

УДК 629.735 : 658.51.4

**В.С. КРИВЦОВ, В.В. КОМБАРОВ**

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

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШТАМПОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ**

Проведен эксперимент по определению трудоемкости разработанной технологии проектирования и изготовления штампов с применением информационных технологий и оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Предыдущие оценки свидетельствуют о снижении трудоемкости предложенной технологии по сравнению с традиционной.

**аналитический эталон геометрии, штамповка, штамп, поверхность разъема, скругление, сопряжение, ЧПУ**

### **Введение**

Копирующие технологические процессы являются основными процессами в серийном производстве. Малое операционное время, характерное для этих процессов, позволяет резко снижать трудозатраты на выпуск единицы продукции. Однако в отличие от технологических процессов первичного формообразования, процессы копирующего формообразования требуют специальной технологической оснастки.

Производство специальной оснастки для технологий копирующего формообразования сложных форм трудоемко и обычно требует большой квалификации рабочих фрезеровщиков. Развитие компьютерной техники и оборудования с ЧПУ ведет к повсеместному вытеснению как универсального оборудования, так и высококвалифицированных рабочих, на смену которым приходят операторы оборудования с ЧПУ.

Определенный интерес представляет собой определение трудозатрат при различных методах изготовления специальной оснастки. Однако в работах [1 – 5], фундаментально исследующих технологические процессы изготовления деталей и оснастки, определение трудозатрат на проектирование и изготовление штампа при использовании современных

систем CAD/CAM и оборудования с ЧПУ не проводилось.

### **1. Цель исследования**

Целью данной статьи является описание и анализ эксперимента по определению затрат времени и стоимости изготовления штампов, включая:

- а) изучение и подготовку конструкторско-технологической документации;
- б) определение возможности групповой обработки;
- в) проектирование штампа;
- г) разработку управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- д) изготовление штампа.

### **2. Проведение исследования**

Для проведения эксперимента был выбран штамп для изготовления кронштейна 140.2113.003.000, аналитический эталон геометрии которого изображен на рис. 1.

Технология проектирования штампа для кронштейна 140.2113.003.000 и программ для фрезерного станка ФП17СМН с СЧПУ «Интерполятор» осуществлялась с помощью компьютерной системы Euclid 3. Эта технология включала в себя следующие процедуры:

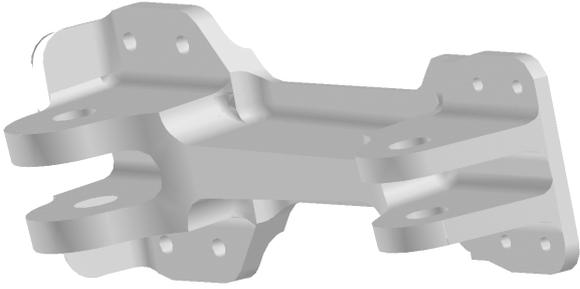


Рис. 1. Аналитический эталон геометрии кронштейна 140.2113.003.000

а) изучение аналитического эталона теоретического контура крыла; изучение образа детали проектировщиком штампа (проработка геометрии и ее увязка);

б) проектирование технологического процесса штамповки кронштейна 140.2113.003.000;

в) проектирование штампа и получение аналитических эталонов деталей штампа и его сборки;

г) разработка управляющих программ для станков с ЧПУ.

## 2.1. Проектирование технологического процесса штамповки

Одной из достаточно трудоемких подготовительных операций при проектировании технологического процесса штамповки и проектировании штампа является изучение чертежей детали. Применение предлагаемой технологии позволило понять конструкцию детали («образа детали») путем просмотра аналитического эталона детали с различных

сторон на экране монитора и ознакомиться с техническими требованиями чертежа. Затраты времени, необходимые для изучения «документации» и перехода к проектированию процесса штамповки и штампа, составляют при такой технологии порядка 10 – 15 минут.

При проектировании технологического процесса штамповки в компьютерной системе решают следующие задачи:

- определение возможности изготовления различных деталей групповой штамповкой;
- определение ориентации детали в процессе штамповки;
- задание припусков на главных поверхностях и припусков уклонов на боковых поверхностях;
- задание и проработка скруглений и сопряжений;
- контроль полученных припусков.

