



*XXIII Міжнародна науково-
практична конференція*

ФІЗИЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

21 – 22 грудня 2017 р.

м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний політехнічний університет
ТОВ Технічний центр «ВаріУс» (м. Дніпро, Україна)
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
Публічне акціонерне товариство «ФЕД» (м. Харків, Україна)
Національний технічний університет «ХПІ» (м. Харків, Україна)
Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка
Приазовський державний технічний університет (м. Маріуполь, Україна)
Луцький національний технічний університет
ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» (м. Харків, Україна)
ТОВ «Імперія металів» (м. Харків, Україна)
ПАТ «Завод «Південкабель» (м. Харків, Україна)
ПАТ «Світло шахтаря» (м. Харків, Україна)
Приватне акціонерне товариство ХМЗ «ПЛНФА» (м. Харків, Україна)
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України (м. Київ, Україна)
Університет, Делі (Індія)
Національний політехнічний університет Вірменії, Ванадзорська філія
(Ванадзор, Вірменія)
Константин Бранкузі університет Таргу-Жиу (Таргу-Жиу, Румунія)
Політехнічний університет (м. Валенсія, Іспанія)
Грузинський технічний університет (м. Тбілісі, Грузія)
ДНВО «Центр» НАН Білорусі (м. Мінськ)
Вища технічна школа механіки (Сербія)
Технічний університет (м. Кишинів, Молдова)

МАТЕРІАЛИ
XXIII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ФІЗИЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

21 - 22 грудня 2017 року

м. Харків

УДК 62-65: 621.382.82
Ф 50

Ф50 Фізичні та комп'ютерні технології. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, 21–22 грудня 2017, м. Харків. – Одеса: ОНПУ, 2018. – 229 с.

Представлено наукові праці, в яких розглянуто наукові концепції розвитку технології машинобудування, механічної і фізико-технічної обробки; інноваційні технології, обладнання та інструменти; проблеми динаміки та міцності машин, математики, механіки та управління; проблеми економіки промисловості.

Для спеціалістів промислового виробництва, науково-технічних працівників, економістів, студентів, аспірантів та викладачів.

УДК 62-65: 621.382.82

Матеріали відтворено з авторських оригіналів

© Колектив авторів, 2018
© Одеський національний
політехнічний університет, 2018

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ ВЗРЫВОМ

Зайцев В.Е., докт. техн. наук, проф., **Воронин В. Н.**, канд. техн. наук,
Третьяк В. В., канд. техн. наук, доц.

(Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина)

Савченко Н. Ф., канд. техн. наук, доц.

(Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков, Украина)

Представлены материалы теоретических и экспериментальных исследований влияния термической обработки на пластические свойства титановых заготовок для их деформирования методом штамповки взрывом.

Подано матеріали теоретичних і експериментальних досліджень впливу термічної обробки на пластичні властивості титанових заготовок для їх деформування методом штампування вибухом.

Materials are presented of theoretical and experimental researches of influencing of heat treatment on the plastic properties of titanic purveyances for their deformation by the method of stamping by the explosion.

Разнообразие источников энергии [1], технологических процессов и схем для импульсного деформирования заготовок позволяет успешно использовать их в различных областях техники. В Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» накоплен большой теоретический и практический потенциал для разработки перспективных технологий импульсной штамповки. Технологические процессы изготовления указанной группы деталей, применяемые в настоящее время на производстве, относятся к одним из наиболее сложных и трудоемких процессов. Особые сложности при формообразовании возникают при изготовлении деталей из высокопрочных сплавов типа ВТ20, ВТ5-1, ВТ6. Эти титановые сплавы крайне затруднительно обрабатывать в холодном состоянии.

Термическую обработку сварных соединений титановых сплавов проводят с целью снятия внутренних напряжений, получения оптимальных физико-механических свойств и стабильной структуры, не склонной к изменению (газового состава и свойств при длительном нагреве при рабочих температурах).

Сварные соединения, как и основной металл, надо подвергать отжигу, закалке и старению (отпуску). Используемая для титановых сплавов термообработка детально описана в работах [2, 3]. Применительно к штамповке взрывом титановых заготовок влияние термообработки изучено мало [4]. Поэтому целесообразно проведение ряда экспериментов для определения оптимальных режимов термообработки сварных заготовок.

