

Выводы. Показано, что изменение шлакового режима в сторону уменьшения основности при вдувании в горн доменной печи пылеугольного топлива сопровождается снижением плавкости шлаков, снижением уровня перегрева шлаков до обеспечения нормальной текучести. Это изменение приводит к уменьшению прихода тепла в горн и является предпосылкой снижения нагрева чугуна в горне и на выпуске. Поэтому мнение о целесообразности использования сниженной основности шлака в качестве компенсирующего ресурса при вдувании ПУТ нуждается в корректировке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошевский С.Л. Пылеугольное топливо – реальная и эффективная альтернатива природному газу в металлургии / Ярошевский С.Л. // Металл и литье Украины. – 2006. – №3. – С.15-20.
2. Плискановский С.Т. Оборудование и эксплуатация доменных печей: учебник / Плискановский С.Т., Полтавец В.В. – Днепропетровск: Пороги. – 2004. – 496с.
3. Металлургия чугуна / Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. [и др.]; под ред. Ю.С.Юсфина. – [3-е изд., перераб. и дополн.]. – М.: ИКЦ «Академ-книга». – 2004. – 774с.
4. Свойства жидких доменных шлаков / Воскобойников В.Г., Дунаев Н.Е., Михалевич А.Г. [и др.]. – М.: Металлургия. – 1975. – 184с.

Поступила в редколлегию 10.05.2016.

УДК 504.064.4: 669.181.28

НЕВЕДОМСКИЙ В.А.*, канд. техн. наук
ЧЕРНЫШОВ А.В., ст. преподаватель
ЧЕРНЫШОВ А.А.**, инженер 1-й категории
ГУБСКАЯ Т.А., студент

Днепродзержинский государственный технический университет

*ООО «ТехноСКАРМ», г. Никополь

**ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат»

ПРИНЦИП «ZERO WASTE» ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. Выход шлаков ферросплавного производства на территории стран СНГ превышает 3,5 млн. т в год, в том числе на предприятиях Украины приближается к 0,9 млн. т в год. Затвердевшие шлаки дробят, сортируют, перерабатывают на щебень и песок для дорожного строительства. Жидкие шлаки подвергают грануляции и используют в строительстве и собственном производстве как сырьевые материалы. По химическому составу шлаки товарного силикомарганца представляют собой насыщенный по кремнезему расплав сложного состава, который может быть отнесен к системе $\text{SiO}_2 - \text{MnO} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Na}, \text{K})_2\text{O}$. Среднестатистическое содержание компонентов в шлаках силикомарганца ПАО „Никопольский завод ферросплавов“ составило: 50,56% SiO_2 , 14,9% CaO , 4,39% MgO , 15,12 MnO ; пределы содержаний остальных компонентов: 1,7-10,5% $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O}$, 8-10% Al_2O_3 , 2-3% FeO , 0,6-1,2% S^{2-} . Среднеквадратичное отклонение при статистической обработке около 1300 серийных рентгеноспектральных анализов составляло (мас.%) 0,29 SiO_2 , 1,34 CaO , 0,55 MgO , 1,65 MnO . Минеральная составляющая продуктов переработки используется для устройства оснований дорожных одежд, служит инертным наполнителем для закладки в горные выработки. Металлопродукт, извлеченный из отвального шлака, направляется на переплав [1].

Одним из эффективных направлений использования огненно-жидких шлаков силикомарганца является получение шлаколитой продукции. Шлаковое литье по своим прочностным свойствам соответствует бетону марки 550-700, может работать при температурах до 900°C. В качестве литых изделий шлаковое литье может заменять металл, огнеупорные материалы, бетон. Срок службы оборудования, покрытого этим материалом, увеличивается. Производство изделий из шлаковых расплавов выгодно и экономично, поскольку не требует дополнительных энергозатрат [1-2].

Постановка задачи. С целью отработки технологических параметров в период заливки жидкого ферросплавного шлака в открытые формы исследовать температурные поля в объеме формируемых изделий, структуру и фазовый состав образующегося шлакового литья.

