ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

PO‘LATLARDAN QUYMA MAHSULOTLAR OLISHDA QOTISHMA TARKIBIDA XOSIL BO‘LADIGAN NOMETALL QO‘SHIMCHALARGA MINERAL FLYUS TARKIBINING TA’SIRI

Nozimjon Xolmirzayev
Toshkent davlat texnika universiteti
Nodir Turaxodjayev
Toshkent davlat texnika universiteti
Jamshid Sharipov
Buxoro davlat texnika universiteti
Abdujalol Bektemirov
O‘zbekiston – Yaponiya yoshlar innovatsiya markazi
Nuriddin Yusupov
Andijon davlat texnika instituti.
Zokirjon Nurdinov
Toshkent davlat texnika universiteti
Nilufar Zufarova.
Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda laboratoriya sharoitida A300 markali ikkilamchi metall armaturalarni qayta suyuqlantirish jarayonida $CaCO_3$–$CaSiO_3$ asosidagi flyus tarkibi o‘zgarishining suyuq metallning vannadagi fizik-kimyoviy jarayonlariga va xosil bo‘ladigan nometall qo‘shimchalarga ta’siri tadqiq qilingan. Flyus tarkibi 50–80 % gacha $CaCO_3$ va 20–50% $CaSiO_3$ diapazonida bosqichma-bosqich o‘zgartirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, flyus asosliligining ortishi nometall qo‘shimchalarning shlak fazasiga o‘tishini yaxshilashi kuzatildi. Biroq $CaCO_3$ miqdorining ortishi natijasida suyuq qotishmada gazli g‘ovaklik va mayda dispers oksidli nometall qo‘shimchalar paydo bo‘lishiga olib kelishi ham kuzatildi.

Kalit so‘zlar: Oksidlar, nometall qo‘shimchalar, metall va shlak fazalari, reologik xossalar, metallografik, $CaCO_3$ va $CaSiO_3$.

Abstract. In this study, the effect of varying the composition of the $CaCO_3$–$CaSiO_3$-based flux on the physicochemical processes of the liquid metal in the bath and the formation of non-metallic inclusions during the reflow process of A300 grade secondary metal reinforcements under laboratory conditions was investigated. The flux composition was gradually changed in the range of 50–80% $CaCO_3$ and 20–50% $CaSiO_3$. The results of the study showed that increasing the basicity of the flux improved the transition of non-metallic inclusions to the slag phase. However, increasing the amount of $CaCO_3$ was also observed to lead to the formation of gaseous porosity and finely dispersed oxide non-metallic inclusions in the liquid alloy.

ISSN 3030-3907

Keywords: Oxides, non-metallic inclusions, metal and slag phases, rheological properties, metallographic, $CaCO_3$ and $CaSiO_3$.

Аннотация. В данном исследовании изучалось влияние изменения состава флюса на основе $CaCO_3$–$CaSiO_3$ на физико-химические процессы жидкого металла в ванне и образование неметаллических включений в процессе оплавления упрочняющих вторичных металлов марки А300 в лабораторных условиях. Состав флюса постепенно изменялся в диапазоне 50–80% $CaCO_3$ и 20–50% $CaSiO_3$. Результаты исследования показали, что повышение основности флюса улучшает переход неметаллических включений в шлаковую фазу. Однако было также замечено, что увеличение количества $CaCO_3$ приводит к образованию газовой пористости и мелкодисперсных оксидных неметаллических включений в жидком сплаве.

Ключевые слова: Оксиды, неметаллические включения, металлическая и шлаковая фазы, реологические свойства, металлографические свойства, $CaCO_3$ и $CaSiO_3$.

KIRISH.

Zamonaviy metallurgiyada po‘lat tarkibidagi nometall qo‘shimchalar miqdori, turi va morfologiyasidir uning sifatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Ikkilamchi po‘latlari qayta eritish jarayoniga duch kelganda, ularning dastlabki ishlab chiqarish bosqichida shakllangan nometall qo‘shimchalar tizimi ma’lum darajada saqlanib qoladi yoki yangi termokimyoviy sharoitlarda qayta shakllanadi.

Po‘latni suyuqlantirish jarayonida metall va shlak fazalari o‘rtasida murakkab fizik-kimyoviy o‘zaro ta’sirlar sodir bo‘ladi. Shlak nafaqat himoya muhiti vazifasini bajaradi, balki u aktiv tozalovchi faza sifatida ham ishlaydi. U metall tarkibidagi kislotali oksidlar, sulfidlar hamda boshqa nometall qo‘shimchalarni o‘ziga biriktirish orqali metallni tozalaydi. Ushbu jarayon samaradorligi esa, birinchi navbatda, shlakning asoslilik darajasi, qovushqoqligi, eruvchanligi va termodinamik faolligiga bog‘liq [1-3].

Shlak asosliligi bu uning tarkibidagi asos oksidlarning (asosan CaO, MgO) kislotali oksidlarga (SiO_2, Al_2O_3 va boshqalar) nisbatini ifodalovchi parametr bo‘lib, metallni tozalash qobiliyatini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri. Asosli shlaklar kislotali tabiatga ega bo‘lgan oksidli nometall qo‘shimchalarni kimyoviy bog‘lash va ularni metall fazasidan ajratib olish qobiliyatiga ega [4, 5]. Aksincha, kislotali yoki past asosli shlaklar bunday nometall qo‘shimchalarni yetarlicha samarali yuta olmaydi. Natijada ular metall matritsasida saqlanib qoladi va mexanik xossalarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Ikkilamchi metallarni qayta eritish jarayonida $CaCO_3$ asosidagi flyuslardan foydalanish keng tarqalgan amaliy yondashuv hisoblanadi. $CaCO_3$ yuqori haroratda parchalanib, CaO va CO_2 hosil qiladi. Hosil bo‘lgan CaO kuchli asos oksid sifatida shlak tarkibiga kiradi va uning asoslilik darajasini oshiradi. CO_2 gazining ajralishi esa metall vannada aralashtirish effektini yuzaga keltirib, nometall qo‘shimchalar ko‘chishini tezlashtirishi mumkin. Biroq, ortiqcha gaz ajralishi metall ichida g‘ovakliklar hosil bo‘lishiga va ikkilamchi oksidlanish jarayonlarining kuchayishiga sabab bo‘lishi ham mumkin [6-8].

Qisman $CaCO_3$ bilan almashtirilgan $CaSiO_3$ esa shlakning strukturaviy komponenti sifatida muhim rol o‘ynaydi. U shlakning qovushqoqligini va suyuqlanish haroratini tartibga soladi hamda silikatli fazaning barqarorligini ta’minlash uchun xizmat qiladi. Shlakning optimal reologik xossalari nometall qo‘shimchalarning ko‘tarilib chiqishini va shlak fazasiga o‘tishini osonlashtiradi [9, 10]. Demak, $CaCO_3$ va $CaSiO_3$ o‘rtasidagi nisbat shlakning kimyoviy va fizik xossalarini kompleks tarzda belgilab beradi.

Nometall qo‘shimchalar po‘lat mikrostrukturasi va mexanik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ular, odatda, oksidlar (FeO, SiO_2, Al_2O_3), sulfidlar (MnS) yoki murakkab oksidli fazalar ($CaO–Al_2O_3–SiO_2$ tizimi) ko‘rinishida uchraydi. Nometall qo‘shimchalar shakli (burchakli yoki sferik), o‘lchami va taqsimlanishi po‘latning plastikligi, zarbga va charchoqga chidamliligini belgilaydi [11, 12]. Masalan, burchakli va cho‘zilgan nometall qo‘shimchalar kuchlanish konsentratsiyasi manbai bo‘lib xizmat qiladi. Sferik shaklli nometall qo‘shimchalar esa metall matritsasiga nisbatan kamroq salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Yuqori asoslilik sharoitida CaO ning Al_2O_3 va SiO_2 bilan o‘zaro ta’siri natijasida past erish haroratiga ega bo‘lgan murakkab kaltsiyli aluminat-silikatlar hosil bo‘ladi. Bu jarayon nometall qo‘shimchalarni modifikatsiyalash deb ataladi. Modifikatsiyalangan nometall qo‘shimchalar ko‘proq sferik shaklga ega bo‘lib, metall fazasidan ajralib chiqishi osonlashadi. Shuning uchun shlak tarkibini boshqarish orqali nometall qo‘shimchalar harakatini nazorat qilish mumkin [13].

Shu bilan birga, $CaCO_3$ miqdorining ortishi har doim ham ijobiy natija bermaydi. Yuqori haroratda CO_2 ajralishi metallning oksidlanishini oshirishi va mayda dispers oksidli zarrachalar hosil bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin. Bundan tashqari, haddan tashqari yuqori asoslilik shlakning barqarorligini buzishi yoki uning metall bilan o‘zaro ta’sir mexanizmini o‘zgartirishi mumkin. Shuning uchun optimal nisbatni aniqlash ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb vazifa hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan omillar shuni ko‘rsatadiki, $CaCO_3–CaSiO_3$ asosidagi flyus nisbatining o‘zgarishi nafaqat shlakning asoslilik darajasini, balki uning reologik xossalarini, gaz ajralish intensivligini va termodinamik faolligini ham

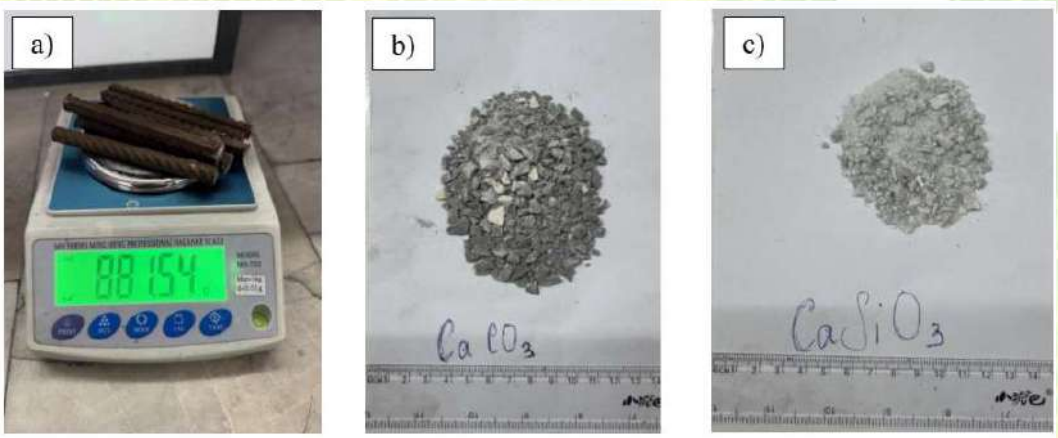
ISSN 3030-3907

o‘zgartiradi. Bu esa o‘z navbatida nometall qo‘shimchalarning hosil bo‘lishi, modifikatsiyalanishi va metall fazasidan chiqarilish jarayonlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [14-16].

Shu sababli mazkur tadqiqotning maqsadi laboratoriya sharoitida A300 markali po‘latni qayta suyuqlantirish jarayonida $CaCO_3$ va $CaSiO_3$ nisbatining o‘zgarishi shlak asosliligi hamda nometall qo‘shimchalarning miqdori, turi va morfologiyasiga qanday ta’sir ko‘rsatishini kompleks ravishda tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot natijalari qayta eritish jarayonlarida optimal flyus tarkibini tanlash, metall sifatini oshirish va nometall qo‘shimchalar miqdorini kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.

TADQIQOT USULLARI.

Tadqiqot obyekti sifatida qurilish amaliyotida ishlatilgan A300 markali armatura tanlandi. Eritishdan oldin armatura yuzasidagi zang, oksid qatlamlari va mexanik iflosliklar metall cho‘tka yordamida tozalandi, so‘ngra organik erituvchi bilan yog‘sizlantirildi. Bu bosqich tashqi iflosliklarning eritish jarayoniga va nometall qo‘shimchalar shakllanishiga qo‘shimcha ta’sir ko‘rsatishini kamaytirish maqsadida bajarildi. Har bir tajriba uchun bir xil massa miqdoridagi metall ishlatildi, bu esa natijalarni o‘zaro taqqoslash imkonini berdi. Flyus komponentlari sifatida kimyoviy toza $CaCO_3$ va $CaSiO_3$ dispers mayda bo‘laklari qo‘llanildi (1-rasm). Tajriba oldidan ular 110–120 °C haroratda quritilib, namlikdan xoli qilindi. Namlikning mavjudligi yuqori haroratda qo‘shimcha gaz ajralishiga va eritma barqarorligining buzilishiga olib kelishi mumkinligi sababli, ushbu bosqich muhim ahamiyatga ega.



1-rasm. Tadqiqot uchun shixta tarkibi. a) ikkilamchi A300 markali armatura; b) $CaCO_3$ maydalangan flyus sifatida; c) $CaSiO_3$ maydalangan flyus sifatida.

Flyus aralashmalari to‘rt xil nisbatda massaviy tarkibda tayyorlandi. Komponentlar analitik tarozida yuqori aniqlikda tortilib, mexanik aralashtirish orqali bir jinsli massa holatiga keltirildi. Flyus miqdori umumiy metall

ISSN 3030-3907

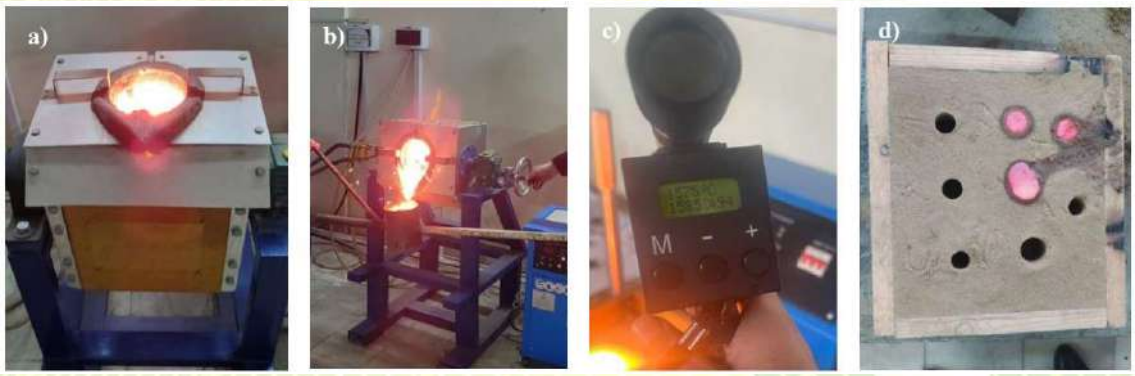
yuklamasiga nisbatan doimiy foizda saqlandi, bu esa shlak hosil bo‘lish sharoitining bir xil bo‘lishini ta’minladi.

1-jadval

Taklif etilgan flyuslarning yangi tarkiblari

№	Mineral	Flyusning yangi tarkiblari			
		F1	F2	F3	F4
1.	$CaCO_3$, %	50	60	70	80
2.	$CaSiO_3$, %	50	40	30	20

Eritish jarayoni laboratoriya induksion pechida amalga oshirildi. Metall yuklama pech tigeliga joylashtirilib, 1550–1600 °C harorat oralig‘ida suyuqlantirildi. Harorat optik pirometr yordamida nazorat qilindi (2-rasm). Metall to‘liq suyuqlangach, tayyorlangan flyus metall yuzasiga bir tekis qo‘shildi. $CaCO_3$ ning yuqori haroratda parchalanishi natijasida CaO va CO_2 hosil bo‘lishi kuzatildi. Eritish jarayonida metall va shlak fazalarining o‘zaro ta’siri uchun yetarli vaqt ta’minlandi.



