

## A lézer hibrid hegesztési eljárás alkalmazási lehetőségei az automatizálás területén

**Csata Barna**

ESAB Kft.  
1062 Budapest, Teréz krt. 55-57.  
barna.csata@esab.se

**Absztrakt:** A lézer hibrid hegesztés egy termelékeny és jól automatizálható eljárás, amely tulajdonságokat egy hegesztett szerkezeteket gyártó üzem akkor tud előnyösen felhasználni, ha ezt a kötési módszert egy olyan berendezéssel végzi, amely az eljárással jellemző precíz technológiai követelményeket üzemszerű körülmények mellett is folyamatosan biztosítani tudja. A robusztus, merevvázú portálrendszerű felépítés, a pontos és megbízható megvezető rendszerek kiegészülve a rendkívül pontos dinamikus hajtóművekkel garantálja, hogy a hegesztőfej nagypontosságú megvezetése és pozicionálása ipari alkalmazások esetén is elvárható legyen.

**Kulcsszavak:** lézer hibrid hegesztés, Alpharex AXD, adaptív tükör

### 1. Bevezetés

A lézervágás technikája mára, mondhatni egy magas műszaki fejlettségű színvonalat ért el, amelynek köszönhetően a vágást követő utómunkálatok teljes mértékben elhagyhatók. Míg a lézervágás aránylag széles körben elterjedt megmunkáló eljárás, addig a lézer hegesztés technikája egy lényegesen lassúbb fejlődést mutat. A legszélesebb körben az autógyártásban vagy az ezzel kapcsolatos szerelvények, fémszerkezetek iparágában terjedt el visszaszorítva ezáltal a pont-, és ívhegesztési eljárások felhasználási arányát.

A nagy vastagságú alkatrészek lézerhegesztésének ipari alkalmazása jelenleg határokba ütközik, ami az erre a célra alkalmazandó teljesítményt illeti. Az ipari körülmények között, gyártásban használatos maximális lézerteljesítmény 20 kW-os lézerforrások, amelyek 20 mm vastagú lemezek hegesztésére alkalmasak.

Ez ESAB AB egyre fokozódó igényekkel szembesült a nagy kiterjedésű munkadarabok lézer hegesztését illetően, amelynek következtében kifejlesztette, valamint folyamatosan fejleszti, ez ezzel kapcsolatos módszertárát. Jelen pillanatban az ESAB teljes, komplett rendszert tud ajánlani, amely úgy lézervágásra mint lézer hegesztésre is alkalmas.

## 2. Lézer hibrid hegesztési eljárás

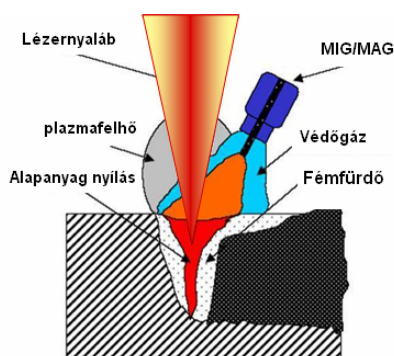
Alapjában véve a lézer hegesztésnél két különböző típusú lézert használunk:

*ND:YAG* lézer maximálisan 4 kW teljesítményig ahol a lézersugárt optikai kábelek útján vezetik a lézer rezonátortól a hegesztő optikáig. Robotos alkalmazásoknál és vékony falú lemezek hegesztésénél a leginkább elterjedtebb.

*CO<sub>2</sub>* lézer 20 kW teljesítményig, ahol a lézersugár megvezetése fókuszáló tükrök segítségével történik.

Közismertnek mondható előnye a lézerhegesztésnek az ezzel az eljárással elérhető hegesztési sebességekben és az alacsony hőbevitelnek köszönhető geometriai elvetemedésben rejlik. Ellenben ugyancsak közismert hátránya a varrat előkészítéssel szembeni nagyon igényes elvárásokban mutatkozik, amelynek értéke sehol nem haladhatja meg a 0,15 mm-et. Még egy fontos szempont, hogy nagy kiterjedésű alkatrészeknél nem alkalmazható.

Ezen hátrányokat áthidalandó, fordult a figyelem egyre inkább a lézer hibrid hegesztés irányában, amely esetben a nevéből is adódóan, egyrészt a lézer hegesztésből adódó másrészt meg – esetünkben – a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés (MIG/MAG) adta előnyöket ötvözi. Amíg a lézeres hegesztés esetében a koncentrált hőforrás, kis energiabevitel, a nagy beolvadási mélység és hegesztési sebesség a jellemző, addig a MIG/MAG hegesztés által képzett szélesebb fürdő teszi ezt az eljárást alkalmassá a szélesebb és kevésbé egyenletes illesztési hézagok áthidalására (1. ábra). A hőbevitel jellemzően úgy 30%-al nő meg, de még így is összességében 10%-a hagyományos MIG/MAG eljáráshoz képest.



1. ábra Lézer hibrid hegesztés alapelve

A rendkívüli alacsony hőbevitelnek köszönhetően, mint egyrészt alapvető mércéje a hegesztés utáni deformációnak, várhatóan a vetemedés mértéke úgy 10%-a pl. a fedettívű eljáráshoz képest akár, hosszanti terjedelmében akár 20 m-es szerkezeti elemek is nagy pontossággal meghegeszthetők. Ez a körülmény a cikk elején említett autóipar mint alkalmazási terület mellett forradalmian új lehetőségeket teremt a hajógyártás, épület szerkezetek, valamint a mozgó berendezések területén, amelyen belül a nagy igénybevételű teleszkópikus daruelemek hegesztésénél nyerhet jövedelmező alkalmazást, ahol a nagyszilárdságú acélok hegesztésénél elengedhetetlen a kontroláltan alacsony értékű hőbevitel.

### 3. Lézer hibrid hegesztésre alkalmas berendezés

A nagy kiterjedésű lemezek lézer hibrid hegesztéséhez alkalmas berendezés különleges felépítést igényel. Az ESAB Cutting Systems GmbH sajátos terméke a CNC vezérlésű ALPHAREX AXD portál rendszer, amely nagyméretű lemeztáblák lézer vágására és hegesztésére is alkalmas (2. ábra).



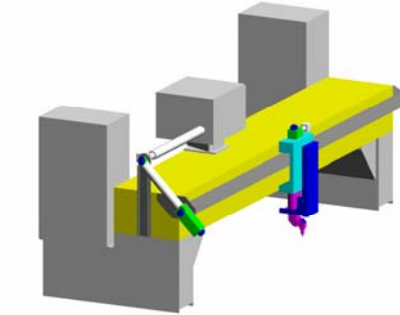
2. ábra. Alpharex AXD lézer vágó és hegesztő berendezés a Prolas lézersugár biztonsági rendszerrel

A berendezés legfontosabb különlegessége a lézersugár vezetési rendszerében rejlik. A nagy kiterjedésű lemezek lézer vágása, illetve összeállított elemek lézer vagy lézer hibrid hegesztése úgy lehetséges, hogy a CO<sub>2</sub> lézer forrása a portálra van felszerelve vágás vagy hegesztés közben azzal együtt mozog. A lézersugár vezetés valamennyi komponense a nagyon merev kialakítású portálra, valamint a keresztzánra kerül felszerelésre (3. ábra). A teljesen zárt kialakítású lézersugár csatornában a sugár megvezetése adaptívan, illetve fixen fókuszáló tükrök segítségével történik.

Főbb jellemzői:

- kis állásidő a stabil sugárvezetés által
- nagy megbízhatóság
- teljesen zárt kialakítás kis hajlatokkal és mérsékelt öblítógáz fogyasztással
- a berendezés nehéz ipari körülmények között is üzembiztos.

**Csata Barna:** A lézer hibrid hegesztési eljárás alkalmazási lehetőségei az automatizálás területén



**3. ábra** Portál rendszer elrendezés a ráhelyezett lézerforrással és a sugár megvezető csatorna rendszerrel

Ennek a különleges kialakításnak köszönhetően az ALPHAREX AXD portálgépek 5000, 6000 és 7000 mm széles nyomtávval valamint 6 m-től akár 50 m-ig is terjedhető pályahosszal készülhetnek.

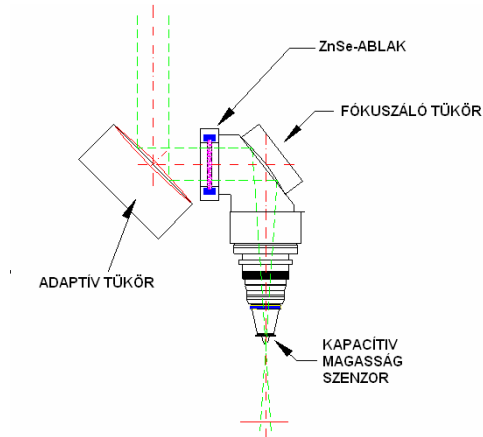
A berendezés univerzális jellegét erősíti, hogy minden lézeralkalmazáshoz azonos kialakítással rendelkezik. Alkalmos minden 3-6 kW teljesítményű TRUMPF lézerhez és 8 kW-ig hegesztés céljára. Ugyanakkor azonos fejkomponenseket használ vágásra jelölésre, illetve hegesztésre növelvén ezáltal is az alkalmazási területét (4. ábra).



