

SITE DEPENDENCES IN TECHNOLOGICAL SYSTEM DURING AUTOMATIC OBTAINING OF THE SIZES

TODOR KUZMANOV, RACHO RACHEV, HRISTO METEV

Abstract. Questions with respect to effectiveness of the multi-nomenclature manufacture with using of flexible manufacturing systems have been discussed. A part of these systems are the numerically controlled machine-tools and in particular-machining centres. A complex method for an analysis of dimension connections in manufacturing system in condition of a change of the functions basis has been developed. This method permits to be discribed all the errors and factors which have an accidental and systematical character of a manifestation.

Key words: technological system, flexible manufacturing systems, technological basis, site dependences.

АНАЛИЗ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИ СМЕНЕ ФУНКЦИЙ БАЗ

1. Введение

Эффективность многономенклатурного производства определяется использованием переналаживаемых технологических систем (ТС), частью которых являются станки с ЧПУ *типа обрабатывающих центров (ОЦ)*. ОЦ позволяют обеспечить высокую концентрацию операций и вести обработку с одного-двух установов. Но при этом возникает проблема выбора баз с учетом смены их функционального назначения при обработке. Также важной является задача повышения уровня использования технологических возможностей станков с ЧПУ типа ОЦ. Качество структуры операций определяет эффективность использования технологических возможностей станка как по производительности, так и по точности. На станках с ЧПУ вопросы обеспечения требуемой точности, в основном, решаются на этапе технологической подготовки (ТП). Таким образом, очень важные вопросы точности и производительности обработки корпусных деталей перемещаются из этапа обработки на этап технологического обеспечения этих показателей эффективности ТП. Важными и взаимно увязанными вопросами при этом являются:

- *разработка структуры операции (определение последовательности переходов, числа и последовательности установов);*
- *определение размерных связей в ТС в соответствии с системой координат и типа системы управления станка.*

Эти задачи решаются на этапе технологического проектирования и реализуются в геометрическом плане, расчетно-технологической карте ТП (РТК) и карте наладки (КН). Однако в рекомендациях и сложившейся практике разработки геометрического плана обработки РТК и КН не отражены вопросы смены функций баз. Такая задача

возникает при стремлении повысить концентрацию переходов на ОЦ и выполнить обработку с 1-2 установов. Известно, что по числу лишаемых степеней свободы базы делят на *установочные, направляющие и опорные* [1, 3]. По функциональному назначению и числу лишения степеней свободы бывают *упорно-поворотные, двойные поворотные, двойные упорно-поворотные* [1, 3]. На практике при изготовлении корпусных деталей на ОЦ наиболее часто применяют два способа базирования: по трем взаимно перпендикулярным плоскостям и по плоскости и двум пальцам. Положение корпусной детали определяется комплектом баз из двухповоротно-упорной базы, упорно-поворотной и упорной баз при базировании по трем плоскостям [1, 3]. При базировании детали по плоскости и двум отверстиям используется комплект баз из двухупорно-упорной, двойной упорной и поворотной баз [1, 3]. При этом важно решить задачи выбора нуля детали (0_d), исходной точки обработки (ИТ), определения их положения в системах координат станка. Принятые 0_d детали: ось симметрии, угол детали, основное отверстие; нуля станка (0_c) зависит от система управления (СУ) и может быть "жестким" и "плавающим".

Все указанные факторы делают структуру операции, размерные связи многовариантными, а степень влияния на точность и производительность обработки и настройки различной.

2. Описание исследования

Рассмотрим влияние размерных связей в ТС при смене функций баз на точность положения оси отверстия на *примере сверления*. С этой целью был проведен анализ структур технологическая операция (ТО) при обработке систем отверстий в корпусных деталях. Критерием эффективности ТО выбрана максимальная производительность, оцениваемая составляющими штучного времени.

Анализ работ по точности обработки систем отверстий [2, 4, 5] показывает, что обработка может вестись по параллельной, параллельно-последовательной и последовательной схемам и на точность влияет большое число первичных погрешностей, таких как упругие, тепловые деформации, износ элементов ТС, погрешности установки и настройки станка.

