

# FERRIT-MARTENSITES (DP) ACÉL VÉKONYLE- MEZEK ELLENÁLLÁS- PONTHEGESZTHETŐSÉGE

## RESISTANCE SPOT WELDABILITY OF FERRITE-MARTENSITE (DUAL- PHASE) STEEL SHEETS

Dr. Balogh András\*

Prém László\*\*

### ABSTRACT

Due to the material development taking place in the last four decades application of advanced high strength steels (AHSS) has come to the front in automotive industry. From the viewpoint of industrial use the ferritic-martensitic (so called dual phase, DP) steels stand in first place among the different AHSSs. Because of the varied chemical composition and the dissimilar manufacturing procedures, the mechanical properties of the DP steels to be spot welded change in relatively wide interval, the weldability of these steels can be very different. In this paper the resistance spot weldability of DP 600, DP 800, DP 1000 AHSS grades made by the Swedish Company SSAB are investigated.

### 1. Bevezetés

Az egyre kisebb üzemanyag-fogyasztás iránti igény, az üvegházhatást kiváltó gázok kibocsátására vonatkozó nemzetközi környezetvédelmi előírásoknak való megfelelés, valamint az acélfelhasználás csökkentése és az újrahasznosíthatóság miatt az autóipar rákényszerült, hogy egyre kisebb önsúllyal rendelkező gépkocsikat gyártson. A szóba jöhető rivális anyagokhoz (alacsonyabb sűrűségű fémek és nemfémek) viszonyítottan kiváló szilárdsági és alakváltozási jellemzőkkel rendelkező korszerű nagyszilárdságú acélok (AHSS) alkalmazása révén lehetőség nyílik a célként megfogalmazott önsúlycsökkentés megvalósítására.

### 2. A konvencionális és korszerű nagyszilárdságú acélok

Az autóipari vékony acéllemezek hagyományosan alacsony szilárdságú (LSS), de hideg képlékeny alakítással jól feldolgozható acélból készültek. Az 1. ábrán ilyen az IF, a Mild és az IS jelű acél, jellemzően 275 MPa alatti folyás- és 400 MPa alatti szakítószilárdsággal [1].

\* egyetemi docens

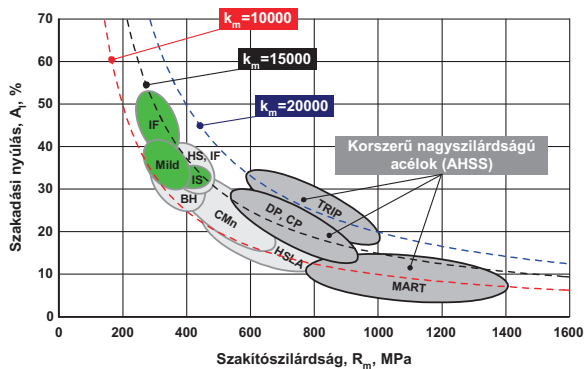
\*\* PhD hallgató

A járműipar generálta szilárdságnövelési igény hatására az ezredforduló előtti évtizedekben (hozzávetőlegesen 1970 után) megjelentek a valójában közepes szilárdságú (MSS) [2, 4], de abban az időben a jobban hangzó nagyszilárdságú névvel illetett acélok, amelyeket ma konvencionális nagyszilárdságú acélokként (CHSS) emlegetnek. Az 1. ábra szerint ide tartoznak az IF-HS, a BH, a CMn és a csoport legismertebb tagjaként a HSLA acélok [1].

A modern jelzőt a nagyszilárdságú acélok elé akkor ragasztották, amikor a korábbi ferrit-perlites acéloktól eltérő szöveteket (bainit, martensit, maradék austenit) tartalmazó, a korábban ismertekhez mérten nagyobb szilárdságú acélokat állítottak elő (MART). A korszerű nagyszilárdságú acélok további típusai (DP-CP, TRIP) azonos szilárdság mellett nagyobb szakadási nyúlással tűntek ki. Az acélok jelenlegi szilárdsági kategorizálása szerint a DP-CP, TRIP és MART acélokat elsőgenerációs nagyszilárdságú acéloknak nevezik, megkülönböztetve a második generációs extra nagyszilárdságú acéloktól (XHSS), és a harmadik generációs ultra-nagyszilárdságú acéloktól (UHSS) [3, 4].

