

2.19. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ОБРАЗЦОВ, КОНТРОЛЬ ЧИСТОТЫ ОЧИСТКИ

Цель работы: Изучение физико-химических принципов отчистки поверхностей.

Задание по работе

1. Провести ультразвуковую (УЗ) отчистку образцов и оценить качество очистки.
2. Сравнить методику УЗ отчистки с прочими методами отчистки образцов.
3. Проанализировать результаты работы, сформулировать краткие выводы по работе, оформить отчет и представить его к защите.

Теоретическая часть

Ультразвуковая очистка позволяет быстро и качественно обработать самые различные детали, удалить самые прочные загрязнения, заменить дорогостоящие и небезопасные растворители и механизировать процесс очистки.

При сообщении жидкости ультразвуковых колебаний в ней возникают переменные давления, изменяющиеся с частотой возбуждающего поля. Наличие в жидкости растворенных газов приводит к тому, что во время отрицательного полупериода колебаний, когда на жидкость действует растягивающее напряжение, в этой жидкости образуются и увеличиваются разрывы в виде газовых пузырьков. В эти пузырьки могут всасываться загрязнения из микротрещин и микропор материала рис.2.62. Под действием сжимающих напряжений во время положительного полупериода давлений, пузырьки захлопываются. К моменту захлопывания пузырьков на них действует давление жидкости, достигающее нескольких тысяч атмосфер, поэтому захлопывание пузырька сопровождается образованием мощной ударной волны. Такой процесс образования и захлопывания пузырьков в жидкости называется **кавитацией**. Обычно кавитация возникает на поверхности детали. Ударная волна измельчает загрязнения и перемещает их в моющий раствор рис.2.63.

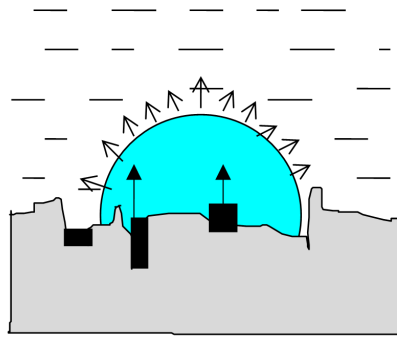


Рис. 2.62. Схема всасывания загрязнений из микротрещин поверхности в растущий газовый пузырек

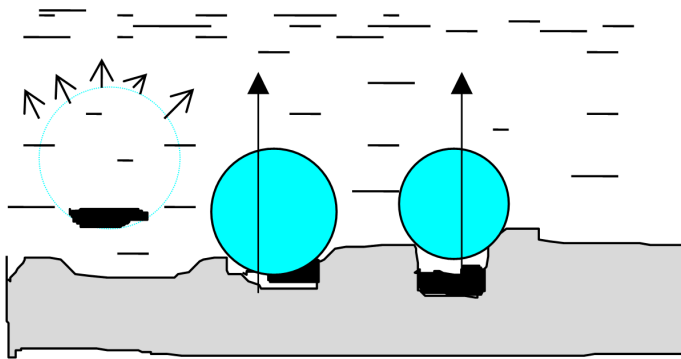


Рис. 2.63. Ультразвуковая очистка

Ультразвуковая волна в жидкости характеризуется звуковым давлением $P_{зв}$ и интенсивностью колебаний I . Звуковое давление определяют по формуле:

$$P_{зв} = \rho \cdot C \cdot \omega \cdot \varphi \cdot \cos(\omega \cdot t - k_x) = p_m \cdot \cos(\omega \cdot t - k_x)$$

$$I = \frac{p_m^2}{2\rho C}$$

где: $p_m = \rho C \omega \varphi$ - амплитуда звукового давления,
 ρC - волновое сопротивление,
 φ - амплитуда колебаний,
 ω - частота.

С повышением звукового давления до оптимальной величины возрастает число газовых пузырьков жидкости, соответственно увеличивается объем кавитационной области. В ультразвуковых установках для очистки звуковое давление на границе “излучатель-жидкость” лежит в пределах $0,2 \div 0,14$ Мпа.

Под интенсивностью ультразвуковых колебаний на практике принимают мощность, приходящуюся на единицу площади излучателя:

1,5÷3 Вт/см² - водные растворы,
0,5÷1 Вт/см² - органические растворы.

Кавитационное разрушение достигает максимума тогда, когда время захлопывания пузырьков равно полупериоду колебаний. На образование и рост кавитационных пузырьков влияют вязкость жидкости, частота колебаний, статическое давление и температура. Кавитационный пузырек может образоваться, если его радиус меньше некоторого критического радиуса, соответствующего определенному гидростатическому давлению.

Частота ультразвуковых колебаний лежит в пределах от 16 кГц до 44 кГц.

Если частота колебаний низкая, то образуются более крупные пузырьки с малой амплитудой пульсации. Часть из них просто всплывает на поверхность жидкости. Ультразвук низкой частоты хуже распространяется из-за поглощения, поэтому качественный процесс очистки идет в области, близкой к источнику. При низкой частоте недостаточно хорошо очищаются микротрещины, размеры которых меньше длины волны ультразвука.

