

# Автоматизация горячего стана для прокатки листов из алюминия

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» (г. Екатеринбург) провело реконструкцию электроприводов и систем автоматизации на реверсивном стане «Кварто 2800», предназначенного для горячей прокатки листов из алюминия на предприятии «Алкоа Металлург Рус» (г. Белая Калитва).

В настоящее время на многих металлургических предприятиях продолжают работать станы горячей прокатки, не оснащенные современными средствами автоматизации. Их продукция с каждым годом становится всё менее востребованной на рынке из-за несоответствия современным требованиям к качеству.

Одним из основных показателей качества прокатанного листа является точность по толщине. На реверсивных горячих станах, на которых нажимные винты могут перемещаться только на холостом ходу, когда металла в валках нет, толщина прокатанного листа определяется точностью установки нажимных винтов перед последним проходом. Так как прокатная клетка ведет себя как пружина (чем больше усилие прокатки, тем больше межвалковый зазор), то положение нажимных винтов перед последним проходом надо установить с учетом растяжения клетки.

Для этого надо предугадать величину растяжения. Это не простая задача, так как растяжение клетки зависит от многих параметров прокатки: толщины листа на входе и на выходе из клетки, его ширины, температуры, пластичности, скорости прокатки, интенсивности охлаждения прокатных валков.

При прокатке в ручном режиме оператор устанавливает положение нажимных винтов, исходя из своего опыта, поэтому ошибки в толщине получаются непредсказуемыми, что приводит к большому проценту брака. Для расчета растяжения клетки при прокатке строятся математические модели прокатной клетки, разрабатываются БД, из которых берется информация о предыдущих прокатках.

## Описание объекта автоматизации

Реверсивный стан «Кварто 2800» предназначен для горячей прокатки излитых слитков алюминия

и его сплавов (толщина 180...420 мм; ширина 1100...2560 мм; длина 1200...6000 мм; вес до 9 т; температура нагрева до 500°C) листов и полос с минимальной толщиной 6,0 мм и максимальной длиной до 30 м.

## Характеристики горизонтальной клетки:

- диаметр рабочих валков — 750 мм;
- мощность электропривода рабочих валков — 6400 кВт;
- число оборотов рабочих валков — 0...60...120 об/мин;
- мощность электродвигателей нажимных винтов (НВ) — 2x110 кВт;
- усилие прокатки максимальное — 3000 т;
- ход НВ — 400 мм;
- скорость максимальная НВ — 14 мм/с;
- рентгеновский измеритель толщины на выходе стана фирмы Mesacon.

Стан помимо клетки с горизонтальными валками включает также:

- две вертикальные клетки с приводами валков и нажимных винтов;
- направляющие манипуляторные линейки перед и за станом с индивидуальным приводом;
- рольганги: подводящие — 4 секции; отводящие — 3 секции; рабочие для разворота проката перед и за станом; станинные ролики перед и за станом;
- системы эмульсионную и охлаждения валков.

Основной проблемой на стане являлось отсутствие систем автоматизации. Управление прокаткой велось 3-мя операторами в ручном режиме с 2-х пультов управления. На предприятии выпускался значительный процент брака по толщине проката, при этом отмечалась низкая производительность.

*Цели работы по внедрению новой системы автоматизации:*

- управление станом в полуавтоматическом режиме по заданным программам прокатки с одного нового пульта управления;
- замена механической связи между НВ горизонтальной клетки электрической синхронизацией и управление НВ в полуавтоматическом режиме с точностью +0,01 мм;
- автоматическая синхронизация скоростей рольгангов со скоростью главного привода клетки;
- косвенное вычисление толщины прокатываемого листа на основании математической модели с автоподстройкой по фактической толщине с точностью +0,1 мм;
- установка положения НВ на заданную толщину для обеспечения прокатки с точностью +0,1 мм;
- установка на пульте управления видеонаблюдения на важных участках работы стана.

