

процесс, требующий использования огромных площадей, занимаемых отвалами и дробильно-сортировочными комплексами; высоких энергетических, трудовых и временных затрат при низкой степени извлечения металла и полной потере оксидного железа.

Вместе с тем, существует потенциальная возможность значительного снижения энергозатрат на переработку шлаков с возвращением в передел до 90 % металла из шлака. Сотрудниками ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина предложена схема комплексной переработки сталеплавильных шлаков, предусматривающая установку за дуговой сталеплавильной печью агрегата комплексной обработки шлака, в котором используется тепло шлакового расплава и реализуется доизвлечение металла путем жидкофазного восстановления оксидов и осаждения корольков металла. В качестве агрегатов жидкофазного восстановления пригодны установки ZEWA, РОМЕЛТ, МАГМА с использованием дешевых углеродосодержащих материалов (бурых углей и отходов углеобогащения). Жидкий шлак, после восстановления оксидов железа, сливается в барабанный кристаллизатор, где происходит его намораживание на поверхность металлических шаров, с получением кондиционного инертного наполнителя для дорожных покрытий.

Важнейшим преимуществом предлагаемой схемы комплексной переработки шлаков является совмещение оборудования и технологии с разливкой и затвердеванием, получаемых в агрегате комплексной обработки шлака, расплавов шлака и металла, и последующей выработкой кондиционной продукции для нужд строительства и металлургии. Реализация такой технологии позволит исключить выделение новых площадей под шлаковые отвалы, на 90 % извлечь металлическое железо и вернуть в производство от 5 до 21 кг скрапа на тонну стали, организовать замещение до 10 кг извести на тонну стали, благодаря использованию стабилизированных рафинированных шлаков и осуществить производство качественного строительного щебня.

УДК 669.715

Особенности использования программ моделирования тепло-технологических процессов при непрерывной разливке стали

Магистрант Ковалев А. А.
Научный руководитель – Рафальский И. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Моделирование является методом опосредованного познания. Изучение свойств объекта моделирования путем анализа аналогичных свойств его модели представляет собой процесс моделирования. Если результаты моделирования могут служить основой для прогнозирования процессов, протекающих в исследуемых объектах, то модель адекватна объекту. Адекватность модели зависит от цели моделирования и принятых критериев.

Проектирование и отработка современных средств автоматизации технологических процессов, отдельных узлов и блоков, связаны с теоретическими расчетами и исследованиями. Расчеты проводятся с использованием вычислительных средств (компьютеров).

При этом обычно выполняются следующие этапы:

1. Физическая постановка задачи.
2. Поиск, выбор или модификация некоторой математической
3. Разработка, выбор или модификация математического (аналитического, приближено-аналитического или численного) метода.
4. Составление алгоритма.
5. Разработка программного обеспечения.
6. Решение задачи.

Бурное развитие компьютерной техники и применение математического моделирования в литейной промышленности привело к появлению большого числа программ,

посредством которых более или менее успешно решаются задачи, с которыми литейщики сталкиваются в повседневной практике.

На сегодня в мире насчитывается более десяти систем автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП). Специалистам хорошо известны немецкая программа Magma и американская Procast, в этом же ряду нужно упомянуть американскую SolidCast, финскую CastCAE и немецкую WinCast. Две разработки – «Полигон» и LVMFlow – имеют российское происхождение.

Создаваемые в российских университетах прототипы подобных систем находят применение на местных предприятиях, но ограничены несколькими частными случаями или имеют существенные упрощения. Что же касается разработки по-настоящему мощной системы моделирования литейных процессов, то она требует привлечения множества специалистов, а также соответствующего финансирования.

Опыт практического применения САМ ЛП показал, что программные продукты зарубежных производителей не получили серьезного распространения на российском рынке. Причиной тому высокая цена программ, отсутствие в большинстве случаев русского интерфейса и отечественной базы данных по материалам и сплавам, а также сложности обучения.

Программы для моделирования литейных процессов, используемые сегодня в России, в основном различаются степенью полноты факторов, учитываемых при моделировании, и, соответственно, стоимостью. Второе существенное различие связано с методами получения и решения разностных уравнений: уравнения тепломассопереноса могут быть записаны в дифференциальном или интегральном виде.

Метод конечных разностей (МКР) базируется на уравнениях в дифференциальной форме, при этом дифференциальные операторы заменяются конечно-разностными соотношениями различной степени точности. Как правило, они строятся на ортогональных сетках (прямоугольной, цилиндрической и т. д.). Это позволяет факторизовать операторы и свести решение многомерной задачи к последовательности одномерных задач, а значит существенно упростить и ускорить решение общей системы уравнений. К недостаткам метода следует отнести плохую аппроксимацию границ сложных областей, что не слишком принципиально для уравнений теплопроводности, но довольно существенно для уравнений гидродинамики. Кроме того, метод плохо работает в случае тонкостенных отливок, когда толщина стенок становится сравнимой с шагом сетки.

Методы конечных элементов (МКЭ) и конечных объемов (МКО) базируются на уравнениях тепломассопереноса в интегральном виде. Область, в которой решаются уравнения, разбивается на элементы, внутри которых строятся аппроксиманты функций на основе системы базисных функций, определенных на элементе. «Проецируя» интегральные уравнения на эти базисы, получают систему разностных уравнений. Система значительно сложнее принятой в МКР, ее решение требует больших ресурсов памяти и немалого времени. Одно из главных достоинств метода конечных элементов – хорошая аппроксимация границы, а основные недостатки – необходимость в добротном генераторе конечных элементов, сложность уравнений и невозможность факторизации.

Модификации МКО пытаются соединить в себе простоту и факторизацию МКР и хорошую аппроксимацию границ между различными материалами и различными фазами.

Сравнительная оценка двух математических методов, МКР и МКЭ, не раз приводилась в научных изданиях: авторы этих обзоров показали, что при решении некоторых литейных вопросов предпочтителен метод конечных элементов. Действительно, при решении задач, связанных, например, с получением тонкостенных отливок больших геометрических размеров, МКЭ обеспечивает ряд преимуществ, поскольку позволяет использовать конечные элементы разной дискретности. Использование метода конечных разностей в подобных случаях приводит к увеличению количества узлов сетки и, следовательно, к большей продолжительности компьютерного расчета.

Современное развитие компьютерной техники полностью снимает ограничения по объему оперативной памяти персональных компьютеров, необходимой для решения самых сложных задач, с которыми сталкиваются технологи-литейщики. Как показывает практика, для решения большинства производственных задач методом конечных разностей достаточно 512 Мб оперативной памяти.

Моделирование сложных систем являлось и является одним из наиболее мощных инструментов системных исследований. Обратим внимание на необходимость не просто получить результаты исследований, проводимых посредством тех или иных моделей. Как и любым инструментарием, моделированием следует пользоваться с достаточной степенью осторожности. Крайне важно тщательно изучить исследуемую систему, с особой тщательностью составить ее описание, подобрать методы воспроизведения входных воздействий, построить адекватную модель, спланировать и провести эксперименты, обработать и верно интерпретировать результаты.

УДК 628.511

Технологии извлечения цинка из техногенных отходов

Студенты гр. 10405113 Горленко Е. С., Григорьев П. Е., Дорохович Д. А.
Научный руководитель – Немененок Б. М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В последние годы в мире растет спрос на цинк, который по объемам производства занимает третье место и широко применяется в различных отраслях промышленности [1], в связи с чем возникает дефицит цинка на мировом рынке. При этом следует отметить, что природное сырье для извлечения цинка содержит его в количестве менее 4 %.

Переход черной металлургии к более широкому использованию электросталеплавильных печей и увеличение в шихте доли оцинкованного лома приводит к обогащению пылей рукавных фильтров цинком. Складирование цинксодержащих пылей связано с экологической опасностью, поэтому вопрос их утилизации становится актуальным для металлургических комбинатов.

Причиной того, что цинксодержащие шламы металлургического производства не подвергаются утилизации, а продолжают накапливаться на полигонах, является низкое или нестабильное содержание цинка в пыли электродуговых печей и часто не достигающее минимально требуемого Техническими условиями «Цинксодержащие шламы» (15 %), разработанными ИМЕТ РАН и согласованными с ОАО «ОМК-Сталь» [2]. На большинстве предприятий содержание цинка в пыли электроплавки составляет 10–14 %, а на Белорусском металлургическом заводе этот показатель колеблется от 10,3 до 33,9 %, что зависит от доли автомобильного лома в шихте.

Мировые тенденции развития металлургии таковы, что объемы выплавки электроласти постоянно возрастают. Соответственно растут объемы образования цинксодержащей пыли. При этом содержание цинка в ней также постоянно возрастает. Все это требует решения проблемы вовлечения в рециклинг цинксодержащих металлургических отходов.

Большинство методов переработки пыли электропечной выплавки стали, сырьем для которой служит цинксодержащий металлолом, не нашли промышленного применения. К основным предлагаемым технологиям переработки пылей относятся пирометаллургические методы, а единственным действующим в промышленном масштабе гидрометаллургическим процессом является EZINEX (Engitec Technologies S. p. A., Италия) [3]. Технология предусматривает выщелачивание пыли раствором NH_4Cl и последующий электролиз раствора, содержащего оксиды цинка и других цветных металлов. Несмотря на качество получаемых продуктов, гидрометаллургические методы не получили широкого распространения из-за высоких эксплуатационных затрат, сложности технологии, дефицита реагентов (кислот, щелочей), загрязнения окружающей среды и тяжелых условий труда [4].