

## Az ellenállás-hegesztés lézersugaras hegesztéssel való kiválthatóságának lehetőségei

### The Replacement of Resistance Welding with Laser Beam Welding

Maloveczky Anna,<sup>1</sup> Karai Ambrus<sup>2</sup>

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [anna.maloveczky@bayzoltan.hu](mailto:anna.maloveczky@bayzoltan.hu)

<sup>2</sup> [ambrus.karai@bayzoltan.hu](mailto:ambrus.karai@bayzoltan.hu)

---

#### Összefoglalás

Az ellenállás-hegesztést régóta sikeresen alkalmazzák az autóiparban, azonban mára már vannak korszerűbb technológiák is, mint például a lézersugaras hegesztés, mely sokkal gyorsabb, gazdaságosabb és rugalmasabb technológia. A munkánk során feltérképeztük az ellenállás-hegesztés lézersugaras hegesztésre történő leválthatóságának lehetőségét, valamint megoldást találtunk a lézersugaras hegesztés esetén fellépő problémák kiküszöbölésére. A legnagyobb kihívás a lézersugaras technológia során az, hogy az acéllemezen lévő cinkbevonat (ez a korrózió megakadályozása érdekében szükséges) a hegesztés során elpárolog, ami pórusokhoz, így jelentős varratszilárdság-csökkenéshez vezet. Mi ezt úgy oldottuk meg, hogy hézagoló lemezeket alkalmaztunk, melyek lehetővé tették a cinkgőz elvezetését a gőz-plazma csatornából.

**Kulcsszavak:** *lézersugaras hegesztés, ellenállás-hegesztés.*

#### Abstract

Resistance welding has long been successfully used in the automotive industry, but nowadays, there are even more advanced technologies, such as laser beam welding, which is a much faster, more economical and flexible technology. During our work, we have mapped the possibility of replacing resistance welding with laser beam welding. Furthermore, we have found a solution to the problems occurring during laser beam welding. The biggest challenge in laser beam technology is that the zinc coating on the steel plates (required to prevent corrosion) evaporates during welding, resulting in pores, and leading to a significant reduction in weld strength. We have solved that by using spacer sheets, which allow the zinc vapour to escape from the keyhole.

**Keywords:** *laser welding, resistance welding, spot welding.*

---

#### 1. Bevezetés

A lézersugaras hegesztés számos iparágban egyre nagyobb teret hódít [1, 2]. Elterjedésének oka a kedvező technológiai paramétereiben keresendő:

- precizitás, a technológiai paraméterek pontos kézben tarthatósága;
- nagy megmunkálási sebesség;

- a munkadarabra nem hat erő;
- kiváló megmunkálási minőség (az utánmunkálási igény csökken vagy elmarad);
- széles tartományban választható és precízen szabályozható energiasűrűség a megmunkálásokban;
- kis fajlagos hőterhelés a munkadarabra;

- a megmunkálás irányától független és kopásmentes megmunkáló szerszám (fény);
- kiváló automatizálhatóság;
- gazdaságos gyártás;
- nagy gyártási rugalmasság;
- jó kombinálhatóság más technológiákkal [3].

Azonban számos kihívás adódik a lézersugaras hegesztés alkalmazása kapcsán:

Az acéllemezeket általában cinkréteggel vonják be, a korrózióállóság érdekében. A cink alacsony forráspontja következtében a hegesztés során intenzíven párolog. Így instabillá teszi a fémgőzcsatornát, valamint képes akkora gőznyomást létrehozni a varrat fölött, hogy az olvadt fém kifröcsessen a plazmacsatornából (bukdácsozó varrat). Továbbá a cinkgőzbuborékok be is épülhetnek a varratba. Ezek eredményeképpen jelentősen csökken a varratszilárdság.

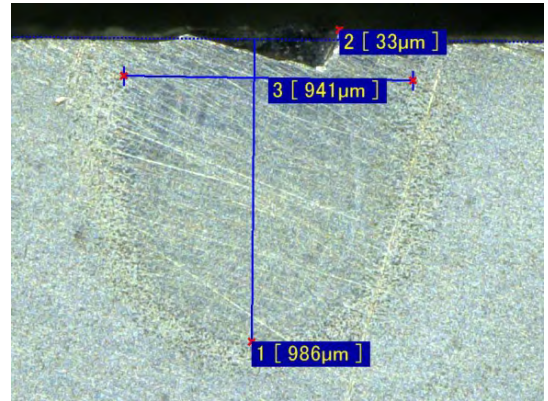
A kutatások során számos módszert próbáltak ki a cinkgőz okozta probléma kiküszöbölésére [4–23]. Azonban ezek vagy nem voltak hatékonyak, vagy pedig a gyártást tették volna túl körülményessé. Elképzelésünk szerint képlékeny alakítással apró dudorokat hozunk létre a lemez felszínén, amelyek távtartóként szolgálnak a hegesztés során. A kísérleteket hézagoló lemez megoldással végeztük, mivel hatását tekintve a két megoldás megegyezik, azonban a dudoros verzió a gyártás során, az ipari alkalmazáskor is megállja a helyét.

## 2. Mérési módszerek

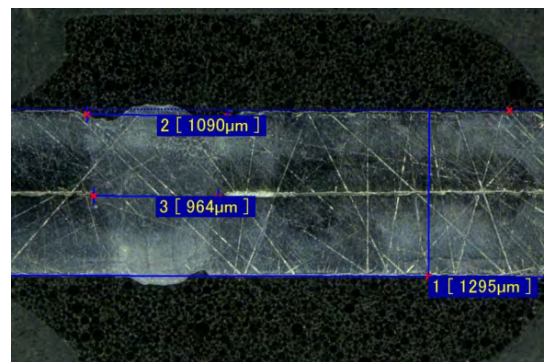
A hegesztési kísérleteket Trumpf TruLaser Cell 7020 5D lézeres megmunkáló központ, Trumpf TruDisk 4001 lézersugarforrással végeztük. Először vakvarratokat, majd hézag nélküli, végül hézagolt acéllemezpárokat hegesztettünk össze. A fontosabb hegesztési paraméterek a következők voltak: lézerteljesítmény 1000 W, hegesztési sebesség 3 m/perc [24]. A lézersugár fókuszpontját 1, illetve 4 mm-re (defókusz) állítottuk be a lemez felületéhez képest. A hegesztendő lemezek 0,6 mm vastagságú, hidegen hengerelt, kiválóan mélyhúzható, horganyzott felületűek voltak. A hézagoló lemezek vastagsága 0,1 mm-es volt. A hegesztés során a lemezeket a közjük helyezett hézagoló lemezzel együtt összeszorítottuk. A metallográfiai vizsgálatokhoz vízűtéses tárcsavágóval daraboltuk el a lemezeket, majd megcsiszoltuk, políroztuk, végül 3%-os nitaloldattal marattuk. VHX J20-as Keyence digitális fénymikroszkóppal vizsgáltuk a varratokat és készítettük a képeket.

## 3. Vizsgálati eredmények és kiértékelésük

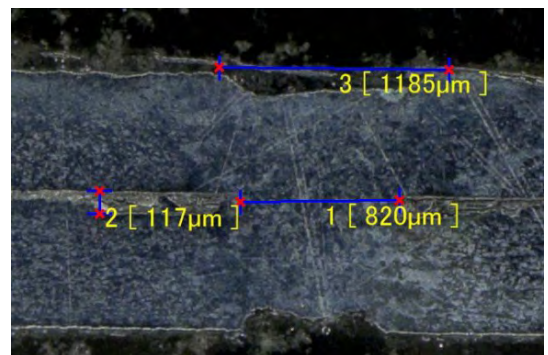
Az 1–3. ábrákon a 4 mm-es, míg a 4–6. ábrákon az 1 mm-es defókusszal hegesztett varratok metszeteiről készült fénymikroszkópos felvételek láthatók. A varratok legfontosabb méreteit az 1. táblázat tartalmazza.



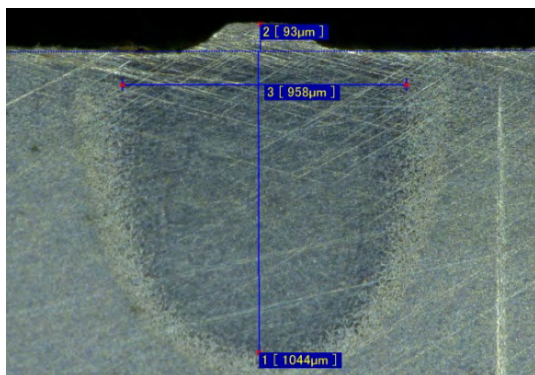
1. ábra. A vakvarrat képe 4 mm defókusz esetén



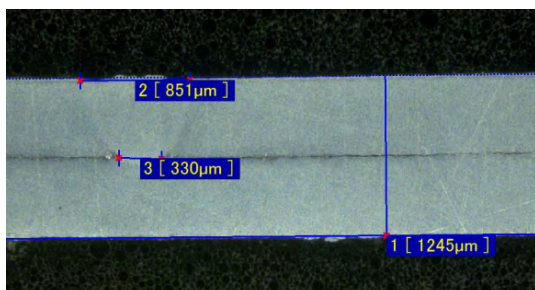
2. ábra. A hézag nélküli varrat képe 4 mm defókusz esetén



