



*А. В. АФОНАСКИН, И. Д. АНДРЕЕВ, В. Д. ДОРОВНИЙ,  
Д. В. КНЯЗЕВ, В. С. МАЛИНОВСКИЙ, ОАО "Курганский машиностроительный завод, г. Курган (Россия)*

## **О РАБОТЕ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА СЧЛЗ ОАО «КУРГАНМАШЗАВОД»**

На ряде предприятий России остро стоит вопрос старения основных фондов, их низкая конкурентоспособность и вредное воздействие производства на окружающую среду.

На машиностроительных предприятиях большой вред окружающей среде наносят плавильные печи, в том числе дуговые, работающие на переменном токе. Традиционным способом защиты воздушного бассейна от вредного воздействия плавильных цехов является строительство мощных сооружений пылегазоочистки, затраты на создание которых соизмеримы со стоимостью самого цеха, а это снижает и так низкую рентабельность производства литья.

На СЧЛЗ ОАО "Курганмашзавод" с июня 2000 г. осуществляется плавка стали и чугуна в дуговой печи ДППТУ-5А, работающей на постоянном токе. За это время специалистами завода приобретен опыт работы на дуговой печи нового поколения, накоплен фактический материал эффективности нового плавильного агрегата. При переводе плавки черных металлов с переменного тока на постоянный было произведено агрегатирование двух печных трансформаторов с установленной мощностью 420 КВА каждый. Были сохранены две плавильные ванны с основной футеровкой. На две плавильные ванны имеется один преобразователь.

Такое решение подключения электропитания плавильных ванн позволяет наиболее рационально использовать возможности плавильного агрегата с небольшим сдвигом во времени, осуществлять плавку в одной ванне легированной стали, в другой — чугуна или углеродистых и других сталей. Пока идет расплавление и доводка металла в одной ванне, в другой идет подготовка к плавке — заправка печи, завалка шихты. После выпуска плавки производится переключение электропитания на подготовленную к плавке ванну.

Сталечугунолитейный завод производит отливки из углеродистых, конструкционных легированных и высоколегированных, высоколегированных со специальными свойствами марок сталей. Всего более 20 марок, а также отливки из серого и высокопрочного чугуна.

Как правило, высоколегированные марки, получаемые методом переплава, плавятся в печи ДППТУ-5А, работающей на постоянном токе, в ванне с основной футеровкой. В связи с тем что большое количество отливок, выпускаемых СЧЛЗ, работает под высоким давлением 400—700 атм, предъявляются повышенные требования к качеству металла по содержанию газа и неметаллических включений.

Наиболее благоприятные условия для удаления из металла газов и неметаллических включений создаются в электродуговой печи постоянного тока.

Главной, преимущественной особенностью печи ДППТУ-5А перед печью ДС-5МТ является процесс перемешивания жидкого металла. В этом случае создаются благоприятные условия, еще до проведения окислительного периода, для удаления из расплава газов и неметаллических включений, так как нижние слои металла выносятся на поверхность и так на протяжении всей плавки. Перемешивание металла приводит к однородности химического состава металла по всему объему ванны и одинаковой температуре во всех точках расплава. Особенность плавки металла в печи постоянного тока — это плавление всей поверхности и объема ванны, а не проплавление колодцев под электродами как в печи переменного тока.

К концу периода расплавления на откосах печи практически не остается нерасплавившихся кусков шихты и сталевару (плавильщику) нет необходимости сталкивать с откосов шихту в зону дуг. Кроме того, образующаяся в процессе расплавления воронка, расширяющаяся вверх, исключает обрушивание шихты и связанную с этим явлением поломку электрода.

В связи с переходом дуги по всей поверхности шихты в ванне и одновременным проплавлением по всей поверхности шихты в ванне время расплавления металла в печи постоянного тока уменьшается по нашим наблюдениям примерно на 15—20%.

Так как происходит постоянное перемешивание металла и его эффективный контакт со шлаком, то рудный "кип" проходит быстро и эффек-

тивно. За счет этого нам удалось значительно сократить продолжительность окислительного периода.

