

Átlapolt horganyzott lemezek MIG/MAG hegesztése

Az ívhegesztés forrása számos a környezetre káros hatást okoz (UV sugárzás, zaj, füst, fröcskölés...), A horganyzással történő korrózió elleni védelem az autóiparban éppen úgy, mint a fémfeldolgozó ipar más területein nem ismeretlen, sőt elterjedt gyakorlat.

Az utóbbi évek fejlesztései azonban az autóiparban a gépjárművek szerkezetét tekintve az autók súlyának csökkentésére, valamint a minél hatékonyabb korrózióvédelemre irányultak. A súlycsökkentést a minél vékonyabb szelvényméretek alkalmazása teszi lehetővé, melynek minőségi, valamint szilárdsági követelményeit az alapanyaggyártóknak kell kielégíteni. E követelmények teszik indokoltá a horganyzási technológiák, valamint bevonattípusok folyamatos fejlesztését.

Az alapanyagok horganyzása jellemzően már a gyártási folyamatokat, mint például a hegesztést, megelőzően megtörténik, így a gyártás során a különféle gyártási technológiáknál annak hatásával számolni kell. Ez tehát magával vonzza a hegesztési technológia, esetünkben a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztő eljárás fejlesztési lehetőségeinek felkutatását.

E fejlődéshez szeretnénk hozzájárulni jelen cikkünkkel, mely az eddig a tűzi horganyzott acéllemezek MAG eljárással történő hegesztésének témakörében összegyűjtött tapasztalatainkon és kísérleteink eredményén alapul.

2. Horgany és horganyzási technológiák

Mi is a horgany? Horgany vagy cink, nem minden esetben egyértelmű a válasz, pedig mindkét szó ugyanazt az elemet jelöli, előbbi magyarul, míg utóbbi németül [1]. Általánosan horganyzásként nevezzük a felületbevonó technológiát, ami a gyakorlatban nem minden esetben takar tisztán horgany, vagy cink bevonatot, hanem sokszor vas-cink vagy alumínium-cink bevonatról beszélhetünk [1].

A horganybevonat lemezre történő felvitele történhet:

- tűzi mártó eljárással,
- elektrolitikus horganyzással,
- fémszórással,
- festéssel.

Minden eljárás esetében különbség van a horgany réteg vastagsága, tapadása, valamint tömörsége között. A leggyakoribb eljárások a tűzi mártó eljárás, valamint az elektrolitikus horganyzás [2].

Az utóbbi néhány évben a gyártók egyre nagyobb része váltott az elektrolitikus horganyzásról tűzi mártó eljárásra, így egyre gyakrabban találkozhatunk ilyen típusú lemezekkel.

**AIR LIQUIDE Hungary
Ipari Gáztermelő Kft.**

H-1013 Budapest,
Krisztina krt. 39/b

Tel: 06-1-339-8650
Fax: 06-1-339-8649

Dr. Szabó Péter
country manager
AIR LIQUIDE WELDING Kft.
peter.szabo@airliquide.com

Takács Zoltán
senior local expert
AIR LIQUIDE Hungary Kft.
zoltan.takacs@airliquide.com

A tűzihorganyzással készített bevonat jellemzően tömör, vastagsága 10-150 μm [3],

A tűzihorganyzási technológia lehet:

- szakaszos,
- folyamatos.

Jellemzően a szakaszos technológiával darabárúk bevonatolása történik, melyeken a hegesztett kötések elkészítése - amennyiben szükséges - horganyzás előtt történik.

Folyamatos technológiával készített bevonatos termékek jellemzően széles-, és keskeny- lemezzsalagok, melyek alakítása, valamint hegesztése horganyzás után végezhető el. Az autóiparban járatos lemezek is ebbe a csoportba tartoznak.

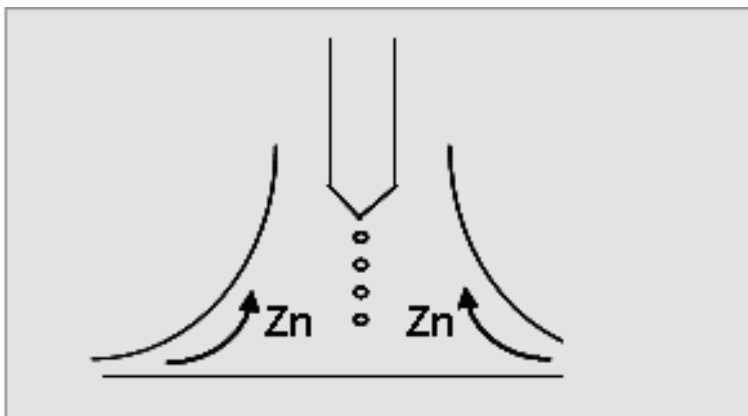
3. Jelenségek tűzihorganyzott acéllemezek fogyóelektrodás védőgázos ívhegesztésénél

A tűzihorganyzott lemezek ívhegesztésénél, összehasonlítva a bevonat nélküli lemezekkel, az alábbi jelenségekkel kell számolnunk:

- erős fröcskölés,
- porozitás, felületi hibák.

3.1. Fröcskölés

Védőgázos fogyóelektrodás ívhegesztő eljárás alkalmazásánál minden esetben számolnunk kell fröcskölési veszteséggel, melynek mértéke a hozaganyag arányának 1-5% [4]. Azt hogy kisebb, vagy nagyobb mértékű a fröcskölés, azt az általunk beállított munkapont, a védőgáz, hegesztő anyag típusa, minősége, és számos további paraméter határozza meg.



1.ábra: Cink forrás[6]

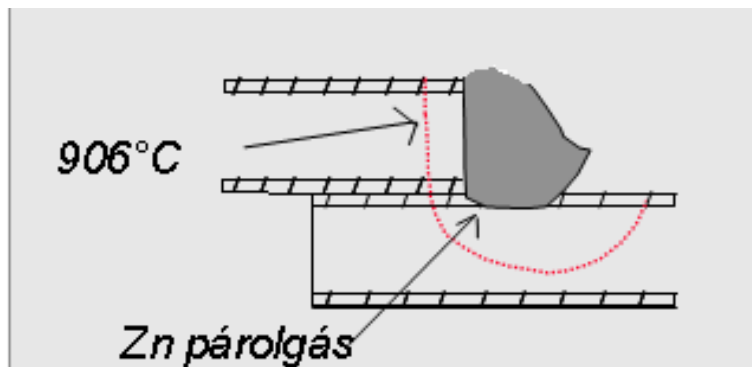
Tűzihorganyzott acéllemezek hegesztése esetén ugyanazon az előzőekben említett paraméterek helyes beállítása mellett erősebb fröcskölés tapasztalható. Ennek oka feltételezhetően a lemez felületéről felgőzölgő horgany (1.ábra), ami megváltoztatja az ívátmoszférában található gáz összetételét és átkerülünk a

rövidzárlatosból az átmeneti tartományba, ahol 3-4 szeres is lehet a fröcskölés erőssége. Ez az egyik oka az esetünkben fellépő magasabb fröcskölésnek [5].

3.2. Porozitás és felületi hibák

A varratban keletkező gázpórusok általános esetben arra a tényre vezethetők vissza, hogy a fémek gázelnyelő képessége a hőmérséklet növekedésével nő, majd a fürdő kristályosodásakor az elnyelt gázoknak nincs elég ideje kijutni a fürdőből, hanem gázpórusok formájában benne maradnak. Ezek a gázok jellemzően a levegőből származó oxigén és nitrogén, valamint a varrat környezetében található nedvességből származó hidrogén. A hegfürdőt MAG eljárás esetén a védőgáz hivatott védeni az előbbieken említett gázoktól. Ha a védőgáz EN 439 szabványnak megfelelő minőségű, mennyisége jól van illesztve a hegesztés paramétereire, mint pozíció, áramerősség, valamint varrat típus, akkor porozítás mentes varratot kell kapnunk.

Tűzhorganyzott acéllemezek átlapolt hegesztett kötéseinek készítése esetén az előzőekben leírt varrat porozitást okozó gázok mellett számolnunk kell még egy forrással, a két lemez között lévő horgannyal. A horgany forráspontja $906\text{ }^{\circ}\text{C}$, tehát ahol a hőmérséklet ezt eléri (2. ábrán látható pirossal jelölt izoterma), a lemez felületéről felgőzölög a horgany [5].



2. ábra: A hő által érintett zóna [6]

A horganygőz mennyisége függ a bevonat vastagságától, a $906\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os izoterma által behatárolt terület nagyságától, tehát a hőbeviteltől. Mivel a lemezek szorosan illesztettek ezért a horganygőz a hegfürdő irányában kényszerül kijutni az ott jelentkező parciális nyomás hatására, melynek a nagysága a horgany mennyiségétől függ [5]. A varrat kigázosodása a fürdő viszkozitásától, létidejétől függően végbemegy, vagy nem teljesen megy végbe és a varratban gázpórusok formájában elnyelődik, így vagy nem okoz látható hibát, vagy feljut a felszínre és felületi hibát okoz.

A teljesség igénye miatt meg kell említenünk, hogy a horgany leégése a varrat környezetében ezeknél a feladatoknál természetes jelenség, viszont megrendelői oldalról ez nem kritérium, hanem kényszerű kompromisszum. Ezeknél a feladatoknál nem a korrózióvédelmi, hanem a szilárdsági szempontok az elsődlegesek. A korrózióvédelmet utólagos felületvédelemmel is biztosítják.

A fentiekben ismertett jelenségek teszik fontossá, hogy a hibák megszüntetésének céljából az alkalmazott technológiát felülvizsgáljuk. Jelen kutatómunka az alkalmazható hegesztőanyagok és hegesztési védőgázok oldaláról vizsgálja a lehetőségeket.

4.2. Alkalmazható hegesztőanyagok, védőgázok

A horgany bevonatos acéllemez hegesztés-technológiájának tervezésekor az eljárás kiválasztása után a hozaganyag típusának meghatározását végeztük el. Erre a célra három, a kereskedelmi forgalomba kapható változatot találtunk alkalmasnak, melyek tulajdonságait 1. táblázatban foglaltuk össze. Az első a normál szerkezeti acélokhoz alkalmazott ötvöztelen huzal, melyet ma az ipari gyakorlatban is széleskörűen alkalmaznak horganyzott lemezek hegesztéséhez, hiszen az alapanyagok összetétele ezt indokolja.

| Szabvány szerinti besorolás | kémiai összetétel az egyes elemek tömegszázalékában | | | | |
|-----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|
| | C [%] | Si [%] | Mn [%] | Ti [%] | Al [%] |
| EN 440 G 46 3M G3 Si1 | 0,08 | 0,9 | 1,5 | | |
| EN 440 G2 Ti | 0,04 | 0,59 | 1,18 | 0,2 | 0,12 |
| EN 758 T3 TZ V 1 H15 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | | 2,2 |

1. táblázat: Hegesztőhuzalok kémiai összetétele

A második az EN 440 G2 Ti besorolású tömör hegesztő huzal, mely gyártói ajánlás szerint jól használható horgany bevonatos lemezek védőgázos fogyóelektródás hegesztéséhez argon/ szén-dioxid/oxigén háromkomponensű, vagy argon/szén-dioxid kétkomponensű védőgáz keverékkel kombinálva.

A harmadik választott hegesztőhuzal portöltetű huzal (EN 758 T3 TZ V 1 H15 besorolású) , mely gyártói ajánlás szerint jól alkalmazható cinkbevonatos lemezek átlapolt kötéseinek készítéséhez mind automata és kézi hegesztés esetén argon+szén-dioxid+oxigén vagy argon-széndioxid védőgáz keverékkel kombinálva.

A hegesztési védőgázkeverékek (2. táblázat) kiválasztása elsősorban a huzalokhoz ajánlott gyártói ajánlások alapján történt.

| EN 439: 1998 szerinti besorolás | Ar [%] | Co ₂ [%] | O ₂ [%] |
|---------------------------------|--------|---------------------|--------------------|
| C1 | - | 100 | - |
| M21 | 82 | 18 | - |
| M14 | 96 | 3 | 1 |

2. táblázat: Védőgázok vegyi összetétele

5. Hegesztési kísérletek

A hegesztési kísérletekhez EN 10 327: 2000 szerinti DX51D + Z 275 –N-A-C alapanyagot használtunk. Ez az alapanyag egyszerű lemezalakítási feladatokhoz

jól alkalmazható, 275 g/m² kétoldali cink bevonattal van ellátva ami ~ 20 µm cinkbevonatot jelent oldalanként. A lemezvastagság 2 mm. A hegesztés során átlapolt kötéseket készítettünk kézi védőgázos fogyóelektródás eljárással PA pozícióban, az előzőekben már ismertetett hegesztőhuzal és védőgáz 3. táblázatban összefoglalt kombinációival.

| Sorszám | védőgázkeverék | Huzal |
|---------|----------------|-----------------------|
| 1 | C1 | EN 440 G 46 3M G3 Si1 |
| 2 | M21 | EN 440 G 46 3M G3 Si1 |
| 3 | M14 | EN 440 G 46 3M G3 Si1 |
| 4 | C1 | EN 440 G2 Ti |
| 5 | M21 | EN 440 G2 Ti |
| 6 | M14 | EN 440 G2 Ti |
| 7 | C1 | EN 758 T3 TZ V 1 H15 |
| 8 | M21 | EN 758 T3 TZ V 1 H15 |
| 9 | M14 | EN 758 T3 TZ V 1 H15 |

3. táblázat: Hegesztőhuzal védőgáz kombinációk

A hegesztés során megfigyelt paraméterek a füstképződés és fröcskölés mértéke, a hegesztési sebesség, valamint a hegfürdő viselkedése voltak.

