

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 4, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 2, ISSUE 4

DECEMBER, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 4 DECEMBER, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Thermodynamic analysis of the processes of deoxidation and desulfurization of 20GL grade steel

N.K. Tursunov¹^a, N.K. Kodirova¹, Z.F. Rakhmatova¹, T.T. Urazbaev¹^b

¹ Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In this article, the thermodynamic analysis of the processes of deoxidation and desulfurization of 20GL grade steel was studied and compared with the indicators under production conditions. Thermodynamic analysis of the processes of steel deoxidation and desulfurization was carried out at temperatures in the range of 1848-1898 K. These studies serve to improve the quality of 20GL grade cast steel and effectively manage metallurgical processes.

Keywords: 20GL grade cast steel, oxygen, deoxidation, aluminum, sulfur, sulfur distribution coefficient

20ГЛ markali po‘latni oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlarining termodinamik tahlili

Tursunov N.Q.¹^a, Qodirova N.Q.¹, Raxmatova Z.F.¹, Urazbayev T.T.¹^b

¹ Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada 20ГЛ markali po‘latni oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlarining termodinamik tahlili o‘rganilgan hamda ishlab chiqarish sharoitidagi ko‘rsatkichlar bilan solishtirilgan. Po‘latni oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlarining 1848-1898 K oralig‘idagi haroratlarda termodinamik tahlil qilindi. Bu tadqiqotlar 20ГЛ markali quyma po‘lat sifatini oshirishga, metallurgik jarayonlarni samarali boshqarishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: 20ГЛ markali quyma po‘lat, kislorod, oksidsizlantirish, alyuminiy, oltingugurt, oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyenti

1. Kirish

Jahonda zamon talablariga mos ravishda transport tizimlari tomonidan bajariladigan ishlar hajmi ortib bormoqda, buning natijasida ularda qo‘llaniladigan detallar va konstruktsion materiallarga qo‘yiladigan talablar ham kun sayin oshib bormoqda. Zamonaviy metallurgiya sohasida sifatli quyma po‘lat ishlab chiqarish, xususan, yuqori mas‘uliyatli konstruktsion po‘latlar, sanoatning ko‘plab tarmoqlari, jumladan, temir yo‘l, avtomobilsozlik, mashinasozlik va qurilish sohalari uchun muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

20ГЛ markali po‘lat yuqori mexanik kuch va yaxshi payvandlanuvchanlik xususiyatlari bilan ajralib turadi, shu sababli uning ishlab chiqarish jarayonlarida kimyoviy va metallurgik nazoratning yuqori darajada bo‘lishi talab etiladi. Sifatli quyma po‘lat ishlab chiqarish uchun esa metall tarkibidagi zararli kimyoviy elementlar miqdorini, jumladan, kislorod, azot, vodorod, oltingugurt, fosfor hamda metalmas qo‘shilmalarni miqdorini kamaytirish zarur. Po‘lat va qotishmalarning xizmat ko‘rsatish xossalari qo‘shimchalarning ta‘siri: po‘lat tarkibidagi kislorod nuqsonlar paydo qilib uning plastiklik va mustahkamlik xususiyatlarini pasaytiradi, oltingugurt esa uning zarbiy qovushqoqligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi.

Oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlari yuqori sifatli po‘lat ishlab chiqarishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Termodinamika prinsiplari ushbu jarayonlarni tushunish va optimallashtirish uchun zaruriy ilmiy asoslarni beradi. Po‘lat eritmasidan kislorod va oltingugurtdan rafinirlash jarayonlari kimyoviy reaksiyalar orqali sodir bo‘lib, ularning termodinamik imkoniyatlari va cheklovlari ishlab chiqarish samaradorligini belgilaydi.

Ushbu maqolada 20ГЛ markali po‘latni oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlarining turli haroratda termodinamik tahlilini ko‘rib chiqilgan. Bu tadqiqotlar ham po‘lat sifatini oshirishga, ham metallurgik jarayonlarni samarali boshqarishga xizmat qiladi.

