

ÇUQUNUN SAFLAŞDIRILMA PROSESİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASI

Ramiz Kamandar oğlu Həsənli

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

INCREASING PROCESS EFFICIENCY CAST IRON REFINING

Ramiz Kamandar Hasanli

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: ramiz.hesenli@aztu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0008-8384-9996>

Abstract. The efficiency of the process of out-of-furnace refining of liquid cast iron by blowing powder impurities has been studied. Studies have shown that the most effective purifier for cast iron desulfurization is a mixture of 59% CaC_2 , 26% CaCO_3 and 15% C. It has been found that when a finely ground slurry of lime is blown into the liquid metal to provide a large interfacial area, the fluidity of the slurry deteriorates. It was determined that the temperature drop of cast iron during processing with lime mixtures increased almost twice compared to the application of carbide mixtures. However, this deficiency was eliminated by adding a surfactant to the lime scrub. Studies have shown that the unfavorable shape of the mixer-chamber does not appreciably affect the mixing results in stable zones. Blowing carbide and lime mixtures into the mixer-cauldron increases the mixing effect by 2-3 times compared to the ordinary cauldron.

Keywords: cast iron, injection metallurgy, powder, refining, efficiency.

© 2024 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş. Metal və ərintilərə, xüsusilə də çuqunlara tələbatın günü-gündən artması injeksiyon metallurjiyanın imkanlarından istifadəni ön plana çəkir. Bu kontekstdə ovuntu qatışıqları üfurməklə maye çuqunun sobadankənar saflaşdırılmasının həyata keçirilməsi çox səmərəli hesab oluna bilər.

Aldığımız nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üçün ən səmərəlisi 59% CaC_2 , 26% CaCO_3 və 15% C-dan ibarət olan qarışıqdır. Belə olan halda aydındır ki, 60%($\text{CaO}+X$) +25% CaCO_3 +15%C tərkibli qarışıq da çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üçün yaxşı nəticələr verə bilər. Burada X əlavədir, CaCO_3 və C isə CO-nun ayrılmasına səbəb olur ki, nəticədə də çuqunun qarışdırılmasına kömək edir. Bu, öz növbəsində metalın güzgüsü üzərində reduksiyaedici atmosfer yaradır.

Əhəngin səthində maye fazanın yaranması hesabına kükürdsüzləşmə reaksiyasının sürətləndirilməsi üçün yararlı X əlavəsinin seçilməsi üçün laboratoriya təcrübələri aparılmışdır. $1350 \pm 20^\circ\text{C}$ temperaturda qrafit putada olan 5 kq maye çuquna əhəng və X əlavəsinin ovuntu qarışığı daxil edilmişdir. 1kq çuquna 3q CaO əlavə etdikdə sürət tənliyinin [1] istifadəsi ilə eksperimental məlumatların emalı, kükürdsüzləşmə sürəti sabitinin (K) aşağıdakı qiymətlərini vermişdir, 10^{-4} %/dəq:

$$0,3(\text{CaO}); 2,5(95\% \text{CaO} \text{ və } 5\% \text{CaF}_2);$$

$$2,0(95\% \text{CaO} \text{ və } 5\% \text{Na}_3\text{AlF}_6); 1,2(90\% \text{CaO} \text{ və } 10\% \text{Na}_2\text{CO}_3).$$

Beləliklə, ilkin başlanğıc təcrübələr üçün 55CaO-5CaF₂-25CaCO₃-15C tərkibindən ibarət olan qarışıq seçilmişdir.

Fərz etdik ki, əhəng ovuntusunun pis axıcılığında ATH qurğusunda qarışığın üfürülməsi üçün istifadə olunan qaz/ovuntu nisbətini (l/kq) aşağı həddindən üfurmə zamanı sistemin tutulması baş verə bilər. Əgər böyük fazalararası səth təmin etmək üçün prosesdə əhəngin incə döyülmüş ovuntusunu üfürsək, onda ovuntunun axıcılığı pisləşər. Lakin bu çatışmazlığı əhəng ovuntusuna hər hansı bir səthi aktiv maddə əlavə etməklə aradan qaldırmaq olar. Bu, ölçüsü 20 mm olan əhəng ovuntusunun təbii düşmə bucağını 46-dan 35°-yə endirir, ovuntunu psevdaxıcı və üfurmə üçün əlverişli edir.

