

## **ОЦЕНКА ФЛЮСА «ФЛЮМАГ М» НА ОСНОВЕ БРУСИТА В КАЧЕСТВЕ ФЛЮСОУПРОЧНЯЮЩЕГО КОМПОНЕНТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ**

**Тимофеева Анна Стефановна**<sup>1</sup>, канд.техн.наук (uked@yandex.ru)

**Кожухов Алексей Александрович**<sup>1</sup>, докт. техн.наук (koshuhov@yandex.ru)

**Носенко Владимир Игоревич**<sup>2</sup>, info@magminerals.ru

**Филатов Александр Николаевич**<sup>2</sup> (filatov@magminerals.ru)

<sup>1</sup>Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (СТИ), филиал НИТУ «МИСиС» .Россия, г. Старый Оскол

<sup>2</sup>ООО «Русское горно-химическое общество» г. Москва, Россия)

**Аннотация.** Проведены испытания по получению сырых и обожженных окатышей с применением магнийсодержащего флюса «Флюмаг М» на основе брусита и определена комкуемость шихты и прочностные свойства окатышей. Проведена сравнительная характеристика с окатышами, полученными с добавлением известняка. Результаты полученных данных указывают, что прочность на удар и истирание обожженных окатышей с флюсом «Флюмаг М» обеспечивает более высокую прочность, чем с известняком. Самое большое различие в прочностных свойствах наблюдается при содержании 2% флюса.

**Ключевые слова:** брусит, «Флюмаг М», прочностные свойства, сырые окатыши, обожженные окатыши, комкуемость, удар, сжатие, истирание.

Прогрессивным направлением развития современного металлургического производства является развитие технологии прямого восстановления железа. Однако существующие доменные печи остаются главенствующими металлургическими агрегатами, так как позволяют производить металлургическое сырьё с низкой себестоимостью и требуемым качеством. Поэтому развитие и совершенствование работы доменных печей является не менее важной задачей, стоящей перед металлургами.

Одним из проблемных вопросов доменного передела является получение агломерата, так как агломерационные машины пока остаются металлургическими агрегатами с высокими загрязняющими выбросами [1].

Ужесточение экологических требований к производству вообще заставляет металлургов искать пути снижения загрязняющих выбросов. Одним из перспективных

вариантов на первый план выступает разработка технологического процесса доменной плавки с максимальным использованием обожженных железорудных окатышей, а в будущем без использования агломерата вовсе, как в настоящее время работают доменные печи в Северной Америке, Англии, Японии [2-8].

Применение в качестве доменной шихты руды и окатышей выдвигает новые требования к их качественным характеристикам, и одним из таких требований является требование высокой температуры начала размягчения в процессе восстановления. Обеспечить повышение температуры начала размягчения в процессе восстановления железорудного сырья может помочь оксид магния, образующий тугоплавки связки в структуре окатыша.

Наиболее распространенным и широко известным поставщиком оксида магния в металлургическом производстве является доломит – минерал из класса карбонатов химического состава  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , содержащий от 17 до 22% оксида магния. Однако при необходимости повышения оксида магния в составе окатышей, приходится увеличивать дозировки флюсующего материала, что в свою очередь приводит к снижению содержания железа в шихте, и соответственно снижению выхода «годного».

В настоящее время актуально снижение количества образующихся шлаков, т.к. они требуют больших площадей для хранения. Поэтому новый материал – гидроксид магния, содержащий более 50% оксида магния, может оказаться весьма востребованным в производстве железорудных окатышей, при условии его хорошего взаимодействия с концентратом в процессе окомкования и последующего высокотемпературного обжига.

Природный минерал гидроокиси магния, слагающий основной объем бруситовых руд, назван по имени американского минералога А. Бруса (1777–1818). Химическая формула  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Состав чистого минерала — MgO 69,12%;  $\text{H}_2\text{O}$  30,88% .

Брусит – это минерал, который в основном состоит из гидроокиси магния, имеет меньшую пористость при нагревании и меньшую способность к растворению в материалах аглошихты по сравнению с магнезитом.

Брусит содержит меньше включений, которые являются основой образующегося шлама. Он содержит больше оксида магния и обладает меньшими потерями при прокаливании по сравнению с магнезитом. Это одна из позитивных характеристик, т.к. низкопористые материалы при нагревании предотвращают быструю когезию оксида магния в расплаве.

В брусите в целом меньше включений. Содержание оксида кремния меньше, чем в серпентините, а содержание оксида кальция меньше, чем в доломите. Если магнийсодержащая добавка содержит большое количество  $\text{SiO}_2$ , это приводит к

образованию "толстой раковинной структуры" в шлаковой фазе, что приводит к уменьшению прочности агломерата, уменьшению 'способности к сокращению' (reduction capability) и снижению производительности.

На кафедре СТИ НИТУ «МИСиС» были проведены лабораторные эксперименты по применению магнезиального флюса «Флюмаг М» на основе брусита для получения железорудных окатышей.

«Флюмаг М» на основе брусита, согласно химическому анализу, имеет содержание оксида магния не менее 55%, оксида кремния не более 6%, оксида железа  $Fe_2O_3$  не более 1%, содержание серы не более 0,03%, потери при прокаливании не более 35%.

Были проведены серии экспериментов по дозировке шихты в окатыши.

Известняк, бентонит и флюс «Флюмаг М» измельчались в лабораторных условиях института на дисковом истирателе, материал просеивался через сито 0,071 мм. Магнетитовый концентрат характеризуется содержанием частиц менее 0,045 мм в количестве 97,65%.

Качественные показатели шихтовых составляющих представлены в таблице 1.

Таблица 1- Качественные показатели шихтовых материалов

Материал	Химический состав, %									Массовая доля влаги, %
	Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	п.п.п.	
Концентрат	70,23	68,17	30,16	2,44	0,08	0,09	0,19	0,152	0,34	9,5
Бентонит	2,33	0,93		57,1	17,69	2,76	2,23	0,077	8,49	6,5
Известняк	1,11		0,27	4,45	3,48	49,25	0,55	0,041		2,3
Флюмаг М		0,15	-	4,24	0,045	3,4	59,14		31,5	1,9

С целью оценки флюса «Флюмаг М» в качестве флюсоупрочняющего компонента в производстве железорудных окатышей для выполнения сравнительного анализа были изготовлены окатыши с использованием известняка в аналогичных количествах.

Во всех экспериментах дозировка бентонита оставалась неизменной и составляла 0,6%.

Для изготовления окатышей брали по 2 кг концентрата для обеспечения требуемого количества образцов для испытаний.

Изготовление сырых окатышей осуществляли в лабораторном окомкователе, рис. 1.



Рисунок 1 – Окомкование шихты.

Полученные сырые окатыши подвергали испытаниям на гранулометрический состав, прочность на сжатие, сброс, влагосодержание. Определение данных физических характеристик сырых окатышей осуществлялось по методикам, принятым на промышленных предприятиях.

Результаты лабораторных исследований сырых окатышей представлены в таблице 2. Таблица 2 – Качественные показатели экспериментальных сырых окатышей с добавлением флюса «Флюмаг М»

№ пробы	Флюсующая добавка	Массовая доля влаги в сырых окатышах, %	Комкуемость, %	Прочность сырых окатышей на сброс, кол. раз	Прочность сырых окатышей на сжатие, кг/ок
1	«Флюмаг М» 1%	9,8	66,6	9	0,731
2	Известняк 1%	9,8	76,4	10	0,791
3	«Флюмаг М» 2%	9,6	99	6	1,216
4	Известняк 2%	9,6	99	6	0,886
5	«Флюмаг М» 3%	9,7	91	5	1,092
6	Известняк 3%	9,6	87	7	0,948
7	Известняк 1% + «Флюмаг М» 1%	9,2	88,66	5	1,078
8	Известняк 0,5% + «Флюмаг М» 1,5%	9,4	98,25	5	0,837

Термическая обработка окатышей производилась в лабораторной печи, в соответствии с разработанным температурно-временным режимом, который во всех

экспериментах поддерживался одинаковым. Максимальная температура обжига составляла 1280°C, рис.2.



А) температура 900°C



б) температура 1280°C

Рис.3 – Обжиг окатышей

Качественные показатели полученных обожженных окатышей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Качественные показатели экспериментальных обожженных окатышей с добавлением флюса «Флюмаг М»

№ пробы	Флюсующая добавка	Прочность обожженных окатышей на сжатие, кг/ок	Прочность обожженных окатышей на удар (кл. +5мм), %	Прочность обожженных окатышей на истирание (кл - 0,5мм), %
1	«Флюмаг М» 1%	324,7	87,6	6,9
2	Известняк 1%	276,4	86,1	7,01
3	«Флюмаг М» 2%	328,2	91,29	2,51
4	Известняк 2%	335,6	91,26	5,5
5	«Флюмаг М» 3%	309,4	90,24	5,54
6	Известняк 3%	326,9	89,27	6,85
7	Известняк 1% + «Флюмаг М» 1%	295,5	90,47	4,87
8	Известняк 0,5% + «Флюмаг М» 1,5%	245,6	91,1	4,52

Анализ полученных результатов испытаний показал, что флюс «Флюмаг М» может быть использован при производстве железорудных окатышей. Учитывая особенности концентратов различных месторождений и производимых в различных технологических условиях, оптимизация дозировки флюса должна производиться в каждом конкретном технологическом условиях, и может отличаться от выше представленных результатов.

\*

## **Выводы.**

1. Флюс «Флюмаг М» при добавлении в железорудный концентрат в качестве шихтовой составляющей не препятствует процессу окомкования.
2. При использовании флюса «Флюмаг М» выше 1% прочность сырых окатышей на сжатие возрастает на 10 – 30% по сравнению с окатышами с добавкой аналогичного количества известняка.
3. Результаты прочности обожженных окатышей на удар и истирание показывают, что при использовании флюса «Флюмаг М» она выше, чем при использовании известняка. Самое высокое различие в прочностных свойствах этого вида наблюдаются при содержании 2% «Флюмаг М».
4. При увеличении дозировки флюса «Флюмаг М» наблюдается тенденция к снижению прочности окатышей на сжатие, но это можно регулировать путем изменения температурно-временного режима термической обработки.
5. Принимая во внимание обширный опыт применения Флюмага (брусита) в аглодоменном производстве японских компаний Nippon Steel и JFE в объеме 300 000 тонн в год, можно предположить, что экономическую целесообразность замещения доломита или извести в рецептурах окатышей будет возможным определить только при проведении полномасштабных производственных испытаний окатышей с «Флюмаг М».

## **Литература:**

- 1 Дробный О. Ф. Совершенствование технологии агломерационного производства с целью снижения его воздействия на окружающую среду: на примере ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат": диссертация к. т. н.: 05.16.02 / Дробный Олег Федорович; [Место защиты: Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова].- Магнитогорск, 2012.- 237 с.
- 2 . О работе доменных печей с высокой долей окатышей в шихте. А.В. Павлов, О.П. Онорин, Н.А. Спирин, И.Е. Косаченко. [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/37260/1/978-5-9907151-1-0\\_2015\\_021.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/37260/1/978-5-9907151-1-0_2015_021.pdf).
3. Современное состояние доменного производства в Китае, Японии, Южной Корее, Западной Европе, Северной и Южной Америке. Курунов И. Ф., Металлург, 2015г, №7, с. 12-22.
4. Влияние состава металлошихты на показатели работы доменной печи. Петрушов С.Н., Дорофеев В.Н., Лебедев В.А., Толстиков С.А. (ДонГТУ, г. Алчевск, Украина [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://sbornik.dstu.education/articles/RU/210.pdf>.

5. О некоторых вопросах применения окатышей в существующих условиях доменной плавки. А.В. Дидевич, Н.И. Храпко, З.И.Либерова,ДонниичерметМ.Я. Васькевич, А.В. Зотов, Е.И. Пефтиев,ОАО «МК «Азовсталь»,А.А.Филиппов Корпорация .ИСД.[Электронный ресурс] – Режим доступа <http://sbornik.dstu. education/ articles /RU/210.pdf>.
- 6.Большаков В.И., Гладков Н.А., Орел Г.И., Оторвин П.И. Исследование металлургических свойств окатышей и особенностей их использования // Сталь. – 2004. – № 10. – С. 6–12.
- 7.Опытные плавки с изменением в доменной шихте ММК доли нефлюсованных окатышей ССГОК от 0 до 100 % / З.И. Некрасов, Н.А. Гладков, Ю.В. Яковлев и др. // Сталь. – 1978. – № 1. – С. 11–18.
- 8.Эффективность распределения окатышей в шихте доменных печей / В.И. Большаков, Н.А. Гладков, Ф.М. Шутылев, Ю.А. Богачев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 6. – С. 11–15.