

## ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ЛИСТОПРОКАТКИ

Бажанюк В.М., группа АТ-00

Руководитель: доц., к.т.н. Цапенко Г. И.

Схема холодной прокатки предполагает упругую механическую взаимосвязь между клетями через лист, что приводит к влиянию рабочих параметров одной клетки на параметры смежных клеток. Рабочий режим отдельной клетки характеризуется комплексом переменных, который можно рассматривать как вектор в некотором пространстве, определяющий её текущее состояние:

$$\bar{X}_i = \left| H_{i-1}^*, H_i, T_{i-1}, T_i, v_{i-1}', v_i, d_i, P_i, M_i, w_i, S_i, l_i, U_{\partial i}, I_{\partial i} \right| \quad (1)$$

где  $H_{i-1}^*$  - толщина полосы входящей в  $i$ -ю клетку;  $H_i$  - толщина полосы выходящей из  $i$ -й клетки;  $T_{i-1}$  - натяжение полосы на входе в  $i$ -ю клетку;  $T_i$  - натяжение полосы на выходе из  $i$ -й клетки;  $v_{i-1}'$  - скорость полосы на входе в  $i$ -ю клетку;  $v_i$  - скорость полосы на выходе из  $i$ -й клетки;  $d_i$  - раствор между валками;  $P_i$  - усилие прокатки;  $M_i$  - момент прокатки для  $i$ -й клетки;  $w_i$  - угловая скорость вала  $i$ -й клетки;  $S_i$  - опережение полосы;  $l_i$  - длина дуги захвата с учётом упругого сплющивания валков;  $U_{\partial i}$  - напряжение управляющего сигнала на систему ТП-Д  $i$ -й клетки главного привода;  $I_{\partial i}$  - ток двигателя  $i$ -й клетки.

Процесс прокатки также характеризуется рядом условно-постоянных параметров:

$$\left| K_i, d_{\Pi i}, P_{ni}, \mu_i, R_i, B, \sigma_{i-1}, \sigma_i, \psi_i \right| \quad (2)$$

где  $K_i$  - коэффициент жесткости упругой системы клетей-валок;  $d_{\Pi i}$  - толщина масляной плёнки в подшипниках;  $P_{in}$  - давление предварительного

поджима (забоя) валков;  $\mu_i$  - коэффициент трения между прокатываемым металлом и валками;  $R_i$  - радиус недеформированного рабочего валка;  $B$  - ширина полосы;  $\sigma_{i-1}, \sigma_i$  - пределы текучести до и после обжатия;  $\psi_i$  - коэффициент плеча (положения) усилия прокатки.

Обобщённая нелинейная динамическая модель прокатного стана в виде системы уравнений приведена в [1]. При анализе системы можно заключить, что при таком количестве нелинейностей осуществить эффективное управление на её основе довольно сложно, хотя в плане исследования объекта управления она представляет определённый интерес. Задачу управления можно значительно упростить введением в модель данных полученных путём непосредственного измерения некоторых параметров процесса прокатки с помощью датчиков.

Технологически к контролируемым параметрам прокатки следует относить:  $H_i$  - толщину полосы,  $T_i$  - натяжение полосы,  $d_i$  - раствор между валками,  $P_i$  - усилие прокатки,  $w_i$  - угловую скорость валка (или двигателя),  $I_i$  - ток двигателя (при двухзонном регулировании – токи возбуждения и якоря). К управляющим воздействиям: изменение раствора между валками  $d_i$  и напряжение управляющего сигнала на систему управления электроприводом (задание на угловую скорость двигателя  $w_i$ ). Как правило, именно на эти параметры накладываются системные ограничения. Остальные параметры рабочего режима клетки технологически прямому контролю не подлежат и их отклонения могут рассматриваться как возмущающие воздействия.

Однако следует отметить, что не все станы имеют полный комплекс указанных средств технологического контроля, что предопределяет в задаче управления восстановление неизмеряемых переменных параметров на модели. Управление такими станами предопределяет максимально возможную адекватность математической модели реальным процессам в прокатном стане. Однако нелинейные модели процессов холодной прокатки и алгоритмы

управления на их основе ввиду их сложности по существу не рассматривались. С одной стороны, это обосновано по ряду причин известных специалистам. С другой стороны, управление нелинейным объектом на базе линейных моделей [1] может привести к погрешностям регулирования. Между тем, учёт нелинейностей объекта регулирования может существенно повысить качество управления.

Анализ нелинейной динамической модели прокатного стана приведенной в [1] показывает, что процесс управления обжатием металлического листа является безынерционным, а динамика процесса прокатки определяется динамикой изменения межклетевых натяжений и динамикой главного привода. Строго говоря, это допущение возможно при условии использования на прокатных станах современных гидравлических (гидромеханических) нажимных устройств обладающих высоким быстродействием [2].

Повышенные требования к качеству холоднокатанного листа в условиях максимальной производительности станов непрерывной прокатки предопределяют наряду с усовершенствованием технологического оборудования разработку новых алгоритмов управления процессом прокатки. При разработке алгоритмов управления непрерывным станом необходимо учитывать нелинейности объекта регулирования. Управление на базе общей нелинейной математической модели ввиду сложности объекта регулирования сопряжено с определёнными трудностями. Перспективным является управление процессом прокатки с учётом нелинейностей объекта с введением в модель данных полученных путём непосредственного измерения усилия прокатки.

#### Перечень ссылок

1. Дружинин Н.Н. Непрерывные станы как объект автоматизации. – М.: "Металлургия", 1975. – 336 с.
2. Мазур В.Л., Приходько И.Ю. Управление качеством тонколистового проката. – К.: "Техника", 1997. – 384с.