

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

Fasiləsiz tökmə texnologiyasının təkmilləşdirilməsi

İxtisas: 3312.01-“Materiallar texnologiyası”

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Aydın Tapdıq oğlu Bayramov**

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı–2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor
Mustafa Baba oğlu Babanlı

Elmi məsləhətçi: kimya üzrə fəlsəfə doktoru
Ramin İsmətbəy oğlu Kərimov

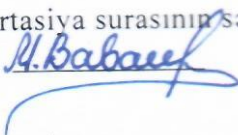
Rəsmi opponentlər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor
Zahid Ziyadxan oğlu Şərifov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Səyami Sənani oğlu Hüseynov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru,
Afət Arif qızı Cəfərova

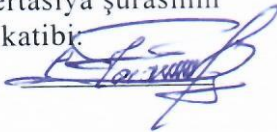
Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



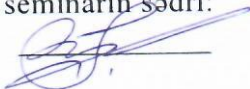
t.e.d., professor
Mustafa Baba oğlu Babanlı

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:



t.e.n., dosent
Tahir Qaffar oğlu Cabbarov

Elmi seminarın sədri:



t.e.d., dosent
Qəhrəman Söyün oğlu Həsənov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Polad istehsalı texnologiyaları içərisində ən innovativ texnologiyalardan biri elektrometallurgiyadır. Bu, elmi və texniki istiqamət olub iki sənaye sahəsini polad və ferroerintilər elektrometallurgiyasını birləşdirir.

Polad elektrometallurgiyası mürəkkəb proses olub ilkin xammalın hazırlanmasını xırdalanma, üyütmə, briketləşdirmə, kündələmə, paketləşdirmə, aqlomerasiya, ilkin materialları əridici aqreqatının yanına çatdırma və onları sobaya vermə və yararlı məhsulun əridilməsini özündə əks etdirir. Əritmə zamanı metalla bərabər posada yaranır, onların hər ikisi sexdən təcrid edilir, yararlı poladdan məhsul hazırlanır və istehlakçıya çatdırılır.

Elektropolad istehsalında ən vacib məsələlərdən biri poladın kimyəvi tərkibinin tənzimlənməsi, onun standarta uyğun normaya çatdırılmasıdır. Əlbətdə kimyəvi tərkibə qoyulan əsas tələb poladın zərərli aşqarlardan maksimum təmizlənməsi, onun saflaşdırılmasıdır.

Poladın elektrometallurgiyası çox mərhələli prosesdir. O, çoxlu əritmə, texnoloji və yükqaldırıcı-nəqliyyat avadanlığının yaradılmasını, işlənməsini və təkmilləşdirilməsini tələb edir. Bu avadanlıqlar hər bir proses üçün öz spesifik xüsusiyyətlərinə, unikal konstruktiv qovşaqlara və xüsusi texnologiyaları reallaşdırmaq üçün aqreqatlara malik olmalıdırlar.

Elektropolad istehsalında çox vacib məsələlərdən biri də maye poladın hansı üsulla tökülmə prosesidir. Son dövrün innovativ texnologiyalarından biri fasiləsiz tökmə prosesidir. Bu proses polad istehsalında onun külçəyə çevrilməsində tamamlayıcı mərhələ sayılır. Bu halda əridilmiş poladı pəstahları fasiləsiz tökmə maşınına (PFTM) buraxırlar. Pəstahlardan alınmasında fasiləsiz tökmə texnologiyası ən mütərəqqi və effektiv üsul sayılır.

Üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, su ilə soyudulan metal qəlibə (kristallaşdırıcıya) maye polad tökülür, metal qəlibdən külçə fasiləsiz dartılır və sonra lazımı ölçülü pəstahlara kəsilir.

Külçənin kristallaşdırıcıdan çıxmasından sonra onun hərəkət istiqamətindən asılı olaraq hazırda poladəridici sexlərdə tətbiq olunan PFTM-ni şaquli, radial və əyrixətliyə bölürlər.

Bu maşınların hərəkət istiqamətlərindən asılı olmayaraq poladın tökməyə hazırlanmasında böyük rolu aralıq çalovu oynayır. Tökmədən əvvəl qızdırılmış aralıq çalovu kristallaşdırıcının üzərində verilən vəziyyətdə qururlar, kristallaşdırıcıya suyun verilməsini və təkrar soyutmanı həyata keçirirlər.

Aralıq çalovu 0,4÷0,6m hündürlükdə metalla doldururlar və sonra onun bağlayıcısını açırılar, metalı kristallaşdırıcıya verirlər.

Lakin qeyd etdiyimiz kimi polad məhsulunun keyfiyyəti sobada, sobadan kənar çalovda, fasiləsiz tökmə prosesində və sonrakı təzyiqlə emalda formalaşır. Bu emal proseslərinin hər biri son polad məhsulun keyfiyyətinə öz töhfəsini verir.

Poladın keyfiyyətinə ən ciddi təsir edən proseslərdən biri saflaşdırma. Məsələn, elektropoladəritmə prosesində ovuntuya bənzər reagentlərin üfürülmə metodunun istifadəsi ən effektiv innovativ texnologiyalardan sayıla bilər. Lakin bir mənalı o suala cavab yoxdur ki, texnoloji zəncirin ayrı-ayrı bəndlərində metala hansı reagenti və necə daxil etmək daha effektivdir.

Elektropoladəritmədə sobada və çalovda poladın saflaşdırma, fasiləsiz tökmə prosesində və alınan polad külçənin təzyiqlə emal proseslərində geniş tədqiqatlar tələb edən problemlər vardır. Bu problemlərə geniş baxışla, sənayenin günbə-gün artan tələblərini nəzərə almaqla yanaşma aktualdır və bu dissertasiya işinin elmi istiqamətini müəyyən edir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri metal tullantılarından istifadə etməklə elektropoladəritmədə poladın keyfiyyətinin artırılması üçün sobada və çalovda ovuntularla saflaşdırma və oksigensizləşdirmə proseslərinin tədqiqidir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün qarşıya aşağıdakı məsələlər qoyulmuşdur:

1. Armatur poladlarının istehsalında elektroəritmənin rolunun və yüksək keyfiyyətli armatur poladlarının alınmasında sobadan kənar emalın üstünlüklərinin müəyyən edilməsi;

2. Ovuntularla üfürməklə fasiləsiz tökmədən əvvəl çalovda armatur poladlarının saflaşdırma prosesinə təsir edən termodinamiki və kinetik amillərin dəqiqləşdirilməsi;

3. Ovuntuları üfürməklə tökmə çalovunda poladın kükürdsüzləşmə prosesinə texnoloji parametrlərin təsirinin tədqiqi;

4. Metal ovuntuları üfürməklə poladın tökmə çalovunda oksigensizləşdirmə prosesinin tədqiqi və tövsiyələrin işlənməsi;

5. Sobada və çalovda ovuntularla üfürmədən sonra poladın keyfiyyətinin artırılması və tədqiqatların nəticələrinin istehsalata tətbiqi üçün tövsiyələrin işlənməsi.

