

УДК 67.02; 621.643

Изготовление сборочно-контрольных приспособлений для трубопроводов по их электронным моделям на базе сквозного применения информационных технологий

К.С. Порощай

Аннотация

В настоящей работе представлена новая конструкция и технология изготовления приспособлений для сборки, сварки и контроля трубопроводов на основе сквозного внедрения информационных технологий при проектировании и технологическом оснащении трубопроводов изделий.

Целью работы являются сокращение сроков подготовки производства трубопроводов, снижение материальных и трудовых затрат, повышение качества оснастки.

Приспособления изготавливаются из листовых деталей, выполняемых на лазерном оборудовании, и простых деталей вращения, вытачиваемых на токарном оборудовании. Сборка приспособлений сводится к простой состыковке деталей. Простота изготовления, низкая стоимость материала обуславливает высокую экономическую эффективность приспособлений.

Ключевой особенностью работы является безэталонный способ производства трубопроводов и технология изготовления приспособлений, которая не нуждается в материальных эталонах трубопроводов. Это позволят существенно повысить качество оснастки и точность трубопроводов, добиться экономии материальных и трудовых ресурсов в 1,5 – 3 раза, сократить сроки изготовления оснастки в 1,5-2 раза.

Ключевые слова

Приспособление; конструктивная электронная модель; трубопровод; эталон.

Введение

С 90-х годов прошлого века и по настоящее время наблюдается стремительное развитие информационных технологий (ИТ). Доказательством выдающихся темпов развития ИТ являются многочисленные системы автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют оперировать в процессе проектирования и подготовки производства математическими моделями объектов вместо реальных физических предметов.

Замена материальных объектов их математическими моделями способствует повышению эффективности производственного процесса, сокращению издержек и сроков подготовки, однако в ряде случаев требует глубокого перестроения существующих на предприятии технологических процессов. Именно таким случаем является широко применяемая в настоящее время в авиационной промышленности технология эталонирования трубопроводов на изделия с последующим изготовлением сборочно-сварочных и контрольных приспособлений (далее по тексту - приспособлений). Данная технология имеет ряд существенных недостатков:

- высокие материальные и трудовые затраты в связи с принципиальной необходимостью изготовления, хранения и учета физического носителя конфигурации и размеров трубопровода, т.е. рабочего образца или эталона (далее по тексту - эталона);
- прямая зависимость качества изготовленных эталонов и приспособлений от квалификации рабочего;
- невозможность точного повторения конфигурации и размеров при утрате эталона;
- эталон, как любой материальный объект, подвержен изменению, повреждениям с течением времени, что вносит погрешности при изготовлении трубопроводов;

В настоящей работе представлена новая конструкция и технология изготовления приспособлений без применения эталонов. В результате перечисленные выше недостатки старой технологии устраняются, значительно повышается технологичность процесса изготовления и точность сборочно-контрольной оснастки для трубопроводов.

Анализ существующих и перспективных технологий изготовления приспособлений

Разнообразные эталоны широко применяются в авиастроении, поскольку являются доступным способом воспроизводить и хранить форму и размеры даже очень сложных изделий, когда передать всю необходимую информацию об изделии с помощью чертежа на плоскости практически невозможно.

С развитием ИТ появилась возможность создавать сложные математические модели реальных объектов производства. С помощью математической модели можно имитировать любой эталон с учетом свойств, критичных для производства. Такую математическая модель изделия, созданную с помощью САПР, мы будем называть конструктивной электронной моделью (КЭМ).

В настоящее время на «РСК «МиГ» внедряются методы производства самолетов с использованием КЭМ на самом раннем этапе – этапе освоения производства самолета. В результате такого подхода создание КЭМ изделия на уровне отсеков, агрегатов позволяет производить трассировку трубопроводов изделий в электронном виде и создавать КЭМ трубопроводов вместо физических носителей (эталонов). Такой эталон нематериален, что создает определенные трудности при использовании его в реальном производственном процессе.

