МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 669.162.12

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-34-40

ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В АГЛОМЕРАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Ганин Д.Р.¹, Дружков В.Г.², Панычев А.А.³, Шаповалов А.Н.¹¹ Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Новотроицк, Россия² Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия³ АО «Уральская Сталь», Новотроицк, Россия

Аннотация. Приведены основные технико-экономические, технологические и качественные показатели производства агломерата в АО «Уральская Сталь». Выполнена оценка показателей агломерационного производства и качества агломерата по данным технических отчетов о работе аглоцеха. Установлены основные технические и технологические факторы, ограничивающие показатели агломерационного производства в условиях АО «Уральская Сталь». Проведен критический анализ известных способов повышения эффективности аглопроцесса с учетом специфики действующего агломерационного производства. В качестве приоритетного способа улучшения показателей работы аглоцеха АО «Уральская Сталь» предложено использование в аглошихте минеральных добавок, улучшающих окомкование и способствующих активизации процессов минералообразования при спекании. Этот вариант совершенствования технологии аглопроцесса обеспечивает комплексное воздействие на подготовку аглошихты, ход самого аглопроцесса и не требует значительных изменений технологии и оборудования. В качестве минеральных добавок в условиях АО «Уральская Сталь» целесообразно использовать местные ресурсы: бурожелезняковые руды Орско-Халиловской группы месторождений, серпентинитомagneзиты Халиловского месторождения, бентонитовые глины Новокиевского и Воскресенского месторождений. Приведены данные о химическом и минералогическом составах указанных материалов, на основе которых сделаны выводы о их поведении при агломерации. Лабораторными экспериментами подтверждено положительное влияние указанных добавок на ход и результаты спекания. Кроме того, их вовлечение в производство снизит транспортные расходы, решит экологические проблемы с открытыми месторождениями в регионе, обеспечит комплексное применение минеральных ресурсов в Оренбургской области. Для повышения эффективности использования минеральных добавок необходимо подавать их с водой при увлажнении аглошихты в виде пульпы, что обеспечит их активное участие в окомковании и спекании аглошихты.

Ключевые слова: агломерационная шихта, окомкование, агломерация, бурожелезняковая руда, бентонитовая глина, серпентинитомagneзит.

Введение

В ОАО «Уральская Сталь» производство агломерата осуществляется на 4 агломерационных машинах (с площадью спекания каждой 84 м²) из железорудных материалов Бакальского рудоуправления (БРУ), Михайловского и Лебединского ГОКов (МГОК и ЛГОК соответственно). Подготовка агломерационной шихты к спеканию, включающая ее смешивание и окомкование (с увлажнением до 6,5–8,0%), проводится по традиционной схеме в агрегатах барабанного типа – СБ-2,8×6. Это предопределяет необходимость включения в состав аглошихты зернистых руд с целью улучшения газопроницаемости спекаемой шихты, что ведет к

снижению содержания железа в агломерате и ограничивает применение концентратов глубокого обогащения. Поэтому в условиях работы агломерационного цеха АО «Уральская Сталь» основной задачей является увеличение производительности агломашин с повышением (сохранением) качества агломерата при высокой доле тонкозернистых концентратов в аглошихте. Кроме того, актуальным является вовлечение в процесс производства агломерата местного минерального сырья, увеличение использования которого позволило бы снизить расходы АО «Уральская Сталь» на сырье, транспортные перевозки, охрану окружающей среды. В связи с этим существует необходимость поиска возможных направлений совершенствования технологии производства агломерата на предприятии.

© Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н., 2016

Основная часть

Для определения возможностей по совершенствованию агломерационного процесса в АО «Уральская Сталь» была проведена оценка показателей производства агломерата по дан-

ным технических отчетов о работе аглоцеха за пятилетний период. Некоторые технико-экономические, технологические, качественные показатели работы аглоцеха предприятия приведены в табл. 1–3. Гранулометрический состав компонентов аглошихты приведен в табл. 4.