Tədqiqatın metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlər laboratoriya və istehsalat şəraitində aparılan nəzəri və eksperimental tədqiqatlar əsasında həll edilmişdir. Alınmış nəticələrin etibarlılığı müasir avadanlıq, cihaz və ölçü vasitələrindən, o cümlədən rentgenfaza analizindən, mikrostruktur və element analiz tədqiqatlarından istifadə etməklə eksperimental məlumatlarla təsdiqlənmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Armatur poladlarının istehsalında elektroəritmənin rolunun müəyyən edilməsi;

2. Ovuntularla üfürməklə fasiləsiz tökmədən əvvəl çalovda armatur poladlarının saflaşdırma prosesinə təsir edən termodinamiki və kinetik amillərin dəqiqləşdirilməsi;

3. Ovuntuları üfürməklə tökmə çalovunda poladın kükürdsüzləşmə prosesinə texnoloji parametrlərin təsirinin tədqiqi;

4. Metal ovuntuları üfürməklə poladın tökmə çalovunda oksigensizləşdirmə prosesinin tədqiqi və tövsiyələrin işlənməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Müxtəlif disperslikli və tərkibli ovuntuları üfürməklə poladın sobadan kənar emalında onun saflaşdırma prosesinin termodinamiki və kinetik amilləri tədqiq olunmuş və dəqiqləşdirilmişdir. İlk dəfə olaraq ovuntu qarışıqları MgO əsasında seçilmiş və belə tərkibin çalovun davamlılığının artırılmasına təsiri əsaslandırılmışdır. Ovuntularla üfürmədə posa fazasında kükürdün miqdarı və kükürdsüzləşmə effekti təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, ovuntu qarışığının yaratdığı posa

damcısının saflaşdırıcılıq dərəcəsi onun metalla kontaktının ölçüsü vaxtdan asılı olaraq kükürdün adsorbsiya rejimini təyin edir. Adsorbsiya rejimi prosesin termodinamiki və kinetik amillərinin nisbətini ifadə edir.

Təyin olunmuşdur ki, ovuntu qarışığının tərkibindən və sərfindən poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsi bir başa asılıdır. Ovuntu qarışıqları ilə üfurmədə əsasi posanın və onun özlülüyünün yeni tənlikləri alınmışdır. Posanın əsasiliyi artdıqda ($B > 5$) (CaO/SiO_2) onun özlülüyü yüksəlir.

Posada FeO-nun miqdarından asılı olaraq kükürdsüzləşmə dərəcəsi dəqiqləşdirilmişdir. FeO-nun posada həddən çox artması kükürdsüzləşməni 50%-dən çox artırmağa imkan vermir və nəticədə bu uzun müddətli üfurmədə poladın resulfasiyası ilə müşahidə olunur. Eyni zamanda posada FeO-nun mövcudluğunda arqonla uzun müddətli üfurmədə də poladda resulfasiya dərəcəsi yüksəlir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Aparılan tədqiqatlar müxtəlif ovuntu qarışıqları ilə üfurməklə poladın sobadan kənar emalının onun keyfiyyətinin təmin olunması baxımından effektivliyini təsdiq etmişdir.

Ovuntularla sobadan kənar emalın elektropoladəritmədə fasiləsiz tökmə prosesində aparılması üçün texnoloji avadanlığın yerləşmə sxemi verilmiş və avadanlıqların xarakteristikaları dəqiqləşdirilmişdir.

Qeyri metal və metal ovuntuları üfurməklə armatur poladlarının saflaşdırma və oksigensizləşdirmə texnologiyaları işlənmiş və seçilmiş səmərəli rejimlər poladın struktur və möhkəmlik xarakteristikalarının yaxşılaşmasını təmin etmişdir.

Aprobasiya və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuş və bəyənilmişdir:

Beynəlxalq elmi-texniki və elmi praktiki konfranslar:

1. VII Международная научно–практическая конференция «Современные проблемы теории машин», 2019 г, 7 июня, г. Новокузнецк, Российская Федерация.

2. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş "Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa" adlı Beynəlxalq konfrans, 25-26 fevral, 2021-ci il.

3. Международная научно-практическая конференция «Молодежь, наука, образование: Актуальные вопросы достижения и инновации». г. Пенза РФ, 27 апреля 2022 года.

Respublika elmi-texniki konfranslar:

4. Ümummilli Lider H.Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş "Dəniz nəqliyyatının inkişaf perspektivləri" adlı elmi-texniki konfrans ADDA, 04 aprel, 2019-cu il.

5. Ümummilli Lider H.Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş "Su nəqliyyatının problemləri" adlı XVII Beynəlxalq elmi-texniki konfrans ADDA, 05-06 may, 2022-ci il.

6. ADNSU-nun "Materialşünaslıq və maşınqayırma" kafedrasının elmi seminarları, 2018-2021-ci illər.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, 158 səhifəlik kompüter mətni, 57 şəkil, 25 cədvəl, 108 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavədən ibarətdir. Üz qabığı və mündəricat (3481 işarə), giriş (8511 işarə), I fəsil (36696 işarə), II fəsil (41404 işarə), III fəsil (53496 işarə), IV fəsil (34078 işarə), V fəsil (32311 işarə), nəticə (5152 işarə) və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı (13926 işarə). Dissertasiyanın həcmi şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 229055 işarədən ibarətdir.

Nəşr olunma dərəcəsi: Dissertasiya işinin əsas məzmunu 16 elmi işdə öz əksini tapmışdır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar formalaşdırılmışdır.

Birinci fəsildə inşaat armaturlarına qoyulan tələblərin təhlili göstərir ki, onların keyfiyyəti, o cümlədən möhkəmlik və texnoloji xassələri kifayət qədər yüksək olmalıdır. Ədəbiyyat icmalı

göstərmişdir ki, inşaat armaturlarının keyfiyyətinin artırılmasında elektropoladəritmə ən innovativ texnoloji proses sayılır. Müəyyən edilmişdir ki, poladların keyfiyyətinin təmin olunmasında və məhsuldarlığın artırılmasında metal tullantılarının təkrar əritmə texnologiyasının tətbiqi elektropoladəritmədə ən effektiv üsul sayıla bilər.

Yüksək keyfiyyətli poladların istehsalında sobadan kənar emal metodlarının rolu böyükdür. Belə ki, sobadan kənar emal metodlarının intensiv inkişafı və aparılan yeni tədqiqatlar istehsalın miqyasını və ferroərintilərin geniş çeşidini təmin edir. Müəyyən olunmuşdur ki, legirləmənin, sobadan kənar emalın və tökmə prosesinin innovativ üsullarından istifadə armatur poladlarının keyfiyyətinin yüksəldilməsində böyük rol oynayır.

Maye poladın sobadan kənar emalının bir sıra metodları, o cümlədən vakuuma, təsirsiz qazlarla, sintentik posa ilə emal elektropoladəritmədə geniş tətbiq tapmışdır. Ədəbiyyat məlumatlarının təhlili göstərir ki, sobadan kənar emalın ən effektiv metodlarından biri də ovuntuyabənzər reagentlərdən istifadə etməklə metalın daha dərin qatlarında saflaşdırma emalının aparılmasıdır. Lakin bu sahədə tədqiqatların qıt olması belə sobadan kənar emalın geniş tətbiqinə mane olur [1]¹.

Ən innovativ tökmə texnologiyası hesab olunan pəstahların fasiləsiz tökmə prosesinin xüsusiyyətləri təhlil olunmuşdur. Kristallaşdırıcıda külçənin çıxmasından sonra onun hərəkət istiqamətinə görə PFTM–nın mövcud növləri təhlil olunmuş və “Baku Steel Company” QSC–də tətbiq olunan texnoloji prosesin xüsusiyyətləri göstərilmişdir. FPTM–nın inşaat hündürlüyünün azaldılması məqsədilə yeni konstruksiyalı maşınlar işlənmiş və elektropoladəritmədə tətbiq olunmuşdur.

Fasiləsiz tökmə texnologiyası və külçənin keyfiyyətinin təmin olunması sahəsində aparılan yeni işlər təhlil olunmuşdur. Təhlil göstərmişdir ki, müxtəlif tökmə texnologiyaları, o cümlədən “əritmə

¹ Posa və metal ovuntuları qarışıqlarının üfürülməsi ilə poladdan oksigenin kənarlaşdırılması. A.T.Bayramov

əritmənin üzərinə”, tökmə başlamazdan əvvəl aralıq çalovun qızdırılması, tökmə sürətinin seçilməsinin optimallaşdırılması, maye metalın tökmə şırnağının tənzimlənməsi, kristallaşdırıcıya metalın verilmə üsulları kristallaşdırıcıya posa qarışığının verilməsi, təsirsiz qazlarla maye metalın üfürülməsi, təkrar soyutma rejiminin optimallaşdırılması və s. tətbiqi elektropoladəritmə prosesində polad məmulatlarının keyfiyyətinin yüksəlməsinə xidmət edir.

