



SANOAT CHIQINDILARINI IKKILAMCHI RESURS SIFATIDA QAYTA ISHLASH ORQALI NOORGANIK PIGMENTLAR SINTEZI VA QO'LLANILISH ISTIQBOLLARI

Hazratova Dilshoda Azamovna

Buxoro davlat universiteti dotsenti

Mardonov O'ktam Mardonovich

Buxoro davlat universiteti professori

Ahmedova Saboxat Axmedovna

Buxoro davlat universiteti mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya. Sanoat korxonalari (xususan, Gazni qayta ishlash zavodi — GGQIZ) issiqlik almashtirgich quvurlarida hosil bo'ladigan temir saqlovchi mineral-oksidli chiqindilarning tarkibi va termik ishlov (400–850 °C) jarayonida kechadigan fazaviy o'zgarishlari infraqizil spektroskopiya (IQ) yordamida o'rganildi. IQ-spektrlarida Fe–O panjara tebranishlariga xos yutilish chiziqlarining harorat ortishi bilan tartiblanishi gematit fazasining shakllanishini tasdiqladi. Olingan natijalar GGQIZ sanoat chiqindisini resurs tejankor va ekologik xavfsiz noorganik pigment ishlab chiqarish uchun istiqbolli ikkilamchi xomashyo sifatida qo'llash mumkinligini ko'rsatadi. Bunday pigmentlar qurilish materiallari, bo'yoq-lak mahsulotlari va dekorativ arxitektura elementlarini bo'yashda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: sanoat chiqindisi, temir(III) oksidi, noorganik pigment, IQ-spektroskopiya, termik ishlov, gematit

Abstract. The composition of iron-bearing mineral-oxide deposits formed in the heat-exchanger pipes of industrial enterprises (specifically, the Gas Processing Plant, GGQIZ) and their phase transformations during thermal treatment (400–850 °C) were studied using infrared (IR) spectroscopy. The progressive ordering of the Fe–O lattice-vibration absorption bands in the IR spectra with increasing temperature confirmed the formation of the hematite phase. The obtained results demonstrate the prospects of using GGQIZ industrial waste as a secondary raw material for resource-saving and environmentally safe production of inorganic pigments. Such pigments can be applied in coloring construction materials, paints and coatings, and decorative architectural elements.

Keywords: industrial waste, iron(III) oxide, inorganic pigment, IR spectroscopy, thermal treatment, hematite.

Аннотация. Изучены состав железосодержащих минерально-оксидных отходов, образующихся в теплообменных трубах промышленных предприятий (в частности, Завода по переработке газа — ГГПЗ), и их фазовые превращения в процессе термической обработки (400–850 °C) методом инфракрасной спектроскопии (ИК). Упорядочение полос поглощения, характерных для решёточных колебаний Fe–O, в ИК-спектрах с повышением температуры подтвердило формирование фазы гематита.



Полученные результаты показывают перспективность использования промышленных отходов ГГПЗ в качестве вторичного сырья для ресурсосберегающего и экологически безопасного производства неорганических пигментов. Такие пигменты могут применяться при окрашивании строительных материалов, лакокрасочной продукции и декоративных архитектурных элементов.

Ключевые слова: промышленные отходы, оксид железа(III), неорганический пигмент, ИК-спектроскопия, термическая обработка, гематит.

Sanoat korxonalari quvurlar ichida ekspluatatsiya davomida hosil bo'ladigan cho'kindilar jiddiy muammolardan biridir. Ular quvurlar samaradorligini kamaytiradi, issiqlik almashinuvini pasaytiradi va korroziya jarayonlarini tezlashtiradi. Shu bilan birga, bunday chiqindilar tarkibida ko'pincha qimmatli metall oksidlar mavjud bo'lib, ularni ikkilamchi resurs sifatida qayta ishlash dolzarb masala hisoblanadi.

Muallifning maqolasida [1] issiqlik elektr markazlarining temir saqllovchi noorganik chiqindilaridan qurilish pigmentlarini olish istiqbollari yuqori ekani aniqlangan. Mualliflar chiqindilarni 800 °C da termik ishlov bergandan tarkibida Fe_2O_3 miqdori 70 % dan 84 % gacha yetishini ko'rsatganlar. Ishda temir saqllovchi chiqindidan pigment olish texnologiyasi ishlab chiqilgan, termik ishlovning fazaviy tarkib va rangga ta'siri o'rganilgan hamda pigmentlarning g'ovak qurilish materiallariga birikish (fiksatsiya) mexanizmlari tahlil qilingan. Bu natijalar resursni tejovchi va ekologik xavfsiz pigment ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega.