Таблица 1

Усредненные среднемесячные технико-экономические и технологические показатели работы аглоцеха за пятилетний период

Показатели	Зимний период с ноября по апрель*	Летний период с мая по октябрь*	Среднее за период
Удельная производительность, т/(м ² ·ч)	<u>0,930–1,13</u> 1,08	<u>1,041–1,18</u> 1,138	<u>0,93–1,18</u> 1,11
Содержание тонкозернистых концентратов в шихте, %	<u>56,1–70,4</u> 62,52	<u>58,03–72,78</u> 64,59	<u>56,1–72,78</u> 63,55
Высота слоя шихты, мм	<u>248,0–305,0</u> 265,9	<u>248,0–305,0</u> 285,8	<u>248,0–305,0</u> 275,85
Содержание возврата в шихте, %	<u>22,9–27,1</u> 25,16	<u>22,5–27,5</u> 24,99	<u>22,5–27,5</u> 25,08
Температура шихты, °С	<u>40,0–55,0</u> 47,77	<u>48,0–61,0</u> 54,37	<u>40,0–61,0</u> 51,07
Содержание в шихте горючего углерода, %	<u>3,65–5,09</u> 4,13	<u>3,2–4,68</u> 3,92	<u>3,2–5,09</u> 4,02
Влажность шихты, %	<u>6,82–7,97</u> 7,20	<u>5,05–8,71</u> 7,15	<u>5,05–8,71</u> 7,18
Скорость движения аглоленты, м/мин	<u>1,87–2,70</u> 2,26	<u>1,83–2,72</u> 2,24	<u>1,83–2,72</u> 2,25
Вертикальная скорость спекания, мм/мин	<u>17,34–23,1</u> 19,89	<u>18,6–24,0</u> 21,22	<u>17,34–24,0</u> 20,55
Разрежение в коллекторе, мм в. ст.	<u>551,0–650,0</u> 594,93	<u>483,0–684,0</u> 567,33	<u>483,0–684,0</u> 581,13

* В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.

Таблица 2

Усредненные среднемесячные данные аглоцеха по составу агломерационной шихты за пятилетний период

Наименование вида сырья	Расход, кг/т агломерата		
	Зимний период с ноября по апрель*	Летний период с мая по октябрь *	Среднее за период
Аглоруда БРУ	<u>90,87–140,0</u> 110,36	<u>22,0–153,46</u> 106,71	<u>22,0–153,46</u> 108,54
Аглоруда МГОК	<u>2,22–166,0</u> 14,66	<u>124,5–275,0</u> 170,08	<u>2,22–275,0</u> 92,37
Концентрат «доменный» МГОК**	<u>17,0–708,7</u> 593,35	<u>0,26–29,22</u> 1,05	<u>0,26–708,7</u> 297,198
Концентрат МГОК	<u>0,28–231,69</u> 9,6	<u>320,0–642,23</u> 422,42	<u>0,28–642,23</u> 216,02
Концентрат ЛГОК	<u>17,72–592,0</u> 44,51	<u>21,04–589,0</u> 128,49	<u>17,72–592,0</u> 86,5
Отходы металлургического производства	<u>92,0–271,99</u> 154,11	<u>78,05–249,26</u> 138,93	<u>78,05–271,99</u> 146,52
Металлодобавки	<u>11,34–44,0</u> 27,71	<u>7,65–42,0</u> 28,95	<u>7,65–44,0</u> 26,95
Известняк	<u>139,5–233,7</u> 184,37	<u>115,2–239,6</u> 170,93	<u>115,2–239,6</u> 177,65
Известь	<u>17,93–42,4</u> 30,69	<u>19,0–35,2</u> 29,18	<u>17,93–42,4</u> 29,93
Доломит	<u>68,0–92,4</u> 11,3	<u>0,3–61,5</u> 7,63	<u>0,3–92,4</u> 9,47
Твердое топливо	<u>41,17–65,1</u> 46,93	<u>33,61–49,7</u> 42,24	<u>33,61–65,1</u> 44,58

* В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.

