

(82)

ISSN 1814-3520

№ 11
2013

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2013



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

(82)

№ 11
2013

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета

Редакционная коллегия

А.Д. АФАНАСЬЕВ,
профессор, доктор физико-математических наук,
главный редактор

В.В. ПЕШКОВ,
профессор, доктор
экономических наук,
зам.главного редактора

А.Н. ВИСЯЦЕВ,
профессор, кандидат
технических наук

Н.И. ВОРОПАЙ,
член-корреспондент РАН,
профессор, доктор
технических наук

Р.Д. ГУТГАРЦ,
профессор, доктор
экономических наук

О.А. КОЛМАКОВА,
доцент, кандидат
педагогических наук

М.И. КУЗЬМИН,
академик РАН, профессор,
доктор геолого-минералогических наук

И.В. НАУМОВ,
профессор, доктор
исторических наук

А.В. ПЕТРОВ,
профессор, доктор
технических наук

А.И. ПРОМПТОВ,
профессор, доктор
технических наук

О.В. ПУЛЯЕВСКАЯ,
доцент, кандидат
психологических наук

Н.Н. РОГОЗНАЯ,
профессор, доктор
филологических наук

В.И. СНЕТКОВ,
профессор, доктор
технических наук

Д.А. СТЕПАНЕНКО,
доцент, доктор юридических наук

И.А. ЯКОБА,
доцент, кандидат
социологических наук

К.Л. ЯСТРЕБОВ,
профессор, доктор
технических наук

ХАО ДУНХЭН,
профессор, ректор
Шицзячжуанского
Экономического Института
(Китай)

Журнал основан в 1997 г.
Периодичность издания - ежемесячно
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство ПИ №ФС77-47902 от 22 декабря 2011 г.
Учредитель Иркутский государственный технический
университет

Ответственный за выпуск Г.П. Привалова
Дизайн и макет издания Е.В. Хохрин

Адрес редакции:
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ауд. Д-215
e-mail: pgr@istu.edu

Кибернетика.

Информационные системы и технологии

■ Власов А.П. Синтез элементов АИС предприятия химического машиностроения.....	12
■ Домбровский М.Ю. Рациональная методика формирования расписания движения подвижного состава городского электрического транспорта.....	15
■ Лемперт А.А., Бухаров Д.С., Столбов А.Б. Интегрированная экспертная система для исследования проблем развития транспортно-логистической инфраструктуры региона.....	20
■ Лукьянов Н.Д. Применение метода последовательного оценивания для сравнения эффективности различных вариантов генетического алгоритма.....	25
■ Массель Л.В., Серый А.С., Сидорова Е.А. Подход к повышению уровня доверия к информации на основе интеграции текстовых и семантических моделей данных.....	29
■ Петров А.В. «Иная и забытая» теория вероятностей.....	36

Механика и машиностроение

⊗ Грудинин В.Г. Соединительное устройство планетарного типа с инерционно-динамическими связями....	39
⊗ Дорощева Н.Л., Дорощев И.А. Результаты численного исследования субгармонического поведения полой круговой арки.....	43
⊗ Иванов А.В., Пономарев Б.Б., Савилов А.В., Чапышев А.П. Робототехнический комплекс удаления заусенцев после фрезерования деталей.....	49
⊗ Колесников А.В., Шамаков А.К. Пневмотермическая формовка и диффузионная сварка трёхслойных клиновидных панелей с подпором обшивок.....	53
⊗ Малащенко А.Ю. Определение технологических параметров гибки-прокатки длиномерных обшивок и панелей крыла.....	57
⊗ Милосердов Е.Е., Минеев А.В. Математическая модель нагрузок при износе зубьев ковша роторного экскаватора большой единичной мощности, находящегося за пределами срока службы.....	63
⊗ Чапышев А.П., Бобров А.А. Повышение эффективности определения режимов виброобразивной обработки в зависимости от технологических условий.....	66
⊗ Чьен Х.В., Лаврентьева М.В. Определение состава базирующих элементов сборочного приспособления при сборке авиационного изделия.....	74

