

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-83-89>

POSANIN MİQDARI VƏ QARIŞDIRMA İNTENSİVLİYİNİN ÇUQUNUN SAFLAŞDIRILMASINA TƏSİRİNİN TƏDQIQI

Həsənli Ramiz Kamandar- t.e.n., dosent, Metallurgiya və materiallar texnologiyası kafedrası, Azərbaycan Texniki Universiteti, hasanli_dr77@mail.ru

Xülasə. Bu tədqiqatda, posanın miqdarının və maye metalın qarışdırılma intensivliyinin çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə təsiri öyrənilmişdir. Nəticələr göstərir ki, 1,6% posanın tətbiqi yüksək kükürdsüzləşmə və bir qədər də fosforsuzlaşma təmin edir. Həmçinin, qarışdırma intensivliyi kükürdsüzləşməni sürətləndirir və metalın dərin kükürdsüzləşməsini daha tez əldə etməyə imkan yaradır. Əlavə olaraq, CaO ovuntusuna 10% CaCl₂ əlavə edildikdə, posanın istifadə əmsalı artır.

Açar sözlər: metal, posa, qarışdırma intensivliyi, oksidləşdirici, kükürdsüzləşmə, fosforsuzlaşma, saflaşdırma

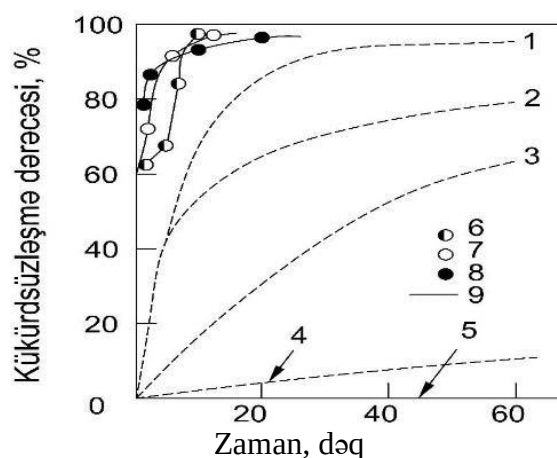
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE AMOUNT OF PITCH AND THE INTENSITY OF MIXING ON THE REFINING OF CAST IRON

Hasanli Ramiz Kamandar- PhD in tech.sc., ass. prof., department of Metallurgy and materials technology, Azerbaijan Technical University, hasanli_dr77@mail.ru

Abstract. This study investigates the effect of slag amount and mixing intensity on the desulfurization and dephosphorization processes of molten pig iron. The results show that the application of 1.6% slag provides high desulfurization and a slight improvement in dephosphorization. Furthermore, mixing intensity accelerates desulfurization and allows for faster achievement of deeper desulfurization. Additionally, when 10% CaCl₂ is added to CaO powder, the slag utilization coefficient increases.

Keywords: metal, slag, mixing intensity, oxidizing agent, desulfurization, dephosphorization, refining

Giriş. Bu tədqiqatda metalın kükürdsüzləşmə dərəcəsinə posanın miqdarı və maye metalın qarışdırılma intensivliyinin təsiri öyrənilib. Təcrübələrdə həmçinin, Takadanın (Yaponiya) tədqiqatları ilə müqayisəli məlumatlar təqdim olunub.



Şəkil 1. Posanın miqdarının və tərkibinin kükürdsüzləşmə dərəcəsinə təsiri:

1 – 0,5%CaC₂ + 0,5%CaF₂; 2 – 0,5%CaC₂ + 0,5%CaCl₂;

3 – 0,5%CaC₂; 4 – 2,5%CaF₂; 5 – 2,5%CaCl₂;

6 – 2,25%CaO+0,25%CaCl₂; 7 – 0,53%CaO + 1,07%CaCl₂; 8 – 8,3%CaO + 16,7%CaCl₂; 9 – Takadanın məlumatları üzrə

Alınmış nəticələr onu göstərir ki, 1,6% posanın oturdulması yüksək kükürdsüzləşməni və bir qədər də fosforsuzlaşmanı təmin edir. Habelə, qarışdırma da kükürdsüzləşməni sürətləndirir və metalın dərin kükürdsüzləşməsini daha tez təmin etməyə imkan verir. Bununla yanaşı, CaO ovuntusuna 10% CaCl₂ əlavə edildikdə posanın istifadə əmsalının xeyli artırması faktı da diqqəti cəlb edir. Fosforsuzlaşdırmanın başlanğıc sürəti, metalda fosforun konsentrasiyasına təxminən mütənasibdir. Fosforsuzlaşdırma reaksiyasının sürət əmsalı K_p aşağıdakı tənliklə təyin olunur:

$$n_p = K_p(A/V)[\%P](W/M_p), \quad (1)$$

burada A – posa-metal fazalararası səthin sahəsi, sm²; V – metalın həcmi, sm³; K_p – sürət əmsalı, sm/s; n_p – başlanğıc sürətin qiyməti, mol/s.

Bu qiymətlər fosforsuzlaşdırma ayrılmasının xətti sahələrində alınmışdır. Aşağıda kükürdsüzləşdirmə sürətinin eksperimental və müxtəlif oksidləşdiricilər üçün qiymətləri verilmişdir (cədv. 1).

Cədvəl 1. Kükürdsüzləşdirmə sürətinin müxtəlif oksidləşdiricilər üçün eksperimental 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

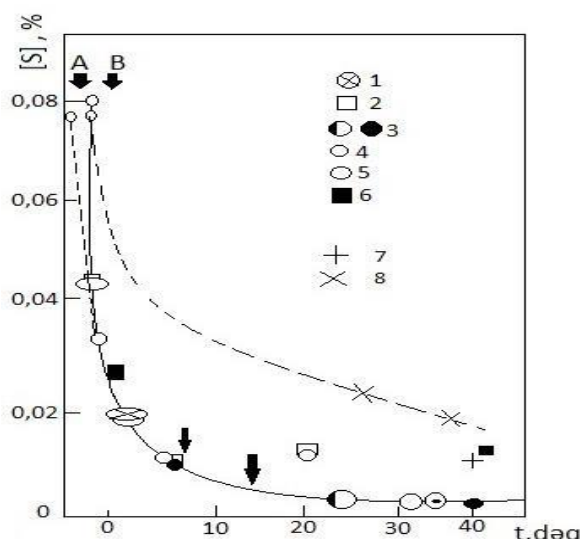
Metodologiya. Kükürdsüzləşmənin sürəti, oksidləşdiricilərin sürəti (ξ_i) kimi həmin sırada yerləşir. Onlar, gözləniləndiyi kimi, oksidləşdiriciyə xas olan oksidləşdiricilik qabiliyyətini səviyyələndirən, onun standart elektrod potensialının E_i dəyişmələrini göstərir. 1550-1600°C temperatur intervalında CaO–SiO₂–FeO sistemli posalarda Kavainin əməkdaşları ilə birlikdə [2] aldığı fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları da analoji şəkildə hesablanmışdır.

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

ilə posa üçün fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı $3 \cdot 10^{-3}$ sm/s, $\text{CaO/SiO}_2 = 1,7$ (35% CaO, 33% Fe_{üm}) ilə, posa üçün isə fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı $42 \cdot 10^{-3}$ sm/s təşkil etmişdir. Analoji göstəricilər barədə [3] işin müəllifləri məlumat vermişlər. Reaksiya sürətinin əmsalları temperaturun, CaO konsentrasiyasının və oksidləşdiricinin böyüməsi ilə artır.

Bizim tədqiqatlarda aldığımız fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları bəzi işlərdə [3,4] alınmış məlumatlarla müqayisədə 5 dəfə böyükdür. Fərz etmək olar ki, onların tədqiq etdiyi ərinti – posa sistemində oksigen potensialının (K_p) daha yüksək qiymətləri bunun əsas səbəbi olmuşdur.

Vaxtdan asılı olaraq kükürdün konsentrasiyasının dəyişməsi şəkil 2-də verilmişdir. Göründüyü kimi reaksiyanın sürət əmsalı K_s kükürd və əhəngin başlanğıc konsentrasiyalarının və posanın miqdarının artması, habelə maye metal–posa fazalararası səthdə PO₂-nin azalması ilə yüksəlir.



Şəkil 2. 1350°C-də kükürdsüzləşməyə posanın tərkibinin təsiri:

1 – 20CaO - 70CaCl₂ - 10MnO; 2 – 30CaO - 60CaCl₂ - 10MnO;

3 – 33,3CaO - 66,7CaCl₂ (15 və ya 5q MnO₂);

4 – 28,3CaO - 66,7CaCl₂ - 5SiO₂ (15 və ya 5q MnO₂);

5 – 33,3CaO - 66,7CaCl₂ [5q Fe₃(SO₄)₃]; 6 – 33,3CaO - 66,7CaCl₂ (5q CaSO₄);

7 – 33,3Na₂CO₃ - 66,7CaCl₂ (5q MnO₂); 8 – 33,3Na₂CO₃ - 66,7MgF₂ (5qMnO₂)

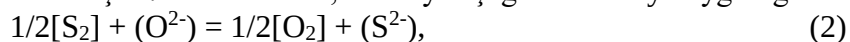
33,3 CaO-66,7CaCl₂ tərkibli posada K_s əmsalının qiyməti $9 \cdot 10^{-3}$ sm/s təşkil edir. Bu, qarışdırma olmadıqda, CO-nun ayrılması hesabına baş vermişdir. Lakin qarışdırma olduqda, K_s əmsalı $43 \cdot 10^{-3}$ sm/s təşkil edir.

Yekun fikirlər. Əsasi metallurji posa ilə karbonla doyurulmuş çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üzrə eksperimentlərdə 1550-1600°C temperaturalarda K_s-in aşağıdakı qiymətləri alınmışdır: qarışdırma olmadıqda $0,2 \rightarrow 16^{-3}$ [4], məcburi qarışdırma şəraitlərində $75 \cdot 10^{-3}$ [5]; çuqun damcısının posa qabı vasitəsilə keçməsinə 40.10⁻³ [6]; metala silisium verdikdə 50.10⁻³ [7].

Buradan nəticə çıxarmaq olar ki, CaO və CaCl₂-dən ibarət olan posa ilə kükürdsüzləşmə sürəti, əsasi metallurji posa ilə təmin olunan sürəti xeyli üstələyir.

Fosforsuzlaşmadan fərqli olaraq, kükürdsüzləşdirmədə oksidləşdiricinin əlavə edilməsi prosesin sürətinin dəyişmələrinə gətirməmişdir. MgO-nun əlavə edilməsi ilə özlülüyün artması və Al₂O₃-un əlavə edilməsi ilə azalmasına baxmayaraq, kükürdsüzləşmə sürəti praktiki olaraq sabit qalmışdır ($23-26 \cdot 10^{-3}$ sm/s). Metal kütləsinin ¼-nə bərabər posanın kifayət qədər böyük miqdarında, hətta sulfatın oturdulması kükürdsüzləşmə sürətinə əhəmiyyətli təsir göstərməmişdir.

Mayələrin kükürdsüzləşdiricilik qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün Finç və Riçardson [8] sulfid həcmi deyilən anlayış daxil etmişlər. Fərz edilir ki, reaksiya aşağıdakı tənliyə uyğun gedir:



burada sulfid həcmi

$$C_s = (P_{O_2}/P_{S_2})(\%S^{2-}). \quad (3)$$

Çuqunun kükürdsüzləşmə proseslərinə baxılan zaman, (3) tənliyinə $1/2[O_2] = [O]$ və $1/2[S_2] = [S]$ nisbətlərini daxil edərək, alırıq:

$$C_s = (R_s/R_o)(1/f_s)L_s^{a_0}, \quad (4)$$

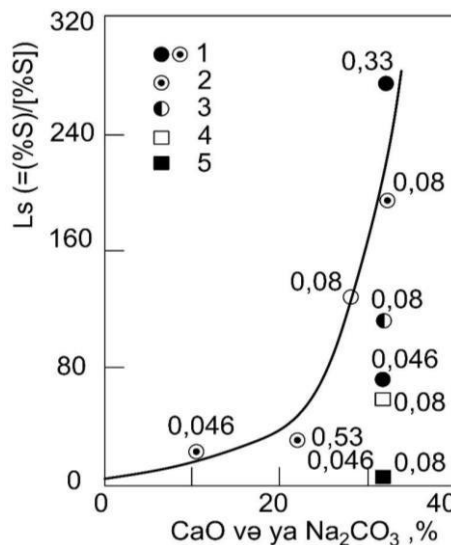
$$L_s = (\%S)/[\%S] = (P_{O_2}/P_{S_2})(C_s f_s/a), \quad (5)$$

burada R_o və R_s – uyğun olaraq $1/2[O_2] = [O]$ və $1/2[S_2] = [S]$ reaksiyalarının tarazlıq sabitləridir.

Posa-metal fazalararası səthdə oksigen potensialının artmasında kükürdün paylanma əmsalı L_s CaO-nun sabit konsentrasiyasında azalır, bu isə kükürdsüzləşməni çətinləşdirir. Şəkil 3də kükürdün paylanma əmsalı və CaO və ya Na_2CO_3 -nun konsentrasiyası arasında qarşılıqlı əlaqə təqdim olunmuşdur. Buradan görünür ki, L_s -in qiymətləri CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə böyüyür.

Bu halda böyümə sürəti 25% CaO-da kəskin artır, 33,3% CaO və 66,7% CaCl_2 -dən ibarət olan posa üçün paylanma əmsalı 100-300 hədlərindədir. (4) tənliyinə uyğun olaraq, kükürdün paylanma əmsalı sulfid həcmi C_s , həm də oksigen potensialından P_{O_2} asılıdır. Məsələn, posaya hər hansı bir oksidləşdiricini daxil etmədən, eksperimentlərdən alınmış L_s -in qiyməti xüsusən böyük olmuşdur və 2000-ni üstələmişdir.

Qəbul etsək ki, şəkil 3-də təqdim olunan nəticələr tarazdırlar, onda CaO- CaCl_2 posasının sulfid həcmi qiymətləndirək.



Şəkil 3. 1350°C-də kükürdün paylanma əmsalı:

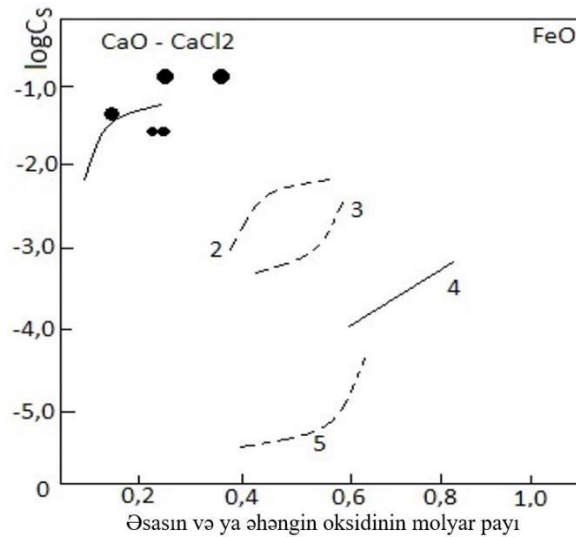
1 – CaO - CaCl_2 (0,8-1,0%Mn); 2 – CaO - CaCl_2 - SiO_2 ;
3 – CaO - CaCl_2 (4-11%Mn); 4 – Na_2CO_3 - CaCl_2 ; 5 – Na_2CO_3 - MgF_2

Müzakirələr. Posa-metal fazalararası səthdə oksidləşdirici potensial 10 eksperimentin gedişində manqanın metal fazada və posada konsentrasiyasına görə ölçmələrlə təxmini təyin olunmuşdur.

Bu halda MnO_2 -nin miqdarı rentgenspektral analiz vasitəsilə müəyyən edilmişdir.

Posa-metal səthində P_{O_2} -nin qiymətini isə $(\text{MnO}_2) = [\% \text{Mn}] + [\text{O}_2]$ tarazlığına görə hesablayırıq. 1350°C-də CaO və CaCl_2 -dən ibarət posaların alınmış sulfid həcmi şəkil 4-də təqdim olunmuşdur. Belə ki, sulfid həcmi 10 dəqiqə saxlamadan sonra qərarlaşan, yəni əməli olaraq stasionar hala cavab verən şəraitdə, metalda kükürdün konsentrasiyasına görə hesablanmışdır.

Şəkil 4-də müqayisə üçün CaF_2 və digər posa sistemləri üçün C_s -in qiymətləri göstərilmişdir [9]. Təqdim olunmuş məlumatlar göstərir ki, CaO – CaF_2 və CaO – CaCl_2 sistemləri, hətta CaO-nun aşağı konsentrasiyasında da çox yüksək sulfid həcmə malik olur.



Şəkil 4. Müxtəlif posaların sulfid həcmələrinin müqayisəsi:

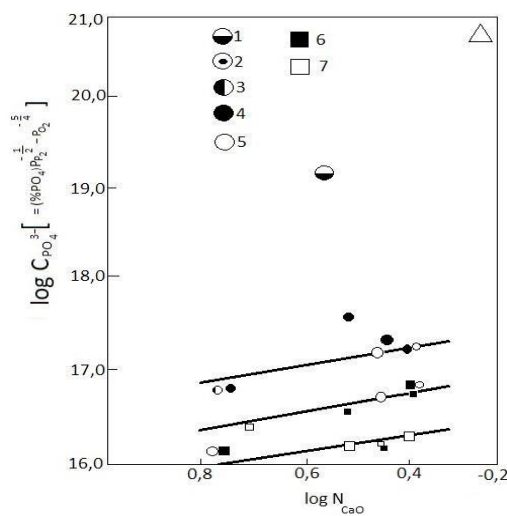
1- CaO - CaF₂; 2- CaO - Al₂O₃ - CaF₂; 3- MnO - SiO₂;
4- CaO - Al₂O₃; 5- CaO - SiO₂

Vaqner [10] $1/2[P_2] + 5/4[O_2] + 3/2(O^{2-}) = PO_4^{3-}$ reaksiyası üçün fosfat həcmi aşağıdakı tənliyin köməyi ilə təyin etmişdir:

$$CPO_4^{3-} = (\%PO_4^{3-})PP_2^{-1/2}PO_2^{-5/4} \quad (6)$$

Şəkil 5-də CaO-nun konsentrasiyasından asılı olaraq müxtəlif posaların fosfat həcmi təqdim olunmuşdur. Bu məlumatlar CaO-SiO₂-FeO sistemi posalarının köməyi ilə metalın fosforsuzlaşması və refosforlaşması proseslərinin tədqiqi nəticəsində alınmışdır. O, 10^{16} - 10^{18} hədlərində ölçülür. Eksperimental məlumatlar çox böyük səpələnməyə malik olsalar da, temperaturun azalması və NCaO artması ilə posaların fosfat həcmi artırması aydın izlənilir.

Şəkil 5-də Δ işarəsi ilə polad və CaO-CaF₂-Na₂B₄O₇ tərkibli posa arasında fosforun taraz paylanması şərtinə görə hesablanmış fosfat həcmi dəyişməsi göstərilmişdir. Bu göstərici əsasi marten posası ilə müqayisədə 10^3 dəfə böyük alınır.



Şəkil 5. Müxtəlif posaların fosfat həcmi müqayisəsi:

1 – Ca - CaCl₂, 1250°C; 2 – CaO - CaF₂ - Na₂B₄O₇, 1600°C;
3-7 – CaO - FeO - SiO₂ uyğun olaraq, aşağıdakı temperaturlarda, °C:
1540; 1570; 1595; 1640; 1680

20% CaO və 80% CaCl₂-dən ibarət posa və maye metal arasında fosforun müntəzəm paylanması şərtinə görə hesablanmış fosfat həcmi də həmin qrafikdə verilmişdir. Burada da fosfat həcmi CaO, SiO₂ və FeO-dan ibarət olan posa üçlüyünə nisbətən təxminən 10 dəfə yüksəkdir.

Şəkil 5-də göstəriləndiyi kimi, 20% CaO və 80% CaCl₂-dən ibarət posanın 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.

Beləliklə, maye metal və posa sistemində baş verən elektrokimyəvi proseslər əsasında eyni vaxtda çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmasına nail olmaq mümkündür.

Göstərilmişdir ki, çuqunun eyni vaxtda kükürdsüzləşdirilməsi və fosforsuzlaşdırılması, dəmir və manqan ionlarının bərpası kimi katod reaksiyalarının vəhdəti ilə mümkündür.

Müəyyən olunmuşdur ki, CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə yaranan posanın özlülüyünün yüksəlməsi Al₂O₃ və SiO₂-nin aşqarları hesabına kompensasiya oluna bilər. CaO-CaCl₂ sistemi posalarının fosfat və sulfid həcmi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bu göstəricilər adi posalarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. CaO-CaCl₂ sistemi posaları çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə tətbiq etməklə, struktur və xassələri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmaq olar.

Nəticə. Müəyyən olunmuşdur ki, CaO və CaCl₂-dən ibarət olan posa çox yüksək sulfid və fosfat tutumuna malikdir. Belə posanın özlülüüyü olduqca azdır və suyun özlülüyünə yaxındır ki, bu da reaksiyaların sürətlə getməsinə təmin edir. Belə posanın sulfid və fosfat tutumu CaO-nun konsentrasiyası artdıqca yüksəlir. Təklif olunan CaO–CaCl₂ tipli yeni posa sistemi çuqunəritmə posasının miqdarını minimuma endirməyə imkan verir ki, nəticədə də belə posa ətraf mühitin mühafizəsi, həm də enerji məsrəflərinin azaldılmasına şərait yaradır.

Təyin olunmuşdur ki, səmərəli fosforsuzlaşdırma aparmaq üçün maye çuqunda silisiumun miqdarı minimum olmalıdır. Tərkibində 30%-dən çox CaO olan maye posaya SiO₂-nin oturdulması posanın özlülüyünü bir az da aşağı salır, azacıq Al₂O₃-ün oturdulması da analoji təsir göstərir. CaO-nun aşağı konsentrasiyasında posada oksidləşdiricinin miqdarını azaltdıqda, refosforsuzlaşma müşahidə olunur.

Maye metal və posa sistemində baş verən elektrokimyəvi proseslər əsasında eyni vaxtda çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmasına nail olmaq mümkündür. Çuqunun eyni vaxtda kükürdsüzləşdirilməsi və fosforsuzlaşdırılması, dəmir və manqan ionlarının bərpası kimi katod reaksiyalarının vəhdəti ilə mümkündür. Müəyyən olunmuşdur ki, CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə yaranan posanın özlülüyünün yüksəlməsi Al₂O₃ və SiO₂-nin aşqarları hesabına kompensasiya oluna bilər.

CaO-CaCl₂ sistemi posalarının fosfat və sulfid həcmi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bu göstəricilər adi posalarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. CaO-CaCl₂ sistemi posaları çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə tətbiq etməklə, struktur və xassələri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmaq olar.

İstinadlar

1. Takada, S., Nakanishi, K., Nakamura, H., & Ejima, A. (2017). Tetsuto-Hafane, 63, 118.
2. Kawai, Y., Doi, S., & Mori, K. (2017). Ibid, 63, 391.
3. Aratani, F., & Sanbongi, K. (2012). Ibid, 58, 1217.
4. Ashizuka, M., & Ontani, M. (2015). Senken İno, 31, 71.
5. Chang, L., & Çoldman, K. M. (2018). Traus AIME, 176, 309.
6. İshil, K., Kishimoto, S., & Yoshii, C. (2011). Proceeding ICSTIS, Suppe, Traus ISIJ, 11, 506.
7. Frohberg, N. C., Nilas, A., & Kapper, M. L. (2011). Ibid, 11, 495.
8. Fincham, C. J. B., & Richardson, F. D. (2014). Proc. R. Soc. A, 233, 40.
9. Abrahani, K. P., & Richardson, F. D. (2020). JISI, 196, 313.
10. Wagner, C. (2015). Met. Traus, 613, 405.

References

1. Takada, S., Nakanishi, K., Nakamura, H., & Ejima, A. (2017). Tetsuto-Hafane, 63, 118
2. Kawai, Y., Doi, S., & Mori, K. (2017). Ibid, 63, 391
3. Aratani, F., & Sanbongi, K. (2012). Ibid, 58, 1217
4. Ashizuka, M., & Ontani, M. (2015). Senken İno, 31, 71
5. Chang, L., & Çoldman, K. M. (2018). Traus AIME, 176, 309
6. İshil, K., Kishimoto, S., & Yoshii, C. (2011). Proceeding ICSTIS, Suppe, Traus ISIJ, 11, 506
7. Frohberg, N. C., Nilas, A., & Kapper, M. L. (2011). Ibid, 11, 495
8. Fincham, C. J. B., & Richardson, F. D. (2014). Proc. R. Soc. A, 233, 40 9. Abrahani, K. P., & Richardson, F. D. (2020). JISI, 196, 313 10. Wagner, C. (2015). Met. Traus, 613, 405.

Məqaləyə istinad: Həsənli, R. K. (2025). Posanın miqdarı və qarışdırma intensivliyinin çuqunun saflaşdırılmasına təsirinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 83-89

For citation: Hasanli, R. K. (2025). Investigation of the influence of the amount of pitch and the intensity of mixing on the refining of cast. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 83-89

Redaksiyaya daxil olma/Received 16.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.12.2024