



Научная статья

УДК 667.6

DOI: 10.52957/2782-1900-2024-5-3-37-43

ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТХОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Н. Колосова¹, Я. В. Кудрявцев², А. Е. Терешко²

Анастасия Николаевна Колосова, инженер-эколог; Ярослав Владимирович Кудрявцев, ассистент; Анастасия Евгеньевна Терешко, канд. хим. наук, доцент

¹ООО «ЭкоЦентр», Ярославль, Россия, lyapishnaska@yandex.ru

²Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия, tereshkoe@ystu.ru

Ключевые слова:

пигмент, оксид железа, отход, пигментные свойства

Аннотация.

Определена возможность использования отхода металлургического производства Яковлевского горно-обогатительного комплекса, содержащего оксид железа, в качестве железооксидного пигмента, который мог бы быть представлен как аналог уже существующего на рынке железооксидного пигмента. Исследованы пигментные свойства отхода и возможность использования его в качестве сырья для синтеза красного железооксидного пигмента. Даны рекомендации по применению полученного продукта и показана возможность применения его в лакокрасочных покрытиях.

Для цитирования:

Колосова А.Н., Кудрявцев Я.В., Терешко А.Е. Получение железооксидных пигментов из отхода металлургического производства // *От химии к технологии шаг за шагом*. 2024. Т. 5, вып. 3. С. 37-43. URL: <https://chemintech.ru/ru/nauka/issue/5357/view>

Введение

На сегодняшний день горно-обогатительные комбинаты и металлургические заводы вырабатывают большое количество отходов, содержащих железо. Перед такими предприятиями остро стоит задача утилизации своих отходов. Одним из вариантов переработки железосодержащих отходов металлургических производств является использование их для получения железооксидных пигментов [1]. Они обладают хорошими пигментными свойствами, такими как укрывистость и маслосмолемкость, светостойкость и атмосферостойкость.

Из-за дефицита металлического железа появилась необходимость поисков альтернативных способов получения сырья для производства железооксидных пигментов. В качестве одного из вариантов сырья для получения пигментов может быть рекомендован отход металлургического производства, содержащий оксид железа. В ряде исследовательских работ прослеживается интерес к получению и созданию технологического процесса для получения железооксидного пигмента [2-17].



Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что изучение получения железоксидных пигментов простым технологическим способом из отходов производства является актуальной задачей на сегодняшний день.

Объекты исследований

Для получения железоксидных пигментов в качестве сырья использовалась железосодержащая руда красного цвета (ЖРК) – отход, содержащий оксид железа, производства Яковлевского горно-обогатительного комплекса (ЯГОК). В качестве образца сравнения пигментных свойств был использован красный железоксидный пигмент (ТУ2322-166-05011907-98).

Был исследован элементный состав железосодержащей руды методом рентгенофлуоресцентного анализа (см. таб. 1). Как видно из данных табл. 1, железная руда содержит достаточное количество железа, которое, вероятнее всего, находится в оксидной форме. Следовательно, такая руда может использоваться для получения железоксидных пигментов.

Таблица 1. Элементный состав железосодержащей руды

Состав элементов, масс. %			
Fe	Al	P	V
41,376	0,022	0,156	0,022

Результаты исследований

С целью определения возможности использования руды в качестве пигмента были проведены исследования пигментных свойств и оценка ее диспергируемости. Результаты исследований пигментных свойств руды представлены в табл. 2.

Таблица 2. Исследования свойств ЖРК

Показатель	Значение
Размер частиц, мкм	2,0
Содержание железа, %	75,55
Маслоемкость, г/100 г	10,3
Укрывистость, г/м ²	55,5
Содержание водорастворимых солей, %	1,30
pH водной суспензии	7,46
Красящая способность, %	0,06
Цветовые характеристики (координаты цвета в системе CIEL*a*b*)	L*=14,60
	a*=21,28
	b*=46,88

Показано, что ЖРК имеет очень хорошее значение маслоемкости, которое может обеспечить высокую критическую объемную концентрацию пигмента в композиционном материале или покрытии. Значения укрывистости соответствуют железоксидным пигментам низкого уровня качества. Содержание водорастворимых солей и pH водной вытяжки железной руды соответствует требованиям для пигментов, однако содержание водорастворимых солей должно быть снижено промывкой.



Но при этом отмечается, что красящая способность очень низкая, всего 0,06 %. Неудовлетворительное значение красящей способности для руды ЯГОК связано как с недостаточной дисперсностью, так и с более низкой чистотой тона. Также, исходя из определённых координат цвета, показано, что железоксидная руда не соответствует требованиям по цвету красному железоксидному пигменту.

На рис. 1 приведена микрофотография железной руды. Из результатов микроскопии следует, что наличие белых вкраплений может резко ограничить использование этого продукта в качестве пигмента, т.к. такие примеси чаще всего обусловлены наличием трудно диспергируемого кварца.

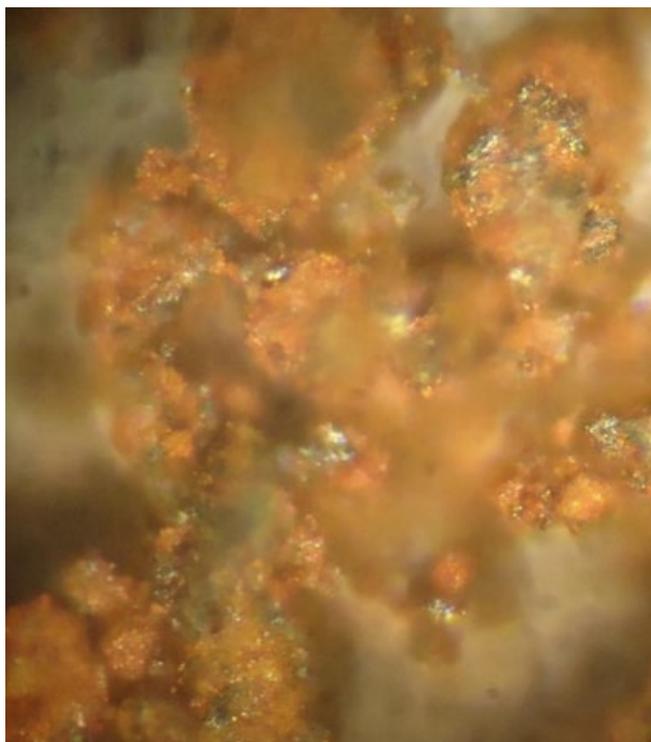


Рис. 1. Микрофотография железной руды ЯГОК (отраженный поляризованный свет, коаксиальное освещение, увеличение 800x)

Исходя из представленных исследований, можно заключить, что, ввиду низкой интенсивности, неудовлетворительных пигментных свойств, железоксидная руда производства ЯГОК не может быть использованы в качестве железоксидных пигментов.

Одним из вариантов использования отходов оксида железа является получение их при переработке продукта, содержащего железоксидных пигмент, обладающий, желательно, транспарентными свойствами. Наиболее распространенным способом получения железоксидных пигментов является прокалка железосодержащего сырья. В связи с этим была исследована возможность получения продуктов, обладающих пигментными свойствами, прокалкой образцов руды.

Синтез пигментов из ЖРК осуществлялся прокалкой в муфельной печи при температурах от 300 до 1000 °С. Зависимость свойств продуктов прокалки от температуры представлена в табл. 3. Накраски продуктов синтеза в полном цвете и в разбеле представлены на рис. 2-7.

**Таблица 3.** Исследования пигментных свойств продуктов синтеза

Показатель	300 °С	400 °С	500 °С	600 °С	800 °С	1000 °С
Средний размер частиц, мкм	2,9	3,80	2,8	4,40	4,1	7,1
Наивероятнейший размер частиц, мкм	1,47	1,88	1,38	2,20	2,04	3,54
Содержание железа, %	59,83	66,11	33,0	64,35	36,0	25,0
Маслоемкость, г/100 г	51	16,5	12	11,5	12	11
Укрывистость, г/м ²	15,66	23,33	30	26,07	30	28
Содержание водорастворимых солей, %	0,017	2,5	2,4	2,35	2,08	2,56
рН водной суспензии	7,50	6,89	6,85	6,728	6,92	7,23
Цветовые характеристики (координаты цвета в системе CIEL*a*b*)	L*=34,07 a*=13,08 b*=6,98 c=14,83 H=61,91 ⁰	L*=30,56 a*=10,31 b*=6,40 c=12,13 H=58,17 ⁰	L*=29,48 a*=10,81 b*=5,37 c=12,07 H=63,58 ⁰	L*=31,42 a*=10,54 b*=7,05 c=12,68 H=56,22 ⁰	L*=32,33 a*=14,79 b*=6,44 c=15,86 H=66,47 ⁰	L*=27,2 a*=11,27 b*=4,12 c=11,99 H=69,92 ⁰
Красящая способность, %	20	76	72	68	56	24

