

УДК 629.73.002.2

АНАЛИЗ СХЕМ И ФАКТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТОЛИСТОВЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ В РОЛИКАХ

© 2011 М.В. Савин¹, П.М. Попов¹, С.Б. Марьин²

¹ Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

² Комсомольский-на-Амуре Государственный технический университет

Поступила в редакцию 12.05.2011

В статье авторы выполняют анализ различных схем и факторов формообразования профилей, основываясь на требованиях обеспечения высокого их качества и эффективности производства. Рассматривают различные конфигурации простых профилей швеллерного типа, симметричного равнополочного и U-образного профиля, со ступенчатой стенкой, многоэлементной, корытообразные и несимметричные. Проводят анализ способов реализации технологических процессов по формообразованию профилей в калибре с бульбообразным утолщением, С-образные профили, коробчатые и рассматривают зависимость продольной логарифмической деформации полки, от режимов ее подгибки, а также распределение продольной деформации по ширине кромковой волнистости.

Ключевые слова: технологические процессы, гнутолистовые тонкостенные профили, формообразование, продольная деформация, кромковая волнистость.

При выборе положения профиля в роликах на практике стремятся расположить профиль большим размером вдоль осей роликов, обеспечивая тем самым минимальную глубину вреза в валки и оптимальные параметры процесса формовки.

Выбор же схем формообразования профиля определяет эффективность технологического решения и основывается на требовании обеспечения высокого качества профилей и высокой экономической эффективностью. Схема формообразования профиля определяет, прежде всего, конфигурацию роликовых калибров по переходам и является одним из важнейших факторов технологического процесса профилирования. Профили различных типоразмеров изготавливают по различным схемам в зависимости от наличия и вида покрытия, с учетом жесткости элементов на полках профиля (рис. 1).

Далее, выполним анализ технологии и схем формообразования профилей в порядке их возрастания по сложности. Рассмотрим, прежде всего, несимметричные уголкового профиля, которые формируют по схемам, предусматривающим подгибку меньшей полки в роликах основных переходов или в промежуточных вертикальных клетях. Схема интенсивного формаобразования неравнополочных уголков с уменьшением числа переходов, радиуса зоны сгиба и предотв-

Савин Максим Валерьевич, старший преподаватель кафедры «Самолетостроение».

Попов Петр Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Самолетостроение».

E-mail: ptporov2008@rambler.ru.

Марьин Сергей Борисович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: office@knastu.ru.

ращающая винтообразное скручивание, предусматривает изгиб заготовки на первом переходе с радиусом R , который определяют по формуле:

$$\sin \left[\frac{B_3}{2 * R} \right] = \frac{\sqrt{b_1^2 + b_2^2}}{2 * R}, \quad (1)$$

где b_1, b_2 – ширина полок готового профиля, мм; B_3 – ширина заготовки, мм. Затем криволинейные участки полок подгибают на углы, отношение которых обратно пропорционально отношению длин подгибаемых полок, и производят окончательную осадку криволинейных полок с обеспечением их торцевого поджатия за счет избытка ширины заготовки.

Уголки повышенной жесткости производят методом формования швеллерного профиля по технологии стесненного изгиба, с последующей разрезкой готового профиля по продольному сечению дисковыми ножницами в цикле окончательного перехода, затем производят правку этих двух заготовок в *правильном* устройстве, установленном за модулем разрезки и др. При изготовлении уголков из малопластичных материалов, применяют схему, в которой заготовке придают прогиб в межклетьевом пространстве, вертикальными ролика-



Рис. 1. Профиль с элементами жесткости фирмы «Кнауф»

ми, во избежание трещин. В производстве уголко-вых профилей из материалов без покрытий с умеренной шириной полок технологических проблем практически не возникает.

Профили же швеллерного типа изготавливают преимущественно по схемам формообразования, которые ориентированны на меньшее число переходов, с целью предотвращения кромковой волнистости и продольного прогиба профиля, а также обеспечения характеристик точности поперечного сечения профиля (рис. 2).

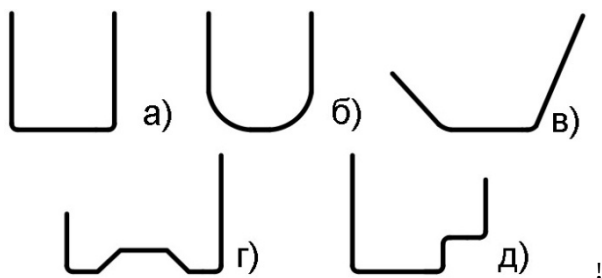


Рис. 2. Конфигурации простых профилей швеллерного типа

Симметричные равнополочные профили (рис. 2), с соотношением ширины дна и полки не более двух, изготавливают по схеме стесненного изгиба методом осадки заготовки с большими радиусами зон сгиба в цикле окончательного перехода до получения их требуемых значений (рис. 3).

