

Мы продолжаем серию публикаций о производственных компаниях, которые смогли добиться успеха и признания в разных секторах промышленности благодаря личным качествам своих владельцев/руководителей, ориентации на использование современных станков с ЧПУ, инновационного режущего инструмента и CAD/CAM-системы Mastercam со встроенной поддержкой технологией Динамической обработки. На сей раз речь идет об исключительной роли Mastercam в производстве прототипов высококачественных велосипедов и их компонентов в экспериментальном цехе американской компании *Specialized Bicycle Components, Inc.* Обращает на себя внимание, что её сотрудники заинтересованно воспринимают, целеустремленно осваивают и рационально применяют не только базовый функционал системы, но и все нововведения, направленные на повышение производительности труда технологов-программистов и эффективности станочной обработки.

Надеемся, что и в наших широтах владельцам небольших мастерских и руководителям больших цехов, оснащенных станками с ЧПУ, равно как и их техническому персоналу, будет небезынтересно узнать, какими способами решают похожие производственные проблемы их американские коллеги.

Роль *Mastercam* в производстве качественных велосипедов

©2021 CNC Software, Inc.

Американская компания *Specialized Bicycle Components, Inc.* (www.specialized.com) разрабатывает и производит высококачественные шоссейные, горные и универсальные велосипеды, а также их компоненты, для множества клиентов по всему миру. Компанию основал в 1974 году энтузиаст велоспорта *Mike Sinyard*, и она стала настоящим первопроходцем в своей отрасли – первый серийный горный велосипед был разработан и произведен в 1981 году. С тех пор поток инноваций не иссякает.

Daniel Lister руководит экспериментальным цехом отдела исследований и разработок (R&D) на площадке в городе Морган Хилл (шт. Калифорния), где он и его целеустремленная команда занимаются созданием прототипов. Проекты



Andrew Schiffer
программирует
обработку звена
подвески велосипеда
Stumpjumper

отдела весьма разнообразны: от форм для углеродного волокна до высококачественных компонентов дорожных и горных велосипедов, таких как амортизационные подвески, ступицы, моторы и пр. Отдел работает в тесном сотрудничестве с командой конструкторов, что необходимо для создания тестируемых прототипов в сжатые сроки. Чтобы быстрее воплощать инновации “в железе”, инженеры полагаются на функционал CAD/CAM-системы *Mastercam* (разработчик – компания *CNC Software*, Толланд, шт. Коннектикут, www.mastercam.com) и расширенные возможности современных станков с ЧПУ для механической и электроэрозионной обработки.

“Мы делаем полное прототипирование буквально для каждого велосипеда, который проходит через конструкторское подразделение”, – поясняет г-н *Lister*. – “Это может быть новый шоссейный велосипед, который потенциально может послужить кому-то из наших гонщиков на Тур де Франс, или горный велосипед для одного из спортсменов на трассе скоростного спуска Кубка мира”.

Команда из семи сотрудников (включая трех человек, которые с помощью *Mastercam* занимаются программированием обработки на станках с ЧПУ) создает действующие, пригодные для эксплуатации прототипы, используя самые разные материалы – в том числе алюминий, сталь, титан и экзотические сплавы. Вся оснастка для выкладки рам и колес из углеродного волокна, включая формы, изготавливается на месте. В цехе часто производятся



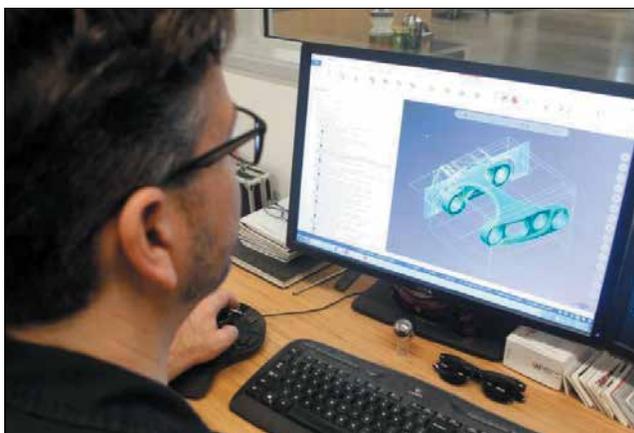
Слева направо: *Ford Murphy, Daniel Lister, Bradford Craig, Andy Schiffer*



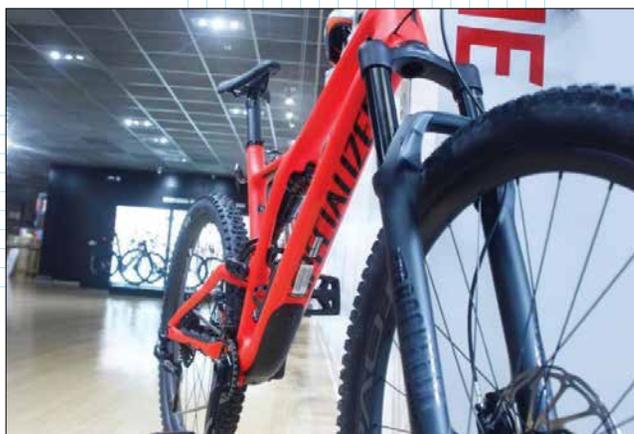
Велосипед S-Works Amira, на котором Gwen Jorgensen выиграла соревнование по триатлону среди женщин на Олимпиаде в Рио в 2016 году

формы для колес линейки *Roval* и для рам дорожных и горных велосипедов.

“Мы используем *Mastercam* для изготовления прототипа практически любой детали в рамках установленного на предприятии цикла



Стратегия динамического фрезерования Dynamic OptiRough обеспечивает эффективную черновую обработку отверстий под подшипники и боковых поверхностей звена подвески

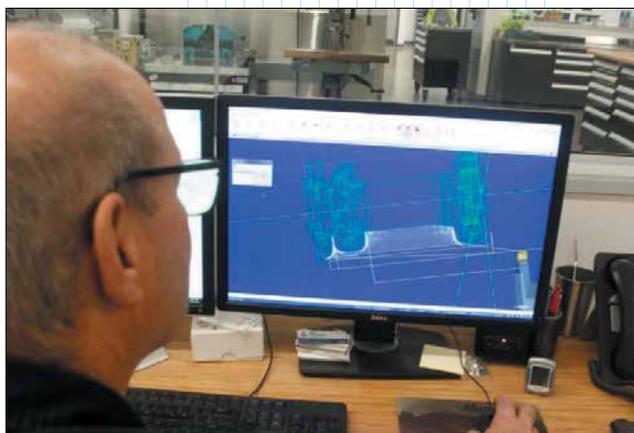


Горный велосипед Stumpjumper Expert 2019

проектирования. Так что мы можем работать над проектами, которые появятся на рынке в ближайшие три месяца, и теми, которые запланированы к производству в ближайшие три-пять лет”, – говорит г-н *Lister*.

Когда в 2013 году *Daniel Lister* присоединился к команде *Specialized Bicycle Components*, в отведенном R&D-группе цехе имелся только один фрезерный станок с ЧПУ, несколько обычных станков и одно место *Mastercam*. Затем, в течение трех следующих лет, добавились три станка с ЧПУ и еще два рабочих места *Mastercam*. Ну а за пять последних лет группа исследований и разработок переехала в новое помещение площадью 790 квадратных метров и получила в свое распоряжение токарные, фрезерные и электроэрозионные станки с ЧПУ, а также множество специально оборудованных мест для сварки, шлифования и сборки.

“Возможности *Mastercam* мы используем достаточно полно. Это самая универсальная



Высокоскоростная траектория грубого точения Dynamic Rough используется для черновой обработки внешней формы ступицы колеса горного велосипеда с помощью инструмента Kennametal

CAD/CAM-система из всех, что я видел”, – говорит г-н Lister. – “Что касается CAD-функционала для проектирования, мы импортируем CAD-модель детали, проверяем все конструктивные элементы, при необходимости “лечим” и редактируем их, а также подбираем инструментальную оснастку, которую собираемся применять. Затем настает черед CAM – мы создаем траектории и верифицируем их, прежде чем устанавливать заготовку на станок”.

Гибкий и мощный функционал твердотельного моделирования, который предлагает модуль *Mastercam Design* (входит в состав модуля *Mastercam Design*), освобождает инженеров-конструкторов от несвойственной им работы по подготовке моделей к задачам обработки. Система позволяет импортировать CAD-модели, добавлять и убирать конструктивные элементы, после чего программировать обработку – всё это в рамках одного удобного пользовательского интерфейса *Mastercam*. Привлекать для этого проектировщиков и просить их менять туда и обратно исходную

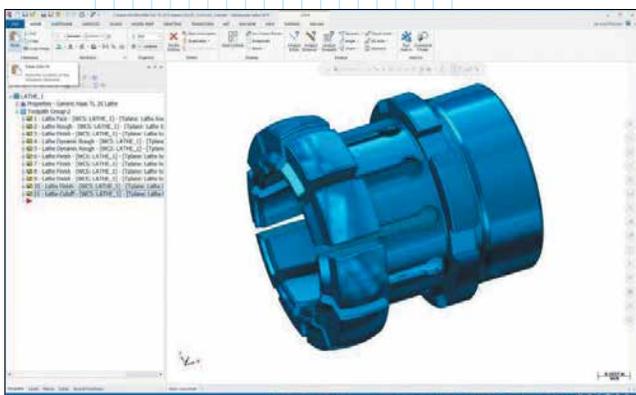


Andrew Schiffer готовит компактный станок Haas Super Mini Mill 2 для производства прототипов компонентов горного велосипеда Pedal Assist

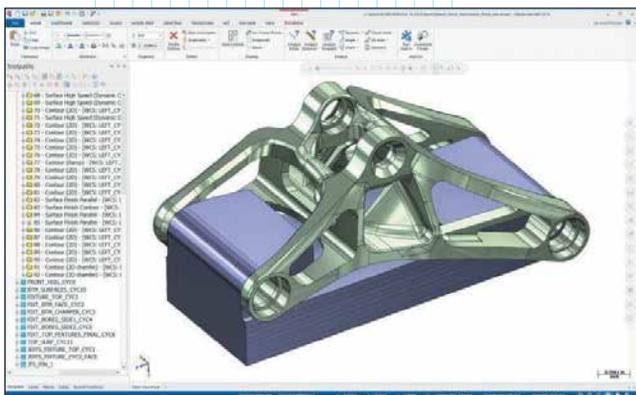
3D-модель для решения локальных задач обработки – это неэффективный подход. Следует отметить, что *Mastercam* позволяет пользователям гибко комбинировать методы каркасного, твердотельного и поверхностного моделирования. Например, элементы поверхности или каркасной конструкции могут быть добавлены к твердому телу, равно как и твердотельные компоненты можно присоединить к сложной поверхностной модели.

“Мы можем перенести проект в среду *Mastercam* и использовать CAD-функционал этого пакета для корректировки каркаса и изменения геометрии, а можем использовать твердотельные функции для создания [по этой модели] новых крепежных приспособлений. За счет возможности изменения геометрии и подстройки модели “на лету” под наши текущие задачи мы экономим кучу времени”, – говорит г-н Lister.

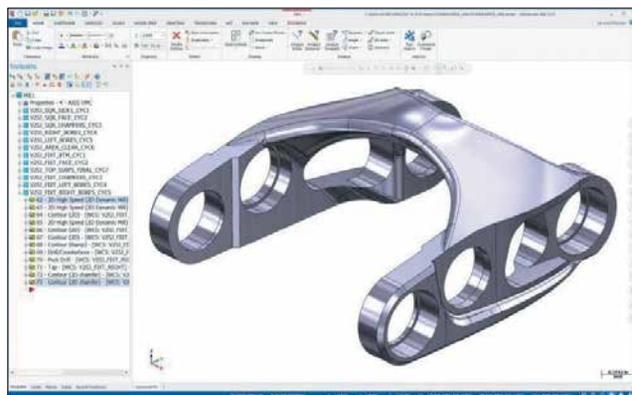
Таким образом, как полагает г-н Lister, гибкие возможности системы *Mastercam*



Средствами Mastercam Lathe 2021 были сгенерированы высокоскоростные динамические траектории для токарной обработки этой детали



Динамические траектории OptiRough обеспечивают высокоскоростную черновую обработку звена амортизатора для велосипеда Demo 8



С помощью Mastercam 2021 Mill были сформированы высокоскоростные траектории фрезерной обработки детали подвески для велосипеда Stumpjumper



Специализированные педали и рама велосипеда S-Works
(фотографии с сайта www.specialized.com)



Деталь задней подвески велосипеда
Stumpjumper на разных стадиях изготовления

повышают эффективность всего рабочего процесса. Мощный функционал работы с твердыми телами включает рациональные и удобные в применении команды вращения (*Revolve*), вытягивания контура (*Extrude*), протягивания по направляющим кривым (*Sweep*) и др.; кроме того, максимальный потенциал проектирования достигается за счет использования листовых твердых тел. По его мнению, свобода творчества, которую предоставляет *Mastercam Solids*, является серьезным преимуществом при создании прототипов.

“Скорость, с которой я могу подготовить или модифицировать деталь для программирования обработки, а также спроектировать оснастку, действительно делает эту мощную систему незаменимым для нас средством прототипирования. При сотрудничестве с инженерами-конструкторами мы используем полную симуляцию обработки, чтобы увидеть отклонения результата от исходных CAD-моделей. Практически каждый аспект функциональности системы помогает нам в решении наших задач”, – подчеркивает *Daniel Lister*.

Одной из самых сложных деталей, созданных командой разработчиков прототипов, был небольшой тонкостенный компонент, для изготовления которого требовались 3- и 4-осевые операции обработки; толщина стенок составляла порядка 1 мм. Используя возможности *Mastercam Solids*, г-н *Lister* создал ряд приспособлений, с помощью которых и осуществлялась первая стадия обработки. Затем деталь опускалась в крепежное приспособление и заполнялась воском. Такой подход позволил выполнить вторую и третью операции обработки,

когда единственным, что удерживало деталь на месте, был воск. Для обработки сложных внутренних поверхностей г-н Lister сформировал 3- и 4-осевые траектории. Готовая деталь имела толщину стенок 0.040 дюйма (1.02 мм) и вписывалась в объем 57 см³.

“Я смог создать и собрать в *Mastercam* приспособление для крепления обрабатываемой заготовки на столе станка в толще застывшего воска, а также визуализировать обработку при помощи *Mastercam Verify*”, – поясняет он. – “Мы могли видеть, как деталь плавает в воске. Я растопил воск, вычерпал его, и мы получили красивые тонкостенные детали без следов вибрации. Их было легко закрепить. Для нас это был выдающийся проект – он получил большое признание”.

Verify – это функция САМ-системы, которая позволяет предотвратить столкновения инструмента с заготовкой и оснасткой. Кроме того, с её помощью технологи-программисты могут заранее проверять поверхности на предмет появления зазубрин и визуализировать, как будет выглядеть готовая деталь после того, как инструмент снимет с заготовки всё лишнее. Симуляция обработки дает возможность выявить и решить проблемы до того, как начнется реальная работа в цехе. Важно, что верификация может выполняться как отдельный рабочий процесс, когда пользователь занимается программированием обработки, что экономит драгоценное время.

“Если не использовать *Verify*, легко попасть в неприятности. Мы верифицируем обработку для каждой детали”, – говорит г-н Lister.

Еще одна часть функционала *Mastersam*, оказавшая серьезное влияние на процесс механообработки в компании *Specialized Bicycle Components*, носит название **Динамические траектории** (*Dynamic Motion*). При производстве новых форм для выкладки углеродного волокна высокоскоростные траектории *Dynamic Motion* от предыдущих форм используются в качестве шаблонов для черновой обработки полостей новой формы.

Технология *Динамической обработки* была рождена в тесном взаимодействии разработчиков *Mastercam* с производителями режущего инструмента и станков с ЧПУ, устремленных в будущее.

“Это можно сделать только с помощью *Динамических траекторий*”, – поясняет г-н Lister. – “Мы производим черновую обработку (полости) матриц, выполняем циклы полустивовой и полной стивовой обработки с помощью шаровых и концевых фрез; это шаблонные операции, в параметрах которых, в списке обрабатываемой геометрии, можно поменять одни вставки и слайдеры на другие, а затем пересчитать траектории”.

Динамические траектории Mastercam реализуют захватывающий новый подход к созданию траекторий совсем другого уровня эффективности.



Daniel Lister устанавливает приспособление на вертикальном обрабатывающем центре *Haas VM3* с ЧПУ



Bradford Craig и *Daniel Lister* готовятся обработать ступицу велосипедного колеса на токарном станке *Haas TL1 Toolroom*



Лаборатория инноваций компании *Specialized Bicycle Components*



Звено подвески велосипеда для скоростного спуска S-Works Demo 8



Заполняемая воском крепежная арматура тонкостенных деталей



Детали амортизированной стойки седла горного велосипеда

Обработка этих деталей отличается особенной сложностью, потому что вставки и слайдеры должны идеально согласовываться с элементами поверхности половин формы. Четырехосевая обработка позволяет получить коническую поверхность, а завершающие операции, будь то полировка или ручная доработка, сведены к минимуму. Естественно, команда использует возможности *Verify*, чтобы точно увидеть, что в итоге выдаст станок.

Как отмечает *Daniel Lister*, применение высокоскоростных стратегий динамического фрезерования – самое большое изменение в технологическом процессе создания прототипов в компании за последние пять лет. Начав их использовать, компания заметно повысила эффективность обработки. Стратегии *Dynamic Motion* задействуют режущий инструмент по всей длине его рабочей части и обеспечивают постоянную толщину снимаемой стружки. Количество холостых

Чтобы обеспечить максимально эффективное, и при этом плавное, перемещение инструмента во время резания, алгоритм *Динамических траекторий Mastercam* должен рассчитывать гораздо больше, чем просто путь как таковой.

Динамические траектории Mastercam могут уменьшить время обработки на 25÷75%, а в ряде случаев черновой обработки – на 100÷300%.

лет. Начав их использовать, компания заметно повысила эффективность обработки.

Динамические траектории Mastercam обеспечивают равномерный съём материала, что уменьшает вибрацию и улучшает отвод тепла от детали и инструмента вместе со стружкой.

перемещений значительно сокращается, а срок службы инструмента увеличивается. Благодаря уменьшению вибраций, уменьшается износ станка.

Кроме того, *CAD/CAM*-система *Mastercam* способствует эффективной коллективной работе сотрудников *Specialized Bicycle Components*. Например, наиболее опытный специалист создаёт шаблоны обработки, которые потом можно применять при подготовке обработки новых деталей. Технологи-программисты могут доводить траектории инструмента, создавать новую геометрию и видеть, как предыдущий специалист устанавливал деталь и настраивал параметры обработки. Команда с помощью шаблонов и процессов обработки помогает экономить время. По словам г-на *Lister*, если система обеспечивает такие возможности как заимствование опыта, сохранение и наследование настроек при программировании обработки, то такая система – это солидное вложение.



Bradford Craig проверяет правильность установки инструмента для обработки ступицы колеса на токарном станке TL1



Обрабатывается ступица велосипедного колеса



Ступица колеса на фоне чертежей



Daniel Lister с формой для изготовления колёс линейки Royal из углепластика

“Мне нравится, что я могу сказать своим ребятам: “Подготовьте эту траекторию инструмента со значениями по умолчанию таким образом, чтобы и в следующий раз, когда вы будете её использовать, станок отработал бы именно так, как вы ожидаете”. Универсальность и скорость, с которой мы можем выпускать наши прототипы – вот что нас радует при использовании системы *Mastercam*”, – говорит г-н *Lister*.

Если сотрудники *Specialized Bicycle Components* сталкиваются с трудностями во время цикла обработки, они обращаются за советом к местному реселлеру *Mastercam* – компании *Sierra Cad/Cam, Inc.* (*Browns Valley*, шт. Калифорния).

Daniel Lister уверен, что всегда может положиться на помощь реселлера: “Проблема может

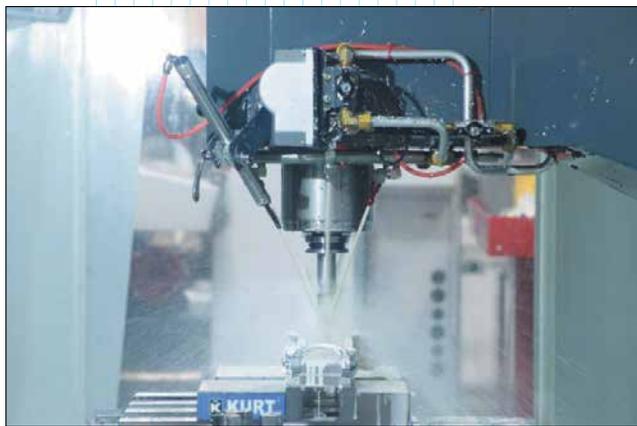


Bradford Craig демонстрирует готовую ступицу колеса

Динамические траектории Mastercam облегчают обработку твердых материалов.

быть серьезной или же это просто мелкая ошибка, либо настройка, которую необходимо изменить. В любом случае специалисты компании-реселлера – *Jack Tiffany* или *Dan McGourty* – подскажут, что мы упустили из виду и каков наилучший способ сделать это”.

Заложенные в *Mastercam* стратегии формирования траекторий обеспечивают возможность эффективной обработки большими радиусами режущей зоны инструментов малого диаметра.



Чистовая обработка нижней поверхности рычажного механизма подвески велосипеда Stumpjumper на вертикальном станке Haas VM3

Новых сотрудников компании всегда направляют в штаб-квартиру *Sierra Cad/Cam*, чтобы научить работать с системой *Mastercam*. Более того, *Daniel Lister* надеется вскоре отправить всю свою команду в *Browns Valley* для дополнительного обучения, чтобы все технологи-программисты освоили продвинутые функции системы.

Поскольку компания *Specialized Bicycle Components* намерена и впредь прокладывать дорогу в качестве пионера велосипедной индустрии, её команда исследователей будет всё в большей степени полагаться на *CAD/CAM*-систему *Mastercam*, чтобы быстрее воплощать свои новейшие разработки в готовых продуктах. Благодаря таким преимуществам *Mastercam*, как развитый *CAD*-инструментарий, наличие средств симуляции и верификации, а также производительные высокоскоростные Динамические траектории, путь к производству будет гладким. 🙄