

КОНТРОЛЬ ШАБЛОНОВ ПО МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ НА МОДЕРНИЗИРОВАННОМ МИКРОСКОПЕ

К.т.н., зав. лабораторией САПР Суслин В.П., инж. Шутер М.Г.

На предприятиях, выпускающих газотурбинные двигатели, в производстве лопаток задействовано большое количество шаблонов для контроля сечений. Шаблоны после изготовления и периодически в процессе эксплуатации проходят метрологическую проверку на правильность геометрии.

Шаблон изготовлен из листового металла толщиной 4-5 мм, имеет две узкие взаимно перпендикулярные плоскости для базирования и контрольный профиль (рис.1).

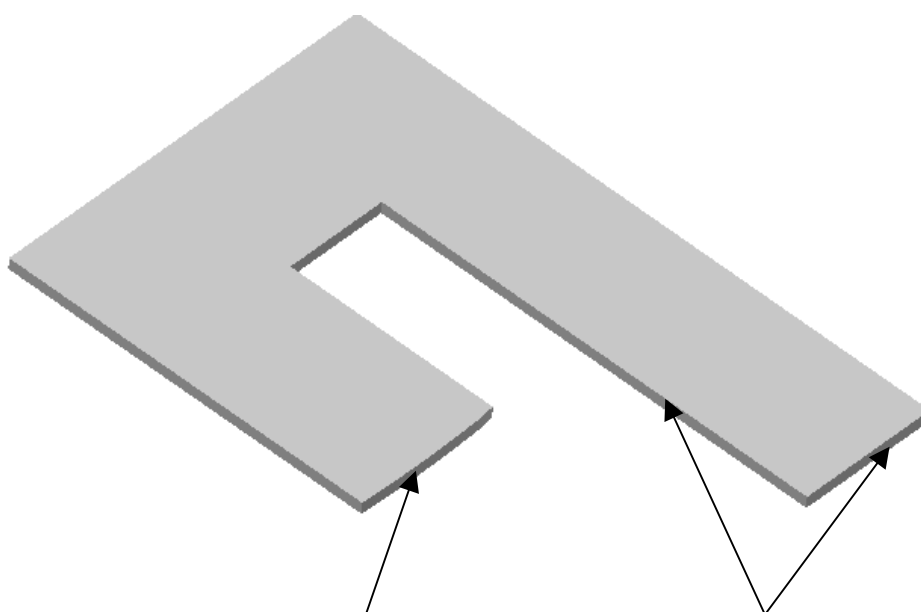


Рис.1. Конструкция шаблона

В измерениях шаблон рассматривается как плоская конструкция, в которой базирующие элементы являются прямыми, а профиль шаблона представляет собой плоскую кривую. При этом профиль шаблона задан на чертеже таблично координатами X, Y его точек.

Система координат шаблона выстроена следующим образом: ось X направлена по более длинной из базирующих прямых, а начало координат находится в точке пересечения базирующих прямых. Именно в этой системе координат определен на чертеже профиль шаблона.

Традиционно для контроля шаблонов используются инструментальные микроскопы. Расположением шаблона и настройками микроскопа устанавливается система координат микроскопа так, чтобы она совпала с системой координат шаблона. Затем с помощью

микроподачи устанавливается координата Y табличной точки, а микроподачей по оси X визир микроскопа позиционируется на кромке профиля шаблона. Значение координаты X списывается с цифрового индикатора или с экрана компьютера и определяется его отклонение от номинального значения. Эти операции проводятся для всех табличных точек, число которых может составлять до нескольких десятков. На основании полученных отклонений делается вывод о годности или негодности шаблона.

Описанный процесс контроля шаблонов чрезвычайно трудоемок, напрягает зрение оператора, не обеспечивает высокой точности измерений. Поэтому возникла идея усовершенствовать его за счет модернизации микроскопа и применения специального программного обеспечения.

Модернизация заключалась в замене объектива контактной измерительной головкой фирмы Renishaw, которая используется на координатно-измерительных машинах, установке оптических линеек фирмы СКБ ИС по осям X, Y , измерительного процессора и блока сопряжения с персональным компьютером, разработанных в лаборатории САПР (рис.2). В качестве программного обеспечения использованы разработанные в лаборатории САПР пакет ГеоАРМ-2D – двумерная версия измерительной программы ГеоАРМ и пакет ГеоКон для контроля по мат. моделям, доработанный для выполнения операций строго в плоскости [1],[2].



Рис.2. Микроскоп с контактной головкой

После модернизации микроскоп прошел метрологическую аттестацию по специально разработанной программе для определения предельных погрешностей ощупывающей головки и измерения длины.

