

*Толстова Ю.С., Газизова В.А. Обзор систем и методов регулирования уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №12 (декабрь). – АРТ 563-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 669.18:621.746, 621.793**

**Газизова Валентина Алексеевна**

**Толстова Юлия Сергеевна**

Студентки 3 курса, факультет энергетики и автоматизированных систем

*Научный руководитель:* Самарина Ирина Геннадьевна, ст.преподаватель

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова»

г. Магнитогорск, Российская Федерация

e-mail: [jt\\_tolstova@mail.ru](mailto:jt_tolstova@mail.ru)

**ОБЗОР СИСТЕМ И МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ  
МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ**

*Аннотация:* в статье рассматриваются основные системы и методы регулирования уровня металла в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок.

*Ключевые слова:* кристаллизатор, МНЛЗ, уровень.

**Gazizova Valentina Alekseevna**  
**Tolstova Julia Sergeevna**

3 year student, features of Energy and Automated Systems

Supervisor: Samarina Irina Gennadievna, art. Teacher

Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Magnitogorsk, Russian Federation

## **REVIEW OF SYSTEMS AND METHODS OF REGULATING METAL LEVEL IN CASTING CRYSTALLIZER**

*Abstract:* the article discusses the main systems and methods for controlling the level of the metal in the mold of a continuous casting machine.

*Keywords:* mold, caster, level.

Для обеспечения высокого качества стали необходимо поддерживать постоянный уровень металла в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок (далее МНЛЗ) в течение всего времени разливки. Значительные колебания уровня металла могут привести к изменению гидродинамических потоков жидкой стали и тепловых полей, что может стать причиной захвата в непрерывнолитую заготовку различных включений и привести к возникновению дефектов. Поэтому поддержание стабильного уровня расплава металла в кристаллизаторе часто обуславливает успех процесса производства.

Предлагаемый метод регулирования основан на алгоритме, минимизирующем влияние меняющихся условий разливки и возникновения возмущений, таких, например, как износ стопора или разливочного стакана, изменении скорости разливки. Регулятор мгновенно реагирует на любое, даже малое отклонение уровня. Данный алгоритм предусматривает фильтрацию сигналов с целью точного отделения нестабильного вспучивания от волнения. При любом типе возмущения алгоритм отыскивает корректную настройку и минимизирует отклонение. Непрерывно осуществляется детектирование и логическая дискриминация, которые позволяют идентифицировать кратковременные и длительные периодические отклонения.

Данный метод не требует дооснащения МНЛЗ дополнительными аппаратными средствами или измерительными устройствами, для его реализации достаточно получения сигналов с уже имеющихся датчиков оборудования, таких как фактический уровень в кристаллизаторе и позиция стопора (рис. 1). Вне зависимости от причины, вызывающей отклонение уровня, требуется только внедрение новой управляющей схемы ответа на дестабилизирующее воздействие [1].

