



Точность прокатки двутавровых балок в клетях дуо с использованием кассет с неприводными вертикальными валками

Приведены результаты комплексного исследования точности прокатки двутавровой балки № 14 на крупносортом стане 600. Установлен характер изменения толщины стенки и фланцев, ширины полок и глубины фланцев по длине профиля. Имеет место асимметрия в высоте всех четырех фланцев профиля. Повышение точности двутавровых балок возможно путем совершенствования конструкции кассеты с вертикальными неприводными валками, увеличения радиальной и осевой жесткости рабочей клетки, а также корректировки калибровки валков. Разработаны предложения по модернизации кассеты чистовых клетей стана 600. Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: прокатный стан, кассета с вертикальными валками, двутавровая балка, исследование точности профилей

There set the results of the complex investigating of accuracy of the rolling an I-beam no.14 at the heavy section rolling mill 600. The installed nature of the change the thickness of the wall and flange, widths regiment and depths flange on length of the profile. Exists the asymmetry in height all four flanges of the profile. Increasing to accuracy I-beam by possible by improvements to designs of the cassette from the vertical rolls are idle, increase radial and axial acerbity the workings stands, as well as adjustments the calibration of the rolls. The designed offer on modernizations of the cassette of the clean stands of the rolling mill 600.

Keywords: rolling mill, cassette with vertical rolls, I-beam, study to accuracy of the profiles

Повышение точности фасонных профилей проката, снижение материальных и энергетических затрат на его производство является одним из основных факторов повышения эффективности работы прокатных станов и обеспечения конкурентоспособности готовой продукции. Особенно остро эта проблема стоит при производстве двутавровых балок и швеллеров с параллельными полками на сортовых станах, в составе которых отсутствуют универсальные клетки. Прокатка профилей с параллельными гранями полок на таких станах осуществляется в клетях дуо или трио с применением кассет с неприводными вертикальными валками. В Украине по такой технологии производятся двутавровые балки на крупносортом стане ПАО «АМК» и ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ». Повышение точности профилей на этих станах достигается стабилизацией температурно-скоростного режима прокатки, рационализацией калибровок валков и режимов обжатий, более качественной механической обработкой рабочих валков, применением роликовой арматуры и др.

Проведенные нами исследования точности прокатки двутавровой балки № 20 на крупносортом стане 600 ПАО «АМК» [1] показали, что размеры фланцев по толщине в целом удовлетворяют требованиям стандарта, однако наблюдается большой разбег в размерах разных фланцев. Колебания средней толщины фланцев от номинального

размера носят рассогласованный по всем фланцам скачкообразный характер. Максимальная разница толщины стенки по длине готового профиля достигает 0,24 мм. Колебания средней толщины фланцев в 1,5-2,0 раза больше, чем стенки. Исследования точности прокатки двутавровых балок на стане 600 ПАО «АМК» были продолжены.

В настоящей статье изложены результаты исследования точности прокатки на стане 600 двутавровой балки № 14.

Перед авторами ставилась задача не только расширить сортамент исследуемых профилей, но и дополнить картину точности прокатки двутавровых балок недостающими данными по разноширинности фланцев (колебаниям общей ширины полки, высоты правых, левых, верхних и нижних фланцев), разнотолщинности стенки и фланцев, а также определить биение вертикальных валков.

Схема измерений размеров двутавровой балки приведена на рис. 1. Толщину стенки и фланцев измеряли цифровым индикаторным микрометром IP-54, погрешность измерений $\pm 0,001$ мм. Ширину полок измеряли электронным штангенциркулем фирмы «Mitutoyo» Corp (Япония) модели CDN-P30C (погрешность измерений $\pm 0,04$ мм). Глубину фланцев измеряли штангенциркулем с глубиномером, шкала деления 0,1 мм, допускаемая погрешность измерений $\pm 0,05$ мм.

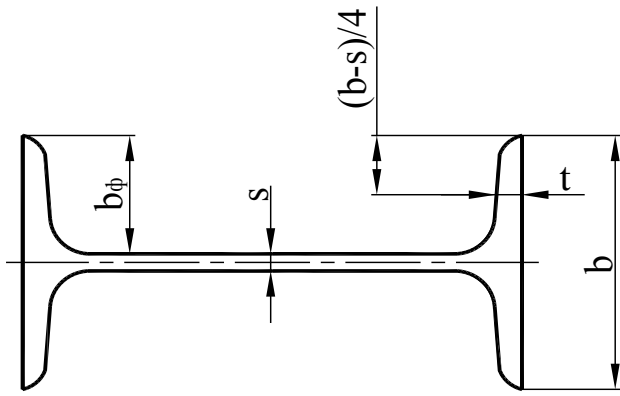


Рис. 1. Схема измерений размеров двутавровой балки

Толщина стенки s . Толщину стенки измеряли по всей длине раската через каждые 12 м (всего 6 точек замеров). После выхода из чистой клети раскат длиной 60 м разрезали на пилах горячей резки на мерные длины 12 м. Толщину стенки измеряли в начале и в конце каждой штанги длиной 12 м. Таким образом по длине раската получили 6 точек замеров толщины стенки. Толщина стенки изменялась в пределах от 4,43 до 4,56 мм. По ГОСТ 8239-89 [2] толщина стенки составляет 4,9 мм и ограничивается предельным отклонением по массе профиля. В эксперименте максимальная разница в толщине стенки по длине раската не превышала 0,13 мм (табл. 1). Характер изменения толщины стенки по длине раската приведен на рис. 2.



Рис. 2. Характер изменения толщины стенки по длине раската готового профиля двутавровой балки № 14

В результате статистической обработки данных по методике [3-5] было установлено, что колебания толщины стенки подчиняются нормальному закону распределения случайной величины. Достоверность нормального закона распределения рассматриваемой величины была оценена посредством проверки нормальности по критерию соответствия χ^2 («хи-квадрат»).

Толщина фланцев t . Толщину фланцев измеряли на всей длине раската протяженностью 60 м с шагом 1,0 м. В каждом исследуемом поперечном сечении профиля определяли одновременно толщину всех четырех фланцев в среднем сечении по высоте

фланца. Колебания средней толщины фланцев по длине раската показаны на рис. 3. Результаты статистической обработки измерений толщины каждого фланца в отдельности приведены в табл. 1.

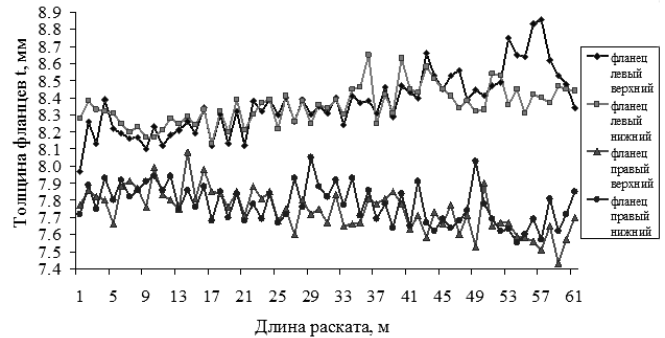


Рис. 3. Колебания средней толщины фланцев двутавровой балки № 14 (раскат длиной 60 м, шаг измерения 1,0 м)

Таблица 1. Результаты статистической обработки измерений толщины фланцев и стенки двутавровой балки № 14

Элемент		Выборочная средняя толщина, мм	Дисперсия, мм	Среднее квадратичное отклонение, мм	Разнотолщинность переднего и заднего концов, мм	Макс./ мин. значение толщины, мм	Максимальная разница толщины, мм	Отклонение от стандарта по толщине, мм
Фланец	левый верхний	8,37	0,0323	0,1797	0,37	8,86/7,97	0,89	(+1,36) ÷ (+0,47)
	левый нижний	8,35	0,0123	0,1110	0,16	8,65/8,13	0,52	(+1,15) ÷ (+0,63)
	правый верхний	7,75	0,0156	0,1250	0,07	8,08/7,43	0,65	(+0,58) ÷ (-0,07)
	правый нижний	7,77	0,0137	0,1169	0,13	8,05/7,55	0,50	(+0,55) ÷ (+0,05)
Стенка		4,52	0,0022	0,0465	0,02	4,56/4,43	0,13	(-0,34) ÷ (-0,47)

Установлено, что толщина фланцев двутавровой балки № 14 изменяется в довольно широких пределах от 7,43 до 8,86 мм. По ГОСТ 8239-89 данная величина составляет 7,5 мм. Максимальное отклонение от стандартного значения средней толщины фланцев составило 1,36 мм в сторону плюсового допу-

ска и 0,07 мм в минусовой допуск. В соответствии с ГОСТ 8239-89 допусковое значение предельного отклонения толщины фланцев ограничивается только в сторону минимального допуска. Для двутавровой балки № 14 обычной точности этот допуск составляет -0,7 мм, а для повышенной точности -0,4 мм.

Проведенное исследование показало, что на стане 600 двутавровую балку № 14 прокатывают в поле плюсового допуска, размеры фланцев по толщине удовлетворяют требованиям стандарта. Однако наблюдается значительная асимметрия профиля – толщина левых фланцев больше, чем правых. В начале раската разность в толщине этих фланцев составляет около 0,4 мм, а в конце раската она достигает 1,0 мм. Такой характер изменения толщины фланцев свидетельствует о неравномерности нагрева металла в проходной роликовой печи по длине и поперечному сечению двутаврового раската, а также о недостаточной жесткости кассеты с вертикальными валками и осевого крепления горизонтальных валков чистовых клетей стана 600.

В работе [6] с использованием метода конечных элементов и деформационной модели прочности металла осуществлено математическое моделирование напряженно-деформированного состояния кассеты с неприводными валками чистовой клетки 580. Установлено, что по прочностным характеристикам конструкция кассеты удовлетворяет условие прочности. Однако в реальных условиях работы прокатного стана жесткость конструкции кассеты в горизонтальной плоскости недостаточна, что приводит к разнотолщинности готового проката. Кассету требуется модернизировать.

С целью определения возможного биения вертикальных валков кассеты и получения точной картины изменения толщины фланцев за один оборот валков, шаг измерений уменьшили до 100 мм.

Измерения проводили на профиле длиной 3 м. Колебание толщины фланцев в этом эксперименте приведено на рис. 4.

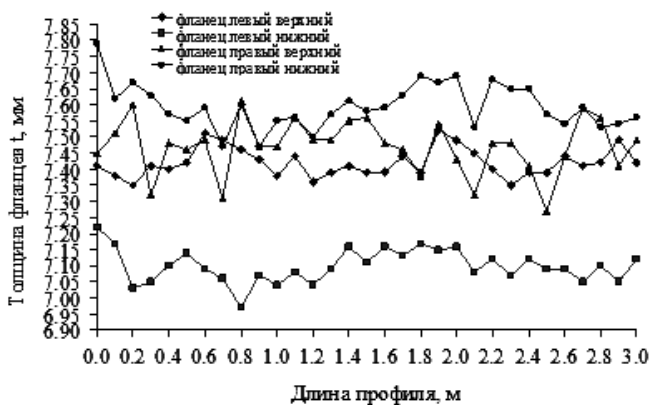


Рис. 4. Колебания средней толщины фланцев двутавровой балки № 14 (профиль длиной 3 м, шаг измерения 100 мм)

Анализ этого рисунка показывает на биение вертикальных валков. Колебание толщины фланцев с определенной степенью приближения можно описать синусоидой вида $y = \sin x$ с периодом 2π . Период колебания толщины фланцев соответствует одному обороту вертикальных валков. При диаметре валков 515 мм период колебания равен 1617 мм. В эксперименте амплитуда колебания для левого валка составляла $\pm 0,05$ мм, а для правого $\pm 0,075$ мм. Таким образом, изменение толщины фланцев по длине профиля вследствие биения валков для левого фланца равно 0,1 мм, для правого – 0,15 мм. Для повышения точности профиля необходимо свести к минимуму биение вертикальных валков.

Ширина полок b . Ширину полок измеряли по всей длине раската протяженностью 9 м с шагом 100 мм. В каждом исследуемом поперечном сечении профиля определяли одновременно ширину левой и правой полки. Установлено, что ширина левой полки изменялась от 73,4 до 74,1 мм (максимальная разница в размере 0,7 мм), а правой – от 73,4 до 74,5 мм (максимальная разница в размере 1,1 мм). По ГОСТ 8239-89 ширина полок составляет 73 мм. В данном эксперименте двутавровый профиль по ширине полок соответствует требованиям повышенной точности с допуском $\pm 2,0$ мм. Колебания ширины полок по длине раската приведены на рис. 5. Характер этих колебаний с определенной степенью приближения также можно описать синусоидой $y = \sin x$ с периодом 2π .