**4. ábra.** Lézer fej komponensek

A sugár manipulálása a hagyományosnak mondható lencserendszerek helyett vízzel hűtött adaptive, illetve fix fókuszáló tükrök segítségével történik (5. ábra). A fej fókuszáló tükre és a ZnSe ablak kevésbé érzékenyek, hosszabb élettartamúak és igényes szemléletű kezelőszemélyzet által is karbantarthatók. A fej kialakítása által a következő, a sugár kezelésével kapcsolatos ESAB szabadalmak öltenek testet:

- fókusz rádiusz
- a pozíció
- a Rayleigh hossz folyamatos adaptív változtatásait:



5. ábra Fej kialakítás fókuszáló tükörrel

#### 4. Lézer hibrid hegesztő fej

A vágáshoz is használt fejnek egy különleges hegesztő optika kiterjesztésével, meg egy MIG/MAG hegesztőpisztoly megfelelő illesztésével tompaillesztésre alkalmas hegesztőfejt nyerünk (6 ábra).



6. ábra Lézer hibrid hegesztőfej

A 7. ábrán egy olyan kialakítás látható ahol már MIG/MAG hegesztési eljárás eszközei is felszerelésre kerülnek a portálra vagy adott esetben a keresztszánra a varratél követő szenzor lézerforrását illetően.

**Csata Barna:** A lézer hibrid hegesztési eljárás alkalmazási lehetőségei az automatizálás területén



**7.ábra** Lézer hibrid hegesztésére alkalmas portálgép

A megfelelő eredmény elérése érdekében számos paramétert kell összehangolnunk:

*Lézer teljesítménye:*

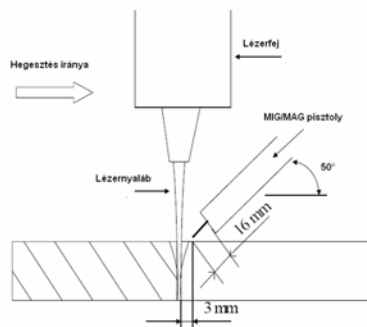
A teljesítmény növelésével nő a beolvadási mélység. A lézer hibrid eljárás esetében ez a hatás fokozottabban jelentkezik köszönhetően annak, hogy az ívhegesztés során megolvasztott felület fényvisszaverő képessége kevesebb mint a csak tisztán lézerrel történő hegesztés esetén.

*Hegesztési sebesség*

A beolvadási mélység nő ha csökkentjük a hegesztési sebességet, akár csak a huzal részáthidaló képessége is. A hegesztési sebesség és a huzalelőtolási sebesség között arány fontos paraméter az alapanyag nyílásának egyenletessége és maga a folyamat stabilitása szempontjából.

*A lézerfej és a hegesztőfej relatív helyzete*

Maximális beolvadást a merőlegesen pozícionált hegesztőfejnél érhetjük el. Fontos paraméter a lézerfolt és huzal talppontja közötti távolság. Ez az érték lézer hibrid hegesztésnél 2-3 mm-nél bizonyult optimálisnak (8. ábra).



**8. ábra** Lézer hibrid hegesztőfej elrendezés

#### *Fókusz távolság*

Maximális beolvadást eredményez a lézernyaláb ha fókuszpontját a hegesztendő munkadarab felülete alá pozicionáljuk 2-4 mm-rel.

#### *Huzal döntési szöge*

Beolvadással van egyrészt a beolvadási mélységre. Megfelelő értéket a lemez síkjához viszonyított  $50^\circ$ -nál érhetünk el. A megfelelő védőgáz áramlási irány ugyanakkor eltereli a lézersugár által keltett plazmafelhőt, ezáltal csökkentve ennek fényelnyelő képességét, ha  $\text{CO}_2$  lézert használunk. Optimális értéke  $50^\circ$  körüli értékre tehető.

#### *Védőgáz összetétele*

Az alkalmazandó védőgáz típusok argon, helium, illetve ezek keveréke. Magasabb ionizációs potenciállal rendelkező gáztípus a preferált a keletkezendő plazmafelhő fényelnyelő képességének csökkenése érdekében. Ez alapján a helium lenne az alkalmasabb, ellenben ennek az intenzívebb fénykeltő hatása zavaró lehet. Praktikus megoldás a keverék használata kis mennyiségű aktív gáz hozzáadásával az előnyösebb fémfürdő nedvesítő jellemzőinek érdekében az egyenletesebb varrat geometria céljából.

#### *A hegesztő áramforrás teljesítmény szabályozása*

Javasolt az egyenirányított áramforrások használata impulzus üzemmód alkalmazással a mélyebb beolvadás és fröcskölés mentes eljárás érdekében. A huzalelőtölési sebesség és a feszültség értékeinek a helyes megválasztása az ismert MIG/MAG eljárásra jellemző hatásaik figyelembevételével történik.

