

УДК 621.771: 62-5

**А. Е. Браун**, канд. техн. наук,  
**А. Е. Тикоцкий**, канд. техн. наук,  
**Р. П. Коптелов, В. А. Корнеев**

### **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НА НЕПРЕРЫВНОМ СТАНЕ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ «1700» «МАРИУПОЛЬСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА»**

***Аннотация.** Представлены результаты разработки и внедрения на непрерывном стане холодной прокатки «1700» частного акционерного общества «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» систем технологической автоматизации, выполненных на программируемом контроллере Simatic S7-400. Результатом внедрения явилось значительное уменьшение брака по толщине полосы и увеличение производительности за счет снижения обрывности.*

***Ключевые слова:** непрерывный стан холодной прокатки, системы технологической автоматизации, регулирование толщины и натяжения полосы, регулирование натяжения при заправке, обжатие переднего конца полосы*

**A. E. Braun**, PhD.,  
**A. E. Tikotskiy**, PhD.,  
**V. A. Korneev, R. P. Koptelov**,

### **IMPLEMENTATION OF AUTOMATION SYSTEMS ON CONTINUOUS COLD ROLLING MILL «1700» AT PJSC «MARIUPOL METALLURGICAL PLANT»**

***Abstract.** The results of development and implementation of process automation systems based on programmable controller Simatic S7-400 on a continuous cold rolling mill “1700” at PJSC “Mariupol Metallurgical Plant n.a. Ilyich” are presented. The result of system implementation is significantly reduced amount of defective product with nonconforming thickness and increased efficiency due to fewer strip breaks.*

***Keywords:** continuous cold rolling mill, process automation systems, strip thickness and tension regulation, tension regulation during feeding, strip head end reduction*

**A. O. Braun**, канд. техн. наук,  
**А. О. Тикоцкий**, канд. техн. наук,  
**Р. П. Коптелов, В. А. Корнеев**

### **ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА БЕЗПЕРЕРВНОМУ СТАНІ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ «1700» ПАТ «МАРИУПОЛЬСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ»**

***Анотація.** Представлені результати розробки і впровадження на безперервному стані холодної прокатки «1700» приватного акціонерного товариства «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» систем технологічної авто-матизації, виконаних на програмованому контролері Simatic S7-400. Результатом впровадження стало значне зменшення браку по товщині смуги і збільшення продуктивності за рахунок зниження поривів.*

***Ключові слова:** безперервний стан холодної прокатки, системи автоматизації технологічно автоматизації, регулювання товщини і натягу смуги, регулювання натягу при заправці, обтиснення переднього кінця смуги*

В 2012-2014 годах на непрерывном 4-х клетьевом стане холодной прокатки «1700» ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» были внедрены системы технологической автоматизации:

- система регулирования толщины и натяжения (САРТИН);
- система регулирования натяжения во время заправки полосы (СРНЗ);
- система автоматического обжатия переднего конца полосы (САОП).

До проведения модернизации на стане работала устаревшая САРТИН на базе релейной и аналоговой

© Браун А. О., Коптелов, Р. П.

Тикоцкий А. О., Корнеев В. А., 2014

аппаратуры. Разработанная в 1974 году САРТИН работала нестабильно, что приводило к большому количеству брака полосы по толщине и к большому количеству обрывов полосы при прокатке.

При проведении модернизации использовались существующие на стане измерители толщины и натяжения: два толщиномера, установленные за четвертой и за первой клетью, и три измерителя натяжения в каждом межклетьевом промежутке.

В новой САРТИН, выполненной на программируемом контроллере производства ф. Сименс Simatic S7-400, реализованы 8 регуляторов и ограничителей натяжения и 2 регулятора толщины (рис. 1).

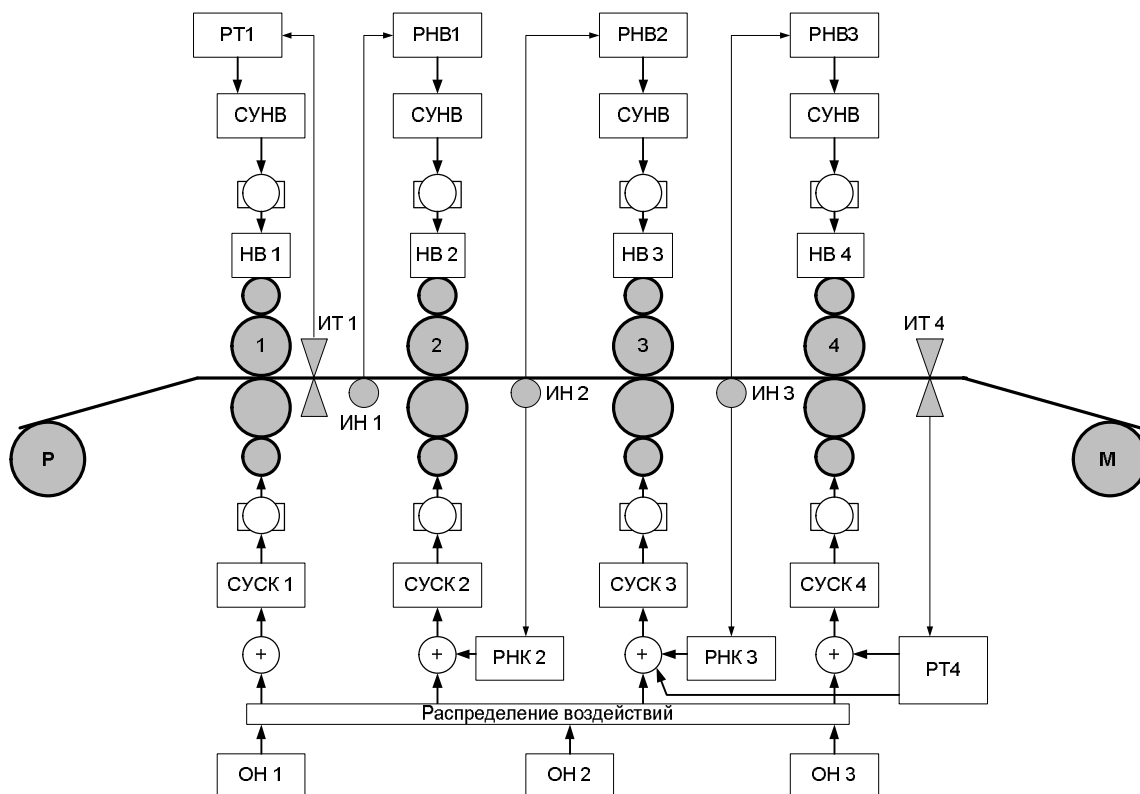


Рис. 1. Структурная схема САРТИН:

СУСК – система управления скоростью клетки, СУНВ – система управления скоростью нажимных винтов, НВ – нажимные винты, Р – разматыватель, М – моталка, ИН – измеритель натяжения, ИТ – измеритель толщины. РНВ – регулятор натяжения винтовой, РНК – регулятор натяжения клетьевой, ОН – ограничители натяжения, РТ – регулятор толщины

Регуляторы натяжения винтовые (РНВ), по согласованию натяжения в промежутке они воздействуют на скорость нажимных винтов следующей за промежутком клетки. Все винтовые регуляторы имеют одинаковую структуру, это – релейно-пропорциональный регулятор. Регулятор включается при отклонении натяжения более, чем  $\pm 15\%$  от задания, а выключается, когда отклонение натяжения не более  $\pm 1\%$ .

Чтобы не портить профиль полосы, ход нажимных винтов от воздействия РНВ ограничен на уровне  $\pm 0,3$  мм. Этого перемещения НВ часто не хватает, чтобы устранять большие отклонения натяжения. В этом случае помогают регуляторы РНК2 и РНК3, воздействующие на скорости 2-й и 3-ей клеток соответственно. Так как изменение скорости любой из этих клеток приводит к изменению натяжений перед и за клетью с разными знаками, то РНК2 и РНК3 работают по сигналу обратной связи не от одного датчика натяжения, а от разности отклонений натяжений сразу в двух соседних межклетевых промежутках. РНК2 воздействует на скорость клетки 2 и сводит к нулю разность отклонений натяжений в промежутках 1 и 2, минимизируя значение  $\Delta T_2 - \Delta T_1$ . РНК3 воздействует на скорость клетки 3 и сводит к нулю разность отклонений натяжений в промежутках 2 и 3, минимизируя значение  $\Delta T_3 - \Delta T_2$ . Вследствие работы регуляторов РНК отклонения натяжений во всех промежутках уравниваются. Оба РНК

имеют одинаковую структуру – это интегральные регуляторы с постоянной времени 10 с.

Ограничители натяжения (ОН) вступают в работу только при большом падении натяжения (более 30 %) и воздействуют на скорость группы клеток, чтобы повысить натяжение только в аварийном промежутке и не изменить натяжения в других промежутках.

Регулятор толщины на выходе («тонкий» регулятор – РТ4) воздействует на скорость полосы на выходе стана, обеспечивая заданную толщину, и это интегральный регулятор с постоянной времени, зависящей от скорости прокатки и толщины полосы.

Особенностью данного стана является то, что прокатка в настоящее время ведется с малыми обжатиями в последней 4-й клетке. При этом становится неэффективным воздействие на скорость 4-й клетки для регулирования выходной толщины и неэффективно работает РНВ3, воздействующий на нажимные винты 4-й клетки. Поэтому регулятор выходной толщины («тонкий» регулятор – РТ4) с учетом клина скоростей воздействует на скорости 3-ей и 4-й клеток одновременно, перенося регулирование толщины в зев валков 3-ей клетки.

Регулятор толщины на входе («грубый» регулятор толщины – РТ1) предназначен для компенсации возмущений во входной толщине, воздействует на скорость нажимных винтов 1-й клетки и имеет структуру, аналогичную регуляторам РНВ.

В результате внедрения новой САРТИН повысилась точность поддержания толщины полосы при прокатке особенно при разгонах и замедлениях стана, например, во время пропуска швов, а также существенно уменьшилось количество обрывов.

Система регулирования толщины и натяжения начинает работать, когда полоса заправлена на моталку и скорость прокатки выше 1,5 м/с. Система регулирования натяжения во время заправки (СРНЗ) начинает работать сразу после захвата переднего конца полосы 2-й клетью, делая натяжение в промежутке 1-2 равным заданному, воздействуя при этом на скорость 2-й клетки. При захвате полосы 3-ей клетью вступает в работу регулятор, работающий по измерителю натяжения в промежутке 2-3, воздействуя на скорость 3-ей клетки и т.д. Все регуляторы СРНЗ выполнены как ПИ-регуляторы. Благодаря их работе натяжения во всех промежутках при заправке устанавливаются равным заданным, что существенно облегчает процесс заправки и уменьшает количество обрывов полосы.

Система автоматического обжатия переднего конца полосы (САОП), так же как и СРНЗ, работает во время заправки. САРТИН начинает работать, когда полоса полностью заправлена во все клетки стана и моталку, а отклонение толщины полосы за 4-ой клетью войдет в диапазон + 20% от заданной. Поэтому до момента включения в работу САРТИН большое количество полосы прокатывается вне допуска по толщине. Длина передних концов, идущих в брак, может достигать до 150 метров. Эта величина зависит от квалификации операторов стана, от того, как точно они настраивают стан. САОП помогает операторам стана сократить время до момента включения САРТИН и тем самым уменьшить длину передних концов, идущих в брак.

Система автоматического обжатия переднего конца полосы – это система, которая после заправки полосы в межклетевой промежуток устанавливает нажимные винты последующей клетки в состояние, которое она запомнила при прокатке предыдущего рулона такого же сортамента положение и увеличивает межклетевые натяжения. Все эти команды направлены на то, чтобы дополнительно обжать передний конец полосы и как можно быстрее привести отклонение толщины полосы в диапазон  $\pm 20\%$ . Величины добавок межклетевых натяжений от СОКП задает оператор стана в зависимости от прокатываемого сортамента.

Одновременно с разработкой САОП была проведена модернизация электрической синхронизации нажимных винтов, при которой были заменены датчики положения нажимных винтов на многооборотные кодовые датчики, связанные с контроллером по сети Profibus DP, на пультах установлены новые цифровые дисплеи, а регуляторы синхронизации винтов выполнены на программном уровне.

Особенностью данной работы является то, что все перечисленные выше системы автоматизации выполнены на одном программируемом контроллере с процессорным модулем Simatic S7-412-2PN. Минимальное количество аппаратных средств повышает общую надежность работы стана, уменьшает стоимость внедрения.

Результатом внедрения новых систем автоматизации на непрерывном стане «1700» явилось уменьшение процента брака с 7 до 1,5 % на одну тонну готовой продукции, что подтверждается официальной статистикой системы учета производства цеха холодного проката.

#### Список использованной литературы

1. Браун А. Е. Модернизация АСУ ТП реверсивного стана 1200 ПТС / А. Е. Браун, С. М. Вахрушев // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 8.
2. Abbas A., (2001). Control of Aluminum Rolling Mills. *Materials and Manufacturing Processes*, 16(5), pp. 691 – 700.
3. Soler N., Isermann R., and Feldmann F., (2008), Improved Drive Control for Multi-Stand Cold Rolling Mills. *Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea*, pp. 1006 – 1011.
4. А. С. № 228116 «Способ синхронизации движения нажимных винтов прокатной клетки» / Б. Н. Дралюк, Л. Г. Виноградов, А. Е. Тикоцкий, БИ 1969, № 31.
5. А. С. № 250857 «Устройство для регулирования натяжения полосы на моталке прокатного стана» / А. С. Валдырев, Б. Н. Дралюк, А. Е. Тикоцкий, В. М. Альшиц, БИ 1969, № 27.
6. А. С. № 354917 «Способ определения момента начала торможения листопркатного стана» / А. С. Валдырев, А. Е. Тикоцкий, БИ 1972, № 31.
7. А. С. № 461747 «Способ управления скоростью непрерывного многоклетьевого стана холодной прокатки» / А. С. Валдырев, Б. Н. Дралюк, В. М. Мамкин, Г. В. Синайский, А. Е. Тикоцкий, БИ 1975 № 8.
8. А. С. № 569347 «Способ синхронизации движения нажимных винтов прокатной клетки» / Б.Н. Дралюк, Л.Г. Виноградов, А.Е. Тикоцкий, А.Е. Браун, БИ 1977 №31.
9. А. С. № 1037983 «Устройство регулирования межклетьевого натяжения на непрерывном стане холодной прокатки» / А. Е. Браун, Б. Н. Дралюк, А. Е. Тикоцкий, БИ 1983 № 32.
10. А. С. № 1639818 «Устройство для регулирования толщины полосы на одноклетевом стане холодной прокатки» ПО» Уралмаш» / Б. Н. Дралюк, А. Е. Тикоцкий, Б. И. Конторовия, Ю. А. Мишин, А. Л. Маланов, Л. Г. Колмаков, В. Н. Касьянов, Д. В. Докучаев, БИ 1991 № 13.

Получено 17.07.2014

#### References

1. Braun A.E., and Vakhrushev S.M. Modernizatsiya ASU TP reversivnogo stana 1200 PTS. [Revamping of Process Control System of Reversible Rolling mill 1200 PTS], (2009), *Avtomatizatsiya v Promyshlennosti Publ.*, No. 8.
2. Abbas A., (2001), Control of Aluminum Rolling mills, *Materials and Manufacturing Processes*, 16(5), pp. 691 – 700.