Ma‘lumki po‘lat tarkibida endogen va ekzogen kiritmalar uchrashi mumkin. Endogen kiritmalar, po‘lat eritish, oksidsizlantirish va quyish jarayonlari hamda kristallanish vaqtida elementlarning eruvchanligi o‘zgarishi natijasida kimyoviy reaksiyalar orqali hosil bo‘ladi. Bu kiritmalar po‘latning ichki kimyoviy jarayonlari natijasida paydo bo‘ladi. Ekzogen kiritmalar esa po‘latga xomashyo yoki refrakter materiallar orqali tushadigan birikmalardir. Shu bilan birga, bu kiritmalar murakkab birikmalarni ham hosil qilishi mumkin.

^a <https://orcid.org/0009-0008-7910-3980>

^b <https://orcid.org/0009-0006-1808-489X>



2. Tadqiqot metodologiyasi

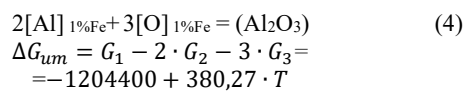
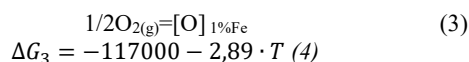
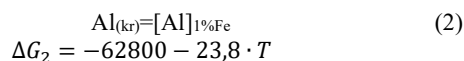
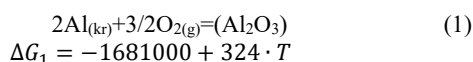
Oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jara-yonlarining termodinamik tahlil qilish uchun 20ГJ markali, kam uglerodli, kam legirlangan, quymakorlik yo'li bilan olingan oddiy sifatli konstruksion po'lat tanlab olingan. 20ГJ markali po'latni kimyoviy tarkibi 100 ta erish jarayonida o'rtachasi olinib tahlil qilingan. Bunda po'lat tarkibidagi alyuminiy miqdori 0,02 %dan 0,11 % gacha o'zgartirilgan (1-jadval).

1-jadval

20ГJ markali po'latning kimyoviy tarkibi

Metallni kimyoviy tarkibi, (mass. %)						
[C]	[Si]	[Mn]	[P]	[S]	[Al]	Fe
0,21	0,4	1,25	0,03	0,03	0,02 -0,06	qol.

Suyuq metalni alyuminiy bilan oksidsizlantirish (4) tenglama bilan aniqlanadi. Bu tenglamani xosil qilish uchun (1), (2) va (3) reaksiyalardan foydalanildi. Natijada:



Suyuq metal temperaturasi 1848 K dan 1898 K gacha o'zgartirildi. Vant-Goff tengla-masidan foydalanib muvozanat konstantasini keltirib chiqarildi. Vant-Goff tenglamasi yoki izoterma reaksiya tenglamasi deb nomlanuvchi bu formula kimyoviy reaksiyaning standart Gibbs energiyasi (ΔG_{um}) va muvozanat konstantasi (K) o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi va (6) ifodadan topiladi:

$$\lg K = -\frac{\Delta G_{\text{um}}}{2,3RT} = -\frac{(-1204400 + 380,27T)}{2,3 \cdot 8,314 \cdot T}; \quad (5)$$

bu yerda: $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ - universal gaz doimiysi;
 $T = (1848 \dots 1873) \text{ K}$ - harorat.

Ikkinchi tarafdin, 4-tenglamaga ko'ra muvo-zanat doimiysi (6) ifodaga teng va quyidagicha topiladi. Agar metallda alyumiydan kuchliroq oksidsizlanturuvchi kimyoviy elementlar bo'lmasa, masalan kalsiy (Ca) hamda alyuminiy faqat alyuminiy oksidini xosil qiladi deb olinsa, u holda alyuminiy oksidining aktivligi 1 ga teng ($a_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1$) bo'ladi.

$$K = \frac{a_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{a_{\text{Al}}^2 \cdot a_{\text{O}}^3} = \frac{1}{[\text{Al}]^2 \cdot f_{\text{Al}}^2 \cdot [\text{O}]^3 \cdot f_{\text{O}}^3} \quad (6)$$

bu yerda: $a_{\text{Al}_2\text{O}_3}$, a_{Al} , a_{O} - alyuminiy oksidi, alyuminiy hamda kislorodning aktivligi;

$[\text{Al}]$, $[\text{O}]$ - metal tarkibidagi alyuminiy va kislorodning miqdori, %;

f_{Al} , f_{O} - alyuminiy va kislorodning aktivlik koeffitsiyentlari.

