

С ростом скорости резания закономерности изменения шага L_f и амплитуды колебаний детали имеют идентичный характер, но наблюдается уменьшение параметров R_a и H_f поверхности.

При жесткостях детали $j_{ax} \leq 25000$ кгс/мм возрастание скорости резания до 36,9 м/мин сопровождается снижением микротвердости и степени наклепа поверхности, которая не превышает 10-22%. При скорости $v = 30$ м/мин в результате интенсификации колебаний детали наблюдается усиление неравномерности наклепа поверхности.

Л и т е р а т у р а

1. Подпоркин В.Г., Бердников Л.Н. Фрезерование труднообрабатываемых материалов. Л., "Машиностроение", 1972.
2. Даниелян А.М. и др. Обработка резанием жаропрочных сталей, сплавов и тугоплавких металлов. М., "Машиностроение", 1965.

Ю.С. Быховский, Г.Т. Авдонин, Р.Н. Ядановский, Г.Ф. Миледин

БЕСКОНТАКТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ МЕШАЮЩИХ ФАКТОРОВ

Для современной техники характерен переход к более высоким скоростям работы различных механизмов. Неуравновешенность движущихся частей механизмов вызывает вредные вибрации, приводящие к быстрому износу деталей, а в некоторых случаях и к авариям.

В настоящее время изучением вибраций занимаются во всех отраслях народного хозяйства: в судостроении - при работах над снижением уровня вибраций и шума различных механизмов; в авиационной технике - при совершенствовании самолетов и повышении мощности их двигателей; в энергетике - при создании турбин и электрических машин с высоким коэффициентом полезного действия и надежности, при исследовании динамики процессов резания и т.д.

В некоторых случаях необходимо измерять перемещения или вибрации при минимальном влиянии измерителя на объект контроля, например, при измерении собственной резонансной частоты или перемещений объектов, механический контакт с которыми нежелателен. В этих случаях используются **бесконтактные** преобразователи, у которых связь с объектом осуществляется посредством электрического (емкостного),

магнитного (индуктивного или токовихревого), [1], [2] электромагнитного или акустического полей. Общим недостатком известных преобразователей является их относительно высокая чувствительность к различным мешающим факторам, под которыми подразумеваются влияния, значительно изменяющие чувствительность преобразователя.

Так, чувствительность токовихревого преобразователя при измерении перемещений и вибраций может меняться в 6-8 раз при изменении электрофизических свойств и геометрических параметров объекта измерения, температуры среды, питающего напряжения и т.п.

Поэтому приборы с ВТП обычно применяются для контроля только однотипных объектов при стабильных внешних условиях, если значения мешающих факторов изменяются, то необходимо произвести градуировку в измененных условиях.

В известных приборах с автоматической подстройкой чувствительности в процессе измерения [3] используются относительно сложные методы создания образцовой меры перемещения.

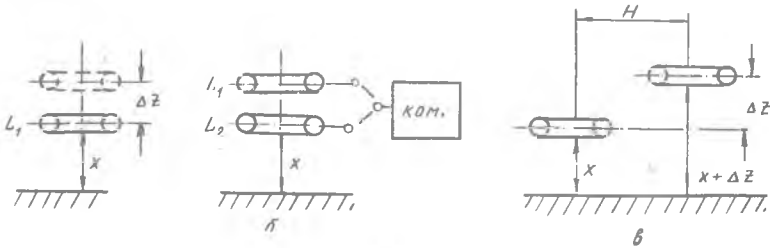
В вибрирующем ВТП (рис.1,а) образцовая мера перемещения вводится с помощью механического перемещения преобразователя на строго определенную величину [3]. Недостатки такого введения образцовой меры очевидны. Существует устройство, где образцовая мера перемещения вводится с помощью электрической коммутации двух обмоток, расположенных на строго фиксированном расстоянии друг от друга (рис.1,б). Коммутатор снижает надежность и точность, а также усложняет конструкцию преобразователя.

Виброизмерительная система, разработанная в США, свободна от рассматриваемого недостатка. Сигнал снимается с двух измерительных обмоток, оси которых параллельны и смещены в пространстве на некоторую величину (рис.1,в). Действительно, таким образом можно ввести образцовую меру перемещения, но это применимо лишь там, где контролируемые образцы имеют простейшую конфигурацию, т.е. где можно считать, что обмотки взаимодействуют с идентичной площадью образца. Практически это выполняется лишь при плоской поверхности контролируемого образца.

