



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVII.

Kolozsvár, 2012. március 22–23.

CSÖVEK ELEKTROMÁGNESES ALAKÍTÁSA

RÁCZ Pál, PORKOLÁB Péter

Abstract

This article deals with a not widely known and applied technology namely the electromagnetic forming, and especially with producing joints between rods and tubes by this technology. The electromagnetic forming has been developed to form sheet and tube materials of high electrical conductivity and low yield strength. High energy rate electromagnetic impulse is used to deform materials without any mechanical contact or hydraulic medium. During our tests one, two and three groove form-fit joints were produced by electromagnetic compression. Geometrical characteristics of joints were investigated, and tensile tests of them were performed. By these investigations the tensile strength of form-fit joints made by trapezoid grooves depends on the number of grooves. The rod of one-groove joints pulled out from the tube, while the tubes of two and three groove joints were fractured during tensile tests.

Key words:

electromagnetic forming, high energy rate forming, tube forming, form-fit joint.

Összefoglalás

A cikk egy kevésbé ismert és elterjedt technológiával az elektromágneses alakítással, ezen belül rúd-cső kötések létrehozásával foglalkozik. Az elektromágneses alakítás a jó villamos vezetőképességű és alacsony folyáshatárú lemez- vagy csőszerű munkadarabokra kidolgozott képlékeny hidegalakító eljárás, mely az elektrodinamikusan alakító eljárások csoportjába tartozik. Elektromágneses alakítással mechanikus és hidraulikus kapcsolat nélkül nagy energiasűrűségű elektromágneses impulzussal végeznek alakítást. A kísérletek során kompressziós tekercsel egy-, két-, és hárombeszűrűs alakzáró kötések hoztunk létre. Megvizsgáltuk a kötések geometriai jellemzőit, egytengelyű húzó igénybevétellel szembeni szilárdságukat. Méréseink szerint az alkalmazott trapéz alakú beszűrűsi profilal készített egybeszűrűs kötés a szakítóvizsgálat során szétcsúszott, a két-, illetve hárombeszűrűs kötésekénél a cső szakadt el.

Kulcsszavak:

elektromágneses alakítás, nagy energiasebességű alakítás, csőalakítás, alakzáró kötés.

1. Bevezetés, az elektromágneses alakítás

Az elektromágneses alakítás képlékeny hidegalakító eljárás, a nagy energiasebességű technológiának jó villamos vezetőképességű és alacsony folyáshatárú lemez- vagy csőszerű munkadarabokra kidolgozott változata, mely az elektrodinamikusan alakító eljárások csoportjába tartozik [1]. Elektromágneses alakítással mechanikus és hidraulikus kapcsolat nélkül nagy energiasűrűségű elektromágneses impulzussal alakítanak [3]. A nagyenergiájú alakító eljárások közös jellemzője a hagyományos alakító eljárásokhoz képest, hogy a munkadarab nagy alakváltozási sebességét ($>10^2 \text{ s}^{-1}$) koncentrált, impulzusszerű energia felszabadítással hozzák létre. A nagyenergiájú alakító eljárásokat

akkor alkalmazzák, ha nem gazdaságos hagyományos sajtológépeken végezni az alakítást a munkadarab anyaga, mérete, a gyártandó kis darabszám (felszerszámozási költség) miatt [2].

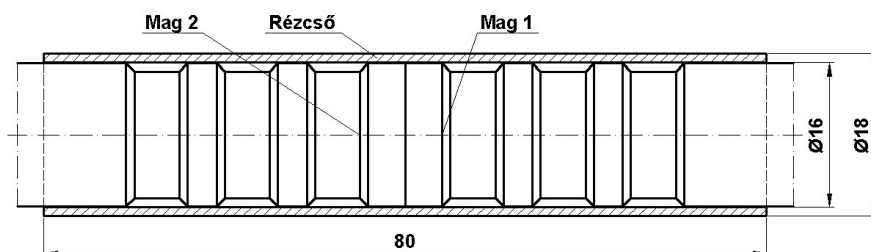
Az elektromágneses alakító berendezés két fő részből: nagyáramú impulzusgenerátorból és alakító szerszámból áll. Az elektromágneses alakításhoz szükséges energiát a kondenzátortelep feltöltéséből nyerik; a töltőfeszültség tartománya 3-15 kV. Az alakító tekercs munkadarabhoz viszonyított helyzete szerint lehet kompressziós tekercs (körbeveszi a munkadarabot), expanziós tekercs (a munkadarab belsejében van), síktekercs (munkadarabbal párhuzamos). Kompressziós és expanziós tekercsrel csöveket, üreges profilokat, síktekerccsel lemezeket lehet alakítani. A tekercs mechanikai szilárdságának elegendőnek nagynak kell lennie az alakítási nyomások felvételére [4]. A kondenzátor kisülésének eredményeként időben csillapodó, szinusz alakú áram jön létre, aminek frekvenciája kb. 10 kHz, első csúcstértékének nagyságrendje 10^5 A. Az alakító tekercsben folyó áram a munkadarabban ellenkező irányú áramot hoz létre (Lenz-törvény). Az áramok taszító kölcsönhatása eredményeként közöttük nagy erő ébred (Lorenz erő). A mágneses nyomás értéke eléri a munkadarab anyagára jellemző folyáshatárt, a munkadarabot alakváltozásra kényszeríti, amely megfelelő sebességre felgyorsulva (50-300 m/s) felütközik az ellendarabra. A mágneses nyomás csúcstértéke a primer áram első csúcstértékénél alakul ki. Az áram nem a munkadarab teljes keresztmetszetében folyik, hanem kizsorul a felülethez közeli δ vastagságú térrészbe, a skin-mélységbe, amely távolságban a felszíni érték $1/e$ -ad részére csökken az áramerősség. Ha a skin-mélység nagyobb a munkadarab vastagságánál, akkor csökken a mágneses nyomás, ilyenkor a fém matricában is áram indukálódik, amelynek ellenkező irányú erőhatását mágneses párnahatásnak nevezzük, mert akadályozza a szerszám kitöltését.

A technológia sokoldalúságát növeli az, hogy egy kompressziós tekercs, különböző térformálók segítségével különféle alakú és méretű munkadarabokhoz alkalmazható. A térformáló a mágneses teret a geometriai kialakításától függően erővonal sűrítéssel formálja. Az erővonal sűrítő képességet csak a külső és belső felület összekötésével, folyamatos áramvezetést biztosító átkötő felületek kialakításával lehet biztosítani. A térformáló 1:1 áttételű transzformátornak tekinthető, amely csökkenti a hatásfokot; amely térformáló nélkül 5-10%, míg térformálóval 3-4% [1], [2].

2. Elektromágneses alakítással létrehozott alakzáró kötések és vizsgálatuk

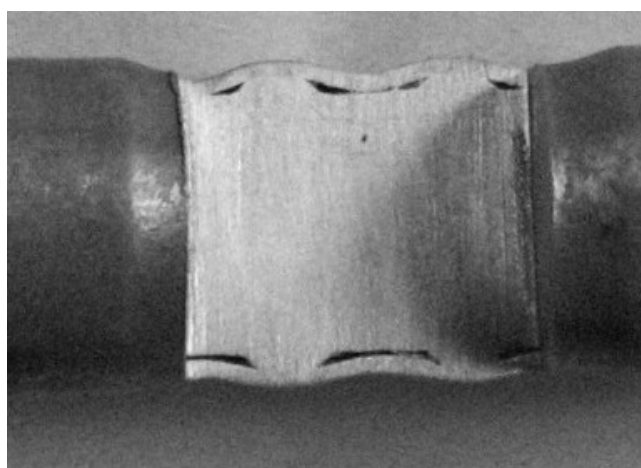
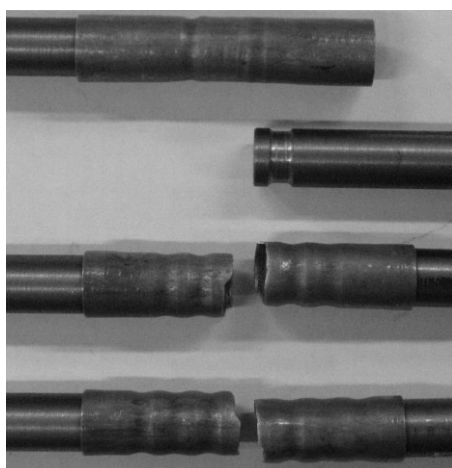
A kísérlethez egy-, két-, hárombeszűrűs, geometriai tulajdonságaikban csak a hornyok számában eltérő acélrudakat készítettünk. Trapéz alakú hornyot választottunk, amely szilárdsági szempontból a legmegfelelőbb, a cső terheléskor kevésbé hajlamos az elnyíródásra. A kötés második elemének nagyon jó villamos vezetőképessége miatt rézcsövet választottunk. Az acélmagokon a rézcsövek lazán illeszkedtek, az alakítási szempontból meghatározó térformáló furata és az alakítandó rézcső közötti rés mérete 1 mm-re adódik. A kötéseket a Kecskeméti Főiskola GAMF Karának Mechanikai

Technológiai Laboratóriumába telepített EMA-EHA-EM 24/30 elektromágneses alakító berendezéssel, M30 kompressziós tekerccsel, és illeszkedő térformálóval készítettük. Az alakítás elektromos paramétereit az alakítási energia számítása és a hatásfok előzetes becslése alapján határoztuk meg; így a töltési energiát 6,5 kJ-ra állítottuk be, amely 4,4 kV-os töltőfeszültséget igényelt.



