

УДК 621.77.04

Разработка устройства совмещения непрерывной разливки и деформации для получения биметаллических заготовок Алюминий-Медь

Сергей Игоревич Яровой

*Студент 6 курса,
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»
Московский Государственный Технический Университет*

*Научный руководитель: В.В. Стулов,
Профессор*

Разработка устройств, обеспечивающих совмещение процессов непрерывного литья и пластической деформации, представляет собой одно из ключевых направлений повышения эффективности металлургических технологий, особенно при производстве композиционных материалов, к числу которых относятся биметаллические заготовки системы алюминий–медь. Биметаллы данного типа широко применяются в электротехнической и машиностроительной промышленности благодаря сочетанию высокой электропроводности меди и низкой плотности, коррозионной стойкости и технологичности алюминия. Традиционные методы получения таких заготовок, включая сварку взрывом, прокатку пакетов и литье с последующей обработкой, характеризуются значительной трудоемкостью, многостадийностью и высокими энергетическими затратами, что обуславливает актуальность разработки интегрированных технологических решений.

Совмещение непрерывного литья и деформации позволяет реализовать процесс получения биметаллических заготовок в рамках единого технологического цикла, при котором формирование структуры и геометрии изделия происходит непрерывно, без промежуточных операций нагрева и транспортировки. В основе данного подхода лежит принцип одновременного формирования слоев из различных металлов с последующим их совместным деформированием в горячем состоянии. При этом обеспечивается не только формообразование, но и создание прочного металлургического соединения между алюминием и медью за счет диффузионных процессов и пластического течения материалов в зоне контакта.

Конструктивно устройства для реализации совмещенного процесса представляют собой сложные агрегаты, включающие узлы подачи расплава, кристаллизации и деформирования. Как правило, используется схема, при которой один из металлов, чаще алюминий как более легкоплавкий компонент, подается в виде жидкого расплава в кристаллизатор, тогда как медь может вводиться либо в твердом, либо в нагретом состоянии. В зоне кристаллизации формируется первичная оболочка, после чего заготовка поступает в деформирующий узел, где осуществляется совместная пластическая деформация слоев. Такая схема обеспечивает интенсивный контакт между материалами и способствует формированию прочного межслойного соединения.

Особенностью процесса получения биметаллических заготовок алюминий–медь является необходимость учета различий в физических и механических свойствах компонентов, включая температуры плавления, коэффициенты теплового расширения, теплопроводность и сопротивление деформации.

Значительная разница в температурах плавления алюминия и меди требует точного регулирования теплового режима, чтобы предотвратить расплавление медного слоя или, наоборот, недостаточное смачивание его алюминием. Кроме того, при взаимодействии алюминия и меди возможно образование интерметаллических соединений, которые обладают высокой твердостью, но повышенной хрупкостью, что может негативно сказываться на эксплуатационных свойствах заготовок. Поэтому одной из ключевых задач является управление толщиной и составом переходной зоны между слоями.

В процессе совмещенного литья и деформации формируется сложное напряженно-деформированное состояние, которое играет важную роль в обеспечении качества соединения. Сжимающие напряжения, возникающие при деформации, способствуют разрушению оксидных пленок на поверхности металлов и интенсифицируют процессы диффузии, что улучшает сцепление между слоями. Одновременно необходимо контролировать величину деформации, чтобы избежать образования трещин, расслоений и других дефектов, связанных с различием пластичности алюминия и меди.

Для получения заготовок заданной формы, в том числе круглого или профилированного сечения, применяются различные схемы деформирования, включая прокатку в калибрах, прессование или комбинированные методы. Выбор конкретной схемы определяется требованиями к геометрии изделия и характеристикам межслойного соединения. При этом важное значение имеет синхронизация скоростей литья и деформации, так как несоответствие этих параметров может привести к нарушению сплошности заготовки и ухудшению качества поверхности.

Разработка подобных устройств невозможна без применения методов математического и физического моделирования, позволяющих исследовать тепловые, гидродинамические и механические процессы, протекающие в зоне совмещения. Численное моделирование используется для определения температурных полей, распределения напряжений и деформаций, а также для прогнозирования формирования межслойной структуры. На основе полученных данных осуществляется оптимизация конструкции оборудования и технологических параметров процесса.

Преимущества совмещения непрерывного литья и деформации при производстве биметаллических заготовок алюминий–медь заключаются в сокращении числа технологических операций, снижении энергозатрат и повышении производительности. Дополнительным эффектом является улучшение качества межслойного соединения за счет реализации процессов в едином тепловом цикле. Получаемые заготовки характеризуются более однородной структурой, улучшенными механическими и эксплуатационными свойствами, а также высокой степенью адгезии между слоями.

Таким образом, разработка устройств для совмещения непрерывного литья и деформации применительно к биметаллическим системам алюминий–медь представляет собой актуальную задачу современной металлургии, направленную на создание эффективных и ресурсосберегающих технологий получения композиционных материалов. Реализация таких подходов открывает возможности для расширения области применения биметаллов и повышения конкурентоспособности металлургической продукции за счет улучшения ее качества и снижения себестоимости производства.

Литература

1. . Установка непрерывного литья и деформации для производства стальных листов и сортовых заготовок: монография/ О.С. Лехов, А.В. Михалев. -Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.
2. Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства биметаллических полос : монография / О. С. Лехов, М. М. Шевелев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия,
3. 2021.Патент №2147483 RU, МКИ 7 В22 Д11/051. Устройство для получения непрерывнолитых деформированных заготовок /В.В.Стулов, В.И.Одинокоев. - №99110288/02. Заявл. 20.05.99. Оpubл. 20.04.2000. Бюл. №11.
4. Патент №2125499 RU, МКИ 7 В22 Д11/051. Устройство для получения непрерывнолитых деформированных заготовок /В.В.Стулов, В.И.Одинокоев. - №98102760. Заявл. 16.02.98. Оpubл. 27.01.99. Бюл. №22.
5. Технология машиностроения: В 2-х т. Т.1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев и др. Под редакцией А. М. Дальского. – М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.
6. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры. Введ. 1957-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2004. 27 с.