

УДК 621.771.26

Тубольцев А. Г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОМЕНТА ПРОКАТКИ ШВЕЛЛЕРА В УНИВЕРСАЛЬНОМ КАЛИБРЕ

Наиболее прогрессивным способом производства фланцевых профилей, в том числе и швеллеров, является их прокатка с использованием универсальных калибров. В таких калибрах сведено до минимума скольжение металла относительно валков, имеется возможность независимой регулировки обжатия по элементам профиля, что позволяет компенсировать износ валков и прокатывать профиля практически одинаковых геометрических размеров в течение всей кампании калибра, увеличить стойкость валков, улучшить качество и геометрию готового профиля, снизить энергосиловые параметры процесса по сравнению с двутавровыми калибрами.

Процесс прокатки швеллеров в универсальных калибрах относится к асимметричной прокатке. Вопросам распределения моментов между валками при асимметричной прокатке посвящен ряд работ [1–7], в которых теоретически и экспериментально рассмотрены вопросы распределения моментов между валками в зависимости от различных параметров процесса прокатки.

Вопросы об определении момента прокатки швеллера в универсальном калибре и распределении его между приводными горизонтальными валками в литературе не рассмотрены.

Целью работы является экспериментальное исследование момента прокатки и распределение его между приводными горизонтальными валками при прокатке швеллера в универсальном калибре.

Исследования проводились на полупромышленном стане 330 лаборатории прокатки кафедры ОМД Национальной металлургической академии Украины. Стан 330 имеет рабочую клетку и линию привода валков, состоящую из универсальных шпинделей, шестеренной клетки, муфт, электродвигателя и маховика. Станины рабочей клетки закрытого типа. Регулировка зазора между приводными горизонтальными валками производится при помощи нажимных винтов и клинового устройства. Привод валков осуществляется от электродвигателя постоянного тока мощностью 200 кВт с регулируемым числом оборотов от 0 до 120 оборотов в минуту.

Универсальный калибр, рис. 1, был образован с помощью кассеты с неприводными вертикальными валками конструкции ДМетИ, которой была дооборудована рабочая клетка стана 330. Регулировка зазора между неприводными вертикальными валками осуществлялась с помощью эксцентрикового нажимного устройства кассеты. Диаметр неприводных вертикальных валков был равен 250 мм.

Горизонтальные валки были выполнены составными, состоящими из оси и бандажа, образующего рабочую поверхность валка. Диаметр бандажей верхнего цилиндрического и нижнего ручьевого горизонтальных валков составлял 430 мм. Бандажи горизонтальных валков и вертикальные валки были изготовлены из стали 45.

Образцы длиной 370 мм изготавливались из недоката швеллера № 10 предчистовой клетки полунепрерывного стана 350 ДМК им. Дзержинского. Материал образцов – Ст 3сп. Размеры образцов составляли: высота стенки $h' = 101$ мм; толщина стенки $d = 5$ мм; ширина полки $b = 48$ мм; толщина фланца $t = 8$ мм. Нагрев стальных образцов осуществлялся в методической печи в муфелях с засыпкой коксика. Прокатка осуществлялась при температуре по стенке швеллера 900 °С, которая контролировалась фотоэлектрическим пирометром, установленным непосредственно у входа в калибр. Для уменьшения вторичного окалинообразования прокатанный образец охлаждался в баке с водой.

Для настройки заданных размеров калибра служили свинцовые образцы. Во время проведения экспериментов замерялось усилие металла на вертикальные валки с помощью

тензодатчиков, наклеенных на торцевую поверхность верхней платы кассеты. Усилие прокатки на приводные горизонтальные валки измеряли двумя мембранными месдозами, установленными под нажимные винты струнных торсиометров, помещенных на шпинделях.

Полный момент прокатки M швеллера в универсальном калибре и распределение его между нижним и верхним приводными горизонтальными валками определяли в зависимости от степени деформации стенки ε_c и фланцев ε_ϕ .

На рис. 2 приведена характерная осциллограмма моментов на верхнем M_v и нижнем M_n горизонтальных валках, усилия на горизонтальные (P_l, P_n) и вертикальные (Q_l, Q_n) валки. Для определения параметров процесса прокатки, при расшифровке осциллограмм, использовались участки соответствующие установившемуся процессу. В результате обработки осциллограмм и опытных данных построены графики зависимости момента прокатки на верхнем M_v и нижнем M_n горизонтальных валках и полного момента прокатки M в зависимости от степени деформации стенки ε_c и фланцев ε_ϕ .