3. Soler N., Isermann R., and Feldmann F., (2008), Improved Drive Control for Multi-Stand Cold Rolling Mills, *Proceedings of the 17th World Congress the International Federation of Automatic Control Seoul, Korea*, pp. 1006 – 1011.

4. A.C. No. 228116, “Sposob sinkhronizatsii dvizheniya nazhimnykh vintov prokatnoy kleti” [Method of Synchronization of Stand Screwdowns’ Movement], (1969), Dralyuk B.N., Vinogradov L.G., Tikotskiy A.E., BI No. 3, 1969.

5. A.C. No. 250857, “Ustroystvo dlya regulirovaniya natyazheniya polosy na motalke prokatnogo stana” [Strip Tension Regulating Device on Rolling Mill Coiler]. (1969), Valdyrev A.S., Dralyuk B.N., Tikotskiy A.E., Al’shits V.M., BI No.27, 1969.

6. A.C. No. 354917, “Sposob opredeleniya momenta nachala tormozheniya listoprokatnogo stana” [Method of Defining of Moment of Deceleration of a Sheet Rolling Mill]. (1972), Valdyrev A.S., Tikotskiy A.E., BI No.31.

7. A.C. No. 461747, “Sposob upravleniya skorost’yu nepreryvnogo mnogoklet’evogo stana kholodnoy prokatki” [Way to Control the Speed of Continuous Mnogoletnogo cold Rolling Mill], (1975), Valdyrev A.S., Dralyuk B.N., Mamkin V.M., Sinayskiy G.V., Tikotskiy A.E., BI, No. 8.

8. A.C. No. 569347 “Sposob sinkhronizatsii dvizheniya nazhimnykh vintov prokatnoy kleti” [Method of Synchronization of Stand Screwdowns’ Movement], (1977), Dralyuk B.N., Vinogradov L.G., Tikotskiy A.E., Braun A.E., BI 1977, No.31.

9. A.C. No. 10379831, “Ustroystvo regulirovaniya mezhkleyevogo natyazheniya na neprepyvnom stane kholodnoy prokatki” [Interstand Tension Regulating Device on a Continuous Cold Rolling Mill]. (1983), Braun A.E., Dralyuk B.N., Tikotskiy A.E., BI 1983, No. 32.

10. A.C. No. 1639818, “Ustroystvo dlya regulirovaniya tolshchiny polosy na odnoklet’evom stane kholodnoy prokatki PO “Uralmash” [Strip Thickness Regulating Device on 1-stand Cold Rolling Mill]. (1991), Dralyuk B.N., Tikotskiy A.E., Kontoroviya B.I., Mishin Y.A., Malanov A.L., Kolmakov L.G., Kasyanov V.N., Dokuchaev D.V., BI 1991, No.13.



Браун  
Александр Евгеньевич,  
канд. техн. наук, главный инженер, ЗАО «Автоматизированные процессы и комплексы», Российская федерация, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 1-Д, тел. +7 343 360 05 01, доб. 1005.  
E-mail: brawn@asc-ural.ru.



Коптелов  
Роман Павлович,  
ведущий инженер, ЗАО «Автоматизированные процессы и комплексы», г. Екатеринбург, Российская федерация, ул. Студенческая, 1-Д, тел.: +7 343 360 05 01, доб. 1034.  
E-mail: koptelov @asc-ural.ru.



Тикоцкий  
Александр Ерахмилевич,  
канд. техн. наук, главный специалист, ЗАО «Автоматизированные процессы и комплексы», г. Екатеринбург, Российская федерация, ул. Студенческая, 1-Д, тел.: +7 343 360 05 01 доб. 1080.  
E-mail: tikotckiy@asc-ural.ru



Корнеев  
Владимир Александрович,  
ведущий инженер, ЗАО «Автоматизированные процессы и комплексы», г. Екатеринбург, Российская федерация, ул. Студенческая, 1-Д, тел.: +7 343 360 05 01, доб. 1049.  
E-mail: korneev@asc-ural.ru.