

Hegesztési füst és károsanyag képződés csökkentése célszerűen megválasztott hegesztési paraméterekkel és hegesztőanyagokkal

Az ívhegesztés forrása számos a környezetre káros hatást okoz (UV sugárzás, zaj, füst, fröcskölés...), melyek miatt elengedhetetlen az egyedi, valamint kollektív védőfelszerelések alkalmazása a hegesztő személyzet, valamint a hegesztés környezetében dolgozók egészségének védelme érdekében. Ennek a védelemnek az egyik nagyon fontos eleme a gépkezelők, a hegesztő személyzet képzése, mely során megismerkednek e káros hatások következményeivel. Fontos a hegesztők tudásának fejlesztése, tudatosítani kell ugyanis ezen káros hatások csökkentésének lehetőségeit, például helyes hegesztési paraméterek használatával és természetesen a megfelelően tervezett füstelszívás szükségessége és használata fontosságának hangsúlyozásával a hegesztő munkahelyeken.

A füstkibocsátási ráta adatai alapján, ami könnyen megbecsülhető az ISO EN 15 011 szabvány alapján, a hegesztő üzemben lévő valós munkakörülmények figyelembe vételével jól meghatározható az alkalmazandó szellőztetés típusa.

Azonban nem mindig garantálható a kiválasztott szellőztetés, valamint elszívás hatása, mivel a hegesztés végrehajtásának módja a varratok helyétől, típusától függően egy adott munkahelyen belül is állandóan változhat. Így a legbiztosabb módja a káros hatások csökkentésének, ha már a keletkezésükkor próbáljuk meg csökkenteni mennyiségüket. Ez utóbbi gondolaton alapul az AIR LIQUIDE csoport fejlesztése, melynek keretein belül az utóbbi években több olyan „kevésbé szennyező” hegesztő anyagot fejlesztettek ki, melyek használatával a hegesztési helyet és annak környezetét kevesebb káros hatás éri, összehasonlítva hagyományos hegesztő anyagokkal. Természetesen ezen előnyök mellett a hegesztőanyagok kifejlesztésénél is figyelembe vettük a felhasználók termelékenységére és kezelhetőségre vonatkozó igényeit is, így a tulajdonságok a hagyományos hegesztőanyagokéval megegyeznek.

A füstképződés elmélete

A hegesztési folyamat közben apró részecskéket tartalmazó füst és többé kevésbé toxikus gázok egyaránt keletkeznek. Az apró részecskékből álló füst tartalmaz felhalmozódott, különböző méretű (0.005-20µm) fémes oxidokat, melyek az alapanyag valamint hozaganyag, és főleg ez utóbbi kémiai elemeinek párolgásából származnak. Ezek az elemek az ív hőjének hatására szétbomlanak, majd a védőgáz atmoszférából kilépve a levegővel érintkezvén kondenzálódnak és oxidálódnak, vagy bevont elektródás hegesztés esetén bomlástermékei bizonyos bevonatalkotóknak.

A keletkező gáz többnyire ózon, szén-dioxid és különféle nitrogén oxidok, NO_x. Az ózon jellemzően a villamos ív által emittált UV sugárzás hatására jön létre a környezeti levegő oxigénjéből. Az ózon nagyon erős oxidációs hatású, instabil molekula, amely a hegesztés során spontán reakcióba lép a fémgőzökkel. Az emittált mennyiség mértéke függ az alkalmazott hegesztő eljárástól, az ív teljesítményétől, a védőgáz tulajdonságaitól és az alapanyag típusától egyaránt.

AIR LIQUIDE Hungary
Ipari Gáztermelő Kft.

H-1013 Budapest,
Krisztina krt. 39/b

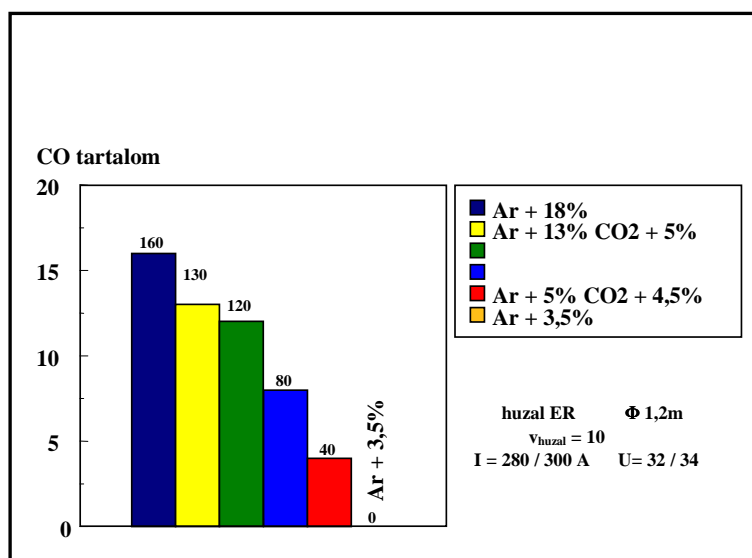
Tel: 06-1-339-8650
Fax: 06-1-339-8649

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

TIG eljárás esetén például a keletkezett ózon mennyisége nagyon alacsony, a legnagyobb mennyiségű ózon keletkezésére pedig magnéziummal nem ötvözött alumínium MIG/MAG hegesztése esetén számíthatunk (magnézium ugyanis az alacsony forráspontja miatt nagy mennyiségű füstöt okoz, ami az ózonképződés folyamatát gátolja).

Ötvözetlen acélok MAG hegesztésénél, CO₂ tartalmú védőgáz használata mellett a legjelentősebb gázszennyező a CO. A keletkezett szén-monoxid mennyisége egyenesen arányos a védőgáz által tartalmazott szén-dioxid mennyiségével (1. ábra). Azonban a CO₂ teljes mennyiségének számítása a védőgázból, mint tudjuk nem megoldható az alkalmazhatóság feltételeinek csorbulása nélkül.

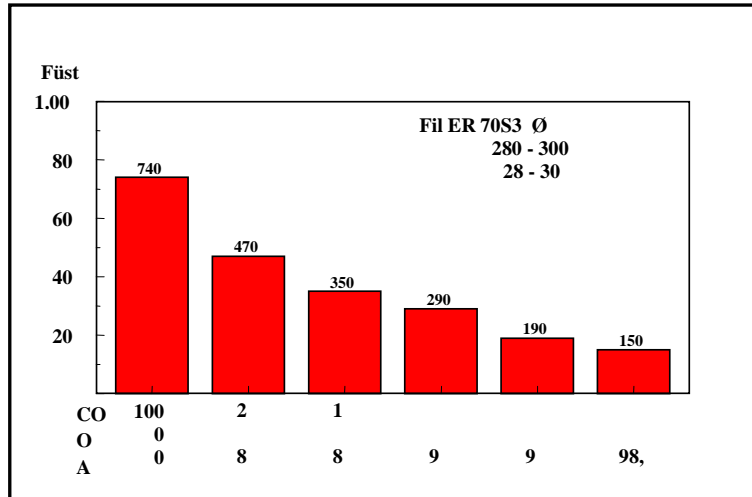


1. ábra: CO₂ tartalom hatása a szén-monoxid keletkezésére MAG hegesztés esetén

A keletkező nitrogén oxidok főleg NO₂ formájában vannak jelen. A nitrogén oxidok a villamos ív által gerjesztett UV sugárzásnak, valamint magas hőmérsékletnek köszönhetően jönnek létre N₂ és O₂ kölcsönhatásából. Nitrogén-monoxid (NO) az ózon és NO₂ kölcsönhatásából jön létre. Mivel a MIG/MAG eljárások alkalmazásánál a N₂ tartalmú védőgázok alkalmazása, valamint alkalmazás esetén mennyisége nem számottevő, így az látható, hogy a NO_x mennyisége alacsonyabb, mint láng- vagy plazmavágás esetén.

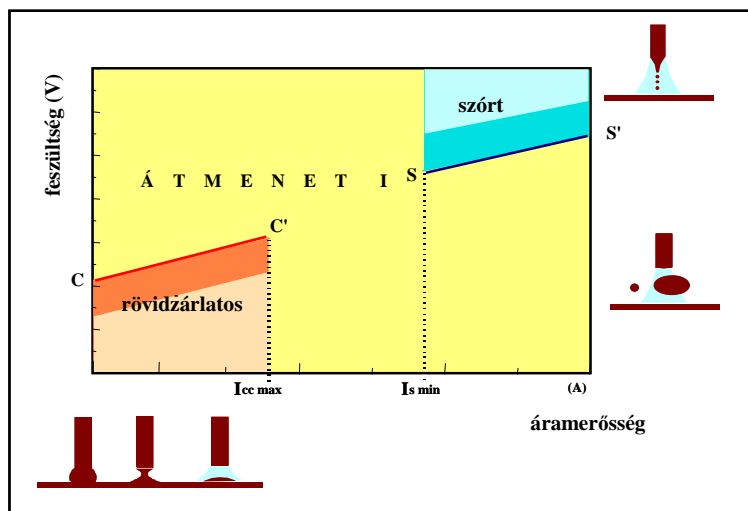
MIG/MAG hegesztési paraméterek hatása a hegesztési füstképződésre

Az UV sugárzástól eltekintve a hegesztési füst az elsődleges káros hatás, amivel számolnunk kell MIG/MAG hegesztés közben. Első közelítésben azt mondhatjuk, hogy a képződő füst mennyisége növekszik a védőgáz oxidációs potenciáljának növekedésével, ahogy az a 2. ábrán látható.



2. ábra: Füstképződés és a védőgáz atmoszféra kapcsolata

Ez a jelenség gyakran oka az állandó paraméterek mellett végrehajtott hegesztési füstképződés mérési adataiból történő helytelen következtetések levonásának. Valójában a MIG/MAG hegesztés inkább jellemezhető a hegesztési paramétereiből adódó 3. ábrán látható $U=f(I)$ elméleti diagramban ábrázolt különböző anyagátmeneti módokkal (3. ábra).



3. ábra: Anyagátmeneti módok és hegesztési paraméterek kapcsolata MIG/MAG hegesztés esetén

Az ábrán jól elkülönítve ábrázoltuk a rövidzárlatos, az átmeneti valamint a szórt íves anyagátmenet tartományait. Alacsony áramerősségnél a huzal és hegfürdő közötti anyagátmenet ún. rövidzárlatos módon megy végbe. Az anyagátmenet a következőképpen zajlik le, a cseppképződés elkezdődik, majd a huzal vége érintkezik a hegfürdő felületével, ekkor zárlat következik be, az ív kialszik, és az áramerősség hirtelen megnő, ami növeli az elektromágneses erőt, mely kezdetben a huzal keresztmetszetére merőleges szorító hatást fejt ki, majd segíti a cseppleválást. A cseppleválás után az ív újra létesül az alapanyag és a huzal elektróda között és az előbbieken ismertetett folyamat újra, és újra lezajlik.

Budapest, 2007 szeptember

Magasabb áramerősség tartományban, megfelelően beállított paraméterek mellett, a szórt íves anyagátmenet kialakulására számíthatunk. Ekkor a huzal megolvadt vége a kúp alakot veszi fel melynek tengelye, megegyezik a huzal tengelyével és huzal apró cseppek formájában válik le, és jut a hegfürdőbe. Minél magasabb az áramerősség, annál kisebb a cseppek átmérője és annál nagyobb sebességgel csapódnak a hegfürdőbe.

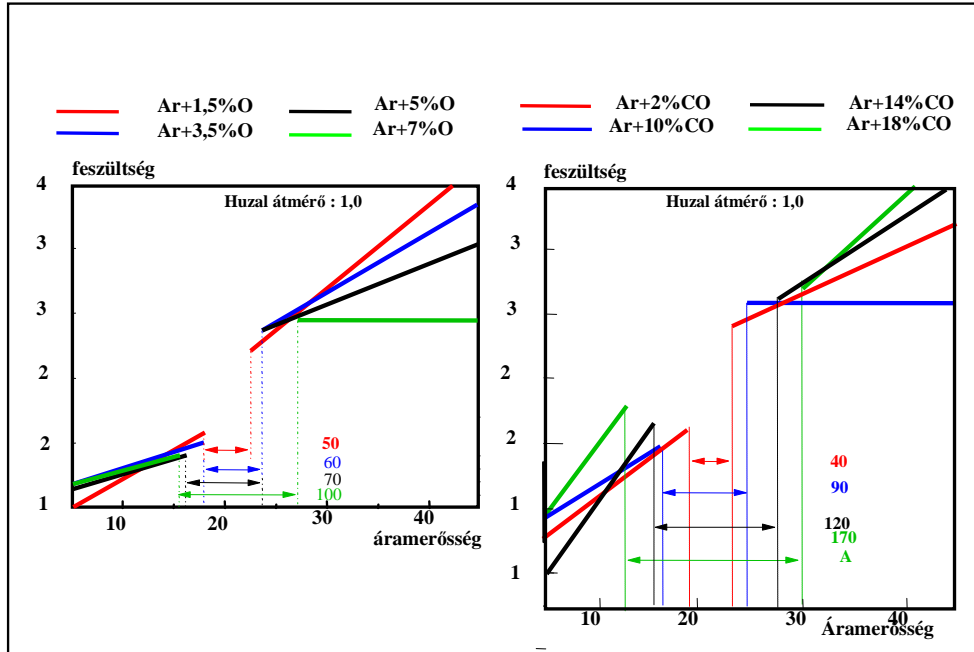
Közepes áramerősség alkalmazása esetén az anyagátmeneti mód átmeneti anyagátmenet néven ismert. A cseppek, melyek a huzal végén képződnek egészen addig nőnek, amíg jelentősen nagyobb nem lesz az átmérőjük a huzal átmérőjénél és ezután kiszámíthatatlan módon válnak le, és jutnak a hegfürdőbe, mielőtt a rövidzárlat bekövetkezne. Ez az anyagátmenet instabil és jelentős mennyiségű fröcsköléssel és füstképződéssel jár.

A hegesztési áramerősség az előbbieken leírt módon határozza meg az anyagátmenetet. Azonban nem elég az áramerősség megfelelő értéke, ahhoz hogy rövidzárlatos vagy szórt íves anyagátmenetet kapjunk, hanem az ívfeszültség megfelelő beállítása is követelmény, hiszen helytelenül megválasztott ívfeszültség esetén mindkét esetben átmeneti anyagátmenetet kaphatunk (túl magas feszültség alacsony áramerősséggel, valamint túl alacsony feszültség magas áramerősség mellett egyaránt az átmeneti anyagátmenetet eredményez).

A 3. ábrán I_{ccmax} -al jelöltük azt a maximális áramerősséget, ahol a rövidzárlatos anyagátmenet még kialakul és a CC' szakasz a felső határa annak a feszültségszintnek, ami ezt az anyagátmenetet lehetővé teszi; a gyakorlatban ezt a hegesztők általában egy kicsit alacsonyabbra a sötét narancsszínnel jelzett zónába állítják. I_{smin} -el jelöltük azt a minimális áramerősséget, ahol a szórt íves anyagátmenet már kialakul és SS' szakasz az alsó határa annak a feszültségszintnek, ahol ez az anyagátmenet lehetővé válik; a hegesztők általában egy kicsit magasabbra állítják ennek a feszültségnek az értékét a gyakorlatban.

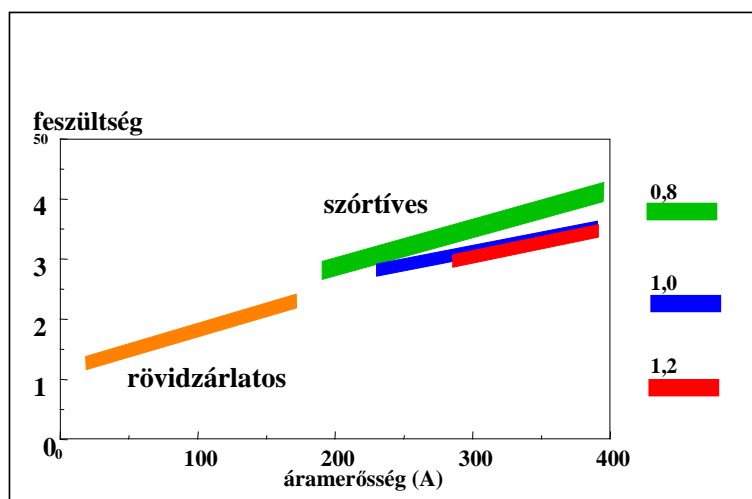
A pontos határai ezeknek az anyagátmeneti tartományoknak az $U=f(I)$ diagramban az adott gáz és huzal párok kombinációinak karakterisztikái. Ezek a védőgáz tulajdonságaitól és a használt huzal átmérőjétől függően alakulnak ki. Általánosságban elmondható, hogy úgy tűnik, hogy az argonhoz hozzáadott Co_2 vagy O_2 növeli a szélességét az átmeneti anyagátmenet tartományának, az I_{cc} paraméter csökkentésén valamint az I_{ss} növelésén keresztül, amint az a 4. ábrán jól látható. Az oxigén jelentősen csökkenti a cseppek felületi feszültségét, míg mindkettőnek ívstabilizáló hatása van. Az ábrán látható, hogy az 1.5% oxigént tartalmazó védőgáz használata esetén az átmeneti tartomány szélessége 50A, míg 7% oxigén tartalomnál 100A. Ugyanez a jelenség figyelhető meg a szén-dioxid tartalom változtatása esetén is, 2% Co_2 tartalmú védőgáz esetén az átmeneti tartomány 40A, míg a hagyományosan ötvözetlen acélokhoz alkalmazott 18% szén-dioxid tartalmú gáz esetén 170A.

Magasabb oxigén vagy szén-dioxid tartalom természetesen magasabb oxidációs hatást jelent, így ennek további negatív hatása van a hegesztési füstképződésre, ami - mint már említettük - tartalmaz a hegfürdőből és a fémcseppekről felgőzölgött fémes oxidokat. Itt meg kell említeni, hogy az oxigén oxidációs foka 2-szer magasabb a szén-dioxidénál.



4. ábra: A védőgáz CO₂ tartalmának hatása az átmeneti anyagátmenet területére (huzal ER 70 S3)

A huzal átmérőjének csökkentése az átmeneti tartomány területének csökkenését eredményezi. Mint az 5. ábrán jól látható, ez a területcsökkenés akár 50% is lehet, így ez az egyébként sem kívánatos anyagátmenet tartomány könnyebben elkerülhetővé válik. A másik pozitív hatása a huzalátmérő csökkentésének, hogy azonos áramerősség használata esetén a huzal előtolási sebesség jelentősen nő a vékonyabb huzal esetén, ami egyenesen arányos a leolvastási teljesítménnyel.

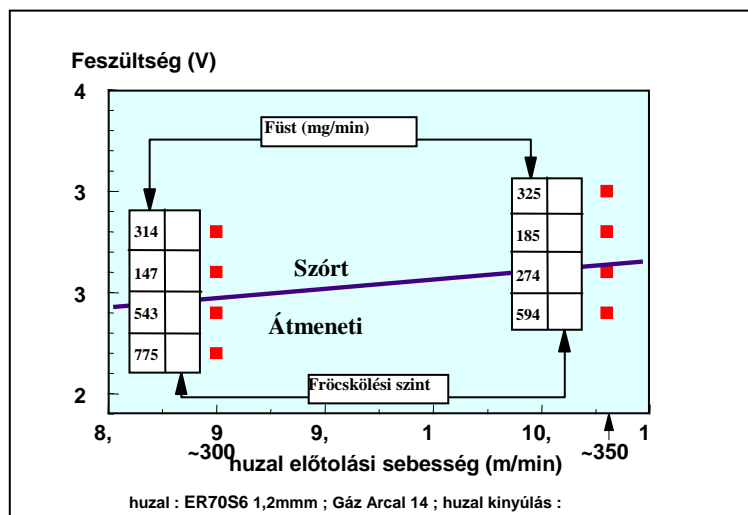


5. ábra: A huzalátmérő és anyagátmeneti mód kapcsolata

Most pedig vizsgáljuk meg, milyen összefüggés van ezen anyagátmeneti függvények és a hegesztőt és környezetét érő káros hatások, mint a hegesztési füst és fröcskölés között.

