

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Борисенко А.В., Дривотин И.Г. и др. Ротационное резание материалов.-Мн.:Наука и техника, 1987.-229с. 2. Лебедев В.Я. Пути повышения эффективности механической обработки высокопрочных и композиционных материалов / Вестник Житомирского ГТУ. Житомир, 2003, Т.1.с. 98-104.

УДК 621.9.04

Колесников Л.А., Куптель В.Г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВИБРАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Одной из важнейших проблем при интенсификации процесса резания пластичных металлов и сплавов в автоматическом режиме является прогнозирование и управление формой стружки. При автоматизации процессов установки, обработки, контроля и снятия детали, образование сливной стружки приводит к сбою загрузочных и измерительных механизмов оборудования, снижению стойкости инструмента и ухудшению качества обработанных поверхностей деталей. Известные методы и устройства, направленные на получение благоприятней формы стружки, носят частный характер и имеют ограниченные области применения.

Вибрационное резание является одним из наиболее эффективных способов дробления сливной стружки [1,2]. Сущность процесса вибрационного резания заключается в том, что на принятую для данной операции кинематическую схему накладывается дополнительное направленное вибрационное движение инструмента относительно заготовки, источником которого может быть как специальный вибропривод, так и автоколебания, возникающие непосредственно в процессе резания [2,3].

Для реализации надежных и эффективных процессов вибрационного резания при токарной обработке деталей из высокопрочных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов на универсальном и автоматизированном оборудовании проведены исследования по двум направлениям:

- проектирование и разработка конструкций инструментов, воспроизводящих автоколебательное движение режущей кромки, источником энергии которого является непосредственно процесс резания;

- разработка систем инструмент–акустический преобразователь для управления формой и размерами образующейся стружки посредством ввода в зону резания одиночных акустических импульсов.

Общий вид системы инструмент–акустический преобразователь, разработанной при реализации второго направления исследований, представлен на рисунке 1. К задней части токарного резца 1 сечением 10x10 мм припаян стальной волновод 2 резонансной акустической колебательной системы, для возбуждения которой применен ультразвуковой пьезокерамический преобразователь. Преобразователь состоит из двух пьезокерамических пластин 3, излучающей накладки 4 и отражающей накладки 5 из алюминиевого сплава, соединенных между собой центральным болтом 6. Волновод упирается в упор 7, закрепленный на суппорте станка. Возбуждение преобразователя осуществляется так, чтобы вся система работала как полуволновой излучатель. В резцедержателе токарного станка система закрепляется посредством зажимных винтов через запрессованные в тело резца шарики 8 и 9, причем шарики размещены в сечениях, соответствующих узлам колебаний.

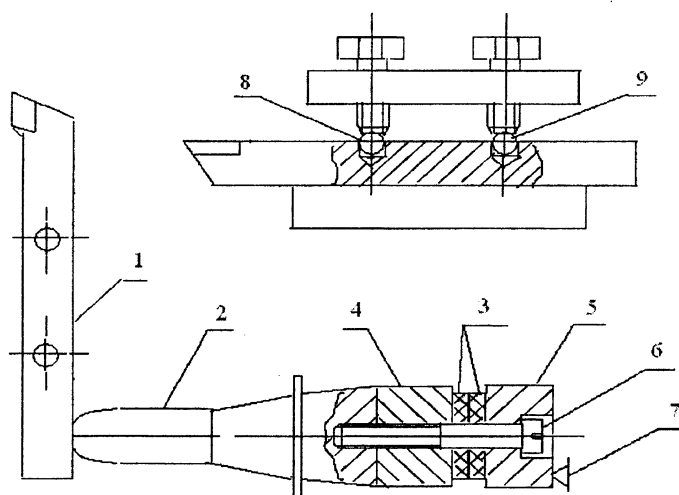


Рисунок 1 – Схема установки системы инструмент–акустический преобразователь

Основными условиями достижения высоких технологических показателей работы инструментов при вибрационном точении являются обеспечение заданного направления введения колебаний в зону обработки с амплитудой колебаний, обеспечивающей эффективное и стабильное дробление стружки в процессе работы. Поэтому одной из важнейшей характеристик таких колебательных систем является резонансная частота. При возбуждении на резонансной частоте достигаются наибольшие значения амплитуд колебаний, обеспечи-

вающие эффективность процесса обработки. Кроме того, значительное влияние на конструктивные параметры инструментов вибрационного точения, оказывают:

- способ крепления системы на суппорте токарного станка;
- расстояние от места ввода колебаний до режущей кромки инструмента;
- метод и качество выполнения соединений основных частей акустического преобразователя.

Для оценки влияния перечисленных параметров на динамические характеристики системы инструмент–акустический преобразователь была разработана математическая модель. Целью моделирования является:

- выбор необходимого направления ввода колебаний в зону резания для различных способов обработки;
- выявление резонансных частот колебательных систем;
- установление форм колебаний, соответствующих перемещению вершины режущей кромки инструмента в заданном направлении;
- определение оптимальных конструктивных и технологических параметров инструментов вибрационного резания.

