Семестровое задание

по курсу: Основы автоматики и автоматизации металлургических процессов

тема: «Система автоматического регулирования уровня металла в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок»

Содержание

Введение

1. Описание технологического процесса

1.1 Объект переработки

1.2 Основные координатные возмущения

1.3 Математическая модель процесса

2. Описание управляемого объекта

2.1 Описание элементов гидропривода уравнениями типовых динамических звеньев

2.2 Кинематическая схема гидропривода стопорного затвора

2.3 Разработка функциональной схемы

3. Выбор датчиков технологических измерений и преобразователей сигналов

4. Расчет динамических характеристик и передаточных коэффициентов элементов системы

5. Выбор принципа регулирования

6. Определение передаточной функции по каналу управления и построение структурной схемы

7. Оценка устойчивости системы автоматического регулирования

Литература

Введение

Целью данной работы является закрепление знаний и приобретение умения и навыков описания процессов, происходящих в системах автоматического регулирования.

Объект изучения: Кристаллизатор и промежуточный ковш МНЛЗ.

Регулирование уровня металла в кристаллизаторе имеет первостепенное значение для процесса непрерывной разливки, так как качество слитков в большой степени зависит от точности регулирования. Этот уровень в процессе разливки должен находиться в довольно узких заданных пределах, что обусловлено следующими причинами возникновения аварийных ситуаций: превышение уровня может привести к переливу металла через верх кристаллизатора; понижение уровня ниже допустимого предела приводит к получению в пределах кристаллизатора тонкой корочки слитка, ее разрыву и прорыву жидкого металла под кристаллизатором. Значительные колебания жидкого металла нарушают также стабильность охлаждения слитка в кристаллизаторе, изменяют условия кристаллизации и сказываются на качестве непрерывнолитого слитка.

Способ непрерывного литья заготовок является одним из наиболее важных достижений металлургии ХХ века и за сравнительно короткий период времени получил самое широкое распространение в мировом сталеплавильном производстве. Сейчас примерно 40% мировой выплавки стали разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Принцип непрерывной разливки заключается в том, что жидкую сталь из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму прямоугольного или квадратного сечения – 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.

Основные преимущества непрерывного литья стали по сравнению с разливкой в изложницы:

– повышенный выход годной стали за счёт меньшей обрези головной и донной части слитков на 6÷12%;

– нет необходимости в большом парке изложниц и сталеразливочных тележек;

– нет необходимости в применении стрипперных кранов и стационарных машин для извлечения слитков из изложниц, установок для охлаждения и подготовки составов с изложницами под разливку, в установке центровых и поддонов, а также блюмингов и слябингов, а в ряде случаев и заготовочных станов;

– снижаются эксплуатационные расходы и затраты электроэнергии, повышается выход годного металла вследствие минимальных потерь металла в скрап, ликвидации литников, резкого уменьшения расхода металла на обрезь в прокатных цехах и т. д.;

– значительно повышается качество металла вследствие уменьшения поверхностных пороков и улучшения структуры слитка.

– процесс непрерывного литья поддается полной автоматизации.

Существует пять основных типов МНЛЗ:

1) вертикальные;

2) вертикальные с изгибом слитка;

3) радиальные;

4) криволинейные;

5) горизонтальные.

1. Описание технологического процесса

Работа МНЛЗ происходит следующим образом. Для подготовки к литью качающийся рольганг из горизонтального положения переводят в верхнее наклонное и цепным механизмом затравку подают на рольганг задающей машины. Перемещают машину к кристаллизатору и вводят в него затравку, одновременно вращая ролики приводной проводки. Головку затравки устанавливают так, чтобы она образовала временное дно у кристаллизатора. Ковш со сталью после продувки аргоном устанавливают краном на сталеразливочный стенд. Промежуточный ковш, предварительно нагретый на стенде газовыми горелками, перемещают тележкой в рабочее положение над кристаллизаторами по пути, перпендикулярному оси МНЛЗ. Поворотом несущей балки сталеразливочного стенда ковш с металлом переводят из резервного положения в рабочее над промежуточным ковшом. Открывают шиберный затвор сталеразливочного ковша и заполняют промежуточный ковш металлом на определенную высоту. После этого открывают затвор промежуточного ковша и наполняют кристаллизатор металлом до рабочего уровня. Включают механизм качания кристаллизатора и привод роликовой проводки. Начинается процесс литья. О количестве металла, находящегося в сталеразливочном и промежуточном ковшах, судят по показаниям приборов электронных весоизмерительных систем, которыми оборудованы сталеразливочный стенд и тележка для промежуточного ковша. После выхода затравки из роликовой проводки она отсоединяется от слитка гидравлическим механизмом и по качающемуся рольгангу, находящемуся в нижнем наклонном положении, перемещается вверх. После этого рольганг с затравкой переводят в горизонтальное положение до следующего цикла литья.

На пути движения в роликовой проводке слиток подвергается интенсивному охлаждению водой, подаваемой форсунками. Правка слитка производится на начальном участке тянуще-правильной машины. Непрерывно вытягиваемый слиток поступает к машине газовой резки, которая режет слиток на мерные длины, двигаясь вместе с ним. Заготовки уборочным рольгангом либо подают на тележку-рольганг для дальнейшего передела, либо снимают с рольганга уборочным краном и складируют в штабеля.

Техническая характеристика МНЛЗ:

Вместимость сталеразливочного ковша, т…………………350

Размеры сляба, мм:

толщина……………………………………………….200-300

ширина………………..............................................1000-2500

Скорость литья, м/мин…………………………………...1,0-2,5

Продолжительность разливки ковша, мин……………....35-45

Годовая производительность, млн/т…………………….…..2,0

1.1 Объект переработки

Объектом переработки является жидкий металл. Основные технологические свойства: температура металла в пром. ковше Т = 1595 ± 5 °С (для нержавеющей стали)

1.2 Основные координатные возмущения

Основными координатными возмущениями, оказывающими влияние на процесс разливки является скорость вытягивания слитка, износ стакана в промежуточном ковше, остывание металла, а следовательно, повышение вязкости и динамические отклонения стопора от установившегося значения. Но так как температура изменяется очень плавно и в малом диапазоне, данное координатное возмущение незначительно. Наиболее важным и основным возмущением является износ донного стакана в пром. ковше, так как его состояние в каждый момент времени контролировать невозможно.

1.3 Математическая модель процесса

Постоянный уровень металла в кристаллизаторе (hкр = const) обеспечивается путём изменения подачи металла в кристаллизатор стопорным затвором промежуточного ковша при постоянной скорости вытягивания слитка.

Изменение объёма металла в кристаллизаторе, который при неизменном уровне должен быть величиной постоянной для промежутка времени Δt, может быть записано в виде [4]:

ΔQме Δt/ρме – Δhкр Fкр = 0 (1)

где ΔQме – изменение интенсивности подачи, м3/с;

Δt – отрезок времени, с;

ρме – плотность металла, кг/м3;

Δhкр – изменение уровня металла в кристаллизаторе, м;

Fкр – площадь живого сечения кристаллизатора, м2.

Из (1) получим:

(2)



Переходя к пределу при Δt→0, можно записать

, (3)



где

k = .



Δhkp . Fkp = ΔQ → Δh =



Уравнение (3) – дифференциальное уравнение кристаллизатора МНЛЗ. Входной величиной при этом является x(t) = ΔQме, а выходной – уровень y(t) = hкр, т.е. можно уравнение (3) записать в общем виде:

(4)



Подача металла в кристаллизатор в зависимости от перемещения стопора определяется из выражения [4]:

Q = μfxρ, (5)



где fx – текущее значение проходного сечения, зависящее от высоты подъёма стопора, м2;

g – ускорение свободного падения, м/сек2;

h – уровень металла в пром. ковше, принимаемый равным 500 мм;

μ – коэффициент расхода, принятый, согласно эксперимантальным данным, равным 0,5;

ρ – плотность разливаемого металла, кг/м3.

2. Описание управляемого объекта

Управляемым объектом является стопорный затвор пром. ковша МНЛЗ, имеющий гидропривод, состоящий из гидравлического цилиндра короткого хода, золотникового клапана, самого стопора и провода, подводящегося от магистрали насосной установки к золотниковому клапану. Для осуществления задачи автоматической системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе, на стенке кристаллизатора выведены и зачеканены горячие спаи термопар.

2.1 Описание элементов гидропривода уравнениями типовых динамических звеньев

Стопор, гидроцилиндр и термопара являются апериодическими звеньями, так как они инерционные. Передаточные функции для них можно записать в виде [1]:

, (6)



где Кi – коэффициент передачи;

Тi – постоянная времени;

р – оператор Лапласа.

Передаточная функция термопары:

Wт =



Передаточная функция гидроцилиндра:

Wгц =



Передаточная функция стопора:

Wст =



Кристаллизатор, золотниковый клапан и преобразовательные устройства ПУ1 и ПУ2 являются безынерционными звеньями, так как постоянная времени несоизмеримо мала по сравнению с другими элементами системы, следовательно, быстродействие несоизмеримо выше, поэтому их постоянную времени принимаем равную 0. Передаточные функции этих устройств имеют вид:

, (7)



где Кj – коэффициент передачи.

2.2 Кинематическая схема гидропривода стопорного затвора

Кинематическая схема гидропривода стопорного затвора – см. рисунок 1.



Рисунок 1. Кинематическая схема гидропривода стопорного затвора: 1 – промежуточный ковш МНЛЗ, 2 – стопор, 3 – гидроцилиндр, 4 – золотниковый клапан, 5 – кристаллизатор

*P(t)*

*P1(t)*

*T*

*S(t)*

*U(t*)

*I(t)*

ЗУ

ЗК

ГЦ

СЗ

ИУ

ПУ2

*h(t)*

ПУ1

Q(t)

T

КР

*Im(t)*

Рисунок 2. Функциональная схема системы регулирования:

ЗУ – Задающее устройство;

ЗК – Золотниковый клапан;

ГЦ – Гидравлический цилиндр;

СЗ – Стопорный затвор;

КР – Кристаллизатор;

ИУ – Измерительное устройство;

ПУ1, ПУ2, – Преобразующее устройство.

3. Выбор датчиков технологических измерений и преобразователей сигналов

Измерительное устройство

Для данной системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ в качестве измерительного устройства целесообразно применить термопары, смонтированные в рабочих стенках на 10 уровнях от верхнего торца. Эта система даёт точность измерения уровня металла, равную ±6 мм, а её инерционность составляет ≤1 с.

Ток на термопаре в момент измерения температуры [6]:

I = 10-9 A,

ЭДС = 10 мВ.

Диапазон измеряемых температур составляет 0÷600°С.

Выбираем Хромель-копелевую термопару марки ТХК-146, сталь Х18Н10Т, общая длина 500 мм [5].

Преобразовательное устройство ПУ1 – для преобразования сигнала управления гидроприводом стопорного затвора.

Преобразовательное устройство ПУ2 – для преобразования и усиления сигнала от термопары.

Для данной системы регулирования подходит преобразовательное устройство марки П9701, с рабочим током 20 мА [5].

4. Расчет динамических характеристик и передаточных коэффициентов элементов системы

1. Расчёт постоянных времени элементов системы.

Так как гидропривод «жёсткий», следовательно, время работы гидроцилиндра и стопора одинаково:

Тгц = Тст

где Тгц – постоянная времени гидроцилиндра;

Тст – постоянная времени стопора.

Для данной системы подходит стандартный гидроцилиндр с диаметром 200 мм и ходом плунжера 50 мм [7].

P = = 198 Н (8)



где P – усилие на штоке, Н;

– давление масла в поршневой полости, Па;



– диаметр плунжера, м.



Масса стопора m = 300 кг [6].

P = m a → a = = = 0,66 м/с2 (9)



где а – ускорение штока.

S = (10)



Так как начальная скорость штока равна нулю, следовательно формула будет иметь вид

S = → t = = = 0,38 с



Следовательно, Тгц = Тст = 0,38 с.

Термопара [5] Тт = 10 с.

2. Расчёт передаточных коэффициентов элементов системы.

Преобразовательное устройство ПУ1

Давление масла в системе 6,3 МПа, питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 Гц.

k1 = = = 2,8 . 104



где – давление масла, подаваемое на клапан, Па;



– напряжение, В.



Золотниковый клапан k2 = 1

Гидроцилиндр

k3 = = = 3,14 . 10-4



где – усилие на штоке, кгс;



– давление масла в гидроцилиндре, Па.



Стопор

Шток гидроцилиндра и стопор выполнены как одно целое, следовательно, k4 = 1

Кристаллизатор

k5 = 1



Термопара

k6 = = = 6,26 . 10-13



где – измеряемая температура, °С;



– ток на термопаре, А.



Преобразовательное устройство ПУ2

k7 = = = 2 . 107



где – ток преобразовательного устройства ПУ2, А;



– ток на термопаре, А.



5. Выбор принципа регулирования

В данной системе автоматического регулирования целесообразно применить принцип компенсации ошибки, так как основное координатное возмущение – износ стакана пром. ковша, невозможно контролировать в каждый момент времени. Данный принцип даёт возможность компенсировать и другие возмущения, оказывающие непосредственное влияние на процесс непрерывной разливки стали (минимизация динамических отклонений стопора, и др.).

6. Определение передаточной функции по каналу управления

Передаточная функция системы определяется по формуле [1]:

, (11)



W(p) =



В результате алгебраических преобразований формула имеет вид:



Так как свободный коэффициент по сравнению с 1 является несоизмеримо малой величиной, следовательно, ей можно пренебречь.



Структурная схема системы регулирования представлена на с. 14.

7. Оценка устойчивости системы автоматического регулирования

1,444р3 + 7,744р2 + 10,76р + 1 = 0

Так как характеристическое уравнение третьего порядка, следовательно, при оценке устойчивости системы можно воспользоваться критерием Вышнеградского.

По этому критерию для устойчивости системы третьего порядка необходимо и достаточно выполнение двух условий:

• все коэффициенты характеристического уравнения должны быть положительными

1,444 > 0; 7,744 > 0; 10,76 > 0; 1 > 0;

• произведение средних коэффициентов должно быть больше произведения крайних

83,32



1,444



83,32 > 1,444

Согласно критерию Вышнеградского, система устойчива.

Литература

1. ГОСТ 6540-68. Цилиндры гидравлические и пневматические.

2. Целиков А. И. Машины и агрегаты металлургических заводов. Том 2.– М.: Металлургия, 1987. 440с.

3. Г. М. Глинков, В. А. Маковский. АСУ ТП в чёрной металлургии. – М.: Металлургия, 1999. 310 с.

4. Б. И. Краснов. Оптимальное управление режимами непрерывной разливки стали. – М.: Металлургия, 1970. 240 с.

5. М. Д. Климовицкий, А. П. Копелович. Автоматический контроль и регулирование в чёрной металлургии. Справочник. – М.: Металлургия, 1967. 788 с.

6. Система стабилизации уровня металла в кристаллизаторах МНЛЗ челябинского металлургического комбината. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (2ж2, 570, 043 ТО).