

УДК 621.923

А. П. ПЕТРЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Сформулирована проблема о необходимости определения оптимальных режимов обработки, критериями эффективности для которых будут высокая производительность и качество получаемых поверхностей. Представлен обзор результатов предыдущих исследований. Указана обязательность проведения экспериментальных исследований с целью определения влияния параметров режимов обработки на качество поверхности. Приведены результаты исследования структурно-фазовых превращений в деталях после шлифования на оптимальных, с точки зрения износа, режимах. Установлено, что на всех исследуемых образцах отсутствуют следы фазовых превращений, что подтверждает правильность ранее разработанных математических моделей.

Ключевые слова: *шлифование, тепловые явления, качество поверхности, зона контакта зерна, износ абразивного инструмента, микроструктура.*

Введение

В настоящее время в авиационном двигателестроении актуальными стали вопросы создания комплексных технологий, таких как нанесение покрытий и последующая их обработка. Это позволяет регулировать и управлять такими показателями качества деталей, как волнистость, шероховатость, физико-механические свойства материала. Решение этих вопросов должно быть направлено на сокращение сроков технологического освоения новых конструкционных материалов, проектирование эффективных технологических процессов и уменьшение расхода материалов.

Общеизвестно, что качество изделий, эксплуатационные характеристики деталей и их надежность в значительной степени зависят от технологии их изготовления. В основном, это относится к финишным методам обработки, которые оказывают решающее влияние на характеристики поверхностного слоя деталей [1, 2].

Широкое использование в авиационном двигателестроении материалов, чувствительных к тепловым воздействиям, таких, как коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы на никелевой и титановой основе, способствует повышению процента шлифовальных операций.

Тепловые явления, сопровождающие процесс шлифования, оказывают решающее влияние, как на протекание процесса, так и на качество поверхностного слоя деталей [1–3].

1. Формулирование проблемы

В зоне контакта абразивного зерна с поверхностным слоем обрабатываемого материала возникает целый комплекс контактных процессов. Эти процессы достаточно сложны и разнообразны. В контактной зоне появляется целый ряд поверхностных явлений, таких, как адсорбция, адгезия, коррозия, диспергирование, упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев, диффузия, эрозия, окисление и др. Весь этот комплекс контактных процессов определяет характер протекания деформирования и разрушения обрабатываемого материала, вибрации, выделение и распространение теплоты в зоне резания и структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях. Такие явления, как химические реакции, адгезия и диффузия, вызывают изменения исходного химического состава и механических свойств поверхностей контакта и оказывают влияние на интенсивность изнашивания инструмента, а также на качество и надежность шлифованных деталей [4, 5].

Управление режимами шлифования является наиболее простым способом снижения теплонапряженности. Так, уменьшение глубины и скорости шлифования позволяет уменьшить температуру в зоне резания, но при этом снижается производительность.

В этой связи возникает вопрос о выявлении оптимальных режимов обработки, критериями эффективности для которых будут высокая производительность и качество получаемых поверхностей.

2. Обзор результатов предыдущих исследований

В работе [5] установлено, что уменьшить теплонапряженность в зоне резания можно, обеспечив работу абразивного инструмента в режиме самозатачивания, который характеризуется постоянным восстановлением режущей способности круга. Режим полного самозатачивания обеспечивает стабильный класс чистоты поверхности, не требует правки инструмента, отличается минимальным потреблением мощности, но приводит к более высокому износу круга, чем работа в режиме затупления. Однако, согласно данным работы [6], коэффициент полезного использования круга в режиме самозатачивания в 2-3 раза выше, чем в режиме затупления.

В работе [7] в результате аналитических и экспериментальных исследований разработаны новые положения о физико-механическом взаимодействии системы контактирующих объектов при шлифовании заготовок из пластичных сталей и сплавов. На этой основе предложены новые технологические методы повышения и стабилизации режущей способности шлифовальных кругов путем минимизации засаливания их рабочих поверхностей. Благодаря этому обеспечиваются увеличение и стабилизация производительности обработки, повышение качества шлифованных деталей, сокращение расхода шлифовальных кругов и правящих инструментов. В итоге может быть снижена себестоимость шлифовальных операций.

Теоретические исследования влияния кинематики шлифования на характер износа абразивного зерна представлены в работах [4, 7, 8]. Для определения влияния оптимальных, с точки зрения износа инструмента, параметров режима обработки на качество поверхности требуются экспериментальные исследования.

3. Результаты экспериментальных исследований

Для проведения исследований были выбраны следующие материалы: ЖС32-ВИ (ВНК), ВТ3-1, 40Х, 12Х18Н9Т.

Сплав ЖС32-ВИ (ВНК) принадлежит к жаропрочным литейным сплавам на никелевой основе и широко используется в авиационном двигателестроении при производстве лопаток турбин. Детали из сплава отливаются методом направленной кристаллизации.

Титановый сплав ВТ3-1 относится к деформируемым сплавам и применяется для изготовления лопаток компрессора ГТД.

Сталь 40Х принадлежит к конструкционным

легированным сталям, детали из которых подвергаются термоулучшению.

Коррозионно-стойкая жаропрочная сталь 12Х18Н9Т относится к сталям аустенитного класса и применяется для изготовления лопаток компрессора, а также элементов внешней обвязки ГТД.

По функциональным свойствам и обрабатываемости резанием, относительно стали 45, исследуемые материалы относятся к I, III, VI, и VII группам. В связи с этим они представляют наибольший интерес с точки зрения изучения влияния параметров режимов шлифования на качество поверхности.

На основании рекомендаций [3, 6–8] и теоретических исследований [7, 8] были выбраны режимы шлифования (табл. 1). Материал шлифовального круга для обработки титана – карбид кремния зеленый 64С, для остальных материалов – электрокорунд белый 24А.

Таблица 1
Режимы шлифования

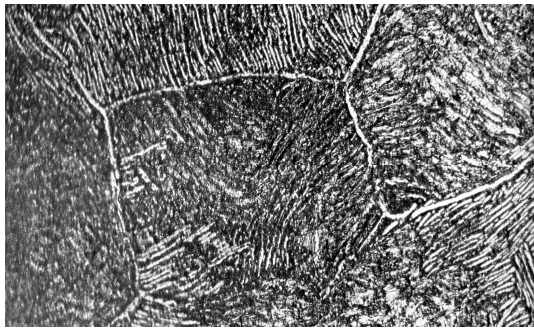
Марка материала образцов	Частота вращения, об/мин	Скорость круга, м/с	Подача, мм/об	Глубина резания, мм
ЖС32-(ВНК)	630	35	0,07	0,18
ВТ3-1	630	35	0,07	0,18
40Х	630	35	0,07	0,18
12Х18Н9Т	630	35	0,07	0,18

Из шлифованных образцов были изготовлены косые шлифы, на которых проводили металлографические исследования. Эти исследования проводили на микроскопе НЕОРНОТ-30 (Carl Zeiss Jena). Исследуемая поверхность косых шлифов многоступенчато шлифовалась на доводочном станке и полировалась войлочным кругом с применением пасты ГОИ. Структура поверхностного слоя обработанных образцов исследовалась на глубину до 1 мм.

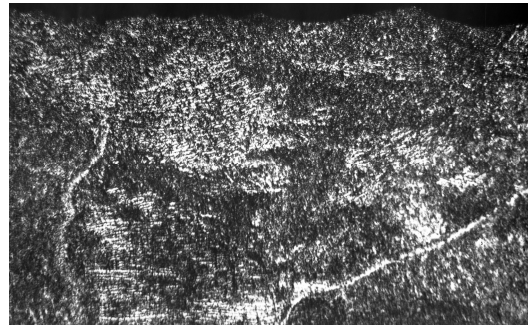
Выявленные микроструктуры фотографировались для получения цифровых снимков.

Проведенные металлографические исследования структуры сплава ВТ3-1 показали, что микроструктура сердцевины сплава ВТ3-1 – двухфазная и состоит из $\alpha + \beta$ -структуры. (рис. 1, а). На отдельных образцах вблизи поверхности, приблизительно на глубине 1,5, мкм просматриваются плоскости сдвига, что свидетельствует о наличии пластической деформации (рис. 1, б).

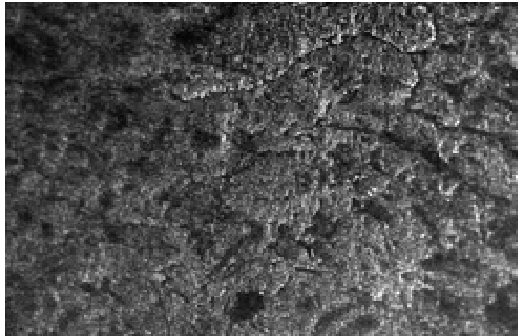
Структура сплава ЖС32-(ВНК) на поверхности и на глубине характеризуется высокой однородностью и упорядоченным расположением частиц мелкодисперсной γ' – фазы в γ – матрице (рис. 2, а, б), что характерно для исходного состояния термообработанных образцов.



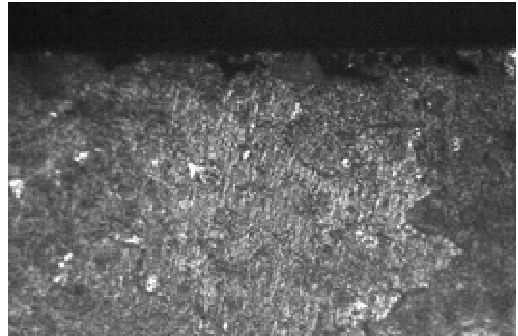
а



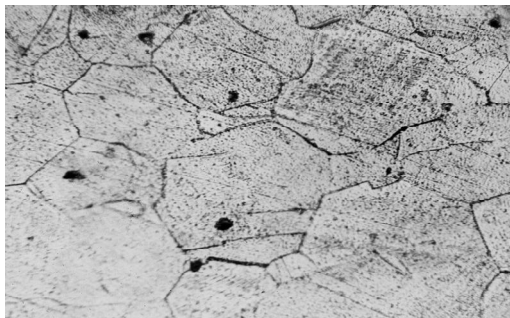
б

Рис. 1. Микроструктура сплава ВТ3-1 $\times 100$: а – сердцевины; б – после шлифования

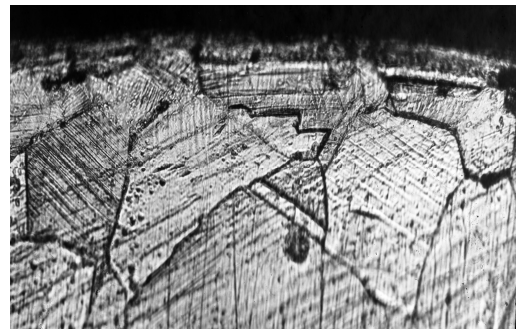
а



б

Рис. 2. Микроструктура сплава ЖС32-(ВНК) $\times 100$: а – сердцевины; б – после шлифования

а



б

Рис. 3. Микроструктура стали 12X18N9T $\times 100$: а – сердцевины стали; б – после шлифования

а



б

Рис. 4. Микроструктура стали 40X $\times 100$: а – сердцевины; б – после шлифования

В микроструктуре сердцевины образцов из стали 12X18N9T после электролитического травления в 10 %-ном водном растворе щавелевой кислоты выявляются границы аустенитных зерен, двойники, линии скольжения, (δ -феррит затравливается и имеет вид черных полос) (рис. 3, а, б).

Микроструктура основного металла стали 40X состоит из аустенитных зерен и мартенсита (рис. 4, а). В приповерхностном слое наблюдается мелкозернистое строение и характерная направленность зерен, что свидетельствует об имеющейся пластической деформации (рис. 4, б).

Как видно (см. рис. 1–4), на всех шлифах отсутствуют следы структурных превращений, что подтверждает правильность теоретических исследований, проведенных в [7, 8].

Заключение

Представлены результаты металлографических исследований образцов после шлифования на оптимальных, с точки зрения износа, режимах. На всех исследуемых шлифах отсутствовали следы структурно-фазовых превращений, что подтвердило правильность ранее разработанных математических моделей.

Литература

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД [Текст] / В. А. Богуслаев, Ф. М. Муравченко, П. Д. Жеманюк и др. – 3. : Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2003. – Ч. 1. – 396 с.
2. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД [Текст] / В. А. Богуслаев, Ф. М. Муравченко, П. Д. Жеманюк и др. – 3. : Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2003. – Ч. 2. – 420 с.

3. Сипайлов, В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управлении качеством поверхности [Текст] / В. А. Сипайлов. – М. : Машиностроение, 1978. – 167 с.

4. Курин, М. А. Исследование технологии планетарного глубинного шлифования плоских поверхностей деталей авиационных двигателей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.02; защищена 13.05.11 / Курин Максим Александрович. – Х., 2011. – 179 с.

5. Нижник, С. Н. Анализ путей снижения теплонапряженности процесса шлифования [Текст] / С. Н. Нижник, М. А. Курин, А. П. Петренко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 1(88). – С. 30 – 33.

6. Эльянов, В. Д. Эксплуатационные возможности шлифовальных кругов [Текст] / В. Д. Эльянов. – М. : НИИМаш, 1976. – 56 с.

7. Худобин, Л. В. Минимизация засаливания шлифовальных кругов [Текст] / Л. В. Худобин, А. Н. Унянин. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 298 с.

8. Нижник, С. Н. Определение угла ориентации режущего зерна относительно вектора скорости резания при круглом наружном и внутреннем шлифовании [Текст] / С. Н. Нижник // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 7(84). – С. 58 – 61.

Поступила в редакцию 3.12.2013, рассмотрена на редколлегии 11.12.2013

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры Интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства А. Я. Мовшович, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ШЛІФУВАННЯ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ

А. П. Петренко

Сформульовано проблему про необхідність визначення оптимальних режимів обробки, критеріями ефективності для яких будуть висока продуктивність і якість отримуваних поверхонь. Подано огляд результатів попередніх досліджень. Зазначено обов'язковість проведення експериментальних досліджень з метою визначення впливу параметрів режиму обробки на якість поверхні. Наведено результати дослідження структурно-фазових перетворень у деталях після шліфування на оптимальних, з точки зору зносу, режимах. Установлено, що на всіх досліджуваних зразках відсутні сліди фазових перетворень, що підтверджує правильність раніше розроблених математичних моделей.

Ключові слова: шліфування, теплові явища, якість поверхні, зона контакту зерна, знос абразивного інструменту, мікроструктура.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION INFLUENCE OF GRINDING MODES ON THE SURFACE QUALITY

A. P. Petrenko

The problem of the need to determine the optimum processing conditions, performance criteria for which are high performance and quality of the surface has been formulated. The review of the results of previous studies has been afforded. The necessity to conduct experimental studies to determine the effect of the treatment regimen parameters on the surface quality has been shown. The results of the study of the structural phase transitions after grinding on the best, in terms of wear and tear conditions have been shown. The whole of sample did not show signs of phase transformations. This confirms the earlier developed mathematical models.

Keywords: grinding, thermal conditions, the quality of surface, contact area of grain, wear abrasive tool, microstructure.

Петренко Анатолий Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.