** Смесь концентрата магнитной сепарации и аглоруды в соотношении 75:25%.

Таблица 3

Усредненные среднемесячные показатели качества агломерата за пятилетний период

Показатели качества агломерата	Зимний период с ноября по апрель *	Летний период с мая по октябрь *	Среднее за период
Химический состав, %: Fe	<u>48,60–54,40</u> 52,39	<u>50,30–55,40</u> 52,94	<u>48,60–55,40</u> 52,66
FeO	<u>10,60–12,10</u> 11,47	<u>10,20–12,10</u> 11,32	<u>10,20–12,10</u> 11,39
SiO ₂	<u>6,90–9,20</u> 8,48	<u>7,30–8,90</u> 8,32	<u>6,9–9,2</u> 8,40
CaO	<u>12,0–19,50</u> 14,25	<u>10,80–16,10</u> 13,31	<u>10,80–19,50</u> 13,78
Al ₂ O ₃	<u>0,69–1,05</u> 0,857	<u>0,67–1,09</u> 0,875	<u>0,67–1,09</u> 0,866
MgO	<u>1,57–2,80</u> 2,027	<u>1,68–2,40</u> 1,996	<u>1,57–2,80</u> 2,012
S	<u>0,02–0,06</u> 0,042	<u>0,02–0,055</u> 0,039	<u>0,02–0,06</u> 0,04
P ₂ O ₅	<u>0,037–0,051</u> 0,042	<u>0,03–0,05</u> 0,042	<u>0,03–0,051</u> 0,042
Основность CaO/SiO ₂ , ед.	<u>1,40–2,33</u> 1,67	<u>1,33–1,86</u> 1,61	<u>1,33–2,33</u> 1,64
Укладка по железу (± 1,0%), %**	<u>78,24–99,16</u> 90,85	<u>67,30–99,46</u> 92,08	<u>67,30–99,46</u> 91,465
Укладка по основности (± 0,1 ед.), %**	<u>64,77–97,78</u> 84,875	<u>55,30–96,51</u> 87,398	<u>55,30–97,78</u> 86,14
Зерновой состав (мм), %: +40	<u>2,20–11,10</u> 4,36	<u>1,60–9,0</u> 4,06	<u>1,60–11,10</u> 4,21
40–25	<u>8,50–21,20</u> 12,62	<u>10,20–21,10</u> 14,13	<u>8,50–21,20</u> 13,37
25–10	<u>28,70–40,70</u> 34,67	<u>28,70–41,40</u> 34,47	<u>28,70–41,40</u> 34,57
10–5	<u>24,40–42,30</u> 32,57	<u>22,70–35,70</u> 31,63	<u>22,70–42,30</u> 32,10
5–0	<u>14,60–17,10</u> 16,013	<u>13,70–17,20</u> 15,74	<u>13,70–17,20</u> 15,875
Показатели прочности, %: удар	<u>65,00–72,30</u> 68,02	<u>66,70–72,80</u> 68,53	<u>65,0–72,80</u> 68,28
истираемость	<u>4,90–5,60</u> 5,19	<u>5,10–5,70</u> 5,23	<u>4,90–5,70</u> 5,21

* В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.

** До июня 2011 года применялись требования к укладке по железу и основности в ± 0,5% и ± 0,05 ед. соответственно.

Таблица 4

Гранулометрический состав компонентов агломерационной шихты *[1]