Təhlil göstərmişdir ki, daha yüksək keyfiyyətli inşaat poladlarının alınmasında əritmə sobasında və aralıq çalovda müxtəlif tərkibli və ölçülü ovuntularla üfürməklə maye metalın dərin qatlarında keyfiyyətli saflaşdırmanın aparılmasının rolu əvəzsiz ola bilər. Bu sahədə tədqiqatlar müxtəlif istiqamətlərdə, o cümlədən ovuntuyabənzər reagentlərin tərkibinin seçilməsi, onların hansı mərhələdə və miqdarda verilməsi və s. aparıla bilər. Hesab edirik ki, belə tədqiqatların aparılması aktualdır və elektropoladəritmədə gündəmdə olan məsələdir.

İkinci fəsildə müxtəlif ovuntuları üfürməklə poladın sobadan kənar emalında saflaşdırılma prosesinin termodinamikası təhlil olunmuşdur. Əvvəlki tədqiqatlarda üfürülən ovuntuların əsas tərkibini CaO təşkil etmişdir. Lakin ilk dəfə olaraq tərəfimizdən ovuntu tərkibində MgO–nin istifadəsi tövsiyə olunmuş və onun prosesə təsirinin termodinamiki qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Ovuntu tərkibində MgO–nin əsas komponent kimi seçilməsində məqsəd, tökmə çalovunun hörgüsünü erkən dağılmadan qorumaq olmuşdur [7]².

Üfürülən ovuntuların və metal buraxıldıqdan sonra yaranan posanın kimyəvi tərkibi tədqiq olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, əgər əhəng və üzgəclli spat qarışığından istifadə etdikdə çalovun hörgüsü təmirsiz 60÷70 dəfə işləyirsə, maqnezium oksidi istifadə etdikdə bəzi hallarda çalovun hörüsü 100 dəfə təmirsiz istifadəyə yararlı olmuşdur. Maqnezium oksidi, əhəng və üzgəclli şpatın ovuntu

² Sobada və çalovda ovuntularla üfürmədən sonra poladın keyfiyyətinin artırılması.
A.T.Bayramov

qarışıqlarının (2:1:1) əsasi hörgülü çalovda metala üfürülməsinin əsas parametrləri müəyyən edilmişdir.

Polad və posanın məlum tərkibində və miqdarında kükürdün taraz tərkibini, yəni onun poladda nail olunan minimal konsentrasiyasını və habelə posa ovuntularının qarışıqları ilə metalın üfürülməsində formalaşan posanın kükürdsüzləşdirmə qabiliyyətinin istifadə dərəcəsi ilə onu hesablamaq olar. Sənaye şəraitində əsasi hörgülü çalovda armatur poladlarının kükürdsüzləşməsi üçün 50% MgO, 15% əhəng və 22% üzgəclli şpatın ovuntularının qarışığında istifadə olunmuşdur. Üfürülən ovuntu qarışığının miqdarı $0,7 \div 1,4\%$ tökülən metalın kütləsini təşkil etmişdir. Ovuntuların kimyəvi tərkibi cədvəl 1 və 2-də verilib.

Ovuntu qarışığı furlmalı çalova metalın $n \sim 1/3$ dərinliyində daldırılmaqla A markalı texniki təmiz arqonun şırnağında verilir. Çalova ovuntuların üfürülmə davamiyyəti arqon kəmərinə artıq təzyiğin $\geq 0,8 \text{MPa}$ qiymətində $2,2 \div 3,2$ dəqiqə təşkil etmişdir [2]³.

Cədvəl 1

Üfürülən ovuntuların və metal buraxıldıqdan sonra çalovda yaranan posanın kimyəvi tərkibi

Material	Komponentlərin kütlə miqdarı, %								
	MgO	CaO	MnO	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaF ₂	digər	S
Ovuntu: maqnezium oksidi	90,01	7,8	–	0,2	1,2	–	–	0,75	0,025
əhəng	91,2	8,01	–	0,55	2,8	1,26	–	2,21 3	0,027
üzgəclli şpat	2,55	0,09	–	0,49	3,94	0,80	82,4 2	9,80	0,054
maqnezium oksidi və üzgəclli şpatın qarışığı	70,14	0,4	–	0,50	3,06	1,05	20,6 2	4,17 9	0,027
çalov posası	60,5	8,7	0,3	0,3	16,4	6,3	7,5	–	–

³ Ovuntuları üfürməklə çalovda poladın kükürdsüzləşmə prosesinin kinetikasının tədqiqi. R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov

$[S]_0 = 0,020\% + m_p / S_p \cdot 100\% = 0,020\% + 100/3 \cdot \Delta S_0$, burada m_p - metalın kütləsinin 3%-nə bərabər götürülmüş soba posasının kütləsidir.

Cədvəl 2

Maqnezium oksidinin, əhəngin və üzgəcli şpatın (2:1:1) qarışığı ilə çalovda poladın üfürülməsində formalaşan posanın kimyəvi tərkibi

Polad, posa (ərintinin markası)	Posada komponentlərin miqdarı, %-lə						
	MgO	CaO	MnO	FeO	CaF ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
CT3	57,61 (1,029)	8,42 (0,210)	0,34 (0,005)	0,49 (0,007)	10,37 (0,133)	16,63 (0,277)	5,49 (0,054)
CT3	57,38 (1,025)	8,35 (0,213)	0,35 (0,005)	0,50 (0,007)	10,20 (0,131)	16,85 (0,281)	5,56 (0,055)
Polad 20	57,48 (1,027)	8,44 (0,211)	0,34 (0,005)	0,49 (0,007)	10,34 (0,133)	16,67 (0,2278)	5,50 (0,054)
Polad 30	57,60	8,41	0,34	0,49	10,37	16,63	5,49
Aralıq posa, %	57,52	8,45	0,34	0,49	10,32	16,70	5,51
Son posa, %	59,04	7,53	0,30	0,49	11,67	14,82	4,94
Aşağıdakı sistemlərə gətirilmiş aralıq posa: MgO-Al ₂ O ₃ - SiO ₂	72,15	–	–	–	–	20,95	6,90
MgO-SiO ₂ - CaF ₂	68,05	–	–	–	12,20	19,75	–
<i>Qeyd:</i> Dairəvi mötərizələrdə “n”-nin qiymətləridir, yəni 100 qram posada komponentin mollarının sayıdır.							

Maqnezium oksidinin, əhəngin və üzgəcli şpatın çalovda üfürülməsində metalda kükürdün miqdarının dəyişmə xarakteri öyrənilmişdir. Eyni zamanda posa fazasında kükürdün miqdarı və kükürdsüzləşmə effekti müəyyən edilmişdir. Çalovda ovuntularla mayenin üfürülməsində metal və posa arasında kükürdün

paylanması tarazlıq əmsalları tapılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, ovuntularla metalın üfürülməsində posa fazasının kükürdsüzləşmə qabiliyyətinin istifadə dərəcəsi həm posa fazasının tərkibindən və həm də onun metalla qarşılıqlı təsir davamiyyətindən asılıdır. Ovuntuların çalovda üfürülməsilə metalda kükürdün miqdarının dəyişməsi cədvəl 3-də verilib.

Ovuntularla maye poladın sobadan kənar emal prosesinin kinetikasi təhlil olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, posa damcısının saflaşdırıcılıq qabiliyyətinin istifadə dərəcəsi onun metalla kontaktlaşmasının ölçüsüz vaxtı (Fürye meyarı) $\theta = \tau_o D / r_o^2$ və posa damcısı ilə kükürdün adsorbsiya rejimini təyin edən ölçüsüz meyarla təyin olunur; $\alpha = L_s D / K r_o$. Burada α meyarı kükürdsüzləşmə prosesinin termodinamiki və kinetik amillərin nisbətini səciyyələndirir [3]⁴.

Cədvəl 3

Maqnezum oksidinin, əhəngin və üzgəclli şpatın çalovda üfürülməsində metalda kükürdün miqdarı (2:1:1)

Əritinin nömrəsi	[S] _{ilk}	[S] _n	[S] _o	[S] _s	Δ[S] _o	Δ[S] _s	Δ[S] _n	[S] _∞
1	0,017	0,0135	0,0101	0,0058	0,0069	0,0115	0,0046	0,0038
2	0,0165	0,0135	0,0102	0,0069	0,0063	0,0096	0,0033	0,0038
3	0,0160	0,0145	0,0085	0,0048	0,0075	0,0118	0,0037	0,0030
4	0,0155	0,0110	0,0100	0,0058	0,0055	0,0097	0,0042	0,0040

Qeyd: [S]_{ilk} – bərpaetmə prosesinin başlanğıcında sobada kükürdün ilkin miqdarı;
 [S]_n – bərpaetmə prosesinin sonunda sobada kükürdün miqdarı;
 [S]_o – metalı, çalova buraxdıqdan sonra S-in miqdarı (üfürmədən əvvəl);
 [S]_s – üfürmə qurtardıqdan sonra;
 [S]_∞ – kükürdün taraz miqdarı;
 Δ[S]_o = [S]_{ilk} – S_o – üfürməyədək kükürdün miqdarının dəyişməsi;
 Δ[S]_s = [S]_{ilk} – [S]_s – üfürmədən sonra;
 Δ[S]_n = [S]_o – [S]_s – üfürmə nəticəsində.

⁴ Kükürdsüzləşdirici ovuntu qarışığının tərkibinin və sərfinin poladın saflaşdırma prosesinə təsiri. M.B.Babanlı, A.T.Bayramov

Asanəriyən posa damcıları ilə metalın üfürülmə şəraitlərində posa damcıları ilə kükürdün adsorbsiya prosesi qarışıq kinetik rejimdə baş verir və kükürdsüzləşmənin heterogen reaksiyasının sürəti posa damcılarındakı kükürdün diffuziya sürəti ilə üst-üstə düşə bilər. Ovuntularla üfürmədən metalın kükürdsüzləşməsinin yüksək sürətinə nail olmaq üçün daha kiçik ölçülü posa damcıları yaranması zəruridir. Bu, həmin xırda damcıların metalın dərinliyinə daxil olmasına imkan verir.

Üçüncü fəsildə ovuntu reagentləri üfürməklə sobadan kənar emalda poladın kükürdsüzləşməsinə texnoloji parametrlərin təsiri tədqiq olunmuşdur. Bu aspektdə çalovda kükürdsüzləşdirici ovuntu qarışığının tərkibinin və sərfinin təsiri qiymətləndirilmişdir. Üfürülən ovuntu reagentlərinin tərkibindən və sərfindən poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsinin asılılığı müəyyən olunmuşdur. Ovuntu qarışığının üfürmə zamanı sərfini artırıdığca poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsi yüksəlir.

Posa və metal ovuntularının qarışığında elektropoladın çalovda üfürülməsində metaldan kükürdün kənarlaşma sürətinə və tamlığına ovuntu qarışığının kifayət qədər təsirinin olması müəyyən edilmişdir. Ovuntularla çalovda üfürmədə armatur poladlarının təcrübə-sənaye əritmələrinin parametrləri dəqiqləşdirilmişdir. Müxtəlif tərkibli ovuntuyabənzər qarışıqlarla tökmə çalovunda üfürmənin davamiyyətindən asılı olaraq poladda kükürdün miqdarının dəyişməsi müəyyənləşdirilmişdir. Üfürmə davamiyyəti artdıqca kükürdün poladda miqdarı azalır, lakin vaxtın həddən çox artırılması resulfasiyanı yarada bilər [4]⁵.

Ənənəvi ovuntu qarışıqlarına maqnezium oksidinin əlavə edilməsi aşağıdakı üstünlüklərin yaranmasına səbəb olmuşdur: 1) kükürdsüzləşmə yüksək sürətlə və tam gedir; 2) ənənəvi metallurji materiallardan istifadə olunur; 3) silikokalsiumunun nisbətən yüksək olmayan miqdarında poladda silisiumun miqdarının az artması müşahidə olunur.

⁵ Metal ovuntuları üfürməklə poladın çalovda oksigensizləşdirilməsi. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov

Ovuntu qarışıqları ilə üfurmədə posanın əsaslıliyinin və özlülüyünün yeni tənliləri alınmışdır. Arqon qazının və posa qarışığının üfürülməsində kükürdsüzləşmə dərəcəsinin yaranan posanın tərkibindən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur. Arqon qazında ovuntu qarışıqlarının üfürülməsində yaranan posa qarışığının kimyəvi tərkibi, poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsi və posanın əsaslıliyi haqqında məlumatlar dəqiqləşdirilmişdir. Eyni zamanda posanı metalın səthinə buraxmadan sonra və buraxma vaxtında poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsinin asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

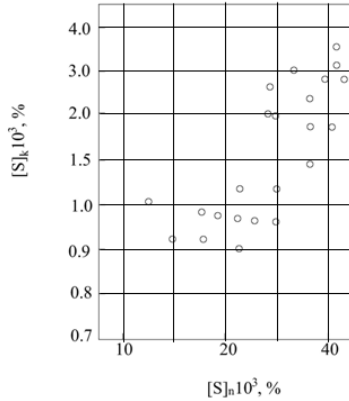
Ovuntu qarışıqlarla maye poladın üfürülməsində çalovun hörgüsünün kükürdsüzləşmə dərəcəsinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, çalovun hörgüsünün materialı yaranan posanın tərkibinə və əsaslıyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Posaların aşağı əsaslıyə malik olması çalovun hörgüsünün tez dağılmasına gətirir. Belə ki, posada olan maqnezium və kalsiumun böyük bir hissəsi çalovun hörgüsü ilə qarşılıqlı təsirdə olur və tədricən onu dağıdır [5]⁶.

Ovuntularla üfurməklə poladın kükürdsüzləşməsinin tamlığı hər şeydən əvvəl metalda kükürdün ilkin miqdarından asılıdır. Şəkil 1–də göstərilib ki, digər bərabər şəraitlərdə 70% MgO, 20% CaO və 10% CaF₂–dən qarışıqla çalovda metalın üfürülməsində poladda onun ilkin miqdarından kükürdün son miqdarının xətti asılılığı mövcuddur. Poladın kükürdsüzləşdirilməsinin dərəcəsi metalın oksigensizləşdirilməsi dərəcəsindən asılıdır. Məlumdur ki, yüksək kükürdsüzləşmə dərəcəsinə yaxşı oksigensizləşdirilmiş poladın emalında nail olunur. Poladın oksigensizləşmə dərəcəsi posadan və hörgüdən oksigenin daxil olma sürəti və oksigensizləşmə reaksiyasının sürəti arasında nisbətən asılıdır. Poladın oksigensizləşmə və posanın bərpa prosesləri metal və posanın çalovda intensiv qarışdırılma vaxtı eyni zamanda baş verir. Bu halda maye metalda oksigenin aktivliyi posada əsasən FeO və MnO–nin miqdarı ilə təyin olunur.

