

Е.А. Коршунов, Ю.Н. Логинов, С.П. Буркин, Н.А. Бабайлов, Ф.Н. Сарапулов,
Е.А. Андрюкова.

ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет – УПИ

КАЧЕСТВЕННЫМ ОТЛИВКАМ И ЗАГОТОВКАМ КАЧЕСТВЕННЫЙ МЕТАЛЛ

Большинство современных машиностроительных предприятий в своем составе имеют литейные цехи, от совершенства технологии и оборудования которых во многом зависит качество выпускаемых машин и, следовательно, судьба самих предприятий. Многие литейные цехи представляют собой самостоятельные мини-металлургические производства (например, ОАО «Уралмаш», ОАО «Челябинский тракторный завод»). В целях повышения качества металла, производительности и энергосбережения в литейных цехах машиностроитель-

ных заводов сооружаются электроплавильные агрегаты, АКЭС и печь-ковши для внепечной обработки металла (ФГУП «Уралвагонзавод», АО «Серовский металлургический завод»). Крупные металлургические предприятия (комбинаты) часто не могут удовлетворить потребности машиностроения в качественном металле необходимого профильного и марочного сортамента из-за низкой рентабельности малотоннажного производства. Поскольку современная тенденция расширения номенклатуры отливок, скорее всего, сохранится, актуальность совершенствования техники и технологии литейного производства очевидна.

Для сравнительно небольших машиностроительных заводов приобретение и эксплуатация мощных электроплавильных агрегатов и установок комплексной внепечной обработки металла является непозволительной роскошью. Представляется выгодным и технологически целесообразным создание на этих предприятиях и мини-заводах многофункциональных агрегатов, предназначенных для переработки разнообразной шихты (в том числе оксидсодержащей) и получения качественного металла широкого марочного сортамента, для переплава лома черных и цветных металлов с очисткой от утилизируемых примесей (медь, цинк, магний и т.п.), для собственного производства лигатур (например, железо-титано-кремнистая лигатура с добавками ванадия из ильменита).

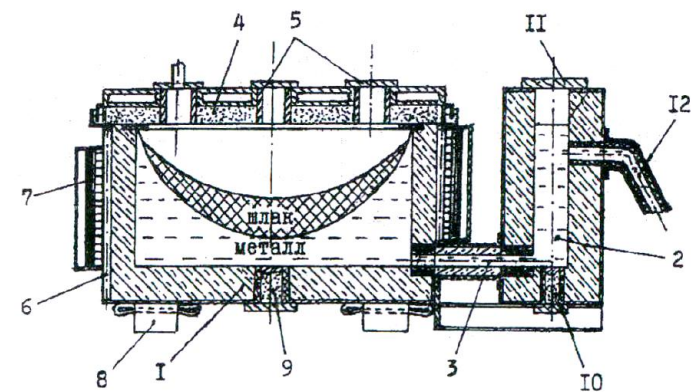


Рис.1. Многофункциональный плавильный агрегат с МГД-устройством вращения расплава металла и шлака

В качестве одного из подобных агрегатов может рассматриваться разработанный на уровне технического задания на проектирование многофункциональный плавильный агрегат (МПА), схематично изображенный на рис.1, и состоящий из двух секций плавильной 1 и литейной 2, соединенных между собой теплоизолированным металлопроводом 3. Плавильная секция выполняется с цилиндрической футерованной камерой, герметизируемой крышкой 4. Последняя снабжается окнами 5 подачи шихтовых материалов. Корпус плавильной секции с трубчатыми боковыми стенками 6 и днищем из немагнитной стали служит несущей конструкцией для индуктора 7 нагрева плавильной камеры и МГД-устройства (магнитогидродинамическое устройство) 8 для приведения расплава металла и шлака во вращательное движение. В днищах плавильной и литейной секций выполнены сливные летки 9 и 10. Литейная камера сверху закрывается быстросъемной герметичной крышкой 11 и снабжена сливной горловиной 12 для передачи подготовленного металла на разливку.

Снабженная индуктором плавильная секция агрегата является самостоятельной плавильной индукционной печью, пригодной для переплавки твердых металлоотходов. Наличие устройств герметизации и вращения расплава позволяют рассматривать эту секцию как печь-ковш для внепечной обработки и рафинирования расплава. Активное перемешивание расплава и развитая граница «шлак-металл» интенсифицируют все физико-химические процессы при обработке расплава шлаками, ферросплавами, лигатурами, десульфураторами, раскислителями и модификаторами. Пристенный подъем расплавленного металла изолирует футеровку от агрессивных шлаков и существенно удлиняет кампанию эксплуатации агрегата. При выплавке сплавов на основе железа появляется возможность быстрого науглероживания стали растворением графитовых стержней, погруженных во вращающийся расплав.

В случае проведения восстановительной плавки с использованием оксиджелезосодержащих шихтовых материалов науглероженный расплав железа служит эффективным восстановителем. При этом высокоуглеродистый металл,

как менее плотный, центробежными силами постоянно оттесняется к границе со шлаком.

Интенсивное перемешивание вращающегося расплава облегчает задачу выравнивания по объему и стабилизацию температуры плавки, что обеспечивает возможность передавать металл на разливку с регламентированной температурой перегрева.

Конструкция агрегата приспособлена к переналадке с целью расширения его технологических возможностей. В частности, при замене быстросъемной крышки 11 устройством ввода трубчатого кристаллизатора литейная секция 2 агрегата используется для литья полых моно- и биметаллических заготовок методом намораживания. При этом управлением частотой тока МГД-устройства обеспечивается циклическое движение расплава вдоль фронта кристаллизации и, следовательно, послойное намораживание заготовки. Сливная горловина 12 при замене ее керамической втулкой дает возможность передавать жидкий металл в присоединенный горизонтальный кристаллизатор. В последнем случае агрегат исполняет роль промежуточного ковша горизонтальной машины непрерывного литья заготовок.

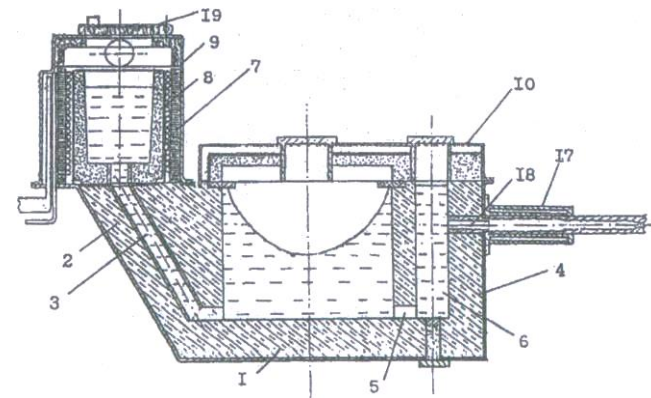


Рис.2. Агрегат подготовки жидкого металла к разливке; 1 - футерованная камера; 2 - блок подвода расплава в камеру; 3 - металлопровод; 4 - блок передачи металла в литейную камеру; 5 - металлопровод; 6- дополнительная литейная камера; 7 - вакуумно-индукционная печь; 8 - тигель; 9 - герметичный корпус; 10 - крышка; 11 - МГД-устройство; 17 - кристаллизатор; 18 - сливная летка; 19 - крышка тигельной печи

Поскольку выплавку металлов и сплавов сложно совмещать с разливкой в одном агрегате из-за дифференцированного температурного режима, то целесообразно эксплуатацию описанного агрегата, при производстве отливок и литье металлургических заготовок, осуществлять совместно с агрегатом подготовки жидкого металла к разливке, показанным на рис. 2, где изображен разрез агрегата в рабочем состоянии в плоскости осей основной и дополнительной камер, вакуумно-индукционной тигельной печи и кристаллизатора горизонтальной литейной машины (ГМНЛЗ).

Агрегат может использоваться в качестве промежуточного ковша, через который подается готовый металл на разливку, например на ГМНЛЗ. В этом случае применения агрегата целесообразно подсоединение к отверстию 16 эжекционного устройства для создания разряжения в дополнительной литейной камере 6. За счет этого поднимается уровень металла в литейной камере выше уровня металла в основной камере. Работа агрегата в этом варианте наладки осуществляется следующим образом.

В подготовленную для приема металла разогретую камеру 1 через открытую крышку 19 в корпус 9 вакуумно-индукционной тигельной печи и вставленную в отверстие корпуса керамическую воронку, через разогретый тигель 8 и присоединенный к отверстию в днище тигля подводящий разогретый металлопровод 3 заливается установленная порция металла, выплавленная в МПА. Заливаемый в камеру 1 металл через отводящий металлопровод 5 заполнит и дополнительную разогретую камеру 6, но его уровень в дополнительной камере не должен быть выше сливной летки 18.

По окончании заливки металла в камеру 1 керамическая воронка корпуса печи 7 снимается, а крышкой 19 герметично перекрывают отверстие в корпусе 9. Сразу после этого вводится в действие вакуумная система, которая создает в печи разряжение, соответствующее уровню металла в камере 1 и необходимому уровню металла в тигле 8.

Если к моменту выполнения операции по обратному заполнению тигля печи температура металла в камере 1 окажется в заданных пределах, то сразу

вводится в действие МГД-устройство 11, электромагнитное поле которого сравнительно быстро раскручивает расплав в камере до окружной скорости примерно 50 об/мин. В камере 1 в расплаве образуется воронка параболической формы и, если диаметр камеры 1, например, составляет 1200 мм, то высота этой воронки составит около 500 мм. В дополнительной камере 6 металл поднимается примерно на 400 мм и поступает в горизонтальную сливную летку 18 и далее соединяется с затравкой в кристаллизаторе 17. Головку затравки целесообразно разместить у выхода сливной летки 18. Как только поднимающийся в дополнительной камере металл заполнит сливную летку, затравку перемещают на заданный шаг, например, на 500 мм при длине кристаллизатора 600 мм. Далее по установленному режиму осуществляется отливка заготовки на ГМНЛЗ, например, с использованием режима: вытягивание заготовки из кристаллизатора 5 с; обратное перемещение заготовки на 1-3 мм - 1 с; пауза 24 с; цикл 30 с; скорость разливки 1 м/мин. Часовая производительность ГМНЛЗ составит при отливке стальной заготовки диаметром 80 мм - 2,3 т/ч, диаметром 150 мм 8,1 т/ч.

Если первоначальный подъем металла в дополнительной емкости 6, определяющий давление жидкого металла в кристаллизаторе, будет излишним, то скорость вращения жидкого расплава в камере 1 снижают. По мере расходования металла из камеры 1 и при отсутствии подпитки свежим металлом окружную скорость вращения расплава увеличивают.

Соответственно изменению окружной скорости жидкого металла в камере 1 должна изменяться величина разряжения в печи 7, причем изменение разряжения в печи производят и для того, чтобы обеспечивать периодическую подачу перегретого металла из тигля 8 в камеру 1 с целью ликвидации потерь тепла в металле в процессе его разливки из камеры.

При рассмотренном варианте работы агрегата главная задача вакуумно-индукционной тигельной печи состоит в поддержании температуры разливаемого металла в камере 1 в заданных пределах, например, с отклонением $\pm 5^\circ\text{C}$. При необходимости с помощью этой печи можно будет осуществлять и другие полезные операции, например, дополнительно раскислять за счет подачи в ме-

талл активного раскислителя, например, алюминия, или производить операцию по легированию с наименьшей потерей легирующих элементов.

Описанный вариант работы агрегата предусматривает периодическую подачу порций металла в агрегат и разливку порции на ГМНЛЗ, причем подачу первой порции предлагается осуществлять через вакуумно-индукционную тигельную печь 7 (рис. 2а), что следует считать правильным, т.к. в этом случае лучше осуществляется запуск агрегата в работу. Такой вариант подачи порций металла в камеру 1 агрегата может сохраняться и далее, но он требует периодической разгерметизации вакуумно-дуговой тигельной печи 7, что не очень удобно. Может быть реализован и другой вариант порционной подачи металла в камеру 1, более удобный, когда разливка металла ведется в режиме «плавка на плавку». По другому варианту очередная порция металла подается прямо в камеру 1 через отверстие, перекрываемое, например, заслонкой. После удаления заслонки в это отверстие устанавливается заливочная воронка.

Таким образом, описанные варианты технологических и конструктивных решений плавильных и литейных агрегатов существенно расширяют функциональные возможности литейного производства машиностроительного завода. В этих агрегатах эффективно достигается подготовка металла к литью и, в частности, к разливке на ГМНЛЗ, а также к формированию полых прессовых и кузнечных заготовок методом намораживания.