

Средний уровень изменения остаточного кручения в процессе релаксации для металлокорда $2 \times 0,30$ SHT составил $-1,31$ об/м. Средний уровень роста отклонения от прямолинейности в процессе релаксации для металлокорда конструкции $2 \times 0,30$ SHT составил $17,4$ мм/600 мм. По уровню максимальной стрелы прогиба имеются отдельные катушки с непрямолинейностью более 40 мм и только в одной партии.

На рис. 5 показано долевое распределение средних значений по непрямолинейности: при съеме катушек с канатных машин на канатном участке и после 3-суточной выдержки на линии инспекции.

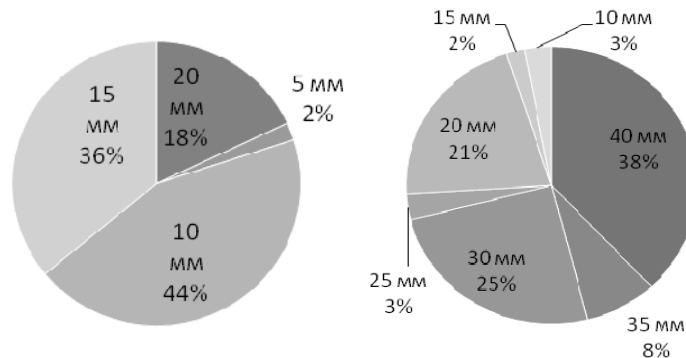


Рис. 5. Распределение уровней непрямолинейности металлокорда на КУ и ЛИ

Согласно анализу данных, представленных на рис. 5, видно, что основная масса образцов металлокорда с канатных машин с непрямолинейностью 10–15 мм/600 мм после 3-суточной выдержки перемещается до уровня 30–40 мм/600 мм.

Определены значения технологических параметров металлокорда, полученные с применением роликов обратной деформации. Угол между направляющим роликом и роликом обратной деформации должен составлять 90° . Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии роликов обратной деформации на конечную дугу прогиба металлокорда в процессе релаксации.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ

Е. С. Тимофеев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. А. Жаранов

В электродуговых печах на каждую тонну жидкой стали образуется 10–30 кг пыли из соединений железа, марганца, алюминия, кремния, магния, хлора, хрома и фосфора. Большое количество вредных выбросов образуется как при подготовительных работах, так и при последующей обработке металлов. Необходимость снижения пылеобразования и разработки технологии утилизации пыли обусловлена негативным воздействием пыли на окружающую среду и здоровье человека.

В литературе нет принятой методики количественной оценки интенсивности пылеобразования по технологическим параметрам. Рекомендации по оценке пылевыделения позволяют прогнозировать и контролировать твердые выбросы. Изучение

процессов дугового испарения и свойств пыли (рис. 1) позволяет определить условия минимального пылеобразования, а также использование собранной из систем очистки пыли. Объективные данные по составу и объемам выбросов позволяют выбрать адекватные средства защиты окружающей среды для каждого агрегата и принять наиболее экономичные решения при организации или реконструкции плавильных отделений металлургических и литейных цехов.

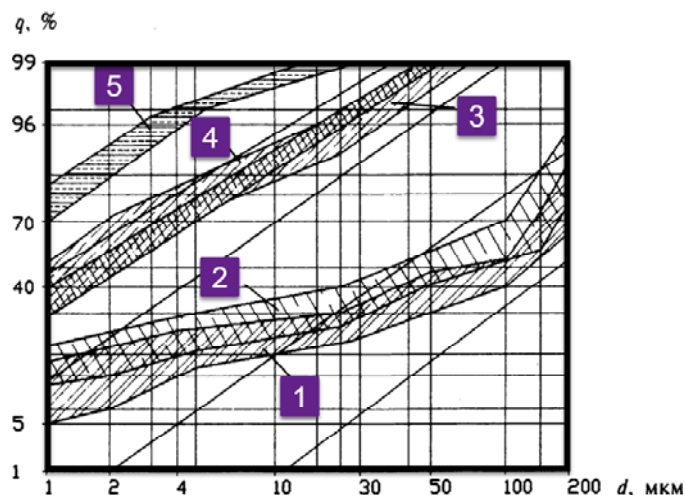


Рис. 1. Дисперсный состав аэрозолей плавильных печей:
1 – вагранка холодного дутья; 2 – вагранка горячего дутья;
3 – электродуговая печь; 4 – индукционная печь; 5 – конвертер

Потеря металла в виде пыли при удалении его из печи снижает объем выплавки годного на 2–5 %. Для металлургического предприятия с годовым производством стали 1 млн т запыленность может достигать 32000 т в год. Основная часть плавильной пыли не перерабатывается, а идет в хранилища и шламонакопители, несмотря на то, что данная пыль является ценным вторичным сырьем. По химическому составу пыль, выбрасываемая из электросталеплавильных печей, состоит преимущественно из оксидов железа. В период расплавления суммарное количество окислов железа составляет около 80 %, в период кипения (при продувке кислородом) – 62 %, в период доводки – 53 %.

Главными причинами проблем с улавливанием и утилизацией плавильной пыли являются ее дисперсность и нестабильный химический состав.

Согласно теории испарительного механизма пылеобразования, расплавленная пыль является материалом первичной зоны реакции, который испаряется, а затем восходящий пар конденсируется в низкотемпературной части печи. Согласно теории механизма диспергирования большую роль в образовании частиц играет лопание пузырьков оксида углерода при активном кипении стальной ванны.

Основную часть пыли ДСП представляют мелкие частицы (менее 20 мкм) в основном сферической формы размерами 0,2–20 мкм. Определены сферические частицы трех типов: гомогенные, по составу соответствующие металлу ванны или шлаку; гетерогенные (дендриты железа с включениями стекловидной фазы), состоящие из шлака и металла, обогащенного Zn; нанометровые – из чистого ZnO, в основном монокристаллы. Частицы размером менее 2 мкм часто присутствуют в виде агломератов таких частиц или скоплений мелких частиц вокруг больших, также встречаются полые частицы, когда их диаметр превышает 2–3 мкм.

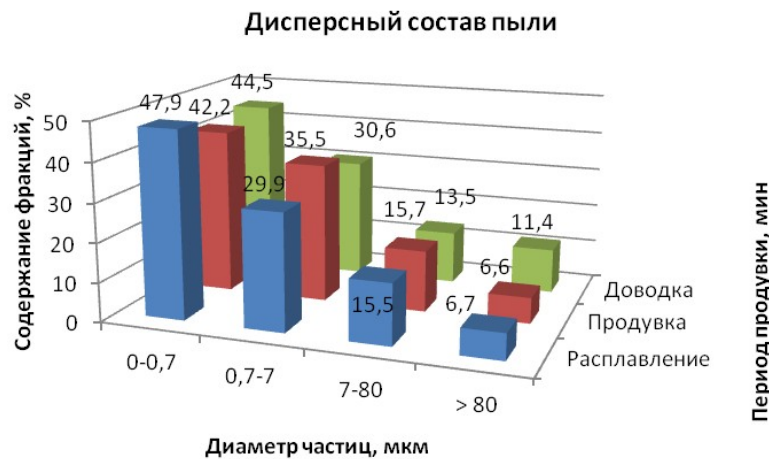


Рис. 2. Дисперсный состав пыли в газах, выходящих из электропечей, выплавляющих хромистые и среднеуглеродистые сплавы

Многочисленные исследования показали, что скорость пылевыведения зависит от тепловых факторов (температура зоны реакции, содержание примесей и скорость горения, температура ванны металла), а также аэродинамических и технических факторов (интенсивность тепломассопереноса, площадь поверхности зоны реакции, потребление кислорода, скорость шлакообразования и др.).

Основным доказательством испарительного механизма образования плавильной пыли является малый размер ее частиц – менее 1 мкм. Данное обстоятельство может быть также подтверждено химическим и морфологическим составом частиц пыли.

Для определения химического состава плавильной пыли необходимо предварительно определить массу всех основных испарившихся компонентов расплава. Сумма данных величин принимается за 100 % плавильной пыли. Затем по общей массе пыли определяется процентная доля каждого компонента, т. е. химический состав образующейся пыли. Способы снижения выбросов делятся на два основных вида: первичные мероприятия, направленные на подавление процесса образования отхода, и вторичные – улучшение способа отвода загрязненной газовой смеси и усовершенствование газоочистного оборудования. В сталеплавильном производстве применяют оба вида природоохранных мероприятий.

Анализ результатов численного исследования математической модели процесса пылеобразования в сталеплавильных печах подтвердил, что основным фактором, влияющим на массу образующейся плавильной пыли, является температура реакционной зоны, определяемая теплом окисления примесей или подводом энергии извне. Наиболее эффективным способом снижения выбросов плавильной пыли из конвертеров и ДСП является уменьшение температуры реакционной зоны в сталеплавильных печах.

По результатам расчетов установлено, что скорость дистилляции и, следовательно, масса пыли находятся в экспоненциальной зависимости от температуры реакционной зоны. Очевидно, что наиболее эффективным мероприятием по снижению выбросов пыли является снижение температуры реакционной зоны, особенно при достижении $T_{p,z}$ высоких значений (более 2300 К). Тем не менее корректировку данного параметра следует проводить в пределах, не нарушающих технологический регламент плавки, поскольку это может привести к ухудшению экономических и экологических показателей всего процесса.

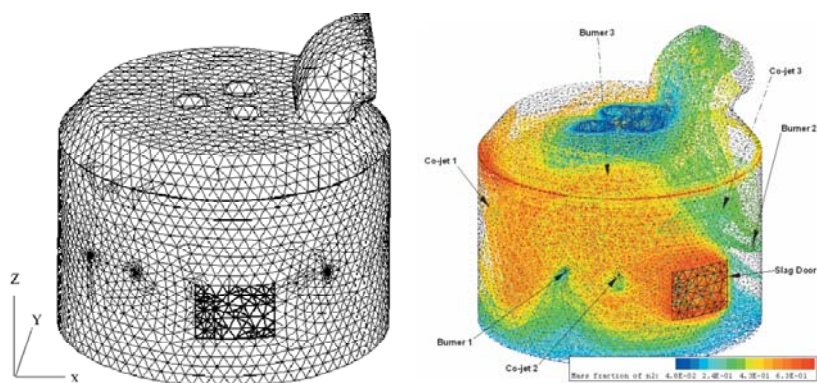


Рис. 3

Проведенные численные исследования математического описания образования плавильной пыли показывают, что значительно увеличить размер частиц плавильной пыли в процессе ее образования невозможно, так как это обусловлено закономерностями процессов испарения и конденсации паров жидкости. Для повышения эффективности ее улавливания пылеочистными аппаратами различного типа необходимо использовать различные способы ее коагуляции: на каплях жидкости, в электростатическом, магнитном и акустическом полях. Для улучшения улавливания выбросов плавильной пыли следует усовершенствовать конструкцию укрытия печей и не допускать образования неорганизованных выбросов в атмосферу в периоды наиболее интенсивного пылевыделения, а также использовать газоочистное оборудование, рассчитанное на улавливание пыли размеров менее 1 мкм, и применять способы коагуляции частиц пыли.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА ШИХТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ЕМКОСТИ

Н. О. Магомедов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. А. Жаранов

Дуговые печи обладают высокой производительностью и возможностью получать металл высокого качества из различной шихты. Однако они используют весьма дорогой энергоноситель – электричество. Так как в процессе работы печи образуется пыль, вредные вещества, высокотемпературные газы, необходимо осуществлять природоохранные мероприятия, что означает затрату еще большего количества электроэнергии. На рис. 1 представлены лишь некоторые из наиболее значимых мероприятий, внедрение которых привело к сокращению удельных затрат электроэнергии при дуговой плавке в 2,5 раза, расхода электродов в 4,3 раза, продолжительности плавильной кампании почти в 5 раз. При всей условности приведенных зависимостей, интерполированных до 2025 г., можно заметить, что если технологические возможности плавки – показателями чего являются производительность (длительность кампании) и удельный расход электродов – близки к максимально возможным для ЭДП, то в отношении удельных затрат электроэнергии перспективы далеко не исчерпаны.