

ОАО «Уральский институт металлов»

УТВЕРЖДАЮ:

Научный руководитель института,  
академик РАН



Л.А. Смирнов

2017 г.

ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

**«Технико-экономическая оценка применения  
магнезиального флюса «Флюмаг М» на основе брусита при  
производстве окатышей»**

Заключительный  
по договору № 21-17

Исполнительный директор НИЦ подготовки  
сырья и РТП, к.т.н., руководитель работы

В.А. Кобелев

Зав. лабораторией качества железорудного  
сырья, к.т.н., ответственный исполнитель

Г.А. Нечкин

Екатеринбург 2017

### Список исполнителей:

Исполнительный директор, к. т. н.	В.А. Кобелев	(Введение, разд. 1-3 заключение)
Зав. лабораторией качества железорудного сырья, к.т.н.	Г.А. Нечкин	(Введение, разд. 1-3 заключение)
Зав. лабораторией теплотехники подготовки сырья	Д.А.Чернавин	(Разд. 1-3)
Инженер	К.П. Иващенко	(Разд. 1-3)

## Содержание

Введение.....	4
1 Исследование влияния добавки магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность сырых окатышей СГОК и МГОК.....	6
1.1 <i>Влияние расхода в шихту «Флюомаг М» на прочность сырых окатышей.....</i>	7
1.2 <i>Исследование термостойкости окатышей.....</i>	9
2 Исследование влияния добавки магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность обожженных окатышей СГОК и МГОК.....	13
3. Техничко-экономическая оценка применения магнезиального флюса «Флюомаг М» на основе брусита при производстве окатышей.....	17
Список литературы.....	21

## **Введение**

Научно-исследовательская работа выполнена по заявке ООО «РГХО» по договору № 21-17 от 17.07.2017 г.

В настоящее время большинство производимых в России окатышей не офлюсовывается. Офлюсование производится в основном известняком, иногда доломитом или оливином. При офлюсовании окатышей снижается содержание железа и возрастают затраты на перевозку собственно железа. Вместе с тем офлюсованные окатыши обладают более высокими механическими и металлургическими свойствами и их применение повышает эффективность производства чугуна в доменных печах.

На Стойленском ГОКе (СГОК), поставляющем железорудное сырье на Новолипецкий металлургический комбинат, производятся неофлюсованные окатыши. На Михайловском ГОКе производятся неофлюсованные и офлюсованные известняком окатыши. Проведенные в Уральском институте металлов исследования показали, что использование в доменных печах неофлюсованных окатышей СГОК и МГОК приводит к загромождению коксовой насадки горна, снижению производительности и повышению расхода кокса. Для повышения эффективности доменной плавки в конечном шлаке необходимо поддерживать определенное содержание оксида магния. Традиционно оксид магния вводится в аглошихту в виде доломита и обеспечивает необходимый состав доменного шлака. Большое количество доломита в агломерационной шихте снижает технико-экономические показатели аглопроцесса и качество агломерата. В доменной плавке целесообразно часть оксида магния перераспределить между агломератом и окатышами.

Офлюсование окатышей СГОК и МГОК оксидом магния позволит повысить их металлургические свойства и улучшить в целом технико-экономические показатели производства чугуна.

В 70-80 гг. прошлого века производились попытки замены бентонита в шихте при производстве окатышей гашеной и негашеной известью, мергелем,

нонтронитовой глиной, красным шламом и другими добавками, совмещающими функции упрочнения сырых окатышей и офлюсования [1-15]. Однако эти технологии не нашли практического применения по разным причинам, в частности из-за трудности эффективного совмещения этих двух функций.

В последнее время на рынке флюсов появилось новое магнезиальное сырье – «Флюмаг», которое эффективно используется на металлургических заводах в сталеплавильном производстве.

Целью работы является проверка влияния магнезиального флюса «Флюмаг М» на процесс производства и прочность сырых окатышей, изменение параметров обжига и прочность обожженных окатышей СГОК и МГОК.

## **1. Исследование влияния добавки магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность сырых окатышей СГОК и МГОК**

При офлюсовании окатышей с вводом в шихту флюсующих материалов возникают проблемы, связанные с процессом окомкования, прочностью и пластичностью сырых окатышей. Показатель пластичности определяет поведение сырых окатышей при транспортировке, перегрузке на конвейере и загрузке на паллеты обжиговой машины. Влияние магнезиального флюса «Флюомаг М» на процесс получения и пластичность сырых окатышей исследовали на концентратах Стойленского и Михайловского ГОКов.

