

УДК 621.923.1

А.Х. САКАЕВ^{1,2}, В.Ф. МАКАРОВ¹¹Пермский государственный технический университет, Пермь, Россия²ОАО "Пермский моторный завод", Пермь, Россия

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛИФОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ НА ТОКАРНО-ЛОБОВОМ МК163М И СТАНКЕ ELB-SCHLIFF MICRO CUT4-520

Приводится сравнительный анализ обработки профильных поверхностей лопаток турбины на многокоординатном шлифовальном станке и традиционной схемой обработки. Рассматривается практическое применение и подтверждение эффективности применения многокоординатной обработки. Наглядно показано оборудование, на котором производились испытания. Рассмотрено качество поверхностного слоя обработанной поверхности получаемых при разных способах шлифования. Отмечено, что наиболее предпочтительным методом обработки профильных поверхностей является многокоординатная обработка.

Ключевые слова: шлифовальный круг, профильное глубинное шлифование, правка, абразивный инструмент, шлифовальный станок.

Введение

Профильное глубинное шлифование (ПГШ) – эффективный метод обработки с большим объемом удаляемого материала абразивным инструментом [1, 2].

В условиях сильной конкуренции в авиационной промышленности производство становится все более наукоемким. Производители ГТД стараются различными способами повысить качество изготавливаемых деталей, при этом обеспечить невысокую стоимость продукции за счет внедрения новых технологий.

Основной материал

Одним из эффективных способов снижения стоимости продукции является оптимизация процессов обработки, позволяющая уменьшить время изготовления детали за счет увеличения производительности формообразования. Еще одним способом удешевления продукции является снижение затрат на инструмент. Эти способы имеют значение, лишь в том случае, если при их применении качество изготавливаемых деталей повышается или остается на прежнем уровне.

В настоящее время осуществляется внедрение процесса многокоординатного глубинного шлифования (МГШ) для обработки деталей, имеющих длинные криволинейные поверхности, взамен традиционной технологии обработки шлифованием на модернизированных токарно-лобовых станках. Вне-

дрение данного способа формообразования позволяет решить не только ряд проблем связанных с традиционной технологией, но и повысить качество поверхностного слоя обработанных деталей.

При обработке профильных поверхностей лопаток турбин мы сталкиваемся с различными типами поверхностей, для каждого из которых характерна своя специфика обработки. Эти поверхности подразделяются на криволинейные выпуклые, криволинейные вогнутые, конические выпуклые, конические вогнутые и плоские поверхности.



Рис. 1. Обработка на токарно-лобовом станке МК163М

Одна из которых, представляет собой обработку поэлементно на модернизированных токарно-лобовых станках типа МК163М. Станок МК163М (рис. 1) изначально предназначен для выполнения разнообразных токарных работ при обработке деталей типа фланцев, дисков и других деталей. Доста-

точные диапазоны чисел оборотов шпинделя, величин подач и мощности главного привода позволяют экономично использовать станок для обработки изделий из различных материалов.

Шлифование производится в специальной оснастке, имитирующей положение лопаток в работе. Шлифуется одновременно весь комплект лопаток (рис. 2).



Рис. 2. Роторное приспособление для установки лопаток

Данную технологию обработки можно охарактеризовать как круглое шлифование. Формообразование осуществляется без применения СОТС (смазывающе-охлаждающее технологическое средство). Формообразование профильных поверхностей лопаток турбин осуществляется кругами на бакелитовой и вулканитовой связке. При этом детали могут обрабатываться как по отдельности, так и в комплекте.

Вместе с тем схема обработки деталей в комплекте, путём их набора в технологические колёса имеет ряд недостатков. Они заключаются в том, что количество приспособлений должно соответствовать количеству наименований деталей, входящих в двигатель. При этом установочные элементы каждого приспособления отличаются от элементов соседнего в пределах допуска на изготовление. Соответственно, набранные в колесо лопатки уже на момент обработки имеют погрешность, связанную с погрешностью установки. В этом случае, сформированная при изготовлении цилиндрическая поверхность, при сборке уже никогда не повторится, т.е. возникает «редан» на проточной части турбины и соплового аппарата.

Данный дефект может быть устранен при обработке единичных лопаток или блоков с использованием технологии многокоординатного глубинного шлифования.

Недостатками данной технологии являются:

- требуемая высокая квалификация рабочего;
- требуется изготовление крупногабаритной технологической оснастки на каждый тип лопатки;

- низкая точность обработки;
- трудоемкая переналадка на другой тип лопатки;
- грязные условия труда.

В настоящее время на предприятии ОАО «Пермский Моторный Завод» осуществляется внедрение многокоординатного глубинного шлифования на станке Micro Cut4-520 фирмы ELB-SCHLIFF для обработки криволинейных поверхностей лопаток турбины (рис. 3). Применение данного метода позволяет исключить недостатки традиционной технологии изготовления на токарно-лобовом станке.



Рис. 3. Общий вид многокоординатного станка ELB-SCHLIFF Micro Cut4-520

Реализация метода МГШ осуществляется за счет применения глобусного стола в оборудовании, предназначенном для традиционного глубинного шлифования. Глобусный стол позволяет вращать деталь по двум дополнительным осям. В данном случае осуществляется обработка профильных поверхностей лопаток турбины.

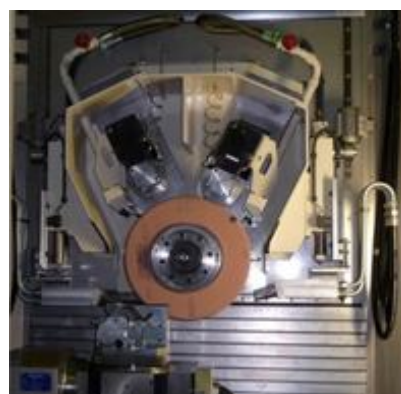


Рис. 4. Рабочая зона станка.

Для улучшения качества шлифуемой поверхности в многокоординатном обрабатывающем цен-

тре применяют механизмы постоянной правки круга, благодаря которой режущая поверхность круга поддерживается в работоспособном состоянии в течении всего процесса резания (рис. 4). Станок опционально оснащается 6-тью позиционным, автоматическим устройством для смены шлифовального круга, устанавливаемым рядом со станком.

Данный станок имеет пять одновременно управляемых координат. Две из которых обеспечивает глобусный стол (рис. 5), установленный на стол станка, это вращение детали вокруг осей А и В. Стол станка перемещает деталь по координате Х. Перемещение шпинделя станка по координатам Z и Y обеспечивает обработку еще по двум осям. Использование пяти одновременно управляемых координат позволяет обрабатывать криволинейные поверхности заготовок.

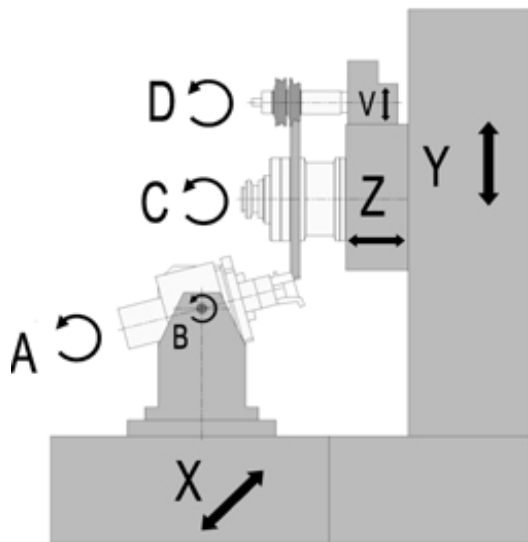


Рис. 5. Схема обработки лопатки турбины

Данное оборудование оснащено специальной техникой для подачи СОТС, позволяющей не только охлаждать зону обработки и удалять шлам с детали, но и производить очистку режущей поверхности шлифовального круга. Рассматриваемая конструкция представляет собой механизм постоянной компенсации износа круга, т.е. механизм непрерывной регулировки положения сопла над обрабатываемой поверхностью. Эта функция имеет важное технологическое значение в обеспечении стабильности процесса многокоординатного глубинного шлифования.

Преимуществом данной технологии является то, что формообразование поверхностей заготовки производится путем ее перемещения одновременно по четырем осям, а также первоначальное позиционирование еще по одной оси. В результате чего данная технология имеет следующие достоинства перед традиционной обработкой:

- для обработки одного типа деталей требуется одно приспособление;
- за одну установку детали обрабатывается сразу несколько поверхностей в автоматическом режиме, согласно заданной программе;
- сравнительно простая переналадка на другой тип деталей;
- в случае возникновения геометрических отклонений или каких-либо других дефектов, вызванных шлифованием, бракуется только одна деталь, в отличие от традиционной обработки в колесе, когда бракованными становятся все детали, шлифуемые за одну установку.

Поверхностный слой деталей после МГШ по своим качественным показателям отличается от поверхностных слоев, полученных после обработке на токарно-лобовых станках. Ввиду того, что качество поверхностного слоя деталей, полученное на финишной операции, значительно влияет на эксплуатационные показатели изделия, изучение процесса образования поверхностного слоя и взаимосвязи с технологическими факторами глубинного шлифования, с одной стороны, и эксплуатационными показателями – с другой, имеет большое значение для прогнозирования качества деталей при обработке.

К геометрическим параметрам относятся шероховатость поверхности, волнистость, отклонения формы и др. Шероховатость поверхности зависит от многих технологических факторов, но в основном определяется режимами шлифования, используемого оборудования и характеристикой абразивного инструмента.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что среднее арифметическое отклонение профиля R_a обработанного торца сопловой лопатки турбины на станке Micro Cut4-520 составляет 0,7 ... 0,8 мкм, когда обработка на токарно-лобовом станке МК163М давала шероховатость поверхности в пределах 1,06 ... 1,25 мкм.

Уменьшение шероховатости при обработке на станке Micro Cut4-520 происходит за счет специальной техники для подачи СОТС позволяющей не только охлаждать зону обработки и удалять шлам с детали, но и производить очистку режущей поверхности шлифовального круга. Конструкция представляет собой механизм постоянной компенсации износа круга, т.е. механизм непрерывной регулировки положения сопла над обрабатываемой поверхностью. Эта функция имеет важное технологическое значение в обеспечении стабильности процесса многокоординатного глубинного шлифования. В то время обработка на токарно-лобовом станке МК163М фасонных поверхностей происходит без подачи СОТС. Уменьшение шероховатости также объясняется разбиением операционного припуска на проходы. Считается, что

в случае многопроходного шлифования легче обеспечить требуемые характеристики точности и шероховатости обработанной поверхности. Для устранения данных дефектов при глубинном шлифовании применяется окончательный (чистовой) проход, который сопровождается сравнительно небольшими силами шлифования, в результате чего осуществляется устранение геометрических отклонений после черновых проходов и обеспечиваются геометрические параметры поверхности.

Выводы

Традиционный метод обработки профильных поверхностей лопаток турбин на модернизированных токарно-лобовых станках, позволил установить следующие недостатки данного способа формообразования: большая трудоемкость переналаживания на другой тип лопатки, необходимость изготовления громоздкой технологической оснастки на каждый тип лопатки, вредные условия труда, высокая квалификация рабочего и т. п. В настоящее время осуществляется внедрение многокоординатного глу-

бинного шлифования, которое позволит исключить недостатки традиционного метода, а также повысить качество поверхностного слоя. В настоящее время производительность профильного глубинного шлифования поверхностей лопаток турбин на станке ELB-SCHLIFF Micro Cut4-520 значительно уступает традиционной технологии. Это связано с отсутствием четких рекомендаций по режимам обработки, рекомендации по применению схем обработки (попутная, встречная), отсутствуют рекомендации по эффективному использованию непрерывной правки при обработке многокоординатным глубинным шлифованием.

Литература

1. Старков, В.К. Шлифование высокопористыми кругами [Текст] / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 2007. – 688 с.
2. Полетаев, В.А. Глубинное шлифование лопаток турбин: библиотека технолога [Текст] / Д.И. Волков, В.А. Полетаев. – М.: Машиностроение, 2009. – 272 с.

Поступила в редакцию 31.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой В.А. Иванов, Пермский государственный технический университет, Пермь, Россия.

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛІФУВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЛОПАТОК ТУРБИНИ НА ТОКАРНО-ЛОБОВОМУ МК163М І ВЕРСТАТІ ELB-SCHLIFF MICRO CUT4-520

А.Х. Сакаєв, В.Ф. Макаров

Приводиться порівняльний аналіз обробки профільних поверхонь лопаток турбіни на багатокординатному шліфувальному верстаті і традиційною схемою обробки. Розглядається практичне застосування і підтвердження ефективності застосування багатокординатної обробки. Наочно показано устаткування, на якому проводилися випробування. Розглянута якість поверхневого шару обробленої поверхні, що отримуються при різних способах шліфування. Відмічено, що найбільш переважним методом обробки профільних поверхонь є багатокординатна обробка.

Ключові слова: шліфувальний круг, профільне глибинне шліфування, правка, абразивний інструмент, шліфувальний верстат.

COMPARATIVE RESEARCH OF GRINDING OF PROFILE SURFACES OF BLADES OF THE TURBINE ON TOKARNO-FRONT MK163M AND MACHINE TOOL ELB-SCHLIFF MICRO CUT4-520

A.H. Sakaev, V.F. Makarov

The comparative analysis of handling of profile surfaces of blades of the turbine on the multicoordinate grinding machine tool and the traditional circuit of handling is resulted. Practical application and acknowledgement of efficiency of application of multicoordinate handling is considered. The equipment on which tests were produced is visually shown. Quality of a blanket of the processed surface received is considered at different methods of grinding. It is marked that the most preferable method of handling of profile surfaces is multicoordinate handling.

Key words: grinding circle, profile depth grinding, editing, abrasive tool, grinding machine tool.

Сакаєв Альберт Халилович – аспірант Пермського державного технічного університету, начальник лабораторії шліфування і отделочних робіт ОАО "Пермський моторний завод", Пермь, Россия, e-mail: Sakaev_Albert@mail.ru.

Макаров Володимир Федорович – д-р техн. наук, проф., завідує кафедрою технології машинобудування Пермського державного технічного університету, Пермь, Россия.