

UOT 621.742.085

POLADƏRİTMƏ PROSESİNİN MODELƏŞDİRİLMƏSİNİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

¹Məmmədov A.T., ¹İsmayilov N.Ş., ¹Hüseynov M.Ç.,
²Quliyev F.T., ³Kəlbəyev F.M.

¹Azərbaycan Texniki Universiteti, ² "Baku Steel Company" MMC,

³Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası

AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: ariff-1947@mail.ru

Xülasə. Məqalədə poladəritmə prosesinin riyazi modellərinin bəzi xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq elektrik poladının əridilməsində statik, dinamik və kombinə olunmuş modellər tətbiq oluna bilər. Müəyyən edilmişdir ki, əritmənin parametrləri və təsir edən amillər arasında funksional əlaqəni ifadə edən tənliklər sistemi - determinə olunmuş riyazi modellər istifadə edilə bilər. Modelləşdirmə nümunəsi kimi metal tullantılar əsasında elektrik poladəritmə prosesində yaranan posanın miqdarının hesablanması aparılmışdır.

Abstract. The article discusses some aspects of the electric steel making process. It is shown that the production of electric steel mainly consists of three units - preparation of the charge, melting and pouring of the liquid became.

At the same time, in the mixed mathematical model there are equations of both functional and correlation coupling. This reflects the function of the deterministic-static model. It is shown that, depending on the installation of all these models, they can be used in electric steelmaking.

Аннотация. В статье обсуждаются некоторые особенности моделирования сталеплавильного процесса. Показано, что наиболее важной задачей при этом является математическое моделирование физико-химических процессов, протекающих в процессе плавления стали.

Установлено, что при этом может быть использована детерминированная математическая модель, выражающая функциональные связи между параметрами плавки и факторами, влияющими на них. В качестве примера моделирования произведен расчет количества шлака, образуемого при плавлении шихты из металлических отходов.

Açar sözlər: riyazi modelləşdirmə, elektropoladəritmə, funksional əlaqələr, posanın miqdarı

Key words: mathematical modeling, electric steel melting, mixed model, functional relation

Ключевые слова: математические модели, электроплавка стали, функциональные связи, расчет шлака

Bu iş Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Elmin İnkişaf Fondunun maliyyə dəstəyilə yerinə yetirilmişdir: Qrant №EIF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.

Giriş. Elektrik poladının istehsalı mürəkkəb fiziki-kimyəvi proseslərin getməsi ilə əlaqədardır və bu proseslərin bir hissəsi ya çətin idarə olunandır, ya da ümumiyyətlə onları idarə etmək mümkün deyildir [1]. Hazırda elektrik poladının tələb olunan kimyəvi tərkibinin əldə olunması ilə əlaqədar idarə olunan bütün fiziki-kimyəvi prosesləri iki əsas qrupa bölmək olar [2]: metalın saflaşdırılması və metalın oksigensizləşdirilməsi və legirlənməsi.

İnnovativ metallurji texnologiyalar elektrik poladının əritmə proseslərinin dəqiq hesablamaları əsasında idarə olunmasını tələb edir, bu isə həmin proseslərin riyazi modelləşdirilməsi ilə mümkündür. Riyazi modelləşdirmə aşağıdakılara imkan verir: birincisi, istehsalat eksperimentləri aparmadan müxtəlif tipli məsələləri müvəffəqiyyətlə həll etmək; ikincisi, konkret istehsalat

şəraitlərində aparılan əritmələrin optimal rejimlərini təmin etmək [2, 3]. Riyazi modelləşdirmə yolu ilə həll edilən elektropolad istehsalının tipik məsələlərini aşağıdakı dörd qrupa bölmək olar:

1. Əritmənin hər hansı bir ayrıca parametrlərinin lazımı qiymətinə nail olmaq imkanı verən konkret şəraitlər üçün modelin qurulması. 2. Qəbul olunmuş konkret şəraitlərdə verilən markalı elektropoladın alınma imkanı və məqsədəuyğunluğunun aşkar edilməsi. 3. Nəzərdə tutulan əritmənin verilən konkret şəraitləri üçün optimal aparılma variantının seçilməsi. 4. Əritmənin bütün maraq doğuran parametrləri, o cümlədən eksperimental yolla təyini mürəkkəb və ya qeyri-mümkün olan parametrlər haqda tam məlumatın alınması.

Sadələnmə məsələləri hazırda elektrik poladının əritmə proseslərinin riyazi modellərinin tərtib edilməsinin ən aktual məsələlərindən biridir.

Elektropolad əritmə prosesinin riyazi modeli. Elektropoladəritmə prosesinin riyazi modeli bu prosesə təsir edən amilləri onun parametrlərilə əlaqələndirən tənliklər sistemidir [3]. Əritmənin riyazi modeli prosesin alqoritmini yaratmaq üçün ilkin şərt kimi xidmət edir. Bunun altında hesablama prosesini müəyyən edən tam və dəqiq təsvirə imkan verən hesablama işlərinin yerinə yetirilmə ardıcılığı başa düşülür. Əritmənin alqoritmı adətən riyazi modeldən bir qədər genişdir, çünki o riyazi yazılışdan savayı, həm də məntiqi şərtləri və digər elementləri ehtiva edə bilər [4, 5].