Позиционная обработка, с изменением функций баз: установочная, направляющая и опорная меняют свои функции (*рис. 1*). При этом возникает необходимость анализа наследования погрешности при перезакреплении деталей (*силы – Q*). Погрешность установки определяется по формуле

$$(1) \quad \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{np}^2},$$

где ε_o - погрешности базирования, ε_s погрешности закрепления, ε_{np} - погрешность положения заготовки, вызываемую неточностью приспособления.

Анализ размерных цепей в ТС, определяющих положение нулевых точек детали, приспособления, инструмента и станка относительно "0" системы, не являются однозначными. Суммируя погрешности базирования и погрешности настройки станка ε_n ТС на размер, принимая их векторный характер проявлений, получаем:

$$(2) \quad \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_n^2}.$$

Анализ размерных связей в геометрическом плане показывает, что важно определить последовательность использования функций баз. Так при высоких требованиях параллельности систем отверстий в качестве установочной следует использовать плоскость параллельную осям в горизонтальном фрезерно-расточном ОЦ, при требованиях к перпендикулярности осей отверстий следует использовать в качестве базы плоскость перпендикулярную оси отверстий, последовательно совмещая

оси отверстий с осью Z станка и вращая деталь на поворотном столе вокруг оси Y (рис. 1).

Под настройкой станка типа ОЦ понимают процесс установления с требуемой точностью положения ИТ обработки в системе координат станка и положения режущей части всех инструментов (B_i) относительно этой ИТ. Следует подчеркнуть, что, несмотря на высокоавтоматизированный цикл обработки деталей на станках с ЧПУ типа ОЦ, определение рассмотренных размерных связей в процессе настройки осуществляется наладчиком в ручную с применением индикаторных центроискателей, контрольных оправок, мерных плиток, что в значительной степени влияет на точность и трудоемкость настройки.

