

УДК 621.7

ЗАДАЧА УМЕНЬШЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ РАДИУСА ЗОН СГИБА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВ АВИАЦИОННОГО СПЛАВА В95пчАМ

Валерия Владимировна Марковцева

*Студентка 5 курса,
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»,
Ульяновский государственный технический университет*

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. Важной характеристикой готовых изделий – гнутых профилей, является величина радиуса зон сгиба, напрямую влияющая на жесткость самих профилей и, как результат, жесткость получаемых конструкций.

В данной статье рассматриваются гнутые профили из авиационного сплава В95пчАм. Общеизвестным является факт ограничения получаемого радиуса зон сгиба гнутых профилей из данного сплава до $2s$ (где s – толщина материала) по действующим техническим рекомендациям Т.Р.1.4.1780-87. Однако до настоящего времени остается актуальной проблема снижения величины радиуса зон сгиба и получение при этом бездефектных профилей повышенной жесткости.

Целью данной работы явилось исследование величины прогиба профиля в зависимости от значения радиуса сгиба, повышение жесткости гнутых профилей из сплава В95пчАм.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Смоделировать процесс изготовления профиля из сплава В95пчАм с помощью программного продукта ANSYS LS-DYNA.
2. Применить на практике полученные теоретические результаты.

В последние годы наметилась тенденция к увеличению номенклатуры гнутых профилей, изготавливаемых методом стесненного изгиба в различных отраслях промышленности. Применение таких профилей позволяет устранить конструктивно-технологические ограничения, возникающие при использовании профилей, получаемых горячей прокаткой, прессованием, гибкой в штампах и на кромкогибочных машинах. Например, увеличивается ресурс работы изделия за счет лучшего качества поверхности, наличия покрытия, в том числе лакирующего слоя; расширяется сортамент профилей за счет использования новых перспективных материалов с улучшенными физико-механическими свойствами (новые алюминиевые сплавы, композиционные материалы); снижается масса изделий за счет повышения точности размеров и формы получаемых профилей (ликвидации плюсовых допусков). В технологическом отношении производство гнутых профилей методом интенсивного деформирования в роликах обеспечивает следующие преимущества: снижение энергетических затрат, стоимости инструмента; уменьшение отходов материала; возможность изготовления малых партий изделий при быстрой окупаемости процесса

(высокой мобильности), более рациональное использование производственных площадей.

В изделиях гражданской авиации нового поколения предусматривается применение гнутых алюминиевых профилей в качестве деталей стрингерного набора, являющихся ответственными по своему назначению и несущих значительную силовую нагрузку.

В исследовании рассматривается изготовление гнутых профилей из материала В95пчАМ. Сплав В95пчАМ (повышенной чистоты с плакировкой алюминием, в отожженном состоянии), представляет собой один из наиболее прочных сплавов, широко применяется при изготовлении гнутых профилей. Сплав относится к четырехкомпонентной системе Al-Zn-Mg-Cu, интенсивно упрочняется термической обработкой. Полуфабрикаты из сплава В95 поставляются только в закаленном и искусственно состаренном состоянии. Это объясняется тем, что в естественно состаренном состоянии сплав В95 имеет пониженную коррозионную стойкость. Поскольку листы из них используются в конструкционных целях, то для коррозионной защиты они плакируются слоем технического алюминия. Сплав В95 хорошо сваривается точечной сваркой, но не сваривается аргонодуговой и газовой. Поэтому для соединения полуфабрикатов (толстых листов, профилей и панелей) наиболее часто применяют заклепочные соединения. Кроме авиационной промышленности, являющейся основным потребителем гнутых профилей из сплава В95пчАМ, он широко применяется в судостроении, электротехнической промышленности, радиотехнике, в строительстве.

