

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель ст. преподаватель Данильчик С.С.

Силы резания определяют с помощью динамометров. Деформации упругих элементов динамометра непосредственно или с использованием связанных с ними явлений служат основой для измерения сил резания. Независимо от конструкции динамометры состоят из следующих основных частей: первичного измерительного преобразователя, воспринимающего нагрузку (датчик); регистрирующего устройства (приёмник); вспомогательных звеньев, связывающих их друг с другом. В качестве датчика чаще всего используются упругие элементы некоторых деталей резцедержателя или державки самого резца. В зависимости от того, сколько составляющих сил резания можно измерить динамометром, они называются одно-, двух- или трехкомпонентными. По способу восприятия упругих перемещений датчика динамометры делятся на механические, гидравлические, электрические.

Наиболее простыми являются механические динамометры. Упругие перемещения датчика таких динамометров непосредственно регистрируются индикаторами часового типа. В гидравлических динамометрах упругие перемещения датчика преобразуются в давление, которое регистрируется манометрами. Использование механических и гидравлических динамометров ввиду их недостаточной чувствительности и большой инерционности возможно лишь при установившемся силовом режиме.

Более совершенными являются электрические динамометры, в которых упругие перемещения датчика преобразуются в электрические сигналы, регистрируемые электрическими приборами (гальванометром, милливольтметром, осциллографом и др.). Электрические

датчики обладают высокой чувствительностью и практически безинерционны. Их можно использовать для записи процесса нагружения, в том числе в режиме неустановившихся силовых воздействий. При использовании электрических датчиков существуют следующие методы исследования сил резания: ёмкостной, индуктивный и тензометрический.

При ёмкостном методе (рис.1,а) под действием силы резания посредством державки резца перемещается упругая пластина конденсатора, изменяя воздушный зазор Δh , следовательно, и емкость конденсатора [2]. Изменение емкости приводит к колебанию регистрируемого тока.

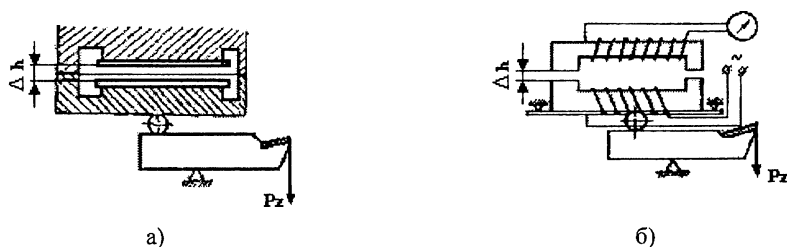


Рис. 1. Электрические преобразователи:
а – ёмкостной; б – индуктивный.

Индуктивный метод (рис.1, б) основан на изменении индуктивности токонесущего контура, следовательно, и силы тока в обмотке в зависимости от воздушного зазора Δh между ферромагнитными телами. Изменение силы резания соответственно влияет на регистрируемый ток.

Тензометрический метод основан на изменении омического сопротивления датчика при его растяжении или сжатии от действий сил резания. Тензометрические преобразователи электрических датчиков представляют собой несколько витков очень тонкой проволоки диаметром от 0,015 до 0,06 мм, изготовляемой из специального сплава нихром-константан, который изменяет электрическое сопротивление при деформации преобразователя. Витки или решетку из такой проволоки помещают между двумя склеенными бумажными полосками и наклеивают на державку резца. Под влиянием сил резания державка и приклеенная к нему проволока упруго деформируются. Это вызывает изменение силы тока в электрической цепи, который увеличивается усилителем и измеряется регистрирующим прибором.

Относительное изменение сопротивления тензометрического датчика линейно зависит от величины относительного удлинения или укорочения его проволоки (пластины):

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta l}{l} = k\varepsilon,$$

где ΔR – абсолютное изменение его сопротивления; R – сопротивление датчика; k – коэффициент тензочувствительности датчика; $\varepsilon = \Delta l/l$ – относительная деформация проволоки (пластины).

Коэффициент k зависит главным образом от материала проволоки датчика, колеблясь для практически используемых материалов от 0,5 до 4,0.

Однако в динамометрии приходится иметь дело только с датчиками, наклеенными на поверхность рабочего упругого элемента, который изготавливается из стали или иного материала с достаточно большим модулем упругости. В этом случае измеряемая деформация не превышает 0,5–0,7%. Следовательно, относительное изменение сопротивления проволоочного датчика не превышает 0,5% [1].

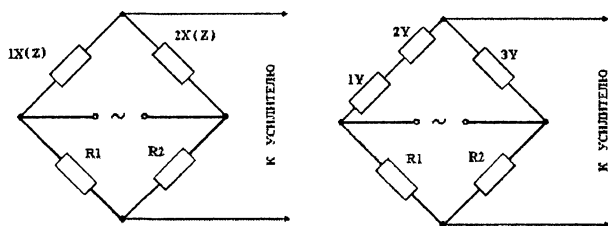


Рис. 2. Схема включения датчиков

Столь малое изменение сопротивления датчика приведет к такому же малому изменению силы тока, протекающего через датчик, поэтому датчик включают в специальную высокочувствительную измерительную мостовую схему (рис. 2).

Для измерения быстро изменяющихся во времени сил резания, что характерно, к примеру, при вибрационном резании, может быть предложена передающая система, вызывающая одинаковую, но разноименную деформацию двух датчиков или двух групп датчиков (рис. 3). С этой целью датчики 2X, 2Z и 2Y наклеивают с противоположной

стороны реза относительно датчиков 1X, 1Z и 1Y соответственно. В таком случае датчики включаются в соседние плечи моста (рис. 2), что, с одной стороны, автоматически обеспечивает температурную компенсацию, а с другой стороны, вдвое повышает чувствительность мостовой схемы. Параллельное соединение 1Y и 2Y устраняет влияние P_x на P_y . Недостатки данной схемы в том, что резец является непосредственно упругим элементом, и это затрудняет тарировку датчика, а также не удаётся полностью устранить взаимовлияние P_x на P_z .

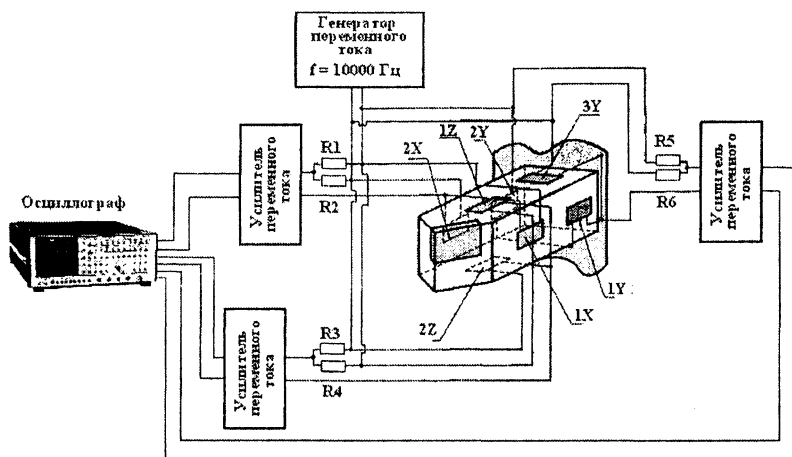


Рис. 3. Тензометрический метод измерения сил резания

ЛИТЕРАТУРА

1. Полетика М.Ф. Приборы для измерения сил резания и крутящих моментов. — М., 1963.
2. Ящерицын П.И., Еременко М.Л. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. — М., 1990.