#### *Illesztési hézag*

Lézerhegesztésnél a maximálisan megengedett hézag 0,15 mm lehet. Ennél nagyobb rés hiányos kötést eredményez. Lézer hibrid hegesztésnél az 1 mm-es hézag problémamentesen kezelhető. Megfelelő huzal előtolási sebesség alkalmazásával a hézag akár meg is haladhatja az 1 mm-t.

#### *Élelőkészítés*

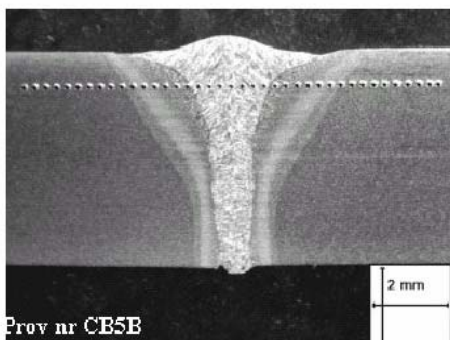
Ötvöztvén a lézer és a fogyóelektródás hegesztési eljárásokra jellemző követelményeket, lézer hibrid hegesztésnél 10 mm vastagság fölött  $15^\circ$ - $20^\circ$ -os nyílásszögű élkialakítás javasolt egy megfelelően magas élszalaggal.

A helyes paraméterek alkalmazásával a lézere hibrid eljárás üzemeltetési költsége több mint 50%-al kisebbek a hagyományos MIG/MAG hegesztéshez viszonyítva, amely összetevődik a kevesebb energia felhasználásból, kevesebb hegesztőanyag felhasználásból és kevésbé költséges éllelőkészítési szükségletből.

A 9. ábrán. alkalmazási példaként bemutatunk egy 6 mm-es lemez tompavarratának jellemző adatait valamint a makrócsiszolatát:

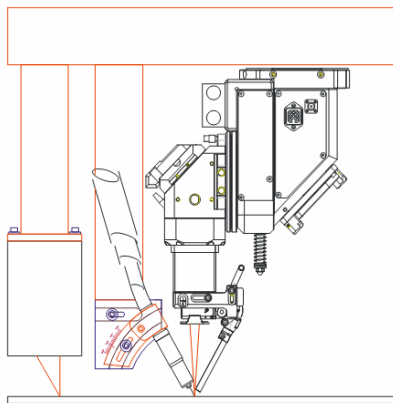
**Csata Barna:** A lézer hibrid hegesztési eljárás alkalmazási lehetőségei az automatizálás területén

Vastagság: 6 mm  
Hegesztési sebesség: 2 m/perc  
Varrat előkészítés: 7°  
Lézer teljesítmény: CO<sub>2</sub>, 5,2 kW  
MÍG teljesítmény: 4,6 kW (Aristo 450)  
Huzal előtolás: 8 m/min  
Huzal minőség: OK Autrod 12.51  
Anyag: DX 420



**9. ábra** Alkalmazási példa

Az eljárás automatizálásához elengedhetetlen az illesztés élének vagy a hézagnak a követése és a mért értékek szabályzókörbe való visszacsatolása. Az illesztés követésére alkalmas szerszám egy ESAB optikai CCD felületi szenzorból és egy értékelő egységből áll. Az NCE 620 kezelő egység szoftver bővítése révén a hegesztési és beállítási mozgás alatt a hegesztési irányra merőleges tengely szerinti vezérlés az illesztés helyzetétől függ, azaz a hegesztőfej követi az illesztés helyzetét. Egy illesztést követő szenzorral felszerelt lézer hibrid hegesztőfejet a 10. ábra mutat:



**10. ábra** Illesztés követő szenzorral (bal oldal) kiterjesztett fej



## **Összefoglaló**

A lézer hibrid hegesztés jól automatizálható eljárás, amely kiegészítve illesztési hézag követővel, meg egy adaptív jellegű varratellenőrző programmal az egész gyártási folyamat dokumentálhatóvá válik. Az eljárás nagyfokú pontosságának köszönhetően, meg annak következtében, hogy a hegesztés utáni munkálatok szükségtelenné válnak, a hegesztett termék teljes gyártási ideje jelentős mértékben csökken. Ellenben, annak érdekében, hogy egy ilyen jelentős értékű beruházás jövedelmező legyen a lézer hibrid hegesztési eljárás alkalmazásával a teljes gyártási folyamatot elemezni, ha szükséges ezen javítani, szükséges annak érdekében, hogy a gyorsabb hegesztési gyártás ne okozzon állási időket a gyártási lánc további állomásain.