

В.С. КОРОТКОВ, к.т.н., доцент, kvs55dn@mail.ru
 Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское

Моделирование рабочей нагрузки на технологическую систему станка с ЧПУ

В статье рассмотрен вариант исследования фрезерного станка на технологическую надежность путем имитации рабочих нагрузок на технологическую систему. Предложен вариант построения математической модели для обработки результатов испытаний и прогнозирования образования погрешностей.

The article reviewed research of milling machine for technological reliability by the method of imitation workin loads on technological system. Proposed a variant of creation mathematical model for processing test results and prediction of errors formation.

Постановка проблемы

В процессе эксплуатации станков с ЧПУ действует множество факторов, которые снижают технологическую надежность оборудования, что оказывает существенное влияние на точность и качество обработки изделий. Необходимость применения мер по восстановлению характеристик станков зачастую определяют по образованию недопустимых погрешностей обработки и возникновению брака выпускаемой продукции [1,2].

Обычно на производствах предусматривают плановые профилактические осмотры и ремонты оборудования. Однако это не является гарантией эффективного использования дорогостоящего оборудования и обеспечения его надежности в работе [3,4].

Своевременное обнаружение или прогнозирование изменений в техническом состоянии станков позволит исключить множество возможных проблем и своевременно принять соответствующие меры для недопущения возможного брака в производстве или поломок оборудования и оснастки. Кроме этого, для обеспечения высоких показателей по точности обработки на оборудовании с ЧПУ в процессе эксплуатации, необходима периодическая аттестация каждого станка на точность для получения достоверных данных о его состоянии [5,6].

Формулирование цели работы

Задача обеспечения высокой технологической надежности станков с ЧПУ сопряжена с получением достоверной и своевременной информации об оборудовании и принятии квалифицированных решений по определению путей восстановления его паспортных данных.

Информация о состоянии станка может быть получена в результате имитации рабочих режимов оборудования и определения реакции технологической системы на эти действия. Для этого необходимо разработать устройство для испытания, которое не требует внесения конструктивных изменений в серийно выпускаемое оборудование, а также методику обработки полученных результатов. Кроме этого целесообразно создать математическую модель процессов, происходящих при металлообработке на станках с ЧПУ. Это позволит на этапе технологической подготовки производства прогнозировать возможные варианты технологий, сравнивать их, и по какому-либо критерию выбирать лучший.

Изложение возможного варианта решения задачи

Для проведения испытаний на технологическую надежность в производственных условиях разработано диагностическое устройство для фрезерных станков с

вертикальным расположением шпинделя. Оно позволяет определить многие важные характеристики станков с ЧПУ: точность позиционирования, величину биения шпинделя при имитации нагрузки, податливость узлов станков и т.п. [7].

Устройство содержит корпус 1, основание корпуса 2, измерительную плиту 3 с измерительным стаканом 4. На измерительной плите размещены четыре подвижные измерительные втулки 5 с конусными контактными отверстиями 6 (такая же втулка, только неподвижная, имеется на измерительном стакане 4). На двух противоположных сторонах основания измерительной плиты расположены две пары направляющих призм 7 с шариками 8, которые позволяют плите перемещаться по координате Y. Основанием для этих призм служат такие же две направляющие призмы 9 с шариками 10, расположенные перпендикулярно первым и позволяющие передвигаться плите по координате X. Таким образом, измерительная плита 3 может перемещаться в плоскости XY.

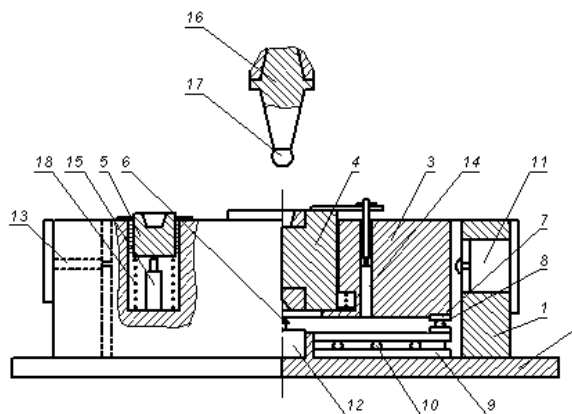


Рис. 1. Устройство для испытания вертикально-фрезерного станка

В корпусе 1, на каждой его стороне, расположены гидроцилиндры 11 (на рисунке показан один), позволяющие имитировать силовую нагрузку на измерительную плиту в плоскости XY в широком диапазоне. Гидроцилиндр 12 предназначен для имитации силовой нагрузки по координате Z, для чего предусмотрено перемещение измерительного стакана 4. Измерители 13 линейных перемещений, расположенные в корпусе 1, по два на каждой стороне, измеряют перемещение плиты 3 в плоскости XY, а датчики 14 и 15, расположенные в

измерительной плите, определяют перемещение измерительного стакана и втулок 5 по координате Z.

Устройство работает следующим образом. После установки и центрирования устройства на столе станка, включением гидроцилиндра 12 фиксируют измерительную плиту в исходном положении, а измерители 13 устанавливают в исходное положение.

Для определения точности позиционирования станка, оправку 16 с измерительным наконечником 17 по ранее подготовленной программе, составленной в соответствии с целями и задачами испытаний, вводят в конусное отверстие втулок 5, расположенных на измерительной плите 3. При этом вначале происходит смещение плиты в плоскости XY, а затем перемещение втулки 5 по координате Z. Измерители 13 фиксируют смещение плиты, а измерители 15 — перемещение втулки по координате Z. Таким образом, определяется точность перемещения подвижных органов станка с ЧПУ на заданную величину, т.е. точность позиционирования.

Чтобы измерить жесткость узлов станка по координатам XY и Z наконечник оправки 16 вводится в конусное отверстие втулки, расположенной на измерительном стакане. Затем включением одного или нескольких гидроцилиндров имитируется силовая нагрузка, причем, создаваемые усилия могут регулироваться. Измерители линейных перемещений 13 при этом фиксируют смещение плиты.

Для измерения жесткости по координате Z наконечник оправки 16 подводится к контактному отверстию на стакане 4, но касания не происходит. Гидроцилиндр 12 наименьшим усилием выдвигает стакан до упора в оправку, а датчик 14 устанавливается в нулевое положение. Далее происходит силовая имитация рабочей нагрузки включением гидроцилиндра 12. Если при этом включить вращение шпинделя, то можно датчиками 13 измерить величину его биения.

На рис. 2 представлена схема создания имитационных усилий в плоскости XY. При срабатывании одного или нескольких гидроцилиндров 2 создаются имитационные усилия в требуемом направлении.

На рис. 3 представлена схема создания имитационного усилия в направлении координаты Z.

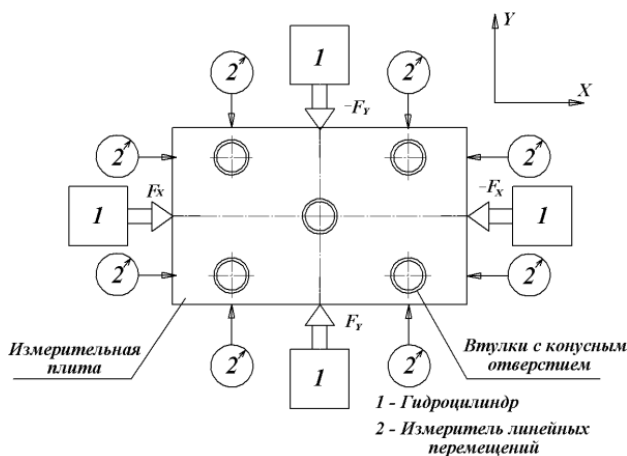


Рис. 2. Схема создания имитационных усилий в плоскости XY

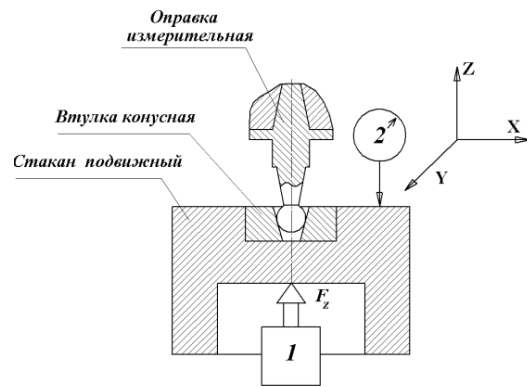


Рис. 3. Схема создания имитационных усилий по координате Z

Масло к гидроцилиндрам подводится по гибким шлангам от гидростанции через соединительные угольники (не показаны).

Таким образом, разработанное устройство позволяет с высокой точностью измерять точность позиционирования станка по всем координатам, люфты узлов станка как под нагрузкой, так и без, биение шпинделя и податливость узлов станка.

Используя данные испытаний, можно вычислить ожидаемую суммарную погрешность станка, т.е. дать прогноз точности обработки на конкретном диагностируемом станке. Для удобства обработки результатов испытаний на вычислительной технике создана математическая модель формирования суммарной погрешности обработки.

Для фрезерного станка с вертикальной компоновкой шпинделя, например, модель построена на основе универсальной матрицы погрешностей, по принципу получения матрицы [8], которая имеет вид

$$\Delta A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix},$$

где $a_{11} = \text{Cos}\theta d\theta$;
 $a_{12} = -\text{Cos}\theta$;
 $a_{13} = 0$;
 $a_{14} = (-a\text{Sin}\theta - d\text{Cos}\theta)d\theta + da_1 + db\text{Sin}\theta + da\text{Cos}\theta$;
 $a_{21} = \text{Cos}\theta d\theta$;
 $a_{22} = -\text{Sin}\theta d\theta$;
 $a_{23} = 0$;
 $a_{24} = (a\text{Cos}\theta d\theta - \text{Sin}\theta)d\theta + db_1 + db\text{Cos}\theta + da\text{Sin}\theta$;
 $a_{31} = 0$;
 $a_{32} = 0$;
 $a_{33} = 0$;
 $a_{34} = dc + dc_1$;
 $a_{41} = 0$;
 $a_{42} = 0$;
 $a_{43} = 0$;
 $a_{44} = 1$;

где $da, db, dc, da_1, db_1, dc_1$ — элементарные погрешности станка по координатным осям.

Выводы

Устройство для испытания станка позволяет в производственных условиях путем имитации рабочих нагрузок определять точность позиционирования, биение шпинделя и податливость технологической системы. Полученные результаты могут быть использованы в математической модели для определения технического состояния станка и прогнозирования надежности его работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров А.Н., Перченюк Ю.Г. Автоматизированные фрезерные станки для объемной обработки. – Л.: Машиностроение, 1979. – 231с.
2. Брок А.М. Опыт использования и перспективы развития ГПС для обработки корпусных деталей в машиностроении // Станки и инструмент. – 1986. – №11. С.10.
3. Дмитриев Б.М., Шумейко И.А. Оценка возможностей станка по обеспечению точности геометрических размеров // Станки и инструмент. – 1978. – №5. С. 6–7.
4. Фельдштейн Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Е.Э.Фельдштейн, М.А.Корниевич. – 3-е издание доп. – Минск : Новое знание, 2008. – 299с.
5. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1985. – 288с.
6. Устройство для определения жесткости станков: А.с. 1426700 СССР, МКИ⁴ В23 В25/06 /В.С.Коротков, В.Л.Завацкий, В.И.Нечипоренко и др. (СССР). – 3с.
7. Диагностическое устройство для испытания фрезерных станков с программным управлением: А.с. 1328086 СССР, МКИ⁴ В23 С9/00 / В.С.Коротков, А.В.Якимов, Н.С.Ивченко (СССР). – 4с.
8. Лигун А.А., Шумейко А.А., Коротков В.С. и Завацкий В.Л. Об универсальной матрице для описания формообразования поверхностей в трехмерном пространстве. – К., 1988. –10с. – Деп. В УкрНИИТИ 29.03.88. №754.

пост. 26.12.2017