

УДК 681.33: 621.9

Майданюк С.В. асист., Плівак О.А., асист.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: maysv3@gmail.com, aplivak@gmail.com

ВИБІР ДАТЧИКІВ ТА МЕТОДІВ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СИЛ РІЗАННЯ

Оброблення різанням супроводжується явищами, пов'язаними із пластичним деформуванням та руйнуванням оброблюваного матеріалу в процесі зняття стружки, тепловими, електромагнітними, хімічними, динамічними тощо, які також впливають один на одного. При цьому, в процесі оброблення, виникають сили протидії, результуючу яких називають силою різання [1].

Сила різання є одним показників процесу різання та використовується в проектуванні інструменту, та при оптимізації для визначення геометричних параметрів різальної частини інструментів, режимів різання та стійкості. Тому визначення сил різання є актуальною задачею.

Відповідно, виникає потреба в методах, які дозволяють проводити вимірювання сил різання з достатньою точністю та в режимі реального часу.

Оскільки в сучасному машинобудуванні оброблення різанням супроводжується великими динамічними навантаженнями, то, відповідно, виникає потреба у вимірюванні сил різання динамічних процесів, які характеризуються великою частотою змінювання характеристик процесу різання, тому виникає проблема вибору технічних засобів визначення сили різання - комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних комплексів.

Сучасні силовимірювальні комплекси використовують різні методи визначення сил різання, але найбільш поширений метод безпосереднього вимірювання - пружної деформації за допомогою силовимірювальних датчиків, який дозволяє визначати не тільки величину значення сили, а й фіксувати її зміну в часі; одночасно вимірювати кілька складових сили різання; виконувати вимірювальні пристрої у вигляді компактних і зручних для обслуговування силовимірювальних датчиків.

Принцип дії силовимірювальних датчиків полягає в тому, що вимірюване зусилля передається на чутливий елемент, викликаючи, при цьому, його деформацію. За способом вимірювання деформації пружного елемента силовимірювальні датчики поділяються на наступні види [2, 3]:

- тензорезисторні датчики - мають найбільшу область застосування та використовуються як для статичних, так і для динамічних вимірювань в діапазоні вимірювання сил від 5Н до 5МН, з високою точністю вимірювання, меншою 0,03%;

- індуктивні датчики - характеризуються великим вимірювальним сигналом, який повинен бути обмежений при динамічних і короткочасних

статичних вимірюваннях, використовуються в діапазоні вимірювання сил від 200 кН до 10 МН;

- магнітопружні датчики – призначені, переважно, для грубих квазістатичних промислових вимірювань;

- п'єзоелектричні датчики - відрізняються великою жорсткістю та застосовується для вимірювання динамічних і квазістатичних сил в діапазоні частот вище 100 кГц, та зовсім непридатні для вимірювання статичних сил.

Найчастіше, при визначенні сил різання, використовується динамометри на основі тензорезисторних датчиків – тензорезисторні динамометри, які придатні як для статичних, так і для динамічних вимірювань.

Внаслідок великої жорсткості ці динамометри відрізняються досить високою власною частотою, яка може досягати декількох кілогерц. Слід, однак, мати на увазі, що приєднувальні маси значно знижують власну частоту f інерційної системи, що складається з пружного елемента та маси. Чим вище частота в вимірювальній техніці, тим більш проблематичною та теоретичної стає задача вимірювання. Метод використання тензорезисторних датчиків добре підходить також у випадках з більш високою частотою та тривалому знакозмінному навантаженні.

В якості чутливого елемента тензорезисторних динамометрів виступають тензометричні датчики (тензодатчики). Конструктивно тензодатчик динамометра складається з наступних елементів [5]:

- пружний (чутливий) елемент – тіло що сприймає навантаження та пружно деформується під їх дією - конструктивно виконаний у вигляді стержня, втулки або кільця та виготовлений з легованої вуглецевої сталі, а з метою отримання стабільних характеристик попередньо термооброблений;

- тензорезистор - фольговий або дротяний резистор на підкладці, приклеєний до пружного елемента;

- корпус тензодатчика – як правило, сталева оболонка, призначена для захисту пружного елемента та тензорезистора від механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища.

Тензорезистори, загалом, використовуються для вимірювання деформації в твердих тілах. Робота тензорезистора заснована на змінюванні власного опору пропорційно деформації пружного елемента, яка, в свою чергу, пропорційна навантаженню [3, 4].

Матеріали чутливого елемента, провідника тензорезистора та його підкладки різні, відповідно з різними температурними характеристиками, тому, довжина чутливого елемента тензорезистора та довжина його підкладки змінюються в залежності від навколишньої температури. Тому, незважаючи на спеціальні заходи, що вживаються при виготовленні тензорезисторів виробниками, існує проблема зниження температурної чутливості.

Температурна чутливість тензорезистора визначається двома фізичними явищами: залежністю матеріалу та характеристик провідника тензорезистора від температури та паразитним тензорезистивним ефектом, що виникає

ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ—МАШИНОБУДУВАННЮ

внаслідок неузгодженості температурних коефіцієнтів розширення тензорезистора та матеріалу об'єкта, на який наклеєний тензорезистор.

В процесі роботи тензорезистора, при проходженні через його провідник струму живлення, також виникають температурні похибки, внаслідок розігрівання провідника дією струму [3].

Вимірювання за допомогою тензодатчиків вимагають реєстрації дуже малих змін опору. Щоб вимірювати мале змінювання опору та компенсувати температурні похибки, тензорезистор з'єднують по класичній мостовій схемі – міст Уїтстона, підключеного до джерела живлення, збудження моста, причому, особливі вимоги пред'являються до точності та стабільності характеристик джерела живлення моста, оскільки це суттєво впливає на вихідні характеристики тензорезистора.

