



УДК 621.2

Е.А. Максимов¹, Е.П. Устиновский²

¹НТПП «Интрай»

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

г. Челябинск, Российская Федерация

E-mail: maksimov50@mail.ru

Дата поступления 04.11.2019

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЯ В УСТРОЙСТВЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОМ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТА ЛИСТОВОГО ПРОКАТА «ЛЫЖЕОБРАЗОВАНИЕ»

Аннотация

Опытным путем установлено, что для листа толщиной 20 мм, шириной 2500 мм из стали 10ХСНД высота дефекта в виде отгиба переднего конца листа от горизонтальной оси (дефект «лыжеобразование») составляет 250–300 мм, длина дефекта 1000–1500 мм. Разработано устройство для отгибания переднего конца листа, состоящее из станины, кассеты, рабочих роликов, электродвигателя, редуктора, винта, нижнего клина, гайки, корпус, верхнего клина, стойки, неприводного ролика, треугольного упора. Определено усилие обратного перегиба переднего конца листа. Расчеты показали, что для семироликовой и девятироликовой правильных машин, предназначенных для правки листа толщиной 20 мм, шириной 2500 мм из стали Ст10, Сталь 45, 10ХСНД, усилие обратного перегиба переднего конца листа в устройстве изменяется от 4,8 кН до 25,2 кН.

Ключевые слова: толстый лист, дефект «лыжеобразование», устройство для отгибания переднего конца листа, усилие обратного перегиба переднего конца листа.

Введение

Известно, что роликовые правильные машины (РПМ) рассчитаны на правку толстолистного проката толщиной в диапазоне от 4 мм до 60 мм [1, 2].

В нашей стране основным стандартом на толстолистовой прокат является ГОСТ 19903–2015. Однако, многие металлургические предприятия нашей страны производят листы по Евростандарту EN 10029 –91 и стандарту США ASTM A6/A6M –91. В соответствии с ГОСТ 19903–2015 предельные отклонения от плоскостности составляют 5мм, 8 мм, 10мм, 12 мм на базе один метр. В соответствии с Евростандартом EN 10029 –91 и стандартом США ASTM A6/A6M –91 плоскостность измеряется на всей ширине листа и вдоль его длины на базе 4000 мм. Для Евростандарта EN 10029–91 нормальная плоскостность класса N в зависимости от толщины листа изменяется в пределах от 5 мм до 8 мм [3-5].

Обычно при правке толстолистного проката передний и задний концы листа при выходе его из роликовой правильной машины не выправляются [6,7]. При правке на РПМ лист представляет собой как бы многоопорную балку, нагруженную сосредоточенными силами от роликов. Но передний участок листа не опирается на ролики и не выправляется, сохраняя изгиб первоначальный изгиб.

Семироликовая РМП, установленная на ПАО ЧМК, предназначена для правки листа толщиной 20 мм – 50 мм, шириной 2500 мм из стали Ст3, 09Г2С, 09Г2, 10ХСНД, 15ХСНД, 16Г2АФ дооснащена устройством для отгибания переднего конца листа.

Экспериментальные исследования показали, что высота дефекта в виде отгиба переднего конца листа от горизонтальной оси (дефект «лыжеобразование») составляет 250–300 мм, длина дефекта

1000–1500 мм. Так как, в машине отсутствует устройство для отгибания переднего конца листа, то выправление переднего конца листа невозможно, что снижает его качество.

Устройство для отгибания переднего конца листа состоит из станины кассеты, рабочих роликов, электродвигателя, редуктора, винта, нижнего клина, гайки, корпуса, верхнего клина, стойки, неприводного ролика, треугольного упора.

Технология правки обратного перегиба переднего конца листа производится следующим образом. Выправляемый лист по рольгангу подается в установленные в станине верхние и нижние кассеты, несущие рабочие приводные ролики. Затем включается главный электропривод и лист протягивается между приводными рабочими роликами и останавливается. Опускается подвижный упор. Включается привод устройства и с помощью клинового механизма, на верхнем клине которого расположен неприводной ролик, передний конец листа перегибается в противоположном направлении. При этом дефект «лыжеобразование» переднего конца листа устраняется.

