



The main ways of intensification of melting processes in the modern high-capacity electric arc furnaces of alternating current are examined, their advantages in the field of application are shown.

В. А. МАТОЧКИН, В. Ю. ГУНЕНКОВ, РУП «БМЗ», Д. Н. АНДРИАНОВ, БИТУ,
А. И. РОЖКОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.187.25

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

В настоящее время электродуговые сталеплавильные печи (ДСП) стали основным металлургическим агрегатом, в котором осуществляется выплавка полупродукта для последующего производства стали как рядового качества, так и легированных. ДСП вместе с установками внепечной обработки металла и машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) позволяют при значительно меньших затратах энергии и минимальном влиянии на окружающую среду получать высококачественную сталь.

Основным сырьем для ДСП является амортизационный лом, хотя для выплавки может быть использовано и первородное металлургическое сырье, такое, как губчатое железо, металлизированные окатыши, брикеты и т.д.

Металлолом содержит скрытую энергию, затраченную на восстановление железных руд, поэтому на получение 1 т стали из лома необходимо затратить примерно 30% той энергии, которая необходима для переплава руды в доменной печи и затем для обработки чугуна в конвертере [1].

Структура себестоимости производства стали в ДСП на РУП «Белорусский металлургический завод» показывает, что наибольшие расходы приходятся на потребление электроэнергии. Поэтому задача сокращения времени плавки под током не только будет способствовать повышению производительности, но и снизит удельное потребление электроэнергии [1].

Общая задача организации работы ДСП сводится к максимальному ускорению процесса выплавки полупродукта, одновременно с процессом плавления происходит дефосфорация.

Плавка с использованием остатка расплава от предыдущей плавки позволяет закрыть подину, защитив ее от опасности прожога мощными дугами, что дает возможность в течение 1–2 мин выйти на предельную мощность. Наличие в печи остатка от предыдущей плавки дает возможность точно дозировать необходимое количество полу-

продукта, выпускаемого в ковш. Оставленный шлак облегчает шлакообразование, способствуя устойчивому горению дуг. Обеспечивается эффективная подача кислорода практически с момента начала плавки. При подаче кислорода во время плавления поддерживается низкая температура ванны и фосфор легко переходит в шлак.

При завалке шихты в два приема в подвалку наиболее эффективно загружать примерно 30–35% от всей массы шихты. Основанием этой рекомендации служит требование поддерживать максимум мощности дуг на протяжении почти всего плавления, для чего необходимо максимальное заполнение печи (вплоть до 80% объема), что также минимизирует тепловые потери излучением на стены.

Предварительный подогрев шихты ускоряет процесс плавления не только за счет дополнительной теплоты, но и благодаря лучшим условиям горения мощных дуг [2].

Для экранирования длинных дуг к моменту их возможного раскрытия в печи должен быть сформирован вспененный шлак с толщиной не менее длины дуги. Если дуга будет погружена в шлак примерно на половину своей длины, жидкой ванне будет передаваться примерно 65% энергии, а в случае полного погружения – около 93%. Пенный шлак поддерживается периодическими присадками шлакообразующих элементов и углеродсодержащего реагента, который также является дополнительным источником энергии. Для поддержания вспененных шлаков должны быть выполнены следующие основные условия: основность шлака более 1,7; вдувание кислорода для поддержания кипения ванны; содержание углерода в ванне более 0,8% или присадка науглероживателя в шлак.

Применение топливно-кислородных горелок (ТКГ) в зонах печи, где наблюдаются пониженные температуры, позволяет получить ровный фронт плавления. Использование газообразного

кислорода позволяет не только окислить примеси, но ускорить процессы расплавления шихты и интенсифицировать процессы теплообмена в наплавляемой ванне за счет поддержания ее кипения. Соответственно меняющимся условиям плавки трансформируются и способы ввода кислорода в ДСП. При плавлении его подают через нефутерованные стальные трубки, а также через ТКГ с избытком к расходуемому топливу. Доплавление и нагрев металла ведут с помощью либо расходных трубок с покрытием, либо водоохлаждаемых сводовых или стеновых фурм. Кроме того, кислород можно подавать при помощи дверной водоохлаждаемой фурмы, а также манипулятора ввода стальных трубок через рабочее окно. При продувке кислородом жидкой ванны наблюдается интенсивное образование монооксида углерода, который затем можно дожечь до образования CO_2 [2].

