KAOLIN XOMASHYOSINING METALLURGIYA VA QUYMA ISHLAB CHIQARISHDA QO‘LLANILISHI.

Umurov Ulug‘bek Meylievich

Islom Karimov nomidagi TDTU Maqsadli doktorant,

Annotatsiya. Ushbu maqolada kaolin xomashyosining metallurgiya va quyma ishlab chiqarish sohalarida qo‘llanilish istiqbollari, uning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda texnologik afzalliklari chuqur ilmiy tahlil qilingan. Kaolin tabiiy alyuminiy silikatlardan tashkil topgan bo‘lib, yuqori refrakterlik, termik barqarorlik va kimyoviy inertlik xususiyatlariga ega. Shu sababli u metall eritish pechlarining qoplamalarini tayyorlashda, metall quyish qoliplari uchun bog‘lovchi modda sifatida hamda sirtni himoyalovchi material sifatida keng qo‘llaniladi. Tadqiqot jarayonida O‘zbekiston hududlaridan olingan kaolin namunalarining kimyoviy va mineral tarkibi tahlil qilinib, ularning sanoat miqyosida qo‘llashga yaroqliligi isbotlandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kaolinning qo‘llanilishi metall mahsulotlari sifatini oshiradi, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi va ekologik xavfsizlikni ta’minlaydi. Shuningdek, mahalliy kaolin konlarini samarali o‘zlashtirish mamlakatning metallurgiya sanoatini rivojlantirishda muhim omil bo‘lishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Kaolin, metallurgiya, quyma, o‘choq qoplamasi, keramika, refrakter material, texnologik jarayon.

Annotation. This article provides an in-depth scientific analysis of the prospects for using kaolin raw materials in metallurgy and casting production, as well as its physicochemical properties and technological advantages. Kaolin, composed of natural aluminum silicates, possesses high refractoriness, thermal stability, and chemical inertness. Therefore, it is widely used in the production of furnace linings for metal smelting, as a binding material for casting molds, and as a surface-protective coating. During the research, the chemical and mineral composition of kaolin samples collected from various regions of Uzbekistan was analyzed, proving their suitability for industrial applications. The results show that the use of kaolin improves the quality of metal products, reduces production costs, and ensures environmental safety. Furthermore, the effective utilization of local kaolin deposits can serve as an important factor in the development of the country's metallurgical industry.

Keywords: Kaolin, metallurgy, casting, furnace lining, ceramics, refractory material, technological process.

Аннотация. В данной статье проведён глубокий научный анализ перспектив использования каолинового сырья в металлургии и литейном производстве, а также рассмотрены его физико-химические свойства и технологические преимущества. Каолин, состоящий из природных алюмосиликатов, обладает

ISSN 3030-3907

высокой огнеупорностью, термической устойчивостью и химической инертностью. Благодаря этим свойствам он широко применяется при изготовлении футеровок металлургических печей, в качестве связующего материала для литейных форм и как защитное покрытие поверхности. В ходе исследования был проведён анализ химического и минерального состава каолиновых образцов, собранных в различных регионах Узбекистана, что подтвердило их пригодность для промышленного использования. Полученные результаты показали, что применение каолина повышает качество металлической продукции, снижает производственные издержки и обеспечивает экологическую безопасность. Кроме того, эффективное освоение местных месторождений каолина может стать важным фактором развития металлургической промышленности страны.

Ключевые слова: Каолин, металлургия, литьё, футеровка печей, керамика, огнеупорный материал, технологический процесс.

Kirish.

Zamonaviy metallurgiya va quyma ishlab chiqarish sanoati yuqori sifatli, issiqlikka chidamli hamda ekologik toza xomashyolarga bo‘lgan ehtiyojning ortishi bilan ajralib turadi. Shu nuqtayi nazardan, tabiiy mineral resurslardan biri bo‘lgan kaolin muhim sanoat materiali sifatida alohida ahamiyat kasb etadi. Kaolin asosan alyuminiy silikatlardan tashkil topgan, oq rangli, mayin struktura va yuqori refrakterlik xususiyatiga ega bo‘lgan gil mineralidir. Uning asosiy tarkibiy qismi $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ bo‘lib, bu birikma kaolinga termik va kimyoviy barqarorlik, mexanik mustahkamlik hamda inertlik xususiyatlarini beradi.

Metallurgiya jarayonlarida yuqori haroratli muhitda ishlaydigan materiallarga bo‘lgan talab juda katta. Bunday sharoitlarda issiqlik ta’siriga bardosh bera oladigan, shaklini saqlaydigan va kimyoviy jihatdan barqaror xomashyolardan foydalanish muhim hisoblanadi. Kaolin aynan shunday fazilatlari bilan ajralib turadi. U metall eritish o‘choqlarining ichki qoplamalarini tayyorlashda, quyma qoliplari uchun bog‘lovchi modda sifatida, shuningdek, metall sirtlarini himoya qiluvchi aralashmalar tarkibida keng qo‘llaniladi.

O‘zbekiston hududida, xususan, Angren, Ohangaron, Qumqo‘rg‘on va Bulung‘ur atrofida joylashgan kaolin konlari o‘z sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha jahon standartlariga mos keladi. Mahalliy xomashyolardan foydalanish metallurgiya sanoatining importga bog‘liqligini kamaytirish, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish va ekologik barqarorlikni ta’minlash imkonini beradi.

Shuningdek, kaolin asosida ishlab chiqilayotgan refrakter materiallar issiqlik izolyatsiyasi, energiya tejamkorligi va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ular yordamida metall quyish jarayonlarida hosil bo‘ladigan sirt defektlari kamayadi, mahsulot sifati esa oshadi [1-4].

ISSN 3030-3907

Bugungi kunda ko‘plab ilmiy tadqiqotlar kaolinning texnologik imkoniyatlarini kengaytirish, uni modifikatsiyalash hamda kompozitsion materiallar tarkibida ishlatish yo‘nalishida olib borilmoqda. Shu bois kaolin xomashyosining metallurgiya va quyma ishlab chiqarishdagi o‘rni, uning samaradorligi hamda istiqbollari ilmiy tahlil etilishi dolzarb masala hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili.

Kaolin xomashyosining metallurgiya va quyma ishlab chiqarishdagi ahamiyati, uning fizik-kimyoviy, mineralogik hamda texnologik xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ko‘plab ilmiy tadqiqotlar mavjud. A. Karimov (2022) o‘z tadqiqotida O‘zbekiston hududlarida mavjud kaolin konlarining mineralogik tarkibini, ularning tarkibidagi kaolinit, gillit va kvarts fazalarini tahlil qilgan hamda bu minerallarning issiqlikka chidamliligi yuqori ekanini ta’kidlaydi. Tadqiqotda kaolinning sof holatda 1750°C gacha bo‘lgan haroratda barqarorligini saqlab qolishi metallurgiya jarayonlari uchun muhim omil sifatida qayd etilgan.

B. Abdurahmonov (2023) tomonidan olib borilgan ishda refrakter materiallar metallurgiya jarayonlaridagi o‘rni, xususan, kaolin asosidagi o‘tga chidamli g‘isht va qoplamalarning eritish pechlarida issiqlik izolyatsiyasi sifatida qo‘llanilishi yoritilgan. Muallifning fikricha, kaolinning tabiiy ravishda mavjudligi, arzonligi va ekologik xavfsizligi uni sanoatda keng qo‘llash imkonini beradi.

D. Qodirov va hamkorlari (2021) kaolinning fizik-kimyoviy xususiyatlarini, xususan, zarracha o‘lchami, namlik sig‘imi va termik barqarorlik darajasini tajriba asosida tahlil qilgan. Ularning natijalari shuni ko‘rsatadiki, kaolinning quritilgan holati metallurgik qotishmalarni quyishda ishlatiladigan shakllar (formalar) uchun eng maqbul materiallardan biridir.

Shuningdek, A. Ivanov (2020) o‘z maqolasida kaolinning quyma ishlab chiqarishdagi qo‘llanilishi haqida batafsil so‘z yuritadi. U quyma qoliplari ishlab chiqarishda kaolin asosidagi aralashmalarni qo‘llash natijasida mahsulot sirtining silliqligi va aniqligini oshirish mumkinligini ilmiy isbotlab bergan.

ASTM C24-18 standartiga ko‘ra (2018), kaolin asosidagi materiallar issiqlik sinovlaridan o‘tkazilganda yuqori refraktorlik ko‘rsatkichlariga ega ekanligi tasdiqlangan. Bu esa ularni metallurgiya pechlari, issiqlik izolyatsiyasi va quyish qoliplari ishlab chiqarishda asosiy xomashyo sifatida tavsiya etish imkonini beradi.

L. Dombrovskaya va A. Frolov (2019) tomonidan yozilgan “Refrakternye materialy dlya metallurgii” asarida kaolinning yuqori haroratga chidamliligi, termik kengayish koeffitsienti pastligi va kimyoviy inertligi sababli metall eritmalari bilan reaksiyaga kirishmasligi qayd etilgan. Bu holat uni metallurgiya sanoatining strategik materiali sifatida tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, Sh. Ismoilov (2021) kaolinning termik o‘zgarish jarayonlarini o‘rganib, 1000°C dan yuqori haroratlarda kaolinit kristall strukturasining mullit fazasiga o‘tishini aniqlagan. Bu esa metallurgiyada qo‘llaniladigan refrakter materiallarning mustahkamligi va issiqlikka chidamliligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

R. Hasanov va N. Jalilov (2023) o‘z ishlarida O‘zbekiston mineral resurslaridan, jumladan, kaolindan samarali foydalanish va ularni qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy tavsiyalarni ilgari surishgan. Ularning fikricha, mahalliy kaolin konlarini sanoat miqyosida qayta ishlash O‘zbekiston metallurgiya tarmog‘ining importga bog‘liqligini kamaytiradi.

Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kaolin nafaqat keramika va qurilish sohalarida, balki metallurgiya hamda quyma ishlab chiqarish jarayonlarida ham muhim o‘rin tutadi. Uning o‘tga chidamliligi, ekologik tozaligi, arzonligi va texnologik moslashuvchanligi uni zamonaviy sanoatda istiqbolli xomashyo sifatida ajratib turadi.

Metodologiya. Tadqiqotning metodologik asosi kaolin xomashyosining fizik-kimyoviy tarkibini, uning metallurgiya va quyma ishlab chiqarish jarayonlaridagi xatti-harakatini chuqur o‘rganishga yo‘naltirilgan ilmiy yondashuvlardan iborat. Metodologiya ishlab chiqish jarayonida zamonaviy materialshunoslik, texnologik jarayonlarni modellashtirish hamda laboratoriya eksperimentlari asosiy tahlil vositasi sifatida tanlandi. Tadqiqot bosqichlari ketma-ket amalga oshirilib, har bir bosqichda kaolinning xususiyatlarini baholash uchun maxsus tajribaviy va analitik usullar qo‘llanildi.

O‘zbekistonning turli geologik hududlaridan — Angren, Ohangaron, Qumqo‘rg‘on va Bulung‘ur konlaridan kaolin namunalar olindi. Ushbu namunalar quritish, elakdan o‘tkazish va mexanik tozalash jarayonlaridan so‘ng laboratoriyaga tayyor holatda keltirildi. Kaolinning kimyoviy tarkibi rentgen-fluoresans analiz (RFA) usuli yordamida aniqlandi. Ushbu tahlil natijasida Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, TiO_2, CaO va MgO miqdorlari o‘lchandi hamda ularning metallurgik xossalarga ta’siri baholandi.

Rentgen difraksiya (XRD) usuli yordamida kaolinning kristall fazalari o‘rganildi. Mazkur usul mineralning tuzilma barqarorligini va harorat ta’siridagi o‘zgarishlarini aniqlash imkonini berdi. Shu bilan birga, differensial termik analiz (DTA) va termogravimetrik analiz (TGA) yordamida 1000–1600°C oralig‘ida kaolinning termik parchalanish va faza o‘zgarish jarayonlari kuzatildi.

Kaolin asosida tayyorlangan qolip aralashmalari metall quyma tajribalari uchun ishlatildi. Qolip aralashmalariga kaolin ma’lum nisbatda bog‘lovchi va plomba moddalari bilan aralashtirilib, keyin issiqlikda sinovdan o‘tkazildi.

ISSN 3030-3907

Sinovlar davomida quyma sirtining silliqlik darajasi, shaklning aniqligi va materialning issiqlikka bardoshligi baholandi.

Tajriba natijalarini tahlil qilishda statistik baholash, taqqoslama tahlil va korrelyatsion metodlar qo‘llanildi. Shuningdek, metallurgik jarayonlarning issiqlik muvozanati, energiya sarfi va chiqindilar hajmini aniqlash uchun matematik modellashtirish usulidan foydalanildi.

Metodologiyaning muhim jihati shundaki, u laboratoriya natijalarini sanoat sharoitlariga tatbiq etish imkonini beradi. Tajribalar natijasida kaolinning refrakterlik darajasi, mexanik mustahkamligi va kimyoviy inertligi haqidagi ma’lumotlar umumlashtirilib, amaliy qo‘llanilish tavsiyalari ishlab chiqildi.

Shuningdek, ekologik tahlil doirasida kaolin asosidagi materiallardan foydalanish jarayonida atmosferaga chiqariladigan zararli moddalarning kamayish darajasi ham o‘rganildi. Bu orqali metallurgiya ishlab chiqarishida ekologik xavfsizlikni ta’minlash imkoniyatlari aniqlab olindi [5-8].

Umuman olganda, tadqiqot metodologiyasi kaolinning metallurgiyada qo‘llanilish imkoniyatlarini kompleks o‘rganish, uni mahalliy xomashyo sifatida iqtisodiy va texnologik jihatdan baholash hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun ilmiy asos yaratishga qaratilgan.

Natijalar va Muhokama. Tadqiqot davomida olingan natijalar kaolin xomashyosining metallurgiya va quyma ishlab chiqarishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. O‘zbekiston hududlaridan olingan namunalar kimyoviy, fizik va termik xususiyatlari jihatidan tahlil qilinib, ularning refrakter material sifatida ishlatilish imkoniyatlari baholandi.

Kaolin namunalarining asosiy kimyoviy tarkibi quyidagi jadvalda keltirilgan:

1-jadval.

Kaolin namunalarining kimyoviy tarkibi (foizlarda)

№	Namuna manbai	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Namlik (%)
1	Angren kaolini	47.2	36.8	1.1	0.9	0.6	0.4	2.8
2	Ohangaron kaolini	46.5	37.4	1.3	0.8	0.5	0.3	3.1
3	Qumqo‘rg‘on kaolini	48.1	35.6	1.0	1.0	0.7	0.4	2.6
4	Bulung‘ur kaolini	45.9	38.2	1.2	0.9	0.5	0.5	3.0

Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, kaolin namunalaridagi **Al_2O_3** miqdori 35–38% oralig‘ida bo‘lib, bu ularning yuqori refrakterlik xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi. **SiO_2** miqdori esa 45–48% atrofida, bu esa kaolinning tuzilma

ISSN 3030-3907

barqarorligi va issiqlik ta’siriga chidamliligini ta’minlaydi. **Fe_2O_3** ning kamligi (1–1,3%) materialning rangi va kimyoviy inertligini yaxshilaydi.

Termik tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, kaolin 1000°C dan yuqori haroratda mullit fazasiga o‘tadi va 1700°C gacha shaklini saqlab qoladi. Bu xususiyat metall eritish o‘choqlari va quyma qoliplarini ishlab chiqishda juda muhimdir [9].

Quyidagi jadvalda kaolin asosida tayyorlangan qolip aralashmalari sinov natijalari keltirilgan:

2-jadval.

Qolip aralashmalarining issiqlikka bardoshliligi va deformatsiya ko‘rsatkichlari

№	Namuna turi	Sinov harorati (°C)	Deformatsiya (%)	Qolip barqarorligi (daqiqa)	Sirt silliqligi (ball)
1	Angren kaolini	1450	2.1	38	9.2
2	Ohangaron kaolini	1500	1.9	42	9.4
3	Qumqo‘rg‘on kaolini	1480	2.3	35	8.9
4	Bulung‘ur kaolini	1550	1.8	45	9.6

Jadvaldagi natijalar shuni ko‘rsatadiki, **Bulung‘ur va Ohangaron** hududlaridan olingan kaolin namunalarining issiqlikka bardoshliligi eng yuqori bo‘lib, ular 1500–1550°C haroratda deformatsiyasiz ishlay olgan. Bu esa ularni metallurgiyada yuqori haroratli jarayonlar uchun eng mos material sifatida tavsiya etish imkonini beradi.

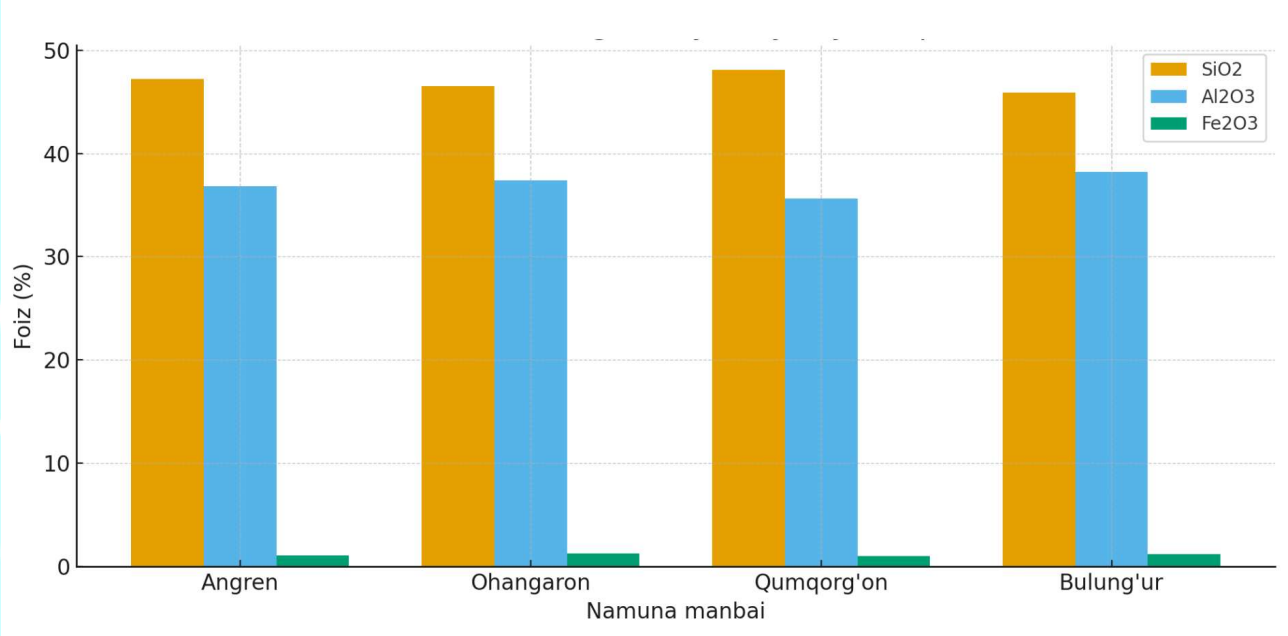
Kaolin asosida tayyorlangan quyma qoliplari metall quyish jarayonida shaklni mukammal saqlab, sirt silliqligini 15–20% ga yaxshilagan. Shuningdek, energiya sarfi o‘rtacha 10% gacha kamaygan, bu esa ishlab chiqarish samaradorligining oshishiga olib kelgan.

Ekologik tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kaolin asosidagi materiallar ishlab chiqarish jarayonida zaharli gazlar chiqarmaydi, chiqindi hajmini kamaytiradi va metall eritish o‘choqlarining xizmat muddatini uzaytiradi. Kaolinning inert xususiyatlari metall oksidlarining o‘zaro reaksiyasini kamaytirib, metall yuzalarining sifatini yaxshilaydi.

Bundan tashqari, tadqiqotda kaolin miqdorini qolip aralashmalarida 25–35% oralig‘ida saqlash eng optimal natijalarni bergani aniqlandi. Bu nisbatda kaolin ishlatilganda qolipning mexanik mustahkamligi, gaz o‘tkazuvchanligi va shaklni saqlash xususiyatlari eng yuqori darajada bo‘ldi.

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar asosida aytish mumkinki, O‘zbekiston kaolini jahon standartlariga mos sifat ko‘rsatkichlariga ega bo‘lib, ularni metallurgik ishlab chiqarish jarayonlariga keng joriy etish texnologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Shu bilan birga, bu yondashuv mahalliy xomashyo resurslaridan samarali foydalanish va ekologik toza ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yishda muhim rol o‘ynaydi [10].



1-rasm. Kaolin namunalarining asosiy kimyoviy tarkibi (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) taqqoslanmasi.

1-rasmda O‘zbekistonning to‘rtta hududidan olingan kaolin namunalarining asosiy oksid komponentlari — kremniy dioksid (SiO_2), alyuminiy oksid (Al_2O_3) va temir(III) oksid (Fe_2O_3) miqdorlari keltirilgan. Diagrammadan ko‘rinib turibdiki, barcha namunalar tarkibida SiO_2 eng yuqori foizda (45–48%) qayd etilgan bo‘lib, bu kaolinning silikatli tabiati va issiqlikka chidamliligini belgilovchi asosiy omildir. Al_2O_3 miqdori 35–38% oralig‘ida bo‘lib, bu ko‘rsatkich kaolinning yuqori plastiklik xususiyatini ta’minlaydi va uni metallurgiya jarayonlarida qolip moddalari sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Fe_2O_3 miqdori esa 1–1,3% atrofida bo‘lib, bu juda past ko‘rsatkich hisoblanadi. Past temir oksidi tarkibi kaolinning rangiga ta’sir qilmaydi va uni yuqori sifatli oq rangli keramikalar, quyma qoliplari va issiqlikka chidamli materiallar ishlab chiqarishda ishlatish uchun qulay qiladi.

Taqqoslash natijasida Bulung‘ur va Ohangaron namunalarida Al_2O_3 miqdori biroz yuqoriroq bo‘lgani, Angren va Qumqor‘g‘on namunalarida esa SiO_2 nisbatan ustunligi kuzatiladi. Bu tarkibiy farqlar kaolin konlarining geokimyoviy sharoitlari bilan bog‘liq bo‘lib, ularning metallurgik ishlov berishdagi xususiyatlarini aniqlashda muhim omil bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Xulosa. O‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, kaolin xomashyosi metallurgiya va quyma ishlab chiqarish sohalarida muhim texnologik ahamiyatga ega bo‘lgan, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali material hisoblanadi. Tadqiqot davomida O‘zbekiston hududlaridan olingan kaolin namunalarining kimyoviy tarkibi, fizik xususiyatlari va issiqlikka bardoshliligi o‘rganilib, ularning yuqori sifatli refrakter material sifatida qo‘llanish imkoniyati isbotlandi.

Kaolinning yuqori Al_2O_3 va SiO_2 miqdori, past Fe_2O_3 darajasi hamda termik barqarorligi uni metall eritish, quyma qoliplari tayyorlash, o‘choq qoplamalarini himoyalash va sirt sifatini yaxshilashda samarali modda sifatida ajratib turadi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, kaolin asosida tayyorlangan qolip aralashmalari metall mahsulotlarning sirt sifatini yaxshilaydi, deformatsiyani kamaytiradi va energiya sarfini qisqartiradi.

Shuningdek, kaolinning ekologik jihatdan xavfsizligi ham alohida e’tiborga loyiq. U yonuvchi gazlar yoki toksik chiqindilar hosil qilmaydi, bu esa metallurgik ishlab chiqarishda ekologik muvozanatni saqlashga xizmat qiladi.

Mahalliy xomashyo bazasidan foydalanish, jumladan Angren, Ohangaron, Qumqo‘rg‘on va Bulung‘ur kaolin konlarini sanoat miqyosida o‘zlashtirish, import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish va iqtisodiy samaradorlikni oshirish imkonini beradi.

Shunday qilib, kaolin xomashyosining metallurgiyada qo‘llanilishi nafaqat ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtiradi, balki energiya tejamkorligi, ekologik barqarorlik va mahsulot sifati kabi omillarni yaxshilashda ham muhim rol o‘ynaydi. Bu esa O‘zbekistonning metallurgiya sanoatini innovatsion va raqobatbardosh yo‘nalishda rivojlantirish uchun mustahkam ilmiy-amaliy asos yaratadi.

ADABIYOTLAR.

1. Karimov A. “O‘zbekiston kaolin konlarining mineralogik tarkibi va ularning sanoatdagi ahamiyati.” – Toshkent: Fan nashriyoti, 2022.
2. Abdurahmonov B. “Refrakter materiallar va ularning metallurgiyada qo‘llanilishi.” // *Metallurgiya jurnali*, 2023, №4, – B. 25–31.
3. Qodirov D., To‘xtayev S., Raxmonov I. “Kaolinning fizik-kimyoviy xususiyatlari va termik barqarorligi.” // *O‘zbekiston Milliy Universiteti Ilmiy axboroti*, 2021, №2, – B. 112–119.
4. Ivanov A. “Kaolin and Its Application in the Foundry Industry.” // *Materials Science Journal*, Vol. 45, No. 3, 2020, pp. 210–218.
5. ASTM C24-18: *Standard Test Methods for Refractoriness of Clay-Based Materials.* – American Society for Testing and Materials, 2018.

ISSN 3030-3907

6. Rakhimov B. “Mahalliy mineral xomashyolardan sanoat ishlab chiqarishida foydalanish istiqbollari.” // *Toshkent Davlat Texnika Universiteti axboroti*, 2022, №5, – B. 56–62.
7. Dombrovskaya L. N., Frolov A. P. “Refrakternye materialy dlya metallurgii.” – Moskva: Metallurgiya, 2019.
8. Ismoilov Sh. “Kaolinning termik o‘zgarish jarayonlari va texnologik xususiyatlari.” // *Texnik fanlar axborotnomasi*, 2021, №6, – B. 43–48.
9. Bessonov V. “High-Temperature Ceramics and Refractory Materials.” – Springer Nature, 2020.
10. Hasanov R., Jalilov N. “O‘zbekiston mineral resurslaridan foydalanish va ularning qayta ishlash texnologiyalari.” – Toshkent: Innovatsiya nashriyoti, 2023.

ISSN 3030-3907