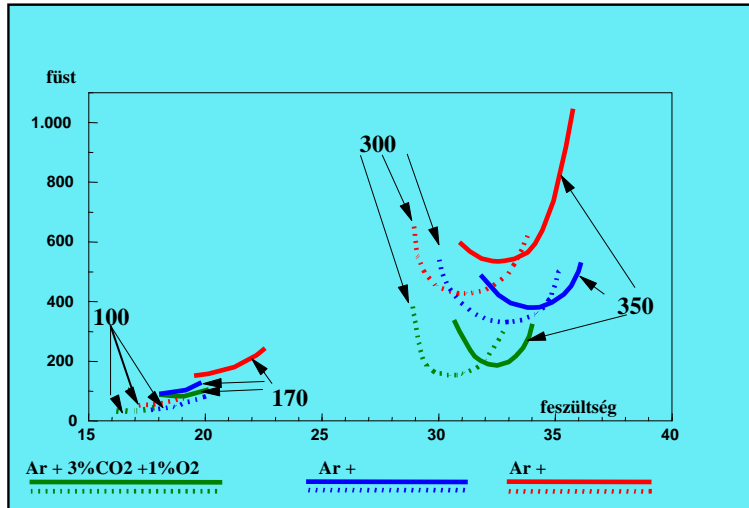
Budapest, 2007 szeptember

Az 6. ábrán egy háromkomponensű védőgáz keverékkel ARCAL 14 (Ar + 3%CO₂ +1%O₂) végrehajtott kísérlet eredményeit foglaltuk össze, melynek során a keletkező füst és fröcskölés mennyiségét mértük. Jól látható hogy a keletkező füst és fröcskölés mennyisége adott áramerősség mellett csökken, amennyiben az ívfeszültség értéke egy kicsit magasabb, mint az előzőekben már említett SS' minimális feszültségszint. Ezek alapján úgy tűnik, hogy amennyiben hegesztünk az adott huzal és gáz kombinációnak megfelelő áramerősséggel szórt íves anyagátmeneti tartományban és közben a feszültséget növeljük addig a pontig, amíg a tényleges szórt anyagátmenetet elérjük a keletkező füst és fröcskölés mennyisége számottevően csökken. Azonban tovább növelve a feszültséget a fröcskölés és füstképződés újra növekedni kezd. Ez utóbbinak az oka, hogy feszültség növelése az ívhossz növekedésével jár, mely erősíti a fémes elemek gőzölgését, így növeli a füstképződési rátát.

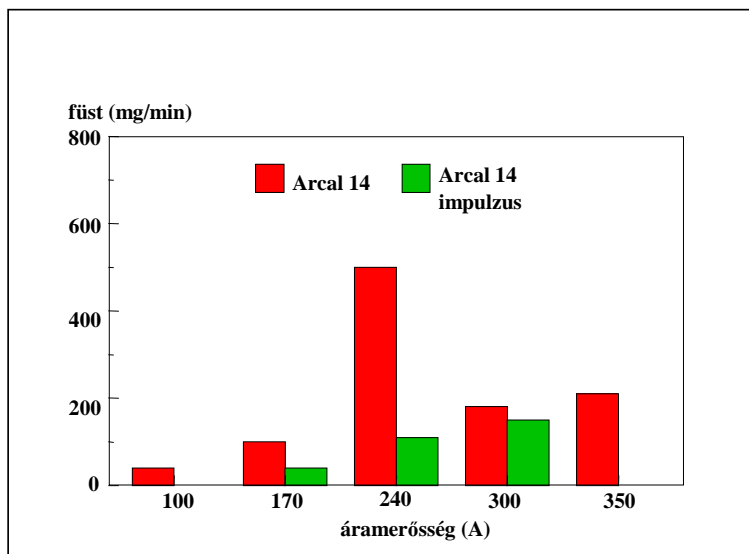


6. ábra: Füstképződés, fröcskölés és anyagátmenet közötti kapcsolat

Ez előbbieken leírtak teljesen általánosak MIG/MAG hegesztés esetén, bármilyen védőgázkeverék használata mellett, de jól kombinálható az adott feladathoz alkalmazható legkisebb oxidációs potenciálú keverék alkalmazásával, mellyel a füstképződés még tovább csökkenthető (7. ábra). Ilyen szempontból az előbb már említett ARCAL 14 védőgáz egy optimális megoldás lehet minden anyagátmenet, akár impulzusos anyagátmenet esetén is (8. ábra).



7. ábra: Védőgáz és a hegesztési paraméterek hatása a füstképződésre MAG hegesztésnél (huzal ER 70 S3, Ø 1.2 mm)



8. ábra: Impulzus üzemmód hatása a füstképződésre MAG hegesztés esetén (huzal ER 70 S3, Ø1.2 mm, védőgáz: ARCAL 14)

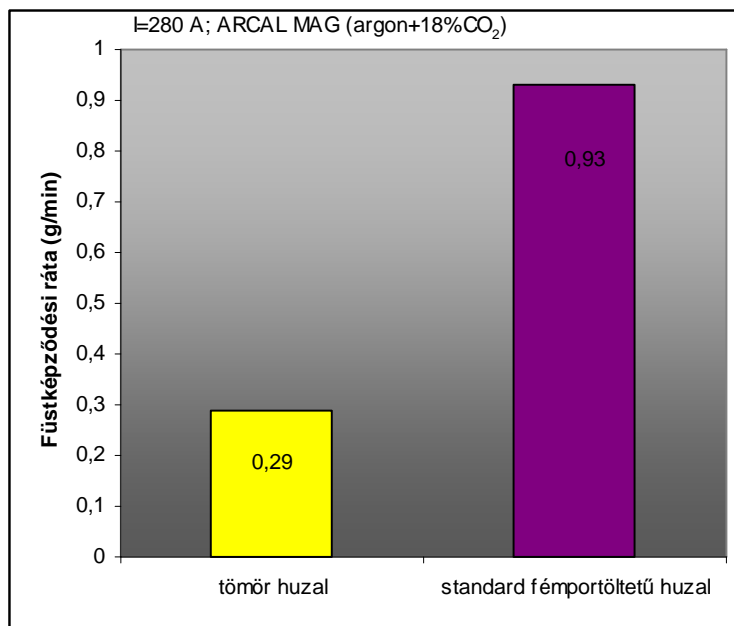
Az impulzusos anyagátmenet nagyszerűen használható az átmeneti anyagátmenet elkerüléséhez abban az esetben, ha az áramerősség és feszültség csúcsértéke elég magas, magasabb, mint ami szükséges a szórt anyagátvitel megvalósításához („S” pont a 3. ábrán) és a csúcsidő éppen elégséges a megolvadt fémcsepp hegfürdőbe juttatásához.

Ezen hegesztési paraméterek mellett megfigyelhető mind hegesztési füst mennyiségének (8. ábra – 240 A), mind a fröcskölés szignifikáns csökkenése.

Alacsony füst kibocsátású portöltetű huzalok

A portöltetű huzalok használat elsősorban a bevont elektródák hátrányainak kiküszöbölésére irányul. Azonban annak ellenére, hogy alkalmazásuk esetén a

leolvasztott hegesztőanyag és kibocsátott füst arány nem magasabb, mint a bevont elektróda használata esetén a nagyobb leolvasztási teljesítménynek köszönhetően az időegységre jutó füst kibocsátás magasabb és ez gyakran alkalmazásuk útjában áll. Ezen felül a portöltetű huzalok alkalmazása számottevően magasabb füstképződéssel jár, mint a tömör huzalok alkalmazása optimális körülmények között (9.ábra).



9. ábra: Hegesztőanyag típusának hatása a füstképződésre

Hegeszthetőségét az alkalmazott védőgáz és a portöltet összetevőinek tulajdonságai egyaránt meghatározzák. Összehasonlítva a tömör huzallal, több lehetőségünk van fontolóra venni olyan gáz/huzal kombináció alkalmazását, amely kisebb károsanyag terhelést jelent a hegesztő és környezete számára.

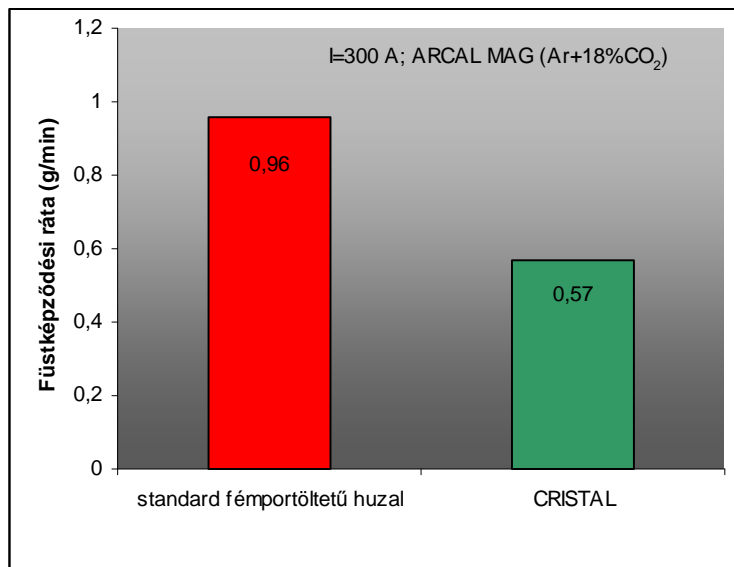
Ezeknek a fejlesztéseknek az első vonalát jelentette a néhány éve kifejlesztett ARCAL 22 (Ar+3.5%O₂) védőgáz, mivel CO₂-t nem tartalmazott így a portöltet alkotóinak kellett ellensúlyozni ennek hiányát. Az ARCAL 22 védőgáz oxidációs potenciálja nem magas, így alkalmazása a hegesztési füst mennyiségének csökkenését eredményezte. Továbbá ezen néhány huzal/gáz kombináció alkalmazása nem járt CO keletkezésével, mivel annak keletkezése csak a CO₂ mennyiséggel áll összefüggésben (1. ábra). Hátrány volt e huzal/gáz kombinációk alkalmazásának, hogy a felhasználót egyszerre kényszerítette a huzal és a védőgáz cseréjére, ami központi gázellátó rendszert használó felhasználók részére jelentett fokozott nehézséget. Ez utóbbi tény vezetett a CRISTAL™ termékcsoporthoz, amely alacsony károsanyag kibocsátású porbeles huzalok jól alkalmazhatók hagyományosan használt védőgázokkal.

A termékcsoporthoz ma tartozik két fajta cső vagy lemez technológiával készített fémportöltetű huzal, melyek jól hegeszthetők Ar/CO₂ védőgázzal, valamint kétfajta rutiltal, melyek CO₂ védőgázzal hegeszthetők és elérhetők varratos, vagy varrat nélküli kivitelben.

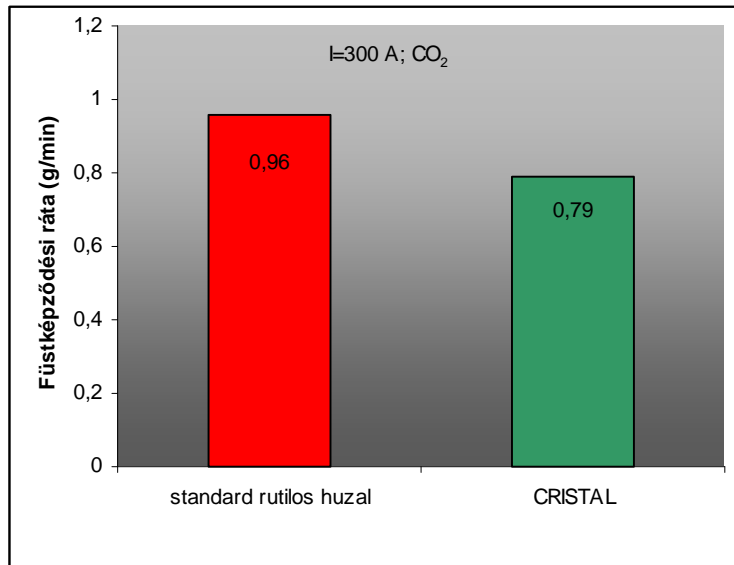
Az alacsony károsanyag, valamint füst kibocsátásra irányuló előírások és vevői igények miatt szükséges volt fejleszteni a töltet összetevőit, a kezelhetőségi és metallurgiai jellemzők megtartása mellett. Ez a fejlesztés egyaránt jelentette a

speciális alacsony karbon tartalmú ferroötvözetek és speciális fémporok, valamint különleges minőségű lemezek és cső alkalmazását. Ma már elmondható, hogy ezen huzalok hegeszthetőségi tulajdonságai (operative performances) szignifikánsan jobbak, mint a hagyományosan alkalmazott portöltetű huzaloké és megfelelnek az AWS 5.20 (Rutilos portöltetű huzalok) valamint AWS 5.18 (fémportöltetű huzalok) szabványok előírásainak.

A CRISTAL™ és hagyományos portöltetű huzalok füst kibocsátásának összehasonlítása látható a 10., 11. ábrákon. Mindkét esetben szignifikáns különbség látható (20-40%) azonos hegesztési körülmények között. A mérések 1.2 mm átmérőjű portöltetű huzalokkal 300 A hegesztési áramerősségen 20 mm áramátadó távolsággal. A paraméterek az EN 15011-4:2003 szabvány alapján lettek választva, mely szerint a helyes áramerősség a huzal gyártója által előírt maximális paraméter 90%-a, az áramátadó távolságot a huzal átmérő határozza meg, az optimális feszültséget pedig tapasztalt hegesztő állítja be.

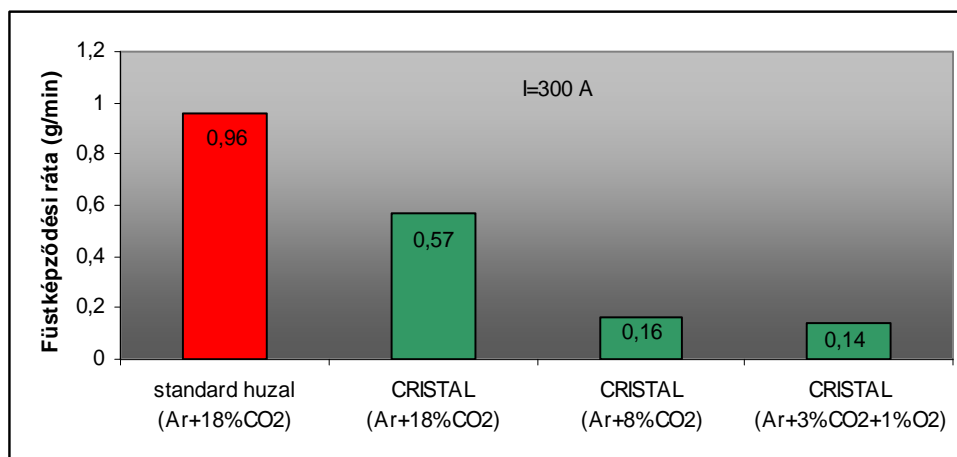


10. ábra: Füstképződés standard fémportöltetű huzallal valamint CRISTAL™ fémportöltetű huzallal történő hegesztés esetén



11. ábra: Füstképződés standard rutilos portöltetű huzallal valamint CRISTAL™ rutilos portöltetű huzallal történő hegesztés esetén

Továbbá, mint azt már leírtuk, a füst és károsanyag képződés jól csökkenthető az alkalmazható legkisebb oxidációs potenciálú védőgáz használatával. Ezt figyelembe véve optimális megoldásnak tűnik alacsony oxidációs potenciálú védőgáz és az alacsony füstkibocsátású huzal kombinációja, hiszen így az előnyök összeadódnak és a képződő hegesztési füst még tovább csökkenthető. A 12. ábrán látható a védőgáz füstképződésre gyakorolt hatása fémpor töltetű huzallal történő hegesztés esetén. Látható, hogy ARCAL 21 (Ar+8%CO₂) védőgáz alkalmazása ARCAL MAG (Ar+18%CO₂) alkalmazásával szemben CRISTAL™ huzal esetén 70%-al csökkenti a füst és károsanyag mennyiségét, míg ARCAL 14 (Ar+3%CO₂+1%O₂) védőgázzal ez a mennyiség még tovább csökkenthető. A legalacsonyabb füst és károsanyag kibocsátás ez utóbbi védőgáz és CRISTAL™ fémtöltetű huzallal érhető el, ami 85%-os füstképződés csökkenést is jelenthet a hagyományos fémportöltetű és ARCAL MAG védőgáz használatához képest.

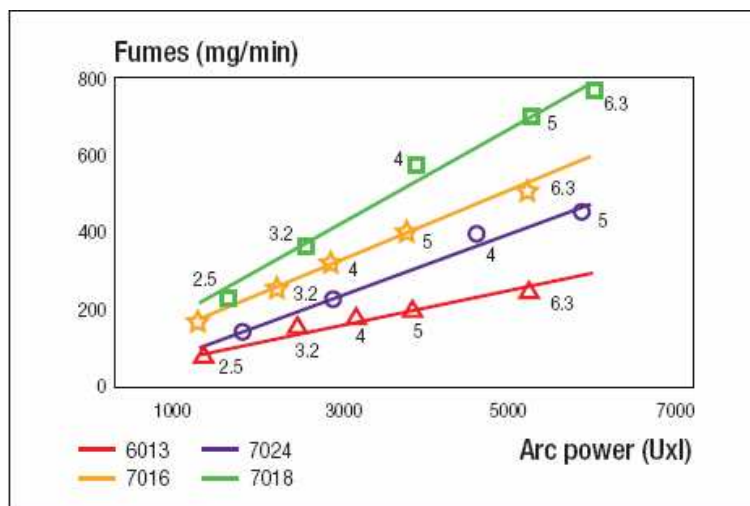


12. ábra: A védőgáz oxidációs potenciálváltozásnak hatása a füstképződésre CRISTAL™ fémtöltetű huzal esetén

Bevont elektródák alacsony füst és károsanyag kibocsátással

A keletkező füst és károsanyag mennyisége bevont elektródás ívhegesztésnél a hegesztési paraméterek (U, I) és a bevonat típusának a függvénye.

A 13. ábrán ábrázoltuk a füstkibocsátási értékeket kétfajta rutilos és kétfajta bázikus bevonat esetén, különböző átmérők és teljesítmény mellett. Minden esetben az adott átmérőhöz tartozó gyártó által ajánlott hegesztési áramerősséget alkalmaztuk. Azt meg kell jegyezni, hogy a füstkibocsátási ráta változik akkor is, ha az áramerősséget változtatjuk a minimum és maximum alkalmazható értékek között, adott elektróda átmérő mellett. Mindent egybevetve figyelembe vehetjük első megközelítésben, hogy a rutilos elektródák füstkibocsátási rátája a leolvasztott fém tömegének arányában 0.8 és 1% között van, míg a bázikus elektródák esetében ez az érték 1,5 és 2% tartományban mozog.



13. ábra: Elektróda átmérő és bevonat típus hatása a füstképződésre (rutilos: DC-; bázikus: DC+; I= gyártói ajánlás szerint, U= rövidítvvel hegesztve)

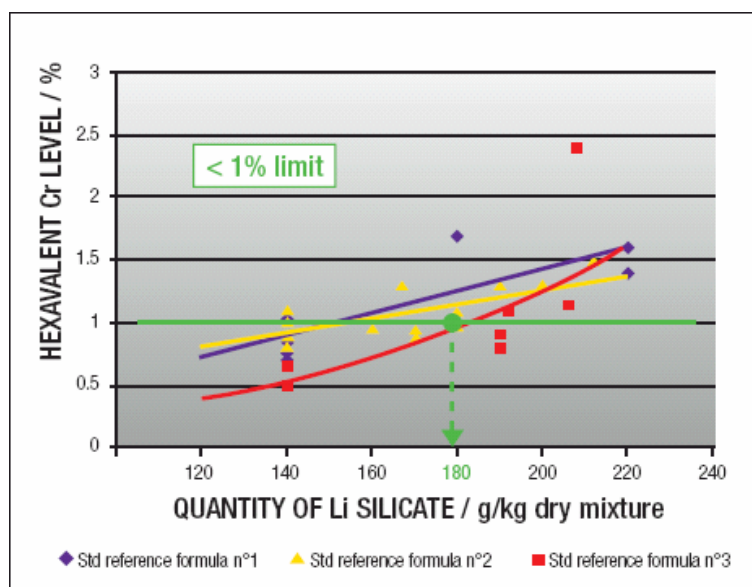
Azonban a standard elektróda bevonatok receptjeinek megváltoztatásával mára ezeket, az értékeket már sikerül jelentősen lecsökkenteni bármely típusú elektróda esetén. Azonban ezek a változtatások olyan többlet költséget generáltak, amely már nem teszi lehetővé ezen elektródák költség hatékony üzemi alkalmazását, kivéve az erősen ötvözött esetet, azok közül is a korrózióálló acélokhoz alkalmazott elektródákat. Ez utóbbiaknak a füstje mindig tartalmaz jelentős mennyiségű hat-vegyértékű krómot (kb. 4%), melynek a toxicitási indexe 100-szor magasabb, mint a „standard” füstnek. (LV Cr^{VI}: 0.05mg/m³; LV Std füst: 5 mg/m³). Így alkalmazásuk esetén sokkal körültekintőbben kell eljárni a füstelszívással kapcsolatosan, mint hagyományos elektródák esetén.

A bevonat összetételének megváltoztatása lehetővé teszi a hegesztési füstben jelen lévő króm jellegének megváltoztatását és mennyiségének csökkentését. Ezáltal lehetővé válik az operátor által belélegzett levegő minőségének számottevő javítása, ami csökkenti a követelményt az elszívás hatékonyságával szemben.

Az alapelve a Cr^{VI} képződésnek jól ismert, ezért a mennyiségének csökkentéséhez elégséges a bevonatból a Na-t, valamint K-t tartalmazó elemeket kihagyni és helyettesíteni őket lítium tartalmú elemekkel. A gyakorlati megvalósítása azonban meglehetősen nehéz ennek a megoldásnak, hiszen a lítium kötőanyag

Budapest, 2007 szeptember

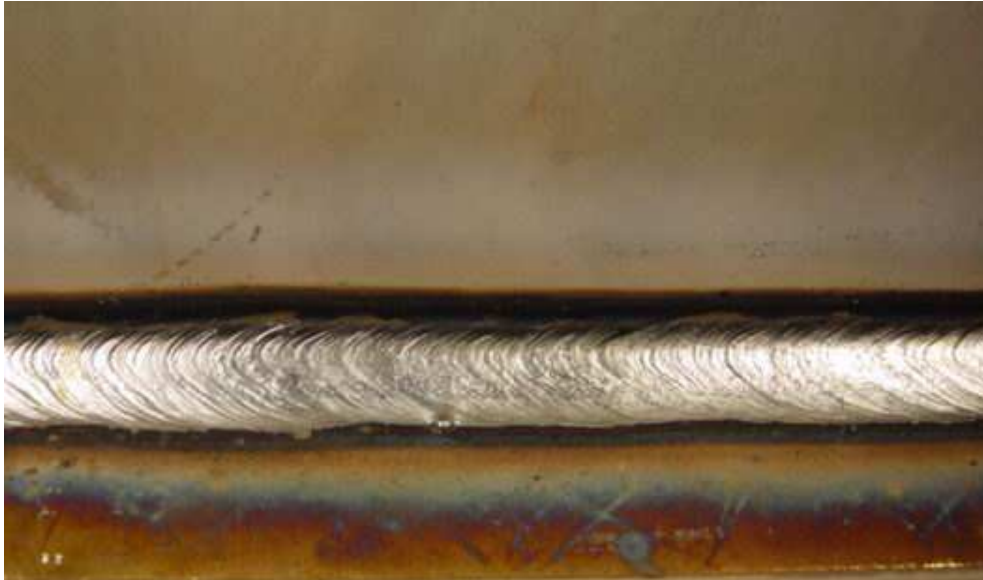
alkalmazása az elektróda-bevonatot törékennyé, valamint könnyen morzsolódóvá teszi és még a hegesztési tulajdonságokat is rontja („soft” arc, nehéz salakeltávolíthatóság). Ezen okok miatt ez a típusú elektróda nem volt piacra bocsátva, annak ellenére hogy a lítium alkalmazásnak Cr^{VI} csökkentő alapelve már évek óta ismert. Valójában a kötőanyag mennyiségének nagyon precíz adagolásával (14. ábra), valamint a megfelelő részecskeméret beállításával és a megfelelő tulajdonságú por alkalmazásával lehetővé válik olyan elektróda gyártása, amely kielégíti mind a füstképződésre, mind a bevonat rugalmasságára és az elektróda hegeszthetőségére vonatkozó követelményeket.



14. ábra: A folyékony lítium szilikát hatása a hegesztési füstben keletkezett hatértékű króm mennyiségére

Az új CRISTALTM termékcsoport AWS 5.4 szabvány feltételeit kielégítő rutilos, 308L, 316L és 309L korrózióálló acélokhoz alkalmazható elektródák fejlesztése az előzőekben leírt alapelvek alapján történt. Köszönhetően a speciális receptnek ezen elektródák tulajdonságai egyedülállóak: hegeszthetőségük egyenértékű a hagyományos rutilos elektródákéval, míg a bevonat állóság, a hegeszthetőségi tulajdonságok (ívjellemzők, egyenletes anyagátmenet, varrat esztétika, könnyű salakeltávolíthatóság, ívgyújtási, valamint oltási tulajdonságok) jobbak. Amint az a 15. és a 16. ábra összehasonításakor észrevehető hogy a CRISTALTM elektródával hegesztett lemez felületén jelentősen kevesebb a visszamaradt füst, valamint a varrat felület is tisztább.

Budapest, 2007 szeptember



15. ábra: 316L típusú Ø3.2 mm átmérőjű CRISTAL™ elektródával hegesztett varrat



16. ábra: 316L típusú Ø3.2 mm átmérőjű standard elektródával hegesztett varrat



17. ábra: Füstképződés különböző elektródák használatánál (balra: CRISTAL™ 316L, Ø3.2; balra: standard 316L, Ø3.2)

A 17. ábrán látható felvételeken pedig jól érzékelhető a képződő füst mennyisége közötti különbség CRISTAL™ és hagyományos korrózióálló acélokhoz használt elektródák alkalmazása esetén, azonos hegesztési körülmények mellett.

Az 1. és 2. táblázatokban a hagyományos jelenleg elérhető korrózióálló, valamint a CRISTAL™ elektródák hegesztési füst méréseinek adatait foglaltuk össze. Jól látható hogy a keletkezett hegesztési füst CRISTAL™ alkalmazása esetén átlagosan fele, mint a normál elektróda esetén, a keletkezett Cr^{VI} mennyisége pedig negyede, sőt ötöde is lehet. Az időegységre vonatkoztatva a keletkezett Cr^{VI} mennyisége így nyolcada, akár tizede is lehet az eddig standardként alkalmazott elektródák Cr^{VI} kibocsátásának.

hegesztőanyag	átmérő	áramerősség	feszültség	füstképződési ráta
	mm	A	V	mg/s
CRISTAL E316L Dry	2,5	81	27,0	1,8
CRISTAL E316L Dry	3,2	106	25,7	2,0
CRISTAL E316L Dry	4,0	125	24,3	2,2
E316L standard	3,2	101	26,1	3,9

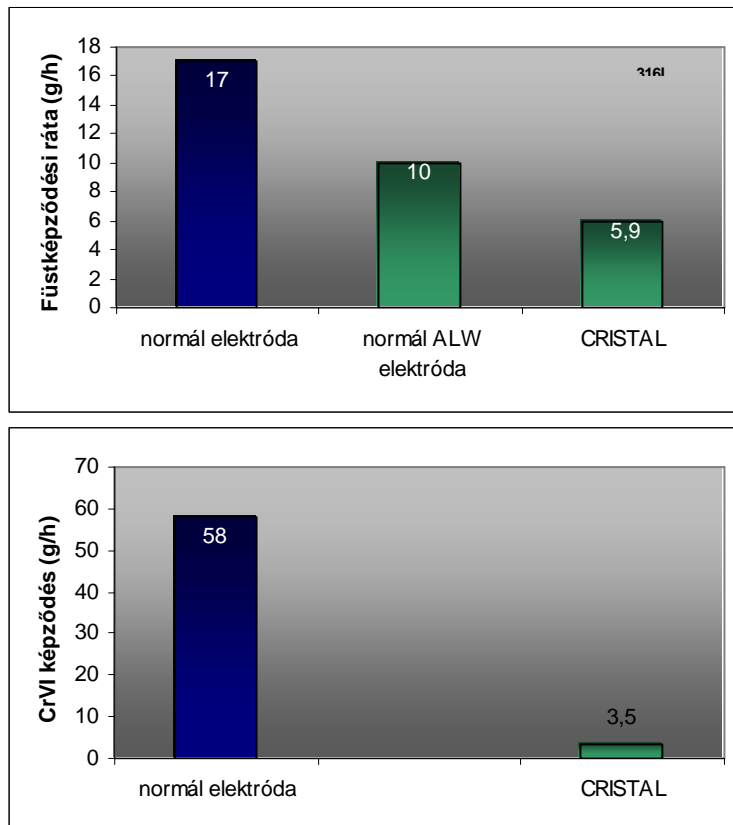
3. táblázat: Füstképződési ráta CRISTAL valamint standard elektródák esetén (forrás: TWI)

hegesztőanyag	átmérő	összetevők (%)						
	mm	Fe	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Cr ^{VI}
CRISTAL E316L Dry	2,5	8,4	5,0	0,73	5,6	0,16	0,06	0,57
CRISTAL E316L Dry	3,2	9,4	5,6	0,86	6,3	0,11	0,06	0,66
CRISTAL E316L Dry	4,0	10,0	5,8	0,77	5,7	0,06	0,06	0,62
E316L standard	3,2	3,2	2,4	0,29	3,8	0,16	0,05	3,20

2. táblázat: CRISTAL valamint standard elektródák hegesztési füstjének analízise (forrás: TWI)

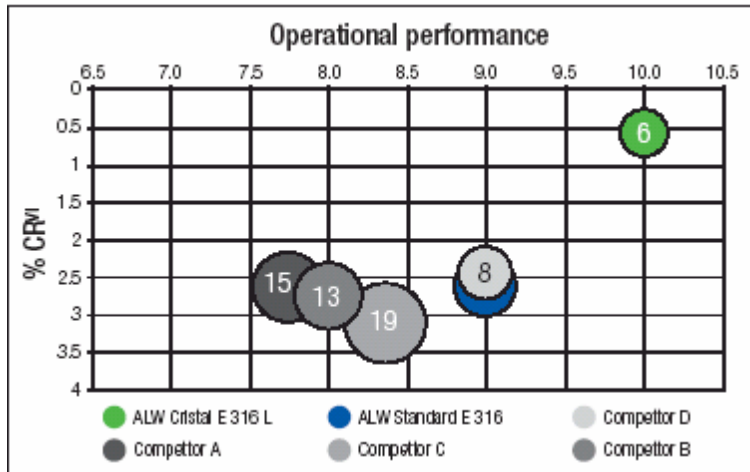
Budapest, 2007 szeptember

A 18. ábrán látható diagramok az időegység alatti füst, valamint Cr^{VI} képződés összehasonlítását tartalmazzák CRISTALTM, valamint normál elektródák esetére.



18. ábra: Hegesztési füst és Cr^{VI} képződés összehasonlítása CRISTALTM valamint normál elektródával végzett hegesztés esetén

A 19. sematikus ábrán jól összehasonlíthatóvá válnak a CRISTALTM elektródák, valamint normál elektródák különbségei hegesztési tulajdonságok, hegesztési füstképződés, valamint füstösszetevők tekintetében.



19. ábra: Sematikus ábrázolása a hegeszthetőségi tulajdonságoknak, valamint a keletkező füst és Cr^{VI} mennyiségének CRISTALTM valamint normál elektródák esetére (a körökbe írt számok a keletkező hegesztési füst mennyiségére adnak információt g/h-ban)

A hegesztési hozaganyagok osztályozhatók a becsült kockázati tényezőjük alapján (pr EN 150011-4: 2003), ami füst kibocsátási rátájukon, valamint a füst mérgezési fokán alapul.

Ez az osztályozási rendszer információt szolgáltat - függetlenül a füstképződési rátától és a füst mérgezési fokától - a hegesztési hozaganyagok alkalmazási kockázatáról.

Az osztályozásnak két módja ismert, az egyik a különböző összetevők kockázati faktorát összegzi, és így additív határértékeket állít fel (3. táblázat), míg a másik a füstben lévő kulcsösszetevőket, illetve azok veszélyességi faktorát veszi figyelembe (4. táblázat).

	Fume class	NHL (m ³ /h)	308L / 316L / 309L
Least hazardous ↑ ↓ Most hazardous	1	0-3000	2600 / 2400 / 2900
	2	3000-7000	
	3	7000-15000	9000 / 9500
	4	15000-35000	18500
	5	35000-60000	
	6	60000-100000	
	7	> or = 100000	

3. táblázat: Bevont elektródák füstképződés szerinti osztályozás a pr EN 15011-4:2003 alapján (zöld téglalapban a CRISTAL elektródák, piros téglalapban a standard elektródák)

		Least hazardous ↔ Most hazardous			
		Fume emission rate (mg/s)	< 3	3-8	8-15
		Welding consumable classification	a	b	c
Least hazardous ↑ ↓ Most hazardous	Welding fume limit value (mg/m ³)	5	5a	5b	5c
	> 4.5	4	4a	4b	4c
	3.5-4.5	3	3a	3b	3c
	2.3-3.5	2	2a	2b	2c
	1.5-2.5	1	1a	1b	1c
	0.5-1.5	0	0a	0b	0c
< 0.5					

4. táblázat: Bevonat elektródák füstképződés szerinti osztályozás a pr EN 15011-4:2003 alapján (zöld téglalapban a CRISTAL elektródák, piros téglalapban a standard elektródák)

A CRISTAL™ elektródák besorolása mindkét esetben minimum egy osztállyal magasabb, mint a normál elektródáké, ez is jól mutatja, hogy a hegesztési környezet jól fejleszthető alkalmazásukkal.

Következtetések

A hegesztési folyamat közben keletkező káros hatások intenzitása és tulajdonsága erősen függ a hegesztési eljárástól, de függ az alkalmazott hegesztőanyagok összetételétől is.

A fő hátrányait a MIG/MAG hegesztési eljárásnak a füstképződés és a fröcskölés jelentik. Ezek közvetlen kapcsolatban vannak az anyagátviteli móddal, mely függ a beállított elektromos paraméterektől és az ívatmoszférától egyaránt. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy előnyös lehet az alkalmazása olyan az alkalmazhatósági követelményeknek megfelelő védőgáznak, melynek a legalacsonyabb az oxidációs potenciálja. Ez alapján jó választásnak tűnik az ARCAL 14 alkalmazása szerkezeti acélok hegesztéséhez.

A portöltetű huzalok esetén a por összetételének célszerű változtatása teszi lehetővé a termékfejlesztést, így ezen alacsony füst kibocsátású huzalok hegeszthetővé válnak hagyományos védőgázokkal, de kisebb oxidációs potenciálú védőgázokkal a hegesztési füstképződés még szignifikánsabban csökkenthető, míg a hegeszthetőségi tulajdonságaik legalább egyenértékűek a hagyományos termékekkel. A CRISTAL™ termékcsalád rutilos és fémportöltetű huzalokat egyaránt tartalmaz.

Bevonatos elektródák esetén a füstképződés felére csökkenthető a bevonat receptúrájának célszerű megváltoztatásával, azonban a nagyon magas járulékos költségek miatt ezek az új fejlesztések csak erősen ötvözött elektródák esetén alkalmazhatóak költség hatékonyan. A CRISTAL™ termékcsalád bevonat elektródái jelenleg elérhetők a piacon 308L, 316L és 309L korrózióálló acélokhoz. Ezen elektródák hegeszthetőségi jellemzőik minimum egyenértékűek a hagyományos elektródákéval, míg alkalmazásukkor a hegesztési füst hat-vegyértékű króm tartalma körülbelül nyolcad részére csökken.

Budapest, 2007 szeptember

A hegesztés közbeni füstképződés csökkentése lehetővé teszi, jelentősen javítja a hegesztő által belélegzett levegő minőségét, valamint segít növelni a füstelszívás hatékonyságát. Ennek ellenére a CRISTAL™ termékcsalád használata sem ment fel a szokásos és előírt egészség védelmi eszközök alkalmazásától és elővigyázatosságtól hegesztés közben.

Referenciák

- [1] Bruno Leduey, Elodie Galand, Emmanuel Bauné, Christian Bonnet:
Improvement of the environment through consumable products
AIR LIQUIDE/ C.T.A.S. study 2005
- [2] Joachim Grundmann: Fume emission in gas arc shielded processes
AIR LIQUIDE study 2005