При всех обстоятельствах в дуговой печи существуют по меньшей мере три зоны в межэлектродном пространстве со сравнительно меньшим тепловым потенциалом, где применение ТКГ наиболее предпочтительно.

Режим сжигания топлива в ТКГ можно регулировать в соответствии с характером протекающего процесса — от обеспечения восстановительной атмосферы до высокоокислительной за счет изменения коэффициента избытка кислорода от 0,7 до 1,4 и более. Ускорение плавления шихты и снижение потребления электроэнергии тем заметнее, чем меньше мощность печного трансформатора.

При малой длительности периода плавления и всего цикла плавки в современных высокомошных печах увеличению максимальной мощности ТКГ препятствуют два фактора: интенсивность теплообмена между факелом и шихтой, а также полнота сжигания топлива. Для решения первой задачи предлагается организовать такие факелы, которые бы за счет повышенной кинетической энергии были бы в состоянии пронизывать слои шихты на значительную глубину, омывая с высокими скоростями возможно большую поверхность кусков шихты и отдавая тепло преимущественно путем конвекции.

Обеспечению необходимой полноты сжигания препятствует резкое локальное повышение температуры отдельных зон, что предлагается решать при помощи специальных поворотных ТКГ, однако их применение не всегда экономически целесообразно. В настоящее время появились ТКГ с возможностью одновременного вдувания и сжигания кислорода и порошкообразного углеводородного топлива [3].

Применение донной продувки позволяет при помощи инертного газа производить перемешива-

ние расплава со шлаком, мелкие пузырьки оказывают фильтрующее воздействие на металл, кроме того, это способствует усреднению температуры и химического состава металла [4]. При использовании донной продувки содержание фосфора в металле после расплавления в 1,3–1,5 раза, а серы в 1,2 раза меньше, чем без продувки [5].

Кроме того, задача повышения производительности ДСП решается увеличением мощности печного трансформатора, коэффициента его использования, повышением емкости печи, работой ДСП с перегрузом, сокращением длительности бестоковых технологических операций.

Однако интенсивный ввод различных видов энергии в печь связан с применением водоохлаждаемых элементов, способных противостоять этим нагрузкам. Стойкость водоохлаждаемых панелей также оказывает влияние на производительность ДСП. В настоящее время уже появились полностью автоматические системы, которые замеряют толщину остаточного слоя огнеупоров и производят при необходимости ремонт отдельных участков футеровки ДСП [6].

Еще одним эффективным способом повышения производительности ДСП является снижение температуры перегрева металла в печи. Наиболее эффективными приемами, способствующими этому процессу, являются:

- заблаговременный высокотемпературный разогрев футеровки ковшей;
- эта же операция и по отношению к материалам, применяемым в процессе доводки;
- применение эффективных теплоизолирующих материалов в футеровке ковшей, а также теплоизоляционных крышек ковша в течение, по возможности, большего времени пребывания металла в ковше.

Литература

1. Итоги науки и техники. Производство чугуна и стали. Т. 19.
2. Смирнова Е.Ю., Миронова А.Н. Использование тепла отходящих газов ДСП для подогрева шихты // Электromеталлургия. 2003. №2. С. 13–19.
3. Моксон П., Абель А., Кнапп Х., Кук Р. Применение системы RCV для вдувания кислорода в электродуговые печи // Черные металлы. 2004. №4. С. 89–92.
4. Щербина В.Н., Пильчук Р.Н., Касьян Г.И., Гарченко А.С. Современная технология производства электростали // Бюл. «Черная металлургия». 2003. №10. С. 47–49.
5. Гуляев М.П., Филиппов В.В., Эндерс В.В. и др. Донная продувка металла инертными газами в дуговой сталеплавильной печи // Электromеталлургия. 2001. №10. С. 10–15.
6. Хенке Р., Шеферс К., Васмут К. и др. Автоматическая система измерения и ремонта огнеупорной футеровки в печах фирмы Buderus // Черные металлы. 2003. №2. С. 32–35.