Рис. 5. Колебания ширины полок двутавровой балки № 14 (раскат длиной 9 м, шаг измерения 100 мм)

Здесь период колебания ширины полок соответствует одному обороту горизонтальных валков на участке стенки двутаврового калибра. Для чистового калибра двутавровой балки № 14 стана 600 катающий диаметр равен 730 мм. Период колебания ширины полок равен 2292 мм, а амплитуда колебания около $\pm 0,25$ мм. Более интенсивные колебания данного параметра наблюдаются на правой полке. Такой характер колебания ширины полок по длине профиля объясняется неравномерностью распределения металла по краю фланцев в контрольном калибре. В результате исследования определено, что колебание стенки составляет 0,13 мм, а толщины фланцев – 0,89 мм. В контрольном калибре колебание утолщения по краю фланцев имеет примерно такую же величину. При прокатке профиля в следу-

ющем универсальном калибре в связи с этим имеет место неравномерное уширение по краю фланца, что и приводит к колебанию высоты фланцев и полки в целом. Таким образом, на формоизменение металла влияет одновременно два фактора: неравномерный износ горизонтальных валков контрольного калибра и биение вертикальных валков. Результаты статистической обработки ширины полки профиля приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты статистической обработки ширины полки и глубины фланцев двутавровой балки № 14

Элемент	Выборочная средняя, мм	Дисперсия, мм	Среднее квадратичное отклонение, мм	Макс./ мин. значение размеров, мм	Максимальная разница размеров, мм	Отклонение от стандарта, мм	
							Ширина полки
Ширина полки	левая	73,75	0,0246	0,1568	74,1/73,4	0,7	(+1,10) ÷ (+0,38)
	правая	73,95	0,0408	0,2019	74,5/73,4	1,1	(+1,54) ÷ (+0,36)
Глубина фланца	левый верхний	34,7	0,0188	0,1370	34,8/34,5	0,3	-
	левый нижний	34,0	0,0111	0,1054	34,1/33,8	0,3	-
	правый верхний	35,1	0,0240	0,1549	35,4/34,9	0,5	-
	правый нижний	33,4	0,0183	0,1354	33,7/33,2	0,5	-

Глубина фланцев b_f . Глубину фланцев измеряли на профиле длиной 1,0 м с шагом 100 мм. Анализ результатов измерений (рис. 6) показал, что все четыре

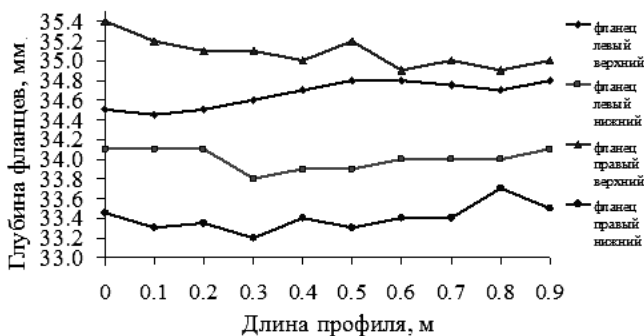


Рис. 6. Колебания глубины фланцев двутавровой балки № 14 (профиль длиной 1 м, шаг измерения 100 мм)

фланца имеют разную высоту. Профиль асимметричен относительно горизонтальной и вертикальной осей. Верхние фланцы больше нижних – разность высоты фланцев достигает 2,2 мм. Разность высоты левых и правых – до 0,6 мм. Такая асимметрия профиля свидетельствует о недостаточном обжатии металла по высоте в закрытых фланцах двухвалковых балочных калибров и в контрольных вспомогательных калибрах.

Для повышения точности профиля требуется корректировка калибровки валков, начиная с черновых фасонных калибров.

Выводы и предложения

Обобщая результаты данного исследования можно сделать следующие выводы.

Колебания толщины стенки и фланцев двутавровых балок № 14 носят рассогласованный скачкообразный характер. Изменение толщины стенки на длине готового профиля не превышает 0,13 мм, а толщины фланцев – 0,89 мм. Колебания толщины фланцев подчиняются синусоидальному закону, что свидетельствует о радиальном биении вертикальных валков. Ширина полок находится в пределах допусков соответствующих требованиям ГОСТ 8239-89 к профилям повышенной точности. Однако, несмотря на то, что максимальная разница в ширине правой и левой полок профиля не превышает 1,1 мм, имеет место достаточно большая асимметрия в высоте четырех фланцев профиля. Разность высоты фланцев достигает 2,2 мм. В реальных условиях работы стана 600 жесткость конструкции кассеты с неприводными вертикальными валками недостаточна.

Дальнейшее повышение точности двутавровых балок возможно путем совершенствования конструкции кассеты с вертикальными неприводными валками, увеличения радиальной и осевой жесткости рабочей клетки, а также корректировки калибровки валков.

