



Рисунок 2 — Частотная зависимость коэффициента передачи (а) и коэффициента отражения (б, в) исследуемых образцов в диапазоне частот

0,7...18 ГГц

Закключение. Итак, образец из извести с добавлением порошка шунгита и хлорида кальция на трико-тажном основании обладает лучшими экранирующими характеристиками, нежели образец из цемента, так как коэффициент передачи при использовании экрана из раствора извести снижается более чем в 2 раза.

Список цитируемых источников

1. Средства пассивной защиты специальных помещений / У. А. Тарченко [и др.] // Современные средства связи : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 29 сент. — 1 окт. 2009. — Минск : [б. и.], 2009. — С. 165.
2. *Евстафьев О. И.* Моделирование структуры и физико-механических свойств полиэтилена с шунгитовым наполнением / О. И. Евстафьев, С. П. Копысов // Химическая физика и мезоскопия. — 2008. — № 5. — Т. 10. — С. 25—31.

Материал поступил в редакцию 28.03.2013 г.

УДК 621.002

Д. Д. Богдан, И. А. Богданович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены вопросы, касающиеся методов обработки материалов, основанных на ультразвуковом воздействии. Особое внимание уделено ультразвуковой очистке металлов, а именно физическим основам этого метода, аппаратному оформлению, технологическим параметрам процесса. Рассмотрены области применения метода ультразвуковой очистки и его достоинства.

The issues relating to the methods of processing materials based on ultrasonic treatment. Particular attention is paid to the ultrasonic cleaning of metals, namely the physical principles of the method, equipment design, process parameters. The scope of application of ultrasonic cleaning method and its advantages.

Введение. В последнее время особое внимание уделяется интенсификации различных технологических процессов, разработке новых способов производства и нового высокопроизводительного технологического оборудования. Интенсификация технологических процессов позволяет значительно повысить производительность труда и улучшить качество выпускаемой продукции. В области обработки металлов и сплавов открываются широкие возможности преобразования существующих методов. Весьма прогрессивным направлением является использование энергии мощных ультразвуковых колебаний.

К ультразвуковым методам обработки относятся методы, в которых используется энергия упругих механических колебаний в определённом диапазоне частот $2 \cdot 10^4$ — 10^{10} Гц [1].

Существует много различных методов получения ультразвуковых колебаний. В зависимости от мощности, частоты и от того, в какую среду происходит излучение ультразвука в каждом конкретном случае приме-

няют соответствующий излучатель. Все используемые излучатели ультразвука можно разделить на три основные группы: механические, пьезоэлектрические и магнитострикционные. При возбуждении ультразвуковых колебаний в газообразной среде и в отдельных случаях в жидкости в основном применяются механические излучатели, а для возбуждения ультразвуковых колебаний в жидких и твёрдых средах пьезоэлектрические и магнитострикционные излучатели [2].

Ультразвуковая обработка — это большая группа технологических процессов и операций, разнообразных по назначению и осуществлению с помощью различных видов энергии в присутствии механических упругих колебаний. Сущность ультразвуковой обработки состоит в воздействии на обрабатываемую заготовку, инструмент или среду, в которой ведётся обработка механических колебаний, энергии ультразвуковой частоты. Для различных процессов характер этого воздействия различен. Ультразвуковые упругие волны могут распространяться в газах, жидкостях и твёрдых телах. Упругие колебания во всех диапазонах частот подчиняются физическим законам, но в средах, где распространяются ультразвуковые колебания, возникают специфические эффекты, которые во многих областях техники используются для интенсификации различных процессов.

Основная часть. Исследование посвящено изучению процесса ультразвуковой очистки поверхности твёрдых тел, основанного на возбуждении в моющем растворе колебаний ультразвуковой частоты.

Научную основу для создания аппаратуры и разработки технологии ультразвуковой очистки заложили работы в области акустической кавитации. Ультразвуковая очистка — сложный процесс, сочетающий кавитацию с действием акустических течений, акустокапиллярным эффектом, радиационным давлением, что приводит к разрушению загрязнений и отделению их от поверхности очищаемого тела. Кавитация — это зарождение и быстрое исчезновение полостей и пузырьков, вызывающее быстрые перепады давлений на микроучастках очищаемой детали, интенсивное перемешивание жидкости, отрыв загрязнений от поверхности деталей и их разрушение.

При ультразвуковой обработке жидкости звуковые волны распространяются в воде и приводят к образованию циклов высокого давления (компрессия) и низкого давления (разрежение). Во время цикла низкого давления высокоинтенсивные ультразвуковые волны создают пузырьки небольшого объёма или пустоты в жидкости. Когда пузырьки дорастают до размеров, при которых больше не могут поглощать энергию, они быстро лопаются во время цикла высокого давления. В отличие от движения обычных, равновесных пузырьков (они могут вводиться извне или образовываться спонтанно при кипении, дегазации, протекании химической реакции и т. д.), для движения кавитационных пузырьков должна существовать фаза их расширения и последующего сжатия [3].

Известны следующие области применения ультразвуковой очистки [4]:

- автомобильный сервис — промывка карбюраторов, форсунок, инжекторов, отдельных деталей, узлов и целых блоков;
- медицина — мойка и полировка оптики, стерилизация и очистка хирургических инструментов, ампул в стоматологии и фармацевтической промышленности; очистка инструмента многоразового применения, литьевых форм;
- машиностроение — отмывка и очистка деталей, труб, проволоки и т. д. перед финишной обработкой, до и после обработки деталей и узлов, перед консервацией и после расконсервации деталей, после сварки, шлифования, полировки, для удаления оксидных плёнок, снятия заусенцев с деталей;
- приборостроение — мойка и полировка оптики, деталей точной механики, интегральных схем и печатных плат;
- ремонт оргтехники — очистка узлов и деталей, промывка принтерных головок;
- типография — очистка типографских валов;
- электронная промышленность — промывка печатных плат, отмывка кремниевых, кварцевых пластин;
- производство изделий из полимеров — очистка фильер и т. п.;
- ювелирное производство — отмывка ювелирных изделий в процессе производства и в быту.

Исследования, проводившиеся в Акустическом институте им. акад. Н. Н. Андреева [5] под руководством профессора Л. Д. Розенберга, показали, что в зависимости от вида загрязнения преобладающее значение в очистке имеют различные процессы. Так, разрушение слабо взаимосвязанных загрязнений происходит, в основном, под действием пульсирующих кавитационных пузырьков. Радиационное давление и звукокапиллярный эффект способствуют проникновению моющего раствора в микропоры, неровности и глухие каналы. Акустические течения осуществляют ускоренное удаление загрязнений с поверхности. Если же загрязнения прочно связаны с поверхностью, то для их разрушения и удаления с поверхности необходимо наличие захлопывающихся кавитационных пузырьков, создающих микроударное воздействие на поверхность.

Ультразвуковой очистке можно подвергать детали различных размеров и формы. Очистка ускоряется, если детали предварительно подогревают: нагрев делает некоторые виды загрязнений более вязкими, легко удаляемыми.

Установлено экспериментальным путём, что для осуществления необходимого режима ультразвуковой очистки необходим выбор оптимальных значений интенсивности ультразвука и частоты колебаний. Повышение интенсивности ультразвука сверх определённого предела приводит к увеличению амплитудного значения давления, и кавитационный пузырёк вырождается в пульсирующий. При малых значениях интенсивности слабо выражены кавитация и все вторичные эффекты, возникающие в жидкости при введении ультразвуковых колебаний и определяющие эффективность очистки. Поэтому большинство промышленных установок работает в диапазоне 18...44 кГц.

Ультразвук необходим только для чистовой очистки. Детали крупных размеров очищают при частотах 18...25 кГц, мелкие — при более высоких частотах, но меньших амплитудах, чтобы избежать механических повреждений. Время очистки при высоких частотах больше [3].

Важную роль в процессе очистки играет правильно подобранный состав моющей жидкости. В качестве моющей среды в процессах ультразвуковой очистки используются вода, водные растворы щелочей и поверхностно-активных веществ, органические растворители, эмульсионные составы, растворы кислот. Моющая жидкость должна вступать в химическое взаимодействие только с поверхностными загрязнениями, но не с материалом очищаемого изделия. Существенное влияние на протекание и развитие в моющих растворах специфических явлений оказывают физико-химические свойства жидкости. Например, повышение упругости пара внутри пузырька резко снижает интенсивность кавитации, поэтому более эффективно применение для ультразвуковой очистки водных растворов, чем органических растворителей.

В настоящее время в качестве устройств ультразвуковой очистки используются специальные установки. Ванна может быть практически любого объёма, изготавливается, в основном, из нержавеющей стали. Могут быть использованы стандартные цельнотянутые и специальные сварные корыта. Для обработки изделий в кислотных растворах ванна может быть покрыта специальным защитным покрытием.

Электроакустические преобразователи, имеющие различное конструктивное исполнение, преобразуют энергию электрических колебаний в акустическую. Чтобы уменьшить вредное влияние ультразвукового поля и паров моющих средств, ванны заключены в звукоизоляционные кожухи и имеют бортовые вентиляционные отсосы. Для обеспечения необходимого режима работы имеются змеевики для подогрева или охлаждения. Генератор монтируется в отдельном шкафу, что позволяет устанавливать его в месте, наиболее удобном для обслуживания.

Преимущество использования ультразвуковой чистки перед другими методами заключается в том, что она восстанавливает заводские параметры данной детали. Ни один очиститель не способен удалить налёт лучше, чем ультразвук. Однако кавитационно-стойкие загрязнения хорошо поддаются ультразвуковой очистке только в случае, если они слабо связаны с поверхностью или взаимодействуют с моющим раствором. Покрытия из лака или краски, окалина, окисные плёнки обычно кавитационно стойки и хорошо связаны с поверхностью. Кавитационно-нестойкие загрязнения (пыль, пористые органические отложения и пр.) относительно легко удаляются ультразвуком даже без применения специальных растворов.

Очистка ультразвуком считается безопасной для всех видов деталей, хотя в некоторых случаях следует соблюдать известную осторожность. Наиболее важное соображение, касающееся безопасности изделий, — это выбор раствора для очистки. Потенциально вредное воздействие моющего вещества на очищаемый материал может быть усилено ультразвуком, поэтому ультразвуковая очистка не рекомендуется для камней: опал, жемчуг, изумруд, танзанит, малахит, бирюза, ляпис-лазурь, коралл [10].

Заключение. К преимуществам ультразвуковой обработки относятся простота введения ультразвуковых колебаний в зону обработки, несложные решения вопросов автоматизации и механизации, высокая эффективность обработки. По сравнению с традиционными методами, ультразвуковая очистка позволяет свести к минимуму применение ручного труда, произвести очистку и обезжиривание без применения органических растворителей, очистить труднодоступные участки изделий, исключить дорогостоящую механическую и химическую очистку теплообменного оборудования.

К недостаткам ультразвуковой обработки относится потребность в дополнительных затратах на оснащение оборудования специальными генераторами тока, а также его применимость только для чистовой отделки.

Список цитируемых источников

1. Северденко, П. В. Обработка металлов давлением с ультразвуком / В. П. Северденко, В. В. Клубович, А. В. Степаненко ; под ред. Н. В. Гурова. — Минск. : Наука и техника, 1973. — 287 с.
2. Шадуя, В. Л. Современные методы обработки материалов в машиностроении : учеб. пособие / В. Л. Шадуя. — Мн. : Техноперспектива, 2008. — 314 с.
3. Андрианов, А. И. Прогрессивные методы технологии машиностроения / А. И. Андрианов. — М. : Машиностроение, 1975. — 240 с.
4. Электротехнический портал [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.energoportal.ru/articles/ultrazvukovaya-ochistka-voprosy-i-otvety-232.html>. — Дата доступа: 25.02.2013. — Загл. с экрана.
5. Акустический институт им. акад. Н. Н. Андреева [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://catalog.domotvetov.ru/1/6257.html>. — Дата доступа: 22.02.2013. — Загл. с экрана.
6. Принцип работы и преимущества ультразвука [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://aleksis3.ucoz.ru/publ/novye_tekhnologii/ultrazvukovaja_ochistka. — Дата доступа: 01.03.2013. — Загл. с экрана.

Материал поступил в редакцию 27.03.2013 г.