



УДК 621.771

Н.Ш. Тютеряков
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
г. Магнитогорск, Российская Федерация
E-mail: n.tyuteryakov@magtu.ru
Дата поступления 26.06.2020

ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ РОЛИКОВ КАНТУЮЩЕЙ ВАЛКОВОЙ АРМАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ СКРУЧИВАНИЯ ПОЛОС НА СОРТОВЫХ СТАНАХ ПАО «ММК»

Аннотация

В данной работе основное внимание было уделено изучению износостойкости изнашиваемых деталей валковой арматуры качения – роликов. Целью исследования являлась замена дорогостоящих импортных роликов роликами из дешевых, доступных материалов, имеющихся на ПАО «ММК».

Выполнен расчет моментов и усилий в кантующей арматуре RTS при скручивании полос, а также определены усилия на кантующие ролики при кантовании.

Ключевые слова: сортовой стан, валковая арматура, кантующие ролики, полоса, кантование.

Валковая арматура сортовых станов является одной из составляющих комплекса технологического инструмента. Надежность конструкций применяемой арматуры, долговечность отдельных ее деталей в значительной степени определяют качество готовой продукции сортового стана и в целом эффективность ее производства [7].

Валковая арматура сортовых станов 450, 370, 170 фирмы “Danieli” представляют собой однотипные универсальные конструкции, используемые в клетях с однотипным расположением валков (горизонтальные или вертикальные) и калибров (равноосные, неравноосные, фасонные и др.). В зависимости от площади поперечного сечения раскатов меняются лишь габаритные размеры арматуры и размеры отдельных деталей.

На станах широко применяется роликовая вводная арматура, что связано с преимущественным использованием систем калибров «овал – ребровой овал», «овал – круг», которые требуют надежного центрирования полосы и надежного ее удержания от сваливания.

Арматура RTS предназначена для скручивания раската и относится к специальным конструкциям валковой арматуры (рисунок 1).

Она состоит из корпуса 1, приемной воронки 2, кантующих роликов 3, механизма регулировки межосевого расстояния роликов 4 и раструба 5 для направления проката в калибр валков.

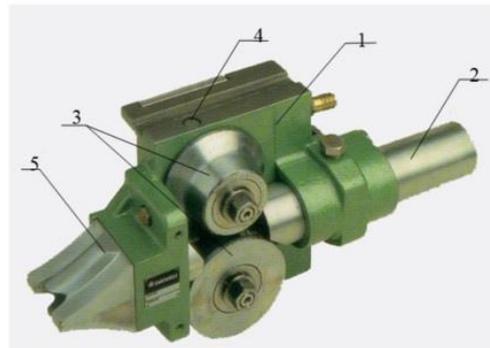


Рисунок 1. Арматура RTS с кручением

В ее конструкции применена симметричная и одновременная регулировка межцентрового расстояния роликов с помощью единой точки настройки. Червяк приводит в действие червячное колесо, приводящее во вращение цапфы эксцентров роликов. Такая настройка позволяет обеспечить более точный контролируемый режим скручивания. Консольный принцип монтажа роликов (до проводок серии RTC10) позволяет быстро провести монтаж роликов. Для выполнения этой же операции на проводках до серии RTC18 необходимо снять 4 болта.

При расчете усилий, возникающих в арматуре при скручивании полос, используется гипотеза А. Надаи [1]. Эту гипотезу применяют для определения моментов сопротивления сечения полос пластическому кручению. При расчете усилий считается, что кантование раскатов осуществляется при постоянной величине крутящего момента.

В расчетах по методам И.С. Тришевского [2], И.К. Суворова [3] и П.И. Тетельбаума [4] принимают, что скручиваемый металл не упрочняется в процессе деформации.

По методу И.С. Тришевского [2], момент пластического скручивания

$$M_{нк} = W_{нк} \tau_c, \quad (1)$$

где $W_{нк}$ - сопротивление поперечного сечения полосы при пластическом кручении, определяется в зависимости от формы и размеров сечения m^3 ; τ_c - сопротивление чистому сдвигу.

В соответствии с гипотезой Мизеса сопротивление чистому сдвигу

$$\tau_c = 0,57 \sigma_m,$$

где σ_m - предел текучести, МПа.

Для точного направления раската, необходимый угол скручивания в проводках следует определять по формуле:

$$\phi_c = l_k \cdot \phi_k / L_c, \quad (2)$$

где l_k - расстояние между вертикальными осями рабочих и кантующих валков (длина

рабочей поверхности проводок), мм; L_c - длина скрученной части полосы (расстояние между клетями), мм; ϕ_k - полный угол кантования раската.

Для обеспечения плавного захода полос и уменьшения разности скоростей по ширине кантующих площадок, способствующих уменьшению износа и увеличению срока службы кантующих роликов, угол скручивания в проводках не должен превышать 20-22°. Расчеты значения угла скручивания раската для условий стана 170 приведены в таблице 1. Размеры сечения раската при прохождении кантующий арматуры приведены в таблице 2.

Сопротивление поперечного сечения полосы

$$R = (b^2 + h^2) / 4h; \quad (3)$$

Момент сопротивления при пластическом скручивании полосы

$$W_{пл.кр.} \approx R^2 \left(2b + \frac{b^2 - h^2}{h} \cdot \arcsin \frac{b}{2R} \right) - \frac{b^3}{6}. \quad (4)$$

Предел текучести стали 45 в горячем состоянии $\sigma_m = 55$ МПа.

Определим сопротивление чистому сдвигу:

$$\tau_c = 0,57 \cdot \sigma_m = 0,57 \cdot 55 = 31,35 \text{ МПа.}$$

Расчетные значения моментов пластического скручивания полосы приведены в таблице 3.

Таблица 1

Необходимый угол скручивания в каждой кантующей арматуре стана 170

Параметр	Кантующая арматура			
	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
Длина скрученной части полосы, м	2,5	2,5	2,5	2,5
Длина рабочей поверхности проводок, м	0,6	0,55	0,46	0,43
Угол кантования	90	90	90	90
ϕ_c , град	22	20	17	16

Таблица 2

Размеры сечения раската при прохождении кантующей арматуры, м

Сечение	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
Высота b	0,077	0,0557	0,0416	0,0297
Ширина h	0,12386	0,0985	0,07474	0,05943

Таблица 3

Моменты сопротивления при пластическом скручивании

Момент пластического скручивания полосы, кНм	Кантующая арматура			
	RTS-15	RTS-12	RTS-10	RTS-7
	83,23	49,18	22,08	13,38

Величина полного усилия кантования N (рис. 2) и его составляющих с достаточной точностью определяется следующими уравнениями [5]:

$$N = \frac{M_{нк}}{l}; \quad (5)$$

$$N_x = N \cdot \cos \varphi_{н.р.}; \quad (6)$$

$$N_y = N \cdot \sin \varphi_{н.р.}, \quad (7)$$

где N_x и N_y - радиальная и осевая составляющие полного усилия кантования; l - плечо сил, скручивающих полосу; $\varphi_{н.р.}$ - угол профилировки ролика.

Определим плечо сил, скручивающих полосу, имеющую форму поперечного сечения эллипс.

Уравнение касательной (в нашем случае поверхности валка) к эллипсу [6]

$$\frac{xx_0}{a^2} + \frac{yy_0}{c^2} = 1, \quad (8)$$

где x_0, y_0 - координаты точки контакта раската с кантующим валком; x, y - координаты произвольной точки, находящейся на эллипсе; a, c - полуоси эллипса ($a=b/2; c=h/2$).

Тангенс угла наклона поверхности валка определим, как производную уравнения касательной [6]:

$$\operatorname{tg} Q = -\frac{x_0 b^2}{y_0 a^2}. \quad (9)$$

Из уравнения (8) выразим y , принимая $x = x_0, y = y_0$:

$$y_0 = \sqrt{c^2 - \frac{x_0^2 c^2}{a^2}} \quad (10)$$

Из уравнения (9) выразим y :

$$y_0 = -\frac{x_0 c^2}{\operatorname{tg} Q a^2} \quad (11)$$

Приравняв уравнения (10) и (11), получаем абсциссу точки В [6]:

$$x_0 = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 Q a^4}{\operatorname{tg}^2 Q c a^2 + c^2}}.$$

Плечо сил, скручивающих полосу

$$l = 2(x_0 \cos Q - y_0 \sin Q). \quad (12)$$

$$Q = \varphi_{н.р.} + \varphi_c.$$

Результаты расчета усилий, действующих в кантующей арматуре, установленной на стане 170, представлены в таблице 4.

Результаты сравнения показали возможность снижения радиальных усилий арматуры RTS-15 на 40% и на 26% арматуры RTS-12 при незначительном увеличении осевых усилий. Это положительно скажется на долговечности кантующих роликов и подшипников. Для остальных проводок уменьшение усилий не существенное, поскольку не превышает 5..10% и не могут быть определяющими для рекомендации перепрофилирования этих роликов.

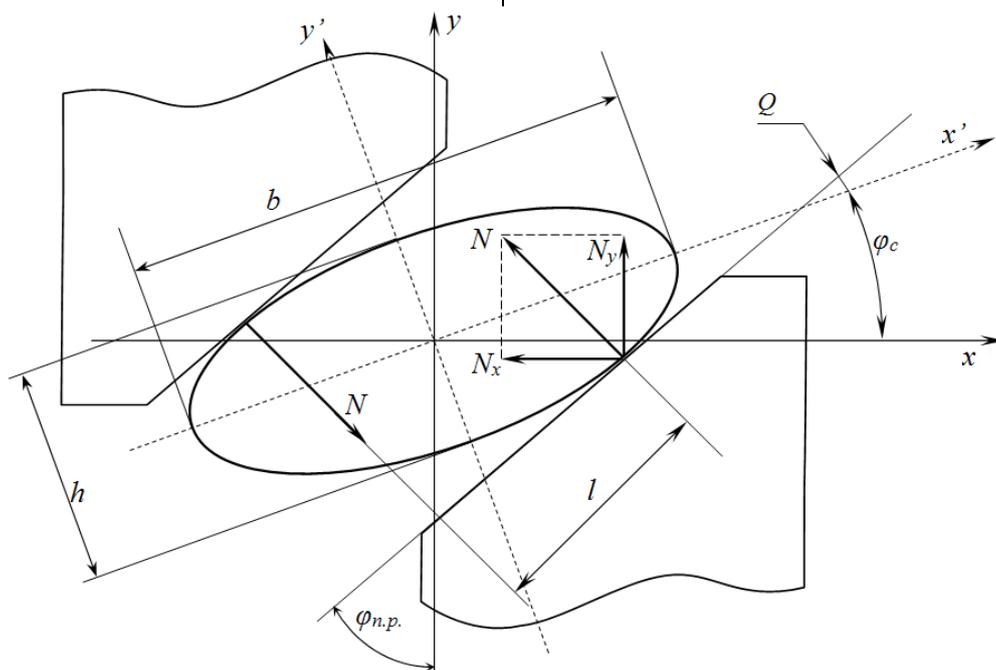


Рисунок 2. Схема к определению усилий кантования

Усилия, действующие в кантующей арматуре, установленной на стане 170

Номер клетки	RTS	φ п.р. град	b	h	l	N	N_x	N_y
			м			кН		
2	15	45	0,12	0,08	0,102	460,27	325,73	325,73
4	12	45	0,098	0,06	0,077	325,55	229,71	229,71
6	10	45	0,074	0,04	0,059	184,79	130,06	130,06
8	7	40	0,059	0,03	0,048	148,09	113,05	95,68
10	5	35	0,046	0,02	0,038	90,88	74,17	52,75

Библиографический список

1. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Пер. с англ. М.: ИЛ, 1954. 647 с.
2. Тришевский И.С. Проводки прокатных станов. М.: Metallurgizdat, 1957. 283 с.
3. Суворов И.К. Обработка металлов давлением. М.: Высшая школа, 1973. 381 с.
4. Тетельбаум П.И. Сортовые станы для прокатки цветных металлов. М.: Metallurgiya, 1969. 152с.
5. Оншин Н.В., Тютеряков Н.Ш., Трофимова А.Л. Методика оценки ресурса роликов валковой арматуры. // Механическое оборудование металлургических заводов. 2012. №1(1). С. 34-39.
6. Определение усилий, действующих на кантующие ролики валковой арматуры RTS сортовых станов ПАО «ММК», в процессе скручивания полосы. Тютеряков Н.Ш., Савинов А.С., Андросенко М.В., Рудь К.И., Залилов Р.В. Теория и технология металлургического производства. 2020. №1(32). С. 47-49.
7. Моделирование условий эксплуатации роликов валковой арматуры сортовых станов / Новицкий Р.В., Остапчук А.М., Оншин Н.В., Тютеряков Н.Ш., Коковихин А.В. // Горный журнал. 2012. №S3. С. 64-67.

Information about the paper in English

N.Sh. Tyuteryakov
 Nosov Magnitogorsk State Technical University
 Magnitogorsk, Russian Federation
 E-mail: n.tyuteryakov@magtu.ru
 Received 26.06.2020

ASSESSING THE LOAD OF ROLLERS OF TILTING GUIDE FITTINGS DURING THE TWISTING OF STRIPS ON SECTION ROLLING MILLS AT PJSC MMK

Abstract

This paper focuses on studying wear resistance of rollers, the wear parts of the rolling guide. The studies were aimed at the replacement of expensive import rollers with rollers from cheap materials available at PJSC MMK.

The author calculated torques and forces in RTS tilting guides during the twisting of strips, and defined forces on tilting rollers during the tilting.

Keywords: section rolling mill, guide fittings, tilting rollers, strip, tilting.