При определении возможности изготовления различных деталей групповой штамповкой выполняют анализ возможности совмещения этих деталей по какой-либо поверхности или плоскости, таким образом, чтобы «выступание» объема одной детали за объем других совмещенных деталей было минимальным. На рис. 2 изображены совмещенные «левая» и «правая» детали 140.2113.003.000 (поз. а) и набор поперечных сечений совмещенных «левой» и «правой» деталей (поз. б). Поверхности, по которым детали совпадают полностью, окрашены «в клеточку», несов-

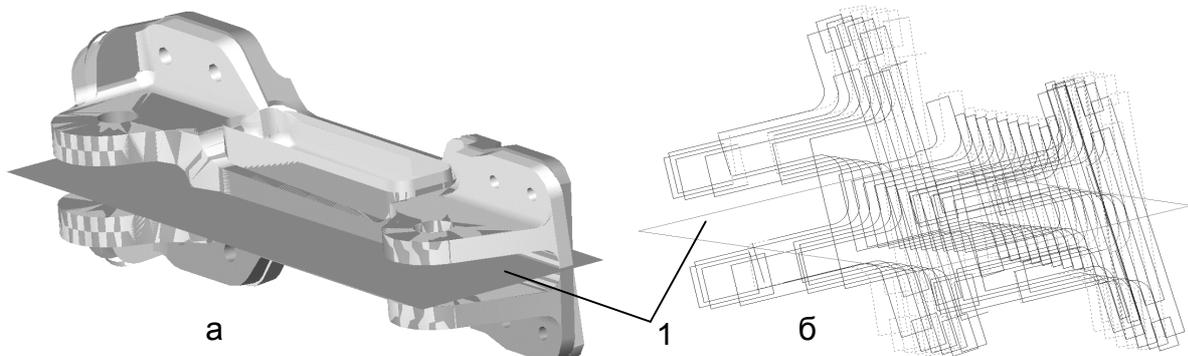


Рис. 2. Совмещение деталей для проектирования групповой заготовки

падающие объемы окрашены равномерным светло-серым для «левой» и темно-серым для «правой» деталей. Совмещение деталей производилось по плоскости 13-й нервюры [1].

В рассмотренном примере конфигурация детали 140.2113.003.000 имеет плоскую поверхность совмещения деталей для групповой штамповки (рис. 2, а, б, поз. 1). Однако существуют детали, у которых поверхность совмещения отличается от плоской. Так для детали 140.00.5402.026.000, изображенной на рис. 3, при использовании групповой штамповки поверхность разреза штампа не является плоской. При использовании традиционных технологий проектирования штампов трудоемкость проектирования штампа зависит от того, является ли поверхность разреза плоской или неплоской.

При использовании системы Euclid трудоемкости разработки штампов с плоскими и неплоскими разрезами практически не отличаются, так как процедура получения аналитического эталона геометрии штамповок не зависит от вида поверхности разреза.

Технологические параметры отличий поверхности ручья штампа от поверхности детали задают

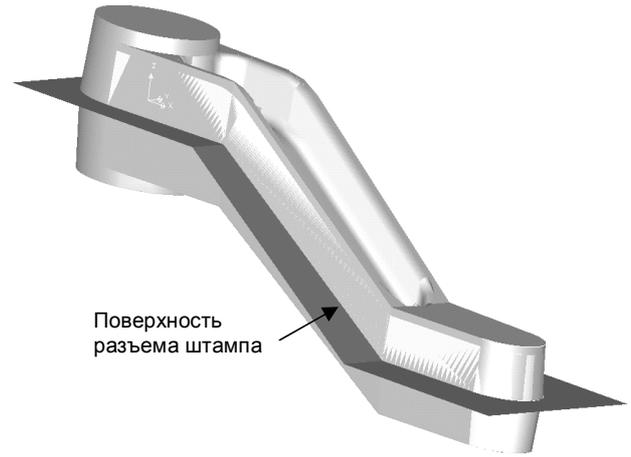


Рис. 3. Совмещение деталей с неплоской поверхностью разреза аналитического эталона геометрии

после выбора процесса групповой штамповки, определения ориентации детали относительно направления усилия штамповки, задания поверхности разреза штампа. В рассматриваемом примере это припуски на основных поверхностях (рис. 4, поз. 1), штамповочные уклоны на боковых поверхностях (рис. 4, поз. 2), скругления и сопряжения поверхностей (рис. 4, поз. 3).