Keltirilgan (6) tenglamadan, metall tarkibidagi alyuminiy o'zgartirib $[\text{Al}]$, metal tarkibidagi kislorodni $[\text{O}]$ topish mumkin. 4-tenglamadan foydalanib turli harorat uchun muvozanat konstantasi (K) topiladi. Alyuminiy va kislorodning aktivlik koeffitsiyentini turli harortlarda hisoblash uchun 7- va 8-ifodalardan foydalanildi.

$$\lg f_{\text{Al}} = \frac{T}{1873} \cdot (e_{\text{Al}}^{\text{C}}[\text{C}] + e_{\text{Al}}^{\text{Mn}}[\text{Mn}] + e_{\text{Al}}^{\text{Si}}[\text{Si}] + e_{\text{Al}}^{\text{P}}[\text{P}] + e_{\text{Al}}^{\text{S}}[\text{S}] + e_{\text{Al}}^{\text{Al}}[\text{Al}]), \quad (7)$$

$$\lg f_{\text{O}} = e_{\text{O}}^{\text{C}}[\text{C}] + e_{\text{O}}^{\text{Mn}}[\text{Mn}] + e_{\text{O}}^{\text{Si}}[\text{Si}] + e_{\text{O}}^{\text{P}}[\text{P}] + e_{\text{O}}^{\text{S}}[\text{S}] + e_{\text{O}}^{\text{Al}}[\text{Al}]; \quad (8)$$

bu yerda: $e_i^{\text{R}}[\text{R}]$ - metal tarkibidagi $[\text{R}]$ kompo-nentning ta'sirlashish parametri.

Komponentlarning ta'sirlashish parametrlari-ni hisoblash uchun 2-jadvalda keltirilgan, 1873 K dagi birinchi tartibli o'zaro ta'sirlashish parametrlarining qiymatlaridan foydalanildi.

2-jadval

Birinchi tartibli ta'sirlashish parametrlari

e_i^{R}	[C]	[Si]	[Mn]	[P]	[S]	[Al]
e_{Al}	0,091	0,0056	0	0	0,03	0,045
e_{O}	-0,45	-0,131	-0,021	0,07	-0,133	-3,9
e_{S}	0,11	0,063	-0,026	0,29	-0,028	0,035

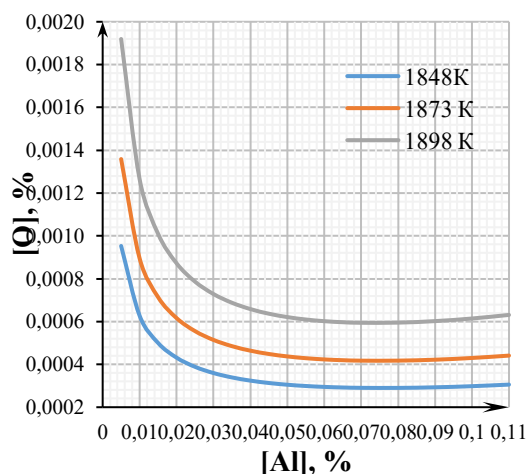
Metall tarkibidagi kislorodni hisobiy natijalari 3-jadvalda hamda 1-rasmda keltirilgan.

3-jadval

Metalldagi takibidagi kislorodni hisobiy natijalari

[Al], %	T=1848 K; K=1,57·10 ¹⁴	T=1873 K; K=5,51·10 ¹³	T=1898 K; K=1,99·10 ¹³
	[O], %	[O], %	[O], %
0,005	0,00095	0,00136	0,00192
0,010	0,00063	0,00090	0,001265
0,015	0,00050	0,00071	0,00101
0,020	0,00043	0,00062	0,000872
0,025	0,00039	0,00056	0,000786
0,030	0,00036	0,00051	0,000729
0,035	0,00034	0,00049	0,000688
0,040	0,00032	0,00046	0,000658
0,045	0,00031	0,00045	0,000637
0,050	0,00030	0,00044	0,000621
0,055	0,00030	0,00043	0,00061
0,060	0,00029	0,00042	0,000602
0,065	0,00029	0,00042	0,000597
0,070	0,00029	0,00042	0,000594
0,080	0,00029	0,00042	0,000595
0,090	0,00029	0,00042	0,000602
0,100	0,00030	0,00043	0,000614
0,110	0,00031	0,00044	0,000631





1-rasm. Metall tarkibidagi kislorodni alyuminiyga bo'g'liqlik grafigi

Hisobiy jadval va 1-rasmdagi diagrammadan ko'rinib turibdiki, 20ГЛ markali po'lat tarkibidagi alyuminiy optimum qiymatga ega bo'lib, 0,06...0,07 %gacha pasaydi so'ngra esa yana ko'tarilishni boshlaydi. Bunga eng asosiy sabablardan biri alyuminiy oksidini oshishi po'lat tarkibida mayda metallmas qo'shilmalar ($r \leq 20$ mkm) hosil qiladi, bu esa po'lat xossalari va tuzilishini yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun hisobiy natijalar hamda eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, metall tarkibidagi kislorodning ratsional miqdori 0,035% dan 0,06% gacha. Ishlab chiqarish sharoitidagi eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, tarkibida 0,035%dan 0,045%gacha alyuminiyga ega 20ГЛ markali po'latni alyuminiy oksidi bilan metallni ifloslantirishi minimaldir.

Desulfuratsiya reaksiyasi, odatda quyidagicha kechadi:



Desulfuratsiya jarayonining to'liqligini tavsiflovchi metall va shlak o'rtasida oltingugurtning muvozanatli taqsimlanish koeffitsiyenti (L_S) hisoblanadi. Taqsimlanish koeffitsiyenti shlak tarkibidagi oltingugurt miqdorini metall tarkibidagi oltingugurt miqdoriga nisbati bilan topilib, empirik tenglama bilan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\lg L_S = -2,78 + 0,86 \cdot \frac{(\% \text{CaO}) + 0,05(\% \text{MgO})}{(\% \text{SiO}_2) + 0,6(\% \text{Al}_2\text{O}_3)} - \lg(f_O \cdot [\text{O}]) + \lg f_S; \quad (10)$$

bu yerda $L_S = (\text{S})/[\text{S}]$ – oltingugurtning taqsim-lanish koeffitsiyenti;

(%CaO), (%MgO), (%SiO₂) va (%Al₂O₃) – shlak tarkibidagi, kalsiy, magniy, kremniy hamda alyuminiylarni oksidlarini miqdori, %;

f_S – oltingugurtning aktivlik koeffitsiyenti.

Oltingugurtning aktivlik koeffitsiyentini turli harortlarda hisoblash uchun 11-ifodadan foydalanildi.

$$\lg f_S = \frac{T}{1873} \cdot (e_S^C[\text{C}] + e_S^{Mn}[\text{Mn}] + e_S^{Si}[\text{Si}] + e_S^P[\text{P}] + e_S^S[\text{S}] + e_S^{Al}[\text{Al}]). \quad (11)$$

Desulfuratsiyalash jarayonidagi shlak miqdorini metal miqdoriga nisbati ($\lambda = (\text{S})/[\text{S}]$ – shlak karraligi) 2 % miqdorda deb qabul qilindi. Hamda desulfuratsiyalash jarayonida shlak miqdorini o'rtacha qiymatlarini aniqlash

uchun 100 dan ortiq ishlab chiqarish eksperimentlari o'tkazildi (4-jadval).

