DOI: 10.17117/na.2017.01.03.025

<http://ucom.ru/doc/na.2017.01.03.025.pdf>

Поступила (Received): 30.01.2017

Богомолов М.Н.

Причины возникновения автоколебаний при резании

Bogomolov M.N.

The causes of self-oscillations in cutting

В данной статье проведен обзор известных теорий возникновения колебаний, установлена связь между динамическими характеристиками и основами механики процесса резания, позволяющая глубже понять физическую суть динамики резания. На основе имеющихся научных трудов, даются рекомендации для обеспечения безвибрационной работы

Ключевые слова: автоколебания при резании, виброустойчивость, колебательная система

In this article, a review of the known theories of the emergence of oscillations established between the dynamic characteristics and fundamentals of the mechanics of the cutting process, which allows a better understanding of the physical essence of cutting dynamics. On the basis of the available scientific publications, provides recommendations to ensure vibration-free operation

Key words: autooscillations at cutting, vibration, vibrating system

Богомолов Максим Николаевич

Магистрант

Тульский государственный университет

г. Тула, пр. Ленина, 92

Bogomolov Maxim Nikolaevich

Master

Tula state university

Tula, Lenina ave., 92

Возрастающие требования к производительности и точности работы станков постоянно заставляют заниматься проблемой обеспечения виброустойчивости точения. К настоящему времени отечественными и зарубежными учеными выполнена целая гамма фундаментальных исследований [1-16], объясняющих природу возникновения вибраций. При этом установлена связь между динамическими характеристиками и основами механики процесса резания, позволяющая глубже понять физическую суть динамики резания, лучше разобраться в причинах неустойчивости процесса.

В работах В.П. Кузнецова, О.А Ямниковой и Чен Чжигана проведен подробный обзор известных теорий возникновения колебаний [16-18]. Впервые на автоколебательный характер вибраций при резании металлов было указано Н.А. Дроздовым [19]. Им было установлено, что частота колебаний не зависит от скорости резания, и этим доказано, что источником вибраций не может быть периодический элементарный характер стружкообразования. Н.А. Дроздову также принадлежит идея постепенного усиления колебаний, которая заключается в том, что переменные силы трения, а значит, и силы резания вызывают появление лишь первичной волнистости, которая увеличивается при последующих оборотах детали.

Большой интерес представляют экспериментальные исследования перемещений центра детали и вершины резца, приведенные в работе И.С. Амосова и В.А. Скрагана [20]. Сопоставление осциллограмм позволило показать взаимное относительное перемещение и связать его со значением силы резания (см. рис. 1).

Этот график использован в ряде работ для объяснения механизма автоколебаний при резании [21]. В.А. Кудинов в своих работах [22] приходит к выводу, что "...резец, будучи выведен из состояния равновесия какой-либо случайной причиной, начинает движение по эллипсу перемещений. При движении резца в сторону действия силы резания толщина стружки, а, следовательно, и сила резания больше, чем при движении резца навстречу силе резания.

Рис. 1. Перемещение центра детали и вершины резца (по К.С. Амосову)

Налицо неоднозначность изменения силы резания по перемещению, являющаяся непременным условием существования автоколебательного режима. Другими словами, сила резания подталкивает систему в такт колебаниям, приводит к нарастанию интенсивности их вплоть до величины, соответствующей состоянию энергетического равновесия".

Предлагаемая им расчетная схема упругой динамической системы станка, положенная в основу структурного анализа устойчивости процесса резания, учитывает упругие свойства как системы деталь-опоры, так и системы резец-суппорт, в отличие от работ В.А. Кудинова и И. Тлустого, Рассматривающих только “доминирующую” систему станок-инструмент-заготовка. Им выдвинуто и доказано положение, что силы упругости и силы резания образуют вокруг вершины резца базовое силовое поле. Для построения силового поля использовалась колебательная система станка, параметры которой C_1 , C_2 и β определяют жесткость системы в направлении главных осей относительно декартовой системы координат (рис. 3). Расчеты, проведенные Г.С. Лазаревым, показали, что в зависимости от параметров упругой системы, а также режимов резания и геометрических параметров инструмента базовое силовое поле в окрестностях вершины резца может образовывать различные структуры, которые характеризуются так называемыми особыми точками.

Рис. 3. Расчетная схема упругой системы инструмент – суппорт

Сравнение экспериментальных данных по устойчивости системы станка в процессе резания со структурой базового силового поля, то есть результирующего поля силы резания и силы упругости в окрестностях вершины резца, дало возможность предположить существование тесной связи между устойчивостью упругой системы и характером базового силового поля, под воздействием которого эта система находится.

В уже имеющихся научных трудах, посвящённых данному вопросу, авторами даются рекомендации для обеспечения безвибрационной работы, такие как:

1. Увеличение жесткости элементов системы;
2. Демпфирование энергии колебаний;
3. Детерминированное изменение режимов резания;
4. Автоматическое непрерывное изменение режимов резания за счет использования адаптивных систем.

