

# Nagyszilárdságú acélok és hegeszthetőségük

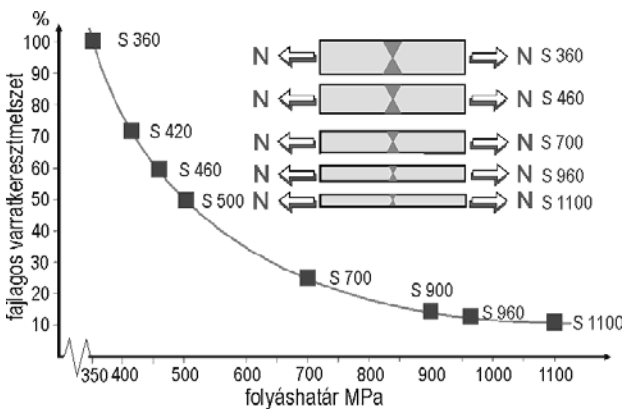
Komócsin Mihály\*

## Az anyagtudományi fejlesztések támasztotta követelmények

Az anyagtudomány fejlődését nemcsak az új anyagok megjelenése jelzi, hanem a hagyományos szerkezeti anyagok folyamatos fejlesztése is, amelyek javított tulajdonságokkal, vagy tulajdonságkombinációval állnak a tervezők és a gyártók rendelkezésére.

Bármilyen kedvező használati tulajdonságú is legyen az anyag, ha nem alkalmas arra, hogy a gyártás során a tervező által a funkciónak megfelelően meghatározott alakot és méretet elnyerje, akkor a tulajdonságai hasznavetetlenek. Sok újonnan kifejlesztett, korszerű anyag még nem használható és valószínűleg a jövőben sem lesz használható, mivel nem fordítottak elég figyelmet a feldolgozhatósági tulajdonságaira. Ténylegesen csak alig egynéhány anyag használható eredeti formájában, mivel ezeket termékbe, vagy szerkezetbe kell integrálni. A hegesztést erre a célra széles körben alkalmazzák, mivel ez a technológia mind a legkisebb alkatrészek előállítására, mind a legnagyobb szerkezetek megépítésére alkalmas. A hegesztést a hagyományos ipari területeken és a legmodernebb berendezések gyártásában is használják [1].

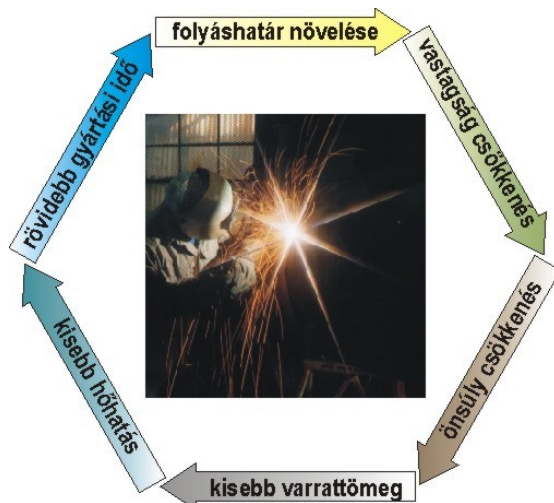
A hegesztett nyomástartó edényeket, acélszerkezeteket, beleértve a hegesztett kivitelű gépalkatrészeket és részegységeket is a legtöbb esetben jellemzően mechanikai igénybevétel terheli. Ezen hegesztett termékek tervezésekor a korábbi gyakorlattal szemben napjainkban a folyáshatárra alapuló szilárdsági ellenőrzés számít alapvető eljárásnak.



1. ábra: A varrat keresztmetszet és a folyáshatár közötti kapcsolat azonos terhelés mellett

Egyetemi docens, Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tsz.

A nagyobb folyáshatárú alapanyagok alkalmazása egy adott hegesztett kivitelű gyártmányban kisebb szelvényvastagságok alkalmazását teszi lehetővé (1. ábra) ami súlycsökkenéshez és ebből adódóan kisebb tömegű varratokhoz vezet. A kisebb varrat tömeg csökkenti a hozaganyag szükségletet, a hegesztéshez felhasznált munkaidőt és energiát. A vékonyabb szelvény, a kisebb hegesztési hőbevitel általában mérsékli a szerkezetben keletkező termikus feszültségeket, javítja a termék használati tulajdonságait (2. ábra).



