

Методика экспериментальных исследований заключается в следующем: проводятся циклические многократные знакопеременные нагрузки шпинделя и суппорта специально спроектированным нагрузочным устройством.

В качестве нагрузочного устройства используется передача винт-гайка скольжения, причем винт выполнен с двумя резьбовыми поверхностями: с левой и, соответственно правой резьбой. Левый конец винта закреплен в специальном Г-образном кронштейне, установленном на поперечном суппорте станка. Правый конец винта соединен с возможностью самоустановки с кольцевым динамометром. Обеспечение процесса знакопеременной нагрузки осуществляется специальным кольцевым динамометром. Другой конец динамометра закреплен на оси специальной оправки (рис.2), жестко закрепленной на шпинделе станка. Оправка центрируется внутренней поверхностью $\varnothing 70h6$ по отверстию шпинделя, а с торца прижата к шпинделю 6 болтами М10.

Поперечные суппорты размещены на зеркале шпиндельного блока и перемещаются по прямоугольным направляющим скольжения. Привод суппортов - рычажный от распределительного вала.

При нагрузке системы шпиндель- поперечный суппорт индикаторами И1 и И2 с ценой деления 0,001 мм измеряется абсолютное перемещение шпинделя и суппорта. Кольцевой динамометр позволяет выполнять двустороннее нагружение в пределах от - 1200 Н до 1200Н.

При деформации упругой системы станка имеют место нелинейные, упруго-диссипативные процессы в контактах между деталями [1]. Учитывая большое количество пар контакта (20 и более), наличие данных процессов приводит к неопределенности (случайности) общих характеристик жесткости. Разработанная методика учитывает наличие случаев изменений параметров жесткости шпинделя и суппорта станка.

В результате проведены исследования по определению особенностей нелинейных характеристик жесткости системы "шпиндель-суппорт" токарного станка. По результатам исследований разработаны рекомендации по уменьшению влияния нелинейных параметров жесткости станка на точность обработки, которые используются при проектировании станков на ОАО "Веркон".

Список литературы

1. Орликов М.Л. Динамика станков / М.Л. Орликов.- К.:Выща школа, Головное издательство.- 1989. – 272 с.

УДК 621.881

**Р.Г. Редько¹, к.т.н., доц.,
О.В. Литвин², к.т.н., доц.
С.С. Раус², магистрант**

¹ Луцький національний технічний університет

² Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАЖИМНЫХ ПАТРОНОВ СТАНКОВ

Требования к повышению точности обработки деталей непрерывно повышаются, и эта тенденция достаточно важна для развития современного производства. Прогресс в области машиностроения и станкостроения способствовал углублению изучения методов и процессов, позволяющих описать и определить характеристики зажимных патронов.

Исследование различных типов зажимных патронов показали, что суммарная деформация системы патрон-деталь при воздействии на нее силы резания в большей степени зависит от деформации поверхности в стыках кинематических пар, чем от собственных деформаций деталей патрона [1]. Для инженерных расчетов можно использовать понятие приведенной жесткости системы патрон -деталь к оси или к диаметру зажима [1]. Суммарная приведенная жесткость определяется с учетом параллельного и последовательного соединения жесткостей элементом патрона. В [2] исследовалось напряженное состояние патрона из-за изменения условий трения, сил и нелинейных характеристик стыков и сопряжений в условиях сложной деформации. Однако следует отметить, что в данной работе не приведены условия реализации нагрузки. Учеными в работе [3] вводится понятие дифференциальной жесткости заготовки. При расчете необходимого минимального усилия зажима все нагрузки при зажиме заготовки учитываются одновременно. Точность новой модели расчета зажимных сил явно превышает точность предыдущих подходов к расчету. Но с практической точки зрения это может вызвать определенные трудности в расчетах. В работе [4] исследуется параметрическая неустойчивость в процессе работы зажимного патрона. Дается аналитический критерий устойчивости и выполнено экспериментальное подтверждение. Параметрическое колебания генерируется направленной ориентацией жесткости системы патрон - деталь. Для преодоления этой проблемы в работе [5] описывается методика, которая компенсирует погрешности обработки, возникающие в результате зажима кулачками с учетом их жесткости и изменения радиальной жесткости системы зажимного патрона. В исследовании [6] были проанализированы процесс резания в различных условиях зажима и разработана математическая модель для прогнозирования формы обработанной детали в зависимости от типа и жесткости зажимного патрона. Экспериментальные результаты хорошо согласуются с теоретическими выкладками. В работе [7] выполнены испытания на радиальную и изгибную жесткость системы патрон - деталь для различных соотношений диаметров кулачка и детали, положений силы резания относительно кулачков и углов их расточки. В статье [8] все основные факторы, влияющие на точность обработки детали в патроне были определены путем составления бюджета ошибок и систематических измерений. Из результатов была разработана карта ошибок, которая заключает связь между этими факторами, в т.ч. жесткостью патрона, и их влияние на погрешность обработки детали. В [9] разработан патрон, который измеряет во время резки усилия зажима на заготовке. Разработан специальный кулачок с применением метода конечных элементов. Это позволило найти корреляцию между отклонениями заготовки и усилием зажима. В работе [10] исследуется критическая сила изгиба и радиальная жесткость зажима патрона и способы ее улучшить. Несмотря на практическую значимость таких результатов, не рассмотрены в достаточной мере нелинейные характеристики жесткости технологической системы патрон-деталь. В статье [11] представлены расчеты для определения оптимального усилия зажима в патроне. Достижения минимального, но безопасного усилия зажима является ключевым фактором для контроля процесса зажима. Методология учитывает модель объемной деформации, локальных контактных напряжений и экспериментальных данных с целью получения оптимального крутящего момента, приложенного к патрону. Был разработан новый метод измерения коэффициента усиления патрона [12]. Устройство состоит из кольца и 2 датчиков, размещенных симметрично на внешней части кольца. Кольцо помещается в патрон, и в местах расположения зажимных элементов прикладывается крутящий момент, кольцо деформируется, с максимальным значением в местах, где расположены тензодатчики. На соответствующем оборудовании рассчитывается деформация в этих точках и сравнивается с механической моделью поведения кольца. Таким образом, вычисляется сила на зажимных элементах. Отношение этой силы на зажимных элементах и крутящего момента, приложенного динамометрическим ключом, является коэффициентом усиления

патрона, который полезен для установления требований к зажимному усилию при токарных операциях. Метод проверен сравнением формы обработанного кольца с прогнозируемой теоретической моделью. Однако этот метод имеет свои ограничения из-за разности механических характеристик между различными зажимными элементами патрона.

Анализ полученных данных о результатах исследований зажимных патронов станков и влиянии деформации упругой системы патрон – деталь, позволяют утверждать следующее:

-принимая во внимание то, что жесткость системы патрон - деталь имеет большое влияние на точность обработки, на динамическую картину зажимных усилий, изгибающих и опрокидывающих моментов, актуальными необходимо считать исследования, направленные на исследования нелинейных характеристик жесткости технологической системы патрон-деталь.

- детальные исследования упругих перемещений в системе патрон - деталь приводят к выводу о том, что патроны с радиальным закреплением имеют принципиальные недостатки, которые должны ограничивать применение таких патронов при механической обработке высокоточных деталей.

Список литературы

1. Литвин О.В. Влияние характеристик зажимного патрона токарного верстака на обработку нежестких деталей / Захист металургійних машин від поломок. Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. –Маріуполь, випуск 11, 2009, с. 42 -47.
2. E. Usui. (1994). Advancement of Intelligent Production: Seventh International Conference on Production/Precision Engineering, 4th International Conference on High Technology, Chiba, Japan, 15-17 September 1994
3. Feng P.F. (2003). Berechnungsmodell zur Ermittlung von Spannkraeften bei Backenfuttern. Technische Universität Berlin, Berlin.
4. Doi M, Masuko M, Ito Y, Tezuka A (1985) A study on parametric vibration in chuck work. Bull JSME Jpn Soc Mech Eng 28(245):2774–2780
5. Lee J., Lee S. (2004) Chucking compliance compensation with a linear motor-driven tool system [J]. Int J Adv Manuf Technol 23(1–2):102–109
6. Rahman M (1989) A study on the deviation of shape of a turned workpiece clamped by multiple jaws. CIRP Ann Manuf Technol 38(1):385–388
7. Ema S., Marui E. (1994) Chucking performance of wedge-type power chucks. J Eng Ind Trans ASME 116(1):70–77.
8. Byun J, Liu C.R. (2012) Methods for improving chucking accuracy. J Manuf Sci Eng Trans ASME 134(5) (10 pages):051004.
9. Eggebrecht M., Georgiadis A., Wagner T. Strategies for correcting the workpiece deformation during the manufacturing at the milling process. Conferences 2013 - SENSOR 2013.
10. Wang J., Zhang J., Feng P., Wu Z., Zhang G. (2015). Modeling and simulation for the critical bending force of power chucks to guarantee high machining precision. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. July 2015, Volume 79, [Issue 5–8](#), pp 1081–1094.
11. Estrems M., Carrero-Blanco J., Cumbicus W.E., Francisco O., Sánchez H.T. (2017). Contact mechanics applied to the machining of thin rings, *Procedia Manufacturing*, 13, (655)
12. Estrems M., Arizmendia M., Cumbicus W. E., López A. Measurement of clamping forces in a 3 jaw chuck through an instrumented Aluminium ring. *Procedia Engineering* 132, (2015), p.456 – 463.