2-rasm. Tadqiqot jarayonlari. a) 10 kg elektr induksion pechda suyuqlantirish jarayoni; b) suyuq metallni qizdirilgan kovshga quyish; c) suyuq metall haroratini o‘lchash uchun pirometr; d) namunalarni quyib olish uchun tayyorlangan qum-gilli qolip.

Har bir tajribada eritish vaqti, maksimal harorat, metall massasi hamda sovitish sharoiti bir xil saqlandi. Bu metodik yondashuv flyus tarkibining shlak asosliligi va nometall qo‘shimchalar shakllanishiga ta’sirini izolyatsiyalangan holda o‘rganish imkonini berdi.

Eritish jarayoni yakunlangach, metall oldindan qizdirilgan qoliplarga quyildi. Har bir nisbat bo‘yicha 5 tadan takroriy namuna tayyorlandi. Namunalarning sovishi havoda tabiiy sovitish orqali amalga oshirildi.

Metallografik tahlil uchun namunalardan shliflar tayyorlandi. Namuna yuzasi mexanik usulda kesilib, bosqichma-bosqich silliqlash va sayqallash jarayonidan o‘tkazildi. Yuzani ochish maqsadida nital eritmasida travleniya qilindi. Mikrostrukturaviy kuzatuvlar optik mikroskop yordamida turli kattalashtirish

ISSN 3030-3907

darajalarida olib borildi. Nometall qo‘shimchalar soni, o‘lchami, shakli va taqsimlanishi maydon birligiga nisbatan baholandi.

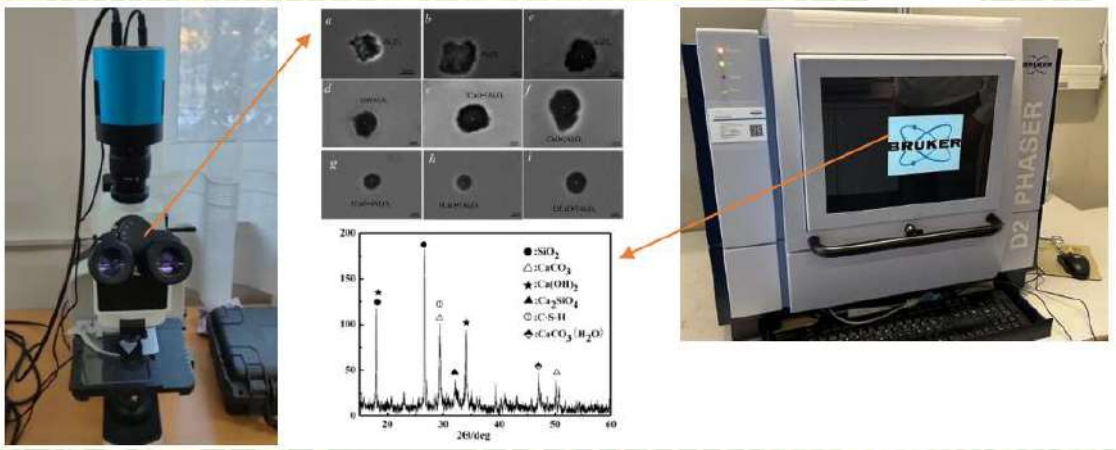
Shlak tarkibi asosida uning asoslilik darajasi hisoblab chiqildi. $CaCO_3$ ning parchalanishi natijasida hosil bo‘lgan CaO miqdori stexiometrik hisob-kitob asosida aniqlashtirildi. Shlak asosliligi asosli va kislotali oksidlar nisbatiga ko‘ra baholandi. Zarur hollarda nometall qo‘shimchalar tarkibini aniqlash uchun kimyoviy tahlil usullari qo‘llanilib, ularning oksidli yoki sulfidli ekanligi belgilandi.

Eksperimentlarning takrorlanuvchanligini ta’minlash maqsadida har bir nisbat bo‘yicha tajribalar bir necha marta takrorlandi. Olingan natijalar o‘rtacha qiymat sifatida qayd etildi va o‘zaro taqqoslandi.

Shu tariqa ishlab chiqilgan metodika $CaCO_3$–$CaSiO_3$ nisbatining o‘zgarishi natijasida shlak asosliligi, gaz ajralish intensivligi va nometall nometall qo‘shimchalar evolyutsiyasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni kompleks baholash imkonini berdi. Ushbu yondashuv flyus tarkibini optimallashtirish va qayta suyuqlantirilgan po‘lat sifatini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan xulosalar chiqarish uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

TADQIQOT NATIJALARI.

Ushbu bo‘limda $CaCO_3$–$CaSiO_3$ flyus nisbatining o‘zgarishi natijasida hosil bo‘lgan shlak fazasi, qotishma mikrostrukturasi, nometall qo‘shimchalar evolyutsiyasi hamda fazaviy tarkib (XRD) natijalari kompleks ravishda tahlil qilindi. Tahlil optik metallografik, mikrostrukturaviy kuzatuvlar, rentgen-difraktsiya tahlili (XRD) va eksperimental grafiklarga asoslandi 3-rasm.



3-rasm. Tadqiqot natijalarining Optik mikroskop va XRD tahlillarini olish jarayoni

Optik metallografik tahlil natijalari. Laboratoriya sharoitida $CaCO_3$–$CaSiO_3$ asosidagi flyus tarkibi o‘zgartirilgan holda olingan tadqiqot namunalari optik metallografik tasvirlari o‘rganildi. Tahlillar X20 dan X500 gacha kattalashtirishlarda amalga oshirildi. Kuzatuvlar shuni ko‘rsatdiki, flyus

ISSN 3030-3907

tarkibidagi $CaCO_3$ miqdorining oshishi shlak asosliligini sezilarli darajada o‘zgartiradi va bu o‘z navbatida qotishma mikrostrukturasi hamda uning tarkibidagi nometall qo‘shimchalar morfologiyasiga ta’sir ko‘rsatadi.

50% $CaCO_3$ va 50% $CaSiO_3$ nisbatida olingan namunalar mikrostrukturasi ferrit–perlit iborat, Ferrit donalari chegaralarida ko‘plab burchakli va notekis shakldagi oksidli fazalar kuzatildi. Ushbu fazalar asosan $FeO–SiO_2$ tipidagi kislotali oksidlardir. Ular metall matritsasida dispers holda joylashgan. Bunday mikrostruktura shlak asosliligining pastligi bilan bog‘liq. Past Asoslilik sharoitida shlak kislotali oksidlarni samarali yuta olmaydi va natijada nometallar metall fazasida saqlanib qoladi.

60% $CaCO_3$ va 40% $CaSiO_3$ nisbatida olingan namunalar tahlili metall mikrostrukturasi yanada bir jinsli bo‘lib borayotganini ko‘rsatdi. Ferrit–perlit strukturasining umumiy ko‘rinishi saqlangan bo‘lsa-da, nometall qo‘shimchalar soni kamaygani kuzatildi. Bundan tashqari, qo‘shimchalar morfologiyasi burchakli shakldan sferik yoki yarim sferik shaklga o‘ta boshlagan. Bu esa CaO miqdorining ortishi bilan bog‘liq bo‘lib, shlak asosliligining ortishi natijasida qo‘shimchalar modifikatsiyasi jarayoni boshlanishini ko‘rsatadi.

70% $CaCO_3$ va 30% $CaSiO_3$ tarkibida olingan namunalarda metall mikrostrukturasi eng toza ko‘rinishda kuzatildi. Optik mikroskop natijalari nometall qo‘shimchalar sonining minimal darajaga tushganini ko‘rsatdi. Qolgan qo‘shimchalar asosan sferik shaklda bo‘lib, metall matritsasida bir tekis taqsimlangan. Ferrit–perlit ancha barqaror bo‘lib, donalar chegaralarida yirik oksid zarrachalar deyarli kuzatilmadi. Bu holat shlak asosliligining optimal darajaga yetganligini ko‘rsatadi.

80% $CaCO_3$ va 20% $CaSiO_3$ tarkibida olingan namunalarda esa boshqa turdagi mikrostrukturaviy o‘zgarishlar kuzatildi. Qo‘shimchalar soni yana ortgan bo‘lib, ular mayda dispers oksidli zarrachalar ko‘rinishida namoyon bo‘ldi. Ayrim joylarda mikrog‘ovakliklar ham aniqlangan. Bu holat $CaCO_3$ ning ko‘pligi natijasida parchalanish jarayonida CO_2 gazining intensiv ajralishi bilan bog‘liq bo‘lib, metall vannada gazli g‘ovakliklar hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

XRD tahlil natijalari. Metall va shlak namunalari fazaviy tarkibini aniqlash maqsadida rentgen-difraktsion tahlil o‘tkazildi. Olingan difraktogrammalar flyus tarkibining o‘zgarishi bilan shlak tizimida yuzaga keladigan fazaviy siljishlarni aniqlash imkonini berdi.

50% $CaCO_3$ tarkibida olingan shlak namunalari difraktogrammasida FeO, SiO_2 va Al_2O_3 fazalariga tegishli difraktsion piklar ustunlik qildi. Bu natija shlakning nisbatan kislotali xususiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Kislotali shlak

ISSN 3030-3907

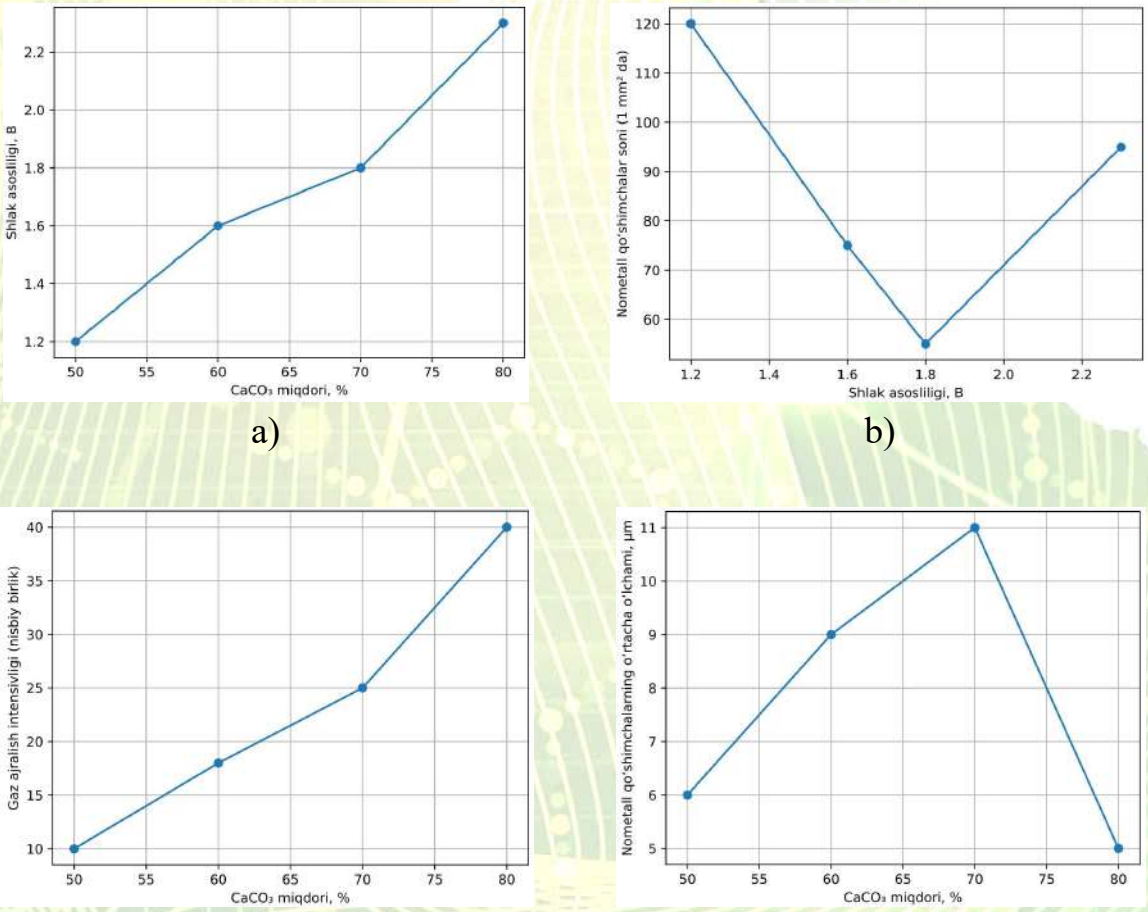
sharoitida oksidli qo‘shimchalar shlak tomonidan to‘liq yutilmaydi va metall matritsasida saqlanib qoladi.

60% $CaCO_3$ tarkibida olingan namunalar XRD tahlilida yangi fazalar paydo bo‘lishi kuzatildi. Asosan $CaO \cdot Al_2O_3$ va $CaO \cdot SiO_2$ tipidagi kaltsiyli aluminat va silikat fazalari aniqlangan. Bu fazalar CaO ning Al_2O_3 va SiO_2 bilan reaksiyaga kirishishi natijasida hosil bo‘ladi. Ushbu fazalar qo‘shimchalar modifikatsiyasi jarayonida muhim rol o‘ynaydi.

70% $CaCO_3$ tarkibida esa Ca_2SiO_4 va $CaO \cdot Al_2O_3$ fazalarining intensiv difraktsion piklari qayd etildi. Bu shlak tizimining optimal asoslilik darajasiga yetganligini ko‘rsatadi. Bunday sharoitda oksidli qo‘shimchalar murakkab kaltsiyli fazalarga aylanishi va shlak fazasiga o‘tishi osonlashadi.

80% $CaCO_3$ tarkibida olingan shlak namunalari difraktogrammasida esa erkin CaO fazasining piklari ham kuzatildi. Bundan tashqari CaS fazasining izlari ham aniqlangan. Bu holat shlak tizimida ortiqcha asoslilik mavjudligini va kimyoviy muvozanatning buzilishini ko‘rsatadi.

Grafik tahlil natijalari. Eksperimental natijalar asosida flyus tarkibi va qotishma sifat ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik grafik ko‘rinishda tahlil qilindi.



a) b)

c) d)

4-rasm. Flyus tarkibi o‘zgarishining bog‘liqlik grafiklari.

ISSN 3030-3907

a) $CaCO_3$ miqdorining shlak asosliligiga ta’siri; b) Shlak asosliligi va nometall qo‘shimchalar soni o‘rtasidagi bog‘liqlik; c) $CaCO_3$ miqdorining gaz ajralish intensivligiga ta’siri; d) $CaCO_3$ miqdorining nometall qo‘shimchalar o‘lchamiga ta’siri.

a) flyus tarkibida $CaCO_3$ miqdorining ortishi bilan shlak asosliligi deyarli chiziqli ravishda ortgan. 50% $CaCO_3$ nisbatida asoslilik B ≈ 1.2 qiymatni tashkil etib, tizim past-asosli xarakterga ega ekanligi kuzatildi. 60% va 70% nisbatlarda asoslilik mos ravishda B ≈ 1.6 va B ≈ 1.8 gacha ortdi. Bu interval shlakning metall bilan kimyoviy o‘zaro ta’siri uchun optimal sharoit yaratadi. 80% $CaCO_3$ holatida asoslilik B ≈ 2.3 qiymatga yetib, tizim yuqori asoslilikka erishdi. Bunday keskin ortish shlak tarkibida CaO ulushining sezilarli ko‘payishi bilan bog‘liq. Shunday qilib, $CaCO_3$ miqdori shlak asosliligini asosiy omili bo‘lib, u to‘g‘ridan-to‘g‘ri CaO konsentratsiyasi bilan proporsional bog‘langan.