Новое устройство, разработанное в Куйбышевском авиационном институте, свободно от указанного недостатка. При контроле образцов как из немагнитных материалов, так и из магнитных, независимо от их конфигурации, сигнал на выходе зависит только от перемещений или вибраций объекта контроля.

В разработанном устройстве подавление мешающих факторов проис-

ходит за счет того, что в процессе измерения автоматически опреде-



Р и с.1. Принцип работы ВТП:

перемещающийся ВТП (а); ВТП с коммутацией двух обмоток (б); ВТП с жесткими разнесенными обмотками (в)

ляется и подстраивается чувствительность прибора. Приведение реальной чувствительности к номинальному значению, соответствующему номинальным величинам всех мешающих факторов, осуществляется с помощью образцового сигнала. Этот метод основан на введении образцовой меры входной величины, измерении соответствующего выходного сигнала и коррекции его в случае отличия от образцового значения.

Конструкция датчика (ВТП) показана на рис.2. Напряжение на измерительных обмотках I и 3 при возбуждении обмотки 2 можно представить в виде [4]

$$U_1 = U_{12} + U_{100} = U_{12} + A e^{-\alpha z};$$

$$U_3 = U_{32} + U_{300} = U_{32} + A e^{-\alpha(z+\Delta)},$$

где U_{12} и U_{32} - напряжения, зависящие только от питающего напряжения обмотки 2 и конструкции преобразователя; U_{100} и U_{300} - напряжения на обмотках I и 3 от вихревых токов в объекте контроля;

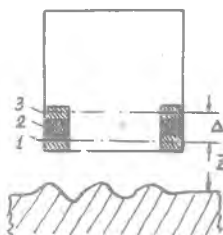
α - коэффициент, зависящий от конструкции преобразователя;

A - коэффициент, зависящий от всех мешающих факторов.

Очевидно, что при таком представлении напряжений на измерительных обмотках появляется возможность выделить сигнал, пропорциональный перемещению объекта на величину Δ при действии всех мешающих факторов, т.е. Δ - это образцовая мера перемещения, получаемая в процессе измерения.

Чувствительность прибора S может быть определена по формуле

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta} = \frac{U_1 - U_2}{\Delta} = Ae^{-az}(1 - e^{az})$$



Р и с. 2. Конструкция датчика с тремя обмотками

между датчиком и образцом. Как видно из графика образцовая мера перемещения колеблется в небольших пределах около некоторого уровня (470 мкм), причем величина его зависит от ширины области зазоров, в которой вводится образцовая мера перемещения.

На рис. 4 представлена функциональная схема прибора. Генератор высокой частоты 1 подключен к регулируемому усилителю 2, к которому присоединена возбуждающая обмотка L_2 вихретокового преобразователя 3. Измерительные обмотки L_1, L_3 того же преобразователя подсоединены через детекторы 4, 5 к схеме сравнения 6, которая подсоединена к блоку управляющего напряжения 7, а тот в свою очередь - к блоку опорного напряжения 8 и через цепь обратной связи к управляемому усилителю 2.

Сигнал высокой частоты с генератора 1 подается на вход управляющего усилителя 2. Усиленный высокочастотный сигнал подается на возбуждающую обмотку L_2 вихретокового преобразователя 3, который находится у поверхности объекта вибрации на расстоянии до $0,7a$ (a - радиус датчика). С измерительных обмоток L_1, L_3 преобразователя 3 снимается высокочастотный сигнал, модулированный в соответствии с вибрациями образца-детали, т.е. изменения огибающей пропорциональны амплитуде вибрации, а частота модуляции совпадает с частотой вибра-

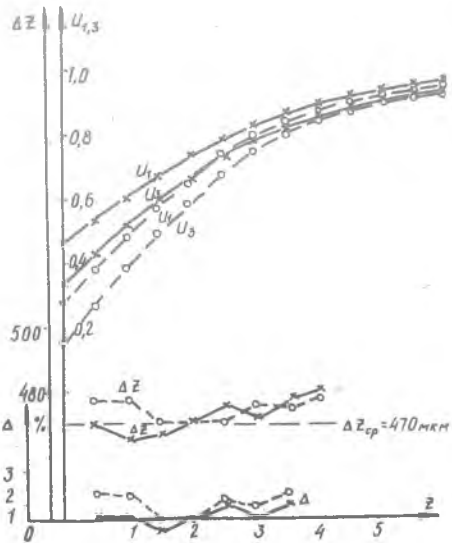
Из этого выражения видно, что чувствительность зависит от мешающих факторов (A) и от значения величины зазора Z . Благодаря неизменности образцовой меры Δ можно поддерживать значение чувствительности S определенной величины за счет поддержания постоянной разности ΔU . Именно этот принцип и реализован в описываемом приборе.