*Для выполнения этих целей была реализована АСУТП*

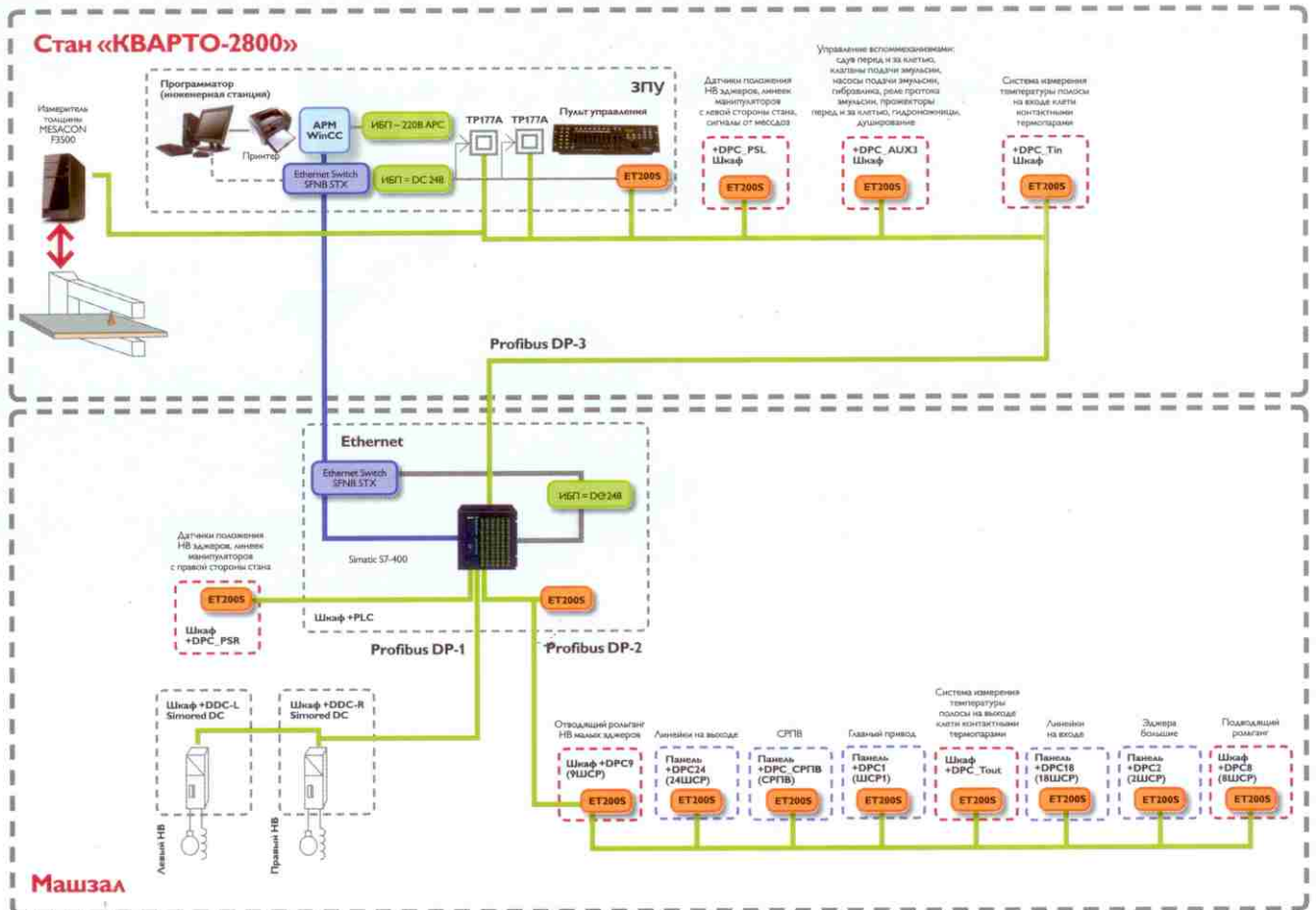


Рис. 1. Структурная схема АСУТП

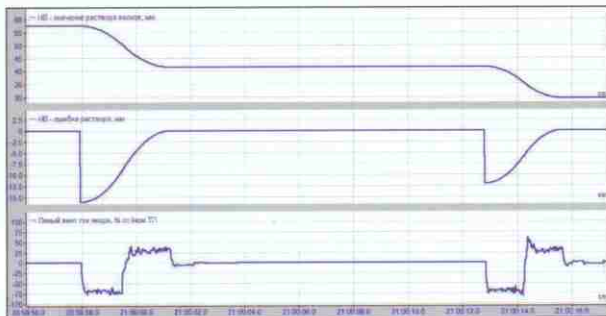


Рис. 2. Обработка электроприводом НВ двух скачков задания на перемещение вниз

стана (структурная схема представлена на рис.1) в составе:

- программируемый контроллер Simatic S7-400
- операторская станция со SCADA пакетом WinCC и 5 мониторов видеонаблюдения;
- комплект датчиков:
- многооборотные кодовые датчики, связанные непосредственно с НВ горизонтальной клетки через безлюфтовую передачу;
- импульсные датчики на рабочих валках горизонтальной клетки для измерения скорости;

ручного пропорционального задания скоростей основных приводов стана, 2 графических дисплея, 1 операторская станция со SCADA пакетом WinCC и 5 мониторов видеонаблюдения;

- многооборотные кодовые датчики для измерения положения НВ обеих вертикальных клеток, а также всех линеек манипуляторов с обеих сторон стана;
- термпары и пирометры с обеих сторон стана для измерения температуры полюсь;
- месдозы с левой и правой сторон прокатки для измерения усилия в горизонтальной клетке.

Основной целью при модернизации электропривода НВ горизонтальной клетки была замена жесткой механической связи между левым и правым винтом на электрическую синхронизацию (электрический вал), что позволило перед очередным проходом оперативно изменять взаимное положение винтов и управлять серповидность или волну по краю проката. В системе используются многооборотные датчики положения НВ абсолютно положения, присоединение которых к нажимным винтам выполнено оригинальным двухзвенным

шарнирным безлюфтовым механизмом конструкции компании «АСК».

Питание обмотки якоря и возбуждение каждого двигателя нажимных винтов выполняется от цифрового тиристорного преобразователя SIMOREG. В приводе выполнены регуляторы токов якоря и возбуждения и регулятор с обратной связью по ЭДС. Регулятор электрической синхронизации и параболический регулятор положения НВ реализуются в контроллере.

В результате наладки получена точность отработки задания на положение винтов и синхронизации +0,01 мм при максимальной скорости и темпе разгона и торможения (рис. 2).

Синхронизация скоростей рольгангов со скоростью главного привода клетки выполнена с учетом величин обжатия или вычисляемого опережения металла в клетке, а для отводящих рольгангов с биконическими роликками также с учетом ширины полюсь. Это позволяет точно подстраивать линейные скорости

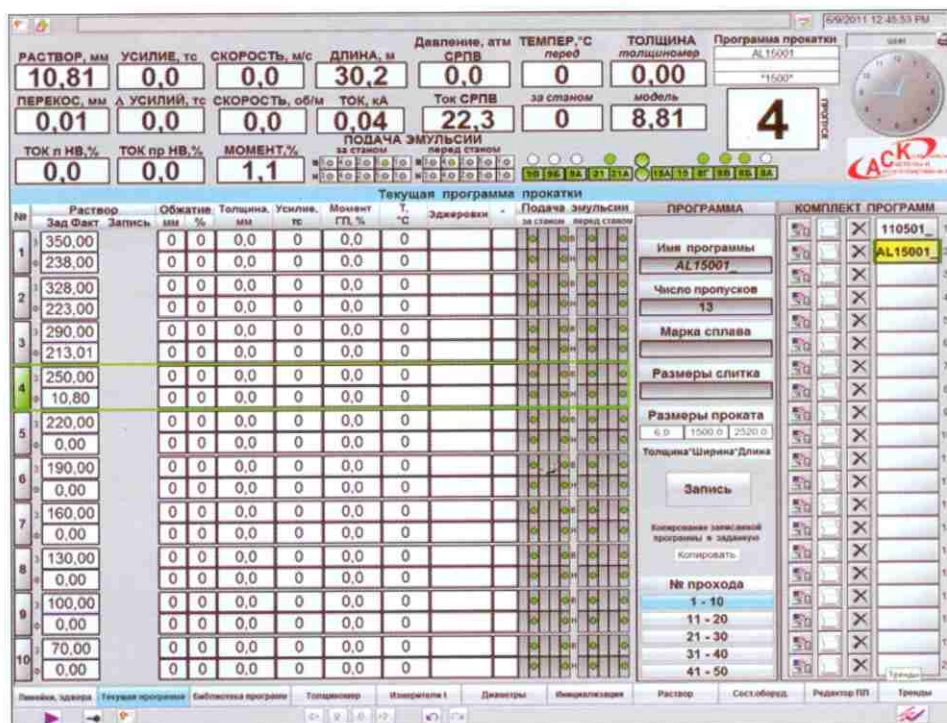


РИС 3. Видеокадр «Текущая программа прокатки»

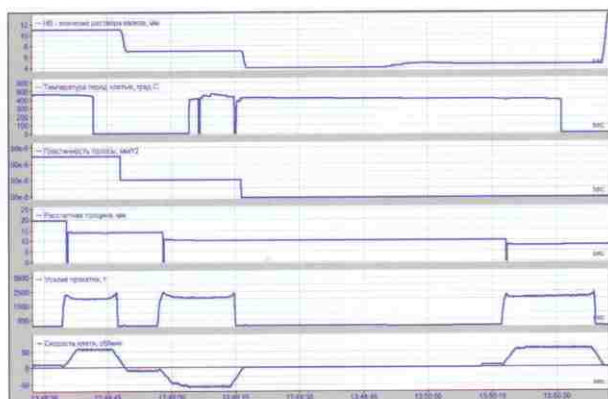


РИС 4. Осциллограмма прокатки с моделью горизонтальной клетки

рольгангов под скорость проката и уменьшить царапаны поверхности полосы.

АСУТП «Кварто-2800» реализована на аппаратных и программных средствах фирмы SIEMENS. Ядром ПЛК является процессорный модуль CPU414-3.

Связь АСУТП со всеми электроприводами стана выполнена аналоговыми и дискретными сигналами через станции удаленных входов/выходов ET200S по сети Profibus DP.

По сети Industrial Ethernet происходит обмен данными

контроллера S7-400 с толщиной номером MESACON, с панелью оператора, на которой установлен SCADA пакет WinCC, с инженерной станцией, где функционирует ПО для разработки программ ПЛК STEP7 и ПО фирмы ibapD для регистрации сигналов.

Верхний уровень АСУТП, реализованный на WinCC, выполняет следующие функции:

- контроль, визуализация и архивация параметров прокатки;
- хранение в энергонезависимой памяти технологи-

ческих карт обжатий всех основных обрабатываемых на стане сортаментов;

- ручная установка оператором рекомендованного обжатия в соответствии с картой обжатия из памяти;
- запоминание карт обжатия в памяти при «Ручной» работе;
- автоматическая установка обжатия по проходам в соответствии с картой обжатия.

В полуавтоматическом режиме система осуществляет изменение растворов горизонтальных валков при смене пропуска в соответствии с программой обжатий. Команда на смену пропуска выдается оператором кнопками: «Следующий пропуск», «Первый пропуск». Отключение полуавтоматического режима происходит при ручном вмешательстве оператора.

Технологическая программа прокатки (положения НВ по пропускам) может быть выбрана оператором из библиотеки программ, которая формируется при ручном управлении НВ и может быть откорректирована оператором.

Подсчет пропусков производится по числу нажатий кнопки «Следующий пропуск». Возврат системы к раствору первого пропуска производится от кнопки «Первый пропуск». На рис. 3. представлен видеокادر «Текущая программа прокатки».

На верхнем уровне АСУТП реализована математическая модель горизонтальной клетки, которая по сигналам усилия прокатки и положения НВ вычисляет текущую толщину прокатываемой полосы, усредняет ее по длине после очередного прохода и определяет перед последним проходом положение НВ, которое они должны занимать, чтобы получить на выходе полосу заданной толщины.

Вычисление толщины полосы по величине раствора валков и усилию прокатки производится с учетом нелинейности растяжения станины клетки, ширины полосы и начальных условий при калибровке НВ (установка нулевого межвалкового раствора).

Толщина вычисляется по формуле:

$$H = S + G - G_0 + G_b$$

где S — межвалковый раствор; G — растяжение клетки;  $G_0$  — растяжение клетки при усилении калибровки;  $G_b$  — учет ширины полосы.

Растяжение клетки от усилия принято нелинейным при малых усилиях и аппроксимировано параболой.

При работе происходят температурные изменения размеров деталей стана (станина, валки), учет которых непосредственным измерением их температуры невозможен, поэтому для получения достаточно точных результатов вычисления толщины необходимо или чаще выполнять калибровку НВ, или, что предпочтительнее, вносить поправку путем сравнения с толщиной, измеренной рентгеновским толщиномером, установленным на выходе стана.

После производства калибровки в течение 1 часа

или введения поправок от толщиномеров погрешность вычисления средней толщины за 1 проход составляет  $\leq +0,1$  мм.

После окончания прохода вычисляется средняя величина коэффициента пластичности полосы на данном проходе, которая определяется как величина обжатия (измеряется в мм), деленная на усилие прокатки в квадрате (измеряется в тоннах). Исходя из характера изменения этого коэффициента от прохода к проходу, а также с учетом его величины на последнем проходе при прокатке предыдущих листов того же сортамента, прогнозируется величина коэффициента пластичности полосы для последнего прохода текущего прокатываемого листа. При этом дополнительно измеряется с помощью пирометра и учитывается тем-

пература листа непосредственно перед последним проходом, так как тонкая полоса быстро остывает и ее пластичность достаточно быстро уменьшается. Определенный таким образом коэффициент пластичности позволяет прогнозировать усилие прокатки и величину межвалкового зазора (положение НВ), которое надо установить, чтобы получить после последнего прохода полосу заданной толщины. Для использования данных по коэффициенту пластичности предыдущих прокатов выполняется его идентификация и автоматическое архивирование в БД. При совпадении идентификаторов текущей прокатки с каким-либо идентификатором в БД из базы извлекается величина коэффициента пластичности, которая используется для прогнозируемого расче-

та положения НВ перед последним пропуском.

Осциллограмма двух предпоследних и последнего проходов при прокатке листа с толщиной на выходе 7 мм приведена на рис. 4. Положение левого винта (межвалковый зазор) устанавливается в значения: 8,5 мм, 4 мм и 1,5 мм перед последним пропуском. При этом толщина полосы после очередного прохода уменьшается соответственно: с 14 мм до 10 мм и 7 мм. Легко определить, что растяжение клетки составляет приблизительно 5,5...6 мм при усилиях прокатки под левым винтом около 1100 тонн. Температура листа в интервал времени 25 с между предпоследним и последним проходом уменьшается с 430 до 400 °С. Пластичность полосы от прохода к проходу уменьшается весьма существенно. Разработанная

модель позволяет с точностью  $+0,1$  мм косвенным способом измерять толщину прокатываемой полосы и определять межвалковый раствор для получения на выходе проката заданной толщины.

Разработанная и внедренная в 2011 г. система автоматизации на горячем стане «Кварто 2800» позволила повысить качество прокатываемого на стане листа и одновременно увеличить производительность за счет увеличения ритмичности работы и снижения времени простоя из-за отказов в работе оборудования. ●

*Александр Браун,*

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР,

КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК;

*Станислав Вахрушев,*

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ;

*Александр Тикоцкий,* КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ. ЗАО «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ».