

внешнего теплоотвода способствует измельчению микроструктуры и подавлению рекристаллизации.

Успехи в снижении удельной плотности сплавов при одновременном увеличении модуля упругости были достигнуты при легировании алюминия литием в количестве до 4 %, что значительно выше, чем в сплавах, получаемых слитковой технологией.

Прочность коррозионностойких алюминиевых сплавов 7000-й серии (типа В95) была повышена путем дисперсионного упрочнения с кобальтом и цирконием. Благодаря процессам скоростного затвердевания были значительно расширены области растворимости в твердом состоянии (до 3...10 %) переходных и редкоземельных металлов (Fe, Ni, Co, Mn, Ce и др.) и повышены физико-механические свойства при повышенной температуре на 15–20 %.

Перспективно использования неравновесного затвердевания для повышения эффективности действия промышленных модификаторов для чугунного и алюминиевого литья. Установлено, что применение переработки этих модификаторов в процессах скоростного литья позволяет на 20–40 % повысить эффективность модифицирующего действия при обработке расплавов. Значительным преимуществом быстро затвердевших ленточных модификаторов для чугунного литья является возможность применения для внутриформенного модифицирования при производстве ЧШГ. Высокие скорости охлаждения позволяют значительно повысить технологические свойства стронций-содержащих лигатур для алюминиевого литья.

Таким образом, неравновесные условия затвердевания позволяют измельчить структуры, расширить область легирования тугоплавкими элементами и, как следствие, повысить физико-механические свойства сплавов.

УДК 621.74

#### **Способы предварительного подогрева металлошихты для электроплавки чугуна и стали**

Студент гр.10404118 Дикун А.О., гр. 10404115 Ярошевич А.И.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Предварительный подогрев шихты является одним из самых эффективных способов интенсификации электроплавки чугуна и стали.

Помимо сокращения удельных затрат на плавку предварительный подогрев шихты способствует: увеличению срока службы печи, повышению качества металла, снижению себестоимости продукции, улучшению экологических характеристик плавки [1].

Подогрев шихты может осуществляться как внутри печи (непосредственно в рабочем пространстве печи или в комбинированных установках), так и вне её на пластинчатых конвейерах, подающих шихту в плавильные печи, на стендах в завалочных бадьях, во вращающихся проходных печах, в специальных нагревательных камерных печах и т.д.

Подогрев может осуществляться при помощи отходящих от плавильной печи газов, или на установках с автономным источником энергии: потоком движущихся над слоем шихты или проходящих через шихту горячих газов, полученных при сжигании топлива, излучением от нагретых поверхностей, а также с помощью индукционного нагрева. При этом наиболее простыми и надежными в обслуживании и эксплуатации являются автономные установки с газовым подогревом шихты. Наиболее экономичными, но существенно более сложными и дорогими являются установки подогрева шихты, использующие тепло отходящих от плавильных агрегатов дымовых газов. Использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) вызывает проблемы, связанные с синхронизацией работы печи и установки подогрева, а также необходимостью проведения дополнительных мероприятий, направленных на повышение стабильности и эффективности работы системы пылегазоочистки, что значительно увеличивает инвестиционные затраты на установки такого типа.

К комбинированным установкам в которых осуществляется и плавка и нагрев шихты, в первую очередь, относятся шахтно-дуговые печи [1], как правило, это установки большой ёмкости и мощности (от 100 тонн и более). Стоимость таких печей в 2-3 раза выше цены обычных электродуговых печей. При эксплуатации таких печей значительные проблемы возникают с аспирацией и пыле-газоочисткой: в слое нагреваемой шихты газы, отходящие из ДСП, дополнительно насыщаются продуктами испарения и деструкции органических соединений, аэрозолями и частичками синтетических материалов (масла, краска, пластмасса и т. п.). Высокодисперсные органические вещества и сажистый углерод, осаждаясь на фильтрах и накапливаясь в слое уловленной аспирационной пыли, способны к интенсивному окислению и разогреву, что может привести к возгоранию в газоходах и тканевых фильтрах.

Подогрев шихты на пластинчатых конвейерах осуществляется за счёт движения над шихтой горячих печных газов, либо продуктов сжигания природного газа, в горелках, установленных над конвейером [2]. В процессе подачи в печь может осуществляться и индукционный нагрев шихты: чаще всего такой способ нагрева используется для мелкого скрапа или стружки, и осуществляется в печах с вращающимся корпусом, установленным под углом к горизонту.

К общим недостаткам подогрева на конвейере относятся низкий КПД и значительное окисление поверхности шихты.

Альтернативой, особенно для действующего литейного производства, является подогрев шихты в завалочных бадьях. При этом могут использоваться варианты нагрева, как за счет тепла отходящих газов, так и за счет использования дополнительного топлива – преимущественно природного газа.