⁶ Ovuntuları üfurməklə çalovda poladın kükürdsüzləşmə prosesinin termodinamikasının təhlili. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov

Kükürdün son miqdarından asılı olaraq $[S]_s$ poladda oksigenin aktivliyinin maksimal qiymətləri aşağıdakı qiymətlərə malikdir:

$[S]_s, \%$	0,0028	0,0048	0,009
$a[O] \cdot 10^4$	1,08	1,88	3,6



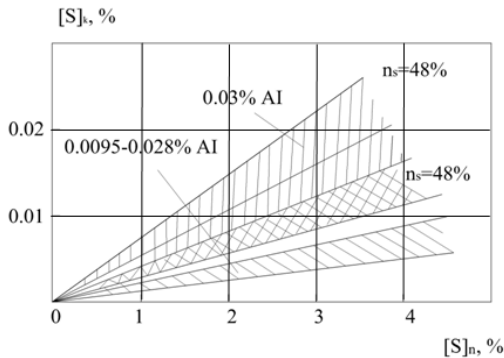
Şəkil 1. Ovuntularla üfürmənin sonunda metalda kükürdün miqdarının onun başlanğıc konsentrasiyasından asılılığı

Bəzi məlumatlara əsasən CaC_2 ovuntusu ilə üfürmədə çalovun hörgüsündən polada daxil olan oksigenin sürəti təşkil edir, %/dəq: 0,007 (şamot), 0,0035 (Al_2O_3) və 0 (dolomit). Hörgüdən oksigenin daxil olma sürəti həm də qarışdırma intensivliyindən, metalın oksigensizləşmə dərəcəsiindən, səthin sahəsinin həcmə nisbətindən və b. asılıdır. Hörgüdən oksigenin daxil olması metalda oksigenin aktivliyini artırır, metal və posa arasında kükürdün paylanma əmsalını azaldır və aydındır ki, kükürdsüzləşmə dərəcəsinə aşağı salır [6]⁷.

Şəkil 2–də metalda alüminiumun miqdarı $\leq 0,0038\%$ və $0,010 \div 0,020\%$ olmaqla onunla oksigensizləşdirilmiş poladın

⁷ Posanın tərkibinin və miqdarının poladın kükürdsüzləşmə prosesinə təsiri. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov

silikokalsiumla (1÷2 kq/t) üfürülməsində yüksək gil–torpaq hörgülü (60% Al₂O₃) çalovda kükürdsüzləşdirilməsinin nəticələri verilib. Poladda alüminiumun miqdarını 40÷70%–dən (≤0,0038% Al olduqda) 60÷85%–dək (0,01÷0,03% Al olduqda) artır. Kükürdsüzləşmə prosesinin həyata keçməsi və metalda kükürdün kiçik miqdarının alınması üfürmədən sonra poladda alüminiumun miqdarının ≥0,02% və uyğun olaraq oksigenin miqdarının ≤0,002% olması şəraitində təmin olunur [7]⁸.



Şəkil 2. Yüksək gil–torpaq hörgülü çalovda (60% Al₂O₃) silikokalsium ovuntusu ilə üfürdükdə (1÷2 kq/t) poladda alüminiumun miqdarından onun kükürdsüzləşmə dərəcəsinin asılılığı: $\eta_s = ([S]_b - [S]_s) / [S]_n \cdot 100\%$, burada $[S]_n$ və $[S]_b$ –metalda kükürdün başlanğıc və son miqdarıdır

Posada FeO–nun miqdarından asılı olaraq kükürdsüzləşmə dərəcəsi dəqiqləşdirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, posada FeO–nun artması kükürdsüzləşmə əvəzinə resulfasiya ilə müşayiət olunur. Posada FeO–nun müxtəlif miqdarında maye metalın çalovda arqonla üfürülməsində üfürmənin davamiyyəti artdıqca resulfasiya dərəcəsi

⁸ Sobada və çalovda ovuntularla üfürmədən sonra poladın keyfiyyətinin artırılması. AzİMU, Elmi əsərlər. A.T.Bayramov

yüksəlir. Lakin çalovlarda qapaqların olması metalın üfürülmə şəraitini yaxşılaşdırır, oksidləşmə və metal itkisi azalır.

Armatür elektropoladlarının çalovda emalı üçün avadanlığın yerləşmə planı təklif olunmuşdur. Ovuntu reagentlərin maye metala üfürülməsi üçün çalov–soba qurğusunun sxemi verilmişdir. Maye metalın kimyəvi tərkibinin ovuntularla üfürmədə poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsinə təsiri öyrənilmiş və kükürdsüzləşmənin tamlığına metalda kükürdün ilkin miqdarının əhəmiyyətli təsiri müəyyən olunmuşdur.

Dördüncü fəsildə metal ovuntuları və posa qarışıqlarının birlikdə üfürülməsi ilə armatür poladının çalovda oksigensizləşdirilməsinə baxılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, maqnezium ərintilərinin ovuntuları ilə poladın üfürülməsində oksigensizləşdirmə effekti alüminium kimi klassik oksigensizləşdiricilərlə üfürmədə alınan effektdən az fərqlənir. Alüminiumun artıqlığında və maqneziumun daxil edilməsində oksigenin poladdan kənarlaşdırılma sürətinin kəskin artması müşahidə olunur. $MgO-Al_2O_3$ faza diaqramına uyğun olaraq ovuntularla üfürmədə poladın tərkibində MgO tipli qlobulyar oksidlər $1600^{\circ}C$ -də maye halda gil–torpağın bərpasında yaranırlar [8]⁹.

$Mg-Si-Ca$ ərintisinin ovuntuları ilə poladın çalovda üfürülməsi kalsium–maqnezium alüminatlarının morfoloqiyasına ciddi təsir göstərir. Bu halda yaranan qlobulyar ünsürlər silikokalsium və ya $Ca-Si-Mn$ ərintisi ilə emalda alınan ünsürlərə nisbətən daha dispersdirlər. Adi texnologiya ilə üfürməyə nisbətən maqnezium ərintilərinin ovuntularının üfürülməsilə emalda poladdan kükürdün kənarlaşdırılması yüksək effektlə baş verir. Üfürülən maqneziumun sərfi artıqca poladda oksigenin miqdarı kəskin aşağı düşür.

Poladda karbonun miqdarından asılı olaraq çalovda onun üfürülməsi üçün ovuntu materialının seçilməsi üçün sxem işlənmişdir. Bu sxemə əsasən, poladda karbonun miqdarının

⁹ Ovuntuları üfürməklə çalovda saflaşdırılmış elektropoladın mexaniki xassələri. A.T.Bayramov

azlığında yalnız maqnezium ovuntusunun, orta qiymətində və silikokalsiumun çoxluğunda isə maqnezium karbidinin istifadəsi tövsiyə olunur. Müəyyən ehtimallarla flüsün və silikokalsiumun üfürülməsi üçün ümumi tənlük alınmışdır. Müxtəlif tərkibli ovuntuların üfürülməsində oksigenin faktiki və hesabi miqdarı müəyyən edilmişdir.

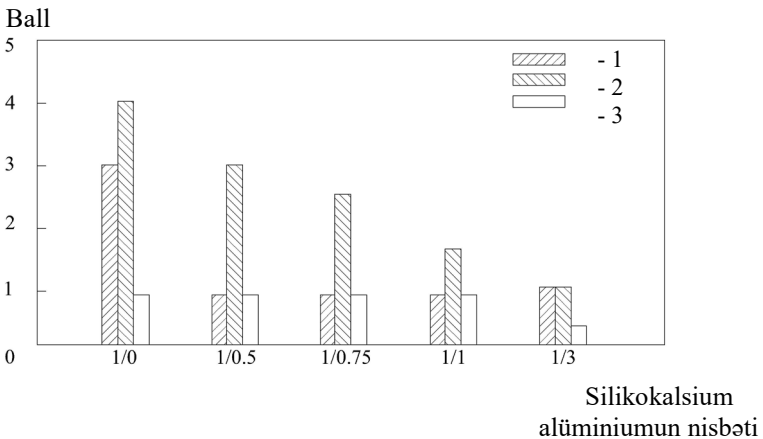
Posa və metal ovuntuları qarışıqlarının üfürülməsi ilə poladdan oksigenin kənarlaşdırılma qanuna uyğunluqları tədqiq olunmuşdur. Belə tərkibdə poladın üfürülməsində bir neçə effektlər müəyyən olunmuşdur. Əsas effekt isə istifadə olunan ovuntuların saflaşdırıcılıq qabiliyyətinin artırılması hesabına onların sərfinin azaldılmasıdır. Qeyd edək ki, belə tərkiblərlə üfürmədə üfürmə davamiyyəti artdıqca oksigenin poladda miqdarı azalır, maqneziumun sərfi isə artır.

Posa və metal ovuntularının qarışıqlarının üfürülməsi ilə oksigensizləşdirmədə poladda yaranan sətirli, qlobulyar və oksid ünsürlərinin balları müəyyən edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ən iri ballı, o cümlədən 4 ballı oksidlər, üfürülən qarışığın tərkibində alüminium olmayan ovuntuyabənzər qarışıqları üfürmədə alınır. Qarışıqda silikokalsium və alüminiumun nisbətindən poladın çirklilik dərəcəsinin asılılığı tədqiq olunmuşdur. Bu nisbətin 1:2 və 1:3 civarında daha effektiv olması təsdiqlənmişdir [9]¹⁰.

Nöqtəvi, sətirli və qlobulyar oksid ünsürlərinin maksimal balına görə metalın qiymətləndirilməsinin nəticələri (şək. 3) göstərir ki, bu halda da çalovda maye metalın üfürülməsi üçün istifadə olunan ovuntuyabənzər qarışıqla silikokalsium və alüminiumun tərkibi arasında nisbətdən oksid ünsürlərinin maksimal balının dəqiq asılılığı müşahidə olunur. Qarışıqda alüminium olmadıqda yayılmış metal sətirli oksidlərin və qlobulların ən böyük balı ilə səciyyələni; sətirli oksidlərin maksimal balı 3–ə, qlobulyar ünsürlərin ki, isə 4–ə çatır. Qarışıqda alüminiumun miqdarını artırdıqca qlobulyar ünsürlərin maksimal balının daimi azalması müşahidə olunur. Sətirli oksidlərin

¹⁰ An impact of the ladle lining on the refining of reinforced steel when blowing with powders. M.B.Babanlı, R.İ.Kerimov, A.T.Bayramov, İ.B.Abbasov

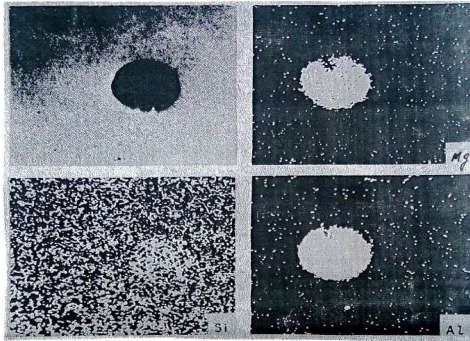
maksimal balı ovuntuyabənzər qarışıqların ($C_{T30}:Al=1:0,5$ nisbətli) yoxlanılmış miqdarından minimal əlavədə artıq kəskin azalır. Qarışıqda alüminiumun miqdarının sonrakı artımı bu ünsürlərin maksimal balına təsir etmir. Nöqtəvi oksidlərin maksimal balı kifayət qədər aşağı qalır (1 bal) və praktiki olaraq qarışıqda alüminiumun miqdarından asılı deyildir. Beləliklə, ünsürlərin maksimal balının qiymətləndirmə məlumatlarına əsasən nəticəyə gəlmək olar ki, oksid ünsürlərinə görə ən təmiz və ünsürlərin ölçülərinə görə ən kiçiyi silikokalsium və alüminiumun $(1:2)÷(1:3)$ nisbəti ovuntuların göstərilən qarışıqında çalov da üfurmə üçün istifadə də alınır .



Şəkil 3. Qarışıqda silikokalsium və alüminiumun müxtəlif nisbətində polad C_{T3}-də oksid ünsürlərinin maksimal balı:
1–sətirli oksidlər; 2–qlobullar; 3–nöqtəvi oksidlər

Oksid ünsürlərinin çirkliliyinə qarışıqda silikokalsium və alüminiumun nisbətinin aşkarlanmış təsir qanuna uyğunluğunu aşağıdakı kimi izah etmək olar. Məlumdur ki, poladın oksigensizləşdirilməsi üçün silikokalsiumun tətbiqi metalda adətən alüminiumun artırılmış miqdarı ilə oksigensizləşdirmədə yaranan sətirli ünsürlərin miqdarının azalmasını çağırır. Bununla birlikdə silikokalsiumu kifayət qədər oksigensizləşdirilməmiş polada daxil

etdikdə nisbətən iri qlobulyar ünsürlər yaranır. Oxşar iri qlobulyar ünsürlər tərkibində alüminium olmayan ovuntular qarışığının üfürülməsində tərəfimizdən izlənmişdir. Qarışığa alüminium ovuntusunun əlavəsi ona gətirir ki, metalda olan oksigenin bir hissəsi alüminiumla qarşılıqlı təsirə sərf olunur. Maqneziumla reaksiyaya girən oksigenin miqdarının azalması ucbatından qlobulyar ünsürlərin ölçüləri azalır. Bununla birlikdə oksigensizləşdirici qarışığın tərkibində maqneziumun iştirakı iri sətirli oksidlərin yaranmasının qarşısını alır. $mMg+nAl_2O_3=mMgO \cdot nAl_2O_3$ reaksiyasının getməsi nəticəsində oksid ünsürlərinin qlobullaşması baş verir. Belə ünsürlərdə xarici görünüş və elementlərin paylanması şəkil 4-də təqdim olunub. Bəzi məlumatlara görə maqnezium gil-torpağın olan bütün ünsürlərini, əgər onun metalda miqdarı ümumi oksigenin miqdarından üç dəfə çoxdursa, maqneziumun maye alüminatına çevirir. Əhəngin, üzgəcli şpatın və silikokalsium qarışığına Mn-Al ərintisinin ovuntusunun daxil edilməsi oksid qeyri-metal ünsürlərinə görə poladın təmizliyinin sonrakı artırılmasına gətirir [10]¹¹.



Şəkil 4. Maqnezium oksidi, üzgəcli şpat, silikokalsium və alüminium qarışıqlarının üfürülməsindən sonra polad Ст3-də qlobulyar oksid ünsürlərinin xarakterik sahəsi üzrə maqnezium, silisium və alüminiumun ümumi görünüşü və paylanması ×4000

¹¹ Улучшение качества сортовых заготовок путем применения электромагнитного перемешивания металла. Р.И.Керимов, А.Т.Байрамов

Beləliklə, posa və metal ovuntularının qarışığı ilə çalovda poladın emalı poladın oksigensizləşdirmə dərəcəsinin artırılmasının, qeyri–metal üsürlərə görə yaxşılaşdırılmasının, üsürlərin formasının, miqdarının və ölçülərinin tənzimlənməsinin effektiv üsuludur.

Ovuntu qarışığında silikokalsium və alüminiumun müxtəlif nisbətində armatur poladında oksid üsürlərinin, o cümlədən sətirli, qlobulyar və nöqtəvi üsürlərin bal dərəcələri tədqiq olunmuşdur. Bu halda da oksid üsürlərinə görə ən təmiz, üsürlərin ölçülərinə görə ən kiçik silikokalsium və alüminium ovuntu qarışığının (1:2)–(1:3) nisbətində çalovda üfurmədə alınır.

Müəyyən olunmuşdur ki, metal ovuntuları ilə çalovda elektropoladın emalı onun oksigensizləşdirmə dərəcəsinin artırılmasının, qeyri–metal üsürlərə görə strukturunun yaxşılaşdırılmasının, üsürlərin formasının, miqdarının və ölçülərinin tənzimlənməsinin ən effektiv emal metodudur.

Bəşinci fəsilə armatur poladının əridilməsində sobada və çalovda posa və metal ovuntuları ilə metalın üfürülməsində oksid, sulfid və qeyri–metal üsürlərin paylanma xarakterinə baxılmışdır. Adi texnologiya üzrə əridilmiş metalda oksid üsürlərinə görə maksimal bal, yeni texnologiyada 1/3 qədərə, sulfidlərə görə isə 1/2 dəfə aşağı olmuşdur. Beləliklə, yeni texnologiya ilə alınmış armatur poladında kövrək və plastik silikatların yalnız izləri müşahidə olunmuşdur. Qeyri–metal üsürlərlə çirklənmə yeni texnologiyanın tətbiqində kəskin azalmışdır.

