

## МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 622.785.5

DOI:10.18503/1995-2732-2017-15-1-20-26

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК  
СЕРПЕНТИНИТОМАГНЕЗИТОВ ХАЛИЛОВСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ  
АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА  
В АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»**Ганин Д.Р.<sup>1</sup>, Дружков В.Г.<sup>2</sup>, Панычев А.А.<sup>1</sup>, Шаповалов А.Н.<sup>1</sup>, Шевченко Е.А.<sup>1</sup><sup>1</sup> Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Новотроицк, Россия<sup>2</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия**Аннотация**

**Постановка задачи (актуальность работы):** в статье приведен обзор литературных данных о положительном влиянии добавок серпентинитомагнетитов Халиловского месторождения Оренбургской области на показатели производства агломерата и окатышей. Приведены результаты исследования по производству агломерата на основе железорудных материалов Курской магнитной аномалии с использованием серпентинитомагнетитов Халиловского месторождения, вводимых в агломерационную шихту с расходом до 12,13 кг/т в виде пульпы при увлажнении агломерационной шихты в процессе её окомкования. **Цель работы:** совершенствование процесса агломерации железорудных материалов для повышения эффективности окомкования и спекания агломерационной шихты, качества агломерата. **Используемые методы:** исследования проводились в лабораторных условиях на агломерационной чаше диаметром 210 мм с использованием шихтовых материалов, применяемых для производства агломерата в условиях АО «Уральская Сталь». Расход опытного материала, подаваемого с водой в виде пульпы при окомковании агломерационной шихты, изменяли от 0,5 до 1,5% от массы сухой шихты, что соответствовало удельному расходу от 3,94 до 12,13 кг/т агломерата. **Новизна:** к элементам новизны относится способ агломерации железорудных материалов, в котором добавки серпентинитомагнетитов подают с водой в виде пульпы при увлажнении агломерационной шихты в процессе её окомкования, что позволило улучшить показатели окомкования и спекания шихты. **Результат:** установлено, что с ростом расхода серпентинитомагнетита увеличились: прочность гранул окомкованной агломерационной шихты на 53,46%, вертикальная скорость спекания шихты на 35,89%, выход годного агломерата из спёка на 6,53%, удельная производительность агломерационной установки по годному агломерату на 25,59%, прочность на сбрасывание агломерата на 3,35%, прочность на удар агломерата на 22,32%. С ростом расхода серпентинитомагнетита содержание фракции 0–1 мм в шихте после окомкования уменьшилось на 48,71%, а сопротивление агломерата истиранию снизилось на 16,03%. **Практическая значимость:** подтверждены возможность и целесообразность введения в агломерационную шихту добавок серпентинитомагнетитов Халиловского месторождения с водой в виде пульпы при окомковании с расходом до 12,13 кг/т. Установлено, что рациональный расход опытной добавки в условиях АО «Уральская Сталь» находится в диапазоне от 7,98 до 12,13 кг/т и должен уточняться в производственных условиях.

**Ключевые слова:** агломерационная шихта, окомкование, спекание, агломерация, серпентинитомагнетит.

**Введение**

Одним из способов воздействия на процесс агломерации является ввод в аглошихту минеральных добавок, которые улучшают окомкование шихты и способствуют активизации процессов минералообразования при спекании

[1, 2]. Известны сведения о положительном влиянии добавок серпентинитомагнетитов Халиловского месторождения Оренбургской области на показатели производства окатышей в Лебединском ГОКе [3] и агломерата в АО «Уральская Сталь» [4], позволивших улучшить прочностные свойства окатышей и агломерата. Поэтому серпентинитомагнетиты Халиловского месторождения можно использовать в составе аглошихты в качестве упрочняющей магнети-

© Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н., Шевченко Е.А., 2017

альной добавки. Так как широкий диапазон крупности шихтовых материалов (0–10 мм) и недостаточное время смешивания шихты на морально устаревшем оборудовании аглофабрики АО «Уральская Сталь», введённой в строй 29.03.1963 г. [5], снижают эффективность использования небольших добавок серпентинитомagneзитов в процессе агломерации, то в таких условиях добавки рациональнее подавать с водой в виде пульпы при увлажнении аглошихты в процессе её окомкования [6]. В связи с этим в данной работе исследовалось влияние на показатели аглопроцесса добавок серпентинитомagneзитов Халиловского месторождения, вводимых в шихту с водой в виде пульпы при окомковании.

