

## A CMT eljárás elméleti alapjai és gyakorlati alkalmazási lehetőségei

**Somoskői Gábor**

Froweld Hegesztéstechnikai és Kereskedelmi kft.  
1239 Budapest, Grassalkovich u. 255.  
Telefon: +36 1 2878477  
Fax: +36 1 2878476  
somoskoi.gabor@froweld.hu

**Abstract:** A cikk áttekinti az ipari igényeket, amelyek az eljárás kifejlesztését szükségessé tették, a fejlesztői munkát. Leírja az eljárás elméleti alapjait, a vezérelt rövidzárlatos anyagátvitel jellemzőit. Összeveti a hagyományos rövidzárlatos fogyóelektródás hegesztés jellemzőivel. Kitér az állandó és szabályozott ívhossz előnyeire, érzéketlenségeire a környezeti hatásokkal szemben. Leírja a vegyes CMT eljárás működését és előnyeit, ahol a rövidzárlatos cseppátmenetet impulzus ívvel társítjuk. Meghatározza az eljárás alsó és felső korlátait. A berendezés felépítésnek részletes ismertetése nélkül rámutat két műszakilag érdekes megoldásra, a huzal pufferre és húzómotor szervomotorjára. Részletesen taglalja az acél és alumínium közötti kötés nehézségeit, a szilárdságot és a korrózióállóságot befolyásoló tényezőket, a lehetséges kötés típusokat.

**Kulcsszavak:** CMT hegesztés, rövidzárlatos hegesztés, acél-alumínium kötése vezérelt rövidzárlatos hegesztés, impulzus hegesztés

### 1. Bevezetés

A CMT eljárás (Cold Metal Transfer) forradalmi újítás a hegesztés technikában, mind a technológiát, mind az alkalmazási lehetőségeket illetve. A módszer teljesen új, eddig ismeretlen. Új alkalmazási területeket oldhatunk meg vele, a fogyóelektródás hegesztés eddig létező határai kitágulnak.

## 2. A CMT eljárás történeti áttekintése

A CMT eljárás története hosszú időre nyúlik vissza. A Fronius 1991-ben kezdte a kutatásokat, amelynek célja az alumínium és az acél közötti hegesztett kötés létrehozása volt. Az áttörést a CMT eljárás különösen alacsony hő bevitelle jelentette. Továbbá kifejlesztették az SFI (spatter free ignition - fröcskölés mentes gyújtás) gyújtás, amelynél a gyújtás pillanatában a huzalt visszahúzzák. A végső lökést az adta, hogy 1991-ben a Fronius egyik vevője nagyon vékony lemez hegesztésének igényével lépett fel.

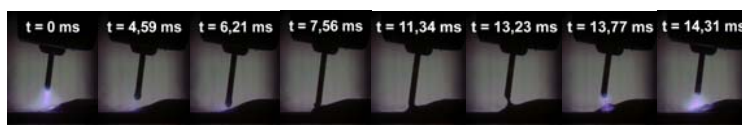
Ekkor történt a CMT eljárás alapkövének letétele. 2002-ben az alkalmazás összes elméleti kérdését megoldották, és elindították a CMT projektet, amely feladat egy sorozatgyártásra alkalmas, ipari célokra alkalmazható hegesztő rendszer kifejlesztése volt.

## 3. A CMT eljárás elmélete

A CMT egy betűszó (cold metal transfer - hideg energia átvitel) és egy fogyó-elektrodás eljárást jelent, ahol a hő bevitel nagyon alacsony, összehasonlítva a hagyományos rövidzáras hegesztéssel. Ezért áll a cold (hideg) szó a rövidítésben. A eljárás egy rövidzáras hegesztés, teljesen új elven működő cseppleválasztással.

A hagyományos rövidzáras technológiánál a huzal egyenletes sebességgel tolják előre, amíg a rövidzárlat fel nem lép. Ekkor az áramerősség megnő, ez megszünteti a rövidzárlat és felelős az ív újragyújtásáért. Ezen folyamat eredménye az eljárás két alapvető hátránya: egyrészt a nagy zárlati áram miatt nagy a hő bevitel, másrészt a cseppleválás szabálytalan és rendszertelen, aminek eredménye az erős fröcskölés.

A CMT eljárásnál ezzel szemben a huzalt nemcsak előre tolják, hanem vissza is húzzák – ennek eredményt a teljesítménytől függő, de maximum 70 Hz-es rezgő mozgás, amelyet az 1. ábra mutat.



