

УДК 621.981.06

В.Т. СИКУЛЬСКИЙ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРАВКИ И ДОВОДКИ ФОРМЫ МОНОЛИТНЫХ ПАНЕЛЕЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕССА**

В статье рассмотрен метод формообразования и доводки формы ребристых панелей методом локального деформирования ребер панели совместно с полотном. Предложен метод повышения точности формы монолитных панелей путем применения доводки панелей при их контроле по носителям форм. Предложены возможные схемы устройств для деформирования панели без применения пресса. Приведено описание экспериментального устройства и опыт его эксплуатации на панелях из алюминиевого сплава. Описаны особенности использования метода и устройства в самолетостроительном производстве.

Ключевые слова: монолитные панели, правка, разводка, посадка, прогиб, остаточный прогиб, угол пружинения.

Введение

Создание самолетов большой грузоподъемности требует решения ряда научно-технических задач, связанных с получением заготовок больших габаритов, и разработки технологических процессов их обработки, формоизменения и упрочнения.

Так, например, в конструкции самолета Ан-124 использовались заготовки до 30 м длиной, и при его создании были разработаны специальные технологические процессы. В настоящее время по литературным данным ряд стран проектирует самолеты ещё большей грузоподъемности, при создании которых потребуются заготовки гораздо больших размеров, предположительно, до 50-80 м длиной.

Ряд известных технических процессов не вполне может быть применим к заготовкам таких габаритов. Одним из таких процессов является формообразование крупногабаритных заготовок, их правка и доводка по носителям форм и размеров, так как перемещение крупногабаритных деталей относительно пресса технически проблематично и требует больших потерь вспомогательного времени.

В конструкции тяжелых самолетов нашли широкое применение монолитные панели, которые имеют ряд технологических и конструктивных преимуществ по сравнению со сборной конструкцией. Такие панели позволяют уменьшить массу конструкции при равной прочности, повысить ресурс изделия, уменьшить объем сборочных работ, применить местную герметизацию вместо сплошной.

Однако при использовании монолитных панелей снижается коэффициент использования материала по сравнению со сборной конструкцией, тре-

буется повышенная мощность станочного оборудования, повышается стоимость полуфабрикатов, удлиняется цикл производства. Серьезной технологической проблемой является формообразование монолитных панелей особенно в связи с тенденцией увеличения габаритов панелей [1].

Применяемые технологические методы не обеспечивают достаточную точность формообразования вследствие существенных отклонений геометрических размеров после механической обработки. Используемые методы обладают низкой производительностью формообразования и контроля формы поверхности после формообразования. В применяемых технологических методах сложным вопросом является обеспечение равномерного совместного деформирования полотна и ребер панелей. Вследствие неточности формы панелей при сборке конструкции часто используют так называемую упругую сборку, которая предусматривает увеличение остаточных напряжений деталей изделия [2].

Вследствие этих причин, а также вследствие нестабильности процесса деформирования панелей с малыми упруго - пластическими деформациями формообразование панелей ведут последовательно методом приближений с межоперационным контролем геометрии панелей. Как правило, для контроля формы используются пространственные носители форм и размеров, например, координатный стенд, оснащенный комплектом шаблонов сечений.

Постановка задачи исследования

Повышение производительности можно достичь путем использования устройств, позволяющих

производить местную гибку участков панелей непосредственно при контроле геометрии на координатном стенде.

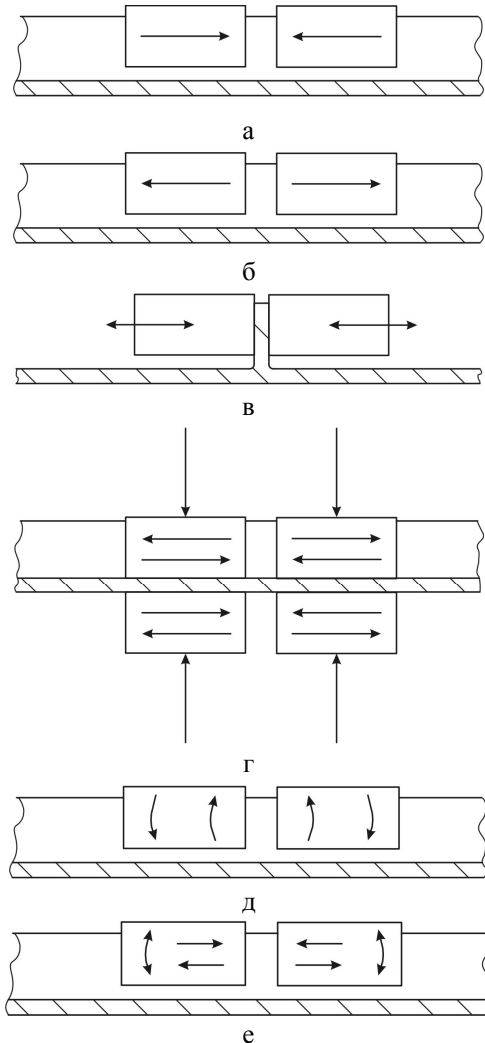


Рис. 1. Основные схемы деформирования ребер панелей при правке

При анализе схем деформирования ребер при правке рассматривались следующие основные схемы, представленные на рис. 1.

Правка и доводка ребер возможна методом посадки (рис. 1, а) или разводки ребра (рис. 1, б). В отличие от деформирования профилей при использовании такого метода технологическое усилие должно быть увеличено настолько, чтобы обеспечить упругие деформации полотна панели в осевом направлении. Так как площадь полотна, вовлекаемая в деформирование, значительная, то это требует увеличения сил сцепления ребра панели и губок устройства для правки. Расчеты показывают, что для реализации деформирования по такой схеме гибки необходимо выполнять с насечками, что неприемлемо для таких изделий.

Существенное уменьшение технологического усилия можно получить правкой за счет обжатия ребра (рис. 1, в). Однако таким методом можно осуществлять правку только в одну сторону, а именно, с образованием вогнутости поверхности панелей.

Этот недостаток можно исключить применением схемы, в которой осуществляется разводка полотна панели (рис. 1, г). Однако в этом случае требуется большое технологическое усилие, устройство будет иметь значительную массу и др.

При правке можно существенно уменьшить участок деформирования и угол гибки, если использовать схему, в которой (рис. 1, д) деформирование производится двумя моментами, приложенными к двум участкам ребра и направленными навстречу друг другу. Это позволяет существенно уменьшить зону деформирования, а, следовательно, угол гибки под нагрузкой и угол пружинения. Зона упругого деформирования полотна панели и соседних ребер незначительная и это взаимодействие ребер и полотна не оказывает влияния на процесс в очаге деформации [3].

Этот эффект можно еще более усилить приложением осевых усилий к ребру. Если к моментам, образующим выпуклость панели, приложить осевые усилия сжатия, то угол пружинения еще более уменьшится за счет увеличения зоны пластической деформации сечения ребра. Аналогично этот же эффект будет проявляться, если при образовании моментами вогнутости панели к ребру приложить усилия растяжения. Данная схема (рис. 1, е) обладает также следующими преимуществами: сравнительно небольшое усилие деформирования, возможность правки в обе стороны, возможность использования губок без насечек.

При рассмотрении возможных схем свободная гибка не рассматривалась как неприемлемая при формообразовании на контрольном стенде.

Методика решения задачи

При проектировании инструмента рассматривались следующие схемы деформирования по основным признакам:

- а) по схеме приложения усилий:
 - приложением осевых усилий к ребру;
 - приложение моментов изгиба ребра;
 - сочетанием осевых усилий и изгибающих моментов;
 - приложением осевых усилий к ребру с совместным деформированием полотна.
- б) по способу закрепления инструмента на ребре:
 - рычажное закрепление;

- клиновое закрепление;
в) по степени универсальности с возможностью выполнения:

- только посадки ребра;
- только разводки ребра.

Анализ показал, что преимуществами обладает конструкция инструмента с рычажным закреплением на ребре и приложением изгибающих моментов совместно с осевыми усилиями. Устройство может быть приспособлено как для посадки, так и для разводки. Создание устройства только для посадки или разводки дает уменьшение массы инструмента, однако это уменьшение не может быть решающим.

Разработанный и изготовленный в Харьковском авиационном институте инструмент для правки и доводки оребренных панелей работает по принципу местной гибки ребер панелей с малыми углами гибки. Схематически инструмент изображен на рис. 2.