4-jadval
Desulfuratsiya jarayonida shlakning o'rtacha kimyoviy tarkibi (%mass.)

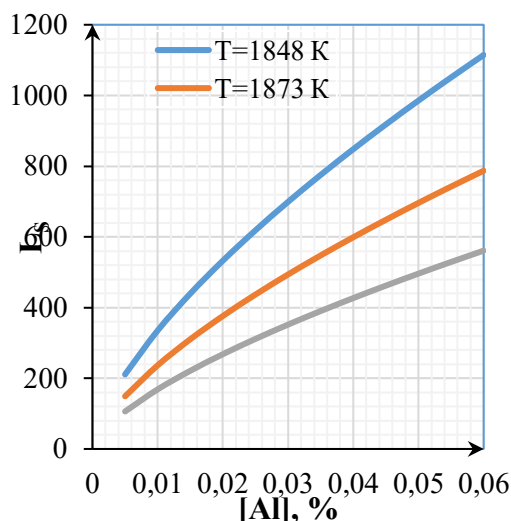
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
60	7	20	13

4-jadvalda keltirilgan shlak po'lat eritish tsexlarida desulfuratsiyalash jarayoni uchun keng qo'llaniladi, chunki ushbu shlakning asosiligi ($B = (\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$) 3 ga teng. Ushbu shlakni hosil qilish uchun qattiq shlak aralashmalaridan foydalanildi. Metallni temperaturasi huddi oksidsizlantirish jarayonidagi kabi 1848 K dan 1898 K gacha o'zgartirildi. Desulfuratsiyalash jarayonini asosiy hisobiy ko'rsatkichlari 5-jadvalda hamda 2-rasmda keltirilgan.

5-jadval
Oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyentini hisobiy natijalari

[Al], %	T=1848 K	T=1873 K	T=1898 K
	L_S	L_S	L_S
0,005	211	149	106
0,010	335	237	169
0,015	439	310	221
0,020	533	376	268
0,025	619	437	311
0,030	699	494	352
0,035	775	547	390
0,040	848	599	427
0,045	918	648	462
0,050	985	696	496
0,055	1051	742	529
0,060	1115	787	561
0,065	1176	831	592
0,070	1237	874	623
0,080	1354	956	682
0,090	1467	1036	738
0,100	1576	1113	793
0,110	1682	1188	847





2-rasm. Oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyentini metall tarkibidagi alyuminiyga bo'g'liqlik grafigi

Hisobiy jadval va 2-rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, 20ГЛ markali po'lat tarkibidagi alyuminiy miqdorini ortishi bilan oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyentini ham o'sib boradi, ayniqsa past haroratlarda. Chunki harorat ortishi bilan metallidagi kislorod miqdori ham ko'payadi. Ishlab chiqarish jarayonida ayniqsa metal induksion tigell pechida eritiladigan bo'lsa (shlak metallni hisobiga qiziydi) oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyenti 50-80 ga teng bo'lishi mumkin, chunki шлак metallni ustida turadi, yaxshi aralashmaydi. Bu ko'rsatkichni 100-120 ga oshirish uchun, metall va шлакni mexanik aralashtirib turish kerak. Metall bilan шлакni aralashtirgan payti metal yuzasini ochib qo'yish, metallni havo tarkibidagi kislorod bilan kimyoviy bog'lab, шлак tarkibidagi oltingugurtning metall tarkibiga o'tish hodisasi kuzatilishi mumkin (resulfuratsiya).