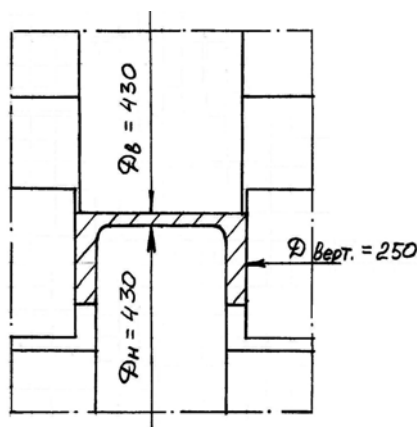


Рис. 1. Универсальный швеллерный калибр



Рис. 2. Типичная осциллограмма моментов и усилий прокатки

Увеличение степени деформации элементов профиля приводит к изменению соотношений площадей зон отставания и опережения, как по стенке, так и по фланцам. Изменение площадей зон отставания и опережения и определяет характер изменения моментов на приводных горизонтальных валках и полного момента прокатки в зависимости от степени деформации элементов швеллера.

На рис. 3 приведены зависимости полного момента прокатки M и моментов на верхнем M_v и нижнем M_n горизонтальных валках от степени деформации профиля (при $\varepsilon_c = \varepsilon_\phi$).

Как видно из графика, при прокатке швеллера в универсальном калибре с равными радиусами горизонтальных валков по стенке и равными их угловыми скоростями, момент прокатки неравномерно распределяется между приводными горизонтальными валками. Момент на верхнем горизонтальном валке больше, чем на нижнем, причем при небольших степенях деформации он становится отрицательным на нижнем горизонтальном валке, то есть нижний валок становится фрикционно-ведомым и работает как тормоз. Это может быть объяснено тем, что нижний валок обрабатывает два элемента профиля – стенку и фланцы, а суммарная площадь зоны опережения по фланцам и стенке может превышать суммарную площадь зоны отставания. С увеличением степени деформации возрастает активная площадь (зона отставания), изменяется соотношение между площадями зон отставания и опережения на валках и соотношение между равнодействующими силами касательных контактных напряжений в этих зонах, что приводит к увеличению моментов на верхнем и нижнем горизонтальных валках.

На рис. 4 представлен график зависимости отношения момента прокатки на верхнем и нижнем горизонтальных валках к полному моменту прокатки от степени деформации профиля. При малых и средних степенях деформации отношение момента на верхнем валке к полному

моменту прокатки в несколько раз больше отношения момента на нижнем валке к полному моменту прокатки, что указывает на значительную неравномерность распределения момента прокатки между приводными горизонтальными валками. По мере увеличения обжатия, отношение $M_в/M$ увеличивается и стремится к значению 0,5, т. е. к равномерному распределению момента прокатки между приводными горизонтальными валками.

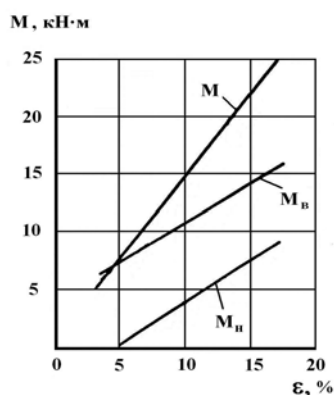


Рис. 3. Зависимость момента прокатки на верхнем ($M_в$), нижнем ($M_н$) горизонтальных валках и полного момента прокатки (M) от степени деформации швеллера № 10

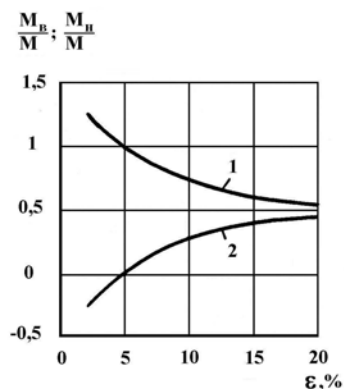


Рис. 4. Зависимость отношения момента прокатки на верхнем горизонтальном валке к полному моменту ($M_в/M$) и отношения момента прокатки на нижнем горизонтальном валке к полному моменту ($M_н/M$) от степени деформации швеллера

На рис. 5 приведены зависимости изменения моментов на верхнем и нижнем горизонтальных валках и полного момента прокатки при изменении степени деформации по стенке.

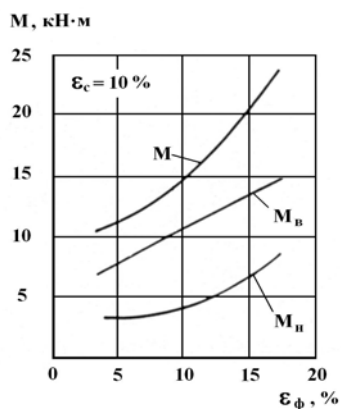


Рис. 5. Зависимость момента прокатки на верхнем ($M_в$), нижнем ($M_н$) горизонтальных валках и полного момента прокатки (M) швеллера № 10 от степени деформации фланцев $\varepsilon_φ$ (при $\varepsilon_c = \text{const}$)

