

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А. В. Васильев, А. С. Антонов, Л. В. Поносова, А. Н. Лавронович

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

Целью нашей работы является модернизация технологического процесса (ТП) изготовления моделей натуральных изделий для повышения точности определения аэродинамических характеристик моделей.

Проектирование и изготовление моделей для отработки изделий является актуальной задачей, без решения которой значительно увеличиваются финансовые затраты, время изучения, корректировки и достижения требуемых характеристик натуральных макетов изделий при проведении аэродинамических испытаний, в особенности при высоких скоростях.

На рис.1 представлена схема модели: наконечник 1, корпус 2, дно 3 моделируют внешний профиль изделия.

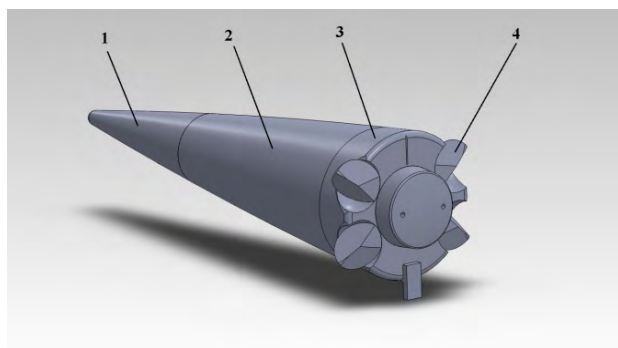


Рис. 1. 3D-схема модели: 1 – наконечник, 2 – корпус, 3 – дно, 4 – сферические щитки

Аэродинамические органы управления предназначены для создания управляющих усилий для маневрирования изделия в полете. Ассиметричные сферические щитки 4 создают заданные управляющие усилия при повороте на определенный угол. Щитки имеют сферическую посадку с корпусом модели и фиксируются штифтом. Геометрические параметры плоского щитка также определяют маневр изделия на траектории движения. Плоский щиток изготавливается как единое целое с корпусом модели. Прочность конструкции оценивается как инженерными, так и численными методами.

Важная роль при аэродинамической отработке моделей принадлежит наземному аэробаллистическому эксперименту, который осуществляется методом отстрела моделей, являющихся масштабной копией натурального изделия, из пороховых и легкогазо-

вых баллистических установок. После выхода из ствола части поддона разделяются и улавливаются отсекателем, а модель, с заданными начальными условиями движения по скорости и углу атаки, пролетает на измерительный участок, на котором осуществляется внешнетраекторная регистрация положения модели, которая заключается в получении ряда последовательных фотоизображений на фоне реперной системы координат тира. После обработки снимков высчитываются 6 координат модели в пространстве в фиксированные моменты времени.

Погрешности определения аэродинамических характеристик (АДХ) моделей влияют на точность прогнозирования полетных траекторий натуральных изделий и напрямую сказываются на его эффективности. Они во многом обусловлены искажением обводов моделей в пределах принятых полей технологических допусков. Рассмотрению подлежали искажения обводов, обусловленные отклонениями размеров радиуса притупления конуса r , длины l и диаметра основания d , рис. 2.

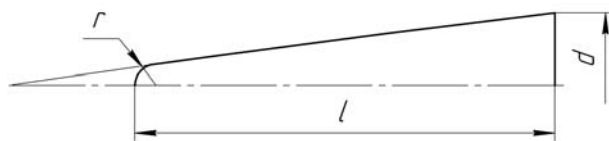


Рис. 2. Модель затупленного конуса

Погрешности АДХ определены в виде отклонений коэффициентов продольной и нормальной сил, а также центра давления у моделей с искаженными обводами, от соответствующих характеристик моделей с номинальными обводами.

В табл. 1 показано, что при увеличении масштаба модели в 2 раза обратно пропорционально уменьшается погрешность определения АДХ модели.

Таблица 1

Значения погрешностей АДХ моделей

D_m , мм	ΔC_x , %	ΔC_n , %	ΔC_d , %
60	1,40	0,15	-0,09
120	0,68	0,07	-0,04

Аналогично, при сохранении масштаба модели повышение точности изготовления внешних обводов напрямую сказывается на повышении точности определения АДХ. Особенно в перспективе разработки специальных изделий с гиперзвуковыми скоростями. Это и послужило решающим фактором разработки технологических решений по модернизации ТП.

