

УДК 629.7.023.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ОБШИВОК ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОТОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

© 2014 М.В. Молод

Воронежский государственный технический университет

В статье рассмотрены геометрические характеристики и особенности технологии изготовления конструктивных элементов сварных, клеёных и паяных сотовых панелей, используемых в звукопоглощающих конструкциях каналов воздухозаборников и кожухах двигателей. Рассмотрены преимущества и недостатки различных методов получения перфорации: метода сверления, электроэрозионного метода, перфорирования обшивок на дыропробивном прессе. Проанализированы преимущества и недостатки каждого метода. В работе представлена методика и получены зависимости для определения размеров заготовки и границ зон перфорации, а также схема технологического процесса формообразования перфорированных обшивок. При этом управляющая программа обтяжки разрабатывается с учётом геометрии пуансона, кинематики прессы, механических характеристик заготовки и математической модели процесса формообразования. Данная методика позволяет значительно уменьшить количество браковочных признаков процесса. Одной из важнейших проблем формообразования обшивок методом обтяжки является неравномерное распределение деформаций по поверхности заготовки. Для решения этой проблемы предложен способ снижения неравномерности деформаций по контуру заготовки при обтяжке обшивок за счёт специальных вставок, устанавливаемых на прессе.

Звукопоглощающая конструкция, сотовый наполнитель, перфорированная обшивка, формообразование, деформация.

Конструкции с сотовым наполнителем применяются в самолётах различных классов.

Особое место занимают сотовые панели, используемые в звукопоглощающих конструкциях (ЗПК) каналов воздухозаборников и кожухах двигателей.

Основными элементами сотовой конструкции являются перфорированные обшивки, сотовый наполнитель, сплошная обшивка [1].

В зависимости от числа слоёв наполнителя различают одно-, двух- и трёх-слойные конструкции (рис. 1).

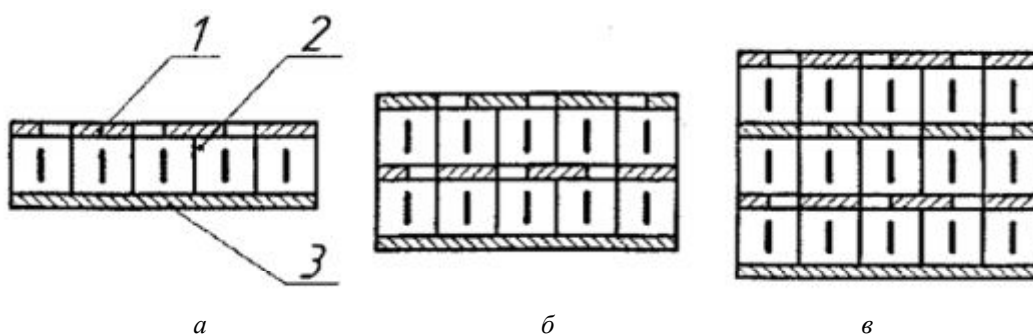




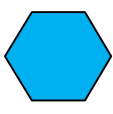
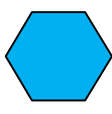
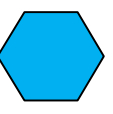
Рис. 1. Основные типы и элементы конструкций с сотовым наполнителем: 1 – перфорированная обшивка; 2 – сотовый наполнитель; 3 – сплошная обшивка однослойная (а); двухслойная (б) и трёхслойная (в)

В зависимости от вида соединения обшивок и наполнителей сотовые панели могут быть сварные, паяные и клеёные.

Материалы, применяемые для сотовых панелей ЗПК, а также геометрические

характеристики обшивок и наполнителей, зависят от вида их соединения и представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Параметры сотовых панелей ЗПК в зависимости от вида соединения обшивок и заполнителей

Параметр	Тип панелей в зависимости от соединения обшивок и заполнителя				
	Сварные и паяные		Клеёные		
	Обшивка				
Материал	ОТ4-1 ОСТ 1.90218-76	12X18Н10Т ТУ 1-805-096-80	Д19АТ		
Толщина, мм	0,3-0,5	0,3-0,5	1,0-1,2		
	Заполнитель				
Материал	ВТ1-0 ОСТ 1.90145-74	12X18Н10Т ТУ 1-805-096-80	ССП1-Т	ТССП10П	АМГ2-Н
Тип ячейки					
Размер стороны ячейки, мм	6,0	6,0	3,5; 4,2; 8,0	10,0	6,0
Толщина стенки ячейки, мм	0,08	0,08	0,2	0,2	0,04
Высота заполнителя, мм	10; 15; 20; 25	10; 15; 20; 25	5 и более	5 и более	5 и более

Сварные и паяные панели имеют заполнитель с ячейкой преимущественно ромбической формы, а заполнитель клеёных панелей изготавливают с шестигранной ячейкой.

Обшивки и заполнитель сварных и паяных панелей изготавливаются из титановых сплавов и нержавеющей стали. В клеёных конструкциях для обшивок применяются алюминиевые сплавы, а запол-

нитель выполняется из композиционных материалов [2].

Рассмотрим особенности технологии изготовления конструктивных элементов сотовых конструкций. Особый интерес представляют перфорированные обшивки. Возможности применения различных методов получения перфорации для металлических и композиционных материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Методы получения перфорации для различных материалов

Метод обработки	Металлические материалы	Композиционные материалы
Электроэрозионный метод		
Метод сверления		
Метод пробивки на прессе с ЧПУ		

Перфорирование обшивок методом сверления

Обшивки сверлят на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). С целью снижения трудоёмкости

сверление заготовок осуществляется в пакете. Пакет состоит из нескольких обшивок, соединённых друг с другом. Фиксация заготовок осуществляется по базовым отверстиям. В качестве жёсткого основа-

ния используется лист вторичного алюминия. Для уменьшения образования заусенцев используется прижим, обеспечивающий сжатие заготовок в зоне сверления.

Несмотря на простоту осуществления процесса метод сверления имеет недостатки. Наличие прижима не устраняет появление заусенцев до 0,2 мм. Их снятие, как правило, достаточно трудоёмко и ведёт к повреждению лакирующего слоя. При сверлении возможны поломки сверла, что может вызвать повреждение обшивки.

Процесс перфорирования обшивок методом сверления не получил развития в производстве. Сверление применяется, в основном, при сборке каналов воздухозаборников для обеспечения чёткого соответствия границ зон перфорации требованиям чертежа (досверливание). В настоящее время этот метод применяется при изготовлении обшивок из композиционных материалов.

Электроэрозионный метод перфорирования обшивок

Данный метод получения перфорации широко используется при изготовлении обшивок каналов воздухозаборников и кожухов шумоглушения двигателей из сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов.

Процесс перфорирования обшивок осуществляется двумя способами:

- в плоском виде с последующим формообразованием обшивок на заданную кривизну;
- в криволинейном виде после процесса обтяжки.

Перфорирование обшивок осуществляется на модернизированных станках типа СЭП-200.

Широкое применение данного метода определяется отсутствием альтернативных технологий получения перфорации, а также возможностью получения её на обшивках из высокопрочных материалов.

Недостатками метода являются высокая трудоёмкость процесса, отклонение положения отверстий от требований чер-

тежа в зоне перфорации, высокая шероховатость поверхности кромок отверстий, технические трудности перфорирования обшивок со степенью перфорации, превышающей 10%.

Перфорирование обшивок на дыропробивном прессе

Данный метод нашёл широкое применение в сельскохозяйственном машиностроении. При этом перфорирование листовых заготовок, как правило, прямоугольной формы, осуществляется в многорядных штампах.

С появлением прессового оборудования с ЧПУ технологические возможности процесса перфорирования значительно расширились. Пресс с ЧПУ позволяет получать перфорацию плоских заготовок криволинейной формы. Пробивка отверстий диаметром от 1 мм и более обеспечивает степень перфорации 20-30%.

С учётом сложной геометрической формы обшивок при перфорации используют пуансоны, как для групповой, так и для одиночной пробивки отверстий.

Данный метод перфорирования по сравнению с вышеприведёнными методами имеет ряд преимуществ. Перфорирование обшивок на дыропробивном прессе с ЧПУ обеспечивает высокую производительность процесса, точность положения отверстий в рядах, а также позволяет выполнять отверстия в широком диапазоне диаметров.

Наибольшую сложность представляют вопросы определения геометрических параметров перфорированных обшивок.

Разработана методика определения размеров исходной заготовки и границ зон перфорирования (рис. 2, 3).

Длина зоны перфорации по j сечению после деформирования определяется по формуле:

$$L_j = \varepsilon_j \left[1 + \frac{\varepsilon_{j06} \frac{h}{\mu} \left(\exp\left(\frac{\mu \gamma_j}{\eta}\right) - 1 \right)}{\gamma_j} \right], \quad (1)$$

где ε_j - деформация перфорированной обшивки в j сечении; ε_{j06} - деформация по вершине обшивки; η - коэффициент упругости; μ - коэффициент трения; γ_j - угол формообразования.

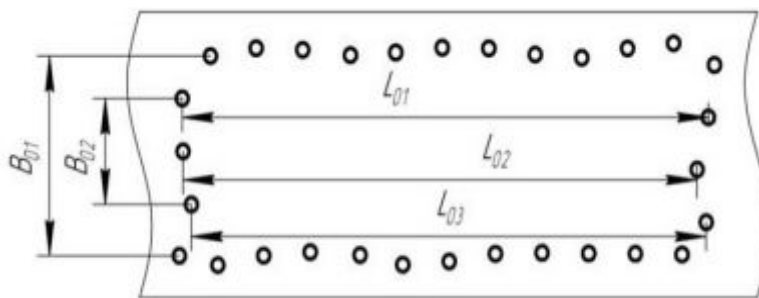


Рис. 2. Исходная заготовка до формообразования

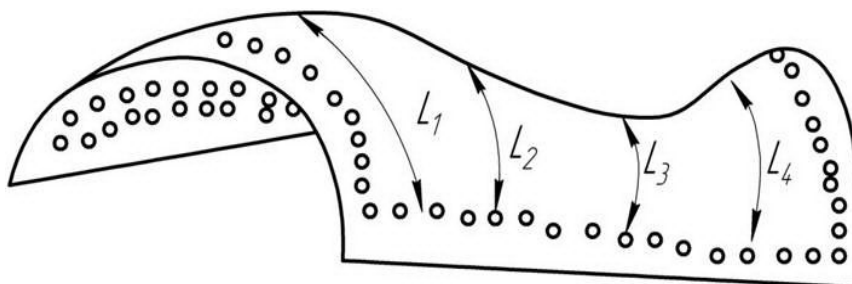


Рис. 3. Заготовка после формообразования

Определив величину ε_j , получим размеры исходной заготовки.

Начальная длина заготовки определяется по формуле:

$$L_{0j} = L_j - L_j \cdot \varepsilon_j, \quad (2)$$

где L_{0j} - длина заготовки в j сечении до формообразования; L_j - длина заготовки в j сечении после формообразования.

Начальная ширина заготовки определяется по формуле:

$$B_{0i} = \frac{B_i}{1 - \mu_{21} \varepsilon_i}, \quad (3)$$

где B_{0i} - ширина заготовки в i сечении до формообразования; B_i - ширина заготовки в i сечении после формообразования; μ_{21} - коэффициент анизотропии.

Таким образом, имея значения угла формообразования, конечной длины и ширины сечений перфорированной обшивки, коэффициентов упрочнения и трения, деформаций по сечениям, коэффициента анизотропии, можно получить размеры участков зон перфорирования исходной заготовки [3].

Схема формообразования перфорированных обшивок на прессе с ЧПУ приведена на рис. 5.

Схема технологического процесса формообразования перфорированных обшивок представлена на рис. 4. Управляющая программа процесса обтяжки раз-

рабатывается с учётом геометрии пуансона, кинематики пресса, механических характеристик заготовки, математической модели процесса формообразования [3].

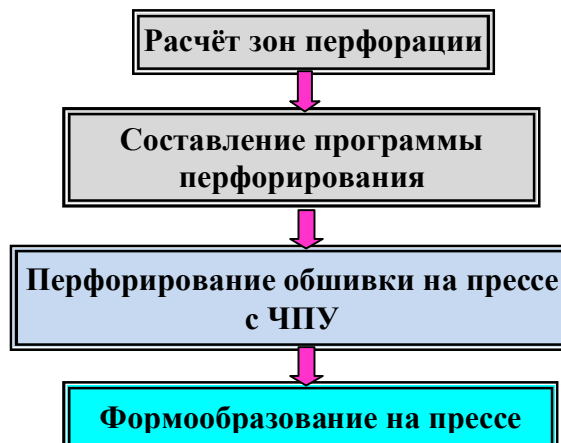


Рис. 4. Схема технологического процесса формообразования перфорированных обшивок

Браковочными признаками процесса формообразования перфорированных обшивок являются:

- пружинение;
- разрыв заготовки;
- неравномерное распределение деформаций по поверхности обшивки.

Разработан способ повышения равномерности деформаций за счёт специальных вставок, устанавливаемых на прессе [4].

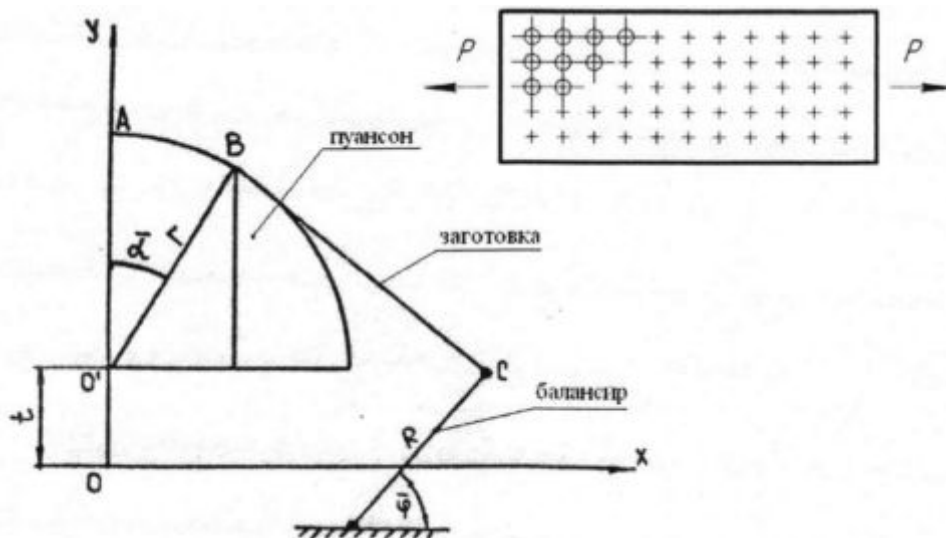


Рис. 5. Схема процесса обтяжки перфорированной обшивки на прессе с ЧПУ

Экспериментальные исследования осуществлялись обтяжкой перфорированных обшивок из алюминиевого сплава Д16АМ толщиной 1,2 мм.

Предварительно на заготовку наносилась делительная сетка с базой 200×300мм (рис. 6).

После обтяжки определялись деформации в продольном и поперечном направлениях. Затем рассчитывался коэффициент равномерности деформаций:

$$K = \frac{\epsilon_{min}}{\epsilon_{max}}, \quad (4)$$

где $\epsilon_{min}, \epsilon_{max}$ - значения минимальных и максимальных деформаций.

Сравнительные характеристики результатов формообразования по базовому и новому технологическому процессам приведены на рис. 7. Из графиков видно, что предложенный способ формообразования перфорированных обшивок с применением вставок позволяет значительно снизить неравномерность поля деформаций на поверхности обшивки.

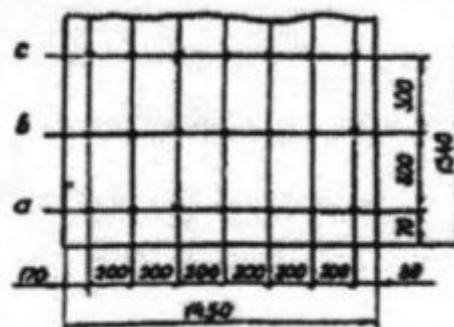
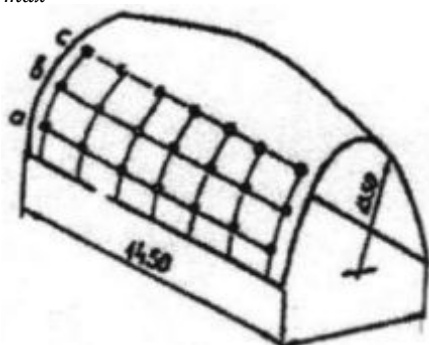


Рис. 6. Схема нанесения делительной сетки на заготовку

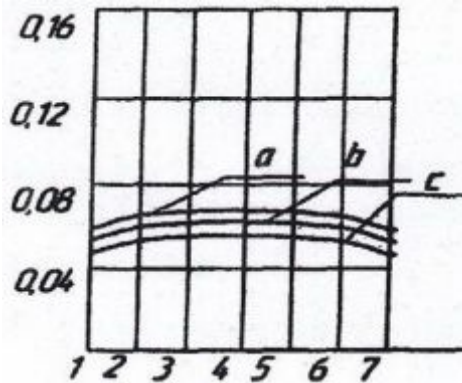
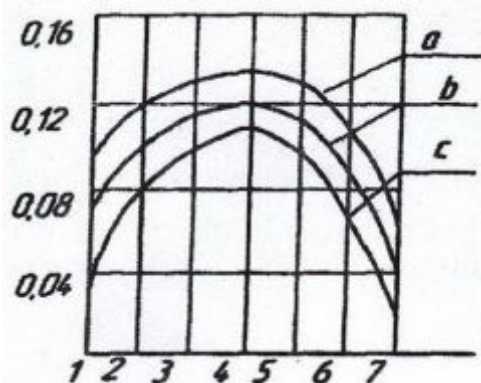


Рис. 7. Распределение деформаций по длине заготовки при её растяжении

Библиографический список

1. Панин В.Ф. Конструкции с сотовым заполнителем. М.: Машиностроение, 1982. 152 с.
2. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с заполнителем: справочник. М.: Машиностроение, 1991. 272 с.
3. Молод М.В., Жуков Н.В. Максименков В.И. Особенности технологии изготовления элементов конструкций сотовых панелей // Труды XIV Всероссийской научно-технической конференции и школы молодых учёных, аспирантов и студентов «Авиакосмические технологии (АКТ-2013)». Воронеж: ВГТУ, 2013. С. 206-216.
4. Одинг С.С. Оптимизация формообразования оболочек двойной кривизны на обтяжном оборудовании с ЧПУ // Кузнечно-штамповочное производство. 1985. № 3. С. 31-33.

Информация об авторе

Молод Марина Владиславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры самолётостроения, Воронежский государственный технический университет. E-mail: MolodMV@yandex.ru. Область научных интересов: звукопоглощающие конструкции, обработка давлением.

SPECIFYING PERFORATED SKIN PARAMETERS IN MANUFACTURING HONEYCOMB PANELS OF SOUNDPROOF STRUCTURES

© 2014 M.V. Molod

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

The article describes the geometric characteristics and features of technology of constructive elements of welded, glued and brazed honeycomb panels used in sound-absorbing constructions channels air intakes and engine casings. Discusses the advantages and disadvantages of various methods for obtaining the perforation drilling electric discharge method: a method of punching sheet at press. Analyse the advantages and disadvantages of each method. In the technique and the dependences for determination of harvesting and the perforation zone boundaries, as well as forming process diagram of perforated paneling. The managing foiling program is developed to meet the geometry, kinematics of the punch press, mechanical characteristics and mathematical model of process of formation. This technique allows you to significantly reduce the number of signs of rejection of the process. One of the most important problems of forming plating method of covering is the uneven distribution of deformations on the surface of the workpiece. To solve this problem, the proposed method of reducing inequality deformation along the contour of the workpiece from the special inserts installed in the press.

Sound-absorbing construction, honeycomb panel, perforated trim, forming, deformation.

References

1. Panin V.F. Konstrukcii s sotovym zapolnitelem [Constructions with honeycomb placeholder]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1982. 152 p.
2. Panin V.F., Gladkov Y.A. Konstrukcii s zapolnitelem: spravochnik [Constructions with placeholder: Guide]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1991. 272 p.
3. Molod M.V., Zhukov N.V., Maksimenkov V.I. Features of technology of structural elements honeycomb panels // Proceedings of the XIV all-Russian scientific and technical conference and the school of young scientists, post-graduate students and students «Aerospace technologies (ACT-2013)». Voronezh: Voronezh State Technical

Universiny Publ., 2013. P. 206-216. (In Russ.)

4. Oding S.S. Optimization of foeducation membranes double curvature on obtâžnom

CNC // Forging and Stamping Production. 1985. No. 3. P. 31-33. (In Russ.)

About the author

Molod Marina Vladislavovna, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the aircraft manufacturing department, Voronezh State Technical Univer-

sity. E-mail: MolodMV@yandex.ru. Area of Research: sound-absorbing constructions, the pressure treatment.