

УДК 621.9.02

С.Г. Кондрашов, Г.Е. Диневич, В.С. Ляшков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОЖ ПРИ ГЛУБОКОМ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Наведено результати дослідження використання та впливу ультразвукових коливань на ефективність застосування полімерних МОР при