Компоненты аглошихты	Содержание фракции, % **					
	+10 мм	10–5 мм	5–3 мм	3–1 мм	1–0,5 мм	0,5–0 мм
Аглолюда БРУ	<u>6,65–11,59</u> 8,81	<u>13,55–16,8</u> 14,74	<u>11,6–14,3</u> 12,88	<u>22,2–24,8</u> 23,44	<u>14,1–20,3</u> 18,08	<u>19,3–24,6</u> 22,05
Аглолюда МГОК	<u>12,8–19,7</u> 16,76	<u>10,8–15,7</u> 13,20	<u>6,4–10,2</u> 8,61	<u>9,5–12,8</u> 11,53	<u>8,9–11,4</u> 10,27	<u>37,9–42,4</u> 39,64
Концентрат МГОК	0	0	0	0	0	100
Известняк аккермановский	0	<u>0–4,8</u> 1,20	<u>8,2–16,4</u> 10,73	<u>30,2–34,9</u> 31,80	<u>16,2–23,7</u> 19,96	<u>32,4–38,7</u> 36,31
Известь	<u>23,9–33,6</u> 27,95	<u>39,1–51,7</u> 43,44	<u>9,4–20,4</u> 15,51	<u>3,4–6,7</u> 5,50	<u>2,9–4,0</u> 3,54	<u>2,1–5,0</u> 4,06
Коксовая мелочь	0	<u>2,2–8,6</u> 5,17	<u>7,9–15,4</u> 12,10	<u>28,3–31,6</u> 29,51	<u>19,1–25,8</u> 22,74	<u>26,1–33,1</u> 30,45
Возврат	<u>3,08–6,50</u> 4,69	<u>26,88–38,56</u> 34,20	<u>8,9–23,84</u> 18,87	<u>19,79–26,9</u> 32,77	<u>14,24–24,0</u> 19,46	

* По результатам рассева просушенных материалов (в период исследования концентрат Лебединского ГОКа не использовался).

** В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.

Как следует из представленных данных, показатели работы аглоцеха не удовлетворяют современным требованиям доменного производства. Ограниченная мощность эксгаустера при низкой герметичности вакуумной системы не позволяет работать с высоким вакуумом. Это, наряду с неудовлетворительным качеством подготовки аглошихты [1], ограничивает высоту спекаемого слоя, скорость спекания и производительность. В зимних условиях (когда температура шихты из-за нехватки тепла от ввода возврата и гашения извести снижается ниже точки росы) помимо снижения высоты спекаемого слоя вынуждены ограничивать количество тонкозернистых концентратов в спекаемой шихте, что приводит к снижению в агломерате доли железа. Увеличение доли концентратов в шихте также сдерживается использованием бедных бакальских сидеритов для обеспечения требуемого содержания MgO в агломерате. Качество агломерата, оцениваемое по барабанной прочности и выходу годного, недостаточно высоко, несмотря на относительно высокое содержание углерода в аглошихте и стабильное содержание FeO, что в большой мере связано с неудовлетворительным гранулометрическим составом компонентов аглошихты:

1) большое количество мелочи в коксике (> 30% фракции 0–0,5 мм) и высокое содержание фракции +3 мм (> 10%) свидетельствуют о плохом исходном составе топлива, его неэффективном дроблении (переизмельчении), что отрицательно сказывается на структуре и прочности агломерата;

2) высокое содержание фракции + 3 мм в извести (> 85%) снижает равномерность ее распределения в аглошихте при смешивании, а пониженная степень обжига (40–60%) приводит к неполному усвоению извести при спекании, снижая прочность агломерата;

3) аглоруды БРУ и МГОК содержат большое количество крупных фракций (до 10–20% фракции +10 мм), плохо усваиваемых при спекании.

Согласно работам [2–4] повысить эффективность агломерации железорудных материалов можно за счет:

1) хорошего усреднения и смешивания шихтовых материалов, обеспечивающего стабильность состава и физических свойств агломерата;

2) увеличения газопроницаемости шихты при её лучшем окомковании, что достигается: поддержанием оптимальной влажности; совершенствованием конструкций и режимов работы окомковательных устройств; введением в шихту вяжущих, прежде всего флюсующих добавок и поверхностно-активных веществ; организацией раздельного окомкования тонкоизмельченных

компонентов и др.;

3) подогрева шихты выше температуры точки росы (горячим возвратом; использованием тепла от гашения извести; пламенем газовых горелок, паром, токами высокой частоты и др.);

4) рационального использования топлива, обеспечивающего равномерность теплового уровня при минимальном расходе топлива (оптимизация гранулометрического состава, накат коксовой мелочи на окомкованную шихту, загрузка шихты в два слоя с пониженным содержанием топлива в нижнем слое и др.);

5) спекания при более глубоком вакууме, избыточном давлении (с наддувом), пульсирующем режиме движения воздуха;

6) создания условий для образования в зоне спекания жидких фаз с желаемыми свойствами (осуществляется вводом добавок, способствующих активизации минералообразования в твердой фазе, образующих легкоплавкие соединения или обеспечивающих устранение из агломерата стекловидных составляющих).

Очевидным вариантом совершенствования технологии агломерации в условиях аглоцеха АО «Уральская Сталь» является повышение вакуума в коллекторе заменой эксгаустеров на более мощные при одновременном повышении герметичности вакуумной системы (герметичности коллектора и модернизации уплотнительных устройств). Это позволит увеличить высоту спекаемого слоя [5] со всеми вытекающими положительными результатами: рост прочности агломерата, снижение расхода топлива в шихту, а также повышение эффективности мероприятий по улучшению газопроницаемости шихты.

Однако этот вариант, как и большинство указанных выше способов повышения эффективности аглопроцесса, связан со значительными затратами на модернизацию производства. В условиях ограниченности материальных ресурсов следует первоочередное внимание уделять способам, оказывающим комплексное воздействие на подготовку аглошихты и ход самого аглопроцесса, не требующим значительных изменений технологии и оборудования. Из перечисленных выше вариантов указанным условиям в большей степени удовлетворяет использование в аглошихте минеральных добавок, улучшающих окомкование и способствующих активизации процессов минералообразования при спекании, в качестве которых применяют: известь, оливины, отходы доменного производства, железные и марганцевые глинистые руды, железный купорос и др. [4].

При выборе добавки следует обращать внимание на местные ресурсы (Орско-Халиловскую

группу месторождений, Воскресенское месторождение), среди которых необходимо выделить следующие: бурожелезняковые руды Орско-Халиловской группы месторождений (отвальная мелочь Новокиевского месторождения, руды Новопетропавловского и Аккермановского месторождений); серпентинитомagneзиты – побочный продукт производства доломита; бентонитовые глины. Их химический состав приведен в табл. 5.

Вовлечение их в производство улучшит результаты аглопроцесса и снизит транспортные расходы, решит экологические проблемы с открытыми месторождениями в регионе, обеспечит комплексное использование минеральных ресурсов в Оренбургской области.

Ввод бурожелезняковых руд с глинистой пустой породой в состав аглошихты улучшит результаты окомкования. Можно ожидать и активизацию жидкофазного спекания, поскольку входящие в состав руд минералы благодаря наличию оксидов железа и кремния образуют соединения типа фаялита, за счет вязкости которого обеспечивается повышение прочностных свойств агломерата. Эффективность их использования подтвердили результаты лабораторных экспериментов [10], где смешанную шихту при окомковании увлажняли до 7,5–10% пульпой, содержащей от 1,5 до 2,5% пылевидные отходы переработки бурожелезняковых руд Новокиевского месторождения, представляющие собой железистые хлориты, преимущественно амезит, шамозит и пеннин, с фракцией 0,074 мм до 75 мас. %. Способ позволил повысить прочность агломерата на удар на 7–9%, что можно объяснить активизацией кристаллохимических и пиромеханических превращений. Повышенное со-

держание Cr, концентрация которого в перепельном хромоникелевом чугуна согласно ГОСТ 805-95 ограничена 0,04%, является ограничением использования бурожелезняковых руд в аглопроизводстве. В связи с этим расход руды в аглошихте должен быть не более 13 кг/т при самых неблагоприятных условиях (доменная плавка на 100% агломерата при полном переходе хрома в чугун).