Как видно из представленных накрасок (см. рис. 2-7) и данных табл. 3, продукты синтеза имеют более насыщенные красный и коричневый цвета и хорошую интенсивность.

**Рис. 2.** Накраски продукта синтеза при температуре 300 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)**Рис. 3.** Накраски продукта синтеза при температуре 400 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)



Рис. 4. Накраски продукта синтеза при температуре 500 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)

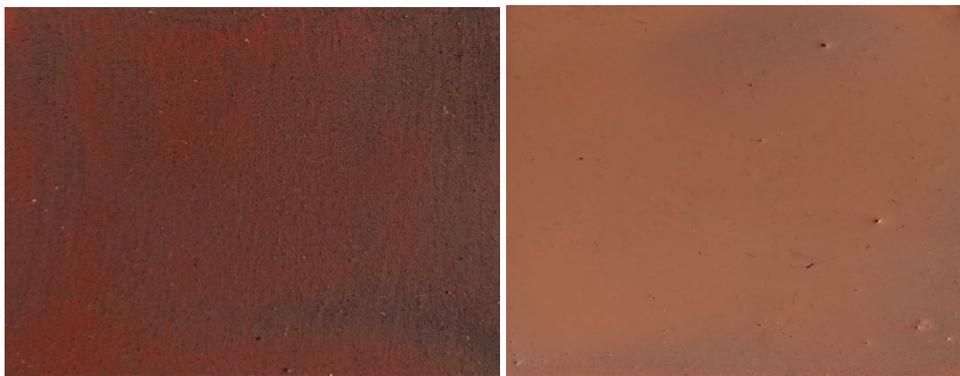


Рис. 5. Накраски продукта синтеза при температуре 600 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)



Рис. 6. Накраски продукта синтеза при температуре 800 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)



Рис. 7. Накраски продукта синтеза при температуре 1000 °С в полном цвете (слева) и в разбеле (справа)



Термически обработанные продукты от 300 °С до 1000 °С обладают схожими пигментными характеристиками. При максимальной температуре прокалки продукт имеет более низкую укрывистость и более высокую маслосъемкость по сравнению с образцом без прокалки. Это объясняется более крупным размером частиц. Образец, полученный при температуре 400 °С, по своим характеристикам наиболее близок к эталону и ЖРК без прокалки. Показано, что прокалка позволяет повысить красящую способность и улучшить укрывистость пигментов, снизить их маслосъемкость. Из данных таблицы видно, что наилучшими пигментными свойствами обладает продукт, полученный прокалкой при 400 °С. Повышение температуры прокалки выше 600 °С не эффективно, т.к. продукты полученные при более высокой температуре, обладают худшими значениями пигментных свойств.

Таким образом, наилучшими пигментными свойствами обладает продукт синтеза прокалкой при 400 °С.

Заключение

В ходе проведенных исследований показана возможность использования железосодержащего отхода металлургических производств в качестве сырья для синтеза железоксидных пигментов методом прокалки.

Были изучены свойства продуктов прокалки руды при различных температурах. Показано, что полученные пигменты обладают хорошей красящей способностью и укрывистостью пигментов, низкой маслосъемкостью. Установлено, что наилучшими пигментными свойствами обладает продукт, полученный прокалкой при 400 °С. Дальнейшее увеличение температуры прокалки не эффективно и не приводит к улучшению пигментных свойств.

Полученные в ходе исследований железоксидные пигменты могут быть рекомендованы к апробации в качестве пигментов для окраски цемента, тротуарной плитки, лакокрасочных материалов, а также для окраски бумаги в массе.