### Материалы и методы исследования

При проведении исследования за базовый период были приняты усреднённые условия и показатели работы аглоцеха АО «Уральская Сталь» в зимнее время (с ноября по апрель) за 5

лет. В состав аглошихты входили: аглоруда Бакальского рудоправления (БРУ) и концентрат «доменный» (смесь аглоруды и концентрата Михайловского горнообогатительного комбината (МГОК) в соотношении 1:3). Из состава шихты, с целью обеспечения стабильных условий проведения экспериментов, были исключены: отсев брикетов, окалина, металлоконцентрат (продукт магнитной сепарации металлургических шлаков), колошниковая пыль, шлам участка обезвоживания. Известь, в связи с непостоянством степени обжига, была заменена известняком Аккермановского месторождения. Возвратом (агломератом от предыдущих спеканий крупностью 0–5 мм) был заменён отсев агломерата и окатышей. Содержание возврата в аглошихте составляло 25% от массы сухой железорудной смеси (ЖРС), перешедшей в агломерат. При подготовке аглошихты производился отсев фракций аглоруды (+10 мм), известняка (+3 мм) и коксика (+3 мм). Характеристики аглошихты приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Физико-химические свойства материалов аглошихты

Наименование вида сырья	Влажность, %	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Содержание фракции, %				п.п.п., %
			5–10 мм	3–5 мм	1–3 мм	0–1 мм	
Аглоруда БРУ	1,5	1,75	17,7	17,4	37,4	27,5	34,53
Концентрат МГОКа (доменный)	3,0	2,05	4,35	3,2	3,92	88,53	0,5
Известняк	0,5	1,6	–	–	45,7	54,3	42,05
Возврат	0	1,75	–	47,7	45,60	6,7	0,5
Коксовая мелочь	10	0,5	–	–	53,9	46,1	–
Серпентинитомagneзит	1,61	2,05	–	–	–	100	16,2

Таблица 2

Химический состав материалов аглошихты

Наименование вида сырья	Химический состав сухих материалов, %												
	Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Аглоруда БРУ	29,8	31,4	7,68	11,0	4,22	1,9	10,00	0,93	0,17	0,057	0,12	0,12	0,42
Концентрат МГОКа (доменный)	62,2	19,6	67,2	10,6	0,78	0,29	0,48	0,02	0,067	0,033	0,034	0,11	0,11
Известняк	1,3	–	1,84	0,9	53,8	0,19	0,65	–	0,012	0,046	–	0,1	0,03
Возврат	51,82	11,69	61,04	9,19	14,70	0,86	2,0	0,14	0,046	0,042	0,039	0,12	0,12
Серпентинитомagneзит	5,02	–	7,17	27,2	1,68	1,00	33,3	0,12	0,03	0,16	–	–	–
Твёрдое топливо коксовая мелочь: зола коксика	Углерод – 84,0% Зола – 13, 0% Сера – 0,5%.												
	8,51	–	12,16	46,0	7,4	15,0	3,15	0,72	1,36	–	–	–	–

В качестве исходных данных для расчёта аглошихты использовали: содержание углерода в шихте 4,2%; содержание MgO в агломерате 2,0%; основность агломерата по отношению  $\text{CaO/SiO}_2 = 1,5$  ед. Количество серпентинитомагнезита (крупностью 0–0,063 мм), вводимого с пульпой в аглошихту при окомковании, составляло по опытам, %: 0; 0,5; 1,0; 1,5 (от массы сухой ЖРС без учёта сидерита БРУ и возврата).

Подготовка аглошихты к спеканию производилась в смесителе-окомкователе диаметром 0,6 м при  $n = 9$  об/мин. Время обработки шихты в барабане включало: смешивание шихты (2,5 мин); смешивание шихты с её увлажнением до 3–4% пневмораспылением воды (2,5 мин); окомкование шихты с её увлажнением до 6–8% пневмораспылением пульпы (2,5 мин); окомкование шихты без её увлажнения (2,5 мин). После каждой стадии подготовки шихты проводился отбор проб шихты для определения её влажности, насыпной плотности, гранулометрического состава и среднего эквивалентного (среднемассового) диаметра.