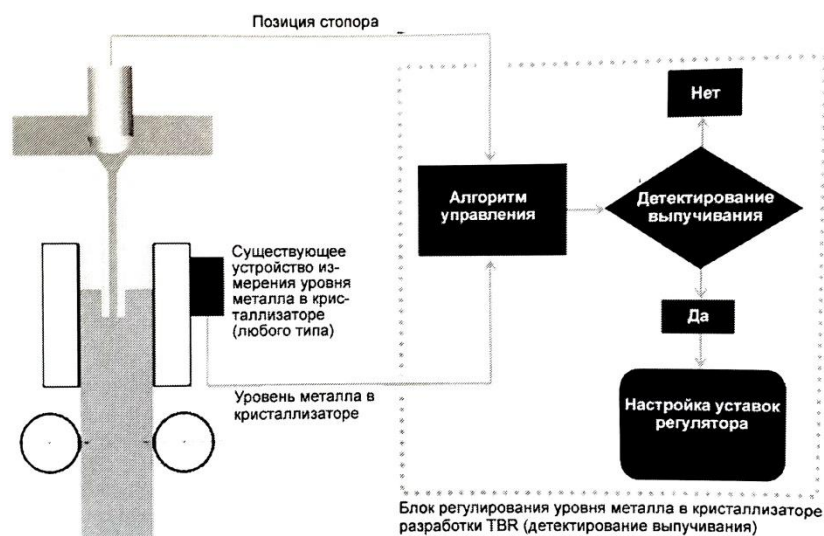


Рисунок 1 – Контур управления для детектирования выпучивания и волнения

Повторимся, что при непрерывном литье стали регулирование уровня зеркала металла является одним из решающих факторов обеспечения качества литья. Раньше уровень зеркала на многих МНЛЗ поддерживался на требуемой высоте при помощи классического пропорционально-интегрального регулятора (ПИ).

Однако такой регулятор не может реагировать на изменения характеристики стопора и расхода (при износе, образовании настывлей стали, отложений оксида алюминия и шлака) в процессе литья. При

возникновении подобных проблем требуется ручное регулирование, однако при слишком позднем вмешательстве возможно повреждение агрегата, сопровождающееся длительным простоем МНЛЗ.

Для решения подобных проблем исследовали возможность применения принципов нечеткой логики, которая представляет собой метод переработки информации, позволяющий непосредственно применять знания, основанные на некоторых правилах. В этапах фаззификации (преобразования какого-либо результата измерений с его переводом на естественный язык) и инференции (отработки подходящих правил или алгоритмов) после дефаззификации (перевода указания к действию, выраженного на естественном языке, в конкретное численное значение) формируется заданное значение (положение исполнительного механизма), которое передается на регулируемый агрегат.

Контур регулирования является каскадным, состоящим из регулятора ПИД (для зеркала металла) и пропорционально – дифференциального регулятора ПД (для позиции стопора). Выходная величина регулятора ПИД передается на нижестоящий контур с регулятором ПД. Расшифровка данных о позиции стопора и о скорости вытягивания дает косвенную информацию об изменениях вязкости стали.

Контроллер Simatic S5 предлагает стандартный модульный пакет элементов регулирования и модули нечеткой логики (фаззи-модули). При помощи системы могут быть сформулированы нечеткие применения и правила, которые переводятся на машинный язык программой-редактором.

При практическом применении была доказана способность компонентов нечеткой логики обеспечивать хорошее качество регулирования независимо от характера износа стопора и при сильных возмущениях. При этом в результате фаззи-адаптации на ручьях с

одинаковыми модулями нередко устанавливались параметры регулирования, зависящие от ручья [2, 3].

Система регулирования модульной конструкции, в которой, наряду с базовым пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором (ПИД), имеется еще и несколько функциональных модулей, например, для адаптации или наблюдения за возмущениями, чтобы эффективно противодействовать изменениям в поведении агрегата и нарушениям в ходе процесса непрерывного литья. При этом достигнута значительно более высокая степень постоянства уровня зеркала металла, чем при использовавшихся прежде классических способах регулирования, где имеются вышеперечисленные регуляторы системы ПИ и ПИД, которые при нормальном режиме литья обеспечивают хорошее постоянство уровня, но при некоторых ситуациях в процессе удовлетворительных результатов регулирования не дают. Это обусловлено изменением положения отрезка регулирования во времени, нелинейностью характеристик этого отрезка и различными возмущениями во времени. Для реализации применили систему автоматизации Simatic S5-155 U фирмы Siemens (программируемые логарифмические контроллеры SPS). Благодаря новой системе регулирования уровня зеркала было достигнуто значительно лучшее поддержание постоянства уровня, чем при применявшихся прежде классических системах [4].

Дальнейшим развитием автоматизации является комплексная автоматизация оперативного управления производством.

