsolás?  
Hőkezelés?  
Öntödei technológiák?  
Kipufogógáz-elszívás?  
Vegyszergők és -gázok?

Részletesebb információk:

**[www.emge-v.hu](http://www.emge-v.hu)**

**Akció!**

Kiállítási bemutató készülékek  
kiárúsítása 30-50 %-os árengedménnyel,  
teljes körű garanciával!

EMGÉ-V Kft.

1031 Budapest, Vízimolnár u. 48.

Tel.: (1) 436-9304 Fax: (1) 436-9303

E-mail: [emge-v@emge-v.hu](mailto:emge-v@emge-v.hu)

Honlap: [www.emge-v.hu](http://www.emge-v.hu)

**PLYMOVENT**

**A TISZTA LEVEGŐN TÚL  
A FÜTÉSI  
KÖLTSÉGMEGTAKARÍTÁS  
IS**

**NYERESÉG !**

**Helyi elszívóberendezések Svédországból !**

**AC PLYMOVENT Kft**

**1131 BUDAPEST (H) Mosoly u.42**

tel: (1) 330 5904 , 3305909

fax: (1) 349 9381

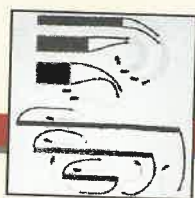
mail: [info@plymovent.hu](mailto:info@plymovent.hu)

**[www.plymovent.hu](http://www.plymovent.hu)**



# WELDOTHERM®

## HŐTECHNIKAI ÉS KERESKEDELMI KFT.



### WELDOTHERM HŐKEZELŐ BERENDEZÉSEK AZ ÖNÖK SZOLGÁLATÁBAN!

HELYSZÍNI HŐKEZELÉS PROGRAMVEZÉRELT, MOBIL BERENDEZÉSEINKKEL, AZ ÖNÖK IGÉNYEI SZERINT, CSÓVARRATOKTÓL KEZDVE A TÖBB TONNA TÖMEGŰ MUNKADARABOKIG.

### PONTOS, MINŐSÉGI, IGÉNYEIKHEZ IGAZODÓ, TANÚSÍTOTT MUNKAVÉGGZÉS.

#### GLÜHBESCHEINIGUNG / HŐKEZELÉSI TANÚSÍTVÁNY

- Die Wärmebehandlung erfolgte gemäß / A hőkezelési munka alapjául szolgál
- AD-Merkblatt HP7/1, April 1975, Wärmebehandlung allgemeine Grundsätze
  - KTA-Regelwerk, Fassung 10/79, KTA 3201.3, Abschnitt B, Wärmebehandlung
  - DIN 43710, Ausg. 9/77, Thermospannungen und Werkstoffe der Thermopaare

Hőkezelő berendezések, fűtőpánclok, kábelek, hőelemvezetékek, szigetelő-hőálló anyagok, hőálló szövetek, pántoló szalagok, -kapcsok, pántoló fogók, tapintócsúcsos hőmérők, infravörös hőmérők, hőfokregisztráló berendezések, csaphegesztő berendezések értékesítése.

### FRONIUS hegesztő berendezések képviselte, értékesítése

WELDOTHERM Kft. 8400 Ajka, Gyár út 40. Telefon/fax: 06-88/213-934, 213-935

E-mail: [weldotherm@weldotherm.hu](mailto:weldotherm@weldotherm.hu)

Internet: <http://www.weldotherm.hu>



## DIGITÁLIS GONDOLKODÓ GÉPEK

Mondhatsz A-t, a gép mondhat B-t, a szakértők szinergikus üzemmódról beszélnek. Mindannyian a Fronius teljesen digitalizált hegesztő gépeinek különleges tulajdonságára gondolunk. Ezek az impulzusos áramforrások tele vannak tudással. Neked csak a huzalátmérőt és az anyagmínőséget kell kiválasztanod, az összes többi paramétert a gép állítja be. Automatikusan, rögtön az optimális eredménnyel. Legyen szó ötvözetlen, vagy rozsdamentes acélról, alumíniumról, 270, vagy 500 A-ról. Ezt a képességet kell csak hazavinned, az összes többi a mi feladatunk:

**Froweld Kft. • 1239 Budapest, Grassalkovich utca 255. Telefon: 287-8477,  
Fax: 287-8476 • E-mail: info@fronius.hu, • www.froweld.hu**

## 20 ÉVE MAGYARORSZÁGON



**JOBBAN HEGESZT**

## TRIP-acélok hegesztési vizsgálatai

### Bevezetés

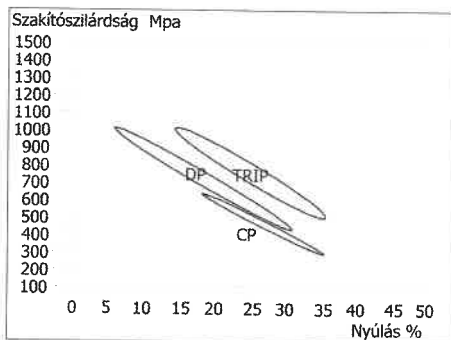
Az elmúlt évtizedekben az acélok választékának és teljesítőképességének fejlődése mind nagyobb teret enged az acél-felhasználók alkalmazásaihoz. Az acél-feldolgozók, ill. -felhasználók minőségi igényei folyamatosan egyre nagyobb teljesítőképességű acélcsoportok kifejlesztését kívánják meg. Az acélgártóknak így tudományos igénygel megalapozott műszaki megoldásokkal folyamatosan korszerű és célszerű gyártástechnológiai eljárásokat kell kidolgozniuk. A gyártók feladata tehát olyan acélok kifejlesztése, melyek alakíthatósága a nagy szilárdságuk ellenére jó, keményedőképessége a hagyományos mikroötvözött acélokét meghaladja, és ezáltal olyan teherviselő szerkezetekben alkalmazhatók, ahol a biztonsági tartaléknak kiemelkedő jelentősége van [1],[2].

A TRIP-acélokra elsősorban nem a vegyi összetételük, hanem szövetszerkezeti állapotuk, nevezetesen a jelenlévő fázisok típusa, mennyisége és eloszlása a jellemző. Ezt az állapotot értelemszerűen csak a képlékenyalakító és hőkezelő műveletek tudatos irányításával lehet biztosítani.

Ezeknek az új igényeket kielégítő acéloknak három nagy csoportjuk van (1. ábra)[3]:

- Kettős fázisú (DP-) acélok
- MP (Multi Phase), vagy TRIP-acélok (Transformation Induced Plasticity – fázisátalakulás által kiváltott képlékenység)
- Komplex fázisú (CP-) acélok.

A korábban használt elnevezés szerint az MP-acélokat DP – acéloknak ( dual phase = kettős fázisú) nevezték. Ma a MP és a DP acélcsoport elkülönül egymástól.



1. ábra. Korszerű nagyszilárdságú acélok alkalmazhatósága

A Magyarországon jelenleg is tartó TRIP-acélok fejlesztésével és gyártási technológiák kidolgozásával kapcsolatos kutatás „Új generációs, nagy hozzáadott értékű, többes fázisú acélok az életminőség szolgálatában” címmel indult. A nagy hozzáadott értékű jelző arra utal, hogy a kifejlesztett acélok a korábbinál kedvezőbb, a felhasználói igényeket jobban kielégítő tulajdonságegyüttese (viszonylag nagy alakíthatóság, viszonylag nagy szilárdság) nem ötvözéssel, hanem a szövetet alkotó fázisok minőségének, mennyiségének és eloszlásának tudatos szabályozásával valósul meg. Berendezéseink, szerkezeiteink, épületeink megbízhatóságát elsősorban a felhasznált acélok alakítási keményedőképességének fokozásával érhetjük el. A szerkezeti anyagok – megfelelő alkalmazási feltételek mellett – intelligens anyagnak tekinthetők, mert a környezeti hatásokra a lényegyet pontosan tükröző, adekvát választ adnak. Az alakítási keményedés folyamata jelenti a szerkezetek biztonságának egyik legfontosabb elemét. A teherviselő keresztmetszet lokális csökkenését az alakítási keményedés az egyenletes nyúlás határáig kompenzálni tudja. Az alakítási keményedés tehát a szerkezeti anyagok intelligens viselkedésének alapja. Az ilyen típusú acélok folyáshatár/szilárdság viszonya kedvező, vagyis nagy a biztonsági tartalékuk. Az ilyen értelemben vett intelligens acélok azokon a területeken alkalmazhatók, ahol a biztonság alapkövetelmény, vagyis ott, ahol az emberi élet védelmét szolgálják. A TRIP-acélok megfelelő felhasználás esetén az életminőség javítása szolgálatába állíthatók. Előnyös tulajdonságegyüttesük akkor érvényesül, ha a szerkezetet túlterhelés éri. Tipikus példa erre a gépkocsik vázszerkezete. Nagy alakíthatóságú és jó keményedőképességű acélt alkalmazva, az esetleges ütközéskor fellépő alakváltozás képes felémészteni az ütközési energiát. A többes fázisú jelző arra utal, hogy az acél szövete – adekvát technológiai megoldások alkalmazásával – előre meghatározott minőségű, mennyiségű és eloszlású fázisból, szövetelemből építhető fel. Ezek a következők lehetnek: ferrit, alsó és felső bénit, martenzit, maradék ausztenit. Ahhoz, hogy a fenti cél megvalósuljon, a gyártástechnológia adott szakaszában, adott ferrit/ausztenit arányú szövetet kell létrehozni. Az ausztenit átalakításával nemcsak adott mennyiségű bénitet, martenzitet lehet lét-

rehozni a szövetben, hanem az is elérhető, hogy az ausztenit egy része ne alakuljon át, hanem maradék ausztenitként maradjon vissza [3].

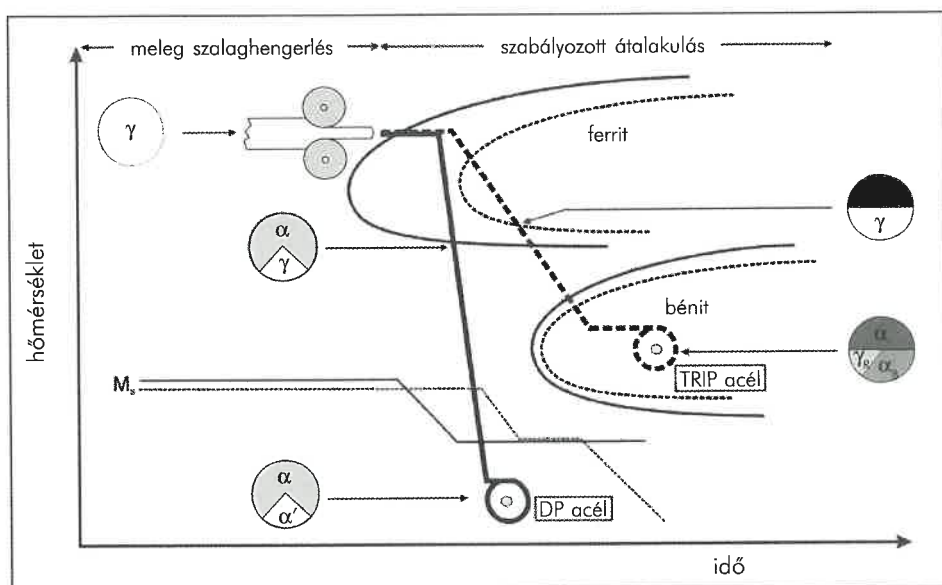
A TRIP-acéloknak egyre fontosabb szerep jut az autóiparban. A biztonság szempontjából felhasznált acéltípusok között előkelő helyet foglal el kiváló mechanikai tulajdonságai miatt. Kiváló mechanikai tulajdonságok mellett nem lehet figyelmen kívül hagyni a hegesztés szerepét sem ezen acéloknál. Biztonság szempontjából a jó minőségű hegesztett kötés ugyanolyan jelentőséggel bír, mint a súly, vagy az előbb említett tulajdonságok. Kutató munkánk reményében a jelenleg körülményesen elkészíthető jó minőségű hegesztett kötések a jövőben egyszerű technológiával készülhetnek el. A közlemény az EUROJOIN6 konferencián elhangzott előadás anyagát tartalmazza.

### A TRIP-acélok gyártástechnológia lehetőségei

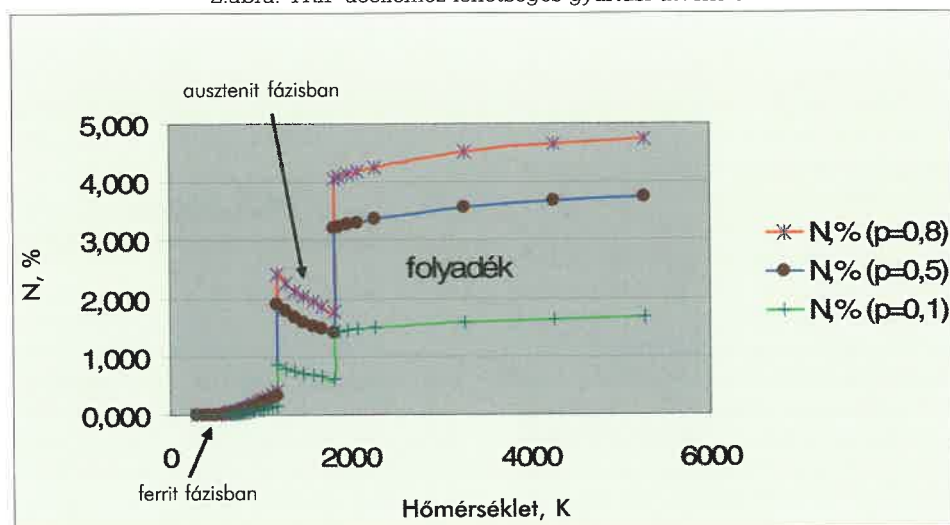
A TRIP-acélokra a ferrit + bénit + visszamaradt ausztenitből álló szövetszerkezet a jellemző. Ezen acélok különféle gyártástechnológiai módszereit a gyakorlatban már alkalmazzák, de a módszerek által nyújtott lehetőségekről továbbra is viták folynak. Gyártástechnológiai szempontból a gyengén ötvözött acélok esetében melegen hengerelt, hidegen hengerelt és horganyzott végtermékeket kell megkülönböztetni. A TRIP-acéloknak visszamaradt ausztenitnek nem nagy a stabilitása, a képlékeny deformáció hatására allotróp átalakulás következik be, és részben, vagy teljesen martenzitté alakul át. Jelentős felkeményedés tapasztalható az átalakulás során. Az átalakulás által kiváltott képlékenység, vagy alakíthatóság és a keményedés szükséges feltétele, hogy az acél szövetében megfelelően nagy mennyiségű, szobahőmérsékleten is stabil ausztenit legyen. Az ausztenit stabilizálódását karbon dúsítással érik el [2].

### Nitrogén hatása DP- és TRIP-acélok ellenállás-ponthegesztésekor

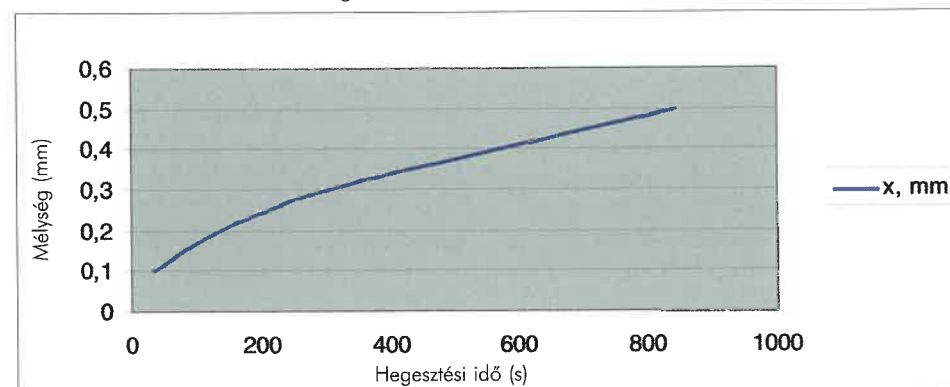
Jelen közlemény az amerikai longview-i LeTourneau Egyetem és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszék közös kutatási eredményeit mutatja be.



2. ábra. TRIP-acéllemez lehetséges gyártási útvonalai



3. ábra. A nitrogén oldódása a hőmérséklet függvényében



4. ábra. A nitrogén diffúziós mélysége a hőmérséklet függvényében

Kutatásunk a Volkswagen Touareg és a Porsche Cayenne gyártásakor jelentkező hegesztési problémákat vizsgálja. Mindkét gépjármű azonos elemeihez használt TRIP700-acél ponthegeesztett kötésesei a hegesztés után elrepednek, valamint nagy keménység értéket mutatnak (~ 600–700 HV). A jó hegeszthetőséget a kemény és rideg varrat, valamint a hőhatás övezet teljesen meg nem olvadt része gátolja.

A Siewert törvény alapján vizsgáltuk a nitrogén oldódását a különböző fázisokban. A reakciók különlegessége, hogy hegesztéskor nem egyensúlyi állapot jön létre. Azokból a reakciókból, amik nem tudnak befejeződni interstíciós kiválások alakulhatnak ki az acélban. A fémek különböző oldhatóságától függően a H+, N+, O+ ridegíti az acélt, vagy stabilizálja a különböző allotróp fázisokat. A nitrogén erős ausztenit stabilizáló, amíg az oxigén a ferritet stabilizálja [4]. Nitrogén már az acélgártás során belekerül a fémbe. Egyensúlyban több mint 5.9% nitrogén tud feloldódni az ausztenitben. A legtöbb acélban a nitrogén ausztenitben való oldhatóságának hőmérséklet tartománya 900–950°C [5], [8], [9].

Fick 2.ik egyenletével kiszámított diffúziós tényezők szerint a diffúziós mélység a hegesztés idejétől függ. A diffúziós tényező a ferritben  $D_{ON}=0.00047 \text{ cm}^2/\text{s}$ , ausztenitben  $D_{ON}=0.00335 \text{ cm}^2/\text{s}$ . Ellenállás-ponthegeesztést figyelembe véve a nitrogénnek nincs elég ideje ahhoz, hogy olyan mélyre diffundáljon, hogy a varratban tapasztalt ridegedést okozza (4. ábra). Ennek következtében a varratban előforduló rideg törés nem csupán a nitrogén hatásának köszönhető [7].