Погрешность ощупывающей головки определена путем статистической обработки результатов измерений окружности по 20 точкам образцового кольца в 16 положениях на столе, расположенных равномерно по плоскости стола. Она составила ± 1.2 мкм.

Определение погрешностей измерений длины производилось путем измерений концевых мер длины (КМД), располагаемых параллельно координатным осям и по двум диагоналям плоскости измерений. Вдоль каждой координатной оси КМД располагались в трех положениях: в центре стола и на краях рабочей зоны. По диагоналям КМД располагались в центре стола.

В каждом положении производилось измерение КМД следующих длин:

- вдоль оси X и по диагоналям 20, 40, 60, 80, 150 мм;
- вдоль оси Y 20, 40, 60, 80 мм.

Измерение длины КМД проводилось путем определения расстояния между прямой и точкой, измеренных на рабочих плоскостях КМД. Расстояние было скомпенсировано на диаметр наконечника.

Каждая КМД в конкретном положении измерялась три раза с определением каждый раз ошибки измерения длины $\Delta_i(L_j)$ мкм, где i – номер измерения КМД, L_j – длина j -ой КМД.

В результате статистической обработки результатов измерений были определены коэффициенты формулы для предельной погрешности прибора в зависимости от измеряемой длины

$$\Delta = \pm (2.2 + L/70) \text{ мкм, где } L \text{ – измеряемая длина в мм.}$$

Полученные метрологические характеристики допускают применение прибора для контроля шаблонов, верхний и нижний допуски у которых равны соответственно 0.000 мм и –0.010 мм.

Процесс контроля шаблона на модернизированном микроскопе производится следующим образом. Шаблон закрепляется на столике микроскопа. Запускается программа ГеоАРМ-2D, с помощью которой выполняются последующие действия. Производится измерение двух базирующих прямых путем касания соответствующих плоскостей наконечником контактной измерительной головки с компенсацией радиуса наконечника.

Находится точка пересечения прямых. Начало системы координат измерений помещается в эту точку, а ось X устанавливается по более длинной прямой. Затем производится измерение произвольных точек профиля шаблона в режиме полигона (ломаной линии). Точки измерения каждой из прямых также преобразуются в полигон. Координаты точек трех полигонов выводятся в файл для контроля по мат. модели.

Запускается программа ГеоКон, которая читает из файла математическую модель шаблона в формате IGES или STL, и из другого файла – координаты точек обмера шаблона. Если мат. модель шаблона создана в той же системе координат, в которой проводились обмеры шаблона, то точки обмера и мат. модель сразу окажутся совмещены, как показано на рис.3, где кружочками обозначены положения наконечника измерительной головки.

Сначала требуется оценить правильность базирования. Для этого нужно сделать неактивными обмеры профиля шаблона и посмотреть только отклонения в точках обмера базисуемых элементов (рис.4). На диаграмму отклонений выведено значения максимального и минимального отклонений точек обмера базисуемых элементов от математической модели.