Однако данные рекомендации применимы только для конкретной системы. При переходе к другому станку или другой оснастке необходимо снова проводить исследования по определению зоны виброустойчивости.

Таким образом, необходимо решить задачу борьбы с вибрациями и создать новую методику определения условий для безвибрационного точения.

Список используемых источников:

1. Альбрехт П. Автоколебания при резании металлов. Конструирование и технология машиностроения / М.: Мир, 1962. №3. С. 11-25.
2. Ву Д., Лю К. Аналитическая модель динамики резания металлов // Конструирование и технология машиностроения. Ч. 1, 2. М.: Мир, 1985. Т. 2. С. 89 – 100.
3. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / Л.: Машиностроение, 1986. 179 с.
4. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков / М.: Машиностроение, 1978. 199 с.
5. Кудинов В.А. Динамика станков / М.: Машиностроение, 1967. 359 с.
6. Кудинов В.А., Каминская В.В., Левин В.И. Динамические расчеты металлорежущих станков. // Расчеты на прочность. / Сб. статей. под ред. Н.Д. Таробасова. М.: Машиностроение, 1978. Вып.25. С. 183-198.
7. Молочков А.В., Пацкевич В.А. Высокочастотные вибрации при точении // Станки и инструмент. 1972, №7. С. 11-13.
8. Мурашкин Л.С., Мурашкин С.Л. Прикладная нелинейная механика станков / Л.; Машиностроение, 1975. 280 с.
9. Попов В.И. К вопросу о статистической динамике процесса резания // Резание и инструмент/ Харьков: Высшая школа, 1973. Вып.7. 47 с.
10. Пятков П.П. Повышение виброустойчивости станков-автоматов профильного точения / П.П. Пятков// Обработка резанием (технология, оборудование, инструмент). НИИМАШ, 1982. №12. С.6.
11. Тлустый И. Учет нелинейности при анализе вибраций станков/ Пер. с англ. Цейтлин Л.Н. / Автоматические линии и металлорежущие станки. 1982 Вып.18. С. 1-12.
12. Томпсон Р. Модуляции вибраций, возникающих при механической обработке материалов // Конструирование и технология машиностроения. М.: Мир, 1969. №3. С. 141-148.
13. Чэнь Чжиган. Критерии виброустойчивости технологической системы / Чжиган Чэнь // Дисс. ...канд. техн. наук Тула, 2000. 96 с.
14. Эльясберг М.Е. О независимости границы устойчивости процесса резания от возмущений по следу // Станки и инструмент. 1976, №11. С. 32-36.
15. Ямников А.С., Федин Е.И., Попов М.А. Методика расчёта динамических характеристик технологической системы по экспериментальным данным // Известия ТулГУ. Серия «Машиностроение». Вып. 3. Тула ТулГУ,.
16. Ямников А.С. Технологические ограничения производительности обработки резанием/ Технология машиностроения. Тула, ТулГТУ, 1994. С. 5-8.
17. Кузнецов В.П. Точность и виброустойчивость при нарезании наружных резьб многолезцовыми головками / Дисс. ...канд. техн. наук. Тула: ТПИ, 1983.
18. Вейц В.Л. Вынужденные колебания в металлорежущих станках/ В.Л. Вейц, В.К. Дондошевский. М.Л.: Машгиз, 1959.
19. Дроздов Н.А. К вопросу о вибрациях станка при токарной обработке/ // Станки и инструмент. М. 1937, №22.
20. Амосов И.С., Скраган В.А. Точность вибрации и чистота поверхности при токарной обработке. М.-Л., МАШГИЗ
21. Васин Л.А. Комплексная система проектирования безвибрационного процесса токарной обработки на основе динамических характеристик элементов технологической системы // Дисс. ...докт. техн. наук. Тула: ТулГУ, 1994.
22. Кудинов В.А., Каминская В.В., Левин В.И. Динамические расчеты металлорежущих станков. Расчеты на прочность / Сб. статей. под ред. Н.Д. Таробасова. М.: Машиностроение, 1978. Вып.25. С. 183-198.

23. Тлустый И. Автоколебания в металлорежущих станках; Пер. с чешского / М.: Машгиз, 1956. 394 с
24. Кудинов В.А. Динамическая характеристика резания // Станки и инструмент. 1963. № 10. С. 1-7.
25. Лазарев Г.С. Автоколебания при резании металлов / М.: высшая школа, 1971. 243 с.
26. Лазарев Г.С. Устойчивость процессов резания металлов / М.: Высшая школа, 1973. 184 с.

© 2017, Богомолов М.Н.

Причины возникновения автоколебаний при резании

© 2017, Bogomolov M.N.

The causes of self-oscillations in cutting