

NAGYSZILÁRDSÁGÚ JÁRMŰIPARI ACÉL NEDVESEDÉSI TULAJDONSÁGAINAK JAVÍTÁSA LÉZERSUGARAS FELÜLETKEZELÉSSEL

IMPROVE WETTABILITY OF HIGH STRENGTH AUTOMOTIVE STEELS BY LASER SURFACE TREATMENT

Tajti Ferenc^{1*}, Berczeli Miklós¹, Weltsch Zoltán¹

¹Anyagtechnológia Tanszék, Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetemen, Magyarország

Kulcsszavak:

Nagyszilárdságú acél
Lézersugaras felületkezelés
Nedvesedés
Határfelületi tulajdonságok
Kötéstechnológia

Keywords:

High strength steel
Laser surface treatment
Wetting
Interfacial properties
Bonding technologies

Cikktörténet:

Beérkezett 2018. szeptember 20.
Átdolgozva 2018. október 27.
Elfogadva 2019. március 6.

Összefoglalás

A járműgyártó cégekkel szemben támasztott egyre szigorúbb környezetvédelmi és biztonsági előírások hatására, egyre nagyobb számban használnak fel nagyszilárdságú acéllemezeket a járművek gyártása során. Az így elért súlycsökkenés hatására, jelentősen csökken az üzemanyag fogyasztás és a káros anyag kibocsátás. További súlycsökkenés érhető el megfelelő kötéstechnológia alkalmazásával (forrasztás, ragasztás), melynek optimalizálásával növelhető a kötés szilárdsága. Irodalomkutatások alapján a határfelületi tulajdonságok javulásának nagymértékű hatása van az adhéziós és kohéziós kötéstechnológiákra. A határfelületi tulajdonságok javítására alkalmazhatunk lézersugaras felületkezelést, melynek hatására elért változásokat nedvesedés mérésel határozhatjuk meg. A kutatás célja olyan lézersugaras felületkezelés meghatározása, mellyel optimalizálhatók bizonyos kötéstechnológiák.

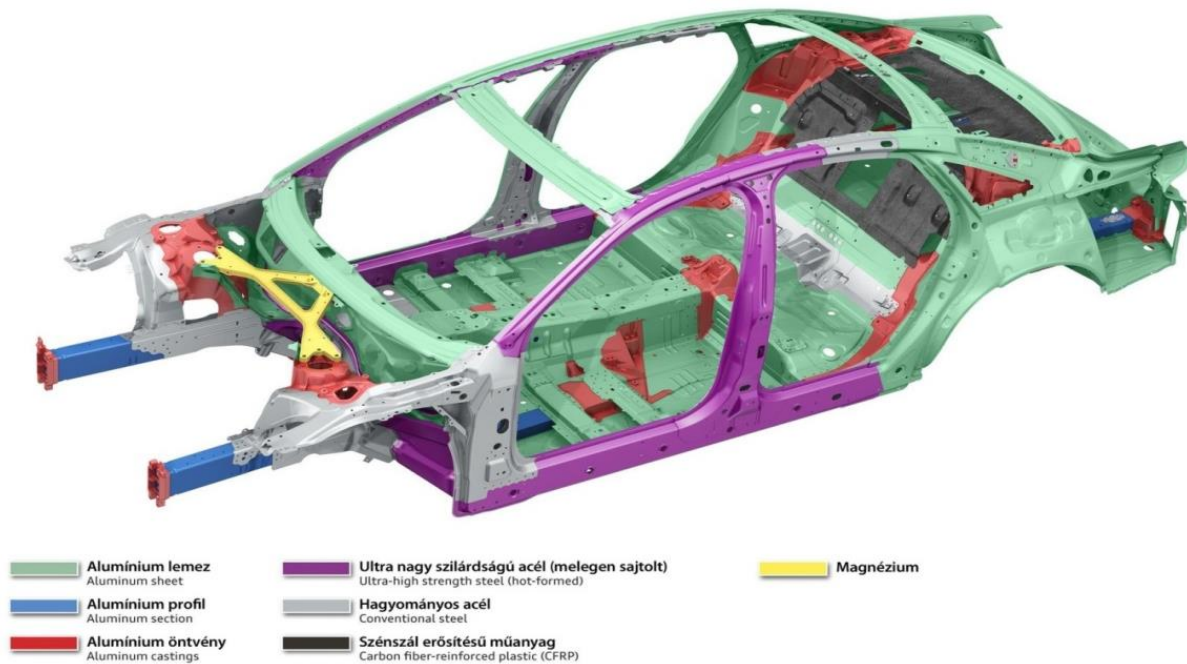
Abstract

As a result of stricter environmental and safety standards, vehicle manufacturers have to high strength steels. As a result of this weight loss, they can significantly reduce fuel consumption and harmful emission. Further weight loss can be achieved by using appropriate bonding technology (soldering, sticking). According to literature research, the improvement of interface properties has a major effect on adhesion and cohesion bonding technologies. We can use laser beam surface treatment to improve interface properties. We can examine the effect of the treatment with sessile drop method. The purpose of the research is to define a laser beam surface treatment to optimize certain binding technologies.

* Tajti Ferenc. Tel.: +36 70 525 9005
E-mail cím: cbfferi@gmail.com

1. Bevezetés

A közúti járművek számának növekedésével különböző társadalmi és környezetvédelmi problémák alakulnak ki, ezért a járműgyártó cégeknek egyre szigorúbb környezetvédelmi és biztonsági előírásoknak kell megfelelniük. 2020-tól a járművek CO₂ kibocsátása nem haladhatja meg a 95 g/km-t. Napjainkban, az autógyártásban nagy szerepet kap a járművek tömegének csökkentése a káros anyag kibocsátás minimalizálása érdekében. A legújabb kutatások szerint 57 kg tömegcsökkenéssel 0,09-0,21 liter üzemanyag spórolható meg kilométerenként. Ahhoz, hogy a gyártók elérjék ezt a célt, olyan alapanyagokat kell felhasználniuk, amelyekkel elérhető a kívánt súlycsökkenés, a szilárdság megtartása mellett. Ezt korszerű anyagok felhasználásával és hibrid anyagok párosításával érik el, attól függően milyen funkciót kell betölteniük a karosszériában [1,2]. Az 1. ábrán látható, hogy egy modern autó karosszériája milyen anyagokból épül fel [3].



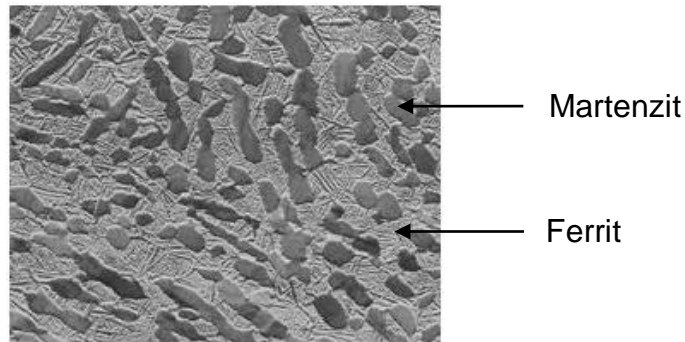
1.ábra: Egy modern autó karosszériája [3]

Látható, hogy a biztonság szempontjából fontos helyeken nagy szilárdságú acélokat, míg az energia elnyelő zónákban, alumínium ötvözeteket és hagyományos acélokat használnak.

A jövőbeli kutatásunk célja, emeltszilárdságú acéllemezek lágyforrasztott kötésének optimalizálása lézersugaras felületkezeléssel, így növelve a kötés szilárdságát.

2. Emeltszilárdságú DP acélok

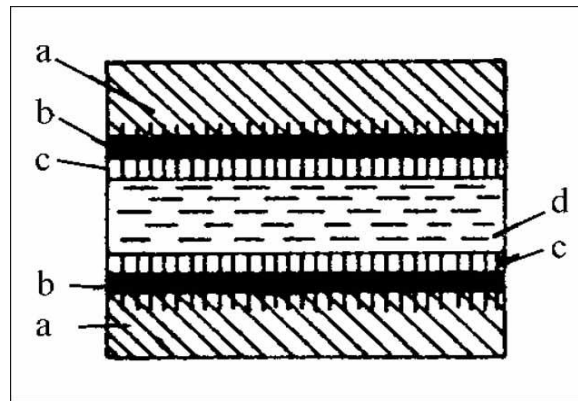
A kettős fázisú acélok (Dual Phase steel) lágy, jól alakítható ferritbe ágyazott kemény martenzit szigetekből állnak, melynek mennyisége általában 10-60%, a kívánt mechanikai tulajdonságoktól függően. A 2. ábrán látható szürke részek a jó alakíthatóságot biztosító ferrit szemcséket, míg a beékelődött fekete részek a nagy szilárdságért felelős martenzit szemcséket jelölik. Kettős fázisú acélokkal jelentősen csökkenthető a járművek súlya, mivel a martenzit hatására nagy szilárdság érhető el, így vékonyabb lemezvastagsággal is biztosítható a kellő szilárdság. Olyan alkatrészeket gyártanak belőle, amelyek ütközés esetén nagy terhelésnek kell ellenállnia. Ilyen például az A és B oszlop, ajtó és tetőelemek [4].