Parametrləri əhatə etmə həcminə görə fərqləndirilən riyazi modellərin bir neçə tam və qeyri-tam; vaxta görə parametrlərin dəyişməsinə nəzərə alma imkanlarına görə - statik və dinamik; tərtib olunma üsuluna görə statistik, determinləşdirilmiş və qarışıq tiplərinin tərtibi mümkündür.

Hazırda elektrik poladı istehsalı proseslərinin fiziki-kimyəvi əsasları yaxşı öyrənilmişdir. Yəni, əldə olunmuş nəzəri məlumatlar əritmə prosesinin əsas parametrlərinin son qiymətləri və onlara əhəmiyyətli təsir edən əksər amillər arasında funksional əlaqələri qurmağa tam imkan verir.

Aydındır ki, əritmənin statistik riyazi modelində əsas tənliklər prosesin fiziki-kimyəvi mahiyyətini və funksional rabitəni ifadə edən tənliklər sistemi kimi təqdim edilə bilər. Belə tənliklər qismində material və istilik balansları tənliklərini göstərmək olar. Əritmənin parametrləri və onlara təsir edən amillər arasında funksional əlaqələri təsvir edən tənliklərdən ibarət olan riyazi model determinləşdirilmiş riyazi model hesab oluna bilər.

Determinləşdirilmiş riyazi modellər universaldır və ən müxtəlif cəhətli elmi və praktiki məsələləri müvəffəqiyyətlə həll etməyə imkan verir. Ona görə elektroəritmə proseslərinin determinasiya olunan riyazi modellərinə əsas elmi qüvvələri istiqamətləndirmək daha məqsədəuyğun hesab oluna bilər.

Beləliklə, fikrimizcə, elektropoladəritmənin termodinamiki məlumatlarını istifadə edərək, reqressiya tənliklərini maksimum məhdudlaşdırmaqla funksional əlaqələri ifadə edən tənliklərdən ibarət etibarlı statistik riyazi modellər yaratmaq mümkündür [6].

Posanın miqdarının hesablanması. Riyazi modelləşdirmənin imkanlarından istifadə edərək elektrik poladının əritmə prosesində yaranan posanın miqdarını təyin edə bilərik. Məlumdur ki, posada əridilən poladın keyfiyyət göstəricilərinə, əritmə prosesinin rentabelliyyəsinə, tullantı kimi ekoloji mühitə və digər parametrlərə ciddi təsir göstərən komponentdir.

Adətən elektroqövş sobasında poladəritmə əsasi proseslə aparılır. Ona görə də əsasi prosesdə posanın miqdarının təyini mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bir tərəfdən əsasi posada zərərli aşqarların (P, S) təmizlənməsində vacib rol oynayır, digər tərəfdən isə maye metalı çirkəndirə bilər. Ona görə də bütövlükdə elektropoladəritmədə və ya müəyyən əritmə dövrlərində yaranan posanın miqdarını təyin etmək vacibdir. Əritmənin əsas parametrləri məlum olduqda yaranan posanın miqdarını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$g_p = \frac{100}{100 - (\sum FeO)} [\sum \beta_E \Delta[E] + 10^{-2} \sum g_i m_i + g_{iz}^d], \quad (1)$$

burada $(\sum FeO)$ – posada (FeO və Fe₂O₃) dəmir oksidlərinin miqdarı, %; $\sum \beta_E \Delta[E]$ – posaməhləgətirici metal oksidlərin miqdarı, kq; $10^{-2} \sum g_i m_i$ – şıxtənin qeyri-metal hissəsinin (əhəng, bərk oksidləşdirici, əlavə flüs) əmələ gətirdiyi posanın miqdarı, kq; g_{iz}^d – digər mənbələrdən (əsasən sobanın hörgüsündən) yaranan posanın miqdarıdır, kq.

Öz növbəsində

$$\sum \beta_E \Delta[E] = 2,14\Delta[Si] + 2,29\Delta[P] + 1,29\Delta[Mn] + \dots, \quad (2)$$

$$10^{-2}\sum g_i m_i = 10^{-2}g_{\text{əhəng}}m_{\text{əhəng}} + 10^{-2}g_{b.o}m_{b.o} + 10^{-2}g_{\text{əf}}m_{\text{əf}}, \quad (3)$$

Sonuncu düsturlarda 2,14, 2,29, 1,29 - uyğun elementin 1kq-nın oksidləşməsi zamanı nə qədər oksidin alınmasını (kq) nəzərə alan stexiometrik əmsallar; $g_{\text{əhəng}}$, $g_{b.o}$, $g_{\text{əf}}$ – əhəngin, bərk oksidləşdirici və əlavə flüsün (boksit, üzgəcli şpat və s.) kütləsi, kq; $m_{\text{əhəng}}$, $m_{b.o}$, $m_{\text{əf}}$ – əhəng, bərk oksidləşdirici və əlavə flüsdə posa əmələgətirici oksidlərin (dəmir oksidlərisiz) miqdarıdır, %.