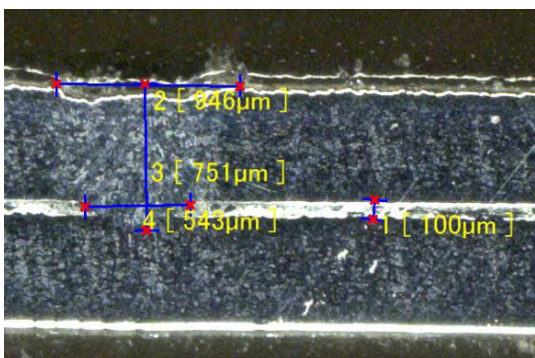
3. ábra. A hézagolt varrat képe 4 mm defókusz esetén



4. ábra. A vakvarrat képe 1 mm defókusz esetén



5. ábra. A hézag nélküli varrat képe 1 mm defókusz esetén



6. ábra. A hézagolt varrat képe 1 mm defókusz esetén

1. táblázat. A varratok méretei

Defókusz (mm)	Típus	Varrat-mélység (µm)	Korona-szélesség (µm)
4	vakvarrat	986	941
4	hézag nélküli	-(átolvadt)	1090
4	hézaggal	-(átolvadt)	1185
1	vakvarrat	1044	958
1	hézag nélküli	732	851
1	hézaggal	751	946

A metallográfiai felvételeken látszik, hogy a két defókuszérték közül az 1 mm-es adott szebb varratképeket erre az acéltípusra. Ugyanis a többi esetben (a hézagolt és a hézag nélküli mintákon) átolvadt az alsó lemez is, mert túl nagy volt a lézer teljesítménye.

Továbbá jól megfigyelhetők 0,1 mm-es hézagok a hézagoló lemezes megoldás esetében. Kifröccsenés, pórusok nem láthatóak a hézag nélküli beállítás esetén sem, mivel a lemezek nagyon vékonyak.

#### 4. Következtetések

A legnagyobb hátránya az ellenállás-ponthegesztésnek, hogy rugalmatlan technológia, tehát az autóiipari piacra jellemző gyors változásokhoz nem képes elég gyorsan alkalmazkodni. Az ellenállás-hegesztés lassú folyamat és költséges is, mivel a munkadarab elektródákkal történő felhevítése nagy energiabefektetést igényel.

A lézeres hegesztés (különösen a távhegesztés) esetében nagy a megmunkálási sebesség, kiválóan automatizálható, jól kombinálható más technológiákkal, nagy gyártási rugalmasság jellemző rá, precíz, nem igényel utómunkát. A beruházási költség a lézeres távhegesztés esetében nagyobb, de a gyártás sokkal gazdaságosabb vele, valamint a hegesztési paramétereket pontosan kézben lehet tartani, így garantált a jó varratminőség.

Az acélokat a korrózióállóság érdekében általában cinkréteggel vonják be, azonban ez a cinkbevonat a hegesztés során komoly gondokat okoz.

A hegesztés során cinkgőz képződik, mely beépülve a varratba porózussá teszi azt.

Továbbá a nagy cinkgőznyomás instabillá teszi a fémgőzcsatornát, valamint képes akkora gőznyomást létrehozni a varrat fölött, hogy az olvadt fém kifröccsen a plazmacsatornából (bukdácsoló varrat). Ezek eredményeképp jelentősen csökken a szilárdság.

Mi úgy oldottuk meg ezt a problémát, hogy hézagoló lemezeket helyeztünk el a lemezek között, hogy a cinkgőz el tudjon távozni. Vizsgálataink során nem tapasztaltunk sem kifröccsenést, sem pórusokat.

Továbbá kikísérleteztük a megfelelő lézerparamétereket a használandó anyagtípushoz és lemezvastagsághoz.

#### Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani az Edutus Főiskolának és dolgozóinak, akik telephelyükön lehetővé tették kísérleteink elvégzését, valamint a Bay Zoltán

Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. azon munkatársainak, akik tanácsaikkal és segítségével támogatták a munkánkat.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika I. Eljárások és gépésítés*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2010.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/15437>
- [2] Bitay E.: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár/Cluj, 2007.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/8923>
- [3] Búza G.: *Lézersugaras technológiák I*. Edutus Főiskola, Budapest, 2012. 10.
- [4] Kyung-Min H., Yung C. S.: *Prospects of laser welding technology in the automotive industry: A review*. Journal of Materials Processing Technology, 245. (2017) 52–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.02.008>
- [5] Akhter R., Steen W. M., Cruciani D.: *Laser welding of zinc coated steel*. Proceedings of 6th International Conference Lasers in Manufacturing (1989), 105–120.
- [6] Chen G., Mei L., Zhang M., Zhang Y., Wang Z.: *Research on key influence factors of laser overlap welding of automobile body galvanized steel*. Optics & Laser Technology, 45/1. (2013) 726–733.  
<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2012.05.002>
- [7] Chen H. C., Pinkerton A. J., Li, L. Liu Z., Mistry A. T.: *Gap-free fibre laser welding of Zn-coated steel on Al alloy for light-weight automotive applications*. Materials & Design, 32/2. (2011) 495–504.  
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.08.034>
- [8] Chen W., Ackerson P., Molian P.: *CO<sub>2</sub> laser welding of galvanized steel sheets using vent holes*. Materials & Design, 30/2. (2009) 245–251.  
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.05.009>
- [9] Graham M. P., Kerr H. W., Weckman D. C.: *Laser welding of Zn-coated sheet steels*, Proceedings of SPIE, 2703. (1996) 170–180.
- [10] Graham M. P., Hira D. M., Kerr H. W., Weckman D. C.: *Nd:YAG laser welding of coated sheet steel*. Journal of Laser Applications, 6/4. (1994) 212–222.  
<https://doi.org/10.2351/1.4745359>
- [11] Gu H.: *Laser lap welding of zinc coated steel sheet with laser-dimple technology*. Journal of Laser Applications, 22/3. (2010) 87–89.  
<https://doi.org/10.2351/1.3485596>
- [12] Lee S. J., Katayama S., Kawahito Y., Kinoshita K., Kim J. D.: *Weldability and keyhole behavior of Zn-coated steel in remote welding using disk laser with scanner head*. Journal of Laser Applications, 25/3. (2013) 032008.  
<https://doi.org/10.2351/1.4795456>
- [13] Mei L., Chen G., Yan D., Xie D., Ge X., Zhang M.: *Impact of inter-sheet gaps on laser overlap welding performance for galvanised steel*. Journal of Materials Processing Technology, 226. (2015) 157–168.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.07.020>
- [14] Bley H., Weyand L., Luft A.: *An alternative approach for the cost-efficient laser welding of zinc-coated sheet metal*. CIRP Annals, 56/1. (2007) 17–20.  
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.05.006>
- [15] Pieters R. R. G. M., Bakels J. G., Hermans M. J. M., Den Ouden G.: *Laser welding of zinc coated steels in an edge lap configuration*. Journal of Laser Applications, 18/3. (2006) 199–204.  
<https://doi.org/10.2351/1.2227022>
- [16] Iqbal S., Gualini M. M., Rehman A.: *Dual beam method for laser welding of galvanized steel: experimentation and prospects*. Optics & Laser Technology, 42/1. (2010) 93–98.  
<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2009.05.009>
- [17] Li X., Lawson S., Zhou Y., Goodwin F.: *Novel technique for laser lap welding of zinc coated sheet steels*. Journal of Laser Applications, 19/4. (2007) 259–264.  
<https://doi.org/10.2351/1.2795755>
- [18] Yih-fong T.: *Gap-free lap welding of zinc-coated steel using pulsed CO<sub>2</sub> laser*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 29/3–4. (2006) 287–295.  
<https://doi.org/10.1007/s00170-005-2522-3>
- [19] Tzeng Y. F., Chen F. C.: *Effects of operating parameters on the static properties of pulsed laser welded zinc-coated steel*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18/9. (2001) 641–647.  
<https://doi.org/10.1007/s001700170024>
- [20] Ma J., Harooni M., Carlson B., Kovacevic R.: *Dissimilar joining of galvanized high-strength steel to aluminum alloy in a zero-gap lap joint configuration by two-pass laser welding*. Materials & Design, 58. (2014) 390–401.  
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.01.046>
- [21] Ma J., Kong F., Carlson B., Kovacevic R.: *Two-pass laser welding of galvanized high-strength dual-phase steel for a zero-gap lap joint configuration*. Journal of Materials Processing Technology, 213/3. (2013) 495–507.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2012.10.019>
- [22] Yang S., Kovacevic R.: *Laser welding of galvanized DP980 steel assisted by the GTAW preheating in a gap-free lap joint configuration*. Journal of Laser Applications, 21/3. (2009) 139–148.  
<https://doi.org/10.2351/1.3184432>
- [23] Milberg J., Trautmann A.: *Defect-free joining of zinc-coated steels by bifocal hybrid laser welding*. Production Engineering, 3/1. (2009) 9–15.  
<https://doi.org/10.1007/s11740-008-0140-2>
- [24] Kovács T.: *Laser Welding Process Specification Base on Welding Theories*. Procedia Manufacturing, 22. (2018) 147–153.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.023>