

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

чистых углеводородов  $C_9$ . Хотя такой состав делает фракцию  $C_9$  ценным сырьем для производства красок, смол и специальных реагентов, для получения чистых аренов  $C_9$  желательны более узкая фракция и/или стадии гидроочистки/селективного разделения.

**Заключение:** Результаты ГХ-анализа фракций, разделенных сухой перегонкой пиролизного дистиллята при 152, 159 и 170°C, показывают, что выход фракции  $C_9$  наибольший при 152°C -11,11%, при 159°C -4,59% и при 170°C -4,72%; по составу фракция у отсечки 152°C в основном обогащена функциональными (ОН) производными ароматических соединений с ядром  $C_9$ , давая большую долю 4-цианофенилуксусной кислоты (40,33 %) и фенилэтилциннамата (18,56%), тогда как долю чистых С-Н-аренов обеспечивают инденовые

соединения (8,22%) и стирол (5,46%). При 159°C доминируют N/O/S-функциональные гетероароматические соединения (1,2,5-тиадиазол-3,4-диамин 22,81%, 1,3-бензолдиациетонитрил 21,95%, тетразолилгидразид 15,49%), что указывает на снижение доли чистых углеводородов  $C_9$  и увеличение доли соединений с более высоким содержанием углерода. При 170°C основным компонентом является 1-нафталинол (~30,25%) со значительным содержанием ароматических соединений, содержащих О, и умеренными сигналами нитрилов и индена/стирола. Узкая нижняя фракция (~150-155°C) предпочтительна для максимального извлечения  $C_9$ , в то время как более высокие фракции желательны при извлечении функциональных ароматических соединений.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Вэй И., Чжао С., Ян Р., Чэнь Ц., Лин Х. и Вань С. Микроволновый каталитический сопирилиз ветвей шелковицы и *Chlorella vulgaris* на модифицированном никелем биоугле с добавлением фосфора. Возобновляемая энергия, 2025, 252, 123503. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123503>
2. Хурмаматов А., Ахмедова К. Разработка технологии гидроочистки пиролизного дистиллята для снижения содержания серы и азота с использованием катализатора ТГ-550. Журнал Индийского химического общества, 2025, 102(5), 101690. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2025.101690>
3. Ван Б., Сун И.-Б., Ван Ф., Фань И.-Ч., Чэн Н., Дуань П.-Г. Сравнительное исследование свойств пиролизного масла из отработанных шин и его дистиллятов, полученных молекулярной дистилляцией. Журнал аналитического и прикладного пиролиза, 2025, 188, стр. 107046. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2025.107046>.
4. Чжан С., Се И., Ван Х., Ван Л., Тао Г., Цзи Х. Влияние дистиллятов (нефти) на пиролиз микроструктурной целлюлозы. Журнал аналитического и прикладного пиролиза, 2023, 170, стр. 105878. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.105878>.
5. Чжань, И., Цзи Г., Улла Ф., Ли А. Окислительная десульфуризация дизельных дистиллятов из пиролизного масла отработанных шин, катализируемая полиоксометаллатом. Журнал «Чистое производство», 2023, 389, с. 136038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136038>
6. Барберо-Лопес А., Чибилли С., Томппо Л., Салами А., Анчин-Мургузур Ф.Дж., Веняляйнен М., Лаппалайнен Р., Хаапала А. Пиролизные дистилляты коры деревьев и волокна конопли подавляют рост дереворазрушающих грибов. Технические культуры и продукты, 2019, 129, 604-610. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.049>
7. Ван Ф., Тянь И., Чжан Ц.-Ц., Сюй И.-П., Дуань П.-Г. Гидроочистка дистиллятов биотоплива, полученных пиролизом и гидротермальным сжижением ряски: сравнительное исследование. Science of The Total Environment, 2018, 636, 953-962. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.363>.
8. Jovlieva N.Sh., Bekturdiyev G.M., Komolova G.K., Kodirov O.Sh., Yusupova L.A.  $C_9$  Studying the temperature effect of pyrolysis distillate rectification for the extraction of hydrocarbons. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2025, 12(8).

