

ALAKÍTHATÓ NAGYSZILÁRDSÁGÚ LEMEZ- ANYAGOK KLINCS KÖTÉSE

Tisza Miklós¹ – Gál Gaszton² – Kiss Antal³
Kovács Péter Zoltán⁴ – Lukács Zsolt⁵

¹egyetemi tanár, ^{2,3}címzetes egyetemi docens, ^{4,5}egyetemi adjunktus
Miskolci Egyetem, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet,
Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros

Összefoglalás

A klincselés napjainkban egy elterjedt korszerű eljárás, mely a sajtoló kötések csoportjába tartozik. Lényege, hogy két lemezt egy speciális erre a célra kialakított bélyeg – matrica párral egymásba préselünk, valamilyen szerszám, vagy présgép segítségével.

Kulcsszavak: Lemezalakítás, lemezegyesítés, klincselés

Abstract

The clinching nowadays is a more and more widely used forming and joining process, belonging to the joining with forming group. In this process, two plates are joined by forming with a special punch – die pair pressing in a tool or in presses.

Keywords: Sheet metal forming, sheet metal joining, clinching

1. Bevezetés

A járműiparban alkalmazott lemezanyagok skálája nagyon széleskörű: a gyártók az adott célnak, rendeltetésnek legmegfelelőbb anyagokat széles anyagválasztékból választhatják meg, és az is gyakori, hogy egy szerkezeti elemen belül többféle anyagú, eltérő vastagságú és tulajdonságú lemezt használnak fel. Azonban ezeket a lemezeket valamilyen módon egyesíteniük kell a megfelelő végső termék kialakítása érdekében.

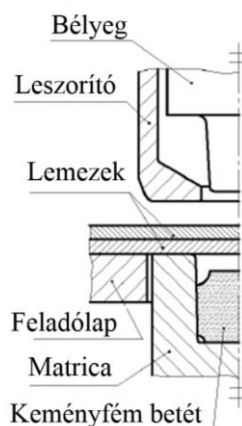
A lemezalkatrészeket egyesítő eljárások között is nagy a választék. Számos eljárás alkalmazható az anyagok egyesítésére. Ezek fő csoportjai: a hegesztés – amelynek nagyon sok változata fordul elő – és különféle forrasztó, ragasztó eljárások és nem utolsósorban a mechanikus egyesítés, vagy akár ezek kombinációi (például ragasztott ponthegesztett lemezek). A gyártók választását befolyásolja, hogy melyik eljárás alkalmas az általuk felhasznált lemezek között megfelelő kötés készítésére, milyen áron tudják a berendezést, az alapanyagot, és a munkaerőt biztosítani, és manapság az egyik fő kritérium az is, hogy mennyire gépesíthető az adott eljárás, mivel ez nagyban befolyásolja a gyártási időket, a szükséges humán erőforrás létszámát, és így a termék árát, végső soron a gyártás gazdaságosságát. Ezek a szempontok együttesen határozzák meg, hogy melyik eljárásra esik a gyártók választása [1],[2],[3].

2. A klincselés technológiája

A klincselés napjainkban egyre inkább terjedő, korszerű eljárás, amely a sajtoló kötések csoportjába tartozik. Lényege, hogy két, vagy több lemezt egy speciális, erre a célra kialakított bélyeg – matrica párral egymásba préselünk, valamilyen célszerszám, vagy présgép segítségével.

2.1. A klincs kötés jellemzői

A klincselés tehát egy sajtoló kötés, amelyet egy képlékenyalakító művelettel hozunk létre. A klincs kötés napjainkban egyre gyakrabban alkalmaznak az autóiparban különböző anyagú, vastagságú, bevonatos, vagy bevonat nélküli vékony lemezek egyesítésére. Példaként megemlíthetjük az Audi TT modellt, amelynek egyes karosszéria elemeinél sorozatgyártásban is alkalmazták a klincselést. Az eljárásnál két, vagy akár három lemezt átlapolva egymásra helyeznek, és képlékenyalakítással egyesítik a lemezeket. Az egyesítendő lemezeket a bélyeggel belesajtoltják a matricába, ami kismértékben alakítja – „szétlapítja” – az alul lévő fenék részt, létrehozva így egy oldhatatlan kötés (1. ábra). Az eljárásnak több változata is van, de ezek közül az egy lépésben történő körpontos klincselést, az úgynevezett TOX® és Tog-L-Loc® eljárást használják leggyakrabban.