З метою підвищення чутливості та компенсації температурних похибок, що виникають в процесі роботи тензорезистора, тензорезистори з'єднують у напівмостову схему моста Уїтстона (рис. 1,а), причому одні з них працюють на розтяг, інші - на стискання.

Для точних вимірювань дуже малих сигналів з тензодатчиків, за допомогою силовимірювальних комплексів, зазвичай потрібно щось більше, ніж просте підключення до датчиків підсилувача, з подальшою подачею посиленого сигналу на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Щоб домогтися високої роздільної здатності та точності у вимірювальній системі, потрібно докласти зусиль при виборі джерела живлення, збудження перетворювача.

На рис. 1,б показана узагальнена схема силовимірювального комплексу на базі тензодатчиків [4, 5].

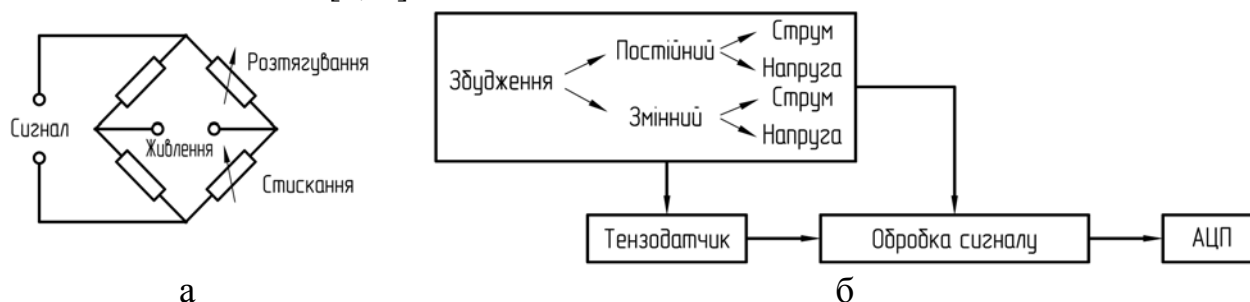


Рис. 1. Напівмостова схема з'єднання тензорезисторів (а), узагальнена схема силовимірювального комплексу на базі тензодатчиків (б)

Відповідно до схеми (рис. 1,б), можливе декілька варіантів живлення, збудження тензодатчиків: напругою: постійною та змінною; і струмом: постійним та змінним.

Зазвичай, застосовується збудження постійною напругою, але там, де є багато перешкод, струмове збудження, в загальному випадку, є кращим, тому що дана схема менш сприйнятлива до перешкод [4, 6].

Збудження датчика постійним струмом використовується більш широко, ніж змінним, оскільки схема збудження постійним струмом простіша та відрізняється простотою застосування та низькою вартістю; але в таких схемах є значні недоліки – величина сигналу збудження датчика повинна бути достатньою, щоб зміни сигналу датчика були помітні на тлі шумів, постійного зміщення та дрейфу зміщення. Також негативною стороною схеми постійного струму є труднощі виділення вимірюваного сигналу зміщення підсилювача і сигналу паразитних термопар, оскільки зміщення схильне до дрейфу та змінюється непередбачувано при зміні температури, а також під дією шуму виду $1/f$. Тому така схема збудження датчика використовується для статичних випробувань [4 -7].

Для динамічних випробувань більш ефективним буде збудження датчика змінним струмом. Джерело збудження датчика періодично перемикає полярність сигналу збудження, а амплітуда сигналу вимірюється і усереднюється для отримання результату. Таким чином, при збудженні змінним струмом пригнічується вплив шумів виду $1/f$ і сигналів паразитних термопар на вимірюваний сигнал, що дозволяє значно зменшити амплітуду сигналу збудження, що зменшує похибки, пов'язані з саморозігрівом тензорезистора. Ці переваги зазвичай переважають недоліки, система стає більш складною та дорогою; виникає необхідність враховувати час встановлення сигналу після перемикавання полярності збудження [4 -7].

Таким чином, для збудження тензодатчиків, при динамічних вимірюваннях сил різання, більш доцільним буде збудження датчика змінним струмом

Список використаних джерел:

1. Розенберг Ю. А. Силы резания и методы их определения: в 2 ч. / Ю. А. Розенберг, С. И. Тахман. – Курган: КМИ, 1995– . – Ч. 1: Общие положения. – 1995. – 128 с.
2. Обзор силоизмерительных датчиков [електронний ресурс] // Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) GmbH. – Режим доступу до інтернет-сторінки: <http://www.anwit.kiev.ua/article/24/t/page/4/>
3. Тензорезисторы [електронний ресурс] // Энциклопедия АСУ ТП. – Режим доступу до інтернет-сторінки: http://www.bookasutp.ru/Chapter6_3_5.aspx
4. О'Греди А. Методы возбуждения измерительных датчиков и применение ИС AD7711 и AD7730 [електронний ресурс] // Рынок микроэлектроники. – Режим доступу до інтернет-сторінки: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_03/stat_50.htm
5. Динамические характеристики тензометрических измерительных систем для прочностных испытаний [електронний ресурс] // Инженерное бюро авиационного института. – Режим доступу до інтернет-сторінки: <http://inburo.com.ua/ru/pages/58/>
6. Герштенхабер М. Схема возбуждения мостового тензодатчика переменным током [електронний ресурс] / AN-683R Руководство по применению // Analog Devices, Inc. – 2003. – Режим доступу до інтернет-сторінки: <http://www.analog.com/media/ru/technical-documentation/application-notes/38829122935342AN683R.pdf>
7. Теория тензоизмерений, схемы подключения тензорезисторов [електронний ресурс] // Zetlab. Простые решения сложных задач. – Режим доступу до інтернет-сторінки: .