УДК 621.9

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПАЗОВ В ДИСКАХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Владимир Владимирович Гомжин

Магистр 2 года
кафедра «Технология машиностроения»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.В. Брылёв,
старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения»

Одним из самых важных агрегатов самолета является газотурбинный двигатель, в сборку которого входит диск ТВД, подвергающийся наибольшим нагрузкам и износу во время эксплуатации.

В последнее время много внимания уделяется совершенствованию технологий изготовления пазов в дисках для установки компрессорных и турбинных лопаток. Одним из основных способов является протягивание пазов, для чего приходится изготавливать специальный инструмент – протяжки. У этого способа есть ряд недостатков, среди которых высокая стоимость инструмента, низкая стойкость и потребность в переточке режущих частей. Поэтому идет постоянный поиск новых решений технологии изготовления пазов дисков ТВД.

В современных условиях одной из главных задач является автоматизация производства: от внедрения станков с ЧПУ и роботизированных технологических комплексов до автоматизации технологической подготовки производства с помощью различного программного обеспечения.

В качестве основных поставленных задач необходимо выделить следующее:

а) Определение минимального количества переходов при ЭЭО, необходимого для достижения параметров, установленных чертежом детали;

б) Определение шероховатости, достигаемой при выбранном количестве переходов при ЭЭО.

Для решения поставленных задач был проделан эксперимент, главной задачей которого было исследование зависимости параметров шероховатости от количества переходов с целью снижения времени обработки при проволочной электроэрозионной обработке пазов в газотурбинных двигателях с использованием выбранной системы автоматизированного проектирования.

В качестве заготовки была выбрана титановая пластина ВТ20 толщиной 8мм. В данной заготовке методом проволочной ЭЭО были вырезаны 5 елочных пазов за 1-5 переходов соответственно (Рисунок 1).

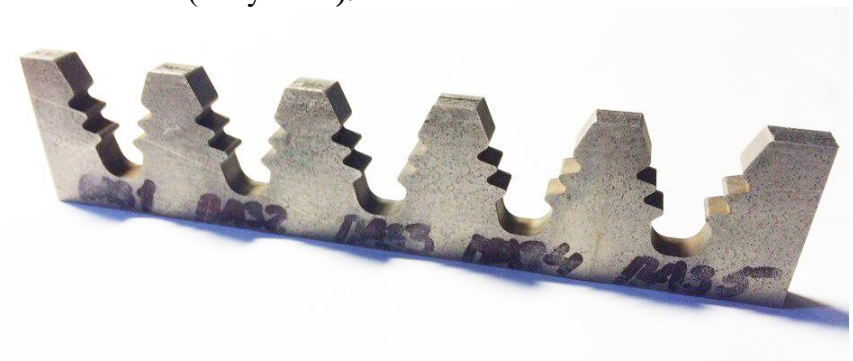

Рисунок 1. Образцы, полученные методом ЭЭО за 1-5 переходов.

По результатам измерений можно сделать выводы о том, что расчетное время по программе практически совпадает с фактическим временем. Самым длительным переходом оказался переход №5, наименее продолжительным – переход №2.

Наибольшая средняя фактическая скорость получена при обработке в 1 переход – 5.2 мм/мин, наименьшая при обработке в 5 переходов 1.4 мм/мин, однако максимальная зафиксированная скорость была получена при выполнении перехода №2 – 13 мм/мин.

На рисунке 2 представлена диаграмма, позволяющая наглядно оценить время, затраченное на обработку в 5 переходов. Из изображенного ниже следует, что наибольшее время достигается во время 5-го перехода.

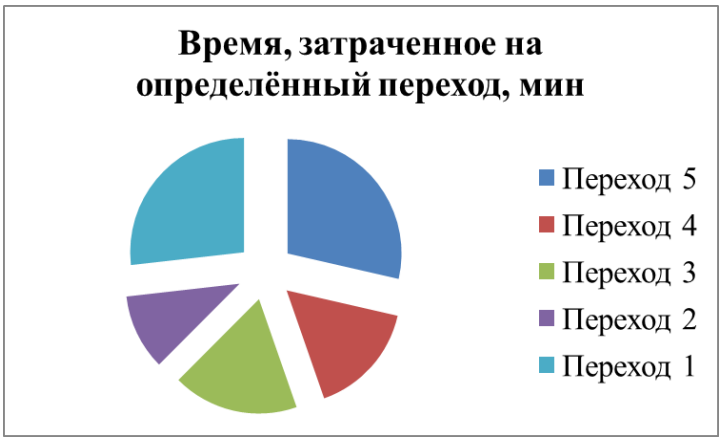

Рисунок 2. Диаграмма, показывающая время, затраченное на каждый переход.