1. ábra. A klincselő szerszám főbb elemei

2.1.1. Az eljárás előnyei

A klincselés – amely leginkább TOX kötéstechnológia néven is ismert – az innovatív kötőalakító eljárások közé tartozik. Előfordul az autóiparban és különféle műszaki cikkek gyártásánál. Elsősorban a ponthegesztés kiváltására alkalmazzák, főleg alumínium lemezek esetében. Nagy előnye a ponthegesztéshez képest, hogy gazdaságosabb (akár 60%-os költségmegtakarítást eredményez). További előnye, hogy környezetbarát eljárás, úgynevezett tiszta eljárásnak is hívják (clean technology). Néhány fontosabb jellemző, amely a klincselés előnyeit támasztja alá:

- 30 – 60%-os költségmegtakarítás a ponthegesztéshez képest;
- a TOX technológiával kialakított kötés közel 70 %-át eléri a pontkötéssel létrehozott kötés mechanikai tulajdonságainak;

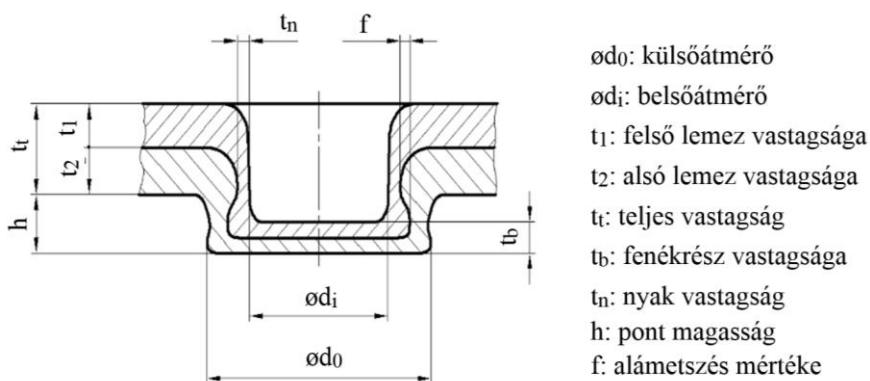
- a TOX kötés dinamikus terheléssel szembeni ellenálló képessége nagyobb, mint az ellenállás hegesztéssel létrehozott kötéseké;
- az eljárás automatizálható, a folyamat kiválóan nyomon követhető, jól dokumentálható;
- egyszerű, roncsolás mentes minőség-ellenőrzés lehetséges;
- a kötés során semmilyen metallurgiai változás nem lép fel;
- a galvanizált, festett, illetve különböző felületvédő réteggel ellátott anyagok nem károsodnak, mert a réteg az anyaggal együtt alakváltozik;
- jó elektromos vezetőképesség;
- nincs magas hőmérséklet így például ragasztott kötéssel is párosítható;
- a lemezvastagság 0,1 mm és 12 mm között választható;
- közbenső rétegek is használhatók például papír, vagy ragasztó;
- mivel nincs szennyeződés, a kötés nem igényel utólagos megmunkálást;
- rendkívül környezetbarát eljárás;
- a lézeres hegesztésnél jóval olcsóbb [6].

2.1.2. Az eljárás hátrányai

Az eljárás hátrányaként említhető, hogy a kötés mechanikai tulajdonságai gyengébbek, mint a ponthegesztésé, de sok esetben ez nem is szükséges, ugyanakkor a folyamat jobban beleillik a gyártásba.

2.2. A klincs kötés minőségi tényezői

Az általános körpontos klincselési eljárás esetében a kötés erősségét a nyakvastagság, és az alámetszés nagysága határozza meg, ezeket a méreteket pedig a szerszám kialakítása befolyásolja, mint például a bélyeg átmérő, valamint a matrica mélysége, és az üreg átmérője. Ezeket a paramétereket a 2. ábra mutatja [5].



2. ábra. A klincs kötés fontos technológiai és minőségi paramétere

2.3. A klincs kötés típusai

A klincs kötéseknek számos típusát ismerjük: ebben a cikkben a vizsgálatainknál használt körpontos típusú kialakítást mutatjuk be (3. ábra).

A körpont kialakítás a legegyszerűbb, legtisztább lemezkötés. Nincs szükség előmunkálatokra, kötőelemre. A szerszámok nem tartalmaznak problémát okozó vágó, vagy mozgó elemeket. A körpont egy speciális kivitele a MICRO-pont, amit kiválóan lehet miniatűr fém-lemezdarabok összekapcsolására is használni. Nagy hatékonysággal használható az elektronikában és az elektrotechnikában, valamint a mechatronikában [6],[7].



3. ábra. Körpont kötés

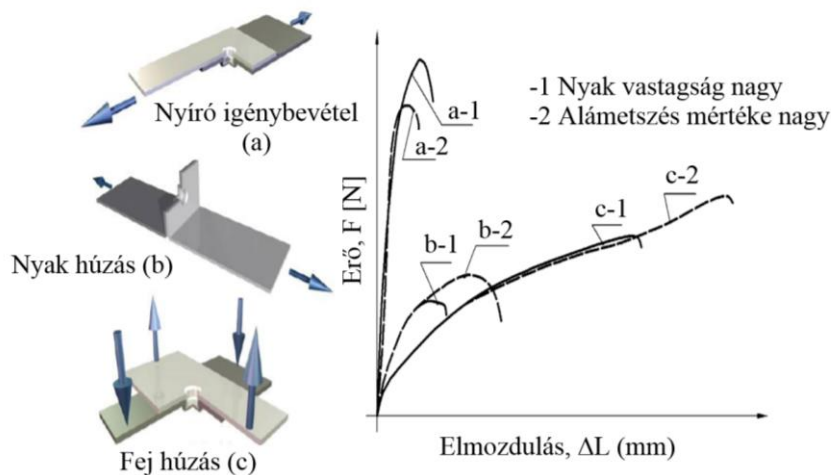
2.4. A klincselés folyamata

Az eljárásnál két, vagy három lemezt átlapolva egymásra helyeznek, és a bélyeg segítségével egyesítik a lemezeket úgy, hogy belenyomják egy matricába, ami kismértékben alakítja – „széttlapítja” – az alul lévő fenék részt, létrehozva így egy oldhatatlan kötést. Az eljárásnak több változata is van, de ezek közül az egy lépésben történő körpontos klincselést, használják leggyakrabban.

Az egy lépéses körpontos klincselés folyamata alapvetően négy fázisból áll. Először a lemezeket belenyomjuk a matricába, majd mikor az alsó lemez eléri a matrica alját, zömülés megy végbe, és az anyag radiális irányban megfolyik. Ezután a matricaüreg „megtelik” végül pedig a visszasajtolással fejeződik be a folyamat.

2.5. A kötések vizsgálata

Ahhoz hogy egy gyártási folyamat elkezdődhessen, költséges vizsgálatokat kell elvégezni: az adott alkalmazáshoz a megfelelő szerszám együttest kiválasztásához több kötést is el kell készítenünk változó szerszámgeometriákkal. A kötéseket statikus és dinamikus terhelésekkel is tesztelik. A vizsgálatok megegyeznek a ponthegesztett kötések roncsolásos vizsgálataival, aminek az elemei a nyíró és a húzó szakító vizsgálatok (4. ábra). E vizsgálatokkal párhuzamosan, tengelymetszetes makrosziszolaton mérik a nyak szélességet és az alámetszést, vizsgálva a geometriai jellemzők hatását a kötés szilárdságára [4].



4. ábra. Nyíró, nyak- és fejhúzás ábrája, illetve az előforduló hibák okai

3. Vizsgálat sorozat

A klincs kötések vizsgálatára Intézetünkben beszerzésre került egy TOX szerszámár, amely körpontos klincs kötés létrehozására alkalmas. A kialakított szerszámmal DP 600-as anyagminőségű, 1 mm vastagságú lemezeket lehet összesajtolni. A legkedvezőbb tulajdonságú kötések ennél az anyagminőségnél, akkor lehet elérni, ha a technológiai paraméterek közül a fenékvastagságot 0,5 mm-re állítjuk be a gyártó szerint. A vizsgálatokat az Intézet MTS típusú, elektro-hidraulikus, számítógép vezérlésű, univerzális anyagvizsgáló gépén végeztük. A berendezés maximális nyomóereje: $F_{\max} = 250 \text{ kN}$. Az 5. ábra a vizsgálati berendezést a szakítógépre felszerelt klincselő szerszámmal együtt a mutatja.

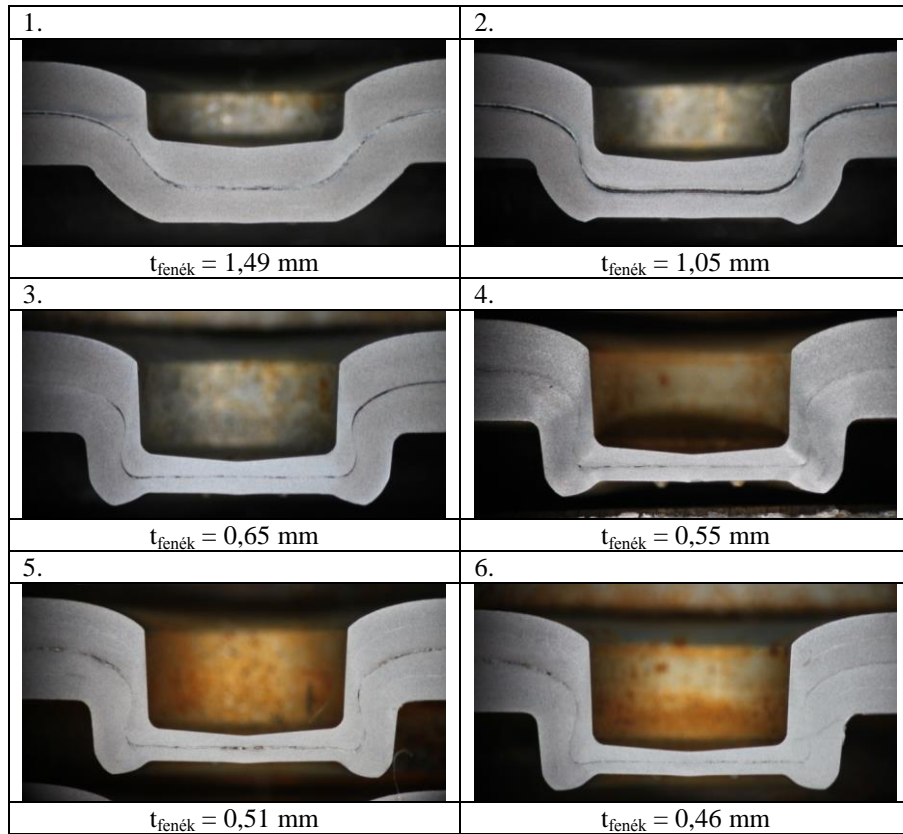


5. ábra. MTS típusú, 250 kN méréshatárú elektro-hidraulikus szakítógép a klincselő szerszámmal

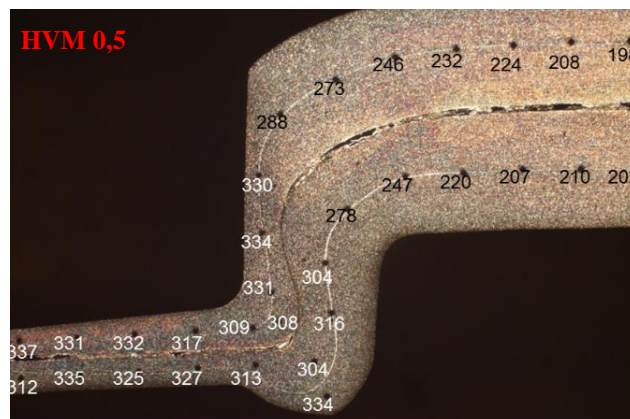
A vizsgálataink során először az alakítás folyamatának elemzését tűztük ki célul, ezért előkísérleteket végeztünk, ahol az előírt anyagpáron különböző bélyegelmozdulásokkal: ezáltal különböző fenék vastagságokat hoztunk létre. Az így létrehozott kötések középen kettévágva az alakítás lépéseit a 6. ábra fényképsorozatán szemléltetjük.

A technológiai folyamat elemzéséhez a létrehozott próbatest sorozaton lehetőség van a fontosabb technológiai paraméterek meghatározására, mint például a fenékvastagág, alámetszés, nyakvastagság mérése az egyes alakítási lépésekben.

A kettévágott próbatestekből csiszolatokat készítettünk, és a 0,5 mm fenékvastagságú darabon mikro-keménységmérést is végeztünk (HVM 0,5). A keménységi értékeket a két lemez semleges szálában, a középpontból kiindulva 0,5 mm-enként mértük. A 0,5 mm-es fenékvastagságnál kapott keménységértékeket a 7. ábrán mutatjuk meg.

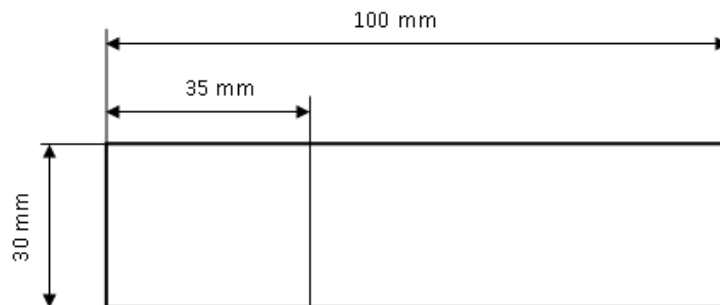


6. ábra. Az alakítás folyamata DP 600 anyagminőségű 1mm vastagságú lemezeknél



7. ábra. A keménységmérés eredményei 0,5 mm-es fenékvastagságnál, DP 600-as anyagminőség párnál (lemezvastagságok: 1 mm)

A továbbiakban a gyártó által javasolt fenékvastagságot, illetve ezen érték megváltozásának a kötés szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az elkészült próbadarabokon háromféle vizsgálatot végeztünk: ezt a kötések létrehozásakor figyelembe vettük, a geometriát eszerint alakítottuk ki. A vizsgálatok típusai: 1. Nyírószakító vizsgálat, 2. Fejhúzó vizsgálat, 3. Nyakhúzó vizsgálat. A kötéshez használt próbatestek előkészítésének első lépése a darabok kimunkálása, 1000x2000x1 mm méretű lemeztáblákból. A darabokat lézervágással készítettük el az Industar Kft.-nél Felsőzsolcán. A táblákból 30x100 mm próbatesteket vágunk ki (8. ábra).



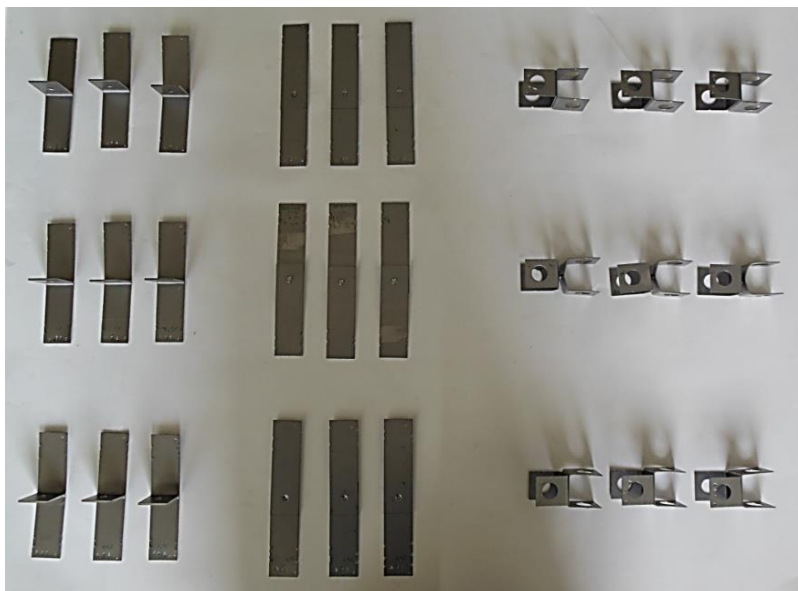
8. ábra. A próbatestek geometriája

A különböző geometriájú próbatestek elkészítéséhez egy speciális erre a célra készült felfogólap készült (9. ábra), amelyeken a csapok kicserélésével változtathatunk attól függően, hogy szakító, fejhúzó, vagy nyakhúzó vizsgálatra készítjük el a kötet.



9. ábra. A kísérleti klincselő szerszám a befogó készülékkel

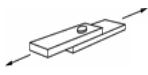
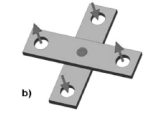
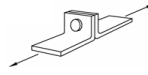
A különböző vizsgálatokra kialakított próbatesteket mutatja a következő ábra.



10. ábra. Szakító, fejhúzó és nyakhúzó vizsgálatra kialakított próbatestek

A szakítóvizsgálatok eredményeit a következő táblázatban foglaljuk össze.

1. táblázat. A szakítóvizsgálatok eredményei

	$t_{\text{fenék}} = 0,55 \text{ mm}$			$t_{\text{fenék}} = 0,50 \text{ mm}$			$t_{\text{fenék}} = 0,45 \text{ mm}$		
	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]	F [kN]
	2,6	2,8	2,9	2,9	2,9	2,95	3,05	2,95	2,95
	1,7	1,6	1,6	2	2,2	1,9	1,8	2,4	1,9
	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,82	0,82	0,82

Az eredmények alapján megalapítható, hogy a legjobb kötést a 0,45 mm-es fenékvastagságnál kaptuk de a kötés létrehozásakor fellépő alakítási erő és ezáltal a lemezbe bevitt alakítás mértékét figyelembe véve, a szilárdsági jellemzők javulása nem számottevő, ezért a javasolt 0,5 mm-es fenékvastagságú kötés elégségesnek bizonyul.

A kötések további tanulmányozása érdekében különböző anyagminőségű anyagok kötéseinek vizsgálatát tervezzük. A vizsgálandó anyagpárokat a 2. táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat. A vizsgálandó anyagpárok

Bélyeg oldal	Lemezvastagság	Matrica oldal	Lemezvastagság
DP 600	1 mm	DP 600	1 mm
DP 600	1 mm	DP 800	1 mm
DP 800	1 mm	DP 600	1 mm
DP 600	1 mm	DP 1000	1 mm
DP 1000	1 mm	DP 600	1 mm
DP 600	1 mm	DC 04	1 mm
DC 04	1 mm	DP 600	1 mm

A vizsgálatok során különböző fenékvastagságokat készítünk, és mindegyik vastagsághoz 3 darab próbatestet készítünk el vizsgálat típusonként (szakító, fejhúzó, nyakhúzó).

4. Összefoglalás

A klincs kötés mára az iparban egyre szélesebb körben alkalmazott mechanikus kötési eljárás, azonban sok esetben még számos tisztázandó kérdés sok kérdés merül fel egy-egy újonnan tervezett szerkezet gyártásának esetén. A technológusok célja, az alapanyagok között a legmegfelelőbb kötés létrehozása, de az ehhez szükséges megfelelő technológiai paraméterek, még nem kellően ismertek, ezért egy új szerkezet gyártásának kezdetéig, sok kísérleti előkészítés, és ezzel plusz költségek jelentkezhetnek.

Az elkészült kötések szilárdsági tulajdonságait roncsolásos vizsgálatokkal tudjuk meghatározni, azonban a végeselemes módszer jelentős mértékben hozzájárulhat, hogy ezeket a tulajdonságokat ne időigényes és költséges vizsgálatokkal, hanem számítógépes modellezéssel, numerikus szimulációval elemezzük. A végeselemes modellezés a megfelelő technológiai paraméterek meghatározásában is fontos szerepet játszik. Ezáltal a végeselemes modellezés használata lehetővé teszi, hogy költséghatékonyabban és egyszerűbben választhassunk a tervezet folyamatnak megfelelő szerszámot, alapanyagot, és ha szükséges, optimalizáljuk a szerszámgeometriát az adott felhasználásra.

Ebben a közleményben egyrészt röviden bemutattuk a lemezek egyesítésére alkalmas klincselési technológiát, főbb paramétereit, valamint az eljárás előnyeit és esetleges hátrányait, ismertettük egy elvégzett vizsgálat sorozat eredményeit és felvázoltuk a további kutatások irányait [8].

5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. Irodalom

- [1] Juhász Krisztina, Autóipari lemezek minősítése Erichsen vizsgálattal, XVII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár 2012. március 22-23.
- [2] Tatsuya Sakiyama, Yasuaki Naito, Gen Murayama, Kenji Saita, Hatsuhiko Oikawa, Tetsuro Nose, Dissimilar Metal Joining Technologies for Steel Sheet and Aluminium Alloy Sheet in Auto Body, Nippon Steel Technical Report, No. 103, May 2013
- [3] J. E. Gould, Joining Aluminium Sheet in the Automotive Industry – A 30 Year History, Welding research, January 2012, Vol. 91
- [4] Gremesberger Géza, Gáti József, Béres Lajos, Kovács Mihály, Komócsin Mihály, Hegesztési zsebkönyv, 2003
- [5] Dr. Danyi József, Dr. Végvári Ferenc: Gépgyártás és Fenntartás, Egyetemi tananyag, 2011
- [6] www.tox-en.com/products/joining-systems/
- [7] <http://www.clinchsystems.com/>
- [8] Tisza Miklós, A végelelemes modellezés alkalmazása a képlékeny lemezalakításban, különös tekintettel az autóipari alkalmazásokra, Autóipari Versenyképességi Szimpózium, Székesfehérvár, 2007. április 17.