

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВИДА МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ГОТОВОГО АГЛОМЕРАТА

Аннотация: В статье дана краткая характеристика фазовых составляющих железорудного агломерата. Указаны особенности формирования его микроструктуры при использовании магнезиальных материалов различного минералогического состава. Установлена взаимосвязь между фазовым составом агломерата и его прочностными характеристиками. Так, прочностные характеристики агломерата улучшаются с уменьшением количества силикатной связки (и двухкальциевого силиката), увеличением содержания игольчатых (или столбчатых) ферритов и алюмосиликоферритов.

Показано, что минералогический состав магнезиальной добавки влияет на механизмы формирования микроструктуры агломерата, а следовательно, и на его прочностные свойства. Сравнение агломератов одного химического состава показало, что при использовании сидероплезитов в исследуемых образцах наблюдается высокое содержание двухкальциевого силиката, а в случае с добавкой серпентинита (силиката магния) преобладают твердые растворы ферроокерманита, обеспечивающие высокие показатели прочности магнезиального агломерата.

Ключевые слова: агломерат, микроструктура, оксид магния, магнезиальные добавки, прочность, двухкальциевый силикат, механизм минералообразования.

Прочностные свойства агломерата определяются его макро- и микроструктурой. Формирование текстуры агломерата в процессе спекания и ее влияние на свойства подробно рассмотрено в работах [1, 2]. Более сложным в своем многообразии является процесс формирования фазового состава и микроструктуры спека, оказывающих значительное влияние на его прочностные свойства.

Основное место в структуре агломерата принадлежит рудным минералам, основу которых составляют магнетит (Fe_3O_4) и гематит (Fe_2O_3). Содержание вюститита (FeO), зависящее от теплового уровня процесса, поддерживают на уровне от 5-7 до 10-15 % (для различных фабрик) с целью получения лучшего сочетания механической прочности и восстановимости агломерата.

При производстве магнезиальных агломератов в рудной фазе дополнительно появляются тугоплавкие соединения, такие как магномагнетит ($(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Fe}_2\text{O}_4$), магнезиоферрит MgFe_2O_4 и магнезиовюстит ($(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$), которые способствуют упрочнению спека, т.к. обладают мелкозернистой структурой, но при этом отличаются низкой восстановимостью [3 - 5].

Наряду с рудными зернами в состав агломерата также входят фазы, выполняющие роль связки между ними. Эти фазы отличаются большим минералогическим разнообразием. К ним относятся: аморфное стекло, кристаллические силикаты (силикаты оливинового типа, пироксены, двухкальциевый силикат и др.) и ферриты кальция. Формирование тех или иных минеральных связей обусловлено в первую очередь температурно-

временными рамками процесса спекания и химическим составом образующегося при плавлении компонентов шихты расплава [4].

Наименее прочной считается силикатная связка, представленная механически слабой фазой – стеклом, в матрице которой могут располагаться кристаллические силикаты (пироксены, двухкальциевый силикат и др.) с различающимися коэффициентами линейного расширения. В этом случае они являются основными концентраторами напряжений, возникающих в спеке [5]. Подобная картина характерна для агломератов с основностью по $\text{CaO/SiO}_2 = 1,0 - 1,3$ ед.

В работах [5,6] отмечается, что при производстве магнезиального агломерата указанных основностей возможно значительное улучшение его прочностных характеристик при создании условий, обеспечивающих образование ситалл-двухкомпонентной композиции дендритов волластонита $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$.

Кроме малопрочной силикатной связки частой причиной разрушения агломерата является присутствие в его структуре двухкальциевого силиката $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$, претерпевающего полиморфное превращение с увеличением объема при охлаждении. Наиболее явно негативное влияние $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ проявляется для агломератов с основностью $\text{CaO/SiO}_2 = 1,2 - 1,5$ [2]. Так, при высоком содержании этого соединения в спеке возможно самопроизвольное откалывание кусочков, образование пыли, а в некоторых случаях и полное рассыпание. При малом его содержании самопроизвольного разрушения кусков агломерата не происходит, однако, в местах присутствия зерен $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ под воздействием возникающих внутренних напряжений появляются микротрещины,

ослабляющие спек [7].

По мнению Уткова В.М., магний способен участвовать в кристаллохимической стабилизации β - Ca_2SiO_4 , которая основана на том, что двухкальциевый силикат образует твердые растворы с некоторыми примесями [7].

Оценивая возможность изоморфного замещения ионов кальция ионами магния, следует отметить результаты исследования Д.В. Лопатина и В.М. Чижовой, которые установили, что по нескольким критериям магний не может выступать в качестве такого стабилизатора [8]. Однако, учитывая возможность образования в системе $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO}_2$ монтчеллита ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) и мервинита ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), окерманита или меллилитов, можно считать, что оксид магния является химическим стабилизатором, исключая образование β - Ca_2SiO_4 [7,9].

Самыми прочными и легковосстановимыми связками железорудного агломерата считаются ферритные связки [10]. Однако по механизмам образования и их влиянию на прочность Т.Я. Малышева выделяет три основных группы [4], две из которых оказывают отрицательное влияние на прочность агломерата, т.к. являются либо продуктами твердофазных реакций, либо имеют слабый контакт между зернами новообразований. К таким видам относятся зернистые агрегаты ферритов кальция и локальные скопления разрозненных пластинчатых кристаллов ферритов в стекле. Заметному повышению прочности агломерата способствуют пластинчатые и игольчатые кристаллы ферритов кальция, образовавшиеся в результате взаимодействия железосиликатного расплава с новообразованиями гематита. Такие ферриты способствуют заметному повышению прочности агломерата, т.к. образуют прочный каркас.

По результатам многих исследований было установлено, что с ростом содержания MgO в агломерате доля ферритов и алюмосиликоферритов в его структуре заметно сокращается [10-12]. Такое явление объясняется способностью MgO образовывать при контакте с рудной частью тугоплавкий магномагнетит, который ограничивает расплавообразование. Именно по этой причине рудная фаза перестает быть источником железа, необходимого для построения прочной связки [10,12].

На начальной стадии исследований влияния MgO на структуру и свойства агломератов (а также на показатели процесса спекания) экспериментальными магниесодержащими материалами стали доломитизированный известняк и доломит, которые впоследствии получили широкое распространение в мировой практике аглодоменного передела [3,11].

Первые наиболее обстоятельные исследования по установлению влияния оксида магния, входящего в состав доломита, на структуру и свойства агломератов проведены В.А. Утковым [7]. Так, им

было установлено, что с увеличением содержания MgO в шихте происходит улучшение прочностных показателей агломератов ряда основностей по CaO/SiO_2 : 1,5; 2,5; 3,5 и 4,5 как по прочности на сбрашивание, так и по результатам барабанных испытаний. Следует отметить, что выявленная тенденция наблюдается при содержании MgO в агломерате менее 7%. В противном случае магнезиальные агломераты уступают обычным по выходу крупных фракций (более 10 мм) как после сбрашивания, так и после барабанных испытаний, что объясняется склонностью спека к растрескиванию.

Улучшение прочностных показателей агломерата в холодном состоянии при добавлении в состав агломерационной шихты доломита до определенных пределов также подтверждается результатами исследований, представленных в работах [13,14]. Однако более широкий обзор имеющихся литературных данных позволил установить, что влияние MgO , поступающего в составе доломита, не столь однозначно. В работе [11] отмечается устойчивое ухудшение холодной прочности агломерата с увеличением расхода рассматриваемого магнезиального материала, особенно при высоких основностях по CaO/SiO_2 (от 2,0 и более).

Показатели горячей прочности агломератов с увеличением содержания в них MgO во всех рассмотренных случаях имеют тенденцию к улучшению. Одновременно с этим возрастают температуры размягчения и плавления, но ухудшаются показатели восстановимости [11, 13, 15], что свидетельствует о наличии в структуре агломератов трудновосстановимых и тугоплавких соединений.

Выделяя особенности формирования микроструктуры агломератов, полученных с использованием доломита, следует сказать, что в зависимости от условий спекания MgO может концентрироваться как в составе рудной части, так и в силикатной связке.

По данным работ [3,4], оксид магния присутствует преимущественно в мелкокристаллических зернах магнетита, и его количество в связке крайне мало. Однако по результатам исследования М.С. Быкова установлено, что в случае с доломитом MgO способствует в первую очередь образованию монтчеллита (CaMgSiO_4), оливина и пироксенов и лишь в небольших количествах присутствует в магнетите в качестве изоморфных примесей [3]. Подобные выводы делают и авторы работы [16], уточняя, что в магнезиальных агломератах связка представлена оливинами твердых растворов монтчеллита и ферромонтчеллита (CaFeSiO_4), причем с увеличением содержания оксида магния их состав изменяется в сторону увеличения монтчеллитовой составляющей. Вместе с тем в структуре также увеличивается доля твердых

растворов диопсида ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) с геденбергита ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), относящихся к группе пироксенов.

Несколько иное описание изменений микроструктуры дает В.А. Утков [7]. На примере агломератов основностью $\text{CaO/SiO}_2 = 1,5$ он указывает, что в магнезиальном спеке, полученном с использованием доломита, так же как и в обычном, присутствует двухкальциевый силикат. Однако в микрообъемах, где кремнезем соседствует с магнезией, в отсутствие оксида кальция получает развитие мервинит ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$), поэтому количество $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ уменьшено и распределен он более равномерно. При этом количество стекла в таких агломератах заметно меньше, чем в обычном. По мнению В.А. Уткова, все это способствует упрочнению магнезиального агломерата.

Кроме доломита в качестве экспериментального магнийсодержащего материала нередко используется *каустический магнезит* (MgO ч.д.а) [13], который является продуктом обжига природного магнезита (MgCO_3).

Было установлено, что MgO ч.д.а способствует улучшению прочностных характеристик агломерата как в холодном, так и в горячем состоянии. Но, учитывая, что данный материал отличается повышенной тугоплавкостью, для его расплавления в процессе спекания необходимо обеспечить более высокий расход коксика в сравнении с доломитом [13].

Еще одним отрицательным фактором является то, что в структуре всех исследуемых образцов преобладающими магнийсодержащими фазами являются шпинели - магнетит, магнезиоферрит и магнезиовюстит, которые заметно снижают их восстановимость [13].

По мнению авторов [13], данный материал не подходит для использования в промышленных масштабах.

Что касается магнезиальных магнетитовых концентратов, получивших промышленное распространение, то в настоящее время известны концентраты из руд Тейского, Коршуновского и Ковдорского месторождений [7,17,18].

В рудах Тейского и Коршуновского месторождений магний входит в состав рудной части, поэтому она представлена в основном шпинелями: магнетитом, магнезиоферритом и магнезиовюститом, а нерудная – тугоплавкими минералами: пироксенами, гранатами, амфиболами, хлоритом и кальцитом [17,18].

В Ковдорском магнетитовом концентрате магнезия входит в состав нерудных минералов – форстерита и доломита [19], однако недавние исследования Т.Я. Малышевой позволили установить, что магний также присутствует в структуре магнетита в виде отдельных микрофаз, что, несомненно, оказывает влияние на развитие процессов расплавообразования при спекании [20,21].

Анализ описываемых в литературе особенностей технологии спекания подобных руд и концентратов позволил выявить, что высокие показатели процесса и качества продукта наблюдаются при производстве высокоосновных агломератов, у которых CaO/SiO_2 более 2,0 ед. [7,17,20,21].

В условиях металлургических комбинатов Урала с начала 1990-х годов широкое распространение стала получать технология производства магнезиального агломерата с использованием сидероплезитов (т.н. бакальских сидеритов) [22], в которых часть железа замещена магнием и марганцем ($(\text{Mg,Mn,Fe})\text{Fe}_2\text{O}_4$) [22].

Бакальские сидериты могут использоваться в аглопроизводстве как в сыром, так и обожженном виде [23,24].

Чаще всего сидероплезит бакальского месторождения используется как магнезиальная добавка, однако известны работы, в которых приведены результаты спеканий с его участием в качестве одного из основных железорудных компонентов агломерационной шихты [25,26].

Первые опытные спекания рудных смесей, состоящих из сидерита и бакальского бурого железняка или сидерита и соколовско-сарбайского магнетита, позволили установить, что с увеличением доли сидероплезитов в шихте до 70 и 80% существенно возрастает расход коксика, а готовый агломерат характеризуется высокой механической прочностью, но низкой восстановимостью [25].

По результатам повторного эксперимента, проведенного Б.П. Юрьевым и А.Г. Жуновым [26], были предложены рекомендации по изменению технологии спекания сидеритовых руд, заключающиеся в повышении высоты спекаемого слоя до 500 мм, уменьшении крупности руды с 16-0 до 8-0 мм и снижении расхода коксика с 7 до 4,5%. Выводы об улучшении качества «сидеритового» агломерата при некотором снижении расхода топлива подтвердились во время проведения опытных спеканий в условиях агломерационного цеха АО «Уральская Сталь» [27].

Недавно проведенные исследования позволили установить, что образцы с основностью $\text{CaO/SiO}_2 = 1,5$ ед. и содержанием $\text{MgO} = 2\%$, полученные с использованием бакальского сидерита, отличаются минимальными показателями прочности (прочность на удар - 64,15%) [28] ввиду наличия в их структуре большого количества двухкальцевого силиката. Предпосылкой для его образования служит разделение силикатного расплава на низкоосновный и высокоосновный (рис. 1).

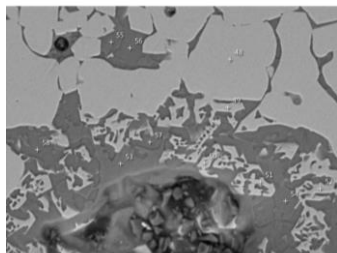


Рис. 1. Микроструктура агломератов, полученных с использованием аглоруды БРУ ($\text{MgO} = 2 \text{ \% CaO/SiO}_2 = 1,5$):

спектры: 48-52 – магнетит; 53-55 – низкоосновная стеклофаза (B_2 менее 1,0); 56-58 – высокоосновная стеклофаза ($B_2 = 1,7-1,8$), склонная к кристаллизации в форме Ca_2SiO_4

На сегодняшний день большой интерес представляет опыт работы зарубежных аглофабрик с магниезиальными добавками на основе силикатов магния оливинового и пироксенового составов [11,29 - 31]. В условиях отечественного производства использование подобных магниезиальных материалов носит преимущественно экспериментальный характер [32]. Однако известен опыт производства магниезиальных агломератов с применением дунитов Соловьегорского месторождения в условиях ОАО «Высокогорский ГОК» [33]. Подобная магниезиальная добавка – серпентинитомажнетит ($\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]\text{OH}_6$) использовалась при проведении экспериментальных спеканий с целью замены бакальского сидерита. В результате было установлено, что барабанная прочность агломератов состава $\text{MgO} = 2 \text{ \% CaO/SiO}_2 = 1,5$ ед. возрастает с 64,15 до 76,0%, т.к. в их структуре большую часть объема занимает силикатная связка ранкинитового состава, содержащая в себе твердые растворы ферроокерманита, выполняющие роль носителя прочности при отсутствии ферритов (рис. 2) [28].

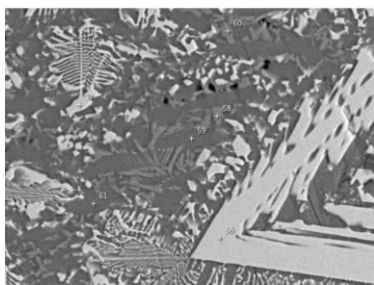


Рис. 2. Микроструктура агломератов с использованием серпентинитомажнетита ($\text{MgO} = 2 \text{ \% CaO/SiO}_2 = 1,5$):

спектры: 56,57 – магнетит; 59,61 – стеклофаза ранкинитового состава ($\text{CaO/SiO}_2 = 1,25 - 1,35$); 58-60 – твердые растворы на основе ферроокерманита

Таким образом, можно сделать вывод, что на качество готового агломерата оказывают влияние не только технологические параметры спекания, но и минералогический состав используемого магниесодержащего материала, т.к. он влияет на механизмы формирования микроструктуры спека, а, следовательно, и на его прочностные свойства.

Список литературы

1. Коротич В. И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2003. 400 с.
2. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. М.: Металлургия, 1967. 368 с.
3. Быков М.С., Долинский В.А., Пермяков А.А.. Влияние носителя магнезии на минеральный состав агломерата // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1972. № 10. С.44-46.
4. Малышева Т.Я., Долицкая О.А. Петрография и минералогия железорудного сырья: учебное пособие для вузов. М.: МИСиС. 2004. 424 с.
5. Влияние магнезии на прочность агломерата / А. З. Крижевский, В.Н. Компаниец, А.А.Гринвальд и др. // Сталь. 1984. № 6. С. 8 – 10. Англ.
6. Исследование процесса агломерации с использованием в шихте различных видов флюсов / Д. В. Лупанов, Г. Н. Попов, С. В. Куберский, Е. Т. Тринеев // Сб. науч. тр. Донбасс. гос. техн. ун-та. Вып. 27. Алчевск, 2008. С. 309-316.
7. Утков В.А. Высокоосновный агломерат. М.: Металлургия, 1977. 157 с.
8. Лопатин Д.В., Чижова В.М. Критерий кристаллохимической стабилизации двухкальциевого силиката // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2007. № 3. С. 7-10.
9. Вопросы утилизации рафинировочных шлаков сталеплавильного производства: монография / О.Ю. Шешуков, М.А. Михеенков, И.В. Некрасов и др. Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. 208 с.
10. Min Gan, Xiaohui Fan and Xuling Chen (2015). Calcium Ferrite Generation During Iron Ore Sintering — Crystallization Behavior and Influencing Factors, Advanced Topics in Crystallization, Prof. Yitzhak Mastai (Ed.), ISBN: 978-953-51-2125-1, InTech, DOI: 10.5772/59659. Режим доступа: <https://www.intechopen.com/books/advanced-topics-in-crystallization/calcium-ferrite-generation-during-iron-ore-sintering-crystallization-behavior-and-influencing-factors>. Англ.
11. Umadevi T. Influence of magnesia on iron ore sinter properties and productivity – use of dolomite and dunite / T. Umadevi, A.K. Roy, P.C. Prabhu, M. Ranjan // Steel research international journal. 2009. Vol 80. No 11. P. 800-807. Англ.

12. Влияние оксида магния на фазовые превращения и металлургические свойства высокоосновного агломерата / Т.Я.Малышева, Ю.С. Юсфин, М.Ф.Гибадуллин, В.В.Коровушкин, Н.Р.Мансурова, В.А.Гостенин // *Сталь*. 2006. №10. С.4-6.
13. Kalenga M.K., Garbers- Craig A.M. Investigation into how the magnesia, silica and alumina contents of iron ore sinter influence its mineralogy and properties // *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2010, vol.10, pp. 447-456. Англ.
14. Панычев А.А., Ганин Д.Р. Оптимизация содержания MgO в шихте аглодоменного производства // *Металлург*. 2011. №12. С. 32 – 35.
15. Берсенев И.С. Изменение параметров спекания железорудного агломерата при использовании доломита в производстве ОАО «Уральская Сталь» 2016. № 3. С. 52 – 57.
16. The effects of MgO and Al₂O₃ behaviours on softening-melting properties of high basity sinter / T. Li, Ch. Sun, X. Liu, S.Song, Q. Wang // *Ironmaking & Steelmaking*, 2017. Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/03019233.2017.1337263>. Англ.
17. Свойства высокоосновных магнезиальных агломератов / С.В. Базилевич, В.В. Кашин, В.С. Новиков и др. // *Сталь*. 1972. №5. С.397-401.
18. Кирнарский А.С., Тарасенко Г.А. Пути улучшения технологии обогащения железной руды в условиях Коршуновского ГОКа // *Збагачення корисних копалин*. 2009. Вип. 36 (77) – 37 (78). С. 3 – 15.
19. Комплексное использование сырья и отходов /Равич Б.М., Окладчиков В.П. и др. М.: Химия, 1988. 288 с.
20. Влияние природного рудообразования на минеральный состав и холодную прочность офлюсованных железорудных агломератов / Т.Я. Малышева, Павлов Р.М., Мансурова Н.Р., Деткова Т.В. // *Известия учебных заведений. Черная металлургия*. 2015. Т. 58. № 3. С.180-184.
21. Юсфин Ю.С., Малышева Т.Я. Влияние структурных особенностей кристаллов магнетита на процесс спекания агломерата // *Известия учебных заведений. Черная металлургия*, 2015. Т. 58. № 7. С. 473 – 478.
22. Эффективность и перспективы применения сидеритовых руд в доменной плавке. В.А. Красноборов, С.Л. Ярошевский, А.А. Денисов и др. – Донецк: «Новый мир», 1996. – 74 с.
23. Опыт использования сидероплезитов Бакальского месторождения в условиях современного аглодоменного производства / В. Шацилло, С. Меламуд, А. Ленегов, И. Дудчук // *Национальная металлургия*. 2005, сентябрь - октябрь. С. 74-79.
24. Использование концентрата обожженной сидеритовой руды при производстве магнезиального агломерата / С.Г. Меламуд, В.Г. Шацилло, Б.П. Юрьев, С.А. Загайнов // *Сталь*. 2013. № 7. С.2 – 7.
25. Влияние бакальских сидеритов на показатели процесса спекания и качество агломерата / А.Г. Жунев, Н.С. Шумаков, Е.П. Лысков, А.Г. Русакова // *Сталь*. 1967. № 2. С.100 – 102.
26. Юрьев Б.П., Жунев А.Г. Особенности агломерации бакальских сидеритовых руд // *Сталь*. 1999. №1. С.5 – 10.
27. Овчинникова Е.В., Шаповалов А.Н., Горбунов В.Б. Особенности поведения MgO в процессе спекания агломератов с использованием бакальских сидеритов // *Черная металлургия*. 2016. №11. С. 30-33.
28. Овчинникова Е.В. Исследование влияния вида магнезиального флюса на фазовый состав агломерата с целью повышения его прочностных характеристик: дис. канд. техн. наук: 05.16.02. Магнитогорск, 2016. Режим доступа: <http://misis.ru/science/dissertations/2019/3436/>
29. Raygan Sh. Influence of talc additive on cold strength and reducibility of iron ore sinters compared to bentonite / Sh. Raygan, H.Abdizaden, A. Dabbagh, M. Pourabdoli // *Ironmaking & Steelmaking*. 2009. Vol. 36. No.4. P. 273 – 278. Англ.
30. Близнюков А.С. Влияние минералогической структуры агломерата на его свойства // *Новости черной металлургии за рубежом*. 2008. № 1. С. 18 – 22.
31. Александров А.И. Улучшение работы доменных печей путем повышения качества агломерата и задачи на будущее // *Новости черной металлургии за рубежом*. 2008. №1. С. 22 – 27.
32. Шаповалов А.Н., Заводяный А.В., Братковский Е.В. Применение серпентинитомagneзитов Халиловского месторождения в агломерационном производстве // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2011. № 3. С. 25-29.
33. Тлеугабулов Б.С. Совершенствование шлакового режима доменной плавки за счет использования добавок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02. Екатеринбург, 2010. 24 с.

Сведения об авторах

Овчинникова Елена Владимировна - инженер кафедры МТиО НФ НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк, Россия. E-mail: elenka.ov4innikova@yandex.ru

Горбунов Владислав Борисович - канд.техн.наук, доцент кафедры ЭРПТ, НИТУ «МИСиС г. Москва, Россия. E-mail: vbg1953@mail.ru

Шаповалов Алексей Николаевич - канд.техн.наук, доцент кафедры МТиО, НФ НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк, Россия. E-mail: alshapo@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

TO THE QUESTION ABOUT THE INFLUENCE OF THE OF MAGNESIUM MATERIALS ON THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF THE SINTER

Ovchinnikova E.V. - engineer National Research Technological University MISIS, Novotroitsk branch; Novotroitsk, Russia. E-mail: elenka.ov4innikova@yandex.ru

Gorbunov V.B. - Ph.D. (Eng.), Assistant Professor, "Energy-efficient and Resource-saving Industrial Technologies"; Moscow, Russia. E-mail: vbg1953@mail.ru

Shapovalov A.V. - Ph.D. (Eng.), Assistant Professor, "Metallurgical National Research Technological University MISIS, Novotroitsk branch; Novotroitsk, Russia. E-mail: alshapo@yandex.ru

Abstract. *The article gives a brief description of the phase components of iron ore sinter. The features of the formation of its microstructure with the use of magnesium materials of different mineralogical composition are indicated. The interrelation between the phase composition of the sinter and its strength characteristics has been established. Thus, the strength characteristics of the sinter are improved with a decrease in the amount of silicate ligament (and dicalcium silicate), an increase in the content of acicular (or columnar) ferrites and aluminosilicoferrites.*

It is shown that the mineralogical composition of the magnesium additive affects the mechanisms of formation of the microstructure of the agglomerate, and, consequently, its strength properties. Comparison of sinters of the same chemical composition showed that when using sideroplecites in the samples under study, a high content of dicalcium silicate is observed, and in the case of the addition of serpentine (magnesium silicate) solid solutions of ferro-okermanite predominate, providing high strength of magnesium sinter.

Keywords: *sinter, microstructure, magnesium oxide, magnesia additives, strength, dicalcium silicate, mineral formation mechanism*

Ссылка на статью:

Овчинникова Е.В., Горбунов В.Б., Шаповалов А.Н. К вопросу о влиянии вида магнийсодержащих материалов на микроструктуру и свойства готового агломерата // Теория и технология металлургического производства. 2019. №1(28). С. 18-23.

Ovchinnikova E.V. Gorbunov V.B. Shapovalov A.V. To the question about the influence of the of magnesium materials on the microstructure and properties of the sinter. *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 28, no. 1, pp.18-23.