Табл. 1. Механические свойства сплава В95пчАМ

σ_B , МПа	σ_{02} , МПа	δ , %
500-520	420-450	7-8

Табл. 2. Химический состав сплава В95пчАМ

Fe, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ti, %	Al, %	Cu, %	Mg, %	Zn, %	Примесей, %
до 0,5	до 0,5	0,2... 0,6	0,1... 0,25	до 0,05	86,2... 91,5	1,4... 2,0	1,8... 2,8	5...7	Прочие, каждая 0,05, всего 0,1

Для оценки возможности получения стрингерного профиля с радиусом сгиба 1,5s в роликах из материала В95пчАМ проводилось моделирование процесса с помощью программного продукта Ansys LS-Dyna.

Цель моделирования – установить зависимость величины прогиба профиля от значений радиуса и прикладываемого усилия. Для определения требуемых параметров была спроектирована модель гнутого профиля (рис. 1), один конец которого жестко закреплен. На свободный конец прикладывается усилие (50Н, 100Н, 200Н, 400Н и 800Н). Значения радиусов составляли от 1s до 5s (где s – толщина материала). В нашем эксперименте s=1,5 мм. Эксперимент проводился для каждого значения радиуса и усилия. Полученные результаты представлены в табл. 3 (значения прогиба профиля в миллиметрах, мм) и в табл. 4 (значения прогиба профиля в процентах, %).

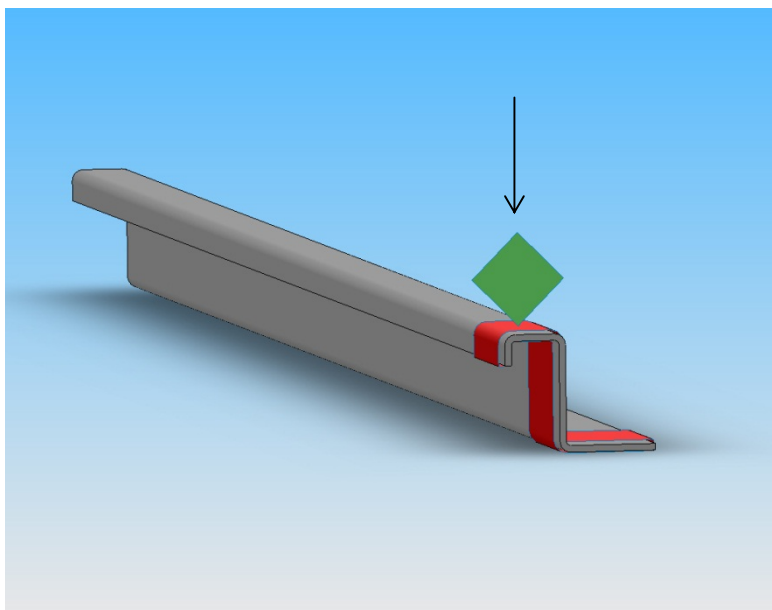


Рис. 1. Модель профиля «шпангоут» при исследовании величины прогиба

Моделирование в программе LS-Dyna позволило с большой точностью определить все необходимые параметры для разработки оптимальной технологии, путем определения напряженно-деформированного состояния в любой точке профиля с любой момент времени деформирования. В процессе моделирования в случае превышения необходимой величины по пластической деформации существует возможность остановить процесс в любой момент движения заготовки и быстро изменить режимы профилирования и продолжить выполнение расчета с измененными параметрами процесса.