Ushbu ishda O'zbekiston (Navbahor konidan olingan) mahalliy bentonit asosida noorganik pigmentlar olish imkoniyati o'rganildi. Dastlabki xomashyoning kompleks tavsifi rentgenfazoviy tahlil, termogravimetriya va elektron mikroskopiya usullari yordamida amalga oshirildi. Turli rangdagi pigmentlarni olish maqsadida bentonitni turli haroratlarda (300–900 °C) termik ishlov berish metodikasi ishlab chiqildi. Optimal ishlov berish harorati 550–650 °C ni tashkil etishi aniqlandi — aynan shu haroratda pigmentning barqarorligi saqlangan holda rang intensivligining maksimal darajasiga erishiladi [2].

Xorijiy tadqiqotlarda po'lat va temir sanoati chiqindisi hisoblangan prokat qirindisi) asosida temir oksidi pigmentlarini olish masalasi keng o'rganilgan [3,4]. Prokat qirindisi sulfat kislota bilan reaksiyaga kiritilib, gidratlangan temir(II) sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) olindi, so'ngra u turli konsentratsiyadagi natriy nitrat bilan oksidlanib, turli harorat va vaqt rejimlarida kalsinatsiya qilingan [5]

Yuqoridagi dolzarb masalalarni o'rganish maqsadida laboratoriya sharoitida GGQIZ issiqlik almashtirgichlarida hosil bo'lgan chiqindisi va uning termik ishlov mahsulotlarining infraqizil spektrlari tahlil qilindi.

1-jadval. GGQIZ sanoat chiqindisi va uning turli haroratlarda (400, 730, 850 °C) termik ishlov berilgan namunalarning IQ-spektrida aniqlangan yutilish chiziqlari



Namuna	Fe–O mintaqasi, sm^{-1} (600–720)	Boshqa xarakterli chiziqlar, sm^{-1}	Izoh
a) Dastlabki namuna	669, 678, 711 (zaif, keng)	3400–3570 (OH/H ₂ O, kuchli)	Past kristallanish darajasi
b) 400 °C	669, 678, 711 (kuchaygan)	858 (Fe–OH egilish), 1082 (Si–O valent), 3400–3570 (kamaygan)	Yangi, aniqroq chiziqlar paydo bo'ladi
c) 730 °C	617, 650, 669, 678, 711, 719 (alohida cho'qqilar)	3400–3570 (yanada kamaygan)	Kristall panjaraning tartiblanish darajasi ortdi
d) 850 °C	600 dan past, keng va kuchli yagona zona (400 sm^{-1} gacha)	OH guruhiga xos chiziqlar deyarli yo'qolgan	Gematit (α - Fe ₂ O ₃) fazasiga xos

1-jadvalda keltirilgan IQ-spektrlarda (a — dastlabki, b — 400 °C, c — 730 °C, d — 850 °C) barcha namunalar uchun umumiy bo'lgan bir qator tebranishlar aniqlandi, biroq ularning intensivligi va shakli termik ishlov haroratiga qarab tizimli o'zgardi (1-jadval). 3400–3570 sm^{-1} mintaqasidagi keng yutilish chiziqlari adsorbsiyalangan suv va gidroksil guruhlarining valent tebranishlariga mos keladi; uning intensivligi harorat oshgani sari izchil kamayib boradi, bu esa namunaning progressiv degidratatsiyasidan dalolat beradi. Eng axborotli mintqa — 600–720 sm^{-1} oralig'i bo'lib, bu yerda Fe–O panjara tebranishlariga xos chiziqlar joylashgan. Dastlabki namunada (a) bu chiziqlar zaif va keng (669, 678, 711 sm^{-1}) bo'lib, past kristallanish darajasini ko'rsatadi. 400 °C da (b) ularning intensivligi ortadi va 858 hamda 1082 sm^{-1} da yangi, aniqroq chiziqlar paydo bo'ladi (mos ravishda Fe–OH egilish va Si–O valent tebranishlari). 730 °C da (c) Fe–O mintaqasidagi chiziqlar soni ko'payib, alohida-alohida cho'qqilarga ajraladi (617, 650, 669, 678, 711, 719 sm^{-1}) — bu kristall panjaraning tartiblanish darajasi ortganini bildiradi. Nihoyat, 850 °C da (d) spektr tubdan o'zgaradi: gidroksil guruhiga xos yutilish spektrlari deyarli batamom yo'qoladi, 600 sm^{-1} dan pastki mintaqada esa keng va kuchli yagona yutilish zonasi shakllanadi. 850 °C namunasi 400 sm^{-1} gacha kengaytirilgan bo'lib, aynan shu mintaqada qayd etilgan kuchli keng zona gematit fazasining panjara tebranishlariga mos kelishi ehtimoli yuqori.