Posada dəmir oksidlərinin miqdarı bir çox amillərdən asılıdır, onlardan əsasları maye metalda karbonun konsentrasiyası, posanın əsasiliyi və vannanın temperaturudur. Sadalanan amillər aşağıdakı empirik tənliklərlə yazıla bilər:

$$(\sum FeO) = m + \left(4,75 \frac{0,2}{[C]} - 2,5 \cdot 10^{-2} \Delta t\right) B, \quad (4)$$

Maye metalda karbonun miqdarının həlledici rol oynadığı xüsusilə azkarbonlu poladların ($[C] < 0,05\%$) elektroəritmə prosesinin son mərhələsində yaranan posada dəmir oksidinin miqdarını belə təyin etmək olar:

$$(\sum FeO) = 12 + \frac{0,9}{[C]}, \quad (5)$$

(4)-cü düsturda fasiləsiz elektroəritmə prosesləri üçün $m=6 \div 9$ qəbul edilə bilər. (5) düsturu isə sadəliyinə baxmayaraq, hətta karbonun daha yüksək konsentrasiyaları üçün də kafi nəticələr verir. Ona görə də (5) ifadəsi və o hallarda ki, $[C] > 0,05\%$ olduqda əritmənin son mərhələsində dəmir oksidinin miqdarının təyini üçün istifadə oluna bilər.

Elektropolad əritmədə prosesin başlanğıc mərhələsində posada dəmir oksidlərinin miqdarı əsasən temperaturdan asılıdır və adətən 25-35% təşkil edir.

Əritmə rejimini müəyyən etmək üçün prosesin lap başlanğıcında yaranan ilkin posanın miqdarını bilmək lazımdır. Bu halda hələ əritmənin parametrləri haqqında əksər məlumatlar məlum olmur. Ona görə də prosesin başlanğıc mərhələsində posanın miqdarını təyin etmək üçün yuxarıdakı düsturlardan istifadə etmək mümkün deyil. Bu mərhələdə posanın miqdarını təyin etmək üçün aşağıdakı yarımpiririk düsturdan istifadə etmək olar:

$$g_{pos} = 2B(2,14\sum Si_{\text{şix}} + g_{SiO_2}^d), \quad (6)$$

Bu düsturda B – posanın CaO/SiO_2 nisbətilə ifadə olunan əsasiliyi; $\sum Si_{\text{şix}}$ – metal şixtəsində silisiumun miqdarı, %; $g_{SiO_2}^d$ – metal şixtəsindən savayı digər bütün mənbələrdən posaya daxil olan silisium oksidinin miqdarıdır.

Hesablamalarda elektropoladəritmədə istifadə olunan metal şixtəsinin tərkibi haqqında məlumatlar adətən məlum olur. Posanın əsasiliyi B , silisium oksidinin digər mənbələrdən daxil olan miqdarı, habelə posada SiO_2 -nin miqdarını praktikada qarşılaşdığımız dəyişmə hədlərində götürmək olar.

Beləliklə, ayrı-ayrı əritmə dövrlərinin riyazi modellərini birləşdirməklə bütövlükdə əritmənin digər parametrləri, o cümlədən metalda aşqarların qalıq miqdarını təyin etmək, ayrı-ayrı proseslərin posa rejiminin səciyyəvi variantları seçmək, müxtəlif texnoloji əlavələrin sərfini hesablamaq və sonra da prosesə lazımi düzəlişlər aparmaq olar.

Nəticə. Beləliklə, ümumi halda elektrik poladının əritmə proseslərinin riyazi modelinin yaradılması aşağıdakıları nəzərdə tutur: hər bir dövrün hədlərində əritmə prosesini dekompozisiya etmək; hər bir elementar prosesi riyazi təsvir etmək; material və istilik balansları tənlikləri əsasında idarə olunan parametrlər və elementar prosesləri kompozisiya edərək riyazi modelini yazmaq; ayrı-ayrı dövrlərin riyazi modellərini birləşdirməklə bütövlükdə əritmənin riyazi modelini almaq.

Beləliklə, əritmənin riyazi modelinin tərkib hissəsi kimi elektrik poladının əridilməsi prosesində yaranan posanın miqdarının hesablanması üçün analitik model təklif olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Процессы и машины электрометаллургического производства. Монография / С.Р.Рахманов, В.Л.Тополов, М.И.Гасик, А.Т.Мамедов, А.А.Азимов. Баку-Днепр: «Системные технологии», Издательство «Сабах», 2017, 568с.
2. Горобец В.Г., Гаврилова М.Н. Производство стали в дуговой печи. М.: Metallurgia, 2016, 208 с.
3. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2013, 528 с.
4. Бигеев А.М. Математическое описание и расчеты сталеплавильных процессов. Учебное пособие для вузов. М.: Metallurgia, 2002, 160 с.
5. Бигеев А.М. Расчеты мартеновских плавок. М.: Metallurgia, 2016, 387 с.
6. Бигеев А.М., Колесников Ю.А. Основы математического описания и расчеты кислородно-конверторных процессов. М.: Metallurgia, 1986, 229 с.

Мəqalə qəbul olunub: 21.04.2022

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayilov