

*Краюшина Валерия Александровна*

студентка

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

г. Липецк, Липецкая область

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗЛИВКИ СТАЛИ**

*Аннотация:* в данной работе представлены современные способы повышения качества непрерывнолитых заготовок стали.

*Ключевые слова:* сталь, заготовка, электромагнитное перемешивание, ликвация.

В мировой практике для достижения высокого качества чёрных металлов, из непрерывнолитых заготовок, а также улучшения технологий выплавки и обработки, чаще всего используют расходные материалы и компоненты высокого качества. При разливке стали невозможно обойтись без основополагающих процессов и сопровождающего эти процессы оборудования.

Важным звеном в непрерывной разливке стали является кристаллизатор, который представляет собой водоохлаждаемую форму (изложницу) для ускоренного затвердевания жидкого металла. Данный механизм имеет в своём составе охлаждающую медную гильзу. Кристаллизатор выполняет возвратно-поступательные движения, амплитуда и частота которых регулируется и задается заранее. Он обладает датчиком, способным изменять уровень металла в системе и поддерживать его, а также системой подачи воды для охлаждения системы. Гильза кристаллизатора является неотъемлемой его частью. Она выполняет отвод теплоты от заготовки к охлаждающей жидкости. Температура внутренней полости гильзы во время разливки стали находится в пределах от 180 до 190 °C, поэтому её внутренняя поверхность имеет покрытие толщиной 0,07–0,12 мм, что увеличивает её износостойкость.

В настоящее время наиболее популярной является концепция формы внутренней полости гильзы кристаллизатора в виде параболы. Она учитывает

максимально возможную усадку заготовки, что, в свою очередь, способствует уменьшению воздушного пространства между заготовкой и стенкой гильзы. Это необходимая мера, поскольку воздух имеет теплопроводность гораздо меньше, чем стенки гильзы, тем самым воздух может составлять до 50% термического сопротивления системы при охлаждении. Увеличение воздушного зазора способствует затормаживанию процесса роста корочки, поэтому многие мировые производители гильз устанавливают в нижней части гильзы конусность, что гарантирует контакт заготовки со стенками гильзы. Однако, такие наконечники быстро истираются, что приводит к дальнейшему истиранию тела гильзы.

Электромагнитное перемешивание необходимо для минимирования кристаллизационных, ликвационных и усадочных дефектов. С помощью электромагнетизма создаётся управляемое принудительное движение жидкой фазы кристаллизующего слитка. При применении данного метода в кристаллизаторе изменяется соотношение структурных зон (столбчатые кристаллы уменьшаются, равноосные – увеличиваются), о чём свидетельствует тот факт, что при высоком перегреве над точкой ликвидус равносальная зона составляет не менее 40% от всей площади слитка. В структуре заготовок, созданных при помощи электромагнитного перемешивания, присутствует ярко выраженная пористость в виде пор, находящаяся по всему тепловому центру.

Зона вторичного охлаждения является важным этапом изготовления, непосредственно влияющим на качество конечной заготовки. Она способствует уменьшению внутренних напряжений в самой заготовке. Процесс вторичного охлаждения оказывает влияние на правильность формы заготовки, ликвацию, а также осевую пористость. Эффективность такого охлаждения достигается за счёт того, что с металлом соприкасается большое количество распыленной воды. Таким образом, при одном и том же расходе воды, площадь теплообмена существенно увеличивается. Общеизвестно, что соотношение воды с воздухом является не единственным условием, оказывающим влияние на коэффициент теплопроводности.

Новым методом, появившимся в последние годы, стала прокладка квадратных труб в вертикальном направлении для подвода воздуха и воды. Форсунки, в данном случае, крепятся на специальных вертикальных пластинах. Обвязка для подводящих труб из конструкции убирается из-за ненадобности, а распылители подсоединяются к подводящему коллектору и находятся за пределами сегмента и его корпуса. Данный метод позволяет гибко размещать форсунки по ширине заготовки, тем самым обеспечивая более равномерное и эффективное охлаждение. Одним из самых важных свойств такой конструкции является то, что смеситель располагается непосредственно на коллекторе, а готовая воздушная смесь поставляется в соплу форсунки, это помогает охватывать любое межроликовое расстояние. Данный метод позволяет повысить скорость вытягивания заготовки примерно на 17%, а также снизить количество брака по критерию продольных и диагональных трещин. Для высокоуглеродистых сталей, макроликвация, которая получается непрерывным литьем бломов, может достигать таких больших значений, что процесс последующего переделывания вызывает образование мартенсита и выделений вторичного цементита, что, в свою очередь, приводит к обрывам при волочении. В данном случае даже метод электромагнитного перемешивания в кристаллизаторе не уменьшает осевую ликвацию до достаточной величины. Главной причиной появления макроликвации является то, что подсасывающие потоки в заготовках приводят к тому, что обогащённый расплав перемещается в область затвердевания заготовки и здесь накапливается. Подсасывающие потоки чаще всего появляются при возникновении пустот при затвердевании. Макроликвация может быть ликвидирована за счёт сокращения объема, вызванного разницей в плотности твёрдой и жидкой фазами, а также его компенсацией за счёт мягкого обжатия (сжатие непрерывнолитого слитка). Данный метод представляет собой эффективное решение для ликвидации сегрегационных эффектов, а значит и качества заготовок. Реализация метода достигается уменьшением толщины заготовки в зоне окончания кристаллизации с помощью внешних усилий до стабилизации температурной усадки. Это позволяет уменьшить

перепад объемов и остановить всасывание сегрегированного расплава. Метод мягкого обжатия уже использовался для литья слябов, однако из-за квадратного сечения заготовок, данный метод на практике долгое время не был реализован. Возможности уменьшения ликвации заготовки с помощью метода мягкого обжатия ограничиваются удлинением корочки на границе твёрдой и жидкой фаз, так как повышенная нагрузка на корочку приводит к образованию различных трещин. Величина подобных деформаций определяется с помощью эксперимента и не должна превышать допустимых показателей.

Опытным путём было доказано, что за счёт изменения формы кристаллизатора (увеличение размеров в верхней и нижней части) можно усилить влияние мягкого обжатия, тем самым снижая нагрузку на корочку, а следовательно, и риск возникновения трещин.

### ***Список литературы***

1. Попандопуло И.К. Непрерывная разливка стали / И.К. Попандопуло, Ю.Ф. Михневич. – М.: Металлургия, 1990. – 296 с.
2. Власов Н.Н. Справочник по разливке черных металлов / Н.Н. Власов, В.В. Корроль, В.С. Радя. – М.: Металлургия, 1981. – 240 с.
3. Дефекты стали: справочник / под ред. С.М. Новокщеновой, М.И. Виноград. – М.: Металлургия, 1984. – 199 с.