

УДК 621.7.044

В. Н. ВОРОНИН¹, В. Е. ЗАЙЦЕВ¹, В. Ю. КОЦЮБА², В. В. ТРЕТЬЯК¹¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*² *АО «МОТОР СИЧ», Запорожье, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ СВАРНЫХ ТИТАНОВЫХ ЗАГОТОВОК ТИПА «ОБОЛОЧКИ», ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ

Рассмотрены преимущества и недостатки технологии изготовления деталей типа «Оболочки» методом взрывной штамповки. Представлены результаты исследований по отработке технологии изготовления сложных оболочечных деталей. Рассмотрен план проведения экспериментов для отработки технологии. Представлены номограммы деформационных полей детали типа «Оболочка» после каждого перехода. По результатам проведенных исследований сделаны выводы по использованию предложенной технологии. Исследование деформационных полей подтверждает возможность изготовления деталей данного типа технологией взрывной штамповки, что позволяет снизить количество переходов и сократить технологические ресурсы.

Ключевые слова: взрывная штамповка, детали типа оболочки, деформационное поле, наклонный сварной шов

Введение

Известно, что взрывная штамповка, используемая для изготовления листовых сварных деталей.

При небольшой серийности данный метод изготовления деталей имеет значительные преимущества по сравнению с традиционной технологией.

Так, значительно сокращаются расходы на изготовление оснастки, так как в данной технологии, во-первых, совершенно не используется дорогостоящее оборудование (штамповочные пресс), во-вторых, традиционно используется только один из элементов оснастки (либо матрица, либо пуансон), в третьих, использование локального источника нагрузки дает возможность манипулировать деформационными полями, что может быть определяющим для технических требований на деталь.

Однако данная технология обладает и рядом недостатков. Во-первых, колоссальная нагрузка, прикладываемая на заготовку и оснастку может привести к их преждевременному износу.

Во-вторых, сложность прилагаемой на заготовку нагрузки требует проведения дополнительных исследований по отработке оптимальности прикладываемой нагрузки, что может быть выполнено достаточно подготовленными и опытными технологами или расчет должен производиться с помощью экспертной системы [1].

Авторами проведены исследования деформационных полей оболочечных деталей, изготовленных методом взрывной штамповки.

1. Особенности использования технологии взрывной штамповки для изготовления деталей типа «Оболочки»

Изготовление деталей данной группы традиционными методами гидровзрывной штамповки затруднительно. Авторами представлены результаты исследований, проведенных в результате отработки технологии изготовления сварных цилиндрических заготовок из труднодеформируемых титановых сплавов.

Материал деталей сплав ОТ4-1, толщина заготовки 0,8 мм. Заготовка раскраивается в виде параллелограмма и сваривается аргоно-дуговой сваркой с прямым или наклонным сварным швом с углом наклона 25°.

Основной профиль детали формируется за два перехода. На третьем – заготовка окончательно калибруется. Применение наклонного шва позволяет применить более интенсивное нагружение по операциям, вследствие чего их число может быть сокращено с пяти до трех.

Сокращение количества переходов требует соответствующих измерений и оценки деформаций, приобретенных заготовкой после каждого перехода.

Для этого перед началом штамповки на цилиндрическую сварную заготовку наносилась сетка $\varnothing 5$ мм по сечениям. Шаг окружности в диаметральной сечении составляет

$$h^{j,j+1} = 100 \text{ мм} \quad \text{для } j = 1 \dots 4;$$

$$h^{4,5} = 120 \text{ мм} \quad \text{для } j = 4, 5;$$

Шаг по образующей

$$h^{i,i+1} = 2 \text{ мм} \quad \text{для } i=1 \dots 18.$$

Схема расположения сечений на заготовке представлена на рис. 1. Результаты экспериментов представлены на рис. 2-5.

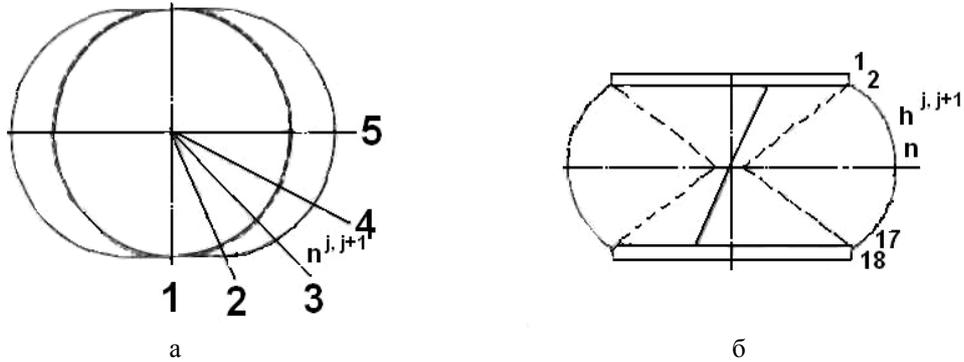


Рис. 1. Схема расположения сечений на заготовке: а - сечения по окружности; б - сечения по образующей

