

УДК 621.923

С.Н. НИЖНИК, М.А. КУРИН, А.П. ПЕТРЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина

АНАЛИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Сформулирована проблема необходимости поиска оптимального решения задачи снижения теплонапряженности процессов абразивной обработки с целью повышения эффективности шлифовальных операций. Проведен анализ работ, посвященных распределению тепла между контактирующими телами в процессе шлифования, на основании которого сделан вывод, что основная доля тепла уходит в деталь. Рассмотрены и проанализированы пути снижения температуры шлифования. Установлено, что управление режимами шлифования является наиболее простым способом снижения теплонапряженности, что ставит вопрос о выявлении оптимальных режимов обработки, критериями эффективности для которых будут высокая производительность и качество получаемых поверхностей.

Ключевые слова: *теплонапряженность, абразивное зерно, контактные процессы, распределение тепла, пути снижения температуры.*

Введение

Развитие современных технологий происходит в условиях появления новых машиностроительных материалов. Широкое использование в авиадвигателестроении материалов, чувствительных к тепловым воздействиям, таких как, коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов 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].

Таким образом, исследования, посвященные повышению эффективности процесса шлифования деталей авиационных двигателей, являются актуальными и заслуживают внимания.

1. Формулирование проблемы

Известно [2, 4], что большая часть абразивных зерен, находящихся на рабочей поверхности шлифовального круга, не участвует в процессе резания, а значительную часть работы резания составляет работа трения (до 70...80%) “неработающих зерен” и связки об обрабатываемую поверхность, которая является весьма существенным источником теплообразования. Высокотемпературное взаимодействие абразива с металлом представляет собой комплекс явлений, объединяющий различные по своей природе контактные процессы. Эти процессы достаточно сложны и разнообразны. В зоне контакта абразивного

зерна и обрабатываемой поверхности возникает целый ряд поверхностных явлений, таких как адсорбция, адгезия, коррозия, диспергирование, упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев, диффузия, эрозия, окисление и др. [2]. 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 изменение исходного химического состава и механических свойств поверхностей контакта и оказывают влияние на интенсивность изнашивания инструмента, а также на качество и надежность шлифованных деталей [5].

Нахождение оптимального решения в задаче снижения теплонапряженности процессов абразивной обработки, позволит повысить эффективность шлифовальных операций.

2. Распределение тепла между контактирующими телами

Известно, что тепловая энергия, выделяемая при шлифовании, распределяется, в основном, между деталью, кругом и стружкой. Распределение тепла между контактирующими телами в зависимости от условий шлифования колеблется в определенных пределах. Расчет, проведенный Е.Н. Масловым и представленный в работе [2], показал следующее распределение тепла:

- в деталь – 60-80%;
- в абразивный круг – 10-13%;
- в стружку – 0,5-30%.

При этом средняя температура детали изменяется в пределах 20-350°C, контактная – в пределах 200 - 1000°C и мгновенная – от 1000°C до температуры плавления обрабатываемого металла.

В работе [6] В.А. Шальновым приведено следующее распределение тепла в зависимости от глубины и условий шлифования:

- в деталь – от 64% до 86%;
- в круг – от 10% до 14%;
- в стружку – до 8%.

Г.М. Ипполитовым установлено [7], что доля тепла, уходящего в деталь, колеблется от 20% до 80%; в круг – 9-13%; в стружку – до 8%.

По результатам исследований, проведенными различными авторами, С.Н. Корчак [8] установил, что минимальное количество тепла, уходящего в деталь, составляет 20%, а максимальное достигает 80% и более.

При зубошлифовании сегментными кругами А.В. Якимов в работе [9] приводит следующие данные о распределении тепла:

- в деталь – 76 -83%;
- в круг – 17%;
- в стружку – 0,5-7%.

По данным Лурье [10] стружка уносит 2-8% теплоты, а в деталь отводится 70-85% выделяемой теплоты. По мнению автора [11] в деталь уходит 84% тепла, в круг – 12%, а в стружку 3-3,5%.

В.А. Сипайловым в работе [3] установлены большие расхождения в количестве тепла, уходящего в круг. Так, при обычном абразивном шлифовании в круг поступает не более 1% общего количества тепла, и им можно пренебречь. Но, при шлифовании мелкозернистыми алмазными кругами при небольшой скорости резания в круг с металлической связкой может поступать до 50% тепла.

Обобщив выше указанные данные, можно заключить, что основная доля тепла – до 86% уходит в деталь, а в круг – до 15%. Наибольший разброс имеют данные по распределению тепла в стружку: от 0,5 до 30%.

В целях обеспечения производительного бездефектного шлифования необходимо снижать долю тепла, отводимого в деталь за счет уменьшения температуры в зоне резания.

3. Анализ возможных путей снижения теплонапряженности процесса шлифования

Температура при шлифовании снижается как при уменьшении мощности источников теплообра-

зования, так и при повышении интенсивности теплоотвода [2].

Одним из способов уменьшения теплонапряженности процесса шлифования является выбор оптимальной характеристики абразивного инструмента. Так, увеличение зернистости и уменьшение твердости способствуют снижению контактных температур. Но следует помнить, что увеличение зернистости, как правило, снижает класс чистоты поверхности, а увеличение твердости увеличивает износ инструмента [4].

Повышение производительности шлифования и качества поверхностного слоя можно достичь применением высокоструктурных кругов [12]. Высокопористые круги обладают хорошей самозатачиваемостью и повышенной режущей способностью вследствие меньшей засаливаемости. Кроме того, поры позволяют более эффективно использовать СОЖ благодаря лучшему пропитыванию круга, которое обеспечивает дополнительное охлаждение зоны резания.

Применение алмазного и эльборового инструмента обеспечивает преимущества перед обычным абразивным инструментом [13], которое выражается в уменьшении теплонапряженности, сил резания, повышении стойкости. Специфика алмазной и эльборовой обработки выражается в особых требованиях к точности, жесткости, а также плавности перемещений узлов станков. Следует также отметить, что область применения алмазного инструмента ограничена обработкой инструментальных материалов, таких как твердые сплавы.

Согласно данным многих работ [2, 3, 14], посвященных исследованию температур при всевозможных видах шлифования, предельное состояние температурного поля (тепловое насыщение) наступает не сразу после начала процесса шлифования, а спустя некоторый промежуток времени, в течение которого процесс протекает в нестационарном режиме.

Существование нестационарного режима в начале процесса шлифования дает возможность эффективно снижать контактные температуры за счет периодического прерывания процесса. На практике такое условие можно реализовать за счет цикличности шлифования. Например, путем применения абразивных кругов с прерывистой поверхностью, композиционных кругов или кругов неправильной формы [2, 3], или применением пульсирующей подачи.

Импрегнирование позволяет существенно повысить стойкость шлифовальных кругов, снизить их засаливаемость и уменьшить шероховатость обработанной поверхности [15]. В качестве пропитывающих (импрегирующих) составов чаще всего

используют дисперсии графита, дисульфида молибдена, нитрида бора в углеводородных жидкостях, легированные присадками, содержащими серу, хлор, фосфор [16].

Композиционные круги сочетают в себе достоинства, как прерывистых кругов, так и кругов, прошедших операции пропитки.

Однако вышеперечисленные способы реализации цикличности шлифования имеют существенные недостатки:

- необходимо применение специального дорогостоящего инструмента, который требует специальных методов правки;
- абразивные круги неправильной формы имеют повышенный износ в силу того, что в процессе шлифования участвуют только выступающие части периферии круга;
- снижается производительность и точность обработки;
- применение пульсирующей подачи связано со значительным усложнением кинематики станка и снижением точности обработки;
- возникают значительные трудности в реализации условия, при котором время остывания поверхности превышает в десятки раз время шлифования.

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 [17] коэффициент полезного использования круга в режиме самозатачивания в 2-3 раза выше, чем в режиме затупления.

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.

Заключение

Проведен анализ существующих путей снижения теплонапряженности процессов абразивной обработки. Установлено, что управление режимами

шлифования является наиболее простым способом снижения теплонапряженности.

Литература

1. Изготовление деталей газотурбинных двигателей из титановых сплавов [Текст] / В.А. Богуслаев, А.И. Долматов, П.Д. Жеманюк и др. – Запорожье: Дека, 1997. – 276 с.
2. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов [Текст] / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
3. Сипайлов, В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управлении качеством поверхности [Текст] / В.А. Сипайлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 167 с.
4. Резникова, А.Н. Абразивная и алмазная обработка материалов: [Текст] / А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
5. Саютин, Г.И. Шлифование деталей из сплавов на основе титана [Текст] / Г.И. Саютин, В.А. Носенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 80 с.
6. Шальнов, В.А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов [Текст] / В.А. Шальнов. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
7. Ипполитов, Г.М. Абразивно-алмазная обработка [Текст] / Г.М. Ипполитов. – М.: Машиностроение, 1969. – 336 с.
8. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей [Текст] / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
9. Якимов, А.В. Качество изготовления зубчатых колес [Текст] / А.В. Якимов, Л.П. Смирнов, Ю.А. Бояришинов. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с.
10. Лурье, Г.Б. Шлифование металлов [Текст] / Г.Б. Лурье. – М.: Машиностроение, 1969. – 172 с.
11. Хрульков, В.А. Шлифование жаропрочных сплавов / В.А. Хрульков. – М.: Машиностроение, 1984. – 152 с.
12. Производство лопаток газотурбинных двигателей [Текст] / В.В. Крымов, Ю.С. Елисеев, К.И. Зудин; под ред. В.В. Крымова. – М.: Машиностроение: Машиностроение-Полет, 2002. – 376 с.
13. Эльбор в машиностроении [Текст] / под ред. В.С. Лысанова. – Л.: Машиностроение, 1978. – 280 с.
14. Новиков, Г.В. Расчет и анализ температуры резания при шлифовании [Текст] / Г.В. Новиков // Вестник Житомирского политехнического института. – 1989. – С. 38 – 43.
15. Якимов, А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей [Текст] / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
16. Справочник по обработке металлов резанием [Текст] / Под ред.: Ф.Н. Абрамов, В.В. Коваленко, В.Е. Любимов и др. – К.: Техніка, 1983. – 239 с.
17. Эльянов, В.Д. Эксплуатационные возможности шлифовальных кругов [Текст] / В.Д. Эльянов. – М.: НИИмаш, 1976. – 56 с.

Поступила в редакцию 6.12.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заместитель директора А.Я. Мовшович, НПО «Оснастка» Харьков.

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ТЕПЛОНАПРУЖЕНОСТІ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ

С.М. Нижник, М.О. Курін, А.П. Петренко

Сформульована проблема необхідності пошуку оптимального рішення задачі зниження теплонапруженості процесів абразивної обробки з метою підвищення ефективності шліфувальних операцій. Проведено аналіз робіт, присвячених розподілу тепла між контактуючими тілами в процесі шліфування, на підставі якого зроблено висновок, що основна частка тепла йде в деталь. Розглянуто та проаналізовано шляхи зниження температури шліфування. Встановлено, що управління режимами шліфування є найбільш простим способом зниження теплонапруженості, що ставить питання про виявлення оптимальних режимів обробки, критеріями ефективності для яких будуть висока ефективність і якість поверхонь, що отримують.

Ключові слова: теплонапруженість, абразивне зерно, контактні процеси, розподіл тепла, шляхи зниження температури.

ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE CALORIFIC INTENSITY OF THE GRINDING PROCESS

S.N. Nyzhnyk, M.A. Kurin, A.P. Petrenko

The problem of finding an optimal solution to reduce calorific intensity formulate and improving the efficiency of grinding operations has been given. The analysis of work devoted to heat distribution between the contacting bodies during grinding was done. After that the fact that the bulk of the heat comes into the part. The ways of reducing the temperature of grinding were considered and analyzed. The grinding regime control was proved to be simplest way of reducing the calorific intensity. This fact evokes the problem of identifying the optimal mode of processing, their performance criteria being high performance and quality of the received surfaces.

Key words: calorific intensity, abrasive grain, contact processes, distribution of heat, ways of reducing temperature.

Нижник Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры технологии производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Курин Максим Александрович – старший преподаватель кафедры технологии производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: kurin_83@mail.ru.

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