

## KÁROLY GYULA – TARDY PÁL – SZÉLIG ÁRPÁD – SZABÓ ANDREA – SZAID EL-GHAZALY Az argonos átöblítés hatékonyságának szerepe az acélok tisztaságának javításában

*A zárványok távozását az acélfürdőből áramlásmentes állapotban a Stokes-törvény jól írja le. Az olvadék áramlása jelentősen befolyásolja ezt a folyamatot; ezt használják ki az argongázos öblítést alkalmazó technológiák. Az öblítés hatása számítógépes szimulációs módszerrel vizsgálható. Ennek segítségével a szerzők rámutattak arra, hogy a jó hatásfok érdekében az argongázos öblítés intenzitását a kialakuló turbulenciák miatt úgy kell korlátozni, hogy a fürdő felületén a turbulencia lehetőleg ne okozzon kidudorodást. A lágy öblítés kedvező hatását üzemi kísérletekkel igazolni lehetett. Az előadás a 7. Nemzetközi Clean Steel Konferencián hangzott el.*

### 1. Bevezetés

Az acélgyártásnál az ún. inertgázos – a gyakorlatban argonos – átöblítés ma már a biztonságos és elterjedt üstmetallurgiai műveletek közé tartozik. Jelentős a szerepe a kémiai, ill. hőmérsékleti inhomogenitások csökkentésében, a gáztartalom csökkentésében, az öntés előtti esetleges túlhevítés mérséklésében, emellett a Si-szegény, Al-mal dezoxidált acélokban – mint minden más erősen dezoxidált, mikroötözött acélban – az argonos átöblítés a zárványosság szabályozásában is igen fontos szerepet tölt be. A Si-szegény, Al-mal dezoxidált acélokban képződő ún. klasszikus  $Al_2O_3$ -típusú zárványok többkevesebb jelenlétével számolnunk kell. Ezek a zárványok egyrészt az esetenként

fellépő kagylószerűküllések miatt önthetőségi gondokat is okozhatnak, másrészt gondokat okozhatnak az egyre szigorodó tisztasági előírások biztosíthatóságában is.

Vannak persze ma már olyan üstmetallurgiai megoldások, melyekkel az önthetőségi gondok elkerülhetők, ha komplexebb Ca-aluminátok képződnek Ca-tartalmú anyagok fürdőbe injektálása révén, s a tisztaság is fokozható az ún. lépcsős dezoxidáció pontosításával. Ezek a megoldások azonban – főleg az analitika és az anyagvizsgálat túl időigényes volta miatt – jó üzemi adottságok mellett is rendkívül precíz adagvezetést kívánnak. Célszerűnek látszik ezért argonos átöblítéssel a képződő zárványok mennyiségének nagyobb részét időben eleve az üstben lévő acélfürdő feletti salakba vinni, melynek

két lényegi feltétele van: egyrészt hatékony áramlási viszonyok biztosítása az olvadékfürdőben, másrészt fizikai-kémiai szempontból hatékony salak biztosítása.

### 2. Az acélfürdőben lejátszódó áramlási viszonyok tanulmányozása

#### 2.1. A zárványok felúszása nyugodt olvadék esetében

Az argonos átöblítés során az olvadékban az áramlási viszonyokat – az átöblítés megoldási módjain túlmenően – az uralkodó nyomás és hőmérsékletviszonyok lényegesen befolyásolhatják. A speciális öblítőkövön keresztül befúvott gázbuborékok mozgása által indukált impulzusok – egyébként nyugodt olvadékfürdő esetén – az ún. Stokes-törvény által leírt mechanizmuson túlmenően segíthetik az olvadékban képződő zárványok felúszását:

$$V_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot g \cdot (\rho_{steel} - \rho_{inclusion}) \cdot d^2}{9 \cdot \mu}$$

$V_z$  – a zárványok felúszásának sebessége, cm/s

$g$  – nehézségi gyorsulás: 9,81 m/s<sup>2</sup>

$d$  – az idealizáltan gömbnek feltételezett zárvány átmérője, cm

$\Delta\rho$  – az acéolvadék (fürdő) és a nemfém zárvány sűrűségkülönbsége

$(\rho_{steel} - \rho_{inclusion})$ : ~ 3-5 g/cm<sup>3</sup>

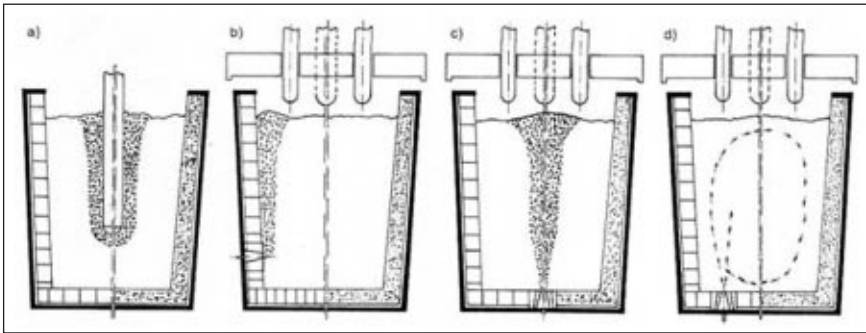
$\mu$  – a folyékony acél dinamikai viszkozitása: 0,005 kg/m.s

A Stokes-törvény alapján – melynek kiindulópontja, hogy a nemfém zárványok fürdőből történő felúszásának és eltávozásának hajtóereje az acéolvadék ill. a nemfém zárványok sűrűségének a különbsége – az adódik, hogy nyugodt fürdőben a 30-40  $\mu$ m-es zárványok megköze-

**Károly Gyula**, okleveles kohómérnök, egyetemi tanár a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszékén. **Tardy Pál** életrajza 2. cikkünkben található. **Szél Árpád** a Dunaferr Zrt. főmetallurgusa. **Szabó Andrea** doktorandusz (Dunaferr Zrt., Innovációs Menedzsment). **Szaid El-Ghazaly** kutató professzor (CMRDI, Kairó).

**Szaid El-Ghazaly** Magyarországon szerezte meg kandidátusi címét az 1980-as években az üstmetallurgia témaköréből. Jelenleg kutatóprofesszor az egyiptomi központi kohászati kutatóintézetben (a CMRDI-ben). Folyamatosan jó szakmai és személyes kapcsolatokat ápol a Metallurgiai és Öntészeti Tanszékkel, főleg aspiránsvezetőjével (Károly Gyulával).

**Károly Gyula** 1989-től egyetemi tanár a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszékén. Tudományok doktora fokozatát üstmetallurgia témakörű értekezésével szerezte 1986-ban.



■ 1. ábra. Üstmetallurgiai kezelés során a gázöblítés lehetséges variációi [1]

lítőleg 5 perc alatt felúsznak a fürdőből. A  $\leq 5 \mu\text{m}$ -es zárványok felúszási sebessége oly csekély, hogy eltávozásukra esély sincs. Az acéltermékekben ezért a kisméretű endogén zárványok kimutathatóak.

A nyugodt fürdő teóriája azonban a múlté, hiszen az üstmetallurgiai kezelés – mint metallurgiai művelet – eleve fürdőmozgást eredményez, ami önmagában hasznos is lehet, pl. az inhomogenitások (kémiai és hőmérsékleti) csökkentésében. A tisztasági fok alakulását viszont ma már nem lehet a klasszikus Stokes-képlet alapján megítélni, annak módosítása több okból is elengedhetetlen:

- a Stokes-képlet idealizált: gömbszerű zárványokat feltételez, holott ez csak a zárványok egy részénél lehet közelítőleg helyes feltételezés,
- a Stokes-képlet nem veszi figyelembe a zárványok nedvesíthetőségét és az olvadékban uralkodó egyéb viszonyokat,
- a Stokes-képlet más oldalról viszont azt sem veszi figyelembe, hogy az eltérő sebességgel felúszó zárványok találkozáskor összetapadnak (koagulálnak), ezáltal méretük nő, felúszásuk felgyorsul.

Összegezve: nyugodt fürdő a mai képtériódusú acélgártás üstmetallurgiai szakaszában nem létezik, ezért a sűrűségkülönbségre alapozott felhajtóerővel számoló Stokes-képlet figyelembevétele önmagában nem mérhető. Az üstmetallurgiai kezelés során az üstben lévő acéolvadék állandó mozgásban van, ahol a turbulens áramlás a meghatározó áramlási forma, amit a felfelé áramló öblítőgáz indukál.

## 2.2 A zárványok mozgása az olvadék öblítése esetében

Az üstfenékre aszimmetrikusan beépített öblítőkövön keresztüli argonátöblítésnél (1. ábra) a befújt argongáz előbb apró gázbuborékok formájában jelenik meg az acéolvadékokban, majd felemelkedésük

közben méretük egyre nő, az áramlaskép egy felfelé nyíló csonka kúpra emlékeztet (2. ábra [2]). A csonka kúp salakkal érintkező részén a gázzal együtt feláramló

acéolvadék szétáramlik, a feláramlást előidéző argonfáklya salakmentes fürdőfelszint hoz létre a feláramlás sebességétől függő mértékben.

Az átöblítéshez az üst fenekébe beépített argonkövön át 3,5–6,5 bar nyomással, 100–500 Nm<sup>3</sup>/perc (azaz 0,002–0,0083 Nm<sup>3</sup>/s) térfogatárammal befújt argon az olvadt fémbe hatolva szinte azonnal az acél hőmérsékletére melegszik. A felmelegedett argonbuborékok már a képződési helyükön is elérik a 3 cm<sup>3</sup> térfogatot, azaz átmérőjük – idealizáltan, a deformációktól eltekintve – min. 1,8–2 cm.

1,8–2 cm buborékoknál a felhajtóerő (ami abból adódik, hogy az üstben lévő acélfürdőben a 3 m mélység a nyomáskülönbségekből eredően a felszálló argon térfogatáramának  $\approx 3$ -szeresére növelését eredményezi) az acélhoz képest 0,3–0,4 m/s felszállási sebesség-többletet eredményez a feláramlás helyén [3], ahol egyébként a feláramló acéolvadék sebessége

$$V_s = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_f}$$

ahol  $H_f$  a felúszás helyén az acélfelszín kiemelkedésének mértéke (0,2–0,3 m). Ilyen kiemelkedés mellett az argon + acélfeláramlás miatti kidudorodás (folt) átmérője 60–70 cm-es, az argon az öblítőkövtől a kidudorodásig 4–5 s alatt jut el.

A zárványok acéolvadékból történő eltávolításának feltétele, hogy a zárványt magában foglaló acéolvadékokra az argonfáklya területén kellő felhajtóerő hasson. Olyan

felhajtóerő, ami az üstmetallurgiai kezelés során a rendelkezésre álló – erősen korlátozott – idő alatt képes a tisztátalan olvadékból a zárványt a salakrétegig eljuttatni. Az acéolvadék ugyanis az argonsugár felhajtóerejének hatására mozog, tisztul. Az argonfáklyában, a térfogategységben lévő argonbuborékokra ható felhajtóerő ( $F_{\text{lm}^3}$ )

$$F_{\text{lm}^3} = \rho_{\text{steel}} \cdot g \cdot \varepsilon$$

ahol  $\varepsilon$  az argonfáklya térfogatának megfelelő acéloszlopban lévő argon térfogathányada (azaz az argonfáklyában a gáz és az acél térfogataránya, amely  $\approx 5\%$ ). Ha ezt  $\Delta z$  vastagságú rétegre vonatkoztatjuk, akkor megkapjuk az adott acélmenyiségre ható erőt ( $F_{\Delta z}$ ):

$$F_{\Delta z} = \rho_{\text{steel}} \cdot g \cdot \frac{\delta_{\text{var}(z)}}{A_z \cdot V} \cdot A_z \cdot \Delta z = \rho_{\text{steel}} \cdot g \cdot \Delta z \cdot \frac{\delta_{\text{var}(z)}}{V_{\text{steel}} + V_b}$$

ahol  $\delta_{\text{var}(z)}$  – az argon térfogatárama ( $z$ ) szinten

$A_z - \Delta z$  rétegvastagságnál az acéloszlop keresztmetszete

$V_{\text{steel}} + V_b$  – az argon felúszásának sebessége az üsthöz képest  $\Delta z$  helyen.

Az összefüggést elemezve megállapítható, hogy turbulens áramlás esetén az olvadék adott helyén az acélrétegre ható erő annál kisebb, minél nagyobb az acélfeláramlás sebessége. Ezek szerint, ha a zárványok eltávolításához szükséges felhajtóerőt növelni akarjuk, akkor az acélfeláramlás sebessége csökkentendő oly mértékben, amivel a zárvány a salakrétegig még eljut, de az argon-acél feláramlás miatti kidudorodás nem következik be. Így a túlnyomással befúvatott argonos átöblítés mértékét vissza kell fogni olyannyira, hogy az általában 60–70 cm-es kidudorodás megszűnjön (mindenképp jelentősebb túlnyomással kell indítani az átfúvatást, de utána azt csökkenteni kell, amíg a kidudorodást jelző folt el nem tűnik).

Azáltal, hogy argonfáklya alakul ki átöblítés során az üstben lévő acélfürdőben, nyugodt fürdőről, stacionáris viszonyokról nem beszélhetünk. A 2. ábra mutatja, hogy lényegében turbulens áramlás jön létre, melyben a nagyobb átmérőjű argonbuborék gyorsabban halad, mint a zárvány. Ha a zárvány nedvesíthető, akkor magához ragadva röpti felfelé egészen a salakrétegig, ami a kiáramlásnak útját állja, miközben az argon eltűnik az olvadékból, és összességében létrejön egyfajta turbulencia.



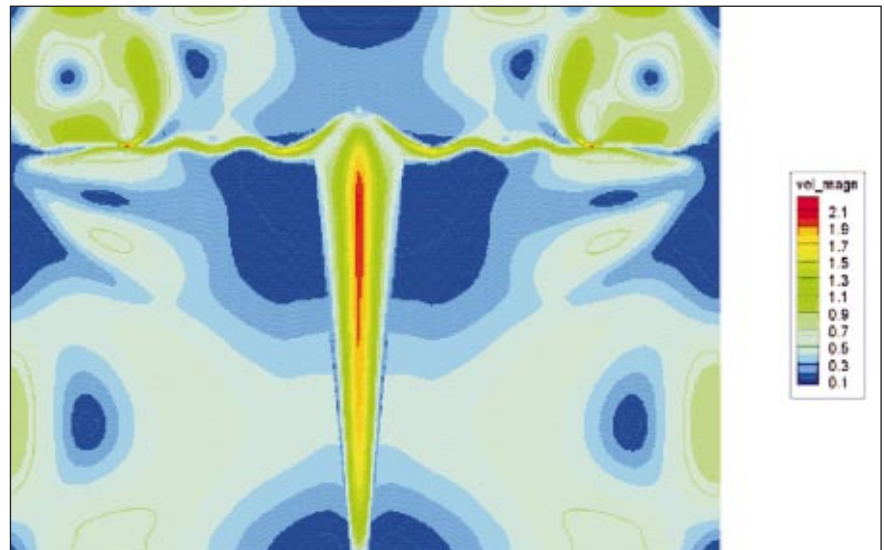
■ **2. ábra.** Alsó átöblítésnél az argonfáklya elhelyezkedése [2]

Korábban vízes modellekkel próbálták megismerni az acélüstben lejátszódó folyamatok turbulencia mozgását. A 80-as években népszerűvé vált az így készült matematikai modellezés, ami megnyugtató eredményre azonban nem vezetett. A 90-es évektől a matematikai modellezést kiegészíti a fizikai modellezés, az áramlások numerikus szimulációja terén elért rendkívül gyors fejlődés. Vizsgálatainkhoz – a BME *Lajos Tamás* professzor vezette Áramlástan Tanszékét alvállalkozóként bevonva [3] – a FLUENT szoftvert használtuk. E szoftverrel a peremfeltételek megadását követően az acél áramlását jellemző erőter számítható. Ezen erőter vizuálisan is sokatmondó, számszerűen pedig lehetőséget ad a technológia tervezésére is.

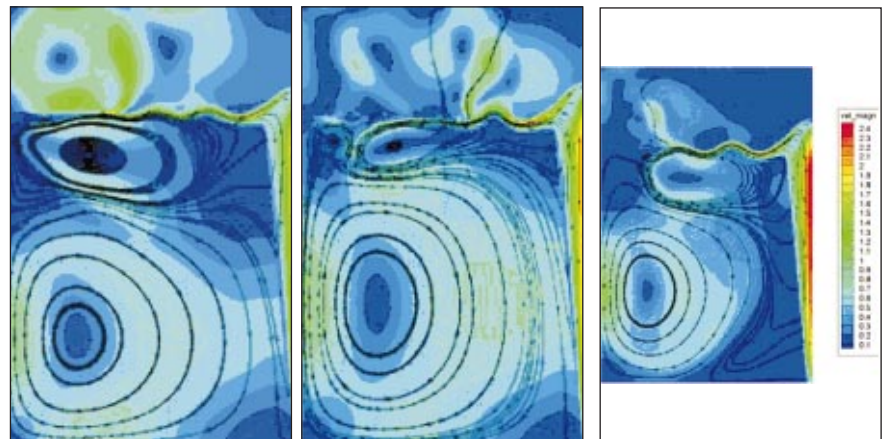
A szimuláció megerősíti azt a vizuálisan is megfigyelhető jelenséget, hogy az argonoszlop felett feláramló acél – kellő argonáram mellett – a salakréteget áttörve felemelkedik, az argon eltávozik belőle. A felemelkedő acéolvadék egy kidudorodó dombot alkot (*3. ábra*), melyről minden irányban szétáramlik az acél.

200, 300 és 400 Ndm<sup>3</sup>/perc argonbefúvatási mennyiségeknél a kidudorodás jellemzői mások és mások (*1. táblázat*). Míg pl. 200-400 Ndm<sup>3</sup>/perc argonbefúvatási értékeknél a feláramlási sebességek 2,1-ről 2,4 m/s értékre nőnek, addig a kidudorodás magassága 24 cm-ről 35 cm-re nő, aminek következtében a salakmentes folt átmérője 60 cm-ről 72 cm-re nő.

Vizuálisan is sokatmondóak az áramképek (*4-5. ábra*). Az 5. ábra vízszintes metszeteket, a 6. ábra függőleges metszeteket mutat. Az m/H hányadosban m [m] a vizsgált vízszintes sík felszínétől mért függőleges távolsága, H [m] pedig az acélfür-



■ **3. ábra.** Feláramló acéloszlop, a felszínen keletkező domb, körülötte a felszínen hullámok



■ **4. ábra.** Feláramlás és dombképződés 200, 300 és 400 dm<sup>3</sup>/perc argonfúvásnál

dő mélysége, y/S hányadosban y [m] a vizsgált függőleges sík és az üstfal argon bevezetésével ellentétes oldalától mért távolsága, S [m] az üst szélessége.

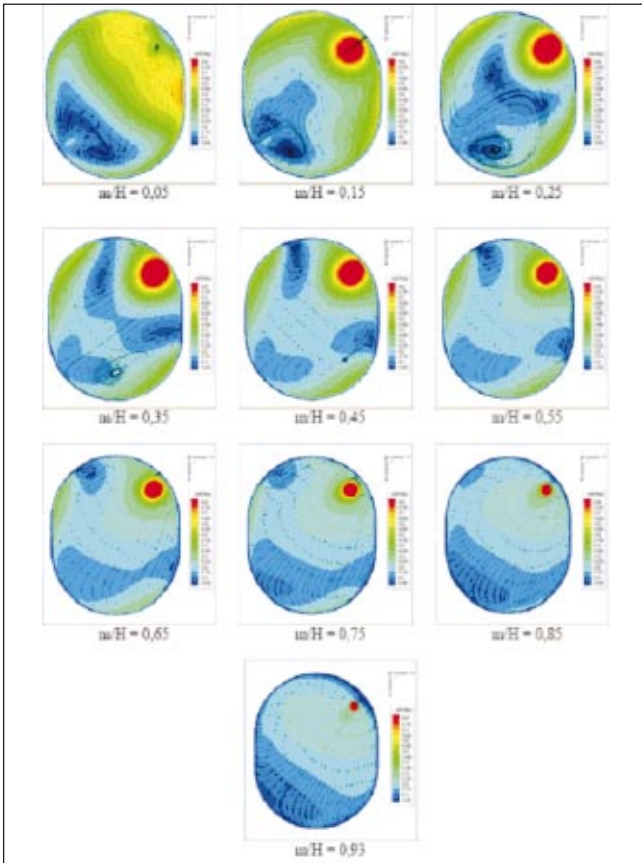
Természetesen a vizuális képeknek technológiatervezéshez többet mond a számszerűség. Az áramképek kiértékeléséből az adódott, hogy az argon mennyisége függvényében az acél argonfáklyában történő felúszási sebessége 100-500 Ndm<sup>3</sup>/perc argonmennyiség tartományban 1,22–2,28 m/s értékű, azaz az üstben az acéolvadék feláramlásának sebessége megközelítőleg az argon térfogatáramának köbgyökével arányos (*7. ábra*). A modellezés eredményei közül kiemelendő, hogy számszerűleg is konkrét eredményeket szolgáltat a tekintetben, hogy ha az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zárványok felúszásának sebességét kívánjuk emelni, úgy nem a térfogatáram növelésére, hanem annak csökkentésére kell törekednünk.

### 3. A tisztasági fok javításának lehetőségei az áramlási viszonyok módosításával

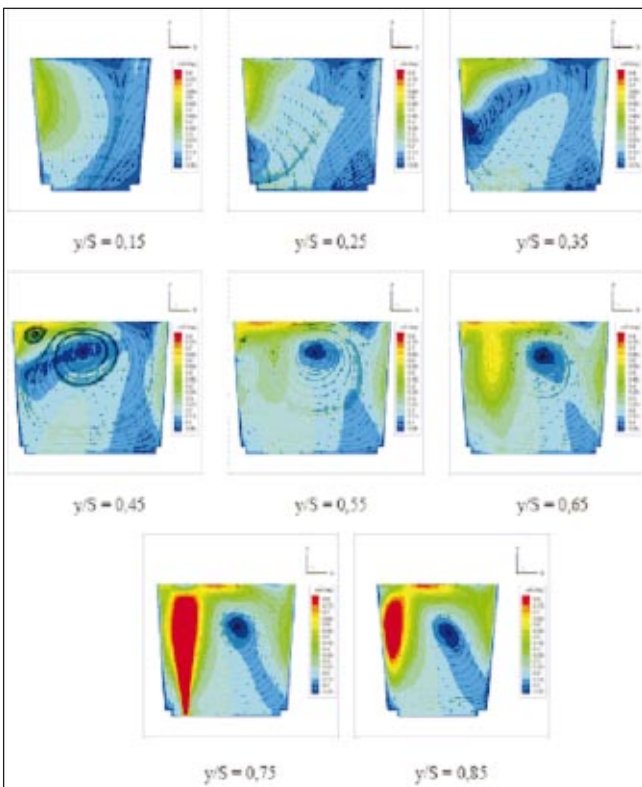
Az áramlási viszonyok tanulmányozása alapján könnyen belátható, és a FLUENT-szoftverrel végzett szimulációs vizsgálatokkal számszerűleg is igazolható, hogy ha a salak olyan fizikai-kémiai állapotú, hogy salakzárványok befogadására képes (ehhez a jó dezoxidálhatóság mellett megfelelő viszkozitási viszonyok is szükségesek), akkor kisebb argon térfogatáramokkal rövidebb idő alatt juttathatók el adott méretű zárványok a salakba, mint a feláramlási sebességek növelése esetén.

Ha a térben elhelyezkedő zárványok mozgásának időbeli lefutását figyeljük a felhajtóerő, ill. a feláramlási sebesség függvényében, akkor összeállítható egy zárványtalanítási diagram (*8. ábra*).

A diagramból megállapítható, hogy a Dunaferr körülményei között az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tí-



■ 5. ábra. Áramképek vízszintes metszetekben 300 Ndm<sup>3</sup>/perc argon befúvatás esetén



■ 6. ábra. Áramképek függőleges metszetekben 300 Ndm<sup>3</sup>/perc argon befúvatás esetén

pusú zárványok mérete ugyan befolyásoló hatású, a Stokes-törvénynek megfelelően, ezért adott fajlagos argonbefúvatás mellett adott zárvány-mennyiség leválasztásához a nagyobb méretű zárványoknak rövidebb időre van szükségük. Argonátöblítés esetén azonban turbulens áramlás van, ahol a felhajtóerő a domináns. Következésképp az azonos nagyságú zárványok leválasztásához rövidebb időre van szükség kisebb fajlagos argonbefúvatás esetén. Eszerint akkor járunk el helyesen, ha az argonátöblítésnél az a argonbefúvatást úgy szabályozzuk, hogy a kezdetben kidudorodást mutató feláramlást a befúvott mennyiség csökkentésével csökkentjük mindaddig, amíg azt az adott argonkövető lehetővé teszi. Növelni célszerű ugyanakkor a kezelési időt, amíg azt az üzemi tel lehetővé teszi. A helyes argonátöblítési értékek tehát az alábbiak [4]:  
– folyékony acél hőmérsékletének csökkentése (erős

- keverés): 300–500 Ndm<sup>3</sup>/perc
- homogenizáló öblítés (közepes keverés): 250–300 Ndm<sup>3</sup>/perc
- dezoxidálás/kéntelenítés segítése (gyenge keverés): 150–200 Ndm<sup>3</sup>/perc
- tisztító (zárványtalanító) öblítés (lágú keverés): 50–100 Ndm<sup>3</sup>/perc.

Az argonbefúvatás fajlagos mennyiségének megválasztásánál fontos követelmény, hogy az acélgyártóknak folyamatosan figyelniük kell a salak mozgását, ahol az áramlás amplitúdója nem haladhatja meg a 200 mm-t, s a folyékony acél felülete – legalábbis a lágú keverésnél – sehol sem érintkezhet az atmoszférával, hiszen ez reoxidációs forrás lenne.

#### 4. Üzemi eredmények

A Dunaferr acélművében több kampány keretében vizsgáltuk a szimuláció eredményének megfelelő lágú öblítés hatását a zárványosság alakulására [5]. A vizsgálatokhoz Si-szegény, Al-mal dezoxidált lágúacélokat (St 24, DSt 24M, FePO<sub>3</sub>) választottunk. Az adaggyártást leginkább jellemző technológiai paramétereket egy 10 adagos kampányra a 2. táblázat mutatja.

A salakok fizikai-kémiai állapotának javítása érdekében a konverterből történő csapolás közben a salakzárás mellett is üstbe kerülő primer salak hatásának ellensúlyozására alumíniumkohászati salakot alkalmaztunk. E salak 2-8 mm szemnagyságú, 40-50% fémes Al-tartalma mellett ~ 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot tartalmaz. A dezoxidálás céljából beadagolt Al – előbb darabos, majd huzal, végül CaAlFe-huzal formájában – valamint az alumínátos salak hatására az üstsalak Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tartalma 20-30 %, ami a magas bázicitás mellett is biztosítja a salak kellő hígfolyságát az argonátöblítés során. Az argonátöblítés rendszerint 400-500 Ndm<sup>3</sup>/perc értékkel kezdődött, amikor is megjelent a korábban már számszerűsített kidudorodás, majd az argon befúvatást lépcsőzetesen csökkentve az üstmetallurgiai kezelésre álló 25-30 perc utolsó harmadában sikerült a lágúöblítést megvalósítani hígfolysós salak alatt.

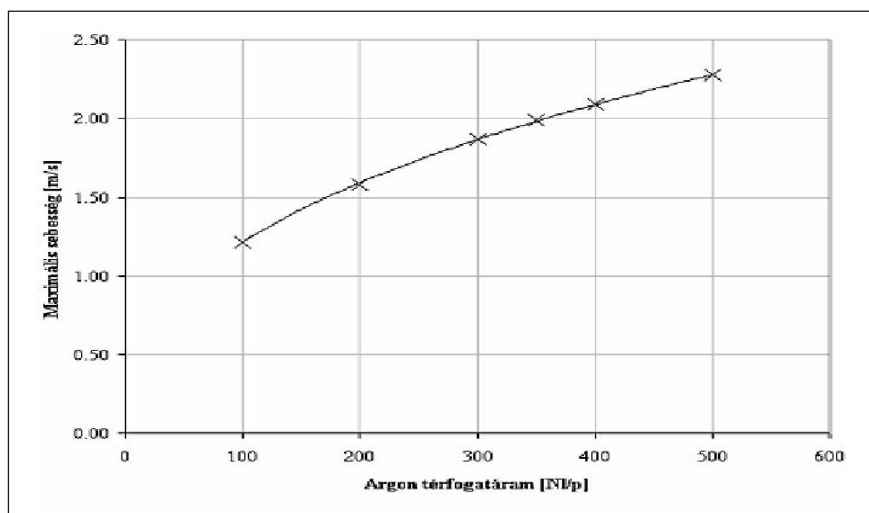
1. táblázat. Az acélfelület felemelkedésének jellemzői

Argonkibocsátás [Ndm <sup>3</sup> /perc]	200	300	400
Salakmentes felület rész sugara [m]	0,3	0,33	0,36
Acélfelület magassága [m]	2,85	2,85	2,85
„Domb” magassága [m]	0,24	0,3	0,35
Maximális sebesség [m/s]	2,1	2,2	2,4

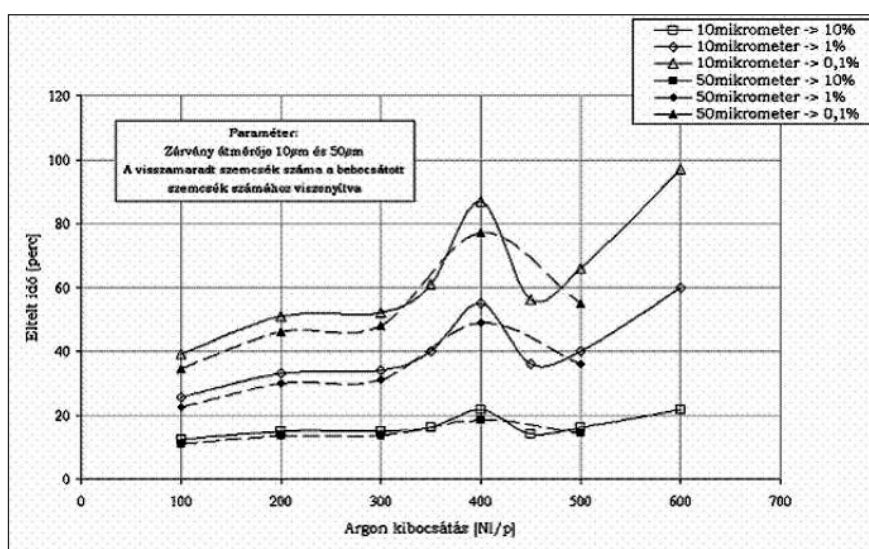
A lágý öblítékes argonos technológia helyes vagy helytelen voltát igazolhatják a zárványvizsgálati eredmények. A DIN 50602:1985 szabvány előírásainak megfelelően melegen hengerelt lemezekből kivágott csiszolatokon összehasonlító módszerrel elvégzett vizsgálatok eredményei biztatóak. Szulfidzárványoknál 1-es fokozatnál nagyobb zárvány a 10-10 adagból származó csiszolatok 20-20 látómezőjének egyikében sem volt kimutatható. Soros oxidzárványnál a 2-es, 3-as fokozat a leggyakoribb, ennél durvább zárvány nem fordul elő. Gömbszerű oxidzárványok tekintetében ugyan 2 adag 1-1 látómezőjében 4-es ill. 5-ös zárvány is kimutatható, de az átlagos fokozatszám – középértéket alapul véve – 1,4–1,5 körüli, ami megfelelő szintű tisztaságra utal.

A tisztaság zárványfokozattal való minősítését nehezíti, hogy CaAlFe-huzal adagolása esetén nem a klasszikus alumínium-oxidok a jellegzetes zárványok, hanem a Ca-tartalmú komplex oxidok, melyekre nézve az etelonos összehasonlítás nehéz. Mikroszondás és képelemző (Quantimet) mérésekkel kiegészítve a tisztaság pontosabban leírható, ezek a vizsgálatok azonban időigényük miatt üzemszerűen nem hasznosíthatók. Újdonságként egy doktoranduszi munka keretében tervbe vettük egy új spektrométeres eszköz – az OES-PDA típusú, impulzus magasságválogatással végzett optikai emissziós spektrometria – felhasználását arra, hogy lehetőség nyíljon az üstben lévő folyékony acél zárványosságának gyors, rutinszerűen végezhető, számszerű jellemzésére.

Ma még sok a kutatóvaló ezen a téren. Tapasztalataink szerint a Dunaferben használt próbavevőkkel a próbavétel még erre nem ad lehetőséget. A használatos



7. ábra. Az acéláramlás sebessége az argonfáklában az argonáramlás sebességének függvényében



8. ábra. A zárványok kiinduló mennyiségének 10, 1 és 0,1 %-ra történő csökkenéséhez szükséges idő 10 és 50 µm-es zárványméret esetén

minták túlzott salakossága alkalmatlanná teszi azok felhasználását e célra. Amennyiben megoldódnak a próbavételi gondok,

bizakodni lehet abban is, hogy gyártásközi előrejelzéssel lehessen a lágýöblítékes argonátöblítés tisztító hatását ellenőrizni, s

2. táblázat. Lágý öblítéssel gyártott kísérleti adagok technológiai paraméterei

Adagszám	C <sub>csap</sub> % kg	Al m <sup>3</sup>	Ar <sub>csap</sub> m <sup>3</sup>	Ar <sub>üst</sub> kg	Al <sub>huzal</sub> %	(CaO) %	(FeO) %	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	(SiO <sub>2</sub> )	B	a <sub>o</sub> , vég ppm	Idő <sub>üst</sub> perc	Al <sub>vég</sub> %
1. 507313	0,037	212	60	3064	60	57,78	2,4	25,81	7,99	7,23	2,39	14,78	0,055
2. 507314	0,040	240	23,94	8094	55	58,22	2,24	58,22	4,45	13,04	2,75	25,0	0,063
3. 507315	0,041	235	35,74	-	60	56,30	3,45	25,04	8,54	6,59	2,94	26,05	0,057
4. 507316	0,048	227	57,83	-	-	62,30	3,78	24,10	5,05	12,35	2,57	14,60	0,062
5. 507317	0,038	212	32,97	-	20	61,17	4,46	23,19	5,30	11,53	2,92	18,73	0,060
6. 507330	0,042	263	23,22	5791	35	53,48	4,92	28,75	6,98	7,56	3,84	34,15	0,060
7. 507331	0,056	230	45,14	-	10	59,96	3,14	24,91	6,26	9,59	2,58	20,30	0,057
8. 507332	0,046	218	24,24	-	15	59,07	3,7	25,36	5,42	10,91	2,96	20,40	0,052
9. 507333	0,048	263	20,91	-	50	-	-	-	-	-	3,18	24,48	0,051
10. 507334	0,042	229	70	-	70	55,28	4,19	28,79	5,65	9,79	3,44	27,27	0,052
Átlag	0,044	233	39,4	5649,6	41,6	58,17	3,58	29,35	6,18	9,84	3,28	25,0	0,057

ha szükséges, időről időre a technológiát tovább finomítani. A lágyöblítéses argonozással elérhető tisztító hatás azonban – ha utólagos ellenőrzéssel is – már ma is a minőségjavítás igen fontos láncszeme a nagy tisztaságú acélok gyártásában.

## 5. Összefoglalás

1. Acélok üstmetallurgiai kezelése során nyugodt fürdő nem létezik, ezért noha a Stokes-törvény alapján a nagyobb méretű zárványoknak a turbulens áramlás közepette is nagyobb esélyük van a salakba kerülésre, a tisztaság javításához kellő időtartamú lágy argonátöblítésre van szükség.
2. Ha turbulens áramlás során a zárványok salakba juttatásához szükséges felhajtóerőt növelni akarjuk (ami a zárványfelúszás időtartamát csökkentheti), ak-

kor az acélfelúszás sebessége csökkenendő legalábbis addig, amíg a zárvány a rendelkezésre álló idő alatt a salakrétegig eljut, de az argon-acél feláramlás miatti kidudorodás nem következik be. Ez a FLUENT-szoftverrel elvégzett szimulációs vizsgálatok szerint azt jelenti, hogy az üstmetallurgia kezdetén alkalmazott argonbefúvatás értékét a lágyöblítés során 50–100 Ndm<sup>3</sup>/percre kell csökkenteni.

3. A lágyöblítéses argonátöblítés tisztaságjavító hatása a hengerelt lemezekből vett mintán összehasonlító módszerekkel kimutatható, noha a komplex zárványok miatt az összehasonlító módszerek egyike sem ideális. Célszerű lenne a lépcsős dezoxidáció pontosabb tétele érdekében a tisztaságjavítást már az adaggyártás közben elvégzett

vizsgálatokkal segíteni. Erre a próbaveteli módszerek finomítása és az emissziós spektrometria fejlesztése nyújthat lehetőséget.

## Irodalom

1. Zhang, L. – Thomas, B.: State of the Art in Evaluation and Control of Steel Cleanliness. ISIJ Int. 2003:3, 271-291.
2. Pluschkell, W.: Grundoperationen pflanzenmetallurgischer Prozesse. Stahl und Eisen 1981:13-14, 97-103.
3. A metallurgiai üstben kialakuló áramlás numerikus szimulációja. BME Áramlástan Tanszékén készült tanulmány 2005.
4. Si-mentes, Al-mal dezoxidált nagyszilárdságú acélok gyártástechnológiájának fejlesztése. A Dunafer megbízáásából készült tanulmány, MeAKKK, 2004. 23.

## ■ HÍREK, INFORMÁCIÓK

### Beszámoló a 7. Nemzetközi Clean Steel (Tiszta Acél) Konferenciáról

Egyesületünk hetedik alkalommal volt házigazdája a 7. Nemzetközi Clean Steel Konferenciának, amelyre 2007. június 4–6. között Balatonfüreden került sor. A konferencia szervezését számos nemzetközi szervezet (az EU Szén és Acél Kutatási Alapja, a Nemzetközi Vas és Acél Intézet, az EUROFER, az Acélpári Egyesületek Európai Szövetsége), valamint az Európában meghatározó kohászati egyesületek (a német, angol, svéd és francia társszervezetek) támogatták. A Nemzetközi Szervező Bizottság munkájában az OMBKE elnöke mellett a német, svéd, angol, francia egyesület, valamint az IISI és az EUROFER illetékes vezetői vettek részt.

A konferenciának 190 résztvevője volt; közülük 170-en érkeztek külföldről, összesen 30 országból. Különösen sok szakember érkezett Németországból, Svédországból, a Koreai Köztársaságból, Ausztriából és Japánból. A tudományos program 62 előadásból állt; a konferencia nyelve angol volt.

Kiemelésre érdemes a doktorandusz előadók és résztvevők nagy száma a konferencián; ebből a szempontból a koreai, svéd és belga delegációkat kell megemlíteni.

A konferenciát dr. Tardy Pál, a Nemzetközi Szervező Bizottság elnöke nyitotta meg; ezt követően dr. Tolnay Lajos, az OMBKE elnöke üdvözölte a megjelenteket.

A konferencia első, plenáris szekciójában neves meghívott előadók tartottak átfogó előadásokat a tiszta acélokkal kapcsolatos új ismeretekről. Ezután két teremben párhuzamosan folytak az előadások a következő témakörökben:

- a nemfémes zárványok keletkezése
- az olvadási áramlás hatása a tisztaságra
- üstmetallurgia
- a tisztaság alakulása a folyamatos öntés és a dermedés során
- az acél tisztaságának meghatározása
- termékorientált technológiák
- speciális problémák és speciális megoldások.

A felsorolt szekciókban több előadás foglalkozott a zárványosság kialakulásának, az acélolvadékban lejátszódó folyamatoknak a modellezésével, a korszerű és újszerű technológiákkal elért eredményekkel, a zárványosságnak az acéltermékekre gyakorolt hatásával. Az előadásokat élénk vita követte, amiben jelentős szerepet volt a szekciókat levezető elnököknek.

Négy magyar előadás hangzott el a konferencián, amelyek összeállításában a Miskolci Egyetem, a Dunafer Rt. és az MVAE szakemberei vettek részt.

A konferencia előadásait nyomtatott és elektronikus formában (CD) egyaránt megkapták a résztvevők. Megvásárlásukra ezután is megvan a lehetőség; a tartalomjegyzék – azaz a konferencián elhangzott előadások listája – az MVAE honlapján elérhető ([www.mvae.hu](http://www.mvae.hu)).

A konferencia programját június 4-én a Tihanyi Apátságban rendezett orgonahangversennyel, 5-én pedig magyaros vacsorával és folklórprogrammal gazdagítottuk.

Említésre méltó a konferencia résztvevőinek fegyelmettsége és folyamatos érdeklődése az előadások iránt; jellemző, hogy az utolsó előadásokon is tele volt az előadóterem hallgatókkal, és csak a repülőtérré induló autóbuszok menetrendje szabott korlátot a hozzászólásoknak, vitáknak.

A konferencia zárszavában a Szervező Bizottság vezetője bejelentette, hogy a 8. Clean Steel Konferenciára ugyancsak Balatonfüreden, 5 év múlva (2012) kerül sor.