Для определения прочности гранул окомкованной аглошихты на сжатие отбирали пробу массой 1 кг, выделяли из неё рассевом фракцию 5–10 мм, из которой отбирали 60 гранул с формой, близкой к сферической. Далее определяли прочность гранул с помощью установки для определения прочности гранул окомкованной аглошихты одноосным сжатием между параллельными поверхностями неподвижной подложки и движущегося ей навстречу поршня. Гранулы помещали по одной на подложку установки (поверхность электронных весов) и создавали постоянно возрастающую нагрузку до их разрушения, после чего рассчитывали среднюю прочность гранул на сжатие (Н/гранула) в опыте.

Спекание проводили на аглошаше диаметром 210 мм (постелью служил возврат фракции 5–10 мм массой 2 кг) при среднем разрежении 6 кПа. После спекания определяли выход годного агломерата (+5 мм), который далее подвергался стабилизации трёхкратным сбрасыванием с определением прочности на сбрасывание (ГОСТ 25471-82). После сбрасывания годный агломерат крупностью 5–40 мм подвергался барабанному испытанию для определения прочности на удар и сопротивления истиранию (ГОСТ 15137-77). Кроме того, по окончании каждого спекания рассчитывались вертикальная скорость спекания и удельная производительность установки по годному агломерату, а также отбирались пробы для определения химического и минералогического состава агломерата.

## Результаты исследования и их обсуждение

Условия и усреднённые результаты экспериментов (каждый опыт повторялся не менее 3 раз) представлены в **табл. 3**.

Таблица 3

Условия и усреднённые результаты экспериментов

Параметры	Доля серпентинитомагнезита с пульпой (% от массы сухой ЖРС без учёта сидерита БРУ и возврата)			
	0%	0,5%	1,0%	1,5%
Расход серпентинитомагнезита, кг/т	0	3,94	7,98	12,13
$\text{CaO/SiO}_2$ (расч.), ед.	1,5			
MgO в агломерате (расч.), %	2,0			
$\text{Fe}_{\text{общ}}$ в агломерате (расч.), %	51,46	51,45	51,44	51,43
Содержание углерода в шихте, %	4,2			
Расход шихты, кг/т:				
аглоруда БРУ	134,23	120,64	106,69	92,38
концентрат МГОКа (доменный)	788,87	795,07	801,43	807,96
возврат известняк	252,53	252,53	252,53	252,53
коксик	246,89	248,24	249,64	251,06
Влажность аглошихты, %	7,20	6,83	6,55	6,45
Содержание фр. 0–1 мм в шихте после окомкования, %	14,76	11,22	9,44	7,57
Прочность на сжатие окомкованной аглошихты, Н/гран.	2,6	2,64	3,43	3,99
Высота слоя шихты, мм	329,2	330,66	328,00	330,00
Скорость спекания, мм/мин	13,54	14,10	16,10	18,40
Выход годного из спека, %	65,27	68,88	69,53	69,50
Производительность по годному агломерату, т/(м <sup>2</sup> ·ч)	0,852	0,9	0,99	1,07
Прочность на сбрасывание, %	83,59	85,32	85,71	86,39
Прочность на удар, %	62,95	69,77	71,69	77,00
Сопротивление истиранию, %	5,80	5,68	5,57	4,87
$\text{Fe}_{\text{общ}}$ в агломерате (факт.), %	52,08	52,00	52,40	52,53
FeO в агломерате (факт.), %	14,27	12,96	13,62	13,45
$\text{CaO/SiO}_2$ (факт.), ед.	1,51	1,55	1,56	1,51
MgO в агломерате (факт.), %	1,98	1,97	1,94	1,98

Полученные данные позволили сделать выводы о влиянии добавок серпентинитомагнезита на эффективность окомкования аглошихты, результаты её спекания, качество агломерата.

На **рис. 1** представлены зависимости гранулометрического состава окомкованной аглошихты от расхода серпентинитомагнезита, вводимого с пульпой при окомковании. С ростом расхода серпентинитомагнезита содержание в агло-

шихте мелкого класса 0–1 мм, который обычно используют для сравнительной оценки результатов окомкования [7], снижается, а содержание фракции 1–3 мм увеличивается (рис. 1, а). Содержания фракций 5–10 мм, +10 мм в аглошихте с повышением расхода добавки увеличиваются, стабилизируясь в интервале 7,98–12,13 кг/т, а содержание фракции 3–5 мм в исследуемом интервале монотонно снижается (рис. 1, б). В результате с увеличением расхода серпентинитомagneзита при уменьшении содержания в шихте мелкой фракции 0–1 мм и относительно небольшом количестве фракции +10 мм получается более благоприятный для спекания гранулометрический состав аглошихты.