Науки о Земле

✦ Гребнева А.В. Воздействие современных тектонических движений на условия формирования подземных вод.....	81
✦ Григоров В.Т. Перспективы существенного укрепления сырьевой базы золоторудных месторождений Сибири на основе инновационной технологии поисков на базе стратиформного метаморфогенного рудообразования.....	86
✦ Кинзягулова А.Р. Содержание и методика создания туристских карт Прибайкалья.....	91
✦ Кондратец В.А. Обеспечение идентификации соотношения руда/вода в мельницах с циркулирующей нагрузкой.....	95
✦ Махно Д.Е., Авдеев А.Н. К вопросу физики процесса хрупких разрушений твердых тел.....	103
✦ Олзоев Б.Н. Технологические основы создания электронных рекреационно-туристских карт (на примере национального парка «Тункинский»).....	105
✦ Пузырева А.Ю., Гребенщиков В.Ю., Гайда В.К. Анализ влияния агроэкологических факторов на урожайность ячменя в Иркутской области.....	111
✦ Сафаров А.С., Верхозина В.А., Макухин В.Л. Моделирование переноса выбросов Ново-Иркутской ТЭЦ на акваторию оз. Байкал.....	115
✦ Сираев Р.У., Акчурин Р.Х., Чернокалов К.А., Сотников А.К., Сверкунов С.А., Вахромеев А.Г. Алгоритм бурения горизонтального ствола в трещиноватых карбонатах рифея в условиях аномально низкого пластового давления, Юрубчено-Тохомское НГКМ.....	120
✦ Сосновская Е.Л., Сосновский Л.И., Филонюк В.А. Обоснование параметров геотехнологий для месторождений с малоизученным геомеханическим состоянием массивов горных пород.....	124
✦ Тимофеева С.С., Батоева А.А. Сточные воды предприятий по добыче и переработке рудного золота и комбинированные технологии их обезвреживания.....	132

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых

✦ Тиунов М.Ю., Богйдаев С.А. Флотационное извлечение ценных компонентов из хвостов гравитационного обогащения редкометаллических руд.....	143
---	-----



Рис. 7. Инструментальный магазин

Особое внимание в проекте уделено технике безопасности. В РТК использован вариант с закрытой линейной осью. Нахождение человека в зоне обработки деталей недопустимо, поэтому в комплексе предусмотрены механическое ограждение и фоторелейный барьер. После установки детали в приспособление оператор должен покинуть зону обработки и все дальнейшие действия осуществлять с помощью электронной панели. При попытке проникновения оператора или постороннего лица в рабочую зону робота происходит пересечение луча, который наводится системой защиты между стойками барьера, сигнал о его преры-

вании поступает в контроллер и работа комплекса блокируется.

Робототехнический комплекс для удаления заусенцев с длинномерных деталей позволяет производить обработку деталей из титановых и алюминиевых сплавов. Данный комплекс не имеет аналогов в России. Его простота в использовании, точность, гибкость и адаптивность в полной мере согласуются с тенденциями и особенностями малого, среднего и крупносерийного производства. РТК создается по проекту, выполняемому совместно с Иркутским авиационным заводом – филиалом корпорации «Иркут».

Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Библиографический список

1. Димов Ю.В. Перспективы использования лепестковых кругов при изготовлении деталей самолета // Повышение эффективности технологических процессов в машиностроении. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. С. 3–10.
2. Оптимизация процессов механообработки на основе модального и динамометрического анализа / Савилов А.В. [и др.] // Наука и технологии в промышленности. 2013. № 1–2. С. 42–46.

3. Пашков А.Е., Малащенко А.Ю. Об автоматизации процесса гибки-прокатки деталей типа обшивок крыла в комбинированном процессе формообразования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 11. С. 37–42.
4. Kennedy B. Prosock Machine featured // Cutting Tool Engineering Magazine. October 2005.

УДК 621.7.04

ПНЕВМОТЕРМИЧЕСКАЯ ФОРМОВКА И ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА ТРЕХСЛОЙНЫХ КЛИНОВИДНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ПОДПОРОМ ОБШИВОК

© А.В. Колесников¹, А.К. Шмаков²

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрена возможность изготовления трёхслойных клиновидных панелей методом пневмотермической формовки и диффузионной сварки с подпором обшивок. Предложены схемы формовки многослойных клиновидных панелей с подпорной плитой. Определены зависимости для расчёта технологических параметров проведения процесса предложенным методом формовки.

Ил. 6. Библиогр. 6 назв.

Ключевые слова: пневмотермическая формовка; сверхпластичность; клиновидные многослойные конструкции.

