

УДК 621.93.023.2:621.941

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЁСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТОКАРНОГО СТАНКА

Б.С. Турусбеков, И.Ш. Кадыров

Представлена методика определения жесткости технологической системы токарного станка, в которой содержатся: схемы упругих деформаций при токарной обработке, схема экспериментальной установки, схема обработки ступенчатой детали на станке, математические модели для определения жесткости токарного станка. Особый интерес представляет для научных работников, занимающихся исследованиями точности изготавливаемых деталей с учетом переменности жесткости технологической системы, связанной с изменением обработки детали по ее длине. Конкретные результаты, представленные в статье: 1) схема экспериментальной установки, которую можно использовать применительно к любому типу токарного станка; 2) схема обработки ступенчатой детали, что позволяет исследовать жесткость технологической системы при различных значениях сил резания.

Ключевые слова: жесткость; технологическая система; токарный станок; задняя бабка; передняя бабка; ступенчатая деталь; резец; суппорт.

ТОКАРДЫК СТАНОКТУН ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ТУТУМУНУН КАТАҢДЫГЫН АНЫКТОО МЕТОДИКАСЫ

Б.С. Турусбеков, И.Ш. Кадыров

Макалада токардык иштетүүдө серпилме деформациялардын схемасы камтылган токардык станоктун технологиялык тутумунун, эксперименттик орнотмонун катаңдыгын аныктоо методикасы, анын фотографиясы, баскычтуу тетикти станокто иштетүүнүн схемасы, ошондой эле токардык станоктун катаңдыгын аныктоо үчүн математикалык моделдер берилген, бул буюмду патрондо да, борборлордо да иштетүүдө технологиялык тутумдун катаңдыгын эксперименттик түрдө аныктоого жол берет. Макалада берилген төмөнкү конкреттүү натыйжалар, тетикти узундугу боюнча иштетүүнүн өзгөрүүсү менен байланышкан технологиялык тутумдун катаңдыгынын өзгөрмөлүүлүгүн эске алуу менен жасалып жаткан тетиктердин тактыгын изилдөөлөрдүн үстүнөн иштеген илимий кызматчылар үчүн өзгөчө кызыгуу туудурат: 1) аны токардык станоктун каалаган тибине карата колдонууга болгон эксперименттик орнотмонун схемасы; 2) кесүү күчтөрүнүн ар кыл маанилеринде технологиялык тутумдун катаңдыгын изилдөөгө жол берген баскычтуу тетикти иштетүү схемасы.

Түйүндүү сөздөр: катаңдык; технологиялык тутум; токардык станок; борборлор; арткы бабка; алдыңкы бабка; динамометр; индикаторлор; баскычтуу тетик; кескич; суппорт.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RIGIDITY OF THE LATHE MACHINE TECHNOLOGICAL SYSTEM

B.S. Turusbekov, Ih.Sh. Kadyrov

The article contains the information on a methodology for determining the rigidity of the technological system of a lathe machine, which includes schemes of elastic deformations which occur during turning, data on an experimental unit, its photograph, a diagram indicating the processing of a stepped part on the lathe machine, and mathematical models for determining the rigidity of the lathe machine, which allows to determine experimentally the rigidity of the technological system when processing the product both in the cartridge and in the centers. The specific results presented in the article and stated below are of particular interest for scientists studying the accuracy of manufactured parts, taking into account the variability of the rigidity of the technological system associated with a change in the processing of a part along its length: 1) a diagram of the experimental unit which can be used in relation to any type of a lathe machine; 2) a diagram indicating the processing of the stepped part, which allows to analyze the rigidity of the technological system with various values of cutting forces.

Keywords: rigidity; technological system; lathe machine; centers; tailstock; headstock; stepped part; cutter; support.

Введение. Известно, что основной задачей каждого технологического процесса изготовления изделий является обеспечение их качества при наименьшей себестоимости. К современным изделиям, исходя из их служебного назначения, предъявляют повышенные требования по качеству, особенно к одной из их составляющих – точности геометрических размеров.

Задачи достижения заданной точности, встречающиеся на практике и представляющие определенные трудности в их решении, весьма разнообразны.

Особый интерес представляет стабилизация величины упругого перемещения системы СПИД – станок – приспособление – инструмент – деталь [1–3].

Например, при токарной обработке, когда имеет место значительная разница жесткостей передней и задней бабок, на деталях возникает погрешность в виде конусности.

Цель исследования – разработка методики определения жесткости токарного станка при обработке ступенчатой детали, когда нагрузка изменяется по ее длине. При этом методы исследования предусматривают применение основных законов механики, сопротивления материалов и статистических способов определения жесткости.

Методы и материалы. При механической обработке деталей на токарном станке на форму и качество их поверхности влияют множество факторов как внешних, так и внутренних. Наибольшее влияние на точность изготовления изделий оказывают звенья упругой технологической системы (СПИД), которая изменяется под воздействием силы резания, что приводит к де-

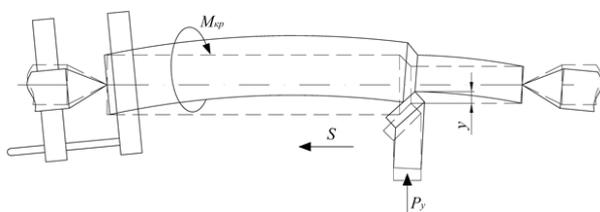


Рисунок 1 – Схема упругих деформаций при токарной обработке: P_y – радиальная составляющая силы резания; S – подача инструмента; y – смещение режущей кромки резца

формации, при которой изменяется расстояние между режущей кромкой резца и поверхностью обрабатываемой детали (рисунок 1).

Суммарная деформация технологической системы складывается из деформаций отдельных её звеньев, подвижных узлов станка, контактных деформаций в стыковых поверхностях деталей, при этом величина деформаций соответствует направлению действующих сил.

Из технологии машиностроения [4–7] известно, что способность технологической системы оказывать сопротивление действию силам резания называется жёсткостью, которая может быть определена статическим методом на неработающем станке и производственным – при работающем станке, т. е. при резании.

Результаты исследования. Статический метод определения жёсткости технологической системы предусматривает постоянное увеличение силы на всю технологическую систему с одновременным измерением деформации.

Экспериментальная установка создана на базе универсального токарного станка 1К62 (рисунок 2).

Обрабатываемая деталь 1 устанавливается в центрах 3. Динамометр 2 и три индикатора 4 необходимы для определения деформаций отдельных узлов станка при приложении нагрузки на технологическую систему по направлению P_y на технологическую систему.

Как известно, жёсткость станка при упругой деформации определяется формулой:

$$j = P_y / y \quad (1)$$

где j – жёсткость станка; P_y – радиальная составляющая силы резания; y – величина перемещения резца под действием силы P_y .

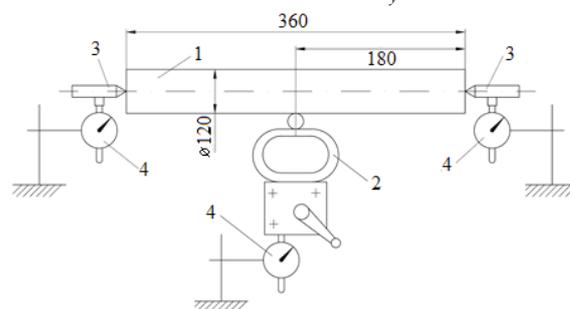


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – динамометр; 3 – центры; 4 – измерительные индикаторы

Деталь имеет следующие геометрические размеры: диаметр $D - 130$ мм, длина $l - 350$ мм.

Измерение отклонений элементов технологической системы производится в трёх точках: передняя и задняя бабки и суппорт станка.

Сила прикладывается в точке, соответствующей половине длины детали посредством стандартного динамометра ДОС-3тс в интервале 0–400 кг с шагом нагрузки по 50 кг.

Имея данные измерения с последующим определением жёсткостей по элементам станка: j_c – по суппорту; $j_{пб}$ – передней бабки; $j_{зб}$ – задней бабки можно рассчитать жёсткость токарного станка по известной формуле:

$$j_{ст} = j_c + \frac{j_{пб} + j_{зб}}{4}. \quad (2)$$

На рисунке 3 приведена фотография станда (рисунок 3,а) и схема обработки ступенчатой детали (рисунок 3,б).

