

Обзор современных систем управления для непрерывного литья

Светлана Сотник, Владислав Микитенко

Кафедра КИТАМ, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, ,
Харьков, пр. Науки 14, УКРАИНА, mykytenkovladislav@gmail.com

Аннотация: В работе проведен обзор трех современных систем управления для процессов литья, в результате которого определены ключевые параметры которые необходимо контролировать в процессе литья. Рассмотрены особенности непрерывного литья.

Ключевые слова: система, управления, непрерывное, литье, кристаллизатор

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодня автоматизированные системы управления непрерывным литьем (НЛ) стремительным образом развиваются, поскольку процесс изготовления изделий / отливок одного размера из металла в изложницы при массовом производстве давно устарел и наступает «этап непрерывного литья». Такой процесс изготовления изделий / отливок подходит для цветных металлов и стали.

К достоинствам непрерывного литья можно отнести:

- сокращение цикла металлургического производства;
- повышение качества отливок в связи с высокой степенью их однородности, что приведет к уменьшению технологических отходов при последующей обработке давлением, а также позволит уменьшить разброс технологических параметров;
- возможность получения отливок с неограниченной длиной и требуемым поперечным сечением;
- улучшение поверхности отливки.

Помимо разработки формы-кристаллизатора и сопровождения процесса непрерывного литья, требуется значимое место занимает процесс управления самим непрерывным литьем, поскольку от этого напрямую зависит один из главных параметров отливок – качество.

II. ОСОБЕННОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

При непрерывном литье отливка из металла в литейной машине непосредственно охлаждается [1]. Определено, что особенностью является то, что сам процесс охлаждения разбивается на стадии, которые «разделены» не по времени, как при обычном литье, а в пространстве: более ранние стадии располагаются выше, более поздние – ниже.

Каждая стадия изготовления отливки находится в непосредственной близости друг от друга, поэтому процессы, происходящие в каждой зоне,

оказывают значительное взаимное влияние и могут стать предпосылкой для получения как качественной отливки, так и бракованной, хотя сам процесс НЛ состоит из тех же стадий, что и обычное литье металла:

- 1) заполнение формы-кристаллизатора металлом;
- 2) отвод теплоты перегрева;
- 3) процесс кристаллизации;
- 4) охлаждение отливки.

Схема процесса непрерывного литья и температурных зон отливки в общем виде представлена на рис. 1 [2].

То есть, расплавленный металл равномерно и непрерывно поступает в охлаждаемую форму-кристаллизатор с одного конца и в виде затвердевшего отливки вытягивается специальным устройством с другого конца [2].

На рис. 1 представлен процесс заполнения водоохлаждаемой металлической формы-кристаллизатора 2 жидким металлом, который поступает туда при помощи ковша 1 [2].

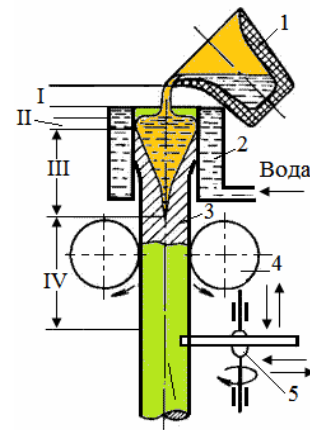


Рис. 1. Схема процесса непрерывного литья и температурных зон отливки

Процесс охлаждения отливки при непрерывном литье можно реализовать 2 способами [2]:

- 1) отвод основного количества теплоты от отливки благодаря стенкам кристаллизатора, к которым подается охлаждающая вода (рис. 1);
- 2) отвод некоторого количества теплоты, необходимого для затвердевания корочки металла, в кристаллизаторе, а затем отвод основного количества теплоты погружением отливки в водяную ванну.

Первую схему применяют при литье в высокий кристаллизатор стальных слитков, чугуновых

водопроводных труб. Интенсивность отвода теплоты от отливки невысока, так как между слитком и охлаждающей водой находится значительное термическое сопротивление в виде зазора (между отливкой и формой), стенки кристаллизатора и т. д.

Затвердевшая отливка 3 валками 4 непрерывно извлекается из формы-кристаллизатора [2].

Далее при необходимости разрезается на более мелкие части специальной пилой 5 [2].

Непрерывное литье широко используется в металлургической промышленности для разлива стали, цветных металлов и сплавов, а также в машиностроении при производстве труб и заготовок [4].

Римскими цифрами на рис. 1 представлены температурные зоны отливки, а именно, где происходит изменение температуры в процессе литья.

Определено, что продолжительность заполнения формы-кристаллизатора определяется выражением:

$$T_{cc} = M_{mf} + T_{mo} + T_{mt} + Q_{mm} \cdot (1)$$

где M_{mf} – режим течения расплава (ламинарный или турбулентный);

T_{mo} – температура перегрева расплава;

T_{mt} – температура формы-кристаллизатора;

Q_{mm} – интенсивность теплообмена между формой и расплавом.

III. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО

Современные тенденции развития науки и техники приводят к автоматизации всех сфер деятельности, в том числе и машиностроении, что связано с математическим моделированием и информационным обеспечением процессов производства высококачественной отливки и заготовок с минимальными затратами ресурсов. То есть, автоматизация современных систем управления технологическими процессами станет предпосылкой получить наилучшее соответствие между качеством отливки и затратами на ее изготовление.

Автоматизация систем управления НЛ – путь повышения качества литых изделий.

Схематичное изображение одного из существующих вариантов аппаратной реализации системы управления процессом литья представлено на рис. 2 [3].

Аппаратная реализация осуществлялась на контроллерах ОВЕН ПЛК100 которые выполнены в полном соответствии со стандартом IEC 61131-1, что обеспечивает высокую аппаратную надежность [3].

Программирование контроллеров в данном случае [5] было реализовано в среде Овен CoDeSys v.2.3.x, которая является бесплатной, а в качестве

языка программирования контроллеров – ST (Structured Text) [3].

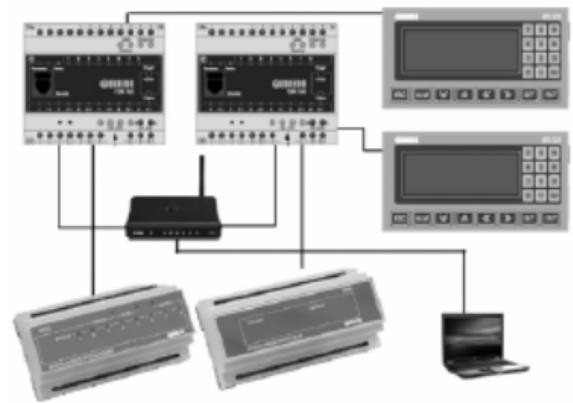


Рис. 2. Схематичное изображение систем управления процесса литья

Предложенный программный комплекс позволяет управлять процессом литья с заданным законом наложения давления. Одним из основных параметров является давление, изменение которого контролируется на всех этапах формирования отливки.

Также в качестве ключевых параметров для управления процессом литья были температура и время выдержки в процессе охлаждения отливки в форме.

Далее рассмотрим еще одну альтернативу системы управления, только для криволинейного литья. Принцип непрерывного литья здесь заключается в том, что жидкий металл из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму-кристаллизатор, в которой происходит частичное затвердевание непрерывно-вытягиваемой отливки. Далее процесс затвердевания отливки происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения.

В работе [4] представлена система автоматического управления уровнем металла. Определено, что в данной системе основной акцент делается на регулирование уровня металла в кристаллизаторе и поддержании заданной скорости вытягивания, так как именно они в большей степени влияют на качество полученной отливки. Также для управления выбран такой параметр, как скорость вытягивания машины непрерывной разливки стали, которая изменяется на следующих участках:

- зона промковшей;
- зона первичного охлаждения (кристаллизатор);
- зона вторичного охлаждения;

Для каждой зоны строится локальная подсистема управления.

При рассмотрении системы управления скоростью вытягивания машины непрерывной разливки стали учитывается динамика системы электроприводов.

Таким образом, такая система позволяет учесть особенности всех режимов работы машины

непрерывной разливки стали: пусковой режим, основной режим разливки, режим останова, аварийный режим (угроза прилипания или прорыва корочки сляба, перелива жидкого металла, и т.д.) [4].

В результате, определено, что при построении системы управления машины непрерывной разливки стали процесс делится на зоны, каждая из которых представлена в виде автономного объекта управления. Для каждого такого объекта создается система управления.

В качестве третьей альтернативы рассмотрим систему управления процессами и механизмами машин непрерывного литья заготовок [5].

Кратко рассмотрим основные функции третьей альтернативы программно-аппаратного комплекса:

- управление положением штока гидроцилиндра;
- возможность обмена необходимой технологической информацией за счет связи с контроллером верхнего уровня;
- формирование требуемого закона качания кристаллизатора;
- вывод для визуализации аварийных сигналов и сигналов технологических блокировок.

В качестве примера на рис. 3. представлено окно системы визуализации процесса качания кристаллизатора. В режиме наладки системы управления качанием предусмотрена возможность отключения блока согласования для управления перемещением каждой стороны механизма качания [5].

Базовыми параметрами для системы управления охлаждением являются: 1) средняя скорость различных сечений пластины вдоль технологической оси оливы; 2) изменение расходов воды автономно по секциям в соответствии со значениями средней скорости.

IV. ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного обзора определено, что получение качественной отливки из кристаллизующегося металла возможно при контроле и регулировании механизма качания кристаллизатора. Поскольку, если качание происходит с неправильной частотой, амплитудой или с неправильной формой колебаний, то это может привести к ухудшению качества поверхности и увеличению расхода порошка для смазки кристаллизатора, а также к прорывам металла.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] B. Petrus, " Real-time, model-based spray-cooling control system for steel continuous casting ", *Metallurgical and materials transactions*, vol. 1, pp. 87-103, 2011.
- [2] B.G. Thomas, " Review on modeling and simulation of continuous casting", *Steel research international*, vol. 1, pp. 1-21, 2018.
- [3] Nevludov, I., Sotnik, S., Frolov, A., & Demka, N. (2017). Development of the comprehensive method for quality assessment of plastic parts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1-85), 18-26.
- [4] В.Н.Ткаченко, О.С. Волуева, Н.В. Жукова, " Система автоматического управления уровнем металла и скорости вытягивания МНЛЗ", *Автоматика/Automatics*, с. 204-205, 2011.
- [5] А.Ю. Цупрун, "Системы управления процессами и механизмами машин непрерывного литья заготовок", *Информационный портал о черной и цветной металлургии*

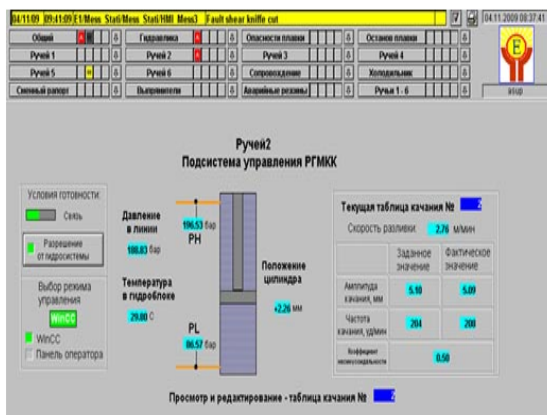


Рис. 3. Окно системы визуализации процесса качания кристаллизатора