THERMAL-PNEUMATIC FORMING AND DIFFUSION BONDING OF THREE-LAYER WEDGE-SHAPED PANELS WITH SKINS SUPPORT

A.V. Kolesnikov, A.K. Shmakov

¹Колесников Алексей Владимирович, аспирант, тел.: 89025787277, e-mail: Avk@istu.edu
Kolesnikov Aleksei, Postgraduate, tel.: 89025787277, e-mail: Avk@istu.edu

²Шмаков Андрей Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89140074508, e-mail: Shmakov@istu.edu
Shmakov Andrei, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Aircraft Construction and Maintenance, tel.: 89140074508, e-mail: Shmakov@istu.edu

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article considers the possibility to produce three-layer wedge-shaped panels by thermal-pneumatic forming and diffusion bonding with skins support. It proposes forming schemes of multilayer wedge-shaped panels with a backing plate. The dependences for calculating the process parameters of manufacturing by the proposed forming method are determined.

6 figures. 6 sources.

Key words: thermal-pneumatic forming; superplasticity; wedge-shaped multilayer structures.

В конструкциях летательных аппаратов большой интерес представляют многослойные конструкции. Одним из перспективных процессов изготовления многослойных конструкций из труднодеформируемых сплавов в настоящее время является пневмотермическая формовка (ПТФ) и диффузионная сварка (ДС) в режиме сверхпластичности. В условиях ПТФ/ДС изготавливают такие элементы конструкции самолёта как лопатки турбин, крышки люков, силовых панелей, в том числе и переменной высоты – клиновидных панелей (рис. 1).

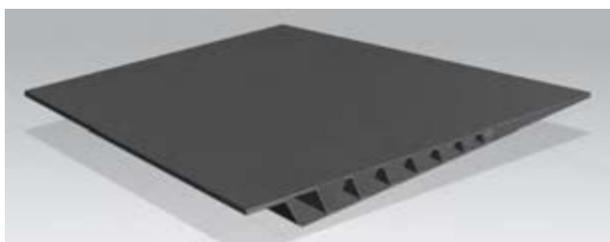


Рис. 1. Клиновидная панель

Для осуществления процесса ПТФ/ДС на средний лист с обеих сторон наносится антисварочное покрытие заданного рисунка. Далее собирается пакет из трёх листов, который закладывается в оснастку для ПТФ/ДС, нагретую до температуры, необходимой для

осуществления диффузионной сварки, герметизируется по контуру и прижимается давлением $p_{св}$, обеспечивающим сварку в местах отсутствия антисварочного покрытия. После диффузионной сварки внутрь пакета подаётся давление формирующего газа по определённому закону и осуществляется формовка панели.

Изготовление клиновидных многослойных панелей с относительной высотой панели более единицы ($\bar{H}_j \frac{H_j}{a_i} > 1$) (рис. 2) и небольшим соотношением толщин внешних обшивок и заполнителя ($\frac{S_0}{S_3} < 2$) сопровождается образованием неустраняемых дефектов, так называемых утяжин. Для их устранения необходимо применение специальных мер.

Опыт моделирования процесса формовки и изготовления образцов показывает, что утяжины возникают вследствие того, что в процессе формовки многослойных панелей имеет место разное перемещение нижней обшивки в разных зонах пакета листов [1–3]. В зоне диффузионной сварки нижняя обшивка сдерживается ребрами заполнителя, тогда как в зонах, не сваренных с заполнителем, обшивка формируется свободно под действием формирующего давления, при этом образуются её прогибы (рис. 3).

