

УДК 531.7.08

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

В.А. РУМБЕШТА, Н.А. СИМУТА

Национальный технический университет Украины «КПИ»

В статье рассмотрено состояние современных методов измерения сил резания при токарной обработке с учетом динамики резания. Предложен способ и конструкция приспособления для измерения сил резания по трем координатам на основе оптоволоконного Маха-Цендера

В связи с развитием техники с каждым годом предъявляются все более высокие требования к изготавливаемым деталям. В приборостроении и машиностроении большой вклад в качество получаемой продукции вносит механическая обработка деталей, что требует применения нового высокоточного оборудования и новых методов обработки. Получение деталей с высокой точностью размеров и качества поверхностного слоя не возможно без внедрения новых методов контроля процесса механической обработки и повышения точности существующих.

Для получения качественных деталей необходимо проводить контроль на каждом этапе их изготовления и, особенно, в процессе обработки, что позволит оперативно управлять качеством получаемой детали.

Одним из важных параметров процесса механической обработки, который непосредственно влияет на качество получаемой поверхности, является сила резания и для обеспечения получения качественной поверхности необходим ее контроль. Этот параметр можно разбить на три составляющие:

- постоянная составляющая силы резания;
- случайная составляющая силы резаний, возникающая в результате случайных изменений параметров поверхности заготовки и динамических процессов при резании;
- монотонно возрастающая составляющая из-за износа режущего инструмента.

Контролируя все составляющие силы резания, можно сделать заключение о техническом состоянии процесса резания и, как следствие, о качестве получаемой детали и сделать прогноз на дальнейшее протекание процесса обработки.

Анализ методов измерения сил резания

Самым распространенным способом измерения усилий и сил резания при токарной обработке является тензометрия. Физически метод основан на деформации измерительного элемента под нагрузкой и изменении его электрического сопротивления. Как правило, измерительный элемент входит в измерительный мост, и по изменению напряжения в измерительном мосте, вследствие изменения электрического сопротивления измерительного элемента, можем судить о приложенной силы. Для измерения сил резания применяются специальные устройства – динамометры. Существующие динамометры имеют очень большие габаритные размеры и требуют замены резцедержателя на соответствующее приспособление, а также обладают инерционностью [1, 2]. Другим вариантом таких устройств являются модифицированные узлы станочного оборудования, которые отслеживают деформацию станины станка или нагрузку на шпиндельный узел либо на узел подачи [1, 3]. Но такие устройства требуют существенной доработки станков и не дают достаточной точности при измерении

малых сил, например, при чистовой обработке деталей малых размеров или обработки цветных или легких сплавов, что особенно актуально в приборостроении.

Известны устройства использующие при измерении свойства прямого пьезоэффекта, т.е. при деформации пьезоэлектрического кристалла, который используют в качестве чувствительного элемента, генерирует электрический заряд. По величине электрического заряда и судят и приложенной силе. Такие устройства лишены такого большого недостатка как инерционность [1]. Одним из таких приспособлений является устройство, использующее в своей конструкции чувствительный элемент, который встроено в резец [4]. К недостаткам такого устройства следует отнести измерение силы резания только по одной координате и его не универсальность, т.к. оно представляет собой оправку со встроеным чувствительным элементом. Еще одним недостатком данного типа устройств является прокладка проводников вблизи зоны резания, где они подвержены воздействию высоких температур, которые влияют на точность показаний и могут привести к повреждению чувствительного элемента.

Для измерения сил резания также используют индуктивные приспособления [1]. Недостатком таких приспособлений есть возможность измерять только статические нагрузки. Существуют также индукционные приспособления для сил резания, которые позволяют измерять силы в динамике, но такого типа устройства не позволяют измерять большие усилия и имеют малый диапазон измерений.

Постановка задачи

Для эффективного контроля сил резания в процессе токарной обработки необходимо устройство, которое будет давать точный результат в широком диапазоне измерений и адекватно показывать динамику изменения этих сил. Еще одним условием для востребованности такого устройства должна быть простота его использования, не требующая сложного и дорогостоящего переоборудования технологического оборудования и возможность использования стандартного режущего инструмента.

Физические основы измерения сил резания оптическим способом

Известно использование для измерения внешних сил при силовой нагрузке оптоволоконного проводника в качестве чувствительного элемента. При деформации оптоволоконного проводника, через который пропускается луч когерентного монохромного излучения, происходит модуляция луча. По характеру модуляции можно сделать вывод о силе, действующей на оптоволоконный проводник [5]. Данный эффект используется в оптоволоконном интерферометре Маха-Цендера.

Интерферометр Маха-Цендера состоит из двух плеч. Одно плечо является опорным и оно изолировано от воздействия внешней среды. Второе плечо является рабочим предназначено для измерения. Излучения от когерентного монохромного источника света подается в оба плеча интерферометра. В опорном плече с лучом света ничего не происходит, а в рабочем, соответственно, луч света модулируется внешней нагрузкой. Лучи света из обеих частей сводятся в одном приемном световоде, в котором формируется интерференционный сигнал. Интенсивность интерференционного сигнала описывается выражением:

$$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где φ_1 и φ_2 фазы лучей света, которые прошли опорное и рабочее плечи, I_1 и I_2 – интенсивность лучей света в опорном и рабочем плечах интерферометра, соответственно. При этом прирост фазы излучения в рабочей части превращается в изменение интенсивности сигнала интерференции,

реєструючої фотоприймачем. Отриманий сигнал дозволяє визначити величину сили, діючої на оптичний провідник.

Результати і їх обговорення

На основі вище викладеного способу вимірювання сил прикладених до оптичного провідника була розроблена конструкція пристосування для вимірювання сил різання при токарній обробці [8]. Пристосування встановлюється в стандартний різцедержатель токарного станка і використовує стандартні різці.

Пристосування (см. рис. 1) складається з корпусу 4, в який встановлена ​​підвижна сферична муфта 3, закрита кришкою 2, і опорою 5, в яку кріпиться різець 1. На кожній стороні опори 5 в спеціально виготовлених канавках закріплені оптичні провідники 7. Вимірювання проводиться по трьох координатах: x , y , z . За кожну координату відповідає пара оптичних провідників, які закріплені на протилежних гранях опори 5 і, відповідно, вимірювання проводиться трьома парами провідників.

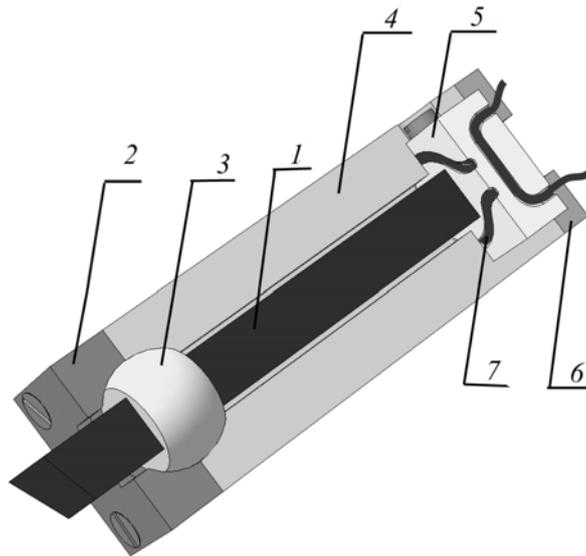


Рис. 1. Пристосування для вимірювання сил різання

При обробці деталі під дією сил різання різець 1 повертається на невеликий кут в сферичній муфті 3 і зміщує опору 5, тим самим деформуючи провідники 7, через які проходить промінь світла від джерела. Кожен з цих провідників є вимірним плечем шестиканального інтерферометра.

Вимірювання проводиться наступним чином (рис. 2): від джерела випромінювання 1 подається промінь світла в оптичний розветвлювач 2. Далі він потрапляє в оптичний провідник 3 (на рис. 1 позначено 7), який є робочим плечем інтерферометра – при його деформуванні відбувається модуляція променя світла. Далі отриманий промінь світла подається в прийомний оптичний провідник 5, де порівнюється з променем світла з опорного провідника 4 і фіксується результат розбіжності в вигляді інтерференційної картини фотоприймачем 6. З неї сигнал передається на

блок обработки и анализа информации 7. Для измерения каждой составляющей силы резания используется два интерферометра, то есть для измерения трех составляющих силы резания P_x , P_y и P_z применяются шесть каналов измерения.

Калибровка приспособления проводится автономно путем нагрузки устройства стандартным динамометром в статическом состоянии системы по всем координатам.

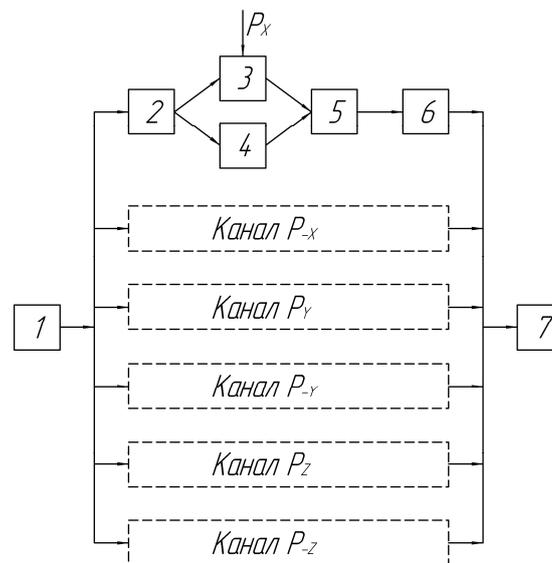


Рис. 2. Блок-схема работы оптико-электронной части приспособления для измерения сил резания

Предложенное устройство позволяет надежно контролировать процесс резания на всех стадиях токарной обработки детали для обеспечения ее качества и оптимизации производственных затрат, т.к. принцип действия устройства не подвержен влиянию внешних факторов.

Выводы

Процесс токарной обработки представляет собой силовой динамический процесс со сложными, взаимосвязями и многими возмущающими факторами. Поэтому необходимо контролировать его протекание с высокой точностью и быстродействием. Для этого необходимо создание новых точных и надежных методов и устройств контроля и диагностики, что позволит обеспечить качественную и надежную обработку деталей машин и приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник / Под общ. ред. А.М. Маслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 554 с.: ил.
2. Руководство к универсальному динамометру УДМ конструкции ВНИИ. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт (ВНИИ), 1983. – 22 с.: ил.
3. Корытин А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.: ил.

4. А.с. СССР № 921688 Устройство для автоматического управления процессом обработки. Филонов И.П., Фельдштейн Е.Э. от 23.04.1982, Бюл. № 15.
5. Окопи Т., Окамото К., Оцу М., Нисихара Х., Кюма К., Харатэ К. Волоконно-оптические датчики / под ред. Т. Окопи: пер. с япон. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1990. – 256 с.: ил.
6. Патент України на корисну модель № 64256 Пристосування для вимірювання сил різання при токарній обробці. Симута М.О., Барабаш Г.С. від 10.11.2011, Бюл. № 21, 2011