

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ «КРОНШТЕЙН» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВОЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПРОЕКТИРОВАНИЯ, РАСЧЕТОВ, ИСПЫТАНИЙ, ПРОИЗВОДСТВА

М. Н. Копченов, В. А. Кручинин, И. А. Одзерихо

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В конструкторско-технологической подготовке производства выделяется несколько направлений: проектирование и конструирование, управление и изменение, управление электронным архивом, управление процессами. Эти задачи успешно решаются с помощью комплекса решений для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства в машиностроении – Комплекса решений АСКОН.

В данной работе представлен процесс внедрения «сквозного проектирования» на примере изготовления детали Кронштейн, начиная с этапа проектирования и завершая сдачей готовой продукции.

1. Сквозная технология 3D-проектирования, расчетов, испытаний и производства

Сквозная технология 3D-проектирования, расчетов, испытаний и производства, реализуемая в настоящее время в РФЯЦ-ВНИИЭФ, включает в себя объединение модулей конструкторских и технологических разработок в единое пространство, позволяющее повысить эффективность системы управления предприятием и сократить сроки проектирования и производства изделий.

Сквозная технология используется для:

- 1) управления структурой изделия;
- 2) согласования КД и проверки электронных моделей деталей или сборочных единиц;
- 3) передачи КД и электронных моделей деталей или сборочных единиц на завод ВНИИЭФ;
- 4) проведения технологической подготовки производства, включая разработку управляющих программ для станков с ЧПУ;
- 5) отработки конструкции и технологии изготовления деталей или сборочных единиц;
- 6) изготовления, контроля качества и сдачи готовой продукции.

2. Конструкторская часть

Процесс «сквозной» технологии 3D-проектирования, расчетов, испытаний и производства мы рассмотрим на примере изготовления детали Кронштейн.

На этапе конструкторской подготовки производства в «ЛОЦМАН:PLM» определяется состав разрабатываемого изделия в виде перечня основных

узлов. При использовании «ЛОЦМАН WorkFlow» автоматизируются ключевые процессы и этапы выполнения подготовки производства.

В САД-системе создаются 3D-модели деталей, сборочных единиц и комплекты конструкторской документации. В итоге в «ЛОЦМАН:PLM» формируется окончательный состав изделия, включающий чертежи и спецификации.

2.1. Этап проектирования

Проектирование Кронштейна начинается с задачи технического задания руководителем. В своих заданиях прописываются исходные данные для разработки, сроки выполнения и исполнители.

В базе данных «ЛОЦМАН:PLM» создается дерево проекта. Оно включает в себя 3D модель детали, чертеж, а так же название и характеристики материала (рис. 1).

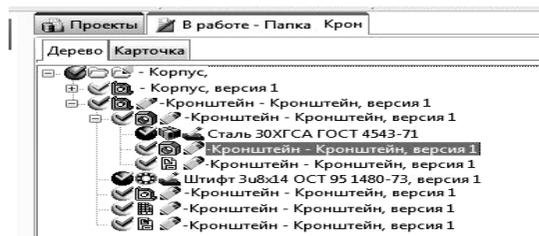


Рис. 1. Представление Кронштейна в дереве проекта

Далее, с помощью программы «ЛОЦМАН WorkFlow Дизайнер бизнес-процессов» создается бизнес-процесс. Схема бизнес-процесса формируется из компонентов. Компонентами являются:

- участники процесса;
- операции, предусматривающие выполнение ряда действий без участия пользователей;
- условия перехода, определяющие пути прохождения потока заданий в зависимости от обстоятельств;
- связи, которые определяют порядок выполнения работ по бизнес-процессу.

После запуска бизнес-процесса деталь автоматически отправляется на согласование участникам бизнес-процесса.

2.2. Конструкция детали Кронштейн

Для размещения составных частей систем автоматизации в ограниченном пространстве был разработан

кронштейн. В процессе проектирования было проработано несколько вариантов конструкции, учитывающие возникающие нагрузки при полете, технологичность изготовления, возможности производства, а так же выполнение условий размещения составных частей.

Конструкция детали имеет специальную форму. Такая форма обеспечивает оптимальное размещение составных частей систем автоматики в условиях плотной компоновки изделия.

Кронштейн имеет сквозные пазы, часть из которых служит для оптимизации массово-габаритных характеристики оптимизации монтажа составных частей систем автоматики, а часть служит для вывода элементов системы жгутов.

В связи с плотной компоновкой систем автоматики в изделии, а так же для оптимизации центр массы изделия встал вопрос повышения жесткости конструкции.

Для повышения жесткости в конструкцию детали введены боковые ребра жесткости и ребра жесткости в основании.

Материалом была выбрана сталь 30ХГСАГОСТ 4543-71, параметры закалки НВ 282...354.

Для проведения проверки на прочность модель была передана в отдел прочности, стойкости, программно-методического обеспечения механических испытаний в соответствии со «Схемой» бизнес-процесса.

3. Расчетная часть

Конструкторская модель кронштейна переходит на этап «Согласование» инженеру-исследователю, который выполняет необходимые расчеты.

Нагрузками для кронштейна являются линейные траекторные перегрузки и перегрузки от воздействия воздушной ударной волны (ВУВ). Расчетным случаем является воздействие максимальных перегрузок от ВУВ.

Основными критериями при расчете на прочность кронштейна являются запас прочности по временному сопротивлению материала кронштейна ($\eta \geq 1,2$) и не превышение максимальной расчетной пластической деформации допустимых значений ($\epsilon \leq 2\%$).

Расчет исходного варианта кронштейна выявил его недостаточную прочность, поэтому конструкция кронштейна подверглась конструктивным доработкам, таким образом, было рассчитано несколько вариантов конструкции. На рис. 2 представлены первоначальная и итоговая конфигурации кронштейна.

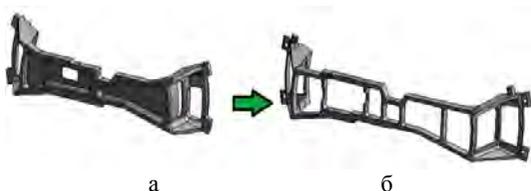


Рис. 2. Кронштейн: а – первоначальная конфигурация, б – итоговая конфигурация

После итерационной серии расчетов был определен оптимальный с точки зрения прочности вариант кронштейна, выбран соответствующий материал и проведен окончательный расчет.

На рис. 3 представлена расчетная конечно-элементная модель Кронштейна. Размерность модели не превышает 250 тыс. элементов.

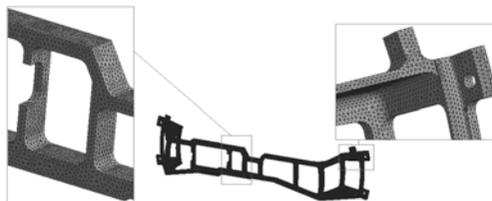


Рис. 3. Расчетная конечно-элементная модель Кронштейна

На рис. 4 представлен Кронштейн с наложенными граничными условиями и направлением нагружения. Граничные условия соответствуют расположению и закреплению Кронштейна в изделии.

Действующая нагрузка задается инерционным полем сил.

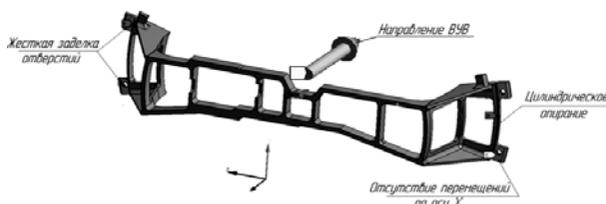


Рис. 4. Схема нагружения и закрепления Кронштейна

На рис. 5 представлено расчетное распределение внутренних напряжений от нагрузки в окончательном варианте Кронштейна. На рис. 6 показано поле расчетных пластических деформаций в окончательном варианте Кронштейна.



Рис. 5. Расчетное распределение внутренних напряжений от нагрузки

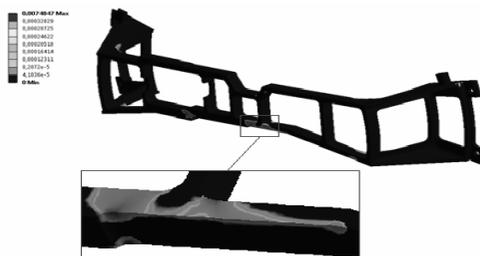


Рис. 6. Расчетные пластические деформации от нагрузки

Анализ результатов расчетов показал, что максимальные эквивалентные напряжения не превышают величины 675 МПа, коэффициент безопасности составляет $\eta = 1,3$, а максимальные расчетные пластические деформации реализуются в локальных зонах Кронштейна и не превышают величины 1 %.

Таким образом, прочность оптимальной конструкции Кронштейна в худшем расчетном случае по принятым критериям обеспечена.

Когда модель согласована с инженером-исследователем на соответствие всем параметрам, электронная модель (3D, 2D) поступает на «Согласование» с инженерами-технологами завода ВНИИЭФ.

4. Технологическая подготовка производства

Технологическая подготовка производства (ТПП) состоит из следующих этапов:

- передача и согласование конструктивных моделей;
- разработка технологического процесса (ТП);
- обработка и создание управляющей программы (УП) в системе «ГеММа-3D»;
- согласование и утверждение;
- изготовление детали на станке с ЧПУ;
- обмер полученной детали и сравнение ее с конструктивной моделью;
- сдача детали на сборку.

Передача и согласование конструктивных моделей

Конструктивная модель передается с использованием системы «ЛОЦМАН:PLM» (рис. 7). Перестройка модели в середину полей допусков проводится в САПР «Компас-3DV15». Если в результате

перестроения в конструктивной модели выявляются недочеты по геометрии, происходит нарушение размерных цепочек, то они фиксируются технологом – программистом. Для их устранения конструктивная модель по системе «ЛОЦМАН:PLM» передается обратно конструктору на доработку.

Данный процесс повторяется до тех пор, пока все недочеты и ошибки не будут устранены. Таким образом, использование системы «ЛОЦМАН:PLM» позволяет быстро осуществлять обмен данными и внесение изменений, согласование между подразделениями. Тем самым, ускоряется окончательный выпуск качественного КД.

Разработка технологического процесса

Инженер-технолог завода ВНИИЭФ получает задание на проведение ТПП от начальника технологического бюро. На вкладке приложения прикреплены файлы ДСЕ, на которые требуется провести ТТП. Принимает задание в работу. По связи переходит в дерево проектов.

Технолог запускает модуль «ЛОЦМАН:PLM» и создает ТП на детали сборочной единицы (ДСЕ), после чего автоматически создается файл (.vtr) в который передается информация из КД (чертеж, модель, основной материал). Далее технолог разрабатывает ТП детально (рис. 8), производит расчет заготовки. ТП создается с помощью универсально-технологического справочника, содержащего всю номенклатуру технологических данных (цеха, участки, оборудование, оснастка, режущий и мерительный инструмент, вспомогательные материалы и т.д.), который в процессе работы постоянно наполняется, тем самым аккумулируя в себе базу знаний.

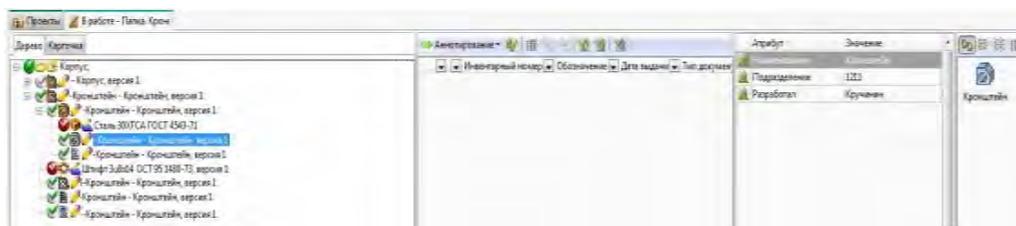


Рис. 7. Дерево модели

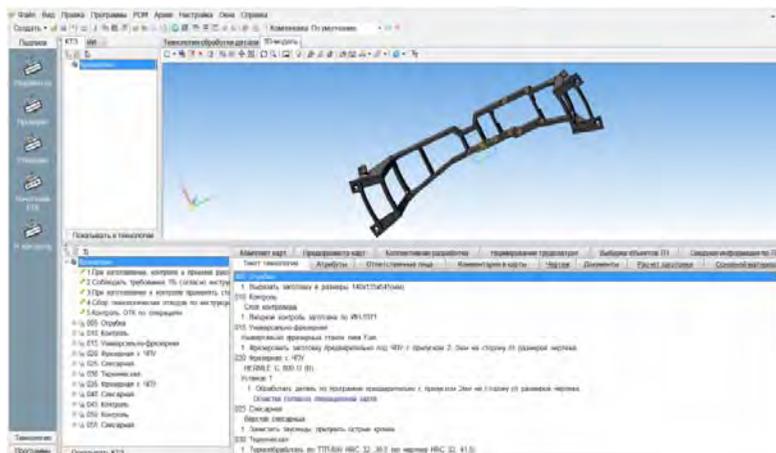


Рис. 8. Создание ТП

Обработка и создание управляющей программы в системе «ГеММа-3D»

При механической обработке изделий широко используются станки и комплексы с ЧПУ. Объем работ на станках с ЧПУ на заводе ВНИИЭФ постоянно возрастает. Это связано как с повышением эффективности производства, так и с тем, что иными способами изготовить современное металлоемкое изделие не представляется возможным.

Основополагающим понятием в технологии обработки деталей на станках с ЧПУ является следующее: геометрическая схема расчета управляющей программы должна строго соответствовать среднему значению полей допусков всех размеров деталей, поскольку в УП все координаты, определяющие геометрию изготавливаемой детали, задаются от одной точки (ноля программы). Используя это правило, все конструкторские базы приводятся к единой технологической базе (нолю программы).

Для работы технологом – программистам завода ВНИИЭФ необходимы модели, у которых имеется возможность работы с допусками в 3D-модели и возможен пересчет размеров модели в середину полей допусков. Неоднократное обращение к разработчику программного обеспечения ЗАО «АСКОН» о необходимости проведения изменений дали положительный результат и в новой версии САПР «Компас-3DV14» были выполнены эти требования.

В процессе тестирования данного продукта на полигоне РФЯЦ-ВНИИЭФ были выявлены новые замечания. Основное замечание заключалось в том, что в формате IGES «Компас-3DV14» сохранял и переносил в систему «ГеММа-3D» только 3D-поверхности модели. Для полноценной работы технологу-программисту необходима также 2D-геометрия модели (точки, прямые, дуги, 2D-кривые), которая наиболее востребована (~85–90 %) и является основой для создания управляющей программы. Данное замечание, выдвинутое заводом ВНИИЭФ в процессе тестирования, было устранено в «Компас-3DV15», где появилась возможность сохранять и передавать в формате IGES не только 3D-поверхности, но и 2D-геометрию модели.

Таким образом, конструктивная модель обрела необходимые свойства для полноценного использования ее при создании программ для станков ЧПУ.

После получения задания на разработку УП технолог-программист приступает к разработке и отработке УП.

Выбор последовательности и стратегии обработки конструктивной модели происходит после ее анализа и изучения технологом-программистом в системе «ГеММа-3D».

Поверхности и геометрия модели являются основой для создания обрабатываемых контуров в системе «ГеММа-3D». На их основе создаются необходимые ограничения в обработке, строятся подходы и отходы инструмента и задаются необходимые технологические параметры обработки (рис. 9), после чего происходит формирование прохода инструмента по обрабатываемому контуру.

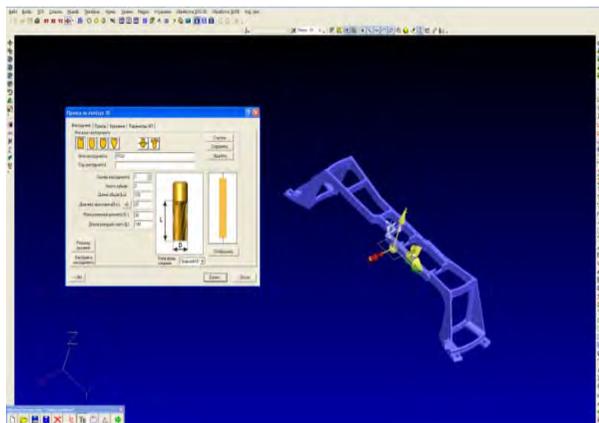


Рис. 9. Задание параметров для прохода

В дальнейшем проходы формируют УП на обработку детали, которая выдается в инвариантном коде понятной станку с ЧПУ.

Разработанные УП прикрепляются к заданию и появляются в системе «ЛОЦМАН:PLM», откуда файлы УП выгружаются в информационную систему ИСУП-1.

Согласование и утверждение

После разработки ТП технолог завода ВНИИЭФ создает задание для отдела нормирования.

Инженер по нормированию труда, открывает ТП в инструменте «Вертикаль» и выполняет нормирование операций, после чего операция пронормирована.

Далее ТП уходит на согласование и утверждение, после чего принимает состояние «Утвержден» (рис. 10).

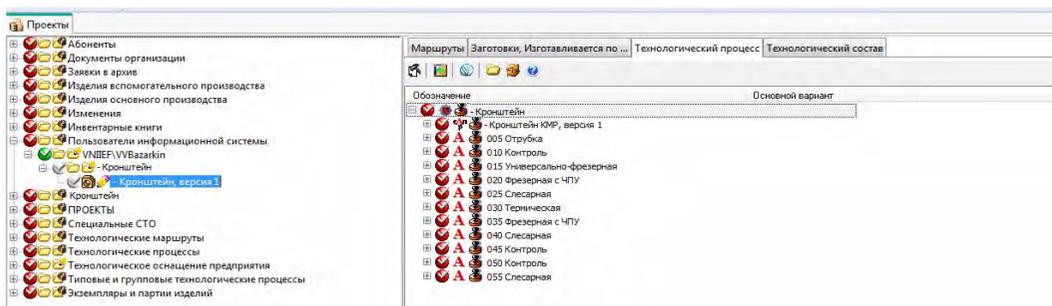


Рис. 10. ТП в состоянии «Утвержден»

Как только ТП переведен в состояние «Утвержден», то в системе нажимаем кнопку «Завершено» и тем самым сообщаем непосредственному начальнику о выполнении задания. Технолог адресует задание архивариусу. ТП отправляется в электронный архив.

В САПР ТП «Вертикаль» технолог формирует комплект технологической документации и выводит на печать.

Изготовление детали на станке с ЧПУ

Оператор станка ЧПУ получает от мастера участка задание на изготовление Кронштейна вместе с комплектом технологической документации. По системе ИСУП-2 в систему станка ЧПУ оператор закачивает необходимые для изготовления Кронштейна УП.

Так как Кронштейн имеет сложную геометрическую форму и технологию изготовления, то его обработку произведем на пяти осевом обрабатывающем центре, который позволяет произвести полное изготовление всего за два установа.

Обмер полученной детали и сравнение ее с конструктивной моделью

Операции контроля с использованием координатно-измерительных машин (КИМ) при написании ТП назначаются технологами все чаще. В основном, КИМ-1000 применяется для контроля деталей сложной пространственной конфигурации, размеры и параметры которой долго, затруднительно или просто невозможно контролировать с использованием стандартного мерительного инструмента.

Шесть степеней свободы рабочего органа позволяют вести высокопроизводительное и точное измерение сложных поверхностей с минимальным количеством изменений положения детали, применяя минимальное количество оснастки.

После изготовления Кронштейна проводится аттестация УП. Конструктивная модель является исходными данными для всего измерительного процесса. С помощью данной модели в системе «ГеММа-3D» инженером-программистом КИМ проводится анализ конструктивных особенностей детали. Он определяет количество установов детали для обмера в рабочем пространстве КИМ. После анализа и подготовке детали к измерению инженер КИМ приступает к разработке УП для обмера Кронштейна с помощью макропрограмм в системе «ГеММа-3D» (рис. 11).

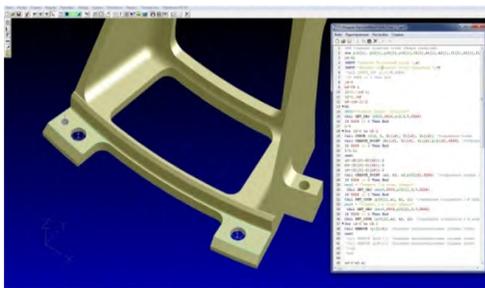


Рис. 11. Разработка УП для обмера в системе «ГеММа-3D»

Непосредственно сам процесс измерения выполняется в рабочей зоне КИМ измерительным щупом. Для этого, согласно намеченной стратегии обмера, инженер-программист КИМ крепит деталь на столе КИМ, выполняет настройку системы координат детали ручным способом согласно конструкторским базам и выполняет обмер по заранее подготовленной программе (рис. 12).

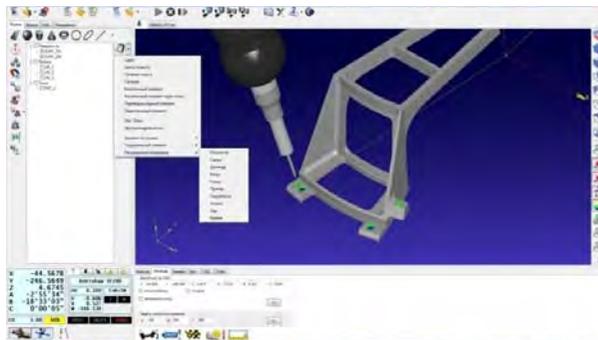


Рис. 12. Обмер Кронштейна по программе

По УП происходит касание всех измеряемых поверхностей поверяемой детали для получения массивов точек обмера, которые с помощью специальных программ (макропрограмм) обрабатываются, осуществляется процесс анализа и сравнения изготовленной детали с конструктивной моделью в системе «ГеММа-3D».

Если в результате сравнения деталь не имеет отклонений от конструктивной модели, то она является годной, программы считаются аттестованными и в дальнейшем возможно изготовление Кронштейна без отклонений. Если имеются отклонения, то они анализируются, выявляется причина и УП корректируются технологом, а затем проходят отработку и аттестацию вновь.

Конечным этапом обмера детали является формирование отчета об измерении с выводом всех геометрических параметров детали и передачи его контролеру ОТК, на основании которого он принимает решение о годности. Данный метод контроля позволяет быстро и эффективно анализировать геометрию и размеры изготовленного Кронштейна и при выявлении недочетов указать на них и принять меры по их устранению на разных этапах изготовления.

Сдача детали на сборку

После проверки и получения результата контролер ОТК ставит печать в сопроводительном документе о годности детали. Кронштейн упаковывается и отправляется на дальнейшую сборку в сборочный цех.

Данные о жизненном цикле изделий остаются в системе «ЛОЦМАН:PLM».

Заключение

На примере «сквозного» изготовления Кронштейна мы рассмотрели возможность использования

современных информационных систем, как еще одного нужного инструмента, позволяющего облегчить труд специалистов. Однако, принятие сложного творческого решения о методах проектирования и изготовления лежит на специалистах.

В результате использования современных информационных систем сократилось время проектирования и согласования детали, в среднем, на 2 недели за счет:

- исключения распечатки, согласования и рассылки КД на бумажном носителе;
- исключения проведения извещений об изменениях КД на бумажном носителе;
- уменьшения времени, затраченного на подготовку производства.

Необходимо отметить, что внедрение программного обеспечения комплекса решений, может проходить в более короткие сроки и большим эффектом, если:

- актуализировать версии САПР «КОМПАС» одновременно во всех подразделениях. Это приведет к единообразию подходов в создании информации

в процессе проектирования, в методах обработки, хранения и представления информации;

- сотрудники компании АСКОН будут работать с сотрудниками РФЯЦ-ВНИИЭФ в тесном контакте непосредственно на рабочих местах.

Литература

1. Технологичность конструкций / Под ред. С. А. Ананьева и В. И. Купровича. – М.: Машиностроение, 1969. 424 с.

2. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. 5 изд. – М.: Машиностроение-1, 2003. 912 с.

3. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992. 464 с.

4. Координатные измерительные машины и их применение. / Под ред. А. А. Гапшиса и др. – М.: Машиностроение, 1988. 328 с.