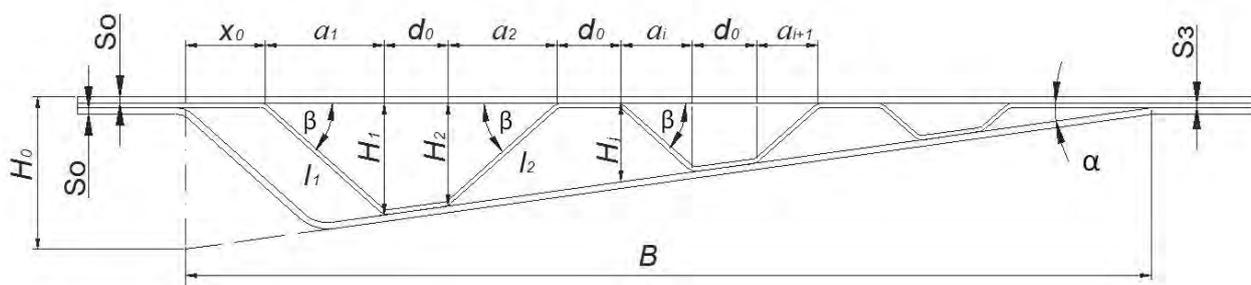


Рис. 2. Сечение клиновидной трехслойной панели

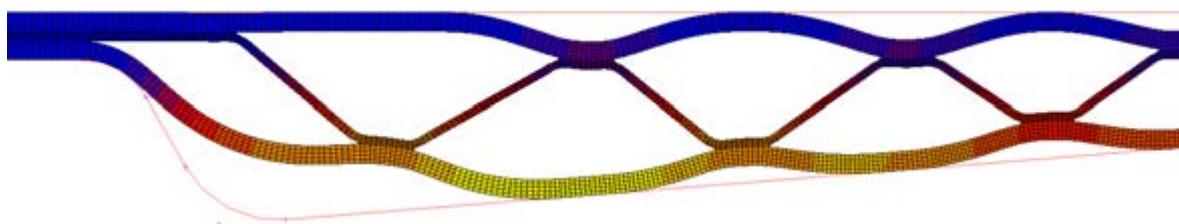


Рис. 3. Прогибы обшивки в процессе формовки



Формующее давление p_j после преобразования определяется выражением [4]:

$$p_j = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \left(\frac{nS_3 + S_0}{B} \right) \frac{\bar{H}_j}{1 + \bar{H}_j^2}, \quad (1)$$

где σ_s – напряжение течения материала в режиме сверхпластичности; n – количество ребер заполнителя клиновидной панели; S_3 – исходная толщина листа заполнителя; S_0 – исходная толщина листа обшивки; B – ширина панели; $\bar{H}_j = \frac{H_j}{a_i}$ – текущая относительная высота j -го ребра гофра клиновидной панели.

Время формовки многослойной клиновидной панели τ_j после преобразования определяется выражением [4]:

$$\tau_j = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\ln(1 + \bar{H}_j^2)}{\dot{\epsilon}_e}, \quad (2)$$

где $\dot{\epsilon}_e$ – скорость деформации материала заполнителя в режиме сверхпластичности.

Одной из эффективных мер борьбы с прогибом обшивок в процессе формовки является поддержка формирующегося листа обшивки путём применения подвижного элемента оснастки [5] – подпорной плиты. Схема процесса ПТФ/ДС клиновидной многослойной панели с подвижным элементом оснастки в виде подпорной плиты 5 с механическим приводом 6, представлена на рис. 4.

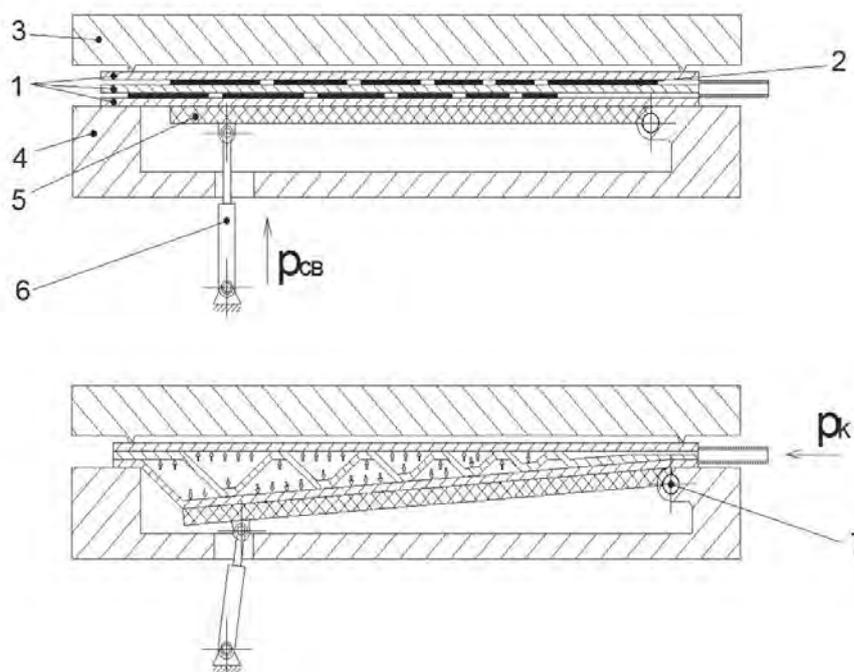


Рис. 4. Схема формовки клиновидной трёхслойной панели с механическим управлением подпорной плитой: 1 – листы многослойной панели; 2 – антисварочное покрытие; 3 – верхняя крышка оснастки; 4 – нижняя часть оснастки; 5 – подпорная плита; 6 – механический привод; 7 – ось вращения подпорной плиты

Подпорную плиту 5 с механическим приводом 6 необходимо поворачивать относительно оси 7 с угловой скоростью такой величины, при которой не возникают прогибы обшивок в процессе формовки. Угловая скорость вращения подпорной плиты должна обеспечивать постоянство скорости деформации рёбер заполнителя многослойной панели. С учётом сказанного угловая скорость поворота подпорной плиты опреде-

ляется выражением

$$\omega_j = \frac{\Delta\psi_j}{\Delta\tau_j}, \quad (3)$$

где $\Delta\psi_j$ – приращение угла поворота подпорной плиты; $\Delta\tau_j$ – приращение времени формовки многослойной панели.

Угол поворота подпорной плиты ψ_j зависит от изменения высоты многослойной панели в процессе формовки и в крайнем положении при полностью отформованной панели становится равным углу α . Тогда, приняв граничное условие $\psi_k = \alpha$, можно определить значение угла ψ_k :

$$\psi_k = \arctg \left[\frac{\frac{H_0}{B}}{\left[\frac{\bar{H}_1}{\left(\frac{B-x_0}{a_1} - 1 \right)} \right]} \right].$$

Для соблюдения режима сверхпластической деформации в каждом ребре гофров необходимо, чтобы относительные высоты панели были равны между собой, то есть $\bar{H}_1 = \bar{H}_2 = \dots = \bar{H}_j$, тогда приращение угла поворота подпорной плиты примет вид:

$$\Delta\psi_j = \arctg \left[\frac{\Delta\bar{H}_j}{\left[\frac{B-x_0}{a_1} - 1 \right]} \right], \quad (4)$$

где $\Delta\bar{H}_j$ – приращение относительной высоты панели в

процессе формовки.

Приращение времени формовки многослойной панели определяется:

$$\Delta\tau_j = \tau_{j+1} - \tau_j, \quad (5)$$

где τ_j – время формовки j – этапа; τ_{j+1} – время формовки $j + 1$ этапа.

Тогда, подставив уравнение (2) в уравнение (5), получим:

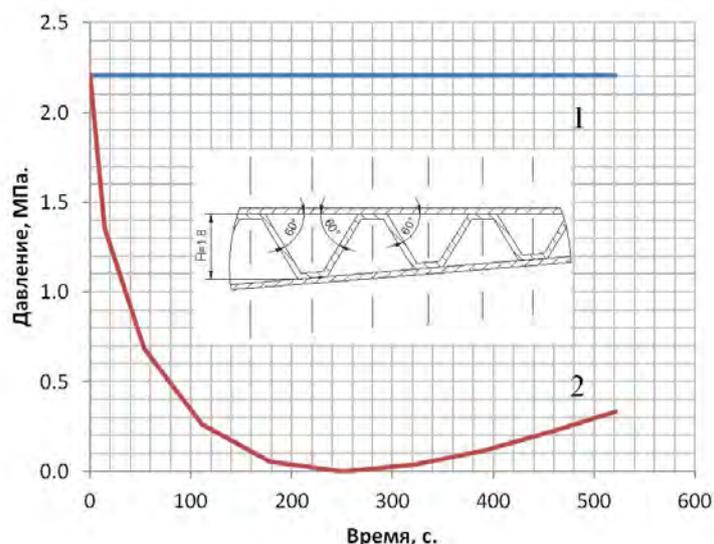


Рис. 5. Зависимость давления газа в процессе формовки от времени: 1 – график изменения формирующего давления газа; 2 – график изменения противодействия

$$\Delta\tau_j = \frac{1}{\sqrt{3}\cdot\varepsilon_e} \ln \left(1 + \frac{(2j+1)(\Delta\bar{H}_j)^2}{1+(j\Delta\bar{H}_j)^2} \right). \quad (6)$$

