

Dr. Tisza Miklós^{}, Dr. Török Imre^{**}, Kocsisné dr. Baán Mária^{**}*

ABSTRACT

In the framework of the TÁMOP project entitled „Improvement of the quality of higher education based on the Centres of Excellence on strategic research fields of the University of Miskolc, Innovative materials processing is regarded as one of the research fields within the 4th Centre of Excellence. Research in this group is performed in the following topics: Welding, Heat-treatment and Surface Engineering, as well as Metal Forming. In this paper, the main objectives of these research activities, as well as the results achieved during the first period of the project will be shortly introduced.

1. HEGESZTÉS TERÜLETÉN VÉGZETT KUTATÁSOK

A hegesztés szakmai területéhez kötődő kutatások célja a könnyűszerkezetes gyártásban nélkülözhetetlen vékonylemezek – nagyszilárdságú acélok, alumíniumötvözetek – hegesztésére alkalmas olyan új szakaszos energia-beviteli eljárásokra alapozott technológiai variánsok kidolgozása, amelyek közvetlenül adaptálhatók a szerkezetgyártásban. A kidolgozott hegesztési körülmények javíthatják a hegesztett szerkezetek minőségét, megbízhatóságát és terhelhetőségét. E cikk terjedelmi korlátait is figyelembe véve az ellenállás-ponthegesztés területén végzett kutatásokhoz kapcsolódóan kívánunk két területen elért eredményekről röviden beszámolni.

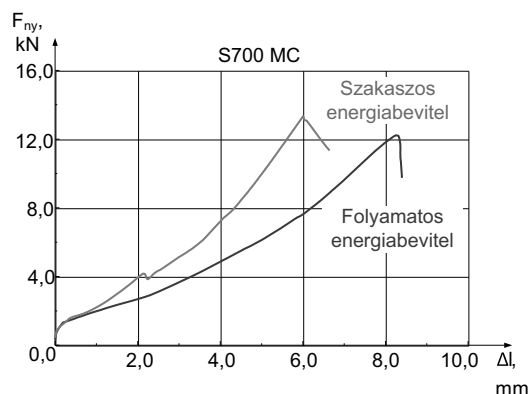
1.1. Nagyszilárdságú acélok ellenállás-ponthegesztése

A többciklusú energia-bevitel előnye, hogy a hegesztés során az anyagba bevitt hőenergia mennyisége pontosan tervezhető és szabályozható. Ellenállás-ponthegesztéskor a kvantumokban történő energia-bevitel, a szünetek közötti hőelvezetés hatását kihasználva, a folyamatos hőbeviteli (egy ciklusú) ponthegesztéshez képest, a hegesztendő anyagba anélkül tud több energiát bejutatni, hogy a hegesztés során az anyagot helyileg túlhevítene. Ennek eredménye a hegesztési munkatartomány (welding lobe) bővülésében és/vagy stabilizálódásában jelentkezik [1]. A kísérletekhez két, az ipari gyakorlatban járatos nagyszilárdságú acéltípust használtunk, az S700 MC jelű, különleges hidegalakíthatósággal rendelkező, termo-mechanikusan hengerelt acélt, valamint a WELDOX 960E jelű finomszemcsés, nemesített szerkezeti acélt.

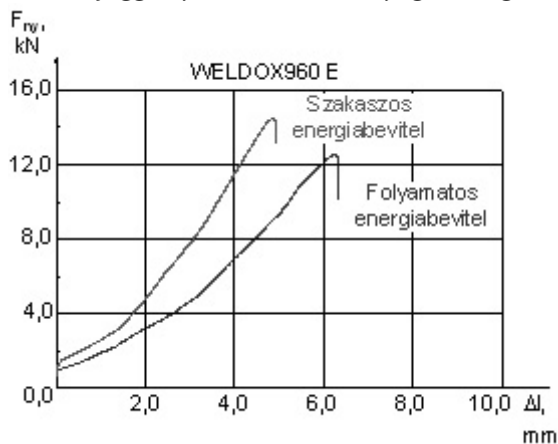
^{*}egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék

^{**}egyetemi docens, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék

E két acéltípuson folyamatos és szakaszos energia-bevitel mellett jelentős számú hegesztési kísérletet hajtottunk végre. Vizsgáltuk a szakaszos és folyamatos energia-bevitel hatását, továbbá a pontkötések roncsolásos nyíró-szakító vizsgálatra eredményeinek alakulását. Egy ilyen nyíró-szakító vizsgálat eredményét szemlélteti az 1. és 2. ábra.



