

УДК 621.9.048.6

А.Б. Таровик, асп.

Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: art-tarovik@yandex.ru

СНИЖЕНИЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА

В работе приведена разработанная экспериментальная установка, с помощью которой производилась обработка тонкостенного цилиндрического изделия с применением ультразвуковых колебаний инструмента. Благодаря этой установке и применению данного вида обработки удалось снизить тангенциальную силу резания на 25%. При этом наиболее рациональными режимами резания были глубина резания 1,5 мм и скорость резания 40 м/мин.

Ключевые слова: тангенциальная сила резания, тонкостенные изделия, ультразвуковые колебания, режимы резания, экспериментальная установка.

1. Введение

Снижение тангенциальной силы резания при обработке тонкостенных цилиндрических изделий является актуальной задачей современного машиностроения. Решение данной задачи реализуется за счет применения ультразвуковых колебаний инструмента.

В настоящее время во всех ведущих отраслях машиностроения все в больших масштабах применяют высокоэнергетические и комбинированные методы обработки материалов, в том числе и ультразвуковой метод обработки [1,2]. Эти методы развиваются быстрыми темпами не только в силу своей относительной молодости, наличия задела еще не реализованных идей и возможностей, универсальности используемых энергоносителей, но и главным образом благодаря развитию машиностроения.

Постоянное развитие техники на современном этапе требует использования деталей, которые имеют тонкие стенки (с целью экономии материала и облегчения конструкции в целом). Сейчас их количество значительно увеличивается в общей массе деталей, подвергающихся механической обработке. Тонкостенные изделия, обеспечивая высокую прочность и плотность компоновки, находят широкое применение в самых различных отраслях промышленности.

Экспериментальное исследование должно подтвердить или опровергнуть теории, которые говорят о том, что при наложении ультразвуковых колебаний на инструмент при обработке (вибрационная обработка) тонкостенных изделий возможно снижение тангенциальной силы резания, что в конечном итоге позволит повысить производительность обработки в целом [3,4,5,6].

Таким образом, целью данной работы является снижение тангенциальной силы резания при обработке тонкостенных цилиндрических изделий с применением ультразвуковых колебаний инструмента.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать приспособление для тангенциального направления колебаний;
- 2) провести экспериментальные исследования;
- 3) проанализировать изменение тангенциальной силы резания при наложении ультразвуковых колебаний на инструмент.

2. Основное содержание и результаты работы

Для обработки тонкостенных цилиндрических изделий разработана экспериментальная установка для тангенциального наложения частотных колебаний (рис. 1).

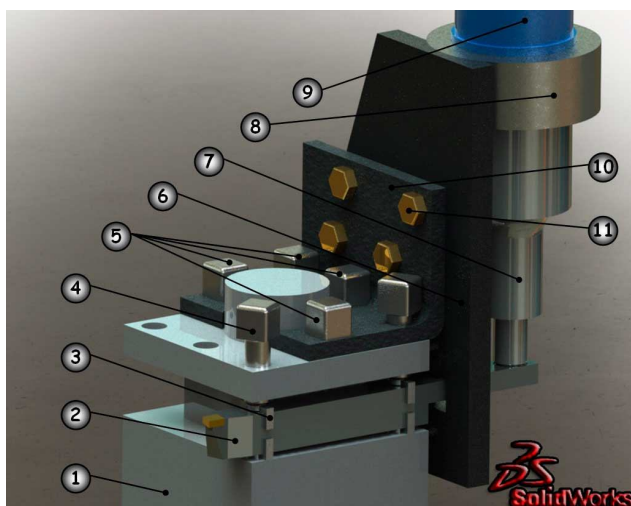


Рис. 1. Экспериментальная установка для тангенциального направления колебаний: 1 – резцедержатель; 2 – резец; 3 – направляющие опоры; 4,5 – винты М14; 6 – стальной лист; 7 – концентратор ступенчатый; 8 – кольцо; 9 – преобразователь магнито-стрикционный; 10 – стальной уголок; 11 – винт М12

Установку, состоящую из магнито-стрикционного преобразователя 9, кольца 8, ступенчатого концентратора 7 и стального листа 6, устанавливали вертикально и закрепляли винтами 11 к стальному уголку 10, который, в свою очередь, крепился к резцедержателю 1 с помощью винтов 5. Резец 2, имеющий удлиненную хвостовую часть, устанавливался в рабочее положение между направляющими опорами 3 и закреплялся винтами 4. Резец к концентратору крепился с помощью шпильки.

На рис. 2 представлена экспериментальная установка для тангенциального направления колебаний, собранная на токарно-винторезном станке.

Ультразвуковая обработка осуществлялась на токарно-винторезном станке модели 1М61. Источником высокочастотных колебаний служил магнито-стрикционный преобразователь модели ПМС-1-1. Источником питания ультразвуковой установки являлся ультразвуковой генератор модели УЗГ-1-1.

В качестве режущего инструмента был взят резец проходной (угол $\varphi = 45^\circ$) с механическим креплением квадратной твердосплавной пластины Т5К10. Резец был увеличен в длину для того, чтобы колебательная система была резонансной.

Для эксперимента была взята заготовка в виде тонкостенной цилиндрической гильзы с габаритными размерами $O100 \times 200$, толщина стенки 6 мм, материал заготовки – сталь 45.

Для дальнейшего исследования были выделены следующие факторы:

- глубина резания $t = 0,5; 1,0; 1,5$ мм;
- скорость резания $v = 40; 60; 80$ м/мин;
- подача $s = 0,5$ мм/об;
- частота колебаний $f = 20$ кГц;
- амплитуда колебаний $a = 15$ мкм.

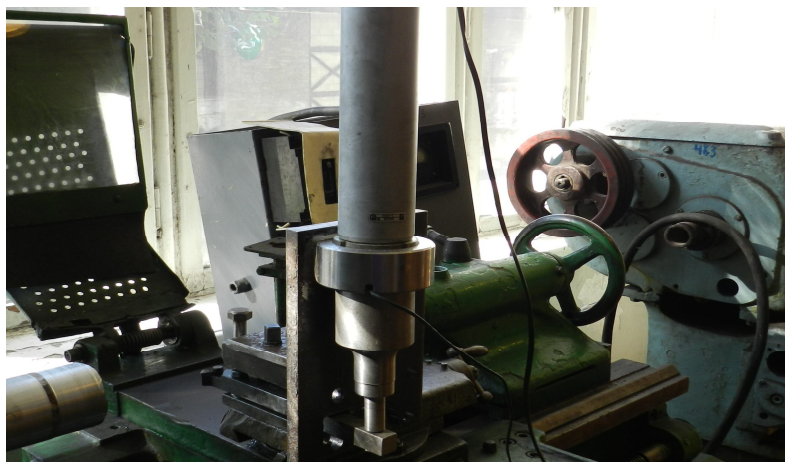


Рис. 2. Экспериментальная установка для тангенциального направления колебаний, собранная на токарно-винторезном станке

Измеряемым параметром была тангенциальная составляющая силы резания P_z . Измерения проводились с помощью датчиков на основе тензорезисторов и выдавались на экран компьютера с помощью программного продукта «PicoLog Recorder» [7]. Данные были получены в милливольтках (mV) с интервалом в 1 миллисекунду (ms).

Для анализа полученных результатов в каждом опыте эксперимента было взято по 250 значений выходного параметра. Причем взяты значения так, чтобы серединой была зона перехода от обычного резания к ультразвуковому резанию.

На рис. 3 изображена диаграмма изменения выходного сигнала при наложении высокочастотных колебаний. Значение тангенциальной составляющей силы резания P_z было получено при глубине резания $t = 1,5$ мм и скорости резания $v = 40$ м/мин.

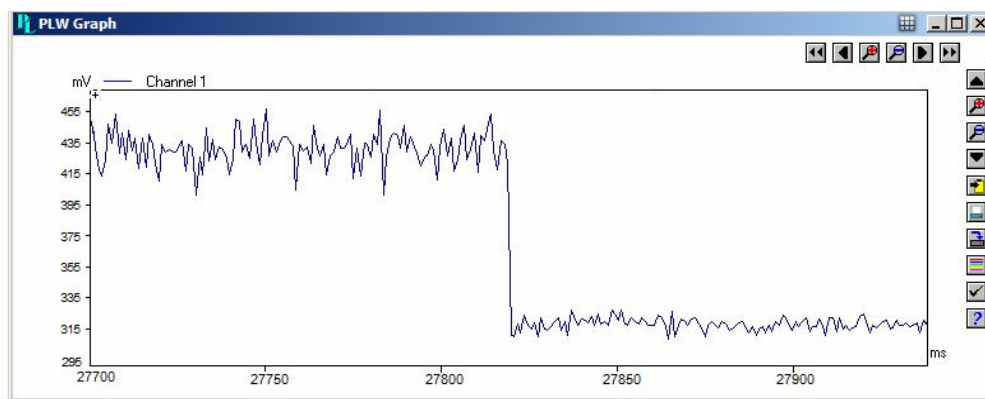


Рис. 3. Диаграмма изменения выходного сигнала при наложении высокочастотных колебаний инструмента ($t = 1,5$ мм, $v = 40$ м/мин)

На рис. 4 и 5 представлены диаграммы изменения выходного сигнала при глубине резания $t = 1,5$ мм и скорости резания $v = 60$ и 80 м/мин соответственно.

Также были получены изменения выходного сигнала при наложении высокочастотных колебаний инструмента при глубине резания $t = 0,5$ и $1,0$ мм и выведены через тарировку средние значения тангенциальной составляющей силы резания P_z .

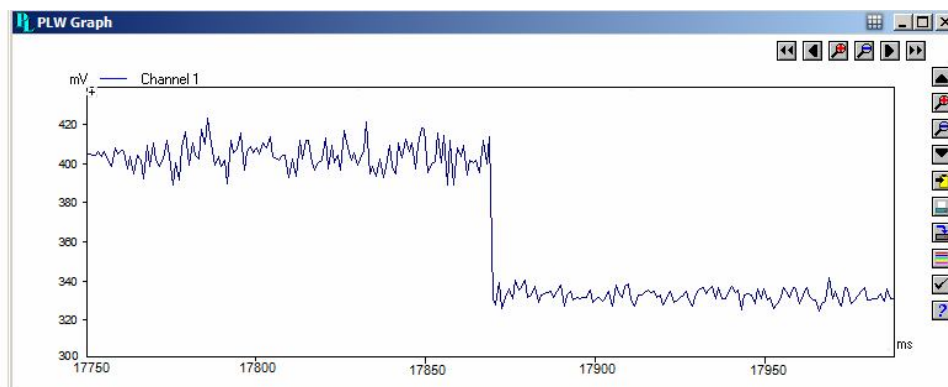


Рис. 4. Диаграмма изменения выходного сигнала при наложении высокочастотных колебаний инструмента ($t = 1,5$ мм, $v = 60$ м/мин)

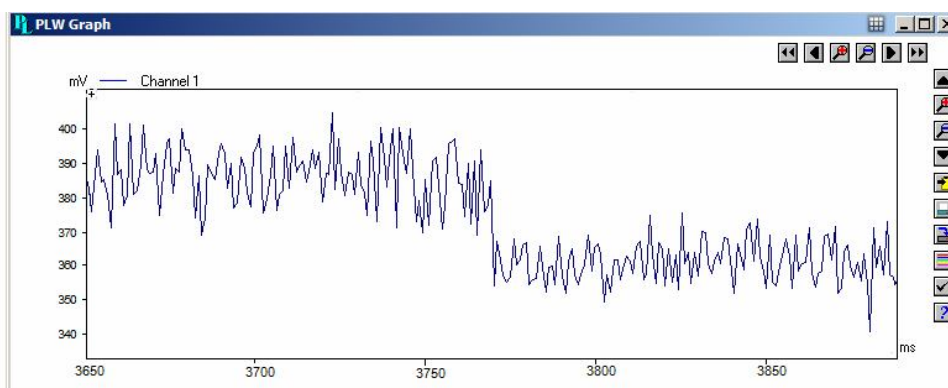


Рис. 5. Диаграмма изменения выходного сигнала при наложении высокочастотных колебаний инструмента ($t = 1,5$ мм, $v = 80$ м/мин)

На графиках, изображенных на рис. 6, 7 и 8, отражены изменения среднего значения тангенциальной составляющей силы резания от скорости резания для обычного резания и резания с ультразвуком при глубине резания 1,5; 1,0 и 0,5 мм.

Из данных графиков видно, что для обычного резания с повышением скорости резания средняя составляющая силы резания уменьшается. Для резания с ультразвуком наблюдается обратная зависимость, а именно с повышением скорости резания среднее значение составляющей силы резания повышается.

При использовании ультразвукового резания, фактор скорости резания в большей степени влияет на снижение тангенциальной составляющей силы резания, чем глубина резания. Но влияние глубины резания также значимо, особенно при обработке тонкостенных цилиндрических изделий, где оно может сыграть решающую роль.

Наименее эффективным оказалось ультразвуковое резание при скорости 80 м/мин, о чем говорит незначительное снижение силы резания от 4,33 до 6,23%. При скорости 60 м/мин наблюдается заметное снижение силы резания от 11,57 до 19,85%. Но наиболее эффективным оказалось ультразвуковое резание при скорости 40 м/мин, процентное снижение силы резания составило от 21,39 до 26,11%. Причем наибольший относительный эффект дало резание при скорости 40 м/мин и глубине резания 1,5 мм.

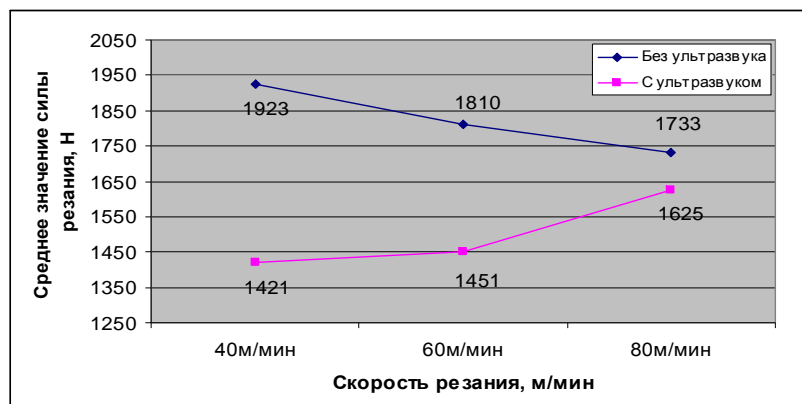


Рис. 6. Гистограмма изменения среднего значения силы резания от скорости резания для обычного и ультразвукового резания при глубине резания 1,5 мм

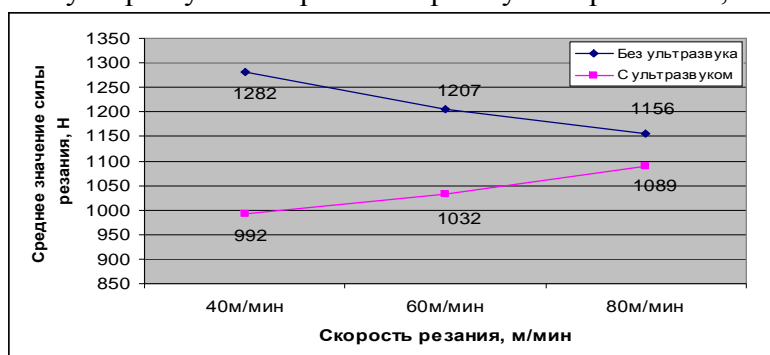


Рис. 7. Гистограмма изменения среднего значения силы резания от скорости резания для обычного и ультразвукового резания при глубине резания 1,0 мм

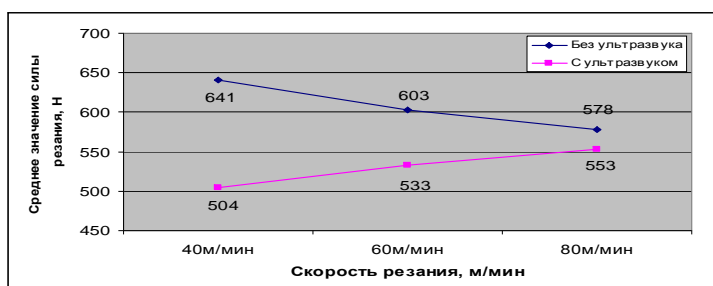


Рис. 8. Гистограмма изменения среднего значения силы резания от скорости резания для обычного и ультразвукового резания при глубине резания 0,5 мм

Из вышеизложенного материала следует, что эффект от применения ультразвукового резания тонкостенных цилиндрических деталей наблюдается, причем применение данного вида обработки позволило снизить тангенциальную силу резания на 25% , что несомненно может считаться положительным результатом.

3. Заключение

Таким образом, в работе представлена разработанная экспериментальная установка, с помощью которой производилась обработка тонкостенного цилиндрического изделия с применением ультразвуковых колебаний инструмента.

Исследования показали, что наиболее рациональными условиями обработки на примере тонкостенной цилиндрической гильзы являются глубина резания 1,5 мм и скорость резания 40 м/мин, что привело к снижению тангенциальной составляющей силы резания на 26,11%.

Среди задач для дальнейшего изучения следует отметить необходимость исследования влияния толщины стенки, амплитуды и частоты колебаний, а также использования амплитудных трансформаторов и преобразователей на ультразвуковое резание тонкостенных цилиндрических изделий.

Список литературы:

1. Физико-технологические основы методов обработки / [А.П. Бабичев и др.]; под ред. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 409 с.: ил.
2. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л. Хейфец. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.: ил.
3. Пашков Е.В. Технологические основы обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей: учеб. пособие [для студ. машиноприборостроит. спец.] / Е.В. Пашков; Севастоп. гос. техн. ун-т. – Севастополь: СевГТУ, 2000. – 425 с.: ил.
4. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – [2-е изд., перераб. и доп.]. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.: ил.
5. Кумабэ Д. Вибрационное резание/ Д. Кумабэ; под ред. И.И. Портнова, В.В. Белова; пер. с яп. С.Л. Масленникова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.: ил.
6. Солис Пинарготе Н.В. Разработка направлений повышения качества токарной обработки с применением тангенциального вибрационного резания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.07; защищена 31.05.2011 / Солис Пинарготе Нестор Вашингтон; Инженерный факультет Российского ун-та дружбы народов. – М., 2011. – 20 с.
7. Pico Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.picotech.com> – (02.12.2013).

Надійшла до редакції 17.02.2014

А.Б. Таровик

ЗНИЖЕННЯ ТАНГЕНЦІАЛЬНОЇ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ТОНКОСТІННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ ІНСТРУМЕНТУ

У роботі приведена розроблена експериментальна установка, за допомогою якої проводилася обробка тонкостінного циліндричного виробу із застосуванням ультразвукових коливань інструменту. Завдяки цій установці та застосуванню даного виду обробки вдалося знизити тангенціальну силу різання на 25%. При цьому найбільш раціональними режимами різання були глибина різання 1,5 мм і швидкість різання 40 м/хв.

Ключові слова: тангенціальна сила різання, тонкостінні вироби, ультразвукові коливання, режими різання, експериментальна установка.

A. Tarovik

REDUCTION OF TANGENTIAL CUTTING FORCE WHEN PROCESSING A THIN-WALLED CYLINDRICAL PRODUCT USING ULTRASONIC VIBRATIONS OF THE TOOL

The article presents experimental equipment, with the help of which processing of thin-walled cylindrical product using ultrasonic vibration of the tool was made. Thanks to this installation and application of this kind of processing we succeeded in reducing the tangential cutting force by 25%. The most rational cutting conditions were cutting depth of 1.5 mm and cutting speed of 40 m/min.

Keywords: tangential cutting force, thin-walled products, ultrasonic vibration, cutting conditions, experimental setup.