Динамический расчет и определение траектории колебаний режущей кромки инструмента с учетом демпфирующих свойств материала производился методом конечных элементов. Система инструмент–акустический преобразователь моделировалась более чем 12000 параболическими твердотельными конечными элементами. Некоторые характеристики материалов, используемых при моделировании, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Упругие константы применяемых материалов

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Модуль упругости E , Па	Модуль сдвига G , Па	Коэффициент Пуассона μ
Сталь	7,8	2040	855	0,28
Алюминиевый сплав	2,78	710	260	0,31
Пьезокерамика	3,9	500	160	0,3

Первым этапом исследования стало определение собственных частот и форм колебаний, соответствующих перемещению режущей кромки инструмента вдоль направления подачи без учета взаимодействия с обрабатываемым материалом. Изучались собственные частоты и формы колебаний системы инструмент–акустический преобразователь при различных способах закрепления резца. Например, на рисунке 2 представлены формы колебаний системы, при которых жестко зафиксированы как вершины шариков 8 и 9, так и поверхность волновода, упирающегося в упор 7. На рисунке 3 показаны формы колебаний, когда система имеет возможность перемещаться в направлении подачи вокруг оси ближайшего к лезвию резца шарика 8.

Также проведены динамические расчеты колебаний резца при различной частоте возмущающей силы, генерируемой акустическим преобразователем. Амплитуда силы ($F=3040$ Н), действующая со стороны пьезокерамических элементов, определялась из условия их максимальной расчетной деформации $0,003$ мм.

График амплитуды свободных колебаний вершины режущей кромки резца при частоте возмущающей силы 3354 Гц представлен на рисунке 4. Результаты расчета показывают, что амплитуда колебаний быстро (за период $0,06$ сек) возрастает до $0,05$ мм, в то время как при частоте возмущающих колебаний не кратных собственным частотам, амплитуда колебаний стабилизируется на значительно меньшей величине ($0,01$ мм).

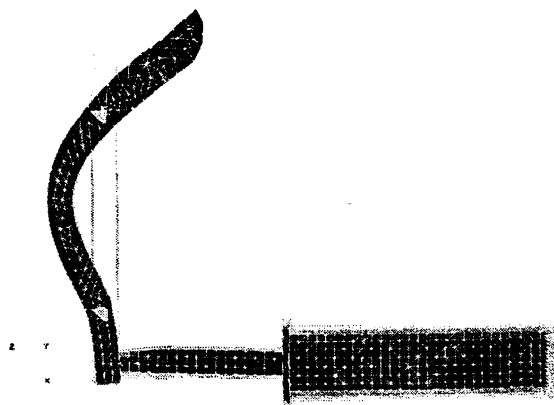


Рисунок 2 – Одна из форм собственных колебаний системы

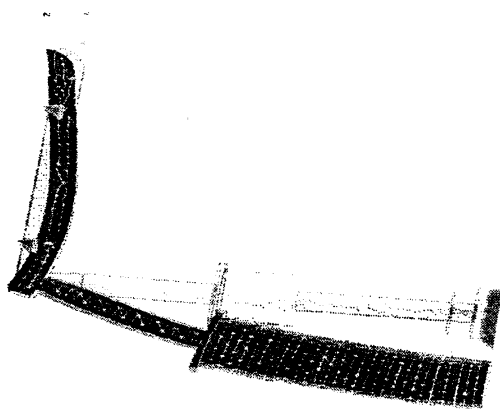


Рисунок 3 – Одна из форм собственных колебаний системы (частота $f=297$ Гц)

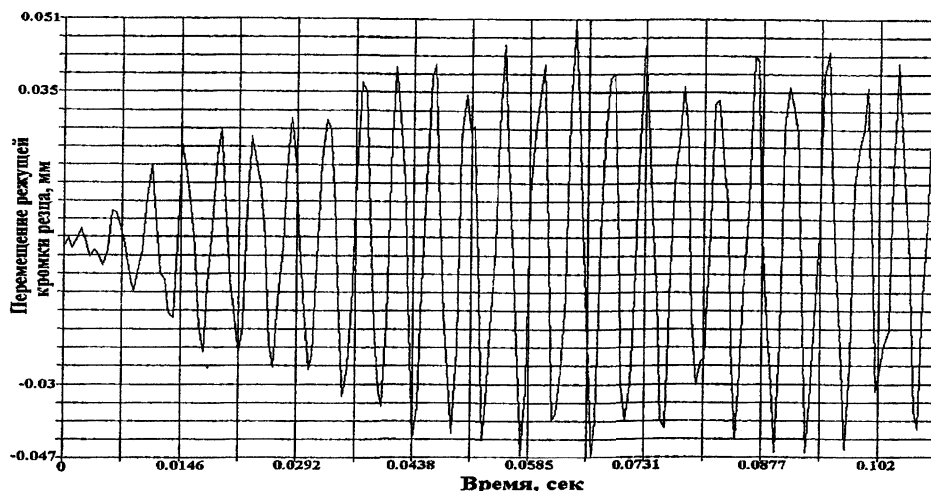


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды колебаний режущей кромки резца от времени

Для контроля амплитуды колебаний режущей кромки был разработан измерительный комплекс на базе бесконтактного индуктивного трансформаторного преобразователя (БИТП). При подключении акустического преобразователя к генератору в резец вводятся высокочастотные колебания. Зазор между поверхностью резца и БИТП изменяется с частотой волны, распространяющейся вдоль резца. Эти изменения зазора преобразуются в электрический сигнал, пропорциональный изменению зазора. На выходе БИТП получаем модулированное ультразвуковыми колебаниями напряжение несущей частоты 200 кГц. Затем отфильтровывается несущая частота и сигнал пропорциональный амплитуде колебаний регистрируется на экране электронно-лучевого осциллографа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметшин Н.И., Гоц Э.М., Родиков Н.Ф. Вибрационное резание металлов. - Л: Машиностроение, 1987. -80с.
2. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - М.: Машиностроение, 1970. -350с.
3. Кумабэ Д. Вибрационное резание. - М.: Машиностроение, 1985. -424с.