UO'K 669.332.242

## PO‘LAT ERITISH CHANGLARI TARKIBIDAGI TEMIR ASOSLI BIRIKMALARNI VODOROD YORDAMIDA TIKLASH JARAYONING TADQIQOTI

**Munosibov Shoxruh Muxiddin o‘g‘li<sup>1</sup>, Ilxamov Murod Axtamovich<sup>2</sup>, Matkarimov Soxibjon Turdalievich<sup>3</sup>, Karimjonov Begzod Rahmatjonovich<sup>3</sup>, Maksudov Shuxrat Aripjanovich<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi huzuridagi “Tog‘-kon sanoatida mahalliy lashtirish va sanoat kooperatsiyasini rivojlantirish ilmiy-amaliy markazi” DM

<sup>2</sup>“Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti “MISiS” ning Olmaliq shahridagi filiali

<sup>3</sup>Toshkent davlat texnika universiteti

**Annotatsiya.** Mazkur tadqiqot po‘lat eritish changlari tarkibidagi temir asosli birikmalarni vodorod yordamida tiklash jarayonini o‘rganishga bag‘ishlangan. Jarayonning termodinamik va kinetik xususiyatlari tahlil qilinib, optimal harorat sharoitlarida temirning metall holatga samarali o‘tishi hamda ekologik afzalliklari asoslab berilgan.

**Kalit so‘zlar:** po‘lat eritish changlari, temir oksidlari, vodorod yordamida tiklash, selektiv tiklash, ekologik toza metallurgiya.

**Kirish.** O‘zbekiston qora metallurgiya sanoati “O‘zmetkombinat” AJ kabi yirik korxonalar tomonidan ishlab chiqarilayotgan yuqori sifatli po‘lat maxsulotlari bilan baholanadi. Po‘lat eritish uchun xomashyoning asosiy manbai tarkibida temir bo‘lgan turli tarkibli temir-tersak hisoblanadi. Korxonada po‘lat eritish yoyli po‘lat eritish pechida amalga oshiriladi. Eritish jarayonida chiqindi gazlar bilan olib ketiladigan katta miqdordagi chang hosil bo‘ladi. Po‘lat eritish pechlarining changida temir tarkibli komponentlardan tashqari rux oksidi ko‘rinishida (ZnO 17% gacha) ko‘p miqdorda rux birikmasi mavjud bo‘ladi. Metall parchalari po‘lat eritish agregatlariga Zn va Pb kabi aralashmalarining (shixtaga tushadigan ruxlangan temir, latun va bronza qismlari, elektr kabellarining qobiqlari va boshqalar) asosiy manbai hisoblanadi [1].

Chiqarilayotgan chang tarkibiga shixta tarkibi sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Bu ta‘sir, ayniqsa, yoyli po‘lat eritish pechlarida po‘lat eritishda yaqqol seziladi. Bunday changlarni qayta ishlash alohida e‘tiborni talab qiladi, chunki, birinchidan, ularni shunchaki shixtaga qo‘shimcha sifatida ishlatish mumkin emasligi; ikkinchidan, uni yer maydonlariga to‘plab bo‘lmaydi, chunki bu orqali tuproq ifloslanishi tabiiy; uchinchidan, bunday changdan uning tarkibidagi qimmatbaho (temirdan tashqari) komponentlarni ajratib olish maqsadga muvofiqdir [2-6].

Respublikamiz qora metallurgiya korxonalari xomashyo tanqisligini boshdan kechirayotgan hozirgi paytda changlarni qayta ishlab, tarkibidan temir saqlovchi birikmalarni ajratib olib po‘lat eritish sanoatiga jalb qilish muammosi ayniqsa dolzarbdir. Hozirgi vaqtda birgina “O‘zmetkombinat” AJ omborlarida 60 ming tonna to‘plangan va har yili tarkibida 17% gacha ZnO bo‘lgan 10 ming tonna po‘lat eritish changi hosil bo‘ladi [7].

Ushbu muammoning yechimlaridan biri po‘lat eritish pechiga xomashyo bilan birga yuklanadigan rux miqdorini kamaytirish bo‘lishi mumkin.

