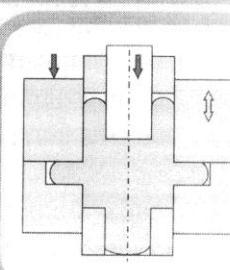
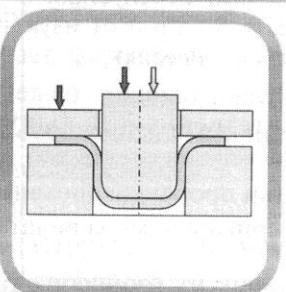
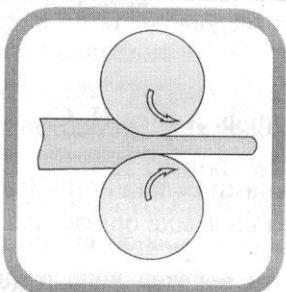
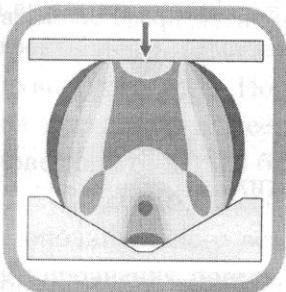


O
M
D

БРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ
MATERIALS WORKING BY PRESSURE
UMFORMTECHNIK



№1 (20)
2009

УДК 612.431.75

Титов В. А.
Никитенко В. А.
Титов А. В.
Пливак А. А.
Лавриненков А. Д.

ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ СПЛАВА ВТ-22 С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ИНСТРУМЕНТ

В современных изделиях авиационной техники все большее применение находят титановые сплавы. За последние два десятилетия использования титановых сплавов в конструкции планера самолета неуклонно росло, так: Боинг-707 – около 0,5 %, Ан-24 – 0,48 %, Ту-154 – 2 %, Боинг-777 – 8,5 %, Ту-334 – 8,7 %, АН-148 – до 10 %, Ил-76 и Ил-76Т – 12 % от массы планера [1]. Такие детали и узлы самолета как стойки шасси, силовые элементы механизации крыла, части двигателя работают в агрессивных условиях и при высоких циклических нагрузках. Материалы, из которых они изготовлены, должны соответствовать ряду требований, таких как: малая плотность, высокая удельная прочность, жаропрочность, трещиностойкость, сопротивление усталостным нагрузкам. Этим требованиям отвечают сплавы на основе титана. В результате высоких циклических нагрузок, которые испытывают детали на протяжении длительной эксплуатации большинство разрушений и поломок начинается с формирования усталостных трещин в поверхностном и приповерхностном слоях детали. Решение этой проблемы заключается в формировании качественного поверхностного слоя поверхностно-пластическим деформированием (ППД) на финишных стадиях процесса изготовления деталей. Одним из наиболее эффективным методом ППД является алмазное выглаживание, в результате применения которого сглаживаются неровности поверхности, происходит упрочнение поверхностного слоя, формируются остаточные напряжения сжатия, улучшается микроструктура металла (формируется более мелкое зерно). Но в случае применения алмазного выглаживания к титану возникает ряд трудностей, связанных с высокой адгезией титана. Она является причиной ухудшения условий трения между поверхностью детали и обрабатывающим инструментом – выглаживателем. В результате ухудшения условий трения происходит более активный износ головки выглаживателя, появляются надрывы на поверхности детали, резко ухудшается шероховатость обработанной поверхности.

В работе [2] алмазное выглаживание титана проводили с предварительно нанесенной на его поверхность твердой смазкой. Показано, что применение твердых смазок не снижает эффективность алмазного выглаживания и обеспечивает формирование качественного поверхностного слоя. Но применение твердых смазок делает технологический процесс изготовление детали более дорогостоящим, так как надо обеспечить удаление твердой смазки с поверхности детали без изменения её физико-механических свойств.

Одним из способов улучшения условий трения является использование ультразвукового дополнительного воздействия на обрабатывающий инструмент. Применение ультразвука для упрочнения поверхностного слоя деталей из высокопрочного титанового сплава ВТ-22 было проведено в работе [3], что подтвердило уменьшение шероховатости поверхности, а также предела выносливости на 10 %. Однако, в данном исследовании при тех же усилиях обработки диаметр сферы упрочняющего инструмента был больше в 3 раза, что позволяет сделать вывод о меньших контактных напряжениях и меньшей глубине упрочненного слоя.

В качестве материала рабочего элемента выглаживателя использован алмазный композит АКТМ, который был впаян в металлическую головку (рис. 2) и заточен радиусом $R = 3$ мм. В табл. 4 приведены физико-механические свойства АКТМ.

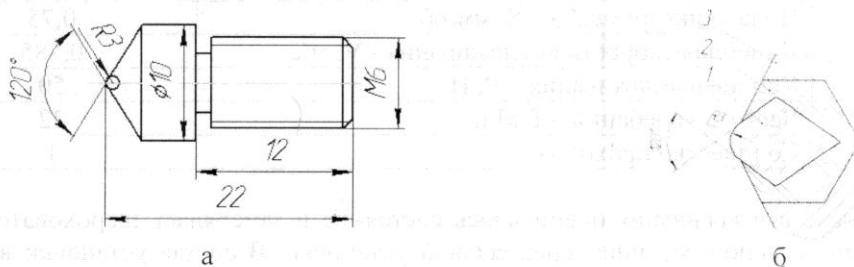


Рис. 2. Конструкция головки для выглаживания:

а – общий вид; б – способ крепления кристалла АКТМ в головке; 1 – кристалл АКТМ, 2 – припой, 3 – головка

Таблица 3

Физико-механические свойства материала АКТМ

Характеристика	АКТМ
Твердость по Кнутпу, ГПа	52
Плотность, г/см ³	3,46
Прочность, ГПа:	
на сжатие	0,49
на изгиб	0,80-0,85

Выглаживание проводилось на токарном станке 16К20. Устройство для выглаживания устанавливалось в суппорте токарного станка, а заготовка зажималась в патроне станка и поджималась задним центром (рис. 3).

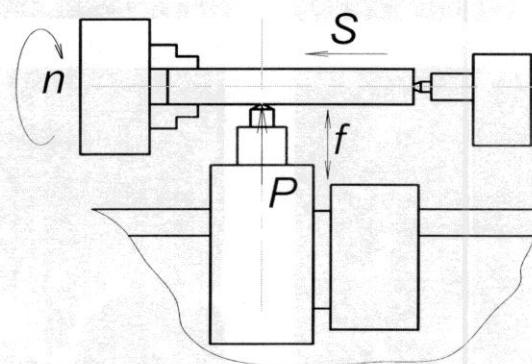


Рис. 3. Схема проведения исследования

Обработка титановых сплавов выполнялась по режимам обычного выглаживания и выглаживания с использованием дополнительного ультразвукового нагружения (табл. 4). При выглаживании в качестве смазки использовалось индустриальное масло И-20.

Таблица 4

Режимы проведения эксперимента

Скорость вращения образца – n , об/мин	8,3
Подача инструмента – S , мм/об	0,75
Линейная скорость выглаживания - V , м/с	0,785
Усилие выглаживания – P , Н	50
Частота колебаний – f , кГц	22
Количество проходов – N	1

После выглаживания оценивалось состояние и замерялась шероховатость поверхности образца с использованием специальной установки. В состав установки входят измерительный модуль, разработанный на базе профилометра цехового с цифровым отсчетом и индуктивным приспособлением, модели 296 ТУ2-034-4-83, модуль сопряжения – 12-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь, который был установлен в системный блоке компьютера, и вычислительный модуль, роль которого выполняет компьютер с установленным соответствующим математическим и программным обеспечением. Установка позволяет контролировать геометрические параметры качества поверхностей деталей, а именно параметры шероховатости.

Установлены особенности формирования поверхностного слоя в зависимости от режима выглаживания и состояния инструмента. Фактура поверхности для характерных режимов выглаживания показана на рис. 4.

