

MALOVECZKY ANNA – KARAI AMBRUS

Horganyzott karosszérialemez lézersugaras hegesztése

Az ellenállás-hegesztés régóta, sikeresen alkalmazott technológia az autóiiparban, azonban már vannak korszerűbb technológiák is. Ilyen például a lézersugaras hegesztés, ami sokkal gyorsabb, gazdaságosabb és rugalmasabb technológia. A munkánk során arra kerestük a választ, hogy az ellenállás-hegesztés helyett a lézersugaras hegesztés alkalmazásának milyen feltételei és következményei vannak. A gyártásbiztonság növelése érdekében vizsgáltuk továbbá az előforduló problémák kiküszöbölésének lehetőségeit is.

Bevezetés

A lézersugaras hegesztés egyre nagyobb teret hódít az ipar számos területén. Elterjedésének oka a kedvező technológiai paramétereiben keresendő:

- precizitás: a technológiai paraméterek pontos kézben tarthatósága;
- nagy megmunkálási sebesség;
- kiváló megmunkálási minőség (az utánmunkálási igény csökken vagy elmarad);
- a munkadarabra nem hat erő;
- széles tartományban választható és precízen szabályozható energiasűrűség a megmunkálásokban;
- kis fajlagos hőterhelés a munkadarabra;
- a megmunkálás irányától független és kopásmentes megmunkáló szerkezet (fény);
- kiváló automatizálhatóság;
- gazdaságos gyártás;
- nagy gyártási rugalmasság;
- jó kombinálhatóság más technológiákkal [1].

Mindezek ellenére számos kihívás adódik a lézersugaras hegesztés alkalmazása kapcsán.

Az acéllemezeket általában cinkréteggel vonják be (különösen autokarosszérialemezek esetén), a korrózióállóság növelése érdekében. A cink kis forráspontja következtében az acél hegesztése során intenzíven párolog, mert nagy a tenziós nyomása. Ez instabillá teszi a mélyvarratos hegesztés fémgőz-plazma csatornáját, valamint képes akkora gőznyomást létrehozni a varrat egyes részein, hogy az olvadt fém egy része kifröccsen (bukdácsló varrat). A cinkgőzbuborékok be is épülhetnek a varratba, folytonossági hiányt okozhatnak. Ennek eredményeképpen jelentősen csökken a varratszilárdság.

A szakirodalom szerint, a kutatások során számos módszert próbáltak ki a cinkgőz okozta probléma kiküszöbölésére [2]. Ezek azonban vagy nem voltak hatékonyak, vagy a gyártási költséget növelnék a piac

által elfogadható szint fölé. Elképzelésünk szerint, képlékeny alakítással apró dudorokat hozunk létre az egyik lemezen, amelyek a hegesztés során a két lemez között távtartóként szolgálnak. A kísérleteket hézagoló lemez alkalmazásával végeztük, mivel hatását tekintve a két megoldás megegyezik, és a lemezek közötti távolság a kísérleti körülmények között egyszerűbben változtatható. A dudoros verzió a tömeggyártás során praktikusabb.

Mérési módszerek

A hegesztési kísérleteket Trumpf TruLaser Cell 7020 5D lézeres megmunkáló központtal, Trumpf TruDisk 4001 lézersugarforrással végeztük. Először vakvarratokat, majd hézag nélküli, végül hézagolt acéllemez párokat hegesztettünk össze, átlapolt varrat elrendezésben. A fontosabb hegesztési paraméterek a következők voltak: lézersugár teljesítménye 1.000 W, hegesztési sebesség 3 m/perc. A lézersugár fókuszfoltját 3 illetve 4 mm-re (defókus) állítottuk be a felső lemez felületéhez képest. A hegesztendő lemezek 0,6 mm vastagságú, hidegen hengerelt, kiválóan mélyhúzható, horganyzott felületűek voltak. A kémiai összetételük az 1. táblázatban látható.

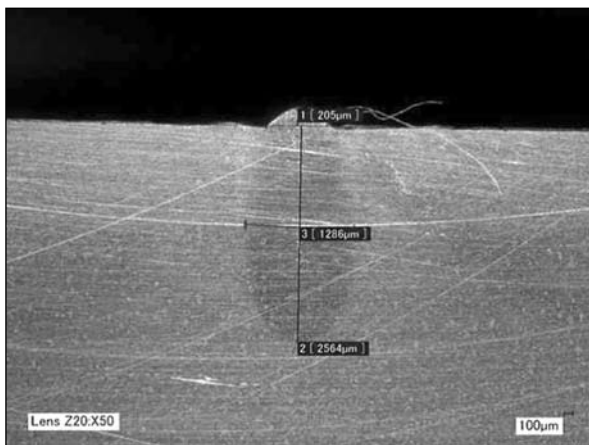
Szakítószilárdságuk 260-350 MPa.

Maloveczky Anna 2015-ben szerzett anyagmérnöki BSc-diplomát a Pannon Egyetemen. 2017-ben pedig a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen vegyész-mérnöki MSc-diplomát, anyagtudomány szakirányon. Kutatási területe: ipari lézersugaras technológiák.

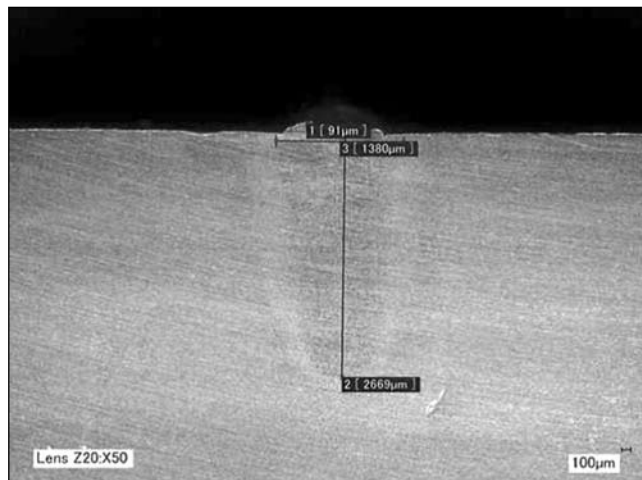
Karai Ambrus 2012-ben szerzett gépészmérnöki BSc-diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, 2016-ban pedig az Eötvös Loránd Tudományegyetemen anyagtudomány MSc-diplomát. Kutatási területe: ipari lézersugaras technológiák, plazma elektrolízis.

1. táblázat. A lemezek kémiai összetétele

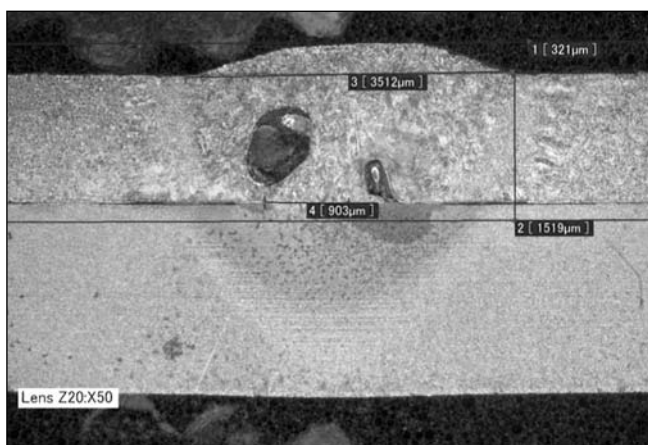
Kémiai összetevők					
C	Si	Mn	P	S	Ti
max (%)					
0,12	0,5	0,6	0,1	0,045	0,3



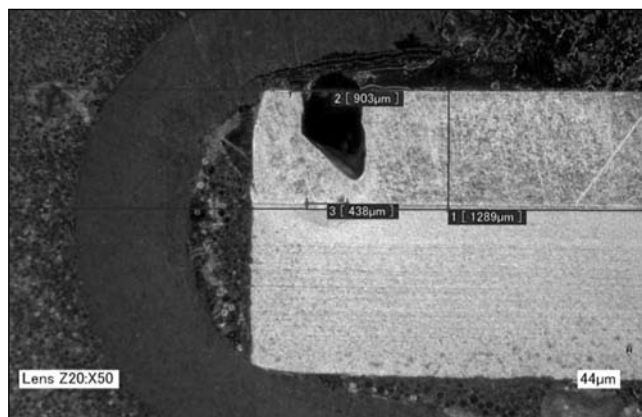
■ 1. ábra. A vakvarrat képe, 4 mm defókusz esetén



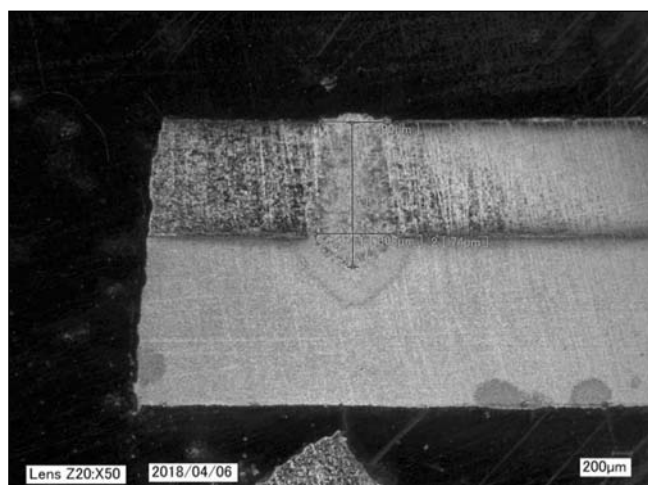
■ 4. ábra. A vakvarrat képe, 3 mm defókusz esetén



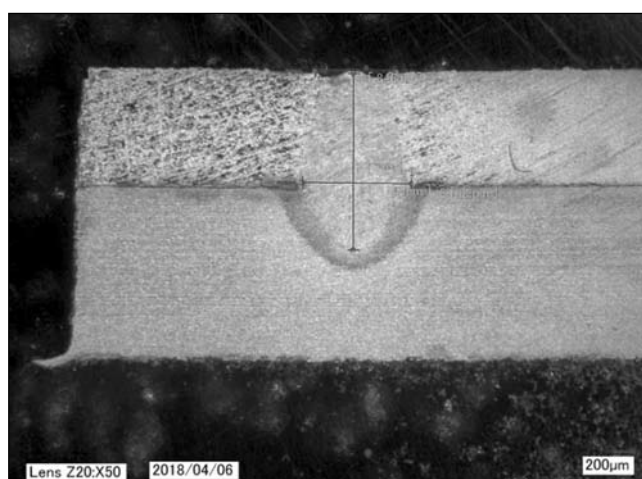
■ 2. ábra. A hézag nélküli varrat képe, 4 mm defókusz esetén



■ 5. ábra. A hézag nélküli varrat képe, 3 mm defókusz esetén



■ 3. ábra. A varrat képe, 74 μm hézaggal, 4 mm defókusz esetén



■ 6. ábra. A varrat képe, 52 μm hézaggal, 3 mm defókusz esetén

A lemezek cinkbevonata úgynevezett „galvannealed” technológiával készült, ami mindkét oldalon 45 gramm/négyzetméter Zn-réteget eredményezett, és ebbe diffundált be 7-11% Fe. Ennek európai megfelelője a DX54D +ZF jelű lemez. A hézagoló lemezek vastagsága 0,1 mm volt. A hegesztés során a lemezeket összeszorítottuk, a

közük helyezett hézagoló lemezekkel együtt. A metallográfiai vizsgálatokhoz vízhűtéses tárcsás vágóval daraboltuk a lemezeket, majd csiszoltuk, políroztuk, végül 3%-os Nitallal marattuk. VHX J20-as Keyence digitális fénymikroszkóppal vizsgáltuk a varratokat, ill. ezzel készítettük a képeket is.

Vizsgálati eredmények és kiértékelésük

Az 1–3. ábrákon a 4 mm-es, míg a 4–6. ábrákon a 3 mm-es defókusszal hegesztett varratok metszeteiről készült fénymikroszkópos felvételek láthatók. A varratok legfontosabb méreteit az 2. táblázat tartalmazza.

A metallográfiai felvételeken látszik, hogy erre az acéltípusra és lemezvastagságra a két defókusz érték közül az 3 mm-es adott szebb varratképeket. A többi esetben (a hézagolt és a hézag nélküli mintákon) átolvad az alsó lemez is, mert túl nagy volt a lézersugár teljesítménye, ill. kicsi az előtolás sebessége, a hegesztési sebesség.

A lemezek közti rések általában valamivel kisebbek, mint a hézagoló lemez vastagsága, vagyis 0,1 mm. Ennek számos oka van: az alkalmazott hegesztőkészülék (lemezleszorító készülék) szorítóereje, a leszorító pofák egymástól mért távolsága, a hézagoló lemezek távolsága a varratól stb. A lemezek síkjai közötti távolságnak ilyen mértékű csökkenése, esetleg növekedése azonban nem csökkenti a módszer hatékonyságát, ami az irodalomkutatás alapján is kiderült.

Jól megfigyelhető, hogy a hézag nélküli lemezeknél kifröccsenés, pórusok láthatóak, míg a hézagoló lemezes megoldás esetén tömör a varrat.

Következtetések

Az ellenállás-ponthegesztés legnagyobb hátránya, hogy rugalmatlan technológia, tehát kevésbé képes elég gyorsan alkalmazkodni az autógyártásra jellemző gyors változásokhoz. Az ellenállás-hegesztés a lézersugarashoz képest lassú technológia, és fajlagosan költségesebb üzemeltetésű is, mivel a munkadarab elektródákkal

2. táblázat. A kísérleti varratok egyes méretei

Defókusz mm	Típus	Varrat-mélység μm	Koronaszélesség μm
4	vakvarrat	2564	205
4	hézag nélkül	1519	3512
4	hézaggal	1571	690
3	vakvarrat	2669	1380
3	hézag nélkül	1286	903
3	hézaggal	1910	846

történő felhevítése nagy energiabe-fektetést, ráadásul gyakori elektróda-utánmunkálást igényel.

A lézersugaras hegesztés (különösen a távhegesztés esetében) munkálási sebessége nagy, kiválóan automatizálható, jól kombinálható más technológiákkal, nagy gyártási rugalmasság jellemző rá, precíz, többnyire nem igényel utómunkát. A beruházási költség a lézersugaras távhegesztés esetében nagyobb, de a gyártás sokkal termelékenyebb, gyakran gazdaságosabb vele, valamint a hegesztési paramétereket pontosabban lehet kézben tartani, így garantált a jó varratminőség.

Az acélok a korrózióállóság érdekében gyakran cinkréteggel vonják be, ez azonban a hegesztés során komoly gondokat okoz.

A hegesztéskor cinkgőz képződik, ami beépülve a varratba, porózussá teszi azt, illetve a nagy cinkgőznyomás instabillá teszi a fémgőzcsonnát, esetenként képes akkora gőznyomást létrehozni a varratban, hogy az olvadt fém kifröccsen a plazmacsatorna környezetéből (bukdácsló var-

rat). Ezek eredményeképp jelentősen csökken a varrat ép keresztmetszete, a varrat szilárdsága.

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

A kísérletsorozat eredményei alapján meghatároztuk a varratminőség szempontjából ideális lézertechnológiai paramétereket, a leggyakrabban használt karosszérialemez-anyagokhoz és lemezvastagságokhoz.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani az Edutus Főiskolának és dolgozóinak, akik telephelyükön lehetővé tették a kísérleteink elvégzését, valamint a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. azon munkatársainak, akik tanácsaikkal és segítségükkel támogatták a munkánkat.

Irodalom

- [1] Buza Gábor: Lézersugaras technológiák I. Edutus Főiskola, Budapest, 2012, 10.
- [2] Kyung-Min Hong, Yung C. Shin: Prospects of laser welding technology in the automotive industry: A review, Journal of Materials Processing Technology, Volume 245, West Lafayette, IN, USA, July 2017, 52–54.

BUBONYI TAMÁS – BARKÓCZY PÉTER

Kristálytani változások szimulációja egydimenziós sejtautomata segítségével

A sejtautomata módszer egy komplex modellezési módszer a különböző anyagtudományi folyamatok szimulációjához, akár tömbi anyag modellezéséről, akár szemcsehatármozgások nyomon követéséről van szó. Egy jelentős terület ezen belül a kristálytani orientációk változásának modellezése. Ebben a tanulmányban egy egydimenziós sejtautomata kerül bemutatásra, amely segítségével egyszerűen nyomon lehet követni a nevezetes kristálytani orientációk változását újrakristályosodás során.