b) asoslilik va 1 mm^2 maydondagi nometall qo‘shimchalar soni o‘rtasida parabolik bog‘liqlik aniqlandi. Past asoslilik sharoitida (B ≈ 1.2) qo‘shimchalar soni maksimal qiymat (≈120 dona/mm^2) ni tashkil etdi. Bu sharoitda qo‘shimchalar modifikatsiyasi sust kechadi. Asoslilik B ≈ 1.6–1.8 intervaliga yetganda qo‘shimchalar soni keskin kamayib, minimal qiymat (≈55 dona/mm^2) 70% $CaCO_3$ nisbatida kuzatildi. Bu holat shlakning optimal kimyoviy faolligi bilan izohlanadi. Biroq B ≈ 2.3 (80% $CaCO_3$) qiymatida qo‘shimchalar soni yana ortib (≈95 dona/mm^2), ikkilamchi oksidlanish va gazli g‘ovakliklar xosil bo‘lishi kuchayganini ko‘rsatdi. Ya’ni, juda yuqori asoslilik metall tozaligini yaxshilamasligini ko‘rsatadi.

c) $CaCO_3$ miqdorining ortishi bilan gaz ajralish intensivligi deyarli chiziqli ravishda ortib bordi. 50% $CaCO_3$ da gaz ajralishi minimal bo‘lishi kuzatildi. 60–70% nisbatlarda gaz ajralishi ortib borib, bu metall vannada aralashtirishni kuchaytirib, qo‘shimchalardan tozalanishini tezlashtiradi. 80% $CaCO_3$ da esa gaz ajralishi maksimal qiymatga yetgan. Bu holat CO_2 ajralishining ortishi bilan bog‘liq bo‘lib, metallning ikkilamchi oksidlanishi va gaz g‘ovakliklari hosil bo‘lishiga olib kelishi mumkin. Ya’ni, $CaCO_3$ miqdori gaz hosil bo‘lishining asosiy manbai ekanini ko‘rsatdi.

d) qo‘shimchalar o‘lchami $CaCO_3$ miqdorining ortishi bilan dastlab ortgan, so‘ngra esa kamaygan. 50% $CaCO_3$ da o‘rtacha o‘lcham ≈6 μm bo‘lib, ko‘p sonli mayda dispers qo‘shimchalar ustunlik qilgan. 60% va 70% nisbatlarda o‘lcham mos ravishda ≈9 μm va ≈11 μm gacha ortgani kuztildi. Bu nometall qo‘shimchalarning sferiklashganini ko‘rsatadi. 80% $CaCO_3$ da esa o‘lcham yana ≈5 μm gacha kamaygan. Bu ikkilamchi oksidlanish natijasida mayda zarrachalarning qayta hosil bo‘lishi bilan sababli yuz bergan.

ISSN 3030-3907

Termodinamik tahlil. Shlak–qotishma tizimida yuz beradigan jarayonlar asosan termodinamik muvozanat va diffuziya jarayonlari bilan belgilanadi. $CaCO_3$ parchalanishi natijasida hosil bo‘lgan CaO shlak tizimining asosliligini oshiradi va kislotali oksidlar bilan reaksiyaga kirishadi.

Asosiy reaksiyalar quyidagicha:

$$CaO+SiO_2 \rightarrow CaO \cdot SiO_2$$

$$CaO+Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3$$

Ushbu reaksiyalar natijasida hosil bo‘lgan murakkab kaltsiyli fazalar qo‘shimchalar modifikatsiyasini ta’minlaydi. Modifikatsiyalangan qo‘shimchalar sferik shaklga ega bo‘lib, metall fazasidan shlakka o‘tishi osonlashadi.

Biroq $CaCO_3$ miqdori haddan tashqari ortganda CO_2 gazining ajralishi metallning oksidlanish potensialini oshiradi. Natijada quyidagi reaksiyalar sodir bo‘ladi:

$$Fe+CO_2 \rightarrow FeO+CO$$

Hosil bo‘lgan FeO keyinchalik boshqa oksidlar bilan reaksiyaga kirishib ikkilamchi qo‘shimchalar hosil qiladi.

Shu sababli shlak asosliligi ma’lum bir optimal intervalda bo‘lishi zarur. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, qo‘llanilgan flyusning yangi tarkiblarda $CaCO_3$ miqdori 60–70% oralig‘ida bo‘lganda shlak tizimi eng barqaror bo‘ladi. Shu bilan birga, metall tarkibidagi nometall qo‘shimchalar minimal darajaga kamayishi uchun xizmat qiladi.

XULOSA.

Laboratoriya sharoitida A300 markali ikkilamchi armatura po‘latini qayta suyuqlantirish jarayonida $CaCO_3$–$CaSiO_3$ asosidagi mineral kompozit flyus tarkibi shlak asosliligini va qotishma tarkibidagi nometall qo‘shimchalar evolyutsiyasini sezilarli darajada o‘zgartirishi aniqlandi.

Flyus tarkibidagi $CaCO_3$ miqdorining ortishi natijasida shlak tizimida CaO miqdori oshib, shlak asosliligi ortadi va kislotali oksidli nometall qo‘shimchalar shlak fazasiga o‘tishi faollashadi.

Optik metallografik tahlillar natijasida flyus tarkibi 50% $CaCO_3$ bo‘lgan holatda metall mikrostrukturasi ferrit–perlit tuzilishga ega bo‘lib, unda burchakli FeO–SiO_2 tipidagi oksidli nometall qo‘shimchalar ko‘p miqdorda saqlanib qolishi aniqlandi.