Отжиг сварных соединений применяется для всех типов титановых сплавов и является единственным видом термической обработки для α , и псевдо- α и β - сплавов. Этот вид термической обработки проводят для снятия внут-

ренных напряжений, образовавшихся в процессах термического цикла сварки, а также для стабилизации структуры сварного соединения с целью получения оптимальных свойств в отожженном состоянии и сохранения их неизменными после длительного нагрева при рабочих температурах.

Отжиг сварных соединений титановых сплавов состоит из нагрева до температуры рекристаллизации или до температуры базового превращения, выдержки при заданной температуре и последующего охлаждения. Отжиг α -титановых сплавов, как правило, является отжигом первого рода, поскольку он не связан с фазовыми превращениями.

Для сварных соединений титановых сплавов применяют полный и неполный отжиг. Отличие неполного отжига от полного заключается том, что первый производится при более низких температурах и предназначен, главным образом, для частичного снятия внутренних напряжений в сварных конструкциях, а также для частичной стабилизации структуры. Неполный отжиг может быть применен как промежуточная операция в процессе штамповки деталей или как окончательный отжиг. Достоинство неполного отжига состоит в том, что его можно осуществлять в печах с воздушной атмосферой без обязательного последующего удаления окалины и загрязненного газами поверхностного слоя металла. Полный отжиг сварных соединений позволяет в значительной степени стабилизировать структуру сварного соединения и полностью снять остаточные напряжения. Поскольку он проводится, как правило, при температурах выше $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, его следует осуществлять в печах с защитной атмосферой (аргон, гелий) или в вакуумных печах.

Несмотря на некоторые особенности сварного соединения, во всех случаях для него применимы общие принципы термической обработки, что и для основного металла. При гидровзрывной штамповке деталей из сварных заготовок разрушения материала зачастую происходят в зоне термического влияния сварки.

Наиболее часты разрушения в процессе технологической операций отбортовки и раздачи материала, так при сварке плавлением металл претерпевает металлургическую и тепловую обработку, в результате которой протекают физико-химические реакции, обуславливающие штампуемость и эксплуатационную надежность сварных соединений.



Рис. 1– Вид разрушения в околошовной зоне

К числу основных причин разрушения сварных швов относится наличие после сварки ряда зон с низкими пластическими свойствами и невысокой ударной вязкостью ОШЗ (околошовная зона) имеет крупное зерно – это зона перегрева. На рис. 1 показан типичный вид разрушений в околошовной зоне. При сварке плавлением температура в ней достигает таких значений, при которых происходит полное превращение $\alpha + \beta \rightarrow \beta$. Режим охлаждения приводит к получению малопластичной

игольчатой α^1 фазы. Между околошовной зоной и основным металлом расположена зона с температурами, близкими к критическим, в которой процесс $\alpha + \beta \rightleftharpoons \beta$ имеет полное превращение. Данная зона состоит из α, α^1 - фазы и

имеет низкие пластические свойства и малую ударную вязкость. Таким образом, наличие сварного соединения ведет к снижению деформационных возможностей всей заготовки. Размеры и ориентация зерен α^1 -фазы влияют на характер и степень деформации титановых сплавов. При тонкоигольчатой α -структуре, работоспособность сварных швов более высокая, чем при α^1 -структуре. Получение структуры такого типа возможно только при сварке путем охлаждения металла шва или же при сварке с высокими скоростями на малых погонных энергиях сварки. Как отмечалось выше, для α -сплавов и псевдо α -сплавов титана термическая обработка сварных соединений в основном используется либо для снижения уровня, либо для полного устранения остаточных напряжений, а также для правки и термофиксации тонкостенных конструкций.

Заготовки для всех видов экспериментальных работ изготавливались из одного листа, качество материала соответствовало техническим условиям. После изготовления и термической обработки по данным режимам образцы испытывались на разрыв.



Рис. 2 – Образцы до и после разрушения на образца, мм; a_0 – толщина образца, мм; b_0 – ширина образца, мм. Замеры проводились по рискам на образцах до и после деформирования специальной лупой с точностью до 0,04 мм. Стандартные сварные образцы до и после разрушения представлены на рис. 2. Режимы термической обработки приведены в табл. 1.

Особое внимание при экспериментах было уделено точности замеров относительных равномерных удлинений $\delta_{равн}$. Рабочая длина образца выбиралась по формуле:

$L = 11,3\sqrt{a_0 b_0}$, где L – рабочая длина образца, мм; a_0 – толщина образца, мм; b_0 – ширина образца, мм.

Замеры проводились по рискам на образцах до и после деформирования специальной лупой с точностью до 0,04 мм. Стандартные сварные образцы до и после разрушения представлены на рис. 2. Режимы термической обработки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы термической обработки

Наименование режима	Нагрев, °С	Выдержка, мин.	Охлаждение
Поставка	–	–	–
Низкотемпературный отжиг	650	15 – 20	воздух
Низкотемпературный отжиг	715	15	воздух
Высокотемпературный отжиг	890	вакуум	воздух

Предварительные эксперименты показали, что сварные образцы при испытаниях на разрыв разрушались не в околошовной зоне или по сварному шву, а по основному материалу. Для расчета параметров штамповки и определения параметров НДС на кафедре «Технологии авиационных двигателей» Национального аэрокосмического университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» разработан программный комплекс и определены возможные способы штамповки сварных цилиндрических заготовок [5].

Список литературы: 1. Пихтовников Р.В. Штамповка листового материала взрывом / Р.В. Пихтовников, В.И. Завьялова. – М. 1964. – 173 с. 2. Глазунов С.Г. Конструкционные титановые сплавы / С. Г. Глазунов, В. Л. Мусеев. – М.: Металлургия, 1974. – 138 с.

3. Вульф Б. К. Термообработка титановых сплавов / Б.К. Вульф. – М.: Металлургия, 1969. – 376 с. 4. Воронин В. Н. Разработка и внедрение методов повышения штампуемости сварных заготовок при взрывном формообразовании листовых деталей летательных аппаратов: дисс. ... канд. техн. наук / В. Н. Воронин. – Х., 1988. – 168 с. 5. Третьяк В. В. Мультиагентная система синтеза технических решений в области импульсной технологии для объектов аэрокосмического комплекса / В. В. Третьяк // Proceedings XXIV international conference «New Leading technologies in machse building» Rybachie, Ukraine September 3-8, 2014. 6. Collection of the scientific papers. Kharkov-Rybachie, 2014. Труды Двадцать четвертой международной конференции «Новые технологии в машиностроении», 2014.– С. 46.

УДК 621.923.402

ДЕЯКІ РОБОЧІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ СТРУКТУР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РОЗПІЗНАВАННЯ

Дерев'янченко О.Г., докт. техн. наук, проф., **Кожухар Т.В.**, магістр
(Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна)

Розглянуто деякі робочі результати виділення контурів структур матеріалів по їх цифровим зображенням, що забезпечать розпізнавання класів структур конструкційних матеріалів.

Рассмотрены некоторые рабочие результаты выделения контуров структур материалов по их цифровым изображениям, которые обеспечат распознавание классов структур конструкционных материалов.

It is considered some results of materials structures contour prominence by their digital images, which will provide recognition of structures classes of construction materials.

Питання достовірного визначення класів компонентів структур конструкційних матеріалів можна віднести до переліку важливих задач сучасного матеріалознавства. З кожним роком збільшується кількість публікацій з цієї тематики. Відповідним дослідженням з використанням сучасних комп'ютерних технологій та систем присвячено роботи Русина Б.П. та Досина Д.Г., Гонтового С.В. та Емельянова В.А., Калининої Н.Ю., Михальова О.І. та Помульова В.І., Скобло Т.В. та багатьох інших. При цьому, на думку авторів, не всі питання якісного автоматизованого розпізнавання структур по цифровим зображенням з використанням інформативних ознак можна вважати вирішеними. Тому тематика статті уявляється актуальною.

На кафедрі технології конструкційних матеріалів та матеріалознавства ОНПУ розробляється інтелектуальна система для розпізнавання класів структур матеріалів, що орієнтована на використання в навчальному процесі. У розробці та дослідженні системи приймають участь студенти. До її складу входить система технічного зору з набором WEB-камер і різні мікроскопи [1]. Створюється програмний комплекс для багаторівневого розпізнавання класів компонентів структур. Одним з важливих його складових є модуль виділення інформативних контурів по цифровому зображенню робочої поверхні мікрошліфу матеріалу, подальша обробка яких дозволяє отримувати комплекс ознак, що використовуються при побудові класифікаторів. Метою статті є викладення деяких попередніх робочих результатів виділення контурів структур матеріалів по цифровим зображенням для їх подальшого розпізнавання.