

НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ ВВЕРХ ПРОВОЛОЧНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ МЕДНЫХ И НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Марукович Е. И., Харьков В. А.

*Институт технологии металлов НАН Беларуси, Могилев, Беларусь,
kharckov@itm.by*

Сущность метода непрерывного литья вверх заключается в том, что жидкий металл из плавильной печи или миксера попадает во внутреннюю полость фильеры, нижняя часть которой вертикально погружена в расплав. Фильера установлена в водоохлаждаемом кристаллизаторе, который снаружи имеет слой футеровки, обеспечивающей его защиту от контакта с жидким металлом. За счет охлаждения происходит кристаллизация расплава и формирование отливки, которая циклически извлекается вверх специальным тянущим механизмом.

Основное предназначение указанного способа – производство медной катанки. Кроме того эту технологию можно адаптировать для производства прутков и труб малого диаметра из медных и никелевых сплавов, драгоценных металлов.

Вертикальное литье имеет ряд технических преимуществ по сравнению с более популярными горизонтальными процессами [1]:

- симметрия в охлаждении отливки обеспечивает равномерную и предсказуемую картину роста кристаллов и равномерную осевую нагрузку на затвердевшую начальную корку отливки;

- процент выхода годного достигает 99% за счет отсутствия копьевидного остатка на конце отливки, характерного для горизонтального способа, что особенно важно при литье драгоценных металлов;

- более высокая производительность при стабильно высоком качестве поверхности отливки.

К недостаткам можно отнести трудности в обращении с вертикально расположенной длинномерной отливкой, повышенные требования к культуре производства и аспектам безопасности.

Каменск-Уральский завод по обработке цветных металлов (КУЗОЦМ) производит проволоку из никеля и никелевых сплавов по технологии литья заготовок в кокиль с последующей горячей прокаткой и волочением. Эта очень затратное производство требовало кардинальной модернизации. Возникла идея применить метод непрерывного вертикального литья вверх для производства катанки из никеля и никелевых сплавов.

Была сконструирована (рисунок 1) и построена специальная одноручевая установка непрерывного вертикального литья вверх на основе самых современных направлений в реализации циклического извлечения, а именно применении сервопривода, программируемого логического контроллера и человеко-машинного интерфейса (рисунок 2). В качестве особенности конструкции установки стоит отметить возможность ее интеграции с индукционной тигельной или канальной печью, имеющейся на предприятии.

Как показывает технологическая практика, при абсолютно непрерывном литье происходит нарушение устойчивости процесса, что может привести к обрыву заготовки. В связи с этим перемещение заготовки в процессе работы осуществляется по принципу «движение – остановка» для обеспечения формирования начальной корки [2]. Это значительно снижает вероятность обрывов, но при этом уменьшает производительность, поэтому важной задачей при разработке технологических параметров является определение минимального периода остановки. Для отливок диаметром от 8 до 20 мм время остановки может находиться в пределах от нескольких сотых долей секунды до нескольких десятых. Для обеспечения минимальных значений

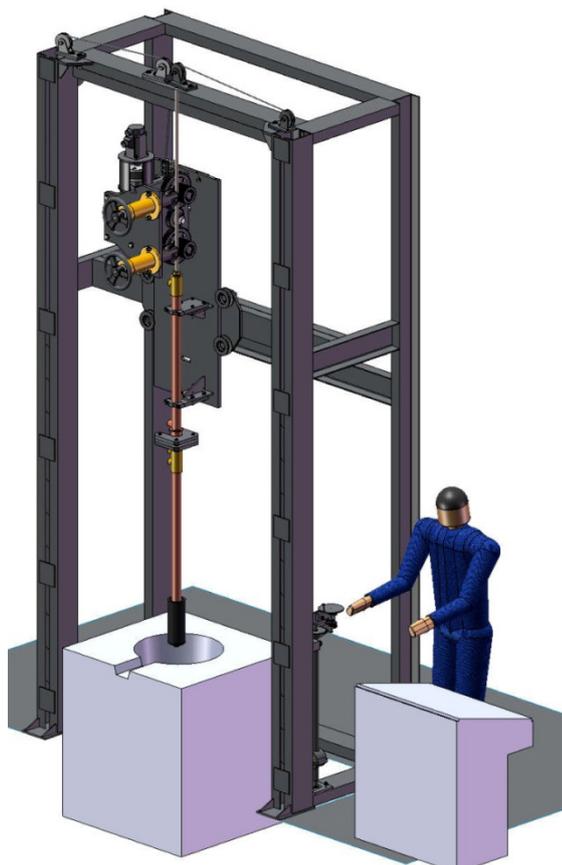


Рисунок 1 - Трехмерная модель установки непрерывного литья вверх



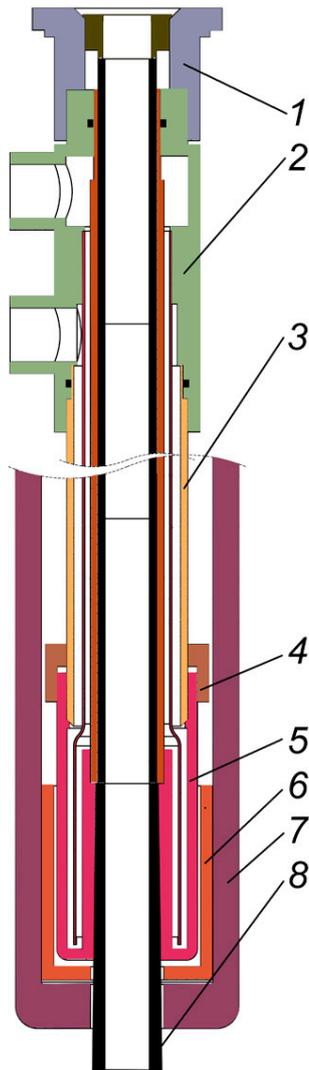
Рисунок 2 - Установка непрерывного литья вверх на КУЗОЦМ

времени остановки необходим привод с высокими динамическими параметрами и возможностью циклической работы с частотой до 300 Гц. Для решения данной задачи наиболее эффективным является применение сервоприводов [3].

В качестве кристаллизатора применили специальный медный теплообменник цилиндрической формы (рисунок 3). Постоянно циркулирующая вода обеспечивает отвод тепла от формирующейся отливки. Внутри теплообменника находится тонкостенная графитовая фильера, внутренний диаметр которой соответствует диаметру получаемой продукции, а внешний диаметр - внутреннему диаметру теплообменника.

Основной трудностью при реализации идеи непрерывного вертикального литья вверх никеля и сплавов на его основе являлось то, что применение графита в чистом виде для фильеры исключалось. Медно-никелевые сплавы реагируют с графитом и этот эффект более заметен на сплавах с высоким содержанием никеля. Сплав системы Cu - Ni с содержанием никеля 10% при 1500°С имеет угол смачивания 139°, а с содержанием никеля 30% угол смачивания составляет 70°. В практике непрерывного литья установлено, что применение графитовых фильер значительно влияет на свойства сплавов с содержанием никеля более 20%. Растворимость углерода в никеле при 1500°С составляет 2,60 мас.% [1].

На первом этапе экспериментов применили покрытие графитовой фильеры гексагональным нитридом бора. Были проведены эксперименты по отливке прутка диаметром 20 мм из сплавов монель (67% никеля, 38% меди) и копель (43% никеля, 0,5% марганца, остальное медь).



Однако покрытие оказалось не стойким и истиралось в процессе отливки первых 100 кг прутка. Далее возникла эрозия графита, что приводило к ухудшению качества поверхности отливки. В результате было принято решение об изготовлении фильеры полностью из нитрида бора. Покрытие защитного стакана нитридом бора тоже оказалось не эффективным. На зеркале расплава при плавке и выдержке никелевых сплавов наводится покров из расплавленного стекла, при контакте с которым происходило разрушение покрытия.

В результате было принято решение об изготовлении фильеры полностью из нитрида бора, а защитного стакана из керамики.

Производительность процесса непрерывного вертикального литья вверх на указанных выше сплавах была достигнута 0,6 м/мин, что составляет приблизительно 100 кг/час.

На сегодняшний момент спроектирована обновленная версия установки, которая позволит осуществлять литье в три ручья одновременно. Кроме того ведутся исследования по выбору технологических параметров литья, которые бы позволили обеспечить большую производительность и расширить номенклатуру типов сплавов.

Рисунок 3 - Кристаллизатор

- 1-монтажный фланец; 2-коллектор охлаждающей воды;
3-корпус;
4-соединительная гайка; 5-теплообменник; 6-футеровка;
7-защитный стакан; 8-фильера.

Список использованной литературы.

1. Wilson, R. A Practical Approach to Continuous Casting of Copper-Based Alloy and Precious Metals / R. Wilson – Cambridge, UK, The University Press, 2000. – 266 p.
2. Марукович, Е. И. Движение слитка при непрерывном горизонтальном литье / Е. И. Марукович, С. В. Стрельцов // Весці акадэміі навук БССР. Серыя фізіка-тэхнічных навук №4 — Минск, 1988. — С. 57 – 60.
3. Харьков, В. А. Автоматизированная система управления линией непрерывного литья / В. А. Харьков, Ю. В. Саченко // Металлургия машиностроения. – 2011. – №2. – С. 18–20.