

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Шторм. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. Перевод с немецкого Н. Н. и М. Г. Федоровых под редакцией Н. С. Райбмана - М.: Издательство «Мир», 1970. – 368 с. 2. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности – М.: Издательство «Советское радио», 1962. – 552 с. 3. Я.Б. Шор, Ф.И. Кузьмин. Таблицы для анализа и контроля надежности. - М.: Изд-во «Советское радио», 1968. - 288 с. 4. ГОСТ 11.004-74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. - Введ. 21.02.1974.– М.: Госстандарт СССР, 1974. – 20 с. 5. ГОСТ 11.005-74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения. – Введ. 08.07.1974.– М.: ВНИИС: Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартизации, 1974. – 30 с. 6. ГОСТ 11.007-75. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла. – Введ. 05.09.1975.– М.: Госстандарт СССР, 1975. – 30 с. 7. ГОСТ 11.006-74. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. – Введ. 20.12.1974. – М. ВНИИС: Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартизации, 1974. – 24 с.

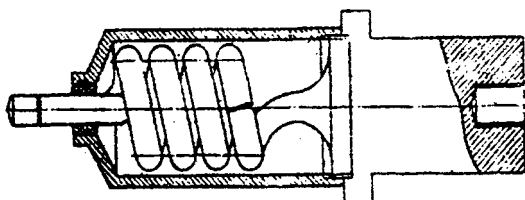
УДК 621.9.048.4

*Луговой И. В.*

### ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Обработка отверстий малого диаметра в глубоких каналах, криволинейных отверстий и отверстий со сложным поперечным профилем в хрупких твердых и сверхтвердых материалах, представляет определенные трудности. Для этих целей используют различные методы, например, обработку длинномерных каналов осуществляют воздушным потоком абразивных частиц. Другие широко известные методы обработки отверстий малого диаметра в металлах основаны в основном на использовании электрохимических и электрофизических методов [1]. В частности, к этим методам можно отнести электроэрозионную обработку криволинейным электрод-инструментом в металлах, лазерную обработку отверстий малого диаметра в различных материалах, электрохимическую обработку сложных поверхностей и т.д. Несмотря на многочисленность известных методов, одной из сложных технических задач на сегодня считается получение и обработка отверстий малого диаметра в неэлектропроводных хрупких материалах: стекле, камне, кости, керамике, ферритах, фарфоре и пр. Возможное решение поставленной задачи может быть при использовании виброударных ультразвуковых систем [2]. Так, например, известно устройство для ультразвукового полирования (рис.1), содержащее составной волновод, выполненный в виде цилиндра, длиной равной четверти длины волны, и спирали с углом подъема винтовой линии  $50-80^\circ$  [3].



*Рис. 1. Устройство для ультразвукового полирования*

Процесс обработки с ультразвуком происходит за счет высокочастотных ударов торца рабочего инструмента по абразивным зернам и сопровождаемыми при этом сколами частиц обрабатываемого материала. В общем случае механизм ультразвуковой обработки можно представить как многоэтапный процесс, состоящий из образования микротрещин и выколов при ударе инструмента по частицам абразива, перемещения выколотых частиц обрабатываемого материала и разрушения абразивных частиц под действием

ультразвуковых колебаний, подачи и удаления отработанного абразива и снятого материала. Сложность получения глубоких отверстий усугубляется тем, что при их обработке длиной более пяти диаметров резко снижается эффективность действия ультразвука. Дальнейшее поддержание процесса достигается либо повышением интенсивности ультразвука, либо использованием дополнительных устройств для стабилизации амплитуды колебаний. Таким образом можно заключить, что поиск новых методов получения глубоких отверстий малого диаметра является весьма актуальной задачей в различных областях техники.

В настоящей работе рассматривается новый метод обработки, основанный на повышении амплитуды колебаний рабочего инструмента путем передачи высокочастотных колебаний через промежуточные волноводы-концентраторы с переменной жесткостью. Использование промежуточных элементов с переменной жесткостью позволяет получать высокочастотные продольные и низкочастотные изгибные колебания большой амплитуды, т.е. достигается возможность осуществить модуляцию высокочастотных продольных колебаний рабочего инструмента. Полученные комбинированные колебания рабочего инструмента позволяют обеспечить постоянное обновление абразивных частиц в зоне взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью, повысить производительность и качество процесса обработки отверстий. Достоинством предложенного метода является возможность применения комбинированных высокочастотных колебаний для прошивки отверстий в хрупких материалах без вращения инструмента для образования как сквозных, так и глухих отверстий различной конфигурации и размеров. Рабочим инструментом для этого служит специальный инструмент или проволока из малоуглеродистой стали, выполненные в соответствии с формой поперечного сечения желаемого отверстия. Источником ультразвуковых колебаний служит пьезокерамический преобразователь с рабочей частотой 25 кГц. Предложенная схема обработки позволяет варьировать длиной и диаметром рабочего инструмента, длиной рабочей части до места его крепления к узлу подачи с целью достижения оптимальных параметров.

Экспериментальная установка для реализации предлагаемого метода обработки представлена на рисунке 1. Она состоит из стойки с основанием, на котором размещен столик с механизмом вертикальной подачи заготовки с заданным усилием прижима к рабочему торцу инструмента. Стойка снабжена цанговым механизмом для фиксации положения проволоки-инструмента, в которой возбуждаются как продольные так и изгибные колебания. От величины угла закручивания промежуточной части инструмента между точками его крепления к концентратору А и зажимной цангой Б зависят величины составляющих от изгибных и продольных колебаний.