Список источников

1. **Ермилов, П.И.** Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы : [учебное пособие для вузов по специальности «Химическая технология лаков, красок и лакокрасочных покрытий»] / П.И. Ермилов, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачев. - Ленинград : Химия : Ленинградское отд-ние, 1987. - 198 с.
2. Пат. № CN107011702 C2. A kind of tribasic zinc phosphate wraps up the synthetic method of heat resistant type ferric oxide yellow pigment. Оpubл. 04.08.2017.
3. Пат. № CN 111909542 C1. Preparation method of high-covering-power iron oxide red-bentonite composite pigment. Оpubл. 10.11.2020.
4. Пат. № CN105110382 C2. Method for preparing high-purity gamma-Fe₂O₃ iron oxide red pigment. Оpubл. 02.12.2015.
5. Пат. № RU 2701032 C2. Красные железоксидные пигменты с улучшенными цветовыми параметрами / **Чаплик В., Кишкевич Ю., Шпигельхауэр Ш.** Оpubл. 11.10.2018.
6. Пат. № RU 2634017 C2. Способ получения сульфата магния и железоксидных пигментов из отходов производств / **Добровольский И.П., Капкаев Ю.Ш., Бархатов В.И., Костюнин С.В., Костюнина И.Л., Абызов В.А.** Оpubл. 23.10.2017.



7. Пат. № RU 2656047 С1. Способ получения железооксидных пигментов / **Ларин В.К., Бикбаев Л.Ш., Бибик Е.Г.** Оpubл. 30.05.2018.
8. Пат. № RU 2683100 С1. Способ получения минеральных железосодержащих пигментов и наполнителей / **Чичварин А.В., Смирнов В.П., Кантарчан М.В.** Оpubл. 26.03.2019.
9. Пат. № RU 2697459 С2. Получение красного железооксидного пигмента / **Чаплик В., Кеттелер Г., Кишкевич Ю.** Оpubл. 14.08.2019.
10. Пат. № RU 2756464 С1. Способ получения железо- и марганецсодержащих пигментов из отходов производств / **Капкаев Ю.Ш., Добровольский И.П., Бархатов В.И., Головачев И.В.** Оpubл. 30.09.2021.
11. Пат. 114683 RU U1. Установка для получения железооксидного пигмента из шлама станции водоподготовки / **Лукашевич О.Д., Усова Н.Т., Кутугин В.А., Топорков Н.Е.** Оpubл. 10.04.2012.
12. Пат. 2623928 RUC2. Способ глубокой утилизации железосодержащих отходов / **Башлыкова Т.В., Аширбаева Е.А.** Оpubл. 29.06.2017.
13. **Кудрявцев, Я.В., Колосова, А.Н., Терешко, А.Е.** Получение железооксидных пигментов из отходов металлургического производства // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием : сборник материалов конференции, Ярославль, 21 апреля 2021 года. Том 74. Часть 1. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2021. – С. 181-182.
14. **Колосова, А.Н., Терешко, А.Е.** Новые виды сырья для синтеза железооксидных пигментов // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием : Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 20–21 апреля 2022 года. Том 75. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 180-182.
15. **Колосова, А.Н., Кудрявцев, Я.В., Терешко, А.Е.** Покрытие на основе красного железооксидного пигмента, синтезированного из отходов металлургического производства // Семьдесят шестая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием : Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 19–20 апреля 2023 года. Том 76. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2023. – С. 183-185.
16. **Колосова, А.Н., Терешко, А.Е.** Получение железооксидных пигментов прокалочным способом из отходов металлургической промышленности. Семьдесят седьмая научно-техническая конференция студентов, магистров и аспирантов с международным участием : Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 17-18 апреля 2024 г. Том 77. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2024. – С. 231-233.
17. **Кудрявцев, Я.В., Колосова, А.Н., Терешко, А.Е.** Использование железосодержащих отходов металлургических производств для получения железооксидных пигментов // Проблемы науки. Химия, химическая технология и экология : Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Новомосковск, 31 октября – 02 ноября 2022 года. – Тула: Аквариус, 2022. – С. 285-289.

Поступила в редакцию 28.05.2024

Одобрена после рецензирования 19.06.2024

Принята к опубликованию 02.07.2024