Для получения окатышей были использованы следующие материалы:

- 1) Концентрат СГОК с массовой долей класса – 45 мкм равной 80-82 %;
- 2) Концентрат МГОК с массовой долей класса – 45 мкм равной 96,9 %;
- 3) Бентонит курганский;
- 4) Бентонит дашсалахлинский;
- 5) Магнезиальный флюс на основе брусита «Флюомаг М».

Химический состав железорудных концентратов и магнезиального флюса «Флюомаг М» приведен в табл. 1. После сушки бентонит и магнезиальный флюс перед окомкованием были измельчены до 100 % содержания фракции -72 мкм. Производство сырых окатышей производили в лабораторном грануляторе диаметром 600 мм (рис. 1). Частота вращения гранулятора  $28 \text{ мин}^{-1}$ . Смешивание шихты перед грануляцией производили вручную путем просеивания через сито с ячейкой 1 мм. Грануляцию шихты осуществляли при угле наклона гранулятора к его горизонтальной оси 47 град. Часть шихты (25-30 %) загружали в гранулятор, увлажняли и производили зародыши диаметром 3-5 мм. Фракции -3 и +5 мм отсевали, а на зародыши накатывали шихту при распылении воды. Из произведенных окатышей отсевали фракцию +10 -12 мм, в сыром виде окатыши испытывали на сбрасывание с высоты 300 мм (показатель пластичности) и на термостойкость – определение температуры шока. Для определения прочности обожженных окатышей их подвергали обжигу в муфельной печи при температуре 1300 °С.

Таблица 1 – Химический состав компонентов шихты окатышей

Материалы	Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	S	Пмпп
Концентрат СГОК	67,49	28,70	64,52	0,22	0,51	5,50	0,19	0,03	0,06	0,27
Концентрат МГОК	65,38	24,93	65,70	0,30	0,26	7,78	0,10	0,03	0,01	0,76
«Флюомаг М»	0,14	-	0,20	4,32	59,80	4,50	2,00	-	0,03	25,00

Рисунок 1. Лабораторный гранулятор шихты



### ***1.1 Влияние концентрации «Флюомаг М» на прочность сырых окатышей***

Для каждого состава подбирали оптимальные параметры окомкования – время и влажность. Масса окатываемого материала составляла 5 кг.

Были произведены окатыши следующих видов:

- 1) Неофлюсованные окатыши СГОК и МГОК на курганском и дашсалахлинском бентоните;
- 2) Окатыши СГОК с вводом 1, 2, 3 и 4 % магнезиального флюса «Флюомаг М» (без бентонита);
- 3) Окатыши МГОК с вводом 1, 2, 3 и 4 % магнезиального флюса «Флюомаг М» (без бентонита);

4) Окаатыши СГОК с вводом 2 % магнезиального флюса «Флюомаг М» и 0,35 % бентонита;

5) Окаатыши МГОК с вводом 2 % магнезиального флюса «Флюомаг М» и 0,3 % бентонита.

В опытах использовали активированные курганский и дашсалахлинский бентониты. Для определения пластичности сырых окаатышей они сбрасывались с высоты 30 см на твердую поверхность. Пластичность измерялась в количестве падений до разрушения. Результаты определения пластичности сырых окаатышей приведены в табл. 2. На рис. 2. приведена зависимость пластичности сырых окаатышей от количества «Флюомаг М» по сравнению с дашсалахлинским бентонитом.

Таблица 2 – Результаты определения пластичности сырых окаатышей

Окаатыши	Содержание добавки в шихте, %	Пластичность, кол-во сбрасываний, раз
Окаатыши СГОК		
Неофлюсованные с курганским бентонитом	0,8	2,75
Неофлюсованные с дашсалахлинским бентонитом	0,7	2,9
Офлюсованные «Флюомаг М» без бентонита	1	3,9
	2	5,6
	3	4,1
	4	4,6
Офлюсованные «Флюомаг М» с 0,35 % дашсалахлинского бентонита	2	3,5
Окаатыши МГОК		
Неофлюсованные с курганским бентонитом	0,8	3,0
Неофлюсованные с дашсалахлинским бентонитом	0,6	4,2
Офлюсованные «Флюомаг М» без бентонита	2	2,9
	3	4,3
	4	3,4
Офлюсованные «Флюомаг М» с 0,3 % дашсалахлинского бентонита	2	2,6



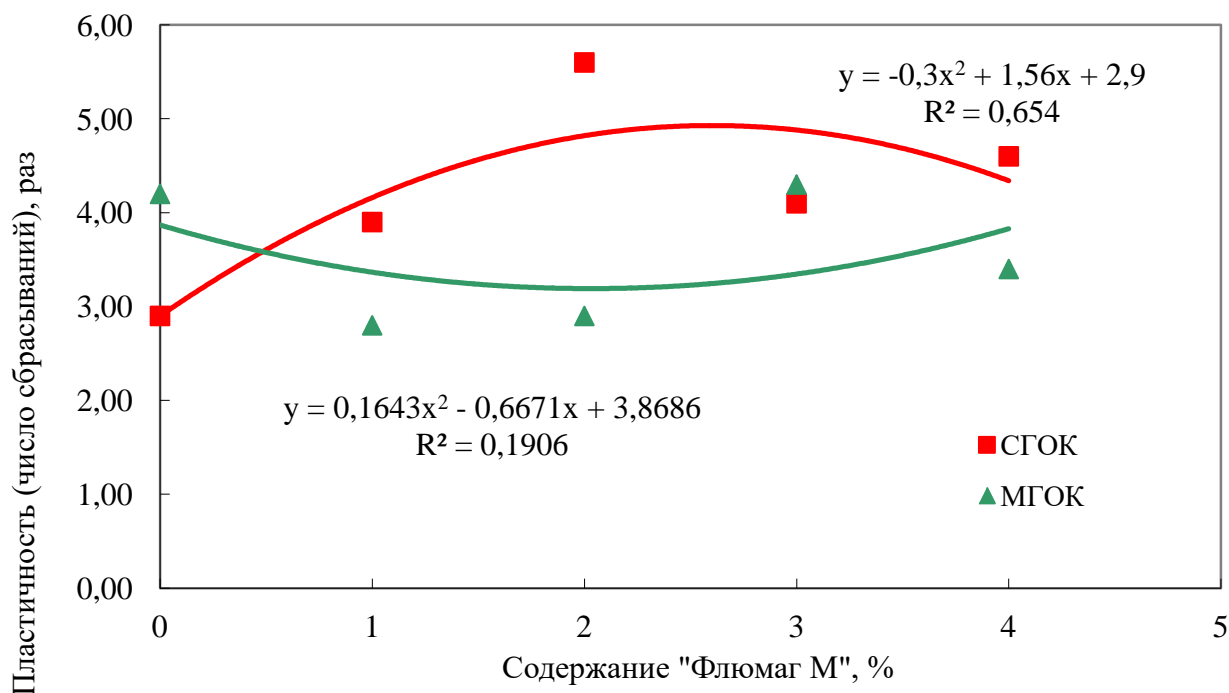


Рисунок 2. Влияние расхода магнезиального флюса на прочность сырых окатышей СГОК и МГОК по сравнению с дашсалахлинским бентонитом

Анализ результатов исследований, приведенных в табл. 2 и на рис. 2 показывает, что пластичность сырых офлюсованных магнезиальным флюсом «Флюомаг М» окатышей СГОК на уровне, а при больших расходах выше, чем у неофлюсованных окатышей на бентоните. Влага, удерживаемая бруситом, повышает пластичность окатышей и сопротивление динамическим нагрузкам.

Для окатышей МГОК ввод в шихту «Флюомаг М» снижает показатель пластичности, за исключением содержания 3 % «Флюомаг М» в шихте.

### ***1.2 Исследование термостойкости окатышей***

Вторым важным показателем качества сырых окатышей является их термостойкость (температура «шока»), то есть поведение при резком нагреве в условиях термообработки на обжиговой машине.

В настоящее время нет стандарта по определению термостойкости окатышей, поэтому использовали методику, разработанную в МИСИСе. По этой методике исследование термостойкости окатышей производится в диапазоне 400-800 °С. Влажные окатыши в количестве 5-7 штук загружаются в

печь угольного сопротивления (печь Таммана), предварительно разогретую до заданной температуры (рис. 3). Температуру, при которой окатыши трескаются и разрушаются принимают за температуру «шока», при этом число разрушившихся окатышей должно быть не менее 50 %. Результаты исследования термостойкости окатышей приведены в табл. 3. В связи с тем, что в интервале температур 500-800 °С все испытуемые окатыши сохранили свою форму и не разрушились диапазон исследований расширили до 1000 °С.

Таблица 3 – Результаты исследования термостойкости окатышей СГОК и МГОК

Температура, °С	СГОК				
	Неофлюсован- ные	Содержание «Флюомаг М»			
		1%	2%	3%	4%
825	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений
850	Трещины	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений
875	<b>Разрушение</b>	Без изменений	Трещины	Трещины	Трещины
900		Трещины	<b>Разруше- ние</b>	<b>Разруше- ние</b>	<b>Разруше- ние</b>
925		<b>Разруше- ние</b>			
	МГОК				
	Неофлюсован- ные	Содержание «Флюомаг М»			
		1%	2%	3%	4%
1000	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений
1025	Трещины	Без изменений	Трещины	Без изменений	Без изменений
1050	<b>Разрушение</b>	Трещины	<b>Разруше- ние</b>	Без изменений	Трещины
1075		<b>Разруше- ние</b>		<b>Разруше- ние</b>	<b>Разруше- ние</b>

Неофлюсованные окатыши СГОК на бентонитовой связке разрушаются при температуре 875 °С, окатыши с 1 % «Флюмаг М» разрушаются при 925 °С, с 2 % – при 875 °С. Окатыши с 3 и 4 % «Флюмаг М» разрушаются при 900 °С. Высокая температура шока обеспечивает сохранение окатышей при интенсивном нагреве на обжиговой машине.



Рисунок 3. Определение температуры шока

Термостойкость окатышей МГОК выше, чем СГОК. Неофлюсованные окатыши МГОК на бентонитовой связке разрушаются при температуре 1050 °С, окатыши с 1, 3 и 4 % «Флюмаг М» разрушаются при 1075 °С, с 2 % разрушаются при 1025 °С. Графическое изображение температуры разрушения окатышей при термоударе приведено на рис. 4.

Таким образом, исследования показали, что ввод в шихту окатышей «Флюмаг М» повышает температуру шока для окатышей СГОК с 875 до 900 °С и для окатышей МГОК с 1050 до 1075 °С.

Проведенные исследования показали, что при офлюсовании окатышей магнием полная замена курганского бентонита возможна для окатышей СГОК при 2 % «Флюмаг М» и для окатышей МГОК при 3-4 % «Флюмаг М» в шихте. В случае использования при производстве окатышей дашсалахлинского

бентонита «Флюмаг М» не может заменить его в шихте без уменьшения прочности сырых окатышей.

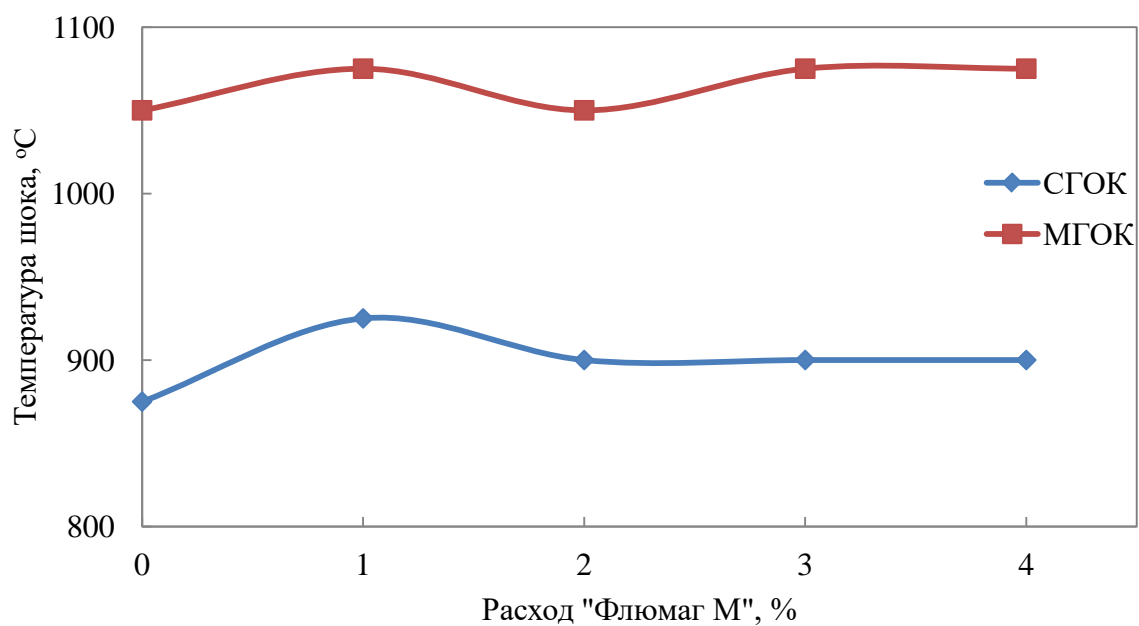


Рисунок 4. Влияние расхода магнезиального флюса на температуру шока сырых окатышей СГОК и МГОК

## 2. Исследование добавок магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность обожженных окатышей СГОК и МГОК

Эффективным направлением формирования оптимальной структуры и металлургических свойств окатышей является модифицирование шихты добавками, снижающими температуру плавления связки и способствующими образованию оптимальной пористости. Такие добавки влияют на свойства окатышей только при достаточно большой их концентрации в шихте, что влечет за собой снижение железа.

Дефекты структуры, определяющие прочность, являются носителями наследственной связи качества сырых, сухих и обожженных окатышей. Вероятность их образования прямо связана со свойствами используемых добавок. Для получения прочных окатышей их обжиг необходимо производить таким образом, чтобы обеспечить максимальное окисление магнетита на стадии нагрева при температуре 800-1000 °С.

После окомкования сырые окатыши обжигали в муфельной печи в воздушной атмосфере (рис. 5). Режим термообработки приведен на рис. 6. После термообработки и охлаждения, обожженные окатыши испытывали на прочность на сжатие ГОСТ 24765-81 на гидравлическом прессе (рис. 7).



Рисунок 5. Муфельная печь ПВП-16

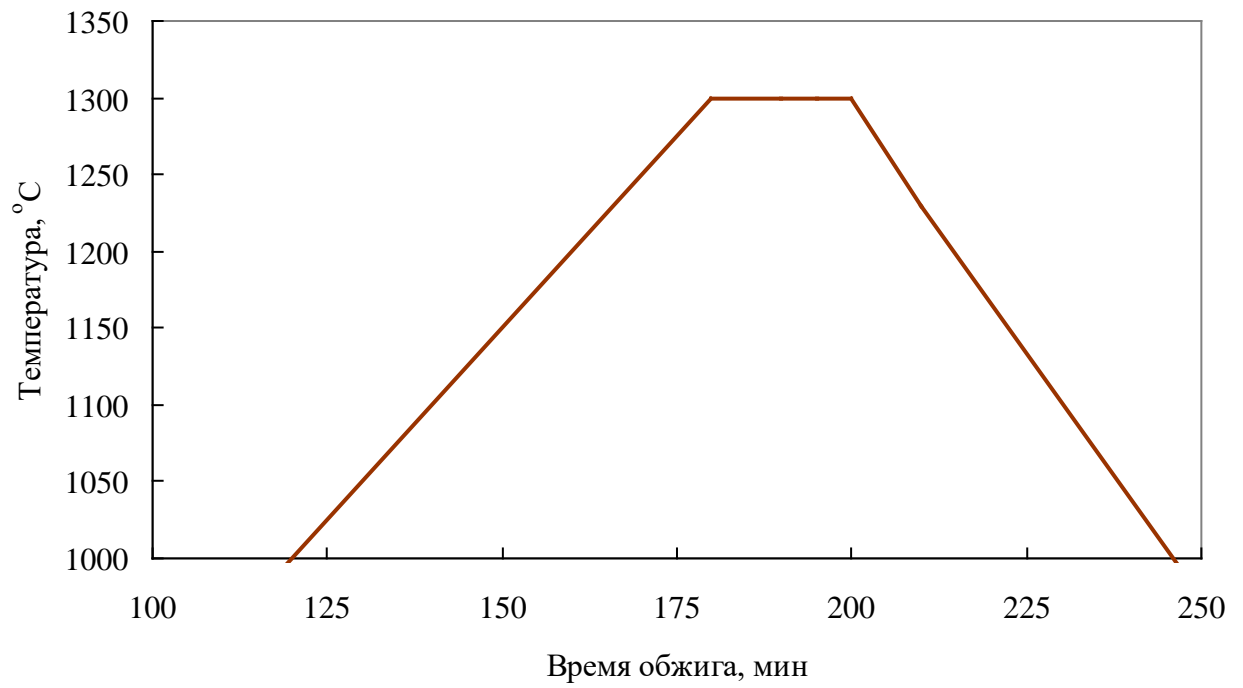


Рисунок 6. Режим обжига окатышей СГОК и МГОК



Рисунок 7. Гидравлический пресс

Результаты определения прочности обожженных окатышей приведены в табл. 4 и на рис. 8.

Зависимость прочности обожженных окатышей СГОК от расхода «Флюомаг М» в шихте носит экстремальный характер. Магнезиальный флюс «Флюомаг М» повышает прочность окатышей СГОК только при расходе в шихту 2 %.

Таблица 4 – Прочность обожженных окатышей по ГОСТ 24765-81, кг/окат.

Окатыши	Содержание «Флюомаг М», %	Прочность
Окатыши СГОК		
Неофлюсованные с курганским бентонитом	0,8 (бентонит)	262,0
Неофлюсованные с дашсалахлинским бентонитом	0,7 (бентонит)	198,0
Офлюсованные «Флюомаг М» без бентонита	1	221,5
	2	305,2
	3	191,0
	4	178,5
Офлюсованные «Флюомаг М» с 0,3 % дашсалахлинского бентонита	2	297,2
Окатыши МГОК		
Неофлюсованные с курганским бентонитом	0,8 (бентонит)	194,0
Неофлюсованные с дашсалахлинским бентонитом	0,6 (бентонит)	283,6
Офлюсованные «Флюомаг М» без бентонита	1	211,0
	2	224,8
	3	195,6
	4	176,2
Офлюсованные «Флюомаг М» с 0,3 % дашсалахлинского бентонита	2	195,2

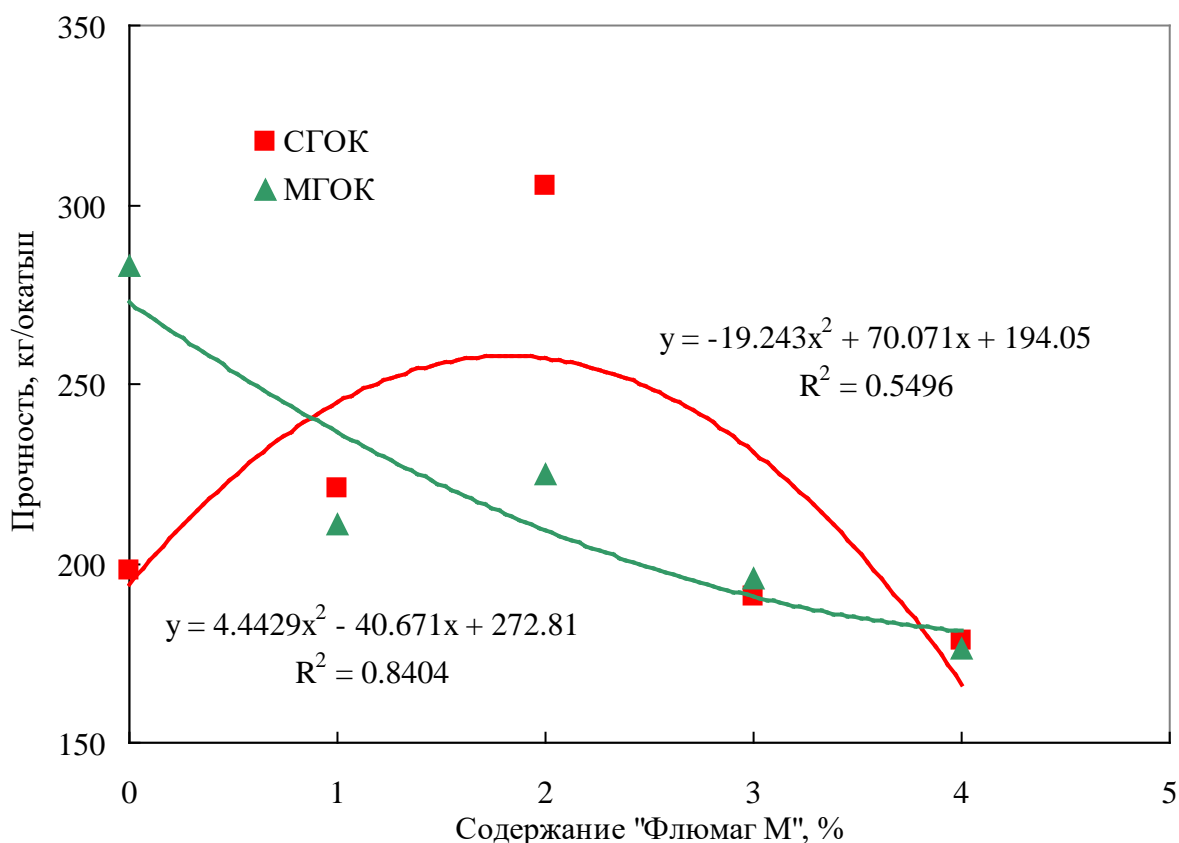


Рисунок 8. Влияние содержания в шихте магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность обожженных окатышей СГОК и МГОК

Экстремальное влияние магнезиального флюса «Флюомаг М» на прочность обожженных окатышей СГОК объясняется тем, что при небольших расходах оксид магния положительно влияет на образование прочной связки при твердофазном спекании, а при расходе «Флюомаг М» более 2 % количество легкоплавких фаз снижается. Для уточнения механизма упрочнения окатышей при вводе магнезиального флюса требуется проведение петрографических исследований.

Прочность обожженных окатышей МГОК при офлюсовании магнезиальным флюсом «Флюомаг М» снижается, что можно объяснить увеличением количества тугоплавких фаз.

Для повышения прочности обожженных окатышей МГОК при вводе в шихту магнезиального флюса «Флюомаг М» необходимо повышение температуры обжига и определение температурных параметров процесса требует дополнительных исследований.



### **3. Техничко-экономическая оценка применения магнезиального флюса «Флюмаг М» на основе брусита при производстве окатышей**

Главным потребительским свойством железорудных окатышей является содержание железа. При офлюсовании окатышей содержание железа в них снижается, но это компенсируется улучшением других потребительских свойств: повышением холодной прочности, повышением температуры плавления, улучшением фильтруемости продуктов плавки через коксовую насадку.

Наиболее распространенным магнезиальным флюсом в черной металлургии является доломит. Офлюсование окатышей доломитом наряду с повышением содержания оксида магния повышает также их основность. Для сравнения влияния двух видов магнезиальных флюсов на содержание железа выполнены расчеты химического состава окатышей при условии одинакового содержания оксида магния.

Расчетный химический состав неофлюсованных окатышей СГОК и МГОК на бентоните и с вводом в шихту магнезиальных флюсов приведен в табл. 5. По сравнению с доломитом ввод в окатыши СГОК и МГОК «Флюмаг М» в повышает содержание железа соответственно на 0,40-0,99 и 0,58-1,16 абс. %.

Таким образом, «Флюмаг М» является более эффективным магнезиальным флюсом, чем доломит.

«Флюмаг М» является в первую очередь флюсом, улучшающим физико-химические свойства обожженных железорудных окатышей. При вводе 2 % «Флюмаг М» в шихту окатышей повышается их прочность. Положительным фактором офлюсования окатышей оксидом магния является изменение высокотемпературных свойств: повышается температура размягчения, что способствует уменьшению температурного интервала вязко-пластичного состояния. Такое изменение свойств окатышей приведет к уменьшению газодинамического сопротивления в нижней части доменной печи и повышению производительности доменной плавки.

Таблица 5 – Расчетный химический состав окатышей СГОК и МГОК с вводом в шихту доломита и магнезиального флюса «Флюмаг М», %

Оксиды	Окатыши СГОК				
	Неофлюсованные с бентонитом (8 кг/т)	Расход «Флюмаг М» (без бентонита), кг/т		Расход доломита (8 кг/т бентонита), кг/т	
		10	20	30	60
Fe <sub>общ</sub>	65,78	65,84	65,38	65,44	64,39
CaO	0,22	0,26	0,30	1,17	2,13
MgO	0,50	1,09	1,68	1,06	1,63
SiO <sub>2</sub>	5,78	5,35	5,35	5,75	5,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,48	0,20	0,22	0,49	0,50
CaO/SiO <sub>2</sub>	0,04	0,05	0,06	0,20	0,37
Оксиды	Окатыши МГОК				
	Неофлюсованные с бентонитом (6 кг/т)	Расход «Флюмаг М» (6 кг/т бентонита), кг/т		Расход доломита (6 кг/т бентонита), кг/т	
		10	20	30	60
Fe <sub>общ</sub>	64,51	64,06	63,60	63,48	62,44
CaO	0,30	0,34	0,38	1,25	2,20
MgO	0,26	0,85	1,45	0,83	1,40
SiO <sub>2</sub>	7,95	7,94	7,93	7,89	7,83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32	0,34	0,36	0,33	0,34
CaO/SiO <sub>2</sub>	0,04	0,04	0,05	0,16	0,28

Вторым положительным фактором офлюсования окатышей магнием является вывод из доменной шихты других магниесодержащих материалов, оказывающих негативное влияние на процесс доменной плавки. При вводе оксида магния в окатыши также уменьшается содержание в агломерате оксида магния, что способствует повышению прочности агломерата и производительности аглопроцесса. Повышение прочности окатышей и агломерата способствует уменьшению мелочи при отсеивании в доменном цехе, что также снижает затраты на производство чугуна.

Проведенные исследования показали, что при офлюсовании окатышей магнием полная замена курганского бентонита возможна для окатышей СГОК

при 2 % «Флюомаг М» и для окатышей МГОК при 3-4 % «Флюомаг М» в шихте. В случае использования при производстве окатышей дашсалахлинского бентонита «Флюомаг М» не может заменить его в шихте без уменьшения прочности сырых окатышей.

Таким образом, эффективность применения «Флюомаг М» при производстве окатышей заключается в улучшении потребительских свойств обожженных окатышей и реализуется в процессе доменной плавки.

В производстве окатышей офлюсование «Флюомаг М» приведет к удорожанию:  $(3000^1 + 2428,5^2) \times 0,02 = 108,6$  руб./т.

Повышение прочности окатышей при офлюсовании «Флюомаг М» по экспертной оценке может привести к уменьшению отсева мелочи в доменном цехе на 0,5 %. При цене окатышей 3500<sup>3</sup> руб./т уменьшение потерь из-за отсева может составить  $3500 \times 0,005 = 17,5$  руб./т окатышей.

Повышение прочности агломерата вследствие уменьшения содержания MgO в агломерате по экспертной оценке приведет к уменьшению отсева мелочи в доменном цехе на 1,6 %. В доменную печь на 1 т окатышей загружается 1,7 т агломерата. При цене агломерата 3000<sup>4</sup> руб./т уменьшение потерь из-за отсева агломерата на 1 т окатышей составит:  $1,7 \times 0,016 \times 3000 = 81,6$  руб./т окатышей.

Повышение производительности доменной плавки за счет уменьшения интервала вязко-пластичного состояния магниезальных окатышей можно ориентировочно оценить в 3 %. При величине условно-постоянных расходов 1000 руб./т чугуна уменьшение затрат на производство чугуна при использовании магниезальных окатышей составит:  $1000 \times 0,03 = 30$  руб./т чугуна. При расходе окатышей 0,6 т/т чугуна уменьшение затрат при увеличении производительности в доменном цехе составит:  $30/0,6 = 50$  руб./т окатышей.

---

<sup>1</sup> Цена «Флюомаг М».

<sup>2</sup> Стоимость доставки 1 т «Флюомаг М» с рудника до ГОКа.

<sup>3</sup> Ориентировочная цена окатышей с тарифом на перевозку.

<sup>4</sup> Ориентировочная цена агломерата.

Суммарная эффективность применения магниевых окатышей в доменном производстве составит:  $17,5+81,6+50,0=149,1$  руб./т окатышей. С учетом увеличения затрат на производство окатышей эффективность магниевых окатышей составит:  $149,1-108,6=40,5$  руб./т окатышей.

*Перспективные направления и рекомендации по применению флюса «Флюмаг М» при производстве окатышей на предприятиях России и стран СНГ.*

Перспективность офлюсования окатышей магниевым флюсом определяется сырьевыми условиями и необходимостью ввода оксида магния в доменную шихту для улучшения физико-химических свойств доменного шлака.

Дефицит магния существует на металлургических предприятиях Украины, в Европе и Финляндии. В связи с этим офлюсование окатышей магниевым флюсом «Флюмаг М» может быть перспективно для Центрального ГОКа (ЦГОК – Украина), Северного ГОКа (СевГОК – Украина), Полтавского ГОКа (ПГОК – Украина), поставляющих окатыши на металлургические предприятия Украины и в Европу и ОАО «Карельский окатыш» – Россия, поставляющего окатыши в Финляндию.

## Список литературы:

1. Бережной Н.Н., Губин Г.В., Дрожилов Л.А. Окомкование тонкоизмельченных концентратов железных руд. М.: Недра, 1971. 176 с.
2. Савицкая Л.И. Влияние извести на процесс упрочнения и свойства окатышей. Автореф. дис. ...к.т.н., Москва, 1974. 22 с.
3. Копырин И.А., Борц Ю.М., Граур И.Ф. Производство окатышей различной основности. М.: Metallurgia, 1975. 192 с.
4. Бережной Н.Н., Булычев В.В., Костин А.И. Производство железорудных окатышей. М.: Недра, 1977. 240 с.
5. Малышева Т.Я., Журавлев Ф.М., Чумак А.Д. и др. Механизм спекания и вещественный состав железорудных окатышей, офлюсованных доломитизированным известняком. Изв. АН СССР, Металлы, 1980. № 6. С. 3-10.
6. Сомова Т.Н., Балес А.А., Серебренников В.А. Мергель – флюсующая добавка в окомковании. Материалы 3 науч.-тех. конф.: «Молодые ученые – научно-техническому прогрессу в металлургии», Донецк, 1982, С. 11-14.
7. Червоненко А.П., Перепелицын А.И. Производство офлюсованных окатышей. Горный журнал, 1982. № 9, С. 25-27.
8. Мейерчак Ш. Производство окатышей. М.: Metallurgia, 1982. 232 с.
9. Jiricek Vladimir. Zpusob vyroby zpevnenich sbalku. Авт. св. ЧССР № 178758, Оpubл.15.05.79, МКИ С 22 В 1/14.
10. Pearson Douglas. The agglomeration of finely divided metalliferous materials. Англ. Пат. № 1574719. Оpubл. 10.09.80, МКИ С 22 В 1/243.
11. Патент РФ №2031153. Способ получения офлюсованных окатышей. Оpubл. 20.03.1995, МКИ С22В1/24.
12. А. с. СССР №988887. Способ получения окатышей. Оpubл. БИ №2 1983, МКИ С 22 В 1/14.
13. А. с. СССР №692879. Способ получения офлюсованных железорудных окатышей. Оpubл. 28.10.1979, С 22 В 1/24.

14. А. с. СССР №800200. Шихта для получения окатышей. Оpubл. 30.01.1981, С 21 В 1/20.

15. Патент РФ № 2089629. Способ приготовления шихты для получения железорудных окатышей. Оpubл. 10.09.1997, МКИ С22В1/242.