

УДК 621.9.048.6

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ТЯГА» ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВЫСАДКЕ

© 2013 А.А. Баранников, Ф.Е. Ляшко., Г.Л. Ривин

Институт авиационных технологий и управления
Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 26.09.2013

Авторами была освещена проблема возникновения дефектов при выполнении операции высокотемпературной высадке деталей типа «Тяга». Предложен способ устранения дефектов, а так же исследована возможность активного управления процессом обработки.

Ключевые слова: ультразвук, дефекты, заготовительно-штамповочная оснастка, тяга, электрический сигнал, микротвердость, шероховатость.

Для обеспечения конкурентоспособности отечественного самолетостроения, как на внутреннем, так и на мировом рынке, необходимо уделять большое внимание к качеству изготовления деталей, узлов и агрегатов. Повышение качества продукции предопределяет совершенствование технологии изготовления и внедрения в производство прогрессивных методов обработки. Особое внимание уделяется методам, повышающим точность обработки и качество поверхностного слоя.

На авиационном предприятии при изготовлении деталей типа «Тяга» (рис.1) в ходе операции высокотемпературной высадки существует проблема возникновения дефектов, таких как гофры, неравномерное течение металла, выход за пределы допуска толщины стенок заготовки (рис. 2).

Причиной возникновения данных дефектов является высокое трение в зоне контакта заготовка-оснастка (рис. 3), в результате чего металл в зоне контакта течет медленнее, а во внутренней полости заготовки - быстрее, поскольку не возникает никаких препятствий для протекания процесса.

Для снижения трения предлагается повысить качество рабочих поверхностей в заготовительно-штамповочной оснастке (ЗШО) путем ультразвуковой поверхностно-пластической деформации (УлППД) [1].

Анализ номенклатуры ЗШО показал, что основными материалами для изготовления ЗШО является сталь 3 ГОСТ 380-2005, сталь 45 ГОСТ 1050-88, сталь У8А ГОСТ 1435-74. Одна-

Баранников Александр Александрович, аспирант кафедры «Самолетостроение».

E-mail: barannikov.a.a.iatu_ulgtu@list.ru

Ляшко Федор Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, директор ИАТУ УлГТУ. E-mail: avia@ulstu.ru

Ривин Георгий Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Самолетостроение».

E-mail: rgl22@rambler.ru

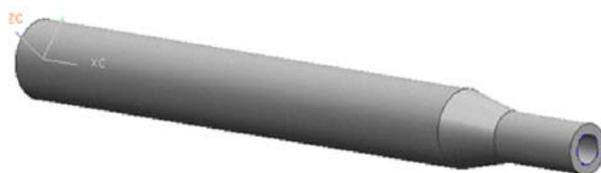


Рис. 1. Заготовка детали типа «Тяга» после первого перехода высокотемпературной высадки



Рис. 2. Заготовка, изготовленная из алюминиевого сплава Д16, разрезанная в зоне, подлежащей контролю

ко для высокотемпературной высадки используется сталь У8А ГОСТ 1435-74.

Для оценки качества поверхностей и процесса обработки были изготовлены образцы, из стали У8А ГОСТ 1435-74 цилиндрической формы (рис. 4), в закаленном и не закаленном состоянии.

Чтобы оценить изменения свойств поверхности образцов после поверхностно-пластической деформации, первоначально были определены мик-

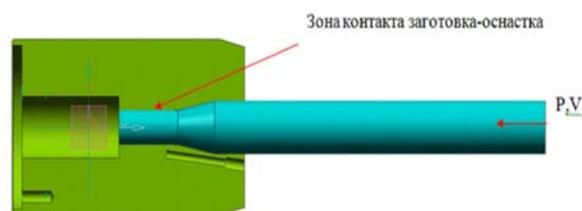


Рис. 3. Модель процесса высокотемпературной высадки



Рис. 4. Образец цилиндрической формы

ротвердость и шероховатость поверхности. Результаты представлены в табл. 1. Измерение микротвердости проводились на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке 50 г, шероховатость определялась при помощи профилометра мод. 170622.

После проведения экспериментов были проведены измерения шероховатости и микротвердости, результаты представлены в таблице 2.

На основании результатов эксперимента были построены сравнительные кривые изменения микротвердости от времени, у закаленной и не закаленной сталей.

Целью проведения экспериментов была не толь-

ко улучшение качества поверхности, но и исследования возможности активного управления процессом обработки. Данные исследования основывались на применении результатов научного открытия «Явление возникновения электрического тока в проводнике, заземляющем токопроводящее изолированное тело» [2]. Управление процессом в дальнейшем позволит выбирать оптимальные режимы обработки и автоматизировать сам процесс.

В процессе экспериментов были определены:

- Характер электрического сигнала, его величина и знак;
- Изменение величины сигнала в процессе обработки;
- Изменение величины сигнала от состояния материала;
- Влияние времени обработки на качество поверхности.

Исследования проводились на ультразвуковой установке рис. 6. При проведении эксперимента обрабатываемый образец 5, электрически изолированный заземляющим проводником 10, был подключен к осциллографу 2 для снятия показав-

Таблица 1. Результаты измерений до проведения эксперимента

Состояние поверхности образцов	Микротвердость, HV ед.тв.	Шероховатость Ra, мкм	Примечание
В закаленном состоянии	321	1,4	
В не закаленном состоянии	223	0,8	

Таблица 2. Результаты измерений после проведения эксперимента

Состояние поверхности образцов	Время обработки, с	Микротвердость, HV ед.тв.	Шероховатость Ra, мкм	Примечание
1	2	3	4	5
В закаленном состоянии	60	379	1,22	
	120	427	1,20	
	180	463	1,13	
	300	516	1,00	
	600	548	0,87	
В не закаленном состоянии	60	288	0.75	
	120	315	0.69	
	180	356	0.60	
	300	392	0.55	
	600	425	0.48	

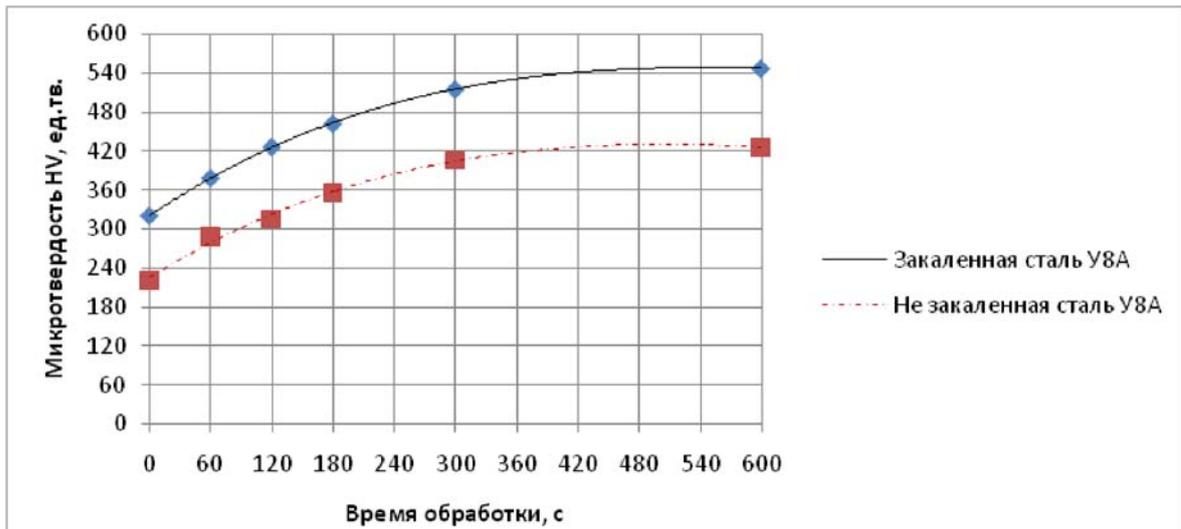


Рис. 5. График изменения микротвердости от времени

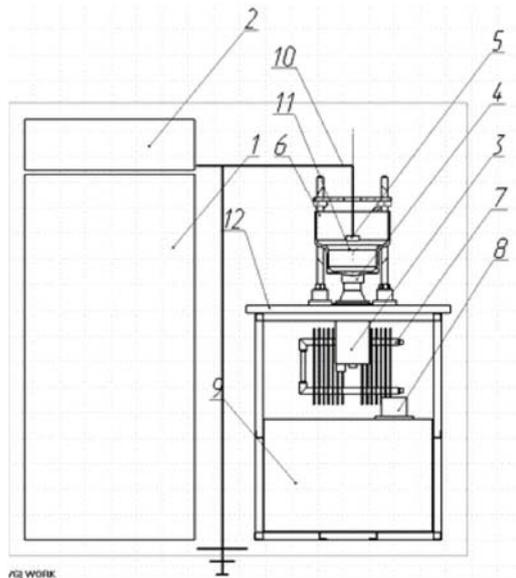


Рис. 6. Схема установки:

1 – ультразвуковой генератор; 2 – осциллограф; 3 – магнестрикционный преобразователь; 4 – волновод; 5 – обрабатываемый образец; 6 – специальное технологическое оснащение; 7 – система охлаждения; 8 – помпа; 9 – бак с охлаждающей жидкостью; 10 – заземляющий проводник; 11 – зона засыпки стальных шариков; 12 – плита

ния появления электрического тока. При проведении экспериментов использовались образцы, изготовленные стали У8А ГОСТ 1435-74 (рис. 4), в закаленном и не закаленном состоянии.

При обработке образцов было зафиксировано изменение электрического сигнала, которое представлено на графике (рис. 7). Анализ сигнала показывает, что величина электрического сигнала зависит от физико-механических свойств материала и его состояния. На образцах, не подвергавшихся закалке, электрический сигнал больше, нежели на образцах подвергнутых термической обработке. Это вызвано снятием остаточных напряжений в термопечи после механической обработки образцов. При этом величина электрического сигнала

имеет знакопеременный характер, так как при пластической деформации сплавов происходит перемещение дислокаций, заключающее в их перемещении через весь кристалл. При встрече перемещающихся дислокаций с примесными атомами (которые всегда имеются в сплаве) поля упругих напряжений вокруг них взаимодействуют, что приводит к перераспределению примесей.

Примеси внедрения заполняют растянутые участки вокруг дислокаций. Неравномерное распределение ионов вокруг дислокации проявляется также и в неравномерном распределении электронов: уплотненные участки решетки вокруг дислокации приобретают положительный заряд вследствие недостатка электронов; в то же время области растяжения в связи с избытком заряжаются отрицательно.

Видимо, интервал времени, в котором происходит активное перемещение примесей, в результате чего происходит смена знака величины электрического сигнала, есть «время выхода на режим» (τ). «Время выхода на режим» характеризуется незначительным улучшением качества поверхности (табл. 3), что дает нам возможность говорить о том, что отсчет времени начала обработки можно начинать после того, как электрический сигнал начнет падать.

С момента, когда электрический сигнал падает, начинается интенсивное выделение энергии, при которой кристаллы мартенсита дробятся, получая определенную разориентировку и в структуре преобладают области, в которой трудно различить форму и размеры кристаллов, размеры реек существенно изменяются. Так же происходят изменения в тонкой структуре. Обработка шариками под влиянием ультразвука ведет к значительному увеличению плотности дислокаций, что в свою очередь ведет к повышению прочности поверхностного слоя, дроблению субзерен и увеличению микродеформаций кристаллической решетки, что выража-

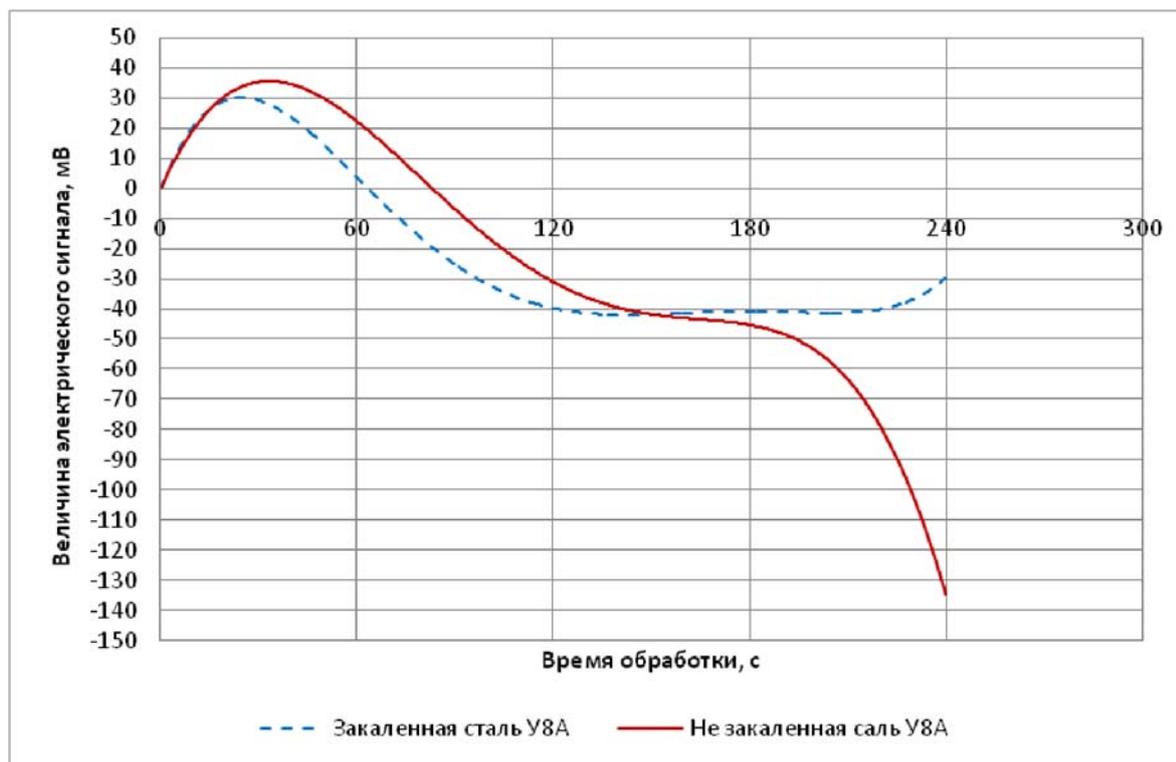


Рис. 7. График зависимости величины электрического сигнала от времени обработки и состояния образца

Таблица 3. Качество поверхности при «времени выхода на режим» τ

Состояние поверхности образцов	τ, с	Шероховатость, мкм	Микротвердость HV, ед.тв.
В закаленном состоянии	25	1,36	328
В не закаленном состоянии	35	0,78	232

ется в повышении микротвердости (рис. 8).

Снижение активного выделения энергии характеризуется ростом электрического сигнала. За время обработки до снижения активного выделения энергии предельно максимально увеличивается микротвердость и снижается шероховатость. Дальнейшая обработка не приводит к резкому улучшению показателей качества поверхности, что подтверждено результатами измерений и показанием постепенного увеличения электрического сигнала.

На основании проведенных экспериментов и полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Имеется корреляционная связь между электрическим сигналом и качеством поверхности.
2. Исследование характера изменения электрического сигнала, появляющегося при обработке, позволит автоматизировать процесс и определять оптимальные режимы обработки.
3. Повышение качества рабочей поверхности ЗШО, для проведения высокотемпературной

высадки, позволило повысить качество изготовления деталей типа «Тяга», устранить дефекты, такие, как гофры, неравномерность толщины стенок, неравномерное течение металла (рис. 9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2385953 Российской Федерации, МПК С21D7/06. Способ упрочнения поверхности металлических изделий/ Ляшко Ф.Е., Горбоконенко А.Д., Ривин Г.Л., Слезка В.Ф; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет»-№ 2009122587/02, заявл. 11.06.2009 опубл. Упрочняющие технологии и покрытия, 5, 2005, с.27-32, рис.26. SU 1447888 А1, 30.12.1988. RU 2129943 С1, 10.05.1999. US 2008264129 А1, 30.10.2008.
2. Явление возникновения электрического тока в проводнике, заземляющем токопроводящее изолированное тело. Диплом №303 // Научные открытия, 2006: (сборник кратких описаний научных открытий, научных гипотез. 296-321). Сост. В.В.Потоцкий. М., 2007. С.45.

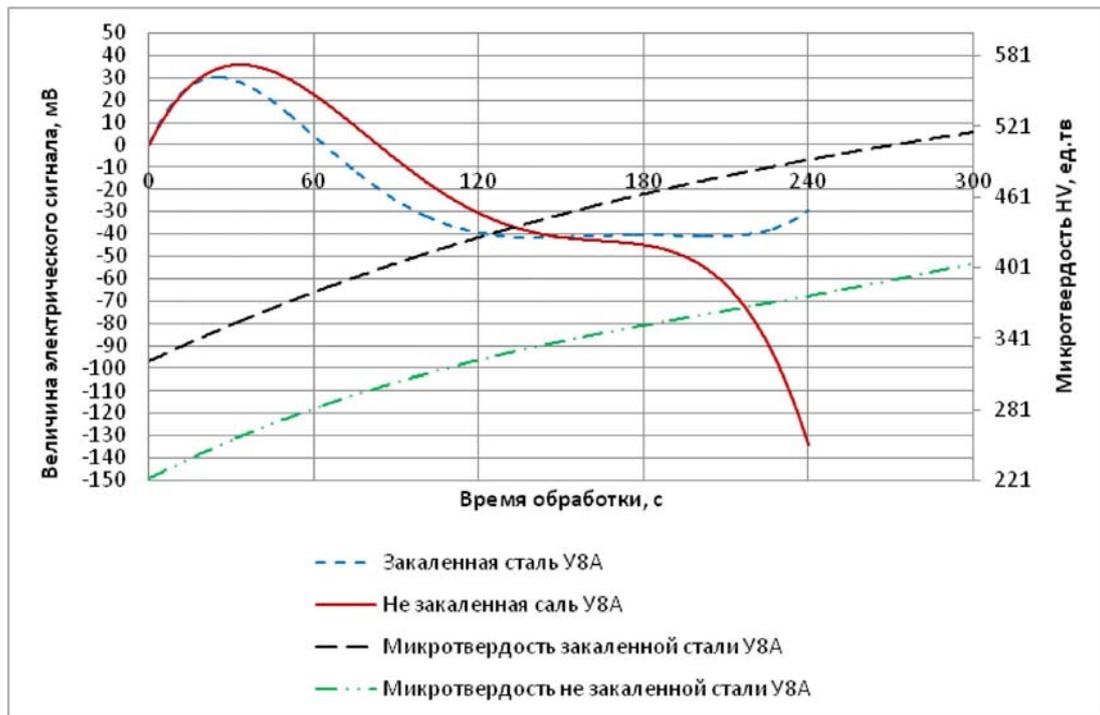


Рис. 8. Изменения электрического сигнала и микротвердости от времени обработки



До

После

Рис. 9. Заготовка, изготовленная из алюминиевого сплава Д16, разрезанная в зоне, подлежащей контролю

THE IMPROVEMENT OF «ROD-TYPE DETAILS» UNDER HIGH-TEMPERATURE TRANSFORMATION

© 2013 A.A. Barannikov, F.E. Lyashko, G.L. Rivin

Institute of Aviation Technology and Management of Ulyanovsk State Technical University

The authors have describe the problems of defects during the operation of high-temperature transformation of «Rod-type details». The method of eliminating the defects and the possibility of active control of the machining process are studied.

Keywords: ultrasound, defects, blank-stamping equipment, traction, electrical signal, micro-hardness, roughness.

Alexandr Barannikov, Graduate Student at the Aircraft Manufacturing Department.

E-mail: barannikov.a.a.iatu_ulgtu@list.ru

Fyodor Lyashko, Doctor of Technics, Professor, Director.

E-mail: avia@ulstu.ru

Georgy Rivin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Aircraft Manufacturing Department.

E-mail: rgl22@rambler.ru