Gazli gazni qayta ishlash zavodi (GGQIZ) quvurlarida hosil bo'ladigan chiqindilar hamda ularning termik ishlov berish natijasida olingan mahsulotlar analizi shuni ko'rsatdiki, GGQIZ quvurlarida hosil bo'lgan chiqindilar tarkibida temirning miqdori 57.45 % ni tashkil etadi. Bu oksidning rangi va barqarorligi uni noorganik pigment sifatida ishlatish imkonini beradi. Uni 400°C da qizdirganda massa yo'qatish 4,5 % ni, 500 °C da 5,76 % ni, 730 °C da

11,6 ni, 850 °C da esa 16 % ni tashkil qildi. Namunaning qizdirilishi natijasida qizil rangli temir (III) oksid (Fe_2O_3) hosil bo'ldi. Ma'lumki, Fe_2O_3 tabiiy va sintetik qizil pigmentlarning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, sanoat quvurlarida hosil bo'ladigan cho'kindilarni maxsus termik ishlov berish orqali barqaror rangli temir oksid pigmentlari olish mumkin. Bunday pigmentlar:

- qurilish materiallariga rang berishda,
- bo'yoq va qoplamalar ishlab chiqarishda,
- dekorativ arxitektura elementlari tayyorlashda keng qo'llanishi mumkin.

Bundan tashqari, chiqindilardan pigment olish iqtisodiy va ekologik jihatdan foydali bo'lib, chiqindilarni kamaytirish va resurslardan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Olib borilgan tadqiqotlar gazni qayta ishlash zavodi hosil bo'ladigan chiqindilar asosan temir oksidlari va mineral komponentlardan iborat ekanligini ko'rsatdi. Ushbu chiqindilardan termik ishlov yordamida qizil temir oksidi ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) pigmentlari olish mumkinligi isbotlandi. Taqdim etilayotgan pigment tayyorlash texnologiyasi resurslarni tejash va import o'rnini bosuvchi tovarlar nuqtayi nazaridan muhim ahamiyatga ega. Demak, chiqindilarni utilizatsiya qilish bilan birga ularni qurilish sanoatida qo'llash orqali yangi mahsulot yaratish mumkin. Bu yondashuv sanoat chiqindilaridan oqilona foydalanishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Платонов А. П., Трутнев А. А., Ковчур С. Г. Получение и свойства железосодержащих неорганических пигментов // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – №. 1 (22). – С. 137-142.

2. Ахмедова С.А., Хазратова Д.А., Ганиев Б.Ш., Мардонов О.М. Получение и исследование неорганических пигментов из местного бентонита. (2025). *ORIENTAL JOURNAL OF MEDICINE AND NATURAL SCIENCES*, 2(4), 46-51.

3. Ghazitabar A., Moradi Z., Pilehvar Meibody A., Asghari J., Naderi M., Kordbacheh A. Synthesis of red iron oxide pigments from a mill scale: process optimization and machine learning-based color prediction // *Materials Today Communications*. – 2026. – Vol. 52. – Art. 115032. – DOI: 10.1016/j.mtcomm.2026.115032.

4. Ghazitabar A., Ataefard M., Moradi Z., Naderi M. Influence of the chemistry and morphology of recycled iron oxide pigments on the colorimetric properties of flexographic ink // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. – 2025. – Vol. 27. – P. 4641–4654. – DOI: 10.1007/s10163-025-02393-3.

5. Touzi N., Horchani-Naifer K. A study on the preparation and characterization of pigment quality from mill scale steel wastes // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2024. – Vol. 31. – P. 40538–40553. – DOI: 10.1007/s11356-023-25594-5.