

УДК 621.941

Повышение точности обработки на токарном станке с ЧПУ при использовании гидравлического зажима инструмента и интерферометра

Рябов Евгений Александрович

evgeniy.ryabov@inbox.ru
SPIN-код: 6009-8295

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО КФУ, Набережные Челны, Россия

Аннотация. Рассмотрено использование гидравлического резцедержателя и лазерного интерферометра в токарной операции на станке с ЧПУ. Определено, что гидравлический резцедержатель снижает разброс отклонения размеров в пределах партии, вызываемый износом инструмента, и повышает прогнозируемость необходимости подналадок, а также ведет к общему повышению стойкости режущих пластин. Выявлено, что использование лазерного интерферометра способно ускорить время оценки биения заготовки, однако требует защиты от агрессивной среды в зоне обработки.

Ключевые слова: гидравлический резцедержатель, токарная обработка, лазерный интерферометр, токарная оснастка

Improving machining accuracy on a CNC lathe using hydraulic tool clamping and interferometry

Ryabov Evgeniy Alexandrovich

evgeniy.ryabov@inbox.ru
SPIN-code: 6009-8295

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga region) Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

Abstract. The use of a hydraulic tool holder and a laser interferometer in turning operations on a CNC machine has been examined. It has been determined that the hydraulic tool holder reduces the scatter of dimensional deviations within a batch caused by tool wear and improves the predictability of the need for adjustments, as well as leads to an overall increase in the durability of cutting inserts. It has been revealed that the use of a laser interferometer can accelerate the assessment time of workpiece runout, however, it requires protection from the aggressive environment in the machining zone.

Keywords: hydraulic tool holder, turning process, laser interferometer

Введение. Требуемая точность изготовления элементов детали определяется их эксплуатационными показателями долговечности обеспечения функций. Обобщенный опыт результатов использования деталей с различными характеристиками качества закладывается в технические требования, назначаемые конструктором изделия [1]. Обеспечение экономически оправданной точности обработки в таком случае является одной из главных задач технолога.

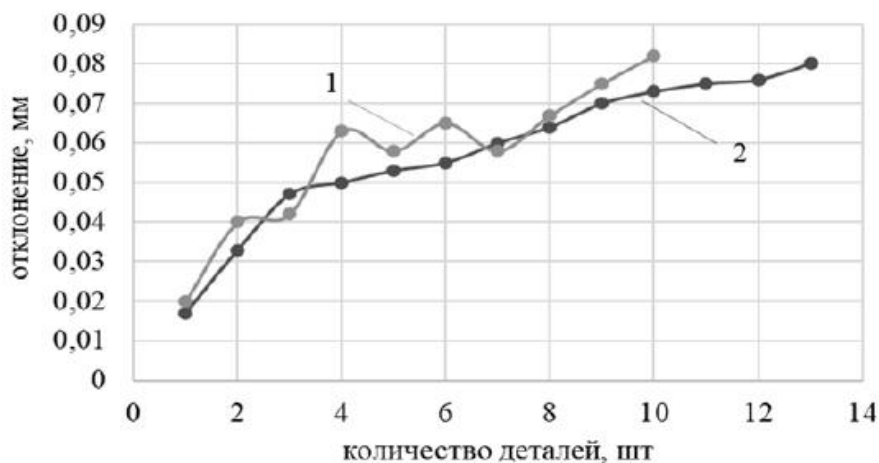
Одним из важных аспектов при обеспечении стабильной точности в условиях использования механообрабатывающего оборудования с ЧПУ яв-

ляется соответствующая точность зажима заготовок и инструмент [2]. От ее стабильности зависит количество наладочных деталей и разброс геометрических показателей между партиями в рамках производственного задания. Важной составляющей технологии в таких условиях становится стратегия выбора соответствующей экономически оправданной инструментальной оснастки [3] и методов выверки заготовки [4].

Рассмотрим разницу в получаемой точности при использовании механического и гидравлического резцедержателя, а также использование интерферометра [5] при выверке заготовки.

Материалы и методы. Для оценки влияния на точность обработки был выбран ступенчатый вал. Заготовка из калиброванного горячекатаного прутка из стали 45 ГОСТ 2590–2006, зажата за обработанную с одной стороны ступень и со сформированной базой для выверки. Обработка проходила на станке СТХ200S с механическим и гидравлическим резцовым блоком. При наладке на партию использовались лазерный интерферометр XL-80, стойка индикаторная с индикатором electronic comparators mahr Millimes 2001 W(i). Оценка погрешностей получившихся размеров оценивалась на координатно-измерительной машине ЛАПИК КИМ-1000. Детали обрабатывались на разных режимах резания. Начальная скорость резания выбрана 100 м/мин, затем увеличивалась до 140 и 180. Начальная подача составила 0,12 мм/об для каждой выбранной скорости резания. На скорости 180 м/мин далее увеличивалась до 0,15 и 0,18 мм/об. Для оценки влияния использования разного типа зажима на стойкость инструмент данные снимались с каждой детали из партии для новой сменной пластиной до первой подналадки, которая происходила при отклонении размера на 0,08 мм относительно настроенного. В качестве выходных данных для анализа в рамках этой статьи использовалась только статистика по отклонению диаметра на ступени, являющейся свободной поверхностью и получаемой за один проход, а также данные хронометража для выверки.

Результаты. Результат изменения отклонения от настроенного размера при обработке партии деталей до первой подналадки представлен на рисунке.



Графики изменения отклонения от настроенного размера при обработке партии деталей для разных типов зажимов:
1 — в механическом зажиме, 2 — в гидравлическом зажиме

Стойкость инструмента до критического износа приведена в таблице.

Стойкость инструмента на разных режимах в зависимости от типа зажима

Тип зажима	Количество обработанных деталей до отказа инструмента, шт. от режимов резания				
	$v = 100$ $s = 0,12$	$v = 100$ $s = 0,15$	$v = 100$ $s = 0,18$	$v = 140$ $s = 0,18$	$v = 180$ $s = 0,18$
Гидравлический	29	32	31	33	33
Механический	29	32	31	32	31

Проверка биения заготовки вала в пределах допустимых 0,02 мм на обработанной базовой шейке в среднем составило: для штатного контактного щупа, установленного в одну из позиций резцовой головки — 10,1 с; для индикаторной стойки — 12,2 с; предзакрепленным на станине интерферометром — 7,8 с.

Обсуждение. Анализ кривых изменения отклонения обрабатываемого размера внутри партии от настроенного показывает, что использование гидравлического резцедержателя повышает плавность и предсказуемость изменения размера внутри партии. Кривая отклонения согласуется с классической теорией износа инструмента, виден явный переход от этапа приработки инструмента к этапу равномерного износа.

В большинстве рассматриваемых случаев, подналадка при использовании механического резцедержателя требовалась раньше. Общее число обрабатываемых одной пластиной деталей до критического ухудшения качества поверхности незначительно увеличилось с использованием гидравлического резцедержателя. Полученный результат объясняется лучшими демпфирующими свойствами гидравлического резцедержателя и более плавным этапом врезания. Использование бесконтактного метода оценки биения заготовки показал на 30 % более быстрое определение по сравнению с механическими, однако в абсолютном выражении экономия времени не существенна.

Заключение. Использование гидравлического зажима резца имеет потенциал для использования в revolverной головке станка с ЧПУ, так как позволяет за счет гашения вибраций стабилизировать показатели разброса размеров внутри обрабатываемой партии. Особенно актуально использование гидравлического зажима при обработке по корке.

Использование предварительно настроенного интерферометра рационально только в случае отсутствия обильного использования СОЖ в зоне резания. Данные с бесконтактных датчиков могут быть использованы для автоматизированной системы пережима заготовки.

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (соглашение № 38/2024-ПД от 16.12.2024).

Список источников

- [1] Фещенко В.Н. *Обеспечение качества продукции в машиностроении*. Вологда, Инфра-Инженерия, 2024, 788 с.
- [2] Унянин А.Н., Гурьянихин В.Ф., Булыжев Е.М. *Технологическая оснастка*. Ульяновск, УлГТУ, 2022, 173 с.
- [3] *Каталог Оснастик*. URL: <https://osnastik.ru/katalog/> (дата обращения 10.09.2025).
- [4] Степанов Ю.С., Киричек А.В., Афанасьев Б.И. и др. *Способ установки и выверки заготовок деталей типа валов*. Патент № 2436666 С2 РФ, МПК В23Q 3/18, В23Q 23/00, 2011. ОрелГТУ. EDN: ZLAFNR
- [5] Коронкевич В.П., Ленкова Г.А. Применение лазерных интерферометров для точных измерений. *Автометрия*, 1972, № 6, С. 69–75. EDN: DRLOCW

A4

**Метрология
и взаимозаменяемость**