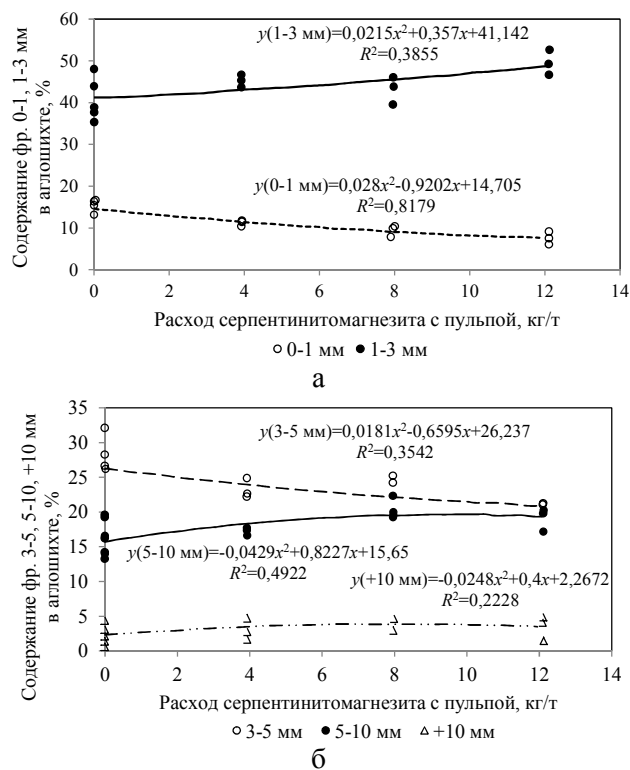


Рис. 1. Зависимости гранулометрического состава окомкованной аглошихты от расхода серпентинитомagneзита, вводимого с пульпой при окомковании: содержание фр. 0–1 мм, 1–3 мм (а), 3–5 мм, 5–10 мм, +10 мм (б)

С увеличением расхода серпентинитомagneзита увеличивается прочность гранул окомкованной аглошихты, что способствует сохранению их целостности при транспортировке и перегрузках, а также уменьшает потери напора просасываемого через шихту газа при спекании (рис. 2). Наибольший упрочняющий эффект проявляется при расходе серпентинитомagneзита 8–12 кг/т.

Изменение гранулометрического состава окомкованной аглошихты (в наибольшей степени в результате снижения содержания в аглошихте мелочи класса 0–1 мм [8]), увеличение прочности гранул окомкованной аглошихты улучшают исходную газопроницаемость спекаемого слоя [9], повышая вертикальную скорость спекания шихты (рис. 3). При этом добавки серпентинитомagneзита, находящиеся на поверхности гранул аглошихты, по-видимому, влияют на ускорение процессов минералообразования.

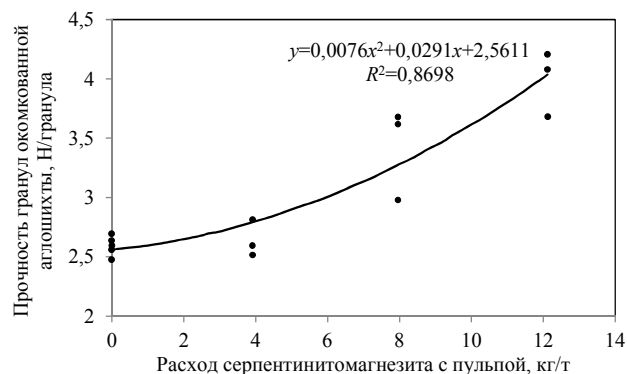


Рис. 2. Влияние расхода серпентинитомagneзита, вводимого с пульпой при окомковании, на прочность гранул окомкованной аглошихты

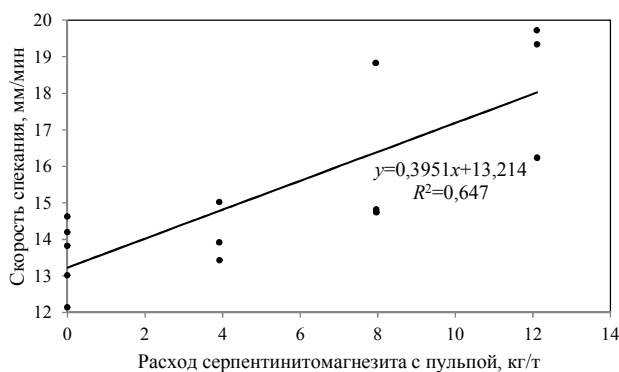


Рис. 3. Влияние расхода серпентинитомagneзита, вводимого с пульпой при окомковании, на вертикальную скорость спекания аглошихты