Важное значение имеет правильно выбранные электрические режимы плавки металла для экономного расходования электроэнергии, максимального снижения пылегазовыбросов и значительного уменьшения шума при горении дуги.

За истекшее время нами отработаны наиболее оптимальные электрические режимы плавки.

I период — начало расплавления. Последовательное включение секций преобразователя, ток устанавливается 3 КА и напряжение 200 В. Постоянно ток доводится до 7,5 КА и напряжение до 550—560 В. В это время работает один подовый электрод. Ступень трансформатора 5. На таком режиме при завалке 5 т шихты идет работа в течение примерно 12 мин.

II период. Секция преобразователя переключается на параллельный режим работы при токе 15 КА и напряжении примерно 260 В. В это время включены оба подовые электрода. Ступень трансформатора 5. Примерно через 3 мин работы на этом режиме включается перемешивание расплава и до окончания плавки не выключается.

III период. Включение секций преобразователя параллельное, сила тока 15 КА, напряжение 190—210 В, ступень трансформатора 4. Такой режим плавки для нас наиболее оптимальный, так как время плавки от включения до выпуска составляет 50—60 мин; шум при горении дуги минимальный; выделение выбросов также минимальное.

За непродолжительное время работы плавильной печи постоянного тока нами получены некоторые сравнительные данные. Так, концентрация пыли в отходящих газах снизилась почти в 2 раза, а концентрация марганца — в 17,4 раза. Замеры выбросов пыли при плавке стали 110Г13Л в печи ДППТУ-5А составили: пыль — 0,33007 г/с при ПДВ 0,9853 г/с. При плавке стали в печи переменного тока выбросы составляют 2,6736 г/с. Достижение пылегазовыбросов ниже ПДВ позволяет при переводе плавки с переменного тока на постоянный отказаться от строительства дорогостоящих сооружений для очистки и улавливания отходящих пыли и газов. Расход электроэнергии был проанализирован при выплавке марганцовистой стали 110Г13Л.

Наилучший результат был получен по расходу электроэнергии — 392 кВт·ч/т. В целом расход электроэнергии колеблется довольно в широких пределах: от 400 до 700 кВт·ч/т, что связано с организацией производства (легковесная шихта и связанные с этим подвалки, простой печи в ожидании форм и др.). При устранении этих недостатков печь стабильно выходит на расход электроэнергии примерно 450—500 кВт·ч/т. Например, в октябре 2001 г. при наличии простоев и подвалок средний расход электроэнергии составил 551,2 кВт·ч/т,

причем было выплавлено около 1 тыс. т стали, в ноябре — 541,2, в феврале 2002 г. — 560 кВт·ч/т.

В целом расход электроэнергии при плавке одинаковых марок металла в печи постоянного тока на 15—20% меньше, чем в печи переменного тока.

Также был проанализирован расход графитизированных электродов при выплавке стали 110Г13Л в печи постоянного и переменного тока. Расход электродов учитывался на 23 плавках в печи ДППТУ-5А (было выплавлено 124,2 т) и 12 плавках в печи ДС-5МТ (было выплавлено 62,4 т). В печи постоянного тока было израсходовано 173 кг электродов, или 1,39 кг/т, в печи переменного тока — 346 кг электродов, или 5,54 кг/т.

Таким образом, в печи постоянного тока расход электродов уменьшился в 3,88 раза.

При плавке в печи переменного тока ДС-5МТ температура металла у подины на 50—70°C ниже, чем у поверхности ванны. Это вынуждает прибегать к перегреву сплава, что ведет к дополнительному расходу электроэнергии, удлиняет процесс плавки. Печь постоянного тока лишена этого недостатка и имеет одинаковую температуру во всех точках сечения ванны.

Однородность химического состава и температуры по всему объему ванны, а также уменьшение неметаллических включений в расплаве, связанных с перемешиванием металла, значительно увеличивает степень переохлаждения при кристаллизации и, как следствие, создаются благоприятные условия для получения мелкозернистой структуры металла отливки. Это подтверждается полученными нами результатами на стали 110Г13Л. Так, стрела прогиба возросла от 2,5—2,8 мм металла из печи переменного тока до 3,6—4,4 мм стали из печи постоянного тока.

На ОАО "Курганмашзавод" в электродуговых печах ДС-5МТ выплавляются серые чугуны различных марок: от СЧ15 до СЧ30. Содержание перлита в чугунах возрастает с повышением марки от П45, Ф55 до П в СЧ30. Плавка исходного чугуна для ВЧ осуществляется в дуговой печи с основной футеровкой. С внедрением в производство дуговой печи, работающей на постоянном токе, процесс десульфурации значительно облегчился и ускорился за счет перемешивания металла и его активного взаимодействия со шлаком, основность которого составляет более 2. В результате мы всегда имеем содержание S в исходном чугуне менее 0,01%. Это позволяет уменьшить расход магниевой лигатуры до 1,0—1,2%. В связи с этим за счет глобулизации неметаллических включений в ЧГШ заметно возрастают механические и пластические свойства. Так, чугун с содержанием элементов 3,58% С, 2,13% Si, 0,68% Mn, 0,007% S, 0,06% P, 0,17% Cr, 0,05% Ni имеет предел прочности 60,6 кг/мм<sup>2</sup>, а относительное удлинение — 12%. Чугун химического состава С — 3,23%, Si —

2,65, Mn — 0,58, S — 0,004, P — 0,06, Cr — 0,17, Ni — 0,06% имеет предел прочности 68 кгс/мм<sup>2</sup>, а относительное удлинение — 8,4%. Таким образом, плавка исходного чугуна в дуговой печи постоянного тока за счет интенсивного перемешивания металла в процессе плавки и его активного взаимодействия со шлаком позволяет значительно повысить пластичность ЧШГ при одновременном возрастании механических свойств.

Угар металла при плавке в печи постоянного тока уменьшился с 6,0—6,4 до 0,5—1,0%. Это дает дополнительно 50—60 кг металла на каждую тонну выплавленной стали.

Экономия ферромарганца за счет снижения угара составила при выплавке стали 110Г13Л 11,6 кг/т.

Значительное снижение угара металла в печи постоянного тока по сравнению с угаром в печи переменного тока объясняется отличием технологии плавки в той или другой печи.

Так, при плавке в печи ДС-5МТ происходит проплавление колодцев под дугами. Металл под дугами практически неподвижен. Вследствие этого идет местный перегрев сплава до температуры испарения, металл горит, унося в атмосферу элементы, его составляющие. В печи постоянного тока в связи с постоянным изменением электрического сопротивления под дугой дуга переходит с одной точки поверхности на другую и так по всей плоскости ванны. Это предотвращает местный перегрев под дугой. Постоянное перемешивание металла в каждый момент плавки уносит из-под дуги перегретый металл, подводя на его место условно "холодный". Это предотвращает горение и испарение сплава. Одновременно происходит вы-

равнивание температуры по всему объему ванны. Стабильность электрического режима горения дуги создает некоторое избыточное давление в атмосфере печи, предотвращая подсосы воздуха в печь. Это практически исключает окисление металла из-за подсосов воздуха. Все перечисленные факторы дают значительное уменьшение угара металла.

Для обеспечения устойчивого зажигания дуги при включении печи применяется следующий технологический прием: перед самым выпуском плавки, когда система электроснабжения выключена, в зону подовых электродов на зеркало металла забрасывается 2—3 лопаты мелкой шихты (масса составляющих 50—100 г). Затем, сразу после выпуска плавки, в зону подовых электродов забрасывается еще 2—3 лопаты мелкой шихты. Эти операции проводят для того, чтобы произвести улучшение металлизации подины в зоне подовых электродов, что обеспечивает надежный электроконтакт при включении печи в работу, а также создается конгломерат металла и материала футеровки подины над подовыми электродами в виде "грибка", что предотвращает перегрев подовых электродов.

Оценивая достигнутые технико-экономические показатели работы печи постоянного тока, руководство ОАО "Курганмашзавод" приняло решение о последовательном переводе работы плавильных печей переменного тока на работу печей постоянного тока.

В 2002—2003 гг. планируем заменить 5-тонные вагранки на одну 3-тонную дуговую печь постоянного тока в чугунолитейном корпусе. В дальнейшем перевод печей переменного тока на постоянный будет продолжен.