

*Гришин А.Н.,
токарь 5 разряда
АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко»
Россия, г. Химки*

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

***Аннотация:** в данной обзорной научной статье представлен анализ современного технологического оборудования, используемого для обработки деталей ракетно-космической техники. Приведены примеры современных станков и обрабатывающих центров с программным управлением.*

***Ключевые слова:** числовое программное управление, ракетостроение, ракетно-космическая техника.*

***Annotation:** this review presents the analysis of modern technological equipment used for machining parts for rocket and space technology. Examples of modern machine tools and machining centers with numerical control are given.*

***Key words:** computer numerical control, rocket engineering, rocket and space technology.*

Говоря о космических программах, мы в первую очередь думаем о мощных ракетах, которые выводят на орбиту космические корабли. Сердце ракеты-носителя – её двигатели, создающие реактивную тягу. Ракетный двигатель – это сложнейшее энергопреобразующее устройство, во многом напоминающее живой организм со своим характером и манерами поведения, которое создаётся поколениями учёных и инженеров [1, с. 26].

Неотъемлемой частью металлообработки при изготовлении составных частей ракет являются токарные работы. Они сопровождаются высокой точностью изготовления деталей [2, с. 37].

Одним из основных видов обработки деталей ракетно-космической техники является механическая обработка. К деталям предъявляются высокие требования по качеству и точности изготовления. Наилучшим способом повышения этих показателей является замена устаревшего оборудования современными многофункциональными станками и обрабатывающими центрами [3, с. 141].

Современное ракетостроение предполагает функционирование многочисленных взаимосвязанных технических средств различных объектов производства на основе компьютерной техники, современного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).

В промышленном производстве распространено применение числового программного управления, так как это эффективный метод решения таких задач современного производства, как работа с разнородными деталями сложной формы, высокая точность изготовления, автоматизация процессов [4, с. 37]. При производстве самолётов и ракет в основном используются крупногабаритные фрезерные станки с ЧПУ, с непрерывным управлением.

В частности, при изготовлении устройств сгорания, в первую очередь ракетных сопел, для формирования компонентов окончательной формы со встроенными элементами, такими как вкладыши, каналы охлаждающей жидкости и коллекторы, используется выдувное порошковое осаждение используется, что позволяет интегрировать данные элементы в единую крупномасштабную конструкцию. Вспомогательным процессом выдувного порошкового осаждения является гибридное производство посредством осаждения направленной энергии с ЧПУ или гибридных аддитивных/субтрактивных технологий. Преимуществом технологии является возможность нанесения нескольких материалов. NASA использует этот

подход при изготовлении ряда компонентов, включая искровые воспламенители и камеры сгорания.

Гибридные станки для осаждения направленной энергии с ЧПУ также позволяют добиваться высокой гладкости поверхностей даже в труднодоступных участках, что невозможно получить с помощью селективного лазерного плавления. Технология также является масштабируемой, что позволяет изготавливать более крупные детали. Так, в рамках совместной работы Космического центра Маршалла, станкостроительного холдинга DMG MORI и Университета Алабамы были спроектированы и изготовлены два прототипа биметаллических искровых воспламенителей, которые впоследствии прошли огневые испытания. Сборка искровых воспламенителей осуществлялась на 3D станке DMG MORI LT4300, который является гибридным станком осаждения направленной энергии с ЧПУ. LT4300 3D – это стандартный 9-осевой фрезерный центр с ЧПУ, модифицированный для установки аппарата осаждения направленной энергии, соединённого со шпинделем фрезерного станка.

Исследования продемонстрировали успешное изготовление искрового воспламенителя с помощью гибридного типа производства методом осаждения направленной энергии с ЧПУ. Прототип искрового воспламенителя – биметаллический компонент жидкостного ракетного двигателя из сплавов меди и никеля - был изготовлен за один день, в отличие от недель и месяцев, которые обычно требовались для изготовления искровых воспламенителей с помощью традиционных процессов механической обработки и пайки. Гидростатические испытания подтвердили структурную целостность детали, а исследование термобарьерного стыка толщиной 1240-1400 микрон показало полную диффузионную интегрированность используемых сплавов [5, с. 4625].

Таким образом, ввиду стремительного развития аэрокосмической промышленности, энергетических технологий, неуклонно увеличивается спрос на высокопроизводительные детали со сложной изогнутой

поверхностью, такие как сопла ракетных двигателей, и технология обработки таких деталей с помощью ЧПУ становится сложным насущным вопросом в промышленной сфере.

Использованные источники:

1. Фролов С. Ракетный двигатель на взрывной тяге // Коммерсантъ Наука. - №1. – 2017. – С. 26.
2. Хилько В.М., Ильченко А.А., Орешенко Т.Г. Обработка деталей РКТ с наличием сложных поверхностей // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 2 (2). – С. 37.
3. Скаржинская Н.А., Антропова А.С. Прогрессивное оборудование для обработки сложных деталей ракетно-космических двигателей // Решетневские чтения. – 2011. – №15. – С. 141.
4. Jia Z. et al. A review of contouring-error reduction method in multi-axis CNC machining // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2018. – Т. 125. – С. 34-54.
5. Gradl P.R. et al. Additive manufacturing of liquid rocket engine combustion devices: a summary of process developments and hot-fire testing results // 2018 Joint Propulsion Conference. – 2018. – С. 4625.