

УДК 621.914

Э.Ш. Джемилов, доцент, канд. техн. наук,

Э.Л. Бекиров, магистрант,

Республиканское высшее учебное заведение

«Крымский инженерно-педагогический университет»,

пер. Учебный, 8, г. Симферополь, АР Крым

cseru@i.ua

М.В. Кучугуров, аспирант

Запорожский национальный технический университет,

ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063

ЗНТУ@zntu.edu.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОТС НА МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ПРИ КОНЦЕВОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

В статье представлены результаты экспериментов, позволяющие провести оценку влияния СОТС на амплитуду собственных колебаний обрабатываемой детали в процессе концевое фрезерование тонкостенных поверхностей деталей.

Ключевые слова: *концевое фрезерование, амплитуда собственных колебаний, СОТС.*

Введение. В металлообрабатывающей промышленности возрастает число деталей, имеющих в своей конструкции тонкостенные элементы, обработка которых затруднена из-за появления вибраций, что приводит к ограничению повышения режимов резания, а, следовательно, снижению качества и производительности. Возрастающие требования к качеству и надежности выпускаемой продукции, точности обработки и стойкости инструмента, автоматизация технологических процессов повысили актуальность исследования динамических явлений при резании металлов [1]. К факторам, ухудшающим технологические условия обработки, относятся: низкая технологическая жесткость системы СПИД; приводящая к значительным деформациям инструмента и детали, снижению собственных частоты вибраций станка, инструмента и обрабатываемой детали; технологические схемы обработки с низкой виброустойчивостью и т.д. Высокочастотные и низкочастотные вибрации, возникающие в процессе резания, приводит к повышению шероховатости и снижению качества обработки. Поэтому поиск и исследование новых методов, способствующих снижению вибраций всей технологической системы, является актуальной задачей. Одним из направлений научного исследования является изучение влияния СОТС на колебания технологической системы.

Целью данной статьи является установить влияние СОТС на снижение колебаний при обработке тонкостенных деталей концевым цилиндрическим фрезерованием.

Основное содержание работы. Все колебательные процессы (вибрации) в технологической системе СПИД можно разделить на четыре группы [2]:

1. Собственные затухающие колебания. Возникают при резком изменении нагрузки, например при прерывистом резании, при входе и выходе инструмента.

2. Вынужденные колебания, вызванные неуравновешенностью вращающихся частей станка, инструмента или детали, а также погрешностью передач станка.

3. Параметрические колебания, возникающие из-за переменной жесткости отдельных деталей привода.

4. Автоколебания (самовозбуждающиеся колебания), вызываемые переменным сечением стружки и особенностями процесса стружкообразования. Автоколебания возникают при отсутствии каких-либо внешних периодических возмущающих сил.

Автоколебания являются наиболее распространенным видом вибраций, возникающих в процессе резания. Причинами возникновения механизма автоколебаний занимались известные ученые Н.А. Дроздов, А.И. Каширин, А.П. Соколовский, И.С. Штейнберг, Л.К. Кучма, И.С. Амосов, Г.А. Манжос, И.И. Ильницкий, М.Э. Эльясберг, В.А. Кудинов, В.Н. Подураев и др.

Возможные причины возникновения автоколебаний [3–5] следующие: срезание периодической волнистости, оставленные при предыдущем проходе инструмента; запаздывание изменения силы по отношению к изменению толщины среза; а также «координатные связи» между колебаниями системы СПИД во взаимно перпендикулярных направлениях.

Признаком колебаний, вызванных процессами в зоне стружкообразования и на передней поверхности инструмента, является волнистая (или зубчатая) свободная поверхность стружки (то есть процесс образования суставчатой стружки). С увеличением ширины срезаемого слоя амплитуда автоколебаний возрастает прямо пропорционально. Это легко объясняется увеличением сил с ростом ширины срезаемого слоя.

Большинство исследователей сходятся на том, что причиной возникновения и развития автоколебаний при резании является не одно, а несколько физических явлений, которые могут действовать одновременно или отдельные из этих явлений могут доминировать. Это зависит от многих причин, но, прежде всего, от состояния технологической системы, ее жесткости и демпфирующей способности.

Способы ослабления или полного гашения автоколебаний при резании направлены на уменьшение работы сил, поддерживающих колебания и на увеличение работы сил сопротивления (демпфирования).

Существует много способов борьбы с автоколебаниями в процессе резания, такие как снижение сил резания, повышение жесткости всей технологической системы, применение демпфирующих устройств и механизмов, повышение виброустойчивости оборудования.

Процесс резания может быть как непрерывным, так и прерывистым. Непрерывное резание характеризуется постоянством параметров процесса и, как одним из показателей устойчивости, образованием сливной стружки. Наиболее характерным процессом механообработки с непрерывным резанием является точение с образованием сливной стружки. Прерывистое резание характеризуется непостоянством параметров процесса (толщина среза, скорость резания, снимаемый припуск и т.п.). Наиболее характерным примером прерывистого резания является фрезерование.

На базе кафедры технологии машиностроения Запорожского национального технического университета проведены исследования, с целью определения влияния СОТС на автоколебания и на собственные колебания тонкостенной детали, возникающие после выхода зуба фрезы из зоны резания, при концевом цилиндрическом фрезеровании. Эксперименты были выполнены на стенде для исследования механических колебаний при фрезеровании тонкостенных деталей [6], рисунок 1.

Параметры отклонения (изменение расстояния между торцом датчика и обрабатываемой деталью), возникающие в системе, измерялись индуктивным датчиком 10 модели XS1 M12AP120 торговой марки Osiprox, закрепленным на стойке 11, которая жестко связана с основанием 1. Сигналы с датчика усиливались и оцифровывались с помощью аналогово-цифрового преобразователя E-140 фирмы L-Card. Результаты измерений записывались и сохранялись на компьютере. Перед проведением экспериментов была произведена тарировка датчика и определена зависимость выходного сигнала в зависимости от прилагаемой к упругому элементу статической нагрузки и величины отклонения детали (образца).

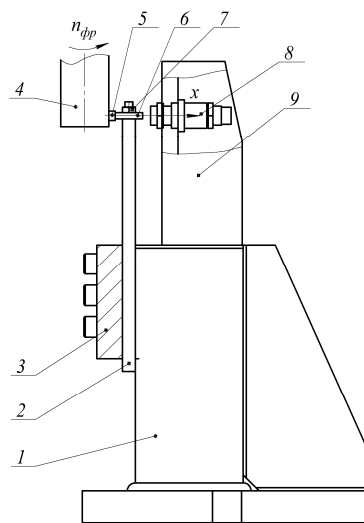


Рисунок 1 – Стенд для исследования механических колебаний при фрезеровании тонкостенных деталей и его принципиальная схема:

- 1 – основание; 2 – упругий элемент (защемленная пластина); 3 – прижим;
- 4 – концевая цилиндрическая фреза; 5 – режущий элемент; 6 – образец;
- 7 – гайка; 8 – индуктивный датчик; 9 – стойка;

Эксперименты проводились на фрезерном станке модели FWD-32J. В качестве инструмента использовали однозубую концевую цилиндрическую фрезу $\varnothing 35$ мм со сменным зубом из быстрорежущей стали P6M5. Исследуемый образец 6, с размерами $50 \times 20 \times 4$ мм (Ст. Зкп ГОСТ380-2005) закреплялся на упругой пластине 2, вылет которой составлял 80 мм и выполненной из пружинной стали 65Г. Принятые режимы резания: $n_{фр} = 280$ об/мин; $t = 0,5$ мм; $s_z = 0,05$ мм/зуб; $s_{мин} = 14$ мм/мин. В исследованиях использовали СОТС растительной природы (масло рапсовое и касторовое) и применяемые на машиностроительных предприятиях (фирмы «Shell», ИЗОА, МР99 и ОМ), подача которых в зону резания осуществлялась капельным методом.

В результате проведенных экспериментов получены осциллограммы, которые представлены на рисунке 2.

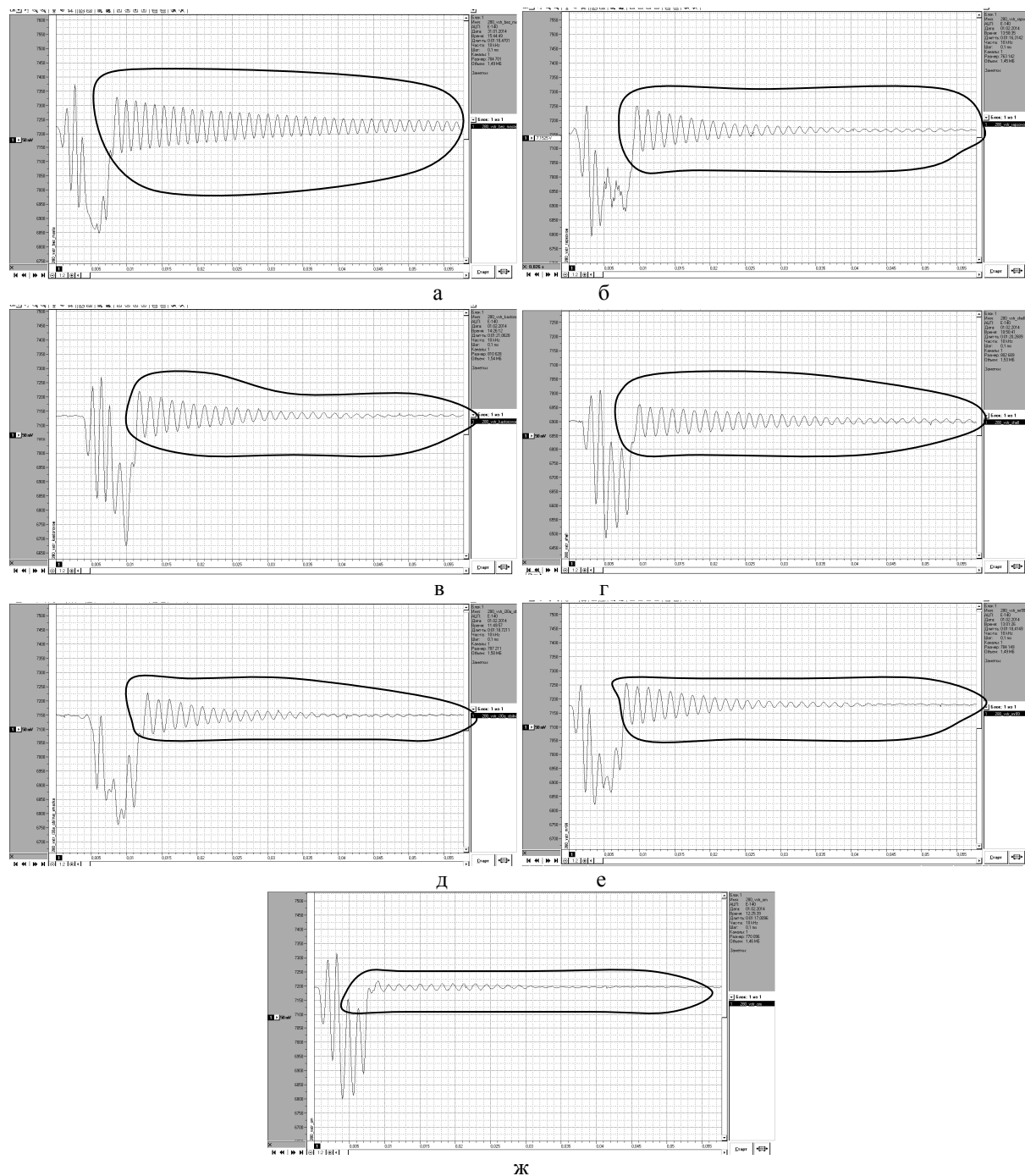


Рисунок 2 – Осциллограммы колебаний тонкостенной детали при концевом цилиндрическом фрезеровании (на осциллограммах выделен участок свободных затухающих колебаний):
а) без СОТС; б) в среде рапсового масла; в) в среде касторового масла; г) в среде масла «Shell»;
д) в среде масла И-30А; е) в среде масла МР-99; ж) в среде масла ОМ.

Проведенный анализ полученных данных показал, что применяемые СОТС в различной степени оказывают влияние на снижение амплитуды собственных затухающих колебаний детали, рисунок 3. Подобное явление можно объяснить тем, что СОТС, как внешняя среда в зоне контакта и обладающая хорошими смазочными свойствами, уменьшает силы резания и диффузию между трущимися поверхностями инструмента и обрабатываемой детали и способствует уменьшению сил трения, в результате чего интенсивность вибраций снижается.

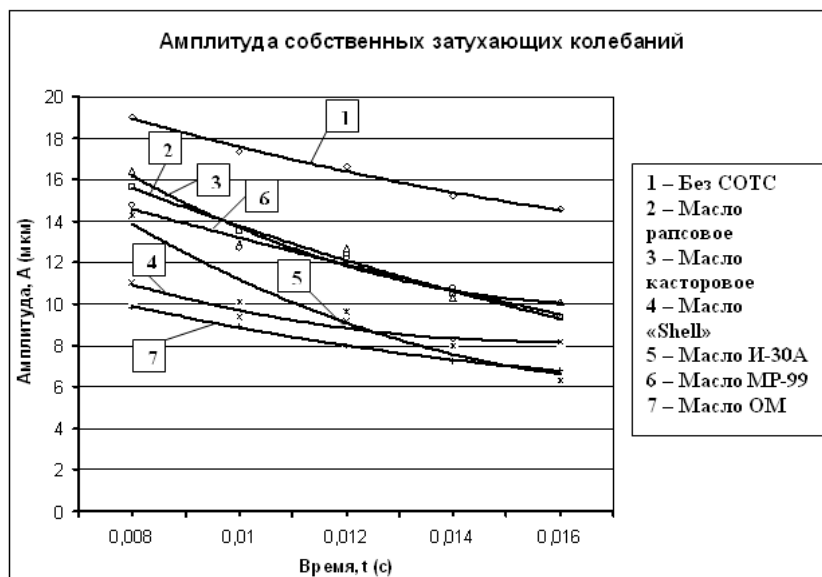


Рисунок 3 – Зависимость амплитуды собственных затухающих колебаний в единицу времени

Також було встановлено, що число власних коливань до повного їх затухання різно в залежності від застосовуваних СОТС, рисунок 4.

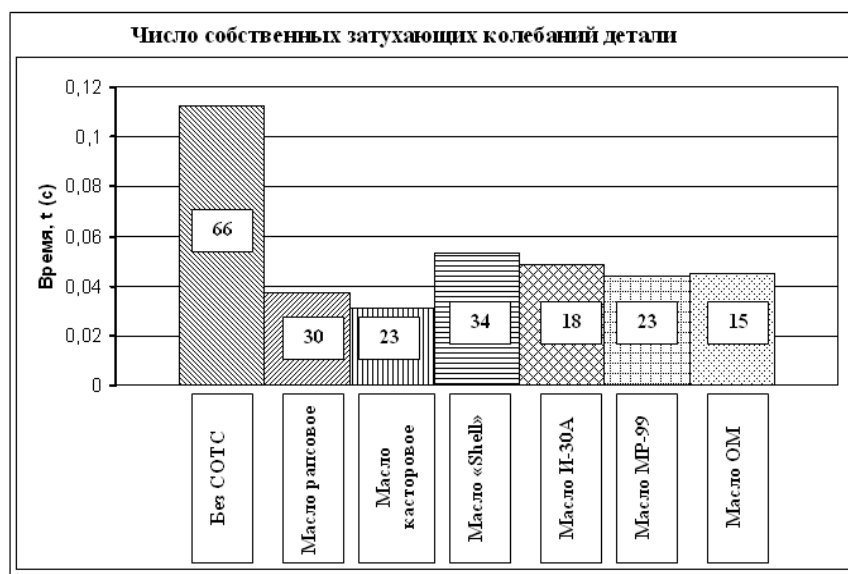


Рисунок 4 – Число собственных затухающих колебаний до успокоения детали

Гістограма (рисунок 4) показує, що застосування СОТС сприяє зменшенню числа власних затухаючих коливань оброблюваної деталі до її зупинки в 1,5 – 2 рази.

Висновки. В результаті проведених досліджень експериментально встановлено, що при кінцевому фрезеруванні СОТС сприяють зменшенню амплітуди власних затухаючих коливань тонкостінної деталі, а також зменшують число повних коливань необхідних для зупинки технологічної системи.

Перспективи дальніших досліджень в даній області. Фрезерування є одним з найбільш часто використовуваних методів отримання поверхонь різанням. Основними достоїнствами цього методу обробки є висока продуктивність, точність і якість оброблених поверхонь. Однак, головною особливістю процесу, обмежуючим область його застосування, є його динамічність, яка викликана постійним змінюванням товщини різця, і, відповідно, змінюванням сили різання. Таким чином, важливим стає питання про стійкість процесу різання

при фрезеровании, который можно решить, исследуя динамическую характеристику фрезерования. С целью повышения виброустойчивости технологической системы в целом необходимо продолжить проведение исследований с различными обрабатываемыми материалами и СОТС при различных режимах резания, с целью изучения демпфирующих механизмов СОТС.

Библиографический список использованной литературы

1. Бармин Б.П. Вибрации и режимы резания / Б.П. Бармин. — М.: Машиностроение, 1972. — 72 с.
2. Подураев В.Н. Обработка резанием жаропрочных и нержавеющей материалов / В.Н. Подураев. — М.: Высшая школа, 1965. — 345 с.
3. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. — Л.: Машиностроение, 1986. — 184 с.
4. Шпилев А.М. Управление процессами механообработки в автоматизированном производстве на основе синергетического подхода: дис. докт. техн. наук / А.М. Шпилев. — Комсомольск-на-Амуре, 1999.
5. Ящерицын П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. Учеб. для вузов / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. — Минск: Высшая школа, 1990. — 512 с.
6. Логоминов В.А. Формирование шероховатости обработанной поверхности при концевом цилиндрическом фрезеровании тонкостенных элементов деталей: дис. канд. техн. наук / В.А. Логоминов. — Запорожье, 2013. — 213 с.

Поступила в редакцию 28.01.2014 г.

Джемілов Е.Ш., Бекіров Е.Л., Кучугуров М.В. Дослідження впливу МОТЗ на механічні коливання при кінцевому циліндричному фрезеруванні

У статті представлені результати експериментів, що дозволяють провести оцінку впливу МОТЗ на амплітуду власних коливань оброблюваної деталі в процесі кінцевого фрезерування тонкостінних поверхонь деталей.

Ключові слова: кінцеві фрезерування, амплітуда власних коливань, МОТЗ.

Dzhemilov E.Sh., Bekirov E.L., Kuchugurov M.V. Researches of influence of LCTF on mechanical vibrations at the cylindrical end milling

The results of experiments, allowing to conduct the estimation of influence of LCTF on the amplitude of natural vibrations of workpiece during the process of the end milling of the thin-walled workpieces, are presented in the article.

Keywords: end milling, chatter, amplitude of natural vibrations, LCTF.