

European Commission
TEMPUS

The analysis of the electroslag refining for electroslag casting is given. Its advantages and virtues are given.

Г. В. СОЛОВЕЙ, М. А. СНИГИРЬ, БНТУ

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент Ф. И. РУДНИЦКИЙ, БНТУ

УДК 669.187.56.

АНАЛИЗ МЕТОДА ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ЛИТЬЯ

Электрошлаковый переплав – вид электрошлакового процесса, при котором металл переплавляется в ванне со шлаком, нагреваемым электрическим током (рис. 1) [1]. Метод был разработан в научно-исследовательском институте электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины на основе электрошлаковой сварки. Возникнув изначально как способ получения слитков металла круглого, квадратного, а позднее прямоугольного сечения, электрошлаковая технология получила свое дальнейшее развитие в виде электрошлакового литья (ЭШЛ).

Электрошлаковое литье – это способ получения фасонных отливок в водоохлаждаемой литейной форме (кристаллизаторе), основанный на применении электрошлакового переплава расходуемого электрода (рис. 1) [1]. Источником тепла как при ЭШП, так и при ЭШЛ является шлаковая ванна,

нагретая проходящим через нее электрическим током.

В кристаллизатор заливается заранее расплавленный флюс (шлак), в него опускается электрод (по химическому составу примерно такой же, как и будущий слиток), на электрод подается электрический ток, благодаря высокому сопротивлению флюс нагревается до температуры примерно 1700–2000 °С, электрод плавится и капли металла, проходя через жидкий шлак, попадают в кристаллизатор. Каждая капля, проходя через шлак, попадает в зону кристаллизации и образует металлическую ванну. Образовавшаяся ванна постоянно пополняется в верхней части от плавящегося электрода и последовательно кристаллизуется в нижней части благодаря отводу тепла от кристаллизатора водяным охлаждением.

При ЭШЛ водоохлаждаемый кристаллизатор выступает еще и в качестве формы. При получении отливки 6 электроды по мере их оплавления поднимаются вверх, чтобы не создавалась дуга или короткое замыкание, вследствие замораживания в металле. Для образования полости в отливке водоохлаждаемый стержень 3 также перемещается вверх. Таким образом, суть процесса электрошлакового литья заключается в том, что приготовление расплава (плавка) совмещено по месту и времени с заливкой формы: металл последовательно наплавляется в форму. Большое распространение получили совмещенные методы ЭШЛ и кокильного литья, а также центробежного литья и ЭШЛ. В последнем металл заливается во вращающуюся форму. В обоих случаях металл может либо наплавляться в форму, либо заливаться из наклонного тигля вместе со шлаком или без него.

При ЭШЛ качество отливки обусловлено особенностями их формирования. Интенсивное взаи-

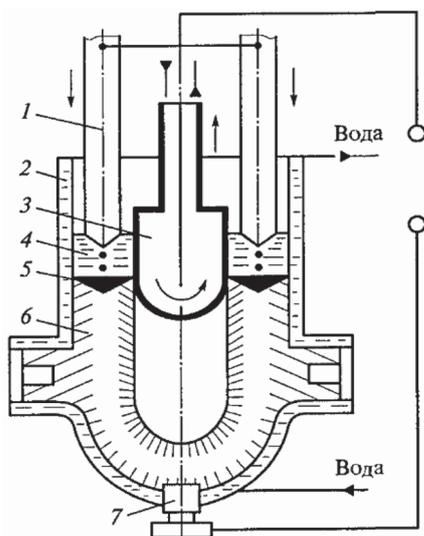


Рис. 1. Схема установки электрошлакового литья: 1 – электрод; 2 – металлическая форма; 3 – стержень; 4 – шлаковая ванна; 5 – расплав; 6 – отливка; 7 – затравка

действие расплава со шлаком, последовательное и направленное затвердевание способствуют удалению из расплава неметаллических включений и растворенных газов, получению плотного однородного металла отливки.

Химический состав металла в отливке практически не меняется по сравнению с химическим составом металла электрода, но содержание кислорода и азота снижается в 1,5–2,0 раза, понижается содержание серы и почти в 2 раза количество неметаллических включений. Отливки, полученные ЭШЛ, также характеризуются высокой термостойкостью, по этому показателю они превосходят металл обычной выплавки. Особенности формирования отливки оказывают положительное влияние на механические свойства металла: улучшается структура, резко возрастают пластические свойства.

Поскольку отливка получается в металлической форме, покрытой изнутри тонким слоем шлака, то ее поверхность получается высокого качества, практически не требующая механической обработки, что является большим плюсом.

Благодаря своему высокому качеству отливки ЭШЛ получили широкое распространение в нефтеперерабатывающей промышленности, машиностроении и во многих других отраслях. Так, например, этот метод является основным при получении зубчатых колес для тягачей общей грузоподъемностью до 360 т, корпуса стопорной задвижки для установок фонтанного типа и других отливок особого назначения.

Производственный опыт показывает, что данный метод наиболее целесообразно применять для отливок из специальных сталей и сплавов, к которым предъявляются повышенные требования по качеству металла и его механическим свойствам.

Основные требования, предъявляемые к шлаку, заключаются в том, что температура его плавления должна быть гораздо ниже той, при которой рафинируется металл, и он должен быть стабильным при рабочей температуре процесса. Также шлак служит основным источником теплоты при плавке.

Для ЭШЛ используют различные шлаки, в основном фтористо-оксидных систем. Например, самый простой шлак АНФ-1П, содержащий 100% фтористого кальция. Также используют оксид магния, известь, глинозем и кремнезем, но возможно добавление фтористого магния, фтористого бария и оксида титана. Изменяя количество этих составляющих, можно изменить температуру плавления шлака, его стабильность, вязкость и скорость расплавления.