2. ábra: Nagyobb folyáshatárú acélok alkalmazásának hatása

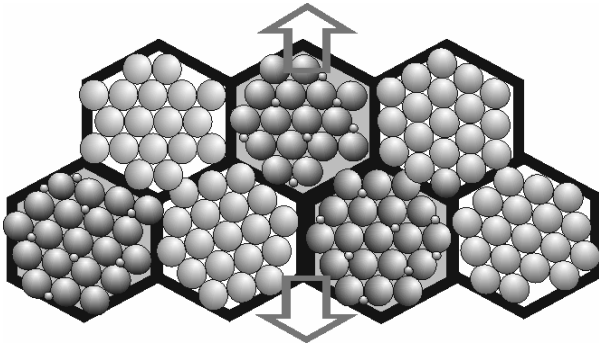
Különösen kiaknázhatók a súlycsökkenésből származó előnyök a mozgó szerkezetek mint hajók, közúti járművek, földmunkagépek vagy daruk esetében.

A jól látható előnyök érthetően évtizedek óta arra inspirálják az anyagtudománnyal foglalkozó kutatókat, hogy vizsgálják miként növelhetik az acélok folyáshatárát anélkül, hogy a szinte minden esetben fellépő dinamikus hatások és ismétlődő igénybevételek elviseléséhez szükséges szívósság ne csökkenjen.

Az üzemeltetési tulajdonságok szempontjából meghatározó folyáshatár értékét és a szívósságot – amint az régóta közismert - a:

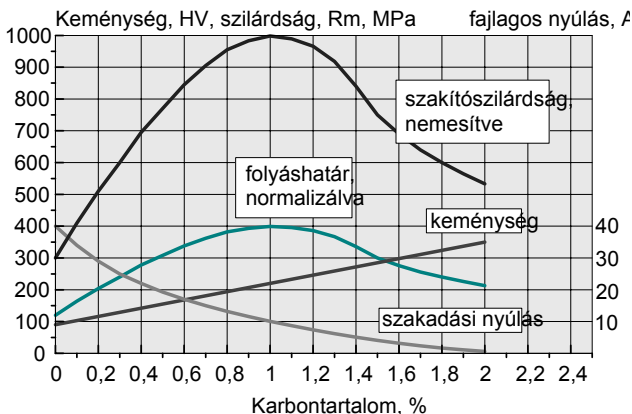
- a fázisok aránya,
- az alkotó fázisok tulajdonságai,
- a szövetet alkotó fázisok (szemcsék) mérete, alakja és eloszlása határozza meg.

A csekély korróziós hatásnak kitett szerkezeti acélok kétfázisúak amelyben az egyik fázis az  $\alpha$ -vas, a másik általában valamilyen karbid.



3. ábra: Folyáshatár növelése rideg fázisokkal

Az  $\alpha$ -vas folyáshatára szemben a karbidokkal csekély, alakváltozó képessége, szívóssága viszont nagy. A szilárdság ezért a ferrittartalom csökkentésével növelhető. Így évszázadok óta a szilárdság (folyáshatár) növelésének egyszerű, olcsó és jól bevált módja az acél karbon tartalmának, így a karbid fázis arányának növelése. A **szénacéloknak** ezzel a megoldással a vas 120...140 MPa-os folyáshatára a  $C \approx 0,8$  % karbon tartalmú homogén perlités acéloknak normalizált állapotban akár a 400 MPa-os értékre is növelhető.



4. ábra: Karbondarab hatása a mechanikai tulajdonságokra

Hegesztés közben az alapanyag nagyon gyors hőciklusnak van kitéve, ami nemcsak a varrat kristályosodási szövetét módosítja, de emellett drasztikusan befolyásolja a hőhatásövezet mikrostruktúráját is. A folyáshatár növelés ára a szénacéloknak a képlékenységi tulajdonságok, a szívósság számottevő csökkenése és a hegesztéssel való feldolgozhatóság, a hegeszthetőség elvesztése.

A **hegeszthetőség** nem könnyen definiálható tulajdonság. A H. Granjon-tól származó, az ISO-ban is elfogadott definíció szerint [2].