Припуски по поверхности ручья штампа обычно задают с помощью эквидистантных поверхностей к штампуемой детали. Штамповочные уклоны на боковых поверхностях по справочным таб-

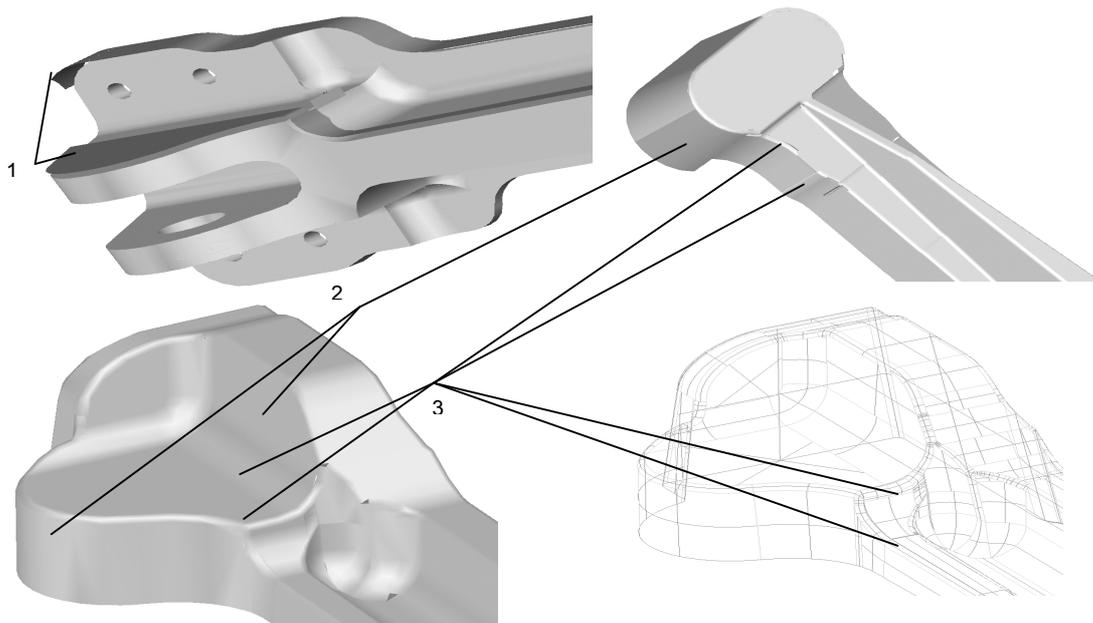


Рис. 4. Примеры задания технологических припусков для ручья штампа

лицам, а скругления и сопряжения на основе личного опыта. При этом следует учитывать, что традиционная технология изготовления штампов на универсально-фрезерных станках по шаблонам предполагает, что большая часть скруглений и сопряжений выполняется слесарным способом и вследствие большой трудоемкости проектирования сложных сопряжений нескольких поверхностей подробная проработка таких сопряжений не проводится.

При создании аналитического эталона геометрии заготовки конструктор-технолог имеет возможность подробно проработать все сложные сопряжения и по окончании разработки проекта заготовки провести контроль полученных припусков. На рис. 5 изображены совмещенные сечения заготовки и окончательной детали при проведении такого контроля. Полное время разработки геометрии заготовки по аналитическому эталону детали при проведении эксперимента не превышало 4-х часов.

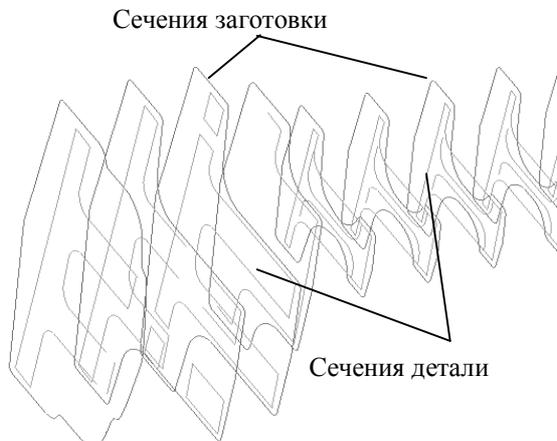


Рис. 5. Совмещенные сечения заготовки и детали

## 2.2. Проектирование штампа

При проектировании штампа по аналитическому эталону геометрии заготовки выполняются следующие работы:

- а) получение «горячей» заготовки;
- б) получение рабочих поверхностей ручья штампа;

- в) моделирование облойной канавки;
- г) контроль площади смыкания штампа;
- д) моделирование замков.

Все вышеперечисленные задачи были решены с помощью стандартного геометрического модуля системы «Euclid 3». Учет температурного расширения для получения «горячей» заготовки выполняется с помощью команды масштабирования на соответствующий коэффициент, что полностью исключает ошибки при пересчете геометрии. Рабочая поверхность ручья получается разрезанием аналитического эталона геометрии «горячей» заготовки по поверхности разъема штампа. Моделирование облойной канавки выполняют с помощью команды протяжки соответствующих контуров вдоль периферийной линии ручья. Контроль площади смыкания штампа осуществляется с помощью команды вычисления площади ограниченной поверхности. Также в блоке геометрического моделирования проводится и моделирование замков штампа.

На рис. 6 приведен пример аналитического эталона геометрии нижней части молотового штампа для изготовления детали 140.00.2113.003.000, где 1 – ручей штампа, 2 – облойная канавка; 3 – поверхность смыкания штампа; 4 – угловые замки. Общее время проектирования аналитического эталона геометрии в эксперименте не превысило 4-х часов.

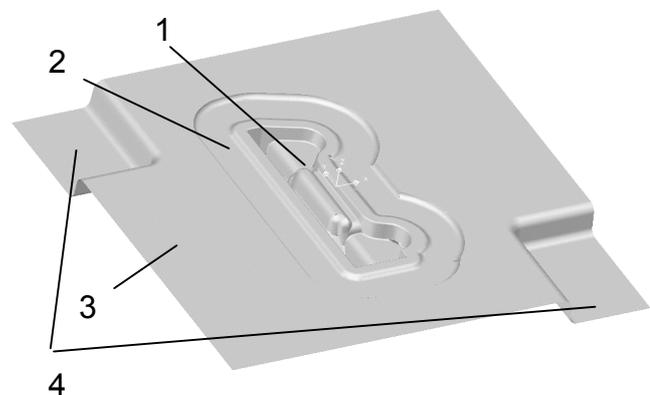


Рис. 6. Аналитический эталон геометрии нижней части молотового штампа

### 2.3. Проектирование процесса обработки штампа

Разработка управляющих программ для обработки штампов на станках с ЧПУ проводилась в модуле ЧПУ-программирования системы Euclid 3 – Surfapt. Для создания ЧПУ-программы необходимо указать следующие параметры: тип цикла обработки; обрабатываемую заготовку; конечную поверхность, которую необходимо получить в результате обработки; геометрические параметры режущего инструмента; параметры, определяющие режимы резания и ряд дополнительных параметров.

Как видно из перечня необходимых параметров, при разработке ЧПУ-программы, в отличие от традиционной технологии, нет необходимости выполнять дополнительные построения каких – либо эквидистантных кривых или поверхностей. Траектории инструмента получают, используя аналитический эталон геометрии изготавливаемой детали, что полностью исключает «механические» ошибки и обеспечивает корректное программирование станков с ЧПУ. К примеру, для разработки программы на изготовление штампа использовался аналитический эталон геометрии штампа (рис. 6), а для разработки программы на изготовление детали – аналитический эталон геометрии детали (рис. 1).

При проведении экспериментальных работ широко применялись немерные цилиндрические фрезы. Применение немерных фрез не увеличило трудоемкость разработки программ.

Наибольшую сложность при проведении работ представляла проблема правильного выбора режимов резания. В связи с тем, что для обработки не применялись специальные фрезы с твердосплавными напайками и фасонные конические фрезы, не было возможности воспользоваться имеющимся цеховым опытом по обработке штамповых сталей. В связи с выбором немерных цилиндрических фрез и

отсутствием опыта обработки штамповых сталей этими фрезами режимы резания пришлось подбирать экспериментально.

Общие затраты времени на разработку ЧПУ-программ, с учетом их доводки по ходу эксперимента, составили 6 часов.

### 2.4. Изготовление штампа на оборудовании с ЧПУ

Изготовление штампа производилось в цехе на станке ФП17СМН с системой числового программного управления «Интерполятор». Стойка ЧПУ «Интерполятор» подключена к локальной технологической компьютерной сети цеха. Управляющие программы были переданы на стойку по компьютерной сети и на протяжении эксперимента хранились в запоминающем устройстве стойки.

Наибольшую проблему при изготовлении представлял вопрос подбора обрабатывающего инструмента и его стойкости. К сожалению, для обработки плоскости штампа и со съемом больших массивов материала скоростные головки с твердосплавными напайками применить не удалось. Из-за большой длины оправки ( $L = 200$  мм), используемой для крепления скоростной головки на указанном типе станка, глубина резания оказалась ограниченной до 1,5 мм, в то время как при нормальном закреплении головки глубина резания достигает до 3 – 5 мм за проход. Поэтому обработка нижней части штампа осуществлялась цилиндрической фрезой  $\varnothing 50$  и потребовала 16 часов машинного времени при 6 переточках инструмента.

Необходимо отметить, что использование ЧПУ-обработки для изготовления штампов сокращает объем слесарных работ по доводке штампа. Это происходит за счет достижения более точного приближения к окончательной геометрии формообразующих поверхностей штампа в результате применения информационных технологий. При этом по сравнению с традиционными методами достигается

более высокая точность приближения к проектной геометрии заготовки, что позволяет использовать при проектировании меньшие припуски.

Обработка ручья штампа и замков по программам, полученным по одному и тому же аналитическому эталону геометрии (рис. 6), позволяет гарантировать высокую точность их взаимного расположения в штампе и, как следствие, позволяет гарантировать высокую точность стыковки верхней и нижней частей ручья, что в свою очередь также позволяет уменьшить припуск при проектировании.

### Заключение

Трудозатраты в часах на проектирование штампа при проведении эксперимента составили 18 часов, в том числе: создание аналитического эталона геометрии заготовки по аналитическому эталону геометрии детали – 4 часа; создание аналитического эталона геометрии штампа – 4 часа; консультации по технологии изготовления штампа – 4 часа; создание управляющих программ – 6 часов.

Трудозатраты при изготовлении штампа составили 78,19 часа, в том числе: установка, базирование штампа и обработка поверхности верхней половины штампа – 4 часа; изготовление замков верхней половины штампа по программам № 01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 09 – 8,02 часа; изготовление ручья и облойной канавки верхней половины штампа по программам № 03, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18 – 27,37 часа; разгрузка нижней половины штампа по программе № 02, h-обработки = 40 мм и 6 смен инструмента – 16,00 часов; изготовление замков нижней половины штампа по программам № 06, 07 – 2,27 часа; изготовление ручья нижней половины штампа по программам № 08, 09, 10, 11 – 15,13 часа; слесарная доводка – 5,00 часов.

Таким образом, трудоемкость проектирования составила 18 часов, изготовления – 78,19 часа, а общая трудоемкость производства штампа – 96,19 часа.

Проведенный эксперимент по определению трудоемкости предлагаемой технологии проектирования и производства штампов показал ее высокую эффективность, заключающуюся в возможности использования менее квалифицированного труда рабочих-фрезеровщиков, снижение объема доводочных работ для получения штампа, снижение трудоемкости разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, что по предварительным оценкам позволяет резко снизить технологическую себестоимость производства штампов.

Проведение детального анализа трудоемкостей традиционных технологий и предлагаемой технологии позволит сделать окончательный вывод и оценить экономическую эффективность применения информационных технологий в технологической подготовке производства.

### Литература

1. Современные технологии авиастроения / А.Г. Братухин, Ю.Л. Иванов, Б.Н. Марьян и др. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
2. Технология машиностроения в 2-х т. / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 1999.
3. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2-х т. – М.: Машиностроение, 1967.
4. Кривов Г.А. Технология самолетостроительного производства. – К.: Квіц, 1997. – 459 с.
5. Мухин А.В., Спиридонов О.В. Теоретическая технология: концептуальные основы и приложения в системах искусственного технологического интеллекта // Вестник машиностроения. – 1998. – № 11. – С. 14 – 17.

*Поступила в редакцию 02.03.2004*

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц., А.В. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.