Результаты работы. Для стандартных изделий, плит дорожных размером (3000×2000×200 мм) были определены технологические параметры: температуры заливки кристаллизации, распределение температурных полей по сечению отливок.

Плиточные изделия от 400×600×50 мм до 4600×240×250 мм формировались на поде выкатных тележек камерных печей. Во избежание резкого перепада температуры по сечению отливки пространство печей нагревалось до 500°C в течение 2 часов, после чего в печь заливался расплав шлака с температурой 1420-1320°C. Кристаллизация расплава обеспечивалась его выдержкой при температурах максимального выделения пироксена – 1000-900°C. Продолжительность кристаллизации обусловлена габаритами, толщиной изделий и теплофизическими свойствами расплава.

Проведенные исследования [1, 2, 4] позволили установить режимы кристаллизации различных изделий, формируемых в закрытых формах, а также в процессе «гарни-сажной наплавки» на внутренние поверхности металлических деталей (труб, циклонов, гидроциклонов, течек и др.). В интервале 1420-1220°C в объеме расплава происходит ликвационный процесс и начало выделения основных кристаллических фаз.

Режим кристаллизации в печах осуществлялся выдержкой при температуре 1150-1100°C в течение 0,5 час., интенсивного пироксенообразования при температуре 1000-950°C в течение 2 час. Выдержка при температурах 750°C и 500°C по 1-1,5 часа предусмотрена для снятия термических напряжений в стеклофазе по объему отливки [2, 4].

Изделия, производимые в цехе шлакового литья ПАО НЗФ, имеют сертификат качества, разрешающий применение их во всех видах строительства без ограничения.

Материал изделий характеризуется мелкозернистой структурой и обладает представленными ниже свойствами (табл.1).

Таблица 1 – Физико-химические свойства шлаков силикомарганца

Объемная масса		2900-3000 кг/м ³
Предел прочности	при сжатии	500-600 МПа
Предел прочности	при изгибе	50-70 МПа
Истираемость		0,01-0,02 г/см
Термостойкость		900°C
КТР		6,3-6,8х10 ⁻⁶ град ⁻¹
Влагостойкость		0-0,2%
Кислотостойкость		98%
Щелочестойкость		94%

Уникальные свойства материала, разработанная технология литья изделий и футеровок различных геометрий и объемов на основе огненно-жидких шлаков силикомарганца позволяют решать поставленные задачи.

В настоящее время изделия и конструкции из шлаколита нашли широкое применение в металлургии, энергетике, химической, коксохимической и керамической промышленности, сельском хозяйстве и дорожном строительстве. Благодаря высокой твердости (7-8 единиц по Моосу), шлаколит используется в условиях экстремально сильных абразивных нагрузок, которые зачастую не выдерживают сгибы металлических труб при транспортировке пульпы и золы ТЭЦ и электростанций.

Трубы и отводы, футерованные шлаковым литьем, были вмонтированы в действующие трубопроводы, по которым самотеком или с помощью гидро- или пневмотранспорта транспортировались уголь, кокс, концентрат, глинозем, различные шлаки. Размеры транспортируемых частиц находились в пределах 0-50 мм, давление при гидротранспортировке составляло 0,2-0,3 МПа.

В результате проведенных испытаний установлено, что стальные трубы при толщине стенки 8-12 мм находились в эксплуатации не более года, а в местах поворотов – от 1,5 до 4 месяцев. Трубы и повороты, циклоны и гидроциклоны диаметром от 245 до 2000 мм, футерованные шлаковым литьем толщиной от 40 до 120 мм (рис.1, 2), эксплуатировались от 5 до 15 лет и по настоящее время продолжают работать. Футеровка шлаковым литьем различных технологических агрегатов, металлоконструкций и трубопроводов, работающих в условиях абразивных, газоабразивных нагрузок и повышенных температур до 500°C, повышает стойкость, долговечность оборудования в 7-12 раз. Результаты испытаний на предприятиях горно-металлургического комплекса Украины, России, Узбекистана подтвердили, что каждая тонна футеровки из шлакового литья экономит до 14 тонн металлопроката, огнеупоров и бетона.