Согласно линии тренда с увеличением расхода серпентинитомagneзита до 9 кг/т повышается выход из спёка годного агломерата, чему способствует более однородный фракционный состав аглошихты и более устойчивые тепловые условия формирования аглоспёка (рис. 4, а). При повышении расхода серпентинитомagneзита растёт удельная производительность аглоустановки по годному агломерату вследствие увеличения вертикальной скорости спекания аглошихты [10] и выхода из спёка годного агломерата (рис. 4, б).

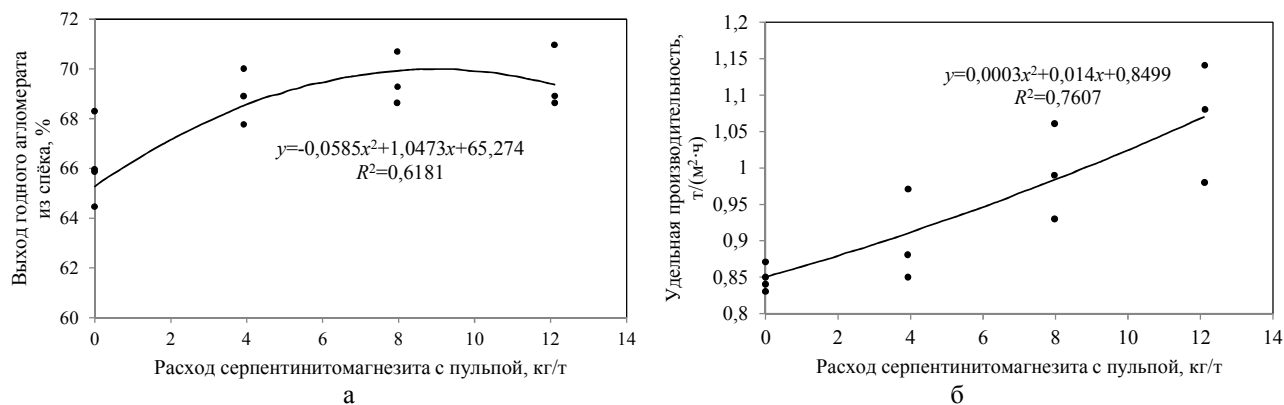


Рис. 4. Влияние расхода серпентинитомангнезита, вводимого с пульпой при окомковании, на выход годного из спёка (а) и удельную производительность аглоустановки по годному агломерату (б)

Оптимизация гранулометрического состава окомкованной аглошихты (снижение содержания мелочи класса 0–1 мм, повышение однородности фракционного состава) способствует стабилизации тепловых условий её спекания, обеспечивая более однородное протекание процессов, увеличивая прочность агломерата на сбрасывание (рис. 5, а). С ростом расхода серпентинитомангнезита (доля фракции 5–40 мм) повышается прочность агломерата на удар (рис. 5, б), а сопротивление агломерата истиранию (доля фракции 0–0,5 мм) снижается (рис. 5, в).

