

Развитие Технологии Размерной Обработки И Совершенствование Конструкций Ультразвуковых Станков

[Хмелев В.Н.](#), [Хмелев С.С.](#), [Хмелев М.В.](#), [Левин С.В.](#)

I. ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Развитие техники привело к повсеместному применению хрупких и особо твердых материалов, таких как стекло, полупроводниковые материалы, ферриты, керамики. Однако повсеместное применение хрупких и особо твердых материалов в различных отраслях промышленности сдерживается отсутствием или несовершенством существующих технологий их механической обработки.

Используемые в настоящее время электрохимический, электроэрозионный и электроннолучевой способы не позволяют решить проблемы, поскольку пригодны для обработки только электропроводящих непрозрачных материалов, характеризуются очень высокой энергоемкостью процесса, не всегда обеспечивают необходимую точность обработки.

Имеющиеся результаты многочисленных исследований различных авторов [1] и проводящиеся многие годы в Лаборатории акустических процессов и аппаратов БТИ АлтГТУ, совместно ООО «Центр ультразвуковых технологий» исследования [2], подтверждают, что одним из наиболее эффективных и перспективных способов обработки хрупких и особо твердых материалов является ультразвуковая размерная обработка.

Достоинствами такого способа, при скорости обработки, превышающей в 10 раз скорость обработки алмазосодержащими фрезами, является невысокая энергоемкость процесса (не превышающая энергоемкости традиционной металлообработки), возможность обработки практически любых хрупких и особо твердых материалов, отсутствие после обработки остаточных напряжений, исключающих образование трещин в обрабатываемых изделиях.

Ультразвуковым способом эффективно обрабатываются такие материалы, как – агат, алмаз, германий, гранит, графит, карбид бора, кварц, керамика, корунд, кремний, мрамор, нефрит, перламутр, рубин, сапфир, стекло, твердые сплавы, термостойкий корунд, фарфор, фаянс, ферриты, хрусталь, яшма и многие другие.

Технология ультразвуковой обработки заключается в подаче абразивной суспензии в рабочую зону, т.е. пространство между колеблющимся с высокой частотой торцом рабочего инструмента и поверхностью обрабатываемого материала. Зерна абразива под действием ударов колеблющегося инструмента, ударяют по поверхности обрабатываемого материала и осуществляют его разрушение.

Применение ультразвуковых колебаний позволяет интенсифицировать процесс хрупкого разрушения обрабатываемого материала. В качестве абразивного материала обыч-

но используются карбид бора или карбид кремния, в качестве жидкости – вода.

Начиная с 70-х годов прошлого века были детально изучены основополагающие физические принципы ультразвуковой обработки, сформулированы общие требования к техническим характеристикам оборудования различного функционального назначения и производительности, что позволило создать большое количество УЗ станков для размерной обработки различных изделий и материалов. Эти станки успешно эксплуатировались на предприятиях страны последние десятилетия.

Однако, развитие техники, появление новых материалов и изделий, а также, рост требований к качеству и производительности обработки позволили установить, что несущественные ранее недостатки использовавшихся станков начинают сдерживать их использование в высокотехнологичных отраслях современной промышленности. К таким недостаткам относятся: ограниченная величина диаметра и глубины выполняемых отверстий, ненадежные способы крепления рабочих инструментов, недостаточная производительность процесса.

Возникла необходимость в дальнейшем совершенствовании УЗ станков. Некоторым техническим решениям, направленным на создание УЗ станков, отвечающих современным требованиям, посвящена статья.

II. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАСИВНЫХ РАБОЧИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

При реализации технологических процессов ультразвуковой обработки хрупких и твердых материалов в производственных условиях необходимо выполнять различные технологические операции (выполнять сквозные или глухие отверстия различного диаметра или различной формы). Каждая из таких технологических операций осуществляется наиболее эффективно при использовании специализированных рабочих инструментов.

Известно, что в процессе эксплуатации УЗ колебательных систем рабочие инструменты подвергаются ударам абразивных зерен. За счет этого происходит разрушение поверхности рабочих инструментов, изменение их формы и длины (до 5 процентов от длины выполненных отверстий в стекле). Это приводит к изменению рабочей резонансной частоты, изменению добротности УЗКС, снижению точности обработки. В связи с этим, для комплектации ультразвуковых станков, рабочие инструменты должны выполняться сменными.

Сменные рабочие инструменты выполняются в виде отдельных элементов (узлов) колебательной системы и соединяются с торцевой поверхностью цилиндрического участка концентратора. Такие инструменты, если их длина значительно меньше половины длины волны в материале инструмента, являются пассивными.

На практике используются различные способы их присоединения к колебательной системе – посредством резьбового соединения, цанговые зажимы или пайка. Поскольку цанговые зажимы и пайка не позволяют передавать УЗ колебания с амплитудами более 40 мкм, вносят дополнительные потери энергии, их используются только для крепления рабочих инструментов диаметром не более 3 мм. Крепление посредством резьбового соединения позволяет передавать колебания до 60...100 мкм и поэтому получило наибольшее распространение.

Поскольку пассивные рабочие инструменты оказывают влияние на параметры всей колебательной системы, при их проектировании и эксплуатации необходимо учитывать следующее:

- 1) диаметр или длина большей стороны рабочего инструмента должна быть меньше четверти длины волны изгибных колебаний в материале инструмента;
- 2) продольный размер рабочего инструмента должен быть меньше четверти длины волны продольных колебаний в инструменте. При невыполнении данного требования в зоне соединения рабочего инструмента и концентратора возникают большие механические напряжения, приводящие к образованию усталостных трещин и разрушению колебательной системы.
- 3) при малом диаметре рабочего инструмента его длина должна ограничивать возможность возникновения изгибных колебаний.

Для реализации различных технологических процессов ультразвуковой обработки хрупких и твердых материалов были предложены и разработаны различные типы пассивных рабочих инструментов.

1) Инструменты для выполнения отверстий сложной формы.

Инструменты, показанные на рисунке 1, представляют собой конструкцию, обеспечивающую выполнение отверстий с заданным профилем, причем размер и форма рабочей поверхности может выполняться в соответствии с необходимостью решения конкретных задач.

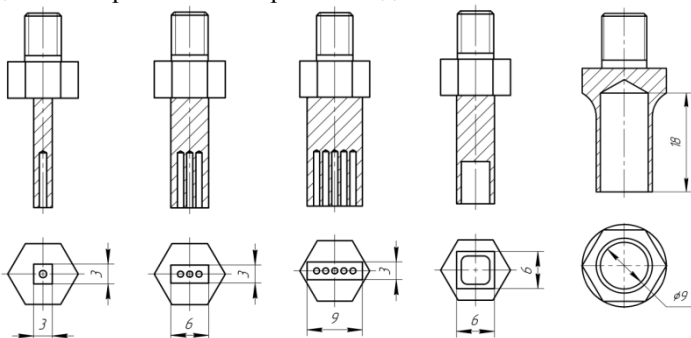


Рисунок 1 – Пассивные рабочие инструменты для размерной обработки отверстий сложной формы

2) Инструменты для выполнения отверстий диаметром от 0,4 до 3 мм

Конструкции инструментов такого типа показаны на рисунке 2. Инструменты *а, б* снабжены цанговыми зажимами для крепления дополнительного рабочего органа в виде иглы. В инструменте *в* дополнительный рабочий орган крепится при помощи сварки или пайки.

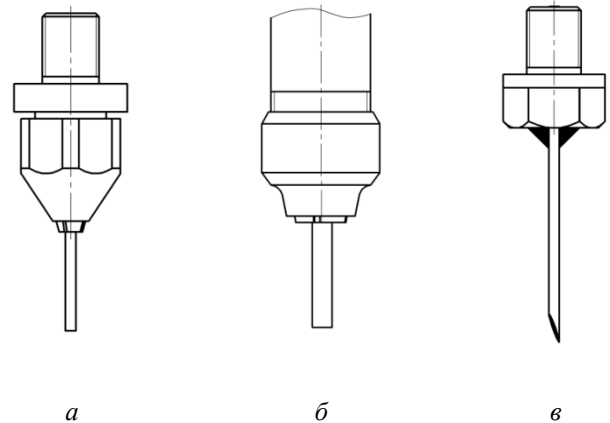


Рисунок 2 – Пассивные рабочие инструменты для размерной обработки с цанговыми зажимами

В качестве рабочего органа наиболее эффективно использование стальных тонкостенных трубок, например игл от медицинских шприцов, стальной проволоки. Разработанные инструменты с цанговыми зажимами показаны на рисунке 3.

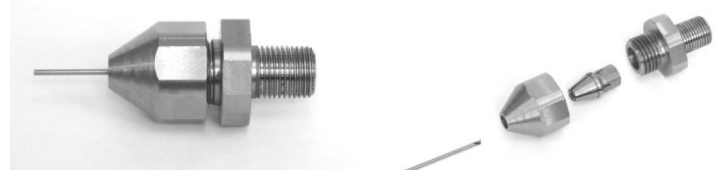


Рисунок 3 – Рабочие инструменты с цанговыми зажимами

Для решения данной проблемы были разработаны цанговые зажимы, представляющие собой конструкцию, помещающуюся внутри концентратора УЗКС. Пример такой конструкции приведен на рисунке 4.

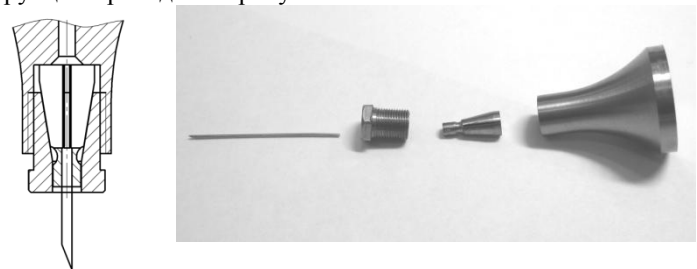


Рисунок 4 – Пассивный рабочий инструмент для размерной обработки с цанговыми зажимами «обратного» типа

Данная конструкция вносит меньшие изменения в резонансную частоту УЗКС и обладает более высокими прочностными характеристиками.

3) Инструменты для выполнения отверстий диаметром от 3 до 15 мм

Для выполнения отверстий диаметром от 3 до 15 мм используются металлические трубчатые инструменты, показанные на рисунке 5.



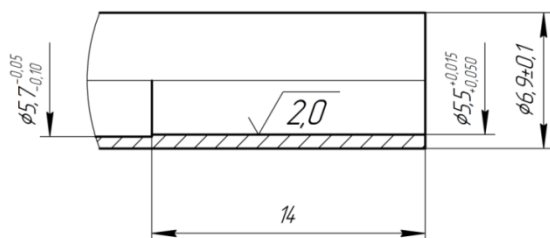
Рисунок 5 – Пассивные рабочие инструменты для размерной обработки отверстий диаметром от 3 до 15 мм

В состав любого ультразвукового станка может входить большое количество различных рабочих инструментов. Максимальная скорость выполнения отверстий достигается при использовании полых рабочих инструментов.

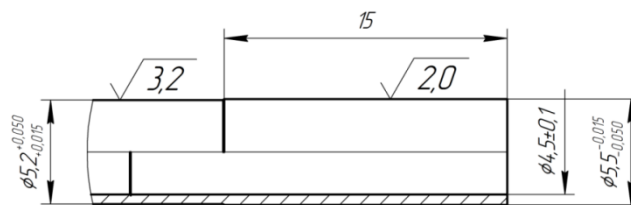
III. РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ РАБОЧИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Известно, что при сверлении глубоких отверстий возникает две основные проблемы. Первая – большая поверхность контакта боковой поверхности рабочего инструмента с обрабатываемым материалом. Вторая – ухудшение условий подачи свежего абразива в зону обработки. Для решения этих проблем были разработаны активные рабочие инструменты с центральным каналом для подачи абразивной суспензии и с выполненными ступенчатыми переходами на рабочем окончании для значительного снижения поверхности контакта.

Подобные типы инструментов были разработаны для сверления протяженных отверстий в кварцевых стержнях с целью получения сопрягаемой пары керн-отверстие. Эскизы рабочих окончаний разработанных инструментов показаны на рисунке 6.



а) инструмент для сверления керна



б) инструмент для сверления отверстия
 Рисунок 6 – Эскизы рабочих инструментов

Цилиндрическая часть инструмента, определяющая глубину сверления, была выбрана равной 55 мм. Сам инструмент выполнялся по полуволновой конструктивной схеме.

Внешний вид рабочих инструментов показан на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид рабочих инструментов

Время сверления керна длиной 50 мм в кварце составило 60 мин. Диаметр полученного керна составил 5,4 мм. Занижение диаметра, получившегося керна относительно диаметра рабочего инструмента объясняется воздействием абразивных зерен и соответственно занижением размера.

На втором этапе было выполнено сверление канала для размещения керна. Время сверления отверстия (канала) длиной 50 мм составило 50 мин. Диаметр отверстия также получился чуть большим, чем диаметр рабочей кромки инструмента.

Внешний вид разработанной УЗКС с активным рабочим инструментом, установленной на штативе, показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид разработанной УЗКС

Применение подобной конструкции позволило увеличить глубину получаемых отверстий с перспективой получения

отверстий глубиной до 150 мм, а также значительно повысить производительность процесса.

IV. РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Для реализации процесса сверления со стабильной производительностью и получением максимального качества процесса.

Электронный блок состоит из генератора ультразвуковых колебаний, блока автоматического управления и контроля процессом обработки, органов управления.

Органы управления электронного блока обеспечивают выбор уровня выходной мощности и амплитуды колебаний рабочего инструмента. Устанавливаемые параметры уровня выходной мощности позволяют использовать установку для обработки широкого ассортимента материалов, отличающихся по своим механическим и физическим свойствам. Ультразвуковая установка оснащена встроенной системой автоматического поддержания уровня установленной выходной мощности и системой автоматической подстройки частоты, при всех возможных изменениях параметров и свойств, обрабатываемых материалов. Это позволяет обеспечить стабильную производительность обработки.

При этом применение микропроцессорного управления позволяет реализовать новые режимы – засверливание на малой амплитуде, постепенное увеличение мощности по мере углубления, уменьшение на выходе для исключения сколов.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований было выполнено следующее:

- 1) Выявлена необходимость совершенствования пассивных и активных рабочих инструментов для размерной обработки.
- 2) Разработаны новые пассивные и активные рабочие инструменты, позволившие значительно повысить производительность размерной обработки.
- 3) Разработаны новые принципы управления электронными генераторами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Ультразвуковые многофункциональные специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве, В.Н. Хмелев и др.
- [2] Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н. Ультразвуковая размерная обработка материалов
- [3] http://www.u-sonic.com/catalog/ultrazvukovye_stanki_dlya_razmernoy_obrabotki_khrupkikh_materialov/