

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВКИ В МОЩНОЙ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

В настоящее время роль дуговой электросталеплавильной печи сводится только к расплавлению металла, проведению процессов дефосфорации и частичной десульфурации и нагреву металла до температуры выпуска (1590 – 1650°C), т.е. к выпуску полупродукта. Современные печи снабжены водоохлаждаемыми элементами стен и свода. Выпуск стали выполняется через донное отверстие (угол наклона печи уменьшился до 15° вместо 45°), соответственно, сократилась длина короткой сети печи. Скорости наклона печи и отворота свода существенно увеличены (до 3° в секунду). Мощность печного трансформатора возросла до емкости печи 800 кВА/т.

Окончательная доводка металла до необходимого качества осуществляется на установке печь-ковш, снабженной трансформатором мощностью 200 – 250 кВА/т емкости.

Реконструкция электросталеплавильного производства позволила этому способу выплавки стали успешно конкурировать с кислородно-конвертерным, в том числе и при производстве рядовых и конструкционных углеродистых марок сталей. Возникла технологическая линия, включающая, помимо дуговой печи и установки ковш-печь, также и установку непрерывной разливки стали.

В настоящее время производительность технологической линии дуговая печь – печь-ковш – МНЛЗ для массы стали на выпуске из печи 120 т достигла 1,2 млн. т литых заготовок в год. Подобные успехи в развитии электросталеплавильного производства позволили довести объемы выплавки стали этим способом в промышленно развитых странах до 30 % и более от общего объема (в России – порядка 15 %).

В связи с этим актуальным становится вопрос об особенностях плавки в современной мощной дуговой печи, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели этого способа производства стали, и методиках прогнозирования технических показателей проектируемых для работы по данной технологии печей.

Для проведения расчетов и исследования влияния технологических параметров плавки на ее технические показатели была использована методика, предложенная кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Стали и сплавов» СПбПУ Михайловским В.Н.

Очень важным моментом в технологии плавки в современной дуговой электропечи является работа на жидком старте, т. е. с оставлением части металла и шлака (10 – 15 %) в печи. Главным в этом технологическом процессе является исключение взаимодействия окислительного печного шлака (до 27 – 30 % FeO) с металлом, передаваемым на внепечную обработку, что обеспечивает создание благоприятных условий для рафинирования металла. Кроме того, наличие на подине жидкого металла и шлака обеспечивает благоприятные условия для раннего шлакообразования в процессе плавки и зажигания вводимых углеродсодержащих материалов в завалку, исключает возможность прожигания дугами подины печи и необходимость ее заправки после слива металла, что сокращает длительность плавки. Этот факт позволяет в расчетах предполагать, что печь сразу после зажигания выходит на максимальную мощность – и сохраняет ее до конца плавки.

В качестве интенсификатора процесса плавления в электроплавке используется природный газ. Связано его использование со сравнительно низкой стоимостью полезно используемой теплоты сгорания (в 1,2 раза ниже, чем от использования электрической энергии – в европейских условиях, – и в 2,5 раза ниже – в российских); увеличением потока тепла, передаваемого металлошхте, и, следовательно, сокращением продолжительности плавки, при работе газокислородных горелок одновременно с горением электрических дуг; благоприятным воздействием тепла газокислородных

горелок на процесс оседания шихты.

За основу для расчета продолжительности работы газокислородных горелок приняты следующие условия: удельная мощность трансформатора 800 кВА/т жидкой стали, мощность установленных газокислородных горелок 250 кВт/т жидкой стали, продолжительность нагрева металлошихты можно принять равной 11 минут. Тогда расход природного газа определяется по формуле:

$$g_{\text{прг}} = \frac{Q_{\text{гор}} \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{наг}}}{Q_{\text{прг}}} \text{ м}^3/\text{т жидкой стали}.$$

Нагреву горелками подвергается только твердая часть металлошихты (за исключением губчатого железа, которое подается в печь через свод в жидкую ванну металла). Естественно, продолжительность нагрева газокислородными горелками увеличивается с уменьшением удельной мощности трансформатора и мощности газокислородных горелок. Тогда для определения продолжительности нагрева металлошихты газокислородными горелками, можно предложить следующую зависимость:

$$\tau_{\text{наг}} = \frac{11}{60} \cdot \frac{800 \cdot 250}{S_{\text{уст}} \cdot Q_{\text{гор}}} \cdot 0,001 \cdot (G_{\text{мч}} + G_{\text{СК}} + G_{\text{л}}) \text{ ч}.$$

Еще одна особенность плавки в современной дуговой печи – это использование кислорода для интенсификации процесса. Современная плавка в дуговой печи использует до 35 – 40 м<sup>3</sup> кислорода/т стали, из этого количества 10 – 15 м<sup>3</sup> кислорода затрачивается на сжигание природного газа. Кроме того, совместное и одновременное использование для окисления и нагрева примесей шихты кислорода и электрической энергии обеспечивает еще и сокращение длительности плавки.

Использование печных трансформаторов с удельной мощностью 800 – 1000 кВА/т емкости печи сопровождается увеличением напряжения на дуге до 800 – 900 В, что, в свою очередь, приводит к увеличению длины дуги более чем 400 мм. С целью экранирования дуг используется технология работы под пенным шлаком. Вспенивание шлака обеспечивается вводом в шлаковый расплав углеродсодержащих материалов в струе кислорода или осушенного воздуха (в пределах 5 – 10 кг/т жидкой стали).

Количество вводимых в процесс углеродсодержащих материалов определено на основании обработки гарантийных показателей фирмы SMS Demag для плавки в дуговой электросталеплавильной печи емкостью 140 т (болото – 20 т) с трансформатором 95 МВА:

$$g_{\text{к}}^{\text{с}} = \frac{17 + 0,01 \cdot G_{\text{зжс}} \cdot C_{\text{зжс}}^{\text{зав}} - C_{\text{у}} - C_{\text{всп}}}{0,01 \cdot C_{\text{к}}}, \text{ кг/т жидкой стали}.$$

Поскольку в шахтной печи, в отличие от обычной дуговой, имеется дополнительный приход тепла от нагрева металлошихты отходящими газами, то возможно сокращение в ванне углерода, поступающего из всех источников, до 15 кг вместо 17 кг для обычных дуговых печей:

$$g_{\text{к}}^{\text{к}} = \frac{15 - C_{\text{у}} + 0,01 \cdot (G_{\text{зжс}} \cdot 0,166(FeO)_{\text{зжс}} + 0,01 \cdot g_{\text{жр СК}} \cdot G_{\text{СК}} \cdot [0,225(Fe_2O_3)_{\text{жр СК}} + 0,166(FeO)_{\text{жр СК}}]) - C_{\text{у вст}}}{0,01 \cdot C_{\text{к}}}.$$

Расход электроэнергии на плавку можно определять по разнице между приходной и расходной частями теплового баланса плавки, поскольку именно за счет нее покрывается дефицит тепла в электропечи.