$CaCO_3$ miqdori 60–70% oralig‘iga yetkazilganda nometall qo‘shimchalar modifikatsiyasi jarayoni faollashib, ularning soni kamayishi hamda morfologiyasining sferik shaklga o‘tishi kuzatildi.

ISSN 3030-3907

Eng optimal natijalar 70% $CaCO_3$ va 30% $CaSiO_3$ nisbatida kuzatilib, metall mikrostrukturasi eng toza holatda shakllangan va nometall qo‘shimchalar minimal miqdorda qayd etilgan.

Flyus tarkibida $CaCO_3$ miqdori 80% ga yetkazilganda CO_2 gazining intensiv ajralishi natijasida metall vannada mayda gazli g‘ovakliklar va mayda dispers oksidli qo‘shimchalar hosil bo‘lishi kuzatildi.

Rentgen-difraktsion (XRD) tahlil natijalari flyus tarkibining o‘zgarishi bilan shlak tizimida FeO, SiO_2, $CaO \cdot SiO_2$, $CaO \cdot Al_2O_3$ va Ca_2SiO_4 fazalari o‘rtasida fazaviy siljish yuz berishini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wang, W., Zhu, H., Han, Y., Li, J.,&Xue, Z. (2021). Effect of Al content on non-metallic inclusions in Fe–23Mn–x Al–0.7 C lightweight steels. Ironmaking & Steelmaking, 48(9), 1038-1047.
2. Xin, X. L., Yang, J., Wang, Y. N., Wang, R. Z., Wang, W. L., Zheng, H. G.,&Hu, H. T. (2016). Effects of Al content on non-metallic inclusion evolution in Fe–16Mn–x Al–0.6 C high Mn TWIP steel. Ironmaking & Steelmaking, 43(3), 234-242.
3. Kholmirzaev, N., Saidmakhamadov, N., Khasanov, J., Saidkhodjaeva, S., Bektemirov, A., Yusupov, B., ... & Sadikova, N. (2024). Analysis of the Technology for Reducing the Amount of Gas Pores and Non-Metallic İnclusions in Liquid Steel Alloys. I-CRAFT, 42.
4. Xia, Y., Li, J., Fan, D., & Dong, H. (2021). The effect of aluminum on the divorced eutectic transformation of MnS inclusions. Metallurgical and Materials Transactions B, 52(2), 1118-1131.
5. Yang, W., Peng, K., Zhang, L.,&Ren, Q. (2020). Deformation and fracture of non-metallic inclusions in steel at different temperatures. Journal of Materials Research and Technology, 9(6), 15016-15022.
6. Kholmirzaev, N., Sadikova, N., Abdullayev, B., Madiev, T., Mutalov, B.,&Duysebaev, J. (2023). Technology of Processing the Liquid Steel Alloy Obtained in an Electric ARC Furnace Outside the Furnace. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 4(4), 61-64.
7. Kholmirzaev, N., Khasanov, J., Abdullayev, B., Saidkhodjaeva, S., Bektemirov, A., Sadikova, N., ... & Nurdinov, Z. (2024). Improving the technology of obtaining highquality castings from steel in sand-clay molds. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03012). EDP Sciences.
8. Ren, Q., Zhang, L.,&Yang, W. (2018). Effect of Oxide Inclusions on the Magnetic Properties of Non-Oriented Electrical Steel. steel research international, 89(12), 1800047.

ISSN 3030-3907

9. Yilmaz, M., & Ertunc, H. M. (2007). The prediction of mechanical behavior for steel wires and cord materials using neural networks. Materials & design, 28(2), 599-608.
10. Furuya, Y., Abe, T.,&Matsuoka, S. (2004). Inclusion-controlled fatigue properties of 1800 MPA-class spring steels. Metallurgical and Materials Transactions A, 35(12), 3737-3744.
11. Bektemirov, A., Turakhodjaev, N., Makhammadjanov, K., Tashbulatov, S., Akhunjonov, A., Erkinjonov, A., & Abdullaev, F. Characteristics of Titanium Nitride (Tin) in Increasing the Wear Resistance of High-Carbon Steel Alloys.
12. Turakhodjaev, N., Kholmirzaev, N., Saidkhodjaeva, S.,&Kasimov, B. (2021). Quality improvement of the steel melting technology in an electric arc furnace. ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal, 11(7), 48-54.
13. Zhang, G. H., Chou, K. C.,&Mills, K. (2012). Modelling viscosities of CaO–MgO–Al2O3–SiO2 molten slags. ISIJ international, 52(3), 355-362.
14. Shahbazian, F., Sichen, D., & Seetharaman, S. (2002). The Effect of Addition of Al2O3 on the Viscosity of CaO–" FeO"–SiO2–CaF2 Slags. ISIJ international, 42(2), 155-162.
15. Lv, X., Lv, X., Qiu, J.,&Liu, M. (2017). Viscosity and Structure Evolution of Slag in Ferronickel Smelting Process from Laterite. Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy, 53(2), 147-154.
16. Zhang, K., Liu, J.,&Cui, H. (2019). Investigation on the slag-steel reaction of mold fluxes used for casting Al-TRIP steel. Metals, 9(4), 398.

ISSN 3030-3907