

УДК 621.77.04

Разработка устройства совмещения непрерывной разливки и деформации для получения круглых стальных заготовок

Кирилл Игоревич Щаулин

*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, является одним из перспективных направлений развития современной металлургии, ориентированным на повышение эффективности производства и улучшение качества металлических заготовок. Непрерывное литье представляет собой процесс формирования металлической заготовки путем непрерывной подачи жидкого металла в водоохлаждаемый кристаллизатор, где происходит затвердевание наружных слоев с образованием твердой оболочки при сохранении жидкой сердцевины, после чего заготовка вытягивается и охлаждается до полного затвердевания. Данный способ получил широкое распространение благодаря высокой производительности, снижению потерь металла и возможности автоматизации технологического процесса.

Традиционная схема производства круглых стальных заготовок включает несколько последовательно выполняемых стадий: непрерывное литье, охлаждение, последующую прокатку или иную обработку давлением. Однако разделение этих операций приводит к увеличению энергозатрат, удлинению производственного цикла и дополнительным потерям тепла. В связи с этим развивается концепция совмещённых процессов, при которых формирование и деформация металла осуществляются в рамках единого технологического агрегата. Основная идея таких технологий заключается в объединении ранее отдельных операций в непрерывный процесс, что позволяет повысить эффективность использования энергии и оборудования, а также улучшить структуру и свойства металла.

Устройства совмещения непрерывного литья и деформации представляют собой сложные технологические комплексы, включающие узлы кристаллизации и деформирующие элементы, работающие синхронно. После выхода непрерывнолитой заготовки из кристаллизатора она подвергается пластической деформации в еще горячем состоянии, что позволяет использовать внутреннее тепло металла без дополнительного нагрева. При этом формообразование может осуществляться с помощью валков, бойков или матриц, обеспечивающих требуемую геометрию, в том числе получение круглых сечений. В ряде конструкций реализуется принцип непрерывного прессования или прокатки, при котором частично затвердевший металл сразу направляется в деформирующий узел, где происходит его уплотнение и окончательное формирование профиля.

Особенностью совмещённого процесса является наличие сложного напряженно-деформированного состояния металла в зоне обработки. Исследования показывают, что при деформации непрерывнолитых заготовок возникают значительные сжимающие напряжения, достигающие сотен мегапаскалей, что

способствует уплотнению структуры и снижению дефектности металла . Одновременно происходит перераспределение температуры и фазового состояния материала, что требует точного управления параметрами процесса, включая скорость литья, интенсивность охлаждения и режим деформации.

Применительно к получению круглых стальных заготовок особое значение имеет выбор схемы деформирования. Формирование круглого профиля может осуществляться посредством калибрующих валков или специальных формирующих устройств, обеспечивающих равномерное обжатие по периметру. При этом необходимо учитывать, что заготовка в момент деформации может иметь жидкую сердцевину, что накладывает ограничения на величину и характер деформационных усилий. Оптимизация геометрии инструмента и режимов обработки позволяет предотвратить дефекты, такие как трещины, ликвация и пористость.

Разработка подобных устройств требует комплексного подхода, включающего расчет тепловых, гидродинамических и механических процессов. Управление технологией осуществляется с учетом гидравлического режима подачи металла, тепловых условий кристаллизации и энергосиловых характеристик оборудования . Важным направлением является использование численного моделирования, позволяющего анализировать распределение температур, напряжений и деформаций в заготовке и оптимизировать конструкцию оборудования.

Преимущества совмещения непрерывного литья и деформации заключаются в сокращении числа технологических операций, снижении энергопотребления и повышении качества продукции.

За счет деформации в горячем состоянии достигается более однородная структура металла, уменьшается пористость и ликвация, повышаются механические свойства заготовок. Кроме того, сокращается производственный цикл и повышается производительность металлургических агрегатов. Вместе с тем реализация таких технологий связана с рядом технических сложностей, включая необходимость точной синхронизации процессов, обеспечения устойчивости течения металла и предотвращения аварийных ситуаций.

Таким образом, разработка устройств совмещения непрерывного литья и деформации для получения круглых стальных заготовок представляет собой актуальную научно-техническую задачу, направленную на повышение эффективности металлургического производства. Реализация подобных решений позволяет перейти к более совершенным технологиям, обеспечивающим высокое качество продукции при одновременном снижении затрат ресурсов и энергии..

Литература

1. Технология и оборудование для непрерывного литья. Под ред. К.В. Тихомирова. — СПб.: Политехника, 2013. — 350 с. Данный труд включает детальное описание технологии непрерывного литья, конструктивных решений кристаллизаторов и особенностей их эксплуатации.
2. Стулов, В.В. Проектирование непрерывных технологических процессов: учебное пособие / В.В. Стулов, А.Г. Колесников. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021.

3. Кузнецов В.Н., Руденко В.И. Металлургия стали: учебник для вузов. — М.: Издательство "Машиностроение", 2005. — 512 с.
Основы металлургии, процессы литья стали, современные технологии.
4. Денисов В.А. Процесс и оборудование для литья металлургических материалов. — М.: Издательство "Техника", 2008. — 480 с.
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.