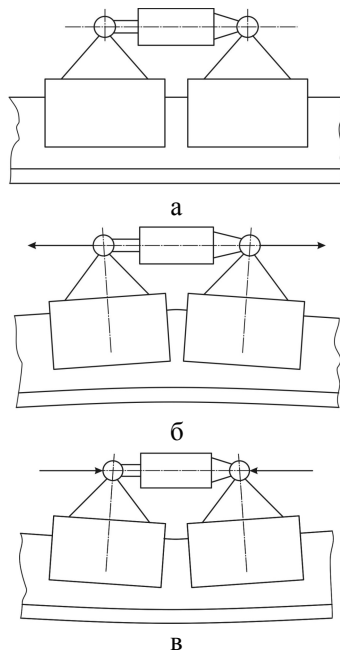


Рис. 2. Принцип работы механизированного инструмента для правки и доводки панелей: а – исходное положение; б – положение консолей в момент разводки; в – в момент посадки

Внешний вид инструмента представлен на рис. 3. Принцип его работы заключается в том, что на участке ребра жестко закрепляются две консоли. Закрепление консолей осуществляется за счет сил трения с помощью рычажной системы, при этом насечки на губках отсутствуют. Для осуществления правки в ту или иную сторону консоли сводятся или разводятся в плоскости ребра панели. Сведение или разведение, т.е. посадка или разводка ребра производится с помощью пневматического цилиндра. По-

сле проведения правки консоли освобождаются от ребра, а сами консоли возвращают в исходное положение.

Экспериментальные исследования технологии правки и доводки проводились на образцах натурального сечения ребер панелей с прилегающим участком полотна. Для исследования применялись образцы из материала Д16Т.

Измерение геометрии образцов производилось до и после деформирования. Измерялись следующие величины:

- прогиб в момент приложения нагрузки на базе 180 мм;
- остаточный прогиб на базе 180 мм;
- угол пружинения, который определялся расчетным путем по величине прогиба.

Исследования процесса правки и доводки панелей проводились также на образце панели из материала Д16Т натурального сечения. Измерение геометрии проводилось с точностью 0,01 мм до и после правки вдоль ребра панели. Панель базировалась до и после правки на измерительном столе по трем точкам.

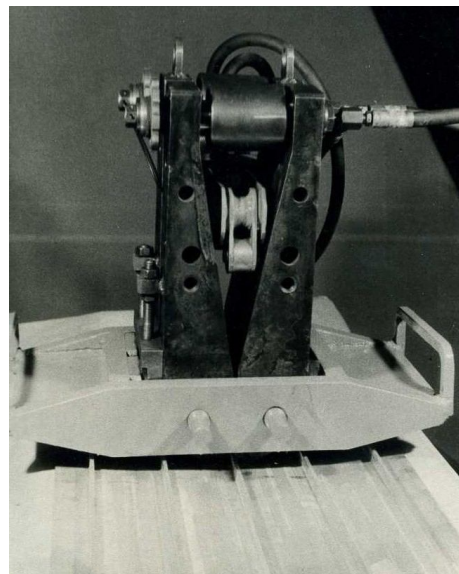


Рис. 3. Внешний вид инструмента для правки и доводки оребренных панелей

Исследование режимов деформирования проводилось с помощью инструмента, имеющего губки без насечек, обработанные с шероховатостью около 2,5 – 4,0. Такая шероховатость позволяет использовать губки без насечек, обеспечивает надежное сцепление с материалом ребра, позволяет исключить последующую зачистку места правки.

Инструмент обеспечивает достаточную стабильность угла пружинения, что объясняется отсутствием существенного проскальзывания губок.

Некоторые отклонения угла гибки объясняются контактными явлениями на местах захвата ребра. Смятие ребер отсутствует, однако имеются на поверхности ребер следы шероховатости губок инструмента высотой около 0,01 мм. Величина пружинения при минимальных деформациях не превышает одного градуса, что намного меньше угла пружинения, который допускают оребренные панели при гибке.

Инструмент показал одинаковую эффективность разводки и посадки ребер различной высоты. Высота ребра практически не влияет на процесс деформирования, что объясняется малой зоной деформирования, которая составляет величину около 15 мм.

Этот факт подтверждается графиком, представленным на рис.4. Основным фактором при гибке образцов, влияющих на остаточное изменение прогиба $\omega_{ост}$, является изменение прогиба, вызванное воздействием инструмента $\omega_{и}$. Поскольку расстояние между губками в инструменте не регулируется, угол гибки следует изменять регулировкой хода пневмоцилиндра, который предназначен для создания изгибающего момента.

