

Gyémánt fúrószegmensek lézeres hegesztésének vizsgálata

Investigation of Laser Welding Technology of Diamond Drilling Segments

Kenéz Attila Zsolt,^{1,2} Bagyinszki Gyula³

¹ Hilti Szerszám Kft., Kecskemét, Magyarország, attila.kenez@hilti.com

² Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, kenez.attila@phd.uni-obuda.hu

³ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A gyémántszemcséket tartalmazó szegmenseket a költséghatékonyság érdekében cserélhető betétekre vagy acél szerszámtestekre rögzítik. Az alkalmazott kötéstechológiának meg kell felelnie a környezetvédelmi és a műszaki követelményeknek egyaránt. A kötési zónát használat közben nagy mechanikai és jelentős hőterhelések érik. Hibás kötés esetén a szegmensek leválhatnak az alaptestről és elrepülve sérülést okozhatnak. Napjainkban gyakran alkalmazzák gyémántszegmensek rögzítéséhez a hegesztés vagy a forrasztás különböző eljárásait. A szegmensek rögzítésének lehetséges technológiái közül a lézersugaras hegesztési technológiát elemeztük. A kötések szerkezetét optikai és pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk, majd elemtérképeket készítettünk. A kötések töréskeresztmetszetét és keménységvizsgálatnak is alávetettük. A különböző technológiákkal készült kötések mechanikai tulajdonságait és összetétel-változásait értékeltük, összehasonlítottuk.

Kulcsszavak: *kötési technológiák, hegesztés, gyémántszegmens, anyagvizsgálat.*

Abstract

Segments containing diamond particles are fixed to replaceable inserts or to steel tool bodies for cost-effectiveness. The joining technology used should meet both environmental and technical requirements. The joining zone is subjected to high mechanical and significant thermal loads during use. In the event of an improper joint, the segments may detach from the base and fly away causing injury. Nowadays, many methods of welding or brazing are used to fix diamond segments. Among the possible segment fixing technologies, laser beam welding has been investigated. The microstructure of the joints has been examined by optical and scanning electron microscopy and chemical element maps have been recorded. Joints have been subjected to fracture and hardness testing. The mechanical properties and composition changes of the joints with different joining technologies have been evaluated and compared.

Keywords: *joining technologies, welding, diamond segment, material testing.*

1. Bevezetés

Az építőipar részéről egyre nagyobb az igény a beton helyszínen történő tervezett vagy rögtönzött megmunkálásához szükséges olyan szerszámokra, melyek jellemző alkalmazási területei: vésés, fúrás, faláttörés, csatornakészítés, felület-

éresítés. Ezeket hatékonyan gyémánttélű szerszámokkal végzik.

A Hilti Szerszám Kft.-nél gyémántszegmenses fúrókoronákat [1] gyártanak az alkalmazások széles köréhez, sokféle alapanyaghoz és különböző teljesítményű szerszámokhoz. A szegmenseket

a vékony falú fúrókoronacsőre lézeres hegesztéssel rögzítik. A magfúrók esetén – melyek az Ø8–37 mm átmérőtartományt fedik le – CO₂-lézer, míg fúrókoronák esetén – melyek az Ø40–202 mm átmérőtartományt fedik le – koronglézert használunk a hegesztéshez.

2. Lézersugaras hegesztés

A kis átmérőjű fókuszoltban igen nagy teljesítménysűrűség érhető el, és abszorpció révén az elektromágneses sugárzás hővé alakul a hegesztendő anyagokban. A fellépő hőmérséklet keskeny sávban megolvasztja az összeillesztett munkadarabok határát, és az elhaladó sugárzás mögött keskeny hőhatás-övezetű, csekély torzulást okozó varrat képződik [2].

A gázlézeres hegesztés jellemzően a 10,6 µm-es hullámhosszúságú (távoli infravörös) sugárzást adó CO₂-lézerekkel történik. Ebben az esetben a CO₂-gáz a lézer „névadója”.

A koronglézeres hegesztés pl. az 1,03 µm-es hullámhosszúságú (közeleli infravörös) sugárzást adó Yb:YAG vagy Nd:YVO₄ lézerekkel történhet. A YAG rövidítés az ittrium-alumínium-gránát kristályra mint „névadó” szilárdtestre utal. Ezek a lézerek a CO₂-lézerekhez képest jobb hatásfokúak.

A lézeres hegesztési technológia tervezésekor a hegesztendő anyag jellemzőinek ismeretében kell a lézer típusát, a teljesítménysűrűsége, a hegesztési sebességet és a fókuszpozíciót meghatározni. Az ismert kémiai összetételű anyag felületének megfelelő optikai tulajdonságai (abszorpció) és finom érdessége alapkövetelmény [3].

