

Студенты: гр.104111 Семенец И.Б., гр.10405112 Биятов Н.М.,
гр.10405113 Мурашко И.А.

Научный руководитель – Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Проблеме утилизации техногенных отходов металлургического производства во всем мире уделяется большое внимание. В настоящее время в России в шлаковых отвалах, по независимым оценкам накоплено более 300 млн. т шлаков сталеплавильного, литейного и ферросплавного производств, которые подлежат переработке по существующим технологиям [1, 2].

Значительная доля отходов металлургического производства приходится на сталеплавильные шлаки, выход которых составляет в среднем от 150 до 200 кг/т стали. Таким образом, при существующих объемах производства стали в Российской Федерации ежегодно образуется в среднем 9 млн. т шлаков текущего сталеплавильного производства [3]. При этом 95% объема шлаков сталеплавильного производства составляют печные шлаки. В их состав входит до 10% чистого металла, а также 15 – 40% в виде оксидов железа. Общее количество железа в шлаках, которое можно извлечь, составляет 20 – 30% от массы шлака. Чистое железо находится в форме корольков и настылей.

Опыт переработки отвальных шлаков показывает, что на каждом предприятии сложились технологические приемы, которые учитывают специфику свойств перерабатываемых шлаков. Однако можно выделить и ряд уже признанных технологических решений, которые можно рекомендовать в качестве типовых. В технологическую схему разработки техногенных образований рекомендуется включать следующие виды работ:

- рыхление, усреднение и перемещение отвальной массы на участки временного складирования;
- извлечение из разрабатываемой отвальной массы металлических включений, лома огнеупоров, разрушение шлаковых массивов, содержащих металл и огнеупоры;
- доставку перерабатываемых материалов из забоев, т.е. мест непосредственной разработки отвала и временных складов на дробильно-сортировочные установки (ДСУ) для дальнейшей переработки;
- вторичную переработку отвальной массы на ДСУ с целью полного извлечения металла и огнеупоров, придания им товарного вида и получения продуктов из минеральной составляющей;
- дополнительную обработку магнитного продукта, включающую отчистку от шлака, сортировку по крупности и содержанию металла с получением присадок для обогащения шихты доменных печей и окускованного металлоконцентрата для сталеплавильного и литейного производств.

Для переработки и разделки крупных шлаковых массивов, содержащих включения металла и огнеупоров, применяют приемы подрывной и копровой разделки лома и разрушения негабарита, а для извлечения металла и огнеупоров из отработанных шлаков – способы обогащения полезных ископаемых.

Процессы разработки техногенных образований на всех стадиях связаны с обработкой и перемещением больших объемов отвальной массы, поэтому их эффективность и экономическая целесообразность оправданы при максимальной механизации всех трудоемких работ.

Получение продукции из отвальных шлаков, как правило, заключается в уменьшении исходной крупности до соответствующей техническим условиям и включает операции дробления, сортировки, классификации, измельчения и извлечения полезных компонентов и осуществляется на ДСУ. Степень дробления составляет 6 – 12 единиц в процессах производства

щебня и щебеночных смесей и 100 – 500 при получении песка, абразивов, мелиорантов и минеральных порошков.

Подбор состава оборудования для переработки отвальных шлаков представляется сложной технической задачей, основанной на оптимизации таких факторов, как работоспособность, надежность, производительность, износостойкость, эффективность. Для дробления отвальных шлаков преимущественно применяют щёковые дробилки, а роторные дробилки практически не применяются из-за интенсивного износа рабочих органов [4].

Практически все виды продукции при переработке отвальных шлаков находят применение в различных отраслях производства и успешно конкурируют с природными материалами. Массовыми видами являются щебень, песок, щебеночно-песчаные смеси для дорожного строительства, оборотный и магнитный продукты и металлоконцентрат для доменного, сталеплавильного и литейного производств, удобрения и мелиоранты для сельского хозяйства. В меньших объемах из отвальных шлаков производятся абразивные материалы для струйной обработки поверхностей, зернистые материалы для фильтров и защитных покрытий для мягких кровельных материалов, наполнители и пигменты для шпатлевок, красок, мастик и линолеума [4].

Одним из способов использования шлаков является производство из них абразивных порошков для пескоструйной обработки. Актуальность этой технологии обусловлена тем, что во всех европейских странах запрещено использовать в качестве абразива материалы, содержащие более 1% кремния в свободной форме, а для обработки должен использоваться менее токсичный материал [5].

Экономическая эффективность переработки техногенных образований складывается из ряда факторов, ведущим из которых является экологический. Использование отходов взамен природного сырья предотвращает ущерб наносимый окружающей природной среде, как от воздействия самого техногенного образования, так и от всей технологической цепочки, включающей разработку месторождения и получение товарного продукта.

В числовом выражении, например, эффективность от замены природного щебня шлаковым при строительстве автомобильных дорог составляет порядка 140 тыс. российских рублей на 1 км.

Использование 1 т металлопродукта, извлеченного из отвального мартеновского шлака, обеспечивает до 300 рублей экономии при замене 1 т покупного стального лома. Эти примеры можно продолжить, так как в составе отвальных шлаков накоплен целый комплекс ценного вторичного сырья [4].

Переработка сталеплавильных шлаков из отвалов по существующей технологии – трудоемкий и энергозатратный процесс, имеющий ряд недостатков:

- огромные площади, занимаемые отвалами и дробильно-сортировочными установками;
- высокие энергетические, трудовые и временные затраты;
- низкая степь извлечения металла с полной потерей оксидного железа;
- низкое качество готовых продуктов;
- невозможность полной локализации парогазовых и пылевых выбросов.

Кроме того, в сталеплавильных шлаках значительная доля металла присутствует в виде оксидов FeO и Fe₂O₃, а при переработке шлаков в строительный щебень металл из оксидов не извлекается. Потери металла со шлаком на сегодня в Российской Федерации составляет 1,0–1,2 млн. тонн в год [4].

Следует также помнить, что свалка металлургических шлаков загрязняет атмосферу, негативно влияет на социальную и эстетическую ситуацию, отрицательно воздействует на здоровье населения.

Вместе с тем существует потенциальная возможность значительно снизить энергозатраты на переработку шлаков и возвращать в передел до 90% металла из шлака. Заслуживает внимания схема комплексной переработки шлаков, предложенная во ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» [2]. Она предусматривает расположение за сталеплавильной печью агре-

гата комплексной обработки шлака (АКОШ), в котором предполагается до извлечения металла путем жидкофазного восстановления оксидов и осаждения королек. При восстановлении железа протекает активно за счет дешевых углеродосодержащих материалов (энергетические, бурые угли, отходы углеобогащения и др.) до остаточного содержания оксидов железа в щебне 5 – 7 %, что достаточно для обеспечения качественных характеристик щебня для строительной индустрии.

В мире пока не осуществлено промышленное внедрение данной технологии, но мировой опыт подобных исследований указывает на принципиальную возможность и экономическую эффективность процесса.

Список использованных источников

1. Смирнов, Л.А. Переработка и использование техногенных отходов металлургического производства / Л.А. Смирнов, Л.И. Леонтьев, Ю.В. Сорокин // *Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: труды международного конгресса*. – Екатеринбург, 2012. – С. 15 – 19.

2. Комплексная переработка жидких сталеплавильных шлаков с восстановлением железа и получением качественной товарной продукции / А.Г. Шакуров [и др.] // *Сталь*. – 2014. – № 2. – С. 75 – 81.

3. Технология и оборудование для переработки и стабилизации жидких сталеплавильных шлаков / А.Г. Шакуров [и др.] // *Проблемы черной металлургии и материаловедения*. – 2013. – № 2. – С. 44 – 48.

4. Демин, Б.Л. Техногенные образования из металлургических шлаков как объект комплексной переработки / Б.Л. Демин, Ю.В. Сорокин, А.И. Шимин // *Сталь*. – 2000. – № 11. – С. 99 – 102.

5. Пономарев, В.Б. Переработка металлургических шлаков методом пневматической сепарации / В.Б. Пономарев // *Сталь*. – 2015. – № 2. – С.82 – 83.

УДК 621.74

Оптимизация процесса получения отливки «Колесо» из высокопрочного чугуна с использованием САПР ProCAST

Студент гр.10405112 Финогентов Д.П.
Научные руководители – Бежок А.П., Розум В.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При разработке технологии литейной формы для стальных отливок и отливок из ЧШГ необходимо учесть большое количество факторов, влияющих на получение плотной, без усадочных дефектов отливки – правильно выбрать положение отливки в форме для обеспечения направленного затвердевания, определить количество, место установки прибылей, рассчитать их радиус действия, определить модуль отливки либо теплового узла и прибыли, объем прибыли, геометрию литниковой системы. При этом следует учитывать, чтобы объем металла в прибыли обеспечивал компенсацию усадочной раковины, образующейся при затвердевании отливки, и сама прибыль затвердевала в последнюю очередь.

Целью работы являлось исследование технологии получения отливки «Колесо» из сплава ВЧ50, а также оптимизация ее изготовления с использованием САПР. Технология предусматривает литье в песчано-глинистые формы.

Отработка технологии литейной формы проводилась в условиях ОАО «Белоозерский энергомеханический завод». Была проанализирована заводская технология получения отливки и выданы рекомендации по изменению размера прибылей. Опытные заливки металла показали, что увеличение размеров прибылей не привело к устранению усадочных раковин в

объеме отливки. С целью оптимизации конструкции ЛПС была создана трехмерная модель отливки и промоделирован процесс заливки и кристаллизации отливки в форме. Результаты компьютерного моделирования показали, что для всех вариантов размеров прибылей возможно образование усадочных раковин в теле отливки. Причиной их образования является перемерзание шейки прибыли, в то время когда в теле отливки и прибыли остаются зоны жидкой фазы. При этом увеличение объема прибыли снижает выход годного литья, а увеличение размера шейки затрудняет обрубку отливок, что сказывается, в конечном счете на их стоимости.

Для повышения коэффициента полезного действия прибыли было решено использовать экзотермические вставки. Для предварительной оценки работы экзотермических вставок был проведен дополнительный расчет кристаллизации отливки с использованием системы ProCAST. На его основании и по результатам экспериментов с различными составами экзотермических смесей были сделаны экзотермические вставки с подобранным оптимальным составом и массой.

На рисунке 1 показана исходная трёхмерная модель отливки с литниково-питающей системой, спроектированная в программе трёхмерного моделирования SolidWorks на основании заводских чертежей.

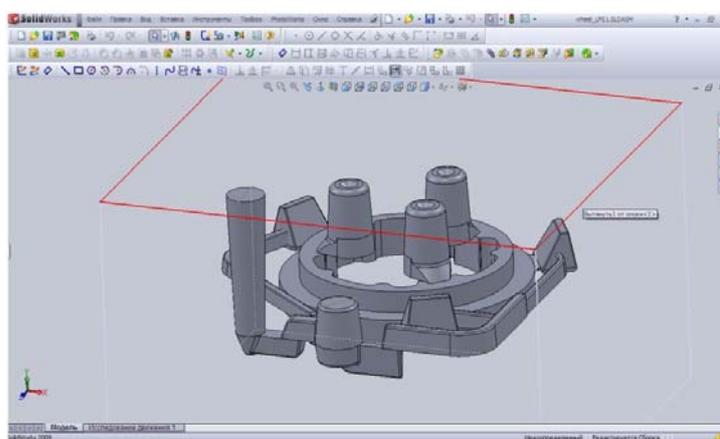


Рисунок 1 – Трёхмерная модель отливки «Колесо»

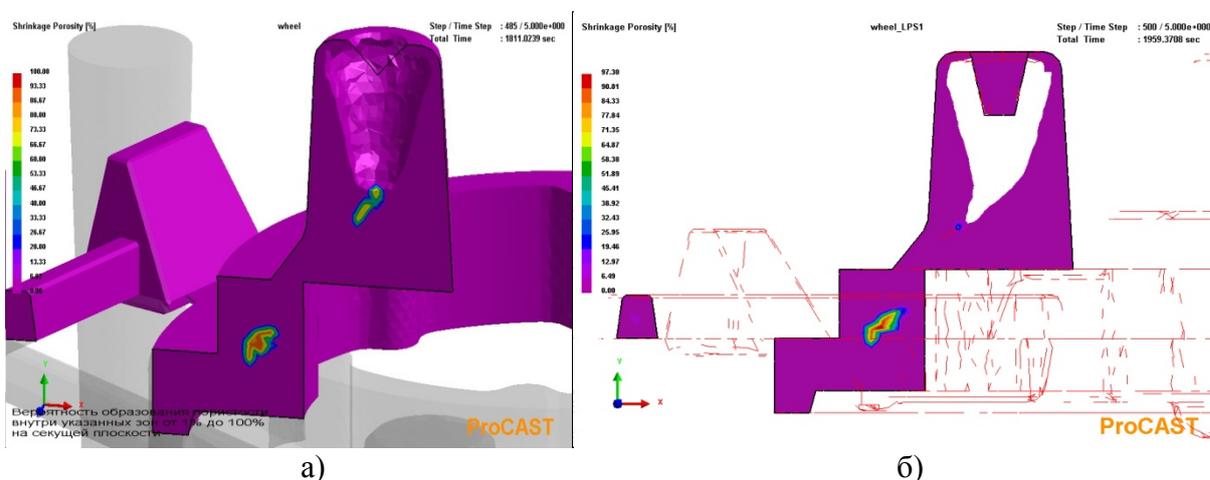


Рисунок 2 – Разрез отливки в районе прибыли:
а – без экзотермической вставки; б – с экзотермической вставкой

Из рисунка 2 по форме усадочных раковин прибылей видно, что прибыль с экзотермической вставкой (б) обеспечивает при одинаковой массе лучшее питание отливки.

Таким образом, по результатам моделирования были проведены опытные плавки с получением более плотных отливок с меньшим количеством усадочных раковин, что позволило повысить их эксплуатационные свойства.

УДК 621.745.669.13

Исследование процесса получения сфероидизирующей «чипс» - лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия

Студенты: гр. 104111 Кулинич И.Л., гр. 10405112 Сидоркин А.С.,
гр. 10405114 Позняк О.А.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в практике производства высокопрочного чугуна используются «легкие» сфероидизирующие модификаторы на основе ферросилиция (ФСМг5-ФСМг9) и «тяжелые» на основе меди либо никеля, которые могут также содержать Са, Al, Zr, Ba, Sr и Ti. При этом, от способа ввода и состава вводимой присадки зависит ее расход, эффективность и стабильность процесса модифицирования. По сравнению с чистым магнием, лигатуры позволяют минимизировать пироэффект при ковшевой обработке жидкого чугуна и существенно повысить коэффициент усвоения магния. Компоненты, входящие в составы таких лигатур, наряду со сфероидизацией графита за счет магния, оказывают влияние на процессы рафинирования, графитизации и легирования обрабатываемого сплава.

Ранее проведенные исследования показали перспективность применения наноразмерных порошков нитрида титана и оксида иттрия в составах быстроохлажденных гранулированных модификаторов-раскислителей на основе алюминия при выплавке углеродистой стали [1] и модификаторов-лигатур на основе олова в виде прутков диаметром 3-5 мм., полученных методом экструзии, для вторичного модифицирования и микролегирования высокопрочного чугуна [2].

Целью настоящей работы являлось исследование особенностей получения и применения «чипс»-лигатуры на основе меди и магния с добавками оксида иттрия.

В качестве исходных материалов использовали порошки чистой меди и магния, а также наноразмерные порошки оксида иттрия. Выполненные исследования показали, что для обеспечения равномерного распределения оксида иттрия в объеме лигатуры требуется перемешивание исходных компонентов в течение не менее 6 часов с последующим брикетированием с усилием до 50 тонн.

Опыты показали, что при внепечной сфероидизирующей обработке высокопрочного чугуна с использованием такой лигатуры эффективность ее растворения жидким расплавом была не достаточно высокой.

Применение высокоскоростного литья для переработки традиционных модификаторов позволяет резко увеличить эффективность усвоения легирующих элементов. Получаемый ленточный модификатор (в виде чипсов) имел малую толщину (менее 3 мм), что обеспечивало быстрое его растворение в объеме жидкого чугуна, создание большого количества центров кристаллизации, способствующих формированию мелкокристаллической структуры при отсутствии пылеобразования. Для повышения эффективности процесса сфероидизирующей обработки расплава, был предложен способ деформации брикетированной лигатуры, направленный на получение пластин толщиной 1,5-2,5 мм. Был использован вариант высокоскоростной ударной деформации брикетов из лигатуры.