1. ábra. A nyíró-szakító erő változása az elmozdulás függvényében S700 MC anyagminőségénél



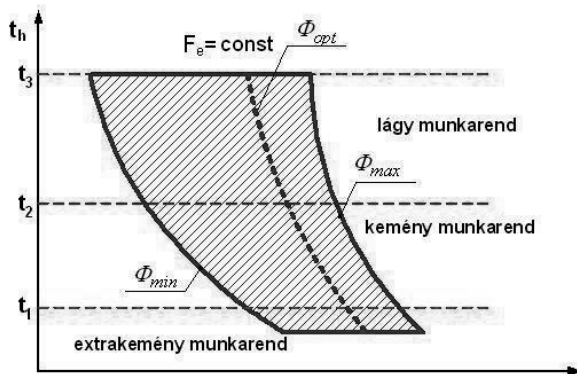
2. ábra. A nyíró-szakító erő változása az elmozdulás függvényében WELDOX 960E anyagminőségénél

A nagyszámú kísérlet igazolta, hogy a kötések teherbíró képessége az S700 MC acélnál 15%-kal, míg a WELDOX 960E acélnál 7,3%-kal haladta meg a folyamatos energia-beviteli hegesztett kötés terhelhetőségi szintjét. A kísérletek igazolták továbbá, hogy a növekvő impulzusszám növeli a kialakuló pontátmérőket, szakaszos energia-bevitelt alkalmazva a ponthegesztés munkatartománya (welding lobe) bővül [1].

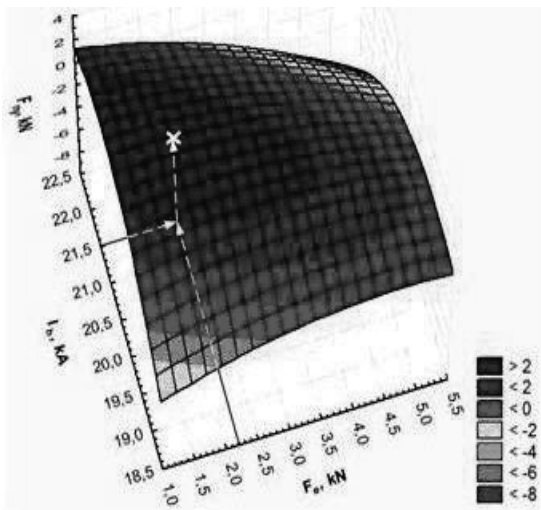
1.2. Alumíniumötvözetek ellenállás-ponthegesztése

Az alumínium és ötvözeteinek ellenállás-hegesztését, annak sikerességét a hegesztendő alapanyag sajátosságai határozzák meg, mint a kis fajlagos ellenállás, a nagy hővezető-képesség, az oxidhártya magas olvadáspontja, a jó alakváltozó képesség.

A folyadék fázisú ellenállás-hegesztésnél a hőt az átlapolat munkadarabokon átvezetett, nagy áramerősség az átmeneti- és anyagellenálláson fejlesztett hője (a Joule-hő) biztosítja. A kötést a hőhatás és a hegesztés során alkalmazott erőhatás együttes fellépése eredményezi. A kis fajlagos ellenálláson fejlődő hőt a nagy hővezető-képességű alapanyag gyorsan elvezeti, ezért a hegesztésnél nagy áramerősséget és rövid hegesztési időt célszerű alkalmazni, amely kemény (vagy extra kemény) munkarendet igényel, amint az a 4. ábrán is látható.



4. ábra. Különböző – lágymunkarend, kemény és extra kemény munkarendek alumínium ötvözetek ellenállás-ponthegesztésénél



3. ábra. A hegesztőáram (I_h) és elektródaerő (F_e) hatása a nyiróerőre

Ez a munkarend a jól szabályozható kis-, valamint középfrekvenciás és kondenzátoros hegesztőgépekkel biztosítható, kemény munkarend biztosította rövid ideig

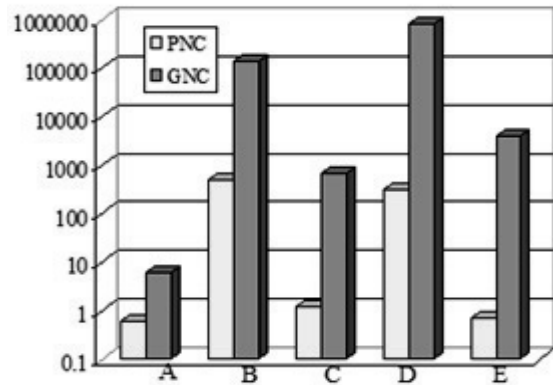
tartó hőhatással. Egy ilyen jól szabályozható berendezéssel folytatottunk hegesztési kísérleteket. A kísérletekhez 1+1 mm-es AlMg3 alapanyagot használtunk változó paraméterekkel (I_h , t_h , F_e), amelyeknél az optimalizálást a kötés nyiró-szakító szilárdságra végeztük el: ezt szemlélteti a 3. ábra [2], [3].

A hegesztések során nemcsak a kemény munkarend technológiai előnyei, hanem a hegesztőáram időbeni változtatása következtében az oxidhártya feltörése is sikeresen megvalósítható [3].

2. A HŐ- ÉS FELÜLETKEZELÉS A 21. SZÁZADBAN

Az Innovatív anyagtechnológiák Tudományos Műhely Hőkezelés K+F témájában fő célkitűzésünk, hogy az ipari szektorral és a szakmai szervezetekkel kialakult korábbi kapcsolatrendszerünkre és eredményeinkre alapozva tovább bővítsük a tanszék szerepét a régió gazdasági fejlődésében meghatározó jelentőségű technológia- és tudástransfer folyamatokban és sokoldalúbbá váljon az eddig főként oktatásfejlesztésre irányuló nemzetközi kapcsolatrendszerünk.

E célkitűzések megvalósítása érdekében első lépésként mélyrehatóan elemeztük a hő- és felületkezelés fejlődési trendjeit, nemzetközi együttműködésben kísérletsorozatot indítottunk a hagyományos gáznitridálás és karbonitridálás, valamint a plazmanitridálás összehasonlító elemzésére (5. ábra), körvonalaztuk elképzeléseinket kutatási infrastruktúránk fejlesztése vonatkozásában.



5. ábra. Plazma- és gázkarbonitridálás összehasonlítása az energia-felhasználás és környezetvédelmi szempontok szerint [5]:

(A) felhasznált gáz mennyiség, m^3/h ;

(B) teljes karbon-emisszió, mg/m^3 ;

(C) NO_x kibocsátás, mg/h ;

(D) maradék karbon-tartalmú gázok kibocsátása, mg/h ;

(E) maradék NO_2 gáz-kibocsátás, mg/h .

Kutatás-fejlesztési stratégiánk kialakításában meszesemenően támaszkodunk az International Federation of Heat Treatment and Surface Engineering szakmai világ-

szervezete által közel egy évtizede megvalósuló Global 21 projekt [4] elemzéseire, előrejelzéseire, amely szerint a fejlesztési irányokat az energia-megtakarítás és a környezetvédelem fokozódó igényei határozzák meg. A felülettechnológiák legjelentősebb innovációjának tekintett plazmatechnológiák fokozottabb elterjedése épp ezeknek a szempontoknak az előtérbe kerülése miatt lenne kívánatos hazánkban is.

Tanszékünk az elmúlt másfél évtizedben számos, egymást követő és egymásra épülő nemzetközi projektben vállalt aktív szerepet, ezek döntően korszerű tananyagok és oktatási programok fejlesztését célozták [6], de lehetőséget teremtettek új vizsgálati módszerek megismerésére is a felületi tulajdonságok kutatásában. Így valósult meg elsőként a felületi rétegek adhéziós kötés-erősségének mérésére alkalmas karcvizsgáló berendezésünk fejlesztése. Az elmúlt évben vizsgálattechnikai lehetőségeink egy újabb, rendkívül sokoldalú és korszerű berendezéssel bővültek.



6. ábra. Az UNMT-1 moduláris mikro-nano felületvizsgáló berendezés körmozgást megvalósító tribológiai vizsgálatokhoz alkalmas modulja 350 °C-ig fűthető kamrával felszerelve

A felülettechnológiai vizsgálatok iránya, a vizsgálóberendezések és vizsgálatok alkalmazhatósági köre a felülettechnológiai eljárások sokoldalú céljának megfelelően sokféle, amelyek legfontosabb csoportjait az alábbiak képviselik:

- tribológiai,
- felületgeometriai,
- mechanikai vizsgálatok, valamint
- a felületeken bekövetkező károsodási folyamatok elemzése.

Az UNMT-1 berendezés különböző moduljainak alkalmazásával lehetőségünk nyílik a különféle hőkezelési és felülettechnológiai eljárásokkal célszerűen módosított anyagszerkezeti jellemzők és anyagtulajdonságok fel-

térképezésére, az alkalmazott technológiák hatásának komplex jellemzésére.

