

На правах рукописи

НЕ Выходит

ГУРЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ

**ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ И РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ
МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

Специальности:

05.03.01 – Технологии и оборудование механической и физико-технической
обработки

05.02.11 – Методы контроля и диагностика в машиностроении

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

А. В. Гуревский
2

Москва, 2005 г.

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Барзов Александр Александрович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

.....

У1751325 РФ,

Гуревский А.В.

уч, профессор

Экспресс-определение

рациональных динамических

Веду условий и режимов

ультразвуковой абразивной... II

2005

0-00

2006 г. в

на заседа-

ом государствен-

нису: 105005, Мо-

сенный печатью,

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ

обозначенного здесь срока

Московск

г/мана.

16 г.

Михайлов В. П.

НИОП ИУ ИМ. Н. Э. Баумана



1751325

Гуревский А.В. Экспресс-оп

Актуальность темы исследований. Современное производство в ведущих отраслях промышленности: аэрокосмической, оборонной, электронной, станкоинструментальной – связано с широким применением высоко- и сверхтвердых материалов (ВСТМ), например, твердых сплавов, моно- и поликристаллов искусственных и природных алмазов, конструкционной керамики и др. Формообразование сложнопрофильных деталей из указанных материалов традиционными способами затруднительно и / или характеризуется низкой производительностью и качеством. Одним из эффективных способов изготовления деталей из ВСТМ является их ультразвуковая обработка (УЗО), которая применяется, например, в кабельной промышленности при формировании рабочих поверхностей алмазных фильер. В свою очередь, качество процесса УЗО зависит от ряда физико-технологических факторов, влияние которых на выходные параметры обработки в каждом конкретном случае неоднозначно. Поэтому актуальна разработка универсальных методов определения рациональных технологических режимов УЗО для изготовления деталей в конкретных условиях производства, пригодных как на стадии технологической подготовки производства, так и для контроля и диагностики процесса УЗО в целом.

Традиционные методы определения рациональных режимов формообразования, известные в технологии механической обработки материалов, основаны на проведении лабораторных исследований, в ходе которых измеряются износ инструмента, усадка стружки, термосиловые характеристики резания и т. п. Однако, применительно к УЗО деталей из ВСТМ подобные способы определения рациональных технологических режимов малоэффективны и связаны с большими временными и материальными затратами на проведение испытаний. Одним из путей снижения этих затрат является создание ускоренных методик оптимизации технологических режимов и условий УЗО, основанных на применении более современных методов технологической диагностики, например, метода акустической эмиссии (АЭ). Метод АЭ основан на анализе волн упругих деформаций, генерируемых в зоне обработки в результате протекания процессов разрушения, пластического деформирования и трения.

Применительно к контролю и диагностике процессов резания было показано, что сигналы АЭ несут однозначную информацию об изменении режимов обработки, обрабатываемости материалов, применяемых смазоч-

но-охлаждающих технологических средах и т. д. Это явилось основой для создания соответствующего информационно-диагностического обеспечения операционных технологий механической обработки методом АЭ.

Однако, отсутствие теоретических и экспериментальных данных об информативности источников АЭ при УЗО, зависимостей параметров АЭ от технологических факторов, а также критериев определения рациональных режимов данного способа формообразования, не позволяют использовать имеющиеся разработки для эмиссионно-диагностического обеспечения УЗО. Поэтому создание методики ускоренного определения рациональных режимов УЗО на базе анализа параметров АЭ является актуальной задачей, имеющей научное и практическое значение.

Цель работы. Снижение материальных и временных затрат, связанных с определением рациональных динамических условий взаимодействия инструмента и заготовки и, как следствие, режимов ультразвуковой обработки на этапе технологической подготовки производства, путем анализа сигналов акустической эмиссии из зоны формообразования.

Научная новизна работы:

- ✓ Путем математического моделирования показано, что величина ударного импульса воздействия инструмента на заготовку от одного из важнейших режимов УЗО – силы статического прижима инструмента к заготовке – имеет экстремальный (max) характер.
- ✓ Теоретически показано и экспериментально подтверждено, что изменение производительности УЗО и информативных параметров АЭ имеют идентичный характер. На основании этого предложен акусто-эмиссионный критерий определения рационального значения силы прижима инструмента к заготовке по параметрам АЭ, обеспечивающему максимальную производительность УЗО.

Практическая ценность работы заключается в разработке инженерной методики экспресс-определения рациональных режимов УЗО. Методика основана на кратковременной регистрации и последующей обработке сигналов АЭ из зоны взаимодействия инструмента и заготовки при различных условиях. Выбор рационального режима происходит по соответствующему акусто-эмиссионному критерию, максимальному значению которого соответствует максимальная производительность УЗО. Это исключает проведение длительных и материалоемких прямых экспериментов по определению рациональных условий УЗО и сокращает этап ТПП УЗО. Практиче-

ская ценность разработанной методики подтверждается актом производственных испытаний, проведенных на московском предприятии по изготовлению алмазных фильер ЗАО «ЕВРОВОЛ».

Методы исследований. Экспериментальные исследования проводились на лабораторном оборудовании и штатных установках USTZ-100 для ультразвуковой обработки алмазных фильер. В качестве исследовательской аппаратуры использовались акусто-эмиссионные приборы на базе АВН-1М и Экспресс-Д-02. Для записи сигнала акустической эмиссии использовалась звуковая схема ЭВМ со специально разработанным программным обеспечением. Теоретические исследования проводились с учетом основных положений технологии физико-технических методов обработки, методов контроля и диагностики, теории колебаний и волн, механики контактного разрушения, метода конечных элементов, элементов теории принятия решений (метода экспертных оценок). Математическое моделирование процесса ультразвуковой обработки проводилось с использованием программных продуктов MathCad, Matlab, MS Excel.

Апробация результатов работы. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований опубликованы в 6 печатных работах, докладывались на 3 научно-технических конференциях: XVI научно-технической конференции молодых ученых и специалистов (Москва, 2002 г.), XXIX Гагаринские чтения (Москва, 2003 г.), Международная конференция «Образование через науку» (Москва, 2005 г.). Исследования проводились при финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки Российской Федерации (шифр А03-3.18-84). Выполнен отчет по научно-исследовательской работе «Обеспечение качества изготовления изделий из труднообрабатываемых материалов методами эмиссионной технологической диагностики» № ГР 01200409789, инв. № 02200405600 (рук. НИР д. т. н., проф. А. А. Барзов, отв. исп. Гуревский А. В.)

На защиту выносятся следующие научно-практические положения:

- Результаты физического и математического моделирования процесса динамического взаимодействия инструмента и заготовки при УЗО, показывающие, что производительность УЗО и параметры АЭ имеют

идентичный (тах) характер при изменении силы статического прижима инструмента к заготовке.

- Эмиссионно-технологический критерий определения рационального значения силы статического прижима, связывающий информативные параметры АЭ с производительностью УЗО.
- Результаты экспериментального изучения УЗО методом АЭ, подтверждающие возможность диагностики и контроля данного способа формообразования.
- Методика определения рациональных режимов УЗО методом АЭ, позволяющая ускоренно определять значение силы статического прижима инструмента к заготовке на базе анализа параметров АЭ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложений, содержит 186 страниц, из которых на 132 изложен основной текст, проиллюстрированный 34 рисунками, имеет 6 таблиц, список литературы из 112 наименований, приложения на 54 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает сущность решаемой проблемы, возможные пути ее решения, актуальность, используемые понятия, основные положения, выносимые на защиту, определяет научную новизну и практическую ценность диссертационной работы.

В первой главе на основе анализа литературных источников рассмотрены пути повышения эффективности УЗО, в частности, за счет применения соответствующих методов и средств диагностического обеспечения.

Важнейшим выходным параметром УЗО, по которому можно судить об эффективности процесса обработки в целом является производительность Q – объем материала, удаленный с обрабатываемой поверхности в единицу времени. В работах А. И. Маркова, Л. Д. Розенберга, В. А. Волосатова и др. установлены функциональные зависимости между производительностью и технологическими параметрами УЗО: амплитудой ξ_m и частотой f колебаний инструмента; физико-механическими свойствами инструмента, абразива и обрабатываемой заготовки; силой статического прижима инструмента к заготовке $P_{\text{ст}}$; площадью и конфигурацией поперечного се-

чения инструмента; видом, концентрацией и способом подвода абразивной суспензии; кинематической схемой операции.

В работах тех же авторов было показано, что наибольшее влияние на производительность УЗО оказывает сила статического прижима инструмента к заготовке $P_{ст}$. Наличие рациональных значений $P_{ст}$ объясняется образованием наивыгоднейшего расстояния между средним положением инструмента и обрабатываемой поверхностью, при котором обеспечивается оптимальное соотношение между глубиной внедрения зерен абразива в поверхность заготовки и условиями циркуляции абразива в рабочем зазоре: увеличение статической нагрузки в определенных пределах приводит к росту импульса ударных сил, что в конечном итоге вызывает рост съема обрабатываемого материала, а уменьшение рабочего зазора затрудняет поступление свежего абразива в зону обработки и удаление шлама.

Однако, определение рациональных значений $P_{ст}$ требует проведения прямых экспериментальных исследований. Поэтому актуальна задача по ускоренному определению $P_{ст}$ на основе физических параметров, характеризующих процесс УЗО.

Анализ показывает, что традиционные для лезвийной и абразивной обработки методы ускоренного определения рациональных режимов формообразования, основанные на регистрации сило-моментных характеристик процессов резания, регистрации электрических величин, анализе стружки и продуктов износа инструмента и др. в данном случае оказываются зачастую технически и экономически неприемлемыми. Поэтому все большее внимание специалистов как у нас в стране, так и за рубежом привлекает возможность диагностического обеспечения технологических процессов на базе анализа высокочастотных динамических явлений различной физической природы, в частности, акустической эмиссии (АЭ), которые неразрывно связаны с процессами трения, пластического деформирования, разрушения обрабатываемого материала при выполнении различных технологических операций и несут о них однозначную информацию. В работах по АЭ диагностике процессов резания, выполненных в МГТУ им. Н. Э. Баумана, было показано, что анализ параметров АЭ позволяет оценить высокочастотную динамику основных физических процессов и на этой основе осуществить их контроль и диагностику, ускоренно определять рациональные режимы обработки, оценить обрабатываемость различных материалов и др.

Это обстоятельство дает возможность провести адаптацию имеющегося аппарата эмиссионной технологической диагностики к экспресс-

определению рациональных режимов УЗО. Причем данная адаптация может быть продолжена вплоть до использования соответствующих энерго-эмиссионных критериев, связывающих интенсивность волнового возмущения зоны формообразования с выходными технологическими параметрами обработки.

Поэтому целью настоящей работы является снижение материальных и временных затрат, связанных с определением рациональных динамических условий и режимов ультразвуковой обработки на этапе технологической подготовки производства, путем анализа сигналов акустической эмиссии.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Обосновать эффективность использования метода АЭ для диагностики процесса УЗО.
2. Определить источники АЭ при УЗО и оценить их информативность.
3. Теоретически обосновать связь информативных параметров АЭ с основными технологическими режимами УЗО.
4. Осуществить экспериментальную проверку результатов теоретических исследований, определить влияние технологических режимов УЗО на параметры АЭ.
5. Разработать эмиссионно-технологический критерий для ускоренного определения рациональных режимов УЗО методом АЭ.
6. Разработать экспресс-методику выбора рациональных режимов УЗО, осуществить ее апробацию в лабораторных и производственных условиях. Дать практические рекомендации по применению предлагаемого метода диагностики на предприятиях машиностроительного комплекса.

Во второй главе описываются особенности методического обеспечения проводимых исследований. В частности рассматриваются возможности метода экспертного оценивания для выбора наиболее пригодного способа повышения эффективности УЗО, используемое оборудование и аппаратура, типы образцов и материалов, методические особенности выполнения экспериментов и обработки опытных данных.

С целью разработки обоснования перспектив применимости АЭ для диагностики процесса УЗО изделий из ВСМ была разработана специальная анкета по оценке изученности и перспектив применения различных методов технологической диагностики. Обработка мнений экспертов проводилась методом анализа иерархий. Суть метода состоит в декомпозиции проблемы

на более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений эксперта, принимающего решение, по парным сравнениям. В результате численно выражается относительная степень взаимодействия элементов в иерархии. Иерархия строилась следующим образом: на верхнем уровне иерархической структуры – цель анкетирования – «разработка принципов технологической диагностики УЗО», на следующем уровне критерии оценок – «Изученность» и «Перспективы» применения различных методов диагностики УЗО – альтернатив, расположенных на следующем уровне. В качестве групповой оценки каждой альтернативы по каждому критерию использовалась среднеарифметическое оценок, полученных от экспертов в соответствии с правилами оценки аномальности результатов наблюдений. Далее проводилось попарное сравнение каждой альтернативы в отдельности по соответствующему критерию с последующим определением их весовых коэффициентов.

Анкетирование показало, что наибольшего внимания по мнению экспертов среди возможных методов технологической диагностики заслуживают эмиссионные методы в силу их малой изученности и больших перспектив, поскольку эти методы позволяют непосредственно оценить высокочастотную динамику данного способа формообразования.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной ультразвуковой установке для полирования фильер USTZ-100 производства Германии. В качестве приборов регистрации акустической эмиссии при ультразвуковой обработке использовались комплекты аппаратуры АВН-1М, Экспресс-Д-02 с соответствующими пьезоэлектрическими преобразователями. В качестве аппаратуры записи и анализа сигнала акустической эмиссии применялась звуковая схема ЭВМ со специально разработанным программным обеспечением.

Экспериментальное изучение АЭ при УЗО состояло из трех основных этапов: определения источников АЭ, анализа зависимостей АЭ от условий УЗО и экспресс-определение рациональных режимов УЗО.

Первая серия экспериментов была направлена на определение основных источников АЭ при УЗО, а также выявления в первом приближении частотного распределения АЭ. Для этого на специально разработанной установке обрабатывали заготовки из искусственного алмаза марки «Компакт» с одновременной регистрацией АЭ. Методика экспериментов была построена таким образом, чтобы в каждом последующем эксперименте один потенциальный источник АЭ либо исключался, либо был единствен-

ным. Во второй серии экспериментальных исследований изучались связи параметров АЭ с технологическими режимами УЗО, в частности, мощностью ультразвукового излучения, длиной иглы-инструмента, силой статического прижима инструмента к заготовке $P_{\text{ст}}$. Третья серия экспериментов была связана с изучением зависимостей параметров АЭ и производительности УЗО от основного управляемого параметра процесса УЗО – силы статического прижима $P_{\text{ст}}$. Во время исследований обрабатывались образцы из технического стекла и твердого сплава ТТ10К8. Ряд статических усилий $P_{\text{ст}}$ при УЗО определялся возможностями установки и типовым технологическим процессом и изменялся от 0.04 бар до 0.14 бар с шагом 0.01 бар. Указанные серии отверстий были выполнены иглами из стали 30ХГСА с диаметрами 1.5 мм и 4.0 мм, с углами заточки $\alpha=10^\circ$, 20° и 30° . Мощность ультразвукового излучения составляла $U=50$ Вт, 60 Вт, 88 Вт, 100 Вт. Марка алмазного порошка №10 и №20. По результатам проведенных исследований проводилась обработка экспериментальных данных, строились соответствующие зависимости.

Третья глава посвящена теоретическому исследованию процесса УЗО. Построена реологическая модель динамики воздействия инструмента на заготовку. Проведен качественный анализ изменения параметров АЭ от основного управляемого параметра УЗО силы статического прижима инструмента к заготовке $P_{\text{ст}}$ и предложен соответствующий акустоэмиссионный критерий определения рационального, с точки зрения обеспечения максимальной производительности УЗО, значения $P_{\text{ст}}$ по параметрам АЭ. Выполнен анализ распространения волн АЭ по инструменту и заготовке методом конечных элементов.

При УЗО справедливо представлять систему инструмент – зерно абразива – заготовка как колебательную систему с распределенными параметрами. Недостатком описания динамики взаимодействия элементов таких систем является то, что в большинстве случаев законы движения тел, составляющих колебательную систему, устанавливаются в зависимости только от одного аргумента – времени и не учитывают изменения других параметров, например, изменение импульса системы в момент контакта в зависимости от расстояния между положениями равновесия тел системы, моделей их контактного взаимодействия. Поэтому автором предложена реологическая модель взаимодействия элементов рассматриваемой колебательной системы. Представим элементы колебательной системы двумя элементами с

массами m_1, m_2 (здесь и далее индекс 1 соответствует инструменту, а 2 – заготовке). Проведен расчет по определению зависимости импульса ударного взаимодействия этих элементов от расстояния между их положениями равновесия H (рис. 1, а), предполагая, что элементы колебательной системы связаны в первоначальный момент времени с неподвижной системой координат демпфером и упругим элементом каждый. Считая колебания малыми, тогда характеристики демпферов и упругих элементов постоянными законы движения каждого из элементов описываются дифференциальными уравнениями второго порядка в канонической форме с соответствующими начальными условиями.

Расчет, проведенный с использованием законов сохранения импульса и энергии, показывает, что суммарный импульс рассматриваемой колебательной системы в момент удара носит экстремальный характер при изменении основного параметра – расстояния между положениями равновесия элементов колебательной системы H (рис. 1, б). Указанный параметр при УЗО моделирует силу статического прижима инструмента к заготовке $P_{ст}$ при заданных параметрах колебательной системы. С уменьшением H от некоторого начального значения $P_{ст}$ увеличивается.

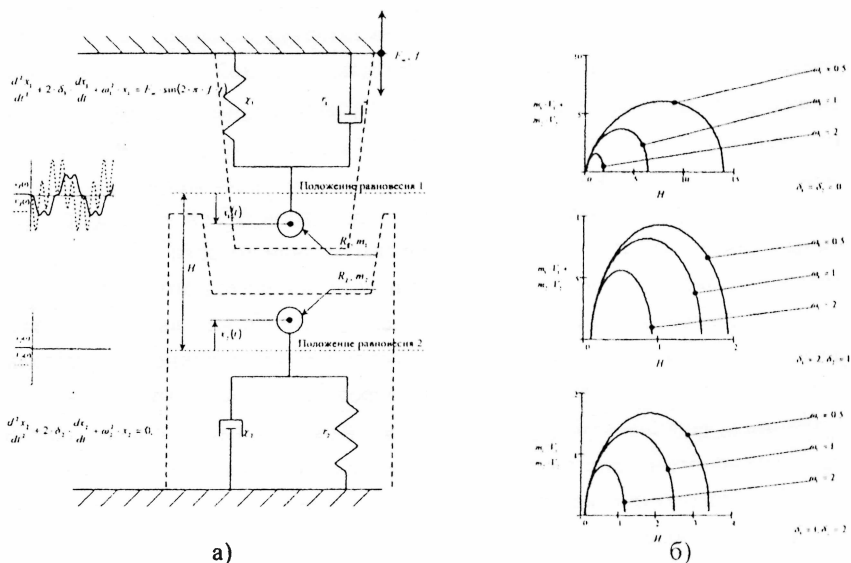


Рис. 1. Реологическая модель динамики воздействия инструмента на заготовку. а) расчетная схема, б) результаты расчета

При некотором значении H , которому соответствует и некоторое значение P_{cm} , импульс системы достигает максимального значения. При этом значении P_{cm} обеспечивается максимальное ударное воздействие инструмента на заготовку, а значит и обеспечение максимальной производительности УЗО, при прочих заданных технологических параметрах. При дальнейшем уменьшении H размыкание контакта между элементами колебательной системы не происходит и ударное взаимодействие элементов системы снижается, что приводит и к уменьшению производительности процесса.

Качественный анализ параметров АЭ в процессе УЗО (рис. 2) при различных значениях силы прижима инструмента к заготовке позволил установить, что амплитуда и интенсивность АЭ имеют экстремальный (max) характер при некотором конкретном значении силы прижима инструмента, при котором обеспечивается максимальная производительность процесса УЗО. Поэтому в работе был предложен феноменологический вывод акусто-эмиссионного критерия для определения оптимальной силы P_{cm} по максимуму производительности Q :

$$Q \div g \cdot W; W = A \cdot N, \quad (1)$$

где g – постоянная обработки, зависящая от свойств обрабатываемого материала и абразивной суспензии, а также других технологических параметров процесса УЗО. Согласно указанному критерию максимальная производительность будет регистрироваться при максимальной силе P_{cm} , не вызывающей резкого уменьшения комплекса параметров $A \cdot N$, пропорционального мощности волновых возмущений (рис. 3), A и N – амплитуда и интенсивность сигнала АЭ.

Таким образом, измеряя комплекс параметров АЭ ($W = A \cdot N$) при различных значениях P_{cm} и определяя максимум зависимости $W = f(P_{cm})$, без длительных экспериментальных исследований находится оптимальное значение P_{cm} . Необходимо отметить, что последовательность вывода и смысл критерия W для УЗО полностью соответствует аналогичному критерию экспресс-оптимизации режимов механической обработки. Это указывает на внутреннюю физическую идентичность взаимосвязи эмиссионных (волновых) и технологических параметров формообразования внешне различных видов физико-технической обработки материалов.

