

Метрологическое обеспечение первичного формообразования авиационных деталей на фрезерных станках с ЧПУ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Харьковское государственное авиационное производственное предприятие*

Технологические измерения в традиционном самолетостроительном производстве в основном осуществляются с помощью специальных измерителей – шаблонов, являющихся нестандартными измерительными средствами. Это связано с применением плазово-шаблонного метода для передачи форм и размеров. Применение для передачи форм и размеров оборудования с ЧПУ и анаэтов позволяет исключить применение в качестве нестандартных измерительных средств шаблоны и использовать для технологического контроля координатно-позиционирующие системы оборудования с ЧПУ как координатно-измерительные системы.

Ранее в наших работах [3 – 4] были исследованы особенности технологических измерений, проводимых как определение местоположения в пространстве центра измерительной тактильной головки, и показаны возможности применения косвенного метода измерения форм и размеров изготавливаемой поверхности с помощью эквидистантных поверхностей. Однако вопросам метрологического обеспечения первичного формообразования в этих исследованиях уделено недостаточно внимания.

Целью настоящей работы является исследование необходимых условий метрологического обеспечения технологических измерений, проводимых с помощью координатно-позиционирующей системы оборудования с ЧПУ.

Фрезерные станки с ЧПУ в отличие от расточных станков не проходят проверку на технологическую точность. А проверка на паспортную точность не гарантирует обеспечения точности измерений, проводимых с помощью координатно-позиционирующей системы станка. В самом деле, при проверке на паспортную точность проверяются, как это следует из формы акта (рис. 1), следующие параметры координатно-позиционирующей системы станка:

- взаимная перпендикулярность продольного перемещения стола и поперечного перемещения ползуна;
- перпендикулярность направления перемещения пиноли фрезерной головки к рабочей поверхности стола в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

При этом следует заметить, что эти параметры проверяются не работниками отдела главного метролога с применением точных измерительных средств, а работниками цеха и отдела главного механика (рис. 1).

Однако координатно-позиционирующая система станка с ЧПУ, используемая для координатных измерений, требует более расширенной проверки и с применением современных метрологических средств и методов. Если проанализировать, как проверяется точность, родоначальников координатно-измерительных машин, координатно-расточных станков, то можно увидеть, что она проверяется не измерениями параметров станка, а измерениями параметров изготовленной на станке детали, т.е. косвенно [4]. Следовательно, точность координатно-позиционирующей системы фрезерного станка также необходимо проверять также косвенно, т.е. путем измерения координат эталонной детали.

АКТ №			
проверки нормы точности станка фрезерного вертикального с ЧПУ модель ФП-17МН5, инв. № 0000, ц. 000 после _____ ремонта от «__» _____ 200_ г.			
№ п/п	Что проверяется	Отклонения, мм	
		Допустимое	Факти- ческое
1	Плоскостность рабочей поверхности стола	0,03 на длине 1000	
2	Параллельность рабочей поверхности стола направлению его продольного перемещения	0,03 на длине 1000	
3	Параллельность боковых сторон среднего паза стола направлению его продольного перемещения	0,02 на длине 1000	
4	Параллельность рабочей поверхности стола направлению поперечного перемещения ползуна	0,02 на длине 500	
5	Взаимная перпендикулярность продольного перемещения стола и поперечного перемещения ползуна	0,02 на длине 300	
6	Перпендикулярность рабочей поверхности стола к направлению вертикального перемещения фрезерной головки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях	0,02 на длине 300	
7	Перпендикулярность направления перемещения пиноли фрезерной головки к рабочей поверхности стола в двух взаимно перпендикулярных плоскостях	0,02 на длине хода	
8	Перпендикулярность оси вращения шпинделя к рабочей поверхности стола	0,02 на длине 300	
9	Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя	0,01 у основания 0,02 на длине 300	
10	Осевое биение шпинделя	0,02	
Контролер _____ Механик цеха _____ Технолог ОГМ _____			

Рис. 1. Акт проверки паспортной точности станка

Вопросы выбора эталонных деталей для проверки технологической точности координатно-позиционирующей системы являются довольно сложными. И основная сложность контроля технологических измерений заключается в проблеме неопределенности координат точки касания сферической головки тактильного щупа и измеряемой поверхности. Применение эквидистантных областей допустимых положений центра сферической головки тактильного щупа решает эту проблему лишь частично. С помощью таких областей можно проверить, находится ли позиционирующая система станка в допуске при измерениях эталонной детали или нет. Дать ответ на вопрос, насколько система далека или близка к допуску на технологические измерения с помощью эквидистантных областей допустимых положений, невозможно.

Для создания метрологического обеспечения первичного формообразования на оборудовании с ЧПУ необходимо решить как минимум две взаимосвязанные

проблемы: первая – выбор эталонной детали, вторая – выбор или построение функционала близости для сравнения двух поверхностей (эталонной и измеренной).

В качестве одной из эталонных поверхностей общего вида, со знакопеременной кривизной можно использовать седловую поверхность, уравнение которой

$$z = (x + y) \cdot (x - y). \quad (1)$$

Внешний вид эталонной детали с этой поверхностью показан на рис. 2. Эта поверхность носит название гиперболического параболоида и относится к так называемым линейчатым поверхностям. Плоские горизонтальные сечения имеют вид гипербол, а вертикальные, как это видно из рис. 2, – парабол.

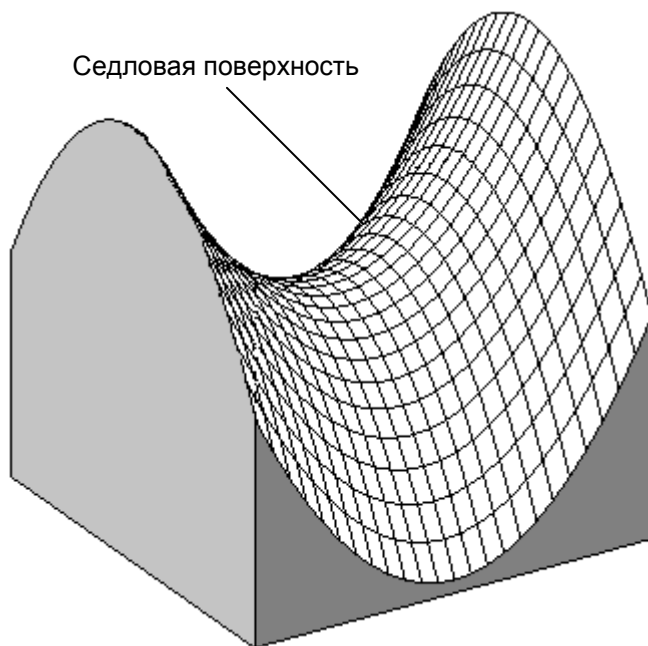


Рис. 2. Эталонная деталь

Так как координаты каждой точки этой детали известны, то, проведя измерения в заданных точках (x_i, y_i) , получим ассоциированные значения z_i положений центра сферической головки тактильного щупа. По положениям головки z_i можно восстановить поверхность, на которой находился центр измерительной головки. Эта поверхность, очевидно, эквидистантна к седловой поверхности детали. Расстояние, на котором находятся точки центров измерительной головки, равно ее радиусу. Используя эту информацию, получим уравнение поверхности положений центра измерительной головки во время ее контакта с эталонной поверхностью при измерении следующим образом.

Известно, что уравнение касательной плоскости для произвольной поверхности, заданной в общем виде уравнением

$$F(x, y, z) = 0,$$

будет иметь следующий вид:

$$(x - a) \cdot F'_x(a, b, c) + (x - b) \cdot F'_y(a, b, c) + (x - c) \cdot F'_z(a, b, c) = 0,$$

где $F'_x(a, b, c)$, $F'_y(a, b, c)$, $F'_z(a, b, c)$ – значения частных производных в точке поверхности с координатами $x = a, y = b, z = c$.

Центр измерительной головки будет расположен по нормали к касательной плоскости на расстоянии r радиуса измерительной головки и его координаты:

$$\xi = a + F'_x(a, b, c) \cdot r; \quad \eta = b + F'_y(a, b, c) \cdot r; \quad \zeta = c + F'_z(a, b, c) \cdot r.$$

Подставив частные производные от функции седловой поверхности (1)

$$F'_x(a,b,c) = -2a, \quad F'_y(a,b,c) = 2b, \quad F'_z(a,b,c) = 1,$$

получим уравнение для координат (ξ, η, ζ) эквидистантной поверхности в параметрическом виде, где (a, b, c) – точка касания поверхности и измерительной головки

$$\xi = a - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2 + 1}} \cdot r; \quad \eta = b + \frac{2b}{\sqrt{4a^2 + 4b^2 + 1}} \cdot r; \quad \zeta = c + \frac{1}{\sqrt{4a^2 + 4b^2 + 1}} r,$$

и, окончательно,

$$\xi = x \cdot \left(1 - \frac{r}{\sqrt{x^2 + y^2 + .25}} \right); \quad \eta = y \cdot \left(1 + \frac{r}{\sqrt{x^2 + y^2 + .25}} \right); \quad \zeta = z + \frac{r}{2 \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + .25}}.$$

Для удобства использования полученных соотношений между координатами исходной и эквидистантной поверхностями обозначим

$$\delta(r) = \frac{r}{\sqrt{x^2 + y^2 + .25}}.$$

В этом случае соотношения между координатами получают следующий вид:

$$\xi = x \cdot (1 - \delta(r)); \quad \eta = y \cdot (1 + \delta(r)); \quad \zeta = z + .5 \cdot \delta(r). \quad (2)$$

При проверке точности измерения координат седловой поверхности используем эквидистантные области допустимых положений центра измерительной головки. Точки граничной поверхности, удаленной от измеряемой на радиус измерительной головки, получаем из соотношений (2). Внешний вид граничной и исходной поверхностей, образующих область допустимых положений, показан на рис. 3.

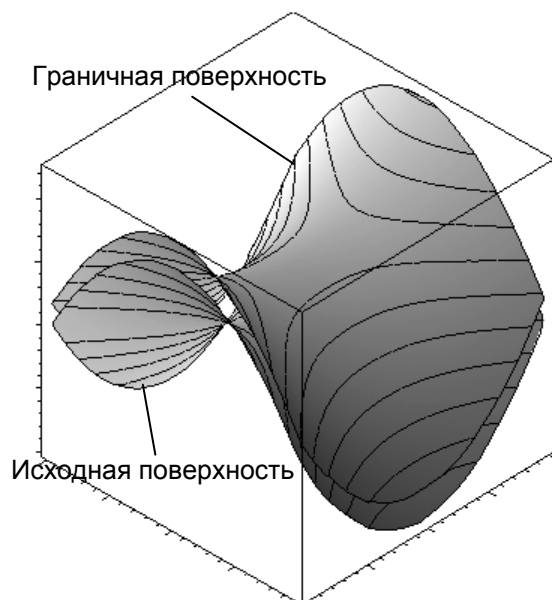


Рис. 3. Эквидистантная область допустимых положений

Размещая эталонную деталь в различных точках рабочего пространства станка, получим характеристику точности его координатно-позиционирующей системы.

Для проверки координатно-позиционирующей системы станка помимо эталонной детали с поверхностью общего вида следует использовать детали, содержащие плоскость и полусферу. Внешний вид таких деталей и их эквидистантные области допустимых положений центра измерительной головки представлены на рис. 4.

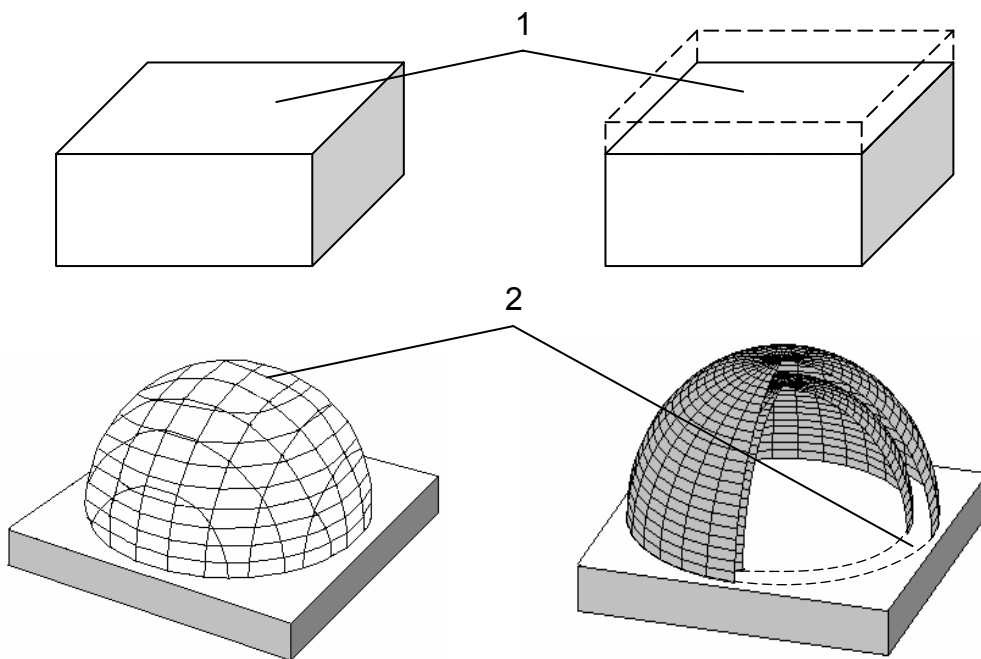


Рис. 4. Эталонные детали с поверхностями и эквидистантные области допустимых положений центра измерительной головки:
1 – плоскость, 2 – сфера

Таким образом, в результате проведенных исследований можно утверждать, что необходимыми условиями метрологического обеспечения координатных измерений с помощью позиционирующей системы станка являются наличие эталонных деталей с поверхностями, уравнения которых известны, и аналитические эталоны областей допустимых положений центра измерительной головки, которые строятся по их уравнениям.

Список литературы

1. Измерения в промышленности / Под ред. П. Профоса; Пер с нем. – М.: Металлургия, 1980. – 648 с.
2. Данильченко В. П. Метрологическое обеспечение промышленного производства: Справочник / В. П. Данильченко, Р. А. Егошин. – К.: Техніка, 1982. – 151 с.
3. Науменко П. О. Технологический контроль и технологическая подготовка авиационного производства // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2002. – Вып. 14. – С. 3 – 8.
4. Науменко П. О. Технологические измерения в самолетостроительном производстве и их метрологическое обеспечение // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2003. – Вып. 19. – С. 18 – 23.
5. Науменко П. О. Применение эквидистантных областей для технологического контроля поверхностей общего вида / П. О. Науменко, И. В. Бычков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2005. – Вып. 29. – С. 5 – 10.