1. ábra. Összeállítás hárombeszúrásos acél magokból és rézcsőből

Két- és hárombeszúrásos kötésnél az első lövéssel a két rudat pozícionáltuk, a rudak egymás felé eső végén található egy-egy horonnyal ugyanúgy létrehoztuk az alakzáró kötést, mint egybeszúrásos kötésnél, a második és harmadik lövéssel beszúrássá sajtoltuk az addig alakítatlan csőszakaszokat. Próbatétel típusonként egy-egy darabot az Óbudai Egyetem Bánki Karának Képlékenyalakító Laboratóriumában 20 kN mérési határu csavarorsós szakítógépen 4 mm/perc sebességgel elszakítottunk. Az egytengelyű húzó igénybevételt az egybeszúrásos kötésű próbatétel csak részben viselte, a rézcsőből a rúd kicsúszott, a két-, illetve hárombeszúrásos kötéseknel a rézcső elszakadt ($F_m=10.800$ N), a kötés szilárdsága a rézcső szakítószilárdságával egyezett meg (200 MPa).



2. ábra. Elszakított kötések, egy kötés metszete

A hárombeszúrásos kötések közül az egyiket a szimmetriasíkiig lemartuk, a felületet megcsiszoltuk. A 2. ábrán látható, hogy a cső nem töltötte ki a hornyokat, de elérte a beszúrássá sajtolt rész fenekét, valamint a csőnek a beszúrássá sajtolt rész külső élével érintkező részén enyhe kontrakciót is megfigyelhetők.

3. Következtetések / Összefoglaló

A kompressziós szerszámelrendezésű elektromágneses alakítással létrehozott alakzáró kötés az alkalmazott beszúrással az egytengelyű húzó igénybevételt egybeszúrással kötés esetén csak részben viselte el, szétesésszerű. A két, illetve hárombeszúrással kötésnél a cső szakadt el, a kötés szilárdsága a cső szakítási szilárdságával egyezett meg. Az ipari alkalmazás szempontjából kitűzhető további kutatási feladatok:

- a mag geometriai kialakításának továbbfejlesztése, különös tekintettel az egybeszúrással kötésre;
- alumínium mag és cső közti kötések vizsgálata;
- csavaró, nyíró, váltakozó igénybevételnek ellenálló kötések készítése.

A cikk a **TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások** című projekt keretében készült, amely az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Köszönettel tartozunk az S-Metalltech 98 Kft. munkatársainak: Szalay Andrásnak, Dr. Göbl Nándornak, Horváth Dánielnek, akik tapasztalataikkal segítették munkánkat.

Felhasznált irodalom:

- [1]. Artinger István, Kator Lajos, Ziaja György: Új fém szerkezeti anyagok és technológiák. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1974. ISBN 963 10 0629 8.
- [2] Czeglédi Istvánné, Göbl Nándor: Nagysebességű lemezalakító eljárások, Gépgyártástechnológia, 12. (1972) 7-8. pp. 329-335.
- [3] Göbl Nándor, Horváth Dániel, Balogh István: Elektromágneses fémalakítás, Villamos gépek, hajtások, villamosenergia-szolgáltatás, villamosipari és épületvillamossági berendezések, Műszaki Kiadványok, pp. 14-15, Budapest 2011.
- [4] V. Psyk, D. Risch, B.L. Kinsey, A.E. Tekkaya, M. Kleiner: Electromagnetic forming-A review, Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) pp. 787-829, Elsevier 2011.
- [5] Porkoláb Péter: Elektromágneses alakítással létrehozott kötés kialakítása és vizsgálata (TDK dolgozat), Budapest, ÓE-BGK, 2011.

Rácz Pál egyetemi docens
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Cím: 1081 Budapest Népszínház u. 8.
Telefon / Fax: +36-1-6665430
E-mail: racz.pal@bgi.uni-obuda.hu

Porkoláb Péter hallgató
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Cím: 8360 Keszthely, Zrínyi Miklós utca 19.
Telefon / Fax: +36-20-2508308
E-mail: poresz1@hotmail.com