Проведенные расчеты, основанные на теории распространения трещин Гриффитса с учетом малоциклового характера нагружения, показывають связь между производительностью УЗО и параметрами АЭ.

$$\frac{dl}{dN} = c \cdot \sigma_{max} \cdot \pi \cdot l \quad (2)$$

где $\sigma_{\max}$ – максимальное напряжение, N – число циклов нагружения, l – полудлина трещины, c – коэффициент пропорциональности, зависящий от вида нагружения. Предполагая, что $\sigma_{\max}$ – представляет собой амплитуду АЭ были получены следующие результаты: зависимость производительности УЗО от P_{cm} имеет ярко выраженный максимум в исследуемом диапазоне. Зависимость амплитуды АЭ от P_{cm} имеет аналогичный характер. Значение P_{cm} , при котором амплитуда АЭ начинает падать и является величиной, определяющей максимальное значение производительности УЗО.

С целью определения частотного диапазона АЭ при УЗО в работе было проведено конечно-элементное моделирование распространения волн упругих деформаций по инструменту и заготовке. Предполагая, что зерно абразива имеет форму шара и является абсолютно твердым, взаимодействие инструмент – зерно абразива – заготовка описывается моделью Герца, инструмент и заготовка однородны, изотропны и удовлетворяют закону Гука, расчеты показывают, основным источником АЭ является ударно-динамическое воздействие инструмента на заготовку, причем нижняя частота информативного диапазона АЭ как минимум в два раза выше частоты ультразвукового излучения.

В четвертой главе описаны результаты экспериментальных исследований. В результате проведения серии экспериментов при УЗО обработке алмазных заготовок было установлено, что основным источником АЭ яв-

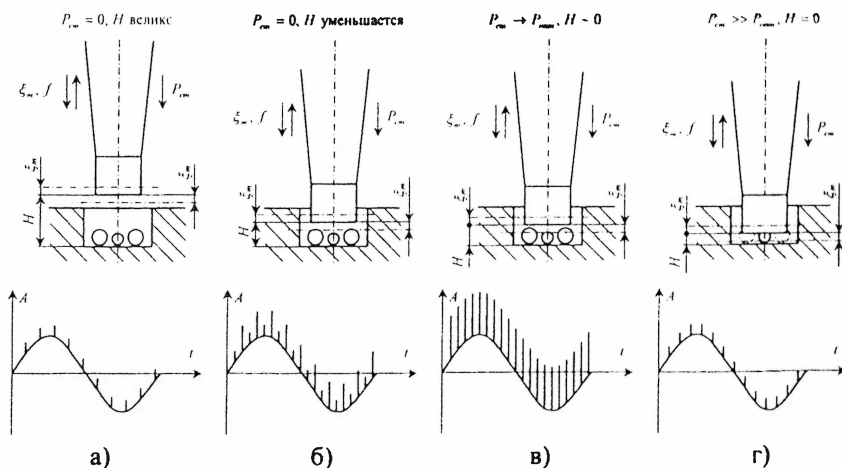


Рис. 2. Физическая картина изменения параметров АЭ при УЗО

ляется ударное воздействие инструмента на заготовку, причем в обрабатываемом материале генерируются волны АЭ в широком диапазоне частот, причем наибольший вклад в широкополосный сигнал вносят гармоники $\Delta f = 60 - 250$ кГц.

Анализ связи параметров АЭ с технологическими режимами показал, что с увеличением мощности ультразвукового излучения и длины иглы-инструмента амплитуда A и интенсивность N монотонно возрастают. Эксперименты по УЗО образцов из технического стекла и твердого сплава ТТ10К8 с регистрацией параметров АЭ и определением производительности обработки, позволили определить, что зависимости амплитуды АЭ и производительности УЗО от величины $P_{ст}$ имеют нелинейный характер, причем при малых значениях $P_{ст}$ указанные зависимости являются возрастающими. При последующем увеличении $P_{ст}$ производительность УЗО обработки достигает максимума, которому соответствует максимум амплитуды АЭ. Выбор величины $P_{ст}$ по зависимостям параметров АЭ от $P_{ст}$ по предложенному критерию W обеспечивает максимум производительности УЗО, причем коэффициент корреляции между производительностью и параметрами АЭ составляет 0.92.

Таким образом, проведенные эксперименты показывают высокую чувствительность параметров АЭ к условиям подвода абразивной суспензии в зону обработки, состоянию абразива, подводимой мощности, силе статического прижима инструмента к заготовке. Кроме того, при изменении $P_{ст}$ параметры АЭ имеют экстремальный (тах) характер, что согласуется с предложенными физической картиной генерации акустической эмиссии и феноменологическим критерием определения производительного значения

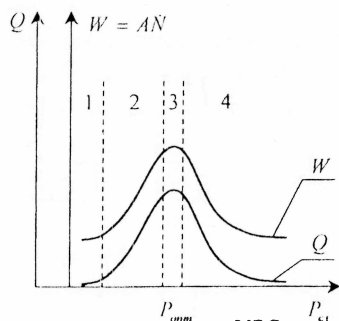


Рис. 3. Зависимость производительность УЗО Q и акустико-эмиссионного критерия W от усилия статического прижима инструмента к заготовке $P_{ст}$ (1 — 4 характерные участки данных зависимостей).

силы прижима инструмента к заготовке при ультразвуковой обработке (рис. 4).

По результатам экспериментальной проверки предложенного акусто-эмиссионного критерия определения рационального значения P_{cm} была разработана соответствующая экспресс-методика. Областью применения разработанной методики является технологическая подготовка операций УЗО различного назначения. В измененном виде методика может быть использована непосредственно в ходе выполнения самой технологической операции для активного мониторинга процесса УЗО, что имеет самостоятельное значение и выходит за рамки данной работы.

Методика состоит из трех разделов: подготовка к проведению экспериментов, проведение экспериментов и анализ результатов. Для регистрации параметров АЭ, возникающей в ходе УЗО, может быть использована аппаратура типа АВН-1М, АФ-11, Экспресс-Д-02. Параметры сигнала АЭ, могут быть записаны самопишущим прибором типа НЗ38-6П либо с применением аналогово-цифровых преобразователей и ЭВМ. Анализ сигналов может производиться с помощью ЭВМ, для чего аппаратура регистрации АЭ должна обеспечивать их запись на внутренний или внешний носитель информации, или вручную.

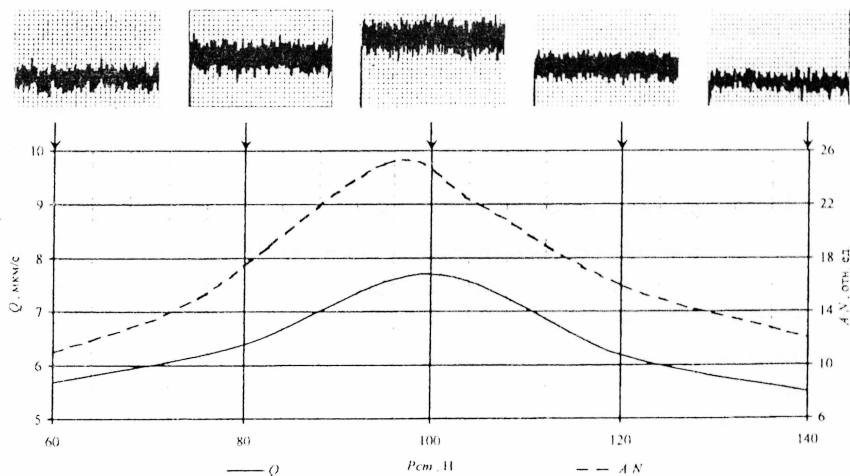


Рис. 4. Запись параметров АЭ при различных усилиях статического прижима инструмента к заготовке. Обрабатываемый материал – стекло техническое, абразив – карбид бора №150, $U = 80$ Вт, длительность записи – 1 секунда, частотный диапазон измерений 60 – 250 кГц.

Методика ускоренного определения производительного значения силы статического прижима инструмента к заготовке прошла комплексные испытания в условиях московского предприятия по изготовлению алмазных фильер ЗАО «ЕВРОВОЛ». Опыты проводились при УЗО алмазных фильер из искусственного монокристалла алмаза марки «Компакт» и твердого сплава ТТ10К8. При этом наряду с регистрацией сигнала АЭ определялась производительность обработки по методике, основанной на измерении потерянной массы алмазной фильеры в единицу времени в результате съема материала. Методика определения потерянной массы алмазной фильеры заключалась в ее взвешивании после каждого прохода УЗО. Установлено, что методика позволяет осуществлять экспресс-определение рациональные значения силы статического прижима инструмента к заготовке и обеспечивает сокращение затрат времени и материалов на поиск рациональных режимов УЗО в 3-5 раз, что подтверждает практическую значимость данной методики.