A szilárdság és alakváltozóképeség együttes jellemzésére a  $k_m$  anyagkonstans szolgál, amelyet a szakítószilárdság ( $R_m$ , MPa) és a szakadási (maradó) nyúlás ( $A_1$ , %) szorzataként definiálnak [2, 4, 5]. Az 1. ábra jól szemlélteti, hogy egy adott anyagkonstanshoz (pl.  $k_m=10\ 000$ -hez) tartozó acélok az  $A_1 - R_m$  síkon egy hiperbolára illeszkednek. A DP-CP acélok a  $k_m=15\ 000$ , a TRIP acélok a  $k_m=20\ 000$ -es hiperbolán elhelyezkedve a speciális autóipari igényeket (törésig elnyelt energia magas értéke és nagymértékű hidralakíthatóság) kielégítve az acélok új kategóriáját képviselik, amelyre valóban ráillik a korszerű (*advanced*) jelző.

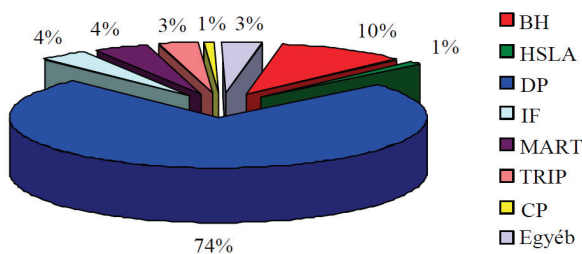
Az AHSS acélok további előnye, hogy az  $R_{p0.2} / R_m$  hányadosuk lényegesen kedvezőbb (kisebb), mint a konvencionális nagyszilárdságú acéloké (BH, HSIF, CMn, HSLA), ezért ezeket az acélokat nagyobb alakváltozási tartalék, és ennek következményeként kisebb repedési hajlam jellemzi. A nagyobb szilárdság és alakíthatóság révén a napjainkban egyre jobban felértékelődő töréstezteken is jobban szerepelnek, mint a konvencionális nagyszilárdságú (CHSS) acélok.



1. ábra: Az első generációs korszerű nagyszilárdságú acélok a szakadási nyúlás (A1) - szakítószilárdság (Rm) diagramban

Az AHSS acélok minden esetben heterogén szövetszerkezetűek (az angol nyelvű szakirodalomban elterjedt többfázisú kifejezés azért megtévesztő, mivel az egyszerű lágycélok (Mild, IF, IS) is többfázisúak), a ferrit-perlites acéloktól eltérően általában szívós ferrit mátrixba ágyazott kemény martensit szigeteket, esetenként bainitot és/vagy maradó austenitet tartalmaznak olyan mértékben és kombinációban, melyekkel a kívánt mechanikai tulajdonságok elérhetőek.

Az UltraLight Steel Auto Body (ULSAB-AVC) program keretében végzett kutatás eredményeként megállapították, hogy egy személygépkocsi karosszériájának 85%-nál lehet AHSS acélokat használni, és ezáltal egy átlagos alapmodellhez képest akár 25%-os önsúlycsökkentést is el lehet érni, anélkül, hogy a gyártási költségek lényegesen növekednének [1].



2. ábra: LSS, CHSS és AHSS acélok alkalmazási részaránya egy korszerű személygépkocsiban

A 2. ábrán jól látható, hogy egy korszerű személygépkocsi karosszériájának gyártása során használt acéltípusok közül a ferrit-martensites szövetszerkezetű DP acélok abszolút túlsúlyban vannak.

### 3. Ferrit-martensites szövetű (DP) acélok

A Dual-Phase acél elnevezést a Single-Phase-nek vélt lágycéloktól (LSS) a heterogén szövetszerkezet hangsúlyozására először a japán Hayami és Furukawa használta [6] és az elnevezés pontatlansága ellenére gyorsan elterjedt és általánosan használttá vált.

