

Исследование возможности использования измерительных циклов для компенсации погрешности положения заготовки¹

Л.И. Мартинова,
к.т.н., доц., liliya-martinova@yandex.ru
А.В. Стась,
асп., anna.stas2015@yandex.ru
Я.В. Шачнева,
magus-m, yamictes@yandex.ru
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

В работе проанализированы измерительные циклы для определения реального положения заготовки и виды коррекции положения, представлен метод определения вектора погрешностей установки, определяемый при помощи обмера шести контрольных точек, определяемых на трех технологических базах.

Также в статье выявлены преимущества использования спутника при установке заготовки.

In this paper there is the analysis the measuring cycles to determine the actual position of the workpiece and the types of position correction, proposed a method for determining the vector of installation errors, determined by means of measurement of six reference points, determined on three technological bases.

And also in article there are showed the benefits of the using of satellite during the installation of the workpiece.

В процессе обработки заготовки на станке конченная точность детали формируется за счет пространственных размерных связей, которые образуют технологические размерные цепи. Составляющими звеньями этих цепей являются размеры и относительные повороты поверхностей деталей станка, приспособления, инструмента и заготовки. Поверхности (или сочетания поверхностей) получаемые в результате обработки заготовки на станке, занимают определенное положение относительно технологических баз заготовки, поэтому погрешность установки заготовки на станке будет непосредственно влиять на точность геометрических параметров изготавливаемой детали. [1, 2, 3, 4]

Автоматический контроль положения заготовок в системе координат станка выполняется с целью управления точностью изготовления деталей.

Перед обработкой заготовка устанавливается либо непосредственно на рабочий стол станка, базируется и закрепляется с использованием специальных опорных элементов зажимов и др., либо сначала заготовка устанавливается и закрепляется в приспособлении-спутнике (что осуществляется вне рабочей зоне станка), после чего приспособление-спутник закрепляется на столе станка. Установка и закрепление спутника на столе станка, как правило, простое и не требует много времени.

Преимущества использования приспособления-спутника особо проявляются при обработке сложных заготовок, установка, базирование и закрепление которых требуют больших затрат непроизводительного времени.

При закреплении детали как с использованием приспособления-спутника, так и без него, возникают погрешности установки заготовки, причем в первом случае эта погрешность включает также и погрешность установки приспособления-спутника. Эти погрешности нужно контролировать во избежание брака. [5]

Фактическое положение заготовки определяется путем замера координат точек поверхностей, используемых в качестве системы координат заготовки (детали), что выполняется при помощи измерительного щупа по специальным программам (измерительным циклам). [6, 7]

Измерительные циклы, в зависимости от их типа, определяют положение заготовки либо методом сравнения центров двух отверстий (валов) на детали, если их положение симметрично, либо касанием двух или более точек на ее поверхности, сравнивая их положение из требуемым и т.д.

Ниже рассмотрены 2 цикла определения положения заготовки:

- измерение положения координат точек плоскости системы координат заготовки (детали) по 2-м контрольным точкам (b)
- Рис. 1 –(a);
- измерение положения точек системы координат заготовки (детали) по 2-м отверстиям или валам (b)
- Рис. 1 –(b)).

При использовании цикла определения положения заготовки по двум точкам, которые должны лежать на одной прямой, измерительный щуп на подаче измерения производит касание в каждой из заданных в УП контрольных точек на поверхности заготовки. После вычисления угла, на который может быть повернута при этом заготовка в данной плоскости, система ЧПУ осуществляет реальный либо виртуальный поворот заготовки.

При использовании цикла обмера центров отверстий или валов, сначала проводят обмер каждого из отверстий (валов) по 4 или 3 точкам, определяют центры. Сравнение координат центров проводят аналогично сравнению двух точек в предыдущем варианте. Если плоскость повернута, проводят коррекцию положения заготовки. [6]

При выявлении наклонного положения заготовки, система ЧПУ должна его компенсировать либо при помощи виртуального вращения осей (при этом положение заготовки не меняется, коррекция происходит внутри программы), либо движением реальных осей или поворотом круглого стола станка, меняя при этом положения заготовки. [6]

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

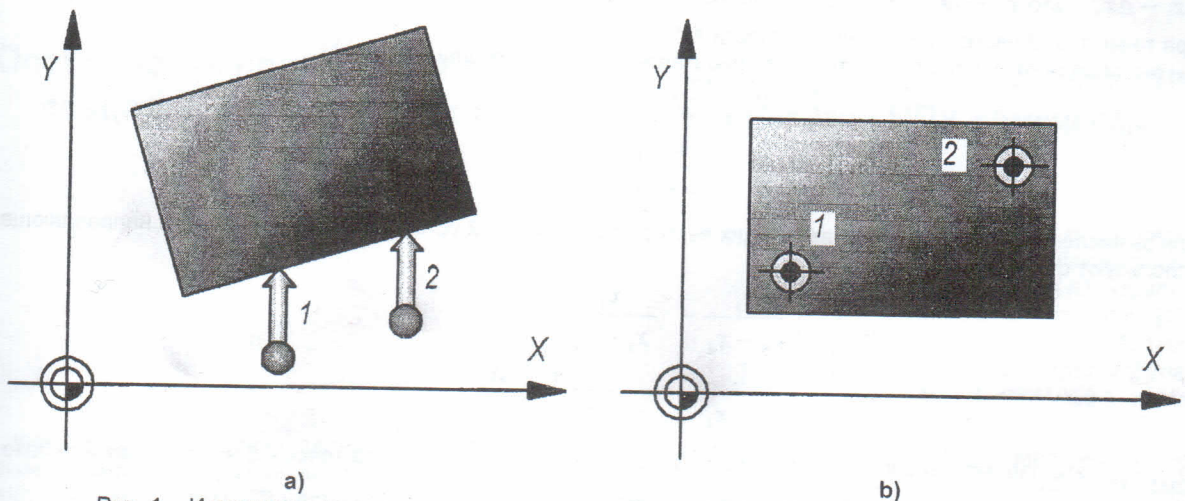


Рис. 1 – Измерительные циклы для определения положения заготовки: по двум точкам (а) и по двум отверстиям (валам) (b)

Ниже подробно рассмотрен метод определения вектора погрешностей установки заготовки по результатам обмера.

Для того чтобы определить все параметры вектора погрешностей, производят обмер в шести контрольных точках на поверхности заготовки. Однако есть много частных случаев, например, обмер 3-х или 2-х точек.

Для определения вектора погрешностей, состоящего из шести контролируемых точек, на поверхности измеряемой заготовки выделяют три поверхности, определяющие систему координат заготовки (Рис. 2):

- поверхность, параллельная установочной базе, на которой размещаются 3 контрольные точки (точки 1, 2, 3); измерение в этих трех точках дает реальное положение и разницу между заданным и реальным положением относительно оси OZ;
- поверхность, параллельная направляющей базе, на которой располагаются 2 контрольные точки (точки 4, 5); измерение в этих двух точках дает реальное положение и разницу между заданным и реальным положением относительно оси OY;
- поверхность, параллельная опорной базе, включающей одну контрольную измерительную точку (точка 6); измерение в этой точке дает реальное положение и разницу между заданным и реальным положением относительно оси OX;

Для получения более точных результатов желательно программировать контролируемые точки с наибольшей удаленностью друг от друга на рабочей плоскости детали. [5]

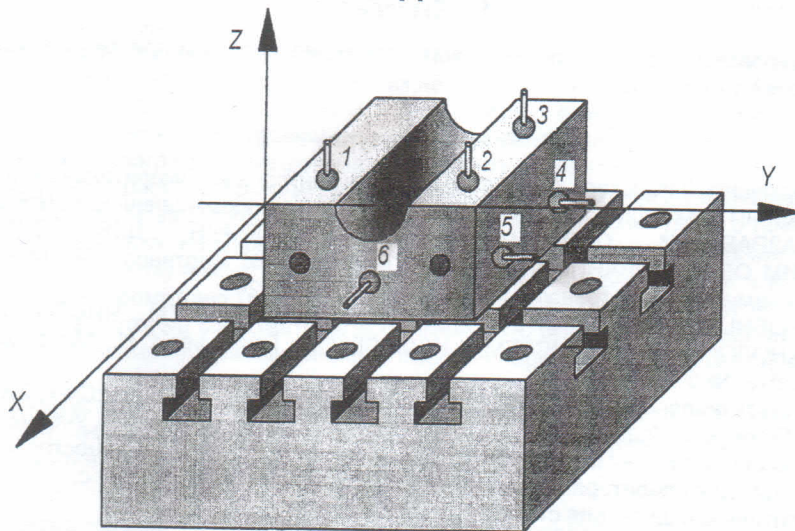


Рис. 2 – Определение вектора параметров погрешностей установки заготовки с помощью обмера шести точек

Для вычисления параметров составляющих вектора погрешностей установки, возникающих на установочной базе, используется формулу 1: [5]

$$\begin{bmatrix} c_{y3} \\ \lambda_{y3} \\ \beta_{y3} \end{bmatrix} = \frac{1}{C} \begin{bmatrix} (x_2 y_3 - x_3 y_2) & (y_1 x_3 - y_3 x_1) & (y_2 x_1 - y_1 x_2) \\ (y_3 - y_2) & (y_1 - y_3) & (y_2 - y_1) \\ (x_3 - x_2) & (x_1 - x_3) & (x_2 - x_1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta z_1 \\ \Delta z_2 \\ \Delta z_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$c_{y3}, \lambda_{y3}, \beta_{y3}$ - это параметры погрешностей, которые вычисляются после обмера точек 1, 2, 3 на установочной базе.

$\Delta z_1 - \Delta z_3$ - это величины отклонений положения заготовки относительно оси OZ, которые вычисляются после обмера точек 1, 2, 3 перпендикулярно плоскости XY.

C - это определитель системы, который представлен в виде формулу 2: [5]

$$C = \begin{bmatrix} 1 & y_1 & -x_1 \\ 1 & y_2 & -x_2 \\ 1 & y_3 & -x_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Для вычисления параметров составляющих вектора погрешностей установки, возникающих на направляющей базе, используют формулу 3: [3]

$$\begin{bmatrix} b_{y3} \\ \gamma_{y3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x_5}{x_5 - x_4} & -\frac{x_4}{x_5 - x_4} \\ 1 & 1 \\ \frac{x_5}{x_5 - x_4} & -\frac{x_4}{x_5 - x_4} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta y_4 \\ \Delta y_5 \end{bmatrix} \quad (3)$$

b_{y3}, γ_{y3} - это параметры погрешностей, которые вычисляются после обмера точек 4,5 на установочной базе.

X4, X5 - это координаты контрольных точек относительно оси OX.

$\Delta y_4 - \Delta y_5$ - это величины отклонений положения заготовки относительно оси OZ, которые вычисляются после обмера точек 4,5 перпендикулярно плоскости XY (Рис. 2).

Для вычисления параметров составляющих вектора погрешностей установки, возникающих на опорной базе, используют формулу 4: [5]

$$\alpha_{y3} = \Delta x_6 \quad (4)$$

α_{y3} - это параметр погрешности, которая вычисляются после обмера точки 6 на опорной базе.

Δx_6 - это величина отклонения положения заготовки относительно оси OX, которая вычисляется после обмера точки 6 перпендикулярно плоскости YZ (Рис. 2 -). [5]

При установке заготовки сначала на спутник, как показано на Рис. 2, есть несколько вариантов вычисления вектора погрешностей. [5]

При простой конструкции заготовки или при черновой обработке возможен обмер самого спутника по его основным базам, с помощью обмера 6 точек (или, при самом простом варианте, по 3 точкам, устанавливая по одной на каждую базу). Способ определения вектора погрешностей в этом случае аналогичен определению вектора погрешностей установки для заготовки, как в предыдущем варианте.

Выводы

В статье проанализированы циклы для определения положения заготовки при ее установке на спутник либо непосредственно на рабочий стол станка.

Литература

1. Григорьев А.С., Мартинова Л.И., Стась А.В. Автоматизация контрольно-измерительных операций на станках, оснащенных системами ЧПУ "АксиОМА Контрол". // Автоматизация в промышленности, №5, 2016. с.
2. СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Григорьев А.С. Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2009. № S2. С. 121-124.
3. ПРОБЛЕМЫ, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 04-07.
4. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. Конспект лекций. Красноярск.:СФУ, 2007. — 328 с.
5. Баранчукова И.М., Гусев А.А., Крамаренко Ю.Б. и др. Проектирование технологии. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. — Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. — М.: Машиностроение, 1990. — 354-359 с.
6. Heidenhain. Инструкция для оператора. Циклы измерительного щупа, 2008. — 193 с.
7. HIDDENHAIN. Измерительные щупы для станков, май 2012.