

AUTÓIPARI LÁGYACÉL VÉKONYLEMEZEK ELLENÁLLÁS-PONTHEGESZTÉSE KÜLÖNBÖZŐ ENERGIABEVITELI MÓDOKKAL

DIFFERENT TYPES OF ENERGY INPUT FOR RESISTANCE SPOT WELDING OF AUTOMOTIVE MILD STEEL SHEETS

Prém László*, Dr. Balogh András**

ABSTRACT

During the last twenty years the advanced and ultra high strength steels came to the front in automotive industry. In spite of that fact, mild steel sheets have been applied in a modern car fabrication in proportion of 25 to 30%. The unalloyed steel elements are exposed to cold forming, which technology influences the weldability of this material. This paper presents some different types of energy input, when these mild steel sheets are spot welded.

1. BEVEZETÉS

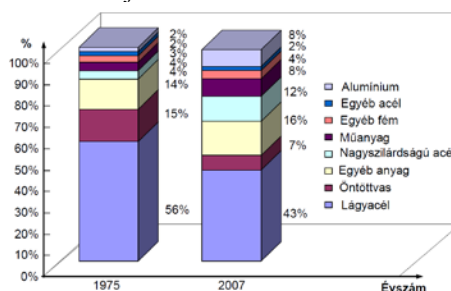
Annak ellenére, hogy az elmúlt körülbelül húsz évben az autógyártásban a saját tömeg csökkentése, az alacsonyabb üzemanyag-fogyasztás és a kisebb mértékű károsanyag kibocsátás érdekében előtérbe került a korszerű nagyszilárdságú (U-AHSS és X-AHSS) acélok felhasználása, ma még a személygépkocsik tömegének 30-50 %-a jól alakítható lágyacéllemezből készül. Ezeknek a lágyacél elemeknek a jellegzetes alakítási technológiája a képlékeny hidegalakítás, legfontosabb kötőeljárása pedig az ellenállás-ponthegeztés. A hidegen jól alakítható lágyacél vékonylemezek jól ponthegezhetők, de a hidegalakítás a hegesztett kötés egyes tulajdonságait előnytelenül befolyásolhatja. Jelen cikk különböző nyújtottsági mértékű DC01 acél vékonylemez különböző energiabeviteli móddal történő ellenállás-ponthegeztési jellegzetességeivel foglalkozik.

2. AUTÓIPARI VÉKONYLEMEZEK

Az autógyártás tipikusan az a terület, ahol a vékonylemezek felhasználása az önhordó vázszerkezethöz és a karosszériaelemeknél kiemelt fontossággal bír. A gép-

járműipar speciális igényeinek megfelelően fejlesztett, ún. autógyártási vékonylemezek feldolgozása döntően képlékeny alakítással történik. A hidegalakításra való alkalmasságon túl a ponthegezhetőségre és a tervezett felületvédelemre való alkalmasság emelhető ki.

A személyautók és a nagyobb tömegű haszongépjárművek 21. századi tervezésének legfontosabb követelménye a saját tömeg csökkentése, melyet a kiélezett piaci versenyhelyzet és az egyre szigorodó környezetvédelmi normáknak való megfelelés tesz elkerülhetetlenül fontossá. Az előbbi szempontok teljesülését az 1. ábrával szemléltetjük.



1. ábra. Különböző szerkezeti anyagok részaránya egy alsó kategóriás gépkocsin belül

Az 1. ábrán [1] látható, hogy 32 év alatt egy átlagos gépkocsinál az alumínium részaránya az össztömegben belül a négyszeresére, a műanyag alkatrészek részesedése duplájára nőtt, ugyanakkor a lágyacél tömege 56 %-ról 13 %-kal csökkent, de még így is 50 % közelében maradt. A 2. ábra [2] már egy felső kategóriás gépkocsitípusnál azt mutatja be, hogy a különböző szilárdságú acélok a szerkezeten belül hol helyezkednek el és milyen funkciót töltenek be. Figyelemre méltó, hogy ennél a típusnál (az ábrán szürke színnel jelölt), 300 MPa alatti szakítószilárdságú acélból (olyan nagy kiterjedésű szerkezeti elemeket gyártanak, mint az ábrán nem szereplő motorház- és csomagtartó fedél, illetve ajtóborítások, sárvédőlemezek és tetőlemez. Nyilvánvaló, hogy a lágyacél elemek az életvédelmi szempontból alárendelt