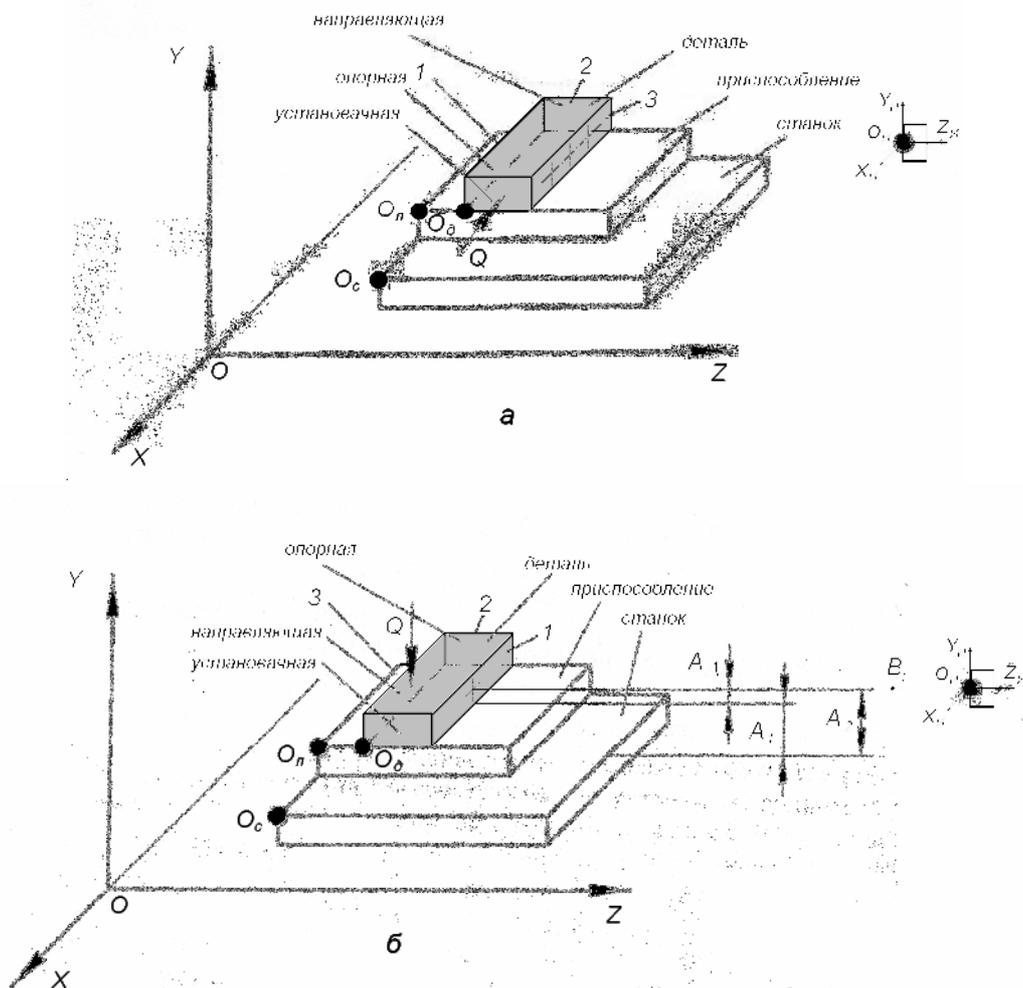
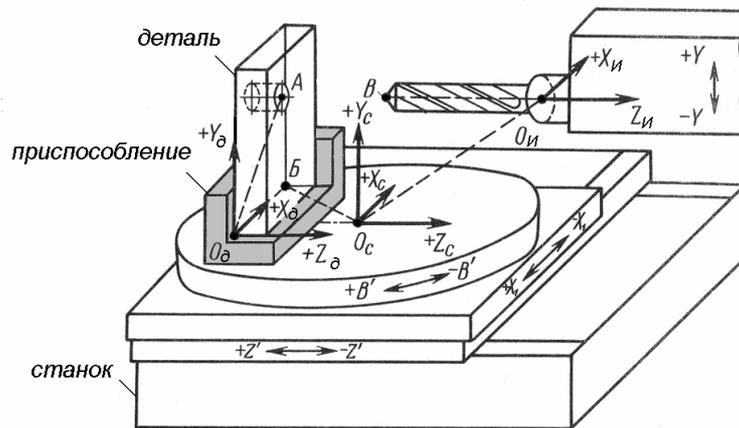


Рис. 1. Смена функции баз

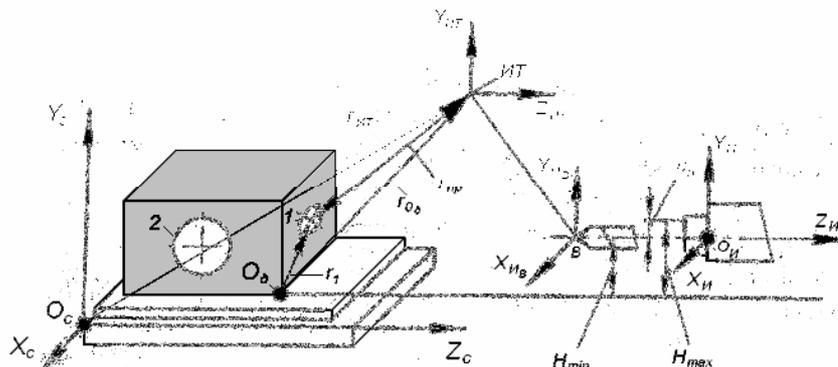
При обработке деталей на станках с ЧПУ типа ОЦ, процесс установки инструмента по координате X(Y) на станке с горизонтальным шпинделем, заданный программой обработки A_d , может быть представлен с помощью размерной цепи "A", в которой A_1 – величина коррекции исходной точки обработки, т.е. расстояние от исходной точки до O_c , A_2 – координата позиционирования рабочего органа станка, отсчитываемая системой ЧПУ (рис. 1. б). Выбор способа определения величины координации связан со способом задания исходной точки.

