

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Л.ДЕМИН, проф. А.И.ЗИМИН

ГНЦ РФ ОАО "Уральский институт металлов"

Уральский государственный технический университет

Сталеплавильные шлаки (СШ) относятся к вторичным сырьевым материалам, являются продуктом производства стали и представляют собой оксидные системы, образованные в процессе высокотемпературного взаимодействия с кислородом элементов шихты, топлива, флюсов, окислителей и огнеупоров футеровки печи. Их ежегодный выход составляет около 7 млн. т. Учитывая, что переработке подвергается около 50% от выхода текущих шлаков, в отвалах накоплено свыше 250 млн. т шлака.

СШ классифицируют по видам производства (мартеновские, конвертерные и электросталеплавильные), а также различают по периодам плавки: первичные и конечные (окислительные и восстановительные).

По физико-механическим свойствам СШ соответствуют прочным гранитам, грандиоритам и др. природным материалам. Предел прочности их колеблется от 65 до 300 МПа, истираемость в полочном барабане составляет 8-25%, удельная плотность-2,80-4,45 г/см³, насыпная плотность-1580-2100 кг/м³, морозостойкость - более 50 циклов. От природных материалов СШ отличаются склонностью к распаду и наличием металлических включений, содержание которых достигает 20%.

Основными видами продукции являются щебень, песок и щебеночно-песчаные смеси для дорожного строительства, оборотный продукт для металлургии, шлаковая мука для удобрения и мелиорации почв. В небольших объемах СШ используются при получении абразивных, фильтрующих и вяжущих материалов, а также в гидротехнических сооружениях - плотинах, дамбах, причалах и т.д.

Переработка СШ относится к подготовительным процессам и заключается в охлаждении расплава, разрушении, дроблении и измельчении закристаллизованных шлаковых монолитов, с последующей классификацией по размерам, соответствующим товарной продукции.

Короткий интервал температур нарастания вязкости и кристаллизации не позволяет применить известные технические решения для переработки СШ в расплавленном состоянии. Поэтому получение продукции осуществляется преимущественно после затвердевания.

В современных условиях металлургического производства для ускорения оборота чаш применяют технологию термодробления, сущность которой заключается в интенсивном охлаждении водой расплава, слитого на подготовленную поверхность или непосредственно в приемной емкости. При этом температурный градиент вызывает внутренние напряжения в неоднородной структуре шлака, превышающие его прочность. Образуются микротрещины, которые под воздействием внешних нагрузок перерастают в магистральные, вызывая разрушение шлакового монолита до средней крупности 120-150 мм. За счет термодробления ускоряются процессы распада. Так, если охлаждать СШ в естественных условиях на воздухе продолжительность силикатного и известкового распада исчисляется годами, а при термодроблении они протекают в течение 1,5-3 суток.

Наличие металлических включений существенно влияет на технологию переработки СШ. Их прочность в отличие от включений в доменных и ферросплавных шлаках, превышает прочность, на которую рассчитано дробильное оборудование.

СШ относятся к высокоабразивным материалам и по этому показателю соответствуют природным кварцитам. Показатель абразивности I_{30} по методике ВНИИСтройдормаша равен 530-580 г/т.

Учитывая, что основной операцией при переработке СШ является дробление, возникает задача защиты оборудования от попадания недробимых тел и от абразивного износа.

Для дробления СШ преимущественно применяют щековые дробилки. В них развиваются усилия, достаточные для разрушения прочного шлака, а умеренные скорости взаимодействия рабочих органов с дробимым материалом, способствуют снижению износа. Ротор-

ные дробилки, которые лучше переносят воздействие динамических нагрузок от попадания случайных недробимых тел, практически не применяются из-за интенсивного износа рабочих органов. Дробление СШ в конусных дробилках более производительно, чем в щековых, однако возрастает число отказов от попадания недробимых тел, а ремонт конусных дробилок является наиболее трудоемким из приведенных типов.

Обеспечение работоспособности дробильного оборудования в процессах переработки СШ достигают за счет дополнительных операций по подготовке шлака.

Свыше 80% СШ после завершения распада имеют крупность менее 300 мм. Более крупные куски содержат до 35% металлических включений. Поэтому, при подготовке шлака перед дроблением, необходимо ограничить попадание крупных кусков в головную дробилку. Для этого осуществляют отбор негабарита по классу 300 мм, т.е. весь поток шлака предварительно отсортировывают на грохотах или на приемных решетках. Надрешетный продукт додрабливают, извлекают металлические включения и вновь возвращают на сортировку.

Подрешетный продукт также подвергают дополнительной обработке. Его, при помощи питателя, равномерно распределяют на ленте конвейера, над которым размещают грузоподъемные электромагниты и железотделители. Металлические ферромагнитные включения, попадая в зону действия магнитных полей, автоматически притягиваются к полюсным наконечникам и выводятся из технологического потока.

Операции по обнаружению и извлечению немагнитных металлических включений осуществляют при помощи системы: электронный металлоискатель (ЭМИ) - сбрасыватель. ЭМИ настраивают на обнаружение металлического предмета, опасного для дробилки и блокируют со сбрасывателем. Опасный предмет, попадая в зону действия ЭМИ, генерирует в нем сигнал, который осуществляет команду на включение сбрасывателя и автоматически выводится из технологического потока. Такая схема работоспособна при относительно небольшом содержании опасных немагнитных тел. В практических схемах эту операцию, более надежно выполняют операторы.

Снижение износа рабочих органов дробилок достигается за счет выполнения принципа: "не дробить ничего лишнего". Его осуществляют за счет операции предварительной сортировки. Перед дробилкой размещают грохот размер отверстий, которого соответствует размеру выходной щели дробилки. Подрешетный продукт и продукт дробления, при необходимости, объединяют в общий технологический поток и с ним проводят подобный набор подготовительных операций перед очередной стадией дробления.

Таким образом, переработка сталеплавильных шлаков отличается от переработки нерудных материалов наличием дополнительных процессов: охлаждения расплава и закристаллизованного шлакового монолита; стабилизации структуры шлака; обнаружения и извлечения металлических включений и др. Дополнительные процессы повышают затраты на производство товарной продукции. Так, например, энергоемкость производства одной тонны шлакового щебня составляет 4-9, а природного гранитного - 2,8-3,2 Квт час, шлаковой муки до 32, известняковой - 18 Квт час. Однако, сравнивая эффективность производства и технологические свойства аналогичных видов продукции из природных и шлаковых материалов с учетом вскрышных и горных работ, предпочтение имеют СШ.

В то же время после выхода из плавильного агрегата СШ находится в жидком, подвижном состоянии и получение готового продукта можно осуществить с меньшими затратами и большей эффективностью.

С этой целью разработана технология переработки СШ в расплавленном состоянии, включающая охлаждение, формирование структуры и крупности шлака на движущихся металлических телах в замкнутом объеме. Роль энергоносителя в данном случае выполняют металлические шары, помещенные в замкнутую полость и вода, которая подается на поверхность шаров и на расплав. Движение металлическим телам передается за счет вращения цилиндрической обечайки, собранной из колосников. Расплав шлака, попадая на поверхность движущихся металлических тел, охлаждается за счет двухстороннего отвода тепла, разрушается под действием движущихся шаров и приобретает устойчивую структуру в течение нескольких минут.

Скорость перемещения металлических тел, подача расплава в замкнутую полость и подача воды на охлаждение расплава, рабочих тел и узлов машины поддается регулированию. На выходе из агрегата для переработки расплавленного шлака можно получить материал с заданными свойствами в частности по структуре, зерновому составу, плотности и др. При отработке технологии в опытных условиях получены плотный и пористый щебень, остеклованный граншлак и закристаллизованный песчаный материал. Технология и оборудование для переработки СШ в жидком состоянии находится в стадии промышленного освоения и открывает новые возможности в направлении производства строительных материалов из СШ.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

проф. А.И.ЗИМИН, инж. И.А.ЗИМИН

Уральский государственный технический университет

Ведущей отраслью стройиндустрии является производство стройматериалов, объемы которого определяются эффективностью работы механического, и прежде всего, дробильного и сортировочного оборудования [1,2].

Ключевой задачей повышения эффективности дробильного оборудования является определение спектра нагрузок, возникающих при дроблении полезных ископаемых, решение которой предопределяет возможность реализации следующих мероприятий, направленных на повышение его надежности.

По результатам обобщения опубликованных работ, опыта эксплуатации дробильно-сортировочного оборудования и выполненных в работе теоретических и экспериментальных исследований определен спектр нагрузок, возникающих при взаимодействии рабочих органов дробилок с перерабатываемым материалом.

Выявлено, что нагрузки на рабочие органы дробилок и мельниц (щековых, конусных, роторных и молотовых) носят случайный пульсирующий характер с частотой синхронной с движением рабочих органов (циклическая составляющая), на которые накладываются нагрузки с более высокой частотой (случайная составляющая), совпадающие с моментами разрушения отдельных кусков (табл. 1).

Таблица 1

Параметры взаимодействия рабочих органов дробилок с кусками дробимых горных пород.

Тип Дробилок	Скорости сближения рабочих органов с кусками, м/с	Время взаимодействия, 10^{-3} с	Скорости проскальзывания рабочих органов, относительно кусков, м/с	Путь трения, 10^{-4} м	Усиление дробления, МН	Частота циклической составляющей, c^{-1}
ЩДП-9x12	0,24	2,2 + 61,3	0,084	16,7	5,13*)	2,83
ЩДП-12x15	0,27	2,5 + 68,8	0,091	20,1	7,27*)	2,50
ЩДП-15x21	0,28	3,1 + 90,2	0,096	27,7	11,37/25,8*)	2,08
ЩДС-П-6x9	0,54	2,8 + 14,2	0,663	46,8	1,3 + 3,1	4,17
ККД-1500/180	0,26	10 + 347,0	0,200	62,8	7,5+9,0/17,0	1,33
КСД-2200	1,19	9 + 42,9	0,762	145,0	1,6	3,73
ДРК 20x16 (СМД-87)	20,0+35,0	0,9 + 1,1	20,0 + 35,0	2,0 + 385,0	0,3 + 53,2	12,7-22,3
М-20-20 (СМД-97)	62,8	0,61	62,8	1,7 - 375,0	0,2 - 47,4	60
ММТА 2000/2150/730	80	0,55	80	0,8 - 440	0,15	59

*) При дроблении горных пород крепость $f = 14$ единиц по шкале М.М.Протождяконова, знаменатель – наибольшее значение.

Разработаны формулы для расчета удельного расхода (ресурса) рабочих органов дробилок (табл.2), обеспечивающие выбор рациональной конструкции рабочих органов повышенной надежности, периодичность технического обслуживания и ремонта, экономически обоснованного выбора типов дробилок при проектировании и эксплуатации схем [1].