Подставив уравнение (4), (6) в уравнение (3) определим зависимость изменения скорости поворота подпорной плиты ω_j от приращения относительной высоты панели в процессе формовки:

$$\omega_j = \frac{\sqrt{3}\cdot\varepsilon_e}{\ln \left(1 + \frac{(2j+1)(\Delta\bar{H}_j)^2}{1+(j\Delta\bar{H}_j)^2} \right)} \cdot \arctg \left(\frac{\Delta\bar{H}_j}{\frac{(B-x_0)}{a_1} - 1} \right). \quad (7)$$

Благодаря зависимости (7) отпадает необходимость регулирования давления формирующего газа, так как режим сверхпластической деформации ребер заполнителя обеспечивается управляемым перемещением подпорной плиты. В этом случае при формовке панели внутрь можно подавать постоянное макси-

мальное давление p_k , которое определяется из условия (1) при $\bar{H}_j = 1$.

$$p_k = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_s \left(\frac{nS_3 + S_0}{B} \right). \quad (8)$$

Однако реализация работы механических приводных устройств при высоких температурах является сложной задачей, поэтому для упрощения конструкции оснастки для управления подпорной плитой можно применить газовый привод. В данной схеме управляющим воздействием для поворота подпорной плиты может служить противодействие газа p_{prj} (рис. 5). Формовка в высокой части панели будет происходить быстрее, чем в конце, однако скорость деформации материала заполнителя останется постоянной по всей ширине. Поворот подвижной плиты будет обеспечиваться неравномерной формовкой ребер по ширине

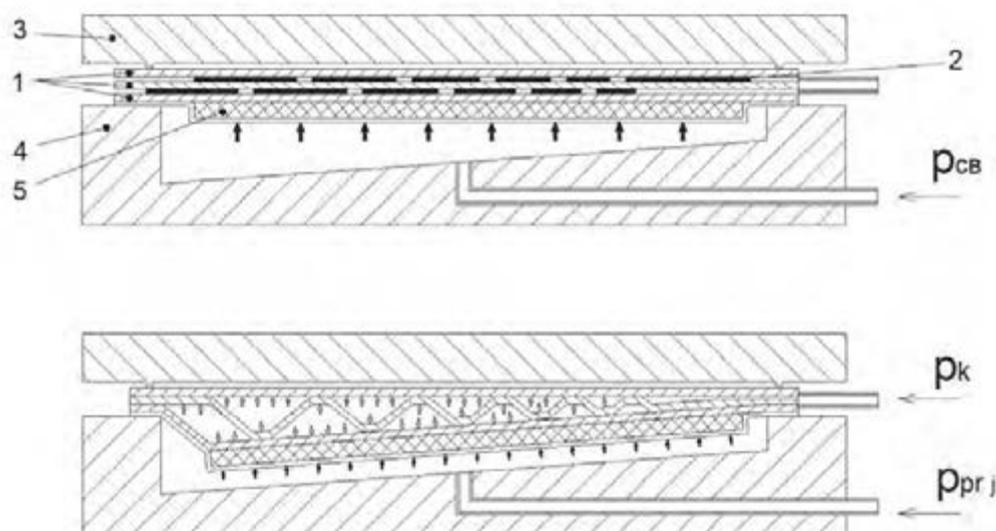


Рис. 6. Схема формовки клиновидной трёхслойной панели с подпорной плитой, управляемой противодействием: 1 – листы многослойной панели; 2 – антисварочное покрытие; 3 – верхняя крышка оснастки; 4 – нижняя часть оснастки; 5 – подпорная плита



панели в связи с нанесением переменного шага антисварочного покрытия.

Величина противодействия p_{prj} , удерживающего подпорную плиту у обшивки, может быть определена из условия

$$p_{prj} = p_k - p_j. \quad (9)$$

Тогда, подставив уравнение (1), (8) в уравнение (9), получим:

$$p_{prj} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \left(\frac{nS_3 + S_0}{B} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\bar{H}_j}{1 + \bar{H}_j^2} \right). \quad (10)$$

На рис. 6 по зависимостям (8) и (10) рассчитаны законы изменения противодействия для подпорной плиты и подачи давления для формовки многослойной клиновидной панели из титанового сплава BT20. Для расчёта приняты следующие данные для BT20: $\sigma_s = 40$ МПа, $\dot{\epsilon}_e = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ [6]. Клиновидная панель имеет гофрированный наполнитель шириной $B = 220$ мм, высотой $H_0 = 18$ мм, числом ребер гофров $n = 20$, углом наклона ребер 60° , исходной толщины листа за-

полнителя 1 мм, с соотношением толщин $S_0/S_3 = 1$.

Таким образом, в результате аналитического исследования установлен закон перемещения подпорной плиты для изготовления клиновидных многослойных панелей. Используя полученные зависимости управления подпорной плитой, можно получать клиновидные панели различной высоты.

Статья подготовлена по материалам работ, выполненных по проекту «Разработка и внедрение комплекса высокоэффективных технологий проектирования, конструкторской и технологической подготовки и изготовления самолёта МС-21» в рамках реализации Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Библиографический список

1. Чумаченко Е.Н. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. М.: КомКнига, 2005. 320 с.
2. Колесников А.В. Анализ возможности пневмотермической формовки многослойных конструкций методом виртуального моделирования // Решетневские чтения: мат-лы XVI Междунар. науч. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (Красноярск, 7–9 ноября 2012) Красноярск: Изд-во редакционно-издательского отдела Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та., 2012. Ч. 1. С. 361–363.
3. Пневмотермическая формовка в режиме сверхпластичности рифтовых конструкций из листа / В.В. Мироненко [и др.] // Металлург. 2013. № 9. С. 50–54.
4. Пашкевич А.Г., Орехов А.В., Смирнов В.А. Формовка-сварка трёхслойных титановых конструкций в состоянии сверхпластичности // ИВУЗ Авиационная техника. 1985. № 4. С. 90–93.
5. Формовка-сварка многослойных титановых конструкций в состоянии сверхпластичности без матрицы / В.А. Смирнов [и др.] // Авиационная промышленность. 1986. № 9. С. 46–48.
6. Новиков И.И. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. М.: Металлургия, 1981. 168 с.

УДК 621.7.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИБКИ-ПРОКАТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ОБШИВОК И ПАНЕЛЕЙ КРЫЛА

© А.Ю. Малащенко¹

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Сформулированы преимущества применения операции гибки-прокатки для формообразования в продольном направлении деталей типа обшивки и панелей крыла на основании анализа их окончательной геометрической формы. Описана методика расчета технологических параметров гибки-прокатки. Приведены теоретические зависимости для определения угла закручивания поперечных сечений детали как функции настроечных параметров листогибочной машины. Рассмотрена методика определения входных данных для расчета технологических параметров гибки-прокатки по CAD-модели детали.

Ил. 7. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: гибка-прокатка; формообразование; технологические параметры; обшивка крыла; линия гйба.

DETERMINING PROCESS PARAMETERS OF BENDING AND ROLLING OF WING LONG SKINS AND PANELS

A.Yu. Malashchenko

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article shows the advantages of using bending and rolling for shaping the parts of a wing skin or wing panel type in the longitudinal direction based on the analysis of their final geometry. It describes a procedure to calculate bending and rolling process parameters, and provides the theoretical dependences for estimating the torsion deflection angle of part

¹Малащенко Александр Юрьевич, аспирант, тел.: 89086568030, e-mail: mlk17@mail.ru
Malashchenko Alexander, Postgraduate, tel.: 89086568030, e-mail: mlk17@mail.ru

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Научный журнал
Выпуск 11 (82) 2013

Редакторы Ф.А. Посысоева, О.А. Терновская
Художественный редактор Е.В. Хохрин
Ответственный за выпуск Г.П. Привалова
Перевод на английский язык В.В. Батицкая
Верстка А.В. Куртова

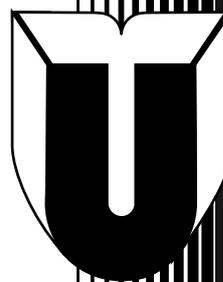
Подписано в печать 25.11.13. Формат 60x90/8.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 57.
Тираж 500 экз. Заказ 189. Поз.плана 2н.

ИД №06506 от 26.12.01
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Журнал издается с 1997 г.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по
надзору в сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство ПИ №ФС77-47902 от 22 декабря 2011 г.
Учредитель Иркутский государственный технический
университет

ИЗДАТЕЛЬСТВО



Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2013