Vizsgálatainkat a Dunafer NKFP keretén belül készült (TRIP), valamint a ThyssenKrupp által gyártott TRIP700-as 1,2 mm vastag acéllemezekre és a LeTourneau egyetemen készített ívpont-hegeesztett mintákon végeztük. Ilyen acéllokból készülnek a gépjárművek oldalsó merevítő elemei, a B-oszlop és az ajtó keretelemei, valamint a padlólemez biztonság szempontjából kritikus részei is. A TRIP-acélok fontos tulajdonsága a kémiai összetétel. Az általunk vizsgált acélok összetételét az 1. táblázat mutatja. A kar-

| Lemez minta  | C      | Mn   | Si   | S     | P     | Cu   | Cr   | Ni   | Al    | Nb    | Mo    | V     |
|--------------|--------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|              | tömeg% |      |      |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
| DP           | 0,11   | 1,4  | 0,38 | 0,003 | 0,014 | 0,06 | 0,28 | 0,03 | 0,039 | 0,043 | 0,242 | 0,006 |
| TRIP         | 0,2    | 1,7  | 0,35 | 0,008 | 0,112 | *    | *    | *    | 0,5   | *     | *     | *     |
| Thyssen TRIP | 0,28   | 1,41 | 0,28 | 0,001 | 0,016 | *    | *    | *    | 1,08  | *     | *     | *     |

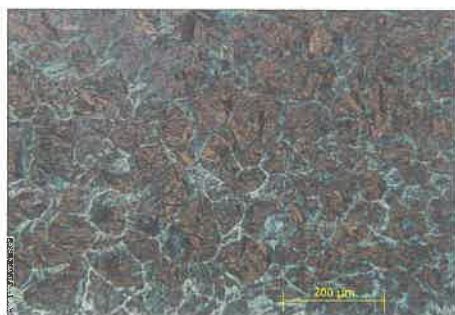
\*Megjegyzés: nincs adat

1. táblázat. TRIP 700 acél kémiai összetétele

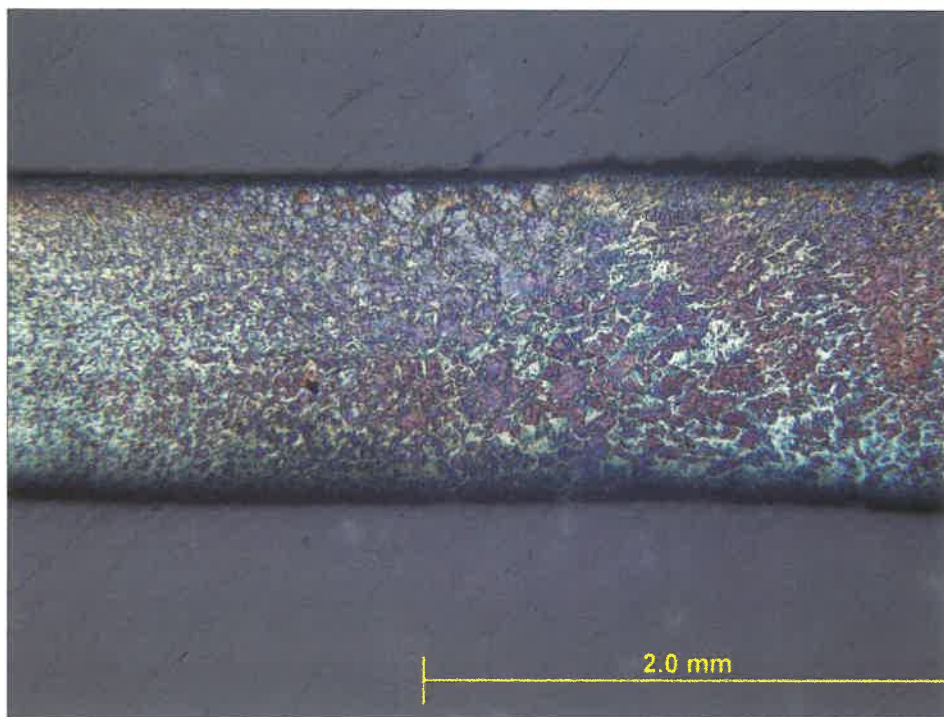
## Irodalom

- [1] Lőrinczi József – Dr. Szabó Zoltán – Dr. Zsámbók Dénes – Dr. Horváth Ákos: Acélok fejlesztési irányai, Kohászat, Bányászati és kohászati lapok; 2004/3 1-9. oldal.
- [2] Dr. Gulyás József – Dr. Verő Balázs – Dr. Horváth Ákos – Baross Botond: A TRIP-acélok gyártásához szükséges technológia tervezését megelőző vizsgálatok. Kohászat, Bányászati és kohászati lapok; 2004/3 10-16. oldal.
- [3] Dr. Horváth Ákos: NKFP „Új generációs, nagy hozzáadott értékű, többes fázisú acélok az életminőség szolgálatában” kutatási beszámoló, Dunaferr Acélművek Kft. 2003.01.31.
- [4] Woo I., Kikuchi Y.: Weldability of High Nitrogen Stainless Steels, ISIJ International, Vol 42, 2002.
- [5] United States Steel Inc., The making, Shaping and Treating of Steel, Handbook, 1981.
- [6] Papaefthymiou S., Bleck W., Kruijver S., és társai: Microstructure development and mechanical behaviour of Al – containing TRIP 0150 steels, International Conference on TRIP – aided High Strength Ferrous Alloys. 342-345. oldal.
- [7] Cs. Orosz, B. Palotas, Y. Adonyi: NUMERICAL ANALYSIS OF WELDABILITY OF TRIP – STEELS, 1st IIW South-East European Welding Congress, 24-26 may 2006, Timisoara, Romania
- [8] Y. Adonyi, - B. Palotas: Nitrogen Effects in Welding of AHSS for Automotive Applications, Section 7. Structures and Properties of Welds, AWS Welding Show 26 - 28 April 2005, Dallas, Texas, USA
- [9] Y. Adonyi, B. Palotas, Cs. Orosz: Lap Joint Strength in Advanced High Strength Steels, 58th Annual Assembly and International Conference of International Institute of Welding, Prague, Czech Republic, 14 - 15 July 2005.

OROSZ Csaba, PALOTÁS Béla Ph.D.  
(Budapesti Műszaki Egyetem),  
ADONYI Y. Ph.D.(LeTourneau University)



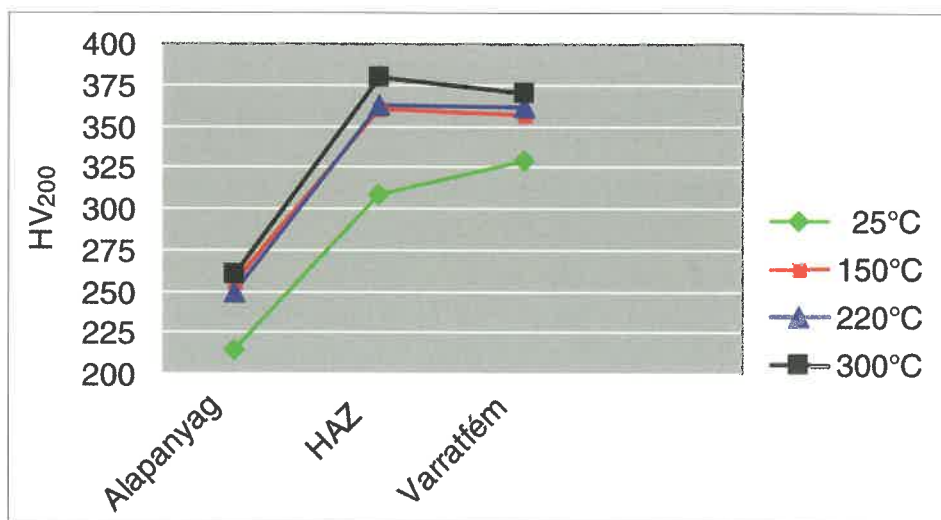
10. ábra. A 300°C-ra előmelegített lemez varrata



9. ábra. A 300°C-ra előmelegített lemez csiszolati képe

| Keménység |                  | HV200     |     |        |
|-----------|------------------|-----------|-----|--------|
|           |                  | Alapanyag | HAZ | Varrat |
| 25°C      | Mérési pont (db) | 32        | 21  | 8      |
|           | Átlag            | 215       | 309 | 329    |
| 150°C     | Mérési pont (db) | 30        | 20  | 8      |
|           | Átlag            | 256       | 360 | 355    |
| 220°C     | Mérési pont (db) | 30        | 19  | 8      |
|           | Átlag            | 250       | 359 | 358    |
| 300°C     | Mérési pont (db) | 31        | 20  | 8      |
|           | Átlag            | 260       | 379 | 370    |

3.táblázat. Az előmelegítési hőmérséklet hatása a keménységre



11. ábra. Az előmelegítési hőmérséklet hatása a keménységre

Linde Gas

*Linde*

## A legjobb minőség a hegesztés és a vágás területén

Védőgázos technológiák esetén az optimális összetételű és tisztaságú védőgáz kiválasztásával a kötés mechanikai tulajdonságai javulnak, a folytonossági hiányok kialakulásának esélye csökken, az anyagátmeneti módok finomíthatók, az ív stabilitása javítható.

- Szerkezeti acélok fogyóelektródás védőgázos hegesztéséhez (MAG): CORGON®..., valamint a MISON®... kevertgáz család termékei
- Az erősen ötvözött hő- és korrózióálló acélok MAG-hegesztéséhez: csökkentett aktív gázkomponenst tartalmazó CRONIGON®... kevertgázok
- Semleges gázos volfrám elektródás ívhegesztéshez (TIG), valamint plazma-hegesztéshez (WP): különböző minőségű Argon és VARIGON®... kevertgázok

- Kifejezetten a korrózióálló acél termékek belső gyökvédelméhez: ún. FORMÁLÓ gázok
- Könnyűfém ötvözetek, színesfémek hegesztéstechnológiáihoz: semleges VARIGON® He..., MISON® Ar keverékek, valamint a nem ipari minőségű Argon termékek
- Bevonattal rendelkező (pl.: horganyzott) anyagok, vékony lemezek védőgázos ívforrasztásához: CRONIGON®..., VARIGON® He... gázkeverékek
- Lézersugaras kötéstehnológiákhoz: különleges összetételű és tisztaságú gázok



# Szakértelem és kiváló minőség

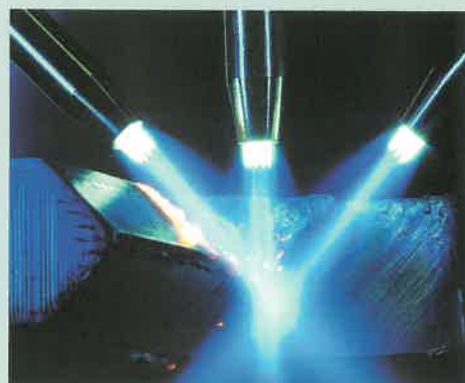
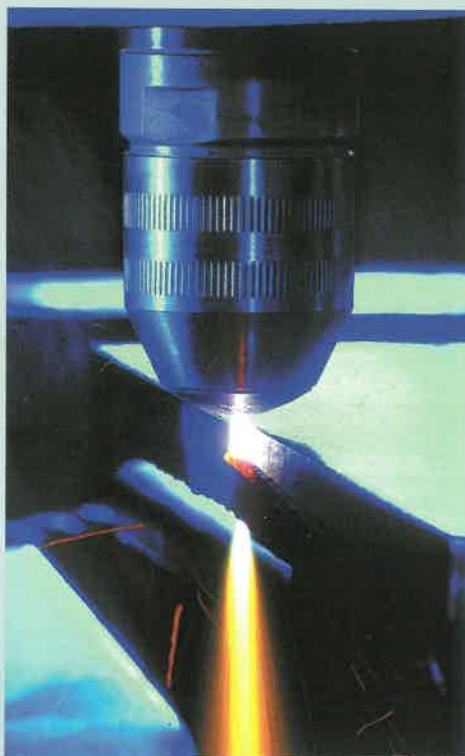
A termikus vágástechnológiák esetén a felhasznált „vágógázok” fajtája és tisztasága a vágott felületek minőségét, valamint a vágás sebességét befolyásolja.

Az acetilénnel elérhető magas láng hőmérséklet és hőenergia biztosítja a gyors és kiváló minőségű termikus vágás feltételeit.

Az egyre gyakrabban alkalmazott mikroplazma és lézersugaras vágásoknál a vágás minőségét jelentősen befolyásolja a gáz tisztasága, összetétele.

A LASERLINE® családba tartozó műszaki gázok alacsony üzemeltetési költség mellett optimális vágási folyamatot eredményeznek.

Ezeknél a technológiáknál a hagyományos ipari oxigén (és egyéb ipari gázok) már nem biztosítják azt a vágás - minőséget, mely elvárható.



Linde Gáz Magyarország Zrt.  
Alkalmazástechnikai Központ  
1097 Budapest, Illatos út 9-11.  
Telefon: 1/347-4844  
Fax: 1/347-4830  
[www.lindegas.hu](http://www.lindegas.hu)



Linde Gas

*Linde*



**MÁTRA**  
**diagnosztika**  
Anyagvizsgáló Kft

3200 Gyöngyös, Jókai u. 55.

Tel.: 06-37/313-338

Fax: 06-37/500-338

E-mail: m-diag@axelero.hu

## ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM

Nemzeti Akkreditáló Testület által akkreditált

### Roncsolásos vizsgálatok:

- Szakító vizsgálat (max. terhelő erő 1000kN)
- Hajlító vizsgálat
- Keménységmérés (HBW és HV)
- Útővizsgálat
- Metallográfiai vizsgálat
- Hegesztési varratok vizsgálata hegesztőminősítéshez
- Hegesztéstechnológiai vizsgálatok



### Roncsolásmentes vizsgálatok:

- Ultrahangos hibakereső vizsgálatok - PED kiterjesztés bemártásos (immerziós) vizsgálati technikával, furatban is falvastagság mérés (jól tapadó festék és szigetelő rétegen keresztül is)
- Radiográfiai vizsgálatok (Balteau röntgengépekkel és izotóppal)- PED kiterjesztés automata röntgenfilm hívás
- Mágneses repedésvizsgálat - PED kiterjesztés
- Folyadékbehatolásos repedésvizsgálat - PED kiterjesztés
- Szemrevételezéses vizsgálat - PED kiterjesztés
- Helyszíni keménységmérés (HB, HV, HS, HRC)
- Helyszíni metallográfia (replika) vizsgálatok



## HEGESZTÉSTECHNIKAI SZAKÜZLET

Az **ESAB** Kft. szerződött nagykereskedője és márkaszervize  
**25 tonnás hegesztő anyag raktárkészlettel**

A **DiMa** GmbH PRESI metallográfiai programjának (daraboló, csiszoló, polírozó és beágyazó gépek, csiszoló, polírozó, hideg- és meleg beágyazó anyagok, stb.) kizárólagos forgalmazója.



## Tájékoztatás

Felhívjuk a  
**2001. évben roncsolásmentes anyagvizsgáló minősítést** szerzett vizsgálók figyelmét, hogy tanúsítványuk meghosszabbításának végső határideje:  
**2007. 03. 31.**

A tanúsítványok meghosszabbításához – az MSZ EN 473 9. pontja szerint – az alábbiak szükségesek:

★  
**folyamatos munkavégzés igazolása,**

★  
**az aktuális éves látóképesség vizsgálat eredményéről szóló másolat MSZ EN 473 szerint**

(azaz a közeli látás élessége tegye lehetővé legalább 30 cm távolságról a Jaeger 1. betűméretű szöveg olvasását, valamint

színlátása legyen elegendő ahhoz, hogy különbséget tudjon tenni a munkáltató által előírtak szerinti roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások során használatos színek

kontraszt-hatásai között). Ez a feltétel hazai viszonylatban a személyzeti szakrendeléseken, foglalkozás-egészségügyi rendelőkben ismert dr. Csapody István:

Látáspróbák című könyvének IV. fokozat,

valamint dr. Shinobu Ishihara:

Test for colourblindness – gépkocsivezetői orvosi alkalmassági vizsgálatnál is használatos – könyvekben leírtak teljesítésével lehetséges,

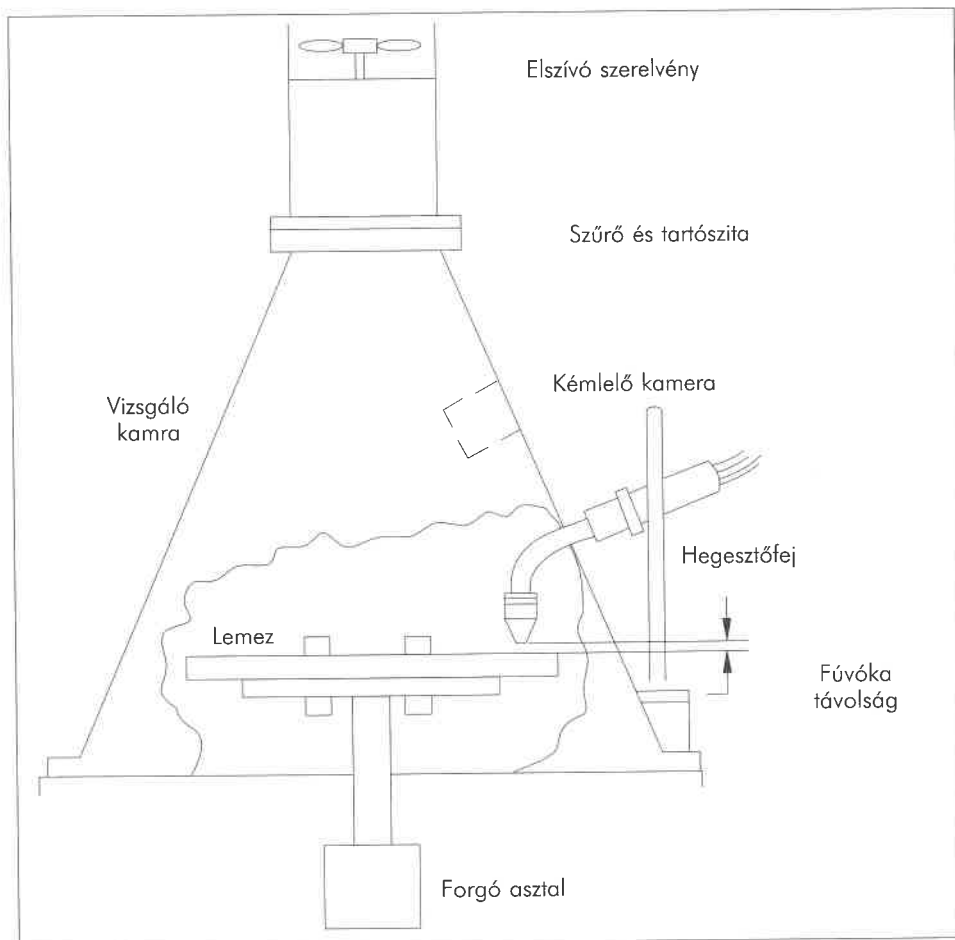
★  
**régi tanúsítvány megküldése.**

A szükséges dokumentumokat a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés részére

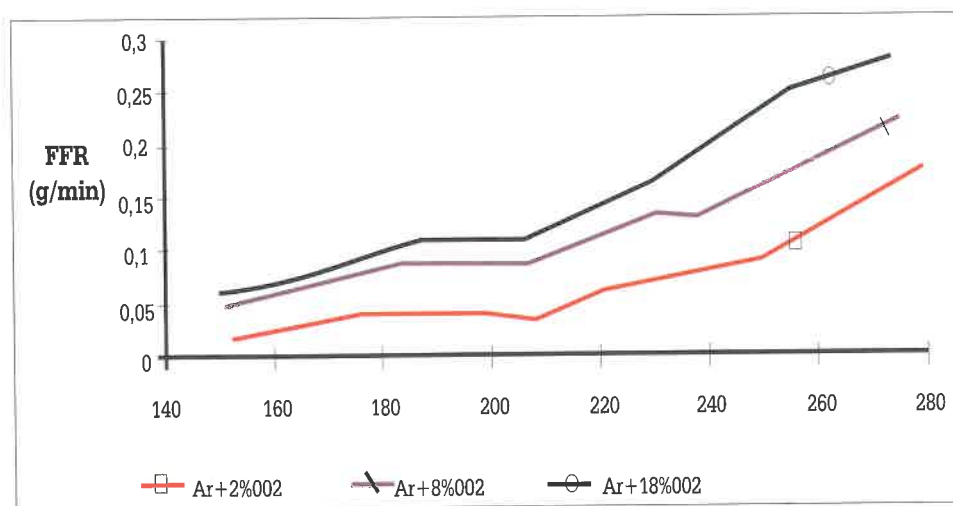
szíveskedjenek megküldeni (1148 Budapest, Fogarasi út 10-14).

| Gázkeverékek             | Ekvivalens O <sub>2</sub> (%) | Minimális FFR (g/perc) | Maximális FFR (g/perc) |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Ar + 2% CO <sub>2</sub>  | 0,8                           | 0,02                   | 0,17                   |
| Ar + 8% CO <sub>2</sub>  | 3,0                           | 0,05                   | 0,22                   |
| Ar + 18% CO <sub>2</sub> | 7,2                           | 0,06                   | 0,28                   |

3. táblázat. Az egyes védőgáz keverékek ekvivalens O<sub>2</sub> tartalma és a különböző védőgáz keverékek füstképződése mértékének határértékei



2. ábra. A kísérleti eljárásnál használt füstkamra [12]



3. ábra. A füstképződés mértékének (FFR) változása az áramerősség függvényében, a vizsgált – különböző CO<sub>2</sub> tartalmú – védőgáz keverékek esetében

teljes keletkező hő ebben a régióban koncentrálódik. Ezért az olvadt fém-cseppecskék helyileg erősen felhevülnek és gyorsan forrásba jönnek,

- amikor növekszik a keverék aktív (CO<sub>2</sub>) tartalma. A keverék szén-dioxid tartalmának növekedésével megnő a hegfürdőben a reakció sebessége, azaz a CO<sub>2</sub> bomlása CO-ra és O<sub>2</sub>-re,
- amikor a keverék oxidáló-anyag tartalma nagyobb. Ez ugyanis megnöveli az ív hőmérsékletét és ennek eredményeképpen az oxidáló elemek és a hegfürdő elemei közötti exoterm reakciók sebességét.

Megfigyelhető, hogy a három vizsgált keverék közül az Ar + 2% CO<sub>2</sub> mutatta a füstképződés legkisebb mértékét és viszont az Ar + 18% CO<sub>2</sub> keveréknél tapasztaltuk a legnagyobb mértékű füstképződést.

## A füstszemcsék kémiai összetétele és mérete

Amellett, hogy megértjük a füstképződés mértékének a változását a különböző keverékekben a hegesztőáram erősségének és a feszültségnek változásával, fontos hogy értékeljük a füstszemcsék kémiai összetételét és méreteit is, mivel a füst kibocsátás veszélyessége mind a három tényezőtől függ. A szemcsék többségének átmérője kisebb, mint 0,25 mm és halmazokba tömörülnek. Így a mérgező hatást nem az egyedi szemcsék mérete, hanem a halmazok mérete dönti el, mivel azok lépnek kölcsönhatásba az érintett szervezetekkel.

Megfigyeltük hogy a keverék szén-dioxid tartalmának növelésével növekszik a halmazok mérete, az Ar + 18% CO<sub>2</sub> keverék esetében kb. 1,5 mm, az Ar + 2% CO<sub>2</sub>, illetve az Ar + 8% CO<sub>2</sub> keverékeknel pedig megfelelően 0,25 mm, illetve 0,5 mm.

A hegesztési füst olyan elemeket tartalmaz, amelyek belélegezve, vagy lenyelve a dolgozó egészségére károsak lehetnek. Ezért, amikor a füst mérgező hatását mérlegeljük, annak kémiai összetételét is vizsgálnunk kell.

A tiszta mangán egy olyan neurotoxin, amely nagy adagokban mangánmérgezést okozhat. A króm és a nikkel karcinogén hatást válthat ki. A többi elem – noha bizonyos légzőszervi betegségeket okozhat – a mangánhoz képest kevésbé veszélyes hatású [11].

A 4. táblázat a hegesztési füstök EDX vizsgálatának eredményeit foglalja

| Áramerősség<br>(A) | Védőgáz<br>keverék       | Si<br>(tömeg%) | Na<br>(tömeg%) | Mn<br>(tömeg%) | Fe<br>(tömeg%) |
|--------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 180                | Ar + 2% CO <sub>2</sub>  | 14,02          | 7,90           | 9,70           | 65,67          |
|                    | Ar + 8% CO <sub>2</sub>  | 15,26          | 7,21           | 9,32           | 65,31          |
|                    | Ar + 18% CO <sub>2</sub> | 24,20          | 7,00           | 8,90           | 56,78          |
| 270                | Ar + 2% CO <sub>2</sub>  | 16,02          | 8,35           | 12,41          | 60,44          |
|                    | Ar + 8% CO <sub>2</sub>  | 18,34          | 7,45           | 11,43          | 59,88          |
|                    | Ar + 18% CO <sub>2</sub> | 26,25          | 7,20           | 11,23          | 52,20          |

4. táblázat. Különböző védőgáz keverékekből, eltérő áramintenzitás mellett keletkező füstreszcsek kémiai összetétele az EDX vizsgálat alapján. A maradék súlykülönbség az „egyéb elemeknek” felel meg.

össze. Megfigyelhető, hogy a gázkeverék oxidáló potenciáljának növelésével növekszik a füst szilícium tartalma.

Az Ar + 18% CO<sub>2</sub> keverék füstjének magas a szilícium tartalma. Ez nemcsak a keverék oxidáló-anyag tartalmának tulajdonítható, hanem a kisebb ív-stabilitásnak is, aminek következtében nagyobb a kilökődött szemcsék mennyisége.

A védőgáz CO<sub>2</sub> tartalmának növelésével csökken a füst mangán és nátrium tartalma. Ennek oka az ívhőmérséklet csökkenése a gázkeverék CO<sub>2</sub> tartalmának növelésével.

Megfigyelhető azonban, hogy a füst mangán és nátrium tartalmának különbsége az áramerősség és ezzel az ívhőmérséklet növelésével jobban nő, mint a keverék oxidáló-anyag tartalmának növelésével. Ez azt jelenti, hogy a fém ívhegesztésének folyamán a mangán és a nátrium a keletkező hegesztési füstben való megjelenésének az oka ezen elemek közvetlen párolgása.

## Következtetések

A füst kibocsátás csökkentésére gyakorlati intézkedések foganatosíthatók a füst forrásánál és ez az EU által finanszírozott Econweld projekt fő céljainak egyike. Ehhez azonban meg kell érteni a füstképződés mechanizmusát.

Az ebben a közleményben bemutatott adatok összefoglalják a különböző Ar és CO<sub>2</sub> tartalmú védőgázokkal történő ívhegesztés során jelentkező füstképződés jellemzőit. A kapott eredmények azt mutatták, hogy:

1. a nagy termelékenységgű hegesztéshez, a nagy leolvasztási sebességhez nagy áramerősségre van szükség, ilyen esetben a kisebb CO<sub>2</sub> tartalmú védőgáz használata ajánlatos,

2. a gázkeverék CO<sub>2</sub> tartalmának növelésével növekszik a füstképződés mértéke,
3. védőgáz hegesztés esetében a füstképződést befolyásoló fő tényezők az ívhőmérséklet és az ívstabilitás, a gázkeverék aktív összetevője és hővezetése, valamint a fém-csepecskék mennyisége,
4. a szilícium, a mangán, és a nátrium csekély mennyiségben van jelen a füstben. Annak a célnak az eléréséhez, hogy mennyiségüket még tovább csökkentsük, újabb és egyre nagyobb hatékonyságú hegesztővédelmi rendszereket kell tervezni, felszerelni és működtetni a hegesztési helyen és műhelyekben, értve ez alatt mind az egyéni védelmi, mind az elszívó rendszereket.

## Irodalom

- [1] Hilton, D. E., Plumridge, P. N., "Particulate fume generation during GMAW and GTAW" (Szemcsés füst képződése a GMAW és GTAW folyamán), *Welding & Metal Fabrication*, 62(6), 555-560, 1991.
- [2] Voitkevich V., "Welding fumes – formation, properties and biological effects" (Hegesztési füstök – képződés, tulajdonságok és biológiai hatások), ed. Abington Publishing, 1995.
- [3] Knoll B., Moons A., "Feasibility of a reduced threshold limit value for welding smoke" (A hegesztési füst küszöb határértéke csökkentésének megvalósíthatósága), Delft, TNO Building and Construction Research, report 98-BBI-R1285 (holland nyelven), October 1999.
- [4] Pires I., "Analysis of the influence of shielding gas mixtures on features of MIG/MAG" (A védőgáz keverékek a MIG/MAG tulajdonságaira gyakorolt hatásának elemzése), MSc Thesis, Lisbon Technical University, 1996. (only available in Portuguese).

- [5] Barbeau A., Inoué N., Cloutier T., "Role of manganese in dystonia" (A mangán hatása a disztóniára), *Adv. Neurol.*, 14:339-52, 1976.
- [6] Racette B. A., Tabbal S. D., Jenning D., "Prevalence of parkinsonism and relationship to exposure in large sample of Alabama welders" A parkinsonizmus elterjedtsége és a külső hatásokkal való összefüggése alabamai hegesztők nagy számú mintájában., *Neurology*, 64 (2):230-5, 2005.
- [7] Pires I., Quintino L., Miranda R., Gomes J., "Fume emissions in Gas Metal Arc Welding", submitted for publication in *Toxicological and Environmental Chemistry* (Füstképződés fémek ívhegesztésénél – közlésre benyújtva)
- [8] European Directive 86/642/CEE, "Regarding the worker's protection against risks of exposure to chemical, physical and biological agents during work activities" (Európai Irányelv: A dolgozók védelme a munka során felmerülő kémiai, fizikai és biológiai hatások ellen)
- [9] European Directive 91/322/CEE, "Regarding the workers' protection against risks of exposure to chemical, physical and biological agents during work activities" (Európai Irányelv: A dolgozók védelme a munka során felmerülő kémiai, fizikai és biológiai hatások ellen)
- [10] ACGIH, "Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices – 2004/05" (Küszöb határértékek vegyi anyagokra és fizikai közegekre, és biológiai behatás mutatószámok), Cincinnati
- [11] Jenkins N. T., Eagar T. W., "Chemical Analysis of Welding Fume Particles" (Hegesztési füstszemcsék vegyelemzése), *Supplement to Welding Journal*, 84 (6), 87s-93s, 2005.
- [12] American Welding Society 1992, ANSI/AWS F1.2., "Laboratory method for measuring fume generation rates and total fume emission of welding and allied processes" (Laboratóriumi módszer a hegesztés és rokon eljárások során a füstképződés mértékének és a teljes füst kibocsátásnak a mérésére.) Miami, Florida.

I. Pires, L. Quintino  
(Instituto Superior Técnico – Lisboa),  
R.M. Miranda  
(IDMEC – Lisboa),  
J.F.P. Gomes  
(Universidade Lusófona De Humanidades E  
Tecnologia, Lisboa)

 **Speedglas**

 **Adflo**



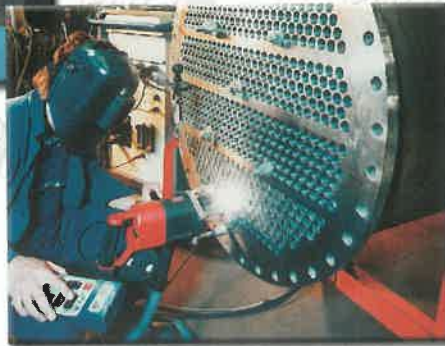
 **corweld**<sup>®</sup>

CORWELD PLUS Kft. - 1119 Budapest, Andor u. 60. - Tel.: 1/208-4641 - Fax: 1/208-1858 - E-mail: [office@corweld.hu](mailto:office@corweld.hu) - Honlap: [www.corweld.hu](http://www.corweld.hu)

# POLYSOUDE



- csővégmegmunkálók
- csőrögztítők és -központosítók
- orbitális hegesztőautomaták
- hegesztő célgépek



## POLY WELD

POLYWELD Gyártó, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

2100 Gödöllő, Fenyvesi főút 11.,

Tel.: (28) 422-236, Fax: (28) 421-615

Internet: [www.polyweld.hu](http://www.polyweld.hu) E-mail: [polyweld@polyweld.hu](mailto:polyweld@polyweld.hu)

### ÉRTÉKESÍTÉS — SZERVIZ — GÉPKÖLCSÖNZÉS



- hegesztőgépek
- plazmavágók
- lemezélmárók
- mágnesalpas fúrógépek
- forgató berendezések
- csőprések
- fényre sötétedő hegesztőpajzsok



## A hegesztési füstök meghatározási lehetőségei

A Hegesztéstechnika legutóbbi számában megjelent közleményünkben foglalkoztunk a hegesztési füstök mintavételével [1]. Ennek a folytatásaként ebben a cikkben a hegesztési füstök meghatározási lehetőségeit vesszük sorra. Mint már előzőekben is utaltunk rá, a hegesztési füstök kiemelt figyelmet érdemelnek a munkahelyi egészségkárosító tényezők közül, hiszen belégzésük több ismert mérgező hatású fém együttes expozíciójával járhat. Több nemzetközi program – köztük az ECONWELD – célul tűzte ki a hegesztési füst kibocsátás csökkentését, melynek része a folyamatos ellenőrzés, így napjainkban még fontosabb cél a mintavételi és mérési technikák folyamatos fejlesztése. Mivel a lap elsősorban hegesztéssel és rokon technológiákkal, ill. anyagvizsgálattal foglalkozó szakembereknek szól, nem törekszünk az egyes mérési technikák mélyebb szintű bemutatására, inkább rövid áttekintést szeretnénk nyújtani az általánosan alkalmazott hegesztési füst mérési módszereiről.

Hasonlóan a munkahelyi környezetben végzett mintavételekhez, a meghatározásokra is több nemzetközi szabvány biztosít gyakorlati útmutatót. De míg a munkahelyi aeroszokok tömeg szerinti meghatározására régóta jól kidolgozott szabványok állnak rendelkezésre, addig a fémek és fémes elemek mérési szabványai állandó fejlesztés és bővítés alatt állnak.

### A hegesztési füstök tömeg szerinti elemzése

A munkahelyi porok elemzésének leggyorsabb és leggyakrabban alkalmazott eszköze azok tömeg szerinti (vagy gravimetriás) mérése. Az aeroszol-kibocsátás mértéke meghatározásának ez az elsődleges eszköze, ugyanakkor tájékoztatóul szolgál a későbbi analitikai vizsgálatokhoz is. A munkahelyi káros anyag kibocsátás szabályozásában is alkalmazzák a porkoncentrációt, a különböző munkatevékenységek esetén eltérő értékeket adva meg a maximális porkoncentrációra. A hegesztési füstöknél ez a maximum allowable concentration, (MAC) Európában jelenleg  $5,5 \text{ mg/m}^3$ . Az ECONWELD program megfogalmazói, akik többek között a hegesztési füstkibocsátás 20-30%-os csökkentését tűzték ki

célul, feltételezik, hogy ez az érték is csökkenthető lesz  $3,5 \text{ mg/m}^3$ -re.

Az MDHS 14/3 angol szabvány [2] amellett, hogy általános módszereket ír le a munkahelyi levegőben megjelenő aeroszokok mintázására, a minták gravimetriás meghatározására is jó gyakorlati útmutatót nyújt. Az ISO 10882-1 [3] és a BS EN ISO 15011-1 [4], melyek elsősorban hegesztési füst-mintavétellel foglalkoznak ugyancsak bővebben kitérnek a minták gravimetriás vizsgálatára. Ezeknek a lényege, hogy az előre lemerített tömegű szűrőre megfelelő körülmények között vett füstminták tömegét a mintavételt követően újra lemérjük, s a tömegkülönbségből kiszámítjuk a szűrőn felfogott füst mennyiségét. Ebből – ismerve az átszívott levegő térfogatát – megkapjuk a füst koncentrációját – a mintavételi stratégiától függően [1] – a dolgozó légzési zónájában, vagy a munkahelyi légtérben. A gravimetriás elemzés pontosságának fő meghatározói: a mintavételhez használt szűrőtípus (a kiválasztás szempontjaival az előző cikkben [1] foglalkoztunk részletesen), ill. a tömegméréshez használt mérleg típusa. Ez utóbbinál követelmény, hogy könnyen alkalmazkodjon a szűrőanyagok, esetenként a szűrőtartó kazetták társúlyához és  $0,01 \text{ mg}$ , vagy ennél jobb leolvasási osztásközzel rendelkezzen [2]. Lényeges megjegyezni, hogy egy mérleg tömegmérési reprodukálhatósága lényegesen rosszabb, mint az várható lenne a skála legkisebb osztásából. Az exponátlan anyagok tömegmérésének több napon keresztüli megismétlése irányadóbb a valódi teljesítőképességre. A gravimetriás elemzés *kimutatási határa*<sup>1</sup> egy adott alkalmazás esetén úgy becsülhető meg, hogy a mintavétel előtt és után lemerített

3 db vak minta (olyan szűrő, amire nem vettünk mintát) tömegváltozásának szórását hárommal megszorozzuk. A vak tömegek változásának nagysága csökkenthető kevésbé nedvszívó szűrőanyag kiválasztásával, vagy a tömegmérés körülményeinek hőmérsékletének és páratartalmának jobb szabályozásával [2]. A nedvesség megkötése következtében fellépő tömegváltozások kiküszöbölésére célszerű a szűrőket a mintavétel előtt és után legalább egy éjszakán át a tömegmérésre kialakított, megfelelően szabályozott klímájú helyiségben kondicionálni [3].

### A hegesztési füstök analitikai meghatározásának lehetőségei

A hegesztési füstökben jelenlévő fémek teljes mennyiségét általában a minták feltárását követően oldatból határozzák meg. Erre a leginkább elterjedt technikák a láng és grafitkemencés atomabszorpciós spektrometria (FAAS, GFAAS), az induktív csatolású plazma optikai atomemissziós spektrometria (ICP-OES) és az induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS). Az atomabszorpciós és atomemissziós technikák a spektroszkópiái<sup>2</sup>, azokon belül az atomspektroszkópiái módszerek közé tartoznak. Az atomspektroszkópiái mérés első lépése a minta gázhalmazállapotúvá alakítása és atomokra történő szétszakítása. Erre szolgál a láng, a grafitkemence, ill. az induktív csatolású plazma. Ha e folyamat során a keletkező atomok gerjesztett állapotba kerülnek, alapállapotba történő átmenetük során kisugárzott (emittált) fény szolgál az

<sup>1</sup> Egy alkotó kimutatási határa ( $C_{KH}$ , Limit of Detection) az a koncentráció, vagy anyagmennyiség, amelyhez tartozó jel értéke meg egyezik a vak minta közepes jelének és a vak minta jel háromszoros tapasztalati szórással összegeivel [5]. Esetenként csak a vak minta jel háromszoros tapasztalati szórással számolnak.

<sup>2</sup> A spektroszkópia <lat. + gör.> szűkebb értelemben az optikai hullámhosszokon felvett szinkép vizsgálatával, tágabb értelemben a teljes elektromágneses szinkép és mindenféle sugárzás (pl. részecskesugárzások) spektrumának elemzésével foglalkozó, különösen annak energia (hullámhossz, rezgésszám) szerint felbontott összetevőinek tulajdonságait vizsgáló tudományág. Szokásos a kép alakban előállított spektrumokat tanulmányozó spektroszkópiát spektrográfiának, a spektrumok mennyiségi (kvantitatív) tulajdonságaira összpontosító ágát pedig spektrometriának (látható, ultraibolya, vagy infravörös fény esetén spektrofotometriának) nevezni.

# KUTATÁS–FEJLESZTÉS

| Feltáró elegy                        | Feltáráshoz alkalmazott eszköz       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| salétromsav – foly sav               | Ultrahangos fürdő                    |
| salétromsav – perklorosav – foly sav | Zárt mikrohullámú feltáró berendezés |
| salétromsav – perklorosav – sósav    | Melegítőlap                          |
| hidrogén-peroxid – kénsav – sósav    | Melegítőlap                          |
| salétromsav                          | Zárt mikrohullámú feltáró berendezés |
| salétromsav – foly sav               | Zárt mikrohullámú feltáró berendezés |
| salétromsav – perklorosav            | Melegítőlap                          |

1. táblázat. A hegesztési füstök feltárásnál általánosan alkalmazott feltáró elegyek és eszközök a teljes fémtartalom oldalból történő meghatározásához

analitikai információ forrásaként. (Gondoljunk az alkáli- és alkáliföldfémek jellemző lángfestésére!) Más esetekben a minta gázzá alakítása és atomizálása nem jár az atomok gerjesztésével, hanem az alapállapotú atomok meghatározott fényforrással történő besugárzása során fellépő abszorpciója lesz az analitikai mérés alapja. Ez az atomabszorpciós eljárás. Az ICP-MS módszer mérési elve alapján nem tartozik az atomspektroszkópiai eljárások közé, mégis gyakran velük együtt tárgyalják. Az ICP-MS technikában alkalmazott induktív csatolású plazma gyakorlatilag megegyezik az ICP-OES technikánál alkalmazottal, a lényeges különbség az, hogy míg az utóbbinál a 6000-8000 K hőmérsékletű plazmában keletkező szabad gerjesztett atomok és ionok (UV és látható) fényemisszióját detektáljuk, addig az előbbinél a plazmában létrejött pozitív töltésű ionok (megfelelő fókusztávolság és gyorsítás utáni) mérése szolgál a meghatározások alapjául. (Az említett tech-

nikákról bővebb ismeretek nyerhetők a megadott irodalmakból [6] [7].)