Целью работы является расчет усилия в устройстве для устранения дефекта «лыжеобразование» листового проката.

Материалы и методы

Определим усилие в устройстве для устранения дефекта «лыжеобразование» листового проката (рисунок 1).

Уравнение переднего участка листа при его перегибе запишем в виде:

$$Z = aX^2, \quad (1)$$

где a - неизвестный параметр.

Дифференцируя равенство (1), получим:

$$Z^* = \frac{\partial Z}{\partial X} = 2 a X. \quad (2)$$

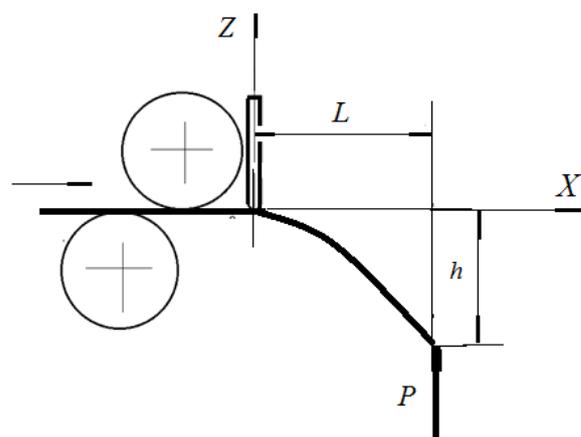


Рисунок 1. Схема обратного перегиба переднего конца листа

Перемещение в вертикальном направлении отвечающее граничным условиям, запишем в виде:

$$u_z = h \left(\frac{X}{L} \right)^2, \quad (3)$$

где h, L – высота и длина дефекта «лыжеобразование».

Перемещение в продольном направлении, запишем в виде:

$$u_x = u_z \frac{\partial Z}{\partial X}. \quad (4)$$

Работу внутренних сил при перегибе листа запишем в виде [8]:

$$A_B = B \int_0^L \int_0^h \tau_s \Gamma dx dz, \quad (5)$$

где $\tau_s = const$ – для жестко - пластической среды,

Γ – интенсивность деформаций сдвига,
 B – ширина листа.

Для плоского напряженного состояния интенсивность деформаций сдвига запишем в виде [8]:

$$\Gamma = 2\sqrt{\varepsilon_x^2 + 0,25 \gamma_{xz}^2}. \quad (6)$$

Используя соответствующие дифференциальные зависимости Коши определим компоненты тензора деформаций, которые в дальнейшем будем использовать для определения интенсивности деформаций

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial X}, \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u_x}{\partial Z} + \frac{\partial u_z}{\partial X} \quad (7)$$

Используя уравнения (3) и (4), после дифференцирования, получим:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial X} = \frac{2ahX^2}{3L^2}, \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u_x}{\partial Z} + \frac{\partial u_z}{\partial X} = \frac{2hX}{L^2}. \quad (8)$$

Работу внутренних сил при перегибе листа определим после интегрирования уравнения (5):

$$A_B = 0,22B\tau_s hL^2 a. \quad (9)$$

Работу внешних сил [9] при перегибе листа определим по формуле:

$$A_{BH} = \frac{\sigma_s^2 b h}{2E} \left(\frac{1+k+k^2}{3(1-k)} \right), \quad (10)$$

где σ_s - предел текучести материала листа,
 b, h - ширина и толщина листа,
 E - модуль упругости материала листа,
 $k = 1 - \frac{Z_0}{h}$ - коэффициент проникновения пластической деформации по толщине листа при изгибе,

Z_0 - граница упругой и пластической области при изгибе листа.

Неизвестный параметр « a » определим из условия $A_{BH} = A_B$

$$a = A_{BH} / 0,2\tau_s b l h^2 \quad (11)$$

где τ_s - предел текучести материала листа на сдвиг.

Усилие обратного перегиба переднего конца листа определим по формуле

$$P = A_{BH} / h. \quad (12)$$

Результаты расчета усилия обратного перегиба переднего конца листа представлен в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета усилия обратного перегиба переднего конца листа

Комбинат, завод	Количество роликов	Диаметр роликов	σ_s	Ширина листа	Усилие
-	шт	мм	МПа	мм	кН
Ашинский МЗ	7	360	300	2500	4,8
ММК	7	260	350	2200	10,5
ЧМК	9	250	410	2000	25,2

Анализ данных представленных в таблице 1, показал, что при изменении диаметров роликов от 250 мм до 360 мм, предела текучести материала листа от 300 МПа до 410 МПа, ширины листа от 2000 мм до 2500 мм, усилие обратного перегиба переднего конца листа изменяется от 4,8 кН до 25,2 кН.

