

Система автоматического управления уровнем металла и скорости вытягивания МНЛЗ

В.Н.Ткаченко¹, О.С. Волуева², Н.В. Жукова²

Abstract – problems of metal level control in a caster and casting speed control for the curvilinear steel continuous casting machine as local objects of a hierarchical control system are considered.

Ключові слова – машина непрерывной разливки стали, скорость вытягивания, кристаллизатор, локальная подсистема.

I. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Установка непрерывного криволинейного литья предназначена для вытягивания слитка (заготовки) из кристаллизатора в заданных технологических режимах при определенных изменениях технических параметров непрерывного литья. Принцип непрерывного литья заключается в том, что жидкий металл из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму – кристаллизатор, где происходит частичное затвердевание непрерывно-вытягиваемого слитка, дальнейшее его затвердевание происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения. Процесс непрерывного литья позволяет получать заготовки (после резки) для прокатных станов, а также его можно совместить с непрерывной прокаткой в одном агрегате.

Анализ технологии показал, что качество заготовки в большой степени зависит от точности регулирования уровня металла в кристаллизаторе и поддержании заданной скорости вытягивания. Регулирование уровня металла в кристаллизаторе имеет первостепенное значение, так как качество слитков в большей степени зависит от точности регулирования. Этот уровень в процессе разливки должен находиться в довольно узких пределах, поскольку значительные колебания жидкого металла нарушают стабильность охлаждения слитка в кристаллизаторе, изменяют условия кристаллизации и сказываются на качестве заготовки, а также могут привести к аварийным ситуациям. Скорость вытягивания должна соответствовать режиму работы МНЛЗ.

II. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Установка непрерывной разливки стали является сложным объектом с распределенными параметрами. Контуры регулирования оказывают влияние друг на друга. Изменение одного из регулируемых параметров приводит к изменению других параметров, то есть имеют место перекрестные связи через объект управления. Системы управления, основанные на применении локальных регуляторов, не обеспечивают достаточной точности переходных процессов. Частичным решением

этой проблемы является декомпозиция сложного технологического процесса на локальные объекты, что упрощает математическое описание исследуемого объекта (так как для каждого условно независимого подпроцесса строится модель, задаются критерии синтеза системы управления по отдельности для каждого из всех локальных объектов)[1].

Для участка непрерывной разливки стали можно выделить следующие технологические участки (зоны): зона промковшей, зона первичного охлаждения (кристаллизатор), зона вторичного охлаждения (ЗВО), тянущие-правильное устройство, устройство мерного реза, устройство управления расходом газа. Для каждой зоны строится локальная подсистема управления.

Рассмотрим уравнение баланса кристаллизатора:

$$S_k = (Q_{ПК} - Q_{ВО})dt, \quad (1)$$

Где S_k - площадь сечения, dh - приращение уровня за время dt , $Q_{ПК}$ - расход металла из промковша в кристаллизатор, $Q_{ВО}$ - расход металла, вытягиваемого на ЗВО

$$Q_{ПК} = \mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot h_{ПК}}, \quad (2)$$

где $s = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ - сечение стакана, d - «рабочий» диаметр стакана, $h_{ПК}$ - уровень металла в промковше, μ - коэффициент расхода

$$Q_{ВО} = V_{ВЫГ} \cdot S_K \quad (3)$$

$$S_K dh = (\mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot h_{ПК}} - V_{ВЫГ} \cdot S_K) dt \quad (4)$$

$$S_K \frac{dh}{dt} = \mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot h_{ПК}} - V_{ВЫГ} \cdot S_K \quad (5)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot h_{ПК}}}{S_K} - V_{ВЫГ} \quad (6)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot \sqrt{2g}}{4S_K} \sqrt{h_{ПК}} \cdot d^2 - V_{ВЫГ} \quad (7)$$

Динамика кристаллизатора и система регулирования уровнем металла представлены на рис.2, 3.

¹ Институт прикладной математики и механики НАН Украины, ул. Розы Люксембург, 74, Донецк, 83114, Украина, E-mail: tkachenko@iamm.ac.donetsk.ua

² Донецкий национальный технический университет, ул. Артема, 58, Донецк, 83001, Украина E-mail: voluevaos@gmail.com

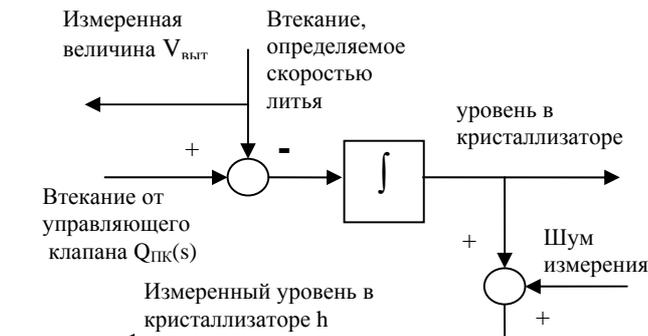


Рис.1. Структурная схема динамики кристаллизатора

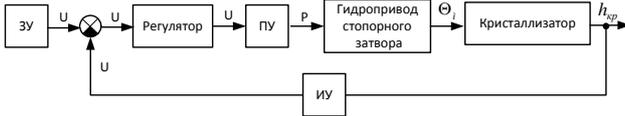


Рис.2 Функциональная схема системы регулирования уровнем металла в кристаллизаторе: ЗУ – задающее устройство, ПУ – преобразовательное устройство

При рассмотрении системы управления скоростью вытягивания необходимо учитывать влияния упругих связей первого и второго рода на динамику систем электроприводов. Система двигатель–исполнительный механизм является двухмассовой с упругостями первого рода. В ней упругим звеном является кинематическая передача, связывающая двигатель с исполнительным органом. Упругая связь второго рода - связь механизмов через рабочее тело (заготовку) - оказывает влияние на динамические характеристики систем электроприводов тянущих валков вытяжного устройства. Математическая модель двухсвязной ЭМС регулирования скорости вытягивания заготовки представлена в интегро-дифференциальном виде:

$$\begin{cases} U_i(t) = R_i I_i(t) + L_i \frac{dI_i(t)}{dt} + C_i \omega_i(t); & U_i(t) = K_{ТП} \left[K_{П} \cdot \varepsilon_{i1}(t) + \frac{1}{T_{и}} \int_0^t \varepsilon_{i1}(t) dt \right] \\ \varepsilon_{i1}(t) = U_{\omega i}(t) - I_i(t) \cdot K_{oc1}; & U_{\omega i}(t) = K_{П} \cdot \varepsilon_{\omega i}(t) + \frac{1}{T_{и}} \int_0^t \varepsilon_{\omega i}(t) dt \\ \varepsilon_{\omega i}(t) = \alpha_{зад \omega i}(t) - \omega_i(t) \cdot K_{oc \omega}; & J_i \frac{d\omega_i(t)}{dt} = C I_i(t) - M_{y,cbi}(t) \\ M_{y,cbi}(t) = k \int_0^t (\omega_i - \omega_{mi}) dt; & J_i \frac{d\omega_{mi}(t)}{dt} = C I_i(t) - M_{C_i}(t) \mp M_{12}(t) \\ M_{12}(t) = k_{12} \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) dt; & V_{выт}(t) = \frac{r}{z} \omega_i(t) \quad i = 1,2 \end{cases}$$

Качество управления скоростью вытягивания можно повысить за счет применения управления с прогнозированием возмущающего воздействия и обратной связью. Структура такого управления представлена на рис.3 (принятые обозначения: G_r - задание скорости в соответствии с диаграммой скорости разливки и ускорения, G_p - модель изменения общего веса слитка во время разливки, G_R - регулятор, G_{Oy} - модель объекта управления (двигателя), w и G_w - помехи,

действующие на выходе объекта, G_D - измерительное устройство, r - задающее воздействие, u - управляющее воздействие, y - выходная величина)[2].

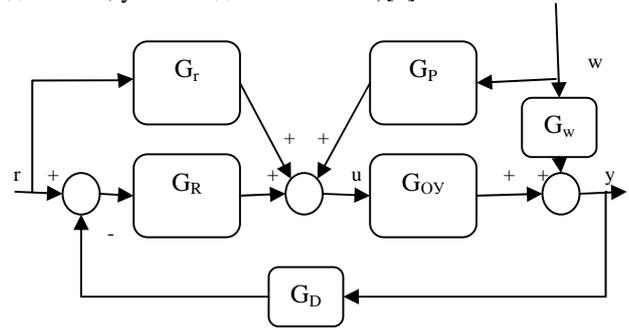


Рис. 3 Структура регулирования скорости вытягивания

Такая система позволит учесть особенности всех режимов работы МНЛЗ: пусковой режим, основной режим разливки, режим останова, аварийный режим (угроза прилипания или прорыва корочки сляба, перелива жидкого металла, и т.д.).

Так как данные отдельные локальные участки технологического процесса и соответствующие им локальные подсистемы связаны и оказывают взаимное влияние друг на друга, то их автономное управление не может обеспечить оптимальное ведение процесса в целом. Для решения этой проблемы необходимо отдельные оптимизированные подсистемы управления скоростью вытягивания и уровнем металла в кристаллизаторе подчинить вышестоящей координирующей системе, которая обеспечит устранение конфликтных ситуаций между задачами управления подпроцессами для достижения глобальной цели управления процессом в целом [3].

III ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При построении системы управления МНЛЗ процесс разбивается на участки, каждый из которых рассматривается как автономный объект управления, для которого синтезируется система управления. Рассмотрены модели двух локальных подсистем: управление уровнем металла в кристаллизаторе и скоростью вытягивания.

2. Для достижения глобальной цели потребуется координирующая система для интеграции этих отдельных подсистем в единый управляющий комплекс

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

[1] Филипс Ч., Харбор Р., «Системы управления с обратной связью» - М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.

[2] Г.К.Гудвин, С.Ф. Греббе, М.Э.Сальгадо, «Проектирование систем управления» - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

[3] Месорович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973 – 344 с.