Методика определения жёсткости технологической системы в процессе обработки детали на станке. Обрабатываемая деталь является ступенчатой с разными значениями диаметров ступеней. Схема обработки и измерения отклонения резцедержателя показана на рисунке 3,б.

Режимы резания: скорость резания $V - 80$ м/мин; число оборотов шпинделя $n - 500$ об/мин; подача инструмента $S - 0,12$ мм/об; глубина резания $t = 1$ мм.

Резец – проходной, материал Т15К16, его геометрия: передний угол $\sigma = 0^\circ$; задний угол $\alpha = 10^\circ$; главный угол в плане $\gamma = 45^\circ$; вспомогательный угол в плане $\gamma_1 = 10^\circ$; главная режущая

кромка резца имеет угол $\lambda = 0^\circ$; радиус закругления вершины резца $r = 1$ мм.

Величина вылета резца из резцедержателя $l = 20$ мм.

Перепад диаметров ступеней детали составляет 2,5 мм. Материал обрабатываемой детали – Сталь 45 ГОСТ 1050–93.

Из рисунка 3 следует:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= \frac{D_1 - D_0}{2}; & h_2 &= \frac{D_2 - D_0}{2}; \\ y_1 &= \frac{D'_1 - D_0}{2}; & y_2 &= \frac{D'_2 - D_0}{2}; \\ y_2 - y_1 &= \frac{D'_2 - D'_1}{2}; & h_2 - h_1 &= \frac{D_2 - D_1}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Общая формула жёсткости станка определяется как:

$$j = P_y \cdot \frac{h_2 - h_1}{y_2 - y_1}, \quad \text{Н/мм} \quad (4)$$

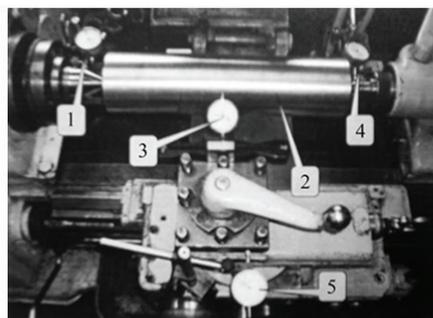
или

$$j = P_y \cdot \frac{D_2 - D_1}{D'_2 - D'_1}, \quad \text{Н/мм} \quad (5)$$

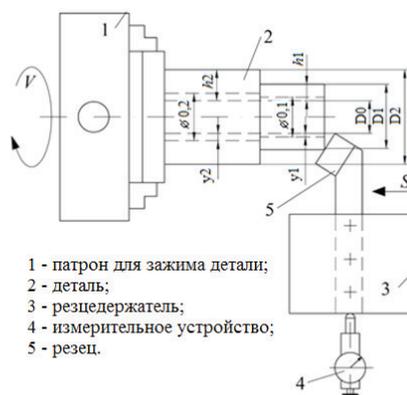
Данная методика позволяет определить жёсткость технологической системы при обработке детали как в патроне, так и при ее обработке в центрах.

Выводы

Разработана принципиальная схема экспериментальной установки на базе токарного станка 1К62, а также схема обработки ступенчатой детали, которая позволяет с помощью формул (4) и (5) экспериментально определить жёсткость СПИД конкретного станка и обрабатываемой детали.



а) - фотография станда



б) - схема обработки ступенчатой детали

Рисунок 3 – Экспериментальный стенд и эскиз обработки ступенчатой детали

Результаты измерения величины жесткости станка по длине обрабатываемой детали позволяют применять их при разработке автоматических систем управления технологическими процессами при токарной обработке.

Литература

1. Суслов А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дольский М.: Машиностроение, 2002. 684 с.
2. Технология машиностроения: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ, 2001. 564 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
4. Ящерицин П.И. Теория резания / П.И. Ящерицин. Минск: Новое издание, 2005. 512 с.
5. Кишуров В.М. Резание металлов / В.М. Кишуров. М.: Машиностроение, 2009. 492 с.
6. Соколовский А.П. Точность механической обработки и пути ее повышения / А.П. Соколовский. М.: Машгиз, 199. 514 с.
7. Металлорежущие станки: в 2 т. / под ред. проф. Н.С. Ачеркана. М.: Машиностроение, 1981. 512 с.