

ИССЛЕДОВАНИЕ САУ ПРОЦЕССОМ РАЗЛИВКИ МЕТАЛЛА В ВАЛКАХ-КРИСТАЛЛИЗАТОРАХ В УСЛОВИЯХ ДВУХВАЛКОВОЙ МНЛЗ

Хасан Юсеф, студент; Жукова Н.В. доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Постановка задачи и ее актуальность.

Анализ способа Г. Бессемера [1,2,3] литья листового металла в валках-кристаллизаторах имеет недостатки. Если нижний край жидкой металлической ванны металла достигает минимального расстояния между поверхностями валков, то в центре полосы образовывается ликвация по причине оттеснения примесей двумя фронтами кристаллизации, идущими на встречу друг другу. В этом случае замкнутые течения металла не могут вывести неметаллические включения в верхнюю часть ванны металла, а за счет его усадки появляется рыхлость и пористость в центре листа. Следовательно, процесс разливки необходимо проводить так, чтобы два фронта кристаллизации сваривались в области, находящейся выше указанного минимального расстояния между валками. Однако непрерывная разливка тонколистового металла за счет его малой толщины проходит нестабильно, так как объем металлической ванны не велик, а охлаждаемая вода, необходимая для отвода выделяющего тепла имеет нестабильную температуру. Таким образом, для стабилизации процесса разливки, решения проблемы по удалению ликвационной зоны в средней части листового металла по всей его длине, а также улучшения и уплотнения структуры металла необходимо разработать систему автоматизации управления процессом по информационному параметру, характеризующему положение фронта кристаллизации в валках, а также стабилизации теплового потока на кристаллизаторе.

Методика решения задачи.

Сила реакции слитка на валки-кристаллизаторы F_{np} является информационным параметром, соответствующим положению фронта кристаллизации металла по отношению к валкам – кристаллизаторам (рис.1).

Цель системы автоматизации управления процессом разливки в валках-кристаллизаторах – поддержание на заданном уровне силы реакции, приложенной к валкам перпендикулярно плоскости формируемого слитка равной:

$$F_{np} = R \cdot l \cdot E \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\Delta}{2R}\right)^2},$$

где Δ - обжатие непрерывно литого слитка $\Delta = (0.3 \div 0.5)d$;

d - толщина листа;

R - радиус валков-кристаллизаторов;

l - длина их образующей;

E - предел текучести металла при температуре $T = (0.85 \div 0.95)T_{кр}$;

$T_{кр}$ - температура кристаллизации металла.

Рассмотрим работу системы на примере конкретного исполнения. Валки-кристаллизаторы длиной $l = 800$ мм и радиусом $R = 400$ мм вращаются со скоростью 50 об/мин большей, чем требует технология разливки [3]. По торцам валков-кристаллизаторов стоят электромагнитные устройства, формирующие боковую кромку металла и предотвращающие его слив. В межвалковую область, в которой находится затравка, заливают металл. Тензодатчики, закрепленные на оси валков-кристаллизаторов фиксируют силу реакции, приложенную перпендикулярно плоскости формируемого листа

металла толщиной $d = 5 \text{ мм}$. При заданном обжатии закристаллизовавшегося металла $\Delta = 2 \text{ мм}$ и его пределе текучести $E = 100 \text{ Н/мм}^2$ при температуре процесса $T = 0.9T_{кр} = 0.9 \cdot 1450 = 1305 \text{ С}^\circ$ расчетная сила равна:

