

DP 600 AUTÓIPARI ACÉL AWI HEGESZTÉSÉNEK VÉGESELEMES MODELLEZÉSE

FINAL ELEMENT MODELLING OF TIG WELDING OF DP 600 AUTOMOTIVE STEEL

Gáspár Marcell*, Prém László**,

Vékony Sándor***, Dr. Balogh András****

ABSTRACT

Dual-phase steels, belonging to the group of advanced high strength steels, are widely used in automotive industry. Within fusion welding technologies TIG welding is one of the most suitable for sheets. The weldability of these steels is different from mild steels, therefore the effect of welding parameters for properties of weld metal and HAZ is suggested to be investigated by final element modelling. This paper presents a TIG welding technology for a DP 600 steel, verified by final element modelling.

1. Bevezetés

Az autóiparban a sajáttömeg csökkentése, az alacsonyabb üzemanyag-fogyasztás és a kisebb mértékű károsanyag kibocsátás érdekében előtérbe került a korszerű nagyszilárdságú acélok felhasználása, amelyek közül napjaink személygépjárműiben széles körben alkalmazzák a ferrit-martensites szövetű Dual Phase (DP) acélokat. Ezen acélok hegesztéstechnológiájának kidolgozásakor a lágyacélokhöz képest szigorúbb követelményeket kell betartani, mivel ezen acélok nagy szilárdsági és alakváltozási jellemzőiket a ferrit-martensit szövetarány megfelelő beállításával nyerik el. A hegesztéstechnológia tervezéséhez, a hegesztési paraméterek hatásának vizsgálatához a végeelemes szoftverek kiváló lehetőséget teremtnek. Ezeket a programrendszereket az autóipar fejlesztőmérnökei is rendszeresen használják. Napjainkban már olyan szoftverrendszerek is rendelkezésre állnak, amelyek segítségével fizikai tesztek elvégzése nélkül a személygépkocsik nagyszilárdságú acélból készülő karosszérialemezeinek alakítása, hegesztése, illetve akár töréstanulmányok is egy virtuális környezetben elvégezhető [6]. Ebben a cikkben a ferrit-martensites szövetű korszerű nagyszilárdságú acél vékonylemezek DP 600 típusának semleges védőgázos, volfrámelektrodos hegesztésével foglalkozunk. A technológia tervezése során a hegesztési folyamatok végeelemes modellezésére specializált SYSWELD és

VISUAL ENVIRONMENT programrendszerek segítségével elemezzük a szövetszerkezetben bekövetkező változásokat, illetve a hegesztési paraméterek hatását. A cikk végén a végeelemes modellezés számítása során kapott eredményeket valós hegesztési kísérletek anyagvizsgálati eredményeivel hasonlítjuk össze.

2. A kísérleti alapanyag

A hegesztési kísérletek és a végeelemes modellezés alapanyagaként a nagy múltú svéd acélgyártó, az SSAB által előállított Docol DP 600 jelű korszerű nagyszilárdságú acél vékonylemezt választottuk. Ez az anyagminőség a legújabb autóipari anyagfejlesztéseknek köszönhetően egyre szélesebb körben terjedt el és jelent meg az elmúlt néhány évben nemcsak a nemzetközi, hanem a hazai járműipari beszállítók által feldolgozott acéltípusok között.

A hidegen hengerelt DP 600-as acél vékonylemez járatos lemezvastagság tartománya 0,5-2,1 mm. A hegesztési kísérletekhez 1 mm-es lemezvastagságban, 1250 mm x 2000 mm-es táblaméretben, olajozott kivitelben szállított vékonylemezeket használtunk. A lemeztáblát (keménysége miatt) számjegyzévről lézervágó berendezés segítségével daraboltuk a próbahegesztésekhez és a vizsgálatokhoz szükséges kívánt méretre.

A kis karbon tartalmú, mikroötvözött DP 600-as acél ömlesztő hegesztéséhez leggyakrabban alkalmazott hegesztő eljárások a védőgázos fűtőelektrodás ívhegesztés, a semleges védőgázos, volfrám elektrodos ívhegesztés, a plazmaív hegesztés és a lézersugár hegesztés. A hegesztendő alapanyag vastagsági méretét és a fent említett eljárások elterjedtségét alapul véve a kísérletek és így a modellezés során alkalmazandó hegesztő eljárásának a semleges védőgázos, volfrám elektrodos ívhegesztést (SWI) választottuk. Az SWI eljárás alkalmazásának további nagy előnye, hogy ennél az eljárásnál az ív hőforrás és a hozaganyag elkülönül egymástól, így a hőbevitel rendkívül jól szabályozhatóvá válik, amely egy 1 mm vastagságú vékonylemez tompakötésének hegesztésekor alapvető fontossággal bír.

* PhD hallgató, Miskolci Egyetem,

** PhD hallgató, Miskolci Egyetem,

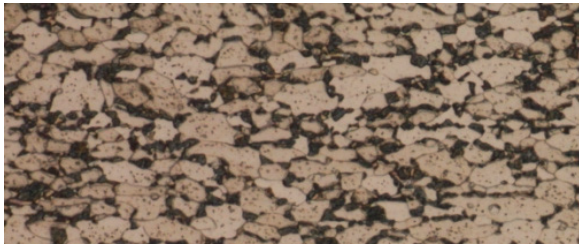
*** MSc hallgató, Miskolci Egyetem

**** egyetemi docens, Miskolci Egyetem,

3. A DP 600-as acél hegeszthetősége

A DP 600-as elnevezésben a DP (Dual Phase) jelölés az acél „kettős fázisú” szövetszerkezetére, míg a 600-as szám az előírt, minimálisan garantált, MPa mértekegységű szakítószilárdság értékére utal.

A ferrit-martensites szövetszerkezetet a legtöbb esetben egy folyamatos hőkezeléssel (áthúzó kemencében) állítják elő, melynek lényege, hogy az $\alpha+\gamma$ mezőben kialakítják a kívánt ferrit/austenit fázisarányt, majd szabályozott hűtéssel, a bainites mezőt elkerülve, az acélt edzik. A lágy és szívós ferrit a jó alakíthatóságot biztosítja, míg a ferritet körülölelő, diszperz eloszlású martensit szigetek az acél szilárdságát növelik [3]. A DP 600-as acél ferrit-martensit arányának meghatározásához mikrosziszolati próbatesteket készítettünk, majd az elkészült csiszolatokat képelemző szoftverrel értékeltük. Az elkészült csiszolatokon mikrokeménység méréssel meghatároztuk a ferrit és a martensit, valamint az alapanyag átlagkeménységét is.



1. ábra. A DP 600-as acél ferrit-martensites mikrosziszolati képe. Nagyítás: 500x, Marószér: Nital

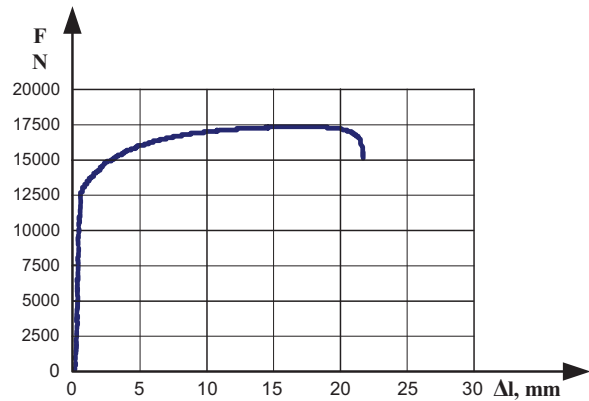
Az 1. ábrán jól megfigyelhető a heterogén szövet szerkezet: a jóval lágyabb ferrit mátrixba ágyazott kemény martensit szigetek (ferrit-világos, martensit-sötét). A képelemzés és a keménységmérések eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Megnevezés	DP 600
Ferrit-arány (%)	65%
Martensit-arány (%)	35%
Ferrit-keménység (HV0,01)	178
Martensit-keménység (HV0,01)	335
Átlag-keménység (HV0,2)	235

1. táblázat: A DP 600-as acél mikroszerkezetének jellemzői

A DP 600-as alapanyag mechanikai jellemzőit szakítóvizsgálattal határoztuk meg, melynek eredményei a 2. táblázatban szerepelnek. A vizsgálatok során felvett szakítódigramok egyikét a 2. ábra mutatja. A szakítóvizsgálatok eredményei jól tükrözik, hogy a DP acélok viszonylag nagy szakítószilárdságuk mellett igen jelentős szakadási nyúlással és nagy keményedési kitévővel

(n) rendelkeznek. Az is jól megfigyelhető, hogy a szakítódigram folytonos, nincs benne határozott folyáshatár.



