

УДК 539.4.016:621.831

А.А. КОЛОС

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ ВО ФРЕОНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

*Рассмотрена задача по определению ряда преимуществ и ключевых моментов ультразвуковой очистки (УЗО) деталей во фреоновых композициях. Предложены конструкции ранее используемых в производстве ультразвуковых установок. Выполнена сравнительная идентификация моющих смесей относительно их компонентов. Предложена методика, оправдывающая изменения частот в режимах работы как магнитострикционных, так и фарфоровых вибраторов УЗО установок. Определены несколько приоритетных направлений исследования частотных гармоник процесса УЗО — это зарождение и формирование лидеров-пузырьков, которые образуются в жидкой среде, плотность которой должна быть определенной, также как и температура жидкости. Резонансная частота колебаний, вследствие которой происходит самопоглощение или самозахлопывание лидеров пузырьков рассматривается отдельно, так как процесс бомбардировки поверхности детали является относительно бесконтрольным процессом.*

**Ключевые слова:** кавитация, концентратор колебаний, конденсация, ультразвуковые установки, лидер пузырька, углеводороды, регенерация, токсичность, интенсифицирование, растворы, температурный режим, адгезия, ультразвуковые поля, преобразователь, утилизация, производительность, автоматизация, механизация, степень очистки, акустические поток, качество, характеристика установки.

### Введение

Качество и надежность изделий находятся в прямой зависимости от степени их очистки от различного вида загрязнений. В настоящее время на заводах очистка в производственном цикле является узким местом, осуществляется, как правило, вручную с использованием токсичных пожароопасных растворителей.

Основные преимущества ультразвуковой очистки перед всеми известными методами удаления загрязнений — высокое качество, отсутствие ручного труда, а также исключение пожароопасных токсичных растворителей.

В последнее время актуально направление в технологии ультразвуковой очистки. Это использование галогенопроизводных углеводородов, в частности композиций на основе трифтортрихлорэтана (фреон-113) и тетрафтордибромэтана (фреон 114В-2). Основное преимущество этих композиций в том, что они обладают меньшей токсичностью и полной пожаро- и взрывобезопасностью в сравнении с широко применяемыми в промышленности растворителями типа бензина. Кроме того, некоторые свойства упомянутых фреонов (малая теплота испарения, высокая плотность пара) позволяют применять в установках УЗО такие эффективные технологические циклы, как например, очистка в парах и обрызгивание чистым конденсатом.

Применение регенерации фреонов позволяет их многократно использовать, сокращая тем самым расход моющих сред.

В настоящей статье обобщен опыт промышленного использования фреоновых композиций при ультразвуковой очистке, дано изложение технологических процессов, применяемых при работе с фреонами, приведено детальное описание ультразвукового оборудования, предназначенного для работы с фреонами.

### 1. Формулирование проблемы, как выбрать способ очистки

Проблема выбора способа очистки изделий составляет отдельный вопрос, который основывается на степени качества очистки поверхностей изделий. Поэтому практическое выполнение опытных работ для сравнения качества очистки должно проводиться между двумя или тремя известными видами УЗО-растворами: хромпика с водой и содой; раствором щелочей, керосином, бензином, содой.

Промывка деталей производится либо путем погружения на длительное время в раствор или промывкой струями под давлением. Таким образом, для снижения основного времени операции промывки путем погружения рекомендуется применять при незначительном количестве деталей. Поэтому целесообразно пользоваться струйными моечными машинами (рис. 1); промывка в них происходит во много

раз быстрее, чем в обычных ваннах. После отмывки непрочных отложений в щелочном растворе детали необходимо промыть в подогретом фреоне или водном растворе хромпика 0,1-0,3%.

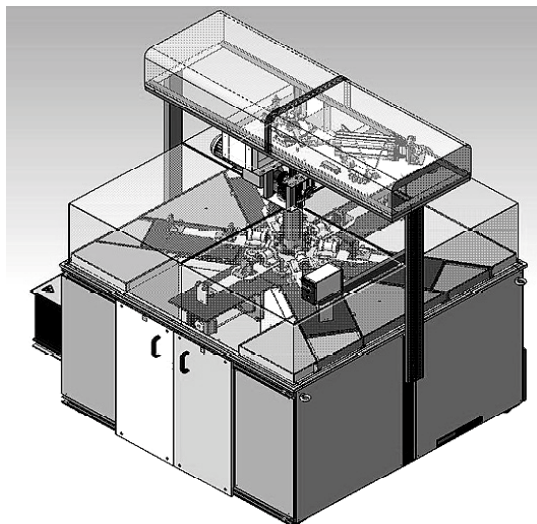


Рис. 1. Карусельная установка ультразвуковой очистки

Затем просушить и направить на очистку от прочных отложений. В свою очередь не нуждающиеся в очистке детали окончательно промыть в бензине и направить на контроль. Эти способы могут применяться как в отдельности, так и в комбинации друг с другом. Процесс промывки деталей может быть интенсифицирован ультразвуковым воздействием.

Распространение получили следующие разновидности мойки погружением:

- 1) при температуре растворителя ниже нормальной точки кипения;
- 2) в кипящем растворе при нормальных условиях;
- 3) в перегретом кипящем растворе.

## 2. Анализ последних исследований и публикаций

Знание характера загрязнений является решающим фактором при выборе или разработке технологических процессов очистки и обеспечивает возможность получения высокой степени очистки деталей.

Ультразвуковая очистка — сложный физико-химический процесс, включающий развитие кавитации и акустических потоков в очищаемой жидкости, действие которых приводит к разрушению загрязнений и способствует эмульгированию жировых примесей. Если загрязненную деталь поместить в жидкость и облучить ультразвуком, то под действием ударной волны, возникающей при захлопывании кавитационных пузырьков, поверхность детали очистится от грязи. Кроме того, в жидкости

возникает много пузырьков, не связанных с кавитационными явлениями. Эти пузырьки проникают в поры, щели и зазоры между загрязнениями и поверхностью детали. Под действием ультразвуковых колебаний пузырьки интенсивно колеблются, также вызывая разрушение верхнего загрязняющего слоя. Решающее значение имеют ультразвуковая кавитация и акустические потоки.

Условно в [1] определено пять разновидностей разрушений загрязнений с помощью ультразвука: отслоение, эмульгирование, эрозия, гидроабразивное разрушение и растворение. Разрушение, отделение и растворение пленки загрязнений при ультразвуковой очистке происходят в результате совместного действия химически активной среды и факторов, возникающих в жидкости под влиянием приложенного акустического поля. Одни факторы действуют на процесс очистки непосредственно, другие — через специфические ультразвуковые эффекты.

Из литературы [1] известно, что рабочие частоты порядка 18-44 кГц соответствуют оптимальным условиям формирования кавитационной области — главного фактора, определяющего эффективность очистки при использовании моющих растворов, физические характеристики которых (плотность, вязкость) сопоставимы с характеристиками для воды. Также из [2] известно, что для очистки металлической поверхности можно использовать ультразвук частотой 20-30 кГц на установках (рис.2).



Рис. 2. Установка моечная ультразвуковая серии DGM.QX

Эффективность ультразвуковой очистки зависит от выбора многих параметров, в том числе физико-химических свойств моющей жидкости. Для правильного выбора растворов также необходимо учитывать характер загрязнений: степень их адгезии к очищаемой поверхности, химическое взаимодействие с моющим раствором, кавитационную стойкость.

Успешное проведение процесса ультразвуковой очистки возможно лишь при использовании основных эффектов, возникающих в ультразвуковых полях; звукового давления, кавитации, акустического течения, звукокапиллярного эффекта, радиационного давления. Из вышеперечисленных эффектов наибольшее влияние на процесс очистки оказывает ультразвуковая кавитация. Микроударное воздействие захлопывающихся пузырьков способствует разрушению окалины и загрязнений, обладающих высокой адгезией к поверхности, а пульсирующие пузырьки проникают под пленку загрязнений (окалины), отслаивая ее и ускоряя процесс очистки [1].

К основным параметрам ультразвуковой очистки относятся выбор растворов и температурный режим обработки.

При этом характер поверхностных загрязнений определяется по следующим признакам:

способности противостоять микроударному действию кавитации, т. е. по тому, является ли поверхностная пленка кавитационно-стойкой или кавитационно-нестойкой. В тех случаях, когда кавитационная стойкость загрязнений выше кавитационной стойкости материала, во избежание повреждения очищаемых деталей ультразвуковую очистку применять не рекомендуется; прочности связи пленки загрязнения с очищаемой поверхностью. По этому признаку подбирают продолжительность воздействия ультразвука и его интенсивность; химическому взаимодействию загрязнения с моющей жидкостью, т. е. позволяет определить возможность растворения загрязнений в моющих растворах. Для водных растворов технических моющих средств (ТМС) оптимальной является температура 40-60 °С. При более низкой температуре снижается химическая активность раствора, а при более высокой — повышается упругость пара внутри кавитационной полости, что приводит к снижению интенсивности кавитационного воздействия.

### 3. Постановка задачи исследования

При мойке обрызгиванием на детали направляют струи чистого растворителя. Этот способ особенно эффективен при удалении механических загрязнений, не растворимых в моющей жидкости, например абразивных частиц. Мойка обрызгиванием может быть интенсифицирована ультразвуковым воздействием.

Недостаток обрызгивания — трудно направить струю растворителя, пары кипящего растворителя конденсируются на холодной поверхности очищаемой детали. Недостаток способа состоит в том, что нерастворимые частицы часто не удаляются с растворимыми

загрязнениями. На практике для устранения недостатков, присущих вышеупомянутым способам, применяют различные комбинации, например очистку погружением с очисткой обрызгиванием, либо очистку конденсацией в парах.

Иногда используют все три способа, например, вначале очищают деталь погружением в кипящий моющий раствор, затем обрызгивают холодным растворителем и в заключение конденсируют пары кипящего растворителя на поверхности деталей.

Возможны и другие комбинации этих способов. Технологические процессы с использованием моющих жидкостей на основе фреонов применяют в случаях, когда требуется обеспечение высокой степени очистки деталей агрегатов и датчиков.

### 4. Обоснование процесса ультразвуковой очистки изделий

Эффект УЗО очистки с использованием фреонов зависит не только от растворителей, но и от оборудования, в котором производится этот процесс по выбранной технологии.

В зависимости от формы, размеров и количества очищаемых деталей за один рабочий цикл применяют различные способы расположения ультразвуковых преобразователей относительно очищаемых деталей или стенок рабочей ванны:

1) преобразователь встроен в одну из боковых стенок рабочей ванны (УЗФ-1);

2) преобразователь встроен в дно рабочей ванны (УЗФ-2 и УЗФ-3);

3) преобразователи расположены сверху и снизу очищаемых деталей (УЗО-2);

4) преобразователи встроены в дно и боковую стенку ванны (УОФ-2);

преобразователь прижат к очищаемой детали (РОУТ-1);

5) преобразователь привинчен к детали.

Приведем обоснование этого материала и дадим ответы согласно процессу: во-первых, когда на очищаемых деталях мало грязи и требуется малое число циклов очистки, достаточно эффективной является ультразвуковая очистка с использованием одной ванны для очистки в холодном или кипящем растворителе (УЗО-2).

Во-вторых, при обработке сильно загрязненных деталей требуется несколько циклов очистки. В таких случаях обычно используют многокамерные ультразвуковые установки различной конструкции.

В-третьих, в них наряду с ультразвуковой очисткой предусмотрены — камеры, в которых производится очистка в кипящем растворителе и обработка паром. При этом паровая камера служит одновременно греющей камерой.

По характеру технологического процесса используют установки для ультразвуковой очистки непрерывного действия, т.е. как правило, с помощью конвейерной ленты. Эти установки производительнее и используются для обработки деталей крупносерийного производства.

В зависимости от загрязнений деталей технологический процесс очистки может выглядеть следующим образом и состоять из следующих циклов очистки:

1) очистка в кипящем растворителе; ультразвуковая очистка; очистка в парах, сушка;

2) ультразвуковая очистка; очистка в парах, сушка;

3) смачивание в холодном растворителе; ультразвуковая очистка; очистка в парах, сушка;

4) ультразвуковая очистка; очистка в кипящем растворителе;

5) очистка в кипящем растворителе; очистка в кипящем растворителе без ультразвука; очистка в кипящем растворителе;

6) очистка в кипящем растворителе; смачивание в холодном растворителе без ультразвука; очистка в парах.

Изучим полученные результаты, таким образом, первый цикл наиболее предпочтительней. Циклы два и три применяются в случаях, когда очистка ведется от термореактивных загрязнений, которые полимеризуются в кипящем растворителе.

Цикл четыре возможно использовать для вымывания из углубления в деталях загрязнений, отслоенных от их поверхности загрязнений при воздействии ультразвука. В этом случае конденсат собирается в отдельную секцию.

Безопасность очистки должна обеспечиваться вентиляционными устройствами. В случае прорвавшихся выше холодильника паров растворителя предусматривается отсос их с последующим выбросом в атмосферу, что приводит к загрязнению атмосферы. Поэтому предпочтительнее замкнуть систему вентиляции.

Есть недостатки при контактном методе размещения нагревателей в ванне с растворителем либо закреплении на стенке ванны с наружной стороны. Они заключаются в том, что возможен местный нагрев и перегрев растворителя.

Поэтому способ передачи тепла через промежуточную среду, нагреваемую посторонним источником тепла, наиболее предпочтителен.

### **5. Выводы исследований вопроса по ультразвуковой очистке деталей**

Эффективность конструкции ультразвуковой установки во многом зависит от рас-

положения акустических преобразователей в рабочем объеме.

Количество рабочих ванн должно позволять выполнить ультразвуковую очистку деталей соответственно поэтапной степени очистки и рекомендуемым технологическим циклам.

Для механизации и автоматизации ультразвуковой очистки используются такие устройства как конвейерные ленты, загрузочные бункеры, регуляторы режимов рабочего цикла установок, термометры, барометры, регенерационные емкости и сливы, приточные и вытяжные вентиляции, освещение, краны балки, т.д. Эти устройства должны быть предусмотрены, согласованы технологами во время разработки участка ультразвуковой очистки.

Условия безопасности это основное преимущество ультразвуковой очистки, перед всеми известными методами удаления загрязнений.

Высокое качество, например, при прополаскивании на поверхности деталей остается до 80% загрязнений, при вибрационной очистке 50%, при ручной 20%, а при ультразвуковой очистке 0,5%. Перспективными являются задачи исключения ручного труда, регенерации и утилизации отходов производства, исключение пожароопасных токсичных растворителей.

### **Литература**

1. Агранат, Б.А. Ультразвуковая технология [Текст] / Б.А. Агранат. — М.: Машиностроение — М, 1984. — 503 с.

2. Лисовская Э.П. Физико-химические методы очистки поверхностей деталей и узлов в судостроении [Текст]/Э.П. Лисовская, Л.Я. Понилов. — Л.: Судостроение, 1983. — 199 с.

3. Розенберг Л.Д. Физические основы ультразвуковой технологии [Текст] / Л.Д. Розенберг. — М.: Наука — М, 1990. — 686 с.

4. Пономарев А.Д. Ремонт авиационных двигателей [Текст] /А.Д. Пономарев. — Х.:ВВИА им. проф.Н.Е. Жуковского — Х, 1980. — 240 с.

5. Бронин Ф.А. Установки серии УЗВФ [Текст] / Ф.А. Бронин. — М. : Наука — М, 1998. — 47 с.

6. Мойка изделий трихлорэтиленом и другими хлорированными растворителями. Институт научно-технической информации и технико-экономических исследований Эстонии [Текст]. — Талин, 1980. — 45 с.

7. Донской А.В. Ультразвуковые электро-технические установки [Текст]/ А.В. Донской, О.К.Келлер.— М.: Энергия — М, 1978.— 275 с.

*Поступила в редакцию 26.03.2014*

**О.А. Колос. Ультразвукова очистка деталей у фреонових композиціях**

*Розглянута задача з використання ряду переваг та ключових моментів ультразвукової очистки (УЗО) деталей у фреонових композиціях. Запропоновані конструкції раніше використаних у виробництві ультразвукових установок. Виконана порівнювальна ідентифікація миючих сумішей відносно їх компонентів. Запропонована методика виправдовуюча зміну частот у режимах роботи, як магнітострикційних, так і фарфорових вібраторів УЗО установок. Визначені декілька переважних напрямків дослідження частотних гармонік процесу УЗО – це народження та формування лідерів бульбашок, які утворюються в рідкій середі, щільність якої повинна бути визначеною, також як і температура рідини. Резонансна частота коливань, внаслідок, якої проходить самопоглинання чи самозачинення лідерів бульбашок розглядається окремо, так як процес бомбардування поверхні деталі є відносно безконтрольним процесом.*

**Ключові слова:** кавітація, концентратор коливань, конденсація, ультразвукові установки, лідер бульбашка, вуглеводороди, регенерація, токсичність, інтенсифікування, суміш, температурний режим, адгезія.

**A.A. Kolos. The ultrasound clearing in freon-compositions**

*The article considers the problem of defining a number of advantages and key moments for ultrasound clearing of parts in Freon-compositions. The designs of ultrasound units, used in the earlier production, are proposed. The comparative identification of cleaning mixtures in regard to their components is conducted. The method justifying frequency changes in regimes working in the magnetic field as well as the china vibrators of ultrasound units is offered.*

*Some prior directions of researching ultrasound unit frequency wave series are defined, such as: emergence and formation of bubble leaders formed in a liquid environment, which density must be definite, as well as the temperature of liquid. Resonance frequency vibration resulting in self absorption or self-covering of bubble leaders is viewed separately, as the bombardment process of the detail surface is relatively uncontrolled.*

**Key words:** cavitation, fluctuations concentrator, condensation, ultrasound units, bubble leader, hydrocarbons, regeneration, toxicity, intensification, solutions, temperature regime, adhesion.