Заключение

1. В производственных условиях проведены измерения параметров дефекта

«лыжеобразование». Измерения показали, что для листа толщиной 20 мм, шириной 2500 мм из стали 10ХСНД высота дефекта в виде отгиба переднего конца листа от горизонтальной оси (дефект «лыжеобразование») составляет 250–300 мм, длина дефекта 1000–1500 мм.

2. Разработано устройство для отгибания переднего конца листа, состоящее из станины, кассеты, рабочих роликов, электродвигателя, редуктора, винта, нижнего клина, гайки, корпуса, верхнего клина,

стойки, неприводного ролика, треугольного упор

3. Расчеты показали, что для семироликовой и девятироликовой правильных машин, предназначенных для правки листа толщиной 20 мм, шириной 2500 мм из стали Ст10, Сталь 45, 10ХСНД усилие обратного перегиба переднего конца листа изменяется в пределах от 4,8 кН до 25,2 кН.

Библиографический список

1. Недорезов И.В. Моделирование процессов правки проката на роликовых машинах/ Екатеринбург: Аква-пресс.2003. 256с.
2. Шелест А.Е., Юсупов В.С., Перкас М.М., Шефтель Е.Н., Просвирнин В.В., Акопян Е.Е. Разработка методики определения геометрических и деформационных параметров правки металлических листов на роликоправильных машинах// Производство проката .2016. №7 .С.2-8.
3. Слоним А.З, Сонин А.Л. Правка листового и сортового проката/М.: Металлургия, 1981. 232с.
4. Мухин Ю.А, Соловьев В.Н., Бахаев К.В. Совершенствование аналитической модели правки полосы растяжением с изгибом // Производство проката. 2006.№9 .С. 40-42
5. Полецков П.П. Об изменении показателей профиля и плоскостности тонколистового проката в процессе правки растяжением и изгибом// Вестник Магнитогорского технического университета. 2011. №3. С. 60-62.
6. Максимов Е.А., Устиновский Е.П. Модернизация роликовой правильной машины для повышения качества толстых листов // Кузнечно-штамповочное производство.2017. № 9. С. 32–39.
7. Максимов Е.А., Шаталов Р.Л., Устиновский Е.П. Исследование и модернизация роликовой правильной машины для повышения качества полос из коррозионно-стойких сталей // Производство проката. 2017.№10. С.37-40.
8. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. –М.: Металлургия,1980. – 456 с. 9.
9. Королев А.А. Конструкция и расчет машин механизмов прокатных станов / М.Металлургия,1985. 376с.

Information about the paper in English

Е.А. Maksimov¹, Е.Р. Ustinovsky²

¹Intray Research, Development and Production Company
²South Ural State University (National Research University)
Chelyabinsk, the Russian Federation
E-mail: maksimov50@mail.ru

Received 04.11.2019

METHOD FOR CALCULATING FORCE IN THE MACHINE APPLIED FOR CORRECTING THE “SKI FORMATION” DEFECT OF PLATES

Abstract

Experience has shown that 10KhSND steel plates with a thickness of 20 mm and width of 2500 mm have a defect in a form of bending of the front end of plates from a horizontal axis (“ski formation” defect) 250–300 mm high and 1000–1500 mm long. The machine developed to correct this defect consists of housing, cassette, work rollers, motor, reducing gear, screw, bottom wedge, nut, body, upper wedge, support, idle roller and triangle chock. Backward bending of the front end of plates was determined. The calculations showed that force of backward bending of the front end of plates in 7-roller and 9-roller leveling machines applied for leveling plates 20 mm thick and 2500 mm wide from steel grades St10, Steel 45, 10KhSND changed from 4.8 kN to 25.2 kN.

Keywords: plate, “ski formation” defect, machine for unbending the front end of the plate, force of backward bending of the front end of the plate.