Кроме того, шлак является средой, в которую удаляются содержащиеся в расплаве неметалличе-

ские включения в результате химических реакций и в которой осуществляется контроль за необходимым содержанием кислорода, азота, серы и фосфора в металле.

Если шлак не обладает достаточной активностью, то требуемую частоту металла достичь невозможно; если эта активность будет слишком высокой, то можно потерять компоненты, которые нужно сохранить.

Перед началом процесса ЭШЛ шлак предварительно расплавляют в графитовом тигле графитовым электродом для очистки его от влаги, кремнезема, оксида железа и других вредных примесей, а затем в жидком виде заливают в кристаллизатор. Также он может засыпаться в кристаллизатор и в нем, с помощью возникающей дуги между подовой частью и расходуемым электродом, плавиться до жидкого состояния.

Для расплавления электрода при ЭШЛ необходимо, чтобы температура шлака была выше температуры плавления (температуры ликвидус) металла электрода. Температура, достигнутая в шлаковой ванне, является по существу функцией сопротивления этой ванны и тока, проходящего через нее. Напряжения (20–50 В) должно быть не более чем достаточно для прохождения тока. Слишком высокое напряжение, вызывающее искрение, может негативно сказываться на процессе рафинирования металла в результате высоких потерь на его окисление.

В настоящее время этим методом получают отливки и слитки массой до 165 т.

Немецкая фирма ALD, разрабатывающая технологии в области ЭШП, рекомендует проводить процесс ЭШЛ в закрытой атмосфере инертного газа при нормальном давлении. Это большой шаг вперед в освобождении технологии ЭШЛ от проблемы поглощения кислорода и влияния сезонных изменений в атмосфере. Также это дает возможность вести переплав в атмосфере инертного газа, свободной от кислорода.

Имеются установки двух типов конструкции: с относительно герметичным защитным колпаком и с полностью вакуум-плотной системой защитного кожуха, которая позволяет заменить воздух атмосферой инертного газа перед началом процесса переплава.

Схема установки с относительно герметичным защитным колпаком показана на рис. 2 [2].

Переплав при пониженном давлении (VAC-ESR) происходит в вакууме, как при технологии VAR, но при использовании шлака. Проблемы окисления расплава не возникают. Дополнительно удаляются растворенные газы, например, водород

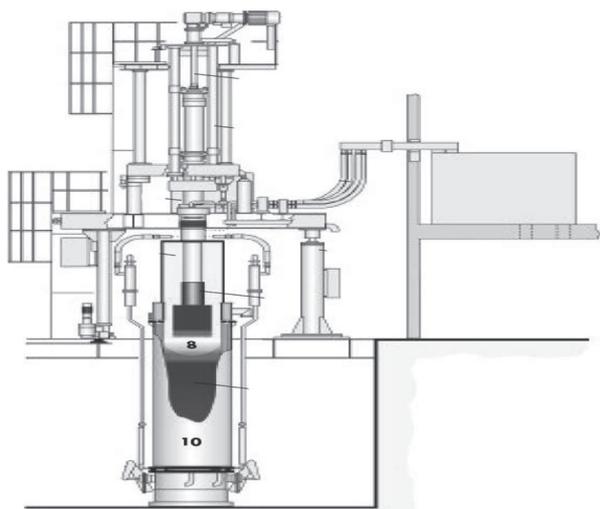


Рис. 2. Схема установки IESR

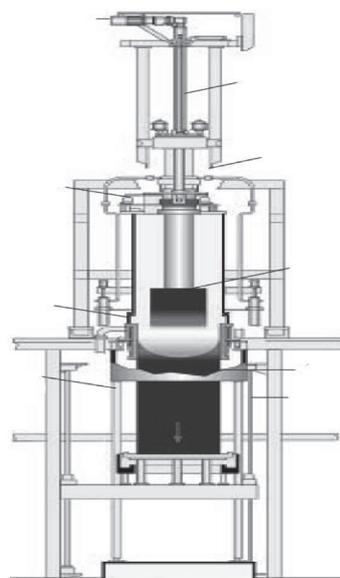


Рис. 3. Схема установки VAC-ESR

и азот, и опасность появления белых пятен, как во время процесса ЭШЛ, уменьшена до минимума. Поэтому один процесс сочетает преимущества как технологии ЭШЛ, так и VAR. Это вызывает интерес при получении жаропрочных сплавов и переплава титана. Схема установки с полностью вакуум-плотной системой защитного кожуха представлена на рис. 3 [2].

Преимущества ЭШЛ заключаются в следующем: высокое качество получаемого металла, высокий вы-

ход годного, низкая трудоемкость и возможность автоматизации процесса. Кроме того, эффективность его обусловлена пониженным расходом металла на изделие, обработку резанием, отсутствием энергозатратных операцийковки, гибки, сварки.

Таким образом, способ ЭШЛ – малооперационный, трудо- и материалосберегающий, перспективный технологический процесс, обеспечивающий высокую культуру производства и улучшающий условия труда.

Литература

1. Г и н и Э. Ч., З а р у б и н А. М., Р ы б к и н В. А. Специальные виды литья. М., 2005.
2. П о л е щ у к М. А., Ш е в ц о в В. А. Электрошлаковое литье – самый прогрессивный способ производства корпусов арматуры высокого давления. Киев, 2007.
3. Е р е м и н Е. Н., Ж е р е б ц о в С. Н. Центробежное электрошлаковое литье деталей трубопроводной арматуры типа фланец // Ползуновский Альманах. 2003. № 4.