



METALLOTERMIK QAYTARISH ORQALI TEXNIK KREMNIY OLISH

Eshmurodov X.E., Turaev X.X., Jiyanova S.I., Suyunov J.R.

Termiz davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy ishda Surxondaryo viloyati Sherobod tumanidagi “Jerdanak” kvars koni qumidan metallotermik qaytarish usuli orqali texnik kremniy (TK) ajratib olish texnologiyasi o‘rganildi. Kvars qumi dastlab XRD va SEM usullarida tahlil qilinib, tarkibidagi SiO_2 miqdori va qo‘shimcha aralashmalar aniqlandi. Qum maydalanish, elanish va kislotali ishlov berish orqali boyitildi. So‘ngra alyuminiy va magniy yordamida 1300°C haroratda 6 soat davomida qaytarish jarayoni olib borildi. Olingan namunalar XRD va SEM yordamida qayta tekshirildi. Natijada magniy bilan qaytarilganda kremniyning tozaligi 97% ga, alyuminiy bilan qaytarilganda esa 83% ga yetganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari mahalliy xomashyodan yuqori tozalikdagi kremniy olish imkoniyatini ko‘rsatdi.

Tayanch so‘zlar: *elektr, energiya, kvars, kvarsit, harorat, mineral, kremniy, qaytaruvchi, alyuminiy, magniy, uglerod, elektr pech.*

Bugungi kunda jahon kremniy bozori yiliga taxminan 8–10% ga o'smoqda. Xususan, quyosh energetikasi va yarimo‘tkazgichlar sanoatida 99.999% tozalikdagi kremniyga talab yuqori. Biroq texnik kremniy (98–99%) metallurgiya va kimyo sanoatida qotishmalar, silikonlar va keramika ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi.

O‘zbekistonda kvars qumlari ko‘p miqdorda mavjud bo‘lsa-da, ularni chuqur qayta ishlash texnologiyalari yetarli darajada rivojlanmagan. Bu esa import qilinadigan kremniy mahsulotlariga bo‘lgan qaramlikni keltirib chiqaradi. Shu sababli, mahalliy xomashyodan foydalanib, arzon va samarali texnologiyalarni ishlab chiqish muhim vazifadir.

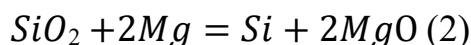


O'zbekiston ilm-fanida dolzarb yo'nalishlardan biri bo'lgan yarimo'tkazgich materiallari, xususan kremniy ishlab chiqarish texnologiyalariga talab ortib bormoqda. Bugungi kunda elektronika, quyosh energetikasi, metallurgiya va kimyo sanoati sohalarida kremniy materiallariga bo'lgan talab yildan yilga ortib bormoqda. Respublikamizda mavjud bo'lgan tabiiy resurslardan foydalanib, import o'rnini bosuvchi mahsulot ishlab chiqarish milliy iqtisodiyotimiz uchun muhim strategik masaladir. Xususan, sanoatda ishlatiladigan TK (texnik kremniy) kvars qumini qayta ishlash orqali olinadi. TK olishning eng keng tarqalgan zamonaviy usuli bu elektr pechlarida koks bilan kremniy dioksidini qaytarishdir. Qum va koks aralashmasi pechning krateriga kiradi, u yerda uglerod elektrodleri o'rtasida hosil bo'lgan elektr yoyi bilan 1800-2000°C gacha qizdiriladi. Bunday haroratlarda koks va elektrodlerining uglerodleri kremniy oksidi bilan o'zaro ta'sirlashib, uglerod oksidi gaziga aylanadi va qumni TK ga qaytaradi [1]:



An'anaviy quyosh yacheykalari noorganik yarim o'tkazgichlardan - poli va monokristalli kremniy, galliy arsenidi va boshqalardan tayyorlanadi. Bunday quyosh yacheykalari yuqori samaradorlikka va uzoq xizmat muddatiga ega, ammo ishlab chiqarish juda qimmatga tushadi [2]. Bizning tadqiqot ishimizda mahalliy kvars qumlaridan texnik kremniy, undan tozal kremniy olish texnologiyasi o'rganilgan. TK ning ko'p qismi metallurgiya sanoatida qotishmalarning tarkibiy qismi sifatida, masalan, bronza, temir va po'lat eritishda, shuningdek, qotishma elementi yoki metall xususiyatlarini o'zgartiruvchi sifatida ishlatiladi [3].

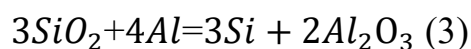
Laboratoriyada TK olishda qaytaruvchilar sifatida magniy va alyuminiydan foydalanish mumkin:



Jazoirning Annaba universiteti olimlari SiO₂ ni magneziotermik qaytarishning oddiyligi, past haroratlarda ro'y berishi va ishlab chiqarish narxining pastligi tufayli laboratoriyada ko'p qollaniladigan usul ekanligini ta'kidlashgan. Lekin, reaksiya



davomida magniy silisidining (Mg_2Si) muqarrar hosil bo'lishi bu usuldan foydalanishni kamaytiradi. Ular o'z ishlarida kvars qumlarini kislota bilan yuvish yo'li bilan oldindan tozalash orqali yuqori toza kremniy olish ustida ish olib borishganlar [4]. Bangladeshdagi Radjshaxi universiteti olimlari Padma daryosi qumidan aluminotermik qaytarish orqali kremniy (Si) olish texnologiyasini o'rganganlar. Qumni boyitishdan oldin va keyin SiO_2 miqdori XRF (rentgen-flouresans) yordamida tekshirilganda 88% va 95% atrofida ekanligi aniqlangan. Aluminotermik jarayonda alyuminiy (Al) SiO_2 (qum) ni kamaytirish uchun va Si hosil qilish uchun ishlatilgan.



(3) reaksiya 1200-1300°C haroratda amalga oshirilgan. So'ngra reaksiya natijasida hosil bo'lgan namuna kislotali yuvish orqali yanada tozalangan. Optik mikroskop va SEM (skanerlash elektron mikroskopi) mos ravishda boyitishdan oldin va keyin qum zarrasining o'rtacha hajmini va sirt morfologiyasini aniqlash uchun ishlatilgan [5].

Tadqiqotning maqsadi

Kvars qumni boyitish, tozalash va metallotermik qaytarish orqali texnik kremniy ajratib olish.

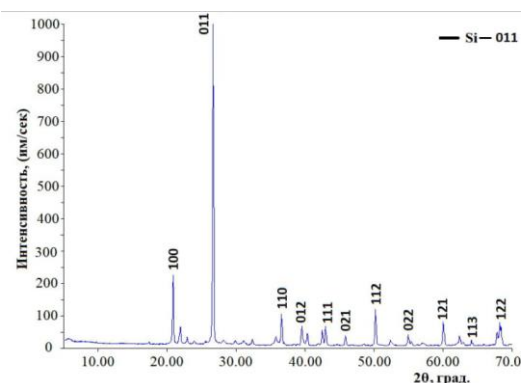
Tajribaviy qism

Bizning tadqiqot ishimizda Sherobod tumani "Jerdanak" kvars konidan olib kelingan kvars qumi boyitilmasdan avval XRD va SEM tahlillari amalga oshirildi. Tahlil qilingan qum namunasi 0,63 mm o'lchamli elak (D120/H38 po'lat g'alvir) da elandi.

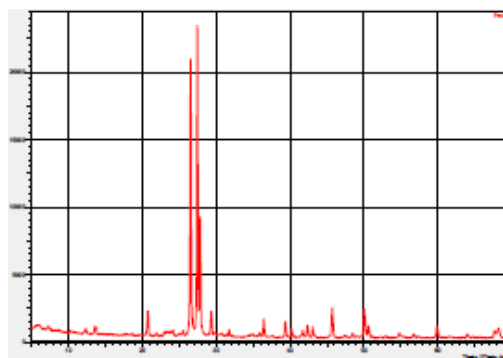
Chunki elash qumni shag'al va loydan ajrata oladi [6]. Elangan qum minutida 400 marta aylanadigan nanotegirmonda (Retsch PM 400 sharli tegirmon) 200-300 nm gacha maydalandi. Maydalangan kvars qumidan 18 g, texnik alyuminiydan 10,8 g olinib aralashtirildi (2-reaksiyaga asosan). Boshlang'ich moddalar $\frac{SiO_2}{Al} = \frac{3}{4}$ mol



nisbatda olindi. Xuddi shuningdek 3-reaksiyaga muvofiq, maydalangan kvars qumidan 12 g, magniydan 9,6 g olinib ($\frac{SiO_2}{Mg} = \frac{1}{2}$ mol nisbatda) aralashtirildi. Tayyor aralashmalar 1300°C haroratda 6 soat davomida reaktorda qaytarildi. Olingan mahsulotlar distillangan suvda 4 marta yuvilib, keyin kislotalar yordamida ishlov berildi. Buning uchun avval 10% li HCl eritmasida 2 soat davomida 80°C da ishlov berilib, keyin 5% li HF eritmasida 1 soat davomida tozalandi. Bu bosqich oksid va metall aralashmalarni olib tashlash uchun mo'ljallangan. Filtr qog'oz (diametri 15 sm ФБ-III ГОСТ 12026-76) yordamida filtrlangandan so'ng, 100°C haroratda mufel pechida quritildi. Olingan namunalarning fizik-kimyoviy xossalarini, element tarkibini aniqlash maqsadida XRD, SEM analizlar qilindi. XRD tahlillari CuK α nurlanishli ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$) diffraktometrda (Bruker D8 Advance) $2\theta=10^\circ-80^\circ$ oralig'ida olib borildi. SEM tasvirlari JEOL JSM-IT500 skanerlash elektron mikroskopida 20 kV kuchlanishda olingan.