Широко применяемая в настоящее время в авиационной промышленности, в т.ч. на «РСК «МиГ», технология изготовления приспособлений для трубопроводов основана на использовании эталона трубопровода как физического носителя его геометрии. При этом в процессе изготовления приспособления можно выделить следующие этапы:

- 1) Разметка эталона для определения мест расположения ложементов - элементов приспособления, фиксирующих трубопровод;
- 2) Ориентация эталона трубопровода в пространстве относительно опорной плоскости – основания таким образом, чтобы трудоемкость изготовления приспособления была минимальной, а так же обеспечивался технологический доступ ко всем необходимым элементам конструкции трубопровода;
- 3) Изготовление элементов приспособления, фиксирующих трубопровод и его элементы;
- 4) Установка всех ложементов и фиксаторов «по месту» относительно эталона, для чего изготавливаются дополнительные стойки, кронштейны и т.д.

Процесс является трудоемким. Точность приспособления сильно зависит от квалификации исполнителя. В процессе изготовления возможно изменение конфигурации эталона, что приводит к нарушению взаимозаменяемости трубопроводов и выявляется только в цехе окончательной сборки самолета.

В свете изложенных выше соображений, проблема изготовления сборочных и контрольных приспособлений для трубопроводов без применения эталонов является весьма актуальной, т.к. среди прочих преимуществ, конфигурация и размеры КЭМ трубопроводов не подвержены изменениям и легко повторяемы.

В ходе анализа проблемы изготовления приспособления по КЭМ трубопровода было выделено два основных метода решения проблемы:

1) Изменение способа создания материального эталона. Трубопровод в таком случае – не объект эталонирования на самолете, а результат воспроизведения КЭМ трубопровода в реальном материале:

1.1) путем удаления материала и/или изменения формы заготовки на станках с ЧПУ. В качестве материала обычно используют пластмассы, мягкие металлы или дерево;

1.2) с помощью технологий быстрого прототипирования - послойного наращивания (добавления) материала или изменения фазового состояния вещества. Применяются такие технологии как StereoLithography, Solid Ground Curing, Selective Laser Sintering, Laminated Object Manufacturing, Fused Deposition Modeling, Polyjet и др.;

При использовании данного метода существующая технология изготовления приспособлений сохраняется. Поскольку трубопроводы часто имеют большие габаритные размеры и сложную пространственную форму, для изготовления эталонов потребуется значительное количество материала и сложное (дорогое) оборудование. К примеру, стоимость принтера Voxeljet VX800 составляет примерно 775 тыс. евро (по состоянию на 2010г.). Существующие технологии быстрого прототипирования мало приспособлены для решения подобного рода задач [1], [2], [3].

2) Создание новой технологии изготовления приспособлений, для которой нет необходимости в существовании материального эталона. Процесс изготовления приспособления организован таким образом, чтобы функциональные поверхности приспособления с достаточной точностью соответствовали поверхностям КЭМ трубопровода. Такой метод обладает следующими преимуществами:

- Отсутствие материальных и трудовых затрат на изготовление эталона;
- Экономия средств на организацию хранения и учет эталонов;
- Увеличение точности приспособления в связи с заменой операций по ручной пригонке элементов приспособления автоматическим получением размеров в процессе сборки простым соединением деталей.

Таким образом, целесообразно разработать технологию изготовления приспособлений по КЭМ трубопровода, для которой существование физического эталона не является обязательным.

Разработка конструкции приспособления

Учитывая особенности пространственной конфигурации многих трубопроводов, целесообразно будет использовать в качестве основного материала приспособления листовую материал. Небольшая толщина материала позволит создавать конструкции самой разнообразной конфигурации при относительно небольшом расходе материала и массы приспособления. Оптимальной маркой материала будет конструкционная сталь в виду ее хорошей обрабатываемости и низкой стоимости. Резку листового материала на детали лучше всего осуществлять на лазерном станке, что обеспечит высокую производительность процесса при достаточной точности изготовления деталей.

Основой приспособления является – основание 1 (смотри рисунок 1), выполненное из листового материала. На основание в специальные пазы устанавливаются суппорты 2 и ребра жесткости 3 с помощью выполненных на них петель и закрепляются клиновидными штифтами 4. Основание, суппорты и ребра жесткости, ориентированные перпендикулярно по отношению друг к другу, обеспечивают устойчивость и жесткость конструкции приспособления. Соединение деталей между собой осуществляться с помощью прямоугольных пазов в каждой из них.

На суппортах устанавливаются ложементы 5, определяющие положение и конфигурацию трубопровода. Пространственное расположение ложементов определяется пазами в суппортах. Направляющие фиксаторов, которые определяют положение самих фиксаторов (элементов приспособления, предназначенных для закрепления концов трубопровода: фланцев, ниппелей, штуцеров и т.п.) устанавливаются на суппорты аналогично ложементам.

