

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДУЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

В.А. АБАНИН, доктор техн. наук, профессор,
А.Н. РОМАШЕВ, канд. техн. наук, доцент,
В.В. БЕЛОМЫЦЕВ, инженер,
Н.И. ДЕСЯТОВ, студент,
 (БТИ (филиал) АлтГТУ им. И.И.Ползунова, г. Бийск)

Статья поступила 15 августа 2012 года

Абанин В.А. – 659305, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, Бийский технологический институт,
 e-mail: aba@bti.secna.ru

Разработана конструкция упругого элемента встроенной измерительной оснастки для получения диагностической информации о состоянии режущих элементов модульного инструмента из непосредственной близости к зоне резания.

Ключевые слова: измерительная оснастка, многокомпонентный датчик силы, диагностирование, упругий элемент, измерительный модуль, модульная инструментальная оснастка, зона резания.

Введение

Выбор методов и средств контроля и диагностирования режущего инструмента (РИ) тесно связан с изучением наиболее распространенных отказов, причин возникновения и возможных последствий. При этом важно выявление таких отказов, которые приводят к большим простоям оборудования и высоким производственным расходам.

Рабочие поверхности РИ в процессе резания подвергаются воздействию различного рода напряжений, высоких температур, поверхностно-активных смазочно-охлаждающих жидкостей, что уменьшает работоспособность инструмента из-за пластического деформирования, поломок, износа. При этом конструктивные элементы режущей части инструмента разрушаются в результате постоянно нарастающего износа как по задней, так и по передней поверхности. В связи с этим повышается процент брака при обработке и увеличивается время восстановления нарушений в работе технологической системы (уменьшается производительность). К основным видам нарушений работоспособности РИ относят: износ, выкрашивание, поломки и скалывание [1].

У большинства металлорежущих инструментов нарушения работоспособности при выполнении различных технологических операций составляют: 10 % – скалывание; 12 % – отделение режущей части; 21 % – поломки; 22 % – выкрашивание и около

35 % – износ. При этом затраты времени на обнаружение и удаление вышедших из строя металлорежущих инструментов составляют около 10 % от времени работы металлорежущих систем.

Повышение эффективности машиностроительного производства обуславливает необходимость широкого использования высокопроизводительного оборудования, позволяющего автоматизировать процессы механообработки. В этой связи особенно актуальными становятся исследования, посвященные вопросам диагностики как технологической системы в целом, так и ее отдельных составляющих. Решение же вопросов автоматического контроля текущего износа РИ является одной из острейших проблем современного автоматизированного производства, особенно в условиях малолюдной технологии.

Целью данной работы является разработка упругого элемента измерительной оснастки, встроенного в модульную инструментальную оснастку (МИО) [2] для получения диагностической информации о составляющих вектора силы резания, действующих непосредственно на РИ.

Методика исследования

Одним из наиболее распространенных способов контроля состояния РИ является способ, основанный на измерении силовых параметров процесса резания. Суть реализованного в данных исследованиях мето-

да построения измерительной оснастки заключается в деформировании упругого элемента многокомпонентного датчика силы резания [3], встроенного в МИО. При этом многокомпонентный датчик силы выполняется автономным функциональным узлом (измерительным модулем), измерительные и информационные возможности которого планируется расширить путем дополнительного размещения цепей измерения температуры и вибрации. Исследование и контроль метрологических характеристик измерительного модуля обеспечивается экспериментальными приемами, применяемыми в силовой измерительной и испытательной технике [4].

Для выбора базовой конструкции упругого элемента встроенной измерительной оснастки на первом этапе исследований проводилось моделирование силовых процессов в МИО с использованием метода конечных элементов [5]. Методика моделирования включала анализ полей деформации

Моделирование полей деформации в МИО

Номер этапа	Усилие прижатия МИО, кН	Составляющие усилия резания, кН			Максимальная деформация, мм
		Px	Py	Pz	
1	20	-	-	-	0,020
2	20	4	4	4	0,032
3	20	4	4	0	0,028
4	20	0	4	4	0,029

во внутреннем объеме инструментальной оснастки с учетом предварительного усилия прижатия сменного модуля к корпусу, а также различных значений силы резания и направлений ее действия в пространстве.

Моделирование полей деформаций в МИО проведено в несколько последовательных этапов, отраженных в таблице и на рис. 1.

На первом этапе модель нагружалась только усилием прижатия сменного модуля к корпусу МИО. Результаты первого этапа моделирования подтверждают, что максимальные смещения в детали составляют 0,0197 мм и не превышают предельных деформаций по условиям жесткости 0,03...0,05 мм.

Из анализа второго и последующих этапов моделирования следует, что при введении в модель дополнительной силы – силы резания, меняется распределение составляющих вектора силовой нагрузки, но при этом максимальная деформация не превышает предельно допустимого значения.

Для проверки подлинности результатов моделирования был изготовлен опытный образец упругого элемента из стали ХВГ и производилось его нагружение на разрывной машине Р-10.

По результатам нагружения был построен график зависимости деформации упругого элемента от воздействующего на него усилия.

Как видно из графиков, полученные в результате моделирования данные совпадают с реальными результатами, поэтому полученную форму упругого элемента можно считать окончательной.



Рис. 1. Нагружение измерительного модуля:

а – система координат; б – на первом этапе; в – на втором этапе; з – на третьем этапе; д – на четвертом этапе

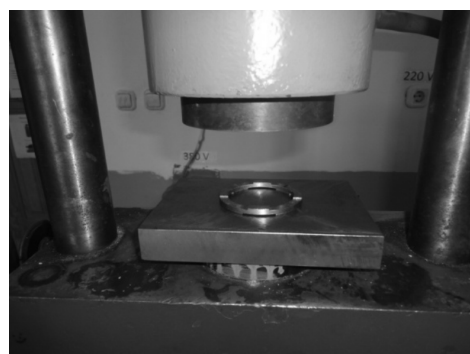


Рис. 2. Упругий элемент на разрывной машине Р-10

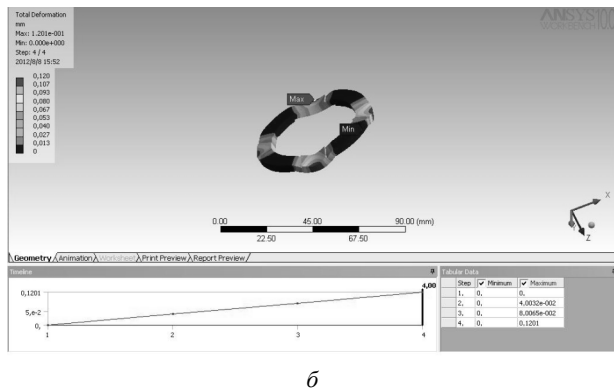
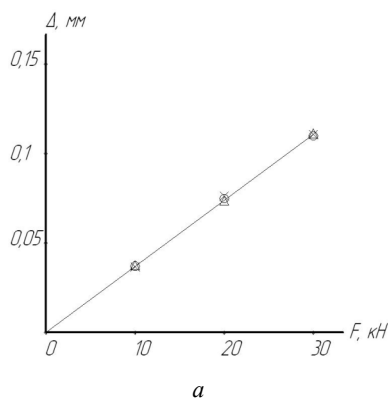


Рис. 3. График зависимости деформации упругого элемента от действующего на него усилия:
а — практический; б — теоретический

Полученные данные о деформации применены для обоснования базовой конструкции упругого элемента многокомпонентного датчика, физический принцип работы которого основан на тензорезисторном эффекте [6,7].

Результаты исследования и их обсуждение

Упругий элемент многокомпонентного датчика силы резания изготовлен кольцевой формы, на половине высоты которого выполнены симметрично относительно друг друга в плоскости перпендикулярной вертикальной оси кольца четыре плоские балки, воспринимающие деформацию от действия вектора силовой нагрузки (рис. 4). Узлы ввода силы размещены в середине балок. Нижняя сторона кольца опирается на четыре выступа, являющиеся силоопорными

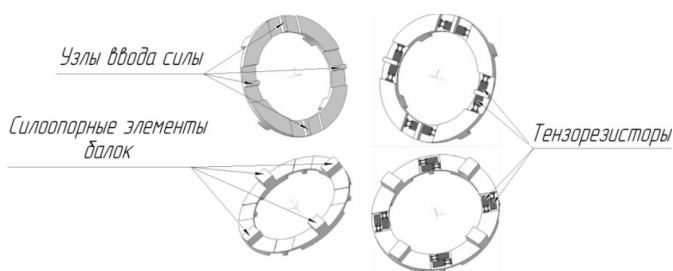


Рис. 4. Расположение тензорезисторов мостовых цепей на упругом элементе датчика силы

элементами балок, а на противоположных сторонах каждой балки размещены тензорезисторы, соединенные в гальванически независимые мостовые цепи. Место установки упругого элемента во внутреннем объеме модульной оснастки выбрано на основе анализа модели силового процесса в МИО.

Принцип работы измерительной оснастки заключается в следующем (рис. 5). При закреплении сменного инструментального модуля 3 происходит начальное деформирование упругого элемента 1 за счет того, что толщина упругого элемента h больше глубины паза, в котором он находится, при этом деформирование упругого элемента 1 ограничивается усилием закрепления инструментального модуля 3. Таким образом, происходит требуемая первоначальная деформация упругого элемента 1 и обеспечивается необходимая жесткость модульной инструментальной оснастки. При точении на режущий элемент инструментального модуля 3 действует сила резания.

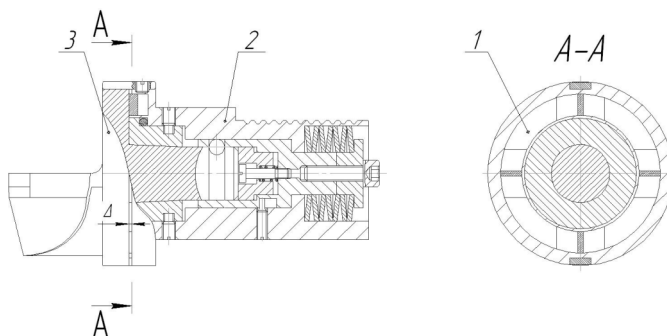


Рис. 5. Модульная инструментальная оснастка со встроенным упругим элементом многокомпонентного датчика силы

При этом деформация инструментального модуля 3 через узлы ввода упругого элемента 1, соприкасающиеся с торцом инструментального модуля 3, передается на плоские балки упругого элемента 1 за счет имеющегося зазора Δ между торцами корпуса 2 и инструментального модуля 3. Тензорезисторы, закрепленные на плоских балках упругого элемента 1, изменяют свое сопротивление пропорционально деформации плоских балок, которая, в свою очередь, пропорциональна приложенной нагрузке, вследствие чего на выходе мостовых цепей формируются электрические сигналы, пропорциональные составляющим вектора силы резания.

Выводы

Разработана конструкция упругого элемента многокомпонентного датчика силы резания, встроенного в сменную модульную оснастку для получения диагностической информации о состоянии режущих элементов непосредственно из зоны резания.



Дальнейшее совершенствование измерительной оснастки планируется провести в создании многопараметрической сенсорной информационно-измерительной системы диагностирования лезвия режущего инструмента на основе физических критериев, основанных на комплексном анализе результатов измерения составляющих силы резания, температуры и параметров вибрации.

Список литературы

1. Ромашев А.Н. Резцы со встроенными измерительными устройствами для диагностирования их лезвий в процессе резания: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1987. – 186 с.
2. Патент RU № 97662, 2010 г.
3. Патент на изобретение RU № 2455121, 2012 г.
4. Базжин Ю.М. Исследование и разработка электро-тензометрических силоизмерительных датчиков высо-

кой точности для промышленного контроля: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1964. – 181 с.

5. Беломыцев В.В., Ромашев А.Н., Абанин В.А. Модульная инструментальная оснастка со встроенным многокомпонентным датчиком для контроля составляющих силы резания // Сборник работ победителей отборочного тура Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых по нескольким междисциплинарным направлениям, г. Новочеркасск, октябрь-ноябрь 2011 г. / Мин-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: Лик, 2011. – 126–129 с.

6. Адамов Ю.Ф., Сигатуллин А.Г., Сомов О.А. Тенденции развития сенсорных систем и интеллектуальных датчиков // Датчики и системы. – 2011. – № 5. – С. 58–59.

7. Абанин В.А., Абанина Е.А., Привалов Г.А. Совершенствование методов и средств измерения силовых параметров в испытательной технике // Датчики и системы. – 2010. – № 11, С 11–16.

Measuring equipment for diagnosing cutting elements of the modular tool

V.A. Abanin, A.N. Romashev,
V.V. Belomytsev, N.I. Desyatov

The design of an elastic element of the built-in measuring equipment is developed for obtaining diagnostic information on a condition of cutting elements of the modular tool from direct proximity to a cutting zone.

Key words: measuring equipment, multi-component force sensor, diagnostics, elastic element, a measuring unit, modular tooling, cutting zone.