A DP-acélok ferrit mátrixba ágyazott, finom, diszperz eloszlású, kemény martensit szigeteket tartalmaznak. A vegyi összetétel, ezen belül elsősorban a karbontartalom és

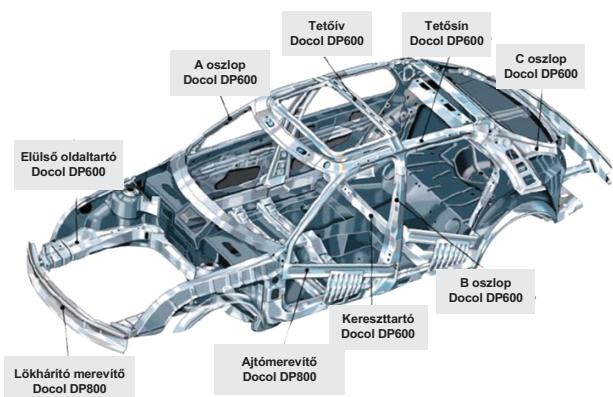
a hűtési sebesség szabályozásával a martensit aránya 20...70 % között változtatható [7]. Ebből adódóan a kereskedelmi forgalomban jelentősen eltérő szilárdsággal és alakváltozó képességgel rendelkező DP acélok kaphatóak, mivel az ötvözőtartalom mellett a martensit mennyisége, mérete és eloszlása alapvető befolyással bír ezen acélok mechanikai tulajdonságaira. A lágycélok a jó alakíthatóságot biztosítja, míg a kemény martensit az acél szilárdságát növeli. Ezt a heterogén szövetszerkezetet általában folyamatos hőkezeléssel (áthúzó kemencében, vagy sófürdőben), vagy a meleg hengerlést követő szabályozott lehűtéssel állítják elő [2].

A hőkezelések mindegyikének az a lényege, hogy az A<sub>1</sub>...A<sub>3</sub> hőmérséklet-közben (az ún. interkritikus hőmérséklet-közben), azaz az α+γ mezőben kialakítják a kívánt ferrit/austenit szövetarányt. Ilyenkor az apró austenit kristallitokat a jól alakítható ferrit kristallitjai zárják körül. A nagyobb karbon-oldóképességű austenit kristallitok C-tartalma ezen a hőmérsékleten jóval meghaladja az átlagos értéket, ami a belőle keletkező martensit keménységének növelését eredményezi. Amikor az interkritikus hőmérsékletre az acélt gyorsan hűtik, az átalakulás során az austenitből martensit keletkezik [4]. A DP acélok gyártása során a legnagyobb eltérést az acél normális edzéséhez képest az jelenti, hogy az austenitesítés csak részleges, ezért az austenit kristallitokat ferrit veszi körül. A martensit keletkezésével együtt járó fajtérfogat-növekedés a ferritben (elsősorban a keletkező martensit-szigetekkel szomszédos tartományokban) képlékeny alakváltozást okoz. Ennek következtében a ferritben a diszlokációsűrűség jelentősen megnő.

A DP acélok igen nagy szakítószilárdsággal (R<sub>m</sub> = 500...1000 MPa), jó szívóssággal, valamint viszonylag jó alakíthatósággal (A<sub>80</sub> = 15...30 %), és nagy sebességű alakváltozás esetén kiváló energiaelnyelő képességgel rendelkeznek. Az összetartozó határértékekből számítsuk ki az anyagállandó [4, 5] értékét:

$$k_m = R_m \cdot A_1 = 500 \cdot 30 = 15000 \text{ MPa} \% \quad (1)$$

$$k_m = R_m \cdot A_1 = 1000 \cdot 15 = 15000 \text{ MPa} \% \quad (2)$$



3. ábra: A DP típusú Docol acélok alkalmazása egy modern személygépkocsi body in white egységében

Ezekből az igen előnyös tulajdonságokból következik, hogy a DP acéltípusból elsősorban a gépkocsik lökhárítói, A, B és C oszlopai, valamint a karosszéria (ajtók, tető, stb.) különböző merevítő elemei készülhetnek, amelyek jelentős energiaelnyelési képességük folytán egy esetleges ütközéskor az utasok biztonságát hivatottak szolgálni. A 3. ábra a DP acélok alkalmazási lehetőségeit illusztrálja egy napjainkban gyártott korszerű gépkocsinál [8].

#### 4. A kísérleti DP acélok

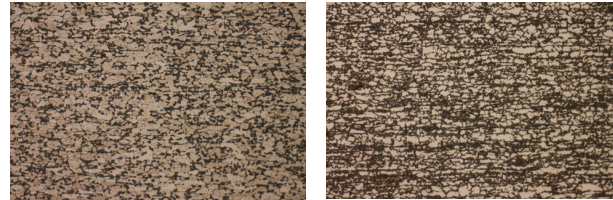
A hazai autógyári beszállító kis-és közép vállalkozások hegesztési tevékenysége a hagyományos lágyacélok mellett (pl.: DC01) elsősorban a ferrit-martensites szövétű anyagminőségre összpontosul, ezért a TÁMOP projekt keretében folytatott kutatásainkhoz kísérleti alanyként a Docol DP 600, DP 800, és DP 1000 márkajelű nagyszilárdságú vékonylemezt választottuk. A márkajelben lévő szám az acél MPa-ban kifejezett szakítószilárdságára utal. A svéd SSAB-tól beszerzett finomlemezek vastagsági mérete névlegesen 1,0 mm volt. A lemezeket a gyártó 2000 x 1250 mm-es táblaméretben, olajozott kivitelben szállította. A lemeztáblákat a nagy szilárdság miatt a szokásos táblaollós darabolás helyett számjegyzérlésű lézervágó berendezés segítségével vágtuk a vizsgálatokhoz szükséges méretre.

A Docol DP 600, DP 800, és DP 1000 acélok ponthegeszhetőségének vizsgálata során megvizsgáltuk az alanyanyagok mikroszerkezetét (ferrit-martensit arány), roncsolásos anyagvizsgálati módszerekkel meghatároztuk a mec-

hanikai jellemzőket, spektrométeres vizsgálattal ellenőriztük a lemezek vegyi összetételét, amely alapján a hegeszhetőségük megítélését segítő karbonegyenérték kiszámítható volt.

#### 4.1. A DP acélok mikroszerkezete

A rendelkezésünkre álló Docol DP 600, DP 800, és DP 1000-es alanyanyagok ferrit-martensit arányának meghatározásához mikrosziszolati próbatesteket munkáltunk ki, majd az elkészült csiszolatokat képelemző szoftver segítségével értékeltük.



4. ábra: A DP 600-as és a DP 1000-es alanyanyag szövete képe. Nagyítás: 500x, Marószers: Nital

A 4. ábrán jól látható a világos színű ferritből és a sötét színű martensitből álló szövetszerkezet, valamint a szilárdságnövekedést okozó nagyobb martensit tartalom, a kisebb szemcseátmérő és az eltérő mértékű hidegalakítás. A képelemzés eredményeit összefoglaló 1. táblázatban jól látható a szilárdság növekedése és a martensit-arány közötti egyértelmű kapcsolat.

Megnevezés	Ferrit-arány (%)	Martensit-arány (%)	Átlagkeménység (HV0,2)
DP 600	65 %	35 %	235
DP 800	55 %	45 %	265
DP 1000	45 %	55 %	324

1. táblázat: Ferrit-martensit arányok változása eltérő szilárdságú DP acéloknál

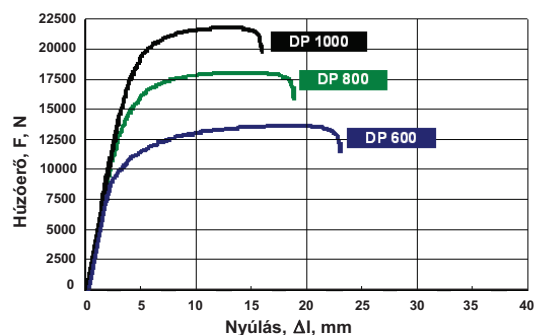
#### 4.2. A DP acélok mechanikai jellemzői

A DP acéloknak a nagy szakítószilárdságuk mellett szokatlanul jók a képlékenységi mutatóik: szakítódiagramjuk folytonos, nincs kifejezett folyáshatár, alakítási keménységük kivevőjük meglehetősen nagy, ami jelentős egyenletes nyúlásra utal, azonban mechanikai tulajdonságaikban kismértékű anizotrópia észlelhető [1, 2].

A kísérletekhez használt DP 600, DP 800 és DP 1000-es finomlemezek mechanikai jellemzőit számjegyzérlésű elektrohidraulikus anyagvizsgálógépen szabványos körülmények mellett, szobahőmérsékleten határoztuk meg. A szakítóvizsgálat során gyűjtött összetartozó erő-elmorzdulás értékpárokból megszerkesztett szakítódiagramokat az 5. ábrán mutatjuk be. A szakítóvizsgálatból származó szilárdsági és képlékenységi anyagjellemzőket, a folyáshatár és a szakítószilárdság hányadosát, valamint az anyagállandót a 2. táblázatban összegeztük.

A szakítóvizsgálatok eredményei alapján egyértelműen megállapítható, hogy a szilárdság növekedésével a DP acélok folyáshatár és a szakítószilárdság közötti hányadosa folyamatosan növekszik, azaz a törésig rendelkezésre álló

alakváltozási tartalékuk csökken. A töréskeresztek szempontjából azonban megnyugtató az a tény, hogy ez az érték még a legnagyobb szilárdságú, DP 1000-es anyagminőség esetében is jóval kedvezőbb, mint a nagyszilárdságú, középvastag szerkezeti acélok (pl.: S960Q) esetében.



5. ábra: A kísérleti DP acélok szakítódiagramjai

Anyagminőség	Mechanikai jellemzők					
	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>p0,2</sub> (MPa)	A <sub>80</sub> (%)	Z (%)	R <sub>p0,2</sub> / R <sub>m</sub>	k <sub>m</sub> (MPa%)
DP 600	669	448	18,70	60,00	0,67	12500
DP 800	873	599	13,67	53,73	0,68	11950
DP 1000	1047	721	11,33	49,96	0,69	11850

2. táblázat: A DP acélok szilárdsági és képlékenységi jellemzői

#### 4.3. A DP acélok vegyi összetétele

A DP acélok kémiai összetételét az alacsony karbon tartalom, minimális ötvözöttség és alacsony szennyező tartalom (S, P, O, N) jellemzi. A DP típusú acélok átlagos C-tartalma 0,1...0,15 % körüli érték. Ahogy már korábban is említettük, a C-tartalom kiemelkedő jelentőséggel bír a DP acélok esetében, mivel a martensit adott térfogathányada mellett a szilárdság is alapvetően a C-tartalomtól függ. A C-tartalom növelésének hátránya, hogy rontja a hegeszthetőséget, csökkenti az ütőmunkát és növeli az átmeneti hőmérsékletet, ezért az ipari gyakorlatban a 0,15%-nál kisebb C-tartalmú DP acélok terjedtek el. A szilárdságnövelés céljából a DP acélok Mn tartalmát növelik. A Mn szokásos mennyisége 0,5-2,0 % koncentrá-

Anyagminőség	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Nb (%)	V (%)	B (%)
DP 600	0,098	0,20	0,81	0,015	0,002	0,014	0,01	0,0002
DP 800	0,129	0,20	1,52	0,014	0,003	0,015	0,02	0,0003
DP 1000	0,148	0,49	1,50	0,010	0,002	0,015	0,01	0,0004

3. táblázat: a kísérleti DP acélok vegyi összetétele tömegszázalékban

A 3. táblázatban a kísérleti DP acélok vegyi összetétele látható. Jól megfigyelhető, hogy a szilárdságot a gyártó elsősorban a szokásos C, Mn, és Si elemekkel növelte, a mikroötvözők közül a B tartalom szilárdságkategóriáknént egy tízezred százalékkal növekszik, míg a további szemcsefinomító és nitridképző mikroötvözők (Nb, V) mennyisége anyagminőségtől függetlenül közel azonos. Figyelmet érdemel a szilárd fázisú szennyezők (S, P) nagyon alacsony koncentrációja, ami az ilyen típusú (alakításra és hegesztésre szánt) acéloknál kiemelt jelentőségű.