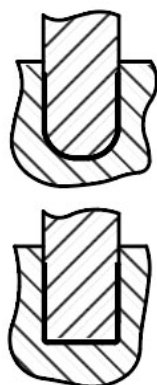


Рис. 3. Схема формообразования симметричного равнополочного профиля

Углы подгибки по переходам до получения заготовки с вертикальными полками определяют в соответствии с формулой:

$$\alpha_k = \arcsin \left\{ \frac{1}{2} \left[\sin \left(\frac{k * \alpha}{N} \right) + \frac{k}{N} * \sin \alpha \right] \right\}, \quad (2)$$

где k – номер текущего перехода; α – суммарный угол подгибки, град; N – число переходов.

Швеллерные профили типа желобов (см. рис. 2) изготавливают по методике и технологии стесненного изгиба, если прямолинейные участки не превышают 30-35 толщин заготовки. В этом же диапазоне работает и схема, в которой, с целью повышения точности сечения, совмещают подгибку полок с разгибкой локальных участков донной части профиля (см. рис. 2).

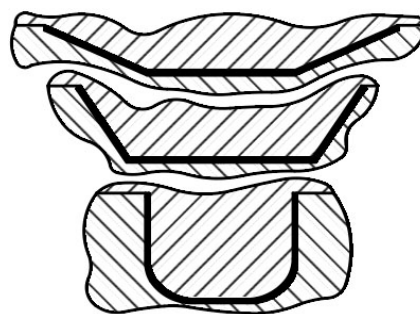


Рис. 4. Схема формообразования U – образного профиля

Кромковая волнистость чаще всего возникает при изготовлении неравнополочных швеллеров, что связано с различием приобретаемых деформаций полок (рис. 2в). Процесс формообразования сопровождается также и продольным прогибом с винтообразным скручиванием профиля. Имеется ряд схем формообразования для предотвращения скручивания (рис. 5).

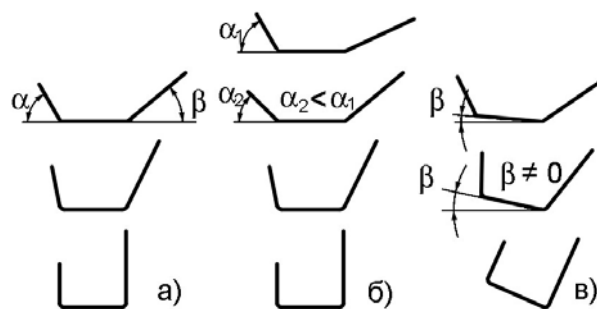


Рис. 5. Схемы формообразования, предотвращающие крутку несимметричных профилей: а – подгибкой на различные углы; б – комбинацией подгибки и разгибки; в – поворотом сечения профиля относительно оси профилирования

Широкополочные профили с узким дном при значительном повороте сечения имеют, как замечено, искривленные полки, заусенцы и зажимы у торцов. Продольное скручивание профиля на практике устраняют поворотом сечения неравнополочного профиля перед «чистовым» переходом – в сторону большей полки на угол γ ,

то есть:

$$\gamma = \varphi * (3 - 4)^0, \quad (3)$$

где φ – угол продольного скручивания при $\gamma = 0$, град/м.

Процесс изготовления *швеллерных профилей с элементами жесткости*, типа продольных рифтов в донной части, отличается от процесса формообразования швеллеров с гладким дном – режимами подгибки полок (см. рис. 2г). На практике имеется и схема формообразования равнополочного профиля с гофрами жесткости, предназначенная для исключения трещинообразования у основания гофр и предупреждения волнистости подгибаемых полок (рис. 6). Здесь формование гофров осуществляют в предчистовом переходе с радиусом у основания гофра на 20-30% меньше, чем конечный радиус изгиба. Профиль при освобождении подогнутых элементов от зажатия валками, в чистовом переходе освобождают от зажатия гофры.

Профили *швеллерного типа со ступенчатой стенкой* формуют обычно при горизонтальном расположении дна профиля (см. рис. 2, 7).

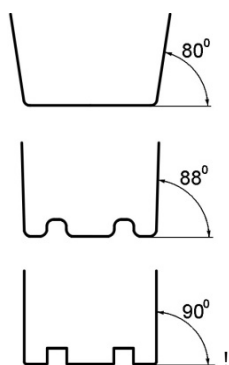


Рис. 6. Схема формовки гофр на швеллерном профиле

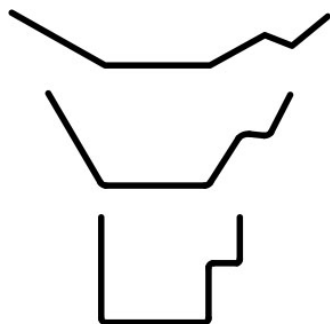


Рис. 7. Схема формообразования профиля со ступенчатой стенкой

Продольный прогиб не превышает 0,8 мм/м, а скрутка – 0,5 градуса. Профили с толщиной стенок менее 1 мм, изготавливаемые, за

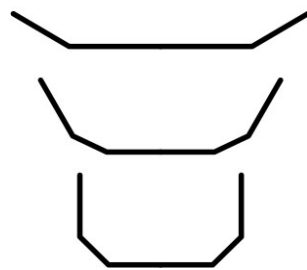


Рис. 8. Схема формообразования профиля с многоэлементной стенкой

большее количество переходов при встречной подгибке полок по данному способу, согласно анализа технологии в НИИТ подвержены кромковой волнистости при соотношении ширины прямой полки и ее толщины как 35:1 (рис. 8). Аналогичными недостатками обладает способ, в котором сочетается подгибка полок и перегиб элементов стенки (рис. 8) [1]. По этому способу изготовление профиля лотка размером 100x80x30x2 мм из стали Ст3 требует семи технологических переходов для предупреждения смятия кромок профиля.

Следует отметить технологическое решение, по которому, с целью сокращения числа переходов, подгибку крайних элементов ведут на углы, приводящие к потере устойчивости этих элементов в продольном направлении, а последующую гибку проводят с обжатием по толщине [2]. Такая схема формообразования применима для профилей с толщиной стенки 1-2 мм.

Далее выполним анализ технологии и схем формообразования основных типов профилей корытного типа, формуемых по различным схемам (рис. 9). Профили небольших габаритов при ширине дна не более двух высот профиля, изготавливаются методом стесненного изгиба, что при широких горизонтальных полках изготовления профиля за три - четыре перехода, возникает кромковая волнистость. На некоторых профилях с широкими боковыми полками наблюдается их неплоскостность до 0,4 - 0,7 мм.

При изготовлении симметричных профилей кромковая волнистость и продольный изгиб устраняются за счет равномерного распределения деформаций заготовки по переходам, путем смещения кромок заготовки в вертикальной плоскости на расстояние, определяемое по формуле:



Рис. 9. Основные типы профилей корытного типа

$$h_k = (b / 2) * [\sin (\alpha_k / N) + (k / N) * \sin \alpha_k], (4)$$

где h_k – высота подъема кромки на переходе k , мм; b – ширина полки, мм; α_k – суммарный угол подгибки, град; N – общее число переходов.

В производстве *гну́тых профилей* для предотвращения утонения в местах изгиба, профиль формуют на предварительных переходах до швеллерного профиля с завышенной шириной донной части, а затем отгибают горизонтальные полки с одновременным сжатием боковых полок до получения профилем окончательных размеров (рис. 10). Способ реализуется в 13 технологических переходах и позволяет уменьшить утонение с 13 - 15 % до 2,2 - 3,7 %, при этом продольный прогиб не превышает 0,1 % (6 мм на 6 метров длины), а кромочная волнистость - 0,7 - 0,9 мм/м.

Способ изготовления *гнутого корытообразного* профиля предусматривается приложение нормальных усилий к участкам вертикальных полок вблизи зоны сгиба после чистового перехода, а на предварительных переходах центруется заготовка горизонтальными усилиями с последующим обжатием дна профиля с целью улучшения его геометрии (рис. 11).

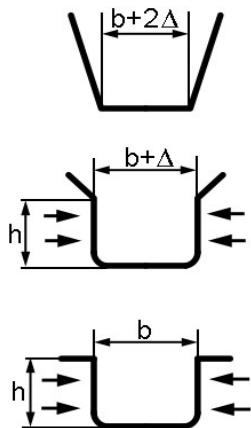


Рис. 10. Схема формообразования

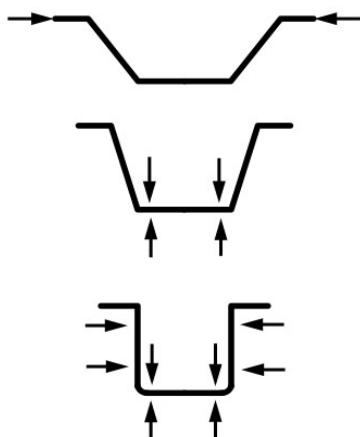


Рис. 11. Схема формообразования корытного профиля



Рис. 12. Схема формообразования профилей

В способе изготовления *гну́тых профилей*, с целью уменьшения числа переходов на 15 - 20 %, повышения качества поверхности и расширения сортамента, в последних переходах боковые элементы подгибаются на 17-35° по отношению к стенке, при суммарном угле подгибки 87-89° (рис. 12).

Расширение технологических возможностей за счет приложения к торцам заготовки нормального усилия, а к центральной ее части - радиального усилия при высвобождении боковых элементов (рис. 13) достигается применением способа, предназначенного для изготовления корытообразных профилей толщиной 0,5...0,8 мм, преимущественно из материалов цветных сплавов. Изготовление профилей без нарушений целостности покрытий достигается за счет увеличения площади контакта заготовки и инструмента [3] с уменьшением ширины мест изгиба по переходам в соответствии с формулой:

$$b_k = b_n * (\eta - [(\eta - 1) * (k - 1)] / (N - 1)), (5)$$

где b_k, b_n – ширина места изгиба в текущем и в окончательном переходе соответственно, мм; η – коэффициент увеличения ширины; k – номер текущего перехода; N – число технологических переходов.

При изготовлении профилей с *выпуклым дном и высотой*, превышающей ширину более чем в два раза, углы подгибки по переходам берут равными, горизонтальные полки оставляют во всех переходах на одном уровне, а выпуклую часть опускают в каждом из переходов [4]. Данная схема (рис. 14) позволяет предотвратить кромочную волнистость за счет устранения перемещения периферийных элементов по вертикали и реализуется за шесть переходов.

Производство несимметричных профилей связано с предотвращением скручивания, кромочной волнистости и продольного прогиба. В этом случае приходится назначать различные

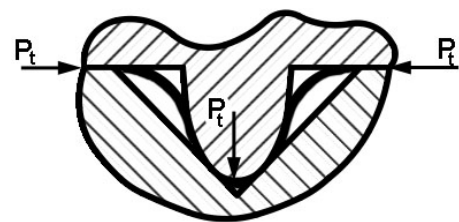


Рис. 13. Схема формообразования тонкостенных профилей

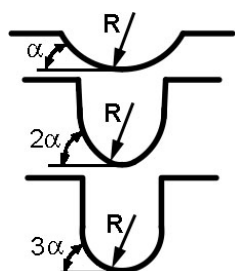


Рис. 14. Схема формообразования профиля

углы подгибки полок и применять межклетьевые проводки, обеспечивая равенство активных зон для обеих полок (рис. 15). Одностороннее поджатие вертикальными роликами может приводить к серповидности профиля.

Изготовление корытообразных профилей с углами подгибки более 90° (см. рис. 9) требует применения специальных приемов для повышения качества профилей, расширения технологических возможностей и уменьшения трудозатрат. При изготовлении профиля с углами 103° необходимо восемь переходов с одновременным зажатием дна профиля и его горизонтальных полок в предварительных переходах [3]. А в предпоследних двух переходах проводят догибку боковых полок на углы $9-10^\circ$ и $4-5^\circ$ соответственно, торцевым поджатием кромок с высвобождением профиля от зажатия в последнем переходе (рис. 16). Производство профилей с углами более 90° осуществляется путем скрутки в одном направлении с последующей скруткой

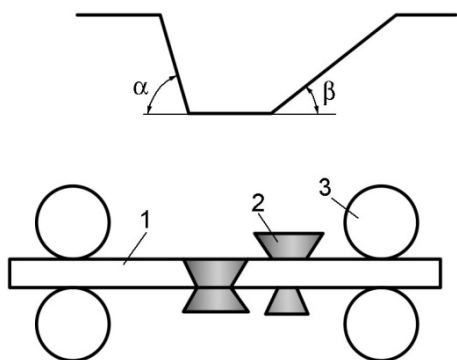


Рис. 15. Изготовление несимметричного профиля по способу:
1 – профиль; 2 – проводки; 3 – ролики

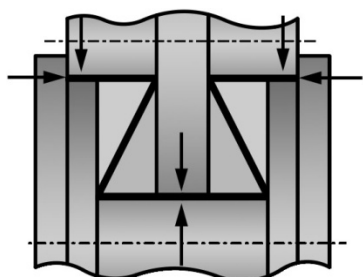


Рис. 16. Изготовление корытного профиля

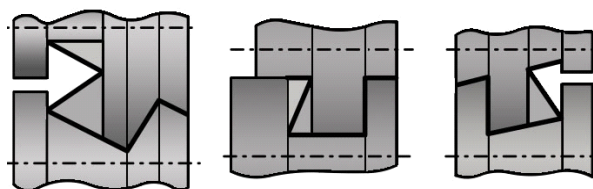


Рис. 17. Способ изготовления профиля

в другом (рис. 17) [3], однако при широких периферийных элементах из-за скрутки возможно появление кромковой волнистости.

Волнистость кромки часто появляется при изготовлении профилей корытообразного профиля с поднутрением в верхней части. Способ изготовления предусматривает девять технологических переходов для производства тонкостенных профилей с шириной дна от 44 до 244 мм [2]. На первых переходах формуют V-образные отгибы с последующей подгибкой боковой стенки, а в двух последних переходах совмещают дифференцированный обжим заготовки с удержанием мест изгиба и краевых участков (рис. 18). Этот способ пригоден для производства профилей с покрытием, что позволяет по сравнению с прототипом уменьшить кромковую волнистость с $1,8...2$ мм/м до $0,3...0,5$ мм/м, радиус гiba с $2,5...2,8$ мм/м до $1,8...2,0$ мм/м без нарушения покрытия.

Способ, предусматривающий восемь переходов, где повышение точности сечения достигается подгибкой по переходам горизонтальных полок на $7-10^\circ$ и отбортовок до выведения их кромок на высоту, соответствующую их положению в готовом профиле. Далее полки отгибаются до горизонтального положения при сохранении неизменным положения по высоте кромок отбортовок (рис. 19). При большой ширине го-

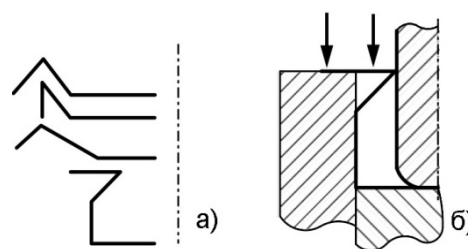


Рис. 18. Реализация способа изготовления тонкостенных профилей:
а – схема формовки; б – последний переход

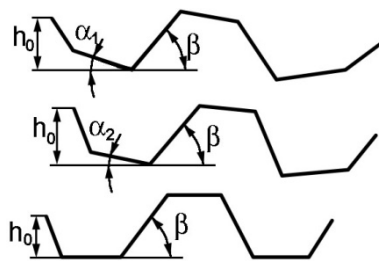


Рис. 19. Схема формообразования профиля

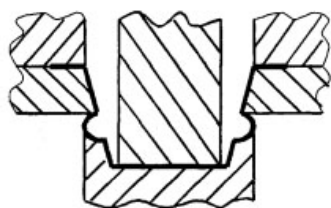


Рис. 20. Расположение профиля в калибре

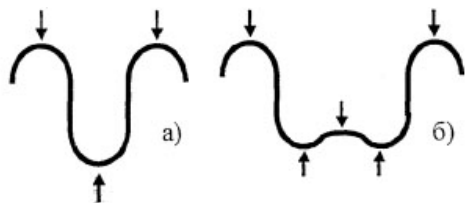


Рис. 21. Схема формообразования профиля с бульбообразным утолщением: а – прямая схема; б – обратная схема

ризонтальных полок деформирование заготовки к форме корытообразного профиля вызывает кромковую волнистость, вследствие чего для повышения качества профилей, целесообразнее совмещать формообразование центральной части профиля с выполнением отбортовок для уменьшения числа переходов.

При изготовлении корытообразных профилей с глубокими гофрами наружу на подгибаемых полках (см. рис. 9), с целью обеспечения плоскостности отбортовок и прилегающих к ним полок, усилия со стороны внутренней поверхности отбортовок прикладывают по касательной к этой поверхности, а к прилегающим полкам - по нормальям к наружной поверхности (рис. 20).

Корытообразный профиль с бульбообразным утолщением (см. рис. 10) у отбортовок изготавливается по прямой или обратной схеме методом стесненного изгиба (рис. 21). В этом случае иногда возникает излом полки при относительно широком дне профиля и узких горизонтальных полках, когда осадка заготовки приводит к существенному различию продольных деформаций и, следовательно, продольной кривизне профиля, подлежащей устранению правильным устройством.

Далее, рассмотрим формообразование С-образных профилей, где подверженность периферийных элементов к потере устойчивости, существенно выше, чем при изготовлении корытообразных профилей (рис. 22). Это связано с относительно свободным положением краевого элемента в калибрах из-за отсутствия доступа инструмента в «мертвую зону» формообразования.

Повышение точности сечения симметричного С-образного профиля из оцинкованной стали толщиной 0,5-1,0 мм достигается путем выдерживания заданного расстояния между центрами кривизны зон сгиба с радиусами R_1 и R_2 за счет пере-

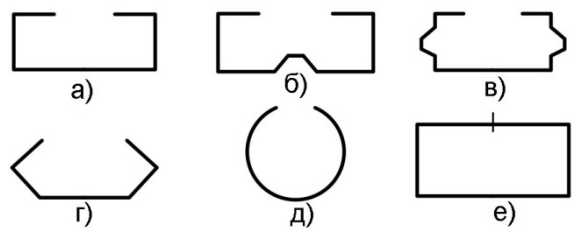


Рис. 22. Основные типы С-образных профилей

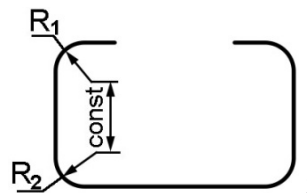


Рис. 23. Схема формообразования С-образного профиля

хода материала в зону изгиба с краевых и средних участков (рис. 23). Переформовка угловой зоны с радиусом R_2 вызывает дополнительную продольную деформацию, что приводит к излому кромки при широком дне профиля. Кроме того, переформовка требует дополнительных энергетических затрат и создает значительные контактные напряжения, являющиеся препятствием при изготовлении профилей с покрытием.

Уменьшение числа переходов при формообразовании профиля достигается за счет подгибки смыкающихся полок на угол 24...33° относительно боковых полок. При этом радиусыгиба во всех переходах выполняются одинаковыми и равными 1,0...1,33 толщины, а углы перегиба боковых и горизонтальных полок берут равными 2...3° и 1,5...2° соответственно (рис. 24).

Повышение точности С-образного профиля из Ст3 размером 80x40x15x2,5 мм при формообразовании его за шесть переходов достигается первоначально за счет перегиба полок до достижения расстояния между кромками, равного заданному на готовом профиле, а затем осуществляется разгибка боковых стенок (рис. 25). При широких горизонтальных полках способ приводит к появлению кромковой волнистости, не подлежащей исправлению, поэтому реализация способа требует обычно от 7 до 10 переходов в операции формования.

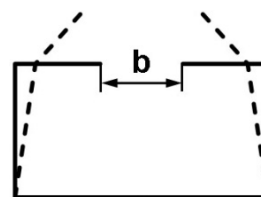


Рис. 24. Схема формообразования корытообразных профилей

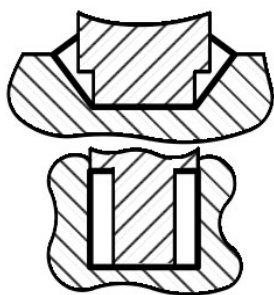


Рис. 25. Схема формообразования гнутых профилей

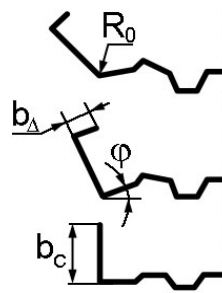


Рис. 27. Схема формообразования С-образных профилей

Представлена реализация способа производства С-образных профилей с гофром жесткости в донной части (см. рис. 22), согласно которому, на предварительных переходах осуществляется подгибка будущих горизонтальных полок и формовка рифта одновременно, на последующих - подгибка боковых стенок с перегибом до 1° , а на последнем переходе защемляется вершина гофра валками (рис. 26). Способ реализуется за 13 переходов. Наличие рифтов в донной части профиля не позволяет задавать большие углы подгибки за переход и в случае изготовления профилей большой высоты при жестких режимах подгибки возникает значительный продольный прогиб и излом или волнистость горизонтальных полок. На профилях толщиной до 0,8 мм у основания рифта появляются мелкие гофры под углом около 45° к направлению профилирования либо темные полосы, провацирующие потерю устойчивости и напоминающие линии Чернова - Людерса.

При наличии нескольких продольных рифтов их формируют одновременно с утонением стенки или последовательно (рис. 27), как в способе изготовления гнутых С-образных профилей, где с целью уменьшения пружинения на предварительных переходах периферийные участки стенки отгибаются на угол φ с одновременной подгибкой боковых стенок и полок, причем угол φ определяется из неравенства

$$b_c * \cos(90^\circ - \varphi) - b_n * \sin(90^\circ - \varphi) \geq R_0, \quad (6)$$

где b_c, b_n – ширина боковой стенки и полки соот-

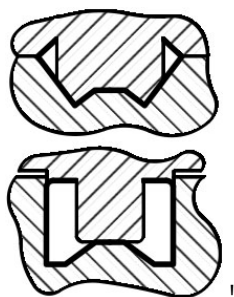


Рис. 26. Реализация процесса производства гнутых С-образных профилей

ветственно, мм; R_0 – радиус сопряжения дна и стенки профиля, мм.

Одновременная формовка рифтов и подгибка боковой стенки и полки толщиной до 1 мм с применением межклетьевых проводок для удержания боковых стенок от потери устойчивости позволяет уменьшить число переходов до шести, если высота профиля не превышает 50 мм, а ширина полки – 15 мм.

Производство профилей с гофрами жесткости на подгибаемых полках существенно усложняет технологию и технологическое оснащение в сравнении с производством профилей с гладкими элементами (рис. 22). При этом требуется от 8 до 14 переходов.

Изготовление С-образных профилей открытого типа с наклонными полками в известных способах требует 8-10 переходов (см. рис. 22). Например, в способе изготовления гнутых тонкостенных профилей при производстве профиля 8x11,5x0,7 мм из оцинкованной стали 08пс с полимерным покрытием на стане 0,5-2x20-300 со скоростью 20 м/мин используется *восемь переходов*. В этом случае формообразования предусматривается предварительная подгибка краевых участков на 90° и последующая подгибка полок с разгибкой краевых элементов, а в последнем переходе осуществляется осадка полок с удержанием кромок (рис. 28). Данная схема при осадке приводит к потере устойчивости полок с нарушением покрытия на торцах и местах изгиба между стенками и полками. Такая ситуация наблюдается при сравнительно большой относительной ширине полки.

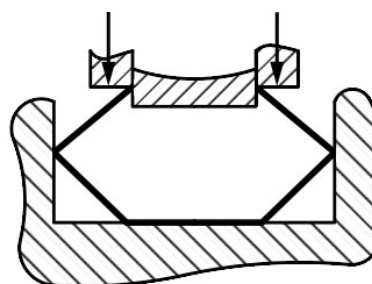


Рис. 28. Схема подсадки тонкостенного профиля

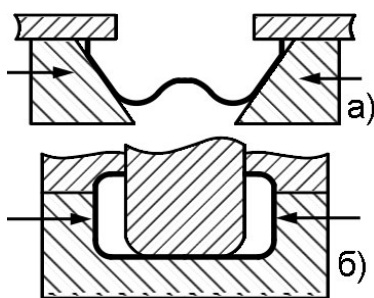


Рис. 29. Схема формообразования C-образного профиля:

а – специальный профиль; б – открытая труба

C-образные профили кругового типа изготавливаются последовательной подгибкой криволинейных участков заготовки (свертыванием) (см. рис. 22). Однако профили небольших сечений толщиной 1-2 мм изготавливаются стесненным изгибом за минимальное число переходов (от четырех до шести) [3]. При интенсификации производства таких профилей редко возникает потеря устойчивости краевых участков профиля, в то время как с увеличением радиуса кривизны трубчатого профиля и уменьшением толщины стенки иногда такие проблемы на производстве возникают. При изготовлении толстостенных C-образных профилей с целью уменьшения пружинения иногда применяется схема с боковым обжатием и осадкой (рис. 29).

В последние годы возросли потребности различных отраслей национальной экономики, в первую очередь строительной индустрии и предприятий - производителей мебели и подвесных потолков в замкнутых C-образных профилях (см. рис. 22) и др.

В схеме формообразования Z-образных и специальных профилей также на производстве учитывают возможность появления кромковой волнистости, однако для их реализации заимствуют из схем формообразования других подобных типов профилей.

При интенсивном деформировании, как, впрочем, и при традиционном профилировании

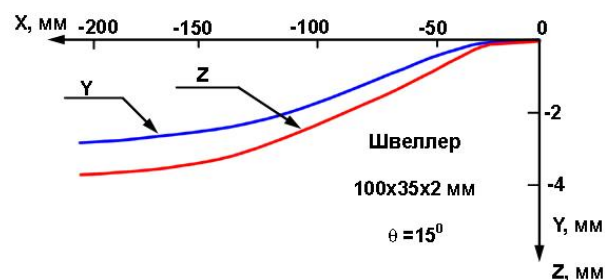


Рис. 30. Положение кромки при профилировании

большое значение для продольных деформаций полки имеет межклетьевое расстояние, которое обычно задается конструкцией профилегибочной машины. Продольные деформации полки влияют на возникновение кромковой волнистости. Кроме того, если межклетьевое расстояние меньше, чем протяженность зоны плавного перехода, то происходит переформовка заготовки, повышающая энергетические затраты, а также ухудшающая условия формообразования.

Определение протяженности зоны плавного перехода важно как для разработки технологии, так и для проектирования профилегибочного оборудования (рис. 30). Данные экспериментов по определению протяженности зоны плавного перехода, осуществленных на десятиклетьевом консольном стане при варьировании факторов, сведены в табл. 1.

Проведенные эксперименты с точностью $\pm 6\%$ показали, что деформация полки и протяженность зоны плавного перехода зависят от угла подгибки, ширины полки и толщины материала и практически не зависят от механических свойств материала.

Следует отметить, что при режиме подгибки в 15° продольная логарифмическая деформация не превышает $0,18\%$, в то время как при увеличении угла подгибки до 30° на первом переходе та же деформация достигает величины $0,54\%$ (рис. 31).

При углах подгибки более 10° данное предположение вносит существенную погрешность в расчеты.

Таблица 1. Условия и варьируемые факторы эксперимента в работе

Условия и варьируемые факторы	Значение
1. Материал	Мягкая сталь, алюминий толщиной 0,6 мм
2. Ширина профиля	20 мм
3. Ширина полки	10 мм; 15 мм; 20 мм
4. Угол подгибки за переход	20, 25, 30, 35, 40, 45 градусов
5. Скорость профилирования	2,55 м/мин

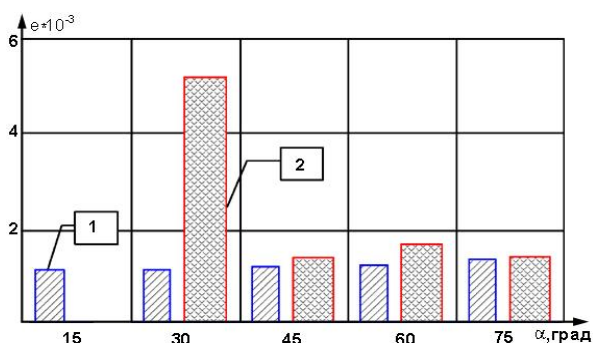


Рис. 31. Зависимость продольной логарифмической деформации полки от режимов ее подгибки:

1 – со всеми переходами; 2 – без первого перехода

Определение протяженности зоны плавного перехода вариационным методом при формообразовании уголкового профиля из материала упрочняется по степенному закону [3], а протяженность зоны плавного перехода L_g определяется формулой:

$$L_g = 2 \times b \times (m + 1) \times \left[\frac{m + 2}{2 * m + 3} * \frac{b}{S_0} \left(\frac{r}{S_0} \right)^m \right]^{\frac{1}{2 * m + 2}} \times \left(\frac{\Delta \varphi}{2 * m + 1} \right)^{\frac{2 * m + 1}{2 * m + 2}} \quad (7)$$

где b – ширина подгибаемой полки, мм; m – показатель упрочнения; S_0 – толщина заготовки, мм; $\Delta \varphi$ – угол подгибки, град.

Проведенные эксперименты позволили определить причины возникновения кромковой волнистости при изготовлении желобообразных профилей с фланцами из заготовок шириной от 94 до 200 мм и толщиной от 0,4 до 2,0 мм при изменении вертикального и бокового углов захода профиля в роликовые калибры. Установлена зависимость продольной остаточной деформации полки от степени «стеснения» профиля (отношения ши-

рины заготовки B_3 к ширине профиля B) при отношении высоты профиля к ширине проема калибра $H/1 = 0,2$ и угле захода $\alpha = 6^\circ$, а также ряд других характерных зависимостей (рис. 32).

Для изготовления *уголковых профилей* требуется 3-5 пар роликов, для швеллерных профилей – 4 - 7 пар роликов, для корытообразных и С-образных – 6 - 10, для труб и других закрытых профилей - 8 - 12 пар роликов без указания условий осуществления процесса формообразования профилей.

На основе опыта проектирования и внедрения процессов профилирования, сформулирован фактор формы профиля Φ в виде:

$$\Phi = \begin{cases} b^\Sigma * n * S_0, \text{ узкий профиль} \\ b_3 * h * n / b, \text{ широкий профиль} \end{cases}, \quad (8)$$

где b^Σ – суммарная ширина подгибаемой полки, мм; n – число зон сгиба; S_0 – толщина профиля, мм; b_3, b – ширина заготовки и готового профиля соответственно, мм; h – высота профиля, мм.

На основе накопленного опыта построена зависимость потребного числа переходов от значения фактора формы, которая определяется по формуле (8).

На основании вышеизложенного следует отметить, что проведенный анализ схем и факторов технологических процессов организации производства гнутолистовых тонкостенных профилей в роликах, показывает необходимость совершенствования оснащения и технологии производства профилей с использованием средств механизации и автоматизации, и других современных методов и средств с целью снижения общей массы летательных аппаратов, повышения эффективности организации производства и технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марковцев В.А., Колганов И.М. Замена в перспективных летательных аппаратах прессованных профилей гнутолистовыми повышенной жесткости – важная задача конструкторских бюро и производства //

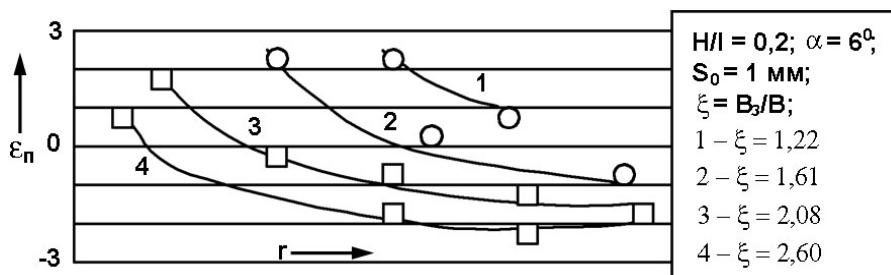


Рис. 32. Распределение продольной деформации по ширине фланца:

□ – кромковая волнистость возникает; ○ – кромковая волнистость не возникает

- Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 4(2). С. 395-400.
2. Барвинок В.А., Федотов Ю.В., Рыжаков С.Г., Шумков А.П. Повышение эффективности технологии разделительной штамповки листовых деталей полиуретаном за счет использования различных схем открытого воздействия эластомера на заготовку // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 4(2). С. 362-370.
 3. Куртин П.Н., Колганов И.М., Ахмедзянов Р.Р. Влияние на качество гнутых профилей схем формообразования и условий профилирования // Перспективные методы и средства обеспечения качества летательных аппаратов. Сборник научных трудов. Ульяновск: УлГТУ, Изд-во «Венец», 2000. С. 45-52.
 4. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 2007. С. 423.

THE ANALYSIS OF SCHEMES AND FACTORS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE ORGANIZATION OF MANUFACTURE THE BENT SHEETS OF THIN-WALLED STRUCTURES IN ROLLERS

© 2011 M.V. Savin¹, P.M. Popov¹, S.B. Maryin²

¹Institute of Aviation Technologies and Managements,
Ulyanovsk State Technical University

²State Technical University, Komsomolsk-on-Amur

In clause authors analyze various schemes and factors of structures shaping, being based on requirements of maintenance of their high quality and production efficiency. Consider various configurations of simple structures schveller the type symmetric the equal area and a U-shaped structure, with a step wall, multielement, similar to a trough and asymmetrical. Spend the analysis of ways of realization of technological processes on Education of forms structures in caliber with oval a thickening, About structures, box-shaped and consider dependence of longitudinal logarithmic deformation of a shelf, on its modes bend, and also distribution of longitudinal deformation on width regional sinusitis.

Key words: technological processes, thin-walled structures, shaping, longitudinal deformation, regional sinusitis.

Maxim Savin, Senior Lecturer at the Aircraft Construction Department.

Petr Popov, Doctor of Technics, Professor at the Aircraft Construction Department. E-mail: pmpopov2008@rambler.ru.

Sergey Maryin, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: office@knastu.ru.