

УДК 621.981.1

## **МИНИМИЗАЦИЯ РАЗЛИЧИЙ ЛИНЕЙНЫХ СКОРОСТЕЙ РОЛИКОВЫХ КАЛИБРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Валерия Владимировна Марковцева

*Аспирант 1 года*

*Кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»*

*Ульяновский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.И.Филимонов,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением»*

Возросшие требования к современным летательным аппаратам в отношении прочности, жесткости, надежности, долговечности, весовой отдачи элементов конструкций вызывают необходимость применения профилей, получаемых методом стесненного изгиба из листовых заготовок высокопрочных сплавов. Рынок транспортных перевозок формирует требования к авиационно-транспортным системам, которые должны быть реализованы в конструкторских и технологических решениях на этапе разработки и производства летательных аппаратов. Одним из путей снижения веса конструкций является применение легковесных гнутых профилей из алюминиевых сплавов.

Изготовление деталей каркаса летательных аппаратов в профилегибочных машинах предусматривает формообразование сечения профиля при обеспечении условий направленного воздействия на очаг деформации для получения требуемой формы детали. Уменьшение различий линейных скоростей роликовых калибров имеет важное значение для обеспечения прямолинейности элементов профиля и повышения качества таких изделий.

Роликовый калибр (Рис.1) соответствует сечению профиля на заданном переходе, причем калибр последнего перехода обычно соответствует сечению заданного профиля. Количество калибров должно быть таковым, чтобы исходная заготовка приобрела сечение заданного профиля без нарушения сплошности материала и постоянством сечения по всей длине профиля (отсутствие волнистости полок, кромок и других дефектов).

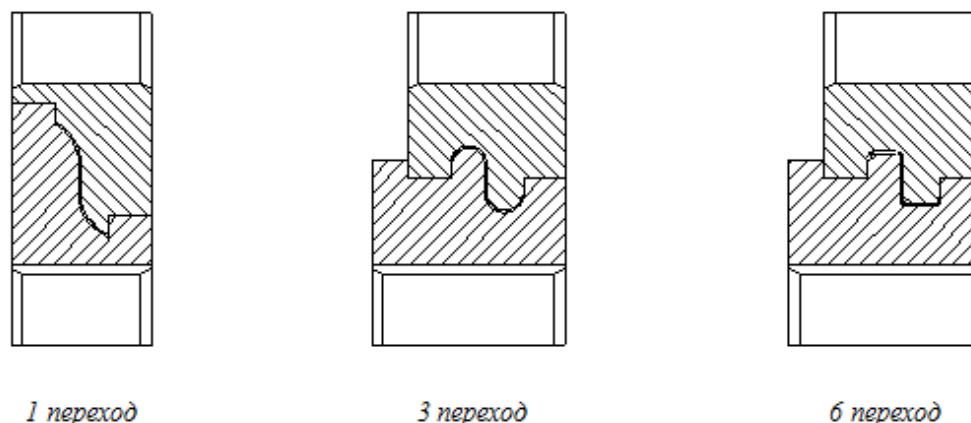


Рис.1 Роликовые калибры z-образного профиля на 1, 3 и 6 переходах

Еще до захода в калибр заготовка начинает менять форму своего сечения. Длина зоны от начала изменения формы поперечного сечения до роликового калибра является зоной плавного перехода. Зона плавного перехода оказывает большое влияние на конечное качество профиля, так как крайняя точка полки проходит больший путь до захода в калибр, чем точка на дне профиля. Если условно считать, что по дну не действуют растягивающие напряжения, то на краю будут присутствовать аксиальные растягивающие напряжения. В случае, когда эти напряжения превышают напряжения текучести металла, они вызовут растяжение полки и утонение металла. Вследствие чего, после выхода детали из калибра, полки профиля будут иметь дефект в виде гофров.

Металл в зоне плавного перехода испытывает сложную деформацию. На ряду с обычной гибкой в штампах, где пластическая деформация развивается в зоне сгиба и в ее соседних зонах, при профилировании пластическая деформация развивается по участкам, изменяющим свое положение в зоне плавных переходов. Происходит так называемая утяжка профиля (процесс аналогичен процессу вытяжки). При профилировании методом интенсивного деформирования подгибка элементов профиля производится на максимальную величину углов, при которых еще не происходит растяжение полки. Значения предельных углов подгибки зависят от толщины металла заготовки, его механических и прочностных свойств, от величины полки, а также может зависеть от сложности всего профиля (смещение оси профилирования), от режима деформирования (зажима полки), величины плавного перехода и др.

Значительные градиенты деформаций в подгибаемых полках, от перехода к переходу, являются причиной возникновения кромковой волнистости профилей. Увеличение числа переходов, с целью исключения появления таких видов дефектов, зачастую не представляется возможным, поскольку в связи с частой сменой объектов производства при малых программах выпуска профилей заданного типоразмера такой подход экономически нецелесообразен (необоснованные затраты на большое количество оснастки, ее хранение и обслуживание; значительное время переналадок и т.п.). Назначение углов подгибки по переходам является одним из самых сложных этапов проектирования переходов, поскольку технология изготовления профилей сложна и теоретически изучена недостаточно. При этом, моделирование процесса с помощью, например, программы Ansys LS-DYNA, не полностью отражает характеристики исследуемого процесса. Поэтому многие параметры о поведении

металла при различных деформациях и прилагаемых усилиях берут из опыта и интуиции технолога.

Применение при профилировании валкового инструмента обуславливает неравномерность скоростей в разных точках по оси, проведенной между центрами роликов. Неравномерность скоростей обеспечивает приложение различных усилий с двух сторон относительно толщины металла, т.е. при зажатом калибре растяжение металла будет там, где линейная скорость роликов выше, что в свою очередь вызывает прогиб полки.

Основной диаметр роликов – диаметр, при котором обеспечивается равенство скоростей верхнего и нижнего роликов (один из способов достижения равенства скоростей). Назначение основного диаметра, проходящего по той или иной плоскости калибра, зависит от сложности профиля и его габаритных размеров. При простой конфигурации профиля и относительно большой толщине материала заготовки основной диаметр назначают в соответствии с центром масс сечения детали. При сложной конфигурации и относительно тонком материале профиля основной диаметр назначают по нижней точке профиля на всех переходах. Это обусловлено тем, что во многих профилях имеется горизонтальное дно, относительно которого ведется подгибка. Окончательно сечение профиля и его продольные характеристики формируются путем приложения соответствующих усилий со стороны правильного устройства в очаг деформации, расположенный в калибре окончательного формообразования. При строгом выполнении требований нормативно-технической документации достигается надлежащее качество профилей.

В настоящее время в России, в рамках федеральной программы, разрабатывается и изготавливается летательный аппарат МС-21. В состав конструкции фюзеляжа данного самолета входят гнутые профили с заданной продольной кривизной, так называемые «Стрингеры» и «Шпангоуты», получаемые на предприятии ОАО «Ульяновский НИАТ». Повышенные требования к данным изделиям (жесткость, прочность, коррозионная стойкость, высокая точность геометрических форм и размеров и т.д.) удовлетворяются применением специальных методов изготовления профилей и непрерывным совершенствованием существующих технологий.

Для изготовления гнутых профилей с заданной продольной кривизной для авиационных изделий используются такие сплавы на основе алюминия, как В95, 1163, алюминий-литиевый сплав В-1469 (РТМ 1.4.2005-90). Особенность листовых заготовок из указанных материалов заключается в наличии на их поверхности покрытия в виде плакировки алюминием (кроме В-1469). Наличие покрытия накладывает ограничения на режимы формообразования гнутых профилей, в частности, в соответствии с техническими рекомендациями ТР.1.2.1780-89, минимально допустимый радиус сгиба таких изделий составляет  $2s$  (где  $s$  – толщина исходного материала в мм). Такие ограничения связаны с тем, что многие виды дефектов при изготовлении гнутых профилей располагаются именно по зонам сгиба: трещинообразование, разрывы, отслоение покрытия и др.

На рисунке 2 показано положение ленты-заготовки на входе в роликовый калибр первого перехода. С разматывателя рулона лента попадает в рабочую зону роликовой пары в горизонтальном положении. Дальнейшее формообразование профиля в таком положении затрудняется в силу разности скоростей роликов калибра, что вызывает появление волнистости элементов профиля.

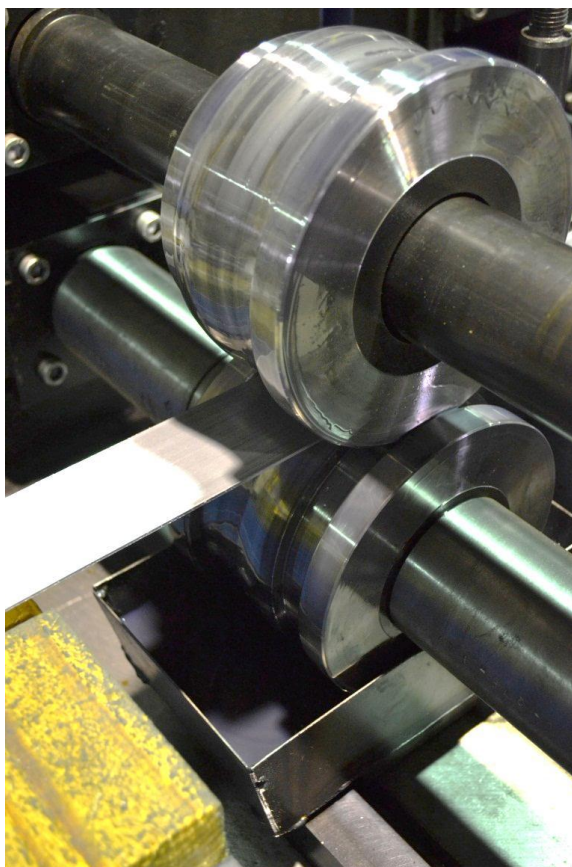


Рис. 2 Положение заготовки на входе в роликовый калибр первого перехода

Как было сказано выше, при наличии на дне формуемого профиля не действуют растягивающие напряжения, то на краю присутствуют аксиальные растягивающие напряжения. В случае, когда эти напряжения превышают предел текучести металла, они вызовут растяжение полки и утонение металла. В результате элементы готового профиля имели дефекты в виде волнистости.

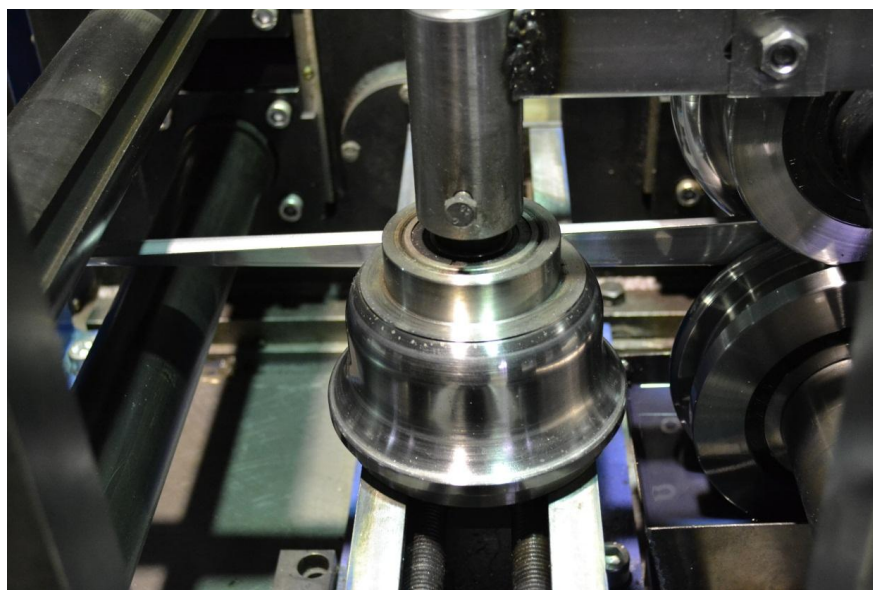


Рис. 3 Смена положения оси профилирования

В связи с этим специалистами ОАО «Ульяновский НИАТ» разработана технология изготовления профилей такого типа таким образом, чтобы ось профилирования постепенно переходила из горизонтального положения в вертикальное (Рис.3). Такой прием обеспечивает получение кондиционных профилей, соответствующих заданным параметрам формы, геометрии, а также требованиям к качеству поверхности. В зонах плавного перехода профили направляются неподвижными планками-фильерами с отделкой войлоком. На последнем переходе установлено правильное устройство в виде фильеры, обеспечивающее получение профиля с заданными характеристиками геометрических размеров (Рис.4).



Рис.4 Готовый профиль «Стрингер», соответствующий заданным требованиям формы и размеров в рабочей зоне штампа

### Литература

1. *Москвин, А.С.* Силовые параметры при стесненном изгибе и проектирование профилегибочного оборудования / А.С. Москвин, В.И. Филимонов // *Авиационная промышленность*. - 1994. - № 9-10. - С. 5-10.
2. *Илюшкин М.В.* Интенсивная технология производства гнутых профилей из материалов с покрытием в роликах / М.В.Илюшкин, В.И. Филимонов. – Ульяновск; УлГТУ, 2006. – 200 с.
3. *Марковцев В. А.* Обеспечение качества гнутых профилей для конструкции летательных аппаратов. / В. А. Марковцев, В. В. Марковцева. – «Гражданская авиация: XXI век». Сб. материалов II международной молодежной науч.конф. (12-13 апр.). – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. – С. 43-44.

4. *Roll Forming Handbook* / Edited by J.T. Halmos. Boca Raton: CRC Group, 2006. 583 p.
5. *Yu, Wei-wen. Cold-formed steel design* / Wei-wen Yu. — 3rd ed. A Wiley-Interscience publication., 777 p.