



A teljesítmény és a haladási sebesség hatása a varratgeometriára kézi lézeres hegesztés esetén

The Effects of Laser Power and Travel Speed on Weld Geometry in the case of Manual Laser Welding

Simon Virág,¹ Varbai Balázs,² Abaffy Károly,³ Gyura László⁴

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék. Budapest, Magyarország, simon.virag240@gmail.com

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék. Budapest, Magyarország, varbai.balazs@gpk.bme.hu

³ Linde Gáz Magyarország Zrt. Budapest, Magyarország, karoly.abaffy@linde.com

⁴ Linde Gáz Magyarország Zrt. Budapest, Magyarország, laszlo.gyura@linde.com

Abstract

In our research, we investigated the effects of laser power and travel speed on the weld geometry in case of manual laser welding. Our experiments revealed that a characteristic two-part weld geometry is obtained under our experimental parameters. It was also found that increasing the laser power leads to a nearly linear increase in the weld width, while increasing the travel speed leads to a decrease in the weld width. The penetration depth does not increase further above a certain power level. A decrease in travel speed results in an increase in penetration depth. At the travel speeds tested, a narrow and deep weld geometry was obtained at the 70-80 % power level and a wider but shallower weld at the 90-100 % laser power level.

Keywords: *manual laser beam welding, laser power, travel speed, weld geometry.*

Összefoglalás

Kutatómunkánk során a lézerteljesítmény és a haladási sebesség varratgeometriára gyakorolt hatását vizsgáltuk kézi lézeres hegesztés esetén. Kísérleteink alapján kiderült, hogy kísérleti paramétereink mellett jellegzetes, két részből álló varrat keletkezik. Eredményül kaptuk továbbá, hogy a lézerteljesítmény növelésével közel lineárisan nő a varratszélesség, a haladási sebesség növelése pedig a varratszélesség csökkenéséhez vezet. A varratmélység bizonyos teljesítményszint felett nem nő tovább. A haladási sebesség csökkenése a varratmélység növekedését eredményezi. A vizsgált haladási sebességek mellett a 70–80%-os teljesítményszinten keskeny és mély beolvadású varrat, a 90–100%-os lézerteljesítménynél pedig ennél szélesebb, de kisebb beolvadású varrat keletkezett.

Kulcsszavak: *kézi lézeres hegesztés, lézerteljesítmény, haladási sebesség, varratgeometria.*

1. Bevezetés

A lézeres hegesztés a lézeres vágást követően a legelterjedtebben használt lézeres anyagmegmunkálási eljárás, gépesített változatát számos előnyének köszönhetően széleskörűen alkalmazzák az iparban [1]. A lézeres hegesztés mellett szól a kis területre fókuszált, erősen koncentrált lézernyaláb által létrehozott igen csekély hőha-

tásővezet és a hagyományos ömlesztőhegesztési eljárásoknál jóval kisebb hőbevitel, ami minimálisra csökkenti a munkadarab belső feszültségek általi deformációját [2, 3]. Költséghatékonysága szintén kedvelté teszi az ipari alkalmazásokban, hiszen kezdeti jelentős beruházási költsége gyorsan megtérül nagy feldolgozási sebességének és ezáltal nagy termelékenységének köszön-

hetően [4]. Az elmúlt évek során megjelentek a piacon a kézi lézeres hegesztőberendezések is, melyek felhasználóbarát kezelhetőséget kínálnak könnyű hegesztőpisztollyal és munkakábelrel, valamint kis méretű, könnyen mozgatható sugárforrással [5]. Egyre több cég forgalmaz és használ Magyarországon is ilyen berendezéseket, ám – újszerű volta miatt – jelenleg nagyon kevés tapasztalat áll rendelkezésre ezzel az eljárásvaltozattal kapcsolatban.

Jelen kutatásunkban a lézerteljesítmény és a haladási sebesség varratgeometriára gyakorolt hatását vizsgáltuk ausztenites rozsdamentes acél kézi lézeres hegesztése esetén.

2. Hegesztési kísérletek és értékelésük

Kutatásunk során két, egyenként 10 db hernyóvarratból álló kísérletsorozatot készítettünk 2,7 mm falvastagságú, 42 mm külső átmérőjű, 1.4301 anyagminőségű ausztenites rozsdamentes acél csövekre kézi lézeres hegesztéssel, hozzáanyag hozzáadása nélkül.

Általánosságban a felhasznált acél százalékos kémiai összetétele az 1. táblázatban látható.

1. táblázat. Az 1.4301 anyagminőségű ausztenites rozsdamentes acél százalékos kémiai összetétele [6]

C	Si	Mn	P	S
≤0,07	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,03
N	Cr	Ni	Fe	
≤0,10	17,5–19,5	8,0–10,5	mar.	

Kiemelendő, hogy a varratok reprodukálhatóságának biztosítása érdekében a kísérletek elvégzése során a kézi lézeres hegesztőpisztolyt a stabilitását biztosítandó készülékbe fogtuk be, ezzel kiküszöbölve az emberi kéz bizonytalanságából eredő hibákat. Az egyenletes haladási sebesség biztosítását úgy tudtuk megoldani, hogy a munkadarabot forgatóberendezéssel forgattuk.

A varratok hegesztését a kínai Jinan Xintian Technology Co. nevű cég által gyártott XTW-1000 típusú optikai szál asztali lézeres hegesztőgéppel végeztük. A berendezés 1080 nm hullámhosszú lézersugárzást állít elő, melynek maximális teljesítménye 1000 W. A gép kezelőfelületén a leadott lézerteljesítményt százalékos formában lehet beállítani. Az első kísérletsorozatot 24 cm/min, a második kísérletsorozatot 40 cm/min haladási sebesség mellett hegesztettük, a lézerteljesítményt mindkét esetben 100%-tól 20%-ig 10%-onként változtattuk. Az előkísérleteink tapasztalatai alapján

10%-os lézerteljesítmény esetén nem jön létre varrat, így jelen kutatásunkból a 10%-os teljesítményszintet kihagytuk. A leadott teljesítményen kívül lehetőség van különböző lézernyaláb-lengelési módok (pl. vonal, kör) kiválasztására, továbbá a lengetés frekvenciájának és amplitúdójának beállítására. A lézernyaláb lengetése a hegesztőpisztolyon belül történik, a lézernyaláb optikai úton történő irányításával [7]. Varrataink elkészítését a lézernyaláb lengetése nélkül végeztük. A felhasznált védőgáz 2,5 bar nyomású, 4.6 tisztaságú nitrogén volt.

Annak érdekében, hogy a vizsgált keresztmetszetek pozíciója minden hernyóvarrat esetén megegyezzen, a próbatesteket hossz tengelyük mentén Struers Discotom-10 típusú, vízzel hűthető tárcsás vágógéppel ugyanott vágtuk el. Ezután a mintákat beágyaztuk, és elkészítettük a metallográfiai csiszolatokat. P600-as csiszolópapírral kezdve és egyre finomabb szemcseméretű papírra váltva értünk el a P2500-as finomságú csiszolópapírig. A finom csiszolási karcok eltüntetésére érdekében 3 µm-es gyémántszemcséket tartalmazó szuszpenzió alkalmazásával políroztuk a mintákat. A varratgeometriát maratás segítségével tettük láthatóvá. A csiszolatok megmaratásához a következő összetételű, Adler megnevezésű marószert használtuk:

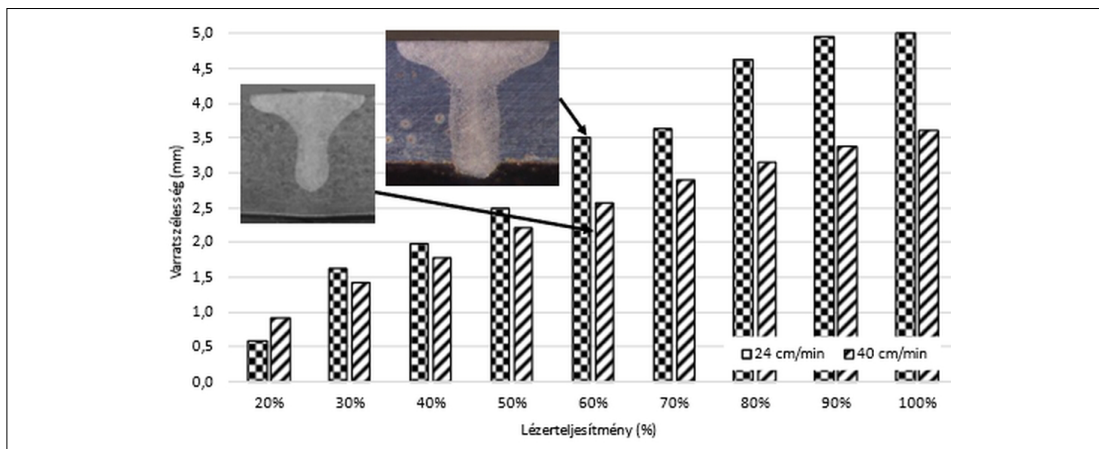
- 9 g réz-ammónium-klorid;
- 150 ml sósav;
- 45 g vas(III)-klorid 6-hidrát;
- 75 ml desztillált víz.

A marószert segítségével – a mintákat 2-3 másodpercig szobahőmérsékleten maratva – sikeresen előhívtuk a varratok alakját, amit Olympus SZX 16 típusú sztereomikroszkóppal vizsgáltunk. A varratokról végül a Stream Essentials nevű program segítségével fényképeket készítettünk, melyeken lemértük a kiértékeléshez szükséges varratszélesség- és varratmélységértékeket. Ezen értékekből diagramokat készítettünk, melyeken néhány mikroszkópi képet példaként feltüntettünk a kialakult varratalakok szemléltetésére.

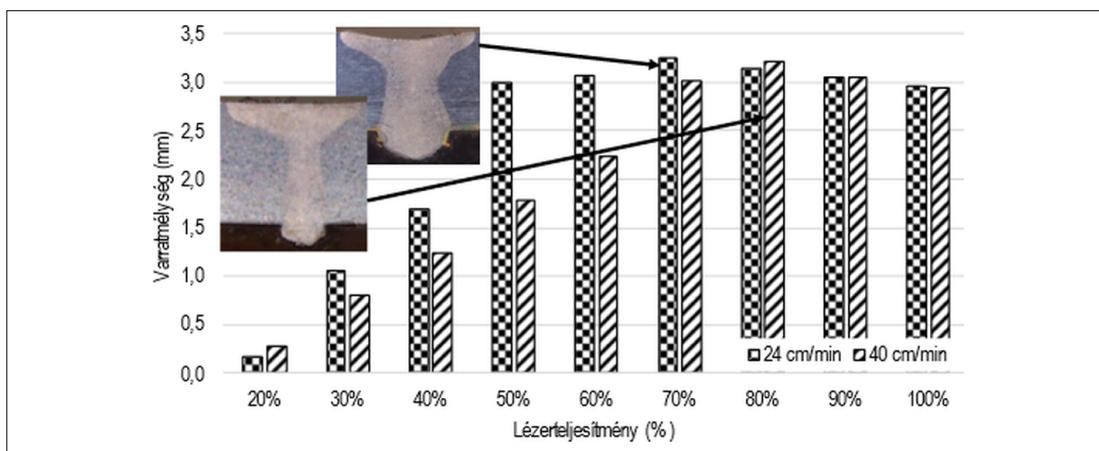
3. Eredmények és kiértékelésük

Az 1–2. ábra mikroszkópi képeit megfigyelve megállapítható, hogy a lézernyaláb lengetése nélkül érdekes, két részből – egy szélesebb és sekélyebb részből, valamint egy keskenyebb és mélyebb részből – álló varratalak alakul ki a hővezetési varratképzési módban.

Az 1. ábrán látható a kialakuló varrat szélességének alakulása a lézerteljesítmény és a hala-



1. ábra. Varratszélesség a lézerteljesítmény és a haladási sebesség függvényében



2. ábra. Varratmélység a lézerteljesítmény és a haladási sebesség függvényében

dási sebesség függvényében. A diagram alapján megállapítható, hogy a teljesítmény növelésével mindkét haladási sebesség esetén nő a varratszélesség, de eltérő mértékben, a 24 cm/min haladási sebesség mellett meredekebb lesz az értékekre illeszthető – közel lineáris – görbe, míg a 40 cm/min haladási sebesség esetén laposabb.

Levonható a következtetés, hogy mind a lézerteljesítmény növelése, mind a haladási sebesség csökkentése a varratszélesség növekedését eredményezi.

A beillesztett mikroszkópi képeken jól látszik, hogy ugyanazon a teljesítményszinten nagyobb haladási sebesség kisebb szélességű varrat keletkezéséhez vezet.

A 2. ábrán a varratmélység alakulása látható a lézerteljesítmény és a haladási sebesség függvényében. Megfigyelhető, hogy a varratmélység

bizonyos teljesítményszint felett nem nő tovább. Érdekes megfigyelni, hogy a varratmélységtérnek a 24 cm/min haladási sebesség mellett 70%-os teljesítményszinten, a 40 cm/min haladási sebesség mellett pedig 80%-os teljesítményszinten van a maximuma. A beillesztett mikroszkópi képeket és a diagramok adatait szemügyre véve azt a megállapítást lehet tenni, hogy a vizsgált haladási sebességek esetén a varratalak 70–80% esetén karcsú és mély, 90–100% esetén pedig szélesebb és kisebb beolvadású.

4. Következtetések

Jelen kutatásunk során hernyóvarratokat készítettünk kézi lézeres hegesztéssel ausztenites rozsdamentes acél csövekre a lézerteljesítmény és a haladási sebesség varratgeometriára gyakorolt hatásának vizsgálata céljából. Eredményeink

alapján a következő megállapítások tehetők:

- a lézernyaláb lengetése nélkül két részből – egy szélesebb és sekélyebb, valamint egy keskenyebb és mélyebb részből – álló varrat keletkezik;
- a lézerteljesítmény növelésével közel lineárisan nő a varratszélesség;
- a haladási sebesség növelése a varratszélesség csökkenéséhez vezet;
- a varratmélység bizonyos teljesítményszint felett nem nő tovább;
- a haladási sebesség csökkenése a varratmélység növekedését eredményezi;
- a vizsgált haladási sebességek mellett 70–80%-os teljesítményszinten karcsú és mély beolvadású, 90–100%-os teljesítményszinten pedig szélesebb és kisebb beolvadású varrat-geometria alakul ki.

Köszönetnyilvánítás

A kísérletek elvégzéséhez szükséges alapanyagot és eszközöket a Linde Gáz Magyarország Zrt. bocsátotta rendelkezésünkre, melyet ezúton is szeretnénk megköszönni. A projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH támogatásával valósult meg (OTKA PD 138729).

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Buza G.: *Lézersugaras technológiák I.* Edutus Főiskola, Tatabánya, 2012. 75.
- [2] Bitay E.: *Hegesztési alapismeretek.* Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2021. 58.
<https://doi.org/10.36242/mtf-16>
- [3] M. Reis, E. Şerifağaoğlu: *A Smart Handheld Welding Torch Device for Manual Spot Laser Welding.* Smart Manufacturing and Materials, II. (2022) 1.
- [4] ESAB Kft., Lézersugaras hegesztés.
https://esab.com/hu/eur_hu/esab-university/blogs/what-is-laser-welding-and-how-does-the-technique-work/ (letöltve: 2024. február 26.).
- [5] V. Gapontsev, F. Stukalin, A. Pinard, O. Shkurikhin, Y. Grapov, I. Markushov: *Handheld laser welding and cleaning system for typical metal fabrication using 1.5 kW fiber laser source.* Proceedings Volume 11981, Fiber Lasers XIX: Technology and Systems (2022) 1.
<https://doi.org/10.1117/12.2616585>
- [6] AGST Draht & Biegetechnik GmbH., Rozsdamentes acél 1.4301 adatlap. (letöltve: 2024. febr. 26.).
<https://www.agst.de/4301?lang=hu>
- [7] C. Yuce: *The Effect of Laser Beam Wobbling Mode on Weld Bead Geometry of Tailor Welded Blanks.* Published in 8th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, (2020) 2.