2. ábra: DP acél szövetszerkezete [4]

3. Forrasztás

Forrasztással a hegesztéshez hasonlóan oldhatatlan kötést lehet készíteni. A forrasztás mindig egy, az alapanyagnál kisebb olvadáspontú anyaggal történik. A megolvasztott forrasz bevonja az alapanyagot, felületi ötvözetet alkot vele, majd a határfelületeken diffúziós folyamat megy végbe, és ez lehűlés után adhéziós kötést hoz létre 3. ábra [5].



3. ábra: A forrasztott kötés zónái a) változatlan összetételű alapanyag; b) diffúziós réteg az alapanyagban; c) diffúziós réteg a forraszanyagban; d) a forrasz anyaga [7].

Lágyforrasztáshoz általában alacsony olvadáspontú ötvözeteket alkalmaznak. Az alkalmazott ötvözetek olvadáspontja viszonylag alacsony (legfeljebb 300°C), ami lehetővé teszi a kis teljesítményű elektromos fűtésű forrasztópákák használatát. A felületeket a forrasztás művelete előtt tisztítani és zsírtalanítani kell.

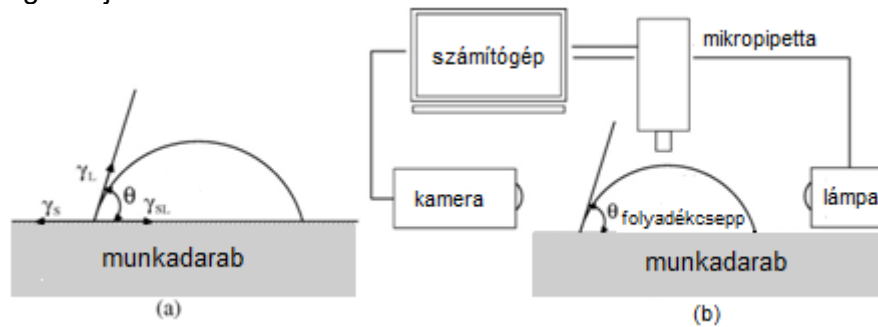
A keményforrasztáshoz általában a gázhegesztés eszközeit alkalmazzuk. Viszonylag nagy szilárdságú kötést csak magasabb olvadáspontú forraszanyag alkalmazásával tudunk készíteni. A forraszanyag többnyire réz vagy ezüst, melyek olvadáspontja 700 és 1000°C között van. A felületen, magas hőmérsékleten képződő oxidréteg eltávolításáról különböző folyósító- és tisztítószerekkel (pl.: bórax) kell gondoskodni, mely olvadt állapotban az oxidréteget felmarja [6].

A megfelelő lágyforrasztott kötés létrehozásának feltétele, hogy a forraszanyag olvadáspontja kisebb legyen, mint az összeforrasztandó anyagoké. Ugyan az alapanyag nem olvad meg, de diffúzió megy végbe, ami hozzájárul az erős kötés kialakulásához, ezért a forrasz és az alapanyag között oldódás jön létre. A megolvadt forrasznak nedvesítenie kell az alapanyag felületét. A nedvesítést jellemző peremszögnek 90°-nál feltétlenül kisebbnek kell lennie. Minél kisebb a peremszög, annál jobb a nedvesítés, annál jobban terül, folyik a forrasz [8].

4. Nedvesítés és határfelületi energia

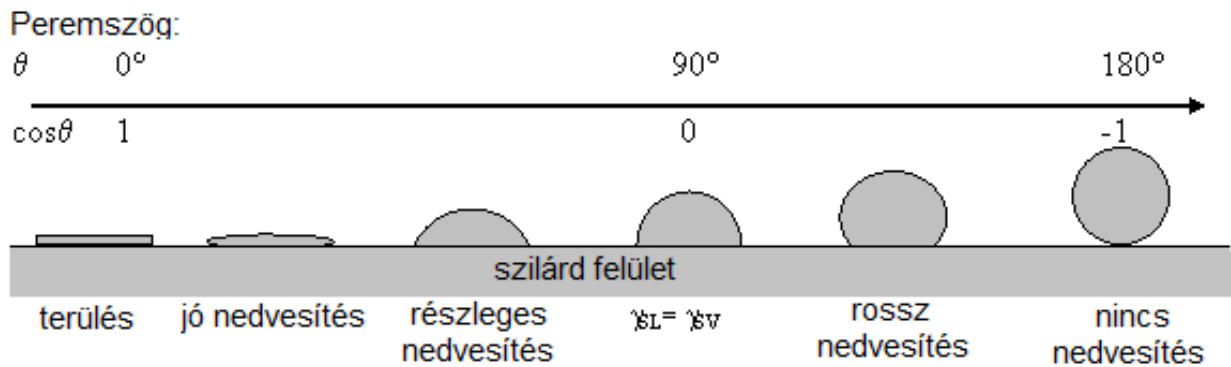
A nedvesítés alatt egy folyadék szilárd felületen való szétterülését értjük. A szétterülést a két fázis érintkezése mentén kialakuló peremszög (Θ) nagyságával tudjuk jellemezni. A nedvesedést a két fázis határfelületein végbemenő kölcsönhatások szabják meg [9]. A peremszög mérését a