Рисунок 1 – Футерованный отвод



Рисунок 2 – Футерованная труба

Прочность исходного материала позволяет правильно уложенной дорожной плите 3000×2000×200 мм держать нагрузку 200 тонн на м при ударной нагрузке 40 тонн на м² с высоты 1 метр (рис.4, а), б)). Поэтому плиты из шлакового литья используются при строительстве напольных складов, полов литейных и механических цехов заводов, для которых характерны экстремальные нагрузки на полы, что позволяет перемещать по поверхности крупногабаритные изделия, гусеничную технику, а также предусмотреть падение на пол крупногабаритных, массивных предметов. В этом значительное превосходство покрытий из шлаколитых плит перед бетонными и наливными полами [5, 6]. Благодаря своей износостойкости, термостойкости наплавка из шлаколита широко применяется в трубопроводах разных диаметров для транспортировки абразивных материалов (песка, угля, щебня, шлака, соли и др.). Известно [1], что износостойкость шлаколита в 5 раз превышает аналогичное свойство специального чугуна, и в 20 раз – стали.

Кроме этого, предлагаемый материал устойчив к кислотным, щелочным, биологическим и радиоактивным средам при рабочей температуре до 750°C. Для шлаколита



а)



б)

Рисунок 4 – Заливка плит дорожного покрытия

характерно нулевое водопоглощение, что позволяет применять его для хранения не только химически агрессивных составов, радиоактивных отходов (РАО), но и питьевой воды.

Проведенные исследования [7] доказали экологическую и гигиеническую безвредность материала. Шлаковое литье практически не подвергается радиолитизу. Оно устойчиво к ионизирующему облучению. Низкая проницаемость для радионуклидов обусловлена крайне малыми значениями коэффициентов диффузии. Оценка коэффициента диффузии D-ионов стронция и цезия при 25°C дает значение порядка 10-18 см²/с., что позволяет использовать шлаковое литье в качестве футеровки контейнеров для захоронения токсичных и радиоактивных отходов предприятий и электростанций.

Выводы. Проведенные исследования позволили разработать технологию изготовления различных изделий из шлакового литья, таких как дорожные плиты, футерованные трубы, отводы, гидроциклоны, контейнеры для захоронения ядерных отходов, пестицидов и гербицидов и много других изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неведомский В.А. Энергосберегающая технология стеклокристаллических изделий из огненно-жидких шлаков / Неведомский В.А. // Сталь. – 1996. – №2. – С.21-22.
2. Неведомский В.А. Специальные виды литья из огненно-жидких шлаков для хранения радиоактивных и токсичных отходов / В.А.Неведомский, Н.С.Михайленко // Экология и промышленность. – 2008. – № 4. – С.77-83.
3. Смирнов Л.А. Современное состояние переработки шлаков ферросплавного производства / Л.А.Смирнов, А.А.Грабеклис, Б.Л. Демин // Сталь. – 2000. – №1. – С.86-89.
4. Большаков В.И. Механизм структурообразования шлаковых строительных материалов из шлаковых расплавов / В.И.Большаков, В.А.Неведомский // Проблемы современного материаловедения (Материаловедение, строительство и отраслевое машиностроение): сб. научных трудов Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – Днепропетровск. – 1998. – Вып. 7. – С.190-195.
5. Липовский И.Е. Камнелитейное производство / И.Е.Липовский, В.А.Дорофеев. – М.: Металлургия, 1962. – 200с.
6. Лебедева Г.А. Каменное литье как радиационно-стойкий материал / Г.А.Лебедева, Г.П.Озерова // Строительные материалы. – 1998. – № 5. – С.14-15.
7. Неведомский В.А. Стеклокристаллические материалы и покрытия на основе огненно-жидких шлаков силикомарганца / Неведомский В.А. // Строительные материалы. – 1989. – №11. – С.14-15.

Поступила в редколлегию 04.03.2016.