FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

SZEKUNDER ÜSTMETALLURGIAI SALAK VISZKOZITÁSA

RÉGER Mihály, Alfred ENDER

Abstract

The paper deals with the viscosity problem of slags in the ladle treatment process of steels. Under industrial circumstances after the BOF tapping the slag formed on the surface of steel has to be viscous enough to cover the free surface of steel in order to prevent reoxidation and to enhance metallurgical processes. The viscosity of slags in the temperature range of treatment seems to be very sensitive to chemical composition of slags. Realistic estimation of slag viscosity can be performed by detailed analysis of equilibrium processes taking into account the suspension type slag structure.

Keywords: ladle treatment, slag, viscosity, mathematical modeling

Összefoglalás

A dolgozat az üstmetallurgiai kezelés során kialakuló ún. szekunder salakok viszkozitásának problémájával foglalkozik. A konverterből való csapolás után az acél felületén kialakított salak elegendő folyékonyságú kell legyen, egyrészt a reoxidáció megakadályozása, másrészt a metallurgiai folyamatok elősegítése céljából. Az üstmetallurgiai kezelés hőmérséklettartományában a salak viszkozitása érzékenyen függ a salak kémiai összetételétől. A viszkozitás megbízható becsléséhez az egyensúlyi folyamatok részletes elemzése és a salak szuszpenziós szerkezetének figyelembe vétele szükséges.

Kulcsszavak: üstmetallurgia, salak, viszkozitás, matematikai modellezés

1. Bevezetés, előzmények

Az ISD Dunaferri Duna Vasmű Zrt.-nél a szekunder üstmetallurgiai folyamatban kialakult salakokkal kapcsolatos problémakör két alapvető eleme a következőkben foglalhatók össze.

a.) A konverter salakvisszazárás problematikája

A konverterből az üstbe csapolt acéllal együtt változó mennyiségű primer salak is átjut az öntőüstbe. A primer salak néhány alkotója, elsősorban az FeO és MnO kontrollálatlan mennyiségben megjelenik a szekunder salakban. Az átkerült salak mennyisége igen széles tartományban 250-2000 kg/adag tartományban változik, az átlagérték kb. 800 kg/adag. Mivel az átkerült salak mennyiségére vonatkozóan csak utólag – a kezelés első lépése után – lehet becslést tenni, így a szintetikus salak készítéséhez adagolt alkotók mennyisége nem feltétlenül van összhangban az átkerült primer salak mennyiségével.

b.) A szekunder salak viszkozitása nem megfelelő, illetve ingadozik

Ez a problémakör elsősorban az előző pontban említett salakvisszazárási nehézségre vezethető vissza. Kétségtelen, hogy megfelelő salakvisszazáró alkalmazásával (kb. 250 kg/adag primer salak

átkerülésével) az űstmetallurgiai viszonyok lényegesen kedvezőbbek, a szintetikus salak összetétele sokkal állandóbb és sokkal gazdaságosabb a dezoxidációs folyamat megvalósítása.

A viszkozitás szempontjából „jó” és „rossz” salakok minősítésére az elmúlt években az ISD Dunaferri Dunai Vasmű Zrt.-ben üzemi kísérleti program szerveződött, melynek az összefoglaló záródokumentuma a következőképpen fogalmazza meg a kísérleti program módszerét.

„A vizsgált adagoknál csapolás után az acélgyártók megállapították és feljegyezték a salakfolyósságára vonatkozó egyéni megállapításukat, ezután került sor a salak mintavételre (SLE S). A kiindulási adagszám, amely részt vett a vizsgálatban, 794 volt, ebből a halmazból adathiányos volt 187, ezért első megközelítésben 607 adag adatait próbáltuk értékelni. Az adagok salakjainak folyósságát híg és sűrű csoportba soroltuk. A „**híg salak**”-okhoz tartoztak a „híg, folyós, jó salak, reakcióképes salak, finom salak” megjegyzésűek. A „**sűrű salak**”-okhoz soroltuk a „sűrű, kemény, krémszerű, krémes, szilárd, darabos” megállapításúakat. A fenti két csoportot még tovább is szétválasztottuk, attól függően, hogy a szekunder salakképzéskor, csapolás közben adagoltak-e salakfolyósító anyagként folyópátot, vagy sem.”

A jelen dolgozatban ismertetett munka célja, hogy e korábbi üzemi kísérletsorozat és megfigyelés halmaz elemei között összefüggést keressen és ezzel elősegítse azt, hogy a szekunder űstmetallurgiai salakok viszkozitása a napi üzemi gyakorlatban megfelelő biztonsággal kézben tartható legyen.

2. Egyensúlyi dermedési folyamatok elemzése és a szuszpenziós szerkezetű salak viszkozitása

A „híg” és „sűrű” salakok átlagos összetételének különbségéből adódóan a dermedési folyamatban is eltérések lehetnek, mely a viszkozításban tapasztalt különbséget okozhatja. Az egyensúlyi viszonyok összetételtől való függésének, valamint a jellemző (pl. likvidusz) hőmérsékletek pontosabb meghatározására matematikai modell alkalmazására került sor. A kereskedelmi szoftverek közül az e célra leginkább alkalmas szoftver a FactSage termodinamikai programcsomag. A dermedési folyamat részleteit összefoglalóan „sűrű”, és „híg” salakokra vonatkozóan az 1. ábra tartalmazza.

1. ábra: A "sűrű" és „híg” salak dermedésének folyamata

A diagramokon a likvidusz és szolidus, valamint a „Zero-Fraction-Point“ (ZFP) hőmérsékletek is feltüntettük, ez utóbbi a lehűléskor az első szilárd fázis megjelenésének hőmérsékletét jelzi. A görbékhez húzott piros érintők metszeteihez rendeltük a szolidusz hőmérsékletet, mivel ezen a hőmérsékleten már csak vasoxidban dús olvadék maradványok találhatók a szilárd fázisban diszpergálva. Eddig a hőmérsékletig a CaO, C2A és C2S gyakorlatilag már teljesen, de a C4AF még nem teljesen vált ki a maradék olvadékból. A szekunder metallurgiai salakban lévő fémes Fe-cseppek a szilárdulási folyamat végén képződhetnek.

A szuszpenzió jellegű salak viszkozitásának meghatározásához az Einstein-féle szuszpenziós viszkozításra vonatkozó összefüggést alkalmazható, e számítás sorozat végeredményét a következő diagram mutatja be.

2. ábra A salak szuszpenzió eredő relatív viszkozitása a hőmérséklet függvényében

3. Az eredmények értelmezése

Ennek a munkának az a célja, hogy a Dunafer szubjektív módon és optikai módszerekkel „sűrűnek” és „hígnek” minősített szekunder metallurgiai salakjainak tulajdonságai közötti különbséget értelmezzük. Statisztikailag nézve a konvertersalakokkal bekerülő FeO és MnO mennyisége, a primer Al-adagolás mértéke, továbbá a szekunder metallurgiai üstsalak Al_2O_3 tartalma egyaránt nagyon kedvezően hat a salak folyékonyságára.

A FactSage szoftverrel végzett termodinamikai egyensúlyi állapotra vonatkozó számítások azt mutatták, hogy a „híg” és a „sűrű” csoportba sorolt salakok dermedésekor a maradék olvadék összetételében gyakorlatilag semmilyen különbség sem alakult ki. Eltérést csak az okoz, ha a maradék olvadék CaO-ra nézve telítődik. Míg a „híg”-nak minősített salakok likvidusz hőmérséklete 1650°C körül van, addig a „sűrű”-nek minősített salakok likvidusz hőmérséklete nagyobb, és kb. 1880°C-nál van. Ennek az a következménye, hogy a „sűrű” salakban 10%-kal nagyobb a szilárd fázisok részaránya. A dermedés vége felé egy vasoxidos komponens dúsul fel a maradék olvadékban. A C_2S kristályosodásakor 1300°C alatt a viszkozitás görbe elveszíti szokásos exponenciálisan növekvő

jellegét. A vasoxidban gazdag maradék salakok a csökkenő hőmérséklettel ennek megfelelően hígfolyósabbá válnak.

A szuszpenziók viselkedésének leírására kidolgozott Einstein-féle viszkozitás törvény figyelembe vételével meghatároztuk az üstsalak viszkozitását. A számításokhoz alapul a szilárd fázist is tartalmazó szuszpenziók fázisának és fázisarányának hőmérsékletfüggését leíró Gulliver-Scheil modell szolgál. Az Einstein-féle feltevés szerint már 1440°C-on – a maradék olvadék viszkozitásához viszonyítva – a „sűrű”-nek minősített salakok csoportjában az integrális, vagyis a szilárd és olvadék részeket is tartalmazó szuszpenzió jellegű salak viszkozitása 50%-kal növekszik, míg a „híg” salakoknál ez a viszkozitás növekedés csak 14 %-os.

1310°C-nál a szuszpenzió a folyékony maradék salakhoz viszonyított viszkozitása a „sűrű” esetben már 550 %-os értéket mutat. Ezzel szemben a „híg” esetben ez az érték csak 480 %-ra növekedett. 1260°C környékén a "sűrű" és "híg" salakok relatív viszkozitási aránya meghaladja a 7-es értéket. 1260°C alatt az üstsalak "folyékony-tésztaszerű" állapotból átvált szilárd állapotba, mivel szilárd fázis térfogataránya meghaladja a mintegy 0.6-os (60 %-os) értékét. A maradék salak 40 %-nyi mennyisége a szilárd fázis alkotta váz köztes tereiben dermed meg.

A jelen számítások igazolják, hogy a salak összetételében mutatkozó viszonylag kismértékű eltérések a viszkozitásnak, illetve a salakok kezelés közben megmutatkozó viselkedésének igen erőteljes megváltoztatását eredményezik. Az eredmények rávilágítanak arra is, hogy milyen módon és irányban célszerű a salakok összetételének módosítása a hatékony üstmetallurgiai kezelés gyakorlati megvalósítása során.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás részben az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú pályázat keretében. A ThyssenKrupp System Engineering (TKSE) FactSage 6.2 viszkozitás modullal kapcsolatos támogatását ezúton is köszönjük. A szerzők köszönetet mondanak dr. Verő Baláznak a publikáció lektorálásáért.

Réger Mihály, egyetemi tanár

Munkahely: Óbudai Egyetem, BGK Anyag- és Gyártástechnológiai Intézet

Cím: 1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Telefon / Fax: 36-16665430/36-16665423

E-mail: reger.mihaly@bgk-uni.obuda.hu