

УДК 621.771

Медведев В. С.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОКАТКИ ФЛАНЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ

К фланцевым профилям относятся двутавровые, рельсовые, швеллерные и другие сложные фасонные профили, имеющие стенку постоянной или переменной толщины и полки (фланцы). Прокатка фланцевых профилей мелких и средних размеров производится в двухвалковых калибрах, состоящих из одного или двух базовых элементов – углового и пластового таврового [1]. Основные физические закономерности течения металла во фланцевых калибрах с угловыми и пластовыми тавровыми элементами, а также влияние основных технологических факторов (геометрических и деформационных) на формоизменение экспериментально исследованы в работах [2, 3]. Для получения профилей с высокими фланцами традиционными способами прокатки и калибровки [4–6] требуется достаточно большое число фасонных калибров и высокие исходные заготовки. В зависимости от размеров профилей обычно применяют от 7 до 15 фасонных калибров, при этом высоту исходных заготовок выбирают равной 1,9–2,2 от высоты готового профиля. Однако применение большого числа фасонных калибров и высоких исходных заготовок приводит к неоправданному увеличению материальных затрат на сортовых станах. Повышается расход металла, прокатных валков, газа и электроэнергии. Увеличиваются простои при настройке стана на профиль, переходах с калибра на калибр и перевалках валков и др. В результате повышается себестоимость готовой продукции. Особенно большие материальные затраты имеют место при производстве профилей малотоннажными партиями, когда все затраты на освоение и текущее производство относятся на небольшой объем прокатной продукции.

Целью работы является повышение эффективности производства фланцевых профилей путем применения нового способа прокатки и калибровки с использованием двухгребневых калибров [7].

Для оценки эффективности этого способа на стане 250 был проведен специальный эксперимент по прокатке корытного профиля шириной 60 мм, толщиной стенки 5 мм и фланцев 6 мм с использованием трех способов прокатки: первый – в одногребневых калибрах по традиционной технологии; второй – в двухгребневых калибрах с глубокой разрезкой исходной заготовки двумя острыми гребнями в первом фасонном калибре и последующей равномерной высотной деформацией по ширине стенки; третий – в двухгребневых калибрах с глубокой разрезкой исходной заготовки двумя острыми гребнями в первом фасонном калибре и последующими локальными обжатиями стенки в узких очагах деформации (рис. 1). Профили прокатывали с соблюдением одинаковых температурно-скоростных режимов деформирования металла. Отличие состояло лишь в калибровке валков. Изменяли только форму ручья нижнего валка, определяющую характер деформации металла по стенке.

В эксперименте была поставлена задача – кроме оценки эффективности нового способа прокатки в двухгребневых калибрах, найти наиболее рациональные условия деформации металла, при которых можно получить максимально возможную высоту фланцев из исходных заготовок минимальной высоты. При уменьшении высоты исходной заготовки сокращается суммарная вытяжка металла и число фасонных калибров.

Размеры исходных заготовок 20 × 56 мм, материал Ст3. Нагрев заготовок производился в электропечи. Температура металла в начале прокатки составляла 1160 °С, в конце 1050 °С. Скорость прокатки 2 м/с. Формоизменение металла определяли путем замеров теплов. Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1.

По первому способу (рис. 1, а) корытный профиль прокатывали в одногребневых калибрах с прямой стенкой. Ручей верхнего валка закрытый, а нижнего открытый. Фланцы

профиля формируются за счет внедрения в металл тупого гребня нижнего вала шириной от 44,2 до 48,2 мм. Обжатие по ширине стенки равномерное. Коэффициенты высотной деформации стенки η_d изменяются от 1,554 в разрезном калибре до 1,196 в чистовом.

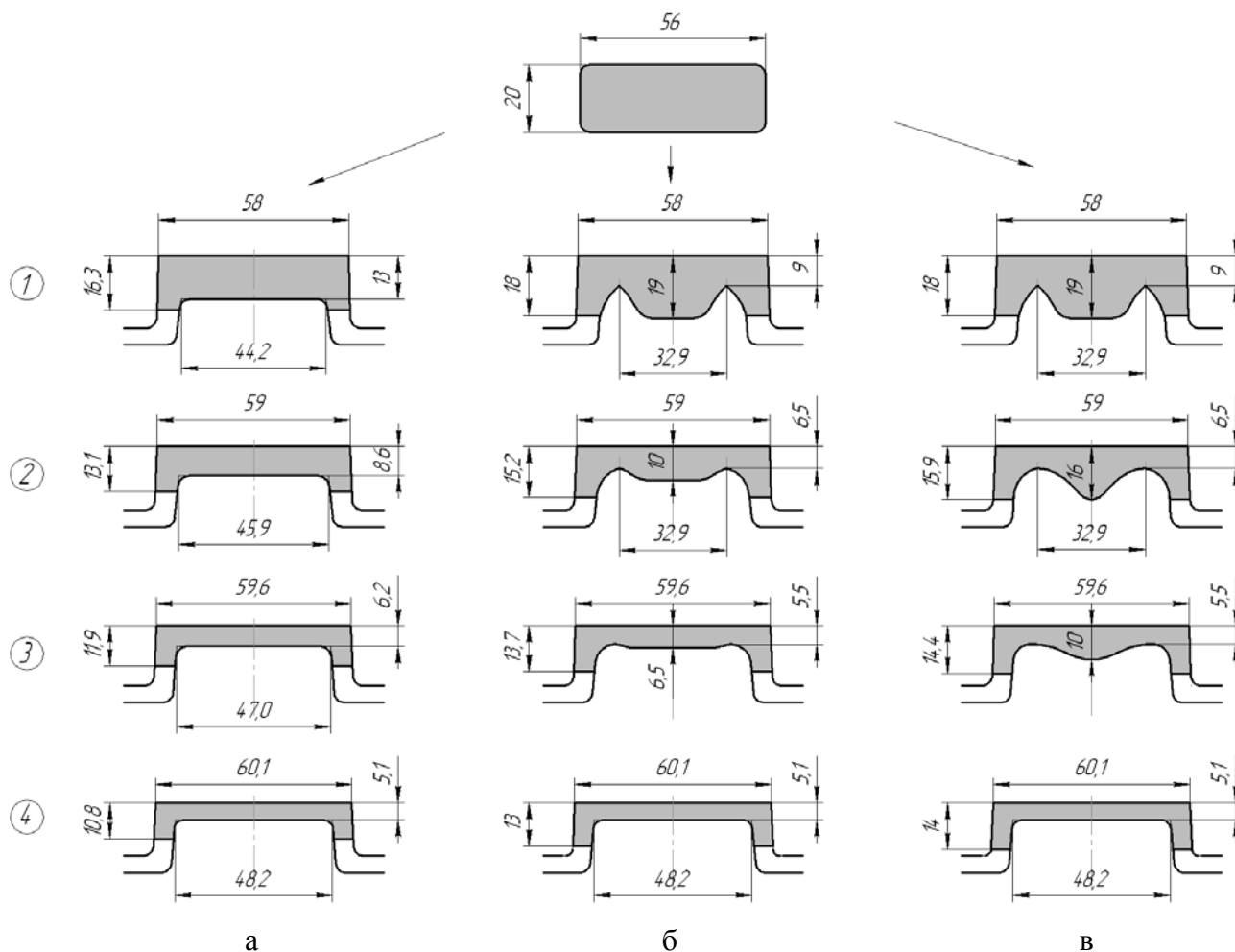


Рис. 1. Способы прокатки и калибровки корытных профилей:

а – в одногребневых калибрах с равномерной высотной деформацией по ширине стенки; б – в двухгребневых калибрах с глубокой разрезкой исходной заготовки двумя острыми гребнями в первом фасонном калибре и последующей равномерной высотной деформацией по ширине стенки; в – в двухгребневых калибрах с глубокой разрезкой исходной заготовки двумя острыми гребнями в первом фасонном калибре и последующими локальными обжатиями стенки в узких очагах деформации

В разрезном калибре 1 общая высота профиля H , равная высоте фланца h плюс толщина стенки d , составила 16,3 мм, а высота фланцев $h = 3,3$ мм. Большая утяжка общей высоты профиля и формирование фланцев столь малой высоты обусловлено значительной общей вытяжкой профиля – коэффициент вытяжки $\mu = 1,408$. При обжатии широкой стенки вытяжка металла на участке активного обжатия значительно превышает вытяжку фланца и переходного участка. Результатом взаимодействия этих вытяжек является уменьшение приращения фланца. Росту высоты фланцев препятствует также тупой гребень нижнего вала, который оказывает осаживающее действие на металл и уменьшает его течение в направлении от основания к концу фланца. По мере уменьшения ширины стенки различие между вытяжками уменьшается и приращение фланца должно возрастать. Уширение в определенной степени компенсирует утяжку высоты профиля H . С увеличением отношения

h/t абсолютное приращение высоты фланцев возрастает. Физический смысл этого явления заключается в том, что обжимаемые в меньшей степени фланцы играют роль жестких концов и при большей их высоте более заметно сдерживают вытяжку металла на участке более активно обжимаемой стенки.

В калибрах 2–4 общая высота профиля H постепенно уменьшается с 16,3 до 10,8 мм, а высота фланцев h , наоборот, возрастает с 3,3 до 5,7 мм. Высота заготовки в 1,87 раза превысила общую высоту профиля. Следует отметить, что утяжка общей высоты профиля весьма существенная – 9,4 мм, а суммарное приращение высоты фланцев небольшое – 2,4 мм, поэтому прокатка фланцевых профилей с широкой стенкой данным способом малоэффективна. Вследствие большой высотной утяжки профиля и получения низких фланцев необходимо применять исходные заготовки повышенной высоты, а это в конечном итоге приводит увеличению числа фасонных калибров.

Таблица 1

Результаты прокатки корытного профиля 60×14 мм на стане 250 по трем вариантам калибровки

Вариант	Номер калибра	Высота профиля, H , мм	Высота фланца, h , мм	Толщина фланца, t , мм	Утяжка высоты профиля ΔH , мм	Площадь профиля, F , мм ²	Коэфф. вытяжки, μ
а	Заготовка $20,2 \times 56,2$ мм						
	1	16,3	3,3	7,4	3,9	806	1,408
	2	13,1	4,5	6,9	3,2	581	1,387
	3	11,9	5,7	6,3	1,2	442	1,316
	4	10,8	5,7	6,0	1,1	379	1,166
б	Заготовка $20,1 \times 56,3$ мм						
	1	18,0	9,0	9,0	2,1	938	1,206
	2	15,2	8,7	7,7	2,8	619	1,515
	3	13,7	8,2	6,6	1,5	478	1,295
	4	13,0	7,9	6,0	0,7	405	1,180
в	Заготовка $20,1 \times 56,1$ мм						
	1	18,0	9,0	9,0	2,1	938	1,202
	2	15,9	9,4	7,0	2,1	660	1,421
	3	14,4	8,9	6,3	1,5	529	1,248
	4	14,0	8,9	6,0	0,4	417	1,269

По второму способу (рис. 1, б) корытный профиль прокатывали в двухгребневых фланцевых калибрах. Исходную заготовку в первом фасонном калибре разрезали у основания фланцев двумя тонкими и острыми гребнями до получения фланцевого раската с утолщенной средней частью стенки. Высота и ширина разрезающих гребней составляет 10 и 12 мм соответственно. Расстояние между гребнями 32,9 мм. В следующих трех калибрах утолщенную часть стенки обжимали до толщины готового профиля с равномерным (по ширине стенки) обжатием. Коэффициент высотной деформации стенки η_d в разрезном калибре принят равным 1,063, что значительно меньше, чем в описанном выше способе. Коэффициент вытяжки $\mu = 1,206$. Вытяжка металла на участке стенки существенно уменьшается.

Сравнение результатов прокатки по первому и второму способам показало принципиальные отличия в характере формоизменения металла. Острые гребни оказывают меньшее

осаживающее действие на металл, чем тупые. Продольному течению металла в разрезном калибре препятствует массивная стенка, поэтому смещаемый узкими гребнями металл в большей степени течет в поперечном направлении (в сторону свободных поверхностей), уменьшая утяжку общей высоты H . В разрезном калибре сразу же формируется раскат с высокими фланцами.

Если при прокатке профиля традиционным способом высота фланца постепенно увеличивается с 3,3 до 5,7 мм, то по второму, наоборот, уменьшается с 9,0 до 7,9 мм.

Второй способ прокатки обеспечивает меньшую утяжку общей высоты профиля и получение более высоких фланцев. При прокатке заготовки высотой $H_{заг} = 20,1$ мм получили профиль с общей высотой $H = 13,0$ мм и высотой фланцев $h = 7,9$ мм. Высота заготовки в 1,55 раза превышает общую высоту профиля. Утяжка высоты профиля составила 7,1 мм. Этот способ прокатки с точки зрения получения профилей с высокими фланцами более эффективный, чем первый.

По третьему способу (рис. 1, в) корытный профиль также прокатывали в двухгребневых фланцевых калибрах. Конструкция разрезного калибра и характер деформации такие же, как и в предыдущем варианте. Отличие от второго способа состояло лишь в характере деформации стенки профиля в калибрах, следующих за разрезным. Для уменьшения утяжки фланцев в калибрах 2–4 утолщенную часть стенки устраняли симметричными двухсторонними обжатиями в направлении от оснований фланцев к середине стенки с применением узких локальных очагов деформации (рис. 2).

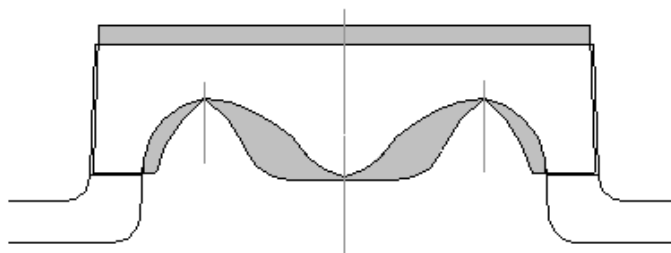


Рис. 2. Схема обжатия металла в двухгребневом калибре с использованием узких локальных очагов деформаций

Из практики известно, что узкая полоса уширяется в большей степени, чем широкая. Применение узких локальных очагов деформации создает дополнительный эффект вынужденного уширения металла в сторону свободных поверхностей. Поэтому в данном способе в калибрах 2–4 была достигнута минимальная утяжка фланцев. При прокатке заготовки высотой $H_{заг} = 20,1$ мм получили профиль с общей высотой $H = 14,0$ мм и высотой фланцев $h = 8,9$ мм. Высота заготовки в 1,44 раза превышает общую высоту профиля. Утяжка высоты профиля составила 6,1 мм, что в 1,54 раза меньше, чем при прокатке традиционным способом.

Для выбора высоты $H_{заг}$ исходных заготовок при прокатке фланцевых профилей с широкой стенкой третьим способом рекомендуется использовать формулу:

$$H_{заг} = 1,44(h + \Delta h + d), \quad (1)$$

где h – высота фланца готового профиля;

Δh – суммарное обжатие по высоте фланцев в контрольных калибрах;

d – толщина стенки готового профиля.

Во избежание образования закатов при обжатии утолщения стенки в чистовых калибрах высота утолщения не должна быть больше его ширины. Высота сформированных в первом разрезном калибре фланцев больше, чем на готовом профиле, на величину их суммарной утяжки во всех следующих калибрах. Для сведения к минимуму осаживающего действия валков на фланцы коэффициенты деформации назначают минимальными – в пределах от 1,04 до 1,28 в зависимости от толщины фланцев и степени деформации стенки – основных факторов, влияющих на высотную и поперечную утяжку.

Представленный на рис. 1, в способ прокатки с точки зрения получения профилей с высокими фланцами – самый эффективный. Он может быть реализован преимущественно при прокатке фланцевых профилей с широкой стенкой.

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать вывод, что новый способ прокатки фланцевых профилей в двухгребневых калибрах с глубокой разрезкой исходной заготовки двумя острыми гребнями в первом фасонном калибре и последующими локальными обжатиями стенки в узких очагах деформации с точки зрения получения профилей с высокими фланцами – самый эффективный. Этот способ позволяет получить максимально возможную высоту фланцев из исходных заготовок минимальной высоты и сократить при этом число фасонных калибров. Результаты исследований рекомендуется использовать при разработке калибровок валков и технологии прокатки фланцевых профилей с широкой стенкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев В. С. Системный подход к вопросу автоматизированного проектирования калибровок валков для прокатки сложных фасонных профилей / В. С. Медведев // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – № 3. – С. 41–46.
2. Медведев В. С. Экспериментальное исследование течения металла в угловых элементах фасонных калибров / В. С. Медведев // *Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. пр. ПДТУ*. – Вип. № 10. – Маріуполь, 2008. – С. 104–109.
3. Медведев В. С. Экспериментальное исследование течения металла в пластовых тавровых элементах фасонных калибров / В. С. Медведев // *Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: зб. наук. пр.* – Луганськ : Вид-во СНУ ім. Даля. – 2008. – С. 64–71.
4. Справочник калибровщика / [Гетманец В. В., Тильга С. С., Кузьменко А. Г., Романченко В. А.]. – Кривой Рог : Минерал, 1995. – 344 с.
5. Илюкович Б. М. Прокатка и калибровка : справочник / Б. М. Илюкович, В. П. Капелюшный, Н. Е. Нехаев. – Днепропетровск : РВА «Дніпро-ВАЛ». – Т. 5. – 2004. – 481 с.
6. Илюкович Б. М. Прокатка и калибровка : справочник / Б. М. Илюкович. – Днепропетровск : РВА «Дніпро-ВАЛ». – Т. 6. – 2004. – 824 с.
7. Пат. 39993 Україна, МПК В 21В 1/08. Спосіб прокатки фланцевих профілів / Медведев В. С. ; заявник і володілець Український державний науково-технічний центр з технології та обладнання, обробки металів, захисту навколишнього середовища та використання вторинних ресурсів для металургії та машинобудування «Енергосталь». – и 2008 10974 ; заявл. 08.09.08 ; опубл. 25.03.09, Бюл. № 6.

Медведев В. С. – д-р техн. наук УкрГНТЦ «Энергосталь».

УкрГНТЦ «Энергосталь» – Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь», г. Харьков.

E-mail: niimet@energostal.org.ua