

ULTRAHANGOS HEGESZTÉS ALKALMAZÁSTECHNIKAI JELLEMZŐI

APPLICATION FEATURES OF ULTRASONIC WELDING

Bagyinszki Gyula¹, Bitay Enikő²

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8. bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

²Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C., ebitay@ms.sapientia.ro

Abstract

The technological advantages of ultrasonic welding: no need for any filler metal; small electrical transient resistance contacts can be made; thin materials can also be welded to thick materials; results in a helium-solid weld seam; the computer configuration of the welding parameters can easily be solved; clean and safe workflow (no sparks, flame and smoke); can be integrated into the production line. This article deals with some of the additional application features of this welding process.

Keywords: pressure welding, ultrasound, sonotrode, parameters, process variants

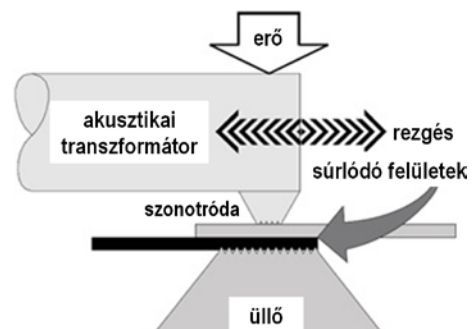
Összefoglalás

Az ultrahangos fémhegesztés alkalmazástechnikai előnyei: nem kell semmilyen hozaganyag; csekély elektromos átmeneti ellenállású kontaktusok készíthetők; vékony anyagok hegeszthetők vastag anyagokhoz is; hélium-tömör hegesztési varratot eredményez; a hegesztési paraméterek számítógépes beállítása egyszerűen megoldható; tiszta és biztonságos a munkafolyamat (nincs szikra, láng és füst); gyártósorba integrálható. Jelen cikk ezen hegesztési eljárás néhány további alkalmazástechnikai jellemzőjével foglalkozik.

Kulcsszavak: sajtoló hegesztés, ultrahang, szonotróda, paraméterek, eljárásváltozatok

1. Fizikai alapok és eszközök

A mikrosúrlódási (nagyfrekvenciájú, mikrométeres nagyságrendbe eső amplitúdójú rezgésből származó) energiát – az érintkező munkadarabok közötti, a szonotróda (mint hegesztő-szerszám) alakjának ill. méretének megfelelő kiterjedésű felületen („interfészen”) – hasznosító ultrahangos hegesztést tulajdonképpen a dörzshegesztés rezgetéssel (nem forgatással) megvalósított speciális esetének is tekinthetjük (1. ábra).



1. ábra. Ultrahangos hegesztés, mint nagyfrekvenciás rezgő dörzshegesztés

Az 50 Hz-es hálózati elektromágneses rezgés (váltakozó feszültség ill. áram) által bevitt energia 20...40 kHz-es frekvenciájú mechanikai rezgésre (ultrahanggá) ill. energiává alakul át. Ezt az energiaátalakítást egy rezonátor végzi, mely – a pozitív vagy negatív longitudinális magnetostrikció, mint a ferromágneses testek mágnesezettsége és mechanikai feszültségi állapota közti kapcsolat egyik megnyilvánulása

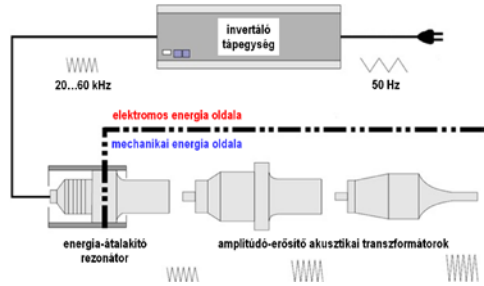
– vagy az elektrostrikció, mint reciprok piezoelektromos hatás jelenségén alapul.

A magnetostrikció alkalmazásakor az elektromos hálózati kis frekvencia nagy frekvenciássá alakításával és annak tekercsbe táplálásával létrehozott váltakozó axiális mágneses térerő mechanikai rezgésként (kis amplitúdójú hosszirányú rugalmas alakváltozásként) nyilvánul meg a mágneses mezőben célszerűen elhelyezett ferromágneses anyagban. A váltakozó árammal táplált tekercs ferromágneses anyagú (vas)magja erőteljes hosszrezgéseket végez, azaz ultrahang-hullámokat bocsájt ki, ha annak sajátfrekvenciája megegyezik a váltakozó áram frekvenciájával.

Az elektrostrikció az ún. aktív dielektrikumok sajátossága, ami váltakozó elektromos tér (feszültség) hatására jelentkező rugalmas deformáció, mechanikai rezgés, kellően nagy frekvencia esetében ultrahang. Ezen mechanikai rezgés amplitúdója rezonancia folytán akkor a legnagyobb, ha az elektromos tér rezgéseinek frekvenciája megegyezik a dielektrikum test valamelyik sajátfrekvenciájával.

Az ultrahangos hegesztésnél alkalmazott mechanikai rezgés egy szontródára kerül, hangolt akusztikus transzformátor(ok)on keresztül (2. ábra). A nyomóerő hatása alatt lévő alkatrészekre továbbított rezgés bontja a felületi szennyező- és oxidhártyákat, így tiszta, szabályozott diffúziós varratot hoz létre. Mivel az atomok a hegesztendő részek között kémiaiilag kapcsol-

ódnak, így valódi kohéziós kötés keletkezik.



2. ábra. Ultrahangos hegesztő berendezés főbb részcsovjai

2. Hegesztési paraméterek

Az ultrahangos hegesztés kölcsönhatásban lévő fő technológiai paraméterei: a rezgés-időtartam, a rezgés-amplitúdó és a rezgés-irányra merőleges (normál) erő. A rezgéskeltés és -fenntartás teljesítmény-igénye:

$$P = F \cdot A \cdot f = S_{mh} \cdot p_t \cdot \eta \cdot A \cdot f \quad (1)$$

ahol P a teljesítmény [W], F az erő [N], A az amplitúdó [μm], f a frekvencia [Hz], S_{mh} a pneumatikus munkahenger keresztmetszeti területe [m^2], p_t a sűrített levegő nyomása [Pa], η a mechanikai hatásfok [-]. Ezzel az energiaigény egy hegesztési ciklusra:

$$E = P \cdot \Delta t = F \cdot A \cdot f \cdot \Delta t = S_{mh} \cdot p_t \cdot \eta \cdot A \cdot f \cdot \Delta t \quad (2)$$

ahol E az energia [J], Δt a ciklus-időtartam vagy hegesztési idő [s]. Ez az időtartam a legtöbb kötéshez kevesebb, mint egy másodperc. Ha több energiára van szükség, és minden más technológiai paramétert változtatlanul tartanak, a hegesztési időt kell növelni.

Jó minőségű hegesztett kötések létrehozásához szükséges, hogy az összekapcsolandó felületek tiszták legyenek. A nagyfrekvenciás súrlódás (összenyomás melletti rezgés) jól tisztítja a kötendő felületeket a

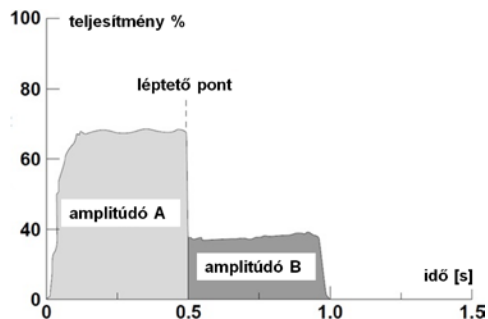
hegesztési folyamat elején. Ultrahangos fémhegesztéskor a felületállapotban (szervetlen nemfémes oxidréteg, szerves zsír- vagy olajszenyezés) elforduló különbségeket az energiaérték módosításával – az időtartam állítása révén – lehet kompenzálni.

A rezonátor–akusztikai transzformátor–szonotróda egység terheletlen állapotban minimális elektromos energiát igényel a rezgőmozgás megindításához és fenntartásához. A mechanikai terhelés növekedésével a mechanikai rezgés fenntartásához szükséges teljesítményigény növekszik. A nyomás hatására fellépő sűrűdés eredményezi a hegedést az alapanyagok diffúziója ill. lokális „kavarása” által.

A nyomás növelésével – a többi paraméter állandó értéken tartása esetén – a hegesztési zóna mechanikai terhelése növekszik, így a vibráció fenntartásához szükséges erő- ill. teljesítményigény is nő. A megnövelt erő- ill. teljesítményszint miatt kevesebb időre van szükség a megfelelő energia beviteléhez, de figyelembe kell venni a tápegység terhelhetőségét is.

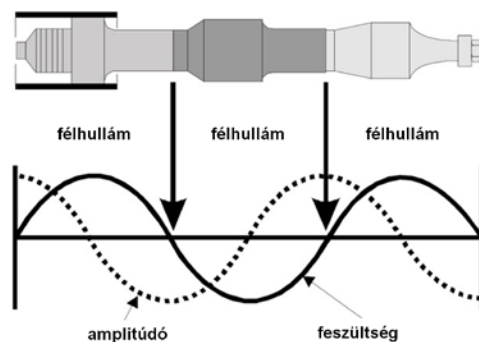
Az ultrahangos berendezés egy rezonáns akusztikai eszköz. Az amplitúdója a hosszirányú kiterjedés és összehúzódás különbsége (5...35 μm), amellyel a szerszám aktívan vibrál. Ez az amplitúdó megfelel a hegesztési felületen a sűrűdési úthossznak. Ha az amplitúdó nő, a rezgés növekvő sebességének fenntartásához szükséges teljesítményigény is növekszik. Ezáltal kevesebb időre van szükség ugyanazon energia beviteléhez.

Az általános gyakorlatban a sűrűdési amplitúdó egy hegesztési ciklus alatt állandó marad. Azonban a technikai fejlesztések lehetővé teszik a szonotróda felület amplitúdójának megváltoztatását a hegesztési ciklus folyamán. Ezt az amplitúdó profilozást vagy -léptetést (3. ábra) leginkább alumínium hegesztésénél használják a kötőszilárdság növelésére és a szerszám-tapadás megakadályozására.



3. ábra. Amplitúdó-profilozás ultrahangos hegesztés során

Az ultrahangos eszközök használatakor a rezgések az akusztikus eszközön át terjednek, harmonikus rezonancia keletkezik, ami csomópontokból és „anti-csomópontokból” áll. Ez eredményezi, hogy a rezonáns hullám átkerül a szerszámmra (4. ábra).



4. ábra. Harmonikus rezonancia ultrahangos eszközben

A rezonáns hullám-átvitel hatékonysága a rezonátor–akusztikai transzformátor–szonotróda egység rezonancia frekvenciájától függ, és két fő tényező határozza meg:

- a hang (rezgés) sebessége az anyagban,
- az akusztikus egység geometriai alakja.

Lehetséges az amplitúdó és/vagy a nyomás növelésére olyan pontig, ahol a rendelkezésre álló teljesítmény már nem elegendő a rezgés keltéséhez vagy fenntartásához az adott mechanikai terhelés alatt. Ezen a ponton a tápegység megáll, ami túl-

terheléses állapotot eredményezne. A rendszer elektronikus áramkörei megvédik a tápegységet, ha ilyen túlterhelési állapot bekövetkezik.

Az ultrahangos hegesztés a rugalmas hiszterézis, az illesztési súrlódás és a képlékeny deformáció kombinált hatásai folytán lokalizált hőmérséklet-emelkedést eredményez. A hegesztési felületek megközelítőleg a fémek olvadási hőmérsékletének 1/3-át éri el, így a hegesztett anyagok fizikai tulajdonságai gyakorlatilag nem változnak meg. Mivel az ultrahangos hegesztési folyamat exoterm (hőtermelő) reakció, a hegesztési idő növelése a hegesztési hőmérsékletet is növeli.

3. Eljárásváltozatok

Az ultrahangos ponthegesztés során a rezgőmozgást az átlapoltan illesztett darabok közül a vékonyabbra (0,005...3 mm) közvetítik. A darabok összenyomását biztosító erővel terhelt szonotróda ezzel a darabbal együtt rezegve hoz létre hegesztett kötetést. Fontos, hogy a munkadarabok között jöjjön létre relatív elmozdulás, ne pedig a szonotróda és a felső munkadarab között. Lehetőség van azonos vagy eltérő anyagminőségű lemezek és huzalok összekötésére.

Az ultrahangos vonalhegesztés folyamatossá tett ponthegesztés, amelynél a tárcsakiképzésű, folyamatos forgómozgást végző szonotróda és üllő között áthaladó, átlapolttal vékony lemezek között alakul ki a hegesztett kötés.

Ultrahangos kör(vonal)hegesztéskor a csőalakú szonotróda tengelye körüli alternáló mozgását pl. három rezgő egység biztosítja és így a hegesztés során a szonotróda csőszerű homlokfelületével közel megegyező méretű és alakú varrat jön létre.

4. Összegzés

Egy ultrahangos fémhegesztési feladat a hegesztendő anyagminőség és annak vastagsága által definiált. Ezekhez kell – a rendelkezésre álló berendezés alapul véve – a mechanikai (ill. az elektromos) teljesítményt, a frekvenciát, az amplitúdót, a nyomóerőt és a hegesztési időt meghatározni, tekintettel az anyag rezgéscsillapító képességére is.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Szunyogh László (főszerk.): *Hegesztés és rokon technológiák Kézikönyv*, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007, - 3.6.2. *Ultrahangos hegesztés*, 299–303.
- [2] Bitay Enikő – Bagyinszki Gyula: *Robotok és a sajtoló hegesztések fejlesztései*, XXI. Fialtal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2016. március 17.; 5. Műszaki Tudományos Közlemények - Erdélyi Múzeum-Egyesület, 101–104.
- [3] Szilágyi Mihály – Kovács Tünde: *Ultrahang hegesztés alkalmazása alumínium lemeznél*, Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki, Paper 55, 2016
- [4] *Welder Touchscreen Controller – Instruction Manual – 2.5 Ultrasonic Theory*, Branson Ultrasonic Corporation, Danbury, 2017
- [5] Budó Ágoston: *Kísérleti fizika I-III.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985