Далее с помощью профилометра Mitutoyo SJ-301 были проведены измерения параметров шероховатости Ra и Rz у полученных образцов. Каждый образец был измерен 5 раз в соответственно расположенных местах. Подсчитаны параметры $Ra_{ср}$ и $Rz_{ср}$.

По результатам измерений получены фактические значения параметров $Ra_{ср}$ и $Rz_{ср}$, а также средние значения параметра Ra, рассчитанные программой после 1-5 переходов. Стоит отметить, что после первого перехода полученный параметр шероховатости $Ra_{ср}$ оказался ниже на 280мкм заявленного показателя, однако, при осуществлении дальнейших переходов, заявленных показателей достичь не удалось. Такое расхождение обуславливается низкой прокачкой и возможно необходимым обслуживанием станка – проверкой натяжения проволоки с помощью тензометра, чистка токоподводов верхнего и нижнего сопла станка от отходов обработки. Вполне вероятно, что при осуществлении данного технического обслуживания удастся приблизиться к заявленным параметрам.

Помимо всего, было проанализировано соотношения параметров Rz к Ra. Установлено, что на переходах 1-3 соотношение составило 6,5, а на переходах 4-5 – 7,5. Данную зависимость можно использовать при необходимости в дальнейшем вычисления приблизительного значения параметра Rz, имея теоретическое значение/

Зависимость параметра $Ra_{ср}$ от количества переходов представлена на гистограмме на рисунке 3. Анализируя данное изображение можно сделать вывод, что значительное снижение шероховатости наблюдается при 4-х переходной обработке. Ra=0.8 – шероховатость согласно чертежу.

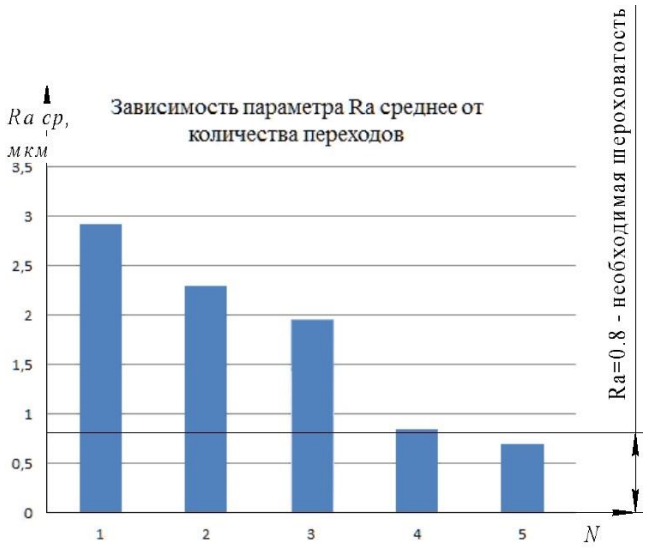

Рисунок 3. Зависимость параметра $Ra_{ср}$ от количества переходов

Как известно, поверхностный слой материала обрабатываемой заготовки подвергается локализованному и кратковременному, но весьма интенсивному термическому и химическому воздействию. В результате на поверхности заготовки образуется слой, сильно отличающийся от основного материала по своим физико-механическим свойствам (изменяется структура, твердость, появляются трещины и т.д.). Величина измененного слоя зависит от энергии импульсов, их длительности и теплофизических свойств обрабатываемого металла и находится в пределах от десятых до тысячных долей миллиметра. Вследствие хрупкости и неравномерной плотности в большинстве случаев поверхностный слой является дефектным. Он снижает прочностные свойства металла, поэтому при изготовлении ответственных деталей его удаляют. В нашем случае были произведены металлографические измерения пазов 4 и 5 с целью выявления величины оплавленного слоя.

При осмотре поверхности образцов на электронном микроскопе отмечается, что поверхность имеет оплавленный вид с застывшими каплями расплавленного металла (Рисунок 4).

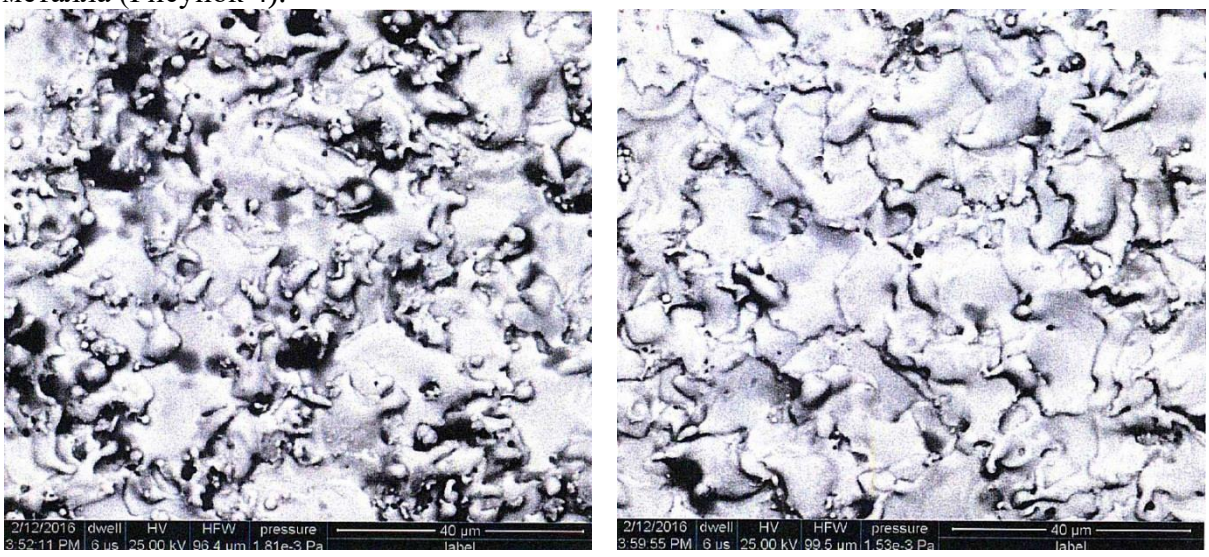

Рисунок 4. Поверхности образцов 4 и 5 под электронным микроскопом.

Исследованием микрошлифов установлено:

- на поверхности образца № 4 имеются отдельные участки с оплавленным слоем максимальной величиной до 2,0 мкм, а также наблюдаются и единичные

всплески до 3,0 мкм (Рисунок 5а);

- на образце № 5 имеются единичные участки с оплавленным слоем до 0,4 мкм и один участок с оплавленным слоем до 1,8 мкм (Рисунок 5б).

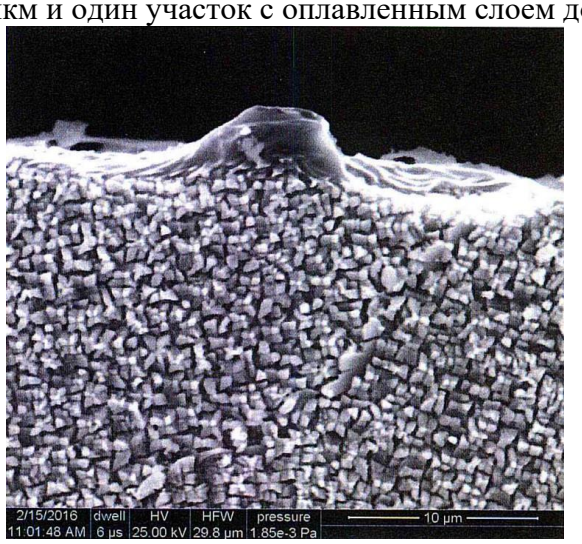

Рисунок 5а.

Рисунок 5б.

С целью удаления оплавленного слоя в елочных пазах был разработан специальный осевой абразивный инструмент, в месте наибольшего сечения повторяющий профиль елочного. Выбранный инструмент – монолитный инструмент со сменными абразивными головками с зерном из карбида кремния.

В данный момент ведется работа, связанная с подбором материала инструментов, их испытаниями на образцах с целью достижения максимального снятия оплавленного слоя с поверхностей образцов с отсутствием прижогов.

Из проделанной работы можно сделать выводы о том, что возможно применить 4-х переходную обработку с последующим полированием. В силу того, что полирование пазов необходимо в любом случае (для снятия измененного слоя с поверхности паза), то данный вариант подлежит рассмотрению и позволит снизить время обработки раза на ~25%, что в результате уменьшит время обработки диска ТВД на ~19,5 часов.

Литература

1. *Суслов А.Г.* Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 276 с.

2. *Фотеев Н.К.* 1980 Технологии электроэрозионной обработки М.: Машиностроение, 1980. – 19 с.

3. *Елисеев Ю.С., Саушкин Б.П.* Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники. –М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010. -437с.

4. *Antar, M.T., Soo, S.L., Aspinwall, D.K., Sage, C., Cuttell, M., Perez, R., Winn, A.J.,* Fatigue response of Udimet 720 following minimum damage wire electrical discharge machining, Materials and Design 2012. p. 295-300.

5. *Двирная О.З.* Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя замковых пазов в дисках ГТД из сплава ЭП517-Ш. Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук. Киев, 2015.