A lézeres technológiák – így a hegesztés – a berendezések nagy beruházási költségei ellenére is számos gazdaságossági és műszaki előnyt nyújtanak [4]:

- jelentősen nő a termelékenység;
- csökken az anyag- és a feldolgozási veszteség;
- bonyolult geometria, nehezen hozzáférhető felületek esetén is alkalmazhatók;
- utólagos megmunkálást nem igényelnek;
- automatizált gyártósrba integrálhatók;
- megbízható online minőség-ellenőrzés;
- rugalmasan kihasználható perifériák.

Eltérő minőségű fémek anyagok (ötvözetek) lézeres hegeszthetőségének két alapvető feltétele [5]:

- A két fém anyag képes legyen egyidejűleg megömleni és közös ömledéket képezni. Ez a feltétel nehezen teljesül, ha a két fém olvadáspontja között nagy a különbség, vagy a hővezető képességük nagyon eltérő. Ezért ha szükséges, a

lézersugarat aszimmetrikusan irányítják a nehezebben megömlő fém felé.

- A két fém anyag metallurgiaiailag kompatibilis legyen, azaz ne keletkezzenek megengedhetetlen intermetallikus fázisok, átmeneti vegyületformák a hegesztési folyamat során. Ha két ötvözet kötéséről van szó, akkor közelítően sem lehet erre vonatkozóan következtetést levonni az egyensúlyi diagramokból, hanem előzetes kísérleteket kell, ill. célszerű végezni.

3. Vizsgálatok, eredmények

A hegesztett magfúróknak, ill. fúrókoronáknak meg kell felelniük a rájuk vonatkozó műszaki előírásoknak. Első körben a – sorozatgyártásban alkalmazott – roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálatokat végeztük el. Második körben a kötetést és hőhatásövezetét vizsgáltuk.

3.1. Vizsgálati módszerek

A sorozatgyártásban alkalmazott roncsolásmentes vizsgálatok:

- optikai vizsgálat (szemrevételezés): varratkép ellenőrzése;
- szegmenskiállítás (mérőeszköz: mérőóra): a cső külső átmérőjéhez képest a szegmenseknek nagyobb átmérőn kell elhelyezkedniük, hogy azok dolgozzanak és ne a cső;
- szegmensdőlés (mérőeszköz: mérőóra): a szegmens alsó és felső élein mért különbség a cső külső éléhez képest;
- szegmenselcsavarodás (mérőeszköz: mérőóra): a szegmens elején és végén mért eltérés a cső külső éléhez képest;
- radiális ütés (mérőeszköz: mérőóra): a fúrókoronát körbeforgatva a szegmensek felületén mért radiális eltérés.

A sorozatgyártásban alkalmazott roncsolásos vizsgálat:

- törésteszt (mérőeszköz: digitális kijelzésű nyomaték-kulcs): egy készülékben rögzített vizsgálandó termék szegmensére (a formájához illeszkedő) betétet helyezünk, ami nyomaték-kulcshoz csatlakozik. A kulcs nullázása után a szegmenst letörjük, és leolvassuk a kijelzett – törés helyére átszámított – értéket.

A hegesztett kötetést és környezetét az alábbi módszerekkel vizsgáltuk:

- optikai mikroszkópos vizsgálat;
- pásztázó elektronmikroszkópos (Scanning Electron Microscope, SEM) vizsgálat;
- energiadiszperzív spektroszkópia (EDS);
- keménységvizsgálat Vickers-eljárással.

3.2. Vizsgálati eredmények

Az elvégzett optikai mikroszkópos vizsgálatok alapján megállapítható:

- a vizsgált minták hegesztési varratának (1. és 2. ábra) geometriája hasonló;
- gázzárványok (3. ábra) előfordulnak hegesztési varratokban.

Az elvégzett SEM-vizsgálatok alapján megállapítható:

- esetenként repedésszerű mintázatok is megfigyelhetők (4. ábra);
- a C, Mn, Si tekintetében nem figyelhető meg számottevő különbség az egyes zónák között (5. ábra);
- viszont a neutrális zónából nikkelt ötvöződött be a varratba (6. ábra).

A vonal menti elemzés során az elektronsugarat egy vonal mentén léptetve, pontról-pontra elemezzük (7. ábra).