nyugvó csepp módszerrel tudjuk elvégezni, melynek lényege, hogy egy csepp folyadékot cseppentünk a felületre, a cseppet a kamerával szemben megvilágítjuk, majd lefényképezzük 4. ábra. Ugyan ezt megtehetjük olvadékokkal is.



4. ábra: A peremszög mérés elvi vázlata [10].

A nyugvó csepp módszeren alapuló mérés viszonylag egyszerű eszköz a hidrofób vagy hidrofil jelenségek, a szilárd felületi energia, a folyadék felületi feszültség meghatározására. A kialakult csepp alakjából következtethetünk a nedvesítő képesség mértékére 5. ábra.



5. ábra: A folyadék peremszöge szilárd felületen, $\Theta < 90^\circ$ a jó nedvesedést jelöli, $\Theta > 90^\circ$ a rossz nedvesedést jelöli, ha $\Theta = 0^\circ$ tökéletes a nedvesítés, ha $\Theta = 180^\circ$ nincs nedvesítés [10]

A nedvesedés nagyban függ a határfelületi energiától, a felület érdességétől, a tisztaságtól. A határfelületi energiát a Fawkes módszer alapján tudjuk kiszámolni, ehhez két folyadékkal kell peremszöget mérni (desztillált víz és olyan folyadék, aminek csak poláris komponense van), majd a Fawkes egyenletbe behelyettesítjük a mért szögértékeket, így megkapjuk a szilárd anyag felületi energiáját.

$$\sigma_S^D = \frac{\sigma_L \cdot (\cos\theta + 1)^2}{4} \quad (1)$$

$$(\sigma_L^D)^{1/2} \cdot (\sigma_S^D)^{1/2} + (\sigma_L^P)^{1/2} \cdot (\sigma_S^P)^{1/2} = \frac{\sigma_L \cdot (\cos\theta + 1)}{2} \quad (2)$$

A határfelületi energia növelésével nagymértékben növelhető a nedvesedés. Erre több módszer is alkalmas. Irodalomkutatás alapján azt találtam, hogy fémeknél a lézersugaras felületkezelésnek van nagy hatása a felületi energiára [11].

5. Lézersugaras felületkezelések

Az elmúlt pár évben egyre nagyobb teret hódítanak a lézersugaras megmunkálási módszerek. A lézer szó az angol LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – fényerősítés kényszerített fénykibocsátás útján) betűszóból származik. Sok fajta lézer létezik

melyek a fizikai méretükben, a teljesítményükben, a lézersugár hullámhosszában, és az előállítási költségükben nagyban különböznek egymástól. A lézerek nagy előnye, hogy szinte minden anyag megmunkálási módszer megvalósítható velük. A lézeres anyagtechnológiák legfontosabb felhasználási területei a vágás, hegesztés és a felületkezelés, melyek nagy energiasűrűséget igényelnek.

Az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb szerepet tölt be a felületkezelés technológiája. Ennek lényege, hogy egy alkatrészen csak ott hozzuk létre az elvárt tulajdonságokat, ahol éppen szükséges, így jelentősen csökkenthető a megmunkálás költsége. A felületkezelés minőségét nagyban befolyásolják a technológiai paraméterek, melyek a lézerteljesítmény, a hullámhossz, a sugárnyaláb alakja, a sugárnyaláb átmérője, a besugárzott területen belüli intenzitás eloszlás jellege, pásztázási sebesség. Lézersugaras felületkezeléssel növelni tudjuk a felületi keménységet, így jelentős szerepe van a kopásállóság javításában. Segítségével lehetőségünk van változtatni a felületi oxid rétegen, és a felületen mikrostruktúrát tudunk létrehozni amik befolyásolják a nedvesedést [12].