На рис. 3 построены зависимости образцовой меры перемещения Δ и ошибки Δz ее введения от текущего зазора

ции объекта измерения. Сигналы U_1, U_3 с измерительных обмоток

L_1, L_3 датчика 3 выпрямляются с помощью детекторов 4, 5 и в блоке сравнения 6 получается их разность $U_1 - U_3 = \Delta U$. В блоке управляющего напряжения 7 разность сигналов ΔU сравнивается с опорным напряжением 8 и сигнал ошибки в виде управляющего напряжения $U_{упр} = \Delta U - U_{опор}$ подается на управляемый усилитель 2.

Параметры цепи регулирования подобраны таким образом, чтобы разность ΔU поддерживалась около опорного значения $U_{опор}$ блока 8 с необходимой точностью. При этом чувствительность устройства автоматически поддерживается постоянной несмотря на сильные мешающие факторы (неста-

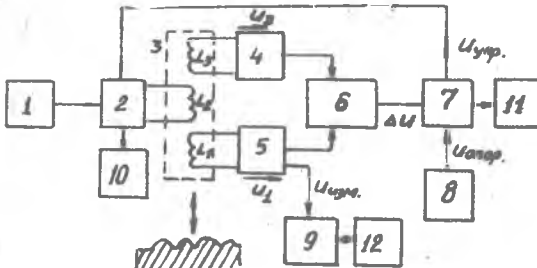


Р и с. 3. Экспериментальные графики зависимости наведенных ЭДС на верхней и нижней измерительных обмотках:

$$U_i = \frac{U_i(z)}{U_i(\infty)}; \Delta z = z_3 - z_1 / u_1 = u_3;$$

- x - титан (цилиндрический образец);
 - - o - латунь (плоский образец)

бильность зазора, изменения электропроводности детали, ее конфигу-



Р и с. 4. Функциональная схема бесконтактного измерителя вибраций с автоматической подстройкой чувствительности в процессе измерения

рации, температуры и т.п.). С детектора 5 модулированный сигнал u изги поступает на блок индикации 9. В схеме предусмотрена возможность контроля сигнала возбуждения 10 и сигнала поправки (ошибки) поддержания опорной разности напряжения 11, а также предусмотрен выход на осциллограф 12.

Предлагаемый бесконтактный измеритель вибраций с автоматической подстройкой чувствительности в процессе измерения целесообразно использовать при длительных испытаниях объектов непосредственно на производственных участках, где трудно поддерживать постоянными условия градуировки чувствительности вихретокового преобразователя из-за изменения конфигурации и электропроводности объектов измерения, температуры окружающей среды и других мешающих факторов.

Л и т е р а т у р а

1. Быховский Ю.С., Шатерников В.Е., Денисов В.А. Об исследовании погрешностей ТВП при бесконтактных измерениях амплитуд вибраций. - Сб.: Автоматическое измерение и регулирование устройства, вып. 3. Куйбышев, 1967.
2. Авдони Г.Т. Измерение амплитуд вибраций и быстроменяющихся сил при обработке резанием. - Межвуз. сб.: Исследование обрабатываемости жаропрочных и титановых сплавов. Куйбышев, 1974.
3. Быховский Ю.С. Автоматическое определение чувствительности бесконтактного преобразователя перемещений и вибрации. "Изв. высш. учебн. заведений. Приборостроение", т. XI, № 9, 1968.
4. Соболев В.С., Шкарлет Ю.М. Накладные и экранированные датчики. Новосибирск, "Наука", 1967.

Л.П. Медведев, В.Д. Смолин

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПО ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ

Анализ влияния различных факторов, характеризующих процесс резания, на величину оптимальной подачи, сделан в предположении, что на режим резания наложены технические ограничения по точности [1] и режущим возможностям инструмента.

Геометрические характеристики обрабатываемой детали оказывают