1. ábra Az eljárás elve

Három alapvető tulajdonság különbözteti meg az eljárást a hagyományos rövidzáras technológiától:

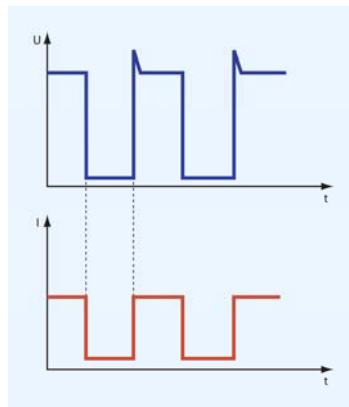
Az idők során először használják huzal előtolást az eljárás szabályzására. A korábbi eljárásoknál a huzal előtolás vagy állandó volt, vagy előre programozott időbeli lefolyása volt (SynchroPuls). A CMT eljárásnál a huzalt a munkadarab felé tolják, amíg a rövidzár fellép. Végül a huzal előtolás iránya megfordul, és a huzalt

visszahúzzák. A rövidzár megszűnése után a huzal újra előrehalad, és az eljárás megismétlődik. A huzal továbbítása nem előre programozott módon történik, hanem a rövidzárak keletkezése és megszűnése határozza meg a huzal előtolás sebességét, és irányát. A huzal mozgása határozza meg, mi történik a hegfürdőben és a hegfürdőben létrejövő folyamatok visszacsatolódnak és meghatározzák a huzal mozgását.

Ez az oka, hogy nincs meghatározható, egyértelmű frekvenciája a huzal mozgásának: amennyiben a rövidzár előbb lép fel, a huzal előbb megkezdte mozgását visszafelé. Ha később keletkezik a rövidzár, a huzal is később húzódik vissza. Ezért a frekvencia folyamatosan változik, a maximális érték 70 Hz lehet.

A második fontos különbség az, hogy az anyagátmenet a folyamat közel árammentes pillanatában történik, ellenben a hagyományos technikával, ahol nagy rövidzárlati áramok lépnek fel. A CMT eljárásnál már nem az áram a felelős a rövidzár megszakításáért, hanem a huzal visszahúzása, amely támogatja a cseppátmenetet is a hegfürdő felületi feszültsége által. Ezáltal az áram a rövidzár alatt nagyon alacsony lehet, ami kedvező, alacsony hő bevitelt eredményez. A 2. ábrán látható az áram- és a feszültség lefutása.

A harmadik különbség az új elven létrejövő cseppátmenet, amely létrehozza az anyagátvitelt.



2. ábra A CMT eljárás áram- és feszültség viszonyai

#### 4. A CMT eljárás előnyei

A hagyományos rövidzáras eljárásnál a nagy zárlati áram felelős a rövidzár megszüntetéséért. A rövidzárlat kontrolálatlanul keletkezik, ami erős fröcsköléshez vezet.

A CMT eljárásnál a zárlati áramot nagyon alacsony értéken tartható, valamint a huzal visszahúzásával ellenőrzött, kézben tartható módon jön létre. Ez gyakorlati-

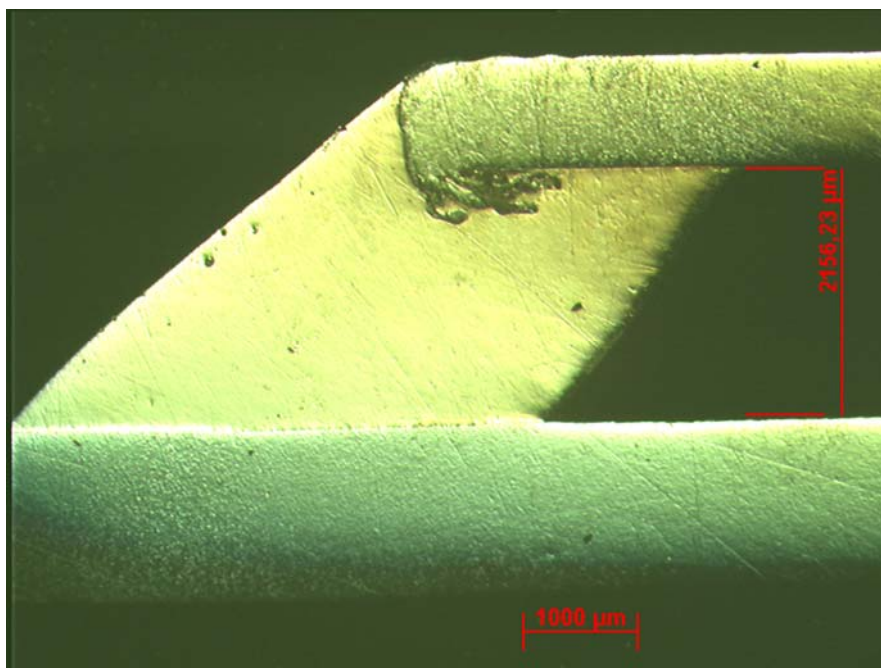
lag fröcskölés nélküli hegesztési és forrasztási varratok készítését teszi lehetővé. Minden eddigi eljárás esetén valamennyi fröcskölés mindig fellépett. Mivel az CMT valóban fröcskölés nélküli, a drága és időigényes utómunkák teljesen elhagyhatók.