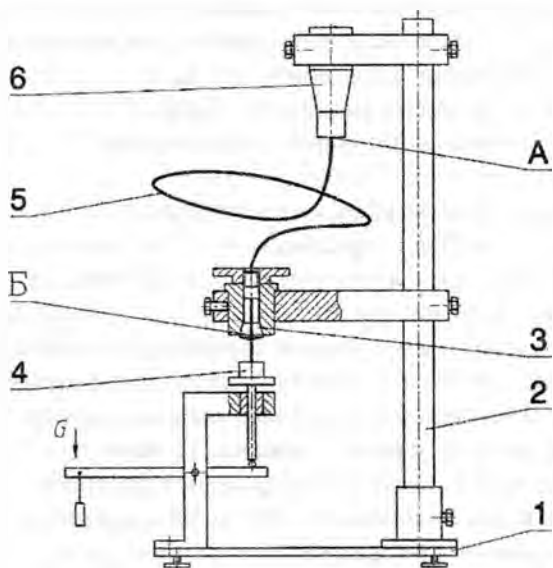


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:  
1 - столик; 2 - стойка; 3 - цанга; 4 - образец (камень);  
5 - инструмент - проволока ( $S=1 \text{ мм}^2$ ); 6 - ультразвуковой преобразователь

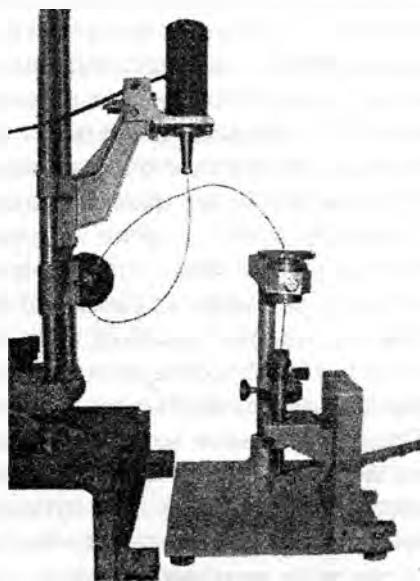


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки

Предварительные исследования предлагаемого метода обработки дали положительные результаты и показали эффективность такого метода введения ультразвука при прошивке и доводке отверстий малого диаметра в образцах из поделочных камней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марков А.И., Бекренев Н.В. // Ультразвуковая доводка отверстий алмазным инструментом // Прогрессивные технологические процессы и оборудование ЭФХК обработки. – М: Общественное знание. – 1989. – С. 88-93. 2. Артемьев В.В., Клубович В.В., Сакевич В.Н. // Ультразвуковые виброударные процессы. – Мн.: БНТУ, 2004. – С.258. 3. А. с 854685 (СССР) Устройство для ультразвукового полирования / Зимовец В.Ф., Герасемчук П.М., Стручков С.Н., Вуйцик С.Д // Бил. изобр. – 1981. – №30. – С.2.

УДК 621.793

*Спиридонов Н.В., Кобяков О.С, Адаменко Д.В.*

### К ВОПРОСУ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Повышение надежности сельскохозяйственной техники является одной из важнейших задач, стоящих перед машиностроителями. Это касается повышения долговечности ответственных узлов трения тормозных систем, механизмов сцепления и др., от которых зависит в первую очередь ресурс и безопасность машин.

Работа таких механизмов характеризуется большим разнообразием одновременно действующих эксплуатационных параметров, таких как: скорость относительного скольжения, удельные силовые нагрузки, температурный режим, условия смазки, наличие абразивной среды.

Для упрочнения деталей узлов трения сельскохозяйственной техники: тракторов, комбайнов и др., в настоящее время применяют широко методы термической и химико-термической обработки с использованием объемного нагрева. В том числе и для деталей, где требуется повышение прочностных свойств небольших участков. Это вызывает нежелательные структурные изменения основы деталей, повышенные внутренние напряжения и деформации и в конце концов излишние материальные затраты. Типичным представителем таких деталей является корпус тормозной системы, изготавливаемый из высокопрочного чугуна ВЧ50. В нем изнашиванию с ударными нагрузками подвергаются небольшие участки внутренней полости упоры, взаимодействующие с тормозными дисками.

Для них наиболее целесообразно применение для упрочнения источников, имеющих высокую концентрацию энергии на малой площади. Наиболее приемлемым источником энергии как по плотности мощности, так и по способу доставки (внутренняя труднодоступная полость корпуса ограниченных размеров) является лазерный луч.

Как показывает практика, динамика взаимодействия элементов тормозной системы, а соответственно, надёжность работы зависит прежде всего от триботехнических свойств материалов пар трения, а так же от нагрузочно-скоростных и температурно-силовых условий контакта.

Продолжительное воздействие силовых нагрузок в режиме торможения приводит к накоплению дефектов структуры, образованию субмикротрещин, микротрещин и изнашиванию поверхностного слоя упоров. Для чугуна ВЧ50, как и для большинства чугунов с шаровидными включениями графита характерна чётко выраженная декогезия разрушения глобул графита и основы в процессе изнашивания. Графитовые глобулы служат концентраторами напряжений и являются первопричиной разрушения поверхностного слоя. Чугуны можно рассматривать как структурно-неоднородные материалы, содержащие включения графита, случайно распределённые в металлической матрице и имеющие чёткие границы раздела фаз.