

KÜRƏVİ QRAFİTLİ ÇUQUN İSTEHSALINDA FOSFORSUZLAŞMA VƏ KÜKÜRDSÜZLƏŞDİRMƏ PROSESİNİN NƏZƏRİ ƏSASLANDIRILMASI



Ramiz Həsənlı,

Azərbaycan Texniki Universitetinin Metallurgiya və materiallar texnologiyası kafedrasının dosenti, texnika üzrə fəlsəfə doktoru
e-mail: hasanli_dr77@mail.ru

UOT: 621.78

Xülasə. Tədqiqatda ərimiş metal və posanın elektrokimyası eyni vaxtda kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmaya tətbiq edilməklə posa-metal qarşılıqlı əlaqəsi öyrənilmişdir. Tədqiq etdiyimiz sistemdə kinetik asılılıqların interpretasiyası üçün posa-metal fazalararası sərhəddə kompromis potensial konsepsiyası daxil edilmişdir. Aydın olmuşdur ki, çuqunun eyni vaxtda kükürdsüzləşməsi və fosforsuzlaşması kükürdsüzləşmə və anod fosforsuzlaşdırılması, dəmir və manqanın ionlarının bərpası kimi katod reaksiyalarının vəhdəti yolu ilə mümkündür. Oksidləşdiricilərin, metalın tərkibinin və kükürdün davranışının təsirinə baxılmış və müəyyən olunmuşdur ki, CaO-in konsentrasiyasının böyüməsi ilə yaranan posanın özlülüyünün artması Al_2O_3 və SiO_2 -nin aşqarları hesabına kompensasiya oluna bilər. CaO-CaCl₂ sistemi posalarının fosfat və sulfid həcmi qiymətləndirilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, bu adi posalarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. CaO-CaCl₂ sistemi posaları kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə tətbiqdə fərqləndirici xarakteristikalara malikdirlər.

Açar sözlər: metal, ərinti, posa, kürəvi qrafitli çuqun, sobadankənar emal, fosforsuzlaşma, kükürdsüzləşmə, pəstah, keyfiyyət.

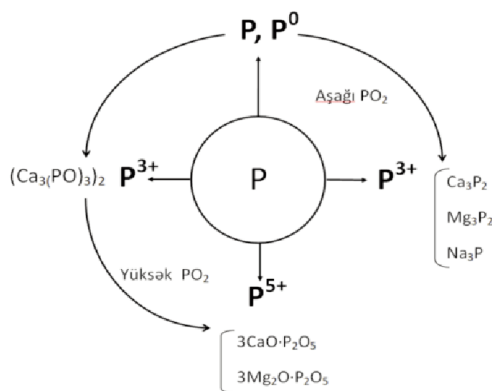
Key words: metal, alloy, slag, nodular cast iron, out-of-furnace processing, dephosphorization, desulfurization, billet, quality.

Ключевые слова: металл, сплав, илак, чугу́н с шаровидным графитом, внепечная обработка, дефосфорация, десульфурация, заготовка, качество.

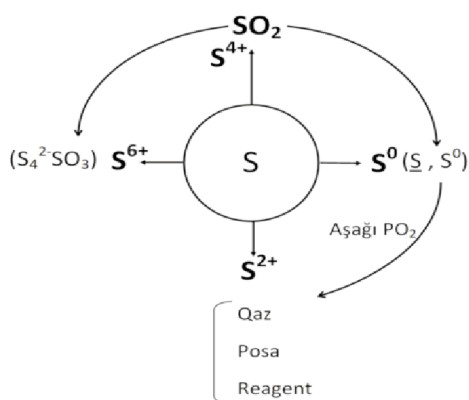
Ərintilərin, o cümlədən kürəvi qrafitli möhkəm çuqunun (KQÇ) keyfiyyəti tərkibində olan qarışıqların, əsasən zərərli qarışıqlar hesab edilən fosfor (P) və kükürdün (S) miqdarından çox asılıdır. Ona görə də fosforsuzlaşma və kükürdsüzləşmə proseslərinin dərinlən öyrənilməsi və nəzəri əsaslandırılması, P və S-ün

metaldan kənarlaşdırılma mexanizminin araşdırılması olduqca vacib, həm də lazımlıdır.

Ümumi halda posa-metal qarşılıqlı təsiri öz təbiətinə görə elektrokimyəvi prosesdir. **Şəkil 1** və **2**-də uyğun olaraq, fosfor və kükürdün metaldan kənarlaşdırılma mexanizmi təqdim olunmuşdur.



Şəkil 1. Fosforun metaldan kənarlaşdırılması mexanizmi



Şəkil 2. Kükürdün metaldan kənarlaşdırılması mexanizmi

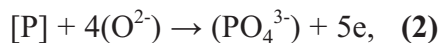
Sistemin oksidləşdirici-reduksiyaedici potensialına uyğun olaraq reagentlərin sabit vəziyyəti dəyişə bilər. Ona görə də prinsipcə həm fosfor, həm də kükürd metaldan posaya istənilən ion tipinə oxşar olaraq kənarlaşdırıla bilər. Güclü reduksiyaedici şəraitdə məsələn, Ca – CaF₂ sistemi posa altında olduğu kimi, həm kükürd, həm də fosfor eyni vaxtda anionlardan kənarlaşır.

Adi şəraitdə metaldan kükürdün posaya keçidi aşağıdakı elektrokimyəvi tənliklə ifadə olunur:

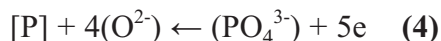


Bu reaksiyaya əsasən, metal-posa fazalararası səthdə kükürd atomları elektron alır, anion yara-dır və ion ərintiyə keçir. Belə reaksiya katod reaksiyası adlanır. Reduksiyaedici atmosferdə katod reaksiyası, kükürdsüzləşməyə oxşardır və gedişi asanlaşır.

Adi çuqun və poladəritmə prosesləri şərait-lərində fosforsuzlaşma reaksiyası və CO-in ayrıl-ması aşağıdakı tənliklərə uyğun olaraq, anod reaksiyalarına müvafiq qaydada baş verir:

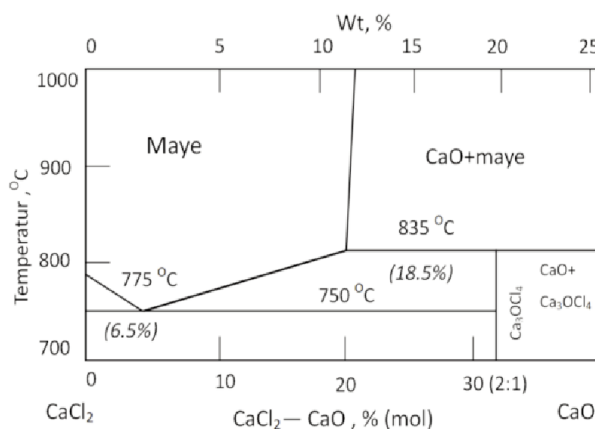


Anod reaksiyalarına oksidləşdirici potensialın artması kömək edir. Bundan başqa oksidləşdirici potensialın azalması və yüksək reduksiyaedici şəraitin saxlanılması əks reaksiyanın, yəni katod reaksiyasının getməsinə kömək edir:

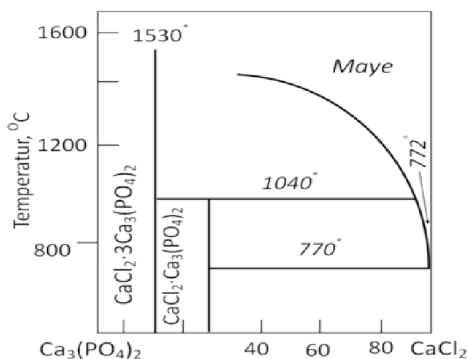


Ayındır ki, (2) tənliyi üzrə fosforun iştirakı ilə anod reaksiyasına və (1) tənliyi üzrə kü-kürdün iştirakı ilə katod reaksiyasına kömək edən amillər bir-birinə əksdir. Ona görə də eyni vaxtda kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmanın reallaşdırılması mümkünsüz olur. Bununla yana-şı, əgər nəzərə alsaq ki, posa-metal fazalararası səthdə baş verən bütün elektrokimyəvi reak-siyalar bir-biri ilə elektroneytrallıq prinsipi ilə vəhdətdədir, onda belə prosesin baş verməsi mümkündür [1-3]. Beləliklə, çox yüksək sulfid həcmli oksidləşdirici şəraitdə və çox yüksək fosfat həcmli reduksiyaedici şəraitdə posanın istifadəsi ilə metalın kükürdsüzləşmə və fosfor-suzlaşmasını eyni vaxtda aparmaq mümkündür. Bu zaman kinetik nöqteyi-nəzərdən belə posa kütlədaşmanın yüksək sürətini təmin etmək üçün kifayət qədər aşağı özlülüyə malik olmalıdır.

Aparılmış təhlil əsasında oksidləşdiricilər kimi FeO və ya MnO ilə CaO və CaCl₂-dən ibarət posa seçilmişdir. Şəkil 3-də və 4-də tərkibində CaCl₂ olan sistemin diaqramları təqdim olunmuşdur. Şəkillərdən də göründüyü kimi, CaCl₂-in aşağı ərimə temperaturu sayəsində bu sistemlərdə maye faza sistemi çox aşağı tempe-raturlarda mövcud olur.



Şəkil 3. CaO – CaCl₂ sisteminin hal diaqramı



Şəkil 4. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 - \text{CaCl}_2$ sisteminin hal diaqramı

Şəkil 3-ə əsasən, $\text{CaCl}_2 - \text{CaO}$ sistemində CaO -in həllolma qabiliyyəti maye çuqun üçün adi temperaturalarda 25% (mol) qiymətləndirilə bilər.

Cədvəl 1-dən görünür ki, CaCl_2 -in buxar təzyiqi, digər xloridlərlə müqayisədə xeyli aşağıdır, ancaq o CaF_2 -in təzyiqinə nisbətən üç qayda yuxarıdır. Əgər nəzərə alsaq ki, CaCl_2 üçün işçi temperatur 1300°C , CaF_2 üçün isə 1500°C -dir, onda buxar təzyiqlərindəki fərqi bir qaydaya və ya aşağı qaydaya gətirmək olar.

karbonla doydurulmuş çuqun nümunəsini gücü 150 kV.A olan induksiya sobasında daxili diametri 45 mm olan qrafit putada əritdik. Maye ərinti verilən temperatura çatdıqda, 42,5÷50 q miqdarında posanı yuxarı putada yerləşdirdik. Təqribən bir dəqiqə ərzində saxladıqdan sonra yuxarı qrafit putadan bağlayıcıyı çıxartdıq. Bu halda ərimiş posa aşağı putaya axdığından reaksiya baş verdi. Oksidləşdiricini posaya, onun metalla təmasından əvvəl və ya təmasdan sonra daxil etdik.

Nümunələrin götürülməsini müəyyən vaxt intervalı vasitəsilə kvarts borulara təqribən 10 q cirlərin sorulması ilə yerinə yetirdik. Fosfor, kükürd, silisium və manqanın konsentrasiyasını kimyəvi metodla təyin etdik. Eksperimentlərin gedişində temperaturu əsasən $1350 \pm 10^\circ\text{C}$ səviyyəsində saxladığımız. Lakin bəzi hallarda temperatur $1250 \pm 10^\circ\text{C}$ və $1450 \pm 10^\circ\text{C}$ təşkil etmişdir. Müqayisə üçün bəzi təcrübələr, həm də gil-torpaq putalarda aparılmışdır.

Metal-posa fəzalararası sərhəddə baş verən bütün reaksiyalar bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəlidir.

Cədvəl 1.

Müxtəlif xlorid və floridlərin parsial təzyiqi

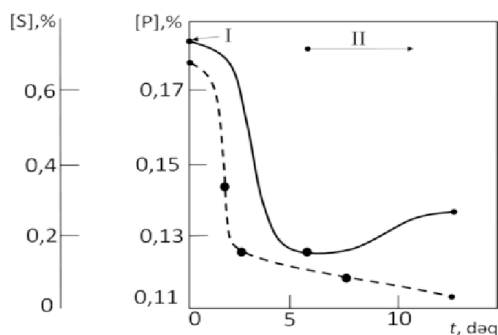
Temperatur, °C	NaCl	KCl	MgCl ₂	CaCl ₂	LiF	NaF	MgF ₂	CaF ₂
1200	12	18,7	24	0,13	1,33	1,32	0,004	0,0001
1300	37	44	60	0,53	4,7	4,0	0,026	0,013
1400	65	93	132	1,72	12,5	13,2	0,08	0,06
1500	130	175	258	4,9	30,5	34	0,26	0,04
1600	240	315	464	12,6	68	81	0,80	0,17

$\text{CaO} - \text{CaCl}_2$ maye ərintisi üzərində xlorun parsial təzyiqi yüksək oksidləşdirici potensiallarda çox əhəmiyyətli ola bilər. Ancaq maye çuqunun sobadankənar emalında yer alan reduksiyaedici mühitdə yox olan qədər az olur.

Sənaye ferrofosforla və ferrokükürdlə elektrolitik dəmiri qrafit putada – induksiya sobasında əritməklə, tərkibində 0,2-0,3% fosfor və 0,05% kükürd olan karbonla doydurulmuş çuqun alınır. Həmin qrafit putada 1350°C -də CaO ovuntusunu və xüsusi təmiz CaCl_2 -i əridərək $\text{CaO} - \text{CaCl}_2$ posası hazırladıq. CaO ovuntusunu kimyəvi təmiz CaCO_3 ovuntusunu parçalamaqla əldə etdik.

Tədqiqat zamanı kütləsi 170-200 q-lıq olan

Kükürd və fosforun daşınmasının qarşılıqlı əlaqəsini göstərmək üçün apardığımız eksperimentin nəticələri **şəkil 5**-də göstərilmişdir.



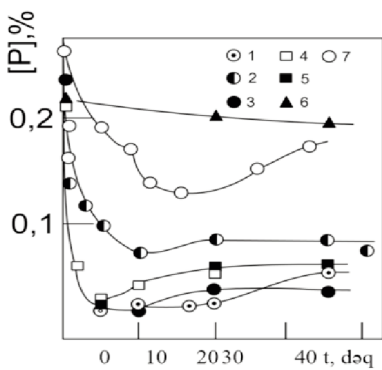
Şəkil 5. Fosfor və kükürdün birlikdə daşınması

(33,3 CaO – 66,7 CaCl₂, 1250°C; posa-metal 0,1; metal 200 q):

I – bərk posanın oturdulması; II – qarışdırma

Bu halda karbonla doyurulmuş çuqundan fosforun kənarlaşdırılmasının anod reaksiyası kükürdün kənarlaşdırılmasının katod reaksiyası ilə paralel gedir və beləliklə, eyni vaxtda mayenin həm kükürdsüzləşməsi, həm də fosforsuzlaşması baş verir. Real saflaşdırma proseslərində iştirak edən kükürdün konsentrasiyası baxdığımız eksperimentlə müqayisədə bir qayda aşağıdır. Ona görə də səmərəli fosforsuzlaşmanın həyata keçirilməsi üçün əlavə oksidləşdiricilər tələb olunur.

Araşdırmalarla MnO₂ oksidləşdiricisinin posada sabit başlanğıc miqdarında fosforsuzlaşdırma və kükürdsüzləşdirməyə CaO-in konsentrasiyasının təsiri öyrənilmişdir. Posada CaO-in müxtəlif miqdarına baxmayaraq, metalda kükürdün konsentrasiyası çox tez azalaraq 0,008%-dən az olur. Metalda fosforun da konsentrasiyası kəskin azalır. Lakin posada CaO-in miqdarını azaltdıqda Fosforun (P) minimal konsentrasiyasının səviyyəsi artır və fosforlaşma başlayır. Fosforlaşmanın səmərəli söndürülməsi üçün posada CaO:CaCl₂ molyar nisbəti 1:2-dən çox olmalıdır. Posaya daxil edilən oksid aşqarlarının təsiri **şəkil 6**-da verilmişdir. Aşağıdakı ardıcılıqda fosforsuzlaşma sürəti artır, fosforun son konsentrasiyası isə azalır: MgO ilə posa, aşqarlırsız, SiO₂ aşqarı ilə, Al₂O₃ aşqarı ilə. Posaanın özlülüyü, adətən, CaO-in konsentrasiyası artdıqca, xüsusən >30%-də böyüyür ki, bu halda da mayenin ifrat doyması baş verir.



Şəkil 6. 1350°C-də fosforsuzlaşmaya posanın tərkibinin təsiri:

- 1 – 28,3%CaO - 66,7%CaCl₂ - 5%Al₂O₃;
- 2 – 28,3%CaO - 66,7%CaCl₂ - 5%MgO;
- 3 – 28,3%CaO - 66,7%CaCl₂ - 5%SiO₂;

- 4, 5 – 33,3%CaO - 66,7%CaCl₂;
- 6 – 33,3%Na₂CO₂ - 66,7%CaCl₂;
- 7 – 33,3%Na₂CO₃ - 66,7%MgF₂.

Müəyyən olunmuşdur ki, posaya SiO₂ və ya Al₂O₃ daxil etdikdə onun özlülüyünü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, onda asılı hissəciklərin sonrakı həllolmasına kömək edir. Posaanın özlülüyünün dəyişməsi ilə əlaqədar, fosforsuzlaşmanın mövcud uyğun sürəti dəyişir. Məhz bu səbəbdən də, hesab etməyə əsas vardır ki, fosforun (müəyyən ölçüdə, həm də manqanın) kütlə daşınması reaksiyanın kinetikasına güclü təsir göstərə bilər.

Tədqiqat işində metalın fosforsuzlaşma dərəcəsinə posanın miqdarının və maye metalın qarışdırılmasının təsiri də tədqiq olunmuşdur. Alınmış nəticələr digər tədqiqatçıların [4; 5] aldığı məlumatlarla müqayisə edilmiş, araşdırmaların doğruluğu təsdiqlənmişdir. Həm də nəticələr ona dəlalət edir ki, 1,6% posanın oturdulması ən yüksək tam kükürdsüzləşməni və bir qədər fosforsuzlaşmanı təmin edir. Habelə, qarışdırma da kükürdsüzləşməni sürətləndirir və metalın dərin kükürdsüzləşməsini tez təmin etməyə imkan verir. Bununla yanaşı, CaO ovuntusuna yalnız 10% CaCl₂ əlavə edilməsinin posanın istifadə əmsalını xeyli artırması faktı da diqqəti cəlb edir. Fosforsuzlaşdırmanın başlanğıc sürəti təxminən metalda fosforun konsentrasiyasına mütənəsbidir. Fosforsuzlaşdırmanın cəm reaksiyasının sürət əmsalı K_p aşağıdakı tənliklə təyin olunur:

$$\eta_p = K(A/V)[\%P](W/M_p), \tag{5}$$

Burada, A – posa-metal fazalararası səthin sahəsi, sm²; V – metalın həcmi, sm³; K_p-nin qiyməti, sm/s; η_p – başlanğıc sürətin qiyməti, mol/s.

Cədvəl 2. Kükürdsüzləşdirmə sürətinin eksperimental və müxtəlif oksidləşdiricilər üçün qiymətləri

Göstəricilər	FeO	CaCO ₃	MnO ₂	CaSO ₄	Fe ₂ (SO ₄) ₃
K _p , sm/s	0,009	-	0,016	0,020	0,035
C _i , mol	0,070	0,050	0,058	0,037	0,013
ξ _i	0,14	0,10	0,23	0,29	0,38
E _i (V)	0,33	0,56	0,66	0,62	0,80

Cədvəl 2-də kükürdsüzləşdirmə sürətinin eksperimental qiymətləri verilmişdir. Kükürdsüzləşmənin sürəti, oksidləşdiricilərin sürəti (ξ_i) kimi

həmin sırada yerləşir. Onlar gözlənilməli kimi, oksidləşdiriciyə xas olan oksidləşdiricilik qabiliyyətini səviyyələndirən, onun standart elektrod potensialının E_i dəyişmələrini göstərir. 1550-1600°C temperatur intervalında $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{FeO}$ sistemli posalarda xarici ölkə tədqiqatçıların [2; 3] aldıkları fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları da analoji şəkildə hesablanmışdır.

$\text{CaO}/\text{SiO}_2=0,6$ (18%CaO, 35% $\text{Fe}_{\text{üm}}$)

ilə posa üçün fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı $3,10^{-3}$ sm/s, $\text{CaO}/\text{SiO}_2=1,7$ (35% CaO, 33% $\text{Fe}_{\text{üm}}$) ilə, posa üçün isə fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı $42,10^{-3}$ sm/s təşkil etmişdir.

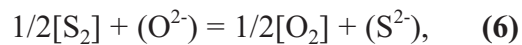
Analoji göstəricilər barədə [5; 6] işlərinin müəllifləri məlumat vermişlər ki, reaksiya sürətinin əmsalları temperaturun, CaO konsentrasiyasının və oksidləşdiricinin böyüməsi ilə artır. Bizim tədqiqatlarda aldığımız fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları bəzi işlərdə [6; 7] alınmış məlumatlarla müqayisədə 5 dəfə kiçikdir. Fərz etmək olar ki, onların tədqiq etdiyi ərinti – posa sistemində daha böyük oksigen potensialının (K_p) daha yüksək qiymətlərinin onlar tərəfindən alınmasının əsas səbəbi olmuşdur.

Vaxtdan asılı olaraq kükürdün konsentrasiyasının dəyişməsi də öyrənilmişdir. Reaksiya sürətinin əmsalı K_s kükürd və əhəngin başlanğıc konsentrasiyalarının və posanın miqdarının artması, habelə metal-posa fazalararası səthdə PO_2 -nin azalması ilə yüksəlir. $33,3\text{CaO}-66,7\text{CaCl}_2$ tərkibli posada K_s əmsalının qiyməti $9,10^{-3}$ sm/s təşkil edir. Bu, qarışdırma olmadıqda CO-in ayrılması hesabına baş vermişdir. Lakin qarışdırma olduqda K_s əmsalı $43,10^{-3}$ sm/s təşkil edir. Əsas metallurji posa ilə karbonla doyurulmuş çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üzrə eksperimentlərdə 1550-1600°C temperaturalarda K_s -in aşağıdakı qiymətləri alınmışdır: qarışdırma olmadıqda $0,2,10 \rightarrow 16^{-3}$ [5], məcburi qarışdırma şəraitində $75,10^{-3}$ [6]; çuqun damcısının posa qabı vasitəsilə keçməsi 40, 10^{-3} [4]; metala silisium verdikdə $50,10^{-3}$ [1-4]. Buradan belə nəticə çıxartmaq olar ki, CaO və CaCl_2 -dən ibarət olan posa ilə kükürdsüzləşmə sürəti, əsas metallurji posa ilə təmin olunan sürəti xeyli üstələyir.

Fosforsuzlaşmadan fərqli olaraq kükürdsüzləşdirmədə oksidləşdiricinin əlavə edilməsi pro-

sesin sürətinin dəyişmələrinə gətirməmişdir. MgO-in əlavə edilməsində özlülüyün artmasına və Al_2O_3 -in əlavə edilməsində onun azalmasına baxmayaraq, kükürdsüzləşdirmə sürəti praktiki olaraq sabit qalmışdır ($23-26,10^{-3}$ sm/s). Metal kütləsinin, məsələn, $1/4$ -nə bərabər posanın kifayət qədər böyük miqdarında, hətta sulfatın oturulması kükürdsüzləşdirmə sürətinə əhəmiyyətli təsir göstərməmişdir.

Mayelərin kükürdsüzləşdiricilik qabiliyyətini işarələmək üçün alimlər [1-3] sulfid həcmi deyilən anlayış daxil etmişlər. Fərz edilir ki, reaksiya aşağıdakı tənliyə uyğundur.



Burada, sulfid həcmi

$$C_s = (\text{Po}_2/\text{Ps}_2)(\% \text{S}^{2-}). \quad (7)$$

Çuqunun və ya poladın kükürdsüzləşdirmə proseslərinə baxılan zaman, (7) tənliyinə $1/2[\text{O}_2] = [\text{O}]$ və $1/2[\text{S}_2] = [\text{S}]$ nisbətlərini daxil edərək alırıq:

$$C_s = (\text{Rs}/\text{Ro})(1/f_s)L_s^{a_0}, \quad (8)$$

$$L_s = (\% \text{S})/[\% \text{S}] = (\text{Po}_2/\text{Ps}_2)(C_s f_s/a_0), \quad (9)$$

Burada, Ro və Rs uyğun olaraq $1/2[\text{O}_2]=[\text{O}]$ və $1/2[\text{S}_2]=[\text{S}]$ reaksiyalarının tarazlıq konstantlarını ifadə edir.

Posa-metal fazalararası səthdə oksigen potensialının artmasında kükürdün paylanma əmsalı L_s , CaO-in sabit konsentrasiyasında azalır, bu, kükürdsüzləşdirməni çətinləşdirir.

Araşdırma zamanı kükürdün paylanma əmsalı və CaO-in və ya Na_2CO_3 -in konsentrasiyası arasında qarşılıqlı əlaqə də öyrənilmişdir. Məlum olur ki, L_s -in qiymətləri CaO-in konsentrasiyasının artması ilə böyüyür. Bu halda böyümə sürəti (baxmayaraq ki, məlumatların səpələnməsi çox əhəmiyyətlidir) 25% CaO-də kəskin artır, 33,3% CaO və 66,7% CaCl_2 -dən ibarət olan posa üçün paylanma əmsalı 100-300 hədlərindədir. (3.4.4) tənliyinə uyğun olaraq kükürdün paylanma əmsalı həm sulfid həcmindən C_s , həm də oksigen potensialından Po_2 asılıdır. Məsələn, posaya hər hansı bir oksidləşdiricini daxil etmədən eksperimentlərdən alınmış L_s -in qiyməti xüsusən böyük olmuşdur və 2000 rəqəmini üstələmişdir.

Posa-metal fazalararası səthdə oksidləşdirici potensial 10 eksperimentin gedişində manqanın metal fazada və posada konsentrasiyasına görə

ölçmələrlə təxmini təyin olunmuşdur. Bu halda MnO_2 -in miqdarını rentgenspektral analizlə köməyi ilə müəyyən etdik. Posa-metal səthində Po_2 -nin qiyməti isə $(\text{MnO}_2)=[\% \text{Mn}]+[\text{O}_2]$ tərzliyinə görə hesabladıq.

1350°C-də CaO və CaCl_2 -dən ibarət olan posaların alınmış sulfid həcmi tədqiq olunmuşdur. Belə ki, sulfid həcmi 10 dəqiqə saxlamadan sonra qərarlaşan, yəni əməli olaraq stasionar hala cavab verən şəraitdə metalda kükürdün konsentrasiyasına görə hesablanmışdır.

Alınmış nəticələr göstərir ki, $\text{CaO} - \text{CaF}_2$ və $\text{CaO} - \text{CaCl}_2$ sistemləri, hətta CaO -in aşağı konsentrasiyasında belə həddindən yüksək sulfid həcmə malik olur.

$1/2[\text{P}_2]+5/4[\text{O}_2]+3/2(\text{O}^{2-})=\text{PO}_4^{3-}$ reaksiyası üçün fosfat həcmi aşağıdakı tənliyin köməyi ilə təyin edilmişdir:

$$\text{C}_{\text{PO}_4^{3-}} = (\% \text{PO}_4^{3-}) \text{P}_{\text{P}_2}^{-1/2} \text{P}_{\text{O}_2}^{-5/4} \quad (10)$$

CaO -in konsentrasiyasından asılı olaraq fosfat həcmi müəyyənləşdirilmişdir. Bu məlumatlar $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO}$ sistemi posalarının köməyi ilə metalın fosforsuzlaşması və refosforlaşması proseslərinin tədqiqi nəticəsində alınmışdır. $10^{16}\text{-}10^{18}$ hədlərində ölçülür. Eksperimental məlumatlar çox böyük səpələnməyə malik olsalar da, temperaturun azalması və N_{CaO} artmasında fosfat həcmi böyüməsində aydın ənənə izlənilir. 20% CaO və 80% CaCl_2 -dən ibarət olan posaların istifadəsində xeyli refosforlaşma yer almışdır. Ona görə də fərz etmək mümkündür ki, tərkibində >25% CaO olan posa daha yüksək fosfat həcmə malik olacaq və refosforlaşmanı söndürəcəkdir.

Nəticə. Son olaraq qeyd edək ki, metal və posanın maye halında baş verən elektrokimyəvi proseslər əsasında eyni vaxtda çuqunun fosforsuzlaşma və kükürdsüzləşdirmə və imkanı tərəfimizdən öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, CaO və CaCl_2 -dən ibarət olan posa çox yüksək sulfid və fosfat həcmə malikdir. Bundan başqa, onun özlülüyü olduqca azdır və suyun özlülüyünə yaxındır ki, bu da reaksiyaların sürətlə getməsinə təmin edir. Belə posanın sulfid və fosfat tutumu CaO -in konsentrasiyasının artması ilə yüksəlir. Səmərəli fosforsuzlaşdırma

aparmaq üçün maye çuqunda silisiumun miqdarı çox aşağı olmalıdır. Tərkibində 30%-dən çox CaO olan maye posaya SiO_2 -in oturdulması, onun özlülüyünü aşağı salır. Az miqdarda Al_2O_3 -ün oturdulması da analoji təsir göstərir. CaO -in azaldılmış konsentrasiyasında posada oksidləşdiricinin konsentrasiyasını azaltdıqda, refosforsuzlaşma müşahidə olunur.

Son dövrlərdə şixtə materiallarında fosforun miqdarının artması ilə əlaqədar olaraq kükürdsüzləşdirmə proseslərinin əhəmiyyəti yüksəlir. Eyni zamanda KQÇ-nin keyfiyyətinə tələblərin günü-gündən sərtləşdirilməsi də çuqunda zərərli aşqarların, o cümlədən (P) fosfor və (S) kükürdün onun tərkibindən daha dərinə təmizlənməsini tələb edir. Təklif olunan CaO-CaCl_2 tipli yeni posa sistemi çuqunəritmə posasının miqdarını minimuma endirməyə imkan verir ki, nəticədə də həm ətraf mühitin mühafizəsində, həm də enerji məsrəflərinin azaldılmasında həlledici rol oynayır. Çuqunun induksiya sobasından buraxılması anında posanın maye metaldan tam ayrılmasını, fosforsuzlaşma və kükürdsüzləşdirmə proseslərinin intensivliyini təmin edən yeni CaO-CaCl_2 posa sistemi istehsalat səviyyəsində qəbul oluna bilər. Lakin soba posasının miqdarını azaltmaq üçün təkrar emal çuqununda silisium və fosforun konsentrasiyalarını bir qədər azaltmaq lazım gəlir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Richardson F.D. Physical Chemistry of Melts in Metallurgy. vol.2, Academic Press, London, 2021, 293 p.
2. Djellab S., Diaf M., Labbaci K. and Guerbois L. Crystal growth and spectroscopic properties of materials. London, 2016, 273 p.
3. Waseda Y., Suzuki S., Saito M. High temperature materials and processes. H: Condensed matter physics, vol.16, Issue: Tokyo, 2021, 335 p.
4. The World Conference on Carbon. In-Depth Investigation of the Carbon. Berlin, 2022, 467 p.
5. Şükürov R.İ., Rəhimov M.M. Metallurgiya (dərslük). Bakı, 2014, 357 s.
6. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия (учебник). Москва, 2015, 421 с.

R.Hasanli

Theoretical justification of the dephosphorization and desulfurization process in the production of nodular graphite cast iron

Abstract

From the point of view of the electrochemistry of molten metal and slag, in relation to simultaneous desulfurization and dephosphorization, the interaction of slag with metal is of interest. To interpret the kinetic dependencies in the system we studied, the concept of a compromise potential at the slag-metal interface was introduced.

It became clear that simultaneous desulfurization and dephosphorization of cast iron is possible through a combination of cathodic reactions, such as desulfurization and anodic dephosphorization, as well as the reduction of iron and manganese ions. The influence of oxidizing agents, metal composition and behavior of sulfur is taken into account. For example, it has been found that an increase in slag viscosity caused by an increase in CaO concentration can be compensated by the addition of Al_2O_3 and SiO_2 .

The phosphate and sulfide volume of sediments of the CaO- CaCl_2 system is estimated. It turned out that this is significantly higher than that of ordinary slags. Resins of the CaO- CaCl_2 system have distinctive characteristics when used in desulfurization and dephosphorization processes.

Р.Гасанлы

Теоретическое обоснование процесса дефосфорации и серообессеривания при производстве чугуна с шаровидным графитом

Аннотация

С точки зрения электрохимии расплавленного металла и шлака, применительно к одновременному обессериванию и дефосфорации, представляет интерес взаимодействие шлака с металлом. Для интерпретации кинетических зависимостей в изучаемой нами системе было введено понятие компромиссного потенциала на межфазной границе шлак-металл.

Стало ясно, что одновременная десульфурization и дефосфорация чугуна возможна за счет сочетания катодных реакций, таких как десульфурация и анодная дефосфорация, а также восстановление ионов железа и марганца. Учтено влияние окислителей, состава металлов и поведения серы. Например, установлено, что увеличение вязкости шлака, вызванное увеличением концентрации CaO, можно компенсировать добавкой Al_2O_3 и SiO_2 .

Оценен фосфатный и сульфидный объем осадков системы CaO- CaCl_2 . Выяснилось, что это значительно выше, чем у обычных шлаков. Смолы системы CaO- CaCl_2 имеют отличительные характеристики при применении в процессах десульфурации и дефосфорации.