

УДК 621.452.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЕРА ЛОПАТКИ КОМПРЕССОРА ГТД

© 2019 Д.А. Гузев, Г.В. Соколов, А.Н. Жидяев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 15.05.2019

В данной статье приводится методика повышения точности при фрезеровании пера лопатки компрессора ГТД на станке S500L. Для анализа была проведена обработка пера лопатки компрессора ГТД на станке S500L с ЧПУ Sinumerik 840D. Управляющие траектории обработки были созданы с помощью САМ-системы Siemens NX. Было произведено измерение полученной детали с помощью КИМ DEA Global Performance 07.10.07. Полученные результаты измерения представлены в виде зависимости среднего отклонения от заданного размера от измеряемого сечения. Проведена оценка полученных результатов.

Ключевые слова: точность фрезерования, лопатка компрессора, управляющая траектория, координатно-измерительная машина, жесткость.

ВВЕДЕНИЕ

В современном двигателестроении большинство деталей имеют сложную форму. В большинстве случаев такая конфигурация позволяет повысить газодинамические характеристики отдельных деталей, что в свою очередь повысит эффективность двигателя. Механическая обработка таких деталей представляет большую сложность, так как требует применения специальных технологий с использованием инновационных станков, инструментов и оснастки [1].

Лопатка газотурбинного двигателя (ГТД) имеет сложную конструкцию. Она состоит из пера и замковой части. При обработке пера лопатки компрессора ГТД основную часть материала удаляют с помощью фрезерования на фрезерных пятиосевых станках с ЧПУ [2]. Пери лопатки имеет переменную жесткость по своей длине, что приводит к появлению погрешности формы при фрезеровании. Разработка технологии фрезерования пера лопатки с обеспечением заданной точности и качества является важной задачей подготовки производства.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ

Предлагаемый метод повышения точности фрезерной обработки пера лопатки компрес-

Гузев Дмитрий Алексеевич, магистрант кафедры технологий производства двигателей. E-mail: guzevd.a@mail.ru
Соколов Григорий Вадимович, магистрант кафедры технологий производства двигателей.

E-mail: jocker4@mail.ru

Жидяев Алексей Николаевич, старший преподаватель кафедры технологий производства двигателей.

E-mail: a.n.zhidyayev@gmail.com

сора ГТД заключается в назначении припуска, позволяющего повысить жесткость обрабатываемой заготовки и таким образом повысить точность профиля обработанной поверхности. Поиск значения припуска происходит с помощью математического моделирования нагружения заготовки пера лопатки в САЕ-системе Siemens NX (рисунок 1) в сечениях А-Е. После нагружения происходит оценка жесткости в сечении. При недостаточной жесткости происходит изменение припуска на предшествующем участке. Получаем заготовку со ступенчатым припуском (рисунок 2), которая, исходя из моделирования,

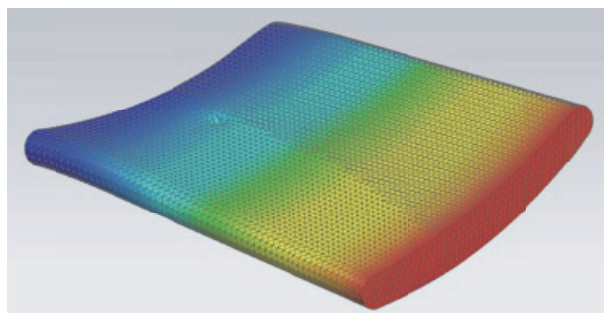


Рис. 1. Математическое моделирование нагружения заготовки пера лопатки компрессора ГТД в САЕ-системе

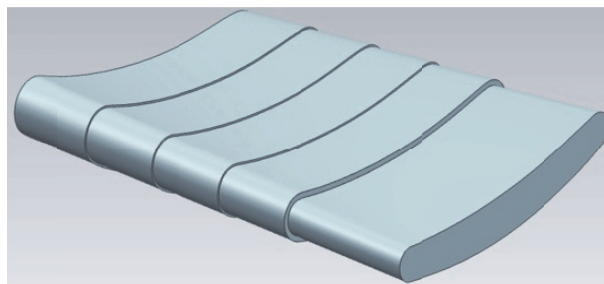


Рис. 2. Разработанная модель припуска

имеет большую жесткость по сечениям, что позволит получить более высокую точность.

Апробация применяемой формы заготовки происходит в несколько этапов. На первом этапе разрабатывается управляющая программа для обработки на станке с ЧПУ; на втором производится непосредственно обработка пера лопатки. Заключительным этапом является обмер профиля пера лопатки на КИМ и оценка полученной точности.

Для начала необходимо было произвести обработку на имеющемся станке с ЧПУ по технологии фрезерования по «спирали» без применения методик повышения точности, чтобы получить исходные данные на применяемом оборудовании.

Обработка велась на пятиосевом фрезерно-сверлильно-расточном станке S500L с системой ЧПУ Sinumerik 840D концевыми фрезами с диаметром 12 мм и радиусом закругления 1,5 мм. Заготовка во время обработки и измерения была закреплена на установочной платформе System 3R, так как обработка хвостовика не проводилась. Применяемые режимы обработки: $S=3900$ об/мин, $F=650$ мм/мин. Обмер полученной детали производился с помощью КИМ DEA Global Performance 07.10.07.

При создании управляющих программ была использована САМ-система программного пакета Siemens NX. Оценка результатов измерений производилась с помощью программного пакета PC-DMIS CAD++.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИИ

Для черновой обработки пера лопатки были разработаны трехосевые управляющие траектории движения инструмента (рисунок 3 а), а для чистовой – четырехосевые (рисунок 3 б).

ОБРАБОТКА ЛОПАТКИ И ИЗМЕРЕНИЯ

После создания, проверки и оптимизации траекторий была произведена обработка лопатки. Полученная деталь представлена на рисунке 4.

На рисунке также отмечены сечения А-Е, в которых были произведены два измерения детали на КИМ. Первый замер детали был сделан после черновой обработки, чтобы оценить отклонение формы детали перед чистовой обработкой. Второй замер был сделан после финишного этапа, чтобы оценить полученную точность изготовления пера лопатки.

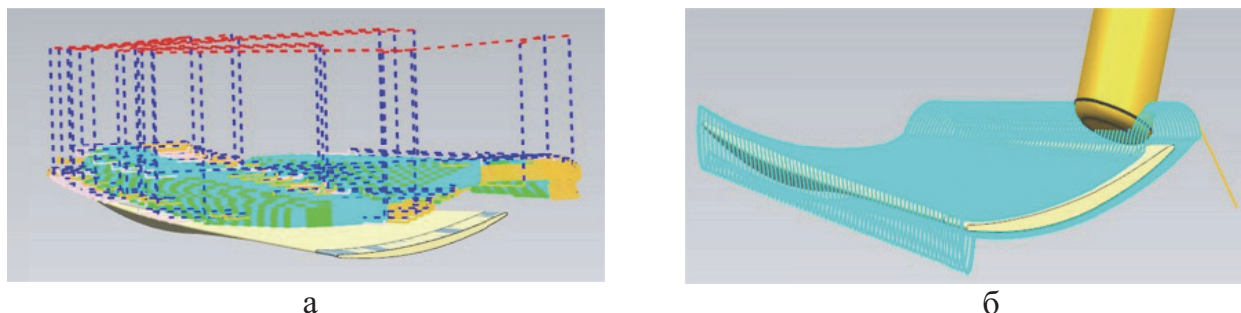


Рис. 3. Управляющие траектории:
 а – для черновой обработки пера лопатки компрессора ГТД
 б – для чистовой обработки пера лопатки компрессора ГТД



Рис. 4. Изготовленное перо лопатки компрессора ГТД с отмеченными измеряемыми сечениями

На представленных зависимостях показаны средние отклонения от номинального размера, полученные путем вычисления среднего арифметического значения измеренных отклонений в сечении, по сечениям А-Е для спинки и корыта пера лопатки. В первом случае с оставленным припуском после черновой обработки 2 мм, во втором случае для готовой детали.

Графики для первого случая (рисунок 5) показывают, что отклонения от формы после черновой обработки приблизительно равны. Это свидетельствует о том, что жесткость по длине пера лопатки была достаточной.

Так как лопатка закреплена консольно, жесткость лопатки уменьшается от сечения А к сечению Е, поэтому на рисунке 6, от-

бражающем графики для случая чистовой обработки, среднее отклонение от заданного размера увеличивается от сечения А к сечению Е.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проделанной работы были получены следующие результаты:

- 1) отработана методика создания траекторий и управляющих программ для обработки пера лопатки на станке S500L с помощью САМ-системы Siemens NX;
- 2) оценена неравномерность припуска после предварительной обработки и её возможное влияние на точность чистовой обработки;
- 3) оценено отклонение от номинального профиля после чистовой обработки.

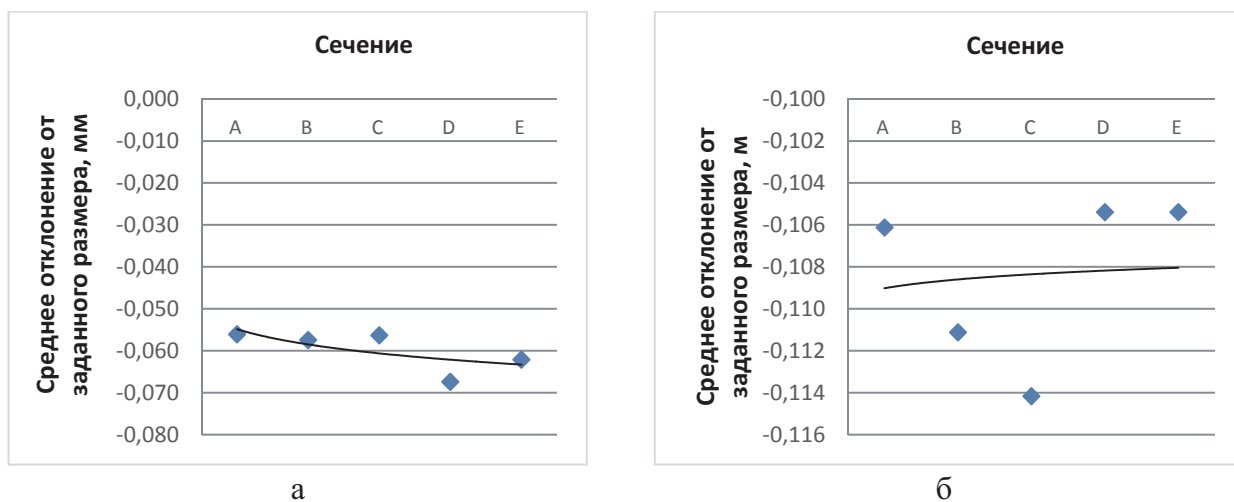


Рис. 5. График зависимости среднего отклонения от заданного размера от положения сечения измерения (с припуском 2 мм): а – для корыта, б – для спинки

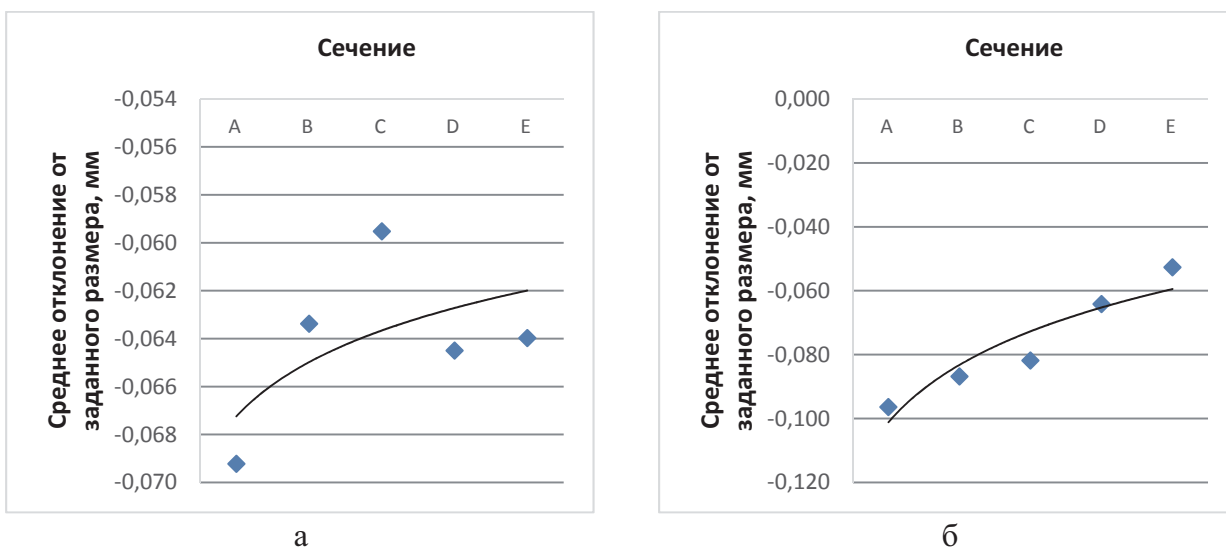


Рис. 6. График зависимости среднего отклонения от заданного размера от положения сечения измерения (с припуском 0 мм): а – для корыта, б – для спинки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крымов В.В., Елисеев Ю.С., Зудин К.И. Производство лопаток газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 2002. 376 с.
2. Полетаев В.А. Технология автоматизированного производства лопаток газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 2006. 256 с.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF THE MILLING OF THE GTE COMPRESSOR BLADE AIRFOIL

© 2019 D.A. Guzev, G.V. Sokolov, A.N. Zhidyaev

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev

This article provides a technique for improving the accuracy of the milling of the GTE compressor blade airfoil on S500L machine. For the analysis, machining of the GTE compressor blade airfoil on the S500L with the Sinumerik 840D CNC is done. Control trajectory are created using the Siemens NX CAM system. The measurement of the obtained part is made using the DEA Global Performance 10/7/07 CMM. The obtained measurement results are presented in the form of a dependence of the average deviation from a given size on the measured cross section. The assessment of the results is obtained.

Keywords: accuracy of milling, compressor blade, control trajectory, coordinate measuring machine, inflexibility.