Tarkibida rux bo‘lgan po‘lat eritish changlarini qayta ishlashga jalb qilish muammosi nafaqat

O‘zbekiston Respublikasi, balki po‘lat eritish sanoatiga ega bo‘lgan ko‘plab mamlakatlar uchun ham dolzarbdir. Keyingi tadqiqotlar yo‘nalishini aniqlash uchun biz rux tarkibli changlarni qayta ishlash muammosining hozirgi holatini tahlil qildik.

Po‘lat eritish jarayonida hosil bo‘ladigan changlar temir oksidlari (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO) hamda rux, qo‘rg‘oshin va boshqa rangli metall birikmalariga boy bo‘lgan ikkilamchi xomashyo hisoblanadi. Ushbu changlarni qayta ishlash nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik muammolarni kamaytiradi. So‘nggi yillarda vodorod yordamida tiklash jarayoni uglerodli tiklovchilarga nisbatan CO<sub>2</sub> chiqindisiz texnologiya sifatida katta qiziqish uyg‘otmoqda.

**Tadqiqot ob‘yekt va usullari.** Tadqiqotda qo‘llaniladigan po‘lat eritish changlari “O‘zmetkombinat” AJ po‘lat eritish jarayoni changlari hisoblanadi.

Po‘lat eritish changlari asosan mikron o‘lchamdagi zarrachalardan iborat bo‘lib, ularning asosiy tarkibi quyidagicha bo‘ladi:

Temir oksidlari: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO (30–60 %)

Rux oksidi (ZnO): 5–25 %

Kaltsiy va kremniy oksidlari: CaO, SiO<sub>2</sub>

Kam miqdorda: PbO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> iboratdir.

Changning yuqori dispersligi va g‘ovak tuzilishi vodorod bilan reaksiyaga kirishish uchun qulay kinetik sharoit yaratadi.



1-rasm. Vodorod bilan tiklash uchun tayyorlangan po‘lat eritish changidan olingan namuna

1-jadval

“O‘zmetkombinat” AJ po‘lat eritish changining kimyoviy tarkibi

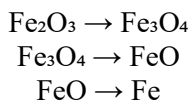
Element	Fe <sub>um</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ZnO	PbO	CuO	C	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O
Miqdor, %	31,2	41,6	4,6	0,2	0,9	3,4	16,2	1,36	0,36	2,4	3,4	0,9	3,7	0,6	0,03	0,14	10,4

Tadqiqot uchun eng optimal paramentlar sifatida 100 gr namuna uchun qizdirish harorati 1100 °C, 30 minut vaqt davomiyligi tanlandi. Vodorod jarayonga past bosimda uzluksiz berib turildi. Vodorodning sarfi bir qator eksperimental tadqiqotlar natijasida aniqlash mumkin.

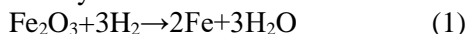
Vodorod yordamida tiklash jarayoni gaz–qattiq faza reaksiyasi bo‘lib, u bir nechta ketma-ket bosqichlarda amalga oshadi.

Vodorod molekullari chang zarrachalari yuzasiga yetib boradi va g‘ovak struktura orqali ichki qatlamlarga diffuziyalanadi.

Tiklash jarayoni temir oksidlarining ketma-ket qaytarilishi orqali boradi:



Asosiy reaksiyalar:



Hosil bo'lgan H<sub>2</sub>O bug'lari zarracha ichidan tashqariga diffuziyalanadi. Ushbu bosqich jarayon tezligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Tiklash jarayonining kinetik va termodinamik xususiyatlaridan kelib chiqib, jarayonning optimal harorati 650–750°C ekanligi isbotlandi.

Past haroratda reaksiya kinetikasi sekinlashadi, yuqori haroratda esa zarrachalar sintierlanib, diffuziya qarshiligi ortadi.