#### 5. A különböző szilárdságú DP acélok ponthegeszthetősége

A hegesztéssel foglalkozó szakemberek körében kevésbé ismert, hogy az ellenállás-ponthegesztésnek is ugyanúgy megvannak a maga hegeszthetőségi feltételei, mint az ömlesztő hegesztéseknek. A ponthegesztésnél elvárás, hogy az előírt pontátmérőjű pontkötéseket reprodukálhatóan, repedésmentesen, az alapanyagra és a kötéstípusra jellemző terhelhetőséggel lehessen létrehozni.

A hegeszthetőség a sajtolóhegesztések közé tartozó ponthegesztés jellegzetességei (gyors hevítés, kisméretű hegfűrdő, nyomófeszültség és az elektródok okozta intenzív hőelvonás alatti kristályosodás) miatt lényegesen különbözik az ívhegesztéseknél megszokottól [9]. A ponthegeszthetőség vizsgálati kritériumaként a kötések maximális keménységét és a pontkötések valamilyen vizsgáló eljárás-

ció-tartományba esik, 1,5 % körüli leggyakoribb értékkel. A szilárdságnövelés és a kén megkötése mellett a Mn további fontos szerepe abban nyilvánul meg, hogy jelentősen csökkenti a fázisátalakulások kritikus hőmérsékleteit, ennek révén pedig könnyebben kézben tartható a ferrit/martensit térfogatarány [1]. A Mn mellett alkalmazott egyéb ötvözők, mint például a Cr, V, Mo, Si és Ni külön-külön, vagy valamilyen kombinációban tovább növeli az edzhetőséget. A karbidképző elemek, (Cr, Mo és V) alkalmazása gondos folyamatszabályzást igényel, ugyanis lehűlés közben ezek az ötvözők stabil karbidokat és nitrideket vagy karbonitrideket képeznek [2].

sához kötött kedvezőtlen törési módjának megjelenését szokás megadni.

Az alapanyag kémiai összetételének a hatását az ömlesztő hegesztésekhez hasonlóan a ponthegeszthetőség vizsgálatán is a karbon egyenértékkel fejezhetjük ki. A (3) összefüggés egy ilyen karbon egyenértéket mutat, amelyet japán kutatók az autóiipari AHSS acélok hegeszthetőségének minősítésére vezettek be. A 0,24 %-os határérték a kedvezőtlen törési mód megjelenési határát jelöli, ahol a kötések kereszt szakító és nyíró szakító erejének hányadosa csökkenni kezd [10].

$$CE_{RSW} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + 2 \cdot P + 4 \cdot S \leq 0,24 \% \quad (3)$$

A kísérleti lemezanyagok vegyi összetételéből a (3) összefüggés segítségével kiszámítottuk a karbon egyenértékeket, amelyeket a 4. táblázatban foglaltunk össze.

Anyagminőség	CE <sub>RSW</sub> %
DP 600	0,18
DP 800	0,25
DP 1000	0,27

4. táblázat: A kísérleti DP acélok karbon egyenértékei

A 4. táblázat eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a DP 600-as anyagminőség esetében kapott 0,18 %-os karbon egyenérték 25 %-kal alatta van a veszélyességi határnak, azonban a DP 800-as és a DP 1000-es acél vékonylemezek karbon egyenértékei meghaladják a 0,24 %-

os határértéket. Ez azt jelenti, hogy a DP 600-as acél ponthegesztett kötéseinél hegesztési nehézségekkel és a kötés romló mechanikai jellemzőivel még nem kell számolnunk, azonban a DP 800-as és DP 1000-es anyagok kötéseinél, a szokásos ponthegesztési technológia alkalmazása esetén a hőhatásövezetében, illetve a heglencsében is keletkezhet repedés vagy üzem közben ridegtörés következhet be.

A DP acélok ponthegesztésének gyártói hegesztési utasításának (WPS-ének) kidolgozásakor abból kell kiindulni, hogy a DP lemez szövetszerkezete jelentős mennyiségű, alacsony karbontartalmú, ún. lágy martensitet tartalmaz, és az acél ötvözői és mikroötvözői az átalakulási diagramok befolyásolásával az austenitesedett anyagterfogatok (varrat és a hőhatásövezet egy része) edződését egyaránt elősegítik. A kedvezőtlen szövetszerkezetet a hűlési sebesség lassításával kerülhetjük el. Ellenállás-ponthegesztéskor ez praktikusán a szakaszos energiabevitel alkalmazását [11], vagy a hegesztő főidő után beiktatott *in machine* hőkezelő ciklus használatát jelenti [12].

A DP acélok ponthegesztéséhez a lágyacélokhöz (Mild) viszonyítottan a nagyobb fajlagos ellenállásukból, nagyobb melegszilárdságukból és a rövid idejű hőhatás alatti megeresztésállóságukból következően mintegy 20...25%-kal nagyobb elektróderő, a nagyobb elektróderő okozta ellenálláscsökkenést kompenzáló 10-20 %-kal nagyobb áramerősség és ugyanolyan mértékkel hosszabb hegesztési főidő javasolható. További nyíró-szakítóerő, felszakítóerő vagy szakítóerő növekedés várható nagyobb elektródátmérrő és más elektródacsúcs-geometria alkalmazásától [1, 8]. A DP acélok – a többi AHSS acélminőséghez hasonlóan – AC és MFDC hegesztőgépekkel egyaránt hegeszthetők.

## 6. Összefoglalás

A mai kor fokozott követelményeit kielégítő személygépkocsik gyártása során egyre szélesebb körben alkalmazott ferrit-martensites szövetszerkezetű DP acélok elméleti és kísérleti vizsgálatával az ebbe a típusba tartozó acélok ellenállás-ponthegeesztetőségére vonatkozóan a következőket állapítottuk meg.

1. Az autógyárakban és beszállítóknál a korszerű nagyszilárdságú acélok közül leggyakrabban a különböző vegyi összetételű, pontosan nem ismert gyártási technológiájú, és mindezek következtében eltérő hegeszthetőségi tulajdonságú, jellemzően 600 és 1000 MPa közé eső szakítószilárdságú és a szilárdságnak megfelelő ferrit-martensites szövetszerkezetű (DP) acéltípusokkal találkozhatunk.

2. A DP acélok szilárdságának növelésével az edződési hajlam növekszik, a törésig elviselt képlékeny alakváltozás mértéke (törési alakváltozási tartalék) csökken. A kedvezőtlen változásokat ugyanakkor a DP acélok kedvező (kiindulási)  $R_{p0,2} / R_m$  hányadosa és az acélra jellemző átlagos C koncentrációnál alacsonyabb karbontartalmú ferrit-mátrix kiváló alakíthatósága ellensúlyozza.

3. A DP acélok ponthegesztésekor az edződési keménység-növekedés és az ennek eredményeként megnövekvő repedésveszély csökkentésére/elkerülésére jól szabályozha-

tó hőbevitelre van szükség, amely gyakorlatilag szakaszos energiabevitellel és/vagy *in machine* utóhőkezeléssel (aszimmetrikus kétciklus) alkalmazásával oldható meg. Az acélok nagyobb melegszilárdságának ellensúlyozására a sajtolóerő, a hegesztőáram és a hegesztési idő enyhe növelése ajánlott.

