



УДК 669.

DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-90-93

Поступила 14.11.2018

Received 14.11.2018

## РОЛЬ ФАКТОРА НАТЯЖЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТОЧНОСТИ ПРОФИЛЕЙ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКЕ

*И. А. ЗУЕВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: zuyeu-ivan@rambler.ru*

*В статье рассматривается актуальность проблемы обеспечения точности геометрических размеров прокатываемых профилей на сортовых и проволочных станах. На примере такого вида сортового проката как катанка, к которой предъявляются жесткие требования к геометрическим размерам, приведены основные трудности в решении проблем, одна из них – необходимость учета технологического эффекта межклетевых натяжений при непрерывной прокатке, приводящего часто к неуправляемому влиянию на точность прокатки.*

**Ключевые слова.** Проволочный стан, редуционно-калибровочный блок, межклетьевого натяжение, катанка, калибр, профиль, уширение, чистовой блок.

**Для цитирования.** Зуев, И. А. Роль фактора натяжения в обеспечении точности профилей при непрерывной прокатке // И. А. Зуев // *Литье и металлургия*. 2018. № 4. С. 90–93. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-90-93.

## THE ROLE OF TENSION TO ENSURE THE ACCURACY OF PROFILES IN CONTINUOUS ROLLING

*I. A. ZUYEU, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: zuyeu-ivan@rambler.ru*

*The article discusses the relevance of the problem of ensuring the accuracy of the geometric dimensions of rolled profiles on long and wire mills. On the example of this type of long products, such as wire rod, which are subject to strict requirements for geometric dimensions, describes the main difficulties in solving the problems of which is the need to take into account the technological effect of intercellular tension in continuous rolling, which often leads to an uncontrollable effect on the accuracy of rolling.*

**Keyword.** Wire mill, reducing and sizing block, rolled stock tension rod, wire rod, pass, profile, widening, and finishing unit.

**For citation.** Zuyeu I. A. The role of tension to ensure the accuracy of profiles in continuous rolling. *Foundry production and metallurgy*, 2018, no.4, pp. 90–93. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-90-93.

Среди характеристик качества сортового проката по-прежнему важнейшими являются показатели точности геометрических размеров прокатываемых профилей. Традиционно особое внимание уделяется точности такого вида сортового проката, как катанка. Это объясняется достаточно малыми размерами профилей и жесткими допусками на геометрические размеры.

Несмотря на широкое внедрение новых технологических процессов прокатки и нового оборудования сортовых и проволочных станков, вопросы обеспечения высокой точности прутков и катанки нельзя считать полностью решенными. Требуется дальнейшей проработки проблема достижения стабильных геометрических размеров по длине проката. В современных условиях наиболее серьезной трудностью в решении этой проблемы является необходимость учета технологического эффекта межклетевых натяжений при непрерывной прокатке, приводящего часто к неуправляемому влиянию на точность проката.

Чаще всего влияние натяжений выражается в снижении точности (увеличении ширины профиля) на переднем и заднем участках полосы. Для обеспечения заданных качественных показателей готовой продукции это приводит к необходимости обрезки названных участков, а, следовательно, к существенным производственным издержкам. Поэтому остается весьма актуальной проблема гибкого и эффективного управления точностью сортовой прокатки в режиме наличия натяжений. Выработка обоснованных и своевременных рекомендаций по рациональным режимам натяжений позволяет персоналу стана более

эффективно воздействовать на технологический процесс прокатки, а, следовательно, на качественные показатели готовой продукции. В связи с этим задача повышения качества катанки путем обеспечения заданной точности профиля при помощи целенаправленного совершенствования технологических режимов сортовой прокатки с натяжением является актуальной.

В практике работы непрерывных сортовых и проволочных станов применение натяжений носит эмпирический характер и полностью зависит от квалификации и опыта технологического персонала. Многие разработчики оборудования и технологии непрерывной сортовой прокатки предпочитают, по возможности, исключить или снизить натяжения, используя автоматическое регулирование скорости привода по принципу минимальных натяжений. Признавая использование принципа минимизации натяжений важным способом повышения точности непрерывной сортовой прокатки, следует отметить, что в целом ряде случаев продольные усилия являются неизбежным (в частности, при использовании группового привода) или желательным (для «регулирования» сечения профиля в различных технологических ситуациях) фактором непрерывной сортовой прокатки. Исходя из этого, можно отметить две основные проблемы, связанные с наличием натяжения при непрерывной сортовой прокатке:

- учет влияния межклетевых натяжений на деформацию профиля в тех случаях, когда продольные усилия неизбежно возникают при изменении условий прокатки (актуально для непрерывных групп 10 клетей как с групповым, так и индивидуальным приводом при возможных колебаниях температурного режима и режима обжатий);
- выбор рационального режима межклетевых натяжений в непрерывной группе, компенсирующего влияние других технологических факторов и обеспечивающего получение заданных размеров профиля (актуально для непрерывных групп клетей с регулируемым индивидуальным приводом).

Рассмотрим известные из практики аспекты влияния натяжений на технологический процесс непрерывной сортовой прокатки и точность прокатываемых профилей. Стабильные или нестабильные геометрические параметры сортовых профилей и катанки формируются во всех непрерывных группах клетей, начиная с черновых, распространяясь затем на готовый профиль [1]. Поэтому на большинстве проволочных станов актуальна задача стабилизации размеров профиля [2]. На станах последних поколений эта задача во многом решается за счет проволочных блоков различной конструкции, формирующих точные геометрические размеры катанки. Вместе с тем, колебания размеров подката в открытых клетях непрерывных групп, влияющие на условия работы блоков, часто пытаются устранить за счет межклетевых натяжений. Возникающая неравномерность натяжений приводит к избыточному уширению переднего и заднего участков по длине подката. Кроме того, по данным работы [3], на большинстве проволочных станов имеет место заметный перепад температур между передним и задним концами бунта, составляющий 60–10 °С, что соответственно ведет к формированию различного горизонтального диаметра на этих участках катанки.

Опыт эксплуатации современных непрерывных проволочных и мелкосортных станов также подтверждает, что причиной, вызывающей значительные колебания горизонтального диаметра раската, является натяжение полосы в линии стана [4]. Различие диаметров в средней части полосы, прокатываемой при полностью заполненном металлом стане, и на заднем конце, свободном от натяжения, свидетельствует о наличии растягивающих напряжений в металле между клетями непрерывного стана и может служить его количественной характеристикой. В качестве примера сошлемся на экспериментальные данные, полученные на стане 150 «БМК» [5]. Для оценки влияния различных групп стана на разношерность средней части раската [6], задаваемого в чистовой блок, использовали прокатанные в этих группах образцы. Для подготовки образцов делали порез раската ножницами, установленными за каждой из непрерывных групп стана, и на ножницах перед блоком.

Отбирали также образцы из средней части полосы при полном заполнении линии стана. На отобранных образцах измеряли вертикальный, горизонтальный диаметры, определяли средний диаметр и площадь сечения. Сравнение, произведенное при помощи критерия Стьюдента, показало несущественность влияния скоростного режима во всех непрерывных группах, предшествующих блоку, на вертикальный диаметр подката. Отклонение вертикального диаметра по длине подката не превышало 0,07 мм. Разброс вертикального диаметра по длине подката в 1,5–4,0 раза меньше, чем горизонтального.

Таким образом, на основании эмпирических данных получен прогноз точности прокатки при известных условиях, в которых ведется прокатка с натяжением. Однако на температурно-скоростной режим накладываются эффекты неравномерного распределения температуры по длине раската (температурный клин) [7] и сечению [3], влияние которых трудно прогнозировать.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что межклетьевое натяжение при сортовой прокатке является важным технологическим фактором, во многом определяющим стабильность прокатки и точность профиля.

Показано, что натяжение обязательно должно быть учтено при моделировании процессов деформации в непрерывных группах клетей сортовых станов. В рамках действующих систем минимальных натяжений, а также в сложившейся практике эксплуатации сортовых станов оперативно оценить или измерить влияние натяжения на размер профиля невозможно. Поэтому исследование влияния натяжения на точность сортовой прокатки с целью достоверного прогнозирования формоизменения профиля и эффективного использования межклетьевых усилий для получения заданных геометрических размеров раската является актуальной задачей.

Существующие методы учета натяжения и воздействия на него при сортовой прокатке можно классифицировать следующим образом:

- *Методы компенсации известного влияния натяжений за счет изменения параметров деформации* – позволяют в условиях конкретного стана при варьировании параметров заготовки или режимов деформации получать формоизменение, компенсирующее воздействие продольных усилий.

- *Методы минимизации натяжений* – широко используются в специальных системах, которые в определенных границах позволяют фактически устранить влияние натяжения. Натяжения минимизируются при помощи алгоритмов автоматизированного управления скоростным режимом на принципах обратной связи.

- *Методы косвенного обеспечения рациональных натяжений за счет выбора определенных скоростей привода* – могут быть полезны для стабилизации размеров профиля в непрерывных группах клетей, но требуют большого объема предварительных эмпирических данных по конкретной группе клетей конкретного стана.

Таким образом, одним из основных путей уменьшения влияния натяжения на непрерывную сортовую прокатку является использование принципа минимизации натяжений. Показано также, что в тех случаях, когда натяжение не удается минимизировать, основным путем стабилизации процесса и обеспечения высокой точности прокатки является использование эмпирических моделей рассогласования скоростей, построенных для условий конкретных станов. Известные элементы моделей, непосредственно связывающих величины натяжений с формоизменением профиля в калибрах, являются исключительно эмпирическими, носят узконаправленный характер и применимы к специфическим условиям непрерывных чистовых блоков проволочных станов и отдельным типам калибров. Перечисленные методы имеют положительный эффект при определенных заранее заданных условиях прокатки. Однако обеспечить такие условия (отсутствие колебаний геометрических размеров заготовки, заданные ограничения скорости привода, строгое соблюдение константы прокатки и постоянный уровень натяжений в клетях с групповым приводом) крайне сложно. Поэтому остается актуальной проблема гибкого и эффективного управления точностью сортовых профилей (в особенности катанки) в режиме наличия натяжений. Обеспечение обоснованных и своевременных рекомендаций по рациональным режимам натяжений позволяет персоналу стана более эффективно воздействовать на технологический процесс прокатки, а также дает возможность создавать эффективные системы автоматизированного регулирования размеров на непрерывных станах.

### Выводы

Исходя из указанной проблематики улучшения качественных характеристик катанки и увеличения результативности процесса ее производства, в настоящее время основной целью является достижение более высокого качества стальной катанки по точности при непрерывной сортовой прокатке на основе выявления и использования количественных связей между межклетьевыми натяжениями и геометрическими характеристиками профиля. Указанная цель может быть реализована путем решения следующих задач:

- 1) изучение межклетьевого натяжения как фактора управления показателями качества готовой продукции при производстве катанки;
- 2) разработка модели, описывающей влияние межклетьевых натяжений на результативность сортовой прокатки и точность размеров прокатываемого профиля;
- 3) проверка адекватности и корректировка предложенной модели на основе комплекса экспериментальных исследований для различных систем калибров и различных условий натяжения;

4) разработка и практическое использование методики определения рациональных режимов натяжений, обеспечивающих повышение результативности технологии производства катанки, – достижение высокого качества по точности и стабильности геометрических размеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Выдрин В. Н., Дукмасов В. Г. и др. Исследование жесткости сортовых прокатных клетей // Сб. науч. тр. Челябинского политехн. ин-та, 1974. № 130. Челябинск.
2. Выдрин В. Н., Денисов Ю. П., Дукмасов В. Г. и др. Прокатка круглой стали повышенной точности на двухниточном стане // Сталь. 1975. № 1.
3. Галатов Н. С., Теряев В. А., Гетманец В. В. и др. Технологические факторы, влияющие на процесс непрерывной прокатки. Прокатное производство. М.: Metallurgia, 1979.
4. Губарь Е. Н., Жилияев К. П., Гридневский В. И. Производство и сдача проката по теоретическому весу. Киев: Техника, 1974.
5. Динник и др. Осевое давление при прокатке несимметричных профилей // Metallurgia и коксохимия. Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1970.
6. Демидов Б. Б., Литовченко Н. В. и др. Станы для производства катанки. М.: Metallurgia, 1972.
7. Гавра Д. Л. Основы монографии с примерами из машиностроения. М.; Л.: Mashgiz, 1962.

#### REFERENCES

1. Vydrin V. N., Dukmasov V. G. Issledovanie zhestkosti sortovyh prokatnyh kletej [Investigation of the rigidity of high-grade rolling stands]. *Sbornik nauchnyh trudov Cheljabinskogo politehnicheskogo instituta = Collection of scientific works of the Chelyabinsk Polytechnic Institute*. Cheljabinsk, 1974, no. 130.
2. Vydrin V. N., Denisov Ju. P., Dukmasov V. G. Prokatka krugloj slali povyshennoj tochnosti na dvuhnitochnom stane [Rolling round slalys of increased accuracy on a double-thread mill]. *Stal' = Steel*, 1975, no. 1.
3. Galatov N. S., Terjaev V. A., Getmanec V. V. *Tehnologicheskie faktory, vlijajushhie na process nepreryvnoj prokatki* [Technological factors affecting the continuous rolling process]. *Prokatnoe proizvodstvo = Rolling production*. Moscow, Metallurgija Publ., 1979.
4. Gubar' E. N., Zhiljaev K. P., Gridnevskij V. I. *Proizvodstvo i sdacha prokata po teoreticheskomu vesu* [Production and rental of theoretical weight]. Kiev, Tehnika Publ., 1974.
5. Dinnik. *Osevoe davlenie pri prokatke nesimmetrichnyh profilej* [Axial pressure during rolling of asymmetrical profiles]. *Metallurgija i koksohimija = Metallurgy and coke chemistry*, 1970.
6. Demidov B. B., Litovchenko N. V. *Stany dlja proizvodstva katanki* [Rolling Mills]. Moscow, Metallurgija Publ., 1972.
7. Gavra D. L. *Osnovy monografii s primerami iz mashinostroenija* [The basics of the monograph with examples from engineering]. Moscow–Leningrad, Mashgiz Publ., 1962.