

А.Н. Миронов, О.Е. Потап, И.Г. Тригуб, М.А. Рыбальченко  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОКАТА НА НЕПРЕРЫВНЫХ МЕЛКОСОРТНЫХ  
СТАНАХ**

*Аннотация. Выполнен анализ состояния автоматизации непрерывных мелкосортных прокатных станков. Рассмотрены система управления скоростным режимом прокатки и методы непрямо́й оценки величины натяжения проката.*

*Ключевые слова. Непрерывный мелкосортный стан, скоростной режим, прокатная клетка, натяжение, подпор, коэффициент вытяжки, обрезь.*

**Введение.** Сложность и интенсивность современных технологических процессов в производстве мелкосортного проката, жесткие требования к сокращению потерь металла в виде обрезки повысили ответственность за управление этими процессами, осуществление которых невозможно без применения автоматических и автоматизированных систем. Сортамент выпускаемой продукции на непрерывных мелкосортных станах (НМС) включает в себя широкий спектр профилей и катанки. Конкурентоспособность продукции, выпускаемой на НМС, напрямую зависит от ее качества. Данные обстоятельства привели к появлению более жестких требований к системам управления режимами работы электроприводов прокатных клетей и необходимости комплексного изучения, анализа и совершенствования существующих способов управления процессом прокатки на НМС [1,2].

**Постановка проблемы.** Основной задачей автоматизации НМС является настройка и поддержание рациональных режимов ведения технологического процесса, минимизация потерь металла. Потери металла в обрезь связаны с нестабильностью геометрических размеров сечения мелкосортного проката, что обусловлено как влиянием значительного количества технологических возмущений (изменение температуры, размеров и механических свойств заготовки по длине), так и нерациональной настройкой прокатного оборудования и скоростного режима в группах клетей мелкосортного стана [1,2].

Наиболее эффективным каналом управления размерами при производстве мелкосортных профилей на НМС является корректировка скоростного режима прокатки [1]. Непрерывные станы с индивидуальным управлением скоростным режимом прокатки значительно расширяют технологические возможности управления скоростью прокатки в каждой клетке, что стабилизирует работу стана и способствует росту его производительности.

На большинстве отечественных НМС [2] системы автоматического регулирования натяжения (САРН) полосы в межклетевом промежутке выполнены по принципу косвенной оценки величины натяжения по изменяющимся энергосиловым параметрам привода предыдущей клетки [3-5]. САРН включают в себя контур регулирования натяжения, который позволяет поддерживать натяжение в заданном диапазоне, корректируя скорость последующей клетки. Данный принцип управления при прокатке на высоких скоростях не позволяет исключить в переходных режимах продольные динамические удары в металле, которые могут привести к вытяжке полосы или ее разрыву в том случае, если натяжение превысит допустимое значение.

**Анализ публикаций по теме исследования.** Анализ литературных источников показывает, что исследователи уделяют наибольшее внимание проблемам управления скоростным режимом однониточных чистовых групп клеток [6,7]. Значительно меньше изучены вопросы управления скоростным режимом прокатки в черновой группе клеток. Вместе с тем оценка величины натяжения в черновой группе клеток позволит осуществить корректировку скоростного режима и таким образом минимизировать нестабильность величины площади поперечного сечения подката на входе в чистовую группу клеток. Сложность разработки такого способа оценки заключается в отсутствии соответствующих измерителей фактических размеров проката и величины натяжения.

Известен метод оценки межклетевого натяжения, основанный на сравнении временных интервалов (пауз) между смежными заготовками на входе и выходе из непрерывной группы клеток [4]. Данный метод не позволяет определить, какой именно межклетевой промежуток является источником натяжения, что резко усложняет выбор места внесения управляющих воздействий.

Значительный интерес представляет имеющий множество модификаций способ регулирования натяжения по величине якорных токов прокатных двигателей [8]. Основанный на функциональной связи между натяжением и моментом прокатки, этот способ позволяет косвенно судить о величине натяжений по изменениям якорного тока прокатных двигателей, непосредственно отражающего изменения момента прокатки (момента сопротивления на валу двигателя). Сущность этого способа состоит в сопоставлении значений якорного тока двигателя первой (по ходу прокатки) клетки межклетевого промежутка до и после захвата металла последующей клетью. Уменьшение тока пропорционально росту натяжения, а возрастание тока – росту подпора. Достоверность этой информации гарантирована лишь в течение непродолжительного временного промежутка до момента захвата металла последующей клетью, по истечении которого нельзя с уверенностью говорить, вызвано ли отклонение тока действием межклетевых усилий или изменением технологических параметров (температура, обжатие и т.п.) в очаге деформации.

Привлекательность способа регулирования натяжения по якорным токам прокатных двигателей связана, прежде всего, с технической простотой их измерения. Это обусловило распространенность упрощенного варианта системы автоматического регулирования натяжений, осуществляющей подстройку частоты вращения валков на переднем конце заготовки по мере заполнения прокатного стана металлом. При этом основная часть заготовки прокатывается без регулирования натяжения и на выходе имеет форму переменного сечения, что вносит значительное технологическое возмущение при прокатке в чистовой группе клетей. Кроме того, применение данного способа при двухниточной прокатке в черновой группе клетей усложняется: при заполнении и освобождении металлом соседних прокатных нитей происходит резкое изменение величины натяжения и момента прокатки, что вносит погрешность в измерение величины тока якоря двигателя и усложняет оценку величины натяжения. Как следствие, происходят резкие изменения режима деформации, которые являются источником существенных возмущений для прокатки в чистовой группе клетей.

**Формулирование целей статьи.** Исследование технологического процесса прокатки на действующих непрерывных станах затруднено. Это связано с необходимостью остановки стана для проведения необходимых замеров геометрических размеров проката. Более того, большинство технологических параметров таких как, например, натяжение проката, удлинение, уширения не могут быть непосредственно измерены. Для проведения исследований и поиска новых достоверных и оперативных методов оценки уровня натяжения, а также разработки способа управления натяжением существует необходимость в разработке динамической модели черновой группы клетей непрерывного стана. Такая модель позволит провести исследования изменения суммарной вытяжки и коэффициента уширения проката, в зависимости от изменения температуры, размеров и механических свойств заготовки по длине. Результаты исследований позволят решить сложную задачу регулирования скоростного режима прокатки.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Анализ производства мелкосортного проката показал, что основным недостатком работы станов непрерывной прокатки является нестабильность геометрических размеров сечения мелкосортного проката. Это обусловлено как влиянием значительного количества технологических возмущений: изменения температуры, размеров и механических свойств заготовки по длине, так и нерациональной настройкой прокатного оборудования и скоростного режима в группах клетей непрерывных мелкосортных станов.

В процессе прокатки натяжение полосы не остается постоянным, что оказывает влияние на параметры прокатки и на размеры профиля. При применении двухниточной прокатки ситуация осложняется, так как при заполнении и освобождении металлом соседних прокатных нитей происходят резкие изменения режима деформации, которые являются источником существенных возмущений для прокатки в чистовых группах.

Существует необходимость в разработке оперативных и достоверных методов оценки уровня натяжения в черновой группе клетей с целью дальнейшей корректировки скоростного режима. Наиболее приемлемой для осуществления такой оценки является информация о фактических размерах проката, выходящего из черновой группы. Однако из-за отсутствия соответствующих автоматических измерителей

получение указанной информации связано сегодня с трудоемкой и отсроченной во времени операцией отбора и обмера проб проката. Для проведения исследований, а также разработки способа управления натяжением необходимо разработать динамическую модель двухниточной черновой группы клетей непрерывного стана. Модель позволит провести исследования изменения суммарной вытяжки и коэффициента уширения проката, в зависимости от изменения температуры, размеров и механических свойств заготовки по длине. Результаты исследований позволят решить сложную задачу регулирования скоростного режима прокатки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Системы регулирования межклетевых усилий на однониточных сортовых прокатных станах / М.П. Пустыльник, В.Н. Куваев, А.П. Егоров // АСУТП и средства автоматизации черной металлургии на базе микропроцессорной техники. – М.: Металлургия, 1986. – С.74-79.
2. Бадюк С. И. Текущее состояние сортопрокатного производства Украины / С. И. Бадюк, Д. Г. Паламарь, В. Г. Раздобреев // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2011. – № 46. – С. 116-126.
3. А.с. 1397110 (СССР). Устройство стабилизации натяжения проката на непрерывном стане /А.П. Егоров, В.С. Егоров, М.П. Пустыльник В.И. Стахно, В.С. Ткачев (СССР). – №4097500 ; заявл. 16.07.1986 ;опубл. 23.05.1988 ; Бюл. № 19.
4. Егоров В.С. Модель передачи межклетевых усилий по стану при непрерывной сортовой прокатке / В.С. Егоров, О.Е. Потап // Теоретические проблемы прокатного производства : тез. докл. IV Всесоюз. науч.-техн. конф., Ч. I. – Днепропетровск, 1988. – С. 203–205.
5. Егоров В.С. Упрощенные уравнения для моделирования процесса прокатки на сортовых станах / В.С. Егоров, О.Е. Потап. – Днепропетровск, 1985. – 19 с.
6. Системы регулирования межклетевых усилий на однониточных сортовых прокатных станах / М.П. Пустыльник, В.Н. Куваев, А.П. Егоров // АСУТП и средства автоматизации черной металлургии на базе микропроцессорной техники. – М.: Металлургия, 1986. – С.74-79.
7. Автоматизация технологических процессов на мелкосортных прокатных станах: монография / А.С. Бешта, В.Н. Куваев, О.Е. Потап, А.П. Егоров. – Днепропетровск: Журфонд, 2014. – 283 с., ил.
8. А. с. 1397110 (СССР). Устройство стабилизации натяжения проката на непрерывном стане / А. П. Егоров, В. С. Егоров, М. П. Пустыльник В. И. Стахно, В. С. Ткачев (СССР). – № 4097500 ; заявл. 16.07.1986 ; опубл. 23.05.1988 ; Бюл. № 19.