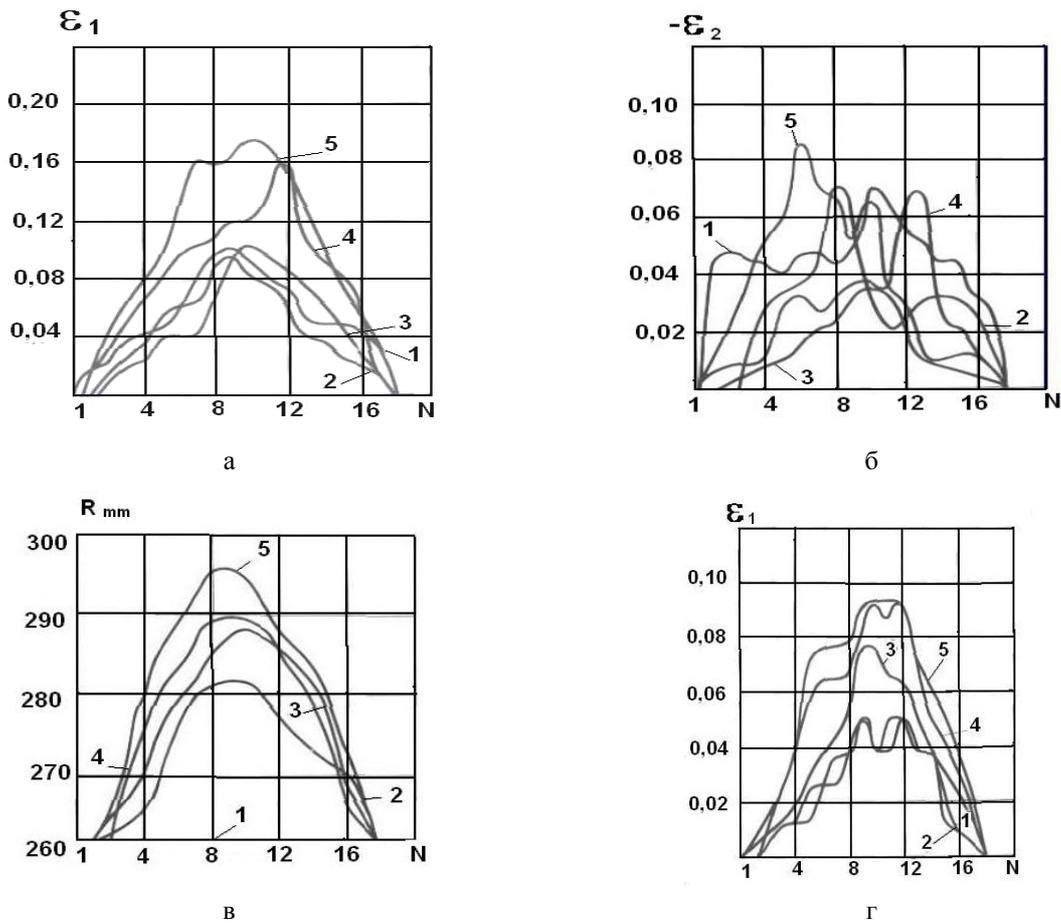


Рис. 2. Распределение деформаций: а - для ϵ_1 ; б - для ϵ_2 ; в - для ϵ_3 ; г - для профиля детали после 1 перехода; 1-5 сечения после 1 перехода

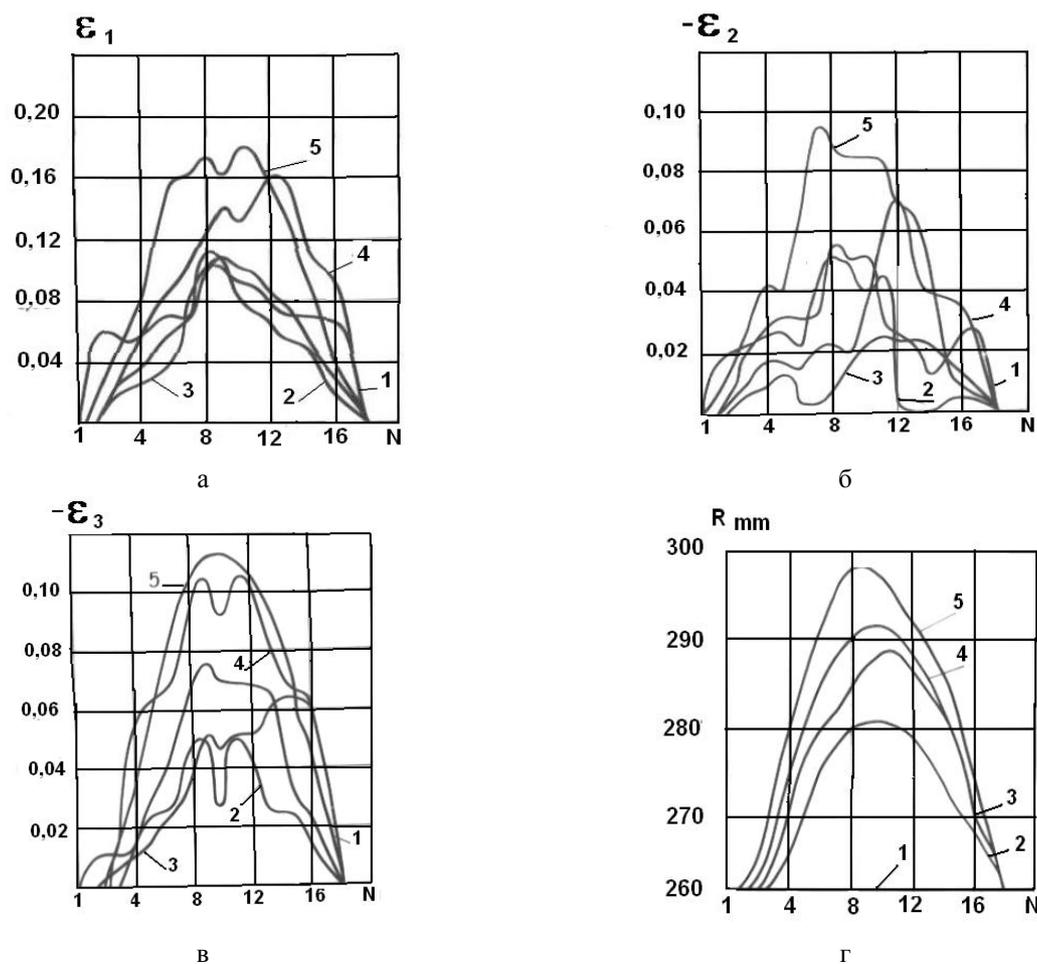


Рис. 3. Распределение деформаций:
 а - для ϵ_1 ; б - для ϵ_2 ; в - для ϵ_3 ; г - для профиля детали после 1 перехода;
 1-5 сечения после 2 перехода

Замер изменения диаметра нанесенной сетки осуществлялся при помощи микроскопа МПБ-2. Определение радиальной деформации (утонения) осуществлялось путем измерения толщины материала по каждому сечению в каждой точке после каждого перехода индикатором.



Рис. 4. Отштампованная деталь

2. Анализ результатов исследования деформационного поля

На каждом рисунке представлено распределение деформации ϵ_1 ; ϵ_2 ; ϵ_3 (окружная, осевая, утонение).

Изменение профиля детали, т.е. расстояние от оси заготовки до i -точки представлено на рис. 4.

Каждый из графиков построен для 5 сечений заготовки. Цифры 1 – 5 на графике соответствуют номеру сечения. Распределение деформация имеет плавный характер. Нет резких изменений и явных отличий значений для соседних точек, например, изменение знака деформации. Наблюдается падение значения ϵ_2 и ϵ_3 для точек 8, 9, 10, 11, 12 для разных переходов и разных сечений. Это связано с наличием сварных швов, которые проходят через эти точки в разных сечениях. Поэтому в зоне сварного шва наблюдается его несколько худшее деформирование, особенно вдоль сварного соединения.

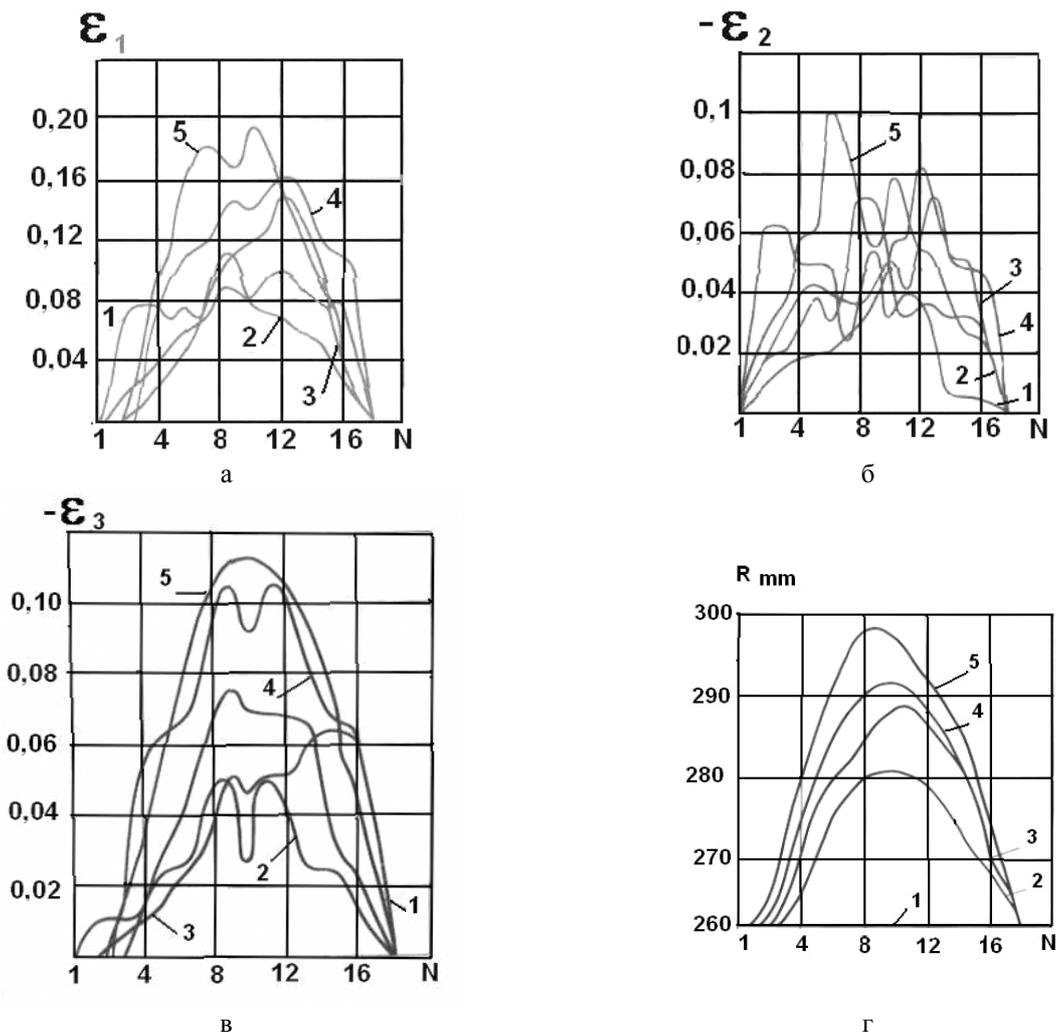


Рис. 5. Распределение деформаций:
 а - для ϵ_1 ; б - для ϵ_2 ; в - для ϵ_3 ; г - для профиля детали после 1 перехода;
 1-5 сечения после 3 перехода

Выводы

Профиль детали изменяется равномерно, максимальные деформации приходятся на точки 8 – 12, что вполне логично при раздаче цилиндрической заготовки сферическим зарядом, максимальные деформации наблюдаются в сечении 5, поскольку в этом сечении матрица имеет максимальную глубину, максимальные деформации после первого перехода составили $\epsilon_1=0,17$; $\epsilon_2=-0,09$. Сравнив достигнутые деформации с диаграммой предельных деформаций, определяем, что точка, соответствующая этим значениям, лежит выше кривой, т.е. уже на первом переходе необходимо применять технологический прием типа наклона сварного шва [2].

Литература

1. Третьяк, В. В. Мультиагентная система синтеза технических решений в области импульс-

ной технологии для объектов аэрокосмического комплекса [Текст] / В. В. Третьяк // *Proceedings XXIV international conference «New Leading technologies in machse building» Rybachie, Ukraine, September 3–8 2014.* – P. 15.

2. Воронин, В. Н. Разработка и внедрение методов повышения штампуемости сварных заготовок при взрывном формообразовании листовых деталей летательных аппаратов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.04 / Воронин В. Н. – Харьков, 1988. – 168 с.

References

1. Tret'jak, V. V. Mul'tiagentnaja sistema sinteza tehniceskikh reshenij v oblasti impul'snoj tehnologii dlja ob'ektov ajerokosmicheskogo kompleksa [The multi-agent system of synthesis of technical decisions in area of impulsive technology for the objects of aerospace complex]. *Proceedings XXIV international conference «New Leading technologies in machse building» Rybachie, Ukraine, September 3–8, 2014*, pp. 15.

2. Voronin, V. N. *Razrabotka i vnedrenie metodov povysheniya shtampuemosti svarnykh zagotovok pri vzyryvnom formoobrazovanii listovykh detalej letatel'nykh apparatov* [Development and introduction of methods

of rise of technological of the welded purveyances at explosive formations of form of sheet details of aircraft : dis. kand. tehn. nauk. : 05.07.04]. Kharkov, 1988. 168 p.

Поступила в редакцию 12.03.2017, рассмотрена на редколлегии 8.06.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. технологий производства авиационных двигателей В. Ф. Сорокин, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ ЗВАРНИХ ТИТАНОВИХ ЗАГОТІВОК ТИПУ «ОБОЛОНКИ», ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ ВИБУХОВОГО ШТАМПУВАННЯ

В. Н. Воронін, В. Є. Зайцев, В. Ю. Коцюба, В. В. Третяк

Розглянуті переваги і недоліки технології виготовлення деталей типу «Оболонки» методом вибухового штампування. Представлені результати досліджень по відробітку технології виготовлення складних оболонкових деталей. Розглянутий план проведення експериментів для відробітку технології. Представлені номограми деформаційних полів деталі типа «Оболонка» після кожного переходу. За наслідками проведених досліджень зроблені висновки по використуванню запропонованої технології. Дослідження деформаційних полів підтверджує можливість виготовлення деталей даного типу технологією вибухового штампування, що дозволяє знизити кількість переходів і скоротити технологічні ресурси.

Ключові слова: вибухове штампування, деталі типу оболонки, деформаційне поле, похилий зварний шов

RESEARCH OF DEFORMATION FIELD WELDED TITANIC PURVEYANCES OF TYPE OF «SHELL», MADE BY METHOD OF EXPLOSIVE STAMPING

V. N. Voronin, V. Ye Zaytsev, V. Yu. Kotsyuba, V. V. Tretyak

The advantages are considered and lacks of technology of making of details of type of «Shell» by the method of the explosive stamping. Results are presented of researches on working off of technology of making of difficult details. A plan is considered of conducting of experiments for working off of technology. Nomogrammi are presented of deformation fields of detail of type «Shell» after every transition. On results conducted researches conclusions are done on the use of the offered technology. The research of deformation fields confirms possibility of making of details of the given type by technology of the explosive stamping, that allows to lower a quantity of transitions and shorten technological resources.

Keywords: explosive stamping, details of type of shell, deformation field, sloping welded stitch

Воронин Виктор Николаевич – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. каф. технологии производства летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: v.voroninnn@yandex.ru.

Зайцев Виталий Егорович – д-р техн. наук, проф., проф. каф. технологии производства летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: vitaliy.zaytsev@khai.edu.

Коцюба Виктор Юрьевич – заместитель технического директора, начальник экспериментально-исследовательского комплекса ОКБ АО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, e-mail: ktu@motorsich.com.

Третяк Владимир Васильевич – канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: v.tretyak@khai.edu.

Voronin Victor Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, senior research worker of department of technology of production of aircraft of the National Aerospace University “Kharkov Aviation Institute”, Kharkov, Ukraine, e-mail: v.voroninnn@yandex.ru.

Zaytsev Vitaly Egorievich – doctor of technical sciences, professor of department of technology of production of aircraft of the National Aerospace University “Kharkov Aviation Institute”, Kharkov, Ukraine, e-mail: vitaliy.zaytsev@khai.edu.

Kotsyuba Victor Yurievich – deputy of technical director, chief of experimental-research complex of ОКБ АО «Motor Sich», Zaporozhia, Ukraine, e-mail: ktu@motorsich.com.

Tretyak Vladimir Vasilievich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of department of technologies of production of aviation engines of the National Aerospace University “Kharkov Aviation Institute”, Kharkov, Ukraine, e-mail: v.tretyak@khai.edu.