További előny a tökéletesen ellenőrzött ívhossz: a hagyományos eljárásoknál a feszültséget használják fel az ív hosszának szabályzására. A hegesztési feszültség azonban nem csak az ívhossztól, hanem a munkadarab felületétől is függ (oxidok, szennyeződések, stb.). Ezáltal a szabályzás hibás értékeket kapott.

A CMT esetén a huzal a nulla ívhossztól (a rövidzártól) húzódik vissza meghatározott sebességgel és ideig. Így az ívhossz gyakorlatilag a sebesség, és az idő határozza meg. Ezáltal az ívhossz szabályzásért nem az ívfeszültség felelős, hanem minden egyes rövidzár után mechanikailag hozzuk létre. A 70 Hz frekvencia az ívhosszt másodpercenként 70-szer állítja be. Ennek eredményeként az ívhossz nem függ a szabad huzalhossztól, másrészt a munkadarab felületétől és a hegesztési sebességtől, ami a hagyományos fogyóelektródás eljárásoknál megszokott.

A harmadik különbség az extrém nagy részáthidaló képesség. Más eljárásoknál a nagy hő bevitel problémát okoz vékony lemez hegesztésénél és nagy hézagoknál. A vékony lemez leolvad, mielőtt a rést át lehetne hidalni.

A 3. ábra egy forrasztott kötést mutat. Az egyik lemez 0,8 mm, a másik 1,5 mm vastag. A rés 2 mm és a forrasztási sebesség 1 m/perc.

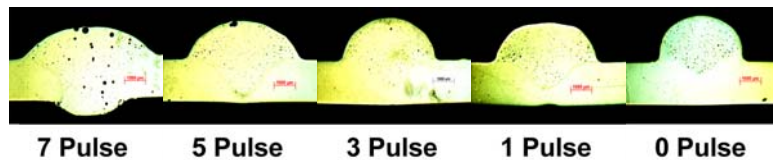


**3. ábra** 0,8 mm és 1,5 mm vastag horganyzott lemez kötése 2 mm hézaggal. Forrasztanyag CuSi3(átm. 1,0 mm), forrasztási sebesség 1,0 m/perc

## 5. A CMT eljárás hő bevitel

A tiszta CMT eljárás esetén a rövidzárlati áram nagyon alacsony, a hő bevitel ezért minimális, a varratalak tényező nagy. A hagyományos impulzusos technológia alkalmazása esetén a hő bevitel nagy és a beolvadás mély.

Az új, digitális szabályzáson alapuló hegesztő berendezések tették lehetővé, hogy a CMT eljárás az impulzushegesztéssel kombináljuk. Létrehozhatunk például egy CMT ciklus és utána három impulzust, hogy a beolvadást és a varratgeometriát a "hideg" tiszta CMT és a viszonylag "forró" impulzushegesztés között optimaljuk. A 4. ábra ezen a változásokat mutatja különböző CMT ciklusok és impulzus iv esetén.