Ekspərimətlərin metodikası. “Velko” metodu [2] ilə müqayisədə bu işdə üfurmə şəraiti təbii qazın əvəzinə, azotun daşıyıcı qaz kimi tətbiqlə və qaz/ovuntu nisbətini xeyli kiçik qiyməti ilə səciyyələyir (cədvəl 1).

Kükürdsüzləşmə məqsədilə ovuntu materialların üfürülməsi üzrə nəticələrin müqayisəsi

Üfürmə şəraitləri	Eksperimentlərin nəticələri	“Xyoş” zavodunun məlumatları
Kükürdsüzləşdirici	CaO, CaCO ₃ , CaF ₂ , C və səthi aktiv maddə	CaO
Çalovda çuqunun kütləsi, t	5-10	15
Daşıyıcı qazın sərfi, l/(t.dəq)	5 (azot)	28 (təbii qaz)
Üfürmənin intensivliyi, kq/(t.dəq)	0,5	0,5
Qaz/ovuntu nisbəti, l/kq	10	56
Furmanın maillik bucağı	60-70	90

Metal vannasının qarışdırılması CaCO₃-ün parçalanması nəticəsində, başlıca olaraq CO qazı ilə həyata keçirilir. Əhəng qarışığında olan qrafit ovuntusu ilə reduksiyaedici mühit saxlanılır. Üfürmənin optimal şəraitlərini təmin etmək məqsədi ilə əhəng ovuntusunun dənələrinin müxtəlif ölçülərilə və qarışığa CaF₂, C və CaCO₃ verməklə tərəfimizdən çoxsaylı eksperimentlər aparılmışdır.

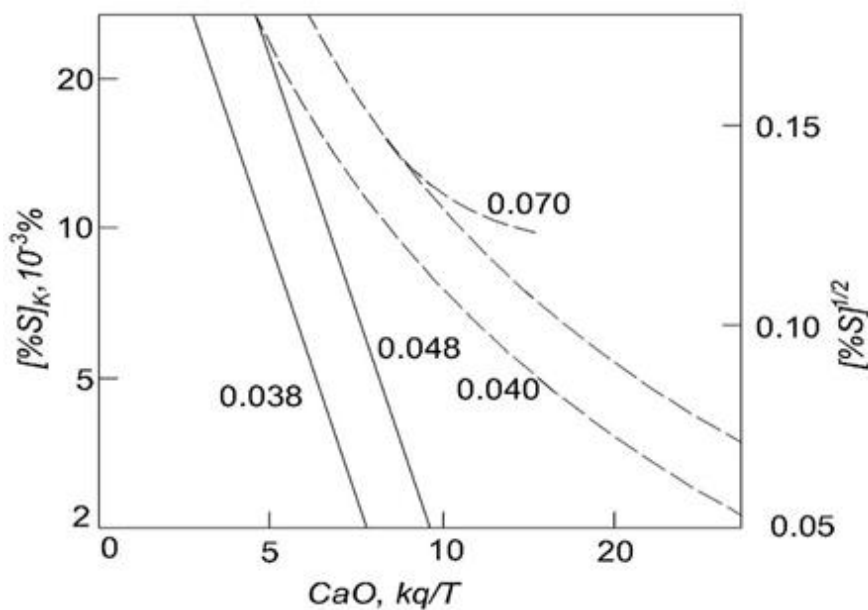
Eksperimentlər zamanı vaxtdan asılı olaraq [S] dəyişməsi, üfürmə nəticəsində temperaturun azalması, posa ilə metalın itirilməsi, habelə, çuqunun çalova nəql edilməsində baş verən rekükürdləşmə təyin edilmişdir.

Qarışdırma əməliyyatı 1:8,4 miqyasında sulu modeldə, həm də sənaye şəraitində yerinə yetirilmişdir. Çalovda qazla qarışdırma üzrə təcrübələr sulu modeldə aparılmışdır.

Modeldəki eksperimentlərdə t_{qar} təyini KCl-un indikator kimi tətbiqi ilə, elektrik keçiriciliyinin ölçülməsi ilə həyata keçirdik. Sənaye ərintilərində indikator kimi 1,6÷4,0 kq misin əlavə olunması üçün lazım olan vaxt 15-20 san olmuşdur.

Oturmadan sonra birinci 5 dəqiqə ərzində nümunələrin götürülmə intervalı 20 saniyə təşkil etmişdir. Beləliklə, maye çuqun vannasında indikatorun (burulmuş mis məftil) həllolma vaxtı 2 saniyədən az, ölçmə xətası isə ± 10 saniyə təşkil etmişdir.

Kükürdsüzləşmə. Əhəngin sərfindən asılı olaraq, kükürdün konsentrasiyasının kükürdsüzləşmə aparıldıqdan sonra azalması şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Əhənglə kükürdsüzləşdirmədə $[\%S]^{1/2}$ və kükürdün minimal qiymətlərinin asılılığı. Oyrilərdə rəqəmlər kükürdün minimal miqdarıdır: — - bizim nəticələrimiz; - - - - - zavod məlumatları

Əhəngin sərfinin və onun səmərəli istifadə əmsalının η_{CaO} hesablanması üçün fərz edilir ki, üzüb-çıxma zamanı vannada CaCO₃-ün tam parçalanması baş verir və parçalanma məhsulunun CaO

kükürdsüzləşdirici potensialı təzə hazırlanmışa ekvivalentdir. Kükürdsüzləşdirmədən sonra $[\%S]^{1/2}$ qiyməti əhəngin sərfinə mütənasib olaraq azalır ki, bu da nəzəri müddələri təsdiqləyir.

Bu işin $[S]_0 = 0,040\%$ və "Velko" metodu ilə $[S]_0 = 0,041\%$ -də nəticələrinin müqayisəsi, xüsusən kükürdün $0,01\%$ civarında aşağı konsentrasiyaları sayəsində, bizim nəticələrin daha səmərəli olmasını göstərir. Bu işdə η_{CaO} qiyməti "Velko" metodunun $5,6\%$ qiyməti ilə müqayisədə $10,1\%$ təşkil etmişdir. Burada η_{CaO} - CaO-nun istifadə səmərəliliyidir.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, əhəngin 7-9 kq/t sərfində maye çuqunda kükürdün ifrat aşağı konsentrasiyası ($0,002\%$) əldə olunur.

Qarışıqda C və CaF_2 miqdarını dəyişməklə üfurmə üzrə eksperimentlərin aparılmasında müəyyən olunmuşdur ki, onlardan hər biri 1% əlavə edildikdə, η_{CaO} qiymətini artırır.

Bizim və "Velko" metodunun η_{CaO} qiymətləri arasındakı $4,5\%$ fərqdən 2% -i qarışıqda C və CaF_2 -nin oturdulması hesabına, qalan $2,5\%$ -i isə əhəng ovuntusunun dənələrinin və üfurmə metodunun müxtəlifliyinə aid etmək olar.

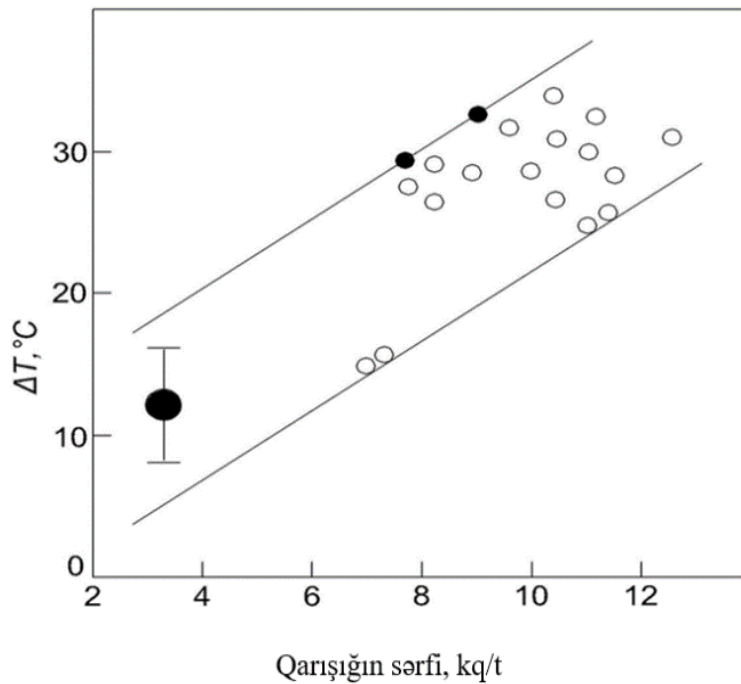
Həm də müəyyən olunmuşdur ki, əhəng qarışıqları ilə emal zamanı çuqunun temperaturunun düşməsi karbid qarışıqlarının tətbiqilə müqayisədə təxminən iki dəfə artmışdır (şəkil 2).

Kükürdün miqdarının intensiv azalmasını əldə etmək üçün əhəngli qarışıqların sərfinin artırılması karbid qarışıqlarının istifadəsində olduğu kimidir. Son posada metal toplantılarının aşağı miqdarda olması nəticə çıxarmağa imkan vermişdir ki, posa ilə metalın itirilməsi artmır.

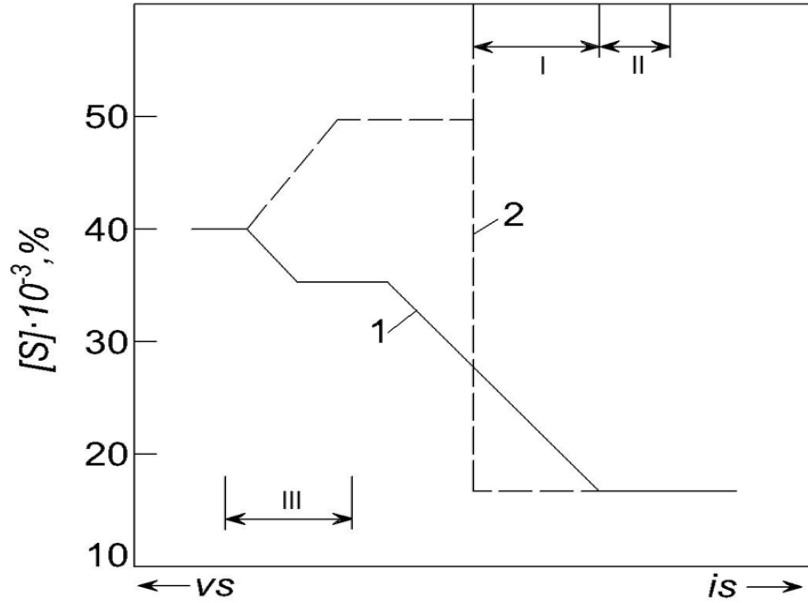
Şəkil 3-dən görünür ki, vaqranka çuqununun tərkibində kükürdün miqdarı $0,04\%$ olduqda, induksiya sobasında təkrar əridildikdə və kalsium-karbid və əhəng qarışığı ilə emal edildikdə $S=0,015\%$ təşkil edir.

$0,1\%$ rekükürdləşmədə karbidlə emalda $0,003\%$ kükürdsüzləşməyə əhənglə emalda çuqunu sobadan mikser çalovuna buraxdıqda, əhəng əsasında qarışıqların emalının müsbət cəhətlərindən biridir. Bundan başqa, çuqunun $0,002\%$ -ə qədər kükürdsüzləşməsi karbidlə emal olunmuş metalda və onun mikser çalovundan boşaltma çalovuna təkrar tökülməsində müşahidə olunur.

Qazın çalova üfürülmə intensivliyinin qarışdırma intensivliyinə təsirini sulu modeldə 95% -li qarışdırma üçün lazım olan vaxta $t_{ök}$ görə öyrəndik (şəkil 4).



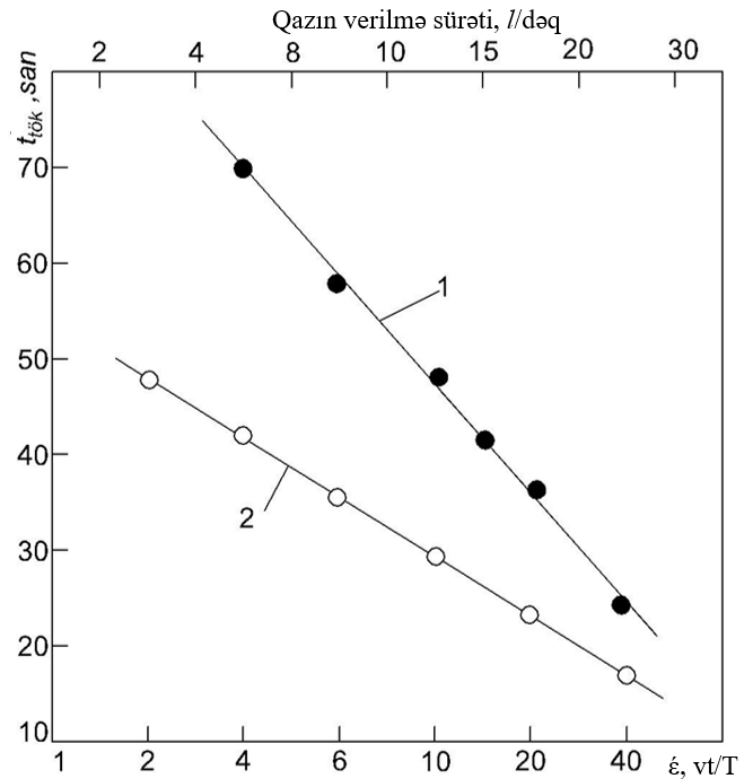
Şəkil 2. Ovuntuyabənzər əhəng (o) və karbidlə (●) üfurmə zamanı çuqunun temperaturunun düşməsi



Şəkil 3. Çuqunun mikser və adi çalova tökülməsi zamanı karbidlə emalda baş verən kükürdsüzləşmə (VS – vaqranka sobası; İS – induksiya sobası): I – kükürdsüzləşmə; II – tökmə çalovuna boşaltma; III – mikser çalovuna buraxma; 1 – əhəng; 2 – karbid

Bu təcrübələrdə posanı diametri 10 mm və sıxlığı $0,91 \text{ q/sm}^3$ olan polietilen kürəciklərin ikiqat qatı ilə modelləşdirdik. Qarışdırmanın xüsusi enerjisini (ϵ) isə aşağıdakı düsturla hesabladıq:

$$\epsilon = 854QT \log P/w. \quad (1)$$



Şəkil 4. Qarışdırmağa sərf olunan enerjinin vannanın tam qarışdırılmasına lazım olan vaxtdan asılılığı ($t_{\text{tök}}$):

$$1 - t_{\text{tök}} = 58 \epsilon^{-0,42}; 2 - t_{\text{tök}} = 100 \epsilon^{-0,31}$$

● – posa ilə ○ – posasız

(1) tənliyindən alınan kəmiyyət bu düsturla hesablanmış kəmiyyətin yarısını təşkil edir [3]. Bu, həmin işdə qazın genişlənmə enerjisinin nəzərə alınmaması ucbatından baş vermişdir. Lakin, belə fərqlilik xüsusi enerjinin ϵ dərəcə göstəricisi n -nin təyininə təsir etmir.

Şəkil 4-dən görünür ki, posasız eksperimentlərlə təyin etdiyimiz $n = -0,31$ kəmiyyəti, qəbul olunmuş nəzəri ($n = -0,33$) qiyməti ilə yaxşı uzlaşır [4]. Qeyd etmək lazımdır ki, Laxner də posanı nəzərə almamışdır. Posanı modelləşdirdikdə alınan $n = -0,42$ kəmiyyəti $n = -0,40$ qiymətilə qismən uyğundur. Bu qiymət posanın iştirakı ilə təcrübi sənaye ərintilərində alınan qiymətlərə yaxındır.

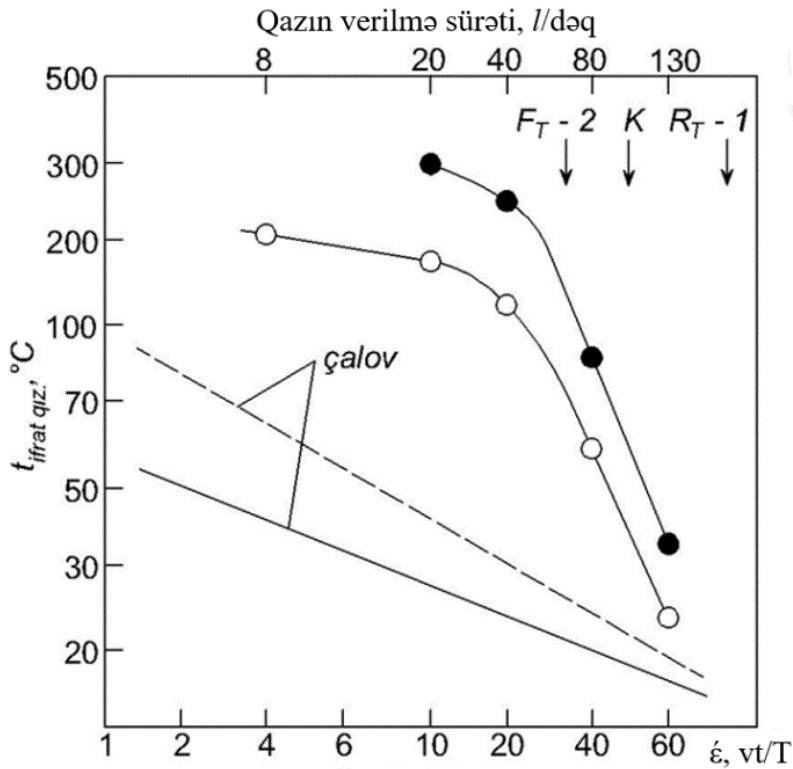
Posanın modelləşdirilməsi, həm də onsuz mikser tipli çalovda sulu model üçün $t_{\text{ök}}$ və ϵ arasındakı nisbətərlər şəkil 5-də çalovda qazla qarışdırmaqla metal üçün analoji məlumatlarla tutuşdurmaqla verilmişdir.

Polimer indikatorun cərənlərinin daxil edilməsində sulu şırnağın davranışının müşahidəsi, mikser çalovunun hər iki sonlarında dayanmış sahələrinin mövcudluğu nəticəsində ϵ kiçik qiymətləri sahəsində kifayət qədər zəif qarışdırma göstərmişdir. O halda ki, furmadan axan əsas su şırnağı, qazın sürətinin böyüməsi hesabına bu dayanmış sahələrin zonasına çatır. Onda ϵ -un artması ilə $t_{\text{ök}}$ kifayət qədər tez azalmağa başlayır.

Şəkil 6-da göstərilirdiyi kimi, $t_{\text{ök}}$ -nin kəskin azalması səth şırnağının sürətinin artması ilə yaxşı uyğunlaşır. Bu, posa ilə örtülməmiş metal güzgüsündə üfüqi ox üzrə çıxan qabarcıqlar zonasının uzunluğu L kimi təyin olunur.

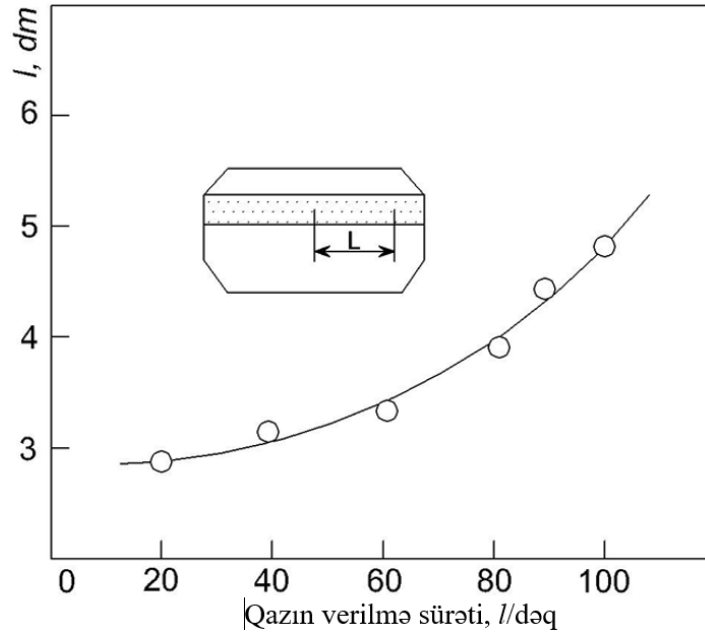
Eksperimentlərin nəticələri göstərir ki, t_{qar} kəmiyyətinin təyində əsas rol mikser çalovda əritmənin əsas kütləsinin sirkulyasiyası oynayır. Aydındır ki, hesabatda yalnız vannanın sirkulyasiyasına səbəb olan ağırlıq qüvvəsi daxil olunur. Mikser çalovunda $\epsilon \geq 40 \text{ vt}/T$ sahəsində t_{qar} kəmiyyəti adi çalova nisbətən böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu ona dəlalət edir ki, hətta, vannanın sirkulyasiyası halında da mikser çalovunda yavaşdılmış qarışdırma yaxşılaşır.

Fərz etdiyimiz kimi, sənaye mikser çalovunun modelləşdirmə şəraitləri bir-birindən fərqlənir. Bu, şəkil 5-də aşağıya istiqamətlənmiş oxlarla göstərilmişdir. Aydındır ki, mikser çalovunun formasının qarışdırma xarakterinə təsirinin qiymətləndirilməsi zavod təcrübələrindən sonra aparılmalıdır.



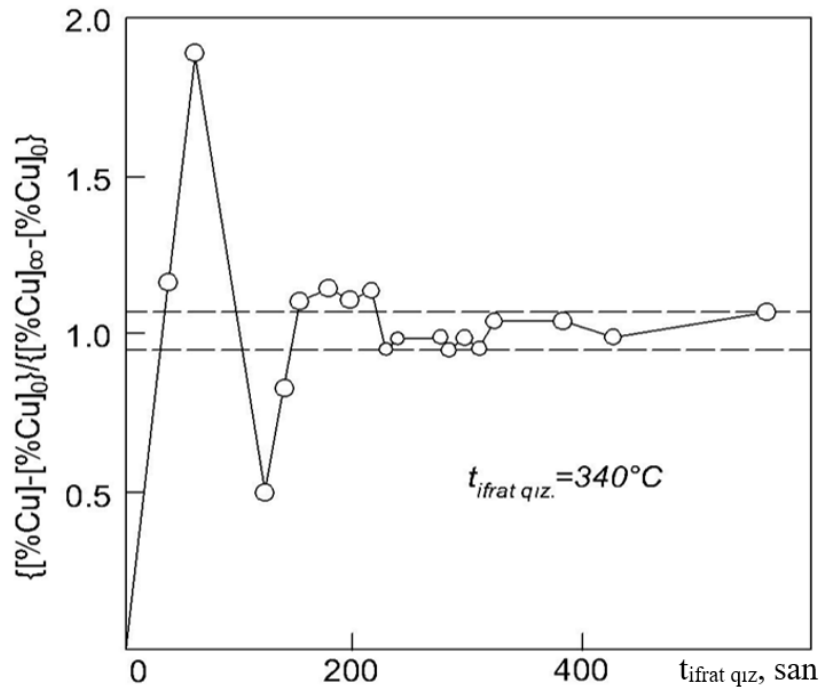
Şəkil 5. Sərf olunan enerjinin ϵ funksiyası kimi vannanın qarışdırılma vaxtı, t :

● – posa ilə; ○ – posasız



Şəkil 6. Mikser çalovuna qazın üfürülməsində qabarcıqlarla xırdalanmış vannanın səthinin uzunluğu (L)

Şəkil 7-də mis indikator istifadə etməklə t_{qar} -ın sənaye ölçmələrinin nəticələri göstərilmişdir.



Şəkil 7. Mikser çalovunda vannanın tam qarışdırılması üçün tələb olunan vaxtın mis indikatoru vasitəsilə təyini

t_{qar} -ın müşahidə etdiyimiz qiymətləri [5] işlərindən gözlədiyimiz aşağıdakı empirik tənliklə hesablanan qiymətlərdən yüksək olmuşdur:

$$t_{qar} = 800 \epsilon^{-0.4}. \quad (2)$$

Qiymətlərdəki uyğunsuzluq qarışdırma üçün optimal sayılmayan mikser çalovunun forması ilə izah olunur.

Regressiya analizi n göstəricisinin qiymətini kalsium-karbid əsaslı qarışıq üçün 0,38-ə, əhəng qarışığı üçün isə 0,75-ə bərabər verir. t_{qar} və n -nin daha yüksək qiymətlərinin əhəng əsasında qarışıq üçün mümkün izahı onun böyük sərfi ola bilər.

Beləliklə, tədqiqatlar göstərir ki, mikser çalovunun əlverişsiz forması dayanıqlı zonalarda qarışdırma nəticələrinə hiss olunacaq təsir etmir. Mikser çalovuna karbid və əhəng qarışıqlarının üfürülməsi adi çalovla müqayisədə t_{qar} 2-3 dəfə artırır.

Nəticə. 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.

Çuqunun induksiya sobasından buraxılması anında posanın maye metaldan tam ayrılmasını, kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinin intensivliyini təmin edən yeni CaO – CaCl₂ posa sistemi təklif olunmuşdur. Lakin soba posasının miqdarını azaltmaq üçün çuqunda silisium və fosforun konsentrasiyalarını azaltmaq lazımdır. Çuqunun saflaşdırılması üçün əhəng ovuntusu əsasında yüksək axıcılığa malik kükürdsüzləşdirici qarışığın tərkibi işlənmişdir. Qarışığın tərkibində aktiv maddələr qaz/ovuntu nisbətinin hətta aşağı qiymətlərində (10 l/kq) xırdadənəli ovuntunun çalovda maye çuquna stabil üfürülməsini təmin edir. Kükürdün miqdarının 0,040-dan 0,010%-dək azaldılması üçün əhəng ovuntusunun istifadə səmərəsi 10,1% təşkil etmişdir ki, bu da “Xyoş” zavodunun metodu ilə alınan nəticədən (5,6%) xeyli yüksəkdir.

Aparılmış tədqiqatların üstünlüyü ondadır ki, çuqunda kükürdün daha aşağı miqdarını almaq mümkündür. Kükürdün ifrat aşağı miqdarı (0,002%) əhəng qarışığının sərfi 7 kq/t və çuqunda kükürdün miqdarı 0,040% olduqda alınmışdır. Əhəng ovuntusu ilə kükürdsüzləşdirmənin daha bir üstünlüyü rekükürdləşmənin olmamasıdır. Karbid və əhəng ovuntusu ilə emalda hiss olunan fərqli effekt çuqunun təkrar oksidləşməsi nəticəsində mikser çalovunda posanın əsasliyinin dəyişməsi ilə izah olunur. Müəyyən olunmuşdur ki, mikser çalovunda üfürmədə qarışdırma müddəti adi çalovda qarışdırmada empirik nisbətlərdən təyin olunmuş qiymətdən 2-3 dəfə yuxarıdır. Çünki, mikser çalovunun forması qarışdırma üçün tam əlverişli deyildir. Əlverişli qarışdırma kinetikasi ovuntu-əhəng qarışığında CaCO₃-in miqdarını 25-dən 35%-dək artırmağa imkan verir ki, nəticədə əhəngin istifadə səmərəliliyi 17%-dək artır.

ƏDƏBİYYAT

1. Смирнов Н.А. Рафинирование стали вдуванием порошкообразных материалов / Н.А. Смирнов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. - Т.15, №3. – С.33-42.
2. Пивцаев В.В., Дьяченко В.И., Проскурин Е.А. Десульфурация стали с использованием инжекционной установки «VELKO» // Литье и металлургия, 2008, №1, (45). С.15-22.
3. Богушевский В.С., Каленчук М.В. Оптимизация процесса десульфурации металла в конвертерном цехе с использованием различных реагентов // Литье и металлургия, 2017, №3 (88), с.5-10.
4. Корнеев С.В. Применение инжекционных технологии в металлургическом производстве // Литье и металлургия, 2011, №2 (60), с. 152-159.
5. Плохих П.А., Плохих А.П., Рассказова Ю.В. Рафинирование чугуна жидкими содосодержащими шлаками // Вісник Приазовського Державного Технічного Університету, Вып.11, 2011, с.58-65.

ÇUQUNUN SAFLAŞDIRILMA PROSESİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASI INCREASING PROCESS EFFICIENCY CAST IRON REFINING

R.K.Həsənli

Xülasə. Ovuntu qarışıqları üfürməklə maye çuqunun sobadankənar saflaşdırılma prosesinin səmərəliliyi öyrənilmişdir. Tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üçün ən səmərəli saflaşdırıcı 59% CaC₂, 26% CaCO₃ və 15% C-dən ibarət olan qarışıqdır. Məlum olmuşdur ki, böyük fazalararası səthi təmin etmək üçün maye metala

əhəngin incə döyülmüş ovuntusunu üfürdükdə, ovuntunun axıcılığı pisləşir. Müəyyən olunmuşdur ki, əhəng qarışıqları ilə emal zamanı çuqunun temperaturunun düşməsi karbid qarışıqlarının tətbiqilə müqayisədə təxminən iki dəfə artmışdır. Lakin bu çatışmazlıq əhəng ovuntusuna səthi aktiv maddə əlavə etməklə aradan qaldırılmışdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, mikser-çalovun əlverişsiz forması dayanıqlı zonalarda qarışdırma nəticələrinə hiss olunacaq təsir etmir. Mikser-çalova karbid və əhəng qarışıqlarının üfürülməsi adi çalovla müqayisədə qarışdırma effektini 2-3 dəfə artırır.

Açar sözlər: çuqun, injeksiya metallurjiya, ovuntu, saflaşdırma, səmərəlilik.

Accepted: 29.10.2024