A fent felsorolt mérési módszerek gyakorlatilag egyformán alkalmasak az oldatból történő meghatározások elvégzésére, alkalmazásukat mindig a rendelkezésre álló mérőműszer ill. a mérni kívánt fémek koncentrációja szabja meg (lásd a példát). A hegesztési füstök esetében a mért eredményt döntően a minták előkészítése határozza meg. Számos feltárási módszert vizsgáltak és hasonlítottak össze a kutatók, melyek eredményeképpen napjainkban olyan nemzetközi szabványok [8] állnak rendelkezésre, melyek számos lehetőséget kínálnak a vizsgálni kívánt hegesztési füst hatékony feltáráására. Néhány ilyen minta-előkészítési módszert mutat be az 1. táblázat.

A hegesztési füstök teljes fémtartalmának roncsolásmentes meghatározására a röntgenfluoreszcens spektrometria (XRF) az egyik legalkalmasabb mérési technika. A röntgenfluoreszcencia – hasonlóan az eddig tárgyalt spektroszkópiai eljárásoknál következő folyamatokhoz – szintén az elektromágneses sugárzás-nyom kölcsönhatás eredményeképpen jön létre. Ennél a jelenségnél viszont először nem az atomok külső, hanem a belső elektronhéjain lévő elektronok gerjesztése következik be. A gerjesztés megszűnésének a röntgenfluoreszcencia az egyik módja, amikor az atom egy rá jellemző energiájú röntgenfotont bocsát ki, amit detektálni tudunk. Míg a korábban említett módszereknél a hegesztés során felszabaduló fémek oldatba vitele, addig az XRF elemzésnél a kalibráció<sup>3</sup> jelenti a legnagyobb kihívást az analitikus számára. A probléma megoldására több lehetőség is kínálkozik. A munkahelyi aeroszolk XRF vizsgálatában viszonylag elterjedten alkalmaznak jól kidolgozott kalib-

rációs módszereket, de ezek egyrészt túl költségesek, másrészt egy részük korántsem mondható tökéletesnek a minta mátrix-illesztése<sup>4</sup> szempontjából. A fémek és fémes elemek munkahelyi aeroszolkból történő meghatározására kifejlesztett angol szabvány olyan kalibrációs módszert ír le, melynek során a mérni kívánt fémek megfelelő por alakú vegyületeinek keverékéből az e célra kialakított aeroszol generátorral képeznek füstöt, melyet aztán előre lemért tömegű membránszűrőkön szívatnak keresztül [9]. A szűrőkre rakódott füst tömegéből és a porkeverék összetételéből pontosan kiszámítható a szűrőkön lévő fémek mennyisége. A pontosság egyik meghatározója a tömegmérés bizonytalansága. A szabvány a módszer ellenőrzésére épp az ICP-OES, AAS és ICP-MS technikákat ajánlja, így a feltárás még ez esetben sem kerülhető el teljesen. Ugyanakkor nem jelent akkora problémát, hisz pontosan ismerjük azokat a vegyületeket, amelyekből a porkeveréket összeállítottuk; szemben a vizsgálni kívánt aeroszol mintával. Így felmerülhet a kérdés, hogy valóban megfelelő volt-e a mátrix illesztése. Más módon kivitelezhető módszert írt le Foster [10], amelyben az aeroszolt ultrahangos porlasztóval hozták létre a vizsgálni kívánt fémek megfelelő vegyületeinek oldatából. Az aeroszolt 114 mintavételi fej elhelyezésére alkalmas Sputnik mintavevővel mintázták, így lehetőség volt több elvileg teljesen megegyező összetételű minta gyűjtésére. A párhuzamosok közül néhányat feltárva és ICP-OES módszerrel elemezve jutottak információhoz a többi minta elemi összetételéről, melyeket aztán felhasználtak az XRF kalibrációjához. A kidolgozott módszernél ugyanúgy felmerül a nagy költség és a mátrix-illesztés megfelelőségének kérdése.

<sup>3</sup> Független hitelesítés, melynek során ismert összetételű minták elemzésével jutunk egy vizsgált komponensre vonatkozó koncentráció-analitikai válaszfüggvényhez; melynek segítségével az ismeretlen összetételű minta analitikai jelének felvétele után megkaphatjuk a vizsgált komponens koncentrációját.

<sup>4</sup> Az analízis szempontjából mátrixnak a mintában az analízishez szükséges komponensen kívüli alkotók összességét nevezzük.

<sup>5</sup> Maximális koncentráció (MK): a műszak során eltűrt legmagasabb koncentráció, jelölése: MK, a maximális koncentrációban végzett munka esetében a dolgozó teljes munkaképes élete során (18-62 évig) a potenciális halálos kimenetelű egészségkárosító kockázatot (rosszindulatú daganatos megbetegedés kockázata) 1:10<sup>6</sup>/év (10 mikrorizikó/év)

<sup>6</sup> A meghatározási határ az a legkisebb koncentráció vagy anyagmennyiség, amely még elfogadható pontossággal és precizitással meghatározható [5]. (Precizitást ld. később.)

# KUTATÁS–FEJLESZTÉS

Példa a megfelelő analitikai módszer kiválasztására hegesztési füstök fémtartalma vizsgálatának esetében:

A 25/2000-es kormányrendelet [11] a hegesztési füstökben is gyakran előforduló nikkel-oxidra (NiO) 0,1 mg/m<sup>3</sup> *maximális koncentrációt*<sup>5</sup> (MK) ír elő a munkahelyi levegőben. Általános követelmény, hogy a *meghatározási határ*<sup>6</sup> legyen legalább a határérték-koncentráció 20%-a. Ebből következik, hogy 0,02 mg/m<sup>3</sup> NiO koncentrációt kell tudnunk meghatározni az alkalmazandó analitikai módszerünkkel a munkahely levegőjében. Mivel a kapott eredmény – elemanalitikai eljárásokról lévén szó – nikkel koncentráció lesz, a NiO koncentrációt Ni koncentrációvá kell átalakítani. (Tételezzük fel, hogy a Ni teljes mennyisége NiO formájában van a mintában.) Figyelembe véve

a NiO és Ni moláris tömegét, a határérték 20%-a 0,016 mg/m<sup>3</sup>-nek adódik a Ni-re nézve (MK<sub>20%,Ni</sub>). Abban az esetben, ha a munkahelyi levegőt IOM típusú mintavételi feltétellel mintázzuk, a feltétbe helyezett szűrőn 2,0 ± 0,1 l/perc egyenletes térfogatárammal kell átszívni a levegőt. A maximális koncentráció meghatározásakor előírás a 15 perc időtartamú mintavétel, így az átszívott levegő térfogata (V<sub>lev</sub>) 30 l = 0,03 m<sup>3</sup> lesz. Tegyük fel továbbá, hogy a szűrőmintából roncsolás után, oldatból határozzuk meg a Ni koncentrációját, és 0,01 l (V<sub>o</sub>) térfogatra töltjük fel a mintaoldatot. Így az analitikai módszerünkől elvárt meghatározási határ a nikkel esetén (MH<sub>Ni</sub>) – a feltételezések figyelembe vételével – a következő egyenlettel (1. egyenlet) számítható ki: Elvégezve a behelyettesítéseket, az analitikai mód-

szerünkől elvárt meghatározási határ 0,048 mg/l-nek adódik. Ez az érték nagyon közel van az általánosan alkalmazott ICP-OES készülékek 0,01 – 0,05 mg/l közötti meghatározási határaihoz, viszont az ICP-MS technikával jól mérhető, ahol a meghatározási határ 0,001 mg/l-nél is kisebb. Természetesen ezek a koncentrációk erősen függenek az alkalmazott mérőkészülék típusától és beállításaitól, ez esetben viszont kijelenthető, hogy mindkét technika alkalmas a munkahelyi levegő NiO koncentrációjának meghatározására. A fenti gondolatmenetet alkal-

$$MH_{Ni} = \frac{MK_{20\%,Ni} \times V_{lev}}{V_o}$$

1. egyenlet

| Vizsgált fém   | ICP-AES eredmény<br>(µg/minta) | Várt eredmény<br>(µg/minta) | Visszanyerés <sup>1</sup><br>(%) | Különbség<br>(%) |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------|
| <b>60. kör</b> |                                |                             |                                  |                  |
| Cr             | 46.4                           | 49.7                        | 93.3                             | -6.7             |
| Ni             | 12.1                           | 13.4                        | 90.4                             | -9.6             |
| Fe             | 122.5                          | 133.3                       | 91.9                             | -8.1             |
| Mn             | 37.6                           | 41.3                        | 90.9                             | -9.1             |
| <b>61. kör</b> |                                |                             |                                  |                  |
| Cr             | 179.9                          | 188.4                       | 95.5                             | -4.5             |
| Ni             | 52.7                           | 60.7                        | 86.8                             | -13.2            |
| Fe             | 477.2                          | 497.2                       | 96.0                             | -4.0             |
| Mn             | 138.6                          | 149.4                       | 92.8                             | -7.2             |
| <b>62. kör</b> |                                |                             |                                  |                  |
| Cr             | 13.5                           | 14.2                        | 95.2                             | -4.8             |
| Ni             | 4.4                            | 5.0                         | 88.8                             | -11.2            |
| Fe             | 27.6                           | 30.5                        | 90.5                             | -9.5             |
| Mn             | 12.9                           | 14.3                        | 90.1                             | -9.9             |
| <b>63. kör</b> |                                |                             |                                  |                  |
| Cr             | 48.9                           | 53.4                        | 91.6                             | -8.4             |
| Ni             | 16.0                           | 18.5                        | 86.5                             | -13.5            |
| Fe             | 100.5                          | 110.1                       | 91.3                             | -8.7             |
| Mn             | 48.2                           | 54.0                        | 89.3                             | -10.7            |
| <b>64. kör</b> |                                |                             |                                  |                  |
| Cr             | 85.5                           | 91.6                        | 93.3                             | -6.7             |
| Ni             | 10.1                           | 9.9                         | 102.3                            | 2.3              |
| Fe             | 112.0                          | 113.2                       | 98.9                             | -1.1             |
| Mn             | 133.0                          | 137.6                       | 96.7                             | -3.3             |

<sup>1</sup> A mért és a várt érték hányadosa.

2. táblázat. A WASP körvizsgálat hegesztési füst mintáinak laboratóriumunk által meghatározott eredményei

mazva kiszámíthatjuk a roncsolásmentes XRF technikától elvárt meghatározási határt is. Ez esetben az 1. egyenletből ki-hagyva  $V_0$ -t, a meghatározási határt mg/minta egységben kapjuk meg. Elvégezve a behelyettesítéseket, az eredmény:  $0,00048 \text{ mg/minta} = 0,48 \mu\text{g/minta}$ . Ilyen kis mennyiséget a legtöbb kereskedelmi XRF készülékkel nem lehet az elvárt pontossággal<sup>7</sup> és precizitással<sup>8</sup> meghatározni.

A hegesztési füstök teljes fémtartalmának meghatározása mellett – hasonlóan az analitika más területeihez – egyre fontosabbá válik a füstökben előforduló fémek módosulatainak kutatása. A Cr(VI) vegyületek karcinogén hatását korán felismerve, azokat már a 80-as évek elején külön is meghatározták a hegesztési füstökből. Azóta számos szabványt dolgoztak ki a Cr(VI) mérésére munkahelyi aeroszolókból. Ezek egy része a Cr(VI) vegyületek megfelelő extraháló szerrel (pl.: híg kénsavoldat az oldható kromátok és krómsav esetében) történő kioldását követő ionkromatográfiás [12], más részük spektrofotometriás eljárást ír le [13] [14]. A hegesztési füstben a króm (és vason) kívül még nagy mennyiségben lehet jelen a mangán és a nikkal is. A mangán alacsony forráspontja miatt könnyebben párolog a hegesztési folyamatok során, így a többi fémhez viszonyítva jelentősen feldúsul a hegesztési füstben. A nikkal az ötvöztött acélok hegesztése során szabadulhat fel nagyobb mennyiségben. (A mindig megjelenő vas a többi, toxikus fémhez viszonyítva nem jelent akkora egészségügyi kockázatot.) A mangán és nikkal módosulatainak vizsgálatára a szekvens kioldásos módszerek jelenthetik a legegyszerűbb megoldást. Érdemes külön megemlíteni az „oldható” fémvegyületeket, melyek desztillált vizes, ammónium-citrátos, vagy nátrium/ammónium-acetátos kioldást követően határozhatók meg. Ezeket a vizsgálatokat a mintavétel követő lehető legrövidebb időn belül el kell végezni, mert az „oldható fémtartalom” az idővel nagyon gyorsan változik. A he-

gesztési füstök pontos kémiai összetételének megállapítására számos nagyműszeres technika is rendelkezésre áll. Az aeroszol vizsgálatokban már alkalmazták a röntgenabszorpciós finomszerkezet (XAFS) meghatározást, a kristályos vegyületek azonosítására a röntgendiffrakciós (XRD) módszert, egyedi részecskék vizsgálatára a pásztázó elektronmikroszkópot (SEM). Szintén alkalmazhatók – bár inkább csak egyedi részecskék jellemzésére – az Auger elektron spektrometria (AES), a Mössbauer spektrometria, a mikro IR és Raman spektrometria és a röntgen fotoelektron spektrometria (XPS) [15].

A mérési technikák tárgyalásánál több olyan ún. teljesítményjellemző (kimutatósi határ, meghatározási határ, precizitás, pontosság) is előkerült, amelyek egy analitikai módszert alapvetően meghatároznak. (Definíciójukat a lábjegyzetek tartalmazzzák.) Ezek közül jelen közleményben a pontosságot emeljük ki, melynek ellenőrzése az analitikus napi mérési feladatnak is fontos részét képezi. (A többi teljesítményjellemzőt általában elegendő a módszerbeállítás során ellenőrizni és megfelelően dokumentálni.) A pontosságot a napi gyakorlatban bizonylattal ellátott referenciaanyagokkal ellenőrizzük, de napjainkban már a körvizsgálati részvétel is általános elvárás az akkreditált laboratóriumoktól. Számos hazai és nemzetközi körvizsgálatot szerveznek a legkülönbözőbb komponensek meghatározására sokfajta közegből. Így a munkahelyi levegő vizsgálatokra, sőt a hegesztési füstök vizsgálatára is létezik körvizsgálat. Laboratóriumunk (OKK OMFI Kémiai Laboratórium) évek óta sikeres résztvevője az angliai Buxton munkaegészségügyi laboratóriuma által szervezett, WASP (Workplace Analysis Scheme for Proficiency) néven meghirdetett körvizsgálatnak, melyben számos munkahelyi levegőben megjelenő veszélyes anyagot határozunk meg negyedéves rendszerességgel. Több alkalommal hegesztési füst mintákat is elemeztünk, ezekből a Fe, Cr, Mn és Ni meghatározását végeztük el. A szűrőkre vett mintákat salétromsav és hidrogén-peroxid elegyével mikrohullámú térben tártuk fel. A nagytisztaságú vízzel 10 ml-re feltöltött oldatokat Perkin Elmer Optima 3200DV ICP-OES készülékkel elemeztük. Néhány körvizsgálat eredményét tartalmazza a 2. táblázat.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy minden alkalommal megfelelő pontossággal végeztük el az elemzéseket, így az alkalmazott analitikai mód-

szer (mely magában foglalja a minták előkészítését és mérését) a pontosság tekintetében alkalmas a hegesztési füst minták fémtartalmának vizsgálatára.

Berlinger Balázs, Dr. Náray Miklós  
Országos Munkahigiénés és Foglalkozás-egészségügyi Intézet

## Irodalom

- [1] Berlinger Balázs, Náray Miklós: Hegesztési füst mintavétel, Hegesztéstechnika, 2006/2
- [2] MDHS 14/3 General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust, 2000
- [3] ISO 10882-1:2001 Health and safety in welding and allied processes – Sampling of airborne particles and gases in the operator's breathing zone – Sampling of airborne particles
- [4] BS EN ISO 15011-1:2002 Health and safety in welding and allied processes – Laboratory method for sampling fume and gases generated by arc welding – Determination of emission rate and sampling for analysis of particulate fume
- [5] A Környezetvédelmi Környezetegészségügyi-Vegyipari Szakmai Akkreditációs Testület javaslata az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabvány gyakorlati alkalmazásához
- [6] Burger Kálmán: Az analitikai kémia alapjai, Semmelweis Kiadó, 1999
- [7] Záray Gyula: Az elemanalitika korszerű módszerei, Akadémiai Kiadó, 2006
- [8] ISO 15202:2000 Workplace air – Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry
- [9] MDHS 91 Metals and metalloids in workplace air by X-ray fluorescence spectrometry, 1998
- [10] R. D. Foster: Sputnik-generated multi-element aerosol-on-filter standards for XRF measurement of harmful elements in workplace air, X-ray Spectrometry, 2000, 29, 467-474
- [11] A munkahelyek kémiai biztonságáról szóló 25/2000. (IX.30.) EüM-SZCSM együttes rendelet
- [12] ISO/DIS 16740 Workplace air – Determination of hexavalent chromium in airborne particulate matter, 2002
- [13] NIOSH 7600 Chromium, hexavalent, 1994
- [14] MDHS 52/3 Hexavalent chromium in chromium plating mists, 1998
- [15] H. M. Ortner, B. L. W. Hoflich, Y. Thomassen, M. Wentzel, B. Zelenka: Characterization of individual aerosol particles with examples from working areas of the Monchegorsk nickel refinery, Chemia Analityczna, 2005, 50(1), 199-221

<sup>7</sup> A módszer pontossága a méréstartomány valódiságának a mértéke, a módszer rendszeres hibájának a jellemzője. Egy módszer annál pontosabb, minél kisebb a mért érték és a valódi érték különbsége [5].

<sup>8</sup> A módszer precizitása a kölcsönösen független megismételt vizsgálatok eredményei közötti egyezés mértéke, a módszer véletlen hibáját jellemzi [5].



# *Hasznot hozó hatékonyság*



Nehéz acélszerkezetek hegesztéséhez a hatékony gyártás érdekében intenzív eljárások szükségesek. Az ESAB kínálatában szerepelnek az ezek megvalósításához szükséges hegesztőanyagok, hegesztőgépek és készülékek. Forduljon bizalommal szakembereinkhez, akik egy globális vállalat birtokában lévő tudással és tapasztalattal állnak rendelkezésükre.

[www.esab.hu](http://www.esab.hu)

1222 Budapest, Nagytétényi út 96-96

Tel.: 424 0500

4400 Nyiregyháza, Kállói út 18/a

Tel.: (42) 465 115

3527 Miskolc, Zsolcai kapu 4-6

Tel.: (46) 508 444

7630 Pécs, Mohácsi út 16

Tel.: (30) 224 8691



*Eleg*

[WWW.CTNET.H](http://WWW.CTNET.H)

**HEGESZTÉS  
CSISZOLÁS  
MUNKAVÉDELEM  
BOSCH KÉZISZERSZÁMOK**



## Ellenállás-ponthegesztés folyamatparamétereinek komplex optimalizálása\*

A kézimunka drágulása, a tömegtermelés arányának trendszerű növekedése, az anyagtakarékos és súlycsökkentést eredményező vékonylemez konstrukciók terjedése a jövőben várhatóan az ellenállás-ponthegesztés alkalmazásának további növekedésével jár együtt [1].

A gépesített és számjegyvezérelt ellenállás-hegesztőgépek sokszor 24 órás munkaciklusokban a pontkötések tízezreit készítik. A hegesztett kötésekkel szemben támasztott minőségi követelmények (mérnöki szempontok) és a hegesztés gazdaságossági elvárásai (profit szempontok) a hegesztési folyamat legmagasabb szintű optimalizálását igénylik [2,3].

Az optimalizálás mérnöki oldalról is indokolt, mivel a rutinfeladatnak számító lágyacéllemezek mellett az ötvözesel, vagy különleges gyártástechnológiai módszerekkel gyártott nagyszilárdságú acélok, a bevonatos acélok, a nemvasfém-ötvözetek és fémmátrixú kompozitok ponthegesztése a korábbi tapasztalatok alapján nem technológizálható. Növeli a technológia kidolgozásának nehézségét, ha az ellenállás-hegesztésen belül új technikára (DC, impulzus) térnek át.

A mérnökök, közöttük is elsősorban a hegesztőmérnökök számára az optimalizálás látszólagos közismertsége ellenére igen összetett feladat. Konceptiója, műszaki tartalma és matematikai háttere alapján a hegesztés területén is nagyon sokféle optimalizálás képzelhető el

### Optimalizációs technológia tervezés

Ma a mérnöki tervezésen elsősorban a szerkezettervezést (*designing*) értik. Mérnöki gondolkodással azonban nem nehéz belátni, hogy a technológia tervezése (*process planning*) a termék létrehozása szempontjából legalább egyenértékű fontossággal bír.

A hegesztéstechnológiák tervezése a szakmai hozzáértésen túlmenően adatok és módszerek ismeretét igényli. Az adatokat korábbi gyakorlati megfigyelésekből és tapasztalatokból meríthetjük, vagy egyidejű kísérletekből származtathatjuk [4]. Az adatokat megfelelő rendszerezéssel adatbázissá szervezzük. A célszerű optimalizáló algoritmussal rendelkező hegesztéstechnológia tervező módszer ebből az adatbázisból merít, sőt outputként adatokat is generálhat.

A hegesztéstechnológiát tervező rendszerek az előzőknek megfelelően alapvetően két csoportba sorolhatók:

1. Egyidejű kísérleteket használó optimalizációs technológiatervezés;
2. Korábbi tapasztalatokat megtestesítő adatbázisra épülő optimalizáló technológiatervezés.

Mindkét módszer figyelemreméltó előnyökkel és nem megkerülhető korlátokkal bír.

Az optimalizációs technológiatervezés két tartalmi pillérre épül: az optimalizálásra és a technológiára. A sikeres ter-

vezési tevékenységhez mindkét terület alapvető ismereteire szükség van.

### Optimalizálás

Az optimalizálás folyamatát sokan tévesen értelmezik. Maga az optimális szó önmagában nem jelent semmit. Értelmet csak akkor nyer, ha ezt a fogalmat az optimalizációs cél és az optimalizálási körülmények megadásával egyértelművé tesszük.

Az optimalizálás célja a legkedvezőbb megoldás megtalálása. Matematikai értelemben az optimum maximum, vagy minimum, ezért az optimalizálás maximumkereső, vagy minimumkereső lehet. Az egyszerűség és az egyértelműség kedvéért a továbbiakban mindig a maximális értéket tekintjük optimálisnak.

### Optimumok

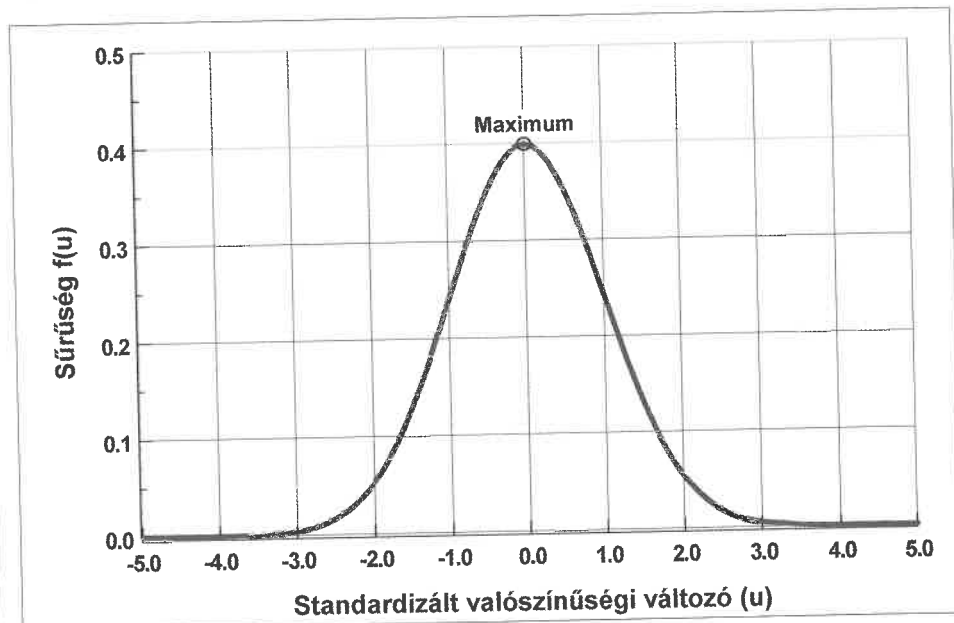
Az optimumok feltétel nélküli globális optimumok és feltételes lokális optimumok lehetnek [5].

A feltétel nélküli optimalizálás matematikai alakja, amennyiben a legnagyobb érték a legkedvezőbb:

$$f(x) = \max \quad (1)$$

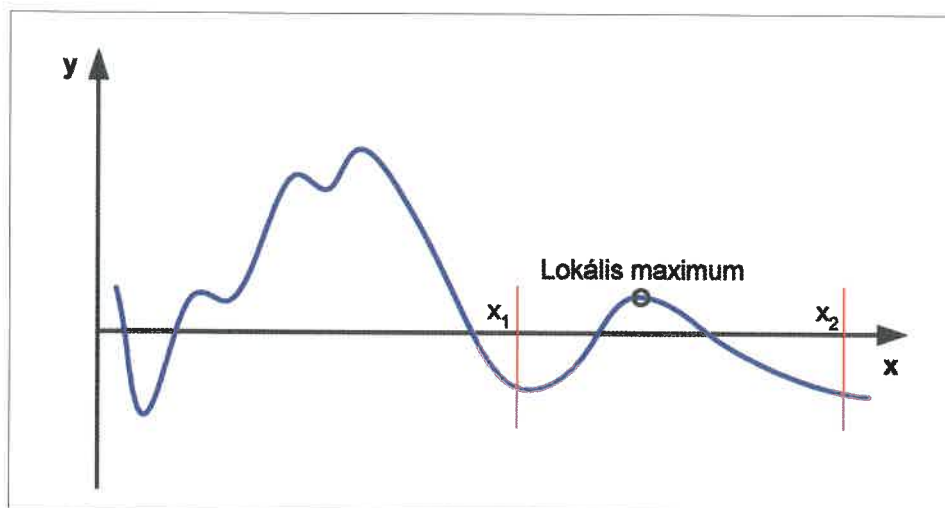
Vegyünk példaként egy egyértékű, folytonos, többszörösen differenciálható függvényt, amelynek értelmezési tartománya  $-\infty$ -tól  $+\infty$ -ig terjed. Ilyen függvény a standard normális eloszlás sűrűségfüggvénye, az ún. Gauss féle haranggörbe, amire a későbbiekben még szükségünk lesz. Ennek egyenlete:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (2)$$

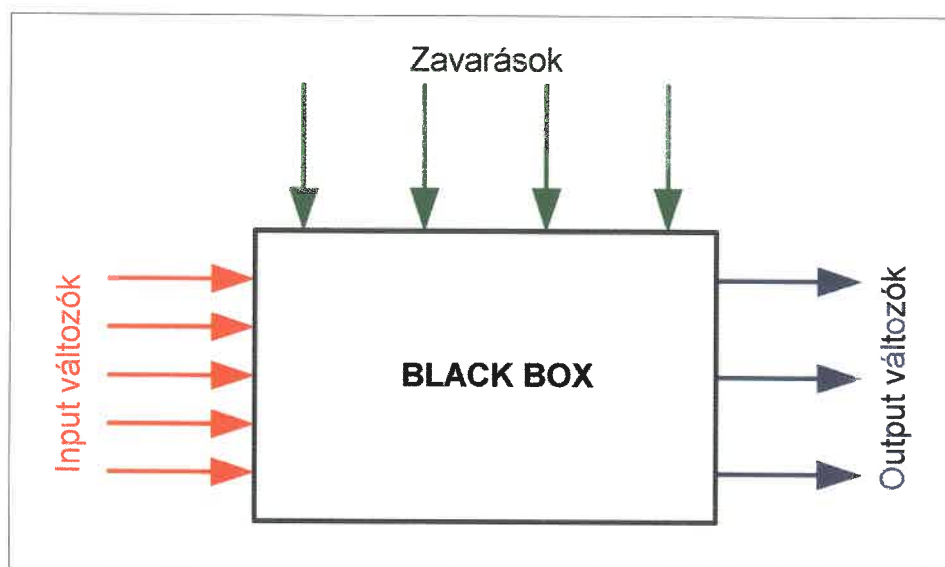


1. ábra. A Gauss féle haranggörbe

\* A szerző Spanyolországban, az EUROJOIN 6 EWF Konferencián elhangzott előadásának cikkváltozata



2. ábra. A lokális optimum értelmezése



3. ábra. A ellenállás-hegesztés, mint fekete doboz

Az  $y$  tengelyre szimmetrikus sűrűség-függvény az 1. ábra szerint aszimptotikusan a zérushoz tart, maximuma  $x=0$  helyen található, itt a függvény értéke 0,3989. Ha a legnagyobb függvényértéket tekintjük a legkedvezőbbnek, akkor a haranggörbének az  $x=0$  helyen optima van. Ez az optimum globális, mivel az egész értelmezési tartományra kiterjed, és abszolút, mivel a szélsőérték keresése közben semminemű korlátozó feltételt nem tettünk.

Az ellenállás-hegesztési feladatoknál (és általában a technológiai feladatoknál) a feltétel nélküli optimalizálás igen ritka.

Egy függvénynek lehet a teljes értelmezési tartományban több helyen is vízszintes érintője. Ha az értelmezési tartománynak csak egy lehatárolt részét ( $x_1 \leq x \leq x_2$ ) vizsgáljuk, az abban található szélsőérték lokális optimum. Ilyenkor nem feltétlenül van tudomásunk arról, hogy van-e a függvénynek még további

szélsőértéke és azok kisebbek, vagy nagyobbak, mint a szóban forgó (2. ábra).

A lokális optimumot feltételes szélsőértéknek is nevezik, mivel az egy feltételhez tartozik (jelen esetben az értelmezési tartomány korlátozásához). Feltételes szélsőérték természetesen több feltételhez is tartozhat.

A feltételeket egyenlőségi, illetve egyenlőtlenségi formában szokás megadni.

Általánosan:

$$\begin{aligned} f(x) &\rightarrow \max \\ h_i(x) &= 0 \quad (i=1, \dots, m) \\ g_i(x) &\leq 0 \quad (i=1, \dots, r) \end{aligned} \quad (3)$$

A feltételes szélsőérték nem mindig hagyományosan értelmezett extrémum. Ha a függvény első deriváltja előjelet vált a vizsgált intervallumban, akkor a függvénynek ott szélsőértéke van. Ha előjelváltás nincs, a monoton növekvő, vagy

csökkenő függvénynek a szélsőérték az intervallumhatárra esik.

Az ellenállás-hegesztési feladatok optimumkeresése csaknem kizárólagosan a feltételes kategóriába tartozik. Keresünk pl. a nyíróerő maximumát. A leggyakoribb feltétel, hogy a paraméterek pozitívak és nagyságuk is korlátozott. Pozitív az elektródátmérő, az elektróderő, az áramerősség, a hegesztési idő és az összes további áram- és időparaméter. A paraméterek korlátos intervallumát a hegesztendő tárgy adottságai (anyagminőség, falvastagság, geometria) és a rendelkezésre álló hegesztőgép határozza meg. Mai ismereteink szerint a 3 mm-t nem meghaladó acél finomlemez tartományban pl. 1...20 kA intervallumban lehet ponthegesztést végezni. Ha a lemezvastagság 1 mm, az áramerősségtartomány tovább szűkül. Ha a hegesztőgép kapacitása csak 8 kA, akkor ez lesz a meghatározó feltétel.

Matematikai alakban:

$$\begin{aligned} F_s &= \max \\ 0 &\leq I_n \leq 8\,000\text{ A} \end{aligned} \quad (4)$$

## Az optimum technológiai értelmezése

Az új ellenállás-hegesztési feladatok a felhasználó számára teljesen ismeretlenek. A technológiák ezért egy olyan fekete doboznak (*black box*) tekinthetők, amelyeknek bemenő és kimenő változói vannak (3. ábra).

Kísérletekkel és megfigyelésekkel a dobozról egye több információt nyerhetünk, azaz a doboz fekete színét folyamatosan világosítjuk. Ha mindent tudnánk a dobozról, akkor a színe fehér lenne. Az ellenállás-hegesztési folyamatok bonyolultsága miatt a dobozok rendszert a szürke szín valamelyik árnyalatával jellemezhetők [6,7,8].

## Az ellenállás-hegesztés folyamatváltozói

Az ellenállás-hegesztés **bemeneti (input) változóit** általánosan paramétereknek nevezzük. A paraméter elnevezés nem függ attól, hogy a változó mennyiségi (számszerű értéke és mértékegysége van), vagy minőségi (nincsenek ilyen értékei). Pl. mennyiségi változó az áramerősség, az elektródaerő és a hegesztési ciklus időparaméterei, minőségi változó az áramnem, polaritás, az elektródavég geometriai kialakítása stb.

A számszerű bemeneti változók véletlen, vagy statisztikai változók, mivel beállításuk, vagy mérésük csak egy adott hibával lehetséges. Ugyancsak idő és

helyfüggő a minőségi változók zöme. Gondoljunk arra, hogy két azonos típusú ellenállás-hegesztőgép sem tekinthető teljesen egyformának, ha még a gyártó is különböző, akkor az eltérés valószínűsége még nagyobb. A paraméterek analóg (potencióméteres) beállítása sohasem sikerülhet azonosra. Változhat a hálózati feszültség, a hűtés intenzitása, a munkadarab felületi állapota, az ablakba kerülő ferromágneses anyag tömege stb.

A bemeneti változókat (*input variable*)  $x$ -szel, az összes bemeneti változó halmazát  $\{x\}$ -vel jelöljük.

Az ellenállás-hegesztés *kimeneti (output) változó* a folyamattal kapcsolatosak, vagy a létrehozott pontvarratot, illetve kötést jellemzik. Előbbire a folyamatstabilitás, a mágneses veszteségek, a levegő elleni védelem hatékonysága, az utóbbira a pontátmérő, a pontmagasság, az elektróda benyomódási mélysége, az eltérések (varrathibák,) a pontkötés mechanikai, vagy metallográfiai jellemzői szolgálhatnak példaként.

A kimeneti változók ugyancsak véletlen változók és ugyanazok az ismérvek érvényesek rájuk nézve, mint a bemeneti változókra.

A kimeneti változókat célváltozóknak (*object variable*) nevezzük és  $y$ -nal, az összes célváltozó halmazát  $\{y\}$ -vel jelöljük.

**A véletlen hatások, vagy zavarások**  
Árnyalja a képet és nehezíti az ellenállás-hegesztés technológiájának optimalizálását a zavaró hatások jelenléte. Valós esetekben ezek mindig hatnak, legfeljebb a számuk és mértékük lehet kérdéses. Néhány ezek közül: hálózati feszültség véletlen ingadozása, illesztési adatok változása, felületi szennyezők, alapanyag inhomogenitások, az elektródakopás, a beállításoknál szórást okozó emberi szubjektum.

## Az ellenállás-hegesztés technológiai optimumának értelmezése

Az előzők alapján a technológia optimalizálását definitíve a következőképpen

értelmezzük: a bemeneti változók feltárása és értékük, vagy minőségi jellegük olyan beállítása, hogy azok a technológiai folyamatban a kiválasztott kimeneti változó (egyszempontú optimalizálás), vagy változók (többszempontú optimalizálás) legkedvezőbb értékét (vagy értékeit) eredményezzék.

## A hegesztés folyamatparamétereinek optimalizálása

Az optimalizálás a hegesztési feladatokban lokális szélsőérték megkeresését jelenti, mivel a hegesztési paraméterek stabil hegesztési folyamatot eredményező beállítási tartománya korlátozott, amihez a rendelkezésre álló hegesztőgép(ek) adottságait (az egyes paraméterek folytonos, vagy diszkrét beállíthatóságát) is figyelembe kell venni. A korlátokon belül legtöbbször megtalálható egy olyan beállítás-kombináció, amelyhez bármely más beállításhoz viszonyítva kedvezőbb eredmény tartozik. Az optimalizáció igen számításigényes matematikai háttérre támaszkodik, ezért a számítógépek alkalmazása ezekben a feladatokban nélkülözhetetlen.

### Optimalizálás egy célváltozóval

Egyszerű esetben az optimalizációt egy kimeneti paraméter, a legfontosabbnak ítélt céltulajdonság (*object parameter*) szerint végezhetjük. A példa kedvéért írjuk fel a célváltozó (az ellenállás-ponthegesztés esetében legtöbbször a nyíróerő) és a technológiai változók közötti kapcsolatot kifejező regressziós összefüggést. Regressziós függvényként választjuk a széles alkalmazási lehetőségekkel bíró, és a mérnöki gyakorlatban jól bevált regressziós polinomot, az egyszerűség és követhetőség érdekében három bemeneti változóra.

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + a_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + a_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + a_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (5)$$

ahol:  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_{12}, a_{13}, a_{23}, a_{123}$  regressziós együtthatók, az elméleti technológia-leíró függvény  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{23}, \alpha_{123}$  együtthatóinak becslései.

A kiválasztott (legtöbbször szilárdsági) főszempont szerint optimalizált kötések bizonyíthatóan nagyobb teherbírásúak, több törési tartalékkal rendelkeznek, megbízhatóbbak, esztétikusabbak stb., vagyis jobb minőségűek, rövidebb idő alatt, kisebb költséggel elkészíthetők, összefoglaló néven gazdaságosabbak, mint a tapasztalati úton vagy szakirodalmi ajánlás alapján előírt és a hegesztőműhelyben pontosított technológiai paraméterekkel készítették. A minőség és gazdaságosság javulása a versenyképesség kedvező alakulásában ölt testet.

### Optimalizálás több célváltozóval

A hegesztési folyamatot befolyásoló tényezők számbavétele után azt kell eldönteni, hogy mit tekintünk a hegesztett kötéstől elvárható legfontosabb tulajdonságnak, vagyis meg kell határozni az optimalizációs célt, más néven az output paramétert, vagy célváltozót. A hagyományos optimalizálás mindig egy kiemelt célváltozóban gondolkodik.

#### 1. Az ellenállás-hegesztés lehetséges célváltozó

Az ellenállás-ponthegesztési feladatokban az 1. táblázatban szereplő jellemzők közül választhatunk célváltozót. A táblázat a teljesség igénye nélkül készült.

Az egyszempontú optimalizálás lehetőségeinek kimerülése után a továbbblépés a komplex optimalizáció irányában keresendő, amikor is legalább két, gyakrabban kettőnél több céltulajdonság egyidejű legkedvezőbb értékét kívánjuk elérni [3,9].

#### 2. A célfüggvény megalkotása

A kiválasztott céltulajdonságokból a matematikai kezelhetőség érdekében egyértékű, komplex célfüggvényt (*complex object function*) alkotunk. A célfüggvény matematikai megfogalmazása terén szinte korlátlan lehetőségek állnak rendelkezésünkre. A praktikum

| Mechanikai jellemzők         | Egyéb mérnöki szempontok | Gazdaságossági jellemzők       |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| nyíróerő (ISO 14273)         | felületi benyomódás (e)  | hegesztési idő                 |
| szakítóerő (ISO 14272)       | varratméretek (d, p)     | energiaköltségek               |
| felszakító erő (ISO 14270)   | kifröccsenés             | bérlőköltségek                 |
| csavarónyomaték (ISO 17653)  | deformáció               | elektródaköltségek             |
| kifáradási határ (ISO 14324) | belső feszültségek       | gép- és készülékköltségek      |
| keményység (ISO 14271)       | repedésmentesség         | elő- és utóműveletek költségei |

1. táblázat. Az ellenállás-hegesztés potenciális célváltozói

oldaláról megközelítve a feladatot (néhány speciális esettől eltekintve) az összeg- és szorzatfüggvények (polinomok és produktumfüggvények) látszanak a legkönnyebben kezelhető és jó eredményt adó megoldásnak.

Ha  $Y$ -nal jelöljük az összetett célfüggvényt és  $y_i$ -vel, ill.  $y_j$ -vel a céltulajdonságokat, akkor a polinom és produktumfüggvények általánosságban a következő alakban írhatók fel [10]:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot y_i^{b_i}}{\sum_{j=1}^m c_j \cdot y_j^{d_j}} \quad \text{és} \quad Y = \frac{\prod_{i=1}^n a_i \cdot y_i^{b_i}}{\prod_{j=1}^m c_j \cdot y_j^{d_j}}, \quad (6)$$

A (6) összefüggésekben  $n$  a növelő hatású változók,  $m$  a csökkentő hatású változók számát jelenti, az  $a_i$  és  $c_j$  együttműködők és a  $b_i$  és  $d_j$  kitevők az egyes változók jelentőségének kifejezésére alkalmas súlyozást fejezik ki.

Az  $Y$  célfüggvény optimuma egyaránt jelölhet maximumot, vagy minimumot. Ha az  $Y$  legnagyobb értéke a legkedvezőbb, akkor a számlálóba a növelő célváltozók ( $y_i$ ), a nevezőbe a csökkentő célváltozók ( $y_j$ ) kerülnek.

Növelő célváltozók azok, amelyeknél a nagyobb érték a kedvező (pl. ilyenek a mechanikai jellemzők, az egy óra alatt elkészíthető kötések száma, az elektróda élettartama). Ha ezeket a célfüggvény számlálójába helyezzük el, akkor növekedésükkel az  $Y$  célfüggvényt szintén a kívánt növelési irányban módosítják.

Csökkentő célváltozók azok, amelyeknél a kisebb érték a kedvező (pl. költség, energiafelhasználás, hegesztési idő, fröcskölési veszteség, selejthányad). Ha ezeket a célfüggvény nevezőjébe helyezzük el, akkor csökkenésükkel az  $Y$  célfüggvényt szintén a kívánt növelési irányban módosítják.

Matematikailag az ellenkező lehetőséggel is élhetünk. Amennyiben az  $Y$  legkisebb értékéhez rendeljük az optimumot, akkor a célfüggvény megkonstruálásakor fordítva járhatunk el: a számlálóba kerülnek a csökkentő, a nevezőbe a növelő célváltozók.

### 3. A súlyozás kérdése

A gyakorlat szempontjából az az életszerű, amikor az egyes céljellelmzők között vannak fontosabbak és kevésbé fontosak. Az egyszempontú optimalizálásnál pl. a legfontosabb célváltozó kiválasztására törekedtünk.

Ha egy célváltozó fontosabb, mint a többi, akkor azt súlyozással fejezhetjük

ki. A súlyozás lehet lineáris, erre a célra szolgálnak az  $a_i$  és  $c_j$  együttműködők, vagy más néven súlyok. Pozitív szemléletű súlyozáskor a fontosabb céljellelmzőt nagyobb együttműködéssel szorozzuk, ezáltal változása nagyobb hatást gyakorol a célfüggvényre. A végeredmény szempontjából közömbös, hogy a súlyok egynél nagyobbak, vagy kisebbek, csak az egymáshoz viszonyított értéküknek van jelentősége. Abszolút értékük megválasztásánál abból célszerű kiindulni, hogy az  $Y$  célfüggvényre lehetőleg a könnyen megjegyezhető 0,1 és 100 közötti mérőszámot kapjunk.

Nem lineáris súlyozásra a  $a_i$  és  $c_j$  kitevők alkalmasak. Értékükre nézve nincs semmilyen megkötés, de a praktikusság miatt az egynél nagyobb pozitív kitevők használata a legegyszerűbb. A kitevős súlyozás elsősorban akkor lehet indokolt, ha a folyamatváltozók (faktorok) és a súlyozandó céljellelmző között hatványos összefüggés áll fenn.

A súlyozás a méretezési szabványok biztonsági tényezőinek megválasztásához hasonló, erősen szubjektív tevékenység. Elsősorban az optimalizációs végcél, másodsorban a hegesztési folyamat alapos ismeretében vállalkozzunk csak rá.

### 4. Módszer a súlyok számítására

A súlyozás objektivitásának javítására válasszuk súlyozási alapelvnek az egyes célváltozók megfelelő hatványainak mérési átlagértékeit! Ezekből az átlagértékekből hányados képzéssel úgy származtatjuk a súlyokat, hogy a legnagyobb (hatványozással súlyozott) célváltozó átlagértéket elosztjuk a többi célváltozó (hatványozással súlyozott) átlagértékével [11].

### 5. Az $Y$ célfüggvény standardizálása

A gyakorlati esetekre az a tipikus, amikor a kiválasztott és a célfüggvényben szerepeltetett célváltozók mértékegységtől függő számértéke erősen eltér egymástól. Pl. a lágyacél finomlemezek ellenállás-ponthegeztésekor a nyíróerő 0 és 20 kN között változhat, hegesztési idő 0,02 és 2 s, az elektróda benyomódása 0 és 1 mm között. Ha megváltoztatjuk a mértékegységet, megváltozik a számérték is. Pl. az előző mértékegységek helyett az erőnél áttérhetünk az angolszász  $lb$ , vagy  $kgf$  egységre, az időnél a  $s$ -ről a periódus számra, a benyomódásnál a  $mm$ -ről a  $\mu m$ -re vagy  $in$ -re, és a mérőszám sokszorosára nő, vagy sokadrészére csökken.

Mivel ez a mértékegységváltás befolyásolja az optimalizálás végeredményét, csak körültekintően és fair módon kezelhetjük. A körültekintő szemlélet azt jelenti, hogy a mértékegységet a súlyok megválasztásával együtt kezeljük. A fair mód azt jelenti, hogy az optimalizációs folyamat előtt egy alapidokumentumban lerögzítjük minden szóba jöhető hegesztési és nem hegesztési változó mértékegységét és ezt a későbbiekben következetesen alkalmazzuk.

### 6. Az optimum meghatározása

az  $Y$  célfüggvény segítségével

Az  $Y=f\{X_i\}$  alakú regressziós függvény feltételes optimuma a lehetséges változótérben analitikus, vagy numerikus szélsőérték-számítással kereshető meg.

Egy másik kevésbé általános, de a gyakorlatban jól használható, egyszerű módszer a legjobb kísérleti variáns kiválasztása. Az  $Y$  célfüggvényre a különböző kísérleti beállításokban kapott közvetlen értékek, vagy a valamilyen módszerrel standardizált  $Y$  értékek közvetlenül sorrendbe rakhatók és a különböző technológiai variánsok közül a legkedvezőbb megoldás kiválasztható.

## Ellenállás-hegesztés folyamatparamétereinek komplex optimalizálása

Az optimalizálási módszer alkalmazását egy nem szokványos ellenállás-hegesztési példán keresztül mutatjuk be.

A megoldandó ellenállás-hegesztési feladat: különböző vastagságú, jól hidegalakítható lágyacél finomlemezek átlapolat kötésének hegesztése mesterséges dudor kialakítása nélkül. A feladathoz váltakozó áramú, programozható, impulzushegesztésre is alkalmas hegesztőgép áll rendelkezésre.

### A kísérleti körülmények

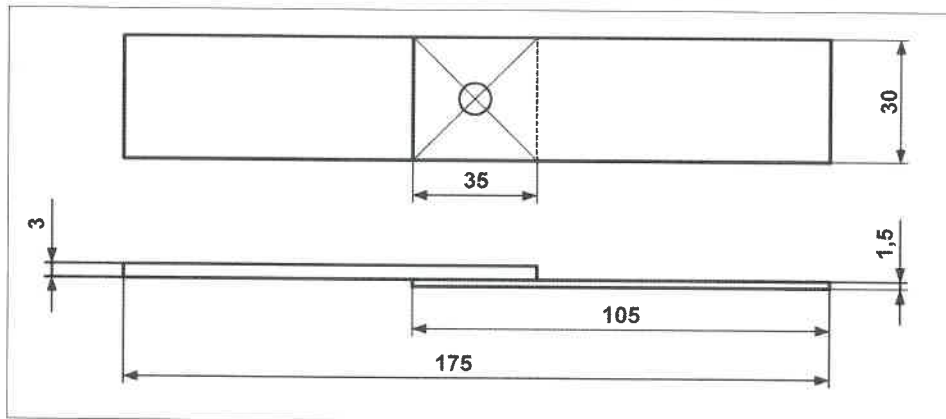
Az adott hegesztési feladatot kísérletes optimalizálással oldjuk meg. Optimalizálási módszerként a szimplex módszert fogjuk alkalmazni. A kísérletek lényeges körülményeit a következőkben foglaljuk össze.

#### 1. A hegesztendő anyagminőségek

A hegesztendő lemezek anyaga DC 04 MSZ EN 10130:1991+A1:2000 (Hidegen hengerelt lapos termék kis karbon-tartalmú acélból, hidegalakításra) hidegen hengerelt, hidegalakítási célra szánt, ötvözetlen lágyacél. Az acél szabványos tulajdonságait a 2. táblázat tartalmazza.

| DC04               | R <sub>m</sub><br>MPa | R <sub>e</sub><br>MPa | A <sub>80</sub><br>% | C<br>% | Mn<br>% | P<br>% | S<br>% |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------|---------|--------|--------|
| Szabványos értékek | 270<br>350            | ≤210                  | ≥38                  | ≤0,08  | ≤0,4    | ≤0,03  | ≤0,03  |

2. táblázat. A próbatestek anyagának összetétele és mechanikai jellemzői



4. ábra. A nyíró próbatest kialakítása és méretei

## 2. A hegesztendő lemezek mérete

A vékonylemez vastagsági mérete 1,5 mm és 2,5 mm volt. A lemezek 2000 x 1000 mm-es táblaméretben, fényes lemezként álltak rendelkezésre.

## 3. A nyíró-szakító próbatest kialakítása és méretei

A hegesztett kötések szilárdsági tulajdonságát a legelterjedtebben használt, szabványosított nyíró, precízebben fogalmazva nyíró-szakító vizsgálattal (szabványos neve *shear test*) mértük.

A próbatest kialakítását és méreteit az MSZ EN ISO 14273 szerint terveztük meg (4. ábra). Mivel a két lemez vastagsági mérete eltérő, a próbatest jellemző méreteit a hivatkozott szabvány előírásainak megfelelően a vékonyabb lemez vastagságából kiindulva határoztuk meg.

A próbatest választott szélességi mérete garantálja, hogy a nyíró-szakító vizsgálat közben a lemezek nem szakadnak el.

A lemezeket az adott méretre táblaolón daraboltuk. A darabolás után a próbadarabok felületeit mosóbenzinnel zsírtalanítottuk.

## 4. Az ellenállás-ponthegesztő gép

A hegesztések a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékének Hegesztő Laboratóriumában található, TECNA 8007 típusú, programozható pont- és du-dorhegesztő gépen készültek. A hegesztőgép helyhez-kötött kivitelű, paralel löketű, egyfázisú, váltakozóáramú berendezés.

## 5. Elektródák

A hegesztéshez mindkét oldalon a legelterjedtebb szabványos csomakúp vég-

ződésű (120°-os csúcshöszögű), egyenes tengelyű, hengeres elektródákat használjuk. Az elektródák átmérőit ( $d_{ei}$ ) a vele érintkező lemezvastagság ( $t_w$ ) függvényében határoztuk meg az MSZ EN ISO 8166:2003 szerint:

$$d_{ei} = 5\sqrt{t_w} \quad (7)$$

A (7.) képletet használva a 2,5 mm-es lemezvastagsághoz 7,9 mm-es, az 1,5 mm-es lemezhez 6,1 mm-es átmérőt választottunk.

## Céljellemezők és célfüggvény

A feladatot hagyományosan a nyíró-szakítóerő maximalizálásával szokás megoldani. Egyetlen céljellemező azonban sohasem képes kifejezni a hegesztési folyamat és a kötéstulajdonságok sokrétűségét, ezért mindenképpen többszempon-tú optimalizálásra van szükség.

### 1. A céljellemezők megválasztása

A többoldalú megközelítés igénye miatt válasszuk a következő céljellemezőket:

- a kötés nyíró-szakító ereje;  $F_s$ , kN,
- maradék lemezvastagság;  $t_r$ , mm,
- energiafogyasztás,
- hegesztési fűdő,  $t_w$ , s.

A felsorolt céljellemezők közül az első két-tő növelő (maximalizálandó), az utolsó két-tő csökkentő (minimalizálandó) jellegű.

A feladat megoldása során az optimalizálásba nem bevont néhány egyéb szempontot is figyelemmel kísérünk. Technológiai oldalról például arra törek-szünk, hogy a hegesztés közbeni ki-fröccsenést elkerüljük. Nyíróvizsgálat-nál azokat a kötések részesítjük előny-ben, amelyeknél a törési mód PO

(*plucked out*), és elvetjük azokat a be-állításokat, amelyek CACS (*crack along the contact surface*) jellegű törést ered-ményeznek.

## 2. Célfüggvény

A komplex célfüggvény megkonstruálá-sánál a már megismert szempontokat követjük. A növelő és csökkentő jellegű céljellemezőkből a hányados-polinom el-vet alkalmazva a következő célfüggvényt állítjuk össze:

$$Y_I = \frac{F_s \cdot s_r}{(I_w^2 \cdot t_w) \cdot t_w} = \frac{F_s \cdot s_r}{I_w^2 \cdot t_w^2} \quad (8)$$

Bár nincs különösebb jelentősége, az  $Y_I$  célfüggvény saját mértékegységgel

$$\begin{aligned} &(\text{kN} \cdot \text{mm} / \text{kA}^2 \cdot \text{s}^2 = \text{J} / \text{kA}^2 \cdot \text{s}^2 = \\ &= \text{W} / \text{kA}^2 \cdot \text{s} = \mu\text{W} / \text{A}^2 \cdot \text{s} = \mu \text{V} / \text{A} \cdot \text{s} = \\ &= \mu \Omega / \text{s}) \text{ rendelkezik.} \end{aligned}$$

Amint láttuk, most nem éltünk a sú-lyozás lehetőségével, vagyis minden ki-választott céljellemezőt azonos fontossá-gúnak tekintettünk.

## 3. Standardizálás

A korábbi munkánkban már többféle standardizálási lehetőséget ismertettünk [12,13]. A választék bővítése érdekében most az ún. küszöbölve épülő standar-dizálási módszert fogjuk alkalmazni.

### 3.1. Standardizálás küszöbértékekkel

A céljellemezők esetében küszöbértékeket (indexe az angol *threshold* szóból eredő-en th) jelölhetünk ki. A küszöbök a nö-velő jellemzőknél minimumok, a csök-kentőknél maximumok. A küszöbértékek alkalmazása tulajdonképpen koordináta-transzformációt (tengelyeltolást változat-lan egység mellett) jelent.

A növelő céljellemezőket transzformál-va, a csökkentőket változatlanul hagyva a következő célfüggvényt kapjuk:

$$Y_{II} = \frac{(F_s - F_{sth}) \cdot (s_r - s_{rth})}{I_w^2 \cdot t_w^2} \quad (9)$$

A (9) szerinti célfüggvény a küszöbér-tékeknél kedvezőbb céljellemezők esetén pozitív értéket eredményez. Ha valame-lyik céljellemező nem éri el a küszöbérté-

| Minőségi osztály | Jellemzők     | Lemezvastagság, t [mm] |      |      |      |      |     |
|------------------|---------------|------------------------|------|------|------|------|-----|
|                  |               | 0,5                    | 1    | 1,5  | 2    | 2,5  | 3   |
| A                | $F_{sh}$ [kN] | 2                      | 5,5  | 11   | 15   | 20   | 30  |
|                  | $I_w$ [kA]    | 7                      | 9    | 11   | 13   | 15   | 17  |
|                  | $t_w$ [s]     | 0,1                    | 0,17 | 0,24 | 0,35 | 0,42 | 0,5 |
|                  | $F_e$ [kN]    | 1,2                    | 2,4  | 3,6  | 4,8  | 6    | 7,2 |
|                  | $d_e$ [mm]    | 4                      | 5,5  | 7    | 8    | 9    | 10  |
| B                | $F_{sh}$ [kN] | 4,7                    | 4,4  | 10   | 14   | 19   | 28  |
|                  | $I_w$ [kA]    | 6                      | 7,2  | 8,4  | 9,6  | 10,8 | 12  |
|                  | $t_w$ [s]     | 0,17                   | 0,35 | 0,48 | 0,6  | 0,73 | 1   |
|                  | $F_e$ [kN]    | 0,8                    | 1,6  | 2,4  | 3,2  | 4    | 4,8 |
|                  | $d_e$ [mm]    | 3,5                    | 5    | 6,5  | 7,5  | 8,5  | 9,5 |
| C                | $F_{sh}$ [kN] | 1,4                    | 4,1  | 8,8  | 12,5 | 17   | 26  |
|                  | $I_w$ [kA]    | 5                      | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  |
|                  | $t_w$ [s]     | 0,36                   | 0,6  | 0,8  | 0,96 | 1,1  | 1,3 |
|                  | $F_e$ [kN]    | 0,4                    | 0,8  | 1,2  | 1,6  | 2    | 2,4 |
|                  | $d_e$ [mm]    | 3                      | 4,5  | 6    | 7    | 8    | 9   |
| D                | $F_{sh}$ [kN] | 1,1                    | 3,6  | 6,7  | 10   | 14   | 20  |
|                  | $I_w$ [kA]    | 4                      | 4,8  | 5,6  | 6,4  | 7,2  | 8   |
|                  | $t_w$ [s]     | 0,7                    | 0,95 | 1,2  | 1,5  | 1,75 | 2   |
|                  | $F_e$ [kN]    | 0,3                    | 0,6  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,7 |
|                  | $d_e$ [mm]    | 2,5                    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   |
| E                | $F_{sh}$ [kN] | 0,8                    | 2,5  | 4,8  | 7,4  | 11   | 17  |
|                  | $I_w$ [kA]    | 3,5                    | 4    | 4,5  | 5    | 5,5  | 6   |
|                  | $t_w$ [s]     | 1,2                    | 1,5  | 1,8  | 2,2  | 2,6  | 3   |
|                  | $F_e$ [kN]    | 0,2                    | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2 |
|                  | $d_e$ [mm]    | 2                      | 3    | 4    | 5    | 6    | 7   |

3. táblázat. Az RWMA minőségi osztályaihoz tartozó követelmények

ket, a célfüggvény értéke negatív lesz. Azokat az eseteket, amikor egyik célváltozó sem éri el a küszöbértéket, különválasztva kezeljük.

A küszöbértékes standardizálás megváltoztathatja a célváltozó értékei szerinti beállítási rangsort.

### 3.2. A küszöbérték megválasztása

A küszöbértékeket normatív előírásokból, vagy más típusú elvárások alapján választhatjuk meg.

A nyíróerő elvárt értékeire az amerikai *Resistance Welder Manufacturers' Association* (továbbiakban RWMA) egy világszerte használt minőségfokozati értékeket határozott meg (3. táblázat). Amennyiben előre megválasztjuk a minőségi követelményt, ezek az értékek alkalmasak küszöbértéknek is.

Válasszuk az elérendő minőségi osztályt a legjobb (A-val jelölt) fokozatra. A legmagasabb minőségi osztályhoz tartozó nyíró-szakítóerő a vékonyabb lemezhez 11 kN, ez lesz tehát a nyíró-szakítóerő standardizálási küszöbértéke:

$$F_{sth} = 11 \text{ kN}$$

A maradó lemezvastagságok az elektrodok benyomódásaival kapcsolatosak. A hegesztést követő festési művelet kívánalmi, vagy pl. austenites acélokban a szemet még nem bántó mértékű mélyedések alapot szolgáltathatnak a benyomódási, vagy a vele összefüggő maradó lemezvastagsági küszöbérték megállapításához.

Válasszuk az oldalankénti benyomódás maximális értékét a vastagabb le-

mez vastagságának 5%-ára, azaz 0,125 mm-re. A maradó lemezvastagságok küszöbértéke a névleges lemezvastagságokkal számolva:

$$s_{th} = s_1 + s_2 - 2 \cdot 0,125 = 1,5 + 2,5 - 2 \cdot 0,125 = 3,75 \text{ mm} \quad (10)$$

### 3.3. A célfüggvény küszöbértékes alakja

A megállapított küszöbértékekkel a kettes indexű célfüggvény a következő, számításra alkalmas alakot ölti:

$$Y_{II} = \frac{(F_s - F_{sth}) \cdot (s_r - s_{rth})}{I_w^2 \cdot t_w^2} \quad (11)$$

A mért adatok behelyettesítésekor a céljellemzőket ugyanabban a mértékegységben kell megadni, mint amiben a

# KUTATÁS–FEJLESZTÉS

Microsoft Excel - Mirror V211RU\_E36

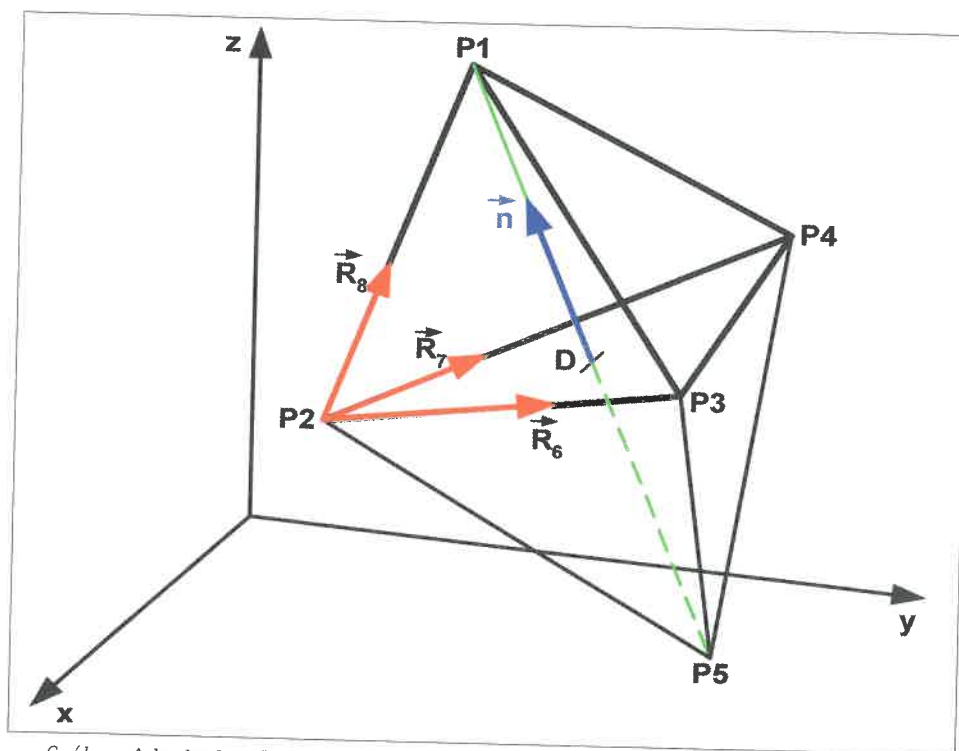
Ellenálláspontheglesztés: 1.5+2.5 mm; második sorozat; 4. tükrözés

| Folyamatváltozók    |           |             |              |            | Mért adatok átlagértékei                 |       |       |       |       | Számított $Y_{II}$   |
|---------------------|-----------|-------------|--------------|------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
|                     | Jelölés   | $t_w$ [per] | $I_w$ [unit] | $F_s$ [kN] | Megjegyzések                             | $F_s$ | $s_r$ | $I_w$ | $t_w$ | $1000 \times Y_{II}$ |
| Tükrözendő pont     | P1        | 30,0        | 35,0         | 2,5        | $Y_{II} = +4.67$                         | 11,5  | 3,940 | 7,9   | 0,8   | 4,23                 |
| Tükörsík, 1. pont   | P2        | 30,0        | 40,0         | 3,0        | $Y_{II} = +5.01$                         | 12,2  | 3,880 | 9,3   | 0,8   | 5,01                 |
| Tükörsík, 2. pont   | P3        | 30,0        | 35,0         | 2,0        | $Y_{II} = +6.05 \rightarrow \text{max.}$ | 12,0  | 3,900 | 8,3   | 0,6   | 6,05                 |
| Tükörsík, 3. pont   | P4        | 35,0        | 35,0         | 3,0        | $Y_{II} = +3.49$                         | 12,1  | 3,852 | 8,1   | 0,7   | 3,49                 |
| Skálaparaméter      | $\lambda$ |             |              | 1,0        | Küszöbértékek                            | 11,0  | 3,750 |       |       |                      |
| Különbségvektor 1   | R6        | 0,00        | -5,00        | -1,00      | R6=P3-P2                                 |       |       |       |       |                      |
| Különbségvektor 2   | R7        | 5,00        | -5,00        | 0,00       | R7=P4-P2                                 |       |       |       |       |                      |
| Különbségvektor 3   | R8        | 0,00        | -5,00        | -0,50      | R8=P1-P2                                 |       |       |       |       |                      |
| PE térfogata        | Vpe       |             |              | 12,5       | Nem lehet zérus                          |       |       |       |       |                      |
| Normál vektor       | n         | -5,00       | 5,00         | 25,00      |                                          |       |       |       |       |                      |
| Dőféspont konstansa | td        |             |              | 0,058      | Nem lehet zérus                          |       |       |       |       |                      |
| Dőféspont           | D         | 29,72       | 35,28        | 3,89       |                                          |       |       |       |       |                      |
| Tükörpont           | P5        | 30,00       | 35,00        | 2,00       | Ugyanaz, mint P3                         |       |       |       |       |                      |

Optimum:

$F_s = 2.0 \text{ kN}$   
 $I_w = 8.3 \text{ kA}$   
 $t_w = 0.6 \text{ s}$

5. ábra. A MIRROR V2.1. program interaktív felülete a negyedik tükrözés adataival



6. ábra. A legkedvezőtlenebb P1 pont tükrözése; a P1 pont tükörképe a P5 csúcspont

küszöbértékek szerepelnek (esetünkben kN és mm).

## 4. A szimplex módszerhez tartozó számítások elvégzése

A szimplex csúcspontokhoz tartozó célfüggvényértékek számítására célszerű programot írni, vagy a számításokat a gyakorlatlanabb programozó számára is jól áttekinthető EXCEL-ben megoldani. Mi most az utóbbit választjuk és a következőkben bemutatjuk az ellenálláshegesztéses feladat szimplexes optimalizálását.

### 4.1 A MIRROR nevű program és használata

A MIRROR V2.1. interaktív program a MS EXCEL 2002-es verziójára íródott.

A munkafelület jobb felső részén helyezkednek el azok a mezők, amelyekbe a tetraéderpontokhoz, mint kísérleti beállításhoz tartozó célváltozóértékeket ( $F_s$ ,  $s_r$ ,  $I_w$ ,  $t_w$ ) kell bevinni (5. ábra). A program ezekből számítja a (11.) képlettel definiált  $Y_{II}$

| Kísérleti beállítás sorszáma | Technológiai beállítások |                 |                 | Mért céljellemzők |             |             |            | Célfüggvényérték    |
|------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|------------|---------------------|
|                              | $t_w$<br>egység          | $I_w$<br>egység | $F_e$<br>egység | $F_s$<br>kN       | $s_r$<br>mm | $I_w$<br>kA | $t_w$<br>s | $1000 \cdot Y_{II}$ |
| 1.1                          | 30                       | 30              | 3,0             | 4,0               | 3,970       | 7,3         | 0,6        | -80,27              |
| 1.2                          | 30                       | 35              | 3,0             | 9,4               | 3,940       | 8,2         | 0,6        | -12,56              |
| 1.3                          | 25                       | 35              | 3,0             | 10,0              | 3,953       | 8,2         | 0,5        | -12,08              |
| 1.4                          | 30                       | 35              | 2,5             | 11,5              | 3,960       | 7,9         | 0,6        | +4,67               |
| M01                          | 30                       | 40              | 3,0             | 12,2              | 3,880       | 9,3         | 0,6        | +5,01               |
| M02                          | 30                       | 35              | 2,0             | 12,0              | 3,900       | 8,3         | 0,6        | +6,05               |
| M03                          | 35                       | 35              | 3,0             | 12,1              | 3,852       | 8,1         | 0,7        | +3,49               |
| M04*                         | 30                       | 35              | 2,0             |                   |             |             |            |                     |

\*: a beállítás megegyezik M02-vel!

4. táblázat. A MIRROR V2.1. program bemeneti és kimeneti adatai a ponthegeesztéstechnológia optimalizálása során

célfüggvényértékeket (utóbbinak praktikus okból az ezerszeresét jeleníti meg).

A négy számított  $Y_{II}$  értékből kiválasztjuk a legkedvezőtlenebbet (matematikailag a legkisebbet) és ezt szerepeltetjük az első sorban a tükrözendő P1 pont címszó alatt. A (tükrösíkot definiáló) másik három pont (P2, P3, P4) sorrendje tetszőleges. A csúcspontok jelölését és a tükrözési feladat menetét a 6. ábrán követhetjük.

Ezt követően a Skálaparaméter sorába megadjuk a  $\lambda$ ,  $F_{sth}$  és  $s_{th}$  konstansokat.

A program ezután a szükséges mennyiségeket a következő sorrendben számítja:

1. a P2 ponthoz tartozó  $\vec{R}_6$ ,  $\vec{R}_7$ ,  $\vec{R}_8$  élvektorokat (a helyvektorok különbségeiként),
2. az élvektorok által meghatározott paralelepipedon térfogatát (ami nem lehet nulla, mert akkor a négy pont egy síkba esne),
3. a tükrösík normálvektorát,
4. a P2 ponton átmenő, a tükrösík normálisával párhuzamos egyenes és a tükrösík dőléspontjához tartozó  $t_d$  skálaparamétert, ami nem lehet zérus, mert akkor a P2 pont a tükrösíkban helyezkedne el,
5. a dőléspont koordinátáit,
6. a skálaparaméter figyelembevételével a tükrőpont koordinátáit.

#### 4.2. Új kísérlet és ismételt tükrözés

A tükrőpont egy új kísérleti beállítás, ami a továbbiakban a legrosszabb célfüggvényértékkel jellemzett tükrözendő pontot helyettesíti.

Az új kísérleti beállításban legalább három párhuzamos mérés átlagaként megállapítjuk a célfüggvényben szereplő célváltozóértékeket. A kapott eredményeket a MIRROR jobb felső sarkában található mezőkbe írjuk. A legrosszabb pont megállapítása most is a kezelő feladata, ez lesz a tükrözendő pont. A további három pont sorrendje tetszőleges. Az áttekinthetőség érdekében célszerű a pontokat a hozzájuk tartozó célfüggvényérték növekvő sorrendjében bevenni.

Az adatok beírása után új tükrőpontot kapunk és az előzőekben leírt folyamatot mindaddig ismételjük, amíg az új beállítással a régiekhez viszonyítottan nagyobb eredményt kapunk. A legnagyobb elérhető célfüggvényértékhez tartozó beállítás egyben a feladat optimumának megtalálását jelenti. A korábbiakból tudjuk, hogy az így megtalált mérnöki optimum statisztikai értelemben a feltételes maximum kísérletes becslését jelenti.

#### 4.3. A ponthegeesztési feladat mérnöki optimuma

A megoldandó ponthegeesztési feladat optimalizálási lépéseit a MIRROR program szükségleteinek megfelelő csoportosításban a 4. táblázatban adjuk meg.

A táblázatban jól követhető, hogy a hegesztőmérnöki tapasztalat alapján felvett négy alappont közül a legrosszabb eredményt az 1.1. jelű szolgáltatja (a sorszám a sorba rendezés utáni helyzetet tükrözi), amit a pont M01 jelű tükröképével helyettesítve a következő kieső az 1.2. jelű beállítás volt.

Az a tény, hogy az M01 tükrőpontban jobb eredményt kaptunk, mint a négy, tapasztalati úton felvett alappontban, azt bizonyítja, az eredmény javítható, egyúttal arra is felhívja a figyelmet, hogy az optimalizálást nemcsak az ismeretlen feladatokban célszerű elvégezni, de még olyan esetekben is, amikor hosszú ideig használt beállításokat túlszárnyalhatatlanoknak tartunk.

Az  $Y_{II}$  célfüggvényérték maximumát az M02 beállításban veszi fel, az M03 ennél rosszabb eredményt adott, az M04 pont pedig megegyezik az M02-vel.

A célfüggvényérték kismértékű változásaiból és a legkedvezőbb pontba való visszatérésből arra következtetünk, hogy nagyon megközelítettük az adott hegesztési feladatban elérhető maximumértéket, ezért az M02-höz tartozó beállítást bátran tekinthetjük a feladat keresett mérnöki optimumának.

A szimplex zsugorításával a célfüggvényérték valószínűleg még tovább növelhető lenne. Az  $Y_{II}$  értékek alakulása azonban arra figyelmeztet, hogy a változások a hibahatáron belülről kerültek és nagyrészt már a beállítások pontatlanságából és a mért céljellemzők szórásából adódnak. (Érdemes végiggondolni a konfidencia intervallummal kapcsolatos ismereteinket).

Nagyon tanulságos az  $Y_I$  célfüggvény optimalizációs folyamatbeli viselkedésének tanulmányozása, mivel a küszöbértékeket nem tartalmazó célfüggvény a hegesztési beállítások más sorrendjét és kissé eltérő optimumhelyet eredményezett volna. Ez a megfigyelés is felhívja a figyelmet a célfüggvényalkotás körültekintő kivitelezésére.

A bemutatott példa bizonyítja, hogy a küszöbértékes összetett célfüggvények jól alkalmazhatók előre meghatározott minőségi követelmények teljesedésének vizsgálatára és sok céljellelmező esetén áttekinthetőbb optimalizációs folyamathoz vezetnek.

## Összefoglalás

1. Az optimalizálás a hegesztőmérnökök mindennapi, fontos és nélkülözhetetlen tevékenysége. Az optimalizálás mérnöki és közgazdasági megközelítésből is megkerülhetetlen, ha a mérnök teljesen új feladattal találkozik, vagy ismert folyamatot kíván továbbfejleszteni. Az optimalizálás rutinszerű, hatékony végzésének fontos feltétele, hogy a hegesztőmérnökök az optimalizációról minél szélesebb körű információval rendelkezzenek.
2. Az ellenállás-hegesztés folyamatparamétereinek és/vagy a ponthegeesztett kötés jellemzőinek optimalizálása alapvetően kétféle stratégiával végezhető:
  - egyszempontú optimalizálással (az ellenállás-ponthegeztés esetében a leggyakoribb céljellelmező a kötés nyíróereje),
  - többszempontú optimalizálással [az összetett célfüggvény különféle céljellelmezőkből (pl. nyíróerő, maradó lemezvastagság, villamos energiafelhasználás, hegesztési idő, profit, költségek, ...) építhető fel.
3. Az ellenállás-ponthegeztés egy- és többszempontú optimalizálására a célfüggvény deriválhatóságát nem igénylő, népszerű, hatékony és egyszerűen végrehajtható szimplex módszer javasolható. A módszer használatát a minden munkahelyen hozzáférhető MS Excel alapra írt egyszerű tükörzőprogram teszi kényelmessé.

## Irodalom

- [1] Balogh A. Ellenálláshegesztés. Hegesztési Kézikönyv 3.5. fejezet Gépipari Technológiai Egyesület, 2006 (megjelenés alatt)
- [2] Balogh A. Hegesztéstechnológia optimalizálása kísérlettervezéssel Gép. 32. (1980). 6. p.: 225-231.
- [3] Balogh A. A dörzshegeztés folyamatjellemzői és alkalmazásuk optimális kötéstudajdonságok elérésére. PhD. értekezés, Miskolci Egyetem, 1995. p.: 1-40
- [4] Balogh A. Process Parameters of Manual Metal Arc Welding EUROJOIN 4 Conference on Welding, Joining and Cutting, Cavtat-Dubrovnik, 24-26 May, 2001, p.: 337-343
- [5] Balogh A.; Dukáti F.; Sallay L. Minőségellenőrzés és megbízhatóság Műszaki, Budapest, 1980. p.: 55-58.
- [6] Balogh A.; Szabó P. FEM Modelling of Initial Stage of Resistance Spot Welding GÉP, Vol. LI (2000), No. 6. p.: 119-121
- [7] Balogh A.; Szabó P. FEM Modelling of Weld Nugget Formation during Resistance Spot Welding 3rd GTE-MHE-DVS International Conference on Welding, Budapest, 2000. p.: 313-317
- [8] Szabó, P.; Balogh A. Modelling of Resistance Spot Weld Nugget Formation during Long and Short Time Welding Using FEM Production Processes and Systems. A Publication of the University of Miskolc. Vol. 4 (2004), p.: 115-130.
- [9] Balogh A. Hegesztéstechnológia többszempontú optimalizálása Hegesztéstechnika. VI. (1995). 4. p.: 11-15
- [10] Balogh A. New Optimisation Concept for Welding Processes Publ. Univ. of Miskolc, Series C. Mechanical Engineering Vol. 46 (1996) No. 1. p.: 65-76.
- [11] Balogh A. Ellenállás-ponthegeztés technológiájának új szemléletű optimalizációja Gép. 48. (1996). 1. p.: 24-28.
- [12] Balogh A. Komplex minőségértékelés standardizált termékjellemzőkkel. Minőség és Megbízhatóság, 1998. No. 2. p.: 70-74.
- [13] Balogh A. Optimisation of Welding Technology by Standardised Quality Characteristics EUROJOIN 5 Internationaler Kongress der EWF, 13-14. Mai 2004, Wien, p.: V25-14/14

Dr. Balogh András  
(Miskolci Egyetem,  
Mechanikai Technológiai Tanszék)



**FINOMLEMEZ HEGESZTÉSÉNél**

**VERHETETLEN!**

**FLEX 3000 C**  
**MIG-impulzus**  
**hegesztőinverter**  
**MigaCARD® kártyával**  
**zseniálisan egyszerű.**

A teljesen digitalizált hegesztőgép a legjobb minőségben oldja meg az összes MIG/MAG, MIG-impulzus, Quatro-impulzus és MIG-forrasztási feladatot.

**MIGATRONIC**

**KAPCSOLD BE! - INDÍTSD EL! - HEGESSZ!**

**MIGATRONIC Kft.**

6000 KECSKEMÉT • Szent Miklós u. 17/A. • Tel./fax: 76/505-969; 481-412; 493-243  
E-mail: migatronik@axelero.hu • www.migatronik.hu



## Újabb technológiai áttörés a csaphegesztés területén Radiál-szimmetrikus mágneses mezejű csaphegesztés (SRM)

SOYER MAGYARORSZÁG KFT. Soyer Csaphegesztés Vezérképviselet 8000 Székesfehérvár, Sereg u. 1-5.  
Telefon: (06) 22/504-427 Fax: (06) 22/504-428 soyer@mail.datanet.hu, www.soyer.info.hu

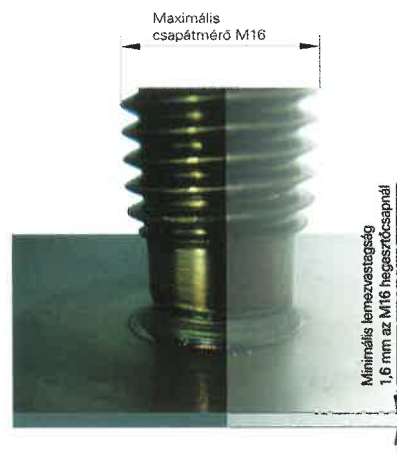
### SOYER – A tökéletes partner a csaphegesztés-technológia területén

Vállalatunk ezt a mottót valija.

