

Az ultrahangos hegesztés hatásának elemzése a szövetszerkezetre

Analysis of the Effect of Ultrasonic Welding on Microstructure

Kovács Tünde,¹ Pinke Péter²

^{1,2} Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag és Gyártástudományi Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország

¹ kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Az ultrahangos hegesztés szövetszerkezetre gyakorolt hatásának vizsgálatával már foglalkoztak, mivel ez a szövetszerkezeti változás számos tényezőtől, a hegesztési paramétereiktől és az alapanyagtól is függ [1, 2]. A vékony lemezeket hideghengerléssel gyártják, mely rendezettséget okoz a szemcseszerkezetben. A hegesztés során keletkező hő újrakristályosodást okozhat a hőhatásövezetben. Az újrakristályosodás különböző mechanikaitulajdonság-változást eredményez a hőhatásövezetben. A hegesztett szerkezet mechanikai tulajdonságai függenek a szövetszerkezettől. Ebben a munkában elemezni kívántuk az ultrahangos hegesztés hatását a kötésben és a hőhatásövezetben (HHÖ) [3, 4].

Kulcsszavak: ultrahangos hegesztés, hőhatásövezet (HHÖ), újrakristályosodás, varrat.

Abstract

Ultrasonic welding is very useful for joining thin metal sheets [1, 2]. The ultrasound effect on microstructure is currently not well understood because the changes produced depend very much on the welding parameters and the properties of the metal being considered. Thin sheets formed by cold rolling acquire a special grain structure. During the welding process the heat produced causes recrystallization; even where heat is not applied in the joining process the recrystallization process alters the mechanical properties within the heat affected zone (HAZ). The mechanical properties of the welded samples depend on the microstructure. In this work we analyse the ultrasonic welding effect on the joint and the HAZ [3, 4].

Keywords: ultrasonic welding, heat affected zone (HAZ), recrystallization, joint.

1. Bevezetés

A hegesztés napjaink egyik leggyakrabban alkalmazott kötéstechnológiája. A hegesztésre különböző eljárások ismertek, melyek két fő csoportra oszthatók. Az ömlesztőhegesztés során a hegesztendő anyag megolvad, így olvadék állapot jön létre, amely kristályosodással létrehozza a kötést. A másik a sajtolóhegesztések csoportja, melyen belül számos eljárásváltozat ismert. Ezeknél az eljárásoknál sajtolóerő alkalmazásával történik a kötés létrehozása, miközben hő közlünk, esetleg

a folyamat során hő keletkezik. Ez a hő sok esetben nem okozza az alapanyag megolvadását, de segít a kötés kialakításában. Ultrahangos hegesztés során a hő a nagyfrekvenciás ultrahang és a szorítóerő alkalmazásának hatására keletkezik.

2. Ultrahangos hegesztés

Rövidítése az angol Ultrasonic Welding kifejezésből származik (USW). Olyan hideghegesztési eljárás, mely helyi, nagy frekvenciájú rezgési energiából keletkezett súrlódással hoz létre kötést

két összeszorított munkadarab között. Amennyiben a kötést két fém között hozzuk létre, az eljárás elnevezésének rövidítése UMW-re vagy USMW-re (az angol Ultrasonic Metal Welding kifejezés után) változik. Az ultrahangos hegesztés magába foglal egy komplex kapcsolatot a hegesztési területen létrehozandó statikus nyomóerővel, az oszcilláló nyíróerővel és a közepes hőmérséklet-emelkedéssel. Ezen hatások együttes fellépése és természetesen a hegesztendő anyagok minőségének, felületének és vastagságának megfelelő összessége szükséges az ultrahanggal történő hegesztett kötés kialakításához [3, 4].

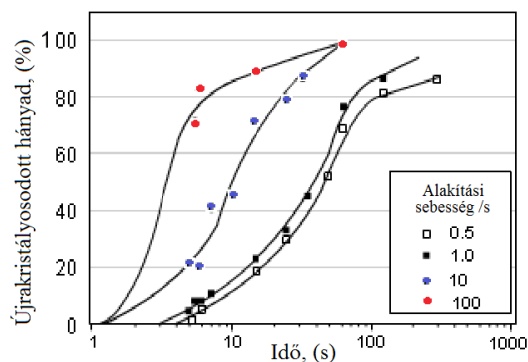
3. Újrakristályosodás

Az ultrahangos hegesztés általában vékony lemezek esetén alkalmazott kötéstechnológiai eljárás. A folyamat során igen nagy hőmérséklet keletkezhet, mely újrakristályosodást okozhat.

Az újrakristályosodást befolyásoló tényezők a következők lehetnek:

- hőmérséklet (termikusan aktivált folyamat);
- hevítés sebessége;
- hevítés ideje;
- alakváltozás mértéke;
- alakváltozás sebessége;
- kezdeti szemcse nagyság;
- második fázisú részecskék;
- oldott anyagok mennyisége és minősége;
- alakítás előtti és utáni textúra.

Az alkalmazott hegesztési eljárás során igen nagy sebességű alakítás jön létre, hiszen a kötést nagyfrekvenciás hangrezgással hozzuk létre. Az alkalmazott frekvencia (20 000 Hz) súrlódást okoz és nagysebességű alakváltozást. Az alakváltozási sebesség növelése a rekristallizáció sebességének növelését eredményezi (1. ábra).



1. ábra. Az alakítási sebesség és az újrakristályosodás kapcsolata [5]

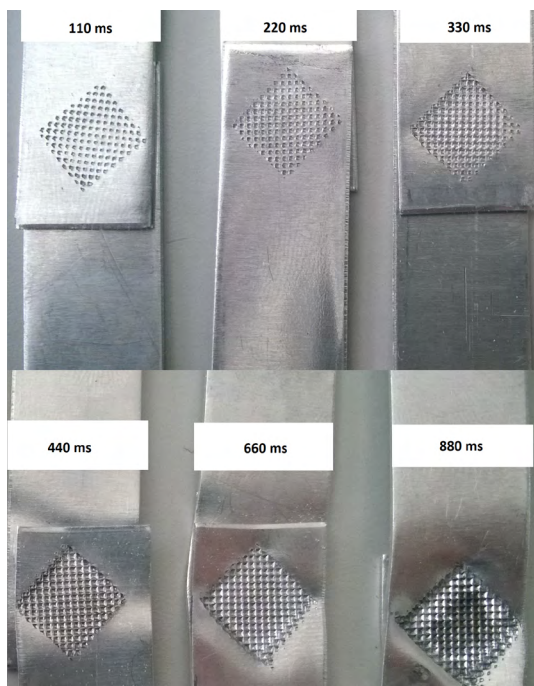
Ismert, hogy az újrakristályosodást főként a hőmérséklet és a hőtartás ideje befolyásolja. Kísérleteink során sem nagy hőmérsékletet, sem hosszú hőtartási időt nem értünk el, mégis azt tapasztaltuk, hogy a szövetszerkezetben a szemcsék mérete és alakja megváltozott az alapanyag szemcse szerkezetéhez képest [6, 7].

4. Kísérletek

A kísérleteket különböző idejű hegesztési idők alkalmazása mellett végeztük. Az elkészült darabok a 2. ábrán láthatóak. A hegesztési időket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az alkalmazott alapanyag alumíniumötvözet (EN AW 1050A H24). A hegesztés során alkalmazott többi paramétert (2. táblázat) nem változtattuk.

A különböző hegesztési idővel készített kötések vizuális vizsgálata során látjuk, hogy jelentős deformációk is felléptek (2. ábra). Az 1–3. jelű darabok szemrevételezéssel elfogadhatóak voltak, míg a 4–6. jelűek már a deformáció mértéke miatt eltérést mutattak. A 6-os jelű darab felületén égési foltokat látni, mely a darab túlmelegedésére utal. A szemrevételezés eredményeként megfelelőnek tartott darabokon nyíró-szakító vizsgálatot, majd a varrat keresztmetszet makrovizsgálatát végeztük.



2. ábra. Különböző hegesztési idővel végzett kísérletek eredményei

tük el. A makrovizsgálata során észrevettük, hogy a szemcsék mérete és alakja igen sok eltérést mutatott az eredeti alapanyag szerkezetéhez képest.

A 3. ábra mutatja a hegesztés hatására létrejött mikroszerkezeti változásokat. A hosszabb hegesztési idő és az ezzel együtt járó nagyobb hőmérséklet hatására a varratban és hőhatásövezetben egyrészt a szemcsék deformációja, másrészt újrakristályosodás és szemcsedurvulás jött létre.

5. Eredmények és következtetések

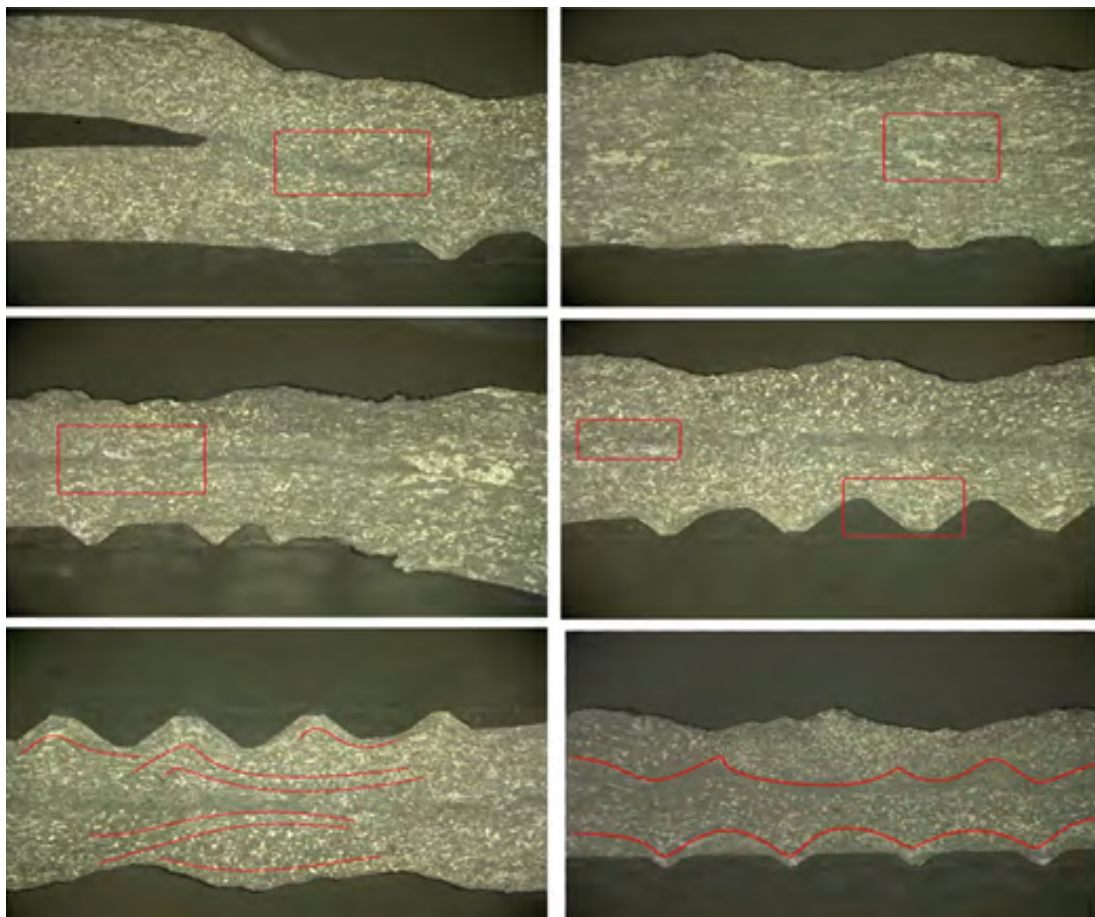
A nagyfrekvenciás ultrahangos hegesztés során a keletkező hő és képlékenyalakítás hatására a mikroszerkezet megváltozik. Az alakítás sebessége a nagyfrekvenciájú súrlódás miatt nehezen meghatározható, mivel egyértelmű az újrakristályosodás létrejötte és a szemcsedurvulás a kötés egyes részein, ami a hagyományos újrakristályosodási elmélettel nem magyarázható, mivel az ultrahangos hegesztésnél alkalmazott hegesztési idő csupán 110–880 ms.

1. táblázat. Hegesztési idő

Hegesztési sorrend	Hegesztési idő (ms)
1	110
2	220
3	330
4	440
5	660
6	880

2. táblázat. Hegesztési paraméterek

Trigger Force	400 N
Nyomáson tartás	400 ms
Amplitúdó	86%
Kezdeti nyomás	0,3 bar
Hegesztő nyomás	5 bar



3. ábra. Ultrahangos hegesztett kötések mikroszerkezete

A kialakult mikroszerkezet okainak további elemzése szükséges. Feltehető, hogy a hegesztési idő nem csupán hőmérséklet-emelkedést, de nagyobb mértékű alakítást is okoz, ebben az esetben előfordulhat az is, hogy nem csak hideg-, de melegsajtolás is bekövetkezik az eljárás során.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton kívánnak köszönetet mondani a munkánkhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010. számú projekt keretében a magyar államnak és az Európai Uniónak.

Továbbá köszönetet kívánunk mondani Szilágyi Mihálynak a hegesztési kísérletek elvégzésében nyújtott munkájáért.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika II. Berendezések és mérések*. EME, Kolozsvár/Cluj, 2010.
<http://hdl.handle.net/10598/15438>
- [2] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika I. Eljárások és gépesítés*. EME, Kolozsvár/Cluj, 2010.
<http://hdl.handle.net/10598/15437>
- [3] Kovács T.: *Investigation of the ultrasound welded aluminium joint microstructure*. Lecture Notes in Mechanical Engineering 49. (2018) 735–741.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_62
- [4] Szilágyi M., Kovács T.: *Ultrahang hegesztés alkalmazása alumínium lemeznél*. In: Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki. Budapest, Magyarország, 2016.
<http://bgk.uni-obuda.hu/iesb/2016/publication/55.pdf>
- [5] Callister Jr. W. D., Rethwisch D. G.: *Materials science and engineering. An introduction*. 8th ed., John Wiley & Sons Inc., USA, 2000.
- [6] Astashev V. K., Babitsky V. I.: *Ultrasonic processes and machines, dynamics, control and applications*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 2007.
- [7] Chen K., Zhang Y.: *Mechanical analysis of ultrasonic welding considering knurl pattern of sonotrode tip*. Materials&Design, 87. (2015) 393–404.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.08.042>

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