3. Xulosa

Olib borilgan termodinamik va hisobiy tahlillar shuni ko'rsatdiki, 20ГЛ markali po'latda oksidsizlantirish va desulfuratsiyalash jarayonlarining samaradorligi, avvalo, alyuminiy miqdori, harorat va шлакning kimyoviy tarkibi bilan belgilanadi. Hisob-kitoblar natijalariga ko'ra alyuminiyning optimal miqdori 0,035–0,045 % oralig'ida bo'lib, bu ko'rsatkichda po'lat tarkibidagi kislorodning ratsional miqdori saqlanadi hamda metall tarkibida mayda oksidli qo'shimchalar hosil bo'lishi minimal darajada qoladi. Desulfuratsiya jarayonidagi, asosiligi B₃ bo'lgan шлакdan foydalanish, yuqori samara beradi hamda alyuminiy miqdorining ortishi bilan oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyenti oshib borishi aniqlangan. Harorat ko'tarilishi muvozanat ko'rsatkichlariga ta'sir etib, jarayonning borish yo'nalishlarini o'zgartirishi sababli issiqlik rejimini to'g'ri boshqarish muhim hisoblanadi. Natijada po'latning sifati ortadi, zararli qo'shimchalar kamayadi, texnologik va mexanik xossalari yaxshilanadi. Ushbu natijalar 20ГЛ markali po'lat ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va yuqori sifatli quyma metall olish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Лунев В.В., Аверин В.В. Сера и фосфор в стали. М.: "Металлургия", 1988 г. -256 с.
- [2] К.В. Григорович, Т.В. Шибасева, А.М. Арсенкин. Влияние технологии раскисления трубных сталей на состав и количество неметаллических включений. Металлы. 2011. № 5. С. 164–170.
- [3] Григорян В. А., Стомахин А. Я., Уточкин Ю. И. и др. Физико-химические расчеты электросталеплавильных процессов: Сб. задач с решениями. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСиС. - 2007. – 318 с.
- [4] Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов: теория и технология выплавки стали в индукционных печах: учеб. пособие / А.Е. Семин, Н.К. Турсунов, К.Л. Косырев. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2017. – 166 с.
- [5] Н.К. Турсунов, Т.Т. Уразбаев, Т.М. Турсунов. Методика расчета комплексного раскисления стали марки 20ГЛ с алюминием и кальцием //Universum: технические науки: электрон. научн. журн. -2022. №2(95), С.20-25.
- [6] Турсунов, Н., & Саидирахимов, А. (2025). Теоретические и экспериментальные исследования процесса десульфурации металла с использованием твердых шлаковых смесей при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи. Journal of Transport, 2(1), 220-227.
- [7] Tursunov, N. Q., Saidiraximov, A. A., & Seydametov, S. R. (2025). 20GL markali po 'latni induksion tigelli pechda eritishda qattiq shlakli aralashmalar yordamida metallni desulfuratsiya qilish jarayonining nazariy va eksperimental tadqiqotlari. Строительство и образование, 4(2), 393-404.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Tursunov Nodirjon / Nodirjon Tursunov	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrası mudiri, t.f.d., professor E-mail: u_nadir@mail.ru Tel.: +998712990169 https://orcid.org/0009-0008-7910-3980
Qodirova Nodira / Nodira Kodirova	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrası magistranti E-mail: nodiraqodirova300@gmail.com Tel.: +998933807767
Raxmatova Zarifa / Zarifa Rakhmatova	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrası magistranti E-mail: zarirakhmatova@gmail.com Tel.: +998999439905



Urazbayev
Talgat/
Talgat
Urazbayev

Toshkent davlat transport universiteti
“Materialshunoslik va mashinasozlik”
kafedrası dotsenti, PhD
E-mail: talgat_1988.26@mail.ru
Tel.: +998974301088

<https://orcid.org/0009-0006-1808-489X>



B. Farmonov

The significance of the digital economy in the higher education system: human capital, digital governance, and financial efficiency (Uzbekistan's experience).....258

A. Kayumov

Experimental evaluation of the use of crushed concrete rock in the structures of bicycle paths in the city of Tashkent.....262

N. Tursunov, N. Kodirova, Z. Rakhmatova, T. Urazbaev

Thermodynamic analysis of the processes of deoxidation and desulfurization of 20GL grade steel.....268