



A rögzítés hatása a kötés minőségére ultrahangos hegesztés során

The effect of fastening on the quality of the joint during ultrasonic welding

¹Schramkó Márton, ²Kovács Tünde, ³Pinke Péter,

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai kar, 1081 Budapest Magyarország, schramko.marton@bgk.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai kar, 1081 Budapest Magyarország, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

³ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai kar, 1081 Budapest Magyarország, pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Az ultrahangos hegesztés napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazott kötéstechnológiai eljárás. Az eljárás előnyeként a különböző anyagminőségek összekötésének lehetősége és a rövid hegesztési idő említendő. Napjainkban az ultrahangos hegesztést műanyagok összekötése esetén használják legszélesebb körben, azonban folyamatosak a kísérletek fémek hegesztésére vonatkozóan is. Az eljárásról elmondható, hogy a hegesztési paraméterek gondos megválasztása rendkívül fontos, minimális paraméter változtatás is nagymértékben csökkentheti a hegesztés sikerességét. A hegesztés során könnyen kialakulhatnak különböző károsodások, főleg repedések, ennek egyik oka az ultrahang hatása a diszlokációk mozgására, illetve a rezgésből adódó kifáradási jelenségek. A jelzett problémák elkerülése céljából fontos a hegesztett darabok megfelelő rögzítése a technológia alkalmazása során, ezzel foglalkozik jelen kutatásunk. A kísérlet fókuszában réz és alumínium lemezek közti kötés kialakítása volt, amelynek eredményességét vizuálisan és húzóterheléssel szembeni ellenállóképesség mérésével értékeltük.

Kulcs szavak: ultrahangos hegesztés; rögzítés; Cu-Al kötés

Abstract

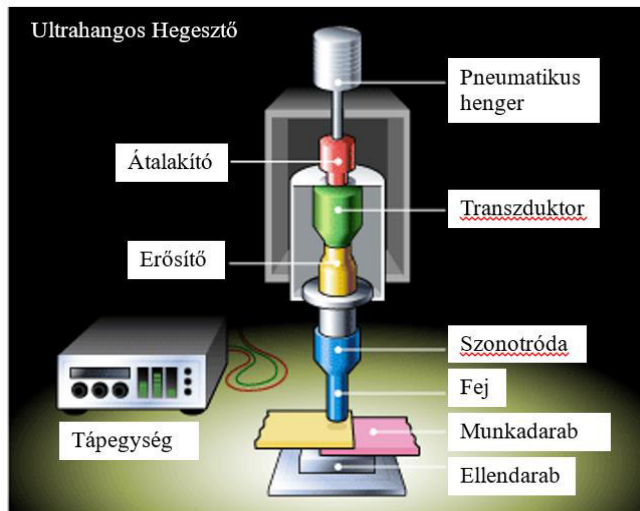
Nowadays, ultrasonic welding is an increasingly widely used joining technology process. The advantages of the process include the possibility of connecting different material qualities and the short welding time. Ultrasonic welding is most widely used for joining plastics, but experiments are also ongoing for welding metals. Regarding the procedure, it can be said that the careful selection of welding parameters is extremely important. Even minimal parameter changes can greatly reduce the success of welding. Various damages, especially cracks, can easily develop during welding; one of the reasons for this is the effect of ultrasound on the movement of dislocations, as well as fatigue phenomena resulting from vibration. In order to avoid the indicated problems, it is important to fix the welded pieces properly during the application of the technology, and this is what our research deals with. The focus of the experiment was the formation of a bond between copper and aluminum plates, the effectiveness of which was evaluated visually and by measuring resistance to tensile loads.

Keywords: ultrasonic welding; clamping; Cu-Al bonding

1. Ultrahangos hegesztés

A hegesztési eljárás a hidegsajtoló hegesztés egyik változata. Előnye, hogy helyes paramétersor beállítás esetén a felszabaduló hő alacsony és a kötés szilárdsága is megfelelő. Az eljárás során a felületeket nyomásnak tesszük ki, amely közben az ultrahang által keltett rezgőmozgás a hegesztett felületek érdességi kiemelkedéseit és oxidrétegeit roncsolja, ezáltal a felületeket egymásba dörzsölve létrehozza a kötést [1]. Az eljárás kiválóan alkalmas műanyagok, fémek és kompozitok hegesztésére, valamint fémek vegyes kötéseinek kialakítására.

A technológia egy piezoelektromos vagy magnetostrikciós gerjesztőre épül. A felvett hálózati feszültséget az átalakító mechanikus rezgésekké alakítja, majd ezt felerősíti és a sontoródába (hegesztő fej) vezet. A berendezés a ponthegesztéshez hasonló módon terhelést helyez a munkadarabra, majd kialakítja a kötést a darabok között. Az 1. ábrán látható egy vázlat az ultrahangos hegesztőgép felépítéséről [2].



1. ábra Ultrahangos hegesztőgép felépítése [2]

1.1 Kritikus paraméterek és az ebből eredő problémák

Az ultrahangos hegesztés esetén a legfontosabb paraméterek: a rezgésamplitúdó és a hegesztési idő, ezektől függ, hogy a munkadarab milyen hosszú ideig lesz kitéve az ultrahangos hatásnak. Ezen két paraméter mellett még fontos meghatározni a darabra ható összeszorító erőt, illetve a maximális teljesítményt, amely megvalósítható a hegesztés során. Ha ezek a paraméterek behatároltak, a következő lépés egy megfelelő rögzítés alkalmazása, ugyanis ennek hiányában a darabok könnyen deformálódhatnak vagy akár el is törhetnek. A hegesztésre tekintettel fontos megemlíteni, hogy egyes geometriák másképpen hatnak az eljárásra. A tapasztalatok alapján a vékonyabb és lágyabb anyagok nagyobb keresztmetszet mellett is jól hegeszthetők, míg a nagyobb méretű és keményebb anyagokról ez nem mondható el. A problémásabb hegeszthető darabok esetében a geometria könnyen válhat egy kritikus paraméterre a hegesztés során [3].

Egy további problémát jelenthet az ultrahangos hegesztés során képződő ultrahang-jelenség, amely elősegíti a diszlokációk mozgását, adott helyen való feltorlásukat egyes esetekben. A diszlokációk mozgása az anyagban komolyabb szerkezeti változásokkal járhat, például a

munkadarab keményedését, lágyulását vagy akár a darab alakváltozását is okozhatja [4]. Ennek egyik oka az eljárás során az anyagban tapasztalható magas gerjesztettségi állapot, amelyet az ultrahangos hatás okoz, ez azonban megfelelő rögzítéssel, szilárd megfogással csökkenthető. A befogás szerepe annak függvényében válik fontossá, hogy milyen anyagminőséget szeretnénk hegeszteni. Lágy anyagok esetében repedések ritkán alakulnak ki, annak ellenére, hogy nem alkalmaznak munkadarab rögzítést. Keményebb alumínium darabok esetében azonban repedések jelennek meg, ha a darabok nincsenek kellően lerögzítve.

2. Kísérletek

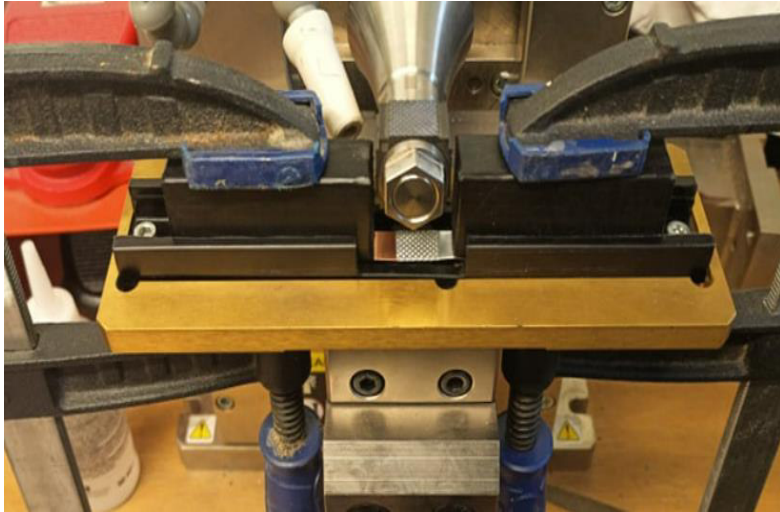
2.1 Kísérlet leírása és az alkalmazott paraméterek

A kísérletek során a célkitűzésünk a befogás hatásának tanulmányozása volt alumínium (Al) és réz (Cu) közti ultrahangosan hegesztett kötés kialakulására vonatkozóan. A kísérletek során a kötések kialakításához beállított paraméterek a következők voltak: amplitúdó 37 μm , összeszorító erő 24 PSI (0,165MPa), a teljesítmény pedig 1200-1400 W között változott, ezeket az értékeket szakirodalmi forrás [5] alapján választottuk. Az idő paraméter kapcsán több kísérletet végeztünk. A két lemez minősége egy 99,5%-os tisztaságú Al és egy 99,5%-os tisztaságú Cu lemez volt, a lemezzvastagság 0,5 mm, a lemezek hossza 70 mm, szélessége 10 mm volt. Az első kísérletekhez lágyított állapotú Al lemezeket használtunk, amelyeken előzetesen 30 perces lágyítást alkalmaztunk 500 °C – on.

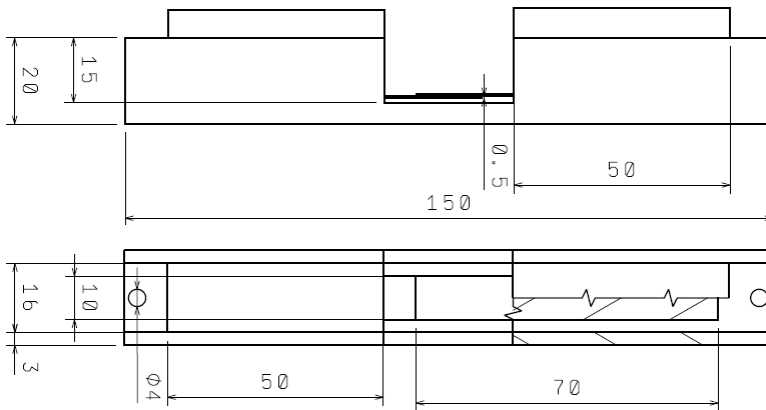
A 2. ábrán látható 4 hegesztett darab, amelyből 2-2 munkadarab rögzítés (befogás) mellett volt hegesztve, a fennmaradó darabok esetében pedig darabrögzítés nélküli volt a hegesztés. A rögzítés elrendezését ultrahangos hegesztés során a 3. ábra, a befogókészülék vázlatát pedig a 4. ábra mutatja. Húzóvizsgálat során a hegesztett darabok elszakításához szükséges erőt mértük (illetve ebből feszültséget számítottunk), továbbá felmértük a vizuálisan detektálható hibákat (repedések, hibás kötés, nagymértékű alakváltozás a darabok geometriájában). Ezen felül még keménységmérést is végeztünk a darabokon. Ezt a keménységmérést a felületen végeztük a befogás alatti területeken. A mérések eredményeképpen azt kaptuk, hogy a kiinduló 20 HV_{0,2/30}-as (szórás+0,8HV) keménységi érték készülék alkalmazása esetén a lefogott részen nem változott, míg készülék alkalmazása nélkül a lemez felkeményedett 25 HV_{0,2/30} (szórás+0,4HV) keménységet elérve a mért területen.



2. ábra Befogással és befogás nélkül hegesztett darabok



3. ábra A befogott darab hegesztése.



4. ábra A befogó készülék és a lemezek rögzítésének vázlatja

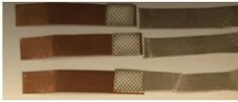


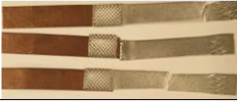


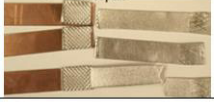

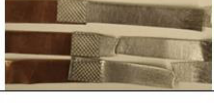

2.2 Kísérlet eredmények összefoglalása

Az 1. táblázat a hegesztés után mért szakadási szilárdság értékeit tartalmazza. A táblázat zölddel kiemelt részei azt jelzik, hogy az adott eredmény megfelelt mind geometriai, mind szilárdsági szempontból. Ha az egyes hegesztési paraméterek esetében hegesztett kötés nem alakult ki, vagy elrepedt a darab az eljárás során, azt szövegesen jelöltük. Az adatok, melyek nincsenek kiemelve színnel, valamilyen geometriai hibával rendelkező kötetést jelölnek. A darabokról egy összefoglaló táblát a 2. táblázat közöl, a felvételek a szakító kísérlet után készültek. Látható, hogy a készülékkel rögzített darabok esetében a próbadarabok többnyire a hegesztési ponttól távolabb szakadtak el, az alumínium lemezben. Ebből megállapítható, hogy rögzítés hatására csökkent a hegesztés közvetlen környezetében bekövetkező repedés kialakulásának veszélye. Ezenfelül a befogás a geometriai deformációk ellen is kedvező megoldást jelent.

1. táblázat Mérések eredményei

Idő	Szakadási szilárdság [MPa]	
	Befogás nélkül	Befogással
1,5 s	43,2	50,4
1,25 s	51,2	49,6
1,25 s (nem lágyított)	nem alakul ki kötés	81,6
1 s	49,6	47,2
0,75 s	51,2	51,2
0,5 s	50	50

2. táblázat Kiválasztott hegesztett darabok tablója lágyított állapotú szakítás után

Befogás nélkül	Befogással
	
1,5 másodperc	
	
1,25 másodperc	
	
1 másodperc	
	
0,75 másodperc	
	
0,5 másodperc	

2.3 Eredmények kiértékelése

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy vékony lemezek esetében, hegesztés során, a darabok állapota nagyobb hatást gyakorol egyes esetekben, mind maga az ultrahangos kitettségnél az ideje. Miközben a lágyított lemezek esetében alig látható különbség az egyes hegesztési paraméter kombinációk hegesztett kötésre gyakorolt hatása között, addig a hideghengerlés után nem lágyított darabok esetében észrevehető a befogás hiánya, hiszen kötés sem alakult ki. Ugyanakkor az is elmondható, hogy ha fontos, hogy a kötés nagyobb szilárdságú legyen, nem ajánlott a lágyítás, e helyett a befogó készüléket ajánlott pontosabban megtervezni. Ezen észrevételek mellett az is látható, hogy a lágy lemezeknél minden hegesztési idő esetében fellépett deformáció, amely már

egy egyszerű munkadarab rögzítéssel is elkerülhető lehet. Megemlítendő továbbá, hogy bár a befogás a szilárdsági paramétereket nem minden esetben növeli, a geometriai deformációkkal szemben megfelelő megoldást jelent és ez sok esetben legalább olyan fontos paraméter, mint a szakadási szilárdság.

3. Konklúzió

Az elvégzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a befogás, a munkadarabok rögzítése, egy fontos lépés az ultrahangos hegesztés során. Elmondható, hogy bár a hegesztések egy része befogás nélkül is elvégezhető, sőt bizonyos szempontból a befogás nem is javít az eredményen, de az alapanyagok deformációja elkerülhető általa. Tapasztalatokból következően, az elektronikai iparban, kábelek, BUS-ok kötés kialakítása során nem feltétlenül szükséges a munkadarabok rögzítése. A kutatás folytatásaként vizsgálható lehet, hogy a hegesztés során a geometriai deformitás milyen hatást gyakorol a vezetőképesség változására. A rögzítési erő pontos meghatározása is egy lehetséges területét képezi a kísérletsorozat folytatásának.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Bánki Szakkollégium által nyújtott támogatásért, amelynek eredményeként a rögzítő elemek elkészítéséhez szükséges anyagok beszerezhetők voltak.

4. Hivatkozások

- [1] Siddiq, A., & Ghassemieh, E. (2008). Thermomechanical analyses of ultrasonic welding process using thermal and acoustic softening effects. *Mechanics of Materials*, 40(12), 982-1000.
- [2] Mech4study Mechanical Engineering Blog (2017). Ultrasonic Welding : Principle, Working, Equipment's, Application, Advantages and Disadvantage <https://www.mech4study.com/2017/03/ultrasonic-welding-principle-working-equipment-application-advantages-and-disadvantages.html> (2022.10.25.)
- [3] Kovács T. (2018) Investigation of the Ultrasound Welded Aluminum Joint Microstructure. In: Jármái K., Bolló B. (eds) *Vehicle and Automotive Engineering 2. VAE 2018. Lecture Notes in*
- [4] Ruzinko, E., & ALHILF, A. (2021). The Effect of Ultrasound on Strain-hardened Metals. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(8), 221-233.
- [5] Schramkó, M., Nyikes, Z., Jaber, H., & Kovács, T. A. (2022). Dissimilar Joining by Ultrasonic Welding. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(3).
- [6] Ward, A. A., French, M. R., Leonard, D. N., & Cordero, Z. C. (2018). Grain growth during ultrasonic welding of nanocrystalline alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 254, 373-382.
- [7] Dhara, S., & Das, A. (2020). Impact of ultrasonic welding on multi-layered Al–Cu joint for electric vehicle battery applications: A layer-wise microstructural analysis. *Materials Science and Engineering: A*, 791, 139795.