В качестве первоочередных мероприятий по повышению точности прокатки двутавровых балок на стане 600 предложено усовершенствовать конструкцию кассеты:

- использовать в кассете плиты равной толщины;
- изменить форму поперечин плит, усилив боковыми приливами в зоне отверстия под цапфы эксцентриковых осей, что позволит увеличить жесткостную характеристику плит;
- в узле вертикальных валков осуществить замену двух сферических роликовых подшипников № 3530 на один конический двухрядный подшипник № 97530 с большими динамической грузоподъемностью (в 2,2 раза) и номинальной долговечностью (в 15,5 раза).

Подшипники жидкостного трения (ПЖТ) чистовых клеток 580 имеют упорный узел скольжения, надежность и жесткость которого недостаточна. Предлагается использовать в этом узле подшипники качения, что приведет к увеличению осевой жестко-

сти валкового узла. Кроме того, для повышения осевой жесткости горизонтальных клетей предлагается заменить рычажно-винтовой механизм осевой регулировки валков на гидравлический.

Реализация этих мероприятий позволит повысить долговечность подшипникового узла вследствие равномерного распределения усилия прокатки на все тела качения, уменьшить деформацию деталей кассеты и устранить перекосы осей валковых узлов, увеличить прочность и жесткость кассеты. В результате на стане 600 ПАО «АМК» повысится точность прокатки двутавровых балок.

Библиографический список

1. Шпаков В. А., Базарова Е. В., Чичкан А. А. Исследование разнотолщинности фланцевых профилей на крупносортном стане 600. // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». – М.: ОАО «Черметинформация», 2012. – Вып. 1 (1345). – С. 53-60.

2. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент: ГОСТ 8239-89: изд. офиц. – [Введ. 1990-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.

3. Лапач С. Н. Статистика в науке и бизнесе. / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич – К.: МОРИОН, 2002. – 640 с.

4. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

5. Румшицкий Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента: справочник. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

6. Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов кассет с неприводными вертикальными валками для чистовых клетей сортовых станов // В. С. Медведев, Е. В. Базарова, А. А. Чичкан, В. А. Шпаков // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2013. – № 43. – С. 169-179.

Поступила 24.01.2014



УДК 669.017:621.771:622.7.083.133

Оробцев А. Ю. /к. т. н./,

Хорошилов В. В.,

Долгопол А. В.

ПАО «Енакиевский металлургический завод»

Производство

Нефедьева Е. Е. /к. т. н./,

Левченко Г. В. /д. т. н./,

Воробей С. А. /д. т. н./

ИЧМ им. З. И. Некрасова НАН Украины

Освоение производства проката с винтовым профилем класса прочности А600 для анкерного крепления горных выработок

Приведены результаты опытно-промышленного опробования производства арматурного проката винтового профиля класса АШ600 для анкерного крепления горных выработок из непрерывнолитых заготовок в условиях ПАО «Енакиевский металлургический завод». Показана целесообразность повышения содержания кремния в базовой марке стали 30ГС. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр.: 4.

Ключевые слова: арматурный прокат винтового профиля, анкерное крепление горных выработок, механические свойства, структура

The results of pilot testing of the production of rebars screw profile class АШ500 anchoring mining of continuously cast billets in PJSC «Yenakieve Steel». The expediency of increasing the amount of silicon in the base steel grade 30ГС.

Keywords: rebars helical profile, anchor mines, mechanical properties, structure

Для различных видов крепления горных выработок целесообразно использовать анкерную крепь трех уровней несущей способности: обычный, повышенный и особо высокий, для которых рекомендуется применять прокат периодического профиля классов прочности А400, А500 и А600 соответственно [1]. В настоящее время на шахтах Украины наибольшее применение находит прокат класса А500. Однако перспективным является прокат класса А600.

Производство проката класса А500 освоено на

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (из слитков, разлитых в изложницы) [2] и ПАО «Енакиевский металлургический завод» (из непрерывнолитых заготовок) [3]. На ПАО «ЕМЗ» прокат класса А500 производится по техническим условиям ТУ У 27.3-23365425-661:2011 «Прокат винтового профиля класса АШ500 для анкерного крепления горных выработок». Прокат производится на стане 390 Макеевского филиала ПАО «ЕМЗ» из стали марки 30ГС с химическим составом, приведенным в табл. 1.