

УДК 658.512.011.56:681.31.(075.8)

М. ЧЕХРЕСАЗ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ОСОБЕННОСТИ БИТАНГЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ TOPSOLID

*Рассмотрены особенности и пример получения управляющей программы для обработки сложных поверхностей на пяти-координатных станках с ЧПУ с помощью программного пакета Topcam. Разработана 3D-модель детали в Topsolid и в Topcam. Кратко рассмотрена обработка всех поверхностей и подробно одна из сложных. Приведена оптимальная траектория перемещения инструмента для битангенсиальной фрезерной обработки кулачка полумуфты, подтверждающие возможность обработки с высокой точностью. Применение программы типа Topsolid позволяет увеличить производство деталей и сократить количество бракованных изделий.*

**Ключевые слова:** сложные формы поверхности, пятикоординатная обработка на станках с ЧПУ, точечное спиральное фрезерование, неразвёртывающиеся поверхности, линия перемещения фрезы при обрабатываемой поверхности.

### Введение

Организация эффективного машиностроительного производства без современного оборудования, в частности без станков с числовым программным управлением (ЧПУ), становится невозможной.

Создание новых технологий играет ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности авиационной техники. В целях достижения максимально возможного уровня технического совершенства, снижения сроков и стоимости создания двигателя проводится опережающая разработка новых технических решений и их проверка при испытаниях узлов, демонстрационных двигателей [1].

Станок с ЧПУ приносит прибыль только тогда, когда он непосредственно работает с деталью. Поэтому с экономической точки зрения время, потраченное технологом на создание управляющей программы со стойки, фактически является временем простоя оборудования.

Сегодня эффективная и рациональная эксплуатация станков с ЧПУ возможна только с использованием специального программного обеспечения для создания управляющих программ вне оборудования, на рабочем месте технолога.

Одним из наиболее известных решений в области САМ (Computer aided manufacturing) является компания Missler.

Компания предоставляет интегрированные программные решения для проектирования изделий и производственно-технического управления данными.

В 1989 году программное обеспечение Missler в экспортной деятельности и сегодня 60% всех лицензий продаются на международном уровне.

Обладая более чем 24 млн. € оборота, в компании работают 216 сотрудников и разработано в 4 разных местах.

Более 70 дистрибьюторов по всему миру расположены в Европе, Азии и Северной и Южной Америки. На сегодняшний день более 8000 клиентов приняли Missler в мире программного обеспечения.

TopSolid является интегрированным 3D CAD / САМ программного обеспечения для проектирования и производства геометрии, узлов и агрегатов в механической промышленности.

TopCam – программное обеспечение, позволяющее формировать перемещения инструментов для станков с ЧПУ, фрезерной, токарной групп, обрабатывающих центров.

Перемещение инструмента рассчитываются в каждом этапе обработки, основываясь на геометрии детали и геометрии заготовки. Каждый цикл обработки изменяет геометрию заготовки, отображая геометрию заготовки для проведения последующих операций.

Данная возможность позволяет формировать траекторию перемещения инструмента с отслеживаем столкновения с элементами оборудования и оснасткой. Кроме того, отображение остатка материала после предыдущей обработки позволяет пользователю формировать оптимальную траекторию перемещения инструмента.

Траектория перемещения инструмента формируется на основе твердого тела, поверхности и контуров.

Для формирования траектории перемещения необходимо две геометрические формы. Первая геометрическая форма определяет геометрию получаемой детали, вторая – геометрию заготовки. Обе модели могут быть созданы при использовании внутренних функций Topcam.

Модели могут быть также разработаны в другом программном обеспечении, а затем прочитаны посредством стандартных интерфейсов IGES, SET, VDA, или STEP типов.

В этом случае пользователь, во-первых, должен проверить, возможно, ли использование выше указанных интерфейсов для выбранного объемного тела, во вторых, произвести корректировку геометрии для получения твердого тела [2].

Одним из актуальных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является разработка технологических процессов пяти-координатного фрезерования сложно-фасонных деталей на станках с ЧПУ, характеризующегося тем, что в процессе работы меняется не только пространственное положение поверхности резания инструмента относительно детали, как при трех-координатной обработке, но и ориентация оси вращения инструмента.

В пяти-координатном фрезеровании можно выделить два основных метода: обработку поверхностей концевой частью инструмента (рис. 1 б) и обработку боковой частью (рис. 1 а).

В первом варианте контакт поверхности резания инструмента с обрабатываемой поверхностью, как правило, точечный (редко плоскостной), а во втором – линейный.

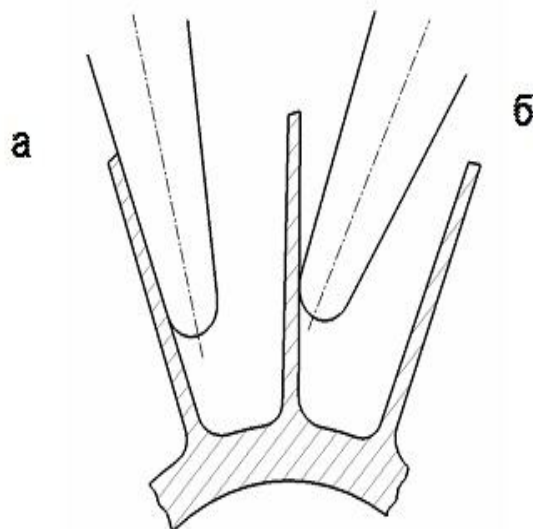


Рис. 1. Схемы пятикоординатной обработки

## 1. Сущность метода битангенциальной обработки

Комбинированный метод (рис.2), при котором боковая поверхность инструмента фрезерует один элемент детали (направляющую поверхность), а торец инструмента движется по другому элементу (контрольной поверхности), называется битангенциальной обработкой.

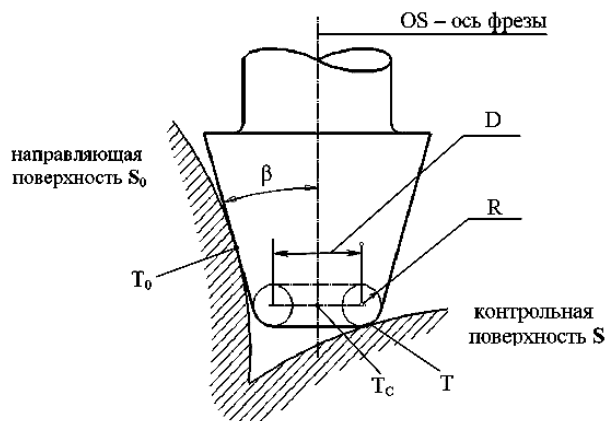


Рис. 2. Схема битангенциальной обработки

Фрезерование боковой поверхностью инструмента обеспечивает более высокую производительность работы и качество обрабатываемой поверхности.

Однако в настоящее время, такие трудоемкие детали, как например, осевые и центробежные колеса турбокомпрессоров, как правило, изготавливаются методом точечного спирального фрезерования, при котором профиль детали образуется в результате многопроходного огибания фрезой с постоянным ее перемещением по высоте лопатки.

Это связано с отсутствием у производителей методологии и математического обеспечения расчета управляющих программ для битангенциальной пяти-координатной обработки поверхностей [2].

Целью данной статьи является описание особенностей, подкрепленных примером, и разработка управляющих программ для обработки сложных поверхностей с помощью программа Topsolid .

В качестве примера в программе Topsolid смотена деталь под названием полумуфта левая.

Целью данной статьи является описание особенностей разработка управляющих программ для обработки сложных поверхностей с помощью программа Topsolid на примере детали авиационного двигателя.

На первом этапе необходимо нарисовать контур детали (рис. 3).

После прорисовки контура его необходимо вращать его на угол  $360^\circ$ .

Затем создаются кулачки на фланце, сверлятся отверстия на фланце и под углом на цилиндре.

Эти элементы можно создать при перемещении или вращении система координат.

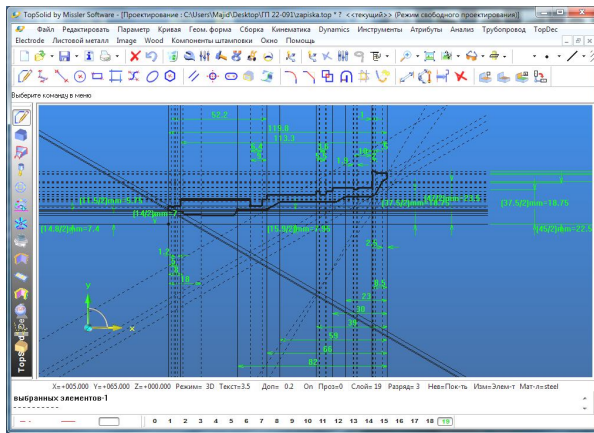


Рис. 3. Создание контур полумуфта в TopSolid, первый этап рисование контур деталь

Для создания отверстий под углом, боковых канавок или шлицев сначала вычерчивают контур на необходимой плоскости, а затем его выдавливают или высекают от всей детали.

В нашем случае 4 канавки на фланце, 3 отверстия под углом, 8 кулачков на фланце и 20 зубьев сделано с помощью этих кнопок.

Полумуфта в готовом виде показана на рисунках 4 и 5.

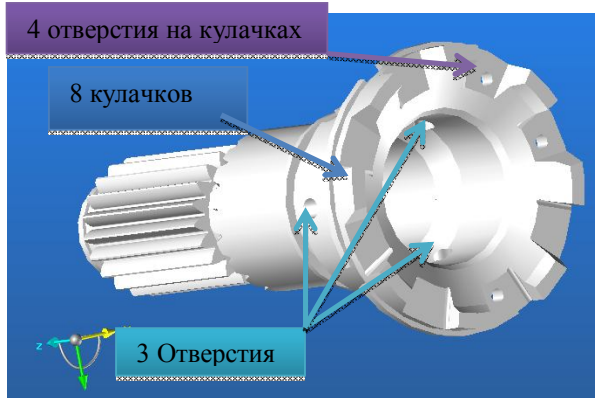


Рис. 4. 3-D изображение полумуфты с видом отверстий

Для формирования траектории перемещения в процессе обработки (в Торсам), необходимо две геометрические формы.

Первая геометрическая форма определяет геометрию получаемой детали, вторая – геометрию заготовки.

Поэтому необходимо создать контур заготовки и повернуть на 360° (рис. 6).

Для обработки данной детали выбрано оборудование – токарно-фрезерный станок OKUMA Macturn 250.

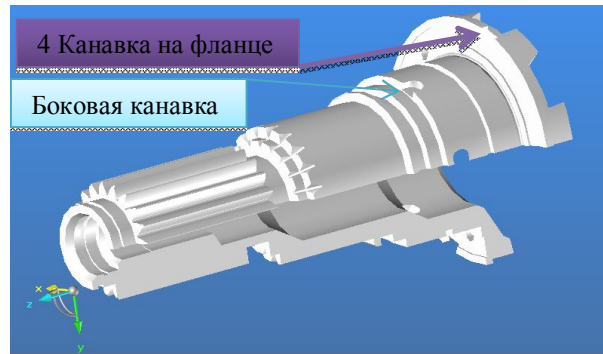


Рис. 5. Изображение полумуфты с видом боковой канавки

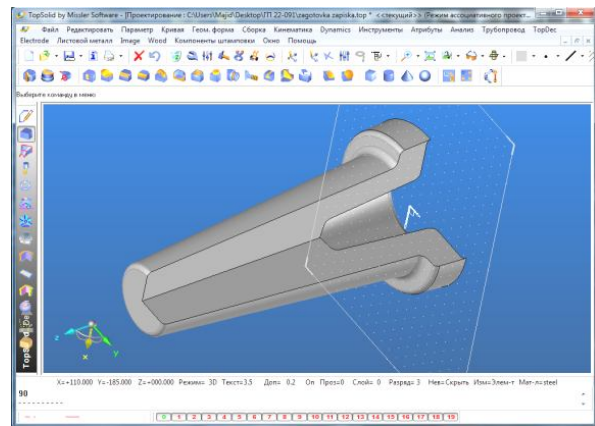


Рис. 6. Заготовка полумуфты левой

Многофункциональные 5-ти-координатные обрабатывающие центры серии MACTURN предназначены для комплексной обработки деталей различных материалов, в том числе и высоколегированных закаленных сталей с твердостью поверхности HRC 58...60.

Его можно выбрать из библиотеки программы Торсам (рис. 7).

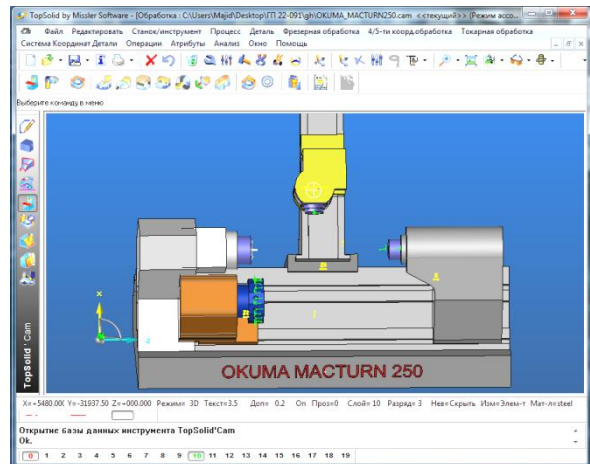


Рис. 7. Станок OKUMA Macturn 250 в Торсам

Затем необходимо провести имитацию закрепления детали на станке с помощью трех кулачкового

патрона. Его необходимо выбрать из библиотеки и установить на шпиндель станка.

После этого необходимо переместить его на правый шпиндель станка и установить его, также из библиотеки и добавить центр.

Затем можно поступить к имитации закрепления детали на станке.

Для этого необходимо открыть файл деталь полумуфты и заготовки.

Далее нужно изменить текущую систему координат на правом шпинделе и проверить, чтобы системы координат детали в рабочем положении и станка были одинаковыми.

Далее можно увидеть установку заготовки в правом шпинделе и задаем материал полумуфты. (рис. 8).

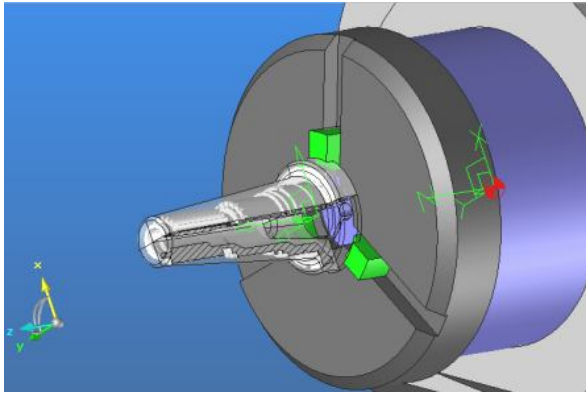


Рис. 8. Создание связи заготовки и деталь к станку

Далее, имитируем обработку детали на каждом переходе, а именно подрезку торца, центрирование, точение наружные поверхности, сверлить и точить внутренние поверхностей и точить канавку.

При этом используем все инструменты из библиотеки программы Торсат (рис. 9).

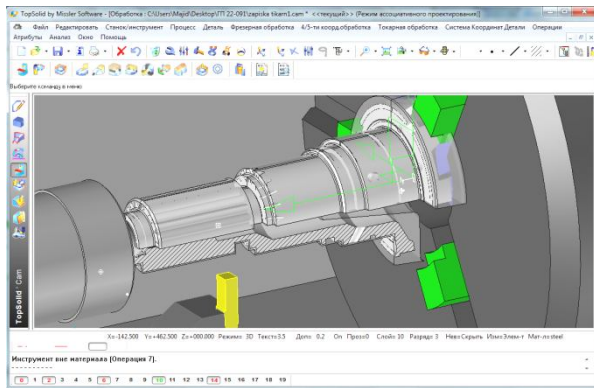


Рис. 9. Положение заготовки после первой операции

После первой операции деталь и обработанная заготовка закрепляется на другом шпинделе и аналогично закрепляется, связывается со станком и определяется ноль детали.

В эту операцию включается: сверление осевого отверстия, точение внутренних и наружных поверхностей, фрезерование по дну кулачков, фрезерование левой стенки под углом  $5^\circ$  и правой стенки с использованием битангенциальной обработки (рис. 10).

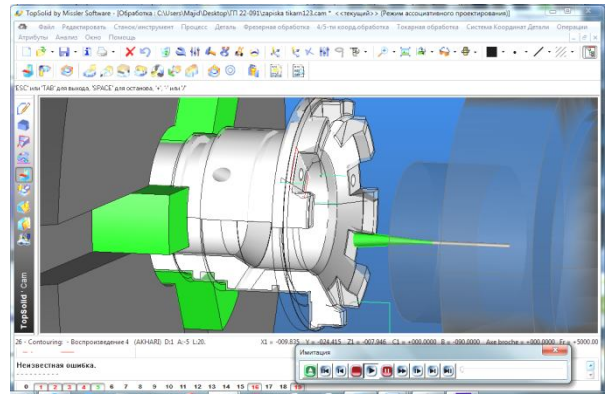


Рис. 10. Вторая операция обработки полумуфта левая в Торсат, переход фрезерование стенки кулачков на  $5^\circ$

На следующем переходе в меню «4/5-ти коорд. обработка» проводится «битангенциальная обработка». Для этого необходимо задать требуемую кривую обработки, направление перемещения фрезы, кривую у вершины, интернирование положение материала.

Далее выбирается инструмент – цилиндрическая фреза диаметром 4 мм, задается положение инструмента и угол.

Пользователю необходимо открыть окно, в котором можно задавать параметры, в том числе подвод/отвод инструмента. Программа автоматически считает режимы резания, но их можно изменить. Ниже показан переход фрезерной битангенциальной обработки стенки кулачков по этапам перемещения фрезы:



Рис. 11. Перемещение фрезы в положение параллельности оси с осью Z-

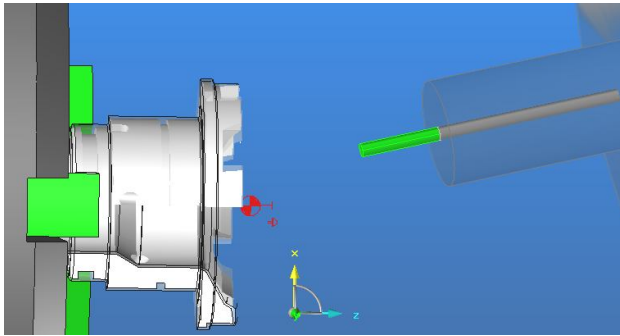


Рис. 12. Начало изменения оси фрезы и поворот относительно оси Y+

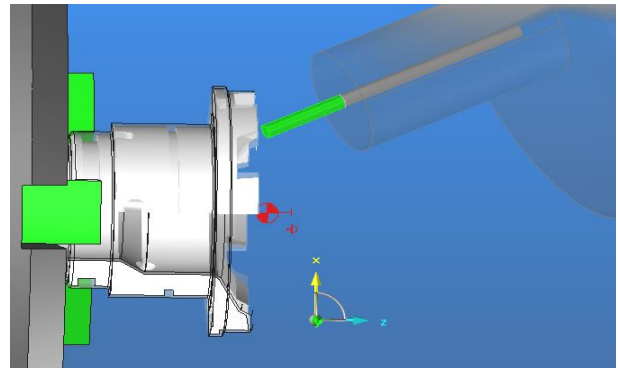


Рис 16. Отвод фрезы от детали:

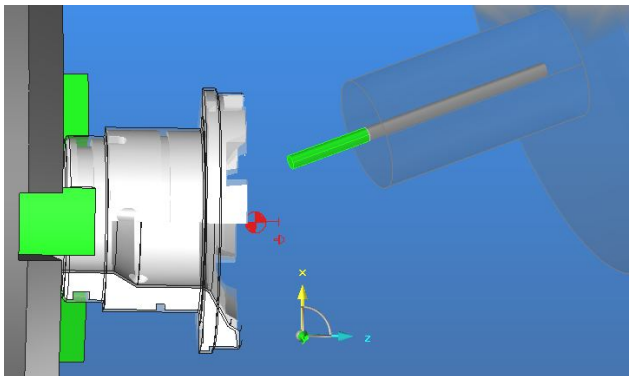


Рис. 13. Изменение оси фрезы больше по оси Y+ и начало изменения оси фрезы по оси X+

Далее имитируем обработку кулачков (рис. 17).

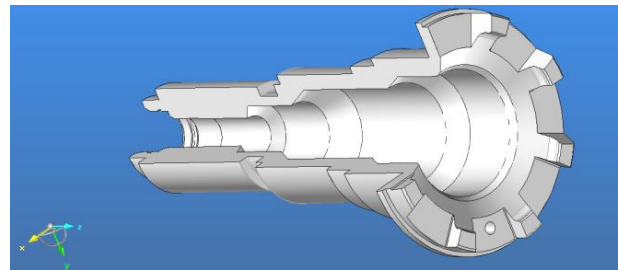


Рис. 17. Обрабатываемая деталь после окончания второй операции

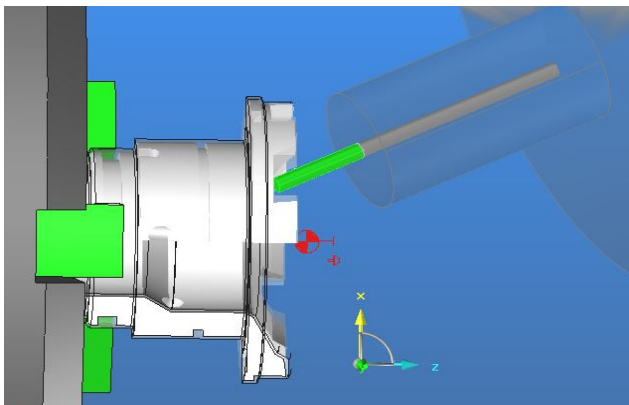


Рис 14. Применение параллельности относительно обрабатываемой поверхностей и начало обработки

После обработки кулачков необходимо переустановить деталь и заготовку на другой шпиндель.

Затем устанавливается связь между деталью, заготовкой и станком и создается система координат для токарной обработки.

Для фрезерования зубьев необходимо создать специальную фрезу.

В библиотеке находятся ближайшая по геометрии и изменяется название.

Далее необходимо копировать профиль зуба на торец и сохранив в следующем окне выбрать оснастку, подходящую к станку (рис. 18).

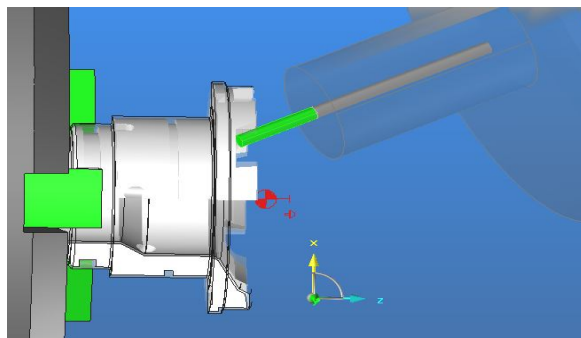


Рис 15. Обработка поверхностей

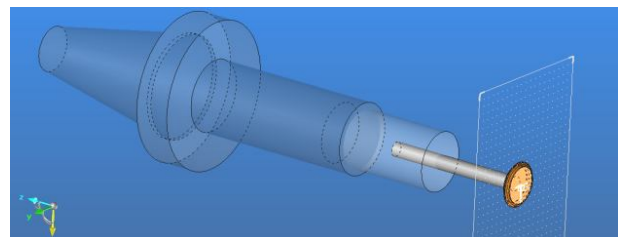


Рис. 18. Инструмент фреза для обработки зубьев

Для фрезерования зубьев необходимо на каждом зубе поменять систему координат и на каждом зубе рисовать линию, по которой должна проходить фреза.

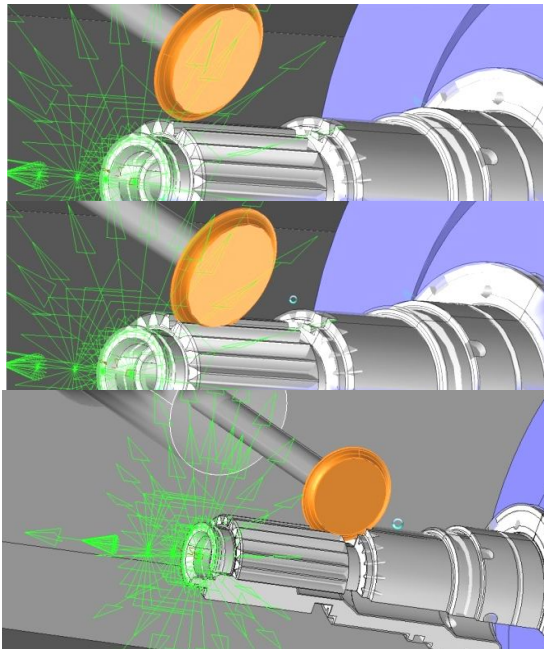


Рис. 19. Перемещение фрезы для обработки зубьев полумуфты левой в Торсам

После этой операции деталь контролируется и термически обрабатывается.

### Выводы

В результате работы определены особенности и этапы проектирования технологического процесса для детали авиационного двигателя на станках ЧПУ с помощью программного комплекса TOPSOLID.

Данный комплекс позволяет безошибочно проектировать технологический процесс, производить его 3D визуализацию.

Комплекс также позволяет формировать программу для станка с ЧПУ. При этом значительно повышается скорость проектирования и его экономическая эффективность.

### Литература

1. Сорокин, В.Ф. *Методология расчета управляющих программ фрезерования развертывающихся фасонных поверхностей на пяти-координатных станках с ЧПУ [Текст] / В.Ф. Сорокин // Вісті Академії інженерних наук України. – 2006. – № 3(30). – С. 19-23.*
2. Фалалаев, С.В. *Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов [Электронный ресурс] / С.В. Фалалаев. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/1105221>. – 11.05.2013.*

*Поступила в редакцию 23.05.2013, рассмотрена на редколлегии 12.06.2013*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. каф. технологии производства авиационных двигателей В.Ф. Сорокин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

### ОСОБЛИВОСТІ БІТАНГЕЦІЙНОЇ ОБРОБКИ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ TOPSOLID

*М. Чехресаз*

Розглянуті особливості і приклад отримання управляючої програми для обробки складних поверхонь на п'яти-координатних верстатах з ЧПУ за допомогою програмного пакету Торсам. Розроблення 3D-модель деталі в Topsolid і в Торсам. Стисло розглянута обробка всіх поверхонь і детально одна з складних. Приведена оптимальна траєкторія переміщення інструменту для бітангетційної фрезерної обробки кулачка напівмуфти, підтверджуючі можливість обробки з високою точністю. Застосування програми типу Topsolid дозволяє збільшити виробництво деталей і скоротити кількість бракованих виробів.

**Ключові слова:** складні форми поверхні, п'ятикоординатна обробка на верстатах з ЧПУ, точкове спіральне фрезерування, поверхні, що не розгортаються, лінія переміщення фрези при оброблюваній поверхні.

### FEATURES OF BITANGENTIAL TREATMENT OF DIFFICULT SURFACES OF DETAIL OF AVIATION ENGINE WITH THE USE OF SOFTWARE TOPSOLID

*М. Chehresaz*

The features and an example of getting the control program for the machining of complex surfaces on five-axis CNC machines using the software package Topcam are considered. 3D-model of the detail in Topsolid and Topcam is developed. Treatment of all surfaces and in detail one of the complexes is briefly considered. The optimal tool path for milling bitangential coupling claw OF processing with high accuracy is shown. Application programs such Topsolid can increase the production of parts and reduce the number of defective items.

**Keywords:** Difficult forms of surface, five-axis treatment on machine-tools with CNC, point spiral milling, not developed surfaces, line moving of milling cutter at processed one by surface.

**Чехресаз Маджид** – магістрант кафедри технології виробництва авіаційних двигателів Національного аэрокосмічного університету ім. Н.Е. Жуковського «ХАИ», Харків, Україна, e-mail: majid\_chh@yahoo.com.