

# ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДУЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

**В. А. Абанин, А. Н. Ромашев, В. В. Беломыцев, Н. И. Десятов**

Бийский технологический институт,  
г. Бийск, Россия

Целью данной работы является разработка измерительной оснастки (средства измерений), встроенного в модульную инструментальную оснастку (МИО) [1] для получения диагностической информации о составляющих вектора силы резания действующих непосредственно на режущий инструмент (РИ).

Одним из наиболее распространенных способов контроля состояния РИ является способ, основанный на измерении силовых параметров процесса резания. Суть реализованного в данных исследованиях метода построения измерительной оснастки заключается в деформировании упругого элемента многокомпонентного датчика силы резания [2] встроенного в МИО. При этом многокомпонентный датчик силы выполняется автономным функциональным узлом (измерительным модулем), измерительные и информационные возможности которого планируется расширить путем дополнительного размеще-

ния цепей измерения температуры и вибрации. Исследование и контроль метрологических характеристик измерительного модуля обеспечивается экспериментальными приемами, применяемыми в силоизмерительной и испытательной технике [3].

Для выбора базовой конструкции упругого элемента измерительной оснастки на первом этапе исследований проводилось моделирование силовых процессов в МИО с использованием метода конечных элементов [4]. Методика моделирования включала анализ полей деформации 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.

| № | 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                       |

На первом этапе модель нагружалась только усилием прижатия инструментальной оснастки к корпусу. Результаты моделирования 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 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 (рисунок 1).

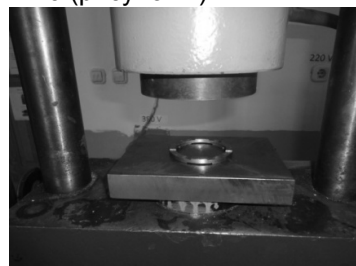


Рисунок 1 – Упругий элемент на разрывной машине Р-10

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДУЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

По результатам нагружения был построен график зависимости деформации упругого элемента от воздействующего на него усилия (рисунок 2).

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

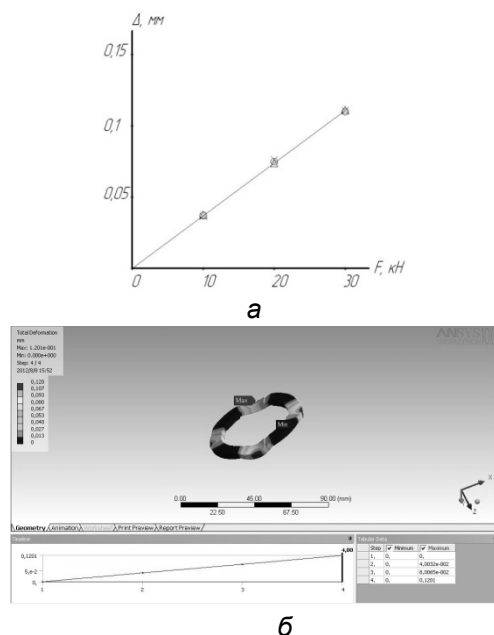


Рисунок 2 – График зависимости деформации упругого элемента от воздействующего на него усилия: а – практический; б – теоретический

Полученные данные о деформации применены для обоснования базовой конструкции упругого элемента многокомпонентного датчика, физический принцип работы которого основан на тензорезисторном эффекте [5]. Результаты моделирования позволили обосновать зоны размещения тензорезисторов, уровни воспринимаемых тензорезисторами деформаций, геометрические размеры тензорезисторов с учетом ограничений на предельные перемещения модульной оснастки при ее работе.

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 (рисунок 3). Узлы ввода силы размещены в середине балок. Нижняя

сторона кольца опирается на четыре выступа, являющиеся силоопорными 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 модульной инструментальной оснастке. В датчике предпочтительно применять фольговые тензорезисторы с базой 3 мм с сопротивлением 400 Ом. По сравнению с проволоочными тензорезисторами они имеют повышенную чувствительность к деформации упругого элемента, что позволяет повысить уровень выходных сигналов. Кроме этого у фольговых тензорезисторов меньший уровень температурных составляющих погрешностей и они более устойчивы к неинформативному воздействию составляющих деформации упругих элементов. При соответствующем подборе материала упругого элемента в конструкции измерительного модуля допустимо применение металлопленочных тензорезисторов, изготовленных по микроэлектронной технологии из наноструктурированных материалов с пониженной чувствительностью к воздействию температурных нагрузок при одновременном размещении функциональных узлов преобразования аналоговых сигналов в цифровой код, микропроцессоров и интерфейсом для ввода информации ПЭВМ. Современная микроэлектронная технология обеспечивает жесткое закрепление тензорезисторов на упругих элементах, что исключает нестабильные свойства клеевого закрепления. Помимо этого групповая технология изготовления тензорезисторов мостовых цепей формирует в едином технологическом процессе тензорезисторы с идентичными параметрами (коэффициенты тензочувствительности, начальные сопротивления), что создает необходимые условия для обеспечения высокоточного измерения составляющих вектора силы. С введением в модульную инструментальную оснастку дополнительно датчиков (сенсоров) измерения температуры и параметров вибрации измерительный модуль является многопараметрической цифровой сенсорной измерительной системой [6]. Она позволит обосновывать физические критерии диагностирования состояния лезвия режущего инструмента, реализуемые программным путем и с выдачей соответствующих команд по корректировке хода технологического процесса.

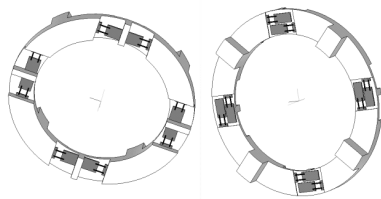


Рисунок 3 – Расположение тензорезисторов мостовых цепей на упругом элементе датчика силы

Принцип работы измерительной оснастки заключается в следующем (рисунок 4). 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. 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  $\Delta$  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.

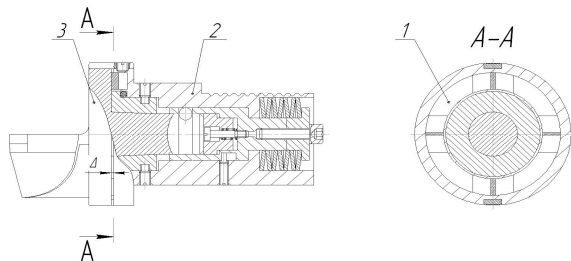


Рисунок 4 – Модульная инструментальная оснастка со встроенным упругим элементом многокомпонентного датчика силы

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

Применение средств автоматизированного диагностирования модульной инструментальной оснастки позволит снизить простои оборудования, связанные с потерей инструмента работоспособности, а также сократить затраты времени на подналадку инструмента (его размерное регулирование) за период его работы без замены.

#### Список литературы:

1. Патент RU № 97662, 2010 г.
2. Патент на изобретение RU № 2455121, 2012 г.
3. Базжин Ю.М. Исследование и разработка электротензометрических силоизмерительных датчиков высокой точности для промышленного контроля: Дис.канд. техн. наук. – М., 1964. – 181 с.
4. 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.
5. Адамов Ю.Ф., Сигатуллин А.Г., Сомов О.А. Тенденции развития сенсорных систем и интеллектуальных датчиков/ Датчики и системы- № 5.- 2011.- с. 58-59.
6. В.А. Абанин, Е.А. Абанина, Г.А. Привалов. Совершенствование методов и средств измерения силовых параметров в испытательной технике/ Датчики и системы- № 11, 2010.- С 11-16.