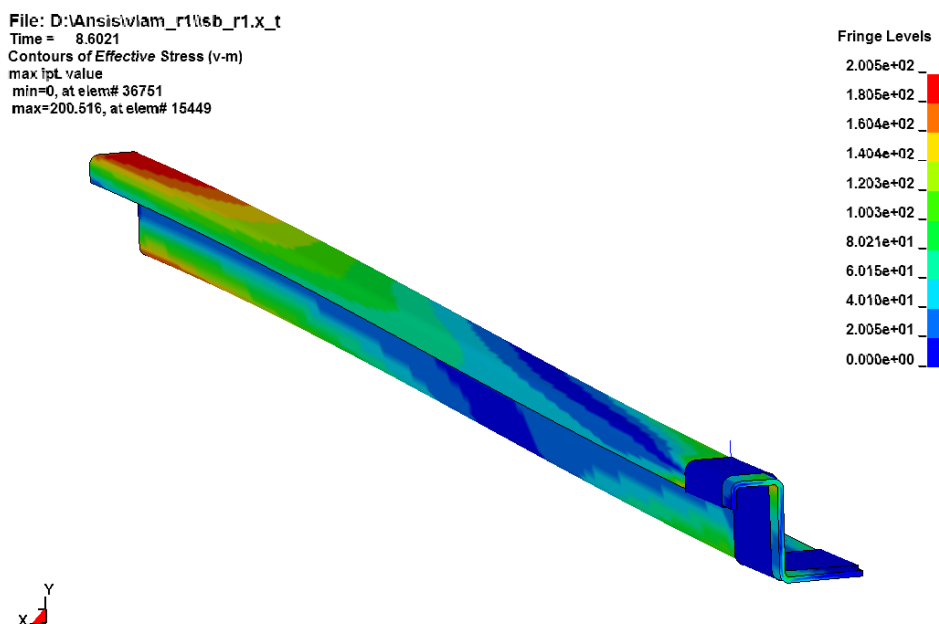


Рис. 2. Распределение напряжений по поверхности модели профиля

В LS-Dyna были также определены и энергосиловые параметры процесса с целью оптимального подбора оборудования и обеспечения нужного теплового режима профилирования (рис. 2).

Табл. 3. Зависимость прогиба от усилия и радиуса
 (в относительных единицах, мм)

F,H \ R	R=1s	R=2s	R=3s	R=4s	R=5s
50	2,94	3,06	3,16	3,27	-
100	5,81	5,98	6,21	6,44	6,7
200	9,3	9,59	10	10,31	10,58
400	-	15,3	16,3	17,05	17,9
800	-	26,2	26,5	-	27

Таблица 4. Зависимость прогиба от усилия и радиуса
 (в абсолютных единицах, %)

F,H \ R	R=1s	R=2s	R=3s	R=4s	R=5s
50	0	4,08	7,48	11,22	-
100	0	2,92	6,88	10,84	15,31
200	0	3,11	7,52	10,86	13,76
400	0	4,93	11,79	16,94	22,77
800	0	-	-	-	-