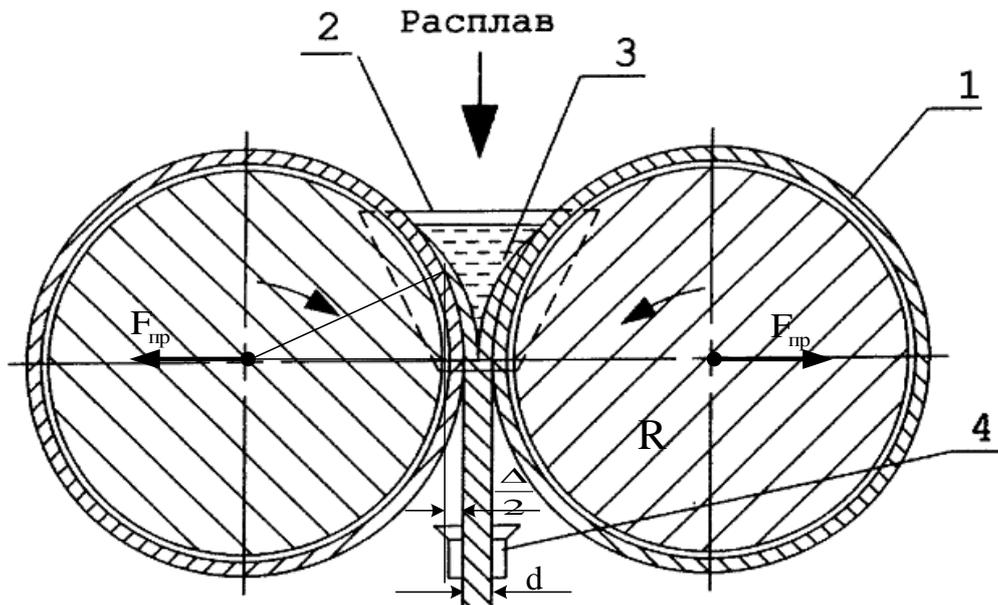


Рисунок 1 – Схема процесса разливки в валках кристаллизаторах

$$F_{np} = R \cdot l \cdot E \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\Delta}{2R}\right)^2} = 0.4 \cdot 0.8 \cdot 100 \cdot 10^6 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0.4}\right)^2} = 905 \text{ кН}.$$

При этом скорость вращения валков-кристаллизаторов необходимо уменьшать до тех пор, пока указанная сила не достигнет расчетной. Далее процесс разливки - прокатки протекает со скоростью, соответствующей заданной силе реакции слитка (силы прокатки) на валки. Мощность для процесса разливки – прокатки при силе реакции металла на валки-кристаллизаторы $F_{np} = 905 \text{ кН}$ соответствует $P = F_{np} \cdot v_{л} = 905 \cdot 10^3 \cdot 0,3 = 272 \text{ кВт}$.

Таким образом, структурная схема системы стабилизации силы реакции металла на валки-кристаллизаторы должна иметь два контура регулирования. Внешний контур – регулятор силы прокатки. Внутренний – регулятор скорости разливки металла. Схема моделирования САУ приведена на рис. 2.

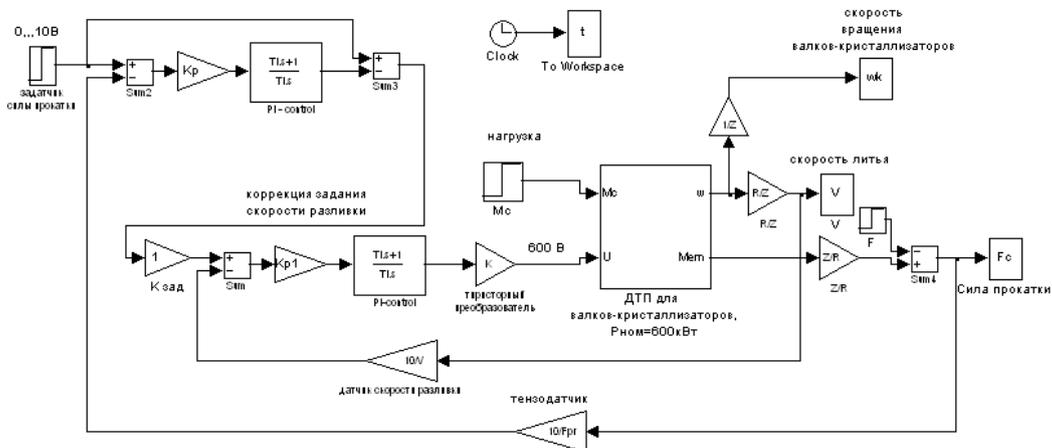


Рисунок 2 – Схема моделирования системы стабилизации силы реакции металла на валки-кристаллизаторы

Для обеспечения стабильного процесса литья задание скорости разливки-прокатки заготовки необходимо корректировать, так, чтобы при уменьшении силы реакции металла на валки-кристаллизаторы, задающее воздействие скорости также уменьшалось. С этой целью регулируемая ошибка рассогласования по силе прокатки складывается со знаком минус с сигналом уставки силы прокатки. Переходные характеристики системы приведены на рис. 3, 4.

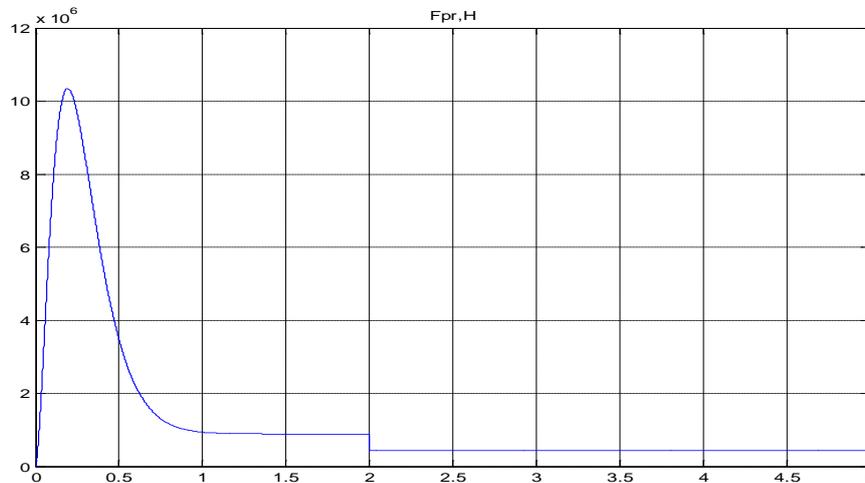


Рисунок 2 – Переходная характеристика силы реакции металла на валки-кристаллизаторы

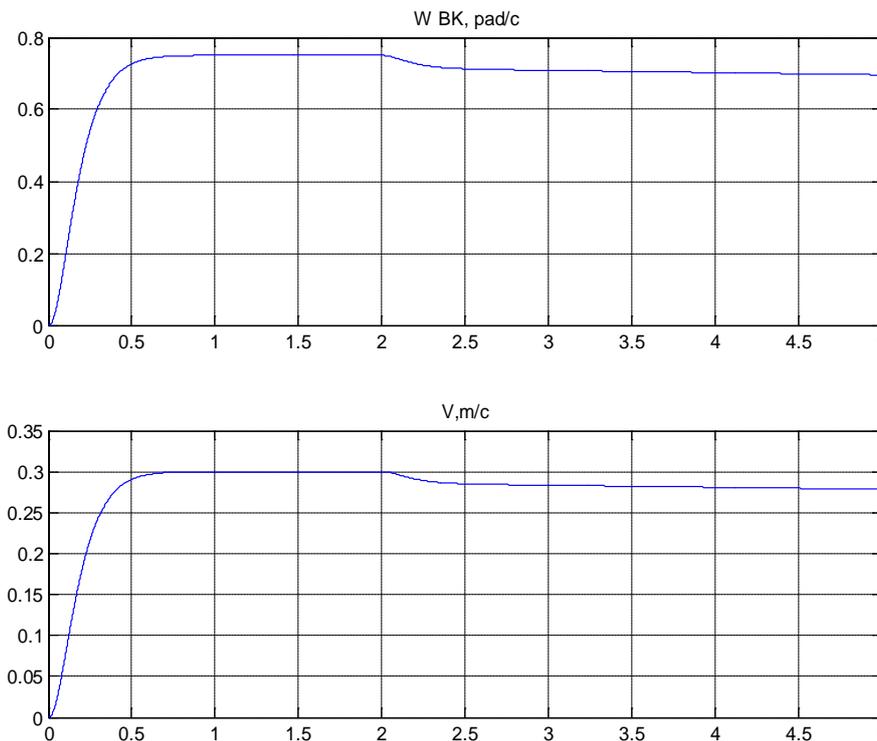


Рисунок 3 – Переходная характеристика скорости вращения валков-кристаллизаторов и скорости литья при уменьшении силы прокатки

Анализируя переходные характеристики (рис.2) можно сделать вывод о работоспособности системы стабилизации силы реакции металла на валки-кристаллизаторы. Скорость литья-прокатки заготовки изменяется в соответствии с изменением фронта кристаллизации, зависящего от состояния теплопереноса в кристаллизаторе.

Скорость вращения валков-кристаллизаторов, соответствующая текущей силе реакции слитка на валки и характеризующая производительность процесса разлива v_l является задающим воздействием для системы управления электроприводом насоса, обеспечивающей на заданном уровне тепловой поток охлаждаемой воды на валках-кристаллизаторах:

$$\rho_m v_l S C_m (T - T_0) = \rho_e v_l S C_e (T_2 - T_1),$$

или

$$\theta_m = \theta_e,$$

где $\theta_e = Q_e \cdot C_e \cdot \Delta T_e$ – полный тепловой поток, Вт;

$Q_e = \rho_e \cdot v_l \cdot S$ – массовый расход воды через валки-кристаллизаторы, кг/с;

$C_e = 4,19$ – теплоемкость воды, кДж/(кг·°C);

ΔT_e – перепад температуры воды на валках – кристаллизаторах, °C.

Т.е. тепловой поток, отдаваемый металлом, равен тепловому потоку, забираемому водой. Температура охлаждаемой воды не стабильна, поэтому, если температура входящего потока воды T_1 увеличится, то тепловой поток охлаждаемой воды уменьшится и соответственно насос будет быстрее качать воду из бассейна. С учетом вышесказанного в системе стабилизации теплового потока задающее воздействие должно быть пропорционально скорости разлива v_l , а сигнал обратной связи пропорционален расходу воды. Анализ динамики системы стабилизации теплового потока, а также всей САУ будет представлен в следующей публикации.

Выводы.

1. Анализ существующих технологических схем разлива по Г. Бессемеру показал, что в центре полосы в области минимального расстояния между валками-кристаллизаторами образовывается ликвация, приводящая к рыхлости и пористости металла в центре листа. Поэтому процесс разлива необходимо проводить так, чтобы два фронта кристаллизации сваривались в области, находящейся выше минимального расстояния между валками-кристаллизаторами. Такое ведение процесса можно обеспечить за счет стабилизации силы реакции металла на валки-кристаллизаторы, соответствующей указанному выше фронту кристаллизации, а также стабилизации теплового потока на валках-кристаллизаторах.

2. Синтезирована и исследована САУ стабилизации силы реакции металла на валки-кристаллизаторы. Данная система построена по принципу подчиненного регулирования. Внешний контур – регулятор силы прокатки, корректирует задающее воздействие для скорости вращения валков-кристаллизаторов, и соответственно скорости литья.

3. Анализ результатов моделирования подтвердил работоспособность системы. Скорость литья-прокатки заготовки изменяется в соответствии с изменением фронта кристаллизации, зависящего от состояния теплопереноса в кристаллизаторе.

4. Исследование динамики всей системы автоматизации процессом литья – прокатки в валках-кристаллизаторах с учетом системы стабилизации теплового потока будут приведены в последующих разработках.

Перечень ссылок

1. М. Бровман, В. Полухин, В. Николаев Возможности валковых литейно-прокатных агрегатов при создании мини-заводов //«Национальная металлургия», №10 2010. – С.26 - 28.

2. Литейно-прокатные комплексы: <http://specural.com/index.php>

3. Николаев В. А. Исследование процесса бесслитковой прокатки стальной полосы с целью определения эффективных технологических и конструктивных параметров /Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., ВАК: 05.16.05 Специальность: Обработка металлов давлением.