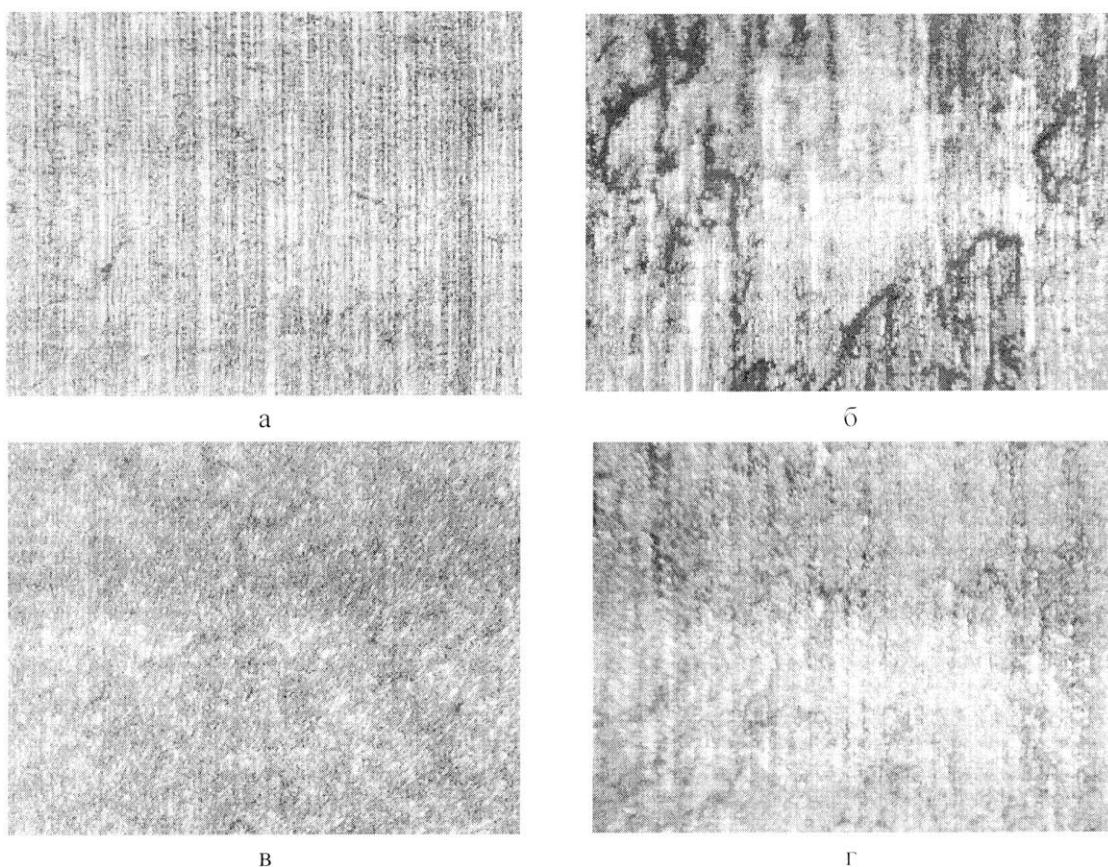


Рис. 4. Поверхность образца после различных режимов обработки (увеличение $\times 10$):
а – чистовое точение; б – выглаживание без дополнительного ультразвукового нагружения;
в – выглаживание с дополнительным ультразвуковым нагружением; г – выглаживание
с дополнительным ультразвуковым нагружением инструментом со следами износа

Исходная поверхность образца после чистового точения характеризуется направленным макрорельефом в виде канавок – следов режущего инструмента (рис. 4, а). В результате обычного нагружения на поверхности образца наряду с выглаживанием рельефа предыдущей обработки образуются следы налипания материала, массоперенос на обрабатываемой поверхности и появляются надрывы (рис. 4, б), что свидетельствуют о нарушении сплошности поверхностного слоя. Это происходит ввиду наличия значительного трения между инструментом и обрабатываемой поверхностью. В результате такого взаимодействия происходит также налипание титанового сплава на поверхность инструмента [2].

Использование дополнительного ультразвукового нагружения при выглаживании улучшает условия взаимодействия инструмента с поверхностью образца из титанового сплава за счет уменьшения сил трения. При этом фактура поверхности имеет сформированный однородный микрорельеф как в продольном так и в поперечном направлениях (см. рис. 4, в). Следы предыдущей обработки отсутствуют. Налипание титана на рабочую поверхность не наблюдается.

Тем не менее, в результате наличия сил трения при взаимодействии инструмента и образца происходит износ рабочей поверхности алмазного композита АКТМ более интенсивно, чем при выглаживании алюминиевых сплавов и сталей. На поверхности рабочего элемента появляются выработка в виде площадки (рис. 6.). Это приводит к увеличению площадки контакта между инструментом и деталью, и как следствие, к уменьшению удельных усилий обработки. Фактура поверхности такого образца содержит как выглаженные участки, так и остаточные следы предыдущей обработки. Можно предположить, что параметры упрочнения поверхностного слоя также распределены не равномерно по поверхности образца.

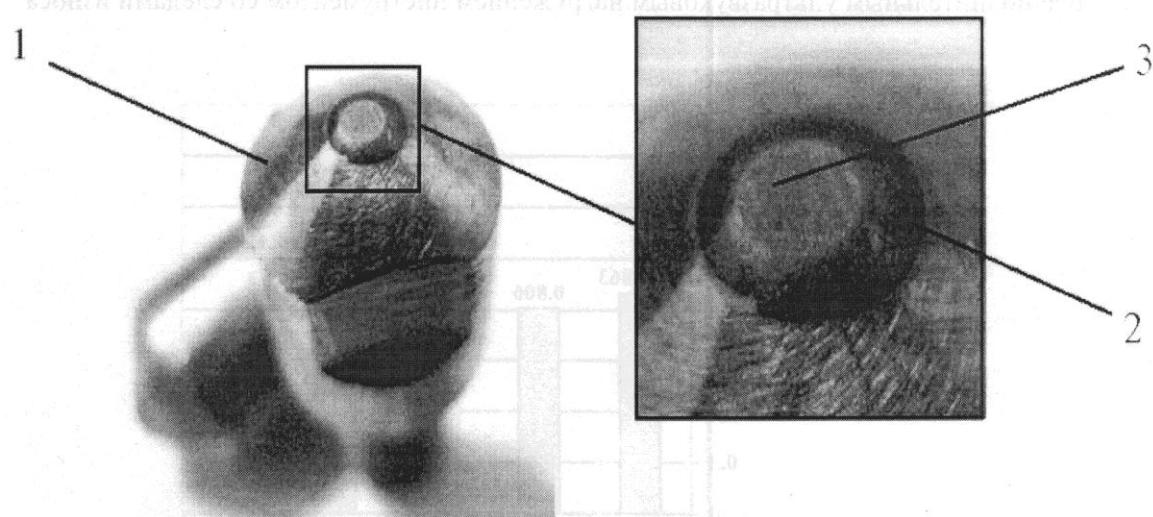


Рис. 6. Следы износа рабочего элемента головки выглаживателя при обработке:

1 – головка выглаживателя; 2 – кристалл АКТМ; 3 – пятно изноза на кристалле

На рис. 7 показаны профилограммы для характерных видов обработки, а на рис. 8. диаграмма расчетных значений шероховатости поверхности.

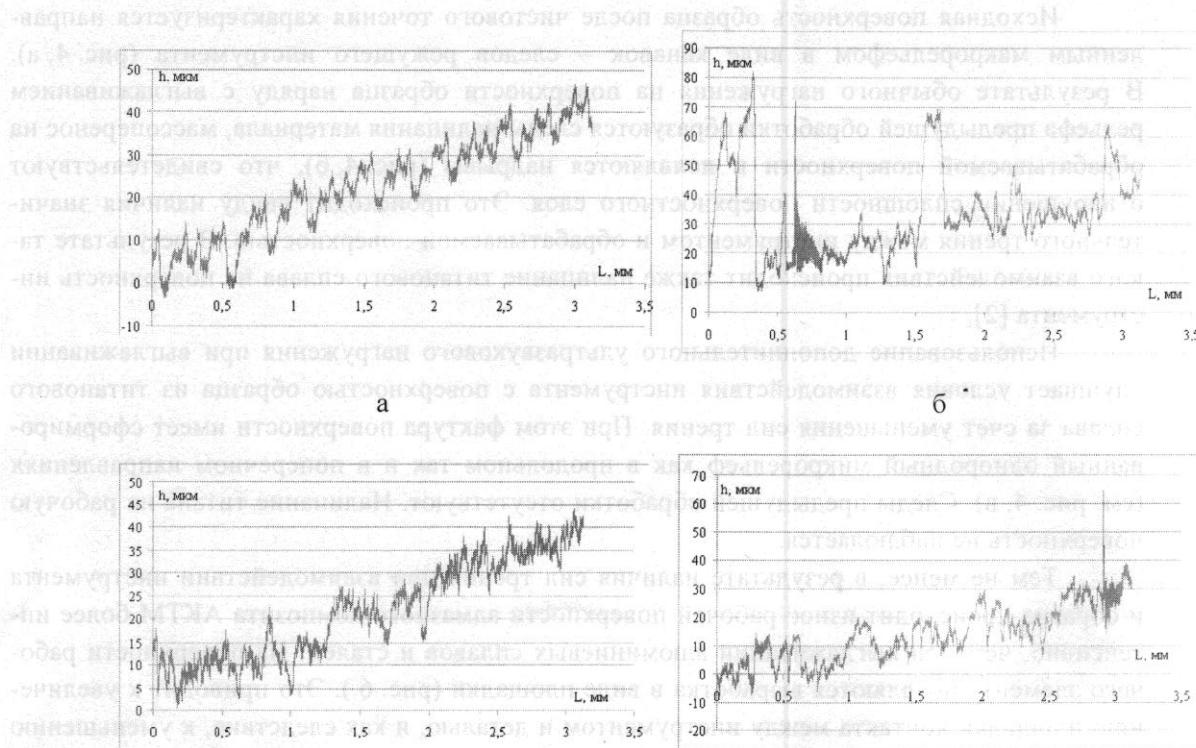


Рис. 7. Профилограммы поверхностей ВТ-22 после обработки:
а – чистовым точением; б – выглаживанием без дополнительного ультразвукового нагружения;
в – выглаживанием с дополнительным ультразвуковым нагружением; г – выглаживание
с дополнительным ультразвуковым нагружением инструментом со следами износа

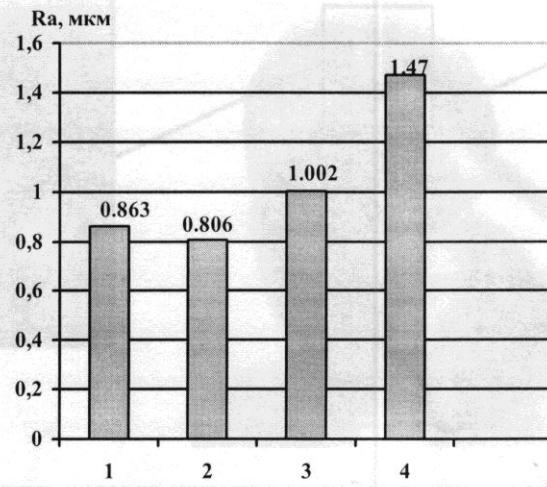


Рис. 8. Значение шероховатости (R_a) поверхностей ВТ-22 в зависимости от вида
и условий обработки:
а – чистовым точением; б – выглаживание с дополнительным ультразвуковым нагружением;
в – выглаживание с дополнительным ультразвуковым нагружением инструментом со
следами износа; г – выглаживание без дополнительного ультразвукового нагружения

Показано, что минимальная шероховатость поверхности образца соответствует выглаживанию с дополнительным ультразвуковым нагружением. По мере износа рабочего элемента выглаживателя увеличивается шероховатость поверхности. Это ставит задачи последующих исследований в направлении уменьшения трения между заготовкой и инструментом для обеспечения качества поверхности и высокого ресурса инструмента. Важным направлением дальнейших исследований является также детальное изучение параметров качества приповерхностного слоя (его упрочнения и остаточных напряжений).

ВЫВОДЫ

В результате выполненной работы обоснована возможность получения качественной поверхности деталей из титанового сплава BT22 с использованием выглаживания с дополнительным ультразвуковым воздействием на инструмент. Для проведения экспериментальных работ была спроектирована и изготовлена специальная установка. Разработана методика экспериментальных исследований процесса выглаживания с дополнительным ультразвуковым воздействием на инструмент. Сформированы направления дальнейшего исследования условий трения и параметров качества приповерхностного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братухин А. Г. Современные авиационные материалы: технологические и функциональные особенности / А. Г. Братухин. – М. : Авиатехинформ, 2003. – 440 с.
2. Титов А. В. Особенности алмазного выглаживания сплава BT-23 с использованием твердой смазки / А. В. Титов, Т. М. Лабур, А. Л. Пузырев // Вестник НТУУ «КПИ», серия «Машиностроение». – 2008. – № 53. – С. 202–207.
3. Полоцкий И. Г. Упрочнение титанового сплава с помощью ультразвука / И. Г. Полоцкий, В. М. Белецкий, Г. И. Прокопенко, В. И. Табачник // «Вестник машиностроения». – 1977. – № 4. – С. 74–75.

Титов В. А. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой НТУУ «КПИ»;
Никитенко В. А. – нач. исслед.-технол. лабор. АНТК им. О. К. Антонова;
Титов А. В. – мл. науч. сотрудник НТУУ «КПИ»;
Пливак А. А. – ассистент НТУУ «КПИ»;
Лавриненков А. Д. – магистрант НТУУ «КПИ».

НТУУ «КПИ» – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев;

АНТК им. О. К. Антонова – Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, г. Киев.

E-mail: titov@users.ntu-kpi.kiev.ua

Поэтому целью настоящей работы являлось исследование процесса алмазного выглаживания титанового сплава ВТ-22 с дополнительным ультразвуковым воздействием на инструмент.

Экспериментальные исследования проводились на образцах из сплава ВТ-22 цилиндрической формы, с наружным диаметром 30 мм. Механические свойства и химический состав сплава приведены соответственно в табл. 1 и табл. 2. Перед выглаживанием образцы обрабатывались чистовым точением.

Таблица 1

Физико-механические свойства сплава ВТ-22

Сплав	Вид полу- фабриката	Стан	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	ψ	HV, МПа
			МПа		%		
ВТ-22	Пруток катаний	отожженный	1050	1100- 1250	10	35	285

Таблица 2

Химический состав сплава ВТ-22

Сплав	Ti	Al	Mo	V	Cr	Fe	C	Si	O ₂	Zr	N ₂	H ₂	Другие
							не больше	не больше	не больше	не больше	не больше	не больше	
ВТ-22 осн.	4,4- 5,9	4,0- 5,5	4,0- 5,5	0,5- 2,0	0,5- 1,5	0,10	0,15	0,20	0,30	0,05	0,015	0,30	

Для обработки выглаживанием использовалась специально спроектированная и изготовленная установка, представленная на рис. 1. В состав установки входят генератор ультразвуковых колебаний 1 и связанное с ним устройство для передачи ультразвуковых колебаний на инструмент – стандартную головку для выглаживания 2. Головка жестко установлена на волноводе 3, а статическое усилие его воздействия на заготовку контролировалось индикатором часового типа 4.



Рис. 1. Установка для выглаживания с дополнительным ультразвуковым нагружением