В то же время нагрев в завалочных бадьях имеет наряду с очевидной привлекательностью существенный недостаток: невозможно нагреть шихту, не нагревая в то же время корпус бадьи. Причем температура нагрева самой бадьи при контакте с горячими газами при продувке в них шихты, даже выше, чем шихты. Сопротивление движению газов вдоль корпуса бадьи, как правило, меньше, чем в центральной части слоя, соответственно, больше скорость теплоносителя и конвективный теплообмен.

Однако этот недостаток может быть легко устранён путём достаточно простой доработки – установки в бадью вставки, создающей воздушный зазор между корпусом и металлошихтой. Вставка экранирует тепловой поток, а воздушный зазор обеспечивает теплоизоляцию. Такая доработка позволяет практически получить «бадью-термос» (рисунок 1) [3].

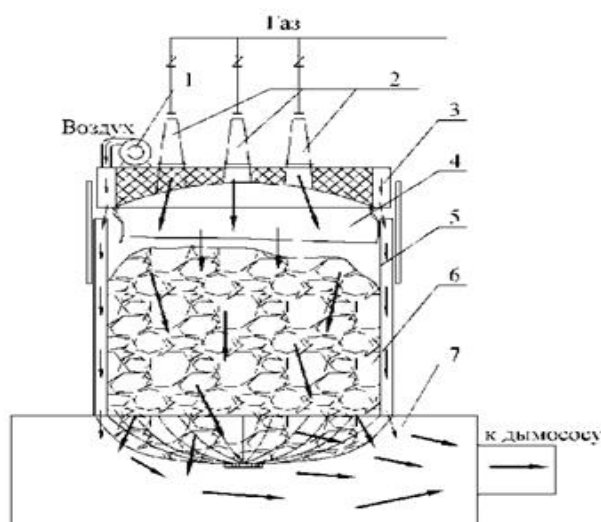


Рисунок 1 – Схема работы «бадьи-термоса»:

1 – продувочный вентилятор; 2 – горелки; 3 – коллектор обдува;  
4 – огнестойкая завеса; 5 – вставка; 6 – нагреваемая шихта; 7 – корпус стэнда

Автономные установки подогрева шихты в завалочных «бадьях-термосах» позволяют нагреть шихту до 700–800 °С за 15–20 минут, при удельном расходе природного газа на уровне 10–15 м<sup>3</sup>/т, что является одним из самых лучших показателей для установок подогрева.

Высокий КПД, компактность, невысокая стоимость и простота обслуживания установок высокотемпературного подогрева металлошихты в завалочных бадьях-термосах делает эти установки одним из наиболее эффективных решений, обеспечивающих энергосбережение и интенсификацию процесса при электроплавке чугуна и стали в литейных цехах.

#### Список использованных источников

1. Некоторые аспекты использования дуговых сталеплавильных печей шахтного типа / С.В. Павельев, Е.А. Чернышов // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 44–45.
2. Системы сушки и предварительного нагрева Inductotherm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atlanta-beltrade.com/product/drying-and-preheating-systems-inductotherm>. – Дата доступа: 02.03.2019.
3. Высокотемпературный подогрев шихты в загрузочных бадьях / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2014. – № 1. – С.29–38.

УДК 621.531

#### Силовой анализ плоского шарнирно-рычажного механизма с использованием SOLIDWORKS

Студенты гр. 10404115: Радионов М.В., Мартинкевич А.А.  
Научный руководитель – Одиночко В.Ф.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Силовой анализ начинается с построения кинематической схемы механизма в программе SOLIDWORKS (рисунок 1). При этом план механизма строится с учётом масштабного коэффициента длины, например  $\mu_l = 4 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$ , для положения входного звена, (кривошипа) соответствующего крайнему положению выходного звена (ползуна) [1].

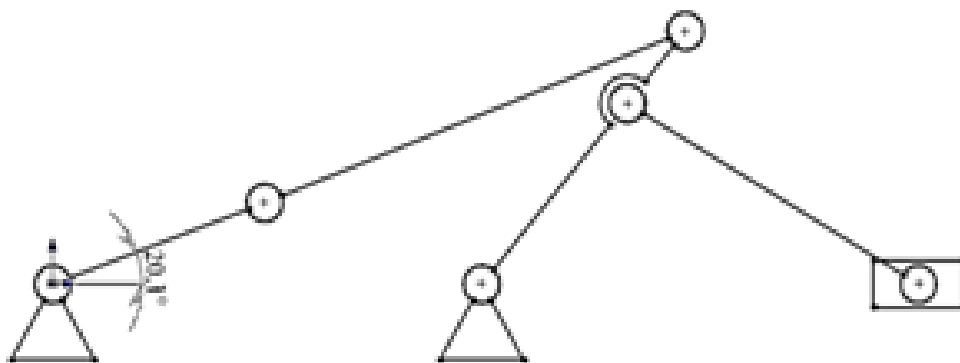


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма в программе SOLIDWORKS

Затем подключается функция SOLIDWORKS Motion и проводится кинематический анализ механизма.

Силовой анализ механизма начинается с построения график потребления энергии. Для этого кнопкой “Результаты и эпюры” открывается окно диалога *Результаты* в котором выбираются нужные параметры (рисунок 2).