Ellingem diagrammalariga ko'ra, vodorodning FeO ga nisbatan tiklash qobiliyati yuqori bo'lib, ΔG qiymati mazkur harorat oralig'ida manfiydir. Termodinamik hisob-kitoblarga ko'ra quyidagi natijalarni berdi:

**2-jadval**

**ΔG–T diagrammalar asosida harorat oralig'ini tanlash**

Reaksiya	ΔG < 0 bo'ladigan harorat oralig'i
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> → Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	≥ 350°C
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> → FeO	≥ 450°C
FeO → Fe	≥ 550–600°C

**Tadqiqot natijalarini muhokama qilish.**

Vodorod bilan tiklashning muhim afzalliklaridan biri — temir oksidlarini rux oksidiga nisbatan selektiv tiklash imkoniyatidir, ya'ni, FeO → Fe (tiklanadi), ZnO → Zn (yuqori haroratda bug'lanadi, qayta kondensatsiyalanadi). Bu holat ruxni alohida yig'ib olish va temirni metall holatda konsentrlash imkonini beradi.



**2-rasm. Vodorod yordamida tiklash natijasida olingan namuna**

2-rasmda ko'rish mumkinki namuna tarkibidagi rux oksid birikmalarining asosiy qismi bo'g' holatiga o'tib uchdi. Qolgan qismi esa oq-kulrang xosil qilib, jarayon davomida xosil bo'lgan suv birikmalari bilan birikib qolgan.

Rux oksidiga nisbatan selektivlikning Ellingham diagrammalariga muvofiq ΔG–T asoslanishi quyidagi reaksiya orqali isbotlash mumkin: ZnO+H<sub>2</sub>→Zn+H<sub>2</sub>O.

Ushbu reaksiya uchun ΔG < 0 faqat >900 °C da kuzatiladi. Natijada 650–750°C da FeO → Fe faol boradi. ZnO tiklanmaydi, balki yuqori haroratda bug'lanish orqali ajraladi. Bu holat temir va ruxni selektiv ajratish imkonini beradi.

**Xulosa.** Po'lat eritish changlarini vodorod yordamida tiklash jarayoni yuqori samaradorlikka ega, ekologik toza va istiqbolli texnologiya hisoblanadi. Jarayon mexanizmi gaz diffuziyasi, ketma-ket oksidlarning tiklanishi va suv bug'ining ajralib chiqishi bilan tavsiflanadi. Optimal harorat va vodorod sarfini tanlash orqali temirni yuqori darajada metall holatda ajratib olish hamda rangli metall komponentlarini selektiv qayta ishlash mumkin.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Юсупходжаев А.А., Валиев Х.Р., Худояров С.Р., Маткаримов С.Т. Повышение эффективности сталеплавильного производства доизвлечением ценных компонентов из утилизируемых шлаков. // «Чёрные металлы», № 1, 2015. – С. 19-22. (Россия).
2. Юсупходжаев А.А., Валиев Х.Р., Худояров С.Р. Переработка вторичных техногенных образований в чёрной металлургии. Монография. – Т.: ТашГТУ, 2014. – 140 с..
3. Зайцев А.К., Криволапов Н.В., Валавин В.С., Вандарьев С.В. Особенности восстановления железа каменноугольными и углеграфитовыми материалами из маложелезистого шлака // Изв. вузов. Черная металлургия. 2002. № 3. С. 6–15.
4. Острик П.Н., Кудиевский С.С., Жук Г.П., Поспелова Л.И. Особенности восстановления окислов железа ачесоновским графитом и древесным углем // Изв. вузов. Черная металлургия. 1978. № 5. С. 12–16.
5. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Бурминская Л. М., Булгаков Г.В. Исследование процессов науглероживания восстановленного железа в брикетах // Изв. вузов. Черная металлургия. 1997. № 9. С. 3–6.
6. Утуи Яхья Л., Рыжонков Д.И., Дроздов Н.Н. Углетермическое восстановление смесей MnO<sub>2</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Изв. вузов. Черная металлургия. 1984. № 11. С 4–8.
7. Turkdogan E.T. Physical Chemistry of High Temperature Technology. – New York: Academic Press, 1980.

- Rasulov A.X., Abdulhaqova Sh.B.** Mahalliy xomashyolardan foydalanib mashinasozlik detallari uchun polimer kompozit materiallarni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish ..... 67
- Panjiev O.X., Salimova S.A., Negmatov S.S., Talipov N.H.** Kompozitsion yengillashtirilgan tamponaj materiallari olish va ularning xususiyatlarini o'rganish ..... 71
- Абед Ф.Ж., Иногамов С.Е., Туреева Г.А.** Разработка оптимального состава фито-плёнок на основе жидкого экстракта Алоэ и метилурацила ..... 74
- Тухтаев Ф.С., Нурназарова Г.У., Маматова М.Х., Негматов С.С.** Получение композиционных активированных сорбентов на основе скорлупы арахиса и древесной щепы айланта и исследование их адсорбционных свойств ..... 78
- Хожамбергенов Б.Е., Бегдуллаев А.К., Шамуратов Ш.Т., Кошанова Б.Т., Эркаева Н.А., Туракулов Б.Б., Эркаев А.У.** Комплексная очистка Караумбетской рапы дистиллированной жидкостью и известковым молоком с оптимизацией технологических параметров процесса ..... 82
- Halikulov U., Ubaydullaev M., Ruklinskaya E., Musayev E, Muxametjanova Sh.A.** Morphology of phase constituents and their structural-functional implementation in chromium-molybdenum steel after various thermal treatments ..... 85
- Гафурова Д.А., Юсупова Н.М., Курбанов Х.Г., Шахидова Д.Н., Рустамов М.К., Гуломова И.Б.** Получение сорбента для сорбции Mo(VI) на основе модифицированного поливинилхлорида ..... 88
- Shodiyev A.N., Voxidov B.R., Saidaxmedov A.A., Turobov Sh.N., Abdullayev Z.O.** Mis kuporosi tashlandiq eritmasidan nikelni cho'ktirishni tadqiq qilish ..... 91
- 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов**
- Umirova Sh.Sh., Amonov M.R.** Mahalliy gil kukunlari asosida samarali sorbentlar olish va ularni tadqiq qilish.. 96
- Kodirov O.Sh., Mardiev U.K., Isakulova M.Sh., Sharifov A.X.** Chiroqchi tumani dala shpatlarining kimyoviy–minerologik tarkibi va ularning seolit sintezidagi qo'llanilishi ..... 99
- Yakubov M.M., Jumaeva X.Yu., Yoqubov O.M., Maksudxodjaeva M.S.** Yoshlik I karyerining mis-porfirli rudalarini qayta ishlashning kombinatsiyalangan flotatsiya sxemasi ..... 101
- Бозорова Г.Т., Икрамов А., Тураев Т.Б., Рахимов Х.Н.** Очистка растворов диэтанолamina от коррозионно-активных веществ методами ионного обмена и фильтрации ..... 104
- Негматова К.С., Мусабеков Д.Х., Негматов С.С., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю.** Проведение опытно-лабораторных испытаний композиционного деэмульгатора, созданного на основе местного сырья, в объектах АО “Узметкомбинат” ..... 109
- Parpiyev M.M., Saydakhmedov R.Kh., Saidakhmedova G.R., Vinod S.** Improving operational efficiency through the robotization (automation) of the termoplast 1300T WIZ machine ..... 111
- Жумаева А.А., Амонов М.Р.** Модификацияланган базальт билан тўлдирилган ПВХ композицияларини қайта ишлашда уларнинг технологик хоссаларини тадқиқ қилиш ..... 114
- Ташбаева Ш.К., Курбанова Л.М.** Структурообразование в концентрированных суспензиях Навбахорских глин в присутствии высокогидролизованного полиакрилонитрила модифицированного глицерином (препарат РС -2 -3) ..... 116
- Бозоров Б., Мухамедбаева З.А., Эшмуратова Р.Р., Алиева Р.А.** Об эффективности использования твердых отходов промышленности в роли комплексной добавки к портландцементу ..... 119
- 5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов**
- Негматов С.С., Мусабеков Д.Х., Негматова К.С., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю.** Микроскопическое исследование механизма разрушения водомасляной эмульсии и коалесценции капель под действием композиционного деэмульгатора ..... 122
- Комолова Г.К., Юсупова Л.А.** Газохроматографическое исследование фракций пиролизного дистиллята, разделённых методом сухой экстракции при различных температурах ..... 125
- Munosibov Sh.M., Ixamov M.A., Matkarimov S.T., Karimjonov B.R., Maksudov Sh.A.** Po'lat eritish changlari tarkibidagi temir asosli birikmalarni vodorod yordamida tiklash jarayonining tadqiqoti ..... 129