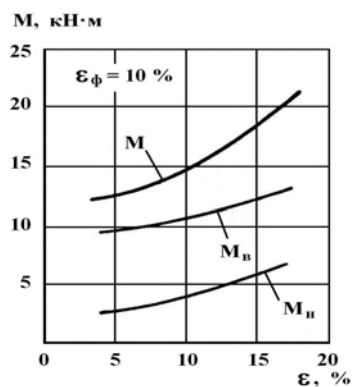


Рис. 6. Зависимость момента прокатки на верхнем ($M_в$), нижнем ($M_н$) горизонтальных валках и полного момента прокатки (M) швеллера № 10 от степени деформации стенки ε_c (при $\varepsilon_φ = \text{const}$)

С увеличением степени деформации по фланцам момент возрастает как на нижнем, так и на верхнем горизонтальных валках, причем на нижнем валке он увеличивает более интенсивно. Это объясняется тем, что с увеличением обжатия по фланцам, помимо уменьшения зоны опережения и увеличения зоны отставания по стенке, увеличивается площадь контакта металла фланца с нижним горизонтальным валком и зона отставания по фланцам и, следовательно, суммарная сила касательных контактных напряжений в зоне отставания на нижнем горизонтальном валке. Увеличение момента на верхнем горизонтальном валке происходит за счет уменьшения зоны опережения по стенке и увеличения суммарной силы касательных

контактных напряжений зоны отставания, необходимой для преодоления сопротивления деформации при перетекании металла из элемента в элемент профиля и для преодоления увеличивающегося сопротивления холостых валков.

На рис. 6 показаны зависимости изменения полного момента прокатки и моментов на верхнем и нижнем горизонтальных валках от степени деформации стенки ε_c при постоянной степени деформации по фланцам. С увеличением обжатия по стенке происходит почти одинаковое увеличение момента прокатки как на верхнем, так и на нижнем горизонтальных валках. Это можно объяснить одинаковым увеличением зоны отставания по верхнему и нижнему валкам.

ВЫВОДЫ

Экспериментально установлено, что при прокатке швеллера в универсальном калибре при равенстве горизонтальных валков момент прокатки неравномерно распределяется между ними и его распределение зависит как от степени деформации профиля, так и от соотношения деформаций по элементам швеллера.

При малых и средних степенях деформации швеллера, момент на горизонтальном валке, обрабатывающем стенку, в несколько раз больше момента на горизонтальном валке, обрабатывающем стенку и фланцы. С увеличением степени деформации швеллера неравномерность распределения моментов между приводными горизонтальными валками уменьшается.

С увеличением степени деформации по фланцам момент прокатки на горизонтальном валке, обрабатывающем стенку и фланцы, возрастает интенсивней, чем на горизонтальном валке, обрабатывающем стенку, а неравномерность распределения моментов уменьшается.

С увеличением степени деформации по стенке момент прокатки на приводных горизонтальных валках возрастает почти равномерно.

При малых степенях деформации швеллера в универсальном калибре или при степени деформации по стенке меньшей, чем по фланцам, момент прокатки на горизонтальном валке, обрабатывающем стенку и фланцы, может стать отрицательным, то есть валок становится фрикционно-ведомым и работает как тормоз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выдрин В. Н. Динамика прокатных станов / В. Н. Выдрин. – Свердловск. : Металлургиздат, 1960. – 255 с.
2. Чекмарев А. П. Теория продольной прокатки / А. П. Чекмарев, А. А. Нефедов, В. А. Николаев. – Харьков : Вища школа, Изд-во Харьк. ун-та, 1965. – 212 с.
3. Никитин А. А. Распределение мощности в механизме прокатного стана при численном неравенстве скоростей его валков / А. А. Никитин // Вестник машиностроения. – 1954. – № 6. – С. 18–23.
4. Целиков А. А. О распределении крутящих моментов между валками прокатного стана / А. А. Целиков // Вестник машиностроения. – 1954. – № 6. – С. 23–24.
5. К теории асимметричной прокатки толстых раскатов в гладких валках (сообщение I) / В. П. Корж, Э. Д. Корж, И. Я. Тарновский, С. Л. Коцарь // Известия вузов. Черная металлургия. – 1968. – № 7. – С. 68–72.
6. К теории асимметричной прокатки толстых раскатов в гладких валках (сообщение II) / В. П. Корж, Э. Д. Корж, И. Я. Тарновский, С. Л. Коцарь // Известия вузов. Черная металлургия. – 1968. – № 11. – С. 81–86.
7. Потураев В. Н. Экспериментальное определение нагрузок при прокатке / В. Н. Потураев // Сталь. – 1957. – № 5. – С. 438–440.

Тубольцев А. Г. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: danform@a-teleport.com