Уровень металла в промежуточном ковше определяет расход стали, поступающей в кристаллизатор, поэтому колебания уровня металла в промежуточном ковше затрудняют поддержание постоянного уровня в кристаллизаторе, что неблагоприятно влияет на качество поверхности

непрерывного слитка. Допустимые колебания уровня металла в промежуточном ковше больше, чем допустимые изменения уровня в кристаллизаторе. В связи с этим для регулирования подачи металла в промежуточном ковше можно применять системы, работающие в цикле "открыто - закрыто" или по ступенчатому графику. Регулирование уровня металла в кристаллизаторе должно осуществляться непрерывно. Для определения уровня металла в промежуточном ковше применяют тензометрические датчики (месдозы), фиксирующие массу металла. Сигнал от месдоз последовательно поступает на преобразователь сигнала, задатчик и регулирующий прибор, управляющий работой пневматических или гидравлических сервомеханизмов, которые воздействуют на стопор или скользящий затвор сталеразливочного ковша. В схеме управления имеется также компенсатор массы порожнего промежуточного ковша, позволяющий установить истинную массу металла. Исключая период начала и конца разливки, система автоматического управления позволяет устранить участие операторов в управлении подачей металла из сталеразливочного ковша. Стабилизация уровня металла в кристаллизаторе способствует уменьшению количества неметаллических включений на поверхности непрерывного слитка и числа прорывов металла под кристаллизатором.

При разливке через промежуточный ковш со стопором или скользящим затвором стабилизация уровня, как правило, производится изменением расхода металла, но возможно применение и комбинированного метода. При бесстопорной разливке, когда металла подают в кристаллизатор через дозирующие стаканы, уровень регулируют изменением скорости вытягивания.

На рисунке 2 показана система, разработанная для промежуточного ковша с шиберным затвором.

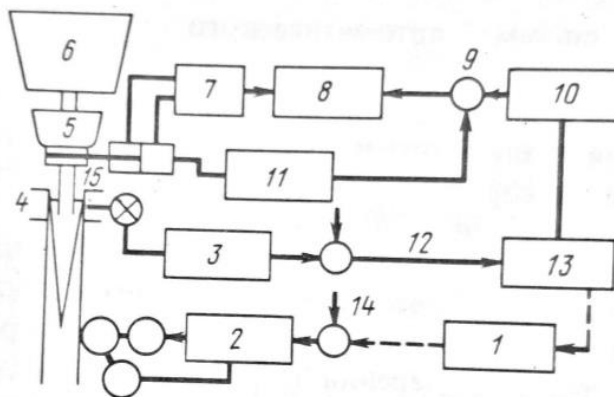


Рисунок 2 - Система автоматизированного управления уровнем  
металла в кристаллизаторе:

1 - регулятор уровня; 2 - регулятор скорости; 3 - датчик уровня; 4 - кристаллизатор 5 - промежуточный ковш; 6 - сталеразливочный ковш; 7 - сервоклапан; 8 – усилитель; 9 - позиция установки скользящего затвора; 10 - регулятор уровня; 11- датчик положения скользящего затвора; 12 - задатчик положения уровня в кристаллизаторе; 13- селектор; 14 - задатчик скорости вытягивания; 15 - скользящий затвор

В качестве датчика уровня металла в кристаллизаторе используют радиоизотопный датчик и галогенный счетчик. При изменении уровня металла в кристаллизаторе изменяется число импульсов, поступающих на галогенный счетчик, а, следовательно, величина сигнала на входе измерительного преобразователя. Сигнал от преобразователя после сравнения с сигналом задатчика поступает на вход регулирующего прибора. Сигнал отклонения уровня усиливается регулятором и поступает на вход реверсивного магнитного контактора, управляющего электрическим исполнительным механизмом. Исполнительный механизм изменяет положение шибера в сторону стабилизации уровня металла в кристаллизаторе.

Для компенсации возможных отклонений от заданной частоты вращения валков тянущей клетки служит цепь, состоящая из тахогенератора преобразователя, сигнал от которого поступает на вход регулятора.