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ

1. Анализ литературных источников, а также результаты анкетирования специалистов показали, что среди различных методов диагностического обеспечения процесса УЗО деталей из ВСМ наибольшего внимания заслуживают методы, основанные на изучении высокочастотных динамических явлений, физическая природа которых связана с локальной перестройкой полей механических напряжений – волн акустической эмиссии, генерируемых в зоне обработки.
2. Анализ физических процессов при УЗО позволил установить доминирующее влияние силы статического прижима инструмента к заготовке на производительность процесса формообразования. Путем математического моделирования было показано, что наибольшая производительность процесса УЗО достигается при максимальном значении суммарного импульса взаимодействия элементов колебательной системы инструмент – заготовка, которому соответствует конкретная сила статического прижима.
3. В результате сравнительного анализа энергоемкости различных источников АЭ в зоне УЗО установлено, что наибольший вклад в широкополосных акустический сигнал вносят волны, связанные с ударным характером воздействия инструмента на заготовку. На этой основе был

предложен критерий определения рациональных динамических условий и режимов УЗО с помощью регистрации и обработки информативных параметров АЭ. Критерий связывает интенсивность волнового возмущения зоны формообразования с производительностью обработки.

4. Математическим моделированием процесса разрушения обрабатываемого материала при УЗО показано соответствие между производительностью процесса обработки и импульсом волн АЭ. Численным моделированием методом конечных элементов было установлено, что максимальному значению производительности УЗО соответствует и максимальное значение параметров АЭ, а частотный диапазон волн АЭ минимум в два раза превышает частоту внешних ультразвуковых колебаний. В связи с чем информативный частотный диапазон измерений параметров АЭ превышает 60 кГц.
5. Экспериментально подтвержден вывод о том, что основным источником АЭ является ударно-динамическое воздействие инструмента на заготовку. Установлен монотонный характер зависимости информативных параметров АЭ от мощности ультразвукового излучения. Зависимости параметров АЭ и производительности УЗО от величины силы статического прижима инструмента к заготовке имеют нелинейный характер: при некотором значении силы статического прижима наблюдается максимум производительности, которому соответствует и максимум параметров АЭ.
6. Экспериментальная проверка предложенного акусто-эмиссионного критерия, представляющего собой импульс волн АЭ и предназначенного для определения рационального значения силы статического прижима инструмента к заготовке, подтвердила его информативность. Это позволило разработать инженерную методику экспресс-определения указанного технологического параметра. Методика основана на кратковременной регистрации и последующем анализе информативных параметров АЭ при УЗО деталей из ВСМ.
7. Разработанная методика прошла производственные испытания при УЗО волок из твердого сплава и поликристалла марки «Компакт» в условиях предприятия «Евровол». Проведенные испытания показали, что методика позволяет осуществлять экспресс-определение силы статического прижима инструмента к заготовке путем кратковременной регистрации сигналов АЭ из зоны обработки. Это обеспечивает сокращение

трудоемкости определения рациональных режимов обработки в 3-5 раз.

8. По результатам работы были даны рекомендации по использованию разработанной экспресс-методики для определения рациональных режимов УЗО как в лабораторных, так и в производственных условиях для решения конкретных технологических задач.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Барзов А. А., Галиновский А. Л., Гуревский А. В. Эмиссионная технологическая диагностика процессов изготовления деталей ракетно-космической техники // Образование через науку: Тезисы докладов Международной конференции. – М., 2005. – С. 530.
2. Барзов А. А., Гуревский А. В. Диагностика и оптимизация ультразвуковой обработки методом акустической эмиссии // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2004. – №8. – С. 62-66.
3. Гуревский А. В. Моделирование волновой картины при ультразвуковой обработке численными методами // Наука и образование – 2003: Материалы Всероссийской научно-технической конференции; В 5 ч. – Мурманск, 2003. – Ч. 1. – С. 112 – 113.
4. Гуревский А. В. Применение метода акустической эмиссии с целью определения производительных режимов ультразвуковой обработки изделий из сверхтвердых материалов // Современные проблемы машиностроения: Труды II Международной научно-технической конференции. – Томск, 2004. – С. 447 – 449.
5. Гуревский А. В. Экспресс-определение производительных режимов ультразвуковой обработки методом акустической эмиссии // Актуальные проблемы развития отечественной космонавтики: Труды XXIX академических чтений по космонавтике. – М., 2005. – С. 486 – 487.
6. Гуревский А. В., Чуйкова В. Б. Проблемы диагностического обеспечения ультразвуковой обработки и методы их решения // XXIX Гагаринские чтения: Тезисы докладов Международной молодежной научной конференции. – М., 2003. – Том 3. – С. 17 – 18.