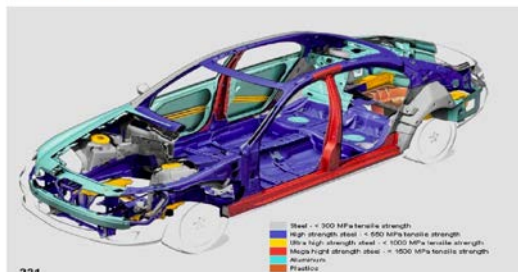
* PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

** egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

helyeken kerülnek beépítésre, ahol az elsődleges követelmény nem a korszerű (AHSS) és ultranagyszilárdságú acélokra (UHSS) jellemző kimagaslóan nagy szilárdság, hanem a lágyacélok által biztosított nagyfokú alakíthatóság.

S-Class Sedan (Model 221) – continued

Materials Mix

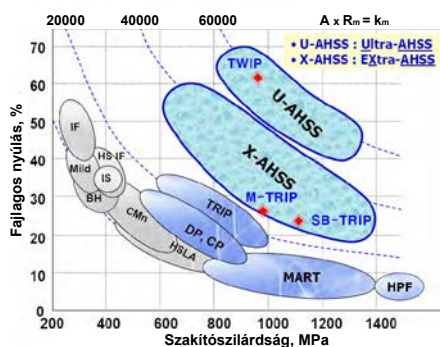


2. ábra. Különböző szilárdságú csoportú acélok alkalmazása a Mercedes egyik legfrissebb modelljénél

3. SZILÁRDSÁGNÖVELŐ MECHANIZMUSOK AZ AUTÓIPARI VÉKONYLEMEZEK VONAKOZÁSÁBAN

A saját tömeg mérséklése és a globális acélfelhasználás csökkentése az acél szilárdságának növelését igényli. Ma már több gazdaságos és ipari méretekben is megoldható szilárdság-növelő mechanizmust ismerünk. Ezek a következők: alakítási keményedés, szilárdoldatos ötvözés, szemcsefinomítás, kiválásos keményítés, hőkezelés.

A leggazdaságosabb szilárdságnövelés az első módszer alkalmazásával érhető el. A jól alakítható lágyacélok a hidegalakítás hatására felkeményednek, szilárdságuk megnő, alakváltozókéességük lecsökken, de mivel a kiindulási nyúlásuk jelentős, még az alakított állapotukban is a célnak megfelelő alakváltozókéességi tartálékkal rendelkezhetnek.



3. ábra. A lágyacélok (Mild) helye az autóipari acélok között

A 3. ábra [3] illusztrálja az előzőket: a Mild szóval jelölt lágyacélok a leginkább balra eső hiperbolán helyezkednek el, ahol a $k_m=R_m \cdot A$ anyagkonstans értéke 10 000 MPa%.

4. AZ AUTÓIPARI ACÉLOK HEGESZTŐELJÁRÁSAI, HEGESZTHETŐSÉGE

Az autóipari vékonylemezeket többnyire valamilyen ellenállás- és ívhegesztő eljárásokkal, néhány speciális esetben lézersugár-hegesztéssel, dörzs-ponthegesztéssel vagy mechanikai módszerekkel (szegecselés, clinching) egyesítik. A felsorolt kötőeljárások közül a legtöbb mérnöki és gazdasági előnnyel az ellenállás-ponthegesztés rendelkezik, ezért jelenleg ez az eljárás a meghatározó és nagy biztonsággal prognosztizálható, hogy ez a dominancia a közeljövőben is megmarad.

Az ellenállás-ponthegesztésnek is vannak hegeszthetőségi feltételei, amelyekkel a jó minőségű pontkötések zökkenőmentesen biztosíthatók. Kritériumként a pontkötések valamilyen vizsgáló eljárásához kötött, kedvezőtlen törési mód megjelenési határát szokás megadni. Az alapanyag kémiai összetételének a hatását az ömlesztő hegesztésekhez hasonlóan karbonegyenértékkel fejezik ki.

5. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

Az elsődleges autóipari felhasználásból kiindulva kísérleteink során alapanyagként a DC01 jelű, hidegen hengerelt, hidegalakítási célra szánt ötvözetlen lágyacél lemezt alkalmaztuk. Az MSZ EN 10130 szabvány szerinti DC01 jelű anyagminőség a sajtolts és a kis- és közepes mértékben mélyhúzott autóipari alkatrészek tipikus alapanyaga, ezért minden szempontból alkalmas a hidegen alakított, lágyacél lemezből készülő autóipari alkatrészek ponthegesztésének kísérleti vizsgálatára [4].

6. LÁGYACÉL AUTÓIPARI VÉKONYLEMEZ HIDEGALAKÍTÁSA

A személygépkocsi karosszéria elemeinek alakítása elsősorban valamilyen hidegalakító eljárással történik. A karosszéria elemek képlékeny hidegalakításának eredményeképpen a lemezanyagok szilárdsági jellemzői növekednek, alakváltozási mérőszámai csökkennek.

A hidegalakítás okozta szilárdságnövelésből fakadó előnyök azonban csak akkor lesznek érvényesíthetőek, ha az egyes anyagpárok közötti kötés létesítése során nem szűnik meg a hidegalakítás szilárdságnövelő hatása, illetve nem jön létre a kötés minőségét kedvezőtlenül befolyásoló anyagszerkezeti változás. Az előzőkből következik, hogy bár az alakítható lágyacél vékonylemezek általában jól hegeszthetőek, a hegeszthetőség a hidegalakítás hatására az alakítás mértékével arányosan romlik [4].

A különböző hidegalakítási mértékkel rendelkező karosszéria elemek nagyon gyakran tartalmaznak pont-

hegesztéssel kötendő mélyhúzott és hajlított szakaszokat, amely hidegalakítási műveleteket a kísérleteink során nyújtással helyettesítettük. Ezen részek alakíthatósági állapotának modellezéséhez a DC01 jelű alapanyagból kimunkált próbatesteket egytengelyű húzó igénybevétellel, egyenletes sebességgel nyújtottuk [4].

A hidegen alakított autóiipari alkatrészek jellegzetes alakítási mértéke körülbelül 0 % és 25 % közé tehető. Az egyes szerkezeti elemek esetében ennél nagyobb alakítási mérték csak kis foltokban fordulhat elő. A modellezéssel kapott nyúlástartományból kiindulva a ponthegesztési kísérletekhez szükséges próbatesteket a vékonylemez szállítási állapotához viszonyítva négy különböző alakítási mértékkel (10, 15, 20 és 25 %) állítottuk elő [4].

7. HIDEGEN NYÚJTOTT LÁGYACÉL VÉKONYLEMEZEK FOLYAMATOS ENERGIABEVITELŰ PONTHEGESZTÉSE

A folyamatos energiabevittel végzett ponthegesztési kísérletek eredményeiből egyértelműen megállapítható, hogy a hidegalakítás hatására a kötések nyírószakító ereje növekszik, azonban ez a növekedési mérték elmarad az alapanyag szilárdságnövekedésének mértékétől és erősen függ a hegesztési beállításoktól [4].

A várakozásoknak megfelelően lágy munkarendnél nagyobb mértékű kilágyulást tapasztaltunk, mint kemény munkarend esetében. Ez a tény azt jelenti, hogy kísérletileg sikerült igazolnunk, hogy a hidegen alakított vékonylemezekből ponthegesztett kötések teherviselő képességének növekedéséhez az alapanyag helyi kilágyulását mérsékelni kell, ami a ponthegesztés munkarendjének keményítésével érhető el. Az eddigi vizsgálati eredmények azt is jól mutatják, hogy még extra kemény munkarend alkalmazása esetén, az igen rövid hőciklus ideje alatt is, bizonyos mértékben kilágyulnak a hidegen alakított lemezek. Az alapanyag helyi kilágyulásának további mérséklése érdekében ezért mindenképpen célszerűnek látszik a szakaszos energiabevitel alkalmazásának kísérleti vizsgálata, ahol az elektródok összenyomott állapotában a folyamatos hőbevitelű áramciklus többszöri megismétlése játszódik le [5].

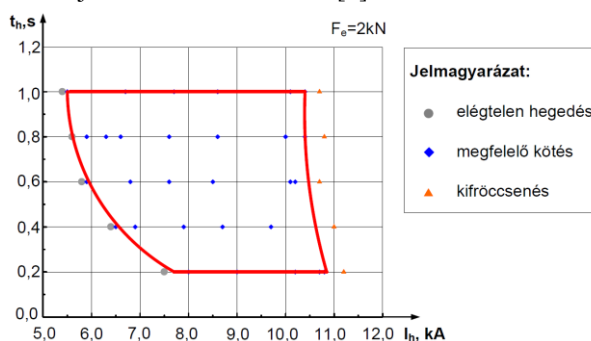
8. HIDEGEN NYÚJTOTT LÁGYACÉL VÉKONYLEMEZEK SZAKASZOS ENERGIABEVITELŰ PONTHEGESZTÉSE

A hidegen alakított lágyacél vékonylemezekből készített ponthegesztett kötések helyi kilágyulásának minimalizálása és teherviselő képességének maximalizálása érdekében szakaszos energiabevittel kísérleti hegesztéseket végeztünk. Az ilyen módon hegesztett köté-

sek vizsgálata során kapott eredményeket összehasonlítottuk azon ponthegesztett kötések vizsgálati eredményeivel, amelyeket szintén kemény munkarendet biztosító, azonos hegesztési paraméterekkel (elektroderő, hegesztési idő, áramerősség), de folyamatos energiabevittel hegesztettünk.

A kísérletek során ugyanazt a hőmennyiséget folyamatos energiabevitelnél egyetlen impulzussal (10 periódus), míg szakaszos energiabevitelnél két hőimpulzus (5-5 periódus) közbeiktatásával generáltuk. Ezáltal lehetőségünk nyílt a szakaszos és a folyamatos energiabevitelnek a hidegen alakított lemezekből ponthegesztett kötések minőségére gyakorolt befolyásának összehasonlítására.

Szakaszos energiabevitelű ponthegesztés esetén a korábbi cikkünkben bemutatott, folyamatos energiabevitel és állandó elektroderő esetére érvényes weldability lobe (hegesztési munkatartomány) szélesevével számolhatunk, illetve ezzel egyidejűleg a kifröccsenés határvonalát jelző (jobb oldali) határoló vonal jobbra tolódása várható [5].

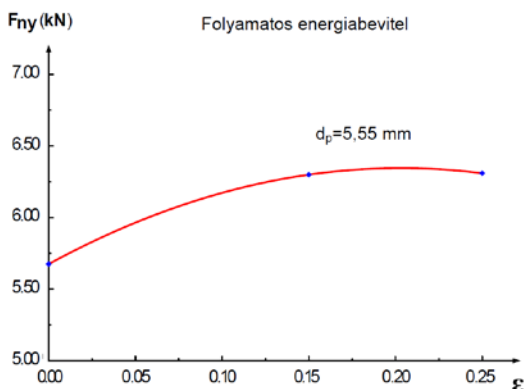


4. ábra. DC01 jelű lágyacél, 1,0 + 1,0 mm-es lemez-kombinációjára érvényes weldability lobe szakaszos energiabevittel végzett ponthegesztés esetén [5]

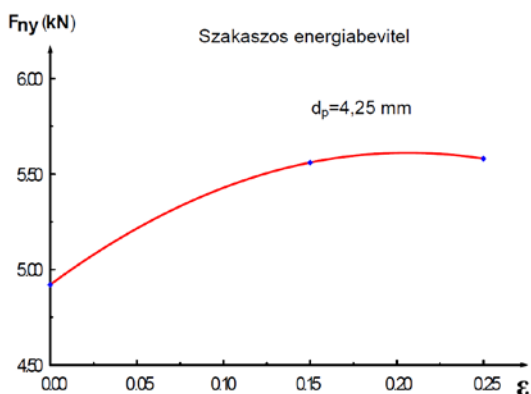
A kemény munkarend alkalmazása miatt a hegesztési időt mindkét energiabeviteli mód esetén a szakaszos energiabevitelhez tartozó hegesztési munkatartomány legkisebb értékére (0,2 s = 10 per) választottuk. A beállítandó hegesztőáramok értékét úgy jelöltük ki, hogy ennél a hegesztési időnél mind a szakaszos, mind a folyamatos energiabeviteli módnál megfelelő minőségű kötések eredményezzenek.

A hegesztési tartomány szélesevé miatt a különböző energiabeviteli móddal, de azonos technológiai paraméterekkel készített kötések szakaszos energiabevitelnél az elégtelen hegedés határát kijelölő vonalhoz, míg folyamatos energiabevitelnél a kifröccsenés határoló vonalához tolódtak közelebb, azonban a kötések így is a weldability lobe-ok határoló vonalain belül maradtak. A nyírószakító vizsgálatok során valamennyi kötés kigombolódott, amely tönkremeneteli mód szintén igazolja a választott paraméterek megfelelőségét, illetve a ponthegesztett kötések megfelelő szilárdságát.

Az 5. ábra a folyamatos, míg a 6. ábra a szakaszos energiabevitelrel hegesztett kötések nyíró-szakító erejének változását mutatja a hidegalakítási mérték függvényében.



5. ábra. Ponthegesztett kötések nyíró-szakító erejének változása folyamatos energiabevitel esetén



6. ábra. Ponthegesztett kötések nyíró-szakító erejének változása szakaszos energiabevitel esetén

Ahogy az 5. és a 6. ábra szemlélteti, mind a folyamatos, mind a szakaszos energiabevitelrel ponthegesztett kötések nyíró-szakító ereje degresszív jelleggel nő az alakítási mérték függvényében. A kapott eredményeket elemezve azt is egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a szakaszos energiabevitelű ponthegesztési technológiával készített kötések teherviselő képességének növekedési mértéke (13,4%) körülbelül 20%-al nagyobb, mint a folyamatos energiabevitelrel hegesztett kötések nyíró-szakító erejének növekedési mértéke (11,1%), azaz szakaszos energiabevitel esetén kisebb mértékű a hidegen alakított lemezekből készített ponthegesztett kötések kilágyulása és kedvezőbb a terhelhetősége.

ÖSSZEFOGLALÁS

A személygépkocsik gyártása során közel egynegyed-egyharmad arányban alkalmazott lágyacél vékony-

lemezekkel végzett vizsgálatok során a következőket állapítottuk meg:

1. Az alakítható lágyacél vékonylemezek általában jól ponthegeszthetők, a hegeszthetőség a hidegalakítás hatására az alakítás mértékével arányosan romlik.
2. A hidegalakítás hatására a kötések nyíró-szakító ereje növekszik. A növekedés mértéke elmarad az alapanyag szilárdságnövekedésének mértékétől és erősen függ a hegesztési beállításoktól.
3. A(z) (extra) kemény munkarenddel történő ponthegesztés során tapasztalható kilágyulás mértéke kisebb, mint lágy munkarend esetében.
4. A hidegen nyújtott lágyacél vékonylemezek szakaszos energiabevitelrel történő ponthegesztése esetén tapasztalható kilágyulás mértéke kisebb, a teherbírási növekedési mérték pedig nagyobb, mint a kemény munkarendet megvalósító folyamatos energiabevitelű ponthegesztés esetében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] TAMARELLI, C.: The Evolving Use of Advanced High-Strength Steels for Automotive Applications, The Automotive Applications Council of the Steel Market Development Institute, 2011
- [2] 2009-2012 Mercedes-Benz S class sedan body structure, www.boronextrication.com
- [3] CHUNG, J.; KWON, O.: Development of high performance auto steels at Posco steels, Proc. of the 9th ICTP Conference, Gyeongju-Korea, 7-11. September 2008. p.: 3-8
- [4] PRÉM L., BALOGH A.: Hidegen nyújtott acél vékonylemezek ellenállás-ponthegesztése, GÉP, LXIII. évf. (2012), 4. szám, p.: 23-28
- [5] JUHÁSZ D.; BALOGH A.: Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegesztéskor, GÉP, LXII. évf. (2011), 4. szám, p.: 33-35