## 7. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka 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.

## 8. IRODALOM

- [1] World Steel Association: Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 4.1., June, 2009, p.: 1-16, [www.wordautosteel.org](http://www.wordautosteel.org)
- [2] Tisza M.: Járműipari anyagfejlesztések, GÉP, LXIII. (2012), 4. szám, pp.: 3-10
- [3] Wagoner, R. H.: Advanced High Strength Steel Workshop, October 22-23, 2006, Arlington, Virginia, USA
- [4] Balogh A, Gáspár M., Prém L.: A hegesztett szerkezetek konvencionális és korszerű nagyszilárdságú acéljainak rendszerezése és hegesztési nehézségei, Gép LXIV. (2013). No. x. p.: y-z
- [5] Balogh A, Gáspár M.: Nagyszilárdságú acélok hegesztésének standardtól eltérő koncepciója, Hegesztéstechnika, XXIII. (2012), 3. szám, p.: 23-28
- [6] Tsipouridis, P.: Mechanical properties of Dual Phase steels, PhD dissertation, Technische Universität, München, 2006
- [7] Dziedzic, M., Turczyn, S.: Experimental and numerical investigation of strip rolling from dual phase steel, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. X., No. 4., pp.: 21-30, 2010
- [8] DOCOL Advanced High Strength Steels for Automotive Industry, [www.ssab.com](http://www.ssab.com)
- [9] Balogh A.: Ellenálláshegesztés (Hegesztés és rokon technológiák Kézikönyv 3.5. fejezete), GTE, Budapest, 2007. p.: 261-298
- [10] Oikawa H., Sakiyama T., Ishikawa T., Murayama G., Takahashi Y.: Resistance Spot Weldability of High Strength Steel (HSS) Sheets for Automobiles, Nippon Steel Technical Report, No. 95, 2007
- [11] Prém L., Balogh A.: Autóipari lágyacél vékonylemezek ellenállás-ponthegesztése különböző energiabeviteli módokkal, Gép LXIV. (2013). No. 2. p.: 7-10
- [12] Balogh A, Prém L.: Az acélminőség, a hidegalakítási mérték és a ponthegesztési technológia egymásra hatása, Hegesztéstechnika, XXIV. (2013), 1. szám, pp.: 41-46



**Nemzetközi Hegesztő Szakmérnök**  
szakképzettséget adó képzés indul  
a MISKOLCI EGYETEMEN

**NEMZETKÖZI HEGESZTŐ SZAKIRÁNYÚ  
TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK**

keretében

A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kara kellő számú jelentkezés esetén rendszeresen indítja a Nemzetközi Hegesztő Szakirányú Továbbképzési Szakát. A képzés 3 féléves, diplomaterv készítéssel és záróvizsgával végződik, amelyen a jelöltek – sikeres vizsga esetén – **nemzetközi hegesztő szakmérnök** oklevelet szerezhetnek.

A hegesztő szakmérnöki képzés tanterve és tananyaga az EWF (Európai Hegesztési Szövetség) által előírt követelményeket maradéktalanul kielégíti, ezért a résztvevők a

**Nemzetközi Hegesztőmérnöki Diplomát (EWE/IWE)** is megszerezhetik.

A hegesztő szakmérnök képzés célja, hogy a hegesztés és rokoneljárásai területén megfelelő mélységű szakmai, tudományos és gyakorlati ismereteket adjon a következő témakörökben:

- anyagtudomány (anyagismeret és hegeszthetőség, anyagvizsgálat)
- hegesztőeljárások és berendezések,
- hegesztett szerkezetek tervezése,
- hegesztett szerkezetek gyártása és minőségbiztosítása.

A képzés önköltséges, a tandíj félévente 400 e Ft/fő (létszámfüggő), ami magába foglalja a képzési, a gyakorlati munka, a diplomatervezés konzultálási és tananyag átadás díját. A záróvizsga és **nemzetközi hegesztőmérnöki** együttes vizsga díja 160 e Ft/fő. A képzésben résztvevők félévenként négy alkalommal 5-5 napot töltenek az egyetemen, az első időszak várhatóan 2014. szeptember második fele.

A képzésre a bemeneti feltétel: gépészmérnöki (főiskolai, BSc, MSc szintű) diploma és két éves gyakorlat. További információkkal az Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet készsége áll rendelkezésre.

A képzésre jelentkezni lehet: **Miskolci Egyetem, Felnőttképzési Regionális Központ**

3515 Miskolc-Egyetemváros <http://www.felnottkepzes.uni-miskolc.hu>