При окомковании руд и концентратов Курской магнитной аномалии в качестве добавок могут использоваться бентонитовые глины Воскресенского [8] и Новокиевского месторождений, обладающие повышенной сорбционной емкостью и большой удельной поверхностью, что позволит увеличить прочность гранул окомкованной шихты и скорость спекания. При этом можно ожидать увеличения прочности агломерата за счет более равномерного теплового состояния спекаемого слоя.

В составе аглошихты в качестве упрочняющей магнезиальной добавки можно использовать серпентинитомagneзиты Халиловского месторождения, содержащие до 40% MgO. Лабораторные исследования [9] показали, что при постоянстве состава железорудной смеси, условий спекания, их минералогический состав способствует активации твердофазных реакций, положительно сказываясь на результатах аглопроцесса (увеличиваются прочность и выход годного агломерата в сравнении с использованием сидеритов БРУ и сырого доломита в качестве магнезиальных добавок). Ограничением по их использованию является содержание хрома, поэтому расход серпентинитомagneзита не должен превышать 50 кг/т агломерата.

Таблица 5

Химический состав новокиевской отвальной мелочи, новопетропавловских и аккермановских руд, серпентинитомagneзитов Халиловского месторождения, бентонитовых глин Воскресенского месторождения [6–9]

Химический состав, %	Новокиевские отвалы	Новопетропавловская руда	Аkkerмановская руда	Серпентинитомagneзиты Халиловского месторождения	Бентонитовые глины Воскресенского месторождения
Fe	34,8	37,0	32,0	4,09–5,60	10,85
Ni	0,57	0,47	0,4	0,13–0,21	–
Cr	1,2	1,7	1,24	0,17–0,31	–
SiO ₂	19,3	16,8	25,3	36,91–39,16	44,1
Al ₂ O ₃	8,1	11,5	12,8	0,8–3,63	15,34
CaO	2,1	0,52	0,95	0,06–1,21	1,24
MgO	2,5	1,6	1,3	34,7–39,72	–
S	0,045	0,05	0,09	<0,04	0,036
P	0,18	0,24	0,12	<0,04	0,028
n.n.n.	14,1	16,04	11,7	12,82–15,87	11–14

При существующей технологии подготовки аглошихты одной из проблем увеличения количества ее компонентов является ухудшение однородности шихты, снижающее эффект от ввода добавок. Поэтому добавки-активаторы следует подавать с водой при увлажнении аглошихты в виде пульпы. Пневматические форсунки обеспечивают возможность распыления пульпы с содержанием сухого вещества до 26,3% [11], а по данным других исследователей – до 70% [12], хотя предельная величина у авторов вызывает сомнение. При расходе воды на окомкование 30–40 л/т возможно введение добавок до 40–50 кг/т равномерно на поверхность гранул, что обеспечит их активное участие в окомковании и спекании аглошихты. Подача активных добавок на поверхность формирующихся гранул при окомковании позволит улучшить качество подготовки шихты, что даст возможность увеличить высоту слоя аглошихты, долю тонкозернистых концентратов в аглошихте, производительность агломашины, прочность и выход годного агломерата.

Заключение

На основе оценки показателей производства агломерата и качества компонентов агломерационной шихты предполагается дальнейшее исследование возможностей совершенствования технологии производства агломерата в АО «Уральская Сталь»: использование добавок бурожелезняковых руд (различного состава), бентонитовых глин и серпентинитомagneзитов при их подаче в виде пульпы на агломерационную шихту в процессе ее окомкования.