Рассмотрим основные операции по изготовлению модели. Особенностью конструкции корпуса является сложно-профильный внутренний контур, состоящий из двух базирующих внутренних элементов с резьбами, а так же внутреннего конусного отверстия с двумя сферическими скруглениями. Изначально для выполнения операции требовалось 9 единиц инструмента, трудоемкость составляла 350 мин, точность размеров располагалась в крайних значениях заданных полей допусков. Результатом внедрения разработанных технологических решений стало сокращение требуемого инструмента в 3 раза, сокращение трудоемкости на 40 %, повышение точности обработки в 3 раза.

Особенностью изготовления внешнего контура модели является криволинейная составляющая, которая состоит из радиуса притупления конуса r , рис. 2, и радиуса внешнего обвода. Изначально выполнение данной операции характеризовалось ступенчатостью получаемого контура с точностью 0,08 мм. После применения разработанных технологических решений удалось устранить ступенчатость и добиться выполнения гладкого внешнего контура, повысить в 2 раза качество изготавливаемой поверхности, значительно снизить трудоемкость, сократить в 3 раза требуемый инструмент и повысить точность получаемых размеров в 4 раза. Например, скругление при вершине r имело допуск 0,1 мм, который на практике составил менее 0,02 мм. Это показал высокоточный контроль размеров при помощи измерительной установки.

Токарные операции по изготовлению модели изначально выполнялись резцами с напаянными пластинами. Механическая обработка таким инструментом, имеет ряд недостатков, среди которых: необходимость постоянной заточки, что влечет за собой многократную переналадку оборудования; при сколе пластины резец приходит в негодность и может испортить изготавливаемую деталь. Обработка происходит при относительно небольших оборотах шпинделя, вследствие чего не удается получить высокое качество шероховатости поверхности. Поэтому одним из основных факторов повышения стабильности и точности получаемых размеров явилось использование современного инструмента со сменными пластинами. Данные пластины не требуют переточки, обладают повышенной износостойкостью и надежностью режущей кромки, что позволяет выполнять обработку в 3 раза быстрее. А качество получаемых поверхностей выше более чем в 2 раза. Это позволяет с максимальной эффективностью применять данный инструмент. Приняв во внимание все вышесказанное, были спроектированы 3 универсальных дер-

жавки под пластины рис. 3с параметрами, которые позволяют обрабатывать все типы моделей, в связи с чем отпала необходимость проектирования специального инструмента под каждый тип моделей, как это было ранее.

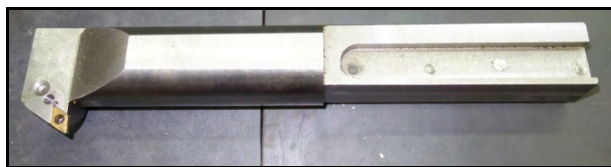


Рис. 3. Универсальная державка под сменные пластины для изготовления всех типов моделей

Фрезерная операция по изготовлению корпуса характеризовалась наличием сферических поверхностей с допуском 0,1 мм, допуском взаимного расположения оси модели и осей посадочных отверстий под сферические щитки 1/4 градуса. При выполнении этих операций по предшествующему технологическому процессу требовалось 6 фасонных фрез 2 типов и еще 7 единиц инструмента, получаемая точность составляла крайние значения допусков, в связи с чем 1 из 10 корпусов, как правило, выходил за требуемые параметры, трудоемкость 560 мин. Внедренные технологические решения, а так же применение метода высокоскоростной обработки (ВСО) позволили отказаться от изготовления трудозатратных фасонных фрез и сократить трудоемкость в 5 раз, точность изготовления повысилась в 3 раза, качество обрабатываемых поверхностей выросло в 2 раза, технологических потерь не зафиксировано.

Особенностью сферических щитков является угловой допуск на взаимное расположение поверхностей сферической части 1/4 градуса. Изготовление отдельно каждого щитка было чересчур трудозатратной и сложной операцией, возникла потребность спроектировать оправку, которая позволила обрабатывать до 6 деталей одновременно, тем не менее, разброс получаемых размеров составлял более 0,12 мм и у четверти изготавливаемых деталей размеры выходили за поля допусков. Изготовление сферических щитков на обрабатывающем центре с числовым программным управлением с применением метода ВСО позволило:

- отказаться от изготовления трудоемкой оправки,
- повысить точность более чем в 3 раза,
- сократить трудоемкость почти в 3 раза,
- снизить технологические потери в 5 раз, так как точность и стабильность получаемых размеров выше за счет возможности применения метода высокоскоростной обработки.

При использовании метода ВСО важно еще на этапе подготовки производства выявить возможные неточности в управляющей программе. Для этого используется виртуальное моделирование процесса изготовления деталей. В качестве симулятора применяется САМ система, в которой моделируются

и обрабатываются управляющая программа механической обработки рис. 4, рис. 5. При виртуальной симуляции можно визуально определить положение инструмента и исключить ошибки – выход инструмента за габариты детали или врезание в приспособления.

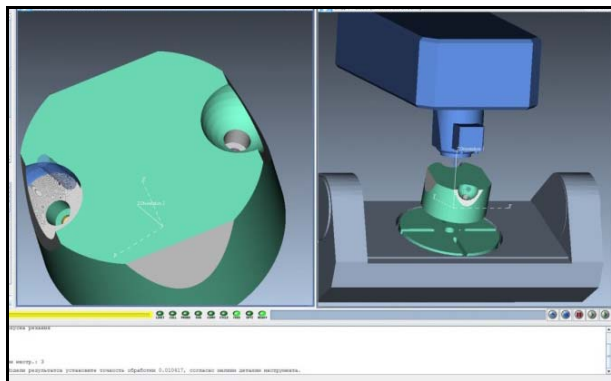


Рис. 4. Симуляция механической обработки сферических посадочных отверстий под щитки

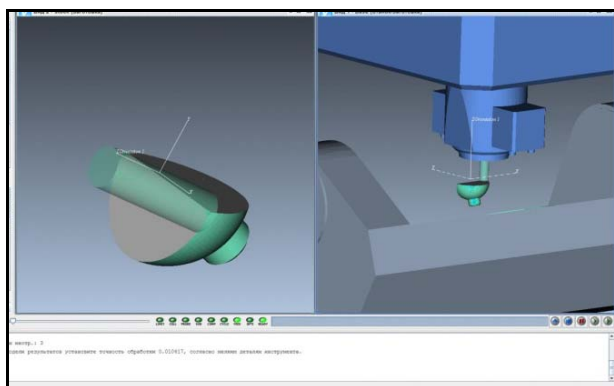


Рис. 5. Симуляция механической обработки сферических щитков

Для изготовления моделей были спроектированы резьбовые оправки с базирующим элементом, обеспечивающие высокую точность базирования деталей в процессе изготовления, что обеспечивает требуемую конструкторской документацией соосность составных частей при обработке в сборе. Особенностью приведенных выше оправок, является защита от повреждений готовых резьб и наружных поверхностей деталей, образующихся в результате зажатия детали в патроне. К оптимизации ТП также привело и то, что для стабильного выполнения требований конструкторской документации к позиционированию сферических щитков в посадочных отверстиях модели была спроектирована и изготовлена оправка. В ее конструкции предусматривается выполнение паза под прямоугольный щиток, который используется в качестве технологической базы. Также технологической базой служит цилиндрический хвостовик. При установке оправка позиционируется при

помощи технологических баз и жестко фиксируется в необходимом положении, в котором торцы щитков упираются в боковые выступы, тем самым исключается возможность появления погрешности. Это позволяет обеспечить требуемую точность установки и сделать сам процесс позиционирования щитков гораздо эффективнее и быстрее.

Пооперационный и окончательный контроль при изготовлении модели осуществлялся на координатно-измерительной машине, рис. 6, с помощью оптического щупа с 40 кратным увеличением. Проведение данного вида контроля заключается в измерении детали, путем считывания точек, и получения фактически измеренных элементов таких как: прямая, сфера, радиус. Далее строится система координат в соответствии с чертежом, после чего проводится анализ полученных данных и составляется протокол измерений с результатами и графическое отображение фактического размера в пределах допуска.

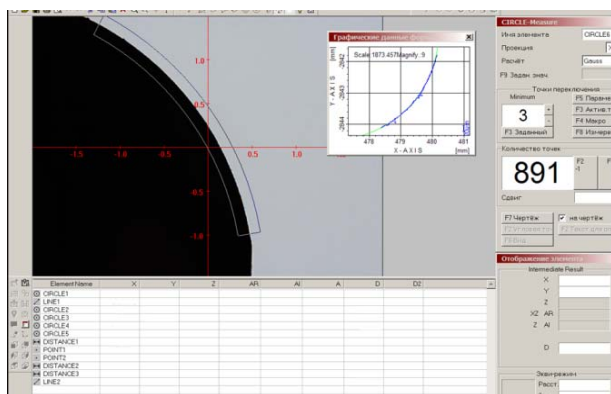


Рис. 6. Измерения модели на координатно-измерительной машине

Рассмотрев все особенности конструкции моделей, проанализировав действующий ТП, оборудование и инструмент, был разработан комплекс технологических решений, который позволил:

- 1) повысить точность геометрических размеров в 2,5 раза;
- 2) сократить количество времени затраченного на проектирование и изготовление оснастки и специального инструмента в 2 раза;
- 3) улучшить качество изготавливаемых поверхностей в 2 раза;
- 4) сократить время изготовления моделей более чем в 3 раза;
- 5) сократить номенклатуру требуемого для изготовления инструмента в 2 раза;
- 6) снизить материальные затраты на изготовление моделей

Некоторые результаты внедрения разработанных тех. решений показаны в табл. 2.

Сводная таблица результатов применения принятых технологических решений

Деталь	Технологический процесс	Точность размеров, мм.	Качество поверхности (шероховатость Rz, мкм.)	Технологические потери, %	Основное время механической обработки, мин.
Наконечник	Прежний	0,05	40	5	150
	Внедренный	0,03	12,5	1	40
Корпус	Прежний	0,04	20	20	420
	Внедренный	0,02	12,5	5	130
Сферические щитки	Прежний	0,06	40	25	350
	Внедренный	0,02	12,5	5	50
Модель в сборе	Прежний	0,05	20	10	110
	Внедренный	0,02	10	1	20

Например, при изготовлении модели в сборе точность увеличилась в 2,5 раза, а технологические потери сократились фактически до нуля.

Разработанные технологические приемы были внедрены на базе опытного цеха 1805. Они используются при решении сложных технологических задач по изготовлению высокоточных сборочных единиц с высокой степенью стабильности получаемых размеров, а также для изготовления широкого спектра деталей сложнопрофильной конструкции.

Внедрение новых прогрессивных технологий:

- привело к значительному повышению качественных и точностных параметров изготавливаемых моделей;

- позволило в 2,5 раза повысить стабильность геометрических характеристик и соответственно в 2,5 раза повысить точность определения АДХ моделей в связи, с чем отпала необходимость изготовления более трудоемких и затратных моделей больших диаметров;

- позволило на треть сократить общее потребное количество опытов для определения АДХ моделей и сократить количество аварийных опытов, свя-

занных с некорректным заходом моделей в аэробаллистический тир.

Наработаны принципы технологических решений, открывающие возможность их применения при изготовлении специальных изделий, предназначенных для испытаний на гиперзвуковых скоростях.

Литература

1. Каценеленбоген М. Е., Лебединский Н. Я. Справочник работника механического цеха. Москва, 1962.
2. Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г., Волков В. С. и др. Обработка металлов резанием. Москва, 1988.
3. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты. Киев, 1986.
4. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. Москва, 1963.
5. Золин И. М., Зыбкин В. В. Справочник конструктора, ч. 1. Нижний Новгород, 2003.