

УДК 622.7

**Егорова Светлана Олеговна**, студентка,  
Санкт-Петербургский горный университет  
императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург

Научный руководитель:  
**Лебедев Андрей Борисович**,  
кандидат технических наук, научный сотрудник  
НЦ «Переработки ресурсов»  
г. Санкт-Петербург

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ОКАТЫШЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация:** В работе исследованы прочностные характеристики окатышей из железорудного концентрата Яковлевского месторождения размером 11–12 мм. Проведено сравнение сырых и спечённых образцов, определены их плотность, рН среды, а также сопротивление разрушению при сжатии. Установлено, что спекание при температуре 1150 °С значительно повышает прочность окатышей и улучшает их эксплуатационные характеристики.

**Ключевые слова:** окатыши, железорудный концентрат Яковлевского месторождения, холодная прочность, спекание, плотность, прочность на сжатие.

Железорудные окатыши – ключевой компонент металлургической шихты, обеспечивающий эффективность доменного процесса. Железорудный концентрат Яковлевского месторождения отличается высоким содержанием железа (более 60%) и низким уровнем вредных примесей [2]. Одним из ключевых металлургических свойств окатышей является их холодная прочность, которая определяется прочностью их внешней оболочки. Недостаточная прочность окатышей и наличие мелких фракций в шихте ухудшают газопроницаемость, замедляют восстановительные процессы в доменной печи и снижают её производительность. Разрушение окатышей приводит к образованию пыли, что ухудшает экологическую обстановку на этапах производства и транспортировки [1].

В данной работе исследуются сырые окатыши, полученные методом окомкования железорудного концентрата Яковлевского месторождения с использованием воды в качестве связующего размером 11–12 мм (рис. 1 а). Окатыши спекались при температуре 1150°С. Перед испытаниями измеряли плотность образцов гидростатическим методом: три сырых и три спеченных образца поочередно частично и полностью погружали в воду (рис. 1 б, в). Плотность вычисляли как отношение массы полностью погруженного окатыша к массе частично погруженного [3]. В результате исследований установлено, что средняя плотность сырых окатышей составила 3,63 г/см<sup>3</sup>, а восстановленных – 4,02 г/см<sup>3</sup>. Дополнительно измеряли рН водной суспензии окатышей, который составил значение 8,25, что указывает на слабощелочную среду (рис. 1 г).



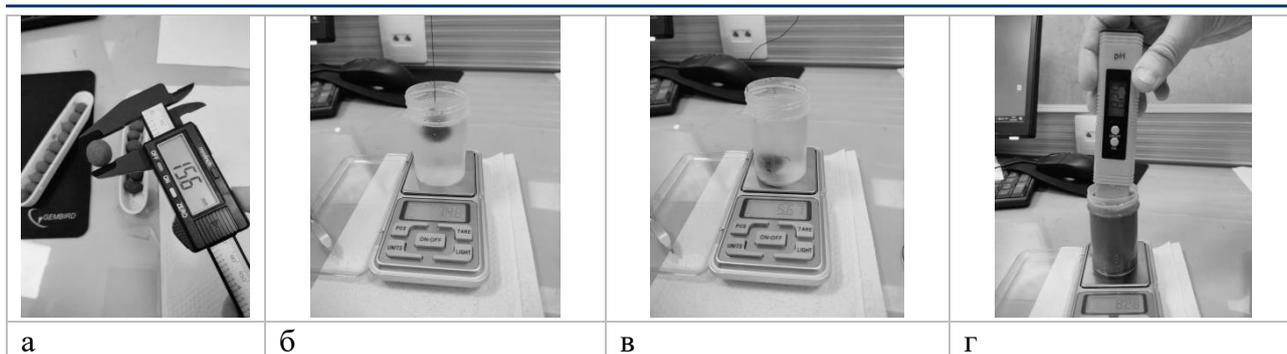


Рис. 1. Подготовка образцов к измерению: а) определение диаметра образца; б) частичное погружение окатыша; в) полное погружение окатыша; г) измерение рН водной суспензии окатышей

Для оценки механических характеристик были проведены испытания на прочность на универсальной испытательной машине УТС-111.2-50-22. Каждый окатыш помещали на нижний пресс, а верхний пресс опускали до соприкосновения с образцом. После этого производилось нагружение до полного разрушения окатыша, фиксируя величину нагрузки.

При испытаниях на прочность сырые окатыши разрушались при нагрузках 6,7 Н, 15,6 Н и 6,5 Н, со средним значением 9,6 Н. Разрушение сопровождалось распадом внешней оболочки, при этом ядро оставалось целым. В случае образца № 3 ядро прилипло к верхнему подвижному столику, на картинке присутствует внешний разрушенный слой (рис. 2 в).



Рис. 2. Сырые окатыши после испытания на прочность: а) образец №1; б) образец №2; в) образец №3

Спечённые окатыши показали значительно более высокие прочностные характеристики. Они разрушались при нагрузках 342,3 Н, 256,8 Н и 446,9 Н, со средним значением 348,7 Н. При разрушении наблюдались трещины и незначительное отделение части оболочки, при этом внешний слой оставался сцеплен с ядром (рис. 3).

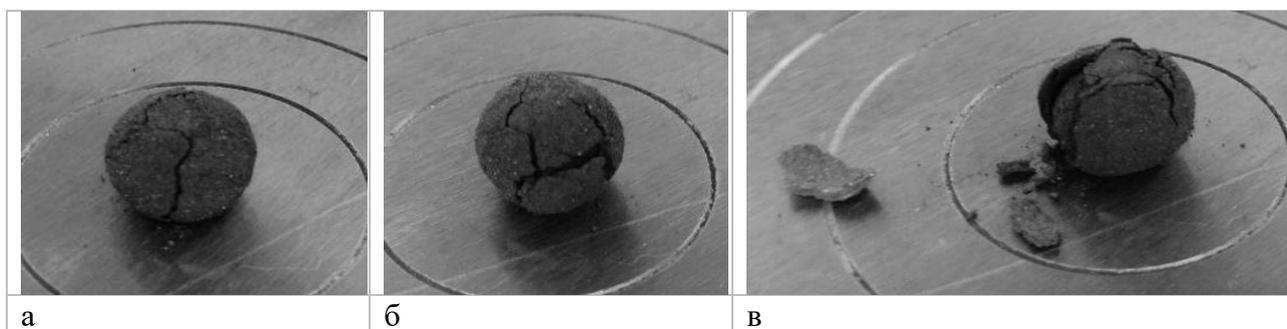


Рис. 3. Восстановленные окатыши после испытания на прочность: а) образец №1; б) образец №2; в) образец №3



### **Выводы**

Спекание существенно влияет на свойства железорудных окатышей Яковлевского месторождения.

1. Установлено, что спекание при температуре 1150°C приводит к значительному улучшению физико-механических характеристик: плотность увеличивается на 10% (с 3,63 до 4,02 г/см<sup>3</sup>).

2. Прочность при температуре спекания 1150°C на сжатие возрастает в 36 раз (с 9,6 до 348,7 Н). Анализ характера разрушения показал принципиальные различия между сырыми и спечёнными окатышами. В то время как сырые образцы подвержены распаду внешней оболочки, спечённые окатыши сохраняют структурную целостность, демонстрируя лишь локальные трещины при сохранении связи между ядром и оболочкой.

Таким образом, проведённое исследование подтверждает необходимость обязательной термической обработки железорудных окатышей перед их использованием в металлургическом производстве.

### *Список литературы:*

1. Исследование механизма разрушения окатышей под действием внешних нагрузок / А. В. Смагина, В. В. Коровушкин, Г. С. Подгорецкий [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2013. – Т. 56. – № 7. – С. 9-14.

2. Луговский, Н. Ю. Варианты металлургической переработки железных руд яковлевского месторождения / Н. Ю. Луговский, В. А. Утков // Записки Горного института. – 2013. – Т. 202. – С. 264-265.

3. Пат. 2 629 910 РФ. Способ гидростатического взвешивания твердых тел / В. Ю. Мироненко, В. В. Васенев. – 2017.