Valamennyi műszaki anyagcsoportra és azok vékony rétegeire alkalmazható az anyag tribológiai viselkedésének elemzésére, komplex vizsgálatára, miközben a mikrométertől a nanométerig terjedő nagyságrendű jellemzők mérésével vizsgálhatjuk a felületi sajátosságokat.

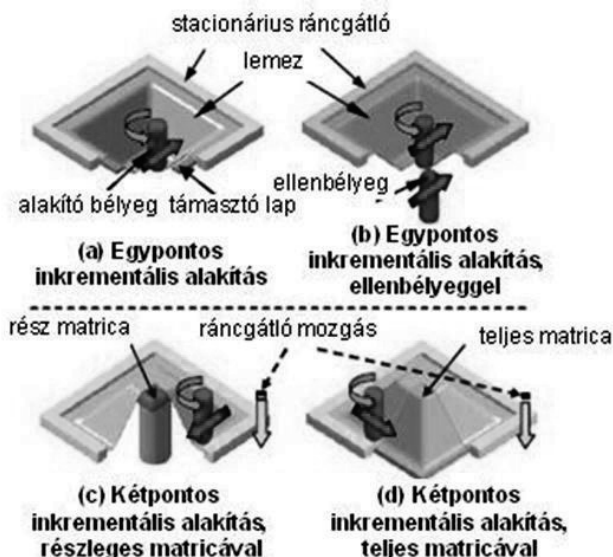
3. KÉPLÉKENYALAKÍTÁS

A képlékenyalakítás a Tudományos Műhely harmadik fő kutatási területe, amelynek keretében fő célkitűzés-ként az állapoténevezők (feszültségi állapot, hőmérséklet és alakváltozási sebesség) hatását hasznosító képlékenyalakító eljárások, valamint a gyors prototípusgyártás és az egyedi, illetve kis sorozatgyártás terén alkalmazható új eljárások kutatását foglalmazzuk meg. E kutatási téma területén egy további kiemelt témája a különféle korszerű anyagok – elsősorban az autópárhazban alkalmazott nagy-szilárdságú lemezanyagok – alakíthatóságának vizsgálata, valamint az alakíthatósági vizsgálatok tovább fejlesztése. A terjedelmi korlátok miatt e kutatásokból egy területen, az inkrementális lemezalakítás témakörében elért eredményekből mutatunk be egy rövid elemzést.

A hagyományos képlékenyalakító eljárások általában egyszerű, merev szerszámokat alkalmaznak: a munkadarab alakját rendszerint a munkadarab alakjának megfelelően kiképzett alakító bélyeggel és matricával határozzuk meg, alakítjuk ki. Azonban különösen olyan esetekben, amikor a szerszámok költségeinek csökkentése fontos szempont, a szerszám nélküli (matrica nélküli), rugalmas alakító eljárások alkalmazása különösen előnyös lehet. Ezen a területen – a gyors prototípusgyártásban, valamint a kissorozatgyártásban – ígéretes alternatíva az inkrementális alakítás.

Az inkrementális lemezalakításnál rendszerint egy egyszerű gömbvégződésű alakító szerszámmal (bélyeggel), matrica nélkül, az alakító szerszámelem mozgásának térbeli vezérlésével, elemi alakítási lépések sorozatával, bonyolult, nagymértékű alakváltozást igénylő alkatrészek viszonylag egyszerűen, költséghatékonyan gyárthatók. Ennek megfelelően az inkrementális lemezalakítás rendszerint négy alapelemmel jellemezhető, nevezetesen az alakítandó lemez; a ránc tartó; az alakító bélyeg és az alakító bélyeg mozgását meghatározó CNC vezérlés.

Az inkrementális alakítás technológiai változatait elemezve két alapvető csoportot különböztethetünk meg, nevezetesen szimmetrikus és aszimmetrikus inkrementális lemezalakítást (7. ábra). Mindkét esetben az alakítást egy viszonylag egyszerű kialakítású, sokcélúan felhasználható alakító bélyeggel végezzük, amelynek derékszögű koordinátákban meghatározott mozgását a megmunkáló gép CNC vezérlése biztosítja.



7. ábra. Az inkrementális lemezalakítás négy alapesete

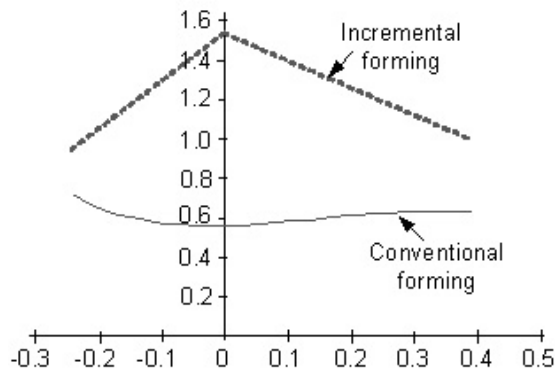
Az eddigi vizsgálatokból közismert, hogy az inkrementális alakítással a hagyományos alakításhoz képest lényegesen nagyobb alakváltozások valósíthatók meg. Ennek megfelelően kutatásaink egyik fő területét ezen a területen az inkrementális alakítás alakváltozási határainak a meghatározása képezi.

A képlékeny lemezalakításban az alakítás határállapotait legátfogóbban az ún. alakítási határdiagramokkal (Forming Limit Diagram – FLD) jellemezhetjük. A hagyományos alakítási határdiagramok jellegzetes, V-alakkal jellemezhetők.

Az alakíthatósági vizsgálatokhoz rendelkezünk egy korszerű, komplex alakíthatósági vizsgálóberendezéssel, amely egy elektrohidraulikus vezérlésű alakíthatósági vizsgáló berendezésből és egy optikai alakváltozás mérő rendszerből áll. Ezzel a berendezéssel gyorsan és megbízhatóan reprodukálható módon meg tudjuk határozni különböző anyagok alakítási határdiagramjait. A vizsgálat lényege, hogy az alakítandó munkadarab előgyártmányának a felületére alakítás előtt egy 2 mm-es osztású négyzetrácsos hálózatot viszünk fel, majd elvégezve az alakítást, a rácshálózat torzulását az optikai alakváltozás mérő rendszerrel mérjük. E mérési eredményekből az erre a célra kifejlesztett szoftverrel (a Vialux cég AutoGrid szoftverével) kiértékelve, az alakítási határdiagramot nagy pontossággal meg tudjuk határozni.

A 8. ábra alumínium ötvözet hagyományos alakításra és inkrementális alakításra meghatározott alakítási határdiagramját mutatja. A diagramon is jól látható, hogy inkrementális alakításnál ugyanazon anyagminőségénél – különösen az $\epsilon_2 = 0$ síkalakváltozási állapotban – a megvalósítható alakváltozás jelentősen nagyobb, mint hagyományos alakításnál.

Ebből következően az is megállapítható, hogy ezzel az eljárással lényegesen összetettebb, bonyolultabb munkadarabok állíthatók elő, egyszerű, olcsó szerszámokkal. Az alkatrészek közvetlenül a gyártmány CAD modelljéből előállított szerszámforma vezérlő programmal egy hagyományos CNC marógépen gyárthatók.



8. ábra. Al 3030 ötvözet alakítási határdiagramja hagyományos és inkrementális alakításra [7]

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatások a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-2010 projekt támogatásával valósultak meg, amely támogatásért a szerzők köszönetüket fejezik ki.

IRODALOM

- [1] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegesztéskor GÉP, LXII. évfolyam (2011) 1-2. szám, p.:32-37
- [2] JUHÁSZ K., TÖRÖK I.: Alumíniumötvözetek ellenállás-ponthegesztése, RHEM Kft. Ellenálláshegesztési Szimpózium 2011. október 20.
- [3] JUHÁSZ K.: Alumínium ötvözetek ellenállás-ponthegesztése, Hegesztő szakmérnöki diplomatervezés p. 1 - 69, Miskolc 2011
- [4] KOLOZSVÁRY Z., R. B. WOOD: IFHTSE Global 21: Heat treatment and surface engineering in the first decades of the twenty-first century. A synthesis report as at December 2009 Proceedings of the 1st Mediterranean Conference on HT Sharm El Sheikh, Dec.1-3 2009 p.26
- [5] SUN Y.: Influence of materials science on heat treatment and surface engineering International Heat Treatment and Surface Engineering, 2009/3
- [6] M. K. BAÁN: International projects in Surface Engineering in collaboration with Professor Tom Bell, Surface Engineering 2010 vol.26 No 1-2. pp.12-14.
- [7] TISZA, M., KOVÁCS, P. Z., LUKÁCS, ZS.: Inkrementális lemezalakítás, Multidiszciplináris tudományok, 2011. 1.k. 1.sz. 43-52. pp.