Szakmai hozzáértésünk legújabb bizonyítéka egy vadonatúj, a hegesztőcsap rögzítéséhez mágnessel mozgott fényívet – radiál-szimmetrikus mágneses mezőt (SRM) használó csaphegesztő-berendezés kifejlesztése.

Ezzel az új eljárással, amely szabadalmaztatva van a 10 2004 051 398.9 számú szabadalmi szám alatt, egyedülálló csaphegesztésre nyílik lehetőség.

A radiál-szimmetrikus mágneses mezőt használó csaphegesztés eljárás segítségével, M16 méretű hegesztőcsapok rögzítése válik lehetővé. A hegesztőfelület minimális vastagsága 1mm, a hegesztőcsap átmérőjének és a hegesztőfelület vastagságának aránya 10:1



Aránymérték 2,5:1

A SOYER csaphegesztő-berendezések optimális megoldást nyújtanak a legkülönfélébb csaphegesztések kivitelezésére. Fordítsa szak tudásunkat és tapasztalatunkat a saját hasznára.

### A radiál-szimmetrikus mágneses mezőt használó csaphegesztési eljárás előnyei:



✓ Csúcsmínőségű csaphegesztések biztonsági kritériumok esetén



✓ Védőgáz használata helyett a hegesztés elszigeteléséhez



✓ Nehéz pozícióban, vízszintesen vagy akár fej felett történő csaphegesztés, védőgáz használatával



✓ Alacsony nyomás



✓ Kicsi és egyenletes olvadátképződés



✓ Alacsony valószínűség széttrccsenés



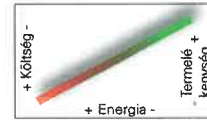
✓ Csökkentett beleégés a hegesztőlemezbe



✓ Vékony olvadási réteg



✓ A hegesztőfelület minimális elváltozása



✓ A hegesztési energia redukálása 50%-kal a kerámiagyűrűs csaphegesztéshez képest



✓ Összehasonlíthatatlanul alacsony árú hegesztőcsapok közvetlenül a gyártótól



✓ Problémamentes, automatikus vagy félautomatikus hegesztőcsap utántöltés a hegesztő pisztolyba vagy hegesztő fejbe.

A SOYER termékek már bizonyították a használat során, és többször nyertek termékmínőségi, innovációs és design díjat. Győződjön meg Ön is!

**GYS** Jólis 1-től visszavonásig  
**BOMBA ÁR**  
www.gys.hu



(46) 505-958

**SOTOX Kft**  
3526 Miskolc, Szentpéteri kapu 66.  
e-mail: info@gys.hu

**GYSmi 133** BEVONT ELEKTRODÁS HEGESZTŐINVERTER

**64.900.-**

Hegesztő áram: 10 - 130A  
Elektroda Ø: 1,6 - 3,2 mm  
Bekapcsolási idő: 25% - 130A  
Súly: 3,4 kg

Tartozék: koffer, vállpánt  
Ajándék: munkakábel, testkábel

**GYSmi 161** BEVONT ELEKTRODÁS HEGESZTŐINVERTER

**81.900.-**

Hegesztő áram: 10 - 160A  
Elektroda Ø: 1,6 - 4 mm  
Bekapcsolási idő: 40% - 160A  
Súly: 4,1 kg

Tartozék: koffer, vállpánt  
Ajándék: munkakábel, testkábel

**GYSmi 165** BEVONT ELEKTRODÁS és AWI (LIFT) HEGESZTŐINVERTER

**107.400.-**

Hegesztő áram: 10 - 160A  
Elektroda Ø: 1,6 - 4 mm  
Bekapcsolási idő (MMA): 45% - 160A  
Bekapcsolási idő (TIG): 60% - 160A  
Súly: 4,6 kg

Tartozék: koffer, vállpánt  
Ajándék: munkakábel, testkábel

**TIG 160 HF** ARGON VEDŐGÁZOS, IAWI és BEVONT ELEKTRODÁS HEGESZTŐINVERTER (MMA)

**189.900.-**

Hegesztő áram: 160A  
Elektroda Ø: 1,6 - 4 mm  
Bekapcsolási idő: 40% - 160A  
Gázszabályzás  
Áram fel- és lefutás  
Pulzálás  
2 - 4 ütemű üzemmód  
HF gyújtás

Ajándék: munkakábel, testkábel, AWI pisztoly, reduktor

**TIG 180 AC/DC** ARGON VEDŐGÁZOS, IAWI és BEVONT ELEKTRODÁS HEGESZTŐINVERTER (MMA)

**364.900.-**

Hegesztő áram: 5 - 180A  
Elektroda Ø: 1,6 - 4 mm  
Bekapcsolási idő: 40% - 180A  
Gázszabályzás  
Áram fel- és lefutás  
Pulzálás  
2 - 4 ütemű üzemmód  
HF gyújtás  
Alumínium hegesztésre is alkalmas

Ajándék: munkakábel, testkábel, AWI pisztoly, reduktor

**CUTTER 20K** PLÁZMAVÁGÓ DEEPTETT KOMPRESSZORRAL

**224.900.-**

Vágóáram: 5 - 20A  
Atvágó képesség:  
6 mm (acél)  
5 mm (rozsdamentes acél)  
4 mm (Alu)

Garanciadíjon belül házhoz-hozzá szállítást!  
Az árak nettó árak, az ÁFA-t nem tartalmazzák!

**Hegesztéstechnika**



# REHM

## Hegesztéstechnika

# MEGOLDÁST KÍNÁLUNK!

**REHM Hegesztéstechnika Kft.**

2766 Tápiószele, Jászberényi út 4.  
Telefon: (53) 380 078; Fax: (53) 380 582  
Honlap: [www.rehm.hu](http://www.rehm.hu); E-mail: [info@rehm.hu](mailto:info@rehm.hu)



## MEGAPULS

**HEGESZTÉS FELSŐFOKON**

- MIG/MAG impulzus hegesztés
- Hagományos MIG/MAG hegesztés
- MIG/MAG duplaimpulzus hegesztés
- Fogyóelektródás semleges védőgázos ívforrasztás (MIG forrasztás)



- szinergikus vezérlés
- a hegesztési folyamat mikroprocesszoros szabályozása
- programozható és a programok eltárolhatók
- rendkívül könnyen kezelhető
- kiváló ívstabilitás
- nincs fröcskölés
- egyenletes kiváló minőségű hegesztés

**REHM**  
Hegesztéstechnika

A modern  
hegesztés  
és vágás  
mércéje

**Próbálja ki!  
Megéri!**

# Rendezvéynaptár

| Időpont                   | Hely                   | Megnevezés                                                                                 | Felvilágosítás                                                                 |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 2006. 08. 28. ... 09. 02. | Quebec City<br>Kanada  | 59. Annual Assembly of the International Institute of Welding                              | <a href="http://www.dvs-ev.de/termine/events">www.dvs-ev.de/termine/events</a> |
| 2006. 09. 14. ... 09. 16. | Budapest               | XII. Országos hegesztési tanácskozás                                                       | <a href="http://www.bmf.hu/hegkonf2006">www.bmf.hu/hegkonf2006</a>             |
| 2006. 09. 20. ... 22.     | Aachen                 | Grosse Schweißtechnische Tagung                                                            | <a href="http://www.dvs-ev.de/termine/events">www.dvs-ev.de/termine/events</a> |
| 2006. 09. 25. ... 27      | Graz-Seggau<br>Austria | 8th. International Seminar Numerical Analysis of Weldability                               | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2006. 11. 08. ... 10.     | Tampere<br>Finland     | Nordic Welding EXPO 06<br>Exhibition for Cutting & Joining                                 | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2006. 11. 09 ... 10.      | Erding                 | 7. Kolloquium „Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen“                                         | <a href="http://www.dvs-ev.de">www.dvs-ev.de</a>                               |
| 2006. 11. 21. ... 22.     | Bangkok<br>Thailand    | The First South East Asian Iw<br>International Welding Congress                            | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2007. 06. 19 ... 21,      | Aachen                 | 8. Internationales Kolloquium<br>„Hart- u. Hochtemperaturlöten und<br>Diffusionsschweißen“ | E-Mail: <a href="mailto:tagung@dvs-hg.de">tagung@dvs-hg.de</a>                 |
| 2007. 09. 19. ... 21      | Essen                  | Grosse Schweißtechnische Tagung                                                            | <a href="http://www.dvs-ev.de/termine/events">www.dvs-ev.de/termine/events</a> |
| 2007. 07. 01. ... 08.     | Croatia                | 60. Annual Assembly of the International Institute of Welding                              | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2008. 07. 06. ... 11.     | Graz<br>Austria        | 61. Annual Assembly of the International Institute of Welding                              | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2009.                     | Singapore              | 62. Annual Assembly of the International Institute of Welding                              | <a href="http://www.iw-iis.org">www.iw-iis.org</a>                             |
| 2009. 09. 14. ... 19.     | Essen                  | 17. Internationale Fachmesse Schweißen<br>& Schneiden 2009                                 | <a href="http://www.dvs-ev.de/termine/events">www.dvs-ev.de/termine/events</a> |

## OKLEVÉL

A DUNAFERR ALKOTÓI ALAPÍTVÁNY KURATÓRIUMA

**FÜLÖP ZSOLTNÉ**  
RÉSZÉRE

A DUNAFERR RT. ÉS AZ ÁLTALA ALAPÍTOTT  
GAZDASÁGI TÁRSASÁGOKNÁL, ILLETVE A VELE  
EGYÜTTMŰKÖDÉSBE LEVŐ SZERVEZETEKNEK  
A DUNAFERR ÉRDEKÉBEN VÉGZETT

KIEMELKEDŐ MŰSZAKI ALKOTÓI MUNKA,  
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉG ELISMERÉSEKÉNT

**"DUNAFERR TANÁCSOSA"**

CÍMET ADOMÁNYOZ

DUNAÚJVÁROS, 2006. ÁPRILIS 26.

LUKÁCS PÉTER  
KURATÓRIUM ELSŐKE

## Gratulálunk!

Kollegáknak,  
szakértőnknek,  
az MHTÉ tagvállalata,  
a Dunaferr Zrt.  
képviselőjének  
műszaki alkotói munkája,  
tudományos tevékenysége  
elismeréséhez.

Az MHTÉ kollektívája

**Tisztelt Ügyfelünk!**  
**Kedves Olvasónk!**

Szakfolyóiratunk a hirdetni kívánók igénye kielégítése céljából továbbra is az eddigi, színskála alapján történő választási lehetőséget szeretné biztosítani.

Az úgynevezett színes (color) hirdetésen kívül választási lehetőséget adunk a fekete-fehér hirdetéseknel egy vagy több kísérőszínnel megjelenő hirdetésekre.

**Az újság vágott mérete: 215 x 290 mm.**

**A hirdetések mérete:**

|     |            |                       |
|-----|------------|-----------------------|
| A/4 | kifutó     | 215+10 mm x 290+10 mm |
|     | nem kifutó | 190 mm x 250 mm       |
| A/5 | fekvő      | 190 mm x 125 mm       |
|     | álló       | 125 mm x 250 mm       |
| A/6 |            | 125 mm x 100 mm       |
|     | fekvő      | 190 mm x 70 mm        |
|     | álló       | 60 mm x 250 mm        |

**A 2006-ra vonatkozó ÁFA nélküli hirdetési árak az alábbiak:**

|                                  | Méret |    |    |     |
|----------------------------------|-------|----|----|-----|
|                                  | A4    | A5 | A6 |     |
| <b>Színes hirdetés</b>           |       |    |    |     |
| Címlap fotó<br>(218 mm x 168 mm) | 110   | –  | –  | eFt |
| Hátsó külső borítón              | 100   | –  | –  | eFt |
| Első belső borítón               | 95    | –  | –  | eFt |
| Hátsó belső borítón              | 90    | –  | –  | eFt |
| Belíven                          | 85    | 70 | 60 | eFt |

**Fekete-fehér hirdetés a belíven**

|                    |    |    |    |     |
|--------------------|----|----|----|-----|
| kísérő szín nélkül | 80 | 60 | 50 | eFt |
| + 1 kísérő színnel | 82 | 62 | 52 | eFt |
| + 2 kísérő színnel | 84 | 64 | 54 | eFt |
| + 3 kísérő színnel | 86 | 65 | 56 | eFt |

Az MHTÉ tagvállalatai 10% kedvezményre jogosultak.  
Az a tagvállalat, amely egy naptári évben 4 alkalommal hirdet, az 15% kedvezményre jogosult.

Az a hirdető, aki nem tagja az MHTÉ-nek, de egy naptári évben 4 alkalommal hirdet, 7,5% kedvezményre jogosult. A kedvezmények érvényesítése az év végi számlában történik meg.

  
Hoffmann Sándor  
főszerkesztő

**LAPZÁRTA MINDEN NEGYEDÉV  
ELSŐ HÓNAPJÁNAK 10. NAPJA.**



## Folyóirat megrendelő

### Megrendelem

a Hegesztéstechnika című folyóiratot

☐ példányban

☐ folyamatosan a visszavonásig

**Az éves előfizetői díjat befizetem**

☐ belföldi postautalványon

személyesen a MHTÉ pénztárában

☐ átutalom  
a Magyar Hegesztéstechnikai  
és Anyagvizsgálati Egyesülés  
K&H 10200964-20214205 számú  
számlájára

Cím, ahová a folyóirat postázását kérem:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Aláírás (jogi személyeknél cégszerű aláírás)

\_\_\_\_\_



## Hirdetés megrendelő

Hirdetni kívánok a Hegesztéstechnika  
alábbi számaiban

| Szám   | A/4 | A/5 | A/6 | Színes | Fekete | * | B. I. | B. II. | Belív | B. III. | B. IV. | db |
|--------|-----|-----|-----|--------|--------|---|-------|--------|-------|---------|--------|----|
| 2006/4 |     |     |     |        |        |   |       |        |       |         |        |    |
| 2007/1 |     |     |     |        |        |   |       |        |       |         |        |    |
| 2007/2 |     |     |     |        |        |   |       |        |       |         |        |    |
| 2007/3 |     |     |     |        |        |   |       |        |       |         |        |    |
| 2007/4 |     |     |     |        |        |   |       |        |       |         |        |    |

Kérem igényem előjegyzését!

\*: Kísérőszín száma: 

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|

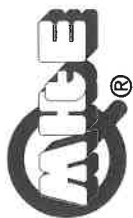
FELADÓ

Név:

Telefon/fax:

Lakcím:

Cég neve és címe:



VÁLASZLEVELEZŐLAP

**Magyar Hegesztéstechnikai  
és Anyagvizsgálati Egyesülés**

BUDAPEST,  
Fogarasi út 10-14.

**1148**

FELADÓ

Név:

Telefon/fax:

Lakcím:

Cég neve és címe:



VÁLASZLEVELEZŐLAP

**Magyar Hegesztéstechnikai  
és Anyagvizsgálati Egyesülés**

BUDAPEST,  
Fogarasi út 10-14.

**1148**

**Felelős kiadó:** dr. SZABÓ BÉLA, az MHE igazgatója  
**Főszerkesztő:** HOFFMANN SÁNDOR Telefon: 467-2810  
**Szerkesztő, hirdetés szervező:** GAYER BÉLA  
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,  
1107 Budapest, Fertő utca 8. Telefon/fax: 263-3292

**Felelős vezető:**

Gollob Józsefné, a PLANTIN Kft. ügyvezető igazgatója

A folyóirat évente négyszer jelenik meg.

1 példány ára 2006. évben: 250,- Ft + 15% ÁFA.

**Évi előfizetési díj:** 1000,- Ft + 15% ÁFA.

Előfizethető a Magyar Hegesztéstechnikai  
és Anyagvizsgálati Egyesülésnél.

**ISSN 1215-8372**

## Hirdetési index

|                          |         |                         |        |
|--------------------------|---------|-------------------------|--------|
| Air Liquide Kft.         | B I     | Géper Kft.              | 44     |
| AC Plymovent Kft.        | 20      | GTE / MHE / BME         | 9      |
| Böhler Kereskedelmi Kft. | B. II.  | Invent Welding Kft.     | 18     |
| C&T Kft.                 | 42      | Linde Zrt.              | 28, 29 |
| Centrotool               | 3       | Mátra Diagnosztika Kft. | 30     |
| Cooptim Ipari Kft.       | B. III. | Messer Hungarogáz Kft.  | B IV   |
| Corweld Plus Kft.        | 4, 35   | Migatronik Kft.         | 53     |
| Crown Kft.               | 11      | Polyweld Kft.           | 36     |
| DLT Kft.                 | 12      | Qualiweld Kft.          | 43     |
| EMGÉ-V Kft.              | 19      | REHM Kft.               | 55     |
| ESAB Kft.                | 41      | Sotox Kft.              | 3, 54  |
| FGF Bt.                  | 44      | Soyer Magyarország Kft. | 54     |
| Froweld Kft.             | 22      | Weldotherm Kft.         | 10, 21 |

## FONTOS!

Kérjük azon hirdetőinket, akik kész hirdetést adnak le, hogy azt Postscript file-ban, Linotronic 930-as levilágítóra készítsék el, és printet is adjanak mellé.

Azon hirdetőink, akik ezt nem tudják megoldani, a kész hirdetéseiket TIF-ben, EPS-ben vagy PSD-ben adják le, CMYK-re színre-bontva, és azokat levilágítás előtt beleszerkesztjük az anyagba.



# »OBSERVER«

OBSERVER BUDAPEST MÉDIAFIGYELŐ KFT.

1084 Budapest, Auróra utca 11.

Telefon: 303-4738; Fax: 303-4744

**Világszerte  
sok százezren...**

**Megbízható  
partner...**



**... a hegesztéshez,  
forrasztáshoz,  
vágáshoz,  
csiszoláshoz.**

**Hegesztéstechnikai  
eszközök,  
ív- és lánghegesztő  
készülékek,  
csiszolóanyagok,  
védőeszközök,  
elektródák,  
forrasztóanyagok  
és szerszámok  
nagy választékban  
kaphatóak  
hegesztéstechnikai  
áruházunkban,  
szaküzleteinkben.**

**... nem tévedhetnek!**

**Hegesztőpisztolyainkat  
világszerte alkalmazzák  
- Önöknél is?**



**Cooptim®**

*A Binzel kizárólagos forgalmazója*

**Hegesztéstechnikai áruházunk:**

2030 **Érd**, Budafoki út 10.  
Tel.: (23) 521 430 Fax: (23) 521 439  
E-mail: info@cooptim.com

**Szaküzleteink:**

8000 **Székesfehérvár**, Géza u. 54.  
Tel.: (22) 504 170 Tel./fax: (22) 301 751

2330 **Dunaharaszti**, Alsónémedi út 65.  
Tel./fax: (24) 492 128



## Szakértelem - ami összeköt

A védőgáz a hegesztés sikerének lényeges tényezője, mivel az adott keverék és gáztisztaság döntő mértékben befolyásolja a hegesztési munka minőségét és gazdaságosságát. Széles termékínálatunk az alaptermékektől az egyedi felhasználói igényekhez igazított speciális gázkeverékekig minden minőségi igényt kielégít.

A **Ferromix** védőgázokat ötvözetlen és gyengén ötvözött acélokhoz ajánljuk. Az **Inoxmix** termékeket kifejezetten erősen ötvözött acélokhoz fejlesztettük ki. A **Formálógázokat** erősen ötvözött és részben gyengén ötvözött acéloknál gyökvédelemhez alkalmazzák.

A **Megalas** termékcsoport a lézerhegesztésnél és lézerforrasztásnál használatos védőgázokat foglalja össze. Az **Alumix** védőgázok alumínium és nemvas fémek hegesztésénél növelik az eljárásbiztonságot, továbbá lényegesen csökkentik, illetve megszüntetik a porozitást és az utómunkaigényt.

Profitáljon Ön is átfogó szakértelmünkéből!



**MESSER**



Messer Hungarogáz Kft.  
Váci út 117.  
1044 Budapest  
Tel. +36 1 4351 100  
Fax +36 1 4351 101  
info@messer.hu  
www.messer.hu

Part of the Messer World ■ ■ ■