



# ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫХ ОТЛИВОК

С. В. Скрипник

Предложено новое конструктивное решение комплекса центробежного электрошлакового литья для непрерывного производства центробежных электрошлаковых отливок. Печь вместимостью 3 т снабжена механизмом поворота блока нерасходуемых электродов. В случае необходимости они занимают рабочую позицию для обогрева шлаковой и металлической ванн, а затем выводятся из плавильной зоны. Их место занимают расходные электроды. Металл со шлаком периодически заливают во вращающуюся форму центробежной машины новой конструкции.

New design solution of a complex of centrifugal electroslag casting for continuous production of centrifugal electroslag castings is offered. Furnace of 3 t capacity is equipped with a mechanism for rotation of unit of non-consumable electrodes. If necessary they occupy periodically the working position during heating of slag and metal pools, and then they are removed from a melting zone. Their place is occupied by consumable electrodes. Metal with a slag is poured periodically into a rotary mould of the centrifugal machine of a new design.

**Ключевые слова:** комплекс центробежного электрошлакового литья; тигельная печь; расходные и нерасходные электроды; центробежная машина; непрерывное литье

Способ центробежного электрошлакового литья (ЦЭШЛ) с вертикальной осью вращения, разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона, позволяет получать литые заготовки высокого качества, по своим свойствам не уступающие поковкам [1, 2]. Его преимущества, в сравнении с деформационными способами производства, заключаются в возможности получения крупногабаритных и фасонных заготовок из сталей и сплавов, в том числе из труднодеформируемых.

Благодаря сравнительной простоте этот способ находит все большее распространение в машиностроительном производстве. В то же время он существенно уступает по производительности деформационным способам, что обусловлено как специфическими особенностями, так и существующей практикой получения после одной плавки одной отливки, сдерживающей его применение в серийном производстве.

Для повышения производительности процесса и, следовательно, снижения стоимости изготовления заготовок требуется изменить характер производства в плане перехода к полунепрерывному или непрерывному литью. Такое производство может быть обеспечено комплексом ЦЭШЛ, снабженным электрошлаковой печью с нерасходуемыми и расходными электродами [3]. Смена расходных электродов в такой установке может производиться по ходу плавки.

Идея создания электрошлаковых печей со сменной расходных электродов по ходу плавки с предварительным подогревом погружаемых в шлаковую

ванну нижних концов сменных электродов воплощена в некоторых зарубежных и отечественных печах электрошлакового переплава (ЭШП) [4]. Однако эти печи являются неоправданно громоздкими и дорогостоящими. К тому же вопрос получения бездефектных слитков на печах ЭШП со сменой расходных электродов полностью не решен.

Многие исследователи выступают против даже кратковременных перерывов подачи энергии в шлаковую ванну, неизбежных при работе со сменой электродов по ходу плавки, считая даже кратковременное нарушение теплового баланса при ЭШП способствующим появлению микро- и макросегрегационных полос в слитке, пагубно отражающихся на усталостной прочности металла, имеющего эти дефекты [4].

Поскольку в процессах ЦЭШЛ применяют тигельную плавку, то температуру жидкого металла и состояние донной поверхности тигля легко регулировать параметрами ЭШП до и после смены электродов. Поэтому задача применения печи со сменой электродов для ЦЭШЛ существенно упрощается.

Предлагаемая установка со сменой расходных электродов по ходу плавки электродов (рис. 1) состоит из неподвижной колонны с основанием, верхней каретки с механизмом зажима расходных электродов и нижней каретки с поворотным механизмом, на котором установлены нерасходуемые электроды, а также токнесущие шины и соединители гибких водоохлаждаемых кабелей с муфтами поворота. Токнесущие шины и кабели верхней и нижней кареток подключены к одному и тому же источнику тока. Использование нижней каретки с поворотным механизмом, на котором установлены нерасходуемые

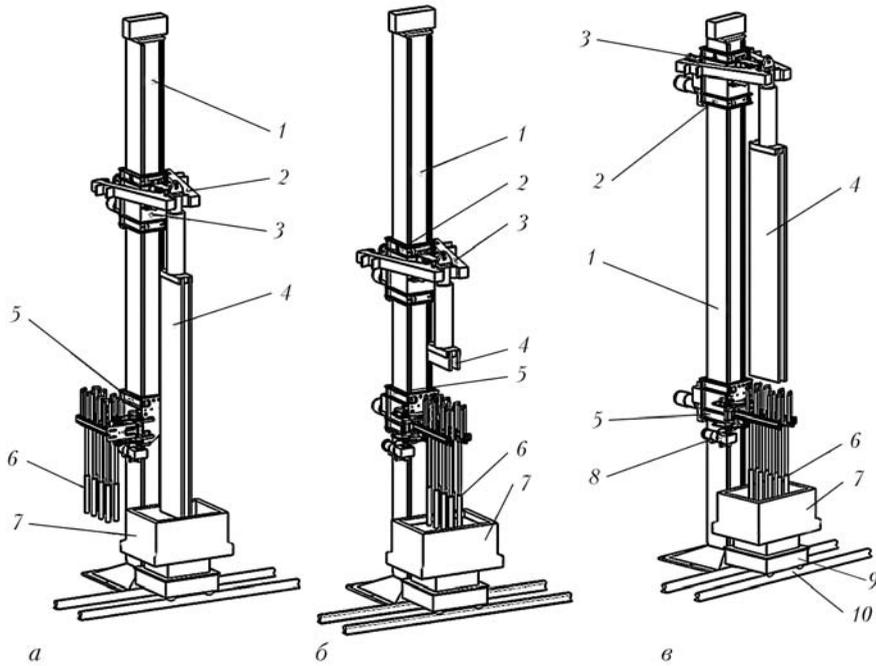


Рис. 1. Схема положения расходуемых и нерасходуемых электродов в процессе получения заготовок: *a* – переплав расходуемых электродов; *b* – обогрев шлака при смене электродов; *v* – установка новых электродов в процессе обогрева шлака; 1 – колонна с основанием; 2 – зажимное устройство расходуемых электродов; 3 – верхняя каретка; 4 – электроды; 5 – нижняя каретка; 6 – блок нерасходуемых электродов; 7 – тигель; 8 – поворотный механизм; 9 – рельсовый путь; 10 – выкатная тележка с электромеханическим приводом

электроды с функцией поворота их в нерабочую позицию и назад по ходу плавки, расширяет технологические параметры оборудования.

Еще одной отличительной особенностью такой установки является возможность настроечного регулирования на нижней каретке расстояния между нерасходуемыми электродами в двух координатах в горизонтальной плоскости, а также подбор их количества и размеров. Изменение диспозиции нерасходуемых электродов в шлаковой ванне позволяет использовать сменные керамические тигли различных размеров.

На рис. 2 представлена конструкция центробежной машины с вертикальной осью вращения, которой может быть снабжен комплекс ЦЭШЛ. Она имеет следующие характеристики:

наружный диаметр изложницы, мм.....	1800
высота изложницы, мм.....	1200
суммарная нагрузка на планшайбу, кг....	до 12000
номинальная частота вращения, 1/мин..	1500
частота вращения изложницы, 1/мин....	80... 800
мощность электродвигателя, кВт.....	110
масса отливки, кг.....	до 3000
масса центробежной машины, кг.....	4950

Центробежная машина представляет собой сваренную из швеллеров раму, которая крепится к фундаменту с помощью анкерных болтов. Привод состоит из асинхронного двигателя и микропроцессорного преобразователя частоты типа L300P фирмы «НИТАСНІ». Двигатель передает крутящий момент на приводной каток, с которым соединен муфтой. На раме под углом 120° крепятся три подшипниковых узла. В подшипниковых узлах смонтированы один ведущий и два ведомых катка без возможности радиального перемещения. Планшайба

диаметром 2000 мм приводится во вращение с помощью ведущего катка фрикционной парой. Все катки закрыты защитными щитками. Центральный подшипниковый узел фиксирует планшайбу в осевом положении.

Такая конструкция значительно разгружает вал и подшипники центрального подшипникового узла от нагрузок, вызванных существующим дисбалансом при вращении. Центр тяжести изложницы и отливки, т. е. точка приложения возмущающих центробежных сил, находится между ведущим и ведомыми опорными катками. Еще одной особенностью является возможность центрального вала отклоняться во время работы от вертикальной оси на некоторый угол, компенсирующий неточность прилегания планшайбы к каткам в горизонтальной плоскости.

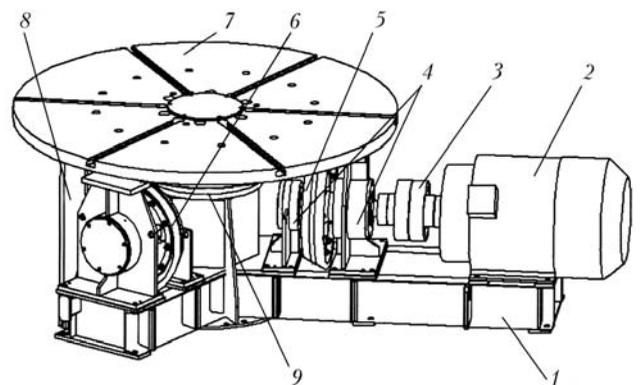


Рис. 2. Конструкция центробежной машины: 1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – муфта соединительная; 4 – узел подшипниковый; 5 – каток ведущий; 6 – каток ведомый; 7 – планшайба; 8 – щиток защитный; 9 – узел подшипниковый центральный

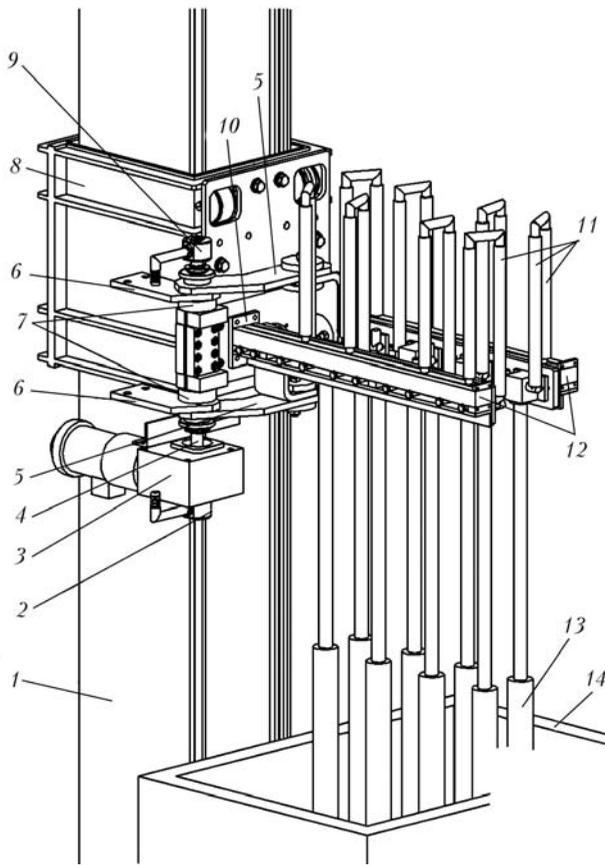


Рис. 3. Конструкция поворотного механизма: 1 – колонна; 2 – муфта; 3 – электромеханический привод; 4 – вал механизма поворота; 5 – шины токоподводящие; 6 – соединители; 7 – шарниры шин; 8 – каретка нижняя; 9 – муфты; 10 – фланцы подвода воды; 11 – элементы системы охлаждения; 12 – кронштейны передвижные; 13 – нерасходуемые электроды; 14 – тигель

В целях безопасности центробежная машина устанавливается на некотором удалении от тигельной печи в приямок, и ее рабочее пространство ограничено откатным защитным кожухом. Машина снабжена системами водовоздушного охлаждения и прокачки подшипников жидкой смазкой.

Представленный комплекс ЦЭШЛ работает следующим образом. В керамическом тигле наводят шлаковую ванну способом сухого старта или заливают порцию шлака, приготовленного в отдельной флюсоплавильной печи. Затем производят ЭШП расходующих электродов. Нерасходуемые электроды в это время занимают нерабочую позицию (рис. 1, а). После накопления в тигле необходимой порции жидкого металла расходующие электроды выводят из зоны плавки. Жидкий металл вместе со шлаком транспортируют с помощью выкатной тележки к центробежной машине, находящейся на расстоянии 5 м от печи, и заливают во вращающуюся форму центробежной машины. При этом небольшую порцию жидкого металла (10... 15 %) оставляют в тигле. Заливают новую порцию шлака, с помощью поворотного механизма, снабженного электромеханическим приводом, поворачивают в рабочую позицию блок нерасходуемых электродов (рис. 1, б). Подогревают шлаковую ванну нерасходуемыми электродами.

Параллельно с подогревом шлака выполняют замену расходующих электродов (рис. 1, в). Далее нерасходуемые электроды выводят из зоны плавки и вводят расходующие. Вывод из зоны плавки производят при помощи поворотного механизма (рис. 3).

Особенностью поворотного механизма является оригинальная конструкция токонесущих шин в виде шарниров. Это позволяет обеспечить минимальную паузу в процессе смены типа электродов. Перерыв в электрошлаковом процессе с учетом времени транспортировки тигля к центробежной машине и обратно занимает 2... 3 мин.

Одновременно с процессом переплава новых расходующих электродов происходит затвердевание и извлечение первой отливки из формы. После накопления нужной порции жидкого металла технологические операции повторяют.

Сравнительно небольшие заготовки деталей экономически нецелесообразно изготавливать способом ЦЭШЛ, уступающим по производительности деформационным. Поэтому комплексы ЦЭШЛ, по нашему мнению, следует оснащать центробежными машинами сравнительно большой мощности.

Это позволит изготавливать крупногабаритные бесшовные заготовки, например в кольце- и колесопркатном производстве, которые в настоящее время выполняют деформационно-сварными способами. При этом сварной шов при знакопеременных нагрузках является слабым звеном всей конструкции.

В случае применения комплекса ЦЭШЛ, снабженного тигельной печью и центробежной машиной сравнительно большой мощности, повышения производительности можно достичь как за счет увеличения массы отливки, так и путем применения многоступенчатых форм.

С переходом к непрерывному производству отливок предложенный комплекс ЦЭШЛ позволит повысить производительность процесса, а также экономичность и КПД процесса благодаря улучшению теплового баланса процесса плавки в постоянно разогретом тигле, повышению срока службы футеровки, работающей без термических циклов нагрева и охлаждения, сокращению подготовительных работ, осуществляемых ранее перед каждой плавкой (очистка донной поверхности тигля от остатков затвердевшего шлака, ремонт подового электрода при монофилярной схеме, проверка элементов системы водяного охлаждения и др.).

1. *Получение крупногабаритных конусных отливок из жаропрочной стали центробежным электрошлаковым литьем* / А. В. Горячек, В. В. Романов, С. В. Скрипник и др. // *Металлургия машиностроения*. — 2008. — № 1. — С. 26–28.
2. *Скрипник С. В., Чернега Д. Ф., Горячек А. В.* Исследование качества конусных заготовок из стали 20Х13, полученных способом центробежного электрошлакового литья // *Современ. электрометаллургия*. — 2008. — № 3. — С. 15–17.
3. *Пат. № 74472* Украина, МПК С 22 В 9/18, 9/187, В 22 D 23/10, С 21 С 5/56. Пристрій для електрошлакового переплаву металів та сплавів / О. В. Горячек, О. І. Українець, Є. Є. Трухін та ін. — Опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12.
4. *Электрошлаковые печи* / Под ред. Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. — Киев: Наук. думка, 1976. — 414 с.

НПФ «Титан», Киев  
Поступила 03.11.2009