Система состоит из радиоактивного источника в виде  $^{60}\text{Co}$ , счетчика, регистрирующего изменение уровня металла в пределах 0,09-0,18 м от верхнего среза кристаллизатора, блока управления и электрогидравлического сервоклапана, работающего при давлении 17-20 МПа с ходом поршня 0,20 м, воздействующего на скользящий затвор типа «Интер - стоп».

Автоматика позволяет сохранить постоянный уровень металла в кристаллизаторе в пределах  $\pm 5 \cdot 10^{-3}$  от заданного.

На МНЛЗ часто в качестве датчика уровня металла в кристаллизаторе применяют термопары, вмонтированные в рабочие стенки на тринадцати уровнях от его верхнего среза. Термоэлектрическая система успешно работает в условиях разливки открытой струей подвода металла при помощи удлиненного стакана и при защите зеркала металла в кристаллизаторе шакообразующими смесями. Эта система обеспечивает точность измерения уровня металла  $\pm 6 \cdot 10^{-3}$  м, а ее инерционность составляет  $\leq 1$  с.

За долго до этого наибольшее использование находили радиоактивные датчики уровня, применение которых основано на способности металла поглощать радиоактивное излучение. С одной стороны кристаллизатора устанавливают источник, радиоактивное излучение которого проходит через кристаллизатор в виде плоского факела, расположенного в вертикальной плоскости. В той же плоскости с другой стороны кристаллизатора установлен приемник, чувствительный к этому излучению. Последнее, проникая в жидкий металл, в основном им



поглощается, а часть излучения, проходящая выше уровня металла, попадает на приемник. Таким образом, сигнал, полученный приемником, соответствует уровню металла в кристаллизаторе.

Радиоактивные измерители уровня позволяют с достаточной точностью и быстродействием производить необходимые измерения. Однако радиоактивное излучение представляет определенную опасность для человека, и эти датчики требуют специальных средств защиты. В связи с этим все шире создавались новые датчики уровня, основанные на других физических принципах. Известны датчики, основанные на оптических методах измерения, а также датчики, использующие микроволновые колебания. Однако погрешность в показании этих датчиков вносит слой шлака на поверхности металла в кристаллизаторе.

Большое распространение получили различные датчики электромагнитного типа. Эти устройства имеют два контура: контур передатчика и контур приемника. Контур передатчика, питаемый переменным током с помощью магнитного поля, наводит в жидком металле токи Фуко. Эти токи в свою очередь создают магнитное поле, которое индуцирует в контуре приемника электрический ток, пропорциональный расстоянию от датчика до уровня металла в кристаллизаторе. Эти датчики могут производить измерения в диапазоне 0-100 мм с точностью  $\pm 1$  мм. В результате автоматическая система регулирования уровня в зависимости от конкретных условий поддерживает его с точностью от  $\pm 2$  до  $\pm 5$  мм. Слой шлака не влияет на точность измерений [5].

**Список использованной литературы:**

1. Голенков, М.А. Система поддержания стабильного уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ [Текст]//Новости черной металлургии за рубежом/ин-т “Черметинформация”.-2015.-№2.-С.46-52.
2. Ввод в эксплуатацию системы регулирования уровня зеркала жидкого металла в кристаллизаторе по принципу нечеткой логики на заводе фирмы BAOGANG STEEL [Текст]//Черные металлы.-1999.-июнь.-С.16-19.
3. Ниман, М. Модульная система регулирования уровня жидкого металла в кристаллизаторах МНЛЗ [Текст]//МРТ. Металлургическое производство и технология металлургических процессов.-1998.-С.50-63.
4. Попандопуло, И.К. Непрерывная разливка стали/ И.К. Попандопуло, Ю.Ф. Михневич. - М.: Металлургия, 1990.
5. Нисковских, В.М. Машины непрерывного литья слэбовых заготовок/ В.М. Нисковских, С.Е. Карлинский, А.Д Беренов.- М.: Металлургия, 1991.

*Дата поступления в редакцию: 05.12.2018 г.*

*Опубликовано: 12.12.2018 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018*

*© Толстова Ю.С., Газизова В.А., 2018*