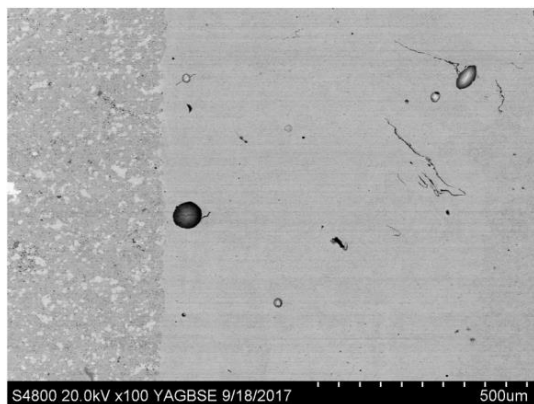
1. ábra. A lézerhegesztett varrat koronaoldali sztereomikroszkópos felvétele



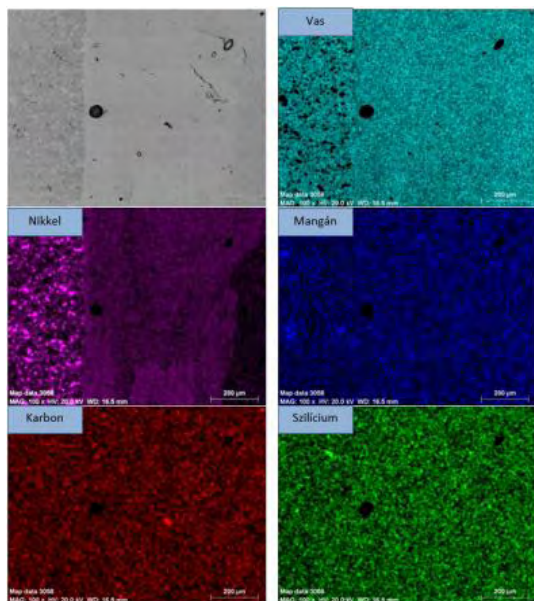
2. ábra. A lézerhegesztett varrat gyökoldali sztereomikroszkópos felvétele



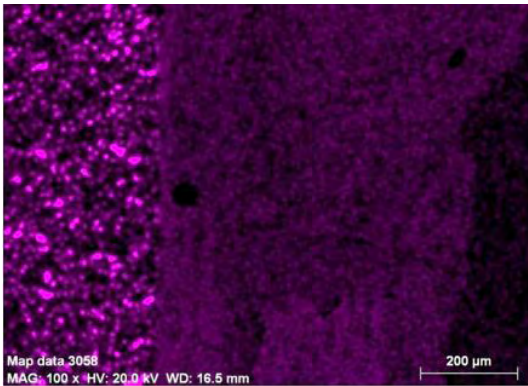
3. ábra. A varrat keresztmetszetének optikai mikroszkópos felvétele



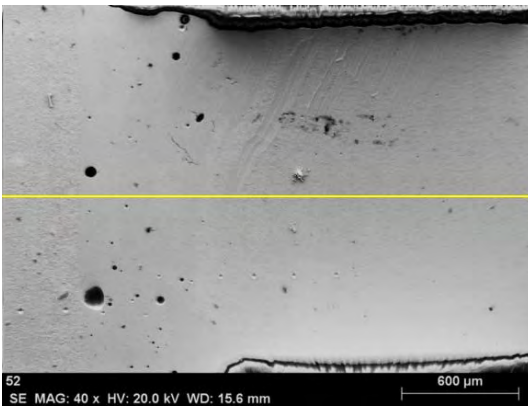
4. ábra. A keresztcsiszolaton a kötés középső zónájáról készült SEM-felvétel



5. ábra. A varratnak a 4. ábrán látható zónájáról készült elem térképek



6. ábra. A lézerhegesztett kötés középső zónájáról készült Ni-elemtérkép



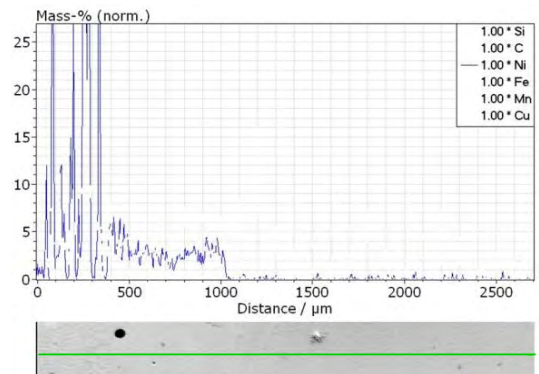
7. ábra. A varrat keresztcsiszolatán a vékony, sárga vonal jelzi a vonal menti elemzés helyét

Az energiadisziperzív röntgendetektor (EDX) begyűjti a különböző energiaszintű röntgenfotonokat (ez lesz az EDX-spektrum), és a vonal mentén minden ponthoz hozzárendeli az adott pontban mért EDX-spektrumot.

A nikkeltomkoncentrációja arányos azzal a beütésszámmal, ami az EDX-spektrumon a nikkelatomból kibocsátott energiaszinthez tartozik. Viszont a beütésszám változhat az elektron-sugár áramváltozásától is, ezért kettő vagy több látómező esetében nem összehasonlíthatóak egymással a beütésszámok.

Ezért úgy jártunk el, hogy egy teljes területi elemzéssel meghatároztuk a minta alapanyagát és az ötvözőket. A vonal menti elemzések során mindegyik elem beütésszámát rögzítettük, és 100%-ra normálás után megkaptuk a nikkelt (és természetesen a többi elem) valódi tömegszázalékos értékét.

A 8. ábrán csak a nikkelt eloszlása látható. A vonalelemzés eleje mindig a porkohászati alapanyagból indul, ahol nikkelszemcsék is találha-



8. ábra. A lézerhegesztett kötés nikkeltkoncentrációja az összeolvadási határra merőleges vonal mentén, a varrat közepén

tóak, így az elemzés elején 100% közelébe ugró csúcsok vannak (a csúcsok teteje nem látható), de a függőleges skála maximumát 25%-ra állítottuk, hogy a varratban lévő alacsony koncentrációjú nikkelt is leolvasható legyen a diagramról.

4. Következtetések

A bemutatott felvételek és vizsgálati eredmények egyfajta demonstrációs példáját adják a kutatómunka kiválasztott, ill. alkalmazott módszereinek. Megállapítható, hogy ezen módszerek alkalmasak a lézeres hegesztéssel és más eljárással készített kötések értékelésére, és természetesen kiegészíthetők további anyagvizsgálatokkal (mint például keménységmérések).

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Vincent C.: *Apparatus and Method for Securing Diamond Segment to Rotating Tool*. US 2005/0279533 A1, 2005.
- [2] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika I. Eljárások és gépesítés*. EME, Kolozsvár/Cluj, 2010. <https://eda.eme.ro/handle/10598/15437>
- [3] Kovács T.: *Laser welding process specification based on welding theories*. Procedia Manufacturing, 22. (2018) 147–153.
- [4] Bitay E.: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. EME, Kolozsvár/Cluj, 2007. <https://eda.eme.ro/handle/10598/8923>
- [5] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Nagy energiasűrűségű eljárások hegeszthetőségi szempontjai*. In: *Fiatl műszakiak tudományos ülésszaka XVII.*, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Füzetek, 2012. 13–18. <https://eda.eme.ro/handle/10598/15489>

ERRATUM

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület mint kiadó és az Acta Materialia Transylvanica szerkesztősége sajnálattal értesíti a szerzőket és az olvasókat, hogy a folyóirat 2018-as évfolyam 1 és 2. lapszámaiban a cikkek magyar nyelvű változatainál a DOI-azonosítók prefixei hibásan jelentek meg.

A cikkek fejléceiben a magyar nyelvű változatnak megfelelő DOI prefix helyesen: **10.33923**, nem 10.2478.

A prefixek 2023 szeptemberében a lapszámok honlapján:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> illetve

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

és

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> illetve

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

minden cikkben javításra kerültek, feltüntetve az eredeti, hibás és az új, helyes azonosítót is.

A DOI-azonosítók helyes számra történő cserélése a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT) is megtörtént.

A hibáért minden szerző és olvasó szíves elnézését kérjük és tisztelettel kérjük, hogy ezentúl az új, helyes azonosítót legyenek szívesek használni!

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó és az Acta Materialia Transylvanica Szerkesztősége nevében:


Bitay Enikő
főszerkesztő

ERRATUM

The Erdélyi Múzeum-Egyesület as Publisher, and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica regret to inform the authors and readers that the prefixes of the DOI identifiers of the Hungarian versions of the articles in issues 1 and 2 of the journal in 2018 were incorrectly published.

In the article headings, the DOI prefix corresponding to the Hungarian version of the article is **10.33923**, not 10.2478.

In September 2023, the prefixes were corrected in all articles on the websites of the journal issues:

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-1.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-1.htm>

and

<https://eme.ro/publication-hu/acta-mat/acta2018-2.htm> respectively

<https://eme.ro/publication/acta-mat/acta2018-2.htm>

showing the original incorrect one crossed out and the new, correct identifier.

The replacement of the DOI identifiers with the correct number has also been done in the Hungarian Repository of Scientific Works (MTMT).

We apologize to all authors and readers for this error, and respectfully request that you use the new, correct identifier from now on!

On behalf of the Erdélyi Múzeum-Egyesület Publisher and the Editorial Office of Acta Materialia Transylvanica:



Bitay Enikő

Editor-in Chief