L. Hao és társai CO₂ lézeres felületkezelést hajtottak végre korrózióálló acélon és azt találták, hogy az acél határfelületi rétegében az O₂ koncentrációja közel a duplájára nőtt, a felületi energia pedig 10%-al emelkedett [13].

Khadka Indira és társai Nd:YAG lézerral végeztek felületkezelést magnézium ötvözetben, melynek hatását, desztillált vízzel vizsgálták. A kezelés hatására a felületre cseppentett desztillált víz peremszőge 81°-ról 41°-ra csökkent, ami jelentős nedvesedés javulásnak számít [14].

6. Összefoglalás

Napjainkban, az iparban egyre nagyobb mennyiségben használnak fel lézereket megmunkálás céljára, ennek hatására a lézeres felületkezelésen is egyre nagyobb a hangsúly. Lézersugaras felületkezeléssel gazdaságosan tudjuk módosítani a fémek felületi tulajdonságait, felületi energiáját. A felületi energiának nagy jelentősége van az adhéziós kötéstehnológiákban mivel növelni tudjuk az adhéziós kötőanyagok nedvesítő képességét, mellyel javítható a létrejövő kötések szilárdsága. A forrasztás is egyre nagyobb jelentőséggel bír a járműiparban, ezért ennek a fejlesztésében is nagy lehetőség van.

A jövőbeli kutatásunk célja emeltszilárdságú acéllemezeken CO₂ lézerral felületkezelést végezni, majd a kezelés hatását cseppentéses módszerrel vizsgálva meghatározni egy optimális kezelési paramétert. Ezzel a paraméterrel kezelt lemezeken forrasztási vizsgálatot végrehajtani.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00014 pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] X. Cui, S. Wang, S. Jack Hu: A method for optimal design of automotive body assembly using multi-material construction, *Materials and Design*, 2008, 381–387.
- [2] "CO₂ kibocsátás 2020-tól" [Online]. Available: https://hvg.hu/cegauto/A_legdurvabb_fogyokura_100_kilokat_is_ledob_I82L2X. [Megtekintés: 19-Okt-2018].
- [3] Audi A8 car body 2017. [Online]. Available: http://totalcar.hu/galeria/totalcar/technika/2017/07/18/sajtogaleria_audi_a8_tecnologia. [Accessed: 19-Oct-2018]
- [4] "Dual Phase (DP) Steels". [Online]. Available: <http://www.worldautosteel.org/steel-basics/steel-types/dual-phasedp-steels/>. [Megtekintés: 24-Okt-2018].
- [5] Dr. Szabó László: *Forgácsolás, hegesztés*. Miskolc: Miskolci Egyetem, 2000. (2.4. fejezet). Available: <http://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forgacs.htm>. [Megtekintés: 25-Okt-2018].
- [6] "Forrasztás" [Online]. Available: <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/faipar/gepeszeti-ismeretek/forrasztas/kemeny-es-lagyforrasztas>. [Megtekintés: 25-Okt-2018].
- [7] Szántó Jenő: *Javítástechnológia (Károsodás-elmélet)*. 2013. (10.3. fejezet). Available: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_javitastechnologia_karosodas_elmelet/10_3_a_feluleti_feszultseg_hatasa.html. [Megtekintés: 25-Okt-2018]

- [8] Bagyinszki Gyula, Borossay Béla: Anyagtechnológiák. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2012. p.1051.
- [9] Balla Sándor, Bán Krisztián, Bárdos András, Lovas Antal, Szabó Attila, Weltsch Zoltán, Járműanyagok, Typotex Kiadó, 2012.
- [10] Derrick O. Njobuenwu, Eiso O. Oboho, Rhoda H. Gumus: Determination of Contact Angle from Contact Area of Liquid Droplet Spreading on Solid Substrate. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies. Issue 10, January-June 2007 p. 29-38
- [11] Haiyan Chen, Jianke Peng, Li Fu, Xincheng Wang, Yan Xie. Solder wetting behavior enhancement via laser-textured surface microcosmic topography. Applied Surface Science. Volume 368. 2016. Pages 208-215. January-June 2007 p. 29-38
- [12] Bitay Enikő: Lézeres felületkezelés és modellezés. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-egyesület. 2007.
- [13] L. Hao, J. Lawrence, L. Li: The wettability modification of bio-grade stainless steel in contact with simulated physiological liquids by the means of laser irradiation. Applied Surface Science 247. 2005.
- [14] Khadka Indiraa, Castagne Sylviea, Wang Zhongkea, Zheng Hongyua: Investigation of Wettability Properties of Laser Surface Modified Rare Earth Mg Alloy. Procedia Engineering 141 (2016) 63 – 69.