

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 621.746.5.047:669.046.581

Великий А.Б., Ряхов А.А., Петрученко В.Н., Евсеев Д.П.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛА С МИКРОАРМИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ В ТЕХНОЛОГИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ

Аннотация: В уникальной технологии гранулирования шлакообразующих смесей ООО «Шлаксервис» для увеличения прочностных характеристик гранул использовали материал с микроармирующими свойствами – волластонит. Отличительной особенностью волластонита является игольчатая форма кристаллов, характеризующихся определенным отношением длины к диаметру ($Ш > 1$) - фактором анизотропии. Этот минерал в качестве микроармирующего наполнителя активно применяют при производстве полимерных композиционных материалов. Для внедрения его в технологию гранулирования ШОС подобрали оптимальные параметры: продолжительность смешивания и тонкость помола материалов шихты, момент подачи в суспензию микроармирующего материала, влажность и плотность суспензии и режим сушки распылением.

Новая технология позволяет в промышленном масштабе получать гранулированную шлакообразующую смесь с микроармирующим материалом, при этом обеспечивается практически полное отсутствие пыли, равномерное распределение частиц и высокая прочность гранул по отношению к вибрационным и ударным нагрузкам.

Ключевые слова: непрерывная разливка, шлакообразующая смесь, гранула, волластонит, суспензия, структура гранул, прочность, микроармирующие свойства.

Шлакообразующие смеси (ШОС) являются неотъемлемой частью непрерывной разливки стали. Они обеспечивают стабильность процесса разливки на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и способствуют получению качественной непрерывнолитой заготовки. Существуют ШОС двух типов: порошковые и гранулированные. Гранулированные ШОС значительно преобладают в использовании на металлургических заводах России из-за следующих преимуществ по сравнению с порошкообразными:

- более однородный состав;
- практически полное отсутствие влаги;
- меньшая гигроскопичность;
- лучшие теплоизолирующие свойства;
- растекаемость;
- отсутствие пыли.

Одним из факторов стабильности процесса разливки на МНЛЗ является поддержание заданного уровня ШОС в кристаллизаторе и промежуточном ковше [1]. С этим связан интерес многих металлургических заводов России к автоматическим системам подачи ШОС. В основном такие системы устанавливаются на вновь вводимые в эксплуатацию МНЛЗ, так как внедрение их на действующие машины требует дополнительного оборудования в зоне кристаллизатора и промежуточного ковша. Так как в основе автоматической подачи ШОС зачастую заложен принцип пневмотранспорта, то необходимо

использовать только гранулированные ШОС без пылевидной фракции с высокими прочностными характеристиками.

На предприятии ООО «Шлаксервис» с 1995 года производят гранулированные ШОС по технологии, защищенной патентом [2], основанной на процессе сушки распылением. Технологический процесс производства гранулированных ШОС в зависимости от потребности может быть дискретным или непрерывным. При непрерывном процессе его производительность превышает 2,0 т/ч [3]. Имеются сведения о зарубежной технологии непрерывного гранулирования ШОС путем сушки распылением производительностью 3,5 т/ч [4].

Образование гранул ШОС происходит в сушиле, как показано на рис. 1 [4].

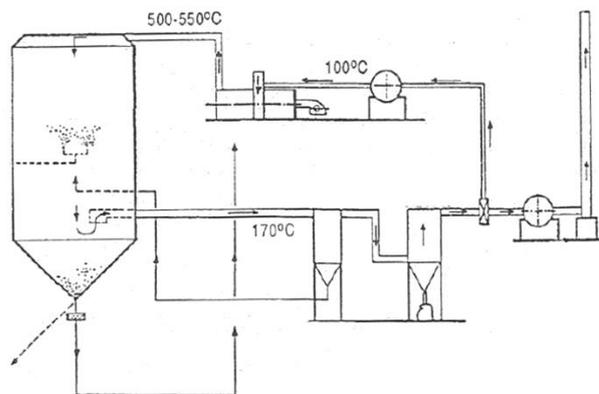


Рис.1. Гранулирование ШОС путем сушки распылением

Распыление водного раствора компонентов ШОС (суспензии) осуществляется под давлением через форсунки в пространстве сушила с температурой 500 – 550 °С. При снижении давления до атмосферного происходит образование капель суспензии, которые обезвоживаются и превращаются в гранулы.