Список литературы

1. Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В., Майстренко Н.А. Повышение качества подготовки агломерационной шихты к спеканию в условиях ОАО «Уральская Сталь» // *Металлург.* 2015. № 3. С. 30–36.
2. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. *Металлургия чугуна.* К.: Выща школа, 1988. 351 с.
3. Основы научных исследований в черной металлургии / В.И. Балтизмманский [и др.]; под общ. ред. Ю. Н. Яковлева. Киев; Донецк: Вища школа, 1985. 205 с.
4. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2003. 400 с.
5. Повышение эффективности работы аглофабрики ОАО «ЧМК» / А.Г. Птичников, В.Х. Баринов, Е.А. Казанцев, В.В. Демин, Ю.А. Фролов // *Сталь.* 2011. № 7. С. 6–14.
6. Паньчев А.А. Исследования обогащения природно-легированного сырья для производства нефтегазовых труб в северном исполнении. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2001. 112 с.
7. Особенности выплавки природнолегированных чугунов / Е.В. Братковский, А.Н. Шаповалов, В.В. Бабанак и др. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 198 с.
8. Шаповалов А.Н., Заводяный А.В. Использование бентонитовых глин Воскресенского месторождения для производства железорудных окатышей // *Металлург.* 2014. № 5. С. 40–43.
9. Шаповалов А.Н., Заводяный А.В., Братковский Е.В. Применение серпентинитомagneзитов Халиловского месторождения в агломерационном производстве // *Изв. вузов. Черная металлургия.* 2011. № 3. С. 25–29.
10. Пат. 2471005 Российская Федерация, МПК C22B 1/16. Способ агломерации железорудных материалов / А.А. Паньчев, Д.Р. Ганин, А.П. Никонова. № 2011118719/02, заявл. 11.05.2011, опубл. 27.12.2012, Бюл. № 36. 4 с.
11. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. М.: Химия, 1984. 256 с.
12. А.с. 1005943 СССР, МКИ B05B 15/02. Форсунка / Г.А. Выговский, Э.П. Бурминский, А.В. Ремизов, С.Г. Выговский. № 3370065/23–05; заявл. 28.12.81; опубл. 23.03.83, Бюл. № 11. 3 с.

Материал поступил в редакцию 22.12.15.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-34-40

USE OF LOCAL MINERAL RESOURCES AT THE SINTERING PLANT OF THE "URAL STEEL" JOINT STOCK COMPANY

Ganin Dmitriy Rudolfovich – 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.

Druzhkov Vitaliy Gavrillovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Phone: +7(3519)29-84-30.

Panychev Anatoly Alekseevich – Ph.D. (Eng.), Chief Specialist on Natural Resources, "Ural Steel" Joint Stock Company, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)66-28-09. E-mail: a.panychev@uralsteel.com.

Shapovalov Aleksey Nikolaevich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Metallurgical Technologies and Equipment, Novotroitsk branch of the National University of Science and Technology ‘MISIS’, Novotroitsk, Russia. Phone: +7(3537)67-96-07. E-mail: alshapo@yandex.ru.

Abstract. This article presents the main technical-economic, technological and qualitative characteristics of sinter production at the "Ural Steel" Joint Stock Company. According to technical reports on the sintering shop operation, the performance of sinter production and quality of

sinter have been evaluated. The main technical and technological factors limiting the performance of sinter production at the "Ural Steel" Joint Stock Company have been determined. The article contains a critical review of the known methods improving efficiency of the sintering process with

due regard to the profile of the existing sinter production. The authors propose a priority method for improving the sinter output produced at the "Ural Steel" Joint Stock Company suggesting that mineral additives promoting pelletizing and accelerating mineral formation during sintering should be used in the sinter charge. This option of sintering process improvement fosters an integrated effect on the sinter charge preparation, flow of the sintering process, and does not require any significant adjustment of technology and equipment. It makes most sense to use local resources such as Orsk-Khalilov brown iron ore deposits, Khalilov serpentinite deposits, and Novokievsk and Voskresensk bentonite clay deposits as mineral additives in the setting of the "Ural Steel" Joint Stock Company. The article presents data on the chemical and mineralogical composition of these materials. Based on these data, conclusions on the behavior of mineral additives during sintering have been drawn. Laboratory experiments have substantiated positive effects of these additives on the progress and results of sintering. In addition, their inclusion in the production process will lower transportation costs, solve environmental problems of open deposits in the region, and ensure a comprehensive use of mineral resources in the Orenburg region. To ensure a sustainable use of mineral additives, it is necessary to supply them with water when moistening the sinter charge into slurry, which will ensure their valuable contribution to sintering charge pelletization and sintering.