A szokásos bevonat nélküli alapanyagok hegesztéséhez képest csekély mértékben nőtt a hegesztési füstképződés, kivételt képezett a porbeles huzal, melynek alkalmazása természetesen erősebb füstképződést okozott.

A különböző hegesztési védőgázok alkalmazása esetén a fröcskölés mértékének változása volt tapasztalható. Ahogy csökkent a védőgáz szén-dioxid tartalma, úgy csökkent a hegesztés közbeni fröcskölés is. Porbeles huzal esetén a fröcskölés erősebb volt, mint tömör huzalok esetén.

Az argon/szén-dioxid gázkeverék használata esetén a hegesztési sebesség csekély mértékű növelhetősége volt megfigyelhető.

A hegfürdő viszkozitása változott a különböző védőgázok alkalmazása esetén. A hegfürdő az oxigén komponenst is tartalmazó védőgáz használata esetén terült a legjobban.

A különböző tömör huzalok alkalmazása között a hegesztés során nem volt észlelhető különbség, viszont a porbeles huzal alkalmazása a 90°-os vezetési szög

miatt nehézséget okozott a hegesztő számára, hiszen a huzal és pisztoly takarta a hegfördőt.

6. Hegesztett kötések ellenőrzése

Az autóiparban az ilyen jellegű kötésekkel szembeni követelmények a varrat esztétikára, valamint a beolvadási mélységre vonatkoznak. Ezért elegendő lenne egy szemrevételezéses vizsgálattal, valamint keresztirányú csiszolat készítésével ellenőrizni a varratot. Mivel a kísérlet során azonban arra voltunk kíváncsiak, hogyan tudjuk csökkenteni a szívódási üregeket, a felületre kinyílt gázpórusokat hegesztés során - feltételezve, hogy a felületi hibák száma és a gázpórusok száma arányos egymással - ezért látnunk kell, hogy mely hegesztőanyag kombinációk alkalmazása esetén csökken a varratban a gázpórusok száma. Ennek meghatározása radiográfiai vizsgálattal történt.

A vizsgálatok eredménye a 4. táblázatban látható.

| Sorszám | szemrevételezéses vizsgálat | röntgenvizsgálat | makroszkopikus csiszolat | minősítés |
|---------|-----------------------------|------------------|--------------------------|-----------|
| 1 | megfelelt | rossz | megfelelt | megfelel |
| 2 | megfelelt | rossz | megfelelt | megfelel |
| 3 | nem felelt meg | rossz | nem felelt meg | nem |
| 4 | megfelelt | közepes | megfelelt | megfelel |
| 5 | megfelelt | kedvező | megfelelt | megfelel |
| 6 | nem felelt meg | rossz | nem felelt meg | nem |
| 7 | nem felelt meg | rossz | nem felelt meg | nem |
| 8 | megfelelt | kedvező | megfelelt | megfelel |
| 9 | nem felelt meg | kedvező | megfelelt | nem |

4. táblázat: A vizsgálatok eredményének összefoglalása

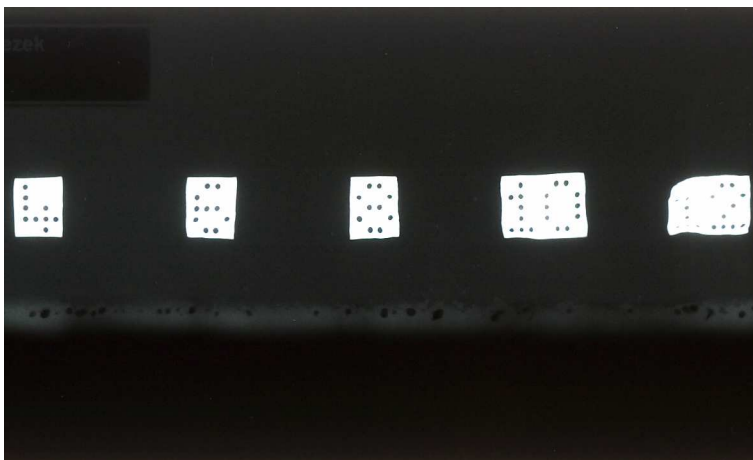
A szemrevételezéses vizsgálat a MSZ EN 970: 1999 szerint lett végrehajtva, a beolvadási mélység vizsgálatánál követelmény volt, hogy a beolvadásnak el kellett érni az alapanyag 15%-t. A röntgenképek kiértékelésénél a varratokban található gázpórusok száma alapján történt az osztályozás, így a rossz minősítés jelenti a legmagasabb számú gázpórust tartalmazó, míg a kedvező a legalacsonyabb gázpórus tartalmú varratot.

A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a különböző védőgázok és huzalok hatása élesen szétválasztható egymástól. A szemrevételezéses vizsgálatnál

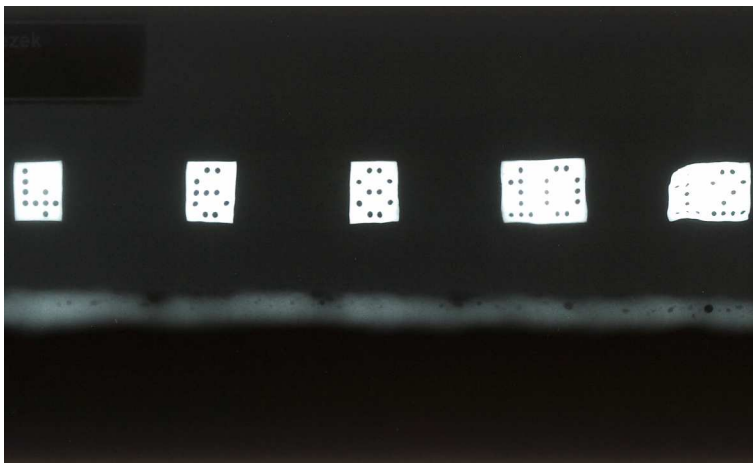
Budapest, 2006 december

egyértelműen megállapítható volt a magas argon tartalmú védőgázok használatának előnye a varrat esztétikai tulajdonságára.

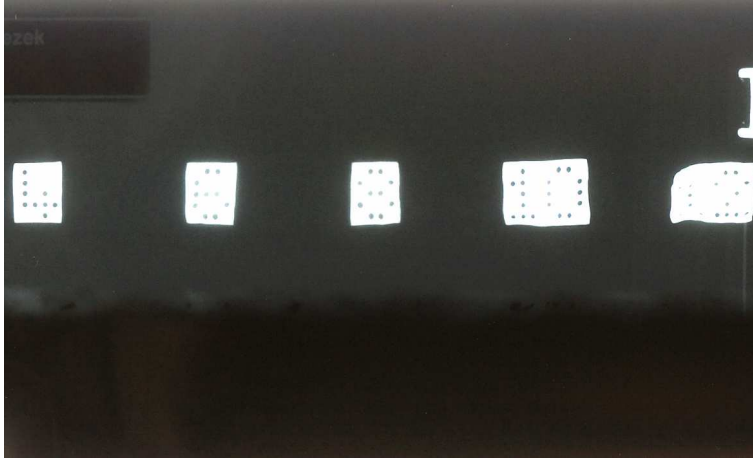
A röntgenfelvételek kiértékelésénél szembetűnő volt hogy minden kötés tartalmaz gázzárványt. A zárványok mennyisége, alakja és eloszlása azonban igen változatos. A különböző védőgázok alkalmazása esetén például jól megfigyelhető a gázzárványok méreteinek változása, mint az az 1. röntgenképen jól látható. A gázpórusok mérete a 18% szén-dioxidot tartalmazó argon védőgáz esetén a legkisebb, tiszta szén-dioxid védőgáz alkalmazása esetén közepes és az oxigént is tartalmazó háromkomponensű védőgáz esetén a legnagyobb.



1.röntgenkép: Az EN 440 G 46 3M G3 Si1 huzal és 82% Ar + 18%CO₂ védőgáz kombinációjával készített varrat röntgenfelvétele



2. röntgenkép: EN 440 G2 Ti huzal és 82% Ar + 18%CO₂ védőgáz kombinációjával készített varrat röntgenfelvétele



3. röntgenkép: EN 758 T3 TZ V 1 H15 huzal és 82% Ar + 18%CO₂ védőgáz kombinációjával készített varrat röntgenfelvétele

A hegesztőhuzalok hatása is jó látható a röntgenképek elemzése során. A kétfajta tömör huzal között jól látható (1. és 2. röntgenkép), hogy az alumíniumot és titánt is tartalmazó EN 440 G2 Ti besorolású huzal alkalmazása esetén a varratok kevesebb gázpórust tartalmaztak. A tömör huzalokkal szemben azonban az EN 758 T3 TZ V 1 H15 besorolású porbeles huzallal készített varratok (3. röntgenkép) még kevesebb gázpórust tartalmaztak.

A keresztirányú csiszolatokról készített makroszkópikus felvételeken látható, hogy a kívánt beolvadási mélység elérése a háromkomponensű gázkeverék, valamint a portöltetű huzal és szén-dioxid, a gyártói ajánlással nem összhangban lévő alkalmazása esetén jelenthet problémát. Az argon/szén-dioxid keverék alkalmazásával mindhárom huzal esetén teljesíthető volt az előírt követelmény, ahogy az a 1. 2. és 3. képeken látható.



1. kép: 82%Ar + 18%CO₂ védőgáz, G3Si1 huzal kombinációval készített varrat keresztirányú makroszkópikus csiszolata



2. kép: 82%Ar + 18%CO₂ védőgáz, NERTALIC ZN huzal kombinációval készített varrat keresztirányú makroszkopikus csiszolata



3. kép: 82%Ar + 18%CO₂ védőgáz, SAFDUAL ZN huzal kombinációval készített varrat keresztirányú makroszkopikus csiszolata

7. Következtetés

Az elvégzett hegesztések és a varratok vizsgálata alapján megállapítható, hogy a horgany bevonatos acéllemez hegesztése esetén a 82% argont és 18% széndioxidot tartalmazó védőgáz és az EN 440 G2 Ti besorolású, titánnal és alumíniummal mikroötvözött hegesztőhuzal alkalmazása célszerű. Az ezzel készített varratok esetében a gázpórusok száma alacsonyabb volt, az esztétikai és beolvadási előírások teljesülése mellett, mint a többi kísérleti beállításban. Feltételesen, de jól alkalmazható ugyanezen védőgáz és az EN 758 T3 TZ V 1 H15 besorolású portöltetű huzal kombinációja, amivel a varrat porozitás tovább csökkenthető, azonban ha kézi eljárásként alkalmazzuk, akkor érdemes hosszabb

Budapest, 2006 december

betanítási időt biztosítani a hegesztőnek az elvárt varrat minőség biztosítása céljából.

Fontos megjegyezni, hogy a kísérlet során a horgany bevonat típusa, a bevonat képzés módja, a horganybevonat vastagsága, a pisztolyvezetés szöge, a hegesztőhuzal és munkadarab relatív helyzete, a lemezek illesztési rése rögzített paraméterek voltak. Így ezek, valamint a hőbevitel és a hegesztési sebesség változásának hatását a kísérlet eredményére - jelen kísérletek során - nem vizsgáltuk. Viszont a hegesztési kísérletek alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a feltárt eredmények a felsorolt jellemzők vizsgálatával kiegészítve a tűzi horganyzott acéllemezek átlapolat hegesztett kötéseinek hegesztési technológiája tovább javítható.

A kutatómunka során nyújtott segítségükért köszönettel tartozunk az ÁEF Laboratórium, Minell Kft, Mátra-Hegesztéstechnikai Kft és a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék munkatársainak.

Referenciák

- [1] Dr. Pék Lajos, Lukács Adorján: Cink a „horgas” fém
Tűzihorganyzás, III. évfolyam 3. szám (2004) p.: 10-11
- [2] Dr. Nemes Katalin: Tűzihorganyzást, galvanizálást vagy más eljárást válasszunk?
Tűzihorganyzás, I. évfolyam 1. szám (2002) p.: 10-11.
- [3] Dr. Hencsei Pál: A cink szerepe a korrózióvédelemben
Tűzihorganyzás, I. évfolyam 1. szám (2002) p.: 4-6
- [4] ESAB Kft.: Hegesztőgépek első kiadás (2002)
- [5] Denis Astier, Christian Bonnet: Problems raised by MAG welding of galvanised steel sheets
AIR LIQUIDE Reserch Service Materials (1995)
- [6] Denis Astier, Christian Bonnet: MAG welding of galvanised steels
AIR LIQUIDE (2003)
- [7] Dr. Török Imre: Tűzihorganyzott lemezek ellenállás-ponthegesztése
doktori értekezés, Miskolci Egyetem