



SIEMENS

The new, revolutionary Milling technology

imachining[®]
by SolidCAM

Учебный курс: *iMachining for Siemens NX*

Siemens NX

Учебный курс

Технология iMachining 2D&3D

**Данный курс действителен для
версии NX 9.0.3.4 и более поздних**

Версия №1

Все права защищены

Введение

1

О данном курсе

Целью данного курса является изучение работы с системой Siemens NX при обработке различных деталей с использованием технологий iMachining 2D и iMachining 3D. В нем рассматриваются общие сведения о системе Siemens NX, которые приводятся также в документации на систему и в интерактивной справочной системе. Усвоив базовые навыки работы с системой, вы станете значительно реже обращаться за информацией в справочную систему.

Adobe Reader



Для чтения данного руководства рекомендуется использовать приложение Adobe Reader. Это бесплатное приложение для чтения файлов в формате PDF, которое можно загрузить с сайта компании Adobe – <http://get.adobe.com/reader/>. По умолчанию Adobe Reader позволяет запускать внешние файлы и выходить в интернет по ссылкам URL, что важно для правильной работы интерактивных элементов данного руководства. Если для чтения будет использоваться другая программа, важно выполнить необходимые настройки Trust Manager, обеспечивающие выполнение внешних команд.

Windows 10

Скриншоты, использованные в данном руководстве, подготовлены при помощи систем Siemens-NX9.0, установленных на компьютере, работающем под управлением операционной системы Windows 10. Если на вашем компьютере установлена другая версия Windows, окна и меню могут иметь несколько иной внешний вид. Однако эти различия не влияют на работу программного обеспечения

Условные обозначения, принятые в данном руководстве

В данном руководстве используются следующие типографические обозначения:

Текст выделенный Жирным	Этот стиль текста используется для выделения пунктов меню и команд Siemens NX, а также основных понятий.
 1.4 Определите параметры	Пиктограмма с изображением мыши, номер и выделенный жирным шрифтом текст указывают на начало описания очередного действия в упражнении.
 Пояснение	Указанным образом выделяются пояснения по функциям iMachining for Siemens NX, которые включены в текст примеров. Пиктограмма с изображением лампочки используется также для выделения примечаний.

Основные понятия

В любом проекте Siemens NX содержатся следующие данные:

- **Проект обработки** – определяет общие сведения о заготовке: имя модели, положение системы координат, параметры инструментов, контроллер ЧПУ и др. В iMachining проект обработки содержит также параметры станка и базу данных материалов.
- **Геометрия** – выбранные ребра, кривые, поверхности или твердые тела, которые показывают, что и где необходимо обработать. Геометрия связана с разработанной в Siemens NX моделью. Геометрия для iMachining 2D представляет собой выемку, которая может быть открытой, закрытой и/или полузакрытой (содержать воображаемые ребра). В выемках могут быть внутренние цепочки, которые рассматриваются как возвышения или используются для безопасного подвода инструмента. Для iMachining 3D геометрия заготовки и геометрия детали определяются как твердые тела.
- **Переходы** – в системе Siemens NX переход представляет собой отдельный этап механической обработки. Для перехода определяются технологические параметры, параметры инструмента, стратегии обработки. Иными словами, переходы показывают, как будет выполняться обработка. В данном практическом курсе вы научитесь работать с революционной технологией iMachining для Siemens NX, которая позволяет определить порядок обработки детали.
- **Обзор порядка работы**

Процесс создания проекта Siemens NX состоит из следующих основных этапов:

Определение проекта обработки

На этом этапе должны быть определены глобальные параметры процесса обработки. Необходимо определить несколько систем координат, которые описывают положение детали на станке с ЧПУ (MCS).

Необходимо определить модель заготовки и модель детали (WORPIECE), которые будут использоваться для расчета остаточного материала. Модель заготовки описывает начальное состояние обрабатываемой заготовки. Модель детали описывает ее состояние по окончании обработки. После каждого перехода система Siemens NX вычисляет, сколько материала было удалено с обрабатываемой детали, и сколько материала осталось необработанным (остаточный материал). Информация об остаточном материале позволяет iMachining автоматически оптимизировать траекторию движения инструмента и предотвратить холостое перемещение инструмента по воздуху.

Определение переходов iMachining

Для каждого перехода iMachining можно указать геометрию, выбрать инструмент (из таблицы или определить новый) и стратегию обработки, а также определить ряд технологических параметров (в вкладке Параметры резания и Вспомогательные перемещения входящие в группу Параметры пользователя).

Определение проекта обработки

2

2. Определении проекта обработки в iMachining

При определении проекта обработки в iMachining выполняются следующие действия:

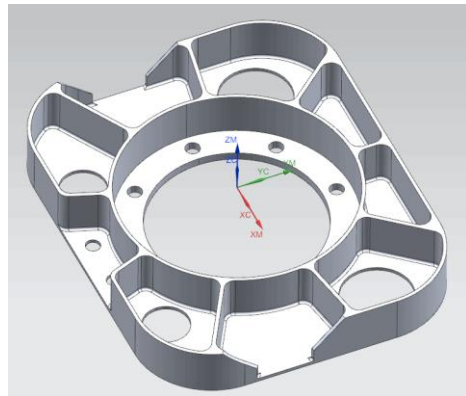


- **Создание проекта обработки.** На этом этапе необходимо определить имя проекта и папку для его сохранения. Система Siemens NX создает необходимые файлы и папку для хранения различных данных.
- **Определение системы координат.** Необходимо определить систему координат, в которой будут выполняться все переходы в составе проекта обработки.
- **Определение модели заготовки.** Система Siemens NX позволяет определить модель заготовки, которая описывает начальное состояние обрабатываемой заготовки.
- **Определение модели детали.** Система Siemens NX позволяет определить модель детали, которая описывает состояние детали по окончании обработки.
- **Контрольная геометрия.** Система Siemens NX позволяет определить геометрию технологической оснастки, которая ограничивает перемещение инструмента в указанные зоны.
- **Параметры iMachining.** При использовании iMachining необходимо определить параметры станка и рабочих материалов. Эти данные необходимы мастеру технологии для автоматического определения оптимальных условий резания для перехода iMachining.

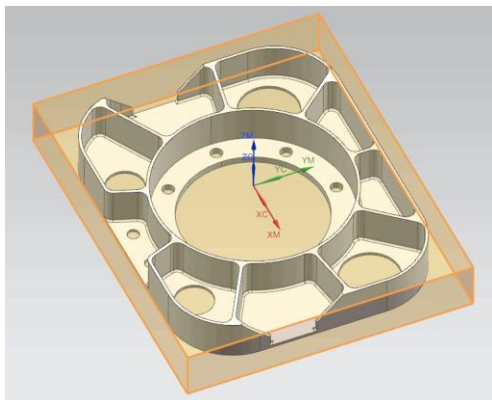
Определение проекта обработки

В этом упражнении рассматривается процесс определения проекта обработки в системе Siemens NX. Вам будет необходимо создать проект обработки показанной на рисунке модели, а также определить систему координат, модель заготовки и модель детали, которые необходимы для обработки. Также необходимо определить параметры iMachining.

Если базы данных станков и материалов не будут определены на этапе создания проекта обработки, необходимо сделать это при добавлении в проект первого перехода iMachining.



Во всех последующих упражнениях будет использоваться проект обработки, в котором уже определены базы данных станков и материалов. Такой заранее созданный проект обработки был сохранен в виде файла в формате *.prt.



Перед тем как приступить к программированию проекта обработки с использованием iMachining, необходимо решить, какая заготовка будет использоваться. От этого зависит количество и тип переходов, которые потребуются для достижения окончательной формы детали.

В данном упражнении модель заготовки представляет собой трехмерную модель.

В ходе создания проекта обработки необходимо решить, какой тип станка с ЧПУ (3, 4 или 5 осей) будет использоваться. В этом упражнении обработка будет осуществляться на 3-осном станке. Этого достаточно для полной обработки всех необходимых поверхностей детали без изменения ее положения на станке.

Все последующие упражнения также будут выполняться на 3-осевом станке.

Для того чтобы создать и настроить проект обработки указанной детали, необходимо выполнить следующие действия:



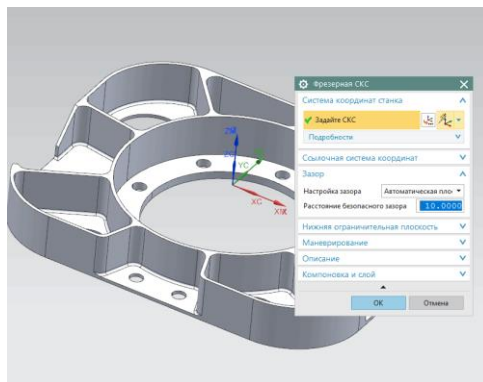
2.1 Загрузите модель Siemens NX и создайте новый проект обработки

Откройте файл Exercise_1.prt. Если Siemens NX еще не открыт, он запускается, после чего выполняется загрузка модели.

В этой модели содержится два твердых тела: одно из них соответствует модели заготовки, а другое - модели детали.

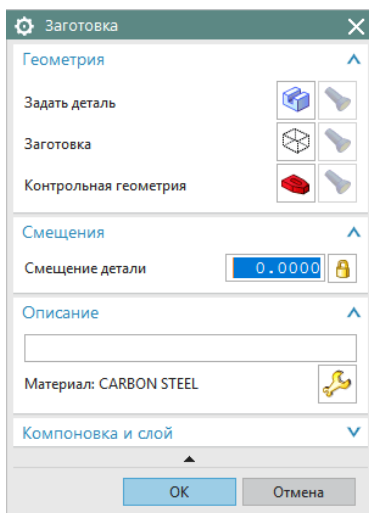
2.2 Определите систему координат

Необходимо задать систему координат РСК – от этого положения будет производиться отсчет координат в управляющей программе.



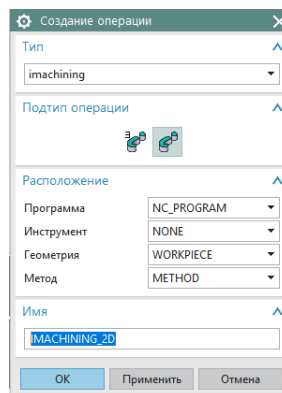
2.3 Определение детали и заготовки

Вам необходимо определить модель заготовки и модель детали (WORKPIECE), которые будут использоваться для расчета остаточного материала. Так же при необходимости можно указать и ограничения (контрольная геометрия), здесь в частности указывается станочная оснастка.



2.4 Создайте операцию iMachining

Создайте операцию iMachining 2D



Переходы iMachining 2D

3

Siemens NX iMachining™ – это интеллектуальная стратегия высокоскоростной обработки, предназначенная для создания быстрых и безопасных программ обработки деталей на станках с ЧПУ. Благодаря основанному на знаниях мастеру технологии, переходы iMachining позволяют повысить производительность и сократить затраты времени на программирование.

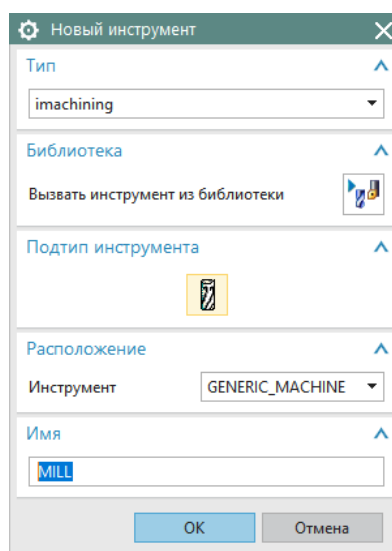
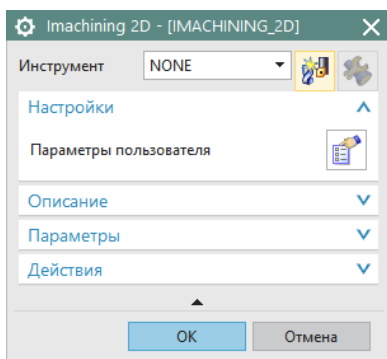
За счет использования полиморфных спиральных траекторий движения инструмента, уникальных алгоритмов топологического анализа и контролю над нагрузкой на инструмент iMachining позволяет использовать более высокие скорости удаления материала (MRR), увеличить срок службы инструмента и сократить продолжительность цикла обработки.

3. Диалоговое окно Переход iMachining



При создании любого перехода iMachining необходимо определить несколько параметров:

3.1 Инструмент – эта страница позволяет выбрать инструмент для выполнения перехода и определить связанные с ним параметры.





Для данного перехода в таблицу инструментов проекта необходимо добавить концевую фрезу $\varnothing 12$ мм; $Z=4$; $L_{\text{раб}}=32$ мм; $L_{\text{обинзки}}=35$ мм; $L_{\text{общая}}=(L+SL)=60$ мм

Фреза 5 параметров

Держатель

Дополнительно

Инструмент

Хвостовик

Эскиз

Размеры

(D) Диаметр

12.0000

(R1) Нижний радиус

0.0000

(B) Угол конуса

0.0000

(A) Угол при вершине

0.0000

(L) Длина

35.0000

(FL) Длина режущей кромки

32.0000

Количество зубьев

4

Описание

Материал : HSS

Номера

Номер инструмента

1

Регистр настройки

1

Регистр коррекции

1

Смещения

▼

Информация

▼

Библиотека

▼

Просмотр

☒ Просмотр

Отобразить

OK

Отмена

Фреза 5 параметров

Держатель

Дополнительно

Инструмент

Хвостовик

Хвостовик

☒ Задать хвостовик

Эскиз

Размеры

(SD) Диаметр хвостовика

12.0000

(SL) Длина хвостовика

25.0000

(STL) Длина конической части

0.0000

Просмотр

☒ Просмотр

Отобразить

OK

Отмена

Диаметр - Этот параметр определяет диаметр режущей части инструмента.

Длина (L) - Этот параметр определяет длину режущей части инструмента. Мастер использует эту величину, чтобы определить, сколько проходов необходимо для достижения дна выемки.

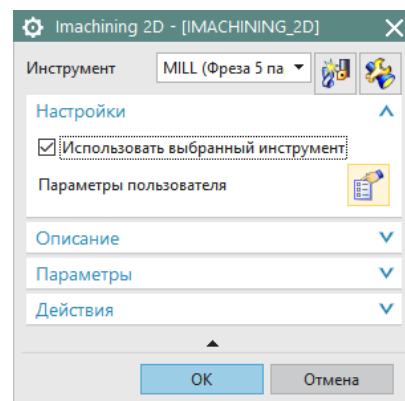
Количество зубьев инструмента - Оно используется при вычислении скорости подачи в режиме FZ. При использовании технологии iMachining правильное указание числа стружечных канавок позволит получить стружку надлежащей длины в каждой из таких канавок. Изменение этого значения приведет к изменению условий резания (обычно – только скорости подачи).

При использовании технологии iMachining в каждом конкретном случае можно подобрать подходящий инструмент, обеспечивающий более благоприятные условия резания.



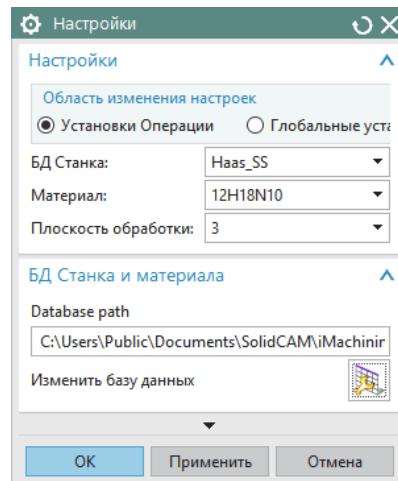
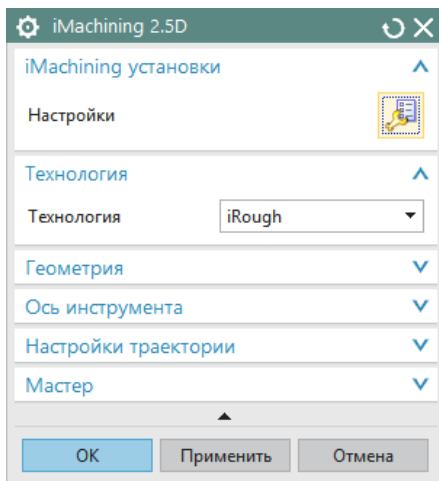
3.2 Общие параметры iMachining

Во вкладке «Параметры пользователя» вносятся все данные необходимые для задачи операции iMachining.



3.2.1 Определите параметры iMachining

Для продолжения необходимо определить два новых файла (в вкладке «iMachining установки»): файлы Станка и Материала в базу данных iDatabase и определение параметров iMachining.



3.2.2 Добавьте новый файл Базы данных станка

В части 1 рассматривается добавление нового файла базы данных станков и определение его параметров (например, **Haas_SS**: Smax(12000об/мин), Fmax(21160 мм/мин), P(20 KВт) и уровень(3)).

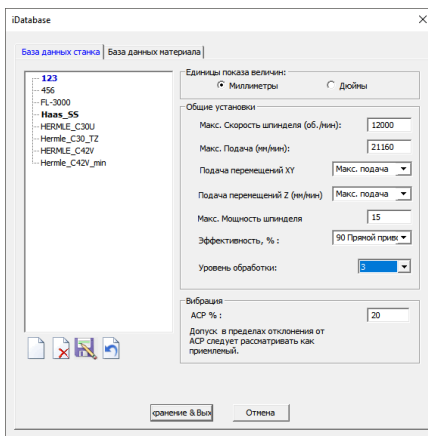
В базу данных iDatabase будет добавлен новый файл станка.






Диалоговое окно iDatabase


Диалоговое окно iDatabase позволяет управлять записями в базах данных станков и материалов системы Siemens NX.

База данных станков



Кнопки в нижней левой части окна позволяют управлять определениями станков в списке.

- Кнопка **Новый**  используется для добавления новых станков.
- Кнопка **Удалить**  используется для удаления уже имеющихся в списке станков.
- Кнопка **Сохранить как**  используется для сохранения выбранного станка под другим именем и в указанном месте.

- Кнопка **Отмена**  используется для возврата любых измененных параметров к значениям, принятым по умолчанию.

В разделе Общие установки имеется три обязательных поля ввода, которые необходимо заполнить при определении новой базы данных станков. Они обозначены желтым цветом фона и соответствуют параметрам станков, которые остаются постоянными.

- **Максимальная Скорость шпинделя** – максимальная номинальная частота вращения, с которой может вращать шпиндель. Она измеряется в оборотах в минуту (об./мин).
- **Максимальная подача** – максимальная подача перемещения фрезы относительно заготовки. Она измеряется в единицах измерения длины в минуту (мм/мин или дюйм/мин).
- **Максимальная мощность шпинделя** – максимальная номинальная выходная мощность шпинделя. Она измеряется в киловаттах (кВт) или лошадиных силах (л.с.).

Уровень обработки – это принятый по умолчанию и связанный со станком уровень, который отражает базовую жесткость станка и состояние его технического обслуживания. На принятый по умолчанию уровень обработки не влияют частота вращения, мощность или возможности ускорения, принятые для станка.

Принятый по умолчанию уровень обработки должен соответствовать только склонности станка к вибрации. Старые станки, которые не подвергались тщательному техническому обслуживанию и не обладают достаточной жесткостью, должны иметь очень низкий уровень: от 2 до 4. Новые станки с жесткой конструкцией могут иметь очень высокий уровень: от 6 до 8.

При выборе базы данных станков указанный уровень обработки становится принятым по умолчанию для всего проекта обработки.



После выбора базы данных станков можно изменить принятый по умолчанию уровень обработки для конкретного проекта. Для этого используется комбинированный список Уровень обработки в разделе Параметры iMachining диалогового окна Параметры фрезерной обработки.



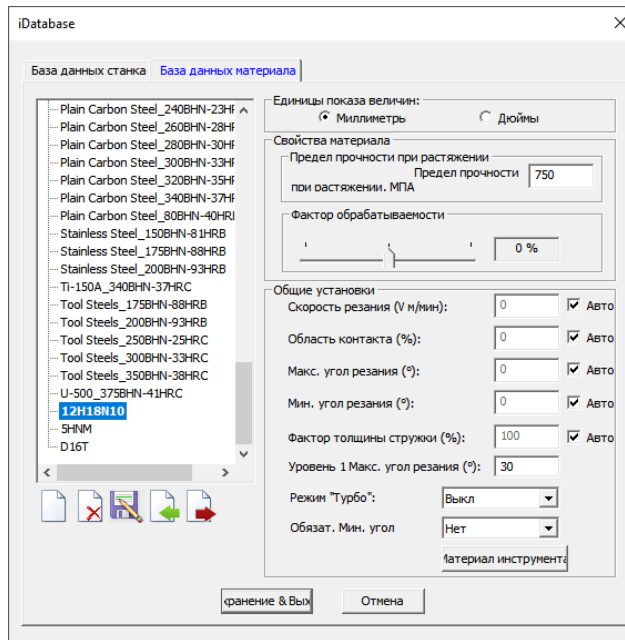
Помните о том, что уровень обработки для конкретного перехода можно изменить при помощи ползунка Уровень обработки на странице «Мастер технологии» диалогового окна Переход iMachining (вкладка Мастер-Данные резания).









3.3.3 Добавьте новый файл Базы данных материалов

В части 2 рассматривается добавление нового файла в базу данных материалов, определение Предела прочности на разрыв и других параметров материала.

В базу данных iDatabase будет добавлен новый файл материала (например, 12H18N10 (**Все данные прописывать на латинице. При внесении данных на кириллице в Siemens NX – возможны системные ошибки и некорректная работа системы**)).



Кнопки в нижней левой части окна позволяют управлять определениями материалов в списке.

- Кнопка **Новый**  используется для добавления новых материалов.
- Кнопка **Удалить**  используется для удаления уже имеющихся в списке материалов.
- Кнопка **Сохранить как**  используется для сохранения выбранного материала под другим именем и в указанном месте.
- Кнопка **Импортировать**  используется для импортирования в список файлов базы данных материалов, сохраненных в указанном месте на компьютере.
- Кнопка **Экспортировать**  используется для сохранения материалов из списка в виде файлов базы данных материалов.
- Кнопка **Отмена**  используется для возврата любых измененных параметров к значениям, принятым по умолчанию.

В разделе **Свойства материала** имеется одно поле, которое необходимо заполнить при определении новой базы данных материалов. Это поле обозначено желтым цветом фона.

Для резки разных материалов требуются разные усилия.

iMachining использует значение Предел прочности на разрыв (UTS) как физическое свойство, которое характеризует усилие, необходимое для резания материала. Оно измеряется в мега паскалях (МПа) или фунтах на квадратный дюйм (psi).



Работа мастера технологии iMachining полностью зависит от правильности значения UTS, так как оно используется для определения идеальных условий резания.

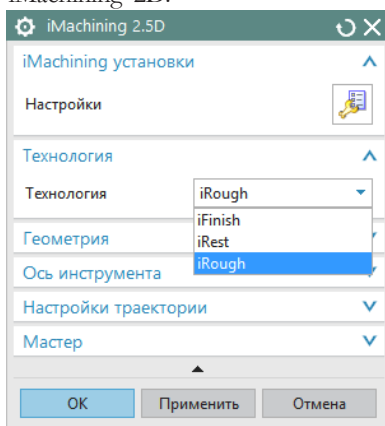
Значения UTS для конкретных материалов лучше всего брать с сайта www.matweb.com или аналогичных источников в интернете, где собраны данные о различных материалах.

(www.metallicheckiy-portal.ru)

Поэтому важно точно знать марку материала, из которого изготовлена заготовка. Только так можно найти правильное значение UTS. Если для материала указано несколько возможных значений UTS, всегда следует выбирать самое высокое. Это абсолютно безопасно.

3.4 Технология

В системе Siemens NX переход iMachining 2D представляет собой отдельный этап обработки. Однако на этом этапе может быть обработано несколько геометрических цепочек, при условии, что все они находятся на одном и том же уровне Z. Для обработки разнесенных по глубине геометрий необходимо создать несколько переходов iMachining 2D.



Функциональность перехода зависит от указанной технологии (например, черновая обработка iRough, удаление остаточного материала iRest или чистовая обработка iFinish). Для каждой технологии характерны определенные стратегии оптимизации траектории движения инструмента, которые можно выбрать для обработки. Все переходы iMachining соответствуют одной и той же рабочей схеме и определяются несколькими параметрами.



Технология Подулистой обработки

Технология подулистой обработки позволяет определить переход для удаления остаточного материала. Для этого используется диалоговое окно

Получистовые параметры. Переходы этого типа используются для удаления остаточного материала, который не был удален во время черновой обработки. Технология получистовой обработки позволяет, используя заданные получистовые параметры, выполнить расчет материала заготовки, который был удален на предыдущих переходах, после чего сравнить его с моделью детали.



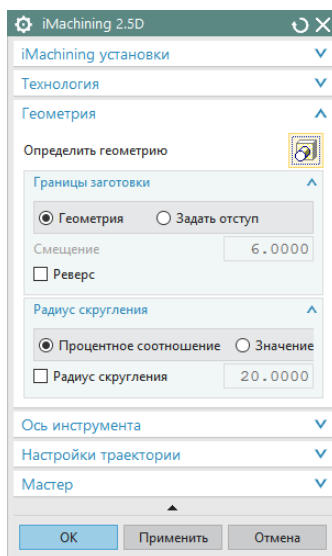
Технология Чистовая (iFinish)

Технология Чистовая (iFinish) позволяет определить переход для чистовой обработки. Переходы этого типа используются для удаления остаточного материала, который не был удален во время черновой и получистовой обработки. Технология позволяет, используя получистовые параметры, выполнить расчет материала заготовки, который был удален на предыдущих переходах, после чего сравнить его с моделью детали.

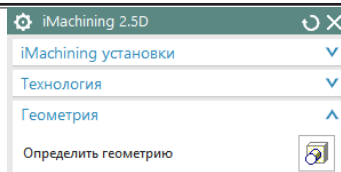
3.4 Геометрия

Геометрия – эта страница позволяет определить геометрию обработки для перехода.

Геометрия для iMachining 2D представляет собой выемку, которая может быть открытой или закрытой (содержать воображаемые ребра). В выемках могут быть внутренние цепочки, которые рассматриваются как возвышения или используются для безопасного подвода инструмента. Процесс определения геометрии состоит в указании цепочек. Для указания геометрической цепочки необходимо выбрать необходимые объекты следующих типов: ребра модели, плоские кривые, окружности, линии и сплайны. Каждая цепочка состоит из одного или нескольких элементов и представляет собой замкнутый, частично замкнутый или незамкнутый контур.

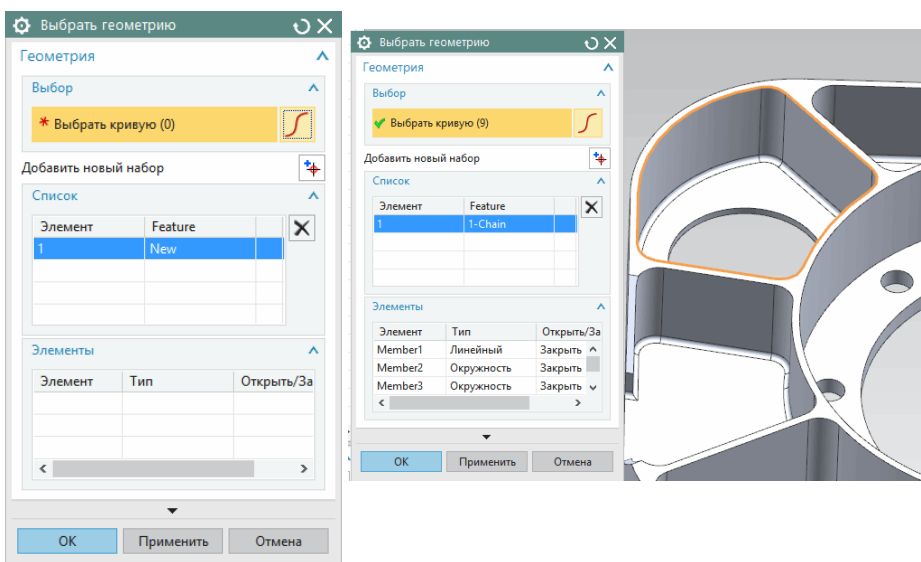


Определение геометрии – данная опция позволяет выбрать/указать область в которой будет производится обработка.

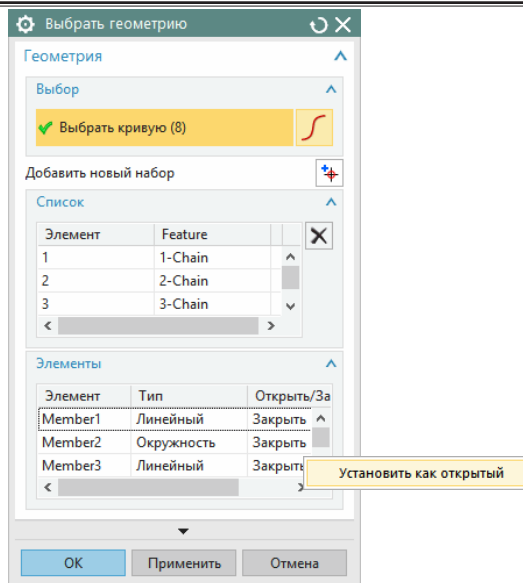


В некоторых случаях этот метод определения геометрии может помочь сократить затраты времени на программирование, поскольку исключает необходимость создания новых эскизов в рабочей области.

При условии, что требования к размерам и форме выполняются, граничная линия материала может использоваться для создания геометрии.

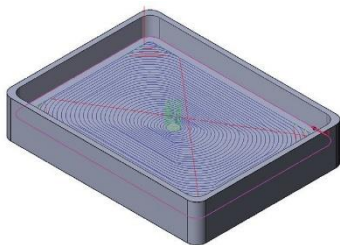


В приведенном выше примере важно иметь в виду, что все автоматически выбранные цепочки и элементы цепочек отмечаются как закрытые. Чтобы сделать цепочку (участок) открытым нужно кликнуть правой кнопкой мышки на окошко «Закрывать».



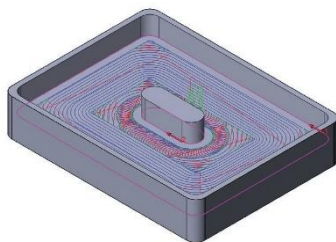
Ниже приведено несколько общих примеров определения геометрии для переходов iMachining 2D. Показаны траектории движения инструмента, которые используются для их обработки. Обратите внимание на то, что, если для одного и того же перехода выбрано несколько цепочек, имеет значение порядок, в котором они были выбраны.

- **Закрывающая выемка**



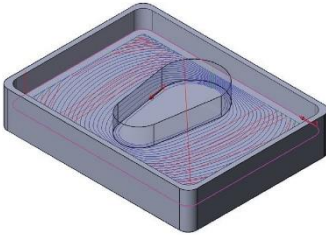
Геометрия представляет собой одну замкнутую цепочку, которая проходит по контуру выемки. При этом iMachining использует вертикальную спираль для ввода инструмента в выемку, а затем – плоскую полиморфную спираль для обработки ее стенок.

- **Закрывающая выемка с возвышениями**



Геометрия представляет собой несколько замкнутых цепочек: первая из них проходит по контуру выемки, а остальные – по контурам расположенных внутри нее возвышений. При этом iMachining использует вертикальную спираль для ввода инструмента в выемку, выполняет канавку вокруг возвышения, а затем использует плоскую полиморфную спираль для обработки стенок выемки.

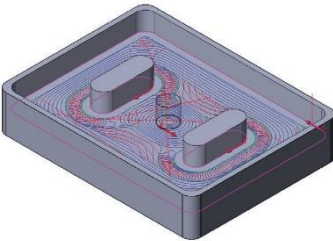
- **Закрывающая выемка с входной геометрией**



Как и в предыдущем примере, геометрия представляет собой несколько замкнутых цепочек: первая из них проходит по контуру выемки, а вторая, внутренняя цепочка отмечена как воображаемая.

Эта внутренняя цепочка рассматривается системой как "предварительно обработанная область", выполненная до начала данного перехода. Инструмент погружается внутрь этой области, а затем движется по полиморфной спирали к внешним стенкам выемки.

- **Закрытая выемка с возвышениями и входным отверстием**

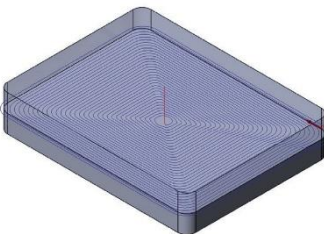


Как и в предыдущих примерах, геометрия представляет собой несколько замкнутых цепочек: первая из них проходит по контуру выемки, а остальные — по контурам расположенных внутри нее возвышений. Кроме того, имеется также цепочка, обозначающая входное отверстие выемки. Эта цепочка отмечена как воображаемая. Сверление входного отверстия выполняется отдельным предварительным переходом. Инструмент опускается в это отверстие, отделяет от основного материала возвышения, а затем осуществляет движение по полиморфной спирали до стенок выемки.



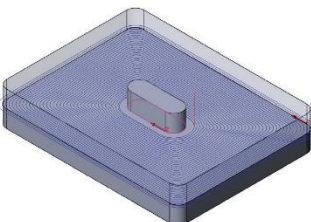
Обратите внимание на то, что, если выемка имеет плоское дно, необходимо, чтобы дно отверстия также было плоским. Для того чтобы удалить конус, оставшийся после сверления на дне отверстия, перед обработкой iMachining можно выполнить переход типа Профильное фрезерование.

- **Открытая выемка**

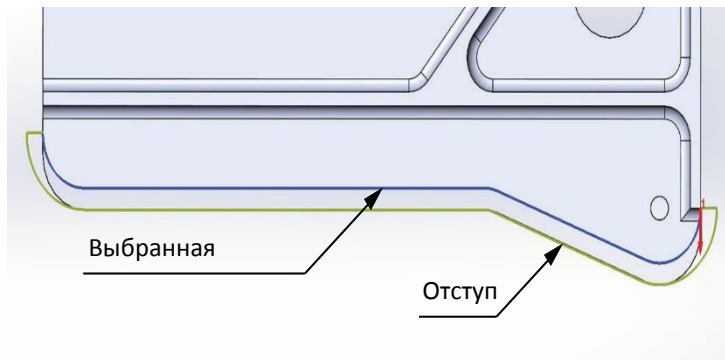


Геометрия представляет собой одну цепочку, которая проходит по контуру выемки и отмечена как воображаемая. Инструмент подходит к материалу снаружи и начинает обработку с этой цепочки. Затем он совершает движение по полиморфной спирали к центральной точке выемки, в результате чего весь материал удаляется.

- **Открытая выемка с возвышениями**



Геометрия представляет собой одну цепочку, которая проходит по контуру выемки и отмечена как воображаемая. Инструмент подходит к материалу снаружи и начинает обработку с этой цепочки. Затем он совершает движение по полиморфной спирали к центральной точке выемки, в результате чего весь материал удаляется.



Границы заготовки

Этот метод определения геометрии позволяет автоматически создать геометрические цепочки путем указания смещения. Смещение откладывается с одной из сторон существующей замкнутой или незамкнутой геометрической цепочки.

Граничная линия материала может использоваться для создания геометрии только при определенных условиях, когда модель заготовки несколько превышает по размерам модель детали, тогда как форма этих моделей одинакова.



Радиус скругления

По умолчанию этот флажок снят, и система автоматически вычисляет скругления геометрии, исходя из радиуса текущего инструмента.



При черновой обработке и удалении остаточного материала радиус скругления составляет 20% от радиуса инструмента.

При чистовой обработке радиус скругления составляет только 1% от радиуса инструмента. В результате получается более гладкая траектория движения инструмента в узкостях и в углах.

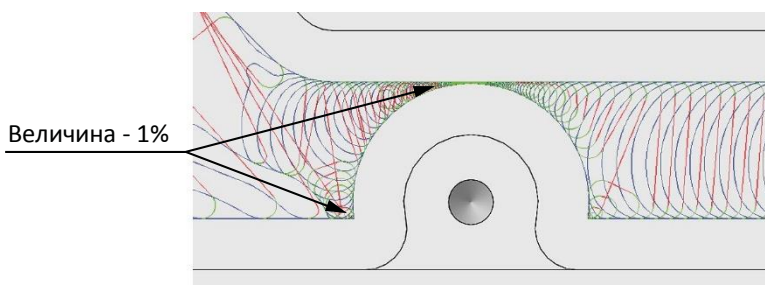
Эта возможность позволяет формировать траекторию движения инструмента, используя иные, отличные от стандартных значений радиусов.



Если установить флажок «Изменить», поле ввода Радиус скругления будет разблокировано.

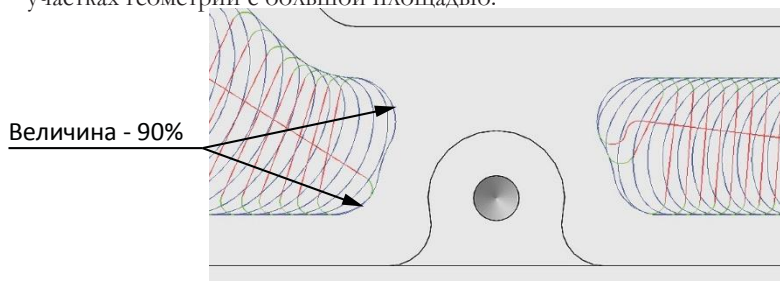
При этом предусмотрено два режима для ввода значения Радиуса скругления:

- Процент – радиус скругления вычисляется как процент от радиуса текущего инструмента.
- Величина – радиус напрямую указывается в данном поле ввода.



Введенное значение должно быть в пределах от 1% до 90% радиуса инструмента.

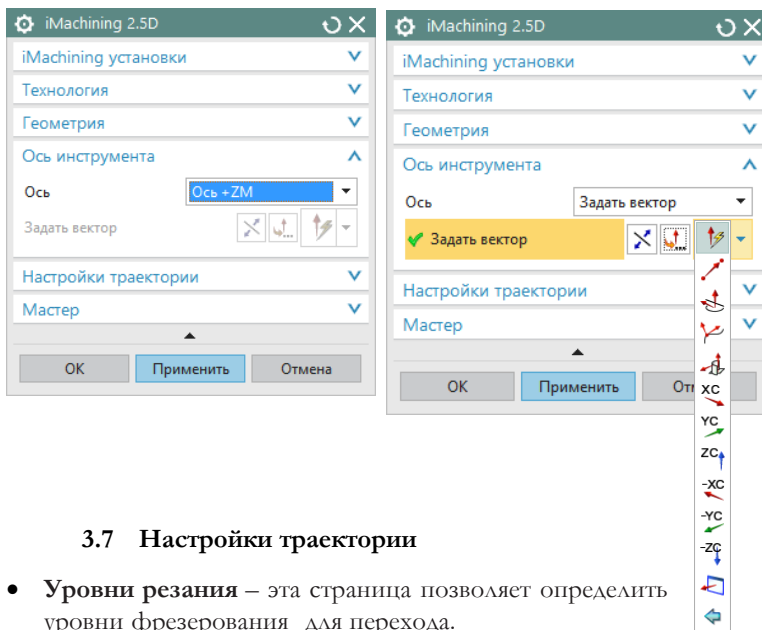
При большом радиусе скругления (90%) инструмент будет работать только на участках геометрии с большой площадью.



При малом радиусе скругления (1%) инструмент сможет проходить в узкие участки геометрии. Однако это не опционально для черновой обработки.

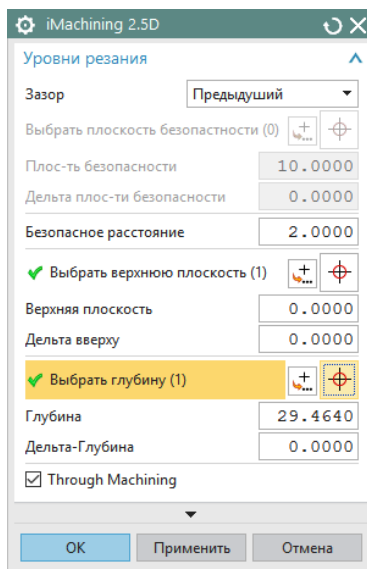
3.6 Ось инструмента

В данной опции выбираются плоскости обработки. Она необходима при работе на станках с функционалом 3+2 оси. Так как iMachining производит обработку в осях X, Y с постоянной Z, имеется возможность направить инструмент под любым необходимым углом к детали, не нарушая условия обработки в 3 осях.



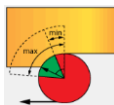
3.7 Настройки траектории

- **Уровни резания** – эта страница позволяет определить уровни фрезерования для перехода.



Необходимо указать на трехмерной модели верхний и нижний уровни фрезерования, а также определить «Дельта-Глубины», если при обработке инструмент должен выступать за нижнюю кромку детали.

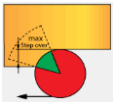
- **Параметры резания** – этот мастер автоматически вычисляет 16 комбинаций условий резания для технологии iMachining, принимая во внимание параметры выбранного инструмента и заданные уровни фрезерования.



Технология - позволяет определить ряд технологических параметров данного перехода.

Шаг по Z и Углы резания

Эти значения автоматически вычисляются Мастером в соответствии с текущими условиями резания



Припуски

Для черновой обработки iRough параметры Припуск на стенки /острова по умолчанию принимаются равными 0,25 мм.



Припуски обычно удаляются в ходе удаления остаточного материала (получистовой) и/или чистовой обработки. Эти процессы (iRest и iFinish) будут рассмотрены далее. Важно отметить, что величина припусков на стенки выемки и острова при удалении остаточного материала должна быть больше нуля 0, но не превышать припуск, оставленный на предыдущем переходе.

Панель параметров резания (Технология / Направляющие):

- Шаг по Z: 29.4640
- ☒ Завершать Z-уровни
- Смещения:
 - Припуск на стенки / острова: 0.3000
 - Припуск на дно: 0.3000
- Углы резания:
 - ☒ Угол ☐ Смежный шаг
 - Мин. Угол резания: 17.9899
 - Макс. Угол резания: 36.9900
- Контроль преобразования спирали:
 - Эффективность: 6
 - Величина: 2
- Остаточный материал

Кнопки: ОК, Применить, Отмена

Панель параметров резания (Технология / Направляющие):

- Обработка островков: ☒ Вкл ☐ Выкл
- Параметры канала:
 - ☐ Модифицировать параметры каналов
 - Ширина канавки: 12.0000
 - Мин. Толщина стенки: 6.0000
- Разобшение: 4

Кнопки: ОК, Применить, Отмена



Контроль преобразования спирали.

Эффективность спирали

Система формирует траекторию движения инструмента, которая имеет форму полиморфной спирали и обеспечивает удаление материала из полностью открытой или полностью закрытой выемки, форма которой отлична от окружности.

Это означает, что при движении по траектории инструмент смещается на разное расстояние в разных направлениях.

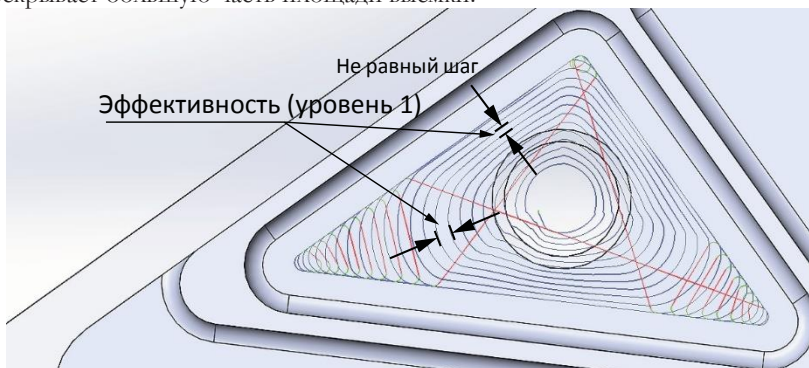
В результате этого средний шаг отступа оказывается меньше максимального значения, как и среднее значение интенсивности удаления материала (MRR). Следовательно, полиморфная спираль потенциально менее эффективна, чем обычная круглая спираль.

Ползунок Эффективность на странице Технология позволяет управлять эффективностью полиморфной спирали, которая формируется системой.

При повышении эффективности диапазон изменения шага отступа уменьшается, в результате чего смещения инструмента в разных направлениях становятся более равномерными, а спираль получается более круглой, то есть больше походит на окружность. Оставшиеся необработанными участки очищаются трохондальными движениями инструмента.



При понижении эффективности система использует более широкий диапазон изменения шага отступа, указанный мастером технологии. Благодаря тому, что такая траектория может проходить в более узких местах выемки, она не очень похожа на круг, но перекрывает большую часть площади выемки.



По умолчанию ползунок Эффективность находится в положении 6, которое рекомендуется использоваться для всех типовых случаев обработки.

Имеется три причины, по которым в системе предусмотрена возможность управления эффективностью полиморфных спиралей:

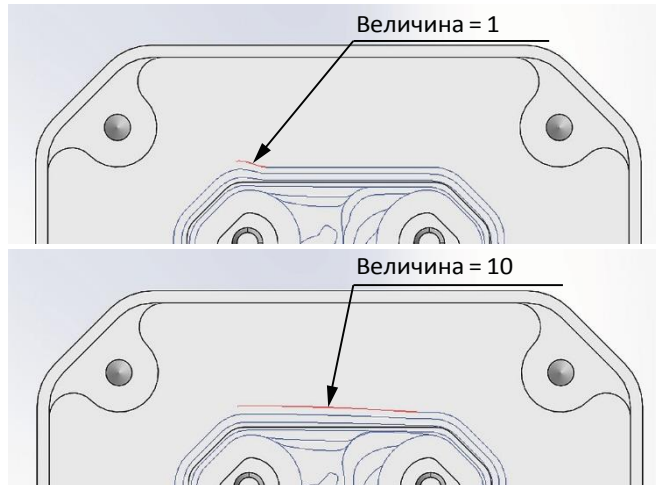
1. Так как мастер технологии регулирует скорость подачи в каждой точке траектории движения инструмента (это необходимо, чтобы обеспечить постоянство воздействующего на инструмент усилия), фактические потери средней MRR будут пренебрежимо малы или даже равны нулю. Это сильно зависит от максимальной скорости подачи, которую может развить данный станок. На очень медленных станках мастер не может полностью компенсировать некоторые очень маленькие боковые смещения, предписанные полиморфностью, поскольку максимальная скорость подачи недостаточно велика для этого. В таких случаях, если основным приоритетом является максимальное увеличение среднего значения MRR, а срок службы инструмента имеет меньшее значение, можно предписать системе ограничить полиморфизм спирали, выбрав повышенное значение эффективности.
 2. Второй причиной является стремление к повышению общей эффективности обработки выемки или детали в целом. Ради этого система может пожертвовать локальной эффективностью определенной спирали при использовании эффективности, равной 6.
 3. Третья причина — максимально возможное увеличение срока службы инструмента. Для этого следует использовать пониженные значения эффективности, так как известно, что непрерывная спираль меньше изнашивает зубья фрезы, чем короткие трохоидальные траектории.
-



Оптимальное значение уровня эффективности определяется в зависимости от приоритетов и структуры затрат (относительная стоимость машинного времени, инструмента и труда на изготовление одной детали). Несмотря на увеличение времени цикла, снижение эффективности обычно оправдано при использовании дорогостоящих инструментов, поскольку при этом повышается срок их службы.

Величина

Ползунок **Величина** позволяет управлять скоростью, с которой движущийся по полиморфной спирали инструмент в начале обработки входит в материал. Значение автоматически вычисляется мастером в соответствии с параметрами материала заготовки.



Значение, которое отображается рядом с ползунком, показывает относительную скорость входа в соответствии со свойствами материала заготовки. Фиксированные единицы измерения отсутствуют.



При обработке твердых материалов лучше вводить инструмент постепенно, а не сразу погружать его на глубину начального радиуса, которая определяется шагом отступа для конкретной формы полиморфной спирали.

Остаточный материал

В этом разделе содержатся дополнительные стратегии оптимизации траектории движения инструмента.

- Только в углах — данная опция позволяет ограничить удаление остаточного материала только углами (и не стенками) выемок. Это позволяет сократить продолжительность цикла обработки.

Контроль преобразования спирали ^	
Эффективность	6
Величина	2
Остаточный материал ^	
<input type="checkbox"/> Только углы	

Если этот флажок установлен, система использует значение параметра Припуск на стенки/острова, определенное на предыдущем переходе (черновая обработка). При этом соответствующее поле блокируется.

Направляющие - эта страница позволяет определить несколько технологических параметров: смещения, данные черновой и чистовой обработки и др.



Каналы

Каналы — уникальная особенность iMachining. Они предназначены для разделения выемок на отдельные участки. При разделении большая часть выемки может быть очищена от материала полиморфной спиралью, а не трохоидальными перемещениями. Это позволяет сократить время цикла и увеличить срок службы инструмента.

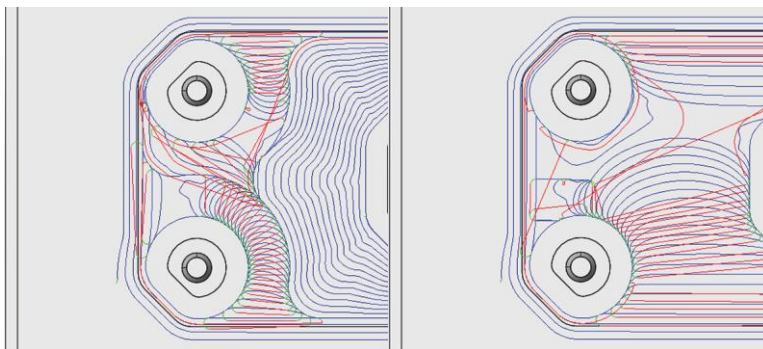
Они выполняются вокруг возвышений, если полиморфная спираль или трохоидальное перемещение натакивается на возвышение. Разрешая свободный проход инструмента вокруг возвышения, эта уникальная функция позволяет системе расширить оставшийся материал новой полиморфной спиралью.

Обработка островков

Этот флажок позволяет включить или выключить возможность выполнения каналов вокруг возвышений.

Опция включена

Опция отключена



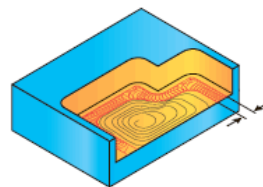
По умолчанию эта функция включена.

Параметры каналов

По умолчанию флажок «Модифицировать параметры канала» не активен, и система автоматически устанавливает Ширину канала и Мин. толщину стенки, исходя из диаметра текущего инструмента.

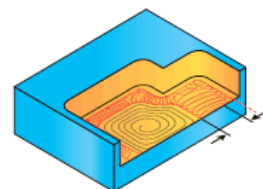
Ширина канала

Это значение представляет собой ширину всех каналов, которые выполняются на данном переходе. Это ширина между центрами (инструмента). По умолчанию оно автоматически принимается равным диаметру инструмента, в результате чего физическая ширина каналов вдвое превышает диаметр инструмента.



Мин. толщина тонкой стенки

Это значение устанавливает принятую по умолчанию толщину любой тонкой стенки, которая считается опасной. Система предотвращает образование тонких стенок, толщина которых меньше этого значения, за счет локального расширения канала. Каждый раз, когда инструмент вырывается из материала на воздух, образуется переход материала в тонкую стенку, которая затем удаляется.



Система тщательно следит за тонкими стенками, поскольку они могут вызывать вибрации, чрезмерный износ инструмента и даже его поломки. Флажок «Модифицировать параметры канала» позволяет применять пользовательские значения параметров Ширина канала и Мин. толщина тонкой стенки.

Если установить этот флажок, соответствующие поля ввода становятся доступными для редактирования.

Настоятельно рекомендуется не уменьшать значение Мин. толщина тонкой стенки ниже принятого по умолчанию значения, которое автоматически назначается системой.

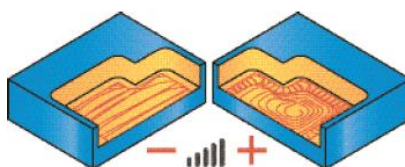
Разобшение

Разделение позволяет управлять коэффициентом разделения для данного перехода.

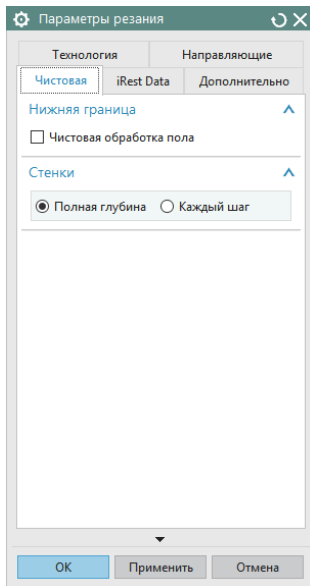
По умолчанию используется Уровень 4. За исключением случаев, когда станок развивает исключительно высокие или исключительно низкие ускорения, рекомендуется использовать именно это значение.

Если станок может ускоряться быстрее, чем средний станок, может быть более эффективным использовать более высокий коэффициент разделения.

Высокий коэффициент разделения сообщает системе, что необходимо использовать больше каналов, чем это нужно. В результате этого большее количество областей отделяется от общей поверхности, что позволяет системе удалять материал полиморфными спиралями.



В настоящее время в системе iMachining нет данных о максимальном ускорении по осям станка. Ползунок Разделение предусмотрен для того, чтобы можно было проинформировать систему о возможности использовать разделение в большей или меньшей степени.



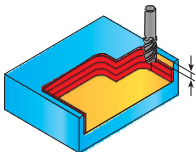
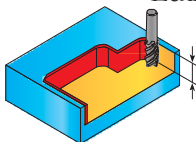
Чистовая - эта страница предназначена только для чистовой обработки.

Чистовая обработка пола

Подразумевает под собой обработку нижней (указанной) границы выделенной геометрии.

При включении флажка «Чистовая обработка пола» происходит доработка остаточного материала по дну выбранной геометрии и чистовая обработка контура.

Если данная опция выключена, то обрабатывается только контур (стенки).

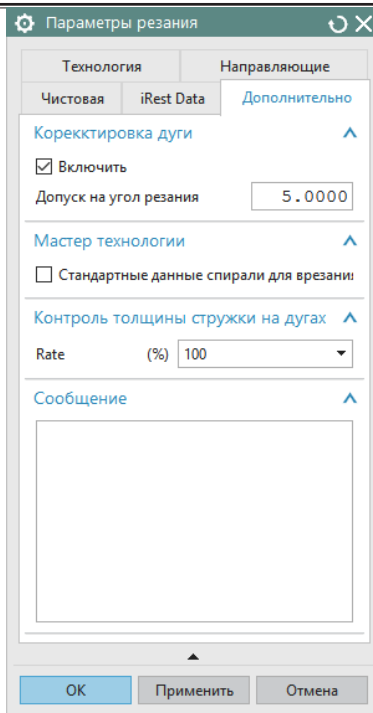


Стенки

Это функция отвечает за количество проходов для чистовой операции.

Если флажок установлен на «Полной глубине», то обработка происходит на конечной выбранной глубине. При выборе «Каждый шаг» обработка производится по глубине Z рассчитанной iMachining.

Дополнительно - эта страница определяет стратегию врезания и перемещения инструмента.



Корректировка дуги

Допуск на угол резания - этот параметр используется для группировки участков траектории движения инструмента, которые попадают под указанный допуск. Затем эти участки заменяются дугами. Небольшое значение допуска значительно сокращает объем управляющей программы. Это особенно полезно при работе со станками с небольшим объемом памяти.



Стандартные данные спирали для врезания

Эта команда автоматически устанавливает параметр Угол наклона равным 2,5 градуса, что является абсолютно безопасным.

Контроль толщины стружки на дугах (Constant chip thickness control for arcs (CT))

В начале 2012 года в технологию iMachining установили коррекцию подачи для дуг, что было сделано для поддержания постоянной толщины стружки (CT) при обработке в углах. Постоянная CT в углах достигается за счет автоматического уменьшения скорости подачи. Некоторые клиенты обнаружили, что эта особенность увеличивает продолжительность цикла обработки, и они решили, что лучшим результатом является сокращение времени цикла, чем поддержание постоянной CT.

При агрессивном фрезеровании, как в iMachining, важное значение имеет контроль подачи на дугах. Доказано что, при поддержании постоянной СТ, идет стабильная нагрузка на инструмент и срок службы инструмента увеличивается. В последствии, вероятность возникновения опасных условий резания сокращается.

Исходя из этого, разработчики добавили опцию под названием «**Контроль толщины стружки на дугах**». Эта опция позволяет контролировать коррекцию подачи на дугах. По умолчанию значение устанавливается на 100%. Если установлено 100%, iMachining информируется поддерживать постоянную СТ при обработке в углах.

Параметры резания

Технология

Направляющие

Чистовая

iRest Data

Дополнительно

iRest данные

Основной переходIMACHINING_2D

Диаметр предыдущ.инстр.

10.0000

Предыдущий припуск на стен

0.2400

Предыдущий радиус скруглен

1.0000

OK

Применить

Отмена

Получистовая (iRest Data) - эта страница предназначена только для доработки после черновой операции и в остальных случаях данное окно отключено.

Основной переход

В данном параметре выбирается один из предыдущих черновых переходов (**iMachining 2D**) после которого необходимо провести доработку.

Диаметр предыдущ.инстр.

10.0000

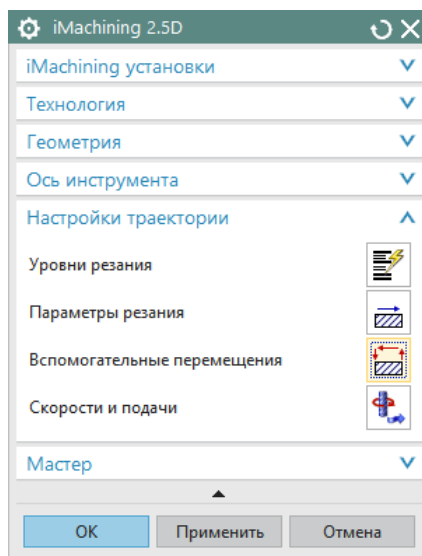
Предыдущий припуск на стен

0.2400

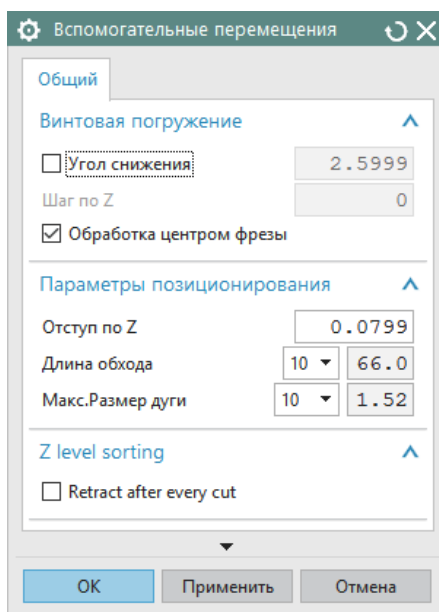
Предыдущий радиус скруглен

1.0000

Диаметр предыдущего инструмента/Предыдущий припуск на стенки/
Предыдущий радиус скругления – выставляются, при условии, когда не выбрана
опция «Основной переход».

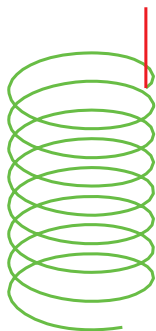


- **Вспомогательные перемещения** – этот мастер определяет параметры:

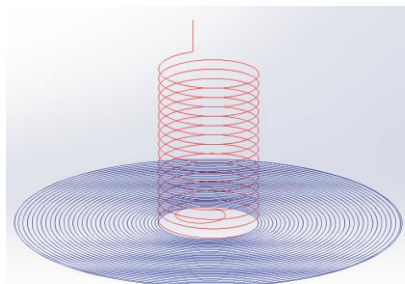


Угол снижения

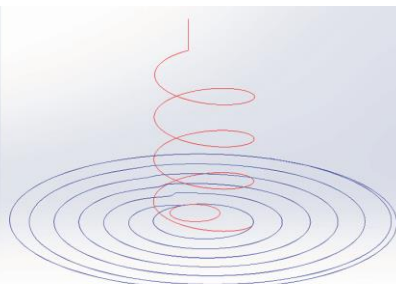
Этот параметр определяет агрессивность угла, под которым инструмент опускается для ввода в материал. По умолчанию мастер технологии автоматически вычисляет условия резания при движении по спирали, исходя из твердости материала и агрессивности выбранного уровня обработки.



Угол подхода 2,5



Угол подхода 10



Необходимо понимать, что при использовании крутых углов наклона особую важность приобретают вопросы охлаждения.

Чем больше угол, тем больше выделяется тепла. Поэтому необходимо обеспечить надлежащее охлаждение.

Если необходимо, чтобы инструмент был введен в материал по спирали с углом наклона, который не соответствует положению ползунка, определяющего уровень обработки, можно установить флажок обхода принятого по умолчанию значения и вручную ввести необходимый угол наклона.

Шаг по Z

Этот параметр определяет, на какую глубину инструмент погружается в материал. На этой глубине инструмент совершает спиралевидные движения, что обеспечивает плоскостность дна выемки. Необходимо ввести значение, вычисленное с учетом параметров инструмента.

Если инструмент не может резать своим центром, работа будет выполняться аналогичным образом, но со следующими отличиями:

1. С уровня плоскости безопасности инструмент опускается на безопасное расстояние над верхним уровнем фрезерования.

2. Инструмент входит в материал по спирали с указанным углом наклона и опускается на глубину, которая определяется параметром Шаг по Z. Затем инструмент перемещается по кольцевой траектории, что необходимо для обеспечения плоскостности дна выемки. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет завершена обработка на глубине Шаг по Z.

3. После того как инструмент опускается на глубину, заданную параметром Шаг по Z, удаляется весь необходимый материал на этой глубине.

4. По завершении обработки на глубине, равной шагу по Z, инструмент поднимается на уровень зазора и перемещается в исходную начальную точку. Затем действия 1 и 3 повторяются до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина выемки.

Обработка центром фрезы

По умолчанию применение обработки центром фрезы разрешено (поскольку этот тип инструмента более широко распространен).

При использовании таких инструментов работа осуществляется следующим образом:

1. С уровня зазора инструмент опускается на безопасное расстояние над верхним уровнем фрезерования.

2. Инструмент входит в материал по спирали с указанным углом наклона и опускается на глубину, которая определяется параметром Шаг по Z. Затем удаляется весь материал на этой глубине.

3. По завершении обработки на глубине, равной шагу по Z, инструмент поднимается на уровень зазора и перемещается в исходную начальную точку. Затем действия 1 и 2 повторяются до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина выемки.

Если инструмент не имеет возможности обработки центром, необходимо снять флажок Обработка центром фрезы. В этом случае значение в поле Шаг по Z будет доступно для редактирования.

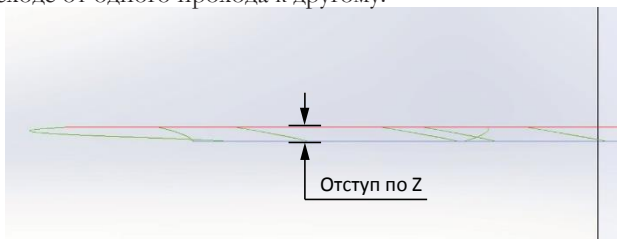
Параметры позиционирования ▲

Отступ по Z	<input type="text" value="0.0799"/>
Длина обхода	<input type="text" value="10"/> <input type="text" value="66.0"/>
Макс.Размер дуги	<input type="text" value="10"/> <input type="text" value="1.52"/>

Параметры позиционирования

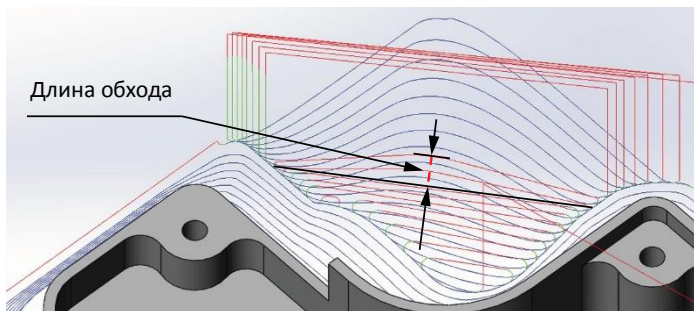
Отступ по Z

Этот параметр определяет высоту, на которую инструмент отводится от дна выемки при переходе от одного прохода к другому.



Длина обхода

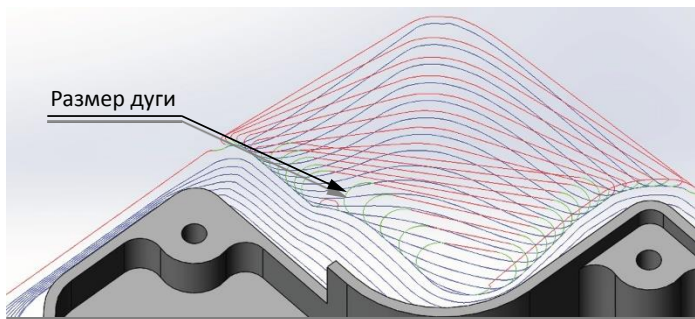
Этот ползунок позволяет отрегулировать расстояние, на которое инструмент может перемещаться при переходе от одного прохода к другому. Система автоматически выполняет расчет этого значения, чтобы держать инструмент внизу как можно дольше, чтобы исключить его лишние отводы и длинные перемещения.



Если Длина обхода, необходимая для достижения следующего прохода, превышает принятое по умолчанию значение, инструмент между проходами перемещается на уровне плоскости безопасности.

Макс. Размер дуги

Этот ползунок позволяет отрегулировать максимальный размер трехмерной дуги, которая используется при перемещении инструмента с одного прохода к другому. Система автоматически вычисляет это значение в зависимости от диаметра инструмента.



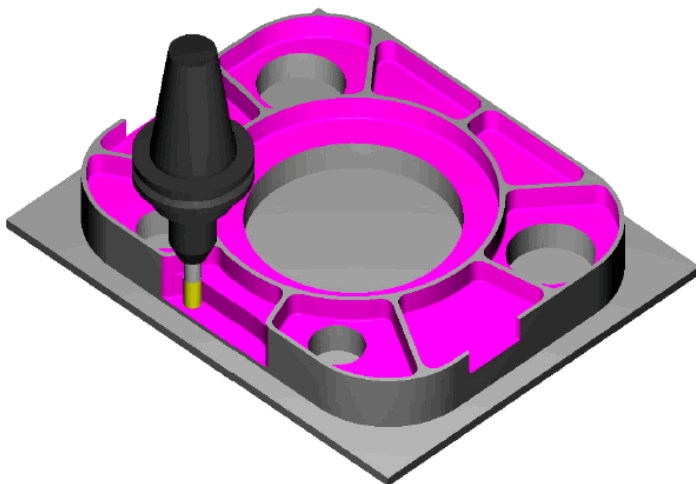
Разбивка по «Z» уровням



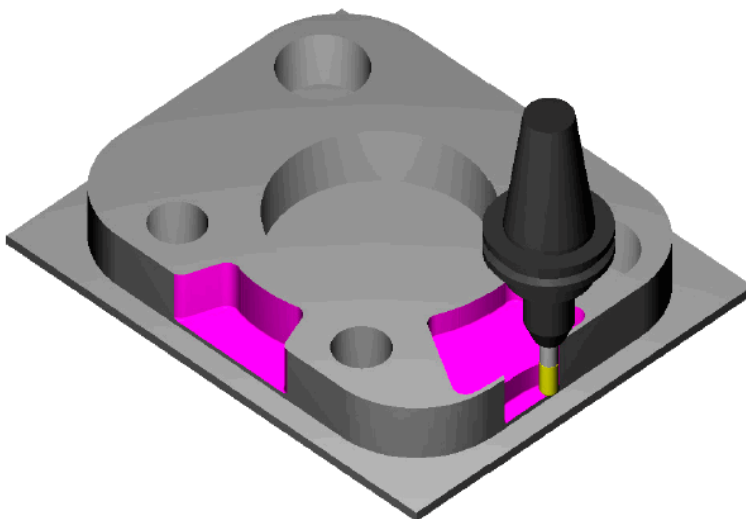
Автоматическая обработка нескольких карманов на полную глубину Z.

Когда несколько карманов определяются в одной операции, и глубина обработки больше одного шага по Z, обработка первого Z-уровня

завершается для каждого кармана, прежде чем перейти к последующему Z-уровню, как показано ниже на рисунке.

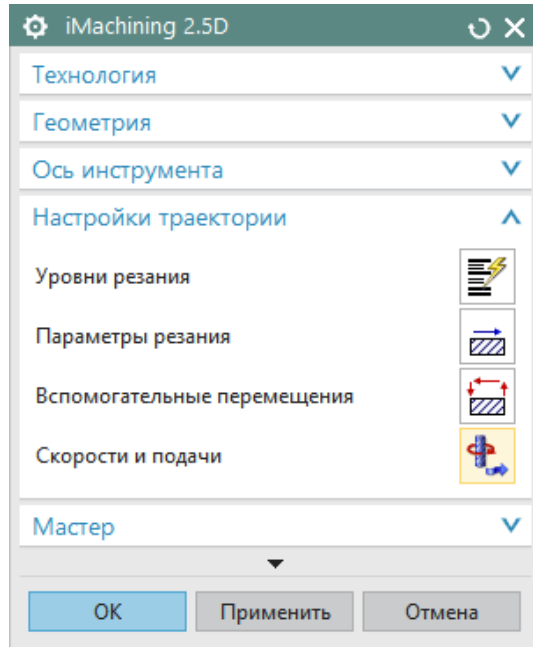


Когда эта опция выключена, технология iMachining обрабатывает на полную глубину каждый карман, прежде чем перейти к последующему (показано ниже на рисунке).



В зависимости от расположения карманов, эта опция может помочь улучшить цикл обработки за счет сокращения времени на холостые перебеги (длинные ходы) между карманами.

- **Скорости и подачи.**



Если мастер включен, скорость подачи и частота вращения инструмента вычисляются автоматически в соответствии с выбранным набором условий резания для текущего перехода. При генерации управляющей программы значения этих параметров записываются в файл с программой.

Отдельные параметры Подачи и Скорость вращения для данного перехода отображаются на вкладке Данные на странице Инструмент.

Скорости и подачи

Подача

☒ F (mm/min) ☐ FZ(Мм/зуб)

Подача в XY: 1733.000

☐ Подача в XY: 1854.000

☐ Чистовая подача: 1931.000

☐ Подача по Z: 30000.00

☐ Подача спиральная: 1300.000

☐ Подача перемещений: 30000.00

Быстрое вращение

☒ S (об./мин) ☐ V (m/min)

Число оборотов: 7948.000

☐ Число оборотов-Чистовая: 6516.000

☐ Число оборотов-Спиральная: 5940.000

Направление вращения

☒ По ЧС ☐ Против ЧС

Смещения

☒ Смещения

Номер коррекции для диаметра(c): 1

Номер коррекции для длины(off): 1

OK Применить Отмена

Параметры Скорость и подачи XY и Частота вращения отображаются с пиктограммой в виде окошка «☐» поскольку они должны синхронизироваться с использованием мастера.

Подача

Следующие значения скорости подачи вычисляются для инструмента автоматически:

- **Подача в XY** – это значение устанавливает скорость подачи инструмента при резании с максимальным шагом отступа. Она может использоваться в качестве общего ограничения на скорость подачи и замещать значение Скорость подачи XY.
- **Чистовая** – это значение устанавливает скорость подачи инструмента при чистовой обработке, когда последний проход по профилю выполняется на другой скорости.
- **По оси Z** – это значение устанавливает скорость подачи для вертикальных и спиральных перемещений при резании.
- **Спиральная** – это значение устанавливает скорость подачи при вводе в материал по спирали.
- **Перемещений** – это значение устанавливает скорость подачи при перемещении инструмента в исходное положение после резания.

Скорость вращения

Следующие значения частоты вращения шпинделя вычисляются для инструмента автоматически:

- **Чистовая** – это значение устанавливает частоту вращения шпинделя при чистовой обработке, когда последний проход по профилю выполняется с другой частотой вращения.
- **Спиральная** – это значение устанавливает частоту вращения при вводе в материал по спирали.



При использовании iMachining рекомендуется оставить мастер включенным и использовать вычисленные им оптимальные значения скорости подачи и частоты вращения. Мастер автоматически вычисляет эти значения, исходя из большого количества факторов, определенных для перехода.

3.8 Мастер

Страница «**Мастер**» позволяет определить алгоритм для выбора оптимальных условий резания для текущего перехода типа iMachining.

iMachining 2.5D

Технология ▾

Геометрия ▾

Ось инструмента ▾

Настройки траектории ▾

Мастер ▲

Данные инструмента ▲

Материал Карбид ▾

Угол спирали 45.0000

☒ Технология-Ассистент

Данные резания

ОК Применить Отмена

- **Данные инструмента.** – это окно определяет параметры инструмента.

Данные инструмента
^

Материал

Карбид
▼

Угол спирали

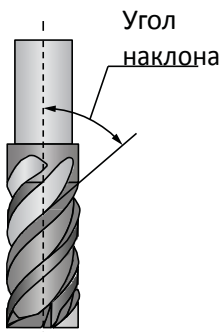
45.0000

Материал инструмента - Этот список позволяет выбрать тип материала, из которого изготовлен инструмент. Выбор материала инструмента влияет на скорость резания, которые определяются мастером технологии. При этом возможны следующие варианты: Карбид 100% (выбор по умолчанию), Кобальт 60%, HSS 40% и Карбид повышенного качества 150% (математический расчет процентного соотношения для обозначенных сплавов идет от сплава «Карбид 100%»).

Угол спирали - Этот параметр особенно важен для вычисления глубин в зависимости от осевых точек контакта (АСР). Этот список позволяет выбрать значение Угол спирали для стружечных канавок инструмента. При необходимости нужное значение можно ввести вручную.

При изменении значения параметра Угол спирали меняется только указание АСР на странице «Мастер» диалогового окна Переход iMachining.

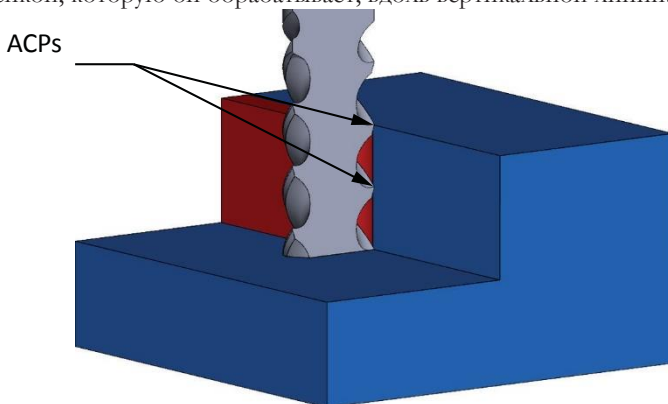
Необходимо иметь в виду, что при резании угол спирали оказывает сильное влияние на усилие, которое прижимает инструмент вниз. Поэтому этот параметр необходимо контролировать. В противном случае инструмент может быть вырван из держателя.





Осевые точки контакта (АСР)

Значение АСР вычисляется и отображается Мастером технологии в разделе Шаг по Z. Оно показывает количество точек контакта между инструментом и вертикальной стенкой, которую он обрабатывает, вдоль вертикальной линии.



В соответствии с теорией iMachining, чем ближе значение АСР к целому числу, тем менее вероятно появление вибраций.

В зависимости от значения АСР и цвета строки Шаг по Z, Мастер предупреждает пользователя о том, насколько стабильна текущая ситуация. Для этого система изменяет цвет таблицы выходных параметров:

Число ша...	Шаг по Z	АСР ▲
3	16.000000	1.273239
1	2.000000	0.159155

- Белый = Хорошо
- Желтый = Не очень хорошо – Средняя вероятность возникновения вибраций
- Красный = Плохо – Высокая вероятность появления вибраций

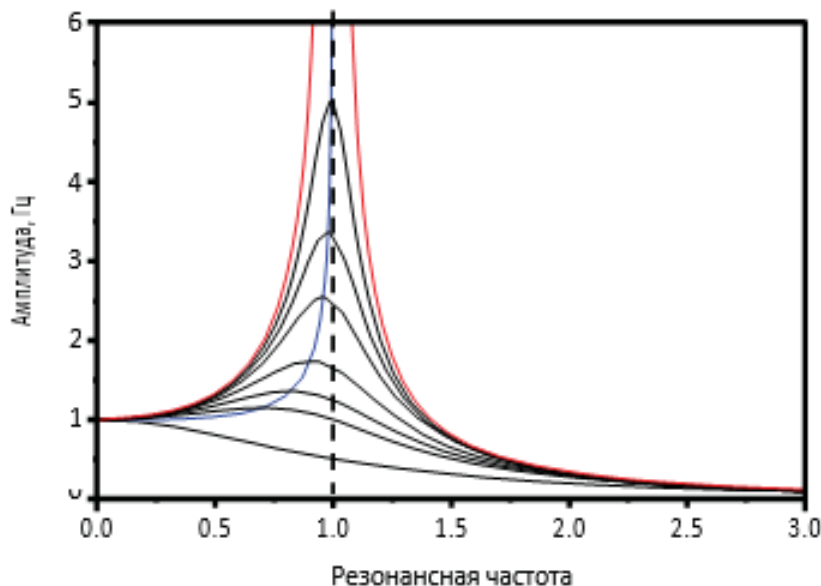
Для любого АСР свыше 1,0 и до ближайшего целого устанавливается допуск 20% (например, 1,1, 1,2, 1,8, 1,9, 2,1, 2,2). В настоящее время индикация АСР сама по себе не влияет на условия резания, вычисляемые мастером технологии. Индикация АСР должна использоваться для справки. Достижение хороших показателей по АСР помогает предотвратить вибрации. Для этого можно изменить параметры инструмент или шаг по Z, а также уменьшить уровень обработки.



Предотвращение вибраций при iMachining

Сила реакции на режущее усилие передается инструменту, а через него – станку. Поэтому, если станок не обладает достаточной жесткостью, возникают вибрации. С ростом скорости подачи и частоты вращения шпинделя реакция неизбежно перейдет в вибрацию. Иногда вибрация приводит к резонансу на собственной частоте колебаний станка. В этом случае вибрации становятся сильнее.

Резонанс при фрезерной обработке.



Амплитуда вибраций повышается по мере приближения частоты возбуждения к резонансной частоте станка. Под частотой возбуждения понимается частота, с которой стружечные канавки входят в материал. Если концевая фреза с 4 канавками вращается с частотой 600 об/мин, она входит в материал с частотой 2400 раз в минуту.

Поэтому частота возбуждения составит $40 \text{ (} 2400/60 \text{) (Гц)}$.



Если собственная частота колебаний станка составляет около 40 Гц, такая фрезерная операция приведет к резонансу и, следовательно, сильным вибрациям. В таких случаях можно уменьшить резонансную частоту путем снижения уровня обработки. Также может помочь увеличение глубины резания. Кроме того, иногда можно рассмотреть возможность увеличения уровня обработки.

- «**Мастер технологии**» диалогового окна Переход iMachining (вкладка Мастер-Данные резания).



Страница Мастер технологии позволяет определить алгоритм для выбора оптимальных условий резания для текущего перехода типа iMachining.



Мастер технологии

Мастер технологии представляет собой алгоритм для выбора оптимальных условий резания для текущего перехода iMachining.

Страница Мастер технологии диалогового окна Переход iMachining разделена на четыре раздела: Шаг по Z, Уровень обработки и Выходные данные резания.

Шаг по Z

В разделе Шаг по Z содержатся входные параметры и таблица выходных данных. По умолчанию используется опция «Автоматически», которая позволяет вычислить оптимальное значение параметра Шаг по Z.

Здесь имеется переключатель из двух значений, который позволяет указать, как мастер должен вычислять глубину:

- **Автоматический** – эта опция выбрана по умолчанию и указывает, что величина шага по Z должна определяться на основе данных об инструменте и глубине обрабатываемой выемки.
- **Заданный пользователем** – эта опция позволяет вручную выбрать метод вычисления шага по Z . Если она выбрана, появляется дополнительное меню, при помощи которого можно выбрать один из следующих методов:

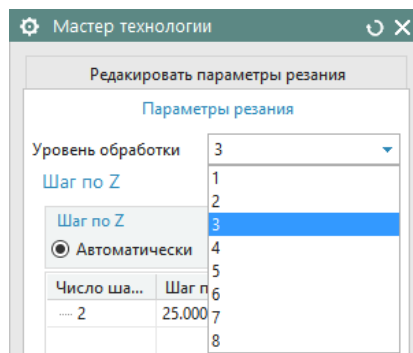
Число ша...	Шаг по Z	АСР ▲
3	16.000000	1.273239
1	2.000000	0.159155

1. Количество шагов – общая глубина выемки делится на указанное в поле ввода значение.
2. Шаг по Z – указанное в поле ввода значение представляет собой величину шага по Z, на который инструмент опускается при каждом проходе, пока не будет достигнута общая глубина выемки.

Ползунок Скорость обработки

В разделе Уровень обработки имеется ползунок, при помощи которого можно выбрать один из вычисленных наборов условий резания.

По умолчанию используется уровень агрессивности, соответствующий принятому по умолчанию уровню обработки, который был указан для данного станка с ЧПУ



При помощи ползунка можно выбрать один из 8 уровней, что позволяет удобным и понятным образом управлять интенсивностью удаления материала (MRR). При перемещении ползунка вверх повышается как MRR, так и агрессивность обработки.

Существует множество факторов, влияние которых делает один набор условий резания предпочтительнее другого. Среди этих факторов – устойчивость крепления, качество и устойчивость режущего инструмента, а также опасности, связанные с усилиями, возникающими при повышенных MRR. Ползунок Уровень обработки позволяет регулировать все эти факторы.

Если необходимо выполнить несколько проходов различной глубины, в таблице приводятся сведения о самом глубоком из них. Такие проходы обычно являются наиболее агрессивными и требуют контроля.

Число ша...	Шаг по Z	АСР ▲
3	16.000000	1.273239
1	2.000000	0.159155

Выходные данные

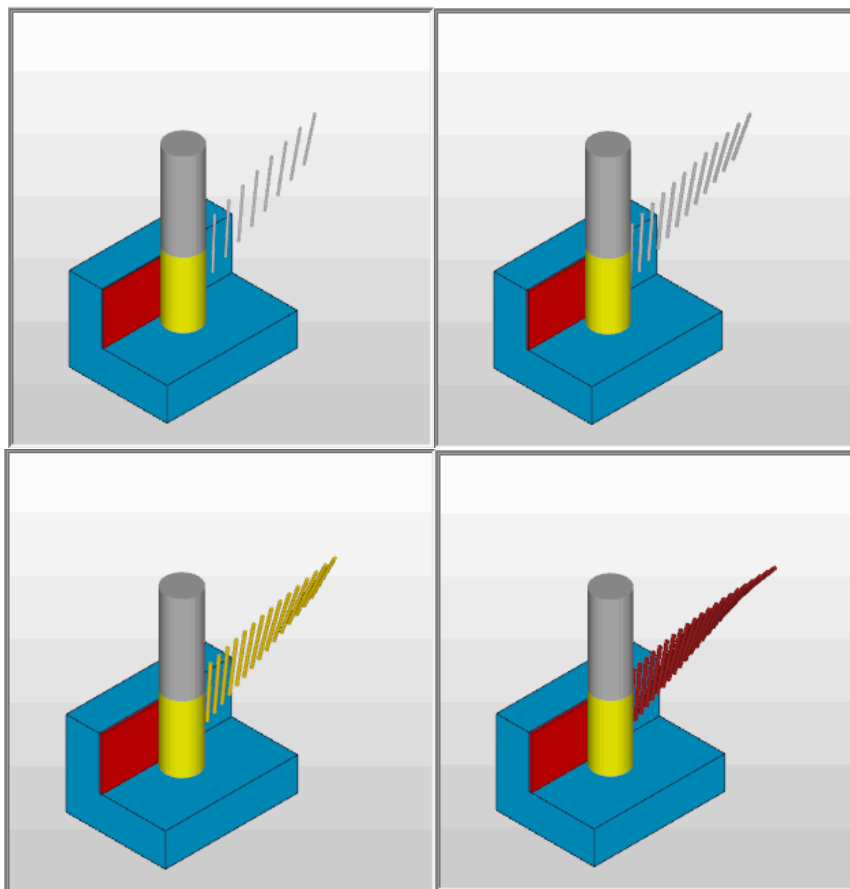
В этом разделе представлено два набора параметров, связанных с текущими условиями резания (частота вращения и скорость подачи инструмента, диапазон шагов отступа, скорость удаления материала и др.).

Выходные данные		Выходные данные	
<input checked="" type="radio"/> Вид 1 <input type="radio"/> Вид 2		<input type="radio"/> Вид 1 <input checked="" type="radio"/> Вид 2	
S (rpm):	3700	V (m/min):	116
F (mm/min):	1031.000	СТ (толщина струж.):	0.0439
Боковой шаг (макс.):	0.2600	СА (макс.):	18.4000
Боковой шаг (мин.):	0.0800	СА (мин.):	10.0000

Необходимо контролировать выходные параметры резания, перемещая ползунок Уровень обработки в целях выбора оптимального набора условий резания.

Боковой шаг показан красной областью перед инструментом. На уровнях 1 – 5 используются различные по величине боковые шаги, на всех остальных уровнях шаги отступа одинаковы. Агрессивность отображается стружкой позади инструмента.

Пример на рисунке, уровни обработки: 1; 3; 5; 8.



Редактирование параметров резания.

Данная опция позволяет изменить любые параметры из числа предложенных мастером условий резания.

Она состоит из пяти разделов, которые обеспечивают дополнительную гибкость и расширенные возможности для управления текущим переходом.

Мастер технологии

Параметры резания

Редактировать параметры резания

БД материала

12H18NT0

Управление стружкой

☐ Макс. толщина стружки: 0.0695
 ☐ Мин. толщина стружки: 0.0418

Контроль шпинделя

☐ Макс. скорость вращения: 5956.000
 ☐ Макс. скорость резания (V: 187.0000
 ☐ Необходимая мощность: 0.8000

Контроль подачи

☐ Макс. подача: 2869.000
 ☐ Подача перемещений: 7620.000

Контроль области резания

☐ Макс. пов-ть контакта(%): 5.9000
 ☐ Макс. угол резания: 21.7800
 ☐ Мин. угол резания: 10.0000
 ☐ Уровень Макс. угол резан: 30.0000

Режим

☐ Режим "Турбо"

OK

Применить

Отмена

Следующие наборы параметров автоматически вычисляются мастером:

Управление стружкой:

- **Максимальная толщина** – это значение представляет собой максимальную толщину стружки, которая будет образовываться при Уровне обработки 8.
- **Минимальная толщина** – это значение представляет собой минимальную толщину стружки, которая будет образовываться при всех Уровнях обработки.

Контроль шпинделя:

- **Максимальная скорость вращения** – это значение представляет собой максимальную частоту вращения шпинделя при Уровне обработки 8 и резании в плоскости XY.
- **Максимальная скорость резания (Vс)** – это значение представляет собой максимальную скорость между ребром режущего инструмента и поверхностью заготовки при Уровне обработки 8.
- **Необходимая мощность** – это значение представляет требуемую мощность при Уровне обработки 8.

Контроль подачи:

- **Максимальная подача** – это значение представляет собой максимальную скорость подачи для Уровня обработки 8, при резании под минимальным углом.
- **Подача перемещений** – это значение устанавливает скорость подачи при перемещении инструмента в исходное положение после резания.

Контроль области резания

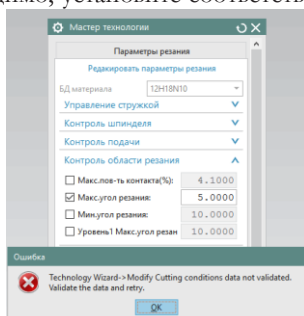
- **Максимальная поверхность контакта (%)** – это значение представляет собой максимальный процент площади поверхности контакта между режущим инструментом и поверхностью заготовки при Уровне обработки 8.
- **Максимальный угол резания** – это значение представляет собой максимальный угол резания при Уровне обработки 8. Это значение не может быть больше 180 градусов.
- **Минимальный угол резания** – это значение представляет собой минимальный угол резания при Уровне обработки 8. Это значение не может быть меньше 10 градусов.
- **Уровень 1 максимальный угол резания (°)** – это значение представляет собой максимальный угол резания при Уровне обработки 1.

Имеются флажки, разрешающие принудительный ввод значений для изменения вычисленных мастером параметров. Однако при этом обеспечивается синхронизация между шагом по Z, шагом отступа, частотой вращения шпинделя и скоростью подачи.



Настоятельно рекомендуется принудительно изменять перечисленные параметры только в тех случаях, когда перемещение ползунка Скорость обработки не даст нужного результата.

Если изменить один или несколько из перечисленных параметров абсолютно необходимо, установите соответствующий флажок и введите нужное значение в поле ввода.



Если система не сможет синхронизировать измененное значение, поле ввода будет выведена ошибка.

Режим Турбо

Эта опция позволяет сделать все уровни, которые можно выбрать при помощи ползунка Уровень обработки, более агрессивными, в результате чего интенсивность удаления материала (MRR) повышается на 25%.



Если режим Турбо разрешен, в соответствующие поля ввода заносятся значения, соответствующие Уровню обработки 8 Турбо, а если этот режим запрещен, – значения, соответствующие Уровню обработки 8 Нормальному.



Для того чтобы гарантировать, что условия резания остались безопасными, при выборе инструмента другого диаметра или при изменении некоторых его параметров, необходимо удалить все принудительно введенные значения, со страницы Мастер технологии.

Поздравляем! Вы успешно завершили часть курса, посвященную iMachining 2D.

Переходы iMachining 3D

4

4.1 iMACHINING 3D

Модуль iMachining 3D представляет собой генератор управляющих программ для автоматической высокоскоростной обработки на фрезерных станках с ЧПУ. Поддерживаются режимы черновой обработки, удаления остаточного материала и полустойковой обработки призматических и поверхностных деталей общей пространственной формы.

М

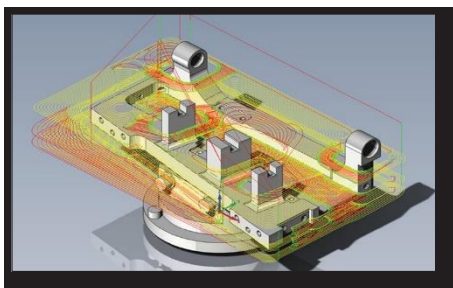


Модуль iMachining 3D самое новое и наиболее полное дополнение к развивающейся серии программных продуктов iMachining к о мпании SolidCAM. В состав этой серии в стоящее время входят модули iMachining 2D iMachining 3D. В качестве входных данных геометрии исходной заготовки и готовой детали модуль iMachining 3D принимает с о ответствующие трехмерные твердотельные дели.

В результате его работы формируются программы оптимальной высокопроизводительной обработки, которые позволяют полностью удалить подлежащий снятию материал при помощи выбранного инструмента. Кроме того, модуль создает обновленную модель заготовки, которая учитывает выполненное удаление материала.

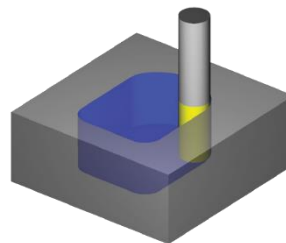
По умолчанию модуль iMachining 3D работает в режиме «Удаление только остаточного материала», что позволяет использовать обновленную модель заготовки, полученную на предыдущем переходе, либо трехмерную модель отливки или поковки в качестве исходной заготовки для следующего перехода. Кроме того, во время расчета траектории движения инструмента осуществляется динамическое обновление исходной модели заготовки. Учитываются все перемещения инструмента, поэтому на каждом этапе обработки модель заготовки точно соответствует состоянию обрабатываемой детали. Это позволяет исключить «фрезерование воздуха» в местах, где уже был удален материал, либо где его никогда не было (например, при работе с отливками или поковками).

4.2 Сравнение iMACHINING 3D и iMACHINING 2D

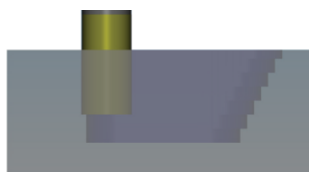


Модуль iMachining 3D использует проверенные Алгоритмы iMachining 2D для формирования траекторий движения инструмента на разных по уровнях оси Z. При этом система анализирует, и какие объемы на каком уровне будут удалены на последующих этапах обработки. Это позволяет минимизировать время выполнения перехода в целом

В качестве входных данных для первого перехода iMachining 3D используется исходная модель заготовки и модель детали. Система формирует траекторию движения инструмента, которая позволяет выполнить черновую обработку первого изолированного участка детали. После того как будет достигнута требуемая глубина (для текущего инструмента), выполняется черновая доработка поверхности в ступенчатом режиме, в ходе которой с наклонных поверхностей удаляется остаточный материал.



По мере увеличения уровня в ходе ступенчатой обработки изолированный участок может объединиться с более крупным участком, для обработки которого, по окончании черновой обработки верхнего уровня, может потребоваться опустить инструмент на более низкий уровень (например, широкая выемка, на дне которой имеется несколько более глубоких выемок небольшого размера).

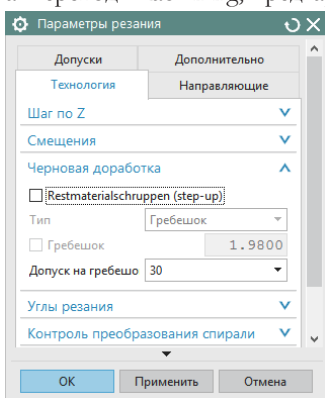


Таким образом, инструмент переходит с более низких уровней на более высокие, и наоборот, до тех пор, пока не будут обработаны все участки детали.



Высота шага инструмента по оси Z вычисляется в зависимости от уклона конкретной обрабатываемой поверхности, так, чтобы высота зубцов, которые остаются на поверхности после обработки, не превышала заданного пользователем значения. Эта величина называется True Scallop (Истинная высота гребешка).

Необходимую высоту зубцов можно указать на странице Технология диалогового окна Переход iMachining, предварительно установив флажок Черновая доработка.



При черновой доработке важное значение имеет еще один параметр: Scallop tolerance (Допуск на высоту гребешка). Он может иметь одно из двух значений – 30% и 10% – и представляет собой допуск, с которым обеспечивается значение параметра True Scallop (Истинная высота Гребешка). Наличие этого допуска позволяет системе объединять два шага на двух соседних уклонах, которые в противном случае выполнялись бы на незначительно различающихся уровнях по оси Z, и выполнять один длинный проход на одном и

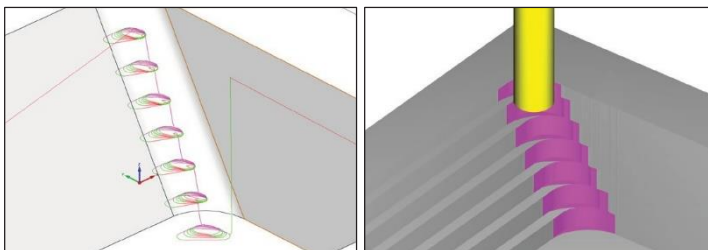
том же уровне Z. Такое объединение возможно, если высота образующегося при этом гребешка (которая, естественно, не будет равна указанному значению) не выходит за пределы выбранного допуска.

Если выбрать менее строгий допуск, фактическая высота зубцов может оказаться на 30% больше указанной, однако суммарная длина траектории движения инструмента и время обработки будут существенно меньше.



Примечание: чем меньше значение параметра True Scallop (Истинная высота гребешка), тем дольше будут выполняться расчеты. По умолчанию это значение пропорционально диаметру выбранного инструмента.

В качестве исходных данных для следующего перехода iMachining 3D используется обновленная модель заготовки и та же модель детали, что и для первого перехода. Применяется инструмент меньшего диаметра, что позволяет автоматически удалить остаточный материал, который остался неснятым после обработки более крупной фрезой.



На этапе черновой доработки, там, где это возможно, система обрабатывает выемки и горловины (слишком маленькие для предыдущего инструмента), используя меньший шаг снижения. Как всегда, благодаря наличию точных данных о текущем состоянии заготовки, система исключает «фрезерование воздуха».



4.3 Основные различия

1. Модуль iMachining 3D позволяет получить полную, готовую к загрузке в станок с ЧПУ программу обработки, которая обеспечивает оптимальные условия резания и выполняет черновую обработку и черновую доработку всей трехмерной детали за один переход. При этом гарантируется, что истинная высота зубцов на всех поверхностях детали не будет превышать указанное значение.

При работе с модулем iMachining 2D необходимо вручную разделить процесс обработки детали на несколько переходов, на каждом из которых выполняется та или иная выемка. Полученные таким образом переходы должны быть упорядочены в соответствии с очередностью их выполнения. За один переход модуль iMachining 2D позволяет удалить только один (тонкий или толстый) горизонтальный призматический слой материала.

2. Модуль iMachining 3D анализирует модель готовой детали, автоматически распознает все имеющиеся в ней выемки и определяет их геометрию. Пользователю больше не требуется создавать геометрические цепочки на основе их контуров и указывать дополнительные параметры типа глубины выемки. Затем система разделяет все подлежащие удалению объемы материала на толстые (для черновой обработки) и тонкие (для удаления остаточного материала) горизонтальные слои. При помощи комплексных аналитических алгоритмов она определяет оптимальный порядок обработки этих слоев, при котором количество отводов инструмента от заготовки и длинных перемещений в целях его позиционирования сводится к минимуму.

При работе с модулем iMachining 2D необходимо поочередно определить все выемки, указав или нарисовав их контуры и указав глубину.

3. Модуль iMachining 3D получает необходимые данные о заготовке, ее размерах и форме. Кроме того, благодаря наличию обновленной заготовки, полученной при расчете предыдущего перехода, система узнает об участках с уже удаленным материалом

При работе с модулем iMachining 2D необходимо рисовать дополнительные контуры и определять материал заготовки, выходящий за границы геометрии детали.

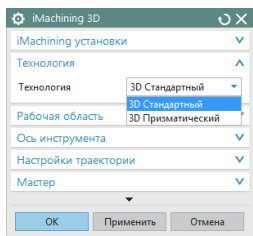
4. Модуль iMachining 3D автоматически определяет углы наклона поверхностей и выбирает для каждой из них оптимальный шаг снижения, так, чтобы высота гребешка, который образуется на поверхности при выполнении следующего прохода, не превышала указанную величину.

Модуль iMachining 2D не учитывает уклоны и может работать только с плоскостями и вертикальными поверхностями.

4.4 iMACHINING 3D для обработки призматических деталей

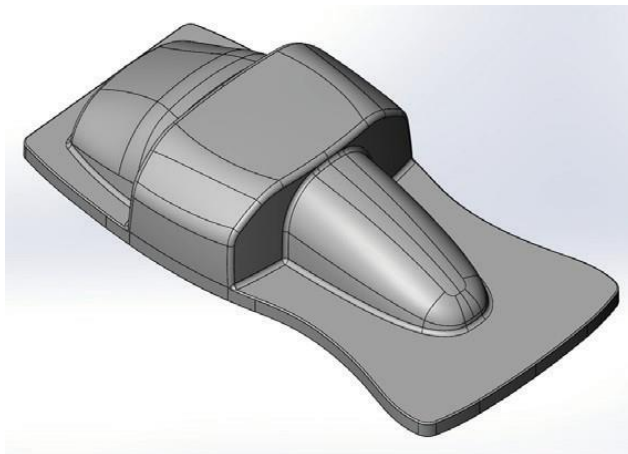
Есть ли у модуля iMachining 3D какие-нибудь преимущества при обработке призматических деталей?

Да, конечно! При использовании модуля iMachining 3D можно выполнить черновую обработку и черновую доработку всей призматической детали с сотнями выемок и возвышений за один переход. При этом не требуется выбирать геометрические цепочки и рисовать эскизы контуров. Все, что необходимо — это твердотельные модели детали и заготовки.



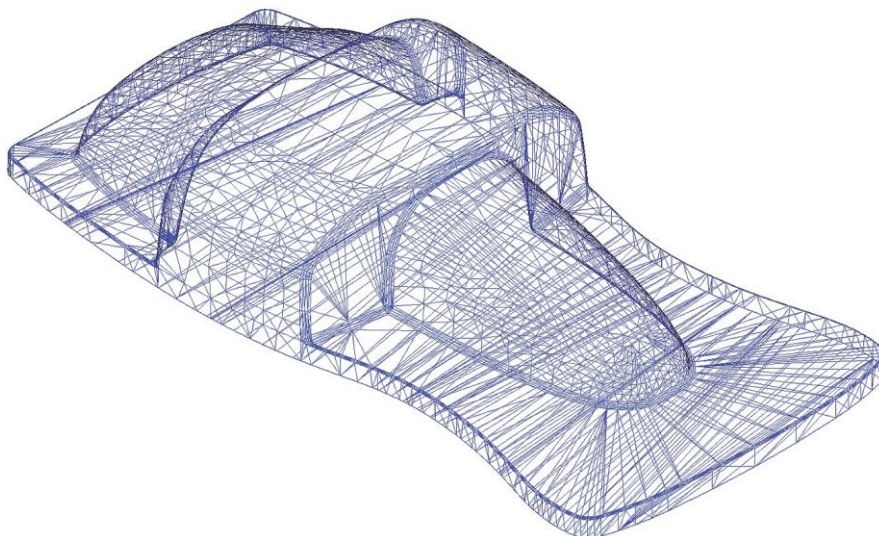
Все остальное модуль iMachining 3D выполняет автоматически и оптимальным образом.

Для черновой и получистовой обработки используется iMachining 3D, а для чистовой обработки используются, знакомые вам операции фрезерной 2.5D и 3D обработки.



Допуск фасета

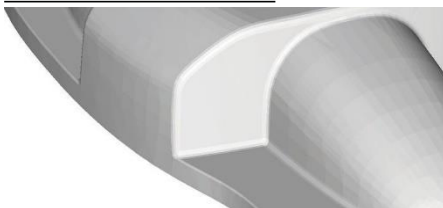
Siemens NX преобразовывает математическое представление 3D-моделей заготовки и детали в триангуляционную сетку всех исходных поверхностей. Параметр Допуск фасета определяет точность, с которой триангуляционная сетка соответствует математическим поверхностям.



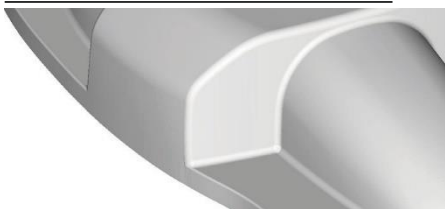
Рекомендуемое значение Допуска фасета (для большинства моделей) составляет 0.01 мм.

Этот допуск влияет на следующие:

Качество отображение с Допуском фасета 0.1



Качество отображение с Допуском фасета 0.01 (рекомендуется)



1. Управляет качеством отображения во время определения модели и заготовки.
2. Качество отображения заготовки после визуализации процесса обработки в режимах «Проверка траектории» и создание «ЗвПО».

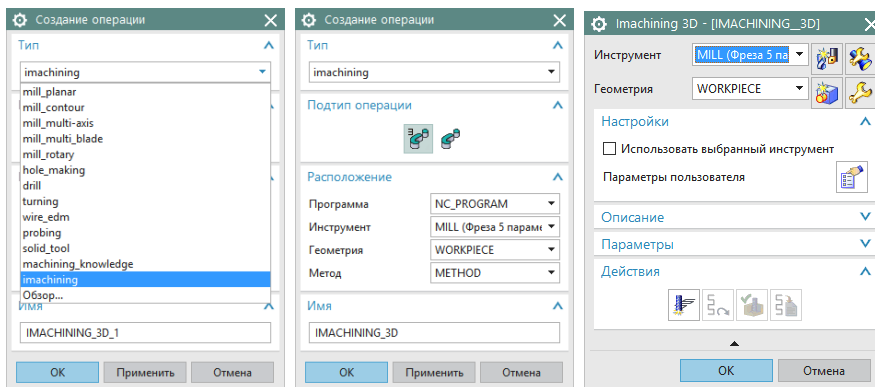


Чем меньше величина допуска, тем точнее строится триангуляционная сетка и лучше качество отображения и визуализации. Однако, слишком маленький допуск существенно уменьшит скорость визуализации и замедлит время вычисления обработки.

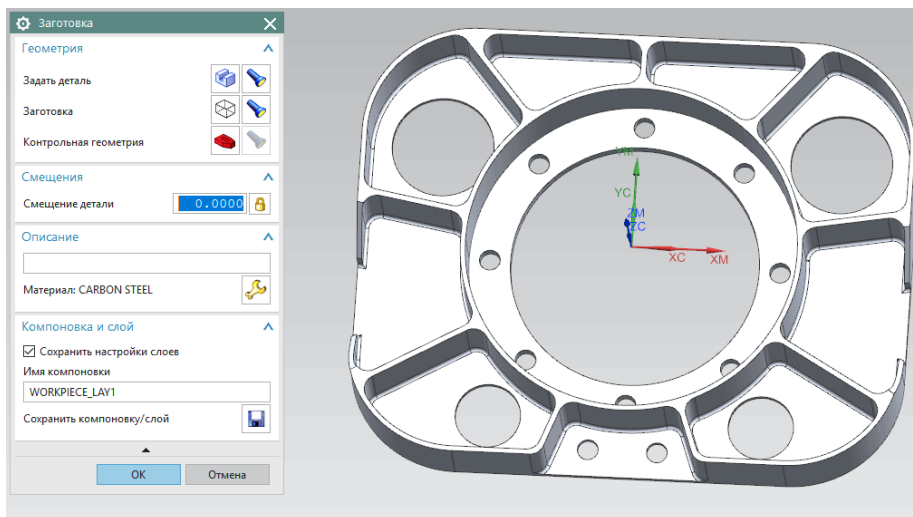


4.5 Переход типа iMachining 3D

Для создания перехода, используйте менеджер Siemens NX (Добавить переходы фрезерования -> 3D iMachining).



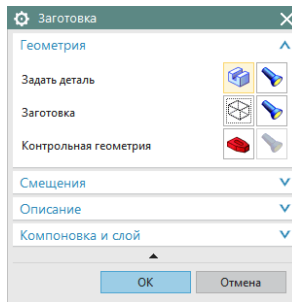
Геометрией для обработки служит 3D-модель детали. Рабочей областью обработки являются внешний контур заготовки и положение инструмента относительно границ - На контуре.



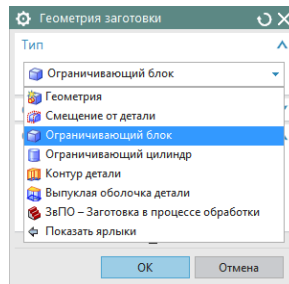
Геометрия - Геометрия связана с разработанной в Siemens NX моделью. Для iMachining 3D геометрия заготовки и геометрия детали определяются как твердые тела.

Для того, чтобы задать Геометрию для iMachining 3D необходимо внести несколько параметров:

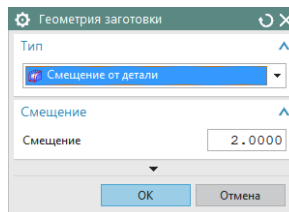
- **Задать деталь** – в данном меню указывается твердотельная модель детали.



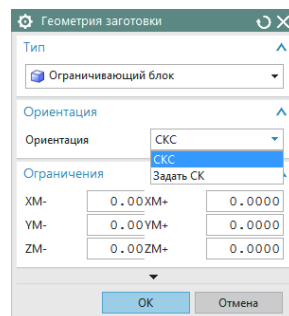
- **Заготовка** - в данном меню «Заготовку» можно задать разными способами:



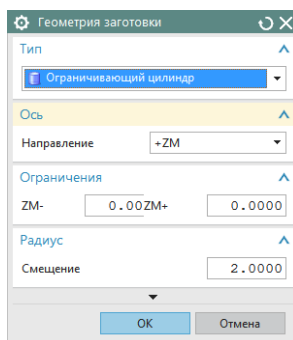
1. Геометрия - указывается твердотельная модель.
2. Смещение – заносятся значения смещения от ребер модели и граней.



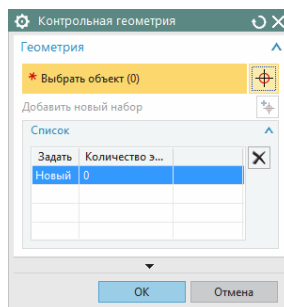
3. Ограничивающий блок – заносятся размеры относительно наружных граней детали.



4. Ограничивающий цилиндр - указывается направление оси вращения, ограничения длины и радиуса смещения заготовки относительно модели детали.



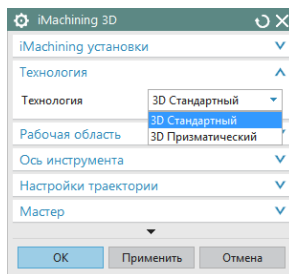
5. Контур детали - указывается направление оси инструмента, ограничения длины и размеры смещения заготовки относительно модели детали.
 6. Выпуклая оболочка - указывается направление оси инструмента, ограничения длины и размеры смещения заготовки относительно модели детали.
 7. ЗВПО – указывается «Заготовка в Процессе Обработки» из предыдущего проекта (к примеру: производилась обработка с припуском перед термической обработкой) или предыдущей рабочей области (**WORPIECE**).
- **Контрольная геометрия** - в данном меню указывается зоны (эскиз), тела или элементы, которые ограничивают траекторию обработки (тиски, прижимы и т.д.).



iMACHINING Установки – Задается аналогично как для iMachining 2D

В данном окне необходимо определить два новых файла (в вкладке «iMachining установки»): файлы Станка и Материала в базу данных iDatabase и определение параметров iMachining.

iMACHINING 3D Стандартный/3D Призматический



3D Стандартный – Используется для черновой обработки.

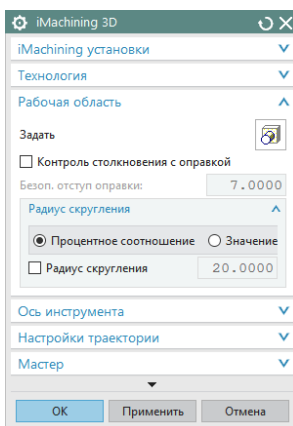
3D Призматический – Используется для и получистовой обработки.

Обработка остаточного материала

После каждой операции iMachining сохраняет форму остаточного материала в соответствии с заданной точностью.

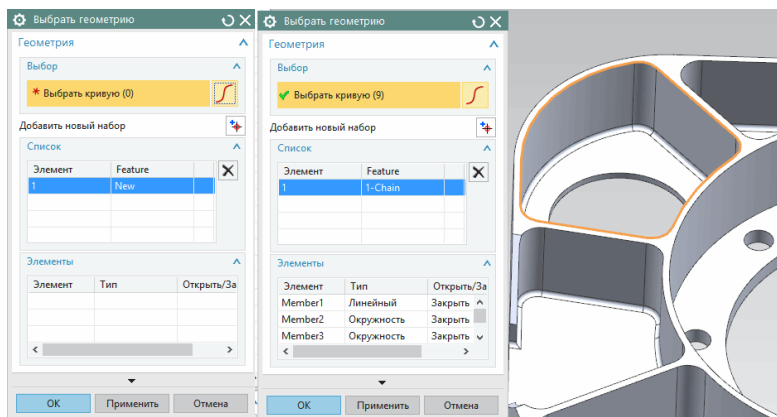
По умолчанию, iMachining 3D использует форму остаточную геометрию заготовки в качестве границ рабочей области. Это гарантирует отсутствие траектории обработки "фрезерования воздуха".

Рабочая область – эта страница позволяет определить геометрию обработки для перехода.





В этой опции «Рабочая область» дается возможность определить границы зоны обработки.



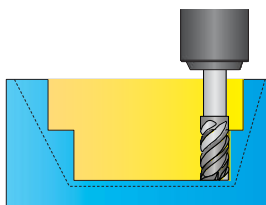
Рабочая область для iMachining 3D представляет собой зону, которая может быть открытой или закрытой. Процесс определения Рабочей области состоит в указании цепочек. Для указания геометрической цепочки необходимо выбрать необходимые ребра или грани модели. Каждая цепочка состоит из одного или нескольких элементов и представляет собой замкнутый контур.

Контроль столкновения с оправкой

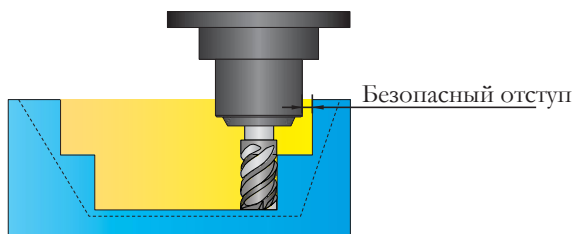
При активной опции расчет траектория обработки производится с учетом геометрии оправки и величины безопасного отступа между оправкой и обновлённой моделью заготовки.



Без использования этой опции безопасность обеспечивается вылетом инструмента.



Использование этой опции позволяет использовать короткий инструмент, что приводит к возможности выполнять обработку с более высокими режимами резания. Однако, в некоторых случаях это может привести к необработанным зонам материала по глубине.

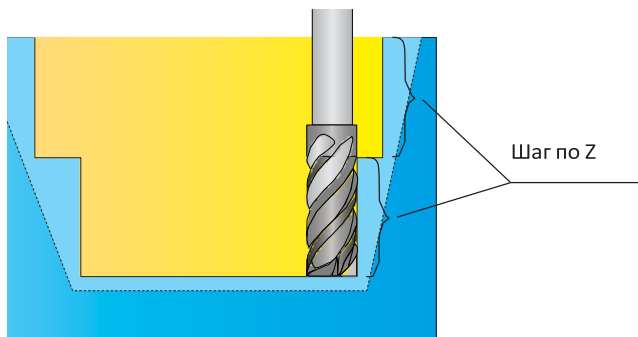


Ось инструмента – задается по аналогии с iMachining 2D

Настройки траектории – в большинстве опций задается по аналогии с iMachining 2D.

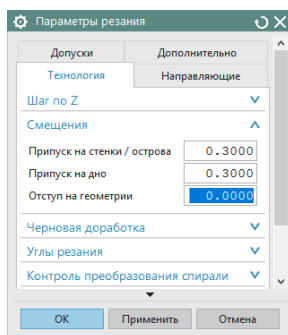
Шаг по Z

По умолчанию Мастер технологии автоматически вычисляет оптимальную величину шага по Z, используя информации об инструменте, нижней плоскости обработки и объемном припуске. Указанная, для справки, величина определяет максимальное расстояние между уровнями обработки.



Основные отличия создания перехода iMachining 3D от iMachining 2D:

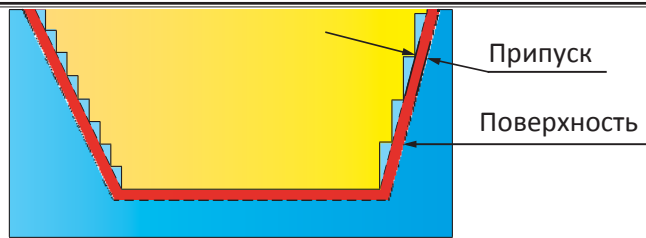
- **Параметры резания → Технология.**



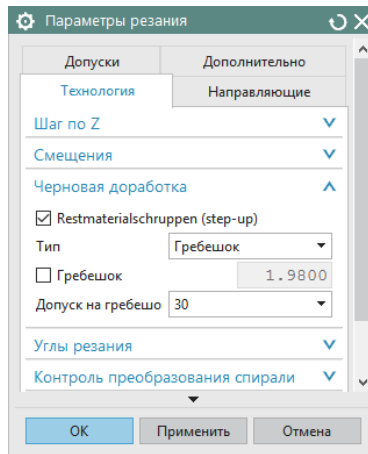
Отступ на геометрию

По умолчанию величина параметра для черновой обработки 0.38 мм.

Этот параметр определяет припуск, который останется на всех поверхностях детали после выполнения текущей операции.

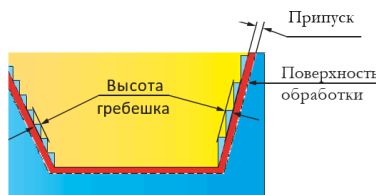


- **Параметры резания → Черновая доработка** - Параметры определяющие количество проходов по глубине (снизу-вверх) обеспечивающие заданное качество обрабатываемых поверхностей.



Высота гребешка

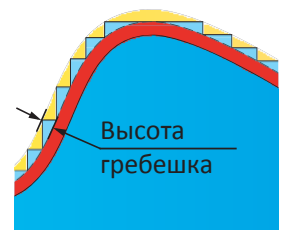
По умолчанию эта величина автоматически рассчитывается на основании диаметра инструмента.



В зависимости от наклона каждой отдельной поверхности, шаг во время обработки изменяется динамически, чтобы исполнить заданный размер Высоты гребешка.

Возможность задать высоту гребешка с меньшей величиной, может привести к более качественной обработки поверхностей, и отказаться от получистовой обработки.

Однако, время вычисления и время обработки будут пропорционально более длительными.



Алгоритмы автоматического расчета Шага по Z и Величины гребешка, заложенные в iMachining 3D, позволяет получить минимальное время обработки на наклонных поверхностях.

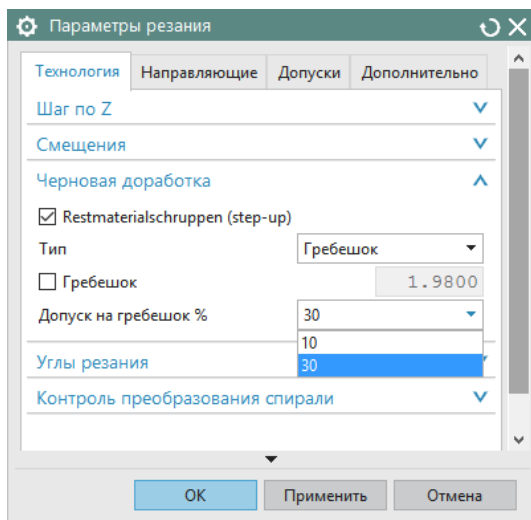
Эти особенности iMachining 3D приводят к следующей выгоде:

1. Длина траектории обработки уменьшается, что приводит к меньшему износу инструмента и сокращению времени обработки.
2. Равномерная величина необработанного материала позволяет выполнять чистовые переходы с большей скоростью и меньшей равномерной нагрузкой на инструмент, что приводит к меньшему его изнашиванию и сокращению времени обработки.
3. Во время обработки с шагом снизу-вверх, осевая глубина обработки становится каждый раз меньше, а, следовательно, для поддержания постоянной нагрузки на инструмент Мастером технологии автоматически увеличиваются угол и скорость резания. В результате, время обработки каждого, более высокого, уровня становится меньше.

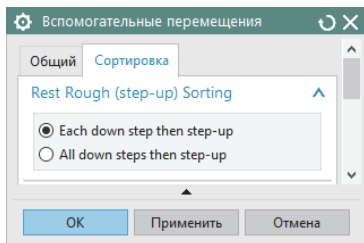
Допуск гребешка (%)

Этот параметр используется для вычисления трехмерного пути инструмента. Доступны два варианта для выбора: 10% и 30% (по умолчанию)

Эта величина позволяет производить оценку уровней обработки на смежных поверхностях. Если уровни обработки лежат в пределах допуска, тогда система объединяет траектории обработки, тем самым сокращая время обработки.



- **Вспомогательные перемещения →Сортировка** - Опции, определяющие порядок обработки, доступны для выбора, если не активна опция Столкновения с оправкой:



- первая опция - "подчистка" зон происходит на каждом Шаге по Z.
- вторая опция - "подчистка" зон происходит после обработки всех уровней.

Вопросы и ответы

5

5.1 О технологии NX iMachining for Siemens NX

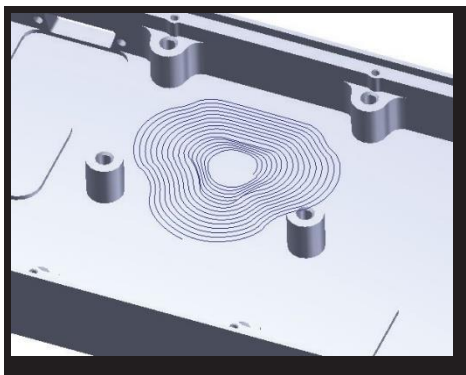
iMachining— это интеллектуальное программное обеспечение для высокопроизводительной обработки, предназначенное для создания быстрых и безопасных программ обработки деталей на станках с ЧПУ. Под словом «быстро» в данном случае понимается «значительно быстрее, чем при традиционных методах обработки». Слово «безопасно» в данном случае означает «без чрезмерного износа станка и риска поломки инструмента, но с увеличением срока его службы».

Для достижения этих целей в модуле iMachining используются современные, защищенные патентами алгоритмы, позволяющие формировать гладкие, касательно сопряженные траектории движения инструмента. Эти траектории, наряду с особыми условиями обработки, при которых механические и тепловые воздействия на инструмент оказываются постоянными и образуется тонкая стружка, обеспечивают повышенные скорость и глубину резания (до 4 диаметров).

Траектории движения iMachining

Формируемые модулем iMachining траектории движения инструмента представляют собой полиморфные спирали, которые либо исходят от какой-то центральной точки окруженной стенками пространства и постепенно принимают форму контура этих стенок, либо, напротив, сходятся от внешнего контура открытого участка к какой-то центральной точке или внутреннему контуру возвышения. Благодаря этому модуль iMachining позволяет обрабатывать участки произвольной формы при помощи одной непрерывной спирали.

Модуль iMachining формирует однонаправленные траектории движения инструмента особой формы, которые обеспечивают постоянство нагрузок на инструмент. Такие траектории используются для обработки узких проходов, разделяющих канавок и четко очерченных внутренних углов. Для обработки некоторых открытых участков, форма которых слишком сложна для полного удаления материала при помощи одной спиральной траектории, применяются специальные алгоритмы топографического анализа.



Эти алгоритмы разделяют такие участки на несколько зон неправильной формы, для каждой из которых формируется отдельная полиморфная спираль. Это позволяет обработать более 80% детали при помощи спиральных траекторий движения инструмента. Поскольку спиральные траектории позволяют достичь более высоких скоростей удаления материала, чем обычные однонаправленные траектории (увеличение от 50 до 100%), и поскольку формируемые траектории обеспечивают постоянство нагрузки на инструмент, благодаря модулю iMachining можно добиться максимально возможных скоростей удаления материала

Мастер технологии iMachining

Значительная часть системы iMachining предназначена для расчета соответствующих значений скорости подачи, частоты вращения шпинделя, осевой глубины реза, угла реза и толщины (недеформированной) стружки. Исходными данными для этих расчетов являются механические свойства заготовки и инструмента, а также физические ограничения станка (частота вращения шпинделя, мощность, жесткость, максимальная скорость подачи). Мастер технологии iMachining, который отвечает за выполнение этих расчетов, позволяет пользователю выбрать уровень агрессивности обработки, который наилучшим образом соответствует конкретному станку, производственным условиям и требованиям (качество, график, стоимость инструмента). Еще одна критически важная функция мастера – динамическая оптимизация скорости подачи в целях компенсации динамических изменений угла резания, которые неизбежны при движении по полиморфной спирали. Благодаря такой оптимизации удастся обеспечить постоянство нагрузки на инструмент и повысить срок его службы.

Свойства материала заготовки

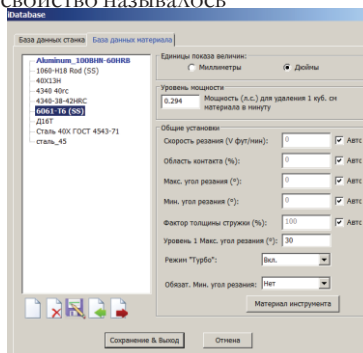
Общие сведения

Для резки разных материалов требуются разные усилия. Физическим свойством материала, которое определяет необходимое для его резки усилие, является предел прочности на разрыв (UTS), который измеряется в мегапаскалях (МПа) в метрической системе единиц и в фунтах на квадратный дюйм (фунт/дюйм², psi) в британской системе.

Работа мастера технологии iMachining полностью зависит от правильности значения UTS, так как оно используется для определения благоприятных условий резания. Поэтому важно убедиться в том, что содержащееся в базе данных материалов значение UTS подлежащего обработке материала соответствует действительности.

История

В состав модуля iMachining любой версии входит база данных материалов начального уровня, в которой определены свойства примерно 70 разных материалов. В первоначальной версии мастера расчет режущего усилия осуществлялся на основе другого свойства обрабатываемого материала. Это свойство называлось коэффициентом мощности материала и представляло собой мощность, необходимую для удаления одного кубического сантиметра (в метрической системе единиц) или одного кубического дюйма (в британской системе единиц) материала в минуту. В зависимости от системы единиц, коэффициент мощности измерялся в киловаттах или лошадиных силах, соответственно. Эта производная характеристика материала определялась на основе его физических свойств, однако необходимые значения часто отсутствовали в стандартных материаловедческих базах данных (например, на сайте www.metallicheckiy-portal.ru)

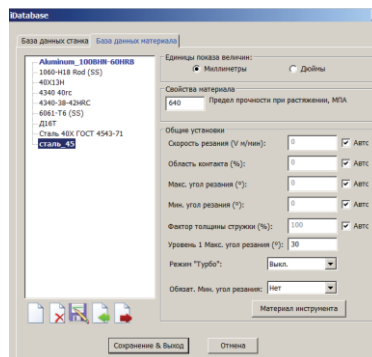


По этой причине в последующих версиях мастера технологии разработчики решили заложить альтернативный алгоритм, позволяющий вычислять условия резания на основании данных об UTS. Но так как у заказчиков уже были в наличии таблицы материалов с указанием коэффициента мощности, было принято решение сохранить и исходный алгоритм. Это позволило мастеру использовать то или иное свойство материала в зависимости от данных, имеющихся на конкретный материал. Кроме того, разработчики решили изменить диалоговое окно, предназначенное для

ввода данных, так что для новых материалов можно ввести только значение UTS.

На данный момент для всех материалов, определенных до 2011 года, введено значение коэффициента мощности. Начиная с 2011 года, для всех материалов указывается значение UTS.

Необходимо понимать, что оба метода определения свойств материалов эквивалентны. Независимо от того, какой из них использовался, в результате сделанных мастером расчетов будут получены одинаково эффективные условия резания.



Ввод данных о новых материалах

Очевидно, что 70 стандартных материалов, свойства которых описаны в базе данных начального уровня, недостаточно: многим заказчикам необходимо изготавливать детали из других материалов. Сегодня в промышленности используется более 5000 различных материалов. Это означает, что пользователям часто приходится вводить в базу данных сведения о новых материалах.

При известном значении UTS и использовании нового диалогового окна для работы с базой данных материалов эта задача может быть выполнена быстро и просто. В этом диалоговом окне есть только два обязательных поля ввода. Первое из них предназначено для ввода названия материала, которое используется только для обозначения данного материала в списках. Это название должно быть уникально, но не обязано совпадать с обозначением материала согласно стандартам. Второе поле предназначено для ввода значения UTS. Необходимые для этого данные легко найти на сайте www.metallicheckiy-portal.ru.

Поиск данных об UTS материала заготовки

1. Убедитесь в том, что известны точные сведения о материале

Практический пример: пользователю системы Siemens NX требовалось обработать деталь из титана. В результате поиска по сайту www.matweb.com (www.metallichecky-portal.ru) было найдено большое количество марок этого металла. Пользователь выбрал первый материал из списка: «Titanium Ti», то есть чистый титан. В механических свойствах было указано, что UTS этого материала составляет 220 МПа. Именно это значение и использовалось в диалоговом окне при вводе нового материала в базу данных. После этого только что созданный материал был выбран из списка Material Database (База данных материалов) в разделе iMachining Data (Параметры iMachining) диалогового окна свойств проекта обработки. Затем пользователь определил переход iMachining, нажал на кнопку Save & Calculate (Сохранить и вычислить), выполнил генерацию управляющей программы и начал обработку. Инструмент сломался через 5 секунд после начала работы”

Пользователь обратился в службу технической поддержки, и быстро выяснилось, что он пытается обработать деталь для аэрокосмической промышленности. Заготовка изготовлена из титана Ti – 6Al – 4V, очень распространенного в этой отрасли материала. Сотрудники службы поддержки порекомендовали пользователю искать на MatWeb.com именно этот материал. Однако на этом сайте оказалось шесть различных марок Ti – 6Al – 4V с UTS от 860 до 1170 МПа. Пользователь не знал, какой именно материал имеется у него в наличии. Возможности связаться с поставщиком также не было. Поэтому ему порекомендовали использовать максимальное значение UTS, 1170 МПа.



В случае сомнений следует использовать наибольшее значение из списка. В дальнейшем, исходя из возникающего при обработке шума и степени износа инструмента, можно будет сделать вывод о том, насколько безопасно использовать более низкие значения. Однако лучше всего, естественно, найти точные данные о материале. В этом может помочь поставщик материала или заказчик обрабатываемой продукции.

2. Если для материала указано несколько возможных значений UTS, всегда следует начинать с самого высокого

Это абсолютно безопасно. Возможно, фрезерование будет происходить в более мягких условиях, чем можно было бы использовать. Если это произойдет, процесс обработки можно будет подкорректировать при помощи ползунка Machining Level (Уровень обработки), либо продолжить поиск более точных данных о материале. Однако в любом случае можно будет начать обработку.

Ползунок СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ

Ползунок Machining Level (Уровень обработки) позволяет пользователю системы iMachining удобно и интуитивно управлять интенсивностью удаления материала (MRR) во время изготовления детали. Выбранный при помощи этого ползунка уровень обработки говорит мастеру технологии о том, насколько агрессивно следует подходить к обработке детали.

Опытные станочники знают о том, что повышение скорости подачи на 10% при неизменных прочих условиях увеличивает MRR на 10% (фактически немного менее, поскольку при высокой скорости подачи требуется некоторое время на разгон инструмента). Примерно такого же увеличения MRR можно добиться, повысив на 10% шаг бокового отступа. Однако эти действия имеют негативные побочные эффекты: шпиндель может заклинить из-за превышения максимального крутящего момента, срок службы инструмента может сократиться из-за увеличения толщины стружки.

В то же время, опытные станочники знают о том, что при одновременном увеличении скорости подачи и частоты вращения шпинделя на 10% можно повысить MRR без увеличения толщины стружки. Однако это приведет к росту скорости резания на 10% и увеличению потребляемой шпинделем мощности. Если при этом известно, что имеется резерв мощности, система охлаждения работает хорошо, инструмент достаточно остр, а его покрытие не повреждено, имеет смысл пойти на такие увеличения; это позволит сократить время обработки. Однако необходимо понимать, что существует вероятность того, что этот инструмент уже не позволит обработать столько деталей, сколько раньше. Поэтому такой режим обработки можно выбрать, например, при работе в условиях жесткого графика, но при наличии достаточного запаса инструментов. С другой стороны, если возникающий при фрезеровании звук указывает на то, что повышение скорости привело к возникновению вибраций, опытный станочник незамедлительно вернется к исходным параметрам обработки. Вибрации говорят о том, что в данных условиях (жесткость и состояние станка, жесткость заготовки и патрона) не обеспечивается достаточная для более агрессивной обработки жесткость.

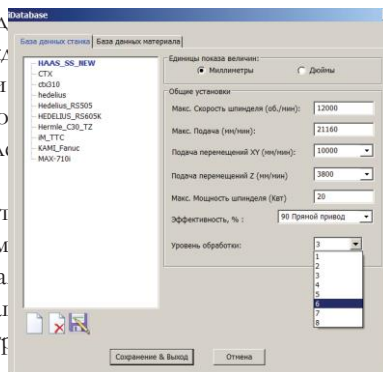


Мастер технологии принимает аналогичные решения, исходя из аналогичных причин, используя для этого комплексные алгоритмы для анализа обширного набора факторов, свойств и ограничений, которые характеризуют условия обработки (геометрия детали, свойства материала, параметры инструмента, ограничения станка). На основании накопленных в базе знаний сведений о взаимных зависимостях этих факторов, мастер определяет оптимальное для обработки данной детали сочетание условий резания. Алгоритмы мастера технологии работают совместно с алгоритмами iMachining, отвечающими за формирование высокоскоростной траектории движения инструмента, что позволяет создавать оптимальные, быстрые и безопасные управляющие программы для ЧПУ, успешно выполнять обработку деталей без пробных прогонов.

Однако, как было сказано выше, имеются трудно выражаемые числами факторы, которые непосредственно влияют на MRR и срок службы инструмента (например, базовая жесткость станка, заготовки и патрона, а также уровень технического обслуживания станка), а также факторы, определяющие компромисс между MRR и сроком службы (например, график производства и структура затрат). Вместо этого мастер использует ползунок Machining Level (Уровень обработки), который позволяет просто и интуитивно учитывать суммарный эффект этих факторов.

Правильный метод работы с ползунок Machining Level (Уровень обработки) предполагает, что каждому из имеющихся в цехе станков назначается определенный, принимаемый по умолчанию уровень обработки, который отражает базовую жесткость конкретного станка и состояние его технического обслуживания.

обработки» ниже). После выполнения первой операции оно было успешным и не сопровождалось вибрациями, можно повысить уровень обработки или 8-турбо. Если же нужно обработать только деталь, разница в продолжительности ее изготовления в любом случае не будет существенной. Принятый по умолчанию уровень обработки определяется тем, один раз и сохраняется в базе данных станков вместе с другими его неизменными свойствами (максимальная скорость подачи, максимальной частотой вращения шпинделя и др.). Однако необходимо пересматривать это значение через каждые 2-3 года, а также после поломок и сложных операций по техническому обслуживанию.



Перед тем как приступить к генерации управляющих программ для новой конфигурации станка, необходимо оценить жесткость заготовки и держателя, измерить балансировку и TIR инструмента в держателе. Если показатели недостаточно благоприятны, необходимо уменьшить уровень обработки на 1 или 2 пункта относительно принятого по умолчанию значения.

Полученный таким образом уровень обработки используется для фрезерования первой детали. Прислушайтесь к шуму, сопровождающему работу станка, оцените качество обработанной поверхности и степень износа инструмента. Если необходимо изготовить еще несколько таких деталей, а качество первой детали было достаточно высоким, можно повысить MRR, чтобы ускорить обработку, либо уменьшить его, чтобы продлить срок службы инструмента. Выбор определяется графиком производства, наличием инструментов и их стоимостью. Все, что необходимо сделать, - это переместить ползунок Machining level (Уровень обработки) на один пункт в ту или иную сторону и заново выполнить расчет траектории движения инструмента, после чего можно вернуться к изготовлению деталей.



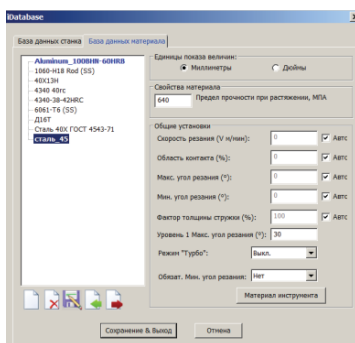
Повышение уровня обработки возможно по той причине, что мастер технологии стремится, насколько это разумно, сократить продолжительность обработки, но всегда использует такие условия резания, при которых остается некоторый запас до безопасных максимально допустимых значений параметров станка. Этот запас и может быть выбран для выполнения более рискованной обработки.

Однако следует соблюдать осторожность: существует реальный риск. Принятый по умолчанию уровень обработки назначается на основе субъективной оценки его состояния. Эта оценка может быть слишком оптимистичной, как и оценка жесткости заготовки и держателя инструмента.

Важные параметры iMACHINING

Предел прочности материала UTS

В разделе, посвященном характеристикам материала заготовки, говорилось о том, насколько важным параметром является предел прочности. Пользователь не может назначать произвольные значения предела прочности. Необходимо еще раз подчеркнуть, что этот параметр в значительной степени влияет на условия резания и, следовательно, критически важно задать его правильное значение



Количество стружечных канавок

Еще одним важным параметром, который не может быть задан произвольно, является количество стружечных канавок концевой фрезы. Изменение этого параметра приведет к изменению условий резания (обычно – только скорости подачи)

Угол спирали инструмента

Отдельно стоит упомянуть угол спирали, под которым располагаются стружечные канавки. Изменение этого угла влияет только на положение осевых точек контакта (АСР), что, само по себе, в настоящее время не влияет на условия резания. Однако это изменение может (должно) привести

пользователя к решению выбрать другой инструмент, изменить шаг снижения или уменьшить уровень обработки, чтобы предотвратить вибрации. Необходимо также отметить, что угол спирали сильно влияет на прижимное усилие инструмента. Если не учитывать этот фактор, инструмент может вырвать из крепления со всеми вытекающими из этого последствиями.

Осевые точки контакта (АСР)

Этот параметр не определяется пользователем. Он вычисляется и отображается мастером и показывает количество точек контакта между инструментом и вертикальной стенкой, которую он обрабатывает, вдоль вертикальной линии.

При глубине резания d , диаметре инструмента D , количестве стружечных канавок N и угле спирали β , можно вычислить шаг спирали канавки P по следующей формуле:

$$P = \pi D * \tan \beta, \text{ где } P - \text{ шаг спирали стружечной канавки}$$

Так как на инструменте имеется N канавок, вертикальное расстояние p между соседними режущими кромками составит

$$p = P/N$$

Исходя из этого, можно найти АСР. Оно определяется количеством точек касания, которые укладываются в глубину D :

$$ACP = D/p$$

Возникает вопрос: «Как знание значения АСР поможет выполнять обработку более эффективно?»:



В соответствии с теорией iMachining, чем ближе значение АСР к целому числу, тем менее вероятно появление вибраций.

Поэтому, если АСР составляет 1,0, 1,1, 1,2, 1,8 или 1,9, обработка будет безопасной.

Возникновение вибраций маловероятно.

То же самое можно сказать и о значениях 2,0, 2,1, 2,2, 2,8 или 2,9.

Если же АСР составляет 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7 или 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7 и т. п., необходимо подумать о том, чтобы изменить это значение (например, выбрав иной шаг снижения), использовать другой инструмент или уменьшить уровень обработки.

В зависимости от значения АСР мастер технологии сообщает пользователю о том, является ли оно допустимым с точки зрения устойчивости станка. В зависимости от этого изменяется цвет фона таблицы: красный цвет = плохо, высокая вероятность вибрации; желтый цвет = нехорошо, средняя вероятность вибрации; белый цвет = хорошо.

Эффективность спирали

Система формирует траекторию движения инструмента, которая имеет форму полиморфной спирали и обеспечивает удаление материала из полностью открытой или полностью закрытой выемки, форма которой отлична от окружности. Это означает, что при движении по траектории инструмент смещается на разное расстояние в разных направлениях. См. рис. 1 ниже: влияние эффективности спирали.

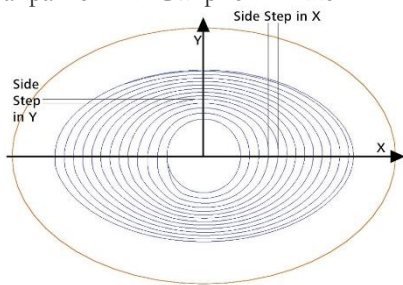


Figure 1A: Low efficiency setting:
Spiral with strong morphing clears complete area

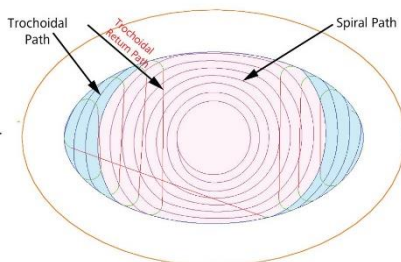


Figure 1B: High efficiency setting:
Spiral with little morphing is rounder and clears only part of area,
the rest is cleared by a Trochoidal Path

В результате этого средний шаг отступа оказывается меньше максимально допустимого значения, а средняя интенсивность удаления материала (MRR) — меньше максимально возможной. Следовательно, полиморфная спираль потенциально менее эффективна, чем обычная круглая спираль.

Полиморфные спирали применяются по следующим трем причинам

1. Так как мастер технологии регулирует скорость подачи в каждой точке траектории движения инструмента (это необходимо, чтобы обеспечить постоянство воздействующего на инструмент усилия), фактические потери средней MRR будут пренебрежимо малы или даже равны нулю. Это сильно зависит от максимальной скорости подачи, которую может развить данный станок. На очень медленных станках мастер не может полностью компенсировать некоторые очень маленькие боковые смещения, предписанные полиморфностью, поскольку максимальная скорость подачи недостаточно велика для этого. В таких случаях, если основным приоритетом является максимальное увеличение среднего значения MRR, а срок службы инструмента имеет меньшее значение, можно указать, чтобы система ограничила полиморфизм спирали. Для того чтобы ограничить полиморфизм спирали, следует установить более высокое значение эффективности спирали при помощи ползунка Efficiency (Эффективность). Этот ползунок находится на странице Technology (Технология) диалогового окна iMachining Operation (Переход iMachining), в разделе Morphing spiral controls (Управление полиморфной спиралью).

2. Вторая причина выражается в известной истине «немного отдайте, чтобы много получить». Наша цель заключается в повышении общей эффективности обработки выемки или детали, поэтому можно слегка пожертвовать локальной эффективностью конкретной спирали. Сравнивая траектории движения инструмента в случае (а) слева и в случае (б) справа на рис. 1, можно заключить, что полиморфная спираль (а) позволяет обработать всю поверхность выемки, тогда как традиционная круглая спираль (б)

завершается (то есть достигает стенки выемки), когда обработано только 55% этой поверхности.

Для обработки оставшейся поверхности необходимо использовать трохоидальные траектории движения инструмента, которые по определению на 36-50% менее эффективны, чем круглая спираль (в зависимости от максимального ускорения, развиваемого станком, и скорости подачи при резании).

Если взять эффективность круглой спирали за 100%, а эффективность трохоидальной траектории на данном станке и при данной скорости подачи за 55%, можно определить общую эффективность траектории в случае (б) следующим образом: 55% площади поверхности обработано с эффективностью 100% (круглая спираль), а 45% – с эффективностью 55% (трохоидальные кривые), что дает $55 + 24,8 = \sim 80\%$ эффективности.

С другой стороны, эффективность полиморфной спирали в случае (а) превышает 89%. Вычислить это непросто, но можно определить экспериментальным путем, обработав выемку такой же формы на конкретном станке. Фактически, в случае (а) обработка осуществляется с эффективностью свыше 94%, поскольку iMachining повышает скорость подачи, если боковое смещение инструмента меньше указанного максимального значения.

Сравнивая эффективности в случаях (а) и (б), получаем увеличение $89/80 = 1,11$. Это означает, что при использовании траектории (а) обработка будет завершена на 11% быстрее, чем при использовании траектории (б). И это без учета изменения скорости подачи в зависимости от бокового смещения.

Если же учитывать выполняемую iMachining оптимизацию скорости, время обработки в случае (а) будет на $(80/94 = 0,851)$ 15% меньше, чем в случае (б). Впрочем, такая разница в эффективности имеет место только при выпуклых траекториях, как на рис. 1.

Если же траектория имеет более общую форму и содержит вогнутые участки, разница в эффективности может быть еще более высокой. Использование полиморфных спиралей может обеспечивать в таких случаях сокращение времени обработки на 30%.

3. Третьей причиной является стремление максимально возможно продлить срок службы инструмента. Хорошо известно, что инструмент меньше изнашивается при движении по непрерывной спиральной траектории, чем при выполнении повторяющихся коротких движений с подводами к материалу и отводами от него.

Как было показано выше, полиморфная спираль, в среднем, позволяет уменьшить площадь поверхности выемки, которую необходимо обрабатывать перемещением по трохоидальным траекториям, до менее 30%. Без функций iMachining, позволяющих формировать такие спирали, эта площадь увеличится до более 60%. Следовательно, в результате применения iMachining, инструмент большую часть времени осуществляет непрерывное перемещение и изнашивается меньше, чем при периодически повторяемых трохоидальных движениях.

Ползунок Efficiency (Эффективность) позволяет пользователю управлять эффективностью спиральной траектории движения инструмента.

При перемещении ползунка вправо эффективность спирали повышается, а при перемещении влево – понижается.

При повышении эффективности диапазон изменения шага отступа уменьшается, в результате чего смещения инструмента в разных направлениях становятся более равномерными, а спираль получается более круглой, то есть больше походит на окружность.

При понижении эффективности система использует более широкий диапазон изменения шага отступа, указанный мастером технологии. Полученная в результате этого спираль меньше похожа на круг, но перекрывает большую часть площади выемки, так как проникает на узкие участки. См. рис. 2 ниже

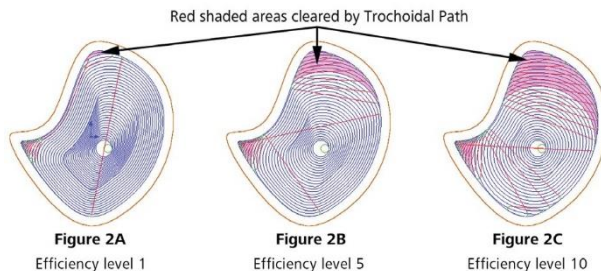


Figure 2: Same pocket cut with 3 different spiral efficiency settings

По умолчанию ползунок Efficiency (Эффективность) находится в положении 6. Рекомендуется не изменять это положение без веских причин. Однако можно поэкспериментировать, изменяя положение ползунка и проводя моделирование траектории движения инструмента и оценивая эффект от использования ползунка.

Некоторые пользователи, которые регулярно применяют для обработки дорогостоящий инструмент, используют уровень эффективности 3 и менее, чтобы уменьшить количество трохоидальных перемещений. Все зависит от приоритетов и структуры стоимости (относительных затрат на время обработки, инструмент и оплату труда, необходимых для изготовления одной детали). При очень низких уровнях эффективности время обработки (для некоторых геометрий) увеличивается, но повышается и срок службы инструмента. SolidCAM планирует разработать алгоритм для автоматического подбора уровня эффективности спирали в зависимости от указанных пользователем приоритетов.

При этом пользователь сможет выбрать одну из трех целевых задач:

- минимизация времени обработки (сжатый график производства либо высокая стоимость обработки при низкой стоимости инструмента);
- максимизация срока службы инструмента (дорогостоящий инструмент либо нехватка запасных инструментов);
- минимизация стоимости (алгоритм автоматически определяет оптимальный баланс между временем обработки и сроком службы инструмента на основании данных о стоимости часа работы и одного инструмента).

Этот переключатель будет доступен, если пользователь задействует функцию автоматического выбора эффективности спирали.



При использовании функции автоматического подбора эффективности новый алгоритм будет вычислять уровень эффективности для каждой конкретной спирали. Поскольку даже для обработки плоской выемки может потребоваться несколько

спиральных траекторий, эффективность каждой из этих спиралей будет выбираться системой независимо от других спиралей, на основании заданных пользователем приоритетов. Однако при работе в ручном режиме выбранный при помощи ползунка уровень эффективности будет использоваться для всех спиральных траекторий, сформированных системой iMachining.

Ползунок Скорость входа

Ползунок Entry rate (Скорость входа) позволяет управлять скоростью, с которой движущийся по спирали инструмент в первый раз входит в материал. Все спирали подходят к материалу из воздуха. В случае сходящейся спирали инструмент подводится с наружной стороны заготовки, а в случае расходящейся спирали – изнутри, из предварительно выполненного отверстия или винтовым движением.



При обработке твердых материалов лучше вводить инструмент постепенно, а не сразу погружать его на глубину начального радиуса, которая определяется шагом отступа для конкретной формы полиморфной спирали.

Figure 3: The red parts of the path show the gradual entry

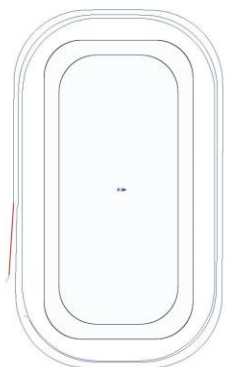


Figure 3A: Entry Rate Level 10

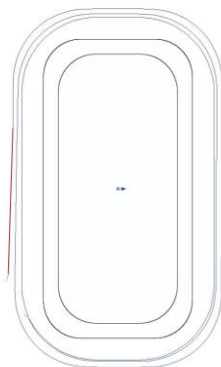


Figure 3B: Entry Rate Level 5

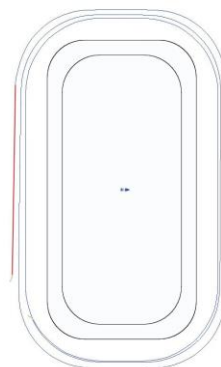


Figure 3C: Entry Rate Level 1

Несмотря на то, что скорость ввода автоматически устанавливается мастером технологии в зависимости от свойств материала заготовки, разработчики системы решили, что в целях обеспечения ее гибкости и удобства пользователей необходимо предоставить последним возможность принудительно задавать это значение. При перемещении ползунка вправо скорость повышается, а при перемещении влево – понижается. Значение, которое отображается справа от ползунка, является относительным и, соответственно, безразмерным.



В случае сомнений измените скорость на 4-5 единиц, выполните расчет и моделирование перехода средствами CAD-системы и оцените эффект от этого изменения.

Уровень ТУРБО

Если работа с системой осуществляется в расширенном режиме, на вкладке Изменение условий резания на странице Мастер технологии появляется дополнительный флажок Турбо - режим.

Если установить этот флажок, все уровни, регулируемые ползунком «Уровень обработки» становятся более агрессивными, что приводит к повышению MRR примерно на 25% по сравнению с обычным режимом.

Это означает, что MRR при уровне 5-турбо будет примерно на 25% выше, чем MRR на уровне 5-норма, и так далее. Эта возможность предусмотрена для пользователей, которым необходимо использовать более высокую MRR, чем на уровне 8-норма.

Однако, поскольку условия резания ограничиваются возможностями станка (например, мастер не может использовать скорость подачи или частоту вращения, превышающие максимально допустимые), не всегда удастся обеспечить требуемое увеличение MRR простым повышением скорости или частоты (например, на уровне 7) на 25%. В таких случаях мастер может изменить другие параметры (например, максимальный угол взаимодействия), которые могут позволить добиться необходимого результата.

По этим причинам не всегда легко понять логику изменений, которые мастер делает на вкладке Cutting conditions (Условия резания). Однако не стоит принимать это во внимание: мастер принимает все возможные меры к тому, чтобы обеспечить результат, наиболее близкий к заявленному, если это возможно на данном станке.

Каналы

Каналы – уникальная особенность iMachining. Они предназначены для разделения выемок сложной формы на отдельные участки. При разделении большая часть выемки может быть очищена от материала полиморфной спиралью, а не трохондальными перемещениями, что позволяет сократить время обработки и увеличить срок службы инструмента.

Каналы представляют собой вырезы постоянной ширины, выполненные небольшими трохондальными движениями по траекториям, сформированным при помощи специальных алгоритмов топологического анализа. Каналы открыты с обоих концов, что обеспечивает свободное прохождение инструмента

Канавки представляют собой каналы особого типа. Они выполняются вокруг возвышений, которые препятствуют обработке при помощи полиморфной спирали или трохоидального перемещения. Благодаря этой уникальной особенности iMachining удастся начать новую полиморфную спираль, двигаясь по которой, инструмент обходит возвышение. Таким образом, канавка отделяет возвышение от остальных подлежащих обработке областей.

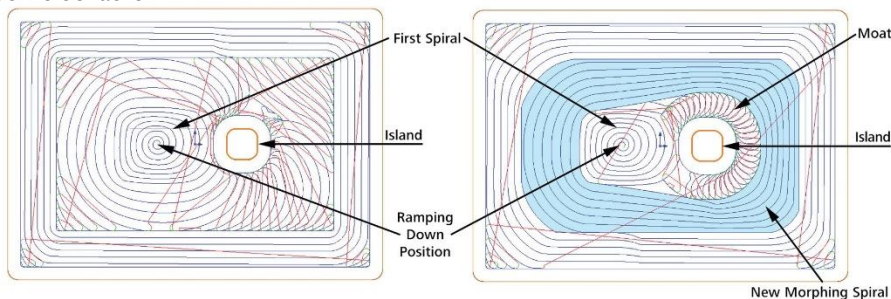


Figure 4A Time: 3:05 (without Moat)
The area around the first spiral and the island has to be cleared by trochoidal tool paths

Figure 4B Time: 2:52 (with Moat)
Cutting the moat enables iMachining to generate a new morphing spiral around the combined area of the first spiral and the island with the moat

Каналы

В дополнение к описанным выше случаям канавки и каналы могут использоваться и тогда, когда использовать обычные спирали затратно.

Рассмотрим несколько примеров

Пример 1

Показанная на рисунке открытая выемка и ширины наименьшего описывающего в длину большей стороны выемки составляет

Даже если соотношение между максимальным сформировать полиморфную спираль, при помощи которой можно обработать всю поверхность выемки (см. рис. 5A ниже), стоимость такой обработки будет очень высока (например, если развиваемая станком максимальная скорость подачи будет недостаточна, чтобы скомпенсировать потерю половину максимального шага отступа на большей части траектории). В подобных случаях система iMachining сначала выполняет в заготовке один или несколько каналов, которые разделяют выемку на две или большее количество более пригодных для обработки участков (рис. 5B). Затем обработке подвергается каждый из этих участков в отдельности. Эти участки могут быть обработаны при максимальной MRR, потери времени имеют место только на выполнение разграничительных каналов.

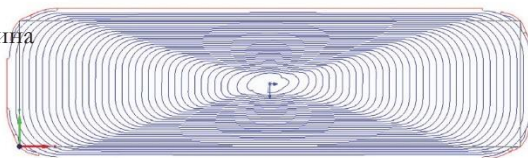


Figure 5A - Time 5:04 and tool wear at this extreme morphing is higher

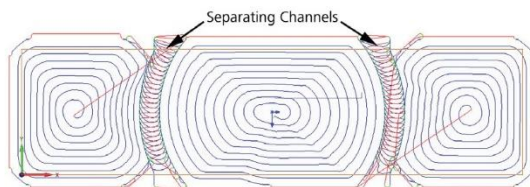


Figure 5B - Time 3:40 and tool wear is lower

Пример 2

Показанная ниже полуоткрытая выемка (рис. 6) не может быть обработана при помощи спирали. Поэтому система iMachining вычисляет время, которое необходимо, чтобы отделить стенку выемки разграничительным каналом, и время, которое потребуется на обработку оставшейся части выемки (которая теперь становится открытой) при помощи одной спирали. Затем сумма этих времен сравнивается с продолжительностью обработки выемки без разграничительного канала при помощи трохондальных перемещений инструмента. Если затраты времени на канал и спираль меньше, чем на традиционную обработку выемки, система принимает решение об использовании канала (рис. 6B)

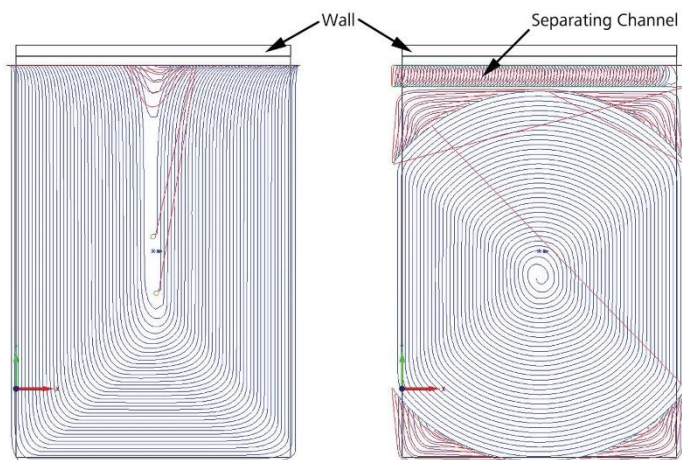
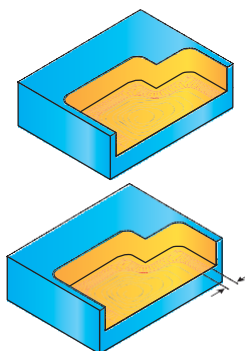


Figure 6A: Time 5:20
No separating channel - Semi open pocket completely cleared by Trochoidal Paths

Figure 6B: Time 4:32
After separating from wall it becomes an open area and is then mostly cleared by spiral paths

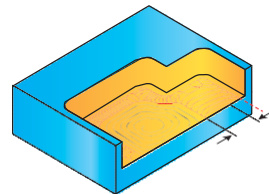
Если установлен флажок Advanced (Расширенный режим) и открыта вкладка Channels (Каналы), можно увидеть несколько полей ввода, предназначенных для управления функционалом, связанным с использованием каналов:

1. Канавки вокруг возвышений) - эта функция используется только при условии выбранного положения переключателя On (вкл).
2. Изменить параметры каналов) - установив этот флажок, можно изменить значения в следующих полях ввода:
 - 2.1. Ширина канала - ширина всех каналов, которые выполняются на данном переходе. Это ширина между центрами (инструмента). По умолчанию она автоматически принимается равной диаметру инструмента, в результате чего физическая ширина канала вдвое превышает этот диаметр.



В большинстве случаев изменять это значение без веских причин не следует. Как говорилось выше, все разграничительные каналы открыты с обоих концов (в противном случае они не будут разграничительными); отсюда следует, что, завершив выполнение канала, инструмент выходит из материала наружу. Увеличение ширины канала свыше диаметра инструмента приводит к удлинению участка, на котором инструмент выходит из материала. Для мягких материалов это не составляет проблемы. Однако при обработке твердых материалов возможна порча инструмента по мере того как перемычка на конце канала становится тоньше.

2.2. Толщина тонкой стенки). Иногда во время обработки выемки система оставляет необработанными (создает) временные тонкие стенки, которые в дальнейшем удаляются. Такие тонкие стенки требуют пристального внимания, поскольку они могут вызывать вибрации, чрезмерный износ инструмента и даже его поломки. Это особенно актуально при работе с твердыми материалами. Каждый раз, когда инструмент вырывается из материала на воздух, образуется переход материала в тонкую стенку, которая затем удаляется.



Пример этого явления приведен выше, в пункте о разграничительных каналах

Пример 3

Еще один пример позволяет выяснить, что происходит, когда система iMachining принимает решение выполнить канавку или канал рядом с воображаемым ребром выемки.

В таких случаях при вырезании канала или канавки остается тонкая стенка, которую в дальнейшем требуется удалить

Figure 7: Maximum Thin Wall Thickness

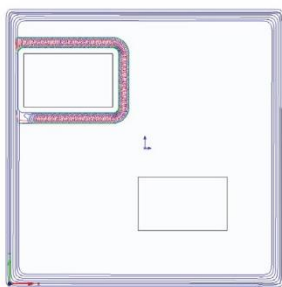


Figure 7A

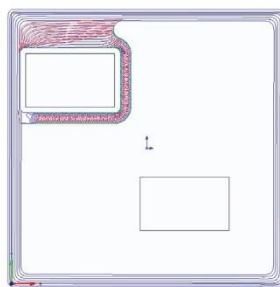


Figure 7B

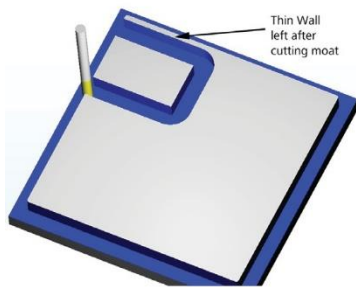


Figure 7C - Thin Wall thickness set to: 2mm



Figure 7D - Thin Wall thickness set to: 4mm

Система iMachining, которая всегда проводит предварительный анализ, выявляет такие случаи и автоматически расширяет канавку в том месте, где может образоваться тонкая стенка. В результате расширения канавки этого не происходит.

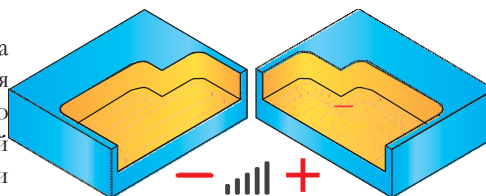
В системе имеется предварительно заданный параметр, который определяет максимальную толщину тонкой стенки, которая считается опасной. Система предотвращает появление стенок этой (и, соответственно, меньшей) толщины за счет локального расширения канавок.



Если имеются основания полагать, что принятое по умолчанию значение этого параметра слишком мало, то есть даже более толстые стенки должны считаться опасными и не должны образовываться, следует увеличить это значение. В любом случае, не рекомендуется делать максимальную толщину тонкой стенки меньше принятого по умолчанию значения.

Управление разделением

Как уже отмечалось выше, система iMachining использует каналы для отделения областей, которые не могут быть полностью обработаны при помощи спиральной траектории, а также для разделения на части областей с большим соотношением сторон в целях повышения эффективности их обработки



Решение о необходимости применения каналов принимается из соображений эффективности обработки. Однако для того чтобы определить, какой вариант наиболее эффективен, система должна быть в состоянии вычислить время обработки для каждого из альтернативных вариантов, а затем сравнить полученные результаты. В настоящее время в системе iMachining нет данных о максимальном ускорении по осям станка. По этой причине на странице Channels (Каналы) имеется специальный ползунок Separate (Разделить), который позволяет пользователю определить предпочтительный порядок работы системы: в большей или меньшей степени использовать разграничительные каналы.

При перемещении ползунка вправо (повышение коэффициента разделения) каналы будут использоваться более часто. Фактически, более высокое значение коэффициента разделения говорит системе о том, что станок может разгоняться быстрее, чем среднестатистический станок, и, следовательно, на обработку канала уйдет меньше времени, чем на среднестатистическом станке. Большинству пользователей перемещать этот ползунок из принятого по умолчанию положения не требуется. Необходимость в его перемещении возникает, если пользователь использует станки, разгоняющиеся очень быстро или очень медленно.

Первым и наиболее важным параметром, определяющим условия резания, является скорость резания (V_c). На основе выбранного значения V_c , при известном диаметре (D) концевой фрезы можно легко найти частоту вращения шпинделя (S): $S = V_c / \pi D$. Вычислив V_c , D и S , необходимо определить толщину стружки, которая ограничена максимальной выходной мощностью шпинделя и качеством, прочностью и жесткостью инструмента.

Обычно производители публикуют для выпускаемых ими инструментов данные о максимальной толщине стружки для материалов разного типа. Определив толщину стружки можно вычислить скорость подачи.

Вопрос: **как определить V_c ?** Как это они удивительно, вопреки распространенному мнению, нет такого понятия, как верная скорость резания для данного материала. По крайней мере, при высокоскоростной фрезерной обработке.

Если имеется высококачественный инструмент с подходящим для данного материала покрытием, очень жесткий станок, крепление и отлично работающая система охлаждения, можно удалять материал при максимальных возможностях станка. Важно лишь чтобы при этом инструмент двигался по касательной траектории, а также испытывал постоянные механические и тепловые нагрузки.

Например, большинство производителей инструментов рекомендуют фрезеровать титан Ti – 6Al – 4V со скоростью 50 – 60 м/мин. При использовании траекторий iMachining хороший жесткий и быстрый станок с подходящим инструментом и эффективным охлаждением позволит обрабатывать этот материал со скоростью до 250 м/мин!

Что это значит? Это значит, что продуманные траектории движения, качественный инструмент, станок и держатель, а также эффективное охлаждение позволяют осуществлять обработку на очень высоких скоростях, значительно превосходящих представления большинства опытных профессионалов в этой области.

Обработка может осуществляться с любой скоростью, но возникают проблемы, связанные с теплом и вибрациями.

Например, в идеальных условиях титан можно фрезеровать с любой скоростью от 50 до 500 м/мин.

С увеличением скорости повышаются вибрации, выделение тепла, требуемая мощность шпинделя. С ростом вибрации увеличивается износ инструмента, вследствие чего он рано или поздно ломается. Выделение повышенного количества тепла вызывает плавление и поломку инструмента. С ростом потребляемой шпинделем мощности рано или поздно будет превышена максимальная развиваемая станком мощность.

Так какова же предельная скорость резания для данного материала?

Для ответа нужно учесть температуру и вибрации. При использовании высококачественного инструмента с подходящим для данного материала покрытием, а также очень эффективной системы охлаждения, можно избежать повышения температуры выше критического уровня даже при скоростях резания, в 5-7 раз превышающих обычно рекомендуемые значения. Поэтому последним фактором, который ограничивает скорость резания (а также толщину стружки и скорость подачи), являются вибрации. Вибрации приводят к ударным нагрузкам на режущую кромку, которая быстро начинает ломаться. Это означает, что для обработки с высокой скоростью важно обеспечить отсутствие вибраций.

Температуру и вибрации труднее ограничить при работе с трудно поддающимися обработке материалами: закаленной и нержавеющей сталью, титаном, сплавами Inconel, Hastaloy, Wespaloy и др. Они по определению оказывают более высокое сопротивление резанию, что вызывает больший прогиб инструмента, который быстро приводит к вибрациям. Повышенное трение и пластическая деформация стружки приводят к выделению большего количества тепла. Кроме того,

при повышенных скоростях, толщине стружки и подачах материалы оказывают еще более высокое сопротивление резанию, то есть выделение тепла и вибрации еще более увеличиваются.

Как исключить появление вибраций?

1. На очень жестком станке (хорошая конструкция, относительно новый и хорошо обслуживаемый станок), при наличии очень жестких держателей заготовки и инструмента, а также при качественной балансировке (центровке) последнего в держателе, беспокоиться не о чем: можно использовать очень высокие скорости (уровень 8-турбо).

2. При невозможности обеспечить перечисленные условия необходимо использовать более низкий уровень обработки, выбор которого определяется состоянием и конфигурацией станка.

Мастер технологии системы iMachining позволяет использовать 16 предопределенных сочетаний условий резания. Каждое из этих сочетаний пригодно для обработки данного материала выбранным инструментом на идеально работающем станке с идеальной конфигурацией.

Эти 16 сочетаний условий резания соответствуют уровням обработки 1-8 в нормальном и турбо - режимах.

Условия резания определяются следующим набором параметров: минимальный и максимальный угол взаимодействия, максимальная скорость подачи, частота вращения, минимальная и максимальная толщина стружки, шаг отступа и др.

Уровень 1-турбо не является следующим после уровня 8-норма. Каждому нормальному уровню обработки (1-8) соответствует турбо-уровень, при выборе которого MRR повышается на 25%.

Поэтому турбо-уровни следует использовать, если необходимо обеспечить более высокую MRR, чем на уровне 8-норма. Если все идеально (станок, инструмент, крепления заготовки и инструмента, охлаждение), можно использовать уровень 8-турбо.

Охлаждение не менее важно, чем правильный выбор уровня обработки. Необходимо всегда обеспечивать идеальное охлаждение. При использовании уровня 8-турбо обработка может осуществляться быстро, но могут возникать проблемы с выделением тепла. Поэтому режим 8-турбо требует дополнительного охлаждения.

Оценка процесса обработки по различным признакам

Хорошая обработка – это обработка без вибраций. Определить вибрации можно по характерному звуку, сопровождающему работу станка (BB).

Если слышны звуки ударов, подобные стуку колес поезда на стыках, обработка идет плохо. Может иметь место перегрев инструмента и заготовки (плохое охлаждение или слишком высокий уровень) либо выкрашивание инструмента. Если из зоны резания вылетают искры красного цвета, стружка слишком сильно накалилась. Это говорит о том, что выбран слишком высокий уровень или не обеспечивается надлежащее охлаждение.

По окончании обработки деталь не должна быть горячей. При правильном выборе скорости резания большая часть тепла должна приниматься стружкой и удаляться вместе с ними из зоны резания. Поэтому при надлежащих условиях резания и эффективном охлаждении деталь после обработки будет относительно холодной.

iMACHINING для микрообработки

При использовании инструментов малого размера мастер технологии формирует траекторию с малыми углами взаимодействия и малой толщиной стружки. Для этого соответствующим образом подбираются условия резания.

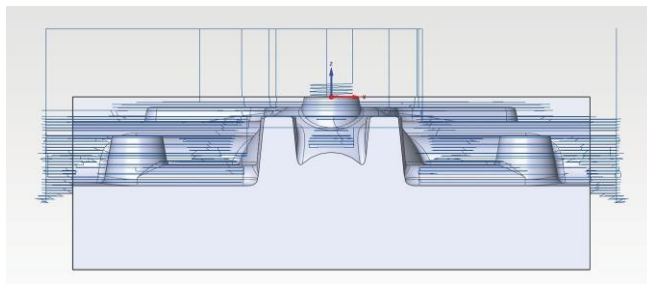
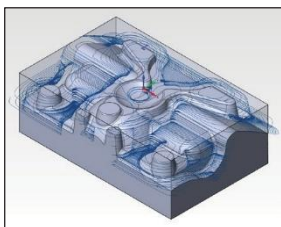
Обычно при микрообработке наиболее важными требованиями являются точность и качество поверхности, а не скорость резания и продолжительность обработки. Поэтому имеет смысл выбрать уровень обработки на 2-3 пункта меньше обычного.

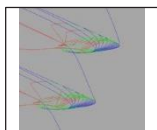
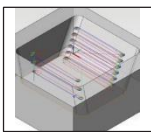
Как сделать iMACHINING 3D еще быстрее?

Правда ли, что модуль iMachining 3D позволяет обрабатывать детали намного быстрее, чем другие системы высокоскоростного трехмерного фрезерования (так же, как это имеет место в отношении модуля iMachining 2D и других аналогичных двухмерных систем)?

Модуль iMachining 3D создает более быстрые программы обработки, чем другие системы высокоскоростного трехмерного фрезерования. Разница в скорости оказывается даже больше, чем преимущество модуля iMachining 2D перед другими аналогичными двухмерными системами. Модуль iMachining 2D создает программы для ЧПУ, способные обработать деталь на 70% быстрее, чем программы, созданные при помощи других систем САМ. Программы, полученные в результате работы с модулем iMachining 3D, работают на 90% быстрее, чем программы, созданные в альтернативных системах.

Причина этого заключается в том, что формируемая модулем iMachining 3D траектория движения инструмента состоит, главным образом, из горизонтальных сегментов, сформированных при помощи алгоритмов модуля iMachining 2D и входящего в его состав мастера технологии. Поэтому созданные модулем iMachining 3D программы выполняют обработку деталей так же быстро, как и программы, созданные модулем iMachining 2D





Кроме того, за счет локальной обработки поверхностей и оптимизации порядка выполнения отдельных выемок, модуль iMachining 3D позволяет практически исключить отвод инструмента от заготовки и длинные перемещения, необходимые для позиционирования последнего. Исключается также и

«фрезерование воздуха», что невозможно при использовании любой другой системы САМ.

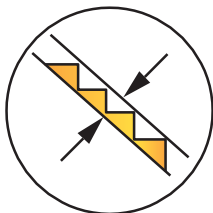
При удалении остаточного материала модуль iMachining 3D оптимизирует шаг снижения в зависимости от уклона конкретной поверхности, что позволяет удалять только минимально необходимое количество материала и получать поверхности с указанной истинной высотой зубцов, не тратя времени на обработку поверхностей, на которых на данном уровне Z нет остаточного материала. Это означает, что, теоретически, модуль iMachining 3D позволяет обрабатывать деталь за практически минимальное возможное время.

Преимущества iMACHINING 3D

В дополнение к вышесказанному, имеет ли модуль iMachining 3D другие преимущества перед альтернативными системами высокоскоростного трехмерного фрезерования?

1. Значительным дополнительным преимуществом модуля является проверенный в реальной работе мастер технологии, который автоматически вычисляет оптимальные условия резания для каждой конкретной траектории движения инструмента. Благодаря этому удается исключить брак, начиная с самой первой попытки обработать деталь, что, в свою очередь, позволяет уменьшить затраты времени на программирование и обработку, инструменты и материалы, исключить напрасные расходы на изготовление пробных деталей и работу над ошибками. При работе с другими САМ-системами такие затраты неизбежны для получения достаточно эффективной траектории движения инструмента.

2. Очень важным дополнительным преимуществом модуля iMachining 3D перед альтернативными системами является возможность минимизировать обработку за счет оптимизации шага снижения в зависимости от уклона поверхностей детали. Благодаря этой возможности система удаляет материал лишь в тех местах, где это необходимо, чтобы добиться выполнения требования в отношении заданной пользователем максимальной высоты зубцов.



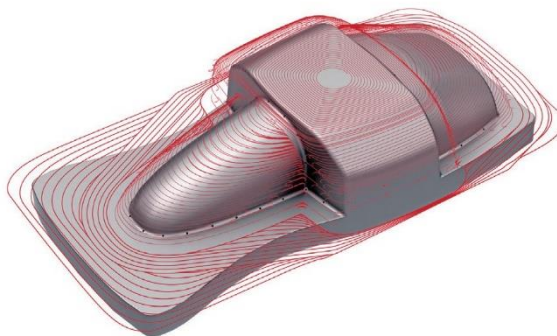
Все остальные системы высокоскоростного трехмерного фрезерования обрабатывают наклонные поверхности, даже если это на самом деле не нужно, поскольку требование в отношении высоты зубцов на

них уже распространяется. Многие системы вообще не позволяют пользователю ограничивать высоту зубцов: можно задать только постоянный шаг снижения.

Данная уникальная особенность модуля iMachining 3D позволяет:

- уменьшить суммарную длину траектории движения инструмента на каждом уровне, благодаря чему снижается износ инструмента и станка, сокращается время обработки.
- оставить на наклонных поверхностях намного более равномерный слой материала, в результате чего последующая чистовая обработка (для выполнения которой используется модуль HSM) может быть выполнена быстрее и при более постоянных нагрузках на инструмент, что также положительно сказывается на времени обработки, износе инструмента и станка.

3. При ступенчатом удалении остаточного материала глубина реза в осевом направлении уменьшается от слоя к слою по мере перехода от более низких слоев к более высоким. Благодаря функциональности мастера технологии модуль iMachining увеличивает скорость подачи инструмента и угол взаимодействия, причем при переходе на каждый последующий уровень эти параметры изменяются ровно настолько, насколько это необходимо для обеспечения постоянства нагрузки на инструмент. Благодаря этому удастся сократить время обработки на каждом отдельном уровне (по сравнению с системами, не регулирующими скорость подачи и угол взаимодействия).



Частые ошибки, сокращающие срок службы инструмента

Модуль iMachining генерирует полные (включая все необходимые условия резания) программы для станков с ЧПУ, которые гарантируют безопасную и быструю обработку детали на выбранном станке. При этом под термином «безопасная обработка» понимается успешное изготовление детали с самого первого раза, а также увеличение срока службы инструмента по сравнению с тем, какой обеспечивают традиционные технологии обработки. Почему же тогда время от времени имеют место поломки и преждевременный износ инструмента?

Причина этого заключается в несоответствии введенных пользователем исходных данных реальным условиям обработки. Ниже описано несколько таких несоответствий.

1. Размеры или расположение заготовки не соответствуют тем, что указаны в параметрах проекта обработки

Практический пример: такой случай имел место у одного достаточно опытного пользователя системы Siemens NX, который по ошибке использовал модель заготовки, которая сохранилась со времени изготовления предыдущей партии деталей. Однако предыдущая партия изготавливалась из заготовок более крупного размера, чем те, что фактически использовались для производства новой партии.

Результат: инструмент сломался во время позиционирования на высокой скорости, поскольку наткнулся на материал в том месте, где, согласно модели заготовки, должно было быть пустое место.

2. В ячейку инструментального магазина станка установлен не тот инструмент. Эта ситуация знакома многим пользователям.

-
3. Заготовка изготовлена из материала, отличного от выбранного из таблицы материалов. Схожая причина: неправильные данные о пределе прочности материала (UTS) в таблице материалов)

Практический пример: этот случай произошел с одним из потенциальных пользователей системы, который попросил продемонстрировать ее возможности на практике. Планировалось изготовить деталь из титана. Все было сделано правильно, но после двух минут обработки инструмент раскалился докрасна и сломался.

Расследование показало, что в качестве материала заготовки был выбран «титан», то есть чистый титан, предел прочности которого составляет 220 МПа. Фактически заготовка была изготовлена из широко распространенного аэрокосмического сплава Ti – 6Al – 4V, который имеет предел прочности 1170 МПа. Более подробно этот случай рассмотрен в разделе, посвященном свойствам материала заготовки

4. Выбран уровень обработки, не соответствующий фактическому состоянию станка, жесткости крепления заготовки и TIR инструмента (более подробные сведения приведены в разделе, посвященном ползунку Machining Level – Уровень обработки).

Практический пример: На территории заказчика выполнялась пробная обработка детали из сплава Ti – 6Al – 4V. Станок находился в плохом состоянии, поэтому принятый по умолчанию уровень обработки был выбран равным 5. Значение TIR составило 0,02 мм, что оказалось слишком велико для предложенной мастером технологии толщины стружки 0,06, тогда как крепление заготовки представлялось достаточно жестким. Поэтому уровень обработки был изменен на 4. Обработка начиналась со спирального ввода инструмента в материал внутри закрытой выемки, приблизительно в середине заготовки, на глубину 24 мм. Использовалась качественная концевая фреза диаметром 16 мм, с наконечником из карбида и 4 стружечными канавками. После ввода в материал инструмент начал движение по расходящейся спирали. Судя по внешнему виду и звуку, сначала все шло благополучно. Однако по мере расширения спирали звук становился все хуже и хуже.

Обработка была незамедлительно прекращена. Имела место значительная вибрация, и продолжение обработки привело бы к полному износу инструмента после изготовления одной детали. Более подробный анализ выявил существенные проблемы с креплением заготовки. Деталь крепилась болтами к толстой пластине, которая была зажата между старой съемной горизонтальной четвертой осью, закрепленной на столе, и центром, установленным в задней бабке. Очевидно, что редуктор четвертой оси был немного изношен и имел небольшой люфт. Когда обработка выполнялась вблизи центра детали, непосредственно рядом с четвертой осью, крепление было достаточно жестким. Но по мере того как инструмент отдалялся от центра детали, редуктор смещался в пределах люфта под действием усилия резания, в результате чего возникала сильная вибрация.

Уровень обработки был уменьшен до 2, после чего обработка продолжилась. На этот раз видимые вибрации отсутствовали, и инструмент позволил обработать оставшиеся 8 деталей.

5. Условия резания, предложенные мастером технологии, были заменены на ошибочные или слишком оптимистичные значения, а сам мастер – отключен

Если все элементы, определяющие условия резания (станок, держатель заготовки, инструмент и его держатель), находятся в хорошем состоянии (жесткие, острые, сбалансированные и отцентрованные), можно выбрать для работы уровень обработки 8-турбо.

В некоторых случаях опытный пользователь может пойти еще дальше, еще сильнее увеличив скорость подачи, скорость резания, толщину стружки или сразу все эти параметры. Например, это оправдано, если используется инструмент особой конструкции, специально рассчитанный на более толстую стружку или повышенную скорость резания. Кроме того, пользователь может на основании своего опыта знать, что данный материал на данном станке можно резать быстрее.

В любом случае настоятельно рекомендуется изменять условия резания только при включенном мастере технологии. Если указанные пользователем значения не приводят к превышению максимально допустимых для данного станка значений мощности, скорости подачи или частоты вращения, мастер технологии примет эти значения во внимание. Это наиболее безопасно и помогает предотвратить ошибки, которые могут возникнуть при выключенном мастере, когда система не может контролировать действия пользователя.

6. Проблемы с охлаждением.

Эффективное охлаждение критически важно для iMachining, так же, как и для других систем высокоскоростной фрезерной обработки. Без охлаждения температура инструмента неуправляемым образом повышается, в результате чего он быстро ломается.

Все труднообрабатываемые металлы (титановые и никелевые сплавы, нержавеющая сталь и др.) необходимо охлаждать подходящей для этого эмульсией, подача которой должна осуществляться с высоким давлением и расходом. Охладитель необходимо направлять на режущую часть инструмента под небольшим углом и как минимум с трех сторон (в идеале - с четырех). Это позволит предотвратить блокировку потока охладителя геометрией частично обработанной детали. Применение охлаждающих эмульсий позволяет повысить интенсивность удаления материала (MRR). Другие материалы (даже закаленные стали для литейных форм) следует охлаждать воздухом, подача которого должна осуществляться с высоким давлением и расходом. Направление воздушных потоков должно соответствовать тем же требованиям, какие предъявляются к эмульсиям. Воздушное охлаждение позволяет увеличить MRR. Воздушный охладитель на основе трубки Вентури стоимостью менее 500 долларов и стандартный цеховой источник сжатого воздуха (давление 6 атмосфер) обеспечивают снижение температуры примерно на 20 °C, что позволяет повысить MRR на 20% и более.