*"Egy fémes anyag akkor tekinthető egy adott eljárással és adott célra meghatározott mértékben hegeszthetőnek, ha megfelelő munkarenddel hegesztve olyan folytonos, fémes kötés hozható létre, amely kielégíti az alkatrész helyi tulajdonságaiból és a szerkezet egészére gyakorolt hatásából származó követelményeket."*

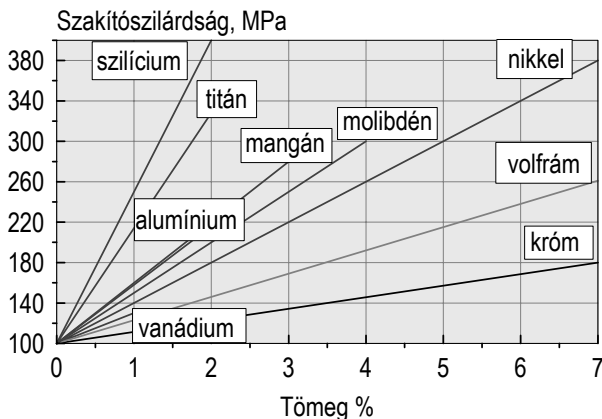
Meg kell jegyezni, hogy a hegeszthetőség a definícióban ugyan az anyag tulajdonságaként szerepel, de az előzőekben körvonalazottaknak megfelelően sem a konstrukciótól, sem a választott hegesztő eljárástól nem lehet függetleníteni. Annak ellenére, hogy a korábban idézett definícióban explicite nem szerepelt, a legtöbb gyártót valószínűleg a termelékenység és a gazdasági versenyképesség is érdekli. A kisebb gyártási költség és a rövidebb gyártási idő nyilvánvalóan állandóan érvényes célkitűzések. De nem elhanyagolható szempont a teljes élettartamra vonatkozó összköltség, ami magában foglalja a karbantartás, a felügyelet és a javítás költségeit is. Ebbe beleértendő az olyan acélok fejlesztése is, amely nagy termelékenységű eljárással, költséges technológiával (előmelegítés és/vagy utóhőkezelés) nélkül sikeresen hegeszthető. Ehhez olyan anyagokra van szükség, amit javuló minőséggel és megbízhatósággal lehet hegeszteni.

Ezek azok a szempontok, amelyek a hegeszthetőség definícióbeli mértékének végső megítéléséhez szükségesek. Ha hegesztett szerkezetre ható üzemi körülményekre vonatkozó elvárások a gyakorlatban nem teljesednek, akkor ezt csak a legkritikább esetben akceptálják és állítják a szerkezetet üzembe. A **célra való alkalmasság** követelményének – ami a hegesztett szerkezetben helyileg jelen levő mikrostruktúrából és ennek a szerkezet egészére gyakorolt hatásából következik – teljesülése ezért mindenképpen szükséges ahhoz, hogy az anyag egy bizonyos fokig hegeszthető legyen. Alapvető szempont, hogy a hegesztett szerkezet a rá ható igénybevételnek megbízhatóan ellenálljon, de lényeges szempont az is, hogy az alakadó technológiákkal, a vágással, a képlékenyalakítással, a hegesztéssel a szokásos technológiákkal gazdaságosan elő lehet állítani [1].

A szénacéloknak hegeszthetőségét az a körülmény rontja, hogy a karbon tartalom növekedésével egyre csökken az ausztenit martenzitté alakulásának hőmérséklete és növekszik a diffúziós karbidképződéshez szükséges idő. Így a hagyományos hegesztő eljárásokkal és hegesztési körülmények között csak  $C \approx 0,25$  % karbon tartalomig kerülhető el, hogy a hegesztett kötés hőhatásövezetében a martenzit ne váljon dominánssá és ezáltal ne keletkezzen repedés. Ezt a feltételt kielégítő acélok folyáshatára normalizált állapotban mintegy 250 MPa azonban még nemesített állapotban sem éri el a 350 MPa-os értéket.

A hegesztéssel feldolgozásra kerülő acélok folyáshatár növelésének másik útja a ferrit szilárdságának növelése. Ez elérhető a hideg képlékenyalakítással járó keményedéssel illetve ötvö-zéssel. Az alakítási keményedés az ömlesztő, de sokszor a meleg sajtoló hegesztésekkel járó hő hatására is megszűnik, ezért hegesztett szerkezetek acéljaiban nem vezet eredményre, sőt sok-

szor szemcsedurvuláshoz vezethet. Ötvözéssel elért folyáshatár növelésre olyan elemek alkalmasak, amelyek szubsztitúciós szilárd oldatot alkotnak a vassal torzíva annak rácsszerkezetét. Mint az ismeretes-, minél nagyobb mértékben tér el az oldott elem ion sugara a vasétól, annál nagyobb rácstorzulást okoz. A nagyobb mértékű rácstorzuláshoz egyre nagyobb folyáshatár tartozik (5. ábra). A folyáshatár növelésének azonban határt szab az a tény, hogy a vas ion méretétől minél inkább eltér az oldott elem mérete az oldhatósága úgy csökken. Vagyis az elérhető folyáshatár növekedés gyakorlatilag maximált.



5. ábra: A ferrit szilárdságának növelése szubsztitúciós szilárdoldatot alkotó ötvözőkkel

A folyáshatár növelésének ezt a mechanizmusát a hegesztés céljaira fejlesztett acélokban leginkább mangánötvözéssel érik el. Az 1,5-1,6 %-nyi mangánt tartalmazó, **C-Mn acélok** folyáshatára eléri a 400 MPa-os értéket. Ilyen mennyiségű mangán ötvözés és  $C \approx 0,18$  % karbon tartalom mellett általában a szokásos hegesztési körülmények között még elkerülhető a hegesztett kötés beedződésére visszavezethető repedése. Nagyobb szelvényvastagságok hegesztésekor a repedés elkerülése érdekében általában a minimális vonalenergia értékét írják elő, illetve ha ez nem valósítható meg, akkor csekély mértékű előmelegítés szükséges. A mangán ötvözés révén elért szilárdságnövelés mechanizmusából adódik, hogy a nagyobb vonalenergia ill. az előmelegítés miatt bekövetkező lassúbb lehűlés okozta szemcsedurvulás sem a varrat sem a hőhatásövezet mechanikai tulajdonságait érdemben nem rontja le, sőt egyes helyeken pl. a hőhatásövezet normalizált zónájában a tulajdonságok kedvező irányban változhatnak.

A folyáshatár növelésének harmadik útja a szemcse méretének csökkentése. A szemcseméret és a folyáshatár közötti kapcsolatot viszonylag tág szemcseméret tartományban a *Hall-Petch* egyenlet írja le:

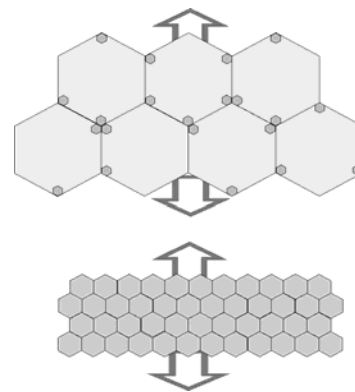
$$R_{eH} = R_0 + k/d^{0.5}$$

ahol:

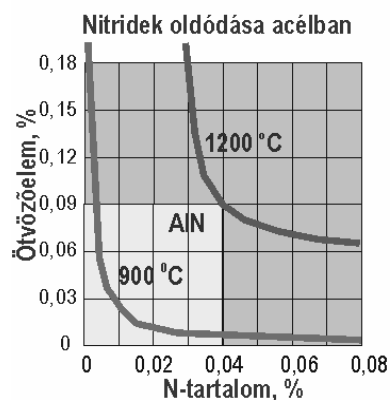
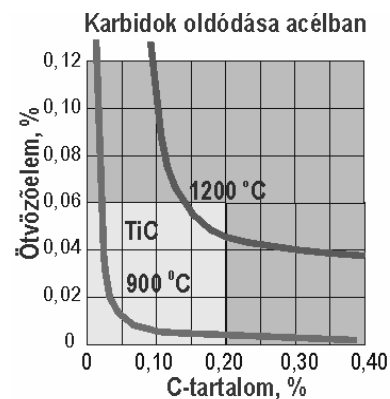
$R_{eH}$ .....a folyáshatár, MPa,

$R_0$ .....szilárdsági konstans, MPa,  
 $k$ .....anyagra jellemző konstans MPa/mm<sup>0,5</sup>,  
 $d$ .....szemcseméret, mm.

A ferritszemcse mérete csökkenthető a kiinduló ausztenit szemcse méretének csökkentésével, ami hatékonyan mikroötvözéssel érhető el. Ezek a hegeszhető, növelt folyáshatárú **mikroötvözött acélok**. A leggyakrabban alkalmazott mikroötvözők, mint az alumínium, a titán, a vanádium vagy a zirkonium nagy stabilitású nitridet ill. karbonitridet alkotva heterogén csírákat képez a kristályosodáskor csökkentve ezzel a primer kristályok méretét (6. ábra).



6. ábra: Folyáshatár növelése a ridegfázisok diszperz elosztásával és a szemcseméret csökkentésével

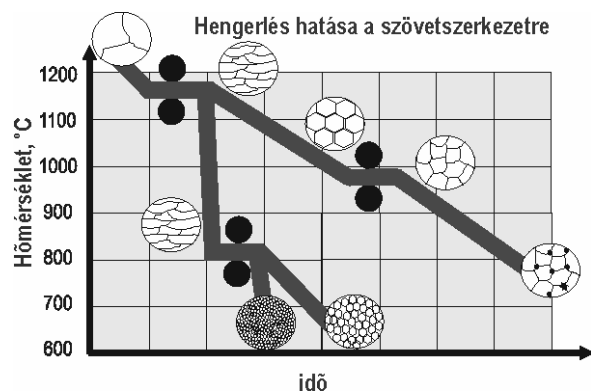


9. ábra: Mikroötvözött acélok karbidjainak és nitridjeinek oldódása

További kedvező hatásuk, hogy diszperz eloszlásuk révén akadályozzák a szemcsedurvu-

lást mindaddig, amíg odatba nem mennek (7. ábra). A kívánt hatást eredményező interstíciós vegyületek létrehozása csak szándékolt, de szabályozott nitrogénötvözéssel valósítható meg. Ebben az acélszalárdságban a 460 MPa-os garantált folyáshatár is elérhető. A hegesztéssel történő feldolgozás szempontjából különösen előnyös a stabil nitridek és karbonitridek szemcsedurvulási hajlamot csökkentő hatása, mert így ezek az acélok nagy vonalenergiával a legtöbb esetben előmelegítés nélkül is nagy biztonsággal hegeszthetők és a hőhatásövezetben sem következik be a szilárdság vagy a szívósság számottevő csökkenése.

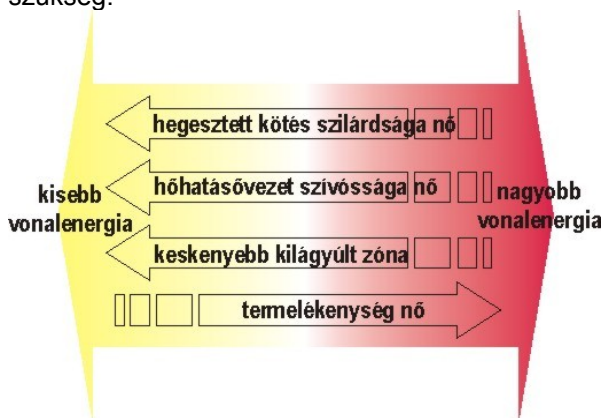
A szemcseméret csökkentésében az elmúlt évtizedekben új eljárások, a szabályozott hengerlés, a gyorsított hűtés került alkalmazásra amely az így **termomechanikusan kezelt acélok** nagyobb szilárdságát és szívósságát eredményezte. A szemcserefinomítás a nagyobb mértékű túlhűtés következtében megsokszorozódó homogén csíráknak köszönhető. Ezeknek az acéloknak a jó szívóssága mindig a termomechanikai kezelésnek köszönhető nagyon jelentős szemcserefinomítás eredménye, ami elegendő pl. a mikroötvözéssel járó további szilárdságfokozó mechanizmusok okozta szívósságvesztés kiegyenlítésére. Ezzel az eljárással kis karbonegyennértékű ( $C_e \approx 0,45\%$ ) 460 MPa garantált folyáshatárú acélokat gyártanak.



10. ábra: Termomechanikus kezelés

Meg kell azonban jegyezni, hogy ezen acélok hegesztésekor a szállítási állapotra jellemző tulajdonságokat nagyon gyakran nem lehet megőrizni, vagy hőkezeléssel visszaállítani (11. ábra). Ezt mindenképpen hátránynak kell tekinteni, mert a továbbiakban a hegesztéssel járó tulajdonság romlást hőkezeléssel már nem lehetséges helyrehozni. A gyakorlatban ez előnynek is felfogható, mivel ezek az acélok már nem igényelnek utóhőkezelést. Emiatt a vonalenergiát szűk határok között kell tartani azért, hogy az acélok hőhatásövezetében fellépő kedvezőtlen folyamatok megelőzhetőek legyenek. A jelentős fejlődés ellenére mára már nyilvánvalóvá vált, hogy a nemkívánatos változások megelőzése érdekében a varratszélességet, az ív hőáramát és a vonalenergiát

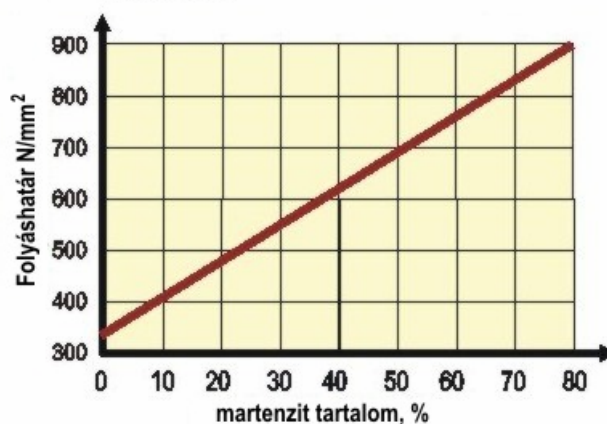
annál inkább limitálni kell, minél nagyobb az alapanyag szilárdsága. Ha a hegesztési teljesítményt a jövőben növelni akarjuk, akkor további intenzív anyagtudományi kutatómunkára lesz szükség.



11. ábra: Vonaleenergia hatása

Az is várható, hogy az új felfedezések olyan szerkezeti acélokat fognak eredményezni, amelyek szemcsemérete  $1\ \mu\text{m}$  vagy ennél is kisebb. Ezek az ultra-finom szemcseméretű acélok a Hall-Petch összefüggésnek megfelelően tovább kell, hogy növeljék a szilárdságot és az elfogadható szívósságot. Ennek egy példaként azt a Japánban kezdeményezett kutatási programot [3] lehet említeni, amelynek célja a jelenlegi 400 MPa-os acélok vegyi összetételén olyan ultra-nagyszilárdságú acélt előállítani, amely javított hegeszthetőséggel rendelkezik.

A ferritszemcse és a karbidok mérete a  $\gamma \rightarrow \alpha$  átalakulás során annak sebességével vagy módjával is jól befolyásolható. Ennek klasszikus megoldása a nemesítés. A bórral is mikroötvözött és a ferritet szubsztitúciós ötvözéssel szilárdított, de kis karbontartalmú ill. kis karbonegyennértékű ( $C_e \approx 0,45\%$ ), ezáltal általában előmelegítés nélkül hegeszthető **nemesített acélok** garantált folyáshatára eléri a 690 MPa-t.

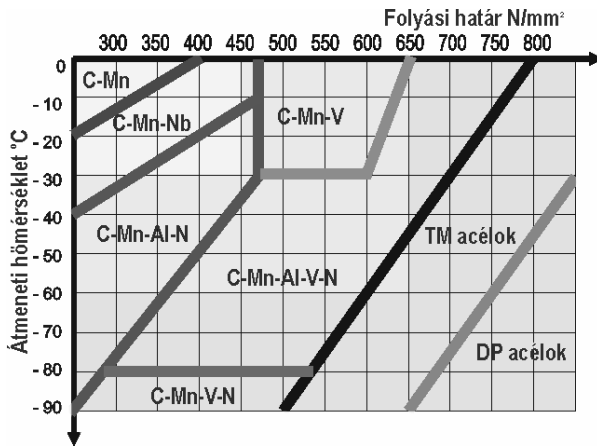


12. ábra: Nemesített acélok folyáshatára

A hegesztett kötésekkel szemben az az általános elvárás, hogy a varrat a lehető legjobb tulajdonságú legyen és ez a legközvetlenebbül akkor érhető el, ha a varratra és a HAZ övezetekre jel-



lemző helyi tulajdonságok megegyeznek az alapanyagével. Különösen igaz ez a megállapítás a méretezés alapjául szolgáló folyáshatárra és az átmeneti hőmérsékletre. A napjainkban használatos szerkezeti acélok alkalmazási körét mutatja be a 13. ábra.



13. ábra: Acélcsoportok folyási határa és átmeneti hőmérséklete

Meg kell azonban jegyezni, hogy amennyiben ez az elv egyes esetekben nem teljesül, a gyengébb tulajdonságú övezetek nem mindig determinálják a kötések viselkedését. Erre jól ismert példaként a ragasztott vagy keményforrasztott kötések hozhatók fel, amelyekben a kapilláris hatásnak köszönhetően nem a gyengébb ragasztó- vagy forrasztóanyag határozza meg a kötés szilárdságát.

Ez az elv a hegesztett kötésekre is vonatkozik. A modern célra való alkalmasságot értékelő eljárásokban a hegesztett kötéseket ma már heterogén szerkezeti egységnek tekintik, aminek a globális viselkedése gondos elemzés nélkül nem jelezhető előre. Amikor egy kötésben gyengébb övezeteket vagy foltokat észlelnek, ezeknek a teljes szerkezet üzemi viselkedésére gyakorolt hatását gondosan vizsgálni és értékelni kell.

Mivel a nagyon finomszemcsés acélokat szemcsedurulás nélkül igen nehéz hegeszteni, szükség van olyan speciális hegesztéstechnológia és -technika kidolgozására, amely csökkenteni képes a hőhatásövezet szélességét, ami mérsékelheti a helyi feszültségvesztés hatását és egyhez közeli varratényezőt eredményez, valamint megőrzi a hőhatásövezet finom szerkezetét, ami az elfogadható hőhatásövezeti szilárdságot és szívósságot garantálhatja. Ez a második kérdés, ami a szerkezetintegritás - ridegtörés kapcsolatra vonatkozik, nagyon nagy kihívásnak látszik, mivel a mismatch effektusnak a varratra gyakorolt hatására vonatkozó kutatások azt mutatták, hogy az alacsonyabb szilárdságú és ennél fogva kisebb szívósságú zónák a repedésterjedés preferált útvonalát jelentik.

A probléma megoldására alternatív megoldás az acélok szemcsedurulással szembeni érzékenységének mérséklése lehet. A nagyobb

hőbevitellel szembeni tolerancia így megújított kihívás az acélgyártók felé. A diszperz szekundér fázisok, amelyek nagy hőmérsékletig stabilak, mint pl. a titán-nitridek és -oxidok, vagy a REM oxo-szulfidok [4] az adott nehézség leküzdésére bizonyos mértékig sikerrel alkalmazhatók. Ezek nemcsak megelőzik az ausztenit szemcsedurulását, de hűlés közben nagyon sok ferrit csírahelyet is képeznek. Hogy mi lesz ennek a mechanizmusnak a határa a hegesztési hőciklussal szemben elfogadható toleranciával bíró ultrafinom szemcséjű acélok kifejlesztésében, az a jövő kihívása marad. Jelenleg a kereskedelemben kapható, **kiválásosan keményített nemesített hegeszthető acélok** garantált folyáshatára elérte a 960 MPa-os értéket.

Összefoglalva megállapítható, hogy a hegesztett szerkezetek acéljainak folyáshatár növelésével a lehetőségek határait egyre inkább megközelítik, ami a hegesztett kötésekkel szemben igen szigorú követelményeket támaszt. Mivel a modern alapanyagok mikroszerkezetét bonyolult eljárásokkal optimalizálják, a szerkezetük nagyon hajlamos arra, hogy a hegesztési hőciklus hatására megváltozzon. Ez egyre nagyobb szakmai hozzáértést, igényesebb hegesztéstechnológiát és ennek megvalósításához egyre korszerűbb hegesztő berendezéseket és eszközöket, egyre fegyelmezettebb gyártást igényel, amint azt az 1. táblázat szemléltet. Ilyen értelemben egy ország hegesztési kultúrájának ha nem is kizárólagos, de fontos mutatója a nagy folyáshatárú acélok alkalmazásának aránya.

Az acélok folyáshatára és a hegesztőüzem felkészültsége közötti kapcsolat

1. táblázat

Acélcsoport	Folyáshatár, MPa	Berendezések	Szakmai tudás
szénacélok	↓	↓	↓
C-Mn acélok	↓	↓	↓
mikroötvöztetett acélok	↓	↓	↓
termomechanikusan kezelt acélok	↓	↓	↓
nemesített hegeszthető acélok	↓	↓	↓
kiválásosan keményített, nemesített hegeszthető acélok	↓	↓	↓

## Magyarországi tapasztalatok a nagyszilárdságú acélok alkalmazásáról

Egy 2000-ben végzett felmérés szerint a korábbi, külföldi megrendelésre végzett munkák során szerzett tapasztalatok napjainkra beértek, mert tíznél is több magyar cég szerzett meg nemzetközi tanúsítványt nagyszilárdságú acélok hegesztésére. Külön is figyelemre méltó, hogy 5 olyan cég is van, amelyik rendelkezik mindazon

személyi- és tárgyi feltételekkel, valamint gyártási tapasztalattal, amely alkalmassá teszi akár 40 mm-es lemezvastagságig S 690-960 anyagminőségű hegesztett szerkezetek gyártására.

Az EN 10137 szabvány szerinti S 460 minőségű acélból az 1999 évi felhasználás hozzávetőlegesen 5 000 tonna volt. Ez nem elhanyagolható mennyiség, de ezeknek az acéloknak a hegesztése még nem jelent ugrásszerű minőségi változást a hagyományos vagy mikroötvözött szerkezeti acélokéhoz képest.

Az S 690-es kategóriából mintegy 8 000 tonna került beépítésre. Napjainkban a kereskedelemben kapható legnagyobb szilárdsági kategóriájú (S 890 és S 960 minőségű) acélokból a hazai felhasználás örvendetesen nagy, valamivel több, mint 3 000 tonna volt 1999-ben [5].

A hegesztett gépészeti szerkezetek gyártásához használt nagyszilárdságú acél ritka kivételtől eltekintve hengerelt lapos termék (praktikusan lemez) volt. Csak néhány esetben fordul elő öntött darabok vagy csövek alkalmazása.

Nem lebecsülve az egyéb gyártási eljárások fontosságát, mégis a nagyszilárdságú acélok feldolgozásának meghatározó technológiája a **hegesztés** –amely szemben más eljárásokkal – a szokásost meghaladó szakértelmet gondosságot és figyelmet igényel.

Az alkalmazott hegesztő eljárásokra a hozaganyag felhasználásból lehet leginkább következtetést levonni. A nagyszilárdságú acélok hegesztéséhez az 1999-ben felhasznált hozaganyag 65 %-a tömör huzal, 33 %-a porbeles elektródahuzal és mindössze 2 %-a volt bevont elektróda. Ezek az arányok jól jellemzik a nagyobb termelékenységre, a költségek csökkentésére és versenyképességre törekvés igényét. Minden neves hegesztőanyag gyártó választékában megtalálhatók a nagyszilárdságú acélok hegesztésére szolgáló hozaganyagok.

A vastagabb lemezek, nagyobb szelvényvas<sup>[2]</sup> tagságú anyagok hegesztésekor sok esetben nem kerülhető el az előmelegítés és majd minden esetben a nagyszilárdságú acélok hegesztése a<sup>[4]</sup> vonalenergia szigorú korlátok közötti tartását igényli. Nem ritka, hogy az ilyen acélból készült szerkezetet utóhőkezelésnek kell alávetni. A jövőt illetően az is biztató, hogy Magyarországon mintegy 300 hegesztő szerzett minősítést ezen acélcsoport hegesztésére.

## Összegzés

Az anyagok hegeszthetőségének javítása nagyon összetett és kihívó feladat. A cél olyan új konstrukciók és termékek előállításának, amelyeket hatékony módszerekkel terveznek és azután gazdaságosan gyártanak le. Ez a cél csak úgy érhető el, hogy a hegesztéstechnológia biztosította lehetőségeket a leginkább megfelelő hegesztő eljárás és munkarend kiválasztásával és a hegeszthetőségnek, mint anyagtulajdonságnak a

figyelembe vételével már a termékek korai tervezési fázisában figyelembe veszik. Ami a szerkezeti C-Mn és a mikroötvözött acélokat illeti, a termomechanikus eljárással gyártott, nagyon finomszemcsés mikroszerkezetű és kémiaileg nagyon tiszta acélokkal a tulajdonságaik és hegeszthetőségük javításában említésre méltó haladást értek el. Hamarosan új acélok és más anyagféleségek kifejlesztése várható.

A hazai ipar igyekszik felkészülni ezeknek az új acéloknak a befogadására, mint ahogy ezt eddig is tette. Hiszen szívet dobogtató a „mérnökember” számára, de az egyszerű szemlélő figyelmét is felkeltik azok az elegáns termékek, amelyek nagyszilárdságú acélból készülnek.

A konstrukció szépsége mellett nem elhanyagolható szempont ezen acélok alkalmazása esetén, hogy jelentős tömegcsökkenés mellett csökkenthető a varratok összömege ezáltal a gyártási idő is. Kétségtelen ára ennek a fejlődésnek, hogy feldolgozásuk, de különösen hegesztésük magasán kvalifikált hegesztő szakembereket, gondosan kidolgozott hegesztési technológiát, felkészült hegesztőket és nagy gyártási fegyelmet igényel.

Prognózisok szerint 2005-re a nagyszilárdságú acélokból hazánkban megduplázva a jelenlegi mennyiséget, mintegy 20-25 000 tonnát, 2010-re 40-50 000 tonnát fognak beépíteni. Várható, hogy a feldolgozott mennyiségen belül egyre dominánsabbá válik a 960 MPa folyáshatárú acélok aránya és követve a világ fejlődését készek leszünk a ma még csak kísérleti jelleggel gyártott 1100-as folyáshatárú acélok hegesztésére is [5].

## Hivatkozások:

- [1] B. de Meester: 3rd GTE/MHtE/DVS International Conference on Welding p. 23-35 (2000)
- [2] ISO Recommendation R 581, May 1967
- [3] A. Sato: in Proc. of "Ultra-Steel 2000", Tsukuba, Japan, 12-13 January 2000, p.1
- [4] J. Degenkolbe: Schweisstechnik, N°2, 17 (1975)
- [5] A. Kármán - M. Komócsin New Challenges in the Fabrication of Welded Machine Parts Trends in Steel Consumption – Responding to Market Needs – International Seminar Budapest, 2000. 11-12. September Proceedings. p. 216-225