2. ábra. DP 600 jelű acél szakítódigramja

Az $R_{p0,2}/R_m$ arány igen kedvezőnek mondható, 0,67-as értéket mutat, amely azt jelenti, hogy a DP 600-as acél képlékenysége jó közelítéssel megegyezik a körülbelül fele akkora szilárdságú hagyományos, szintén hidegen hengerelt lágyacél vékonylemezek alakváltozási tartalmával (pl.: DC01).

Anyagminőség	Mechanikai jellemzők			
	R_m (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A_{80} (%)	Z (%)
DP 600	669	448	18,7	60

2. táblázat: A DP 600-as acél mechanikai jellemzői

A Dual Phase acélok vegyi összetételét elemezve arra a megállapításra juthatunk, hogy a gyártók a hegeszthetőségi szempontokat szem előtt tartva a DP acélokat általában 0,15%-nál kisebb C-tartalommal, illetve 1,5%-ot nem meghaladó Mn-koncentrációval állítják elő. A Mn ötvözés mellett azonban a szilárdság és az edzhetőség javítására számos más ötvözőt is alkalmaznak, mint például a Cr, Mo, Ti vagy Nb, V és a B-t. Ezen ötvözők közül a króm, molibdén, vanádium és a bór növelik az edzhetőséget, valamint a ridegedési hajlamot. A Docol DP 600-as acél vegyi összetételét spektrométeres vizsgálatokkal határoztuk meg, a kapott eredmények a 3. táblázatban láthatóak.

C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	V	B
0,098	0,20	0,81	0,03	0,04	0,014	0,01	0,0002

3. táblázat: A kísérletekhez használt DP 600-as acél vegyi összetétele tömegszázalékban

Az általunk vizsgált acéllemez vegyi összetételéből látható, hogy a kedvező szilárdsági jellemzőket hidegalakítással és szemcsefinomító ötvözők hozzáadásával érték el. Kiemelést érdemel, hogy a gyártástechnológia

szempontjából rendszerint kétfajta DP acél érhető el a piacon. Az egyik a melegen hengerelt, erősebben ötvözött változat, a másik a kisebb ötvöző tartalommal rendelkező hidegen hengerelt típus. A hegesztési technológia tervezése során semmi esetre sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a hegesztendő alapanyag szövetszerkezetében "vakedzett" (alacsony karbon-tartalmú, ún. lágy) martensit van jelen, továbbá az edződést elősegítő ötvözők hatásával is számolnunk kell. Ebből kifolyólag a DP 600-as anyagminőség ívhegesztése során korlátozott vonalenergiára van szükség. Ezen acélok hegesztésekor kis vonalenergiánál az ötvözőelemek hatására a hőhatásövezet felkeményedhet, a kötés elridegedik, túlzottan nagy vonalenergia alkalmazása esetén pedig a hőhatásövezet kilágyul, keménysége az alapanyag keménységével közel egyező lesz, a kötés teherbíró-képessége pedig lecsökken [1, 2].

A Dual Phase acélok kedvező tulajdonságú, különleges heterogén (esetünkben ferrit-martensites) szövetszerkezete az alakítási folyamat és a lehűtés célirányos kombinációjának eredménye (termomechanikus kezelés), ezért ezeknél az acéloknál az eredeti, kiinduló anyagállapotot sajnálatos módon még hegesztést követő hőkezeléssel sem lehet visszaállítani.

4. Ívhegesztési folyamatok végeeselemes modellezése

A termikus eljárások során, mint például hegesztéskor, az anyagban rendkívül összetett, komplex változások mennek végbe. Hegesztő eljárástól függően a hegfüldőben különböző kémiai és fizikai folyamatok alakulnak ki. A munkadarabban a rajta végrehajtott hőciklus következményeként pedig hőtágulátsugorodás és fázisátalakulás(ok) játszódhatnak le. A legtöbb hegesztési feladat során a hőfolyamat következtében kialakuló alakváltozás gátolt, ez a darabban maradó feszültségeket és deformációkat okoz, amelyhez a fázisátalakulás(ok)ból származó strukturális feszültség is hozzáadódik, az alkatrészek élettartamát, üzemeltethetőségét rontva [7].