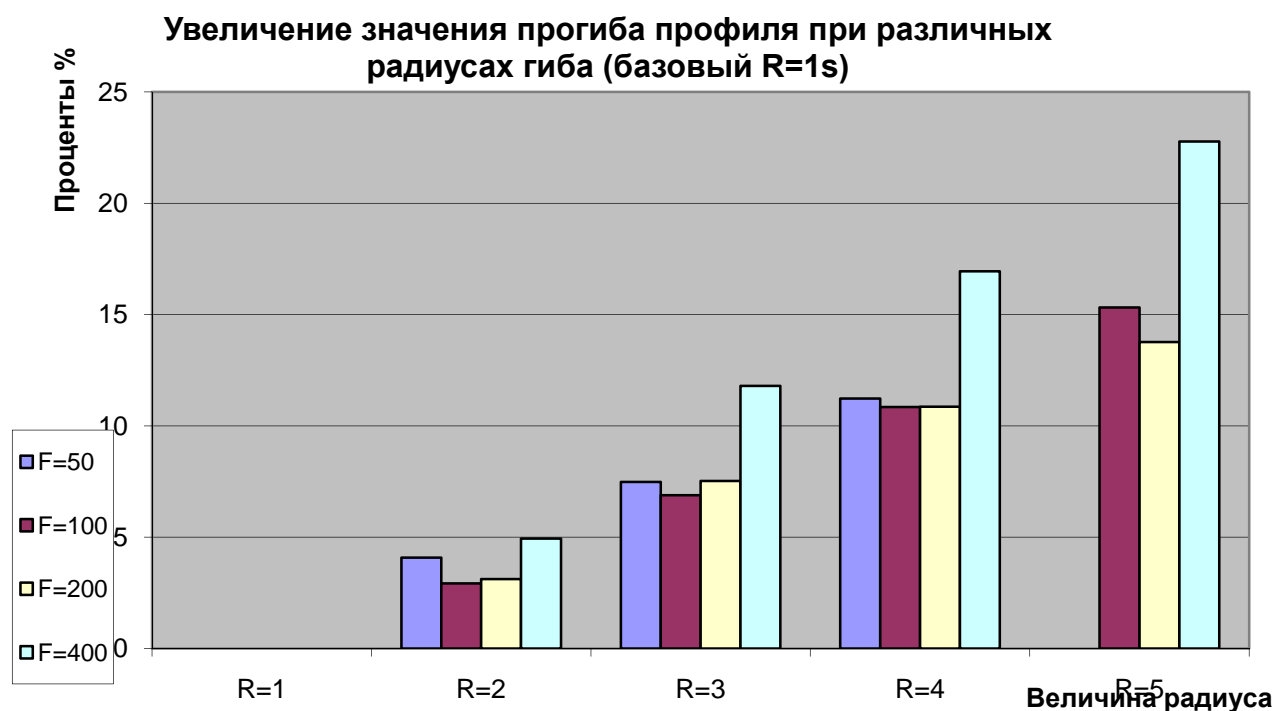


Рис. 3. Диаграмма зависимости значения прогиба от радиуса и прикладываемого усилия (по табл.4)

В соответствии с табл. 4 построена диаграмма (рис. 3), на которой за базовый параметр принята относительная величина прогиба 0% при базовом радиусе $R=1s$.

Анализируя полученные результаты, отображенные на диаграмме, можно сказать, что с увеличением радиуса и прикладываемого усилия значение прогиба увеличивается, т.е. снижается жесткость изделия. Так, при усилии 100 Н разница значений прогиба при $R=1s$ и $R=5s$ составляет более 15%. Теоретически, положительный эффект при этом – снижение на 15% массы конструкции, изготовленной из гнутых профилей такого вида.

На предприятии ОАО «Ульяновский НИИТ» освоена технология производства авиационных профилей из алюминиевого сплава В95пчАМ методом стесненного изгиба, с радиусом сгиба, равным $1,5s$ и утолщением зон сгиба до 10%.