В исследованиях [5] и [6] для совершенствования процесса грануляции подобрали новое связующее и доказали существенное влияние компонентного состава на прочность гранул ШОС. При этом отмечена ключевая роль в повышении прочности гранул материала с микроармирующими свойствами.

Микроармирующий материал применили в составе разработанной в ООО «Шлаксервис» новой ШОС для кристаллизатора слябовых МНЛЗ. По результатам промышленных испытаний в ПАО «Северсталь» получено положительное заключение: новая ШОС позволяет осуществлять стабильный процесс разлива и обеспечивает необходимое качество непрерывнолитых заготовок. Новая ШОС подавалась на зеркало металла через автоматическую систему.

Для производства новой смеси в промышленном масштабе в ООО «Шлаксервис» разработали и внедрили технологию гранулирования ШОС с использованием микроармирующего материала – волластонита. Этот минерал в качестве микроармирующего наполнителя активно применяют при производстве полимерных композиционных материалов (ПКМ). Отличительной особенностью волластонита является игольчатая форма кристаллов, характеризующихся определенным отношением длины к диаметру ($Ш > 1$) - фактором анизотропии, который и определяет эффективность применения волластонита в качестве упрочняющего (армирующего) компонента ПКМ [7, 8].

На этапе приготовления суспензии ШОС продолжительность мокрого помола материалов в смесительно-помольном устройстве увеличили с 3-х до 6-ти часов. При этом добавка в суспензию

микроармирующего материала, с целью сохранения его армирующей структуры, осуществлялась за 20 мин до начала ее выпуска в приемные ёмкости, только для смешивания с остальными компонентами смеси. Помол в течение 6-ти часов обеспечил необходимую тонкость помола (2,5 %). Предлагалось, что армирование гранулы волластонитом происходит только при отсутствии или минимизации пустот внутри ее. Для этого обеспечили минимальную влажность суспензии в пределах 30 - 40 % и высокую плотность (1,8 - 1,9 т/м³), при этом продолжительность выпуска суспензии не превышала нормативно установленного требования (для обеспечения непрерывности производства). Дальнейшее снижение влажности приводит к существенному повышению условной вязкости, затрудняющей перемешивание, помол и, соответственно, истечение суспензии из смесительно-помольного устройства. Помимо обеспечения армирования волластонитом, такая низкая влажность упрощает процесс сушки. На испарение влаги тратится меньше тепла, производительность сушки распылением возрастает и снижается нижний предел содержания влаги в ШОС (до 0,06 %), что очень важно для непрерывной разлива стали и получения качественных непрерывнолитых заготовок.

Как и ожидалось, снижение влажности суспензии привело к снижению расхода газа и увеличению производительности сушки распылением до 3,2 т/ч.

Полученные по новой технологии гранулы ШОС с микроармирующим материалом исследовали с помощью микрорентгеноспектрального анализа (МРСА), осуществляемого на минералогическом комплексе MLA System Quanta 650 в НИТУ МИСиС (г. Москва). На рис. 2 представлены черно-белые изображения гранул новой ШОС с волластонитом в режиме эмиссии вторичных электронов. Для сравнения даны изображения гранул отечественной ШОС, изготовленные по существующей технологии без волластонита и гранулы импортной смеси.

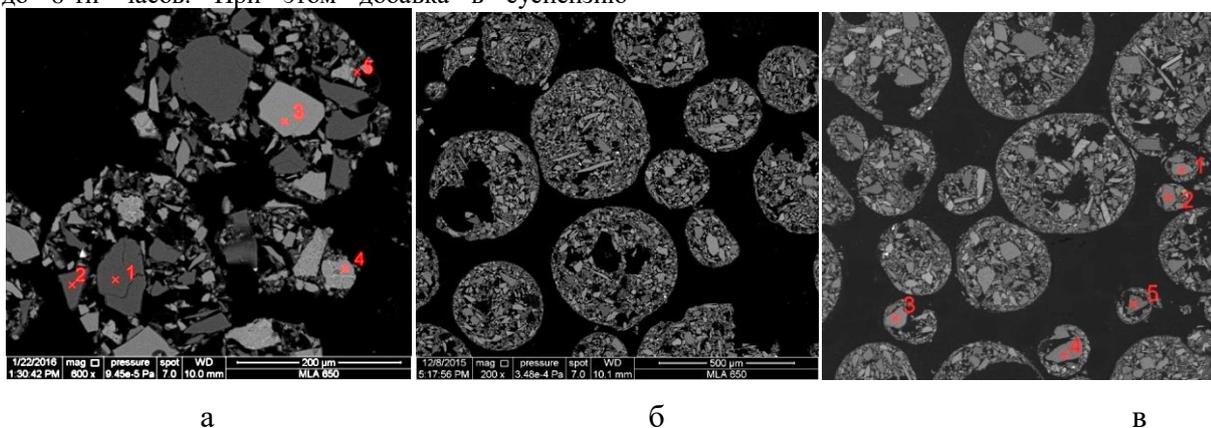


Рис. 2. Структура гранул отечественной ШОС (а), импортной ШОС (б) и новой ШОС (в), изготовленной по новой технологии с волластонитом

Из рис.2 видно, что структура гранул новой ШОС (в) с волластонитом отличается от структуры гранулы отечественной ШОС (а) и схожа с импортной смесью (б). При этом в гранулах (б) и (в) практически отсутствуют пустоты.

Для оценки эффективности новых параметров технологии гранулирования с волластонитом определили прочность гранул ШОС вибрационным и ударным нагрузкам, имеющим место во время транспортировки смесей к месту применения. В работе [6] описана

методика проведения эксперимента на прочность. Два образца ШОС, изготовленные по существующей и новой технологии с волластонитом, и один образец импортной ШОС подвергли вибрационным и ударным нагрузкам на установке типа 029 Усманского завода литейного оборудования. Перед испытанием образцов ШОС определили их исходный гранулометрический состав, затем изменение гранулометрического состава до и после испытания (рис.3). Изменение каждой фракции выражено как разность ее долей до и после испытания.

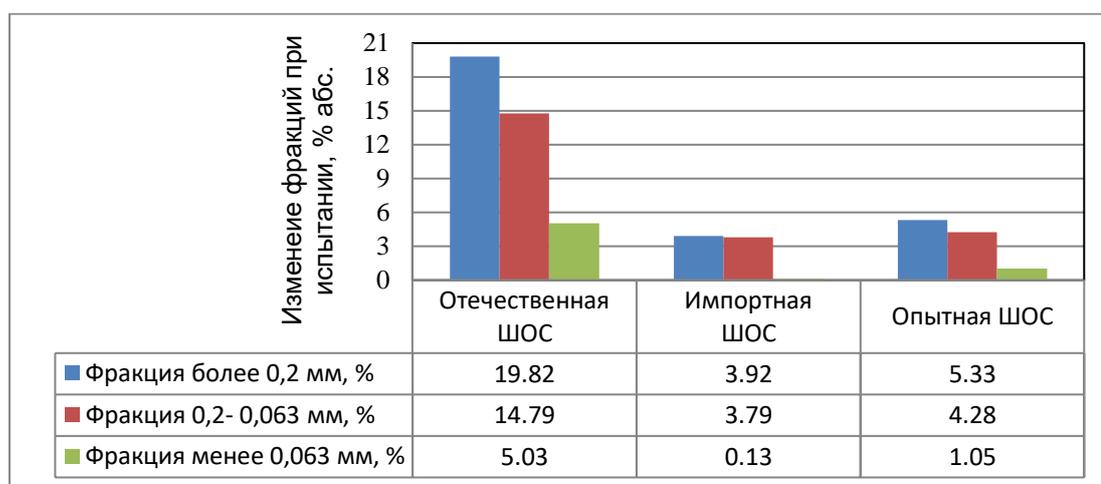


Рис. 3. –Изменение гранулометрического состава отечественного ШОС, импортного ШОС и опытного ШОС, изготовленного по новой технологии с волластонитом

Из рис. 3 видно, что изменения фракций гранулометрического состава ШОС, изготовленной по новой технологии с волластонитом, находится примерно на одном уровне с импортной ШОС, тогда как гранулы отечественной ШОС, изготовленной по стандартной технологии, разрушились, что и привело к увеличению фракции более 0,063 мм.

Выводы

Технология гранулирования шлакообразующих смесей на предприятии ООО «Шлаксервис» позволяет изготавливать ШОС с микроармирующим материалом для кристаллизаторов слябовых МНЛЗ в промышленном масштабе. Прочность получаемых гранул смеси сравнима с прочностью гранул импортных ШОС.

Важной задачей в обеспечении армирования гранулы ШОС волластонитом является минимизация пустот в ее структуре. Это обеспечивается минимальной влажностью (30 – 40 %) и высокой плотностью (1,8 - 1,9 т/м³) водного раствора компонентов ШОС.

Статья написана под руководством Вдовина К.Н., д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Список литературы

1. Куклев А.В., Лейтес А.В.. Практика непрерывной разливки. М.: Металлургиздат, 2011. 432 с.
2. Патент 2100131 РФ. 2001. БИМП № 12. / Способ получения гранулированной шлакообразующей смеси. Ногтев В.П., Цикарев Ю.М., Носов С.К. и Маркин В.Ф.
3. О производстве и качестве гранулированных шлакообразующих смесей для непрерывной разливки стали. // Ногтев В.П., Маркин В.Ф., Горосткин С.В., Свиридов О.Г. Сборник трудов Центральной лаборатории ОАО «ММК» 2002. Вып. №6. С. 82-86.
4. Айтиль Г.И.. Разработка и производство гранулированного разливочного порошка путем сушки распылением // Черные металлы 1993. №6. С. 13 – 19.

5. Ryakhov A.A., Kuklev A.V., Anisimov K.N., Toptygin A.M., Lebedev I.V. Choice of Binder and Optimization of Slag-Forming Mixture Granulation Technology to Improve Granule Strength // Metallurgist [Springer]. January 2017. Volume 60. Issue 9–10. Pp. 1054–1061.

б. Вдовин К.Н., Ряхов А.А. и др. Влияние компонентного состава на прочность гранул шлакообразующей смеси // Сталь 2018. №2. С. 7 – 12.

7. Еще раз о волластоните / Корнеев В.И., С.А. Жморчук, Ю.Н. Жморчук, С.Н. Чижиков, Н.П. Стародубцев // СтройПРОФИЛЬ. 2002. № 2(16). С. 58-59.

8. Лакокрасочные покрытия. Теория и практика / под ред. Р. Ламбурна. СПб.: Химия, 1991. 512 с.

Сведения об авторах

Великий Андрей Борисович - канд.техн.наук, директор ООО «Шлаксервис Магнитогорск, Россия.

Ряхов Алексей Анатольевич - Инженер ООО «Шлаксервис». Магнитогорск, Россия.

E-mail: ryakhov.aa@mmk.ru

Петрученко Владимир Николаевич - Заместитель директора ООО «Шлаксервис Магнитогорск, Россия.

Евсеев Данил Петрович - Главный инженер ООО «Шлаксервис»

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

FEATURES OF THE APPLICATION OF MATERIAL WITH MICRO ARMING PROPERTIES IN THE COURSE OF SLAG MIXTURES GRANULATION TECHNOLOGY

Veliky Andrei Borisovich - Ph. (Eng.), Director of Shlakservice Magnitogorsk LLC, Russia.

Ryakhov Alexey Anatolyevich - Engineer LLC Shlakservice. Magnitogorsk, Russia. E-mail: ryakhov.aa@mmk.ru

Petruchenko Vladimir Nikolayevich - Deputy Director of Shlakservis Magnitogorsk LLC, Russia.

Evseev Danil Petrovich - Chief Engineer, Shlakservice LLC

Abstract. In a unique technology of granulation of slag-forming mixtures, LLC Shlakservice used material with micro-reinforcing properties - wollastonite to increase the strength characteristics of the granules. A distinctive feature of wollastonite is the needle-shaped form of crystals, characterized by a certain ratio of length to diameter ($W>1$) - the anisotropy factor. The mineral is actively used as a micro-reinforcing filler in the production of polymer composite materials. To introduce it into the SCO granulation technology, optimal parameters were selected: the duration of mixing and the fineness of grinding charge materials, the moment of supplying the micro-reinforcing material to the suspension, the humidity and density of the suspension, and the mode of spray drying.

The new technology makes it possible to obtain a granulated slag-forming mixture with a micro-reinforcing material in industrial scale, ensuring almost complete absence of dust, uniform distribution of particles and high strength of the granules with respect to vibration and shock loads.

Keywords: continuous casting, slag-forming mixture, granule, wollastonite, suspension, structure of granules, strength, micro-reinforcing properties.

Ссылка на статью:

Великий А.Б., Ряхов А.А., Петрученко В.Н., Евсеев Д.П. Особенности применения материала с микроармирующими свойствами в технологии гранулирования шлакообразующих смесей // Теория и технология металлургического производства. 2019. №2(29). С. 15-18.

Veliky A.B., Ryakhov A.A., Petruchenko V.N., Evseev D.P. Features of the application of material with micro arming properties in the course of slag mixtures granulation technology. *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 29, no. 2, pp. 15-18.