На этапе проектирования могут быть определены расчетным путем погрешности установки и погрешность настройки станка (рис. 2). Рассмотрим погрешность

базирования и изменение вектора при смене функций баз. Погрешность базирования зависит от допуска на рассматриваемый размер и имеет случайный характер. Для отражения изменений в размерных связях в ТС при смене функций баз введем абсолютную систему координат. Приведем начала отсчета станка, инструмента, приспособления, детали к нулю абсолютной системы координат (рис. 2. б).



а



б

Рис. 2. Связь систем координат детали, инструмента и обрабатывающего центра ЦМ 040 (а); анализ размерных связей на этапе проектирования (б)

Если представить номинальное положение оси отверстия вектором $\{\psi_n\}^T = [X_n, Y_n, Z_n]$, а действительное вектором $\{\psi_d\}^T = [X_d, Y_d, Z_d]$, то погрешность положения оси отверстия может быть выражена равенством:

$$(3) \quad \{\varepsilon_{BX}\} = \{\psi_n\} - \{\psi_d\},$$

Действительное вектором $\{\psi_d\}$ принимаем за нуль с системами координат инструмента до процесса обработки. Тогда к системе координат XYZ можно перейти от координат любой точки, например, выходной координаты отверстия:

$$(4) \quad \{\psi_0\} = [\varphi_{1y}]\{\psi_1\} + \dots + [\varphi_n]\{\psi_{ny}\} = [\Phi_n]\{\psi_n\},$$

где $[\varphi_{iy}]$ – матрица размерностью 4x4, выражающая соотношение между системами координат, $[\Phi_n]$ – матрица преобразований.

Это позволяет описать погрешность положения оси:

$$(5) \quad \begin{cases} \{\delta_{\varepsilon_{BX}}\} = [\Phi_y] \{\delta_H\}_0 \\ \{\delta_{\varepsilon_{BYX}}\} = [\Phi_z] \{\delta_H\}_0 \end{cases}$$

Малые значения погрешностей по сравнению с размерами деталей и их элементов позволяют рассматривать элементарные погрешности независимо от программируемого перемещения в системе ЧПУ. Тогда суммарная погрешность оси:

$$(6) \quad \{\varepsilon\} = \begin{bmatrix} 0 & -\varepsilon_{\varphi_y} & \varepsilon_{\varphi_x} \\ \varepsilon_{\varphi_z} & 0 & -\varepsilon_{\varphi_y} \\ -\varepsilon_{\varphi_z} & \varepsilon_{\varphi_x} & 0 \end{bmatrix} \{\varepsilon_{\Sigma}\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y \\ \varepsilon_Z \end{Bmatrix}$$

Этот метод представления позволяет описывать все виды погрешностей и факторов, имеющих случайный и систематический характер проявления.

3. Выводы

По результатам анализа размерных связей можно сделать *выводы*:

- разработан комплексный метод анализа размерных связей на основе размерного анализа, размерных связей в геометрическом плане, расчетно-технологических картах и картах наладок;
- выявлены размерные связи узла установки детали, инструмента в системе координат станка типа ОЦ при смене функций баз;
- построены размерные связи с учетом погрешности базирования и погрешности настройки станка для обеспечения линейных размеров, координатных размеров по осям X, Y, увод оси.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Георгиев В., Ст. Пашов.** Технология на машиностроенето (Основи на технологията на машиностроенето). П., ТУ – Пловдив, 2003.
2. **Корсаков В.С.** Точность механической обработки. М: Машиностроение, 1978. 250 с.
3. **Кузманов Т., Хр. Метев.** Технология на машиностроенето, ч. I (Основи на машиностроителните технологии). Г., “ЕКС-ПРЕС” – Габрово, 2005.
- 4 **Хаджийски П.** Технология на машиностроенето ч. 2 (Програмиране и настройване на ММ с ЦПУ). С., ТУ – София, 2005. 164 с.
5. **Справочник** технолога – машиностроителя. т. 1 /Под ред. **А. Г. Косиловой** и **Р. К. Мещерякова**/. М., Машиностроение, 1986. 656 с.

Department of Electrical Engineering
 Technical University–Sofia, Plovdiv Branch
 25, Tsanko Dystabanov Str.
 4000 Plovdiv
 BULGARIA
 E-mail: