РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19)RU (11)2256556 (13)C2

(51) МПК [7] **B29C59/00, B29D16/00**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 18.01.2011 - действует

(21), (22) Заявка: **2003110232/12, 04.04.2003**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.04.2003

(43) Дата публикации заявки: **27.12.2004**

(45) Опубликовано: **20.07.2005**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2057647 C1, 10.04.1996. RU 2100120 C1, 27.12.1997. US 5918586 A, 06.07.1999. RU 1706148 A1, 27.11.1996. RU 2118217C1, 27.08.1998.**

Адрес для переписки:
420111, г.Казань, ул. Карла Маркса, 10, Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

(72) Автор(ы):
Халиулин В.И. (RU),
Двоеглазов И.В. (RU),
Меняшкин Д.Г. (RU),
Батраков В.В. (RU)

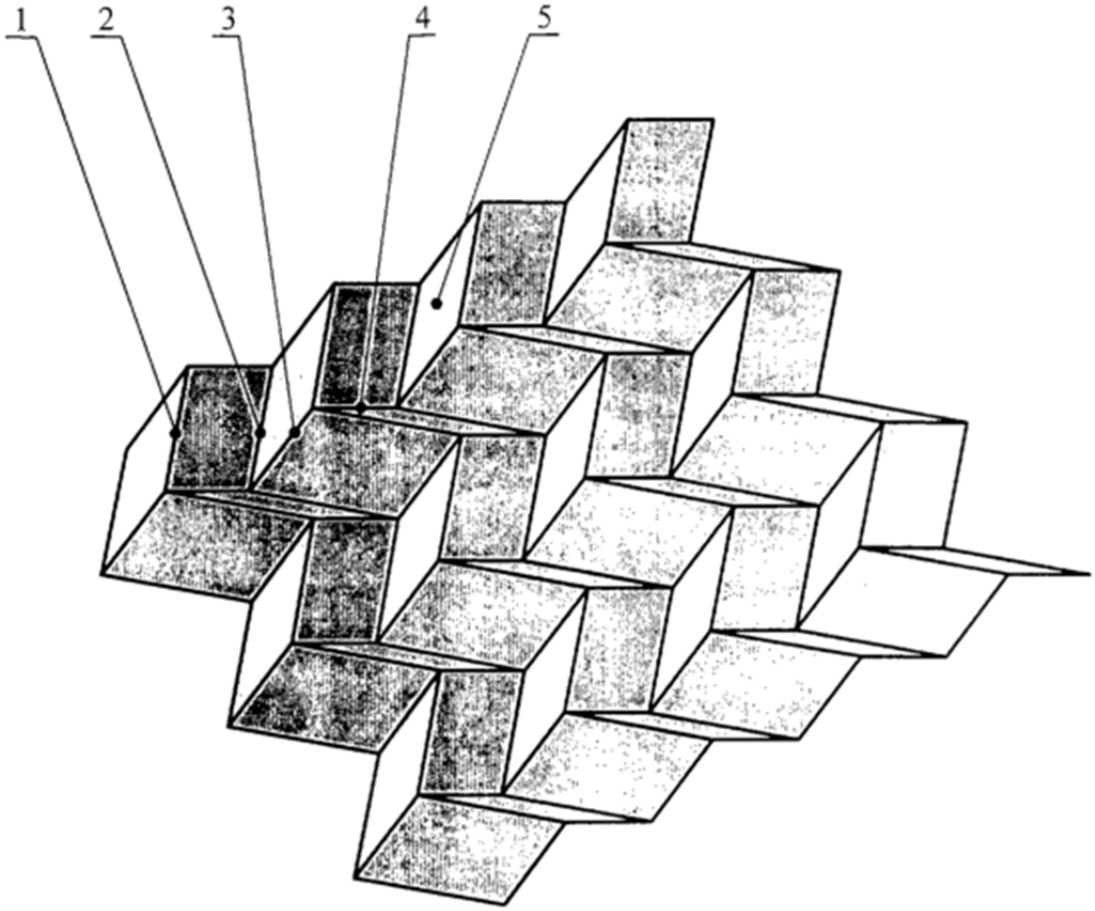
(73) Патентообладатель(и):
Халиулин Валентин Илдарович (RU),
Двоеглазов Игорь Владимирович (RU),
Меняшкин Дмитрий Георгиевич (RU),
Батраков Владимир Владимирович (RU)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯ С ЗИГЗАГООБРАЗНОЙ ГОФРИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологии изготовления гофрированных конструкций со складчатой структурой, используемых в качестве заполнителя многослойных панелей. Оно может быть применено в производстве летательных аппаратов, транспортном машиностроении, строительстве. Сущность изобретения состоит в том, что формообразованию детали с зигзагообразной гофрированной структурой предшествует местное ослабление жесткости заготовки вдоль линий разметки в зонах предполагаемого изгиба путем формирования канавок по зигзагообразным линиям выступов, определяющим положение выступов структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющим выступы по этим линиям в структуре, с одной стороны заготовки и по зигзагообразным линиям впадин, определяющим положение впадин структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющим впадины по этим линиям в структуре, с другой стороны заготовки. Во всех узлах пересечения линий на разметке заготовки

формируют углубления. Ослабление жесткости заготовки можно провести путем пробивки сквозных отверстий малого диаметра по всем линиям разметки. После формирования канавок и углублений заготовке можно придать пологий рельеф согласно заданной зигзагообразной гофрированной структуре, тогда формообразование зигзагообразной гофрированной структуры реализуется дожатием заготовки с полученным пологим рельефом до структуры с заданной густотой рельефа. Способ позволяет с высокой точностью получить заполнитель с зигзагообразной гофрированной структурой из твердолистовых материалов. 2 н. и 3 з.п.ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к технологии изготовления гофрированных конструкций со складчатой структурой из тонколистовых материалов: бумаги, картона, металлов. Оно может быть использовано в производстве летательных аппаратов, транспортном машиностроении, строительстве.

Известен способ изготовления зигзагообразного гофра, реализованный в устройстве, защищенном патентом РФ №2118217, МКИ B 21 D 13/00. Устройство для гофрирования листового материала, В.И. Халиулин, И.В. Двоеглазов, опубл. Бюл. №24 от 27.08.1998 г. - [1]. Способ заключается в том, что тонколистовую заготовку устанавливают в формообразующий узел в виде двух трансформируемых матриц, образующих герметичную полость, и формообразуют изделие путем создания в герметичной полости вакуума.

Недостатком указанного способа является низкая точность Z-образного гофра ввиду большого влияния точности позиционирования трансформируемых матриц по отношению друг к другу, так как они являются многозвенными механизмами с большим количеством

шарниров, и незначительное отклонение какого-либо звена от номинального положения приводит к искажению формы зарождающегося рельефа и, как следствие, к низкой точности изделия, кроме того, здесь происходит образование значительных радиусов округления по ребрам изгиба.

Известен способ изготовления заполнителя со структурой типа Z-образного гофра, заключающийся в укладке пропитанного связующим листа армирующей ткани на трансформируемую формозадающую оправку, герметизации с помощью вакуумного мешка, выведении оправки в рельефное состояние и формовании изделия под действием атмосферного давления - (Патент РФ №1706148, МКИ B 32 B 15/00, B 29 C 59/00. Устройство для изготовления изделий сложного профиля из композиционного материала, В.И.Халиулин, В.Е.Десятов, опубл. Бюл. №16 от 12.06.1996 г.) - [2].

Недостатком данного способа является то, что он позволяет формовать изделия только из композиционных материалов и неприменим при использовании в качестве заготовки твердолистовых материалов.

Известен способ изготовления заполнителя типа Z-образного гофра, состоящий из предварительного формирования гофра с трапециевидной направляющей и линейной образующей, поперечного оппозитного выворачивания гофра до формирования заданного ячеистого рельефа - (Патент РФ №2100120, МКИ B 21 D 13/00, 13/02. Способ изготовления зигзагообразного гофра (варианты) и устройство для его осуществления, В.И.Халиулин, Е.А.Скрипкин, опубл. Бюл. №36 от 27.12.1997 г.) - [3].

Недостатком указанного способа является невысокая точность рельефа Z-образного гофра в силу того, что в местах изгиба образуются скругления с радиусом значительной величины.

Известен способ изготовления заполнителя складчатой структуры типа Z-образного гофра из композиционного материала, принятый за прототип, включающий укладку плоского листа ткани, ослабление жесткости заготовки за счет нанесения на ткань связующего дискретно по участкам, образующим боковые грани заполнителя, с получением полос непропитанной ткани по линиям соединения боковых граней, отверждение связующего и деформирование заготовки согласно профилю ячеек - (Патент РФ №2057647, МКИ B 29 D 9/00, Способ изготовления заполнителя из композиционного материала, В.И.Халиулин, В.Е.Десятов, опубл. Бюл. №10 от 10.04.1996 г.) - [4].

Недостатком указанного способа являются его ограниченные технологические возможности, так как он применим только к изготовлению заполнителя из композиционных материалов.

Изобретение решает задачу изготовления заполнителя с зигзагообразной гофрированной структурой высокой точности из твердолистовых материалов.

Поставленная задача решается тем, что по способу изготовления заполнителя с зигзагообразной гофрированной структурой для многослойной панели, включающему местное ослабление жесткости заготовки вдоль линий разметки в зонах предполагаемого изгиба и формообразование заготовки согласно форме ячеек зигзагообразной структуры, местное ослабление жесткости на твердолистовой заготовке осуществляют формированием канавок по зигзагообразным линиям выступов, определяющим положение выступов структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющих выступы по этим линиям в структуре, с одной стороны заготовки и по зигзагообразным

линиям впадин, определяющим положение впадин структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющих впадины по этим линиям в структуре, с другой стороны заготовки, при этом формируют углубления во всех узлах пересечения на разметке заготовки зигзагообразных линий выступов и зигзагообразных линий впадин с пилообразными линиями с соответствующей стороны заготовки.

Кроме того, после формирования канавок и углублений заготовке можно придать пологий рельеф согласно заданной зигзагообразной гофрированной структуре, при этом максимально допустимую глубину рельефа H_{max} определяют по формуле:

$$H_{max} < \frac{S_0 L_0}{\sqrt{S_0^2 + V_0^2}} \cdot \sqrt{\delta_p \cdot (2 + \delta_p)},$$

где δ_p - максимально допустимое равномерное удлинение, S_0, L_0, V_0 - параметры разметки на развертке, а именно: S_0 - шаг между пилообразными линиями; L_0 - шаг между зигзагообразными линиями; V_0 - амплитуда зигзагообразных линий на разметке.

Тогда формообразование зигзагообразной гофрированной структуры проводят путем дожатия заготовки с полученным пологим рельефом до структуры с заданной густотой рельефа.

По способу изготовления заполнителя с зигзагообразной гофрированной структурой для многослойной панели, включающему местное ослабление жесткости заготовки вдоль линий разметки в зонах предполагаемого изгиба и формообразование заготовки согласно форме ячеек зигзагообразной структуры, местное ослабление жесткости на твердолистовой заготовке ведут путем пробивки отверстий малого диаметра по зигзагообразным линиям выступов, зигзагообразным линиям впадин и пилообразным линиям заданной зигзагообразной гофрированной структуры с одной из сторон заготовки.

Сущность изобретения поясняется на Фиг.1 - Фиг.5, где:

Фиг.1 - Зигзагообразная гофрированная структура (складчатый заполнитель со структурой типа "z-гофр").

Фиг.2а-2в - Развертка зигзагообразной гофрированной структуры: а - разметка структуры; б - сечения А-А, В-В, С-С, D-D развертки зигзагообразной гофрированной структуры с канавками; в - фрагменты I и II структуры с углублениями в узловых зонах.

Фиг.3а-3в - Заготовка с пологим зигзагообразным рельефом с последующим его дожатием до структуры с заданной густотой рельефа: а - заготовка в состоянии пологого рельефа; б - формообразование рельефа дожатием до нужной густоты рельефа; в - готовая деталь с зигзагообразной гофрированной структурой.

Фиг.4а-4б - Заготовка с ослаблением жесткости путем пробивки отверстий малого диаметра по всем линиям разметки: а - развертка; б - сечения А-А, В-В развертки с отверстиями.

Фиг.5 - Картина образования пологого зигзагообразного рельефа штамповкой: а - фрагмент заготовки с пологим рельефом на опорах; б – вид сверху на фрагмент заготовки; в - сечение фрагмента заготовки плоскостью, перпендикулярной зигзагообразным линиям;

г - схема расчета размеров.

Структура заполнителя характеризуется зигзагообразными линиями выступов 1, зигзагообразными линиями впадин 2, отрезками 3 пилообразных линий, по которым образуются выступы, и отрезками 4 пилообразных линий, по которым образуются впадины, и боковыми гранями 5. Заполнитель имеет складчатую структуру, т.е. разворачивается на плоскость без разрывов и наложения материала. Характерные для заполнителя линии на развертке обозначены теми же цифрами. Разметка на развертке задается параметрами S_0, L_0, V_0 (фиг.2а), где S_0 - шаг между пилообразными линиями; L_0 - шаг между зигзагообразными линиями; V_0 - амплитуда зигзагообразных линий на разметке.

В сечениях A-A, B-B, C-C, D-D (Фиг.2б) видны канавки 6 и 7 на соответствующей стороне заготовки. На увеличенных фрагментах заготовки I (с верхней) и II (с нижней) стороны видны углубления 8 и 9 в узлах пересечения зигзагообразных и пилообразных линий (фиг.2в).

Картина формообразования пологого рельефа показана на Фиг.5а. На Фиг.5б показан вид сверху на заготовку, где изображены направления минимальных O^{α} и максимальных O^{β} деформаций при формообразовании. На фиг.5в показано сечение заготовки, в котором имеют место наибольшие деформации. Из фигуры видна связь между глубиной рельефа H, длиной волокна q, испытывающего максимальное относительное удлинение, и длиной этого же волокна в деформированном состоянии Q. На фиг.5г показана схема, позволяющая установить связь между длиной волокна q и технологическими параметрами разметки.

Способ реализуют следующим образом.

На первом этапе на плоской твердолистовой заготовке формируют канавки (Фиг.2): по зигзагообразным линиям выступов 1, определяющим положение выступов структуры, и по отрезкам пилообразных линий 3, определяющих выступы по этим линиям в структуре, с одной (например, нижней) стороны заготовки, а по зигзагообразным линиям впадин 2, определяющим положение впадин структуры, и по отрезкам пилообразных линий 4, определяющих впадины по этим линиям структуры, с другой (соответственно верхней) стороны заготовки. Сформированные канавки 6 и 7 ослабляют изгибную жесткость материала и обеспечивают точное позиционирование очагов деформации по линиям изгиба, сводя к минимуму влияние погрешностей настройки оборудования, осуществляющего формообразование Z-образного гофра. Кроме того, по самим линиям изгиба образуются четко выраженные ребра с малыми радиусами скругления. Все это приводит к повышению точности структуры заполнителя.

Формирование канавок можно осуществить с помощью штампов на прессе или ротационным способом с помощью валков с ребрами, обеспечивающих заданный рисунок разметки.

Эффект ослабления жесткости заготовки (линий перегиба на разметке) может быть усилен, если во всех узлах пересечения линий на разметке выполнить углубления (позиция на Фиг.2а, 2в), причем если узел располагается на зигзагообразной линии выступов, то углубление выполняют с нижней стороны, а если узел лежит на зигзагообразной линии впадин, то - с верхней стороны заготовки.

Ослабление жесткости заготовки по линиям перегиба может быть осуществлено путем пробивки отверстий малого диаметра по всем линиям разметки (Фиг.4). Это можно осуществить известным путем, например, штамповкой, обработкой лазерным лучом или электрохимической обработкой, причем такое ослабление жесткости проводят с одной из сторон заготовки, что упрощает процесс получения ослабления заготовки вдоль линий перегиба.

На втором этапе из заготовки с выполненными на ней канавками или отверстиями формообразуют зигзагообразную гофрированную структуру. При этом линии изгиба образуются по канавкам либо по местам пробивки отверстий, определяющим положение зигзагообразных и пилообразных линий структуры. В результате получаем объемную конструкцию заполнителя складчатого типа - Фиг.1.

Формообразование заполнителя из заготовки с канавками либо с пробитыми отверстиями по линиям разметки может быть осуществлено с помощью устройств для гофрирования, предложенных в литературе [1] и [3].

Формообразование Z-образного гофра из заготовок с канавками можно реализовать на более простом оборудовании, если после выполнения канавок сформировать у заготовки пологий рельеф со структурой Z-образного гофра. Тогда необходимую зигзагообразную гофрированную структуру можно получить путем дожатия заготовки с пологим рельефом до изделия с заданной густотой рельефа (Фиг.3а- 3в):

Пологий рельеф можно получить одним из известных методов листовой штамповки с вытяжкой материала, например внедрением пуансонов по линиям изгиба, как показано на Фиг.5а. Максимальная глубина пологого рельефа H_{max} зависит от параметров разметки и ограничивается пластическими свойствами материала заготовки, которые определяются для листовых материалов величиной δ_p - максимальным допустимым равномерным удлинением (Романовский В.П.Справочник по холодной штамповке. - 6-изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979, 520 с.) - [5].

Определим связь между текущей глубиной рельефа H, максимальной деформацией в материале заготовки и параметрами разметки $2S_0$, $2L_0$, V_0.

На первом этапе найдем на гранях заготовки направления, по которым материал испытывает максимальные удлинения, т.е. имеют место главные деформации (Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Учебник для втузов. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. - 512 с.) - [6].

Введем вспомогательную систему координат $^{\alpha}O^{\beta}$, у которой ось O^{α} совпадает с отрезком зигзагообразной линии впадин CD (Фиг.5б). Деформации в направлении O^{α} обозначим ϵ_{α}, а в направлении оси O^{β} - ϵ_{β}.

Процесс деформирования заготовки с целью придания пологой зигзагообразной гофрированной структуры характеризуется следующими особенностями:

- в силу регулярности структуры все ее грани находятся в одинаковых условиях деформирования, поэтому достаточно рассмотреть одну из них, например ABCD (фиг.5б);

- отрезок зигзагообразной линии впадин CD при деформировании перемещается плоскопараллельно в вертикальной плоскости, всегда оставаясь параллельным отрезку AB;

- все точки, лежащие на отрезках AD и BC, перемещаются в вертикальных параллельных плоскостях по вертикальным линиям.

В итоге можно заключить, что волокна материала, расположенные параллельно ребрам AB и DC, удлинения не испытывают, т.е. деформация в этом направлении $\epsilon\alpha$=0.

Как следствие, из положения теории о главных напряжениях и главных деформациях [6], деформации $\epsilon\beta$ в направлении O^{β} будут максимальными (главными). Значит, именно они будут являться критерием ограничения глубины рельефа H_{max}.

Рассмотрим грань ABCD в сечении К-К, перпендикулярном оси O^{α} (Фиг.5г).

Длину Q деформированного волокна можно определить через его первоначальную длину q и деформацию в этом направлении $\epsilon\beta$ по формуле

$$Q=q(1+\epsilon\beta). \quad (1)$$

Тогда по теореме Пифагора можно найти глубину рельефа H:

$$H = \sqrt{q^2(1 + \varepsilon\beta)^2 - q^2} = q\sqrt{\varepsilon\beta(2 + \varepsilon\beta)}. \qquad (2)$$

Выразим q через параметры разметки $2S_0$, $2L_0$, V_0.

Рассмотрим параллелограмм ABCD (Фиг.5г). Проведем перпендикуляр AF из точки A на сторону BC и перпендикуляр CE из точки C на сторону AB. Образовавшиеся треугольники CBE и ABF подобны по равенству двух углов.

Из подобия треугольников следует, что

$$\frac{q}{S_0} = \frac{L_0}{AB}, \text{ откуда}$$

$$q = \frac{S_0 L_0}{AB}. \qquad (3)$$

Величину AB найдем из ΔABF по теореме Пифагора:

$$B = \sqrt{S_0^2 + V_0^2}. \qquad (4)$$

Подставив (4) в (3), получим

$$q = \frac{S_0 L_0}{\sqrt{S_0^2 + V_0^2}}. \qquad (5)$$

Подставим (5) в выражение (2), получим формулу

$$H = \frac{S_0 L_0}{\sqrt{S_0^2 + V_0^2}} \cdot \sqrt{\varepsilon\beta(2 + \varepsilon\beta)}. \qquad (6)$$

Для определения максимальной допустимой высоты рельефа H_{max} заменим в формуле (6) деформацию $\varepsilon\beta$ на максимально допустимое равномерное удлинение δ_p:

$$H_{max} < \frac{S_0 L_0}{\sqrt{S_0^2 + V_0^2}} \cdot \sqrt{\delta_p(2 + \delta_p)}. \qquad (7)$$

В правой части формулы (7) величина максимального допустимого равномерного удлинения δ_p находится по ГОСТ 11701-84 “Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент” [7] или может быть найдена в справочниках по холодной листовой штамповке, например [5]. Величины S_0,L_0, V_0 задаются как параметры разметки.

В итоге формула (7) позволяет определить максимально допустимую глубину рельефа H_{max}, которую можно придать заготовке перед ее окончательным формообразованием.

Таким образом, предложен способ, который позволяет получить из твердолистовых материалов заполнитель с зигзагообразной гофрированной структурой с высокой точностью, причем он может быть реализован с помощью известных технологий, оборудования и материалов.

Использованные источники

1. Патент РФ №2118217, МКИ B 21 D 13/00, Устройство для гофрирования листового материала, В.И.Халиулин, И.В.Двоеглазов, опубл. Бюлл. №24 от 27.08.1998.

2. Патент РФ №1706148, МКИ B 32 B 15/00, B 29 C 59/00, Устройство для изготовления изделий сложного профиля из композиционного материала, В.И.Халиулин, В.Е.Десятов, опубл. Бюлл. №16 от 12.06.1996.

3. Патент РФ №2100120, МКИ B 21 D 13/00, 13/02, Способ изготовления зигзагообразного гофра (варианты) и устройство для его осуществления, В.И.Халиулин, Е.А.Скрипкин, опубл. Бюлл. №36 от 27.12.1997.

4. Патент РФ №2057647, МКИ B 29 D 9/00, Способ изготовления заполнителя из композиционного материала, В.И, Халиулин, В.Е. Десятов, опубл. Бюлл. №10 от 10.04.1996.

5. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. - 6-изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979, 520 с.

6. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Учебник для втузов. - М.: Наука. Гл. ред.

физ.-мат. лит., 1986. - 512 с.

7. ГОСТ 11701-84 “Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент” введен в действие Гос.Ком. СССР по стандартам от 17.07.84 №2514.

Формула изобретения

1. Способ изготовления заполнителя с зигзагообразной гофрированной структурой для многослойной панели, включающий местное ослабление жесткости заготовки вдоль линий разметки в зонах предполагаемого изгиба и формообразование заготовки согласно форме ячеек зигзагообразной структуры, отличающийся тем, что местное ослабление жесткости на твердолистовой заготовке ведут формированием канавок по зигзагообразным линиям выступов, определяющим положение выступов структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющих выступы по этим линиям в структуре, с одной стороны заготовки и по зигзагообразным линиям впадин, определяющим положение впадин структуры, и по отрезкам пилообразных линий, определяющих впадины по этим линиям в структуре, с другой стороны заготовки.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что формируют углубления во всех узлах пересечения на разметке заготовки зигзагообразных линий выступов и зигзагообразных линий впадин с пилообразными линиями с соответствующей стороны.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что после формирования канавок и углублений заготовке придают пологий рельеф согласно заданной зигзагообразной гофрированной структуре, при этом максимально допустимую глубину рельефа H_{max} определяют по формуле

$$H_{max} < \frac{S_0 L_0}{\sqrt{S_0^2 + V_0^2}} \cdot \sqrt{\delta_p(2 + \delta_p)},$$

где H_{max} - максимально допустимая глубина рельефа,

S_0 - шаг между пилообразными линиями;

L_0 - шаг между зигзагообразными линиями;

V_0 -амплитуда зигзагообразных линий на разметке;

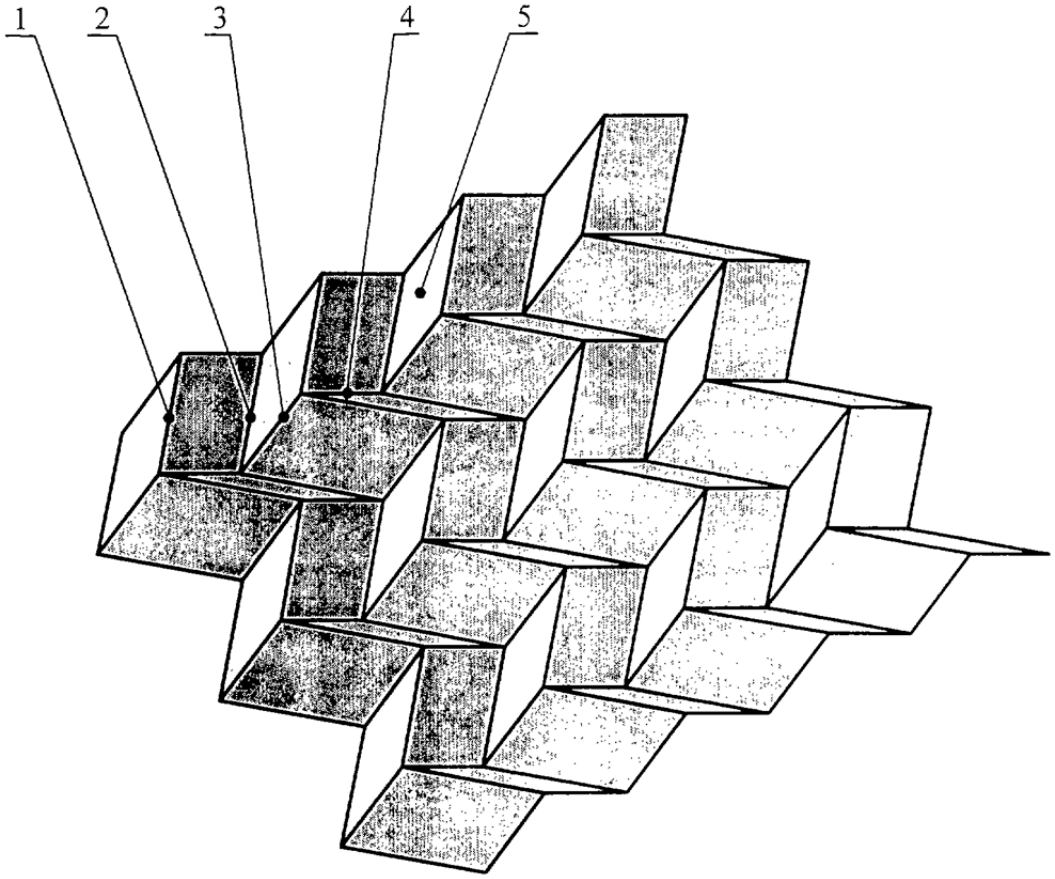
δ_p - максимально допустимое равномерное удлинение.

4. Способ по п.1 или 3, отличающийся тем, что формообразование зигзагообразной гофрированной структуры ведут дожатием заготовки с полученным пологим рельефом до структуры с заданной густотой рельефа.

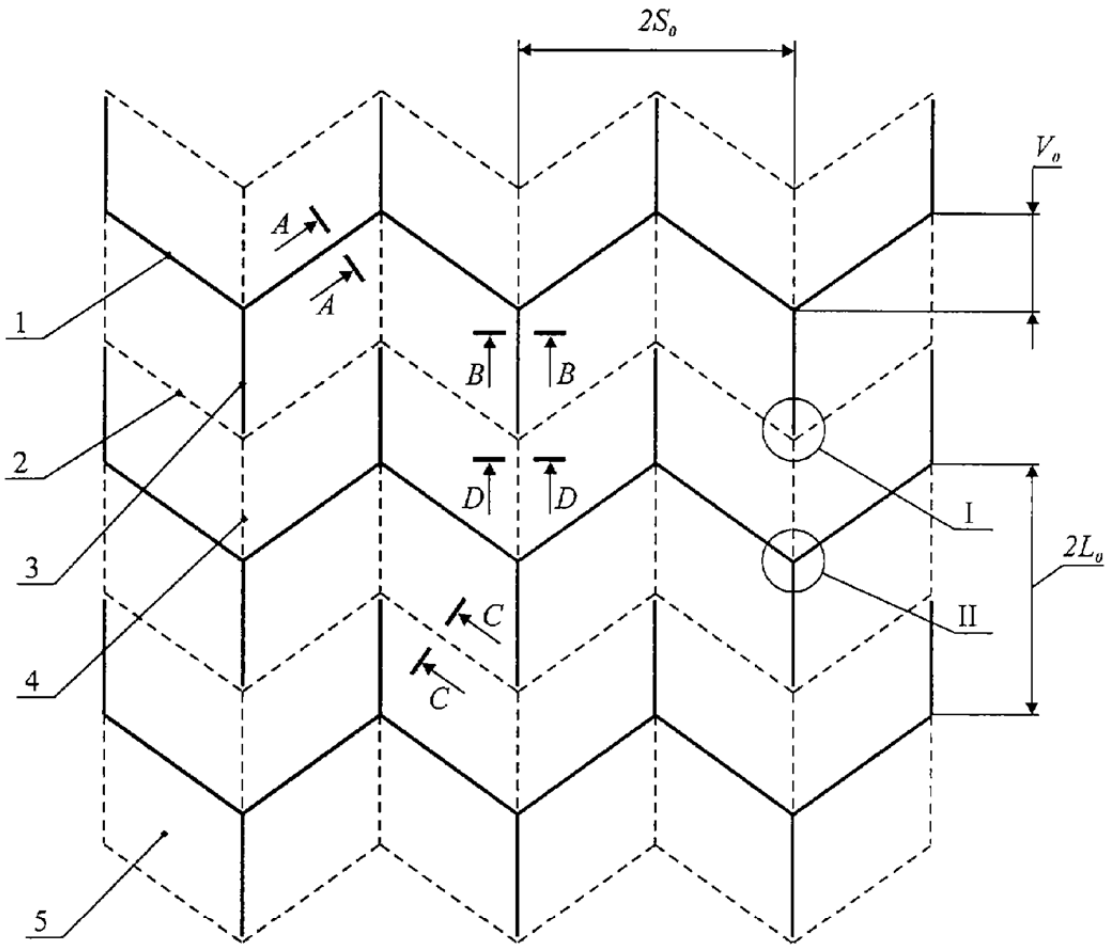
5. Способ изготовления заполнителя с зигзагообразной гофрированной структурой для многослойной панели, включающий местное ослабление жесткости заготовки вдоль линий разметки в зонах предполагаемого изгиба и формообразование заготовки согласно форме ячеек зигзагообразной структуры, отличающийся тем, что местное ослабление жесткости на твердолистовой заготовке ведут путем пробивки отверстий малого диаметра

по зигзагообразным линиям выступов, зигзагообразным линиям впадин и пилообразным линиям заданной зигзагообразной гофрированной структуры с одной из сторон заготовки.

РИСУНКИ

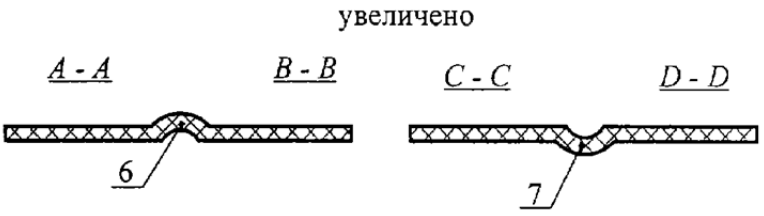


Фиг. 1



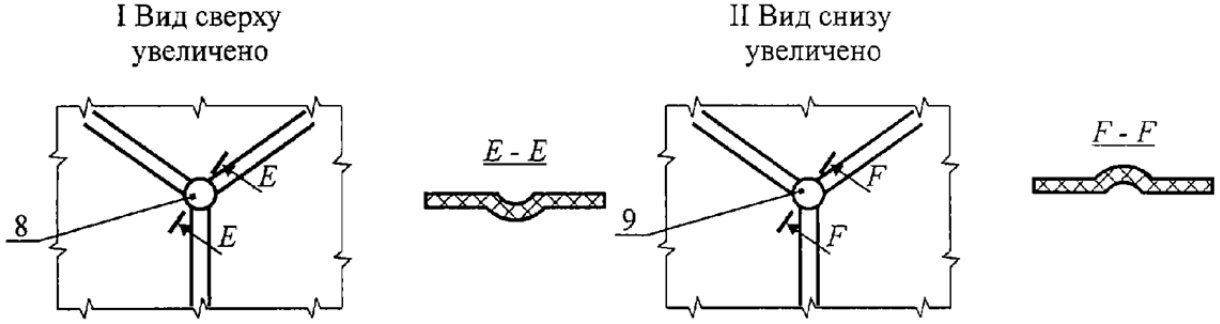
$2S_0$
V_0
$2L_0$
A
A
B
B
D
D
C
C
I
II
1
2
3
4
5

а



увеличено
A - A
B - B
C - C
D - D
6
7

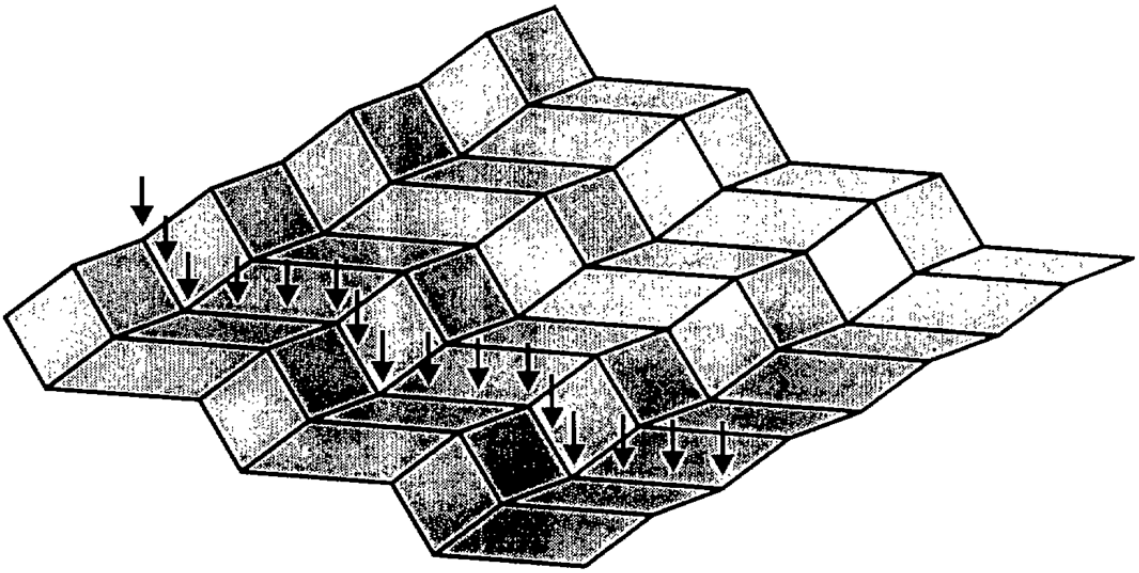
б



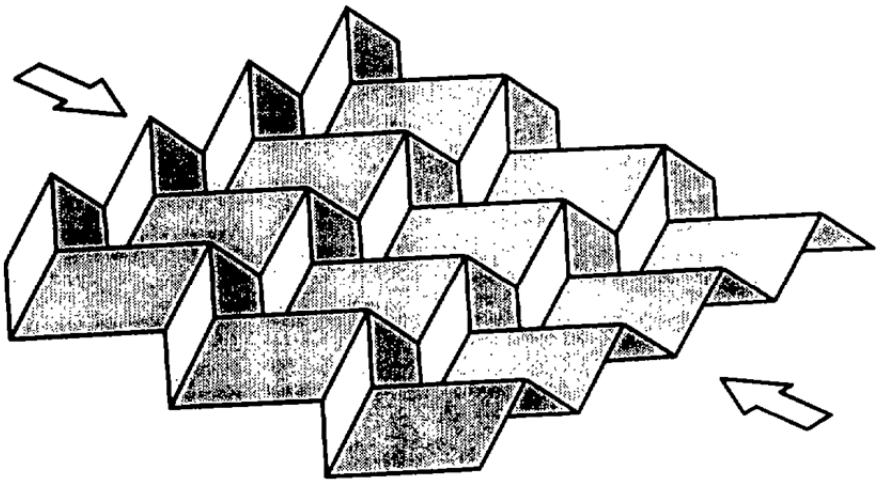
I Вид сверху
увеличено
II Вид снизу
увеличено
E - E
F - F
E
E
F
F
8
9

в

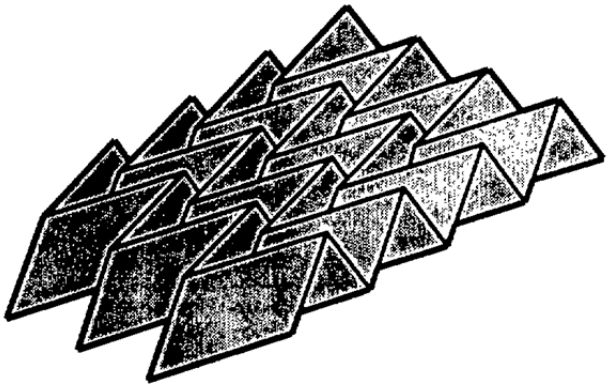
Фиг. 2



а

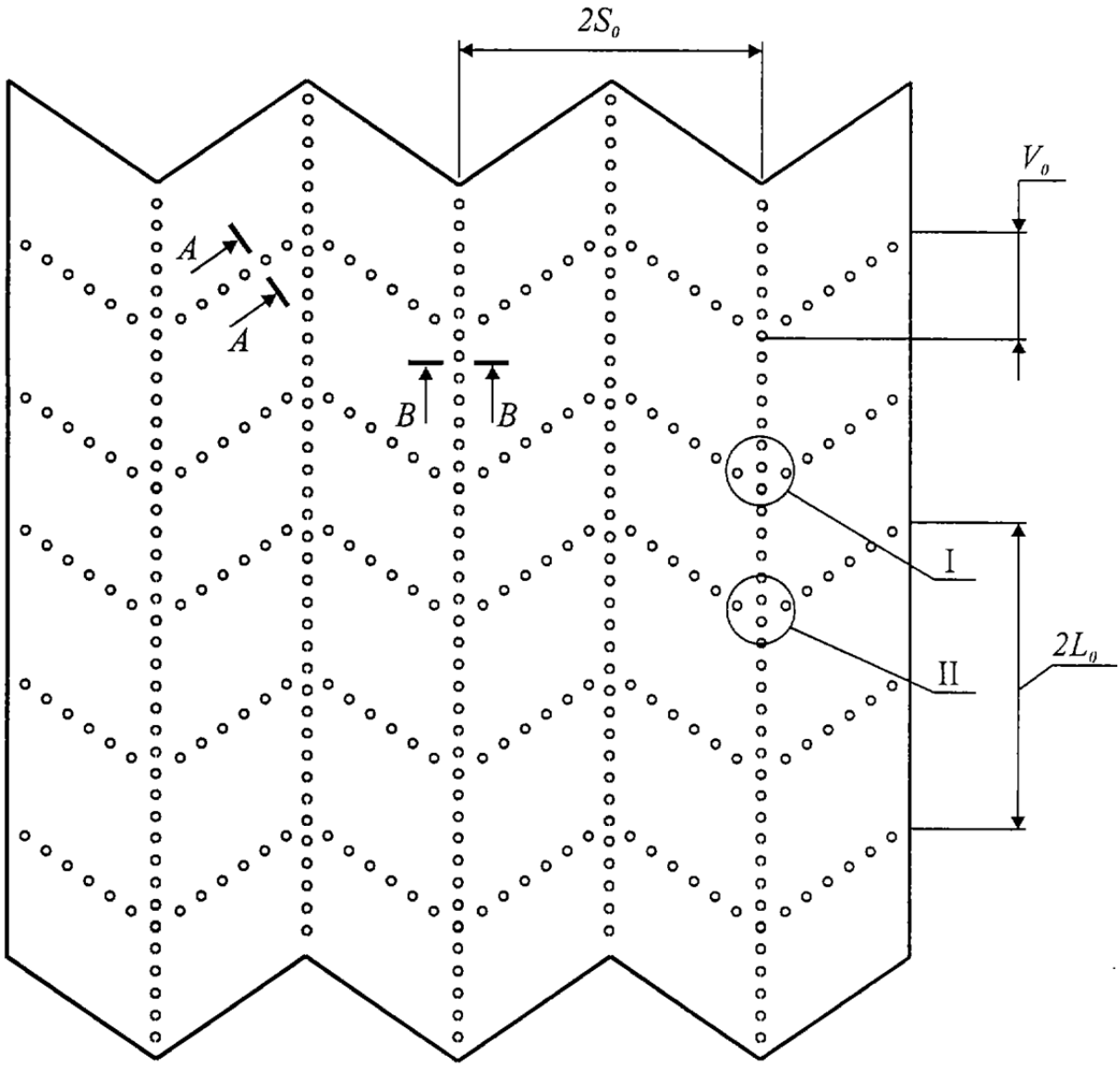


б



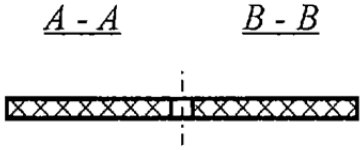
в

Фиг. 3

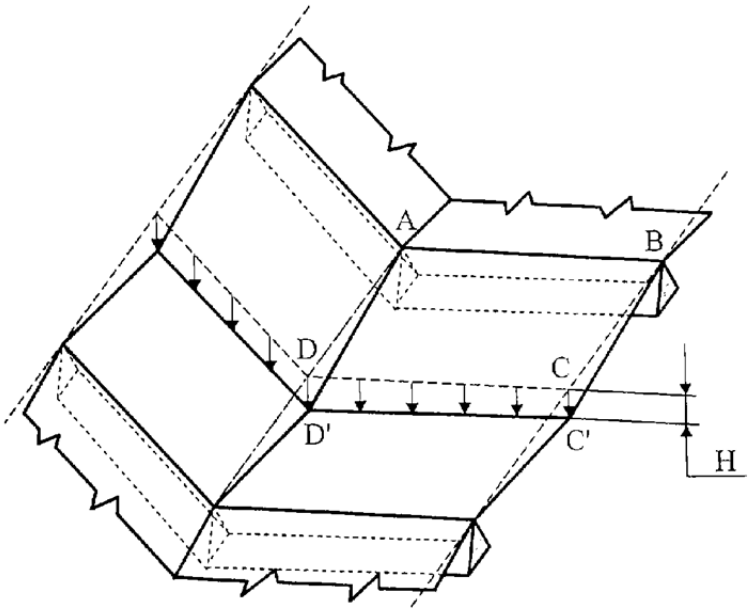


а

увеличено

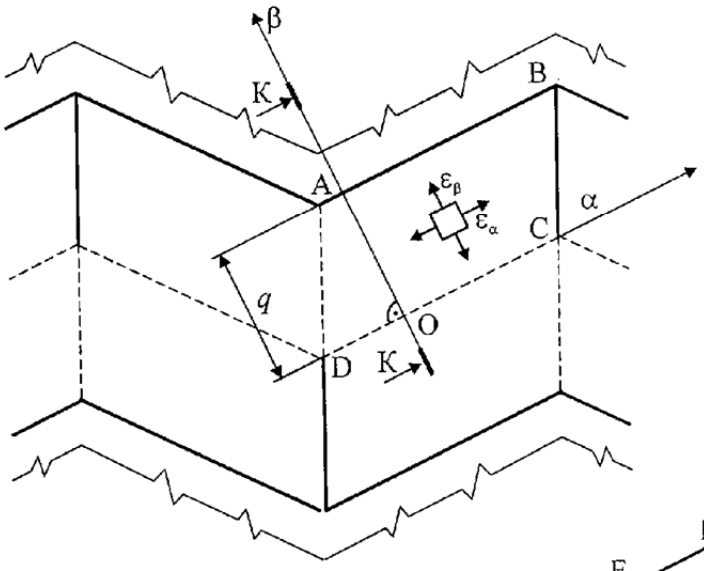


Фиг. 4

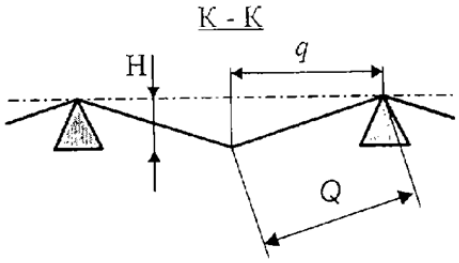


а

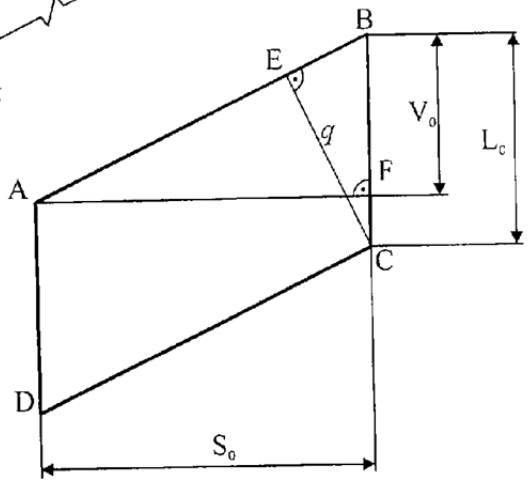
Вид сверху



б



в



г

Фиг. 5