DOI: 10.17117/na.2016.10.03.272

Поступила (Received): 21.10.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.272.pdf>

Смирнов В.В.
Модель связей параметров колебаний станка
с трением режущего инструмента

Smirnov V.V.
Model communication parameters vibrations
machine with friction cutting tool

В работе представлена теоретическая модель причины высокочастотных колебаний при трении режущего инструмента о поверхность резания и проанализировано изменение параметров этих колебаний при изменении геометрии контактирующих поверхностей, что может быть использовано при разработке систем диагностики

The paper presents a theoretical model of the causes of high-frequency oscillations by friction of the cutting tool of the cutting surface and analyzed the change in the parameters of these fluctuations when changing geometry of contacting surfaces that can be used in the development of diagnostic systems

Ключевые слова: модель, трение, колебания

Key words: model, friction, fluctuations

Смирнов Виктор Владимирович
Кандидат технических наук, доцент
Тверской государственный технический университет
Тверь, наб. А. Никитина, 22

Smirnov Viktor Vladimirovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tver state technical university
Tver, nab. A. Nikitins, 22

Контактирующие поверхности при трении представляют собой совокупность отдельных микровыступов различной высоты и формы, что подтверждается многочисленными измерениями шероховатости поверхностей деталей машин. При трении в процессе взаимодействия выступов друг с другом они вминаются и изгибаются, увлекая за собой прилегающие области материала детали. Далее они выпрямляются под воздействием сил упругости и, совершая колебания, сталкиваются вновь с другими выступами [1].

В результате возникают упругие волны, распространяющиеся как по материалу резца, так и по материалу детали. Эти колебания распространяются и на другие механизмы станка, постепенно затухая по мере удаления от зоны резания. Колебания поверхностей элементов станка приводят к появлению звуковых волн, характеризующихся достаточно широким спектром частот. Если предположить, что нарастание и спад силы взаимодействия двух выступов описывается полуволной косинусоиды, то спектр последовательности этих импульсов ($S(\omega)$):

$$S(\omega) = 2 \cdot q_0 \cdot \frac{\cos \frac{\omega \cdot \tau}{2}}{1 - \left(\frac{2}{\pi} \cdot \frac{\omega \cdot \tau}{2} \right)^2} \cdot \frac{\sin \frac{n \cdot \omega \cdot T}{2}}{\sin \frac{\omega T}{2}},$$

где q_0 – площадь одиночного импульса; ω – круговая частота; τ – продолжительность импульса; T – период следования импульсов; n – число импульсов в последовательности, т.е. то число импульсов, которое успевает возникнуть до того момента как первый полностью затухнет.

Такое представление процесса взаимодействия двух поверхностей является только грубым приближением, но оно дает возможность сделать качественные выводы, которые еще предстоит проверить на практике. На самом деле, и интенсивность импульсов меняется случайным образом, и частота их следования тоже величина случайная. Поэтому изображение спектра колебаний на экране спектрометра все время меняется.

Спектр последовательности импульсов меняется также и при сближении контактирующих поверхностей, т.е. с увеличением нормальной силы. При сближении увеличиваются контактные деформации, а значит часть выступов, которые раньше в контакт не вступали, теперь будут контактировать. Средняя интенсивность импульсов увеличится, поскольку ранее контактировавшие выступы будут вступать во взаимодействие не вершинами, а областями, приближающимися к основанию [2]. Таким образом, величина q_0 увеличится, период T уменьшится, а число импульсов n увеличится в такое же количество раз. Интенсивность колебаний во всех частотных диапазонах увеличивается. При этом амплитуда спектральных максимумов увеличивается пропорционально увеличению площади одиночного импульса. Предположим, что площадь импульса при взаимодействии двух неровностей пропорциональна глубине внедрения одной в другую. Тогда, если представить вершину резца в виде относительной неровности, а высоту неровностей детали X представить случайной величиной с законом распределения $\varphi(x)$, то средняя амплитуда спектральных максимумов будет определяться математическим ожиданием глубины внедрения вершины резца в неровности детали $\delta_{\text{ср}}$. Величина $\delta_{\text{ср}}$ будет определяться по формуле: $\delta_{\text{ср}} = \int_0^{\delta} x \cdot \varphi(x) \cdot dx$. В случае распределения по Гауссу $\delta_{\text{ср}}$ можно определить только путем численного интегрирования. Очевидно, что при $\delta \leq 0$, $\delta_{\text{ср}} = 0$, а при $\delta \geq 6\sigma$, $\delta_{\text{ср}} = m$, где m – среднее значение величины микронеровностей детали, σ – соответствующее среднее квадратичное отклонение. Учитывая это, а также то, что зависимость $\delta_{\text{ср}}$ от δ имеет непрерывную первую производную, характерным свойством этой зависимости является возникновение насыщения при $\delta > 6\sigma$. С ростом σ должен увеличиваться и уровень насыщения.

Заключение

В работе представлена теоретическая модель причины высокочастотных колебаний при трении режущего инструмента о поверхность резания и проанализировано изменение параметров этих колебаний при изменении геометрии

контактирующих поверхностей, что может быть использовано при разработке систем диагностики.

Список используемых источников:

1. Крагельский И.В., Добычин М.В., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
2. Смирнов В.В. Модель напряженного состояния на фрикционном контакте при трогании с места // Научный альманах. 2015. N 10-3(12). С. 237-239.

© 2016, Смирнов В.В.

Модель связей параметров колебаний станка с трением режущего инструмента

© 2016, Smirnov V.V.

Model communication parameters vibrations machine with friction cutting tool