A termikus, mikroszerkezeti és mechanikai folyamatokat együttesen csatolt folyamatoknak nevezi a szakirodalom, mivel ezek egy időben lejátszódó folyamatok [5]. A hegesztési folyamat összetettségéből adódóan a végeeselemes szoftverek közül viszonylag kevés az olyan program, amely a korábban említett valamennyi jelenléte egyidejű modellezésére képes. A hegesztés következtében kialakuló speciális folyamatok vizsgálatára ezért elsősorban egy adott gyártási folyamat modellezésére specializált célszoftver, mint például a SYSWELD és VISUAL ENVIRONMENT bizonyul a legalkalmasabbnak, amely akár a hőhatásövezetben és varratban kialakuló szövetszerkezet előrejelzésére is képes. Ezek a programok azonban nem alkalmasak a varratban kialakuló áramlási folyamatok modellezésére, amelyre a későbbiekben bemutatott modellezési feladat szempont-

jából nincs is feltétlenül szükség. A VISUAL ENVIRONMENT lényegében a SYSWELD új, grafikus felületének tekinthető, a számítások továbbra is a SYSWELD-en keresztül történnek.

Az általunk vizsgált DP 600 acél szempontjából a hegesztéstechnológia tervezésére az említett programrendszer kiválóan alkalmas, mivel a numerikus számítások elvégzésével a hegesztéstechnológiai paraméterek szövetszerkezetre gyakorolt hatása elemezhető, valamint információt kaphatunk a maradó feszültségek eloszlásáról is.

5. Modellezési feladat összeállítása

A modellezési feladat során egy virtuális környezetben 1 mm vastagságú 150x80 mm méretű próbalemezeket hegesztünk össze autogén módon (hozaganyag nélkül), az SWI csoportba tartozó argon védőgázos volfrámelektrodos ívhegesztéssel (AWI, ISO kód: 141). Első lépésként elkészítettük a geometriai modellt és a végeeselemes hálót. Hálózaskor arra törekedtünk, hogy a létrejövő varrat és hőhatásövezet környezetében minél finomabb hálósűrűséget alkalmazzunk. Ezt követően tértünk rá a hegesztési folyamattal kapcsolatos modellezési feladatok elvégzésére. Első lépésként az anyagminőséget kellett kiválasztanunk. Mivel nem alkalmaztunk hozaganyagot, ezért a későbbi varrathoz és alapanyaghoz ugyanazt az anyagminőséget rendeltük hozzá. A modellezés szempontjából az egyik legkritikusabb rész az anyagjellemzők, illetve anyagtörvények megfelelő ismerete. A hegesztési folyamat modellezése szempontjából viszonylag sok anyagjellemzőre van szükség, amelyek jelentős része függ a hőmérséklettől. Amennyiben a hegesztés során megváltozott szövetszerkezetéről is szeretnénk információt kapni, akkor a vizsgált acélunk folyamatos hűtésű átalakulási diagramjára is szükség van. A 4. táblázatban azok az anyagjellemzők szerepelnek, amelyek a numerikus számítások elvégzéséhez nélkülözhetetlenek.

Mechanikai anyagjellemzők	Hőfizikai anyagjellemzők
folyáshatár $R_{p0,2}(T)$	hővezetési tényező, $\lambda(T)$
alakítási szilárdság, $k_f(\varphi)$	fajhő, $c_p(T)$
Young modulusz, $E(T)$	entalpia, $h(T)$
Poisson tényező, ν	sűrűség, $\rho(T)$
Termikus nyúlás, $L(x,y,z,T)$	fázisátalakulások reakciói

4. táblázat: A modellezéshez szükséges anyagjellemzők

A fentiekből következik, hogy természetszerűleg a felhasználó részéről nem lehet elvárás, hogy egy ilyen szoftver minden hegeszhető acél anyagjellemzőit ismerje, ezért a program lehetőséget biztosít más anyagadatbázisokban szereplő, vagy mérési úton meghatározott anyagjellemzők bevitelére. Ez utóbbi azonban meglehetősen időigényes és költséges

feladatnak bizonyul. Szerencsére a szoftver viszonylag korlátozott anyagadatbázisa ellenére tartalmazott DP 600 acélt, amely szintén ennek az acéltípusnak az autópárhánban történő elterjedtségére utal. A szoftverben szereplő DP W 600 acél bár mechanikai tulajdonságait tekintve azonos kategóriába esik a hegesztési kísérleteinkhez használt korszerű nagyszilárdságú acél tulajdonságaival, gyártástechnológiáját tekintve eltér attól. Míg a kísérletek során alkalmazott Docol DP 600 hideghengerléssel készül, addig a program adatbázisában lévő DP-acélt melegehengerléssel gyártják, amelyre a jelölésben a W betű utal. A gyártástechnológiai különbségét igazolja a két acél eltérő vegyi összetétele (3. és 5. táblázat), ugyanis a hidegalakítással gyártott DP acélból lényegében hiányzik az átédződést segítő króm. Ilyen esetben a korszerű anyagvizsgálati módszerek, pl. a fizikai szimuláció nyújthat segítséget, amellyel sikeresen meghatározhatók a modellezéshez használt anyagjellemzők [8].

C	Si	Mn	Cr	Al
0,085	0,11	1,54	0,41	0,16

5. táblázat. Szoftver anyagadatbázisában szereplő DP W 600 acél vegyi összetétele tömegszázalékban

A modellezés következő lépésében kiválasztottuk és beállítottuk az adott hegesztő eljárásra (AWI) jellemző hőforrás modellt (Goldak-féle hőforrás) [6, 7]. Ezután a hegesztési paraméterek megadására került sor, amelyeket a 6. táblázat foglal össze. A számítást két különböző vonalenergiával futtattuk le, amelyet a végeselemes modellezést követő hegesztési kísérlet során egyedül az áramerősség változtatásával értünk el.

	U_{iv} (V)	I_h (A)	v_h (cm/min)	E_v (J/mm)
1.	11,5	38	8-9	186
2.	11,3	31,6	8-9	151

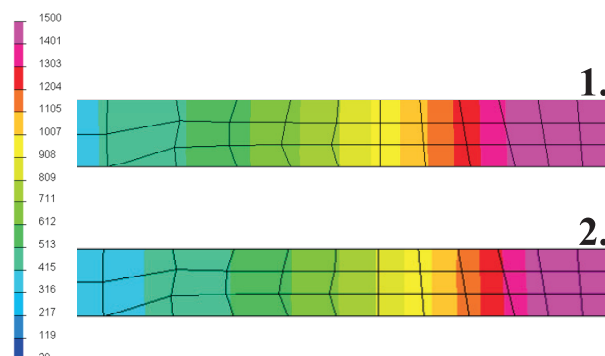
6. táblázat. Hegesztési paraméterek

A modellezés, illetve a valós hegesztési kísérlet során alkalmazott hegesztési paramétereket a 6. táblázat tartalmazza, amelyben az ívfeszültség értékeit az argonvédőgázos volfrámelektrodos ívhegesztéshez tartozó (ISO által ajánlott) munkaegyenés segítségével határoztunk meg [9].

A hegesztési paraméterek és a hegesztés pálya definiálása után a termikus és mechanikai peremfeltételek megadása következett, amelynél a megfogásokkal együtt figyelembe vettük a modellezést követő tényleges hegesztési kísérlet összeállítási tervét.

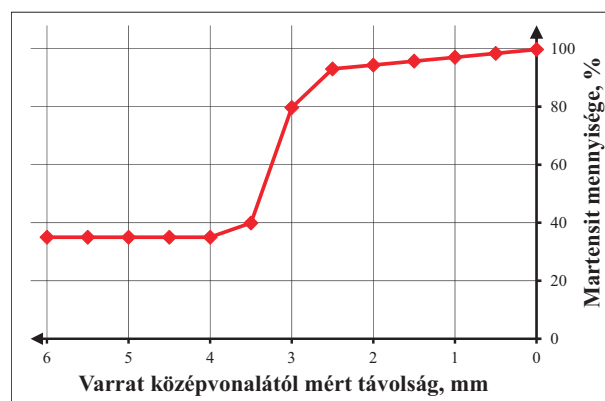
A modellezés során kapott eredmények közül először a két különböző vonalenergiához tartozó hőmérsékletmezőt hasonlítottuk össze (3. ábra). Az ábra a hegesz-

tett kötés egy adott keresztmetszetében a hőforrás elhaladásakor kialakuló hőmérsékletmező keresztirányú hőmérséklet eloszlását szemlélteti. Látható, hogy az adott hőmérsékletre tartozó izotermák nagyobb vonalenergia esetén a varrat középvonalához képest távolabb helyezkednek el. A végeselemes analízis során számított hőmérsékletmezőt a következő fejezetben valós hegesztési kísérlettel is igazoltuk.



3. ábra. A hegesztési paraméterek hőmérsékletmezőre gyakorolt hatása

Következő lépésként a hegesztési folyamat során megváltozó szövetszerkezetet vizsgáltuk meg, amelyet a program a folyamatos hűtési átalakulási diagramok felhasználásával prognosztizál. Fontos kihangsúlyozni, hogy a szoftver a hegesztéstechnológiára jellemző gyors hűlési sebességek miatt a számításoknál csak a martensites átalakulást veszi figyelembe, annak ellenére, hogy ezek az acélok elvileg bainitet is tartalmazhatnak.



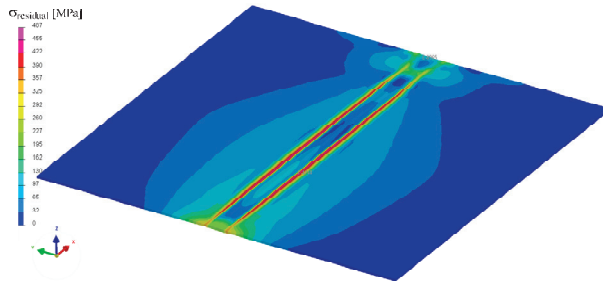
4. ábra. A martensit mennyiségének részaránya keresztirányban (2. kísérlet)

Az austenites átalakulás kezdetét és végét jelző hőmérsékletek a szoftver adatbázisa alapján a következők: $A_{c1} = 727 \text{ }^\circ\text{C}$, $A_{c3} = 867 \text{ }^\circ\text{C}$. Az anyagjellemzőket tartalmazó fájl sajnos nem nyújt információkat a kiinduló szövetek arányára, ezért az általunk vizsgált DP 600 acél esetében a képelemzési úton meghatározott 35% martensit arányt vettük alapul. Ahogyan a 4. ábrán lát-

ható, az alapanyagtól a varrat felé haladva a martensit aránya folyamatosan nő, és lényegében a varrat és a hőhatásövezet beolvadási vonalhoz közeleső része szinte teljesen martensites szövetszerkezetű lesz.

A két eltérő vonalenergiával készült modell összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy a kisebb fajlagos hőbevitel alkalmazásával készült kötés hőhatásövezete szélesebb tartományban tartalmaz martensitet, amely fokozott ridegedési hajlamot jelez. A jelentős martensit tartalom az alacsony vonalenergia mellett a króm jelenlétének köszönhető, amely a folyamatos hűtésű átalakulási diagramban szereplő görbékét jobbra tolva kedvezően hat a martensit képződésére.

A hegesztési folyamatok végelesemes modellezésének óriási előnye, hogy olyan információkat kaphatunk a hegesztett kötésről, amelyet más módon nem, vagy csak körülményesen tudnánk megszerezni. Ezek közé tartozik a maradó feszültség, amelynek mértékére és eloszlására csak viszonylag költséges anyagvizsgálatokkal (röntgen diffrakció, mérőbélyeges mérés) kaphatunk választ. A szoftver segítségével azonban a mechanikai peremfeltételek precíz megadásával előzetes becslést tudunk adni a maradó feszültség eloszlásáról, így olyan hegesztéstechnológiát tudunk kidolgozni, amely alacsonyabb szintű maradó feszültséget, ezért hosszabb távú és biztonságosabb üzemeltethetőséget biztosít a hegesztett szerkezet számára. A számítások alapján a hegesztett kötésben (5. ábra) a maradó feszültség maximális értéke megközelítette, illetve bizonyos esetben a folyáshatárt is meghaladta (2. táblázat).

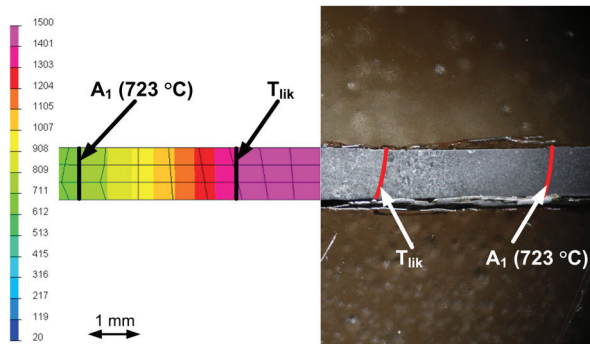


5. ábra. A maradó feszültség eloszlása a hegesztést követően (Von Mises elmélet alapján)

6. Modellezés eredményeinek összehasonlítása a hegesztési kísérlettel

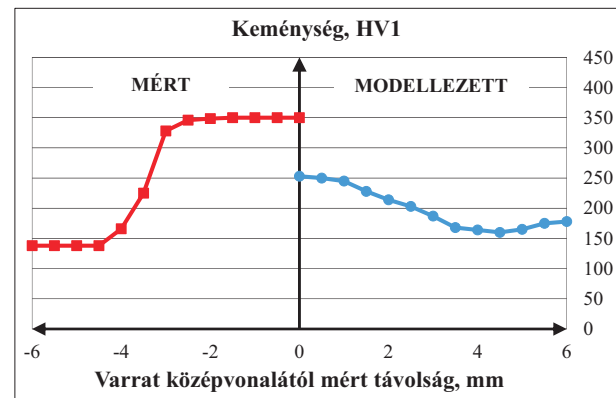
A végelesemes modellezés során kapott eredményeket összevetettük a valós hegesztési kísérletet követő anyagvizsgálatok eredményeivel. A modellezés igazolása szempontjából a legalapvetőbb a virtuális és valós hőmérsékletmező összevetése. Amennyiben nem áll rendelkezésünkre termoelemes műszer, elegendő egy keresztirányú makrociszolatot készítenünk, amelyen a likvidusz hőmérséklethez (T_{lik}) tartozó beolvadási vonal és a látható hőhatásövezet széle (A_1) jól azonosítható. Amennyiben a modellezés során ez a két görbe a kötés

keresztirányú metszetének jó közelítéssel ugyanazon pontjaiban helyezkedik el, akkor a hőforrás beállítása szempontjából a modellezés sikeresnek mondható. A hőmérsékletmező alapján a szoftver meg tudja jeleníteni a hőhatásövezetben szereplő csomópontok hőciklusait is, amelyek bemeneti paraméterként szolgálhatnak a fizikai szimulátor hőhatásövezeti tesztszeleivel [7, 8]. A 6. ábrán jól látható, hogy a hőforrásra vonatkozó célkitűzést sikerült teljesítenünk, a modellezés során kapott hőmérsékletmező kritikus izotermái megegyeznek a valós hegesztett kötés beolvadási vonalához, illetve a látható hőhatásövezet széléhez tartozó görbékkel.



6. ábra. A modellezés és a valós hegesztési folyamat során kialakuló hőmérsékletmező összehasonlítása (2. kísérlet)

Az anyagtechnológiákkal (alakítás, hőkezelés, hegesztés) kapcsolatos modellezési feladatoknál az eredmények igazolására gyakran a virtuális és valós keménységeloszlást szokták összevetni. A 7. ábra bal oldala az első kísérlet során mért keménységeket, a jobb oldali rész pedig a modellezés eredményeit szemlélteti.



7. ábra. A modellezés során számított eredmények összehasonlítása a valós hegesztett kötés keménységeloszlásával (1. kísérlet)

Látható, hogy a modellezés során kapott csúcskeménység (350 HV) jelentősen meghaladja a valós hegesztett kötésben mért csúcskeménységet (250 HV).

Ennek elsődleges oka, hogy bár mindkét esetben közel azonos mechanikai tulajdonságokkal rendelkező DP 600 acélt alkalmaztunk, a végeelemes modell esetében a szoftver anyagadatbázisában szereplő DP W 600 acél meleghengerléssel készül, ebből kifolyólag pedig nagyobb krómtartalommal kell rendelkeznie ahhoz, hogy a hideghengerelt acélra jellemző mechanikai tulajdonságokat elérje. Ebből adódóan a 350 HV csúcskeménység legfőbb indoka a króm, amely a varrat és a hőhatásövezet beolvadási vonalához közel eső részének martensites szövetszerkezetét igazolja. Érdeemes megemlíteni, hogy előzetes ívponthegeztési kísérleteket végeztünk a hideghengerelt DP 600 alapanyagban, ahol a heglencsében 340 HV csúcskeménységet mértünk.

7. Összefoglalás

A cikkben áttekintettük a Dual Phase (DP) acélok tulajdonságainak és hegeszthetőségének legfontosabb jellemzőit. A hegesztés hőciklusa a lehűtés és hengerlési alakítás speciális kombinációjaként létrehozott ferrit-martensites szövetszerkezetet irreverzibilisen megváltoztatja, ezért a hegesztéstechnológia tervezésekor a lágyacél lemezekhez képest körültekintőbben kell eljárni.

A végeelemes modellezés nagy lehetőséget jelent ezen speciális acélok hegesztéstechnológiájának tervezésére, illetve a hegesztési folyamatok mélyebb megértésére. A cikkben a Mechanikai Technológiai Tanszéken elérhető hegesztési folyamatokra specializált végeelemes szoftverrendszer segítségével egy DP 600 korszerű nagyszilárdságú autóiipari acél argon védőgázos volfrámelektrodás ívhegesztését sikerült egy virtuális térben megvalósítani. A modellezés során információkat kaptunk a hegesztési paraméterek hatásáról, a folyamat során kialakuló szövetszerkezetéről és a maradó feszültségekről is. A kapott eredményeket valós hegesztési kísérletekkel igazoltuk, azonban a modellezési feladat pontosításához a hideghengerléssel készült DP 600 acél anyagjellemzőinek pontos meghatározására van szükség.

IRODALOM

- [1] Balogh, A., Török I., Gáspár M., Juhász D.: Present State and Future of Advanced High Strength Steels, Production Processes and Systems 5, pp. 79-90., 2012
- [2] Nilson, T.: Welding Guide of AHSS/UHSS for the automotive industry – A guide for the automotive industry, SSAB Knowledge Service Center, Borlange, Sweden, 2012
- [3] Tisza, M.: Járműipari acélfejlesztések, GÉP, LXIII. évf. 4. sz., pp. 3-10., 2012
- [4] Balogh, A.; Komócsin, M.: Hegesztési technológiák számítógépes tervezése, „A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok projekt, Miskolci Egyetem, 2005
- [5] Pogonyi, T.; Palotás, B.: „SYSWELD” a hegesztés végeelemes modellezésének eszköze, 26. Hegesztési Konferencia és Hegesztéstechnikai Kiállítás, Budapest, 2012, pp. 35-44
- [6] Tejc, J.: Welding Simulation Solution, Előadás, Sysweld és Visual Environment tanfolyam, ESI Group, Dunaújváros, 2012
- [7] Gáspár, M.: A hőmérsékletmező előállítására nagyszilárdságú acélok hegesztésének végeelemes modellezésekor, GÉP, LXIV. évf. 4. sz. pp. 37-42. 2013
- [8] Kuzsella, L.; Lukács, J.; Szűcs, K.: Fizikai szimulációval végzett vizsgálatok S960QL jelű, nagyszilárdságú acélon, GÉP, LXIII. évf. 4. sz., pp. 37-42., 2012
- [9] Balogh A., Sárvári J., Schäffer J., Tisza M.: Mechanikai Technológiák, 4. kiadás, Miskolci Egyetemi Kiadó, pp. 143-270., 2008

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az ismertetett kutatómunka 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.