1-rasm. Kvars qumining magniy bilan qaytarilgandagi rentgen fazaviy tahlil grafigi



3-rasm. Kvars qumining alyuminiy bilan qaytarilgandagi rentgen fazaviy tahlil grafigi

“Jerdanak” koni qumining kimyoviy tarkibi XRF usulida aniqlanganda: SiO₂ – 94.2%, Al₂O₃ – 1.8%, Fe₂O₃ – 1.2%, CaO – 0.5%, boshqa oksidlar – 2.3% ni tashkil qildi.

Natijalar tahlili

XRD grafiklarida 28.4° (111), 47.3° (220), 56.1° (311) burchaklarda kristall kremniyga xos cho'qqilar kuzatildi. Magniy bilan qaytarilgan namunada bu



cho‘qqilarning intensivligi yuqori bo‘lib, bu yuqori kristallikni ko‘rsatadi. Yuqoridagi grafiklardan ko‘rinib turibdiki, rentgen nurlari 25° - 30° burchak ostida tushganda intensivlik nisbatan yuqori bo‘lgan. Tabiiy kvars qumida ushbu tushish burchaklarida intensivlik 22163 bo‘lgan bo‘lsa, magniy bilan qaytarilganda 29877, alyuminiy bilan qaytarilganda 21331 bo‘lganligi aniqlangan. Magniy bilan qaytarilganda texnik Si ning tozaligi 97% ekanligi aniqlangan bo‘lsa, alyuminiy bilan qaytarilganda 83% bo‘lgan.

Reaksiya (2) va (3) uchun Gibbs erkin energiyasi hisoblandi: $\Delta G^{\circ}(\text{Mg}) = -520 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G^{\circ}(\text{Al}) = -480 \text{ kJ/mol}$ (1300°C da). Bu magniyning kuchliroq qaytaruvchi ekanligini tasdiqlaydi.

Magniy narxi alyuminiyga nisbatan qimmatroq bo‘lsa-da, yuqori tozalik (97%) tufayli undan olingan kremniy qo‘shimcha tozalash bosqichlarini kamaytiradi. Shu sababli, magniy bilan qaytarish usuli texnik jihatdan samaraliroq deb hisoblanadi.

Xulosa (Conclusion)

Ushbu tadqiqotda Surxondaryo “Jerdanak” kvars qumidan metallotermik qaytarish orqali texnik kremniy olish texnologiyasi o‘rganildi. Magniy va alyuminiy qaytaruvchilar sifatida sinovdan o‘tkazildi. Magniy bilan qaytarish 97% tozalikdagi kremniy olishga imkon berdi, bu alyuminiyga nisbatan 14% yuqori. XRD va SEM tahlillari olingan mahsulotning kristall tuzilishi va morfologiyasini tasdiqladi. Kelgusida bu usulni sanoat miqyosida qo‘llash, shuningdek, quyosh energetikasi uchun yuqori toza kremniy olish bosqichlarini ishlab chiqish rejalashtirilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Атаев .Э.К., Матъякубов А.А., Батманов.Б.Х. Обогащение КАРАКУМского кварцевого песка. Мары, Туркменистан. 2022 г.
2. X. Su, Q. Wu, J. Li et al., “Silicon-based nanomaterials for lithium-ion batteries: a review,” *Advanced Energy Materials*, vol. 4, no. 1, article 1300882, 2014.
3. Абдурахманов Б.М., Курбанов М.Ш., Вечер А.К. Физические основы повышения рентабельности производства технического кремния и



кремниевых сплавов // Узбекский физический журнал 2020. V. 22, №3, с.188-198.

4. Saida Haouli, Said Boudebane Ian J. Slipper, Samia Lemboub, Piotr Gębara, Samiha Mezrag // Combustion synthesis silicon by of magnesiothermic reduction// <https://doi.org/10.1080/10426507.2017.1416615>

5. Abdul Kuddus., Ataur Rahman., Abu Bakar Md. Ismail// Possibility of Alumino-thermic Process to be Used for the Extraction of Silicon from the Sand of the Padma River//January 2017 Conference: University of Rajshahi

6. Taфраoui A., Lebaili S., Slimani A. Res. J. Appl. Sci. 1, 1 (2006).

7. Zhang, Y., et al. (2021). “Magnesiothermic reduction of silica for high-purity silicon production” Journal of Materials Science, 56(4), 3021-3033.