Сущность и технико-экономическая оценка ультразвуковой обработки

Оглавление

Введение

1. Ультразвуковая обработка поверхностей

1.1 Ультразвуковая размерная обработка материалов

1.2 Финишная обработка поверхностей с применением ультразвука

1.3 Гравирование с использованием ультразвука

1.4 Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка

1.5 Ультразвуковая очистка поверхностей

Литература

**Введение**

Учение о звуке – акустика – одна из самых древних областей физики. Диапазон частот, излучаемых современной акустикой, весьма обширен – от 1 до 1013 Гц.

Если отвлечься от наших индивидуальных и возрастных особенностей, то в среднем можно считать, что ухо человека способно воспринимать звук волны в интервале частот от 20 до 20 000 Гц.

Звуковые волны, частоты которых находятся вне этих границ, мы не слышим, так как они не вызывают у нас слуховых ощущений.

Звуковые волны с частотой от 20 000 до 109 Гц были названы ультразвуком.

При определенных условиях распространения ультразвуковых колебаний в жидкой среде происходят чередующиеся сжатия и растяжения с частотой проходящих колебаний. В момент растяжения в капельной жидкости образуются полости, заполненные газом, паром или их смесью (так называемые кавитационные пузырьки). В момент сжатия пузырьки захлопываются, в результате чего возникают ударные волны с большой амплитудой давления.

Эти особенности ультразвуковых колебаний и обусловили их широкое практическое применение в самых различных областях науки, медицины, промышленности.

Ультразвук используют для интенсификации многих технологических процессов:

- в пищевой промышленности для стерилизации молока, старения вин; ускорения процесса диффузии при посоле сельди; в процессе эмульгирования веществ при производстве таких продуктов, как маргарин, майонез, плавленые сыры, приправы; в процессе сушки, осуществляемом при низких температурах, что способствует сохранению пищевой ценности высушиваемого продукта; для мойки фруктов, отмывания частиц крахмала с картофеля перед жаркой, сушкой; для удаления избытка винного камня в процессе производства виноградного сока, что делает его кристально прозрачным и т.д.;

- в производстве косметических и фармацевтических изделий, представляющих собой эмульсии;

- в металлургии для дегазации расплавов, сплавления несмешивающихся металлов, измельчения зерен при кристаллизации для старения металлов;

Широко применяется ультразвуковая точечная, стыковая, шовная сварка металлов, пластмасс, термопластических тканей: ультразвуковая сварка прочнее тепловой и требует гораздо меньших затрат энергии.

Ультразвуковые колебания применяются для ускорения процесса полимеризации при изготовлении искусственного каучука, ускорения растворения твердых веществ в жидкости. Так, например, продолжительность растворения вискозы в процессе изготовления химических волокон при применении ультразвука сокращается с 7 до 3 часов.

Ультразвуковое исследование является основой распространенного неразрушающего контроля – дефектоскопии. Ультразвук позволяет металлургам заглянуть в глубь металла, а медикам внутрь человеческого организма и тела животных, при этом информативность исследований оказывается существенно выше, чем при использовании рентгена, а само же ультразвуковое исследование (УЗИ) совершенно безопасно.

В биологии посредством ультразвука производится воздействие на бактерии и вирусы, на семена растений.

При посредстве ультразвук работают многочисленные контрольные и измерительные приборы.

Ультразвук является незаменимым средством подводной сигнализации, связи между судами, средством эхолокации и навигации, т.к. применение электромагнитных волн, вследствие электропроводности воды, в данной области исключено.

Особое значение имеет ультразвуковая обработка поверхностей материалов, способы которой рассмотрим далее.

# Ультразвуковая обработка поверхностей

Обеспечение высоких темпов развития промышленного комплекса Республики Беларусь связано с повышением технического уровня производства, его механизацией и автоматизацией, дальнейшим совершенствованием существующих и внедрением качественно новых, высокоэффективных технологических процессов и оборудования.

Одним из направлений существенного повышения производительности и качества механической обработки материалов является использование энергии ультразвука, в частности, его интенсифицирующего воздействия в процессах поверхностной обработки материалов.

Акустическим инструментом для ультразвуковой обработки является концентратор, жестко связанный с собственно инструментом, расположенным на конце концентратора. Концентратор ультразвука представляет собой устройство для увеличения амплитуды колебательного смещения частиц среды, т.е. интенсивности ультразвука. Применяют два типа концентраторов: фокусирующие – высокочастотные и стержневые – низкочастотные.

**1.1 Ультразвуковая размерная обработка материалов**

Ультразвуковая размерная обработка является эффективным способом формообразования поверхностей, особенно сложной формы, на деталях из твердых хрупких материалов, обработка которых другими методами затруднена.

Наиболее широкое применение ультразвуковая размерная обработка получила для обработки искусственных и естественных камней, ювелирных и технических алмазов. Широко она применяется при изготовлении деталей из стекла, кварца, флюорита, феррита и других металлокерамических материалов.

Всевозрастающее применение данных материалов в электронной и приборостроительной промышленности, а также различных отраслях машиностроения инициировало быстрое развитие ультразвуковой размерной обработки, создание и внедрение в производство ультразвуковых станков, разработку физических и технологических основ этого процесса.

Схема метода ультразвуковой размерной обработки приведена на рис.1. Инструменту, который является частью акустической колебательной системы, сообщаются ультразвуковые колебания с частотой 18-44 кГц и амплитудой 10-60 мкм. Как правило, используются продольные колебания, но возможно применение поперечных или крутильных. В состав колебательной системы входит ультразвуковой преобразователь и стержневой концентратор с коэффициентом усиления по амплитуде 5-20. Торец инструмента прижимается к поверхности обрабатываемой заготовки с постоянной силой 20-200 Н при давлении прижима 105-106 Па.

В рабочую зону, т.е. в пространство между колеблющимся торцом инструмента и заготовкой, подается суспензия, состоящая из взвешенных в воде зерен абразива.

Материал абразива, его концентрация в суспензии непосредственно влияют на показатели ультразвуковой размерной обработки. В процессе обработки абразивные зерна выполняют функцию режущего инструмента, поэтому по твердости они не должны уступать обрабатываемому материалу.

Наиболее широко при ультразвуковой обработке применяют карбид бора; при изготовлении изделий из стекла, германия, кремния используется карбид кремния, электрокорунд.

В качестве жидкости, несущей абразив, как правило, используют воду, которая обладает малой вязкостью, удовлетворительной смачиваемостью и хорошими охлаждающими свойствами. Применение добавок позволяет существенно повысить производительность процесса. Так, добавление в суспензию 15%-ного водного раствора сернокислой меди увеличивает производительность ультразвуковой обработки твердых сплавов в 1,7-2,5 раза.

В основе ультразвуковой размерной обработки (рис. 2) лежат два процесса:

* Ударное внедрение абразивных зерен, приводящее к выкалыванию частиц обрабатываемого материала;
* Циркуляция суспензии в рабочей зоне, за счет которой осуществляется вынос выколотых частиц и доставка свежих абразивных зерен.

В момент удара торца инструмента по наиболее выступающим абразивным зернам их вершины вдалбливаются в поверхностные слои детали, образуя сеть микротрещин, зарождающихся в наиболее слабых и перенапряженных местах. Трещины, пересекаясь между собой, формируют механически ослабленный слой, сравнительно легко разрушающийся при повторном воздействии абразивных зерен. При последующих ударах инструмента по бразивным зернам происходит расширение существующих и образование новых трещин, т.е. создается зона предразрушения. Вода, несущая абразив, расширяет микротрещины и облегчает образование выколов, а также охлаждает инструмент и деталь.

Благодаря соударениям и происходит обработка резанием: абразив «выкалывает» мельчайшие частицы материала заготовки, а инструмент постепенно внедряется вглубь.

Ультразвуковая размерная обработка имеет ряд преимуществ перед обычными процессами резания:

* снижается сила резания, т.к. ультразвуковая обработка осуществляется при небольших нагрузках на заготовку, что позволяет обеспечить высокопроизводительность процесса при обработке твердых хрупких материалов, не поддающихся обработке обычными способами;
* обеспечивается высокая точность изготавливаемой детали, сводится к минимуму вероятность сколов кромок, т.е. появляется возможность копирования сложной формы инструмента и фасонной обработки.

**1.2 Финишная обработка поверхностей с применением ультразвука**

Современные тенденции развития машино- и приборостроения характеризуются всевозрастающими требованиями к точности и качеству изготовления деталей и изделий и требуют совершенствования технологии финишной обработки.

К настоящему времени накоплен определенный практический опыт применения ультразвука в процессах абразивной обработки труднообрабатываемых материалов, в частности, при их шлифовании, суперфинишировании, хонинговании, а также в процессах абразивной притирки и доводки поверхностей.

При ***шлифовании*** закаленной стали установлено, что в условиях ультразвукового воздействия происходит значительное уменьшение высоты микронеровностей обработанной поверхности(с 1 до 0,4 мкм), кроме этого уменьшился размер частиц стружки и снизилось ее количество в целом.

При использовании акустических систем увеличивается удельная производительность, т.е. отношение объема обработанного металла к объему изношенного инструмента, возрастает в 5-6 раз; улучшается качество поверхности, что обеспечивает стабильную величину циклической прочности обработанных деталей; сама стоимость операции шлифования снижается в 3-4 раза.

При изготовлении ответственных деталей машин и приборов предъявляются весьма высокие требования в отношении их точности и качества поверхности: отклонение от круглости, цилиндричности, волнистость, отсутствие дефектного слоя металла и др. Обеспечение этих требований в условиях серийного и массового производства достигается с помощью таких процессов абразивной обработки, как хонингование и суперфиниширование.

***Хонингование*** применяется в основном как окончательная операция обработки высокоточных отверстий в деталях; с его помощью обрабатываются сквозные и глухие цилиндрические отверстия с гладкой или прерывистой поверхностью (шпоночные пазы, кольцевые канавки) и шлицевые отверстия.

***Суперфиниширование*** применяется в качестве финишной операции при обработке наружных поверхностей деталей, работающих в условиях трения, скольжения или качения.

Тепловыделение в зоне обработки при хонинговании и суперфинишировании значительно ниже, чем при обычных механических процессах и составляет 150-200° и 60-100° соответственно. Следовательно, при этих видах абразивной обработки отсутствуют физические причины образования в поверхностном слое микротрещин и прижогов, а также остаточных напряжений растяжения.

Основные положения, отражающие эффективность использования ультразвука при суперфинишировании и хонинговании:

* при воздействии ультразвука устраняется засаливание абразивных и алмазных брусков, чем обеспечивается стабильное поддержание их высокой режущей способности, что позволяет повысить производительность процессов в сравнении с обычной обработкой в 1,5 – 2,5 раз;
* благодаря значительному снижению сил резания при ультразвуковом воздействии стало возможным осуществить высокопроизводительную обработку деталей очень малой жесткости, изготовленных из труднообрабатываемых материалов;
* за счет изменения направлений и интенсивности колебаний в процессе ультразвуковой обработки можно одним бруском управлять параметрами микрогеометрии обработанных поверхностей, обеспечивая шероховатость 0,07-0,02 мкм при использовании брусков средней твердости.

***Абразивная притирка*** широко используется для окончательной обработки сферических, цилиндрических, конических и плоских поверхностей деталей из самых различных материалов. С ее помощью достигается минимальная величина микронеровностей обрабатываемых поверхностей, их наивысшая геометрическая точность и обеспечивается комплекс физико-механических свойств поверхностного слоя, способствующий повышению эксплуатирующих показателей деталей.

Абразивная притирка характеризуется весьма низкой производительностью и сложностью механизации, что обусловливает применение на этих операциях большой доли ручного труда. В связи с этим использование ультразвука с целью повышения производительности и качества абразивной притирки поверхностей, ликвидации ручного труда за счет механизации и автоматизации процесса также является актуальной задачей.

После ультразвуковой притирки в сравнении с традиционным способом достигается более высокий уровень качества обработанной поверхности, поверхность получается более качественной, с меньшим количеством рисок и заусенцев.

Операция ***доводки*** цилиндрических отверстий является весьма распространенной в технологии машино- и приборостроения. С ее помощью достигается наивысшая геометрическая точность и высокое качество поверхности при окончательной обработке отверстий в различных деталях гидроаппаратуры, всевозможных втулках, корпусных деталях и др. изделиях.

В качестве инструмента для доводки цилиндрических отверстий применяются стержневые притиры. Введение в зону притира ультразвуковых колебаний позволяет увеличить производительность процесса доводки отверстий в 3-4 раза и значительно повысить стойкость инструмента – притира.

Расширение возможностей и повышение эффективности управляющего влияния колебаний в процессе финишной обработки материалов связано с применением ультразвуковых колебаний.

Проведенными исследованиями установлено, что основные положительные эффекты, сопутствующие использованию ультразвуковой финишной обработке поверхностей, связаны со значительным снижением сил трения в зоне обработки, интенсификацией съема припуска и повышением качества обрабатываемых поверхностей. Следовательно, целесообразность применения ультразвуковой финишной обработки будет определяться обеспечением, в сравнении с традиционной, либо более высокого качества поверхностей, полученного за то же или меньшее время обработки, либо большей производительностью съема припуска, либо обработкой заготовок, специфические особенности которых затрудняют их притирку в обычных условиях.

Кроме того, применение ультразвука в финишной обработке поверхностей положительно сказывается и на стойкости инструмента.

**1.3 Гравирование с использованием ультразвука**

Ультразвуковое гравирование стеклянных изделий реализовывается тремя способами.

Первый способ – нанесение рисунка путем сочетания неглубоких (0,2-0,4 мм) линий и участков, вырезанных ультразвуковым способом, с оставшимися нетронутыми участками полированной поверхности изделия. На торец инструмента наносится гравированный на глубину 0,5-1,5 мм рисунок, который отпечатывается сразу по всей поверхности одновременно за несколько секунд. Недостатком этого способа является ограниченный размер рисунка (диаметр не более 100-120 мм) и высокая стоимость изготовления инструмента при сравнительно невысокой его стойкости (одним инструментом можно выполнить 100-300 отпечатков).

Второй способ – нанесение линий рисунка последовательно непрофилированным инструментом, как правило, вручную или по трафарету. Рисунок выполняют тонким инструментом с помощью акустической головки.

Третий способ – объемное ультразвуковое гравирование. Применяют для изготовления сувениров и других художественных изделий из различных минералов и полудрагоценных камней.

Применение ультразвука при гравировании стеклянных изделий взамен травления плавиковой кислотой позволило сократить применение сильнодействующих плавиковой и серной кислот, пчелиного воска и улучшить условия труда.

**1.4 Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка**

Как известно, качество поверхностного слоя деталей оказывает большое влияние на характеристики внешнего трения и износа, развитие усталостных явлений, коррозию и другие параметры функционирования машин и приборов.

Процесс упрочняюще-чистовой обработки является эффективным способом повышения долговечности деталей машин и инструментов, различных по конструкции, материалу и условиям эксплуатации.

При упрочняюще-чистовой обработке поверхностным пластическим деформированием дефекты, созданные в поверхностном слое детали на предшествующих операциях резания, в значительной мере ликвидируются. В нем создаются сжимающие остаточные напряжения, долговечность деталей возрастает.

В схеме ультразвукового устройства для упрочняюще-чистовой обработки используется стальной или твердосплавный шарик, правило, жестко связанный с концентратором ультразвукового преобразователя. В ходе процесса обеспечивается непрерывное поступательное движение подачи инструмента относительно заготовки сопровождаемое периодическими ударами по обрабатываемой поверхности как с частотой 18-22 кГц.

Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка является единственным из динамических способов, который одновременно обеспечивает получение малой шероховатости поверхности, сильно упрочненного поверхностного слоя, относительно больших остаточных сжимающих микронапряжений и значительное повышение эксплуатационных показателей деталей. Так, износостойкость деталей из многих сталей и чугуна повышается не менее чем в 2 раза по сравнению со шлифованными и на 80% по сравнению с упрочненными обкатыванием шаром. Долговечность стальных деталей при циклическом нагружении после ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки возрастает по сравнению с обкатыванием шаром на 90-100%.

## 1.5 Ультразвуковая очистка поверхностей

Ультразвуковая очистка представляет собой способ очистки поверхностей твердых тел от жировых и механических загрязнений, при котором в моющий раствор вводятся ультразвуковые колебания.

В основе механизма данного процесса лежит ряд явлений, возникающих в жидкости при возбуждении в ней ультразвуковых волн высокой интенсивности.

На практике наиболее часто встречающимися видами поверхностных загрязнений являются следующие:

- жировые пленки;

- лаковые пленки и краски;

- окалина и окисные пленки;

- продукты коррозии;

- металлическая пыль и шлам после травления.

Применение ультразвука позволяет интенсифицировать процесс очистки, заменить ручной труд, получить при этом высокую степень чистоты поверхности, а также исключить использование огнеопасных, токсичных и дорогостоящих растворителей.

Ультразвуковая очистка нашла широкое применение в машиностроении, металлургической, электронной промышленности, полупроводниковой технике, приборостроении для очистки деталей точных приборов, часов и ювелирных изделий, интегральных схем и деталей радиоаппаратуры, хирургических инструментов, металлокерамических фильтров, металлургического проката и др.

# Литература

1. Маркосова Н.М. Изучение ультразвука в курсе физики средней школы / под ред. В.Ф. Ноздрева. – М.: Просвещение, 1982.

2. Вероман В.Ю., Аренков А.Б. Ультразвуковая обработка материалов. – Л.: «Машиностроение», 1971.

3. Киселёв М.Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселёв, В.Т. Минченя, В.А. Ибрагимов. – Мн.: Тесей, 2001.

4. Киселёв М.Г. Ультразвук в технологии машино- и приборостроения: Учебное пособие / М.Г. Киселёв, В.Т. Минченя, Г.А. Есьман. – Мн.: Тесей, 2003.

5. Садовский В.В. Производственные технологии: учебник / В.В. Садовский, М.В. Самойлов, Н.П. Кохно [и др.] – Мн.: БГЭУ, 2008.

6. Лисовская Д.П. Производственные технологии: учебное пособие / Д.П.Лисовская [и др.] – Мн.: Выш. шк., 2005.

7. Шиляев А.С. Ультразвук в науке, технике и технологии / А.С. Шиляев. – Гомель, 2007.