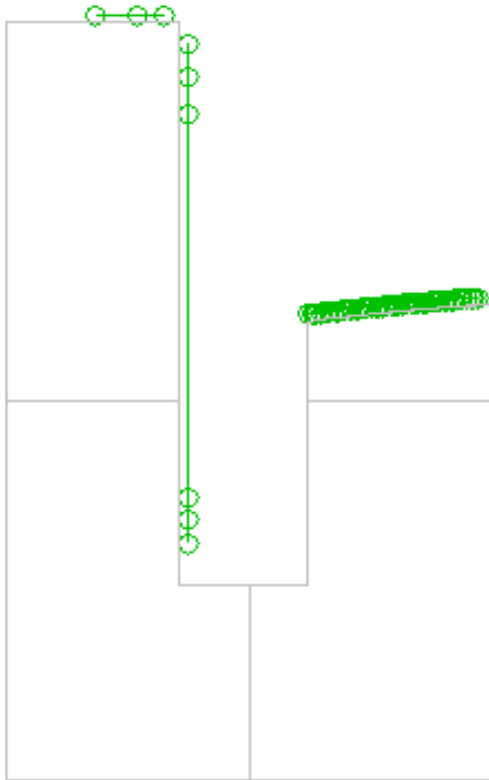


Рис.3. Мат. модель и точки обмера

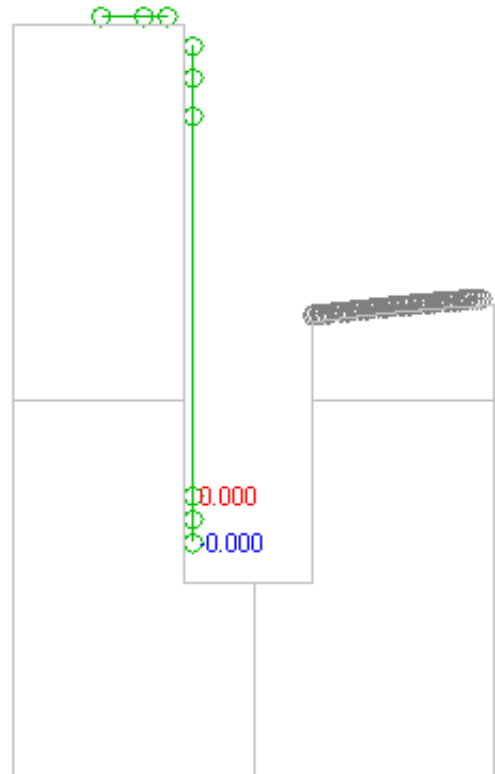


Рис.4. Отклонения базисуемых элементов

В данном случае отклонения менее 1 мкм, поэтому можно считать, что базирование при измерениях шаблона выполнено с высокой точностью.

Теперь нужно сделать активными обмеры профиля шаблона и посмотреть его отклонения от мат. модели. Получим диаграмму, показанную на рис.5.

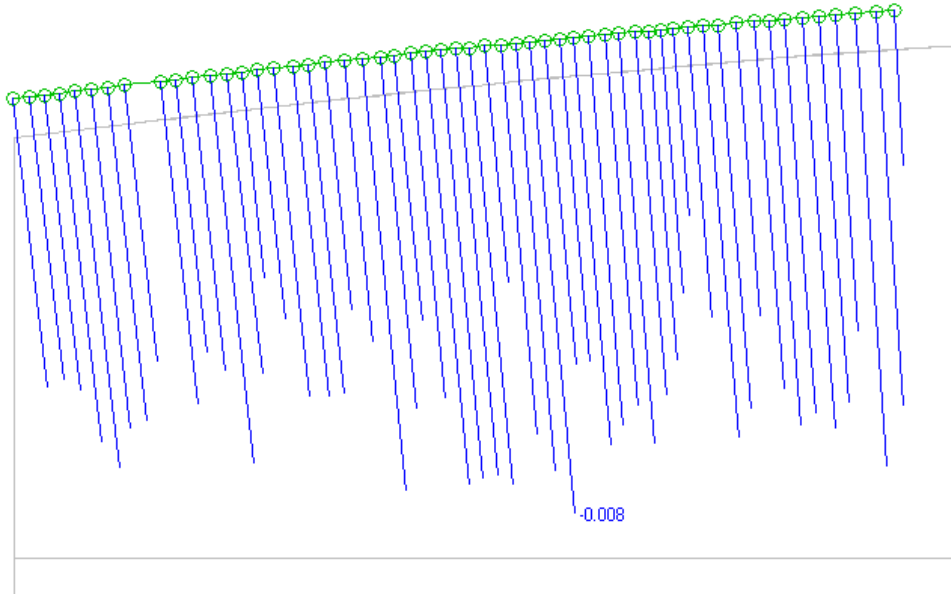


Рис.5. Диаграмма отклонений профиля шаблона

Все отклонения точек профиля шаблона отрицательные (в тело шаблона), минимальное отклонение составляет -8 мкм при допустимом -10 мкм, следовательно, шаблон признается годным.

Диаграмма отклонений может быть выведена на принтер в виде отчета о геометрическом контроле с соответствующими реквизитами: наименование и шифр детали, верхний и нижний допуски, дата и время и т.д. Графический отчет является наглядным и убедительным производственным документом.

Контроль шаблонов на модернизированном микроскопе в режиме контактных измерений имеет существенные преимущества по сравнению с контролем в оптическом режиме:

1. Производительность в несколько раз выше.
2. Комфортнее работать оператору – не требуется точное позиционирование по координатам X,Y и существенно ниже нагрузка на зрение.
3. Результаты контроля более объективные, так как отсутствует субъективный фактор, имеющий место при позиционировании визира на кромке шаблона.

На модернизированном микроскопе возможно выполнение любых линейных и угловых измерений плоских деталей. Большие преимущества дает применение измерительной программы ГеоАРМ-2D, имеющей все функции современного программного обеспечения координатно-измерительных машин, адаптированного для измерений в плоскости.

Что касается контроля по мат. моделям, то кроме шаблонов, возможно его применение для копиров, вырубных штампов и других деталей с криволинейными контурами.

Литература.

1. Суслин В.П., Макаров А.И., Джунковский А.В., Шутер М.Г. Программы измерений и контроля деталей автомобильной техники. Ж-л «Автомобильная промышленность», №3, 2005 г., с.39-40.
2. Суслин В.П., Суслин А.В., Макаров А.И. Геометрический контроль изделий сложной формы. Ж-л "САПР и графика" №9, 1999 г., с.76-78.