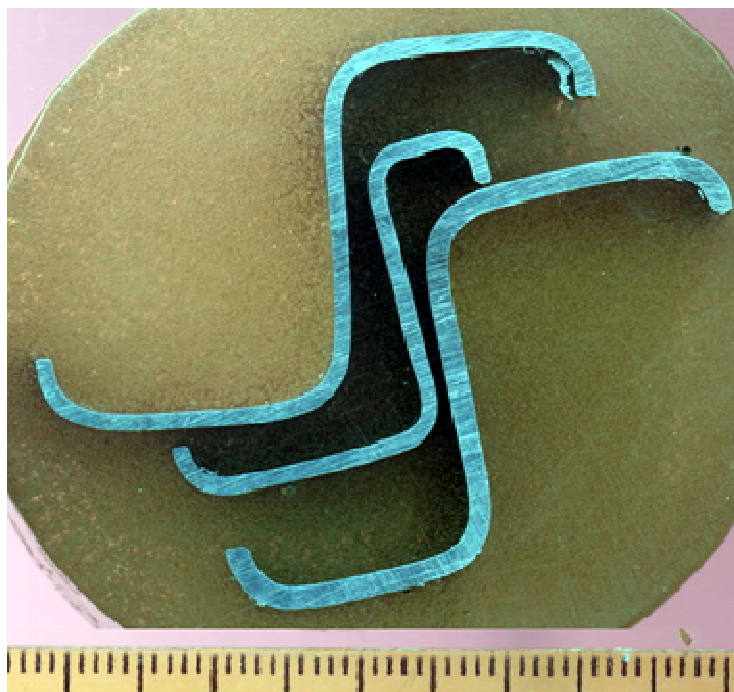


Рис. 4. Конфигурация полученных профилей из сплава В95пчАМ

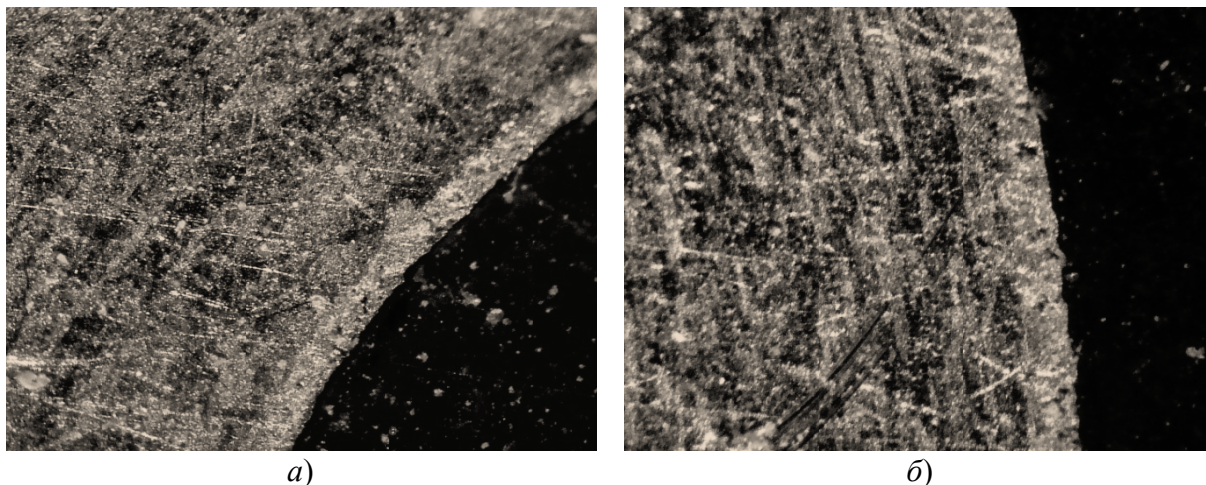


Рис. 5. Структура профилей из сплава В95пчАМ по внутренней поверхности (а) и по внешней поверхности (б)

Технология стесненного изгиба и оборудование для его осуществления длительно совершенствовались с учетом применения в авиастроительной промышленности. При использовании указанного метода выполняются требования по качеству профилей, быстрой и высокоточной переналадке оборудования, возможности изготовления на одном станке широкой номенклатуры профилей, простоте и надежности оборудования, его безотказности, ремонтпригодности и т. п.

На рис. 4 изображена конфигурация полученных профилей методом стесненного изгиба. При входном контроле листов дефекты не обнаружены. После формообразования был произведен контроль микроструктуры профилей. Исследование проводилось при увеличении в 250 раз на металлографическом микроскопе МИМ-8м. Микроструктура внутренней и внешней поверхностей без дефектов, представлена на рис .5, а и 5, б соответственно. Структура готовых изделий по сечению аналогична структуре исходного материала. Проведенные комплексные исследования и испытания профилей позволили сделать следующие выводы:

1. Геометрическая точность по сечению профилей соответствует предъявленным техническим требованиям к таким изделиям;

2. Нарушений поверхностного плакированного слоя не наблюдается.

3. Механические и коррозионные свойства профилей находятся в пределах требований ОСТ 1.90125-83 и ОСТ 1.90246-76.

Профили, полученные методом стесненного изгиба, допускают критические напряжения при испытаниях на местную и общую потерю устойчивости на 8...12 % больше, чем профили, полученные обычной гибкой, за счет уменьшения внутреннего радиуса и увеличения толщины материала в зоне сгиба.

Литература

1. Фридляндер И.Н. *Металловедение алюминия и его сплавов.* – М.: Металлургия, 1971. – 352 с.

2. Марковцев В.А., Филимонов В.И., Проскуряков Г.В. Выбор конструктивных параметров правильного устройства. // *Авиационная промышленность.* -1988.-№9. -С. 32-35.

3. Марковцев В. А., Филимонов В. И. *Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей.* – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 244 с.

4. Беляев А. И., Бочвар О. С., Буйнов Н. Н. *Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. изд. 2-е изд., перераб. и доп.* – М.: Машиностроение, 1983. –280 с.

5. Лысов М.И, Сосов Н.В. *Формообразование деталей гибкой.* – М.: Машиностроение, 2001. – 388 с.