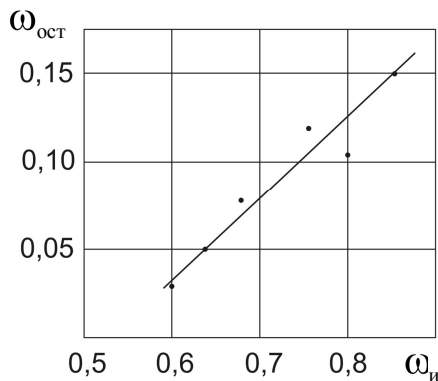


Рис. 4. График зависимости остаточного изменения прогиба $\omega_{ост}$ и изменения прогиба, вызванного инструментом $\omega_{и}$

Заключение

Проведенные опытно-конструкторские работы по созданию механизированного инструмента для доводки и правки оребренных панелей, экспериментальные исследования технологического процесса правки и доводки методом местного деформирования ребра показали эффективность процесса и возможность его использования одновременно с процессом контроля формы панелей на контрольном стенде.

Экспериментальное устройство для правки и доводки оребренных панелей из алюминиевых деформируемых сплавов, работы по отработке устройства позволили получить положительные результаты его применения в производственных условиях.

Разработаны технические требования к устройствам для правки и доводки панелей деформированием ребер, а также технологический процесс правки и доводки.

Проведенные работы подтвердили преимущества технологического процесса: малая масса и стоимость инструмента, возможность правки и доводки на контрольном стенде, высокая точность формоизменения, возможность получения панелей сложных форм, что позволяет рекомендовать разработанный технологический процесс и инструмент для внедрения в заготовительно-штамповочных цехах авиационных предприятий.

Разработанный инструмент может быть использован при проектировании автоматизированного стенда для формоизменения и доводки формы панелей. Стенд может объединять следующие органы: измерительный стенд, получающий данные о форме панели в реальном масштабе времени, систему трёхкоординатного перемещения деформирующего инструмента и управляющую систему перемещения в зависимости от формы панели по данным измерительного стенда.

Литература

1. Ramati, S. Single Piece Wing Skin Utilization Via Advanced Peen Forming Technology [Текст] / S. Ramati, G. Levasseur, S. Kennerknecht // International shot peening conference in Warsaw, September 28-30. – Poland, 1999. – P. 18.
2. Нагаев, И.В. Сборка монолитных панелей с упругой компенсацией отклонений [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Нагаев Игорь Владимирович: Иркутский гос. ун-т. – Иркутск, 2000. – 20 с.
3. Сикульский, В.Т. Исследование процесса формоизменения панелей местной гибкой ребер. [Текст] / В.Т. Сикульский // Обработка металлов давлением в машиностроении. – 1989. – № 25. – С. 21-25.

Поступила в редакцию 11.04.2013, рассмотрена на редколлегии 15.05.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. приборов и систем управления В.В. Сухов, Национальный технический университет «Киевский политехнический институт», Киев.

СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРАВКИ ТА ДОВОДКИ ФОРМИ МОНОЛІТНИХ ПАНЕЛЕЙ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕСУ

В.Т. Сікульський

У статті розглянуто метод формоутворення і доведення форми ребристих панелей методом локального деформування ребер панелі спільно з полотном. Запропоновано метод підвищення точності форми монолітних панелей шляхом застосування доведення панелей при їх контролі за носіями форм. Запропоновано можливі схеми пристроїв для деформування панелі без застосування пресу. Наведено опис експериментального пристрою і досвід його експлуатації на панелях з алюмінієвого сплаву. Описано особливості використання методу і пристрою в літакобудівельному виробництві.

Ключові слова: монолітні панелі, правка, розводка, посадка, прогин, залишковий прогин, кут пружинення.

DEVELOPMENT OF SHAPING AND REFINEMENT TECHNOLOGIES FOR INTEGRAL PANEL FORMS WITHOUT PRESS EMPLOYMENT

V.T. Sikulskiy

The method of shaping and refinement of ribbed panel forms by local straining of panel ribs in joint with blade. The method of accuracy increase for integral panel forms by means of panel refinement at controlling over form carriers was proposed. The possible structure diagrams for panel deformation without press employment were proposed. The description of experimental device and its operation on panels of aluminum alloy was given. The peculiarities of applying the method and device in aircraft manufacturing were described.

Key words: integral panels, shaping, separation, attachment, deflection, permanent deflection, springback angle.

Сікульський Валерій Терентьевич – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедри технології виробництва летательних апаратів, Национальний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «Харьківський авіаційний інститут», Харьков, Україна e-mail: vsikulskiy@mail.ru.