Keywords: Sinter charge, pelletizing, sintering, brown iron ore, bentonite clay, serpentinite.

References

1. Shapovalov A.N., Ovchinnikova E.V., Maistrenko N.A. Povyshenie kachestva podgotovki aglomeratsionnoi shikhty k spekaniyu v usloviakh OAO «Uralskaya stal» [Improving Quality of Sinter Charge Preparation at the Ural Steel" Joint Stock Company]. *Metallurg* [Metallurgist]. 2015, No. 3, pp. 30-36.
2. Efimenko G.G., Gimmelfarb A.A., Levchenko V.E. *Metallurgiya chuguna* [Ironmaking]. Kiev: Vyshcha shkola, 1988, 351 p.
3. Baptizmansky V.I. and others. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v chiornoi metallurgii* [Research basics in ferrous metallurgy]. Kiev, Donetsk: Vyshcha shkola, 1985, 205 p.
4. Korotich V.I., Frolov Yu.A., Bezdezhsky G.N. *Agglomeratsiya rudnykh materialov* [Sintering of ore-bearing materials]. Ekaterinburg: GOU VPO «UGTU-UPI», 2003, 400 p.
5. Ptichnikov A.G., Barinov V.Kh., Kazantsev E.A., Demin V.V., Frolov Yu.A. Povyshenie effektivnosti raboty aglofabriki OAO «ChMK» [Improving the efficiency of the sinter plant 'Chelyabinsk Metallurgical Plant' OJSC]. *Stal'* [Steel], 2011, no. 7, pp. 6-14.
6. Panychev A.A. *Issledovaniia obogashcheniia prirodno-legirovannogo syria dlya proizvodstva neftegazovykh trub v severnom ispolnenii* [Research on the concentration of naturally-alloyed raw materials for the production of pipes for arctic service]. Moskva: Izdatelskii dom «Ruda i metally», 2001, 112 p.
7. Bratkovsky E.V., Shapovalov A.N., Babanakov V.V. and others. *Osobennosti vyplavki prirodnolegirovannykh chugunov* [Melting patterns of naturally-alloyed cast iron]. Orenburg: RIK GOU OGU, 2004, 198 p.
8. Shapovalov A.N., Zavodyany A.V. Ispolzovanie bentonitovykh glin Voskresenskogo mestorozhdeniia dlya proizvodstva zhelezorudnykh okatyshei [Use of Bentonite Clays of the Voskresensk Deposit to Produce Iron-Ore Pellets]. *Metallurg* [Metallurgist]. 2014, no. 5, pp. 40-43.
9. Shapovalov A.N., Zavodyany A.V., Bratkovsky E.V. Primenenie serpentinitomagnezitov Khalilovskogo mestorozhdeniia v aglomeratsionnom proizvodstve. [Application of serpentine-magnesites of the Khalilovo deposit in sintering]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Chemaya metallurgiya* [News of the higher educational institutions. Ferrous metallurgy]. 2011, no. 3, pp. 25-29.
10. Panychev A.A., Ganin D.R., Nikonova A.P. *Sposob aglomeratsii zhelezorudnykh materialov* [Agglomeration method of iron-ore materials]. Patent RF, no. 2471005, 2012.
11. Pazhi D.G., Galustov V.S. *Osnovy tekhniki raspylivaniia zhidkosti* [Basics of liquids atomization techniques]. Moscow: Khimiya, 1984, 256 p.
12. Vygovsky G.A., Burminsky E.P., Remizov A.V., Vygovsky S.G. *Forsunka* [Nozzle]. Certificate USSR, no. 1005943, 1983.

Пути использования местных минеральных ресурсов в агломерационном производстве АО «Уральская сталь» / Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н. // 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

Ganin D.R., Druzhkov V.G., Panychev A.A., Shapovalov A.N. Use of local mineral resources at the sintering plant of the "Ural steel" joint stock company. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 34–40. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-34-40