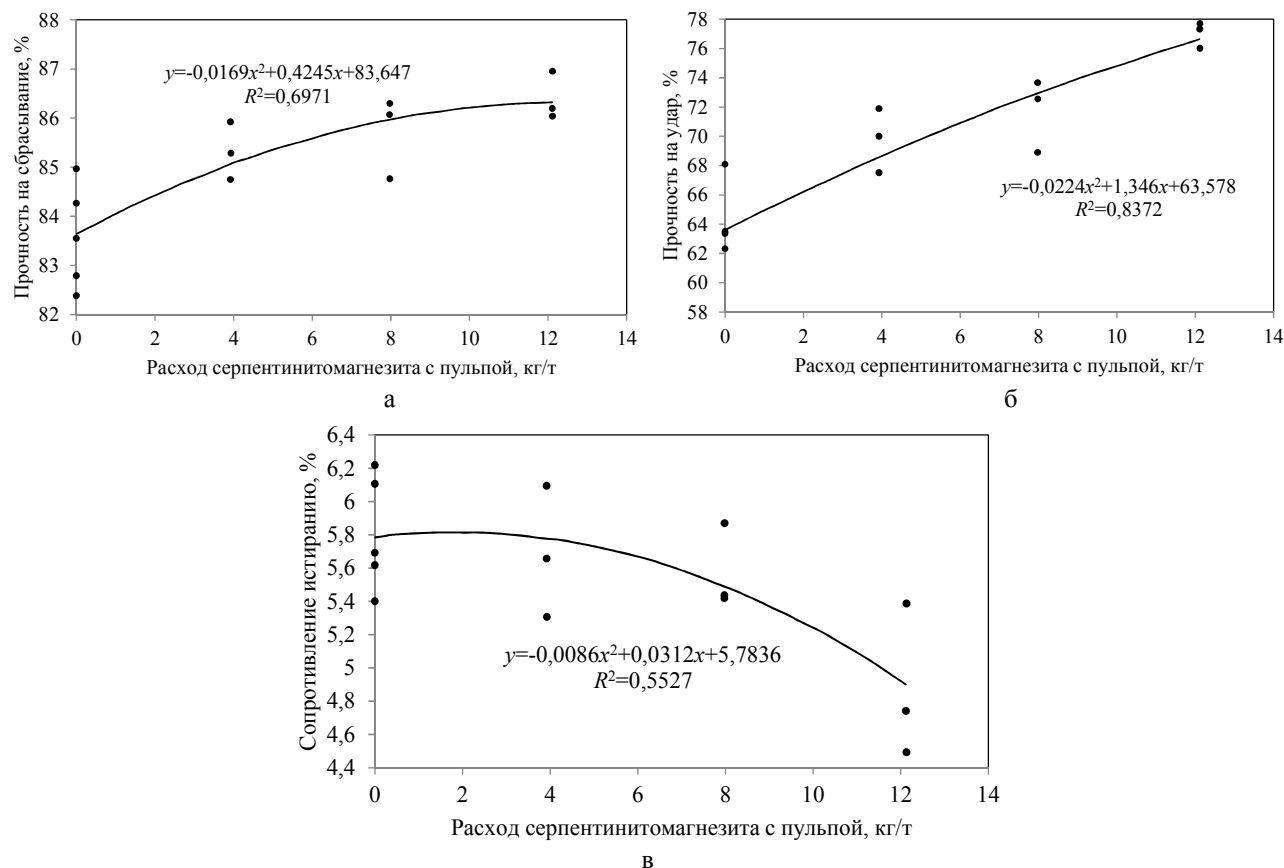


Рис. 5. Влияние расхода серпентинитомангнезита, вводимого с пульпой при окомковании, на прочность на сбрасывание агломерата (а), прочность на удар агломерата (б), сопротивление истиранию агломерата (в)



### Заклучение

Исследование влияния добавок серпентинитомagnesитов Халиловского месторождения на показатели аглопроцесса позволило сделать вывод, что введение их в аглошихту с пульпой при окомковании улучшает показатели окомкования и спекания шихты. Предлагаемая технология позволила снизить содержание фракции 0–1 мм в аглошихте на 48,71%; позволила увеличить: прочность гранул окомкованной аглошихты (Н/гранула) на 53,46%, вертикальную скорость спекания шихты (мм/мин) на 35,89%, выход годного агломерата из спёка на 6,53%, удельную производительность аглоустановки (т/(м<sup>2</sup>·ч)) на 25,59%, прочность агломерата на сбрасывание на 3,35%, прочность агломерата на удар на 22,32%; позволила уменьшить сопротивление агломерата истиранию на 16,03%. С учётом достигаемого эффекта рациональный расход опытной добавки в условиях АО «Уральская Сталь» находится в диапазоне от 7,98 до 12,13 кг/т и должен уточняться в производственных условиях. Измельчение добавок серпентинитомagnesитов до размеров 0–0,063 мм активизирует их, а ввод добавок с пульпой в аглошихту при её окомковании благоприятствует их нанесению на поверхность гранул при окомковании, что влияет на процессы минералообразования при спекании агломерата.

### Список литературы

1. Возможности совершенствования технологии производства агломерата в ОАО «Уральская Сталь» / Д.Р. Ганин, В.Г. Дружков, А.А. Паньчев, А.Н. Шаповалов // *Металлургия, технологии, инновации, качество: труды XIX международной научно-практической конференции* / под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. Ч. 1. С. 98–102.
2. Пути использования местных минеральных ресурсов в агломерационном производстве АО «Уральская Сталь» / Д.Р. Ганин, В.Г. Дружков, А.А. Паньчев, А.Н. Шаповалов // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2016. Т. 14. № 1. С. 34–40. doi: 10.18503/1995-2732-2016-14-1-34-40.
3. Бойко С.В. Применение халиловского серпентинитомagnesита в металлургии. URL: [http://orma.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?action=article&id\\_razdel=85978&id\\_article=217598](http://orma.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?action=article&id_razdel=85978&id_article=217598)
4. Применение серпентинитомagnesитов Халиловского месторождения в агломерационном производстве / А.Н. Шаповалов, А.В. Заводяный, Е.В. Братковский // *Изв. вузов. Черная металлургия*. 2011. № 3. С. 25 – 29.
5. Шпарбер Л.Я. Металлургия железа и чугуна. В 2 кн. Кн. 1. История. Состояние. Тула: АССОД, 1996. 416 с.
6. Заявка на изобретение 2016122289 Российская Федерация, МПК C22B 1/16. Способ агломерации железорудных материалов / Д.Р. Ганин, В.Г. Дружков, А.А. Паньчев, А.Н. Шаповалов; заявители и патентообладатели О.Н. Скубаков и С.В. Кольчугин. Заявлено 03.06.2016.
7. Пузанов В.П., Кобелев В.А. Основы формирования функциональных свойств железорудных агломератов. Екатеринбург, 2015. 352 с.
8. Коршиков Г.В. Энциклопедический словарь – справочник по металлургии. Липецк: Липецкое издательство Госкомпечати РФ, 1998. 780 с.
9. Коротич В.И.Ю. Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург, 2003. 400 с.
10. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. М.: Металлургия, 1967. 368 с.

Материал поступил в редакцию 30.11.16.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DOI:10.18503/1995-2732-2017-15-1-20-26

## STUDYING THE EFFECT OF THE ADDITION OF SERPENTINITE-MAGNESITE FROM THE KHALILOVO FIELD ON THE PERFORMANCE OF URAL STEEL'S SINTERING PLANT

**Dmitriy R. Ganin** – Engineer

Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology MISiS, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)67-96-07. E-mail: [dmrgan@mail.ru](mailto:dmrgan@mail.ru)

**Vitaly G. Druzhkov** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Phone: +7(3519)298430. E-mail: [shirshov1989@mail.ru](mailto:shirshov1989@mail.ru)

**Anatoliy A. Panychev** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology MISiS, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)67-96-07. E-mail: [a.pan1939@mail.ru](mailto:a.pan1939@mail.ru)

**Aleksey N. Shapovalov** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology MISiS, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)67-96-07. E-mail: [alshapo@yandex.ru](mailto:alshapo@yandex.ru). ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0888-814X>

Evgeny A. Shevchenko – Ph.D. (Eng.), Senior Lecturer

Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology MISiS, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)67-96-07. E-mail: ShevchenkoE.A@yandex.ru

### Abstract

**Problem Statement (Relevance):** The article gives an overview of published data attesting to the positive effect produced by serpentinite-magnesite from the Khalilovo field in the Orenburg Region on the performance indicators in sinter and pellets production. The article presents the results of research on sinter production. The authors looked at the sinter produced from iron ore coming from the Kursk Magnetic Anomaly and the serpentinite-magnesite from the Khalilovo field. The above were introduced into the sinter mix in the form of slurry at the rate of up to 12.13 kg/t during the pelletizing stage. **Objectives:** The objective is to improve the iron ore agglomeration process for better pelletizing and sintering and a greater sinter quality. **Methods Applied:** The research was conducted in a laboratory with the help of a 210 mm sinter pot. The raw materials used for the sinter production at Ural Steel JSC were taken for the lab experiments. The flow of the material, which was introduced as slurry during the pelletizing stage, varied from 0.5 to 1.5 % of dry mix by weight, which corresponds to the specific consumption of sinter of 3.94 to 12.13 kg/t. **Originality:** The research offers an original iron ore sintering process which involves the addition of serpentinite-magnesite mixed with water as slurry during the pelletizing stage resulting in better pelletizing and sintering. **Findings:** It was found that the increased consumption of serpentinite-magnesite resulted in the following gains: the pellet hardness increased by 53.46%, the vertical sintering velocity speed increased by 35.89%, the sinter yield increased by 6.53%, the specific productivity of the sinter plant by yield increased by 25.59%, the drop strength increased by 3.35 %, the impact strength increased by 22.32%. The higher flow of serpentinite-magnesite led to a 48.71% decrease of 0-1 mm material in the charge after pelletization and a 16.03% decrease of abrasion resistance. **Practical Relevance:** The research proved the feasibility of using serpentinite-magnesite from the Khalilovo field as a sintering additive when introduced during pelletization mixed with water as slurry at the flow rate of up to 12.13 kg/t. The optimum consumption rate of the experimental additive for the Ural Steel site was found to be between 7.98 and 12.13 kg/t and need to be verified under actual production conditions.

**Keywords:** Sinter charge, pelletizing, agglomeration, sintering, serpentinite-magnesite.

### References

1. Ganin D.R., Druzhkov V.G., Panychev A.A., Shapovalov A.N. Sinter production improvement opportunities of Ural Steel JSC. *Metallurgiya, tehnologii, innovatsii, kachestvo: trudy XIX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Metallurgy, technology, innovation, quality: Proceedings of the 19th International Scientific Conference]. Ed. by E.V. Protopopov. Novokuznetsk: Publishing Centre of Siberian State Industrial University, 2015, Part 1, pp. 98-102. (In Russ.)
2. Ganin D.R., Druzhkov V.G., Panychev A.A., Shapovalov A.N. The use of local mineral resources by the sintering plant of Ural Steel JSC. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 34-40. (In Russ.). doi: 10.18503/1995-2732-2016-14-1-34-40.
3. Boiko S.V. The application of serpentinite-magnesite from the Khalilovo field in steel industry. URL: [http://orma.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?action=article&id\\_razdel=85978&id\\_article=217598](http://orma.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?action=article&id_razdel=85978&id_article=217598)
4. Shapovalov A.N., Zavodyany A.V., Bratkovsky E.V. Serpentine-magnesite from the Khalilovo field used in sinter production. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Chernaya metallurgiya* [Bulletin of Russian universities. Ferrous metallurgy]. 2011, no. 3, pp. 25-29. (In Russ.)
5. Shparber L.Ya. *Metallurgiya zheleza i chuguna. Spravochnoe izdanie. V 2-h knigah. Kniga 1-ya. Istoriya. Sostoyaniye*. [Metallurgy of iron and cast iron. In 2 books. Book 1. History. Status.]. Tula: ASSOD, 1996, 416 p. (In Russ.)
6. Ganin D.R., Druzhkov V.G., Panychev A.A., Shapovalov A.N. Iron ore sintering process. Application 2016122289 Russian Federation, IPC C22B 1/16, 2016.
7. Puzanov V.P., Kobelev V.A. *Osnovny formirovaniya funktsionalnykh svoystv zhelezorudnykh aglomeratov* [Basic techniques for obtaining functional properties in iron ore sinter]. Yekaterinburg: 2015, 352 p. (In Russ.)
8. Korshikov G.V. *Entsiklopedicheskiy slovar-spravochnik po metallurgii* [Encyclopaedia – Handbook in Metallurgy]. Lipetsk, 1998, 780 p. (In Russ.)
9. Korotich V.I., Frolov Yu.A., Bezdezhskiy G.N. *Agglomeratsiya rudnykh materialov* [Agglomeration of ore materials]. Yekaterinburg, 2003, 400 p. (In Russ.)
10. Bazilevich S.V., Wegman E.F. *Agglomeratsiya* [Agglomeration]. Moscow: Metallurgiya, 1967, 368 p. (In Russ.)

Received 30/11/16

### Образец для цитирования

Исследование влияния добавок серпентинитомгнезитов Халиловского месторождения на показатели агломерационного процесса в АО «Уральская сталь» / Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н., Шевченко Е.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. №1. С. 20–26. doi:10.18503/1995-2732-2017-15-1-20-26

### For citation

Ganin D.R., Druzhkov V.G., Panychev A.A., Shapovalov A.N., Shevchenko E.A. Studying the effect of the addition of serpentinite-magnesite from the khalilovo field on the performance of Ural steel's sintering plant. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2017, vol. 15, no. 1, pp. 20–26. doi:10.18503/1995-2732-2017-15-1-20-26