

ИНДУКЦИОННЫЕ ПЛАВИЛЬНО-ЛИТЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ И ПЛАВИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ МАЛОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЛАБОРАТОРИЙ

В.И. Лузгин, А.Ю. Петров, С.А. Рачков, К.В. Якушев, И.А. Голубев
(Российская электротехнологическая компания, УГТУ-УПИ, г. Екатеринбург)

В последние годы наблюдается резкое увеличение количества ювелирных изделий, в стоматологии значительно возросли объемы литья для зубопротезирования, многократно возрос спрос на художественное литье. Появилось много малых предприятий и товариществ-производителей ювелирного, стоматологического и художественного литья. Вполне естественно повысился спрос на литейное оборудование, технологии, материалы для ювелирно-художественного литья, а также на специалистов-литейщиков, владеющих навыками производства таких изделий. В связи с этим весьма актуальными являются задачи разработки и организации производства плавно-литейных систем для плавки и литья относительно небольших объемов цветных, драгоценных и черных металлов.

Российской электротехнологической компанией ("РЭЛТЕК") разработан ряд индукционных плавно-литейных установок и плавильных печей малой емкости, которые предлагаются для оснащения ювелирно-художественных литейных производств, а также научно-исследовательских, производственных и учебных лабораторий.

Особенно важным считаем комплектование учебных лабораторий ВУЗов плавно-литейным оборудованием, созданным с учетом последних достижений научно-технического прогресса, и предлагаем различные льготные схемы оплаты этого оборудования.

Учебным лабораториям требуются плавно-литейные установки, с помощью которых могут исследоваться различные методы литья из металлов и сплавов самого широкого спектра. Наиболее полное решение задач переработки малых объемов черных, цветных и благородных металлов и сплавов соответствуют печные агрегаты, использующие индукционный способ нагрева. В таких агрегатах переход от плавки одного металла к другому осуществляется с минимальными затратами, связанными с заменой материала футеровки печи.

В настоящее время существует большое разнообразие плавно-литейных установок, различающихся как по конструкции, принципу заливки металла в форму, способу подготовки литниковой системы к процессу литья и кристаллизации металла, так и по качеству получаемых отливок. Очевидно, что литейный агрегат должен быть заменяемым в зависимости от способа литья и максимально адаптированным к печному агрегату. Напротив, печной агрегат как наиболее сложный и дорогой модуль должен оставаться несменным, а значит универсальным при плавке самых разнообразных сплавов.

Российской электротехнологической компанией разработан ряд индукционных плавильных агрегатов с емкостью тигля от 0,25 до 30 кг по стали. На рис. 1 представлен плавильный индукционный модуль с емкостью тигля

0,25÷0,5 кг в зависимости от температуры плавления обрабатываемого металла. При таких малых массах металла требуется высокая частота электромагнитного поля в рабочем объеме и высокая удельная мощность для проведения скоростной плавки. Источником питания данного плавильного модуля является полупроводниковый генератор мощностью 3 кВт и частотой 440 кГц. В качестве шихты может использоваться мелкокусковой, гранулированный и порошковый материал. При удельных мощностях порядка 10 кВт/кг время расплавления тугоплавких металлов с температурой до 2000 °С не превышает 10 минут.



Рис. 1

Для тепловой защиты индуктора и реализации различных способов разлива металла специально разработана теплоизоляционная конструкция из керамики, выполненная в виде раковины и собранная из фасонных керамических деталей, внутри которой устанавливается тигель. Вместе с печью могут поставляться графитовые, кварцевые, алундовые или корундовые тигли, которые используются при плавке соответствующих металлов и сплавов.

В плавильно-литейной системе важным является решение вопроса выбора способа подачи металла в литейную форму. Представленный плавильный модуль позволяет реализовать нескольких способов разлива металла, наиболее простым из которых является ручной съем тигля с жидким металлом клещами с последующей разливкой его в литейную форму (см. рис. 2, а). Другим способом подачи металла в литейную форму может быть слив металла через край тигля путем бокового поворота во фронтальной плоскости плавильного узла на угол примерно 100 ° (см. рис. 2, б). При этом металл свободной струей перетекает в воронку литниковой системы формы под визуальным контролем уровня ее наполнения.

И, наконец, третьим способом подачи металла в форму может быть донная разливка металла через стопорное устройство (см. рис. 2, в). В этом случае снизу к тиглю через керамический канал прижимается литейная форма, и после достижения температуры заливки расплава стопор поднимается, а металл через донное отверстие стекает в форму. Во всех трех случаях металл в опоку подается под действием гравитационных сил, создающих относительно невысокое давление, часто недостаточное для заполнения металлом тонких сечений внутренних полостей литейной формы.

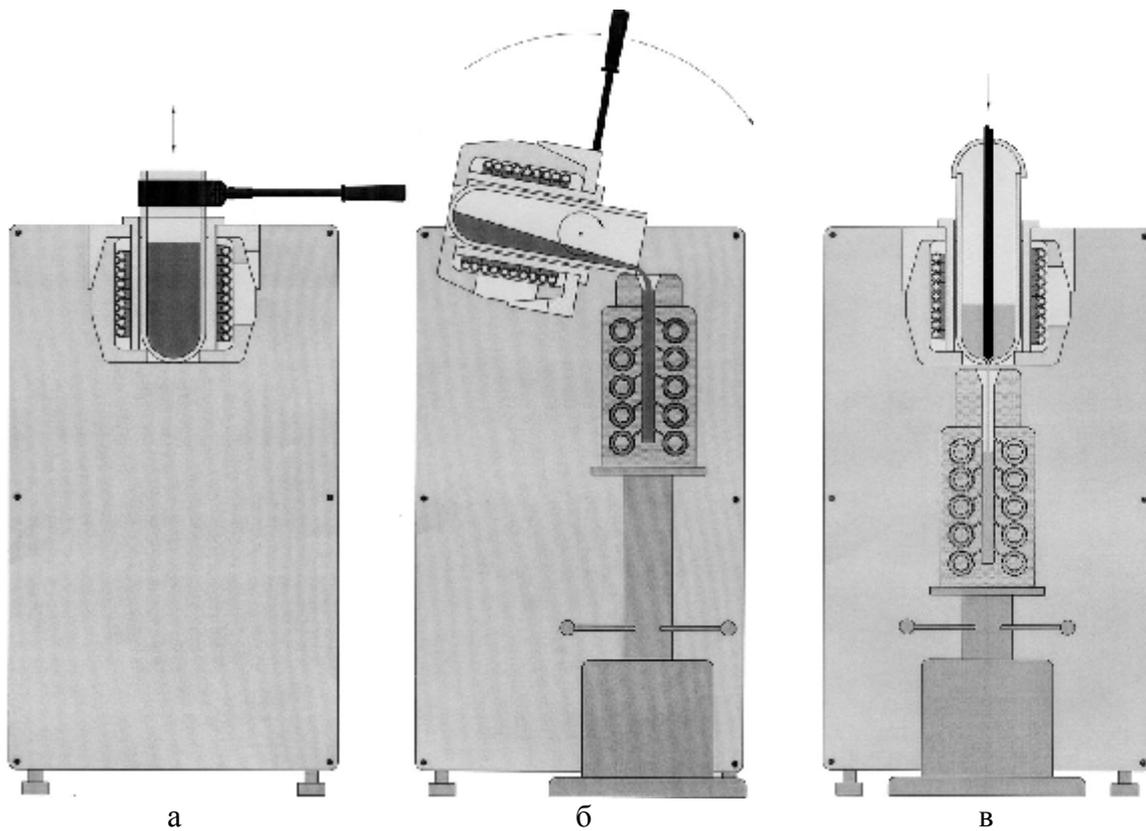


Рис. 2

Автономное исполнение печного агрегата и его адаптация к литейным системам, реализующим различные способы литья, более характерно для плавильно-литейных систем с печами средней и большой вместимости. Напротив, малые плавильно-литейные системы с емкостью печей до 1 кг стремятся выполнить конструктивно объединенными с литейными системами, что позволяет максимально автоматизировать процесс литья от загрузки шихты до получения отливки. Примером такой объединенной системы может быть плавильно-литейная установка, в которой подача металла в опоку осуществляется при повороте в вертикальной плоскости на 180° плавильного модуля, герметично сочлененного с литейной системой. На рис. 3 представлена плавильно-литейная установка с индукционным плавильным модулем, в котором может быть установлен графитовый или керамический тигель емкостью 0,25-0,5 кг.

Источником питания как и в предыдущем случае является транзисторный генератор мощностью 3 кВт, частотой 440 кГц. Для уменьшения окисления металла и насыщения его газом на зеркало металла под избыточным давлением (0,2-0,3 МПа) подают инертный газ, который вытесняет воздух из надтигелевого пространства и объема литейной формы, установленной над тиглем. На конструктивной схеме, рассматриваемой плавильно-литейной системы (см. рис. 4) показано два положения плавильного узла и опоки. В исходном положении (см. рис. 4, а) после загрузки шихты и установки предварительно подогретой опоки осуществляется плавка металла в среде инертного газа и производится пирометрический контроль температуры расплава.



Рис. 3

При достижении температуры расплава требуемой величины производится переворот плавильного узла и опоки на 180° , а пространство под кожухом литейной формы вакуумируется (см. рис. 4, б). Стенки литейной формы выполнены перфорированными и проницаемыми для откачки газа из каналов формы. Указанные меры позволяют значительно улучшить проливаемость тонких сечений внутренних полостей, существенно снижают насыщение металла газами и обеспечивают высокое качество литья ажурных изделий. В данном случае литье в форму осуществляется бесстопорным методом при минимальных размерах литниковых каналов, что позволяет снизить требуемый перегрев металла, улучшить структуру металла в изделиях и обеспечить высокую повторяемость процесса литья.

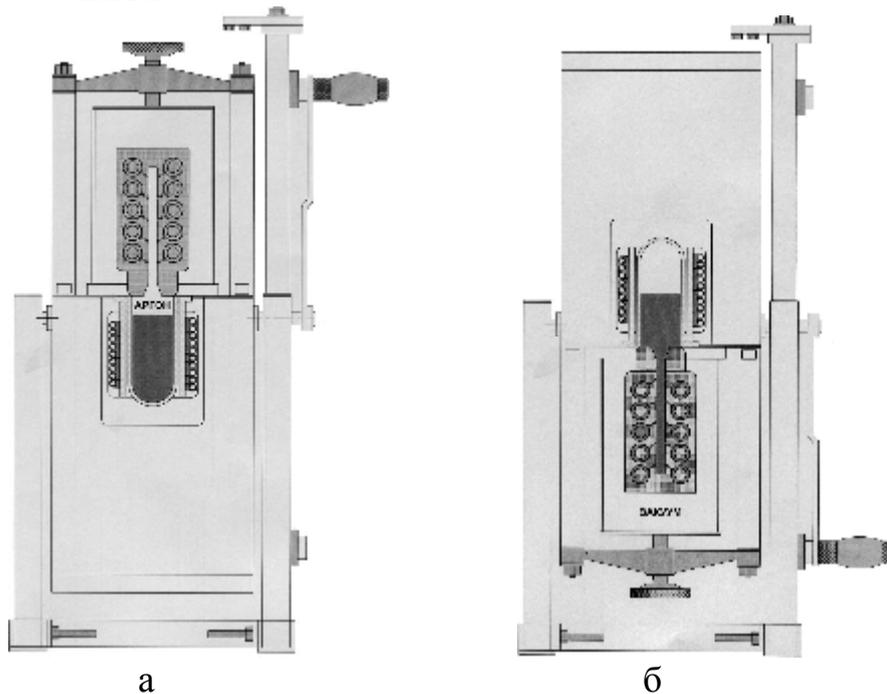


Рис. 4

Другим примером исполнения объединенной плавильно-литейной системы являются центробежные установки, которые нашли широкое распространение для литья изделий самого высокого качества. На рис. 5 показана центробежная плавильно-литейная установка с индукционным плавильным модулем, в котором с помощью подъемного механизма устанавливается на этапе плавки металла керамический тигель специальной конструкции емкостью 0,05-0,25 кг. Источником питания индукционной печи служит транзисторный генератор мощностью 3 кВт и частотой 440 кГц. В этом случае достигается удельная мощность порядка 20 кВт/кг, что позволяет сократить время плавки порции металла до 3-5 минут. Плавка металла осуществляется в контролируемой среде. Для этого под колпачок, установленный над тиглем, подается инертный газ.



Рис. 5

На втором этапе работы установки производится подъем тигля, соединенного с опокой, и вращение литейной системы в горизонтальной плоскости. Механизм центробежной установки показан на рис. 6, который состоит из коромысла и закрепленных на нем с одной стороны в специальных направляющих опоки и тигля, а с другой стороны – противовеса.

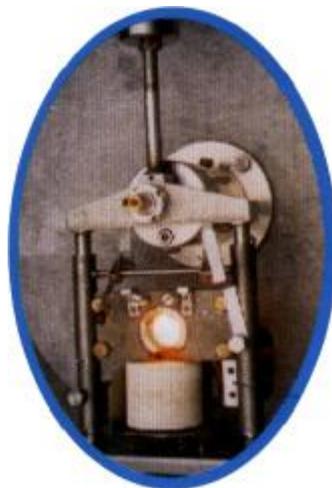


Рис. 6

Коромысло установлено на валу двигателя, с помощью которого задается вращение системы центробежного литья.

При вращении вала двигателя на расплав действует центробежная сила, которая помогает преодолевать сопротивление течению расплава в полостях литейной формы и поверхностное натяжение жидкого металла, а также сопротивление течению расплава между растущими кристаллами сплава, что очень важно для получения требуемого качества тонкостенных отливок малой массы.

Выпускаемые заводом "РЭЛТЕК" центробежные литейные установки оснащены всем комплексом необходимого периферийного оборудования для автономной работы в полуавтоматическом режиме.

Опыт эксплуатации малых плавильно-литейных систем показывает, что при массе металла более одного килограмма, выплавляемого за один цикл, плавильный модуль целесообразно выполнять как отдельный агрегат, не связанный с конкретной системой литья. Поэтому плавильные модули емкостью 3, 5, 10 кг заводом "РЭЛТЕК" производятся как автономные модули с поворотным тиглем, размещенным в индукторе или с лифтовой системой перемещения индуктора относительно стационарного тигля, на который опускается на время плавки индуктор. На рис. 7 показана плавильная установка с поворотным тиглем. В данном случае применен наиболее простой шарнирно-рычажный механизм поворота, позволяющий достаточно легко и плавно через длинный рычаг осуществлять примерно на 100° поворот тигля и производить точную разливку металла в литейную форму под визуальным наблюдением литейщика. Плавильная установка может иметь одно- или двухпостовое исполнение. В последнем случае плавка металла может производиться одновременно в двух тиглях. При этом электропитание индукторов осуществляется от транзисторного генератора мощностью 16 кВт и частотой 20 кГц, имеющего два энергетических канала, по которым осуществляется перераспределение мощности на разных стадиях плавки металла в каждом тигле.



Рис. 7

Плавильная установка с лифтовым механизмом перемещения индуктора в вертикальной плоскости относительно стационарно установленного тигля

приведена на рис. 8. В данном случае плавильный модуль позволяет расплавить металл и обеспечить свободный доступ к тиглю с жидким металлом для дальнейших операций по его перемещению и разливке металла. При этом литейщику предоставляется возможность выбора способа разливки металла в литейные формы. Рассматриваемая плавильная установка производится в нескольких исполнениях, а именно с тиглями емкостью 3, 5, 10 кг. В качестве источника питания используется тот же высокочастотный генератор, что и в предыдущем случае.

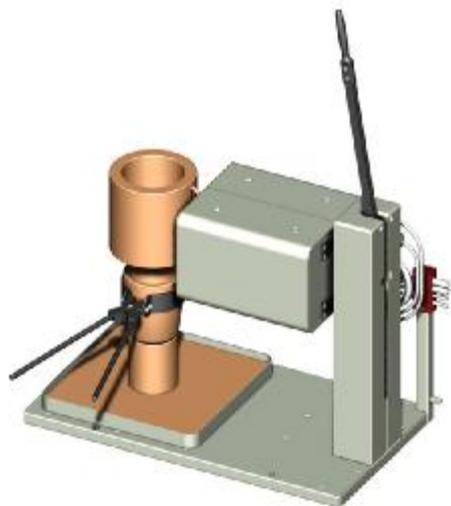


Рис. 8

Для плавки металлов массой до 30 кг разработаны и производятся индукционные плавильные установки с тигельными печами. В этом случае тигельная печь выполняется как отдельный агрегат, состоящий из жестко закрепленного индуктора в раме из немагнитного металла, элементов теплозащиты, набивного или устанавливаемого внутри индуктора тигля, механизма поворота печи, гибких водоохлаждаемых токоподводов к индуктору. На рис. 9 показан комплекс оборудования плавильной установки, которая состоит из тигельной индукционной печи, блока конденсаторов для компенсации реактивной мощности индуктора и транзисторного генератора мощностью 20 кВт, частотой 10 кГц.



Рис. 9

При увеличении объема тигля и массы выплавляемого металла снижаются оптимальная удельная мощность и частота изменения питающего индук-

тор тока. В данной установке удельная мощность достигает 0,7 кВт/кг, а частота тока не превышает 10 кГц. При этих параметрах время плавки цветных металлов составляет не более 30 минут, а черных – около одного часа.

Описанные выше индукционные плавильно-литейные системы не исчерпывают всего спектра исполнений оборудования, выпускаемого заводом "РЭЛТЕК". По желанию Заказчика плавильные установки могут быть модифицированы под конкретные требования. Учитывая низкий уровень финансирования высшей школы, а также недостаток средств малых предприятий для приобретения дорогостоящего оборудования предлагается несколько финансовых схем:

- приобретение оборудования с крупной скидкой;
- приобретение оборудования по лизинговой схеме сроком до 3-х лет;
- приобретение оборудования с отсрочкой платежа до 1 года с равномерной выплатой равными долями в течение года или выплатой стоимостью оборудования в период поступления финансовых средств за подготовку студентов;
- приобретение оборудования с частичным покрытием его стоимости за счет спонсорской помощи.

Перечисленные схемы позволяют в кратчайшие сроки оснастить исследовательские и учебные лаборатории кафедр новейшим оборудованием, проводить практические лабораторные занятия и исследования по полноценным технологическим схемам, перенося в последующем наработанный опыт на полномасштабные промышленные технологии.

Предложенными схемами в настоящее время уже воспользовались литейные кафедры Самарского, Нижегородского, Хабаровского, Южно-Уральского технических университетов, Московского института стали и сплавов, Дальневосточного института путей сообщения и др.