

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)»

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
РАЗМЕРНОЙ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ОБРАБОТКИ**

Электронное методическое пособие

САМАРА
2010

Составители: КРАШЕНИННИКОВ Константин Петрович
КОШЕЛЕВ Виктор Валентинович
ГАЛУЗИНА Татьяна Викторовна

Лабораторная работа составлена в соответствии с программой курса «Технология производства АД и ЭУ».

Предназначена для студентов, обучающихся по специальностям «Авиационные двигатели и энергетические установки», «Экономика и управление на предприятиях машиностроения» и магистерской программы «Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов».

**© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	4
2. Принципиальная схема ультразвуковой установки.....	5
3. Производительность размерной ультразвуковой обработки.....	7
4. Содержание работы.....	10
5. Последовательность выполнения работы.....	10
6. Порядок работы на станке.....	11
7. Контрольные вопросы.....	11
8. Приложение.....	12

Цель работы: закрепить теоретические знания в области технологии физико-химических методов обработки материалов, изучить конструкцию и работу ультразвукового станка, определить влияние различных факторов на производительность ультразвуковой размерной обработки.

1. Общие сведения

Быстрое развитие машиностроения, радиотехники, электроники и приборостроения потребовало широкого применения различных материалов, среди которых много труднообрабатываемых обычными методами резания. К таким материалам можно отнести жаропрочные, магнитные стали и твердые сплавы, полупроводниковые материалы (кремний, германий), радиокерамику, алмазы, ферриты, рубин, кварц, керсил, люкор, термосил, ситалы и другие. Они характеризуются высокой твердостью и повышенной хрупкостью.

При изготовлении деталей из перечисленных материалов широкое распространение получила ультразвуковая размерная обработка. Она представляет собой разновидность процесса механической обработки. Принцип ее заключается в скалывании микрочастиц материала с обрабатываемой поверхности зернами абразива, получающими энергию от инструмента, совершающего колебания с ультразвуковой частотой (16—30 кГц).

Большое число одновременно ударяющихся о поверхность зерен, высокая частота повторения ударов обеспечивают интенсивный съем обрабатываемого материала. Образующееся при этом углубление копирует форму рабочей части инструмента. Ультразвуковая обработка наиболее эффективно протекает в жидкой среде, так как кавитационные явления в жидкости, возникающие в результате колебаний инструмента, способствуют более интенсивному перемешиванию абразивных зерен в рабочей зоне и замене изношенных зерен новыми (рис. 1).

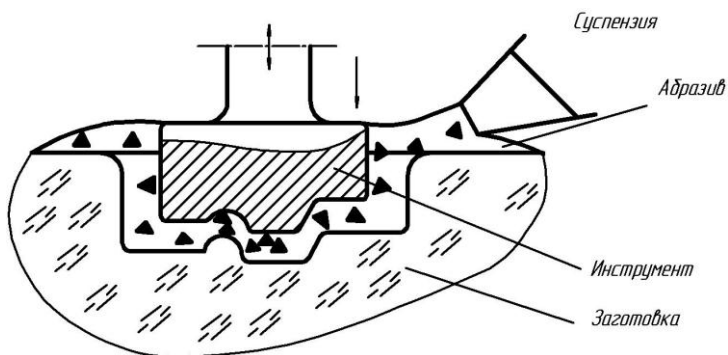


Рис.1. Схема процесса обработки

Размерная ультразвуковая обработка твердых и хрупких материалов получила в настоящее время практическое применение при осуществлении самых разнообразных технологических операций: разрезания, обработки сквозных и глухих отверстий, гравирования, нанесения рельефных изображений, вырезания по контуру инструментом-проволочкой и др.

2. Принципиальная схема ультразвуковой установки

Основными узлами ультразвуковой установки являются: I — колебательная система с рабочим инструментом; II — источник питания; III — система подачи абразивной суспензии и прижима инструмента к детали (рис. 2).

Колебательная система преобразует электрические колебания источника тока в механические колебания инструмента. Это осуществляется при помощи магнитострикционного сердечника 1, обладающего способностью изменять свои размеры в зависимости от величины проходящего через сердечник магнитного потока, который наводится током ультразвуковой частоты, пропускаемым через обмотку 2. Если по последней будет протекать только переменный ток от ультразвукового генератора 3, то сердечник будет деформироваться с удвоенной частотой. Это происходит по той причине, что изменение размеров сердечника не

зависит от направления магнитного поля. Чтобы частота колебаний излучателя была равна частоте возбуждающего тока, на обмотку подается постоянное напряжение, называемое напряжением поляризации (источник постоянного тока 4). Преобразователь, работающий на таком принципе, называется поляризованным. Без подмагничивания величина относительной деформации магнитоstrictionного стержня

$$\frac{\Delta l}{l}$$

($\frac{\Delta l}{l}$) очень мала (10-4-10-6 мкм). Наличие же поляризации увеличивает амплитуду деформации A во много раз при одинаковых значениях амплитуды переменной магнитной индукции B .

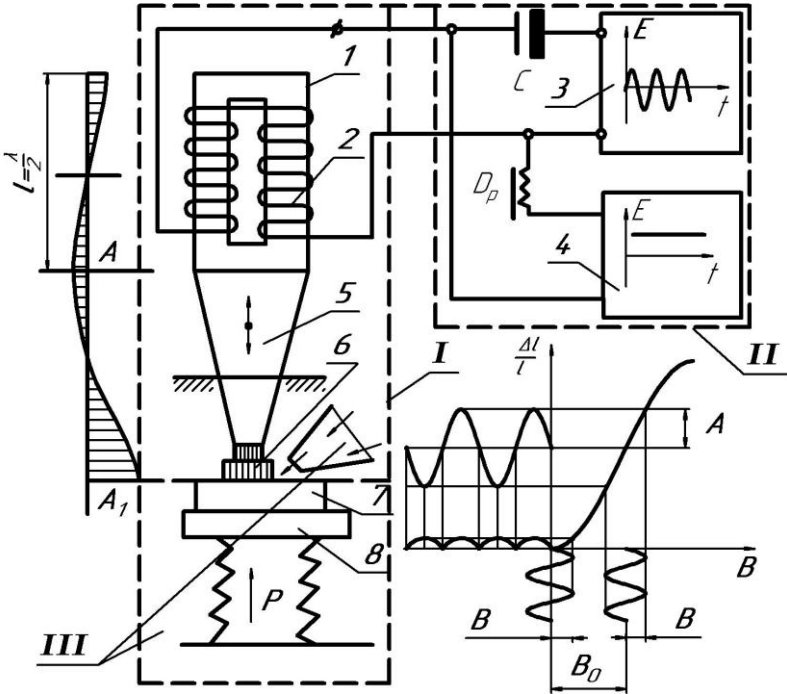


Рис. 2. Принципиальная схема ультразвуковой установки

К нижнему торцу магнитоstrictionного сердечника крепится концентратор 5, на конце которого устанавливается инстру-

мент 6. Концентратор трансформирует колебания малой амплитуды (A), подводимые к большой площади, в колебания большой амплитуды, возникающие на малой площади (A_1). Среди различных концентраторов (конусный, экспоненциальный, катеноидальный, ступенчатый) широкое распространение получил ступенчатый. Он прост в изготовлении и имеет наибольший коэффициент усиления.

При ультразвуковой обработке в рабочую зону (в зазор между обрабатываемой поверхностью и рабочим торцом инструмента) подается абразивная суспензия и создается усилие прижима инструмента (P) к детали 7, установленной на предметном столике 8.

3. Производительность размерной ультразвуковой обработки

Производительность является одной из важнейших технологических характеристик размерной ультразвуковой обработки. Она определяется средней минутной подачей инструмента S_{1p} [мм/мин] или средним минутным объемным съемом материала V [мм³/мин]. Производительность метода зависит от многих технологических и акустических параметров и условий обработки (физико-механических свойств обрабатываемого материала, размеров зерна и режущих свойств его, частоты и амплитуды колебаний инструмента и др.).

Физико-механические свойства обрабатываемых материалов оказывают очень большое влияние на производительность обработки: чем больше критерий хрупкости материала t_x , тем лучше его обрабатываемость ультразвуковым методом:

$$t_x = \frac{\tau_p}{\sigma_p},$$

где τ_p — сопротивление сдвигу;

σ_p — сопротивление отрыву.

Наличие даже небольшой пластичности резко снижает производительность (табл. 1).

Таблица 1. Производительность обработки на разных материалах

Обрабатываемый материал	Относительная обрабатываемость	Примечание
Титанат бария	1,1	tx > 2
Стекло	1,0	
Ферриты	0,75-0,85	
Кремний	0,4-0,7	
Керамика	0,4-0,5	
Агат	0,3-0,35	
Рубин	0,12-0,18	
Твердый сплав	0,02-0,05	1 < tx < 2
Сталь (незакаленная), латунь, свинец	0,01-0,005	tx < 1

Абразивы, применяемые при ультразвуковой размерной обработке, обладают высокой твердостью, прочностью и незначительной хрупкостью. От этих физико-механических показателей в основном и зависит относительная режущая способность абразивных материалов (табл. 2), а следовательно, и производительность процесса.

Таблица 2. Режущая способность абразивных материалов

Наименование абразивного материала	Относительная режущая способность
Алмаз	1,0
Эльбор	1,1
Карбид бора	0,5-0,6
Карбид кремния	0,25-0,45
Электрокорунд	0,14-0,16

Абразивные материалы выдерживают большие удельные нагрузки и температуры. Однако ударное воздействие инструмента частично разрушает зерна, что снижает производительность обработки. Поэтому для исключения последнего в рабочей зоне необходимо обеспечить непрерывную сменяемость абразивного материала.

Концентрация абразива в жидкости обычно составляет 30-40%. При прокачке абразивной суспензии через полый инструмент под давлением концентрация абразива может быть уменьшена до 20 %.

Влияние статического давления (усилия прижима Р) инструмента на производительность процесса значительна. Экспериментально установлено, что для определенной площади обработки, амплитуды колебаний инструмента и зернистости абразива существует оптимальное давление, при котором производительность максимальна.

Чем больше амплитуда и частота колебаний инструмента, его периметр, а также размеры зерна, тем выше производительность процесса. Однако, как показывают экспериментальные исследования, это возможно при определенном соотношении амплитуды и размеров абразивного зерна.

Отношение $\frac{2A}{d_a}$, при котором наблюдается максимальное значение производительности, равно 0,6—0,8. При очень малых зернах и больших амплитудах колебаний ($\frac{2A}{d_a} > 1$) наблюдается чрезмерная нагрузка на абразив, приводящая к дроблению зерен, а не к внедрению их в обрабатываемую поверхность. В случае использования крупных зерен при малых амплитудах колебаний инструмента ($\frac{2A}{d_a} < 0,5$) снижение производительности можно объяснить недостаточным для внедрения зерен и разрушения материала импульсом ударной силы.

Увеличение площади инструмента приводит к снижению производительности процесса ультразвуковой обработки. Это объясняется ухудшением условий поступления в рабочую зону свежего абразива и удаления частиц обрабатываемого материала, а также возможным снижением амплитуды колебаний. Аналогично изменение производительности процесса с увеличением глубины обрабатываемой полости. Все это подтверждается на практике.

4. Содержание работы

Лабораторную работу можно подразделить на две части. В первой студент знакомится с материалами, раскрывающими физическую сущность ультразвуковой обработки, принципиальную схему и конструкцию ультразвукового станка, а также влияние различных факторов на производительность процесса ультразвуковой обработки. Во второй - проводит исследование по установлению влияния статического давления на производительность метода.

Экспериментальные исследования выполняются на ультразвуковом станке 4770У.

Технические характеристики станка

Диаметр обрабатываемого отверстия	1-5 мм
Максимальная глубина обработки	5мм
Максимальная площадь обработки	20 мм ²
Точность отсчета глубины обработки	0,01 мм
Механическая производительность по стеклу	50 мм ³ /мин
Предел регулирования статического давления	0,1—0,8 даН
Резонансная частота колебаний системы	22 ± 7,5% кГц
Максимальная амплитуда инструмента	15—20 мкм
Акустическая мощность	0,05—0,10 кВт
Способ подачи суспензии	вручную
Вес станка	15 кг

Обрабатываемым материалом выбираем стекло, материалом инструмента - сталь 45, размер зерна -df = 60 - 50 мкм (зернистость № 5). Исследования проводим при обработке отверстия d0 = 2 мм.

5. Последовательность выполнения работы

1. Изучить инструкцию к работе и инструкцию по технике безопасности при работе на ультразвуковом станке (приложение 2).

2. Определить характер изменения производительности ультразвуковой размерной обработки от усилия прижима P (статического давления) для заданных условий ведения процесса. Построить зависимость $Q = f(P)$, $Q_{cp} = \frac{h}{t}$,

$$Q = f(P), Q_{cp} = \frac{h}{t}$$

где h — глубина отверстия,

t — время обработки.

Статическое давление на станке устанавливается с помощью тарированных грузиков по показанию индикатора.

6. Порядок работы на станке

1. Проверить готовность станка к работе.
2. Включить генератор «Накал».
3. Закрепить на столике станка стеклянную пластинку.
4. Установить статическое давление.
5. Подготовить абразивную суспензию и подать кисточкой в зону обработки.
6. Включить тумблер «Анод» на генераторе и настроить резонансную частоту, засечь начало обработки по секундомеру.
7. При достижении необходимого времени обработки выключить генератор («Анод») и по индикатору определить глубину отверстия.
8. По окончании работы на станке выключить генератор («Анод», «Накал»), слить воду, охлаждающую стриктор, протереть стол и станок, убрать рабочее место.

7. Контрольные вопросы

1. Опишите механизм разрушения материала при ультразвуковой размерной обработке свободным абразивом.
2. Назовите основные технологические показатели ультразвуковой размерной обработки.

3. Из каких элементов состоит ультразвуковая колебательная система?
4. Каковы области использования различных технологических схем ультразвуковой размерной обработки?
5. Как влияет смена абразивной суспензии на производительность процесса обработки?

8. Приложение

Инструкция по технике безопасности для работы на ультразвуковом станке 4770У

1. Категорически воспрещается работать на установке при снятом кожухе генератора и выпрямителя.
2. При ремонтных работах, при установке или замене отдельных элементов всю установку следует отключить от сети.
3. Приступить к опробованию и эксплуатации установки можно только после ее заземления.
4. Для ремонта и накладки установки может быть использован только квалифицированный персонал, аттестованный комиссией и имеющий допуск IV группы.
5. Работу на станке осуществляет лаборант.