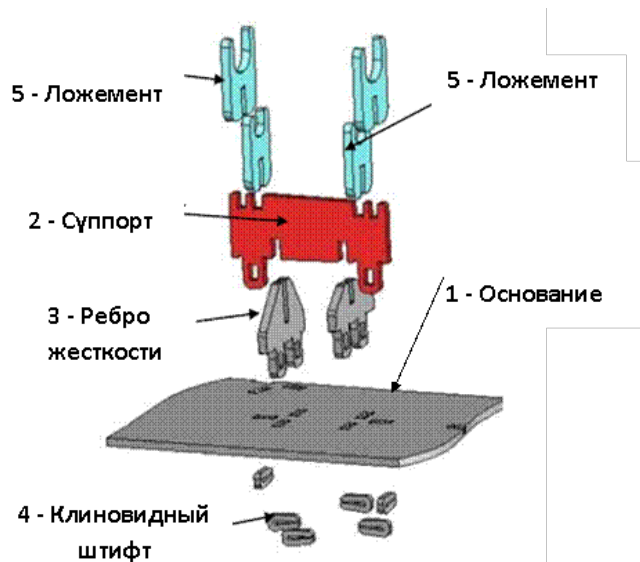


Рисунок 1 – Конструкция приспособления

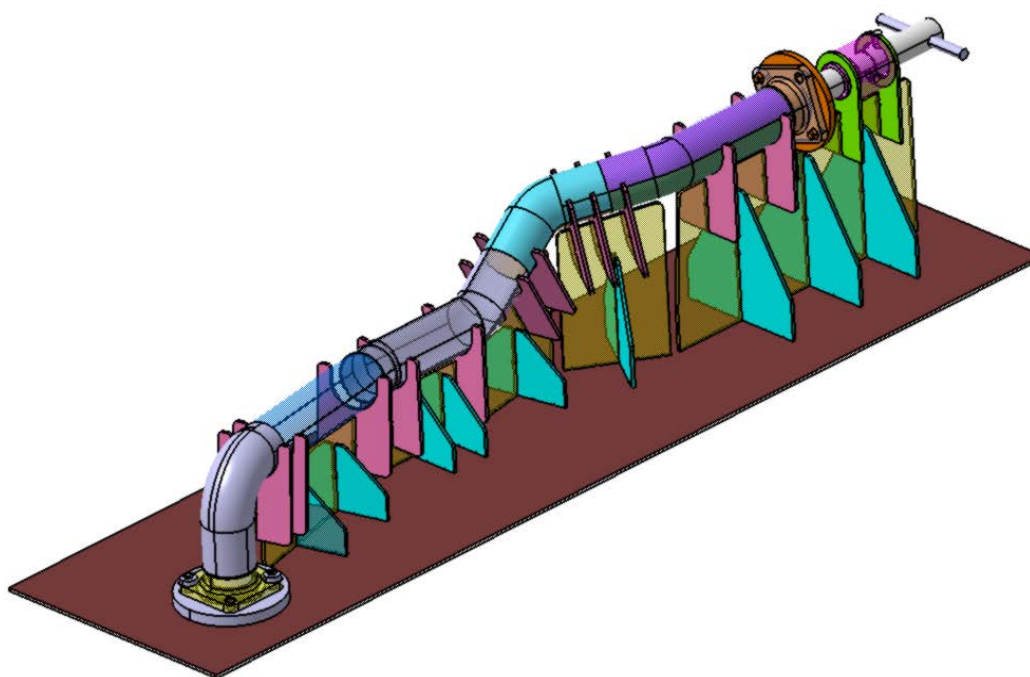


Рисунок 2 – Общий вид приспособления с трубопроводом

Конструкция позволяет изготовить приспособления для трубопроводов любой сложности, обеспечить требуемую точность и жесткость.

В случаях, когда трубопровод имеет простую конфигурацию, возможно исключение из конструкции суппортов и установка ложементов непосредственно на основание. Для увеличения жесткости необходимо предусмотреть поперечные элементы - уголки.

Разработка технологии изготовления приспособления

Весь процесс от проектирования приспособления до разработки управляющей программы для лазерного комплекса организован на базе современных информационных технологий.

Общая схема процесса проектирования и изготовления приспособления представлена рисунке 3.



Рисунок 3 – Общая схема проектирования и изготовления приспособления

Технология изготовления приспособления состоит из следующих этапов:

1) Получение КЭМ патрубка. В случае, если имеется полный электронный макет изделия, процедура не вызывает сложностей. Однако часто необходимо создавать КЭМ трубопровода на основании существующего эталона. В таком случае производится измерение геометрии физического носителя размеров на координатной измерительной машине (КИМ), анализ полученного облака точек и создание на его основе КЭМ эталона. После создания файла КЭМ он является единственным легитимным источником размеров трубопровода.

2) Разработка КЭМ приспособления на основании КЭМ трубопровода. Осуществляется путем «достраивания» элементов приспособления к трубопроводу. Модель приспособления используется не только в целях конструирования, но и из технологических соображений – на базе КЭМ приспособления создаются программы ЧПУ для лазерного комплекса.

3) Раскрой элементов оснастки. Модель приспособления используется для создания сечений и прорисовки контуров листовых элементов приспособления. Контурные компоненты оптимальным образом в картах раскроя и подготавливают файл для лазерной резки ЧПУ. Вырезка элементов приспособления из листовых заготовок производится автоматически. В процессе резки каждый листовой элемент будущего приспособления маркируется уникальным номером, что облегчает последующую сборку.

4) Общая сборка приспособления. Результатом резки являются элементы приспособления, не требующие дополнительной обработки и готовые к сборке. На предварительно изготовленную жесткую раму устанавливают основание, которое крепится к ней с помощью винтов. Далее на основание устанавливают ребра жесткости пазами на петли, затем в пазы ребер вставляют суппорта, которые так же петлями входят в пазы основания. Вся конструкция крепится к основанию клиньями, вставляемыми в петли ребер и суппортов. После этого на суппорт в пазы устанавливают ложементы.

Для фиксации концов трубопроводов (ниппелей, штуцеров, фланцев и т.п.) изготавливают фиксаторы (два фиксатора для фланцев с отверстиями показаны на рис.4), которые крепятся на основании аналогично ложементам.

Базирование фиксаторов концов трубопровода при сборке осуществляется с помощью имитаторов конца трубы. После настройки положения подвижного штока фиксатора, через него выполняют сквозное отверстие. В отверстие устанавливают съемный штырь, фиксирующий шток в рабочем положении.

После сборки (рис. 4) особо ответственные места подваривают для того, чтобы в процессе изготовления патрубка не нарушилась геометрия приспособления.

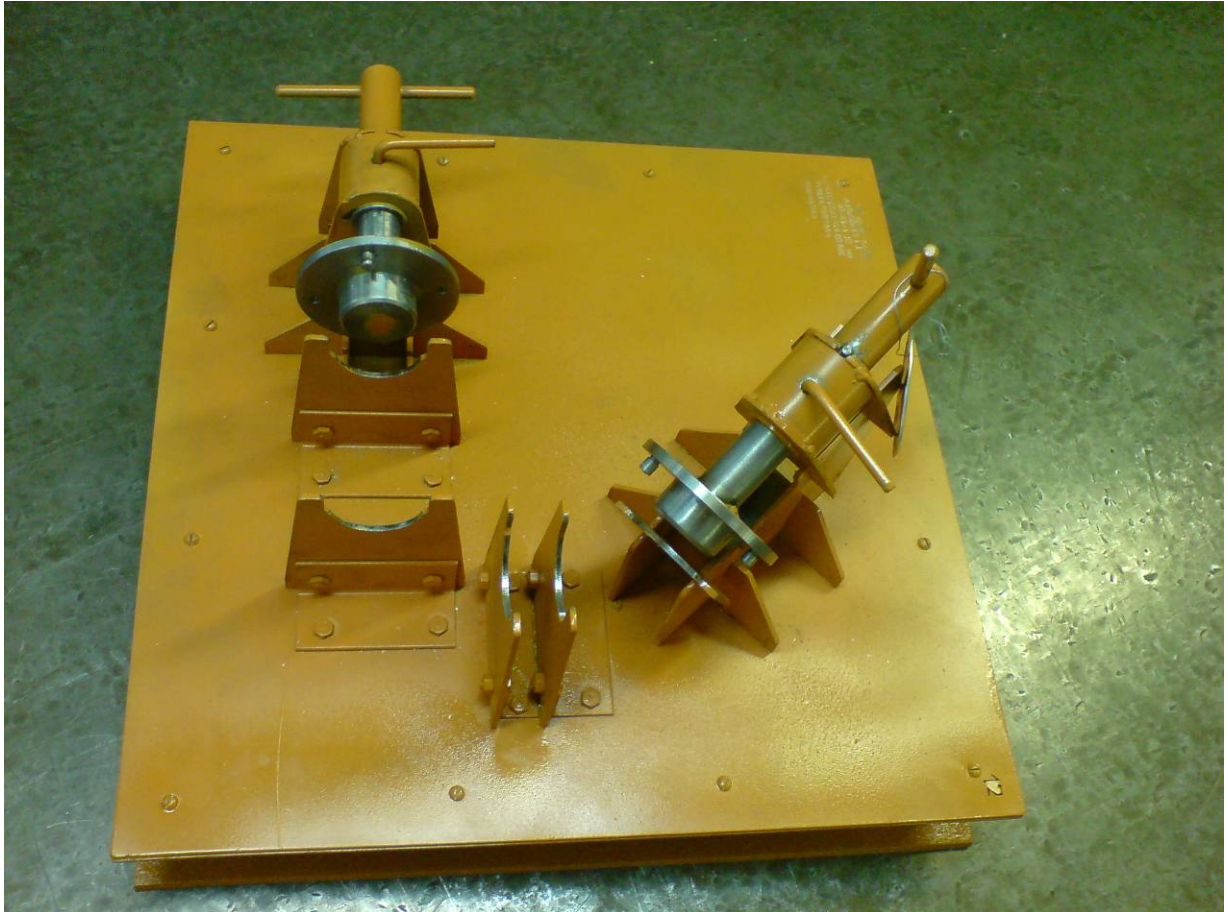


Рисунок 4 – Приспособление в сборе

Оценка эффективности и выводы

В ходе работы удалось разработать простую и эффективную технологию изготовления приспособлений для трубопроводов без применения материальных эталонов.

Разработанный метод имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивает высокое качество оснастки и трубопроводов:
 - Полностью исключается зависимость качества оснастки от качества изготовления рабочего образца (эталона) трубопровода;
 - Практически исключается зависимость качества изготовления оснастки от квалификации исполнителей (рабочих);
2. Обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов за счет исключения работ проводимых в процессе создания рабочих образцов (полное отсутствие при наличии КЭМ отсеков);

3. Сокращение цикла подготовки производства: исключается зависимость сроков оснащения трубопроводов от готовности отсеков самолета и сроков создания рабочих образцов;
4. Сокращение сроков изготовления оснастки 1,5 - 2 раза;
5. Снижение трудоемкости изготовления оснастки в 1,5 – 2,5 раза (по сравнению с изготовлением по рабочему образцу);
6. Высокая технологичность конструкции приспособлений. Процесс изготовления оснастки сводится к раскрою листовых элементов на лазерном оборудовании и их последующей сборке простой состыковкой без подгонки;
7. Легкое восстановление, трансформация и тиражирование:
 - легко восстановить любой элемент и его исходное положение;
 - простота изменения отдельных участков оснастки при частичном изменении конструкции и КЭМ трубопровода;
 - тиражирование без потери точности.

Экономические расчеты показывают, что себестоимость изготовления трубопроводов по новому методу в 2-2,5 раза ниже традиционного метода, что свидетельствует о большом экономическом потенциале разработанного метода.

Выполненная работа позволяет сделать вывод: внедрение современных ИТ в производственный процесс позволяет существенно повысить конкурентоспособность и финансовую устойчивость организации, увеличить скорость бизнес-процессов и снизить издержки производства.

Благодарности

Автор выражает особую благодарность Андрееву Леониду Николаевичу за курирование работы.

Библиографический список

1) Савельев Е.А. Воспользуйся инструментами мастера — придай идее объем, или 3D-прототипирование сегодня / САПР и графика. – 2009. - №5. - С.8-12.

2) Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototype Development / Frank W. Liou. - CRC Press, 2007. – 568p.

3) Rapid Prototyping: Theory and Practice / li Kamrani, Emad Abouel Nasr. - Springer, 2006. – 323p.

Сведения об авторах

Порощай Константин Сергеевич, зам. начальника отдела заготовительно-штамповочного производства, филиал ОАО «Российская самолётостроительная корпорация «МиГ» - Производственный комплекс №1.

тел.: +7 (49663) 629-00, доб. 91-03; e-mail: kos.inbox@gmail.com