Повышение частоты колебаний приводит к уменьшению размеров газовых пузырьков и следовательно, к уменьшению интенсивности ударных волн при одной и той же мощности установки. Для запуска кавитационного процесса с увеличенной частотой требуется большая интенсивность колебаний. Рост частоты ультразвуковой установки очистки приводит обычно к понижению КПД установки. Тем не менее, повышение частоты ультразвука имеет ряд положительных сторон:

Очистка осуществляется гидропотоками при значительно меньшей вибрации детали;

Плотность ультразвуковой энергии увеличивается пропорционально квадрату частоты, что позволяет вводить в раствор большие интенсивности или при постоянной интенсивности уменьшать амплитуду колебаний;

С увеличением частоты увеличивается величина поглощаемой энергии ультразвука.

Вследствие поглощения энергии более высокой плотности частицы масел, жиров, флюсов и т.п. загрязнений поверхности детали нагреваясь, становятся более жидкотекучими и легко растворяются в очищающей жидкости. Вода (как основа моющего раствора) при этом не нагревается;

С увеличением частоты уменьшается длина волны, что способствует более тщательной очистке мелких отверстий;

При колебаниях ультразвука достаточно высокой частоты (40 кГц) ультразвуковая волна распространяется с меньшим поглощением и действует эффективно даже на большом расстоянии от источника;

Значительно уменьшаются габариты и масса ультразвуковых генераторов и преобразователей;

Уменьшается опасность эрозионного разрушения поверхности очищаемой детали.

Вязкость жидкости при ультразвуковой очистке влияет на потери энергии и ударное давление. *Увеличение вязкости жидкости повышает потери на вязкое трение, однако время захлопывания пузырька при этом сокращается, следовательно, увеличивается сила ударной волны.*

Температура оказывает неоднозначное влияние на процесс ультразвуковой очистки. *Повышение температуры активизирует моющую среду, повышает ее растворяющую способность. Но при этом уменьшается вязкость раствора и увеличивается давление парогазовой смеси, что значительно снижает устойчивость кавитационного процесса.*

Таким образом, технологическая задача заключается в оптимизации температуры (вязкости) раствора в зависимости от характера и вида загрязнений. Для очистки деталей от химически активных загрязнений следует повышать температуру, а для удаления плохо растворимых загрязнений нужно выбирать такую температуру, которая создает условия оптимальной кавитационной эрозии.

Рекомендуемые температуры:

Щелочные растворы 40÷60 °С,

Трихлорэтан 38÷40 °С,

Водные эмульсии 21÷ 37 °С.

Кроме кавитационного диспергирования загрязнений, положительное значение при очистке имеют акустические течения жидкости, т.е. вихревые потоки, образующиеся в жидкости в местах ее неоднородностей или на границе раздела “жидкость-твердое тело”. Высокий уровень возбуждения жидкости в граничащем с поверхностью детали слое уменьшает толщину диффузионного слоя, образованного продуктами реакции моющего раствора с загрязнениями.

Среды ультразвуковой очистки

Очистку проводят в водных моющих растворителях, эмульсиях, кислых растворах. При использовании щелочных растворов можно значительно уменьшить температуру и концентрацию щелочных компонентов, а качество очистки останется высоким. При этом уменьшается травящее воздействие на деталь. В состав щелочных растворов входят чаще всего каустическая сода (NaOH), кальцинированная сода (Na₂CO₃), тринатрийфосфат (Na₃PO₄·12H₂O), жидкое стекло (Na₂O·SiO₂), анионоактивные и неионогенные поверхностно-активные вещества (ПАВ), например сульфанол, тинол.

ПАВ существенно повышают кавитационную эрозию, т.е. интенсифицируют процесс очистки. Однако, опасность кавитационного разрушения поверхности материала при добавлении ПАВ также увеличивается. Понижение поверхностного натяжения в присутствии ПАВ приводит к увеличению количества пузырьков в единице объема. При этом ПАВ может понижать прочность поверхности детали.

Для предотвращения эрозии металлов необходимо выбирать оптимальные концентрации ПАВ, минимальную длительность процесса и располагать детали подальше от излучателя.

Очистку ультразвуком в органических растворителях применяют тогда, когда очистка в щелочных растворителях может привести к коррозии материала или к образованию пассивной пленки, а также, если необходимо сократить время сушки. Наиболее удобными являются хлорированные растворители с высокой химической активностью; они растворяют самые различные загрязнения и безопасны в эксплуатации.

Хлорированные растворители можно применять в чистом виде и в составе азеотропных смесей (перегоняемых без изменения состава). Например, смеси фреона-113, фреона-30. Азеотропные смеси растворителей реагируют со многими загрязнениями, при этом эффективность очистки увеличивается.

Для ультразвуковой очистки применяются также бензин, ацетон, спирты, спиртобензиновые смеси.

Способы управления процессом ультразвуковой очистки.

Изменение давления жидкости. Способ реализуется в виде создания вакуума или наоборот, избыточного давления. При вакууммировании жидкости облегчается образование кавитации. Избыточное давление повышает эрозийное разрушение, сдвигает максимум кавитационной эрозии в зону больших звуковых давлений, влияет на характер акустических течений.

Наложение электрического или магнитного полей на моющую среду. При электрохимической ультразвуковой очистке кавитационная область может быть локализована непосредственно у обрабатываемой детали; пузырьки выделяющихся на электродах газов способствуют разрушению пленок загрязнений; уменьшается смачиваемость маслом поляризованной поверхности детали.

Наложение на кавитационную область магнитного поля вызывает движение газовых пузырьков, имеющих отрицательный поверхностный заряд, что увеличивает кавитационную эрозию деталей.

Введение абразивных частиц в моющий раствор. Твердые частицы абразива участвуют в механическом отделении загрязнений и стимулируют образование кавитационных пузырьков, так как нарушают сплошность жидкости.

Экспериментальная часть Подготовка оборудования к работе

Для выполнения лабораторной работы используется ультразвуковая ванна ULTRASONIC CLEANER CT-400D или ее аналог, а также оптический микроскоп типа IntelPlay или его аналог.

Ультразвуковая ванна рис.2.64. применяется для отмывки и чистки всех типов электронных компонентов, инструментов и приспособлений. В основу

действия ванны положен принцип ультразвуковой кавитации. Воздушные пузырьки, образующиеся в жидкости под действием ультразвука, лопаются и создают давление на погруженный в жидкость предмет. Лопающиеся пузырьки действуют подобно маленьким взрывам. Это сильное воздействие и очищает поверхность объекта от грязи. С помощью ультразвуковой ванны можно отчистить предметы сложной формы, не подвергая их коррозии и механическим повреждениям, всего за 99 секунд. Ванна снабжена светодиодным дисплеем, на котором ведется обратный отсчет времени. Наблюдая за процессом очистки, вы можете завершить работу раньше стандартного времени или перевести ванну в режим ожидания.

Технические характеристики:

- Рабочее напряжение: 220 В
- Потребляемая мощность: 35Вт/60Вт
- Дисплей: Цифровой дисплей со светодиодной индикацией
- Рабочее время сессии: 99 сек.
- Частота ультразвука: 43~45 кГц
- Габариты ванны: 165×90×40 мм
- Габариты устройства: 210×105×115 мм



Рис. 2.64. Общий вид ультразвуковой ванны

Перед началом лабораторной работы необходимо подготовить ультразвуковую ванну к работе в следующем порядке:

1. Проверить, что УЗ ванна отключена от сети.
2. Открыть крышку УЗ ванны.
3. Получить у преподавателя или лаборанта канистру с жидкостью для очистки и осторожно залить ее в ванну до отметки под контролем преподавателя.
4. Закрывать крышку УЗ ванны.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Полученную у преподавателя деталь, предназначенную для УЗ очистки установить на предметный столик микроскопа. Отрегулировав освещение и

резкость, добиться четкого изображения загрязнений на поверхности детали. Составить эскиз загрязнений либо сделать принтскрин или фотографию.

2. Снять деталь с предметного столика микроскопа и пинцетом осторожно опустить в ванну, предварительно сняв с нее крышку. Закрыть крышку.

3. Включить питание УЗ ванны. Установить на дисплее время очистки нажатием кнопки "SET" и нажать кнопку "ON". Время очистки зависит от характера загрязнений детали и уточняется преподавателем при выдаче детали.

4. Выключить питание УЗ ванны по истечении заданного времени.

5. Снять крышку УЗ ванны и осторожно достать деталь пинцетом и выложить ее на салфетку.

7. Промокнуть деталь салфеткой так, чтобы на поверхности детали не осталось следов жидкости.

8. Поместить деталь на предметный столик микроскопа. Отрегулировав освещение и резкость, добиться четкого изображения поверхности детали. Составьте эскиз поверхности детали либо сделайте принтскрин или фотографию.

9. Сравните чистоту поверхности детали до и после очистки.

Завершение работы

После проведения работы привести используемое оборудование в исходное состояние, соблюдая следующий порядок:

1. Отключить УЗ ванну от сети.

2. Осторожно слить отработанную жидкость из УЗ ванны в специальную емкость, полученную у преподавателя или лаборанта.

3. Протереть УЗ ванну салфеткой насухо.

4. Закрыть УЗ ванну крышкой.

Порядок оформления отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать:

1. Эскиз УЗ ванны.

2. Эскизы или фотографии поверхности детали до и после очистки

3. Краткую теоретическую часть.

4. Последовательность действий при УЗ очистке

5. Выводы

Контрольные вопросы

1. В чём заключается принцип очистки поверхности методом ультразвуковой отмывки?

2. Какие способы управления процессом ультразвуковой очистки вы знаете?

3. Дайте определение «технологически чистой поверхности»?

4. Опишите процесс кавитации?

5. Виды загрязнений?