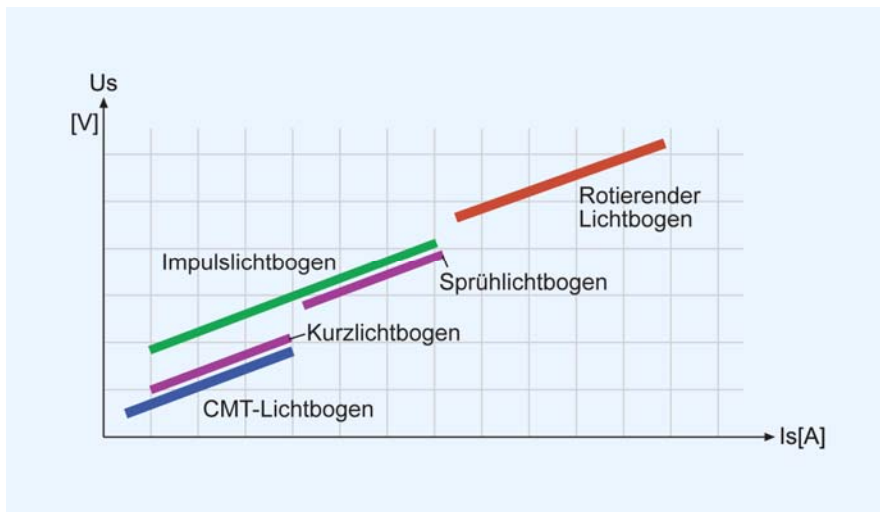
4. ábra Különböző beolvadási mélységek és varratgeometriák különböző CMT ciklus - impulzus hegesztés viszonyok esetén.

Például egy CMT ciklus és 10 impulzus iv esetén a hő bevitel és a beolvadás közel azonos a hagyományos impulzushegesztéssel, azonban az ívhossz másodpercenként 10-szer szabályozott. Az eljárás ilyen kombinációja javítja a résáthidaló képességet, és lehetővé teszi a hegesztési sebesség növelését.

## 6. Az eljárás határai

Mint minden más eljárásnak, a CMT-nek is vannak határai. Az 5. ábra mutatja a tiszta CMT feszültség - áramerősség tartományát.

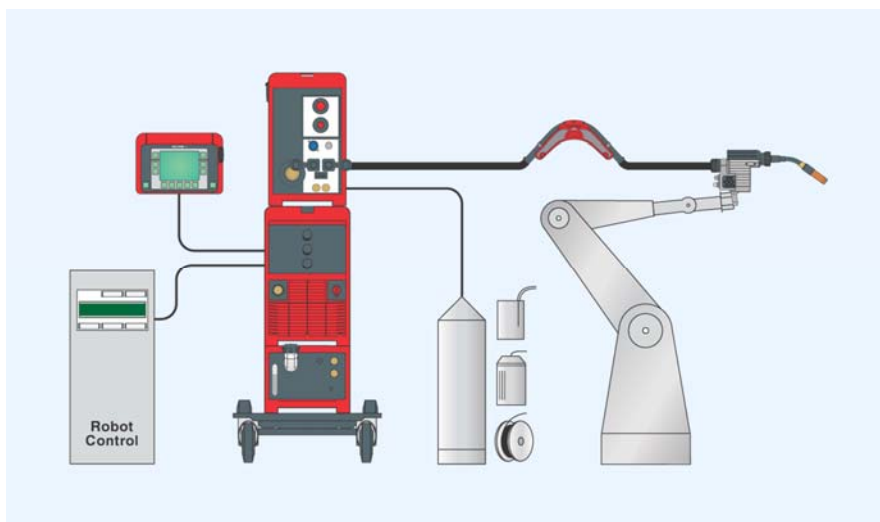
Az eljárás felső határa a kedvezőtlen átmeneti ív tartomány kezdeténél van. Nagyobb áramoknál nem lép fel többé rövidzár, így a CMT eljárás sem hozható létre. Az alsó korlát jóval az eddigi bármely ismert hegesztési eljárás alsó határa alatt fekszik. A hegesztés tartományait így az eljárás kiszélesíti. Az ábrából az is jól látható, hogy a hő bevitel kisebb, mint a rövidzárás hegesztés esetén.



5. ábra A tiszta CMT feszültség - áramerősség tartománya

## 7. A CMT hegesztési rendszer

A 6. ábra mutatja a CMT rendszer sematikus felépítését.



6. ábra A CMT rendszer sematikus felépítése

A rendszer teljes mértékben digitálisan szabályozott. Külön kommunikációs csatornát hoztak létre az egyes komponensek között. Ez nagyon fontos, mert az áramforrásnak nagyon gyorsan kell reagálnia a hegfürdőben történetekre.

A berendezés teljes leírását mellőzve, két, teljesen új egységet szeretnék bemutatni, ami eddig nem volt ismert. Az egyik a huzal puffer, a másik a különleges húzó motor.

A huzal a CMT-nél nem csak a munkadarab irányába, hanem visszafelé is mozog. A pisztolyban levő húzómotoroknak emiatt változtatni kell a forgásirányát. A huzal előtölőben levő motor viszont csak előre mozog, mert ez lustább, lassabban reagáló. Ezáltal van olyan pillanat, amikor a húzó és a toló motor "egymással szemben" mozog, egymásra dolgozik. Emiatt a kettő közé egy huzal puffert kell betenni. Ezen kívül a húzó motor csak akkor tudja forgásirányát 70 Hz rezgéssel változtatni, ha gyakorlatilag terheléstől mentes. Itt a toló fontos szerepe, hogy a húzó motort tehermentesítse.



7. ábra Huzal puffer nyitott fedéllel és működése

A második fontos komponens, a húzó motor meghajtó egysége. A hegesztés technikában ez a motor valódi újdonság, ami a méretét, súlyát és működését illeti.

A meghajtó lelke egy hajtómű nélküli váltóáramú szervomotor, mivel a 70 Hz rezgés létrehozásához egy hajtómű játéka nem alkalmas, ezen kívül hamar elhasználódna. Mivel a motor tekercselése közvetlenül a pisztoly testébe integrálták, a méreteket jelentősen csökkenteni lehetett, és a súlypontját a használatos robotkarokhoz lehet optimalizálni. A huzal mozgását digitálisan hozzuk létre, ezáltal lehetséges az extrém huzaltovábbítás. Továbbá a huzaltovábbító görgők nyomását

reprodukálhatóan lehet beállítani, így a különböző hegesztési rendszereknél azonos hegesztési tulajdonságokat lehet elérni.



8. ábra CMT meghajtó egység. Forradalmilag új, mérete, súlya és működése szerint.

## 8. A CMT eljárás alkalmazási területei

Három alkalmazási terület van, ahol az eljárásnak különösen létjogosultsága van:

- fröcsköléstől mentes forrasztás
- vékony lemezek (alumínium, acél, erősen ötvözött acélok)
- ívhegesztett kötés alumínium és acél között

Minden alapanyag és hegesztőanyag, ami ismert a hagyományos fogyóelektródás hegesztésnél, használható a CMT-nél is. Továbbá az eddigi minden varrat-előkészítés és pisztolytartás létrehozható.

A fogyóelektródás forrasztás már jó ideje ismert. A fő előny horganyzott lemezek hegesztésénél az, hogy csak a hozaganyag olvad meg és nem az alapanyag. Az eddigi fogyóelektródás forrasztásnál a fröcskölés kevés, azonban 100%-ban nem megszüntethető, így szükséges a költséges utómunkálat.

A CMT-nél a rövidzárlatok kézben tartottak, mivel a huzal visszahúzás a cseppleválást meghatározza. A CMT megfelelő pisztolytartások esetén teljesen fröcsköléstől mentes, ahogy azt a 9. ábrán láthatjuk.



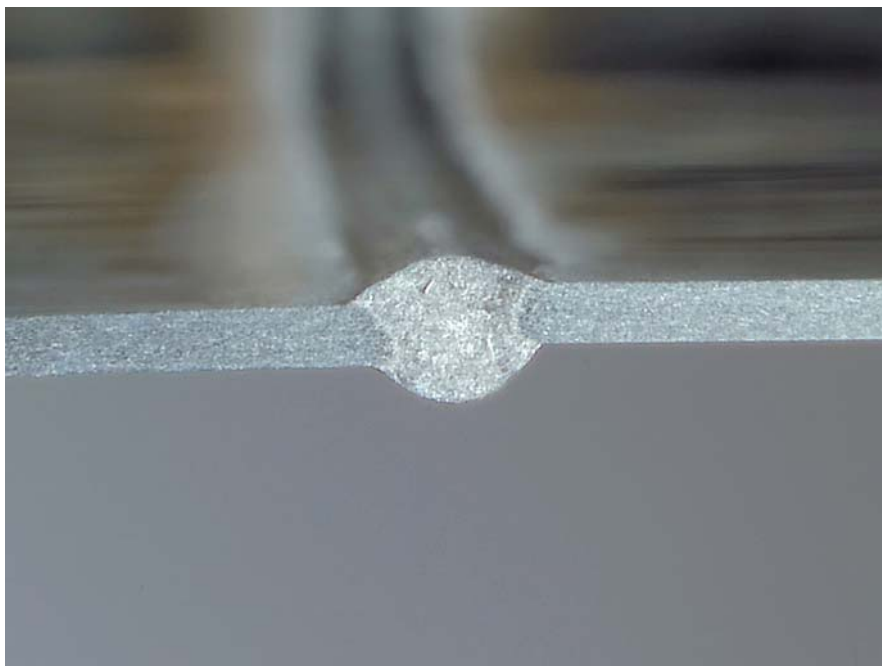


9. ábra 1mm vastag horganyzott lemezek CMT forrasztása, 1,1 m/perc hegesztési sebességgel

Ezáltal a költséges utómunkálatok teljesen elhagyhatóak. Ezen kívül a hő bevitel alacsonyabb, mint a hagyományos fogyóelektródás forrasztásnál, miáltal a részáthidaló képesség sokkal jobb.

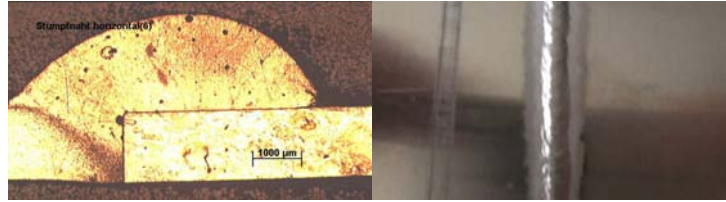
Azon ipari alkalmazásoknál, ahol vékony lemezeket használnak, a súly nagyon fontos. Például az autógyártásban a legfontosabb cél, az autót minél könnyebbre építeni, hogy gyorsabbak legyenek, és kevesebb üzemanyagot használjanak. Különösen tompa kötéseknel kell a hő bevitel alacsony értéken tartani, hogy a lemez élek leolvadását elkerüljük. Az eddigi eljárásoknál mindenképpen szükséges volt gyökoldali megtámasztást alkalmazni, hogy a varratok átrokadását elkerüljük.

Mivel a CMT-nél a hő bevitel extrém alacsony, lehetséges 0,4 mm vastag alumínium lemezek között tompakötést létrehozni, gyökoldali megtámasztás nélkül. Ezáltal a költséges összeállítási és utómunkálatokat el lehet kerülni. A 10. ábra egy tompakötést mutat, 0,8 mm vastag alumínium lemezek között.



**10. ábra** 0,8 mm vastag alumínium lemezek tompakötése. Gyökoldaltámasztás nélküli hegesztés. Hegesztési sebesség 1,5 m/perc

A CMT további alkalmazási területe, amiről beszélnünk kell, az alumínium és acéllemezek közötti ívhegesztett kötés. Főleg az autóiparban találkozhatunk ezzel az igénnyel, egyrészt a súly csökkentése, másrészt a megfelelő mechanikai tulajdonságok elérésének céljából. A legnagyobb probléma ilyen kötések esetén, hogy egy nagyon rideg, intermetallikus fázis képződik a hegesztés során. Minél vékonyabban tudjuk ezt a réteget tartani, annál jobbak lesznek a kötés mechanikai tulajdonságai. A réteg vastagságát egyértelműen a hő bevitel határozza meg. Az intermetallikus fázis vastagságát csökkenteni csak a hő bevitel csökkentésével lehet elérni. A legjobb, illetve egyedüli megoldás erre a CMT, hiszen itt a hő bevitel az összes eddigi eljárásnál alacsonyabb. A 11. ábra horganyzott lemez és alumínium közötti kötést mutat.



11. ábra Horganyzott lemez és alumínium kötése (mindkettő 1 mm). Hegesztési sebesség 70 cm/perc

A 11. ábrán jól látható, hogy az alumínium oldal megolvadt és hegesztett. Az acél oldal viszont csak forrasztott. Feltétele az ilyen kötésnek, hogy az acél horganyzott legyen, mert a horgany folyósító szerként működik. Minimális vastagsági 10 mikrométer.

Az eddig ismert területeken túl lehetőségeket látunk újabbakra, amit a kreativitás, termékfejlesztés, tervezés és gyártás fejlődése tesz lehetővé, ötvözve a CMT alkalmazásával.

#### Irodalomjegyzék

- [1] DI Dr. Karin Himmelbauer – Fronius International GmbH: DER CMT-PROZESS - EINE REVOLUTION IN DER SCHWEISSTECHNIK