Armatur poladından elektroliz yolu ilə ayrılan qeyri–metal üsürlərin miqdarının, petroqrafik və rentgenstruktur analizinin məlumatlarına görə onların kimyəvi tərkibinin və strukturunun təhlili göstərir ki, yeni texnologiya ilə alınan poladlarda adi texnologiya ilə alınan poladlara nisbətən onların miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə azdır. Qeyri–metal üsürlərin kimyəvi tərkibinin analizi Al_2O_3 , SiO_2 və MgO -dan ibarət olduğunu göstərmişdir. Petroqrafik və rentgenstruktur analizlər $MgO \cdot Al_2O_3$, $MgO \cdot 6Al_2O_3$ və $CaF_2 \cdot 5Al_2O_3$ fazalarının izlərinin strukturda mövcudluğunu təsdiqləmişdir.

Yeni texnologiya ilə alınan armatur elektropoladının mexaniki xassələrinin tədqiqi onların möhkəmlik və plastiklik xassələrinin adi texnologiya ilə əridilmiş polada nisbətən yüksək olmasını göstərmişdir. Yeni texnologiya ilə alınan armatur poladında fosforun miqdarının azaldılması onun zərbə özlülüyünün artmasına gətirir. Eyni zamanda fosforun poladın tərkibində azaldılması yorulma çatlarının xeyli azalmasına əsas səbəb rolunu oynayır [11]¹².

Eninə və uzununa nümunələrin sınağında armatur poladında fosforun miqdarından zərbə özlülüyünün asılılığı qurulmuş və müxtəlif sınaq temperaturlarında zərbə özlülüyünün dəyişmə xarakteri müəyyən edilmişdir. Təhlil göstərir ki, yeni texnologiya ilə əridilmiş armatur nisbətən temperatur dəyişməsinə daha az həssasdır.

Sobada və çalovda ovuntuların üfürülməsi ilə təkrar əridilmiş legirli poladlardan alınan nümunələrin möhkəmlik xarakteristikaları, o cümlədən möhkəmlik həddi, axıcılıq həddi, zərbə özlülüyü, nisbi uzanması və nisbi daralması adi texnologiya ilə əridilmiş və təzə şixtədən əridilmiş poladlara nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək qiymətlərə malikdir.

“Baku Steel Company” QSC-də işlənmiş yeni texnologiyanın ovuntuların üfürülməsi ilə sobada və çalovda emal texnologiyasının tətbiqi üçün hazırlıq işləri görülür. Bu məqsədlə, ovuntuların hazırlanması, saxlanması, nəqli, yüklənməsi və ovuntuların qövslü sobaya və çalova üfürülməsinin kompleks həlli üçün tədbirlər işlənir [12]¹³.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Armatur poladlarının elektroəridilməsində saflaşdırılması üçün çalovda ovuntularla maye metalın üfürülməsi təklif olunmuş və ilk dəfə olaraq ovuntuların əsas tərkibini təşkil edən CaO əvəzinə MgO təklif olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, azkarbonlu armatur

¹² Улучшение качества сортовых заготовок путем применения электромагнитного перемешивания металла. Р.И.Керимов, А.Т.Байрамов

¹³ İnşaat armaturlarının istehsalında elektropoladəritmənin rolu. Məmmədov A.T., Bayramov A.T., Xankişiyev İ.A.

poladlarının əridilməsində saflaşdırıcı komponent–ovuntu materialı kimi MgO–nin istifadəsi CaO–nə nisbətən daha effektiv sayılır. Eyni zamanda MgO–nin əsas komponent kimi ovuntu qarışığında istifadə olunması tökmə çalovunun tez dağılmasının qarşısını alır. Müxtəlif ovuntu qarışıqlarını üfürməklə poladın sobadan kənar emalında saflaşdırma prosesinin termodinamikası təhlil olunmuş və bu sahədə mövcud olan mülahizələr genişləndirilmişdir [13]¹⁴.

2. Maqnezium oksidi əsasında ovuntu qarışıqları ilə armatur poladının çalovda üfürülməsində maye metalda kükürdün dəyişmə kinetikasi öyrənilmiş, posa fazasında kükürdün miqdarı və kükürdsüzləşmə effekti təyin olunmuşdur. Yəni ovuntu qarışığı ilə maye poladın üfürülməsində metal və posa arasında kükürdün paylanmasının tarazlıq əmsalları tapılmışdır. Maqnezium əsaslı ovuntu qarışıqları ilə maye metalın çalovda üfürülməsində metalın kükürdsüzləşməsində həm posa fazasının tərkibi və həm də onun metalla qarşılıqlı təsir davamiyyəti xeyli əhəmiyyətlidir.

3. Armatur poladlarının ovuntularla sobadan kənar emal prosesinin kinetikasi tədqiq olunmuş, posa damcısının saflaşdırıcılıq qabiliyyətinin onun metalla kontaklaşma vaxtından asılılığı təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, asanəriyən posa damcıları ilə metalın üfürülməsində onlara kükürdün adsorbsiya olunması qarışıq kinetik rejimdə həyata keçir və kükürdsüzləşmə heterogen reaksiyasının, sürəti posa damcılarında kükürdün diffuziya sürəti ilə üst–üstə düşməsi mümkündür. Daha xırda posa damcılarının əritmədə iştirakı onların metalın dərinliyinə daxil olmasını şərtləndirir və aydındır ki, daha dərin qatlarda metalda kükürdsüzləşməsinin getməsinə şərait yaradır.

4. Ovuntu reagentləri üfürməklə armatur poladının əridilməsində saflaşdırma prosesinə texnoloji parametrlərin təsiri tədqiq olunmuşdur. Qeyd olunur ki, ovuntu qarışığının üfürmə zamanı sərfi artdıqca poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsi yüksəlir.

¹⁴ Kompleks sobadan kənar emalın tətbiqi ilə armatur poladının oksigensizləşdirilməsi. RRPCS-2021. “Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” Konfrans materialları. Bayramov A.T.

Müəyyən olunmuşdur ki, kükürdsüzləşdirmə vaxtının həddən çox artırılması maye metalın resulfasiyasına gətirə bilər [14]¹⁵.

5. Məlum ovuntu qarışıqlarına maqnezium oksidinin əlavə olunmasında kükürdsüzləşmə yüksək sürətlə və tam gedir, ənənəvi metallurji bahalı materiallardan istifadə olunmur, silikokalsiumun ovuntu qarışığında istifadəsində poladda silisiumun az artması ilə müşayət olunur. Arqon qazında maqnezium oksidi əsaslı ovuntu qarışıqlarının üfürülməsində yaranan posanın tərkibi, poladın kükürdsüzləşmə dərəcəsi və posanın əsasiliyi haqqında olan məlumatlar dəqiqləşdirilmişdir.

6. Maye poladın ovuntu qarışıqları ilə üfürülməsində çalovun hörgüsünün kükürdsüzləşmə dərəcəsinə təsiri müəyyən olunmuşdur, çalovun hörgüsünün materialı yaranan posanın tərkibinə və əsasiliyinə xeyli təsir göstərir. Poladın aşağı əsasiliyində çalovun hörgüsü tez dağılır. Eyni zamanda posada FeO–nun miqdarından kükürdsüzləşmə dərəcəsinin asılılığı dəqiqləşdirilmişdir. Fe–nun posada artması metalın resulfasiyası ilə müşahidə oluna bilər.

7. Metal ovuntuları ilə üfürülməklə poladın çalovda oksigensizləşdirilmə prosesi tədqiq olunmuşdur. Maqnezium ərintiləri və posa qarışıqlarının birlikdə üfürülməsində oksigensizləşdirmə effekti alüminium kimi klassik oksigensizləşdiricilərlə üfürülmədə olan effektdən az fərqlənir. Mg–Si–Ca ərintisinin ovuntuları ilə poladın çalovda üfürülməsində kalsium elementi maqnezium alüminatlarının morfologiyasına ciddi təsir göstərir. Bu halda yaranan qlobulyar ünsürlər silikokalsium və Ca–Si–Mn ərintisi ilə üfürülmədə alınan ünsürlərə nisbətən daha dispers olurlar.

Poladda karbonun miqdarından asılı olaraq çalovda üfürmə üçün ovuntu materialının sxemi seçilmişdir: karbonun azlığında maqnezium ovuntusunun, orta qiymətində silikokalsiumun və

¹⁵ Внепечная обработка при производстве высококачественных сталей. А.Г.Величко, С.Р.Рахманов, М.Б.Бабанлы, А.Т.Мамедов, А.Т.Байрамов

çoxluğunda isə maqnezium karbidinin istifadəsi tövsiyə olunur [15]¹⁶.

8. Müxtəlif ovuntu qarışıqları ilə üfurmədə armatur poladında oksid ünsürlərinin, o cümlədən sətirli, qlobulyar və nöqtəvi ünsürlərin bal dərəcələri müəyyənləşdirilmişdir. Bu halda oksid ünsürlərinə görə ən təmiz, ünsürlərin ölçülərinə görə ən kiçik silikokalsium və alüminium ovuntu qarışıqlarının (1:2)–(1:3) nisbətində çalovda üfurmədə alınır. Metal ovuntuları ilə çalovda elektropoladın üfürülməsi digər emal ünsürləri ilə müqayisədə ən effektiv metod hesab oluna bilər.

9. Elektrik sobasında və çalovda posa və metal ovuntuları ilə üfurmədən sonra armatur poladında oksid, sulfid və qeyri–metal ünsürlərin paylanma xarakteri tədqiq olunmuşdur. Adi texnologiya ilə əridilmiş metalda oksid ünsürlərinə görə maksimal bal yeni texnologiyada 1/3 qədər, sulfidlərə görə isə 1/2 dəfə aşağı olmuşdur. Yeni texnologiya ilə alınmış armatur poladında kövrək və plastik silikatların yalnız izləri müşahidə olunur [16]¹⁷.

Yeni texnologiya ilə alınan armatur elektropoladının mexaniki xassələri adi texnologiya ilə alınan poladlara nisbətən xeyli yüksək olmuşdur. Hazırda “Baku Steel Company” QSC–də yeni texnologiyaların tətbiqi üçün xüsusi tədbirlər planı işlənir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap olunub:

1. A.T.Bayramov. Posa və metal ovuntuları qarışıqlarının üfürülməsi ilə poladdan oksigenin kənarlaşdırılması. AzTU, Maşınşünaslıq, № 1. Bakı-2018, səh. 34-39
2. R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov. Ovuntuları üfürməklə çalovda poladın kükürdsüzləşmə prosesinin kinetikasının tədqiqi//Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi əsərlər, № 1. Bakı-2019, səh. 127-135.

¹⁶ Резервы повышения эффективности внепечной обработки электростали. А.Т.Байрамов.

¹⁷ Ovuntu reoqentlər üfürməklə armatur poladının saflaşdırılması. А.Т.Байрамов

3. M.B.Babanlı, A.T.Bayramov. Kükürdsüzləşdirici ovuntu qarışığının tərkibinin və sərfinin poladın saflaşdırma prosesinə təsiri. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. Cild 21. № 1. Bakı-2019, səh. 61-68.
4. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov. Metal ovuntuları üfürməklə poladın çalovda oksigensizləşdirilməsi. Journal of Baku Engineering University. MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING. 2018. Volume 2, Number 1. p.33-40.
5. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov. Ovuntuları üfürməklə çalovda poladın kükürdsüzləşmə prosesinin termodinamikasının təhlili. Journal of Baku Engineering University. MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING. 2018. Volume 2, Number 1. p.55-63.
6. M.B.Babanlı, R.İ.Kərimov, A.T.Bayramov. Posanın tərkibinin və miqdarının poladın kükürdsüzləşmə prosesinə təsiri. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. Cild 21. №4 (120) 2019. İSSN 1609-1620. Səh.69-76
7. A.T.Bayramov. Sobada və çalovda ovuntularla üfürmədən sonra poladın keyfiyyətinin artırılması. AzMİU, ELMİ ƏSƏRLƏR № 1/2019. Səh. 170-175.
8. A.T.Bayramov. Ovuntuları üfürməklə çalovda saflaşdırılmış elektropoladın mexaniki xassələri. ADDA, Elmi əsərləri, Bakı, 2019, № .1(29) səh.33-38
9. M.B.Babanlı, R.İ.Kerimov, A.T.Bayramov, İ.B.Abbasov. An impact of the ladle lining on the refining of reinforced steel when blowing with powders. EASTERN-EUROPEAN JOURNAL OF ENTERPRISE TECHNOLOGIES. İSSN 1729-3774. 5/1 (101) 2019. p.65-71
10. Р.И.Керимов, А.Т.Байрамов. Улучшение качества сортовых заготовок путем применения электромагнитного перемешивания металла. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение». ISSN 2307-342X. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ТЕОРИИ МАШИН: Материалы VII Международной научно-практической конференции. №7. Новокузнецк-2019. стр. 78-82.

11. Məmmədov A.T., Bayramov A.T., Xankişiyev İ.A. İnşaat armaturlarının istehsalında elektropoladəritmənin rolu. ADDA, Elmi əsərləri, Bakı, 2019, №2(30), səh. 39-44.
12. С.И.Шахов, Б.А.Сивак, К.Н.Вдовин, Д.С.Шахов, Р.И.Керимов, А.Т.Байрамов. Совершенствование оборудования электромагнитного перемешивания в кристаллизаторах сортовых и блюмовых МНЛЗ. Черная Металлургия, Москва. Том 76, №10, стр. 1014-1020.
13. A.T.Bayramov. Kompleks sobadan kənar emalın tətbiqi ilə armatur poladının oksigensizləşdirilməsi. RRPCS-2021. “Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” Konfrans materialları. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubleyinə həsr edilmiş Beynəlxalq Konfrans. Fevral 25-26, 2021, Bakı, Azərbaycan. Səh. 260-263.
14. A.G.Величко, С.Р.Рахманов, М.Б.Бабанлы, А.Т.Мамедов, А.Т.Байрамов. Внепечная обработка при производстве высококачественных сталей. НМетАУ и АГУНП, Баку-2021, монография.
15. А.Т.Байрамов. Резервы повышения эффективности внепечной обработки электростали. Международная научно-практическая конференция «Молодежь, наука, образование: Актуальные вопросы достижения и инновации». г. Пенза РФ, 27 апреля 2022 года.
16. A.T.Bayramov. Ovuntu reoqentlər üfürməklə armatur poladının saflaşdırılması. Ümummilli Lider H.Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş “Su nəqliyyatının problemləri” adlı XVII Beynəlxalq elmi-texniki konfrans ADDA, 05-06 may, 2022-ci il.

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

[1,7,8,13,15,16] sayılı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

[2,3,4,5,6] sayılı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər yerinə yetirilmişdir.

[9] sayılı işdə iddiaçı məsələnin qoyuluşunu, nəzəri araşdırmaları və eksperimental tədqiqatların aparılmasını yerinə yetirmişdir.

[10] sayılı işdə iddiaçı məsələnin qoyuluşunu, nəzəri tədqiqatları və məqalənin tərtibini yerinə yetirmişdir.

[11] sayılı işdə iddiaçı nəzəri və eksperimental tədqiqatları aparmışdır.

[12,13,14,15,16] sayılı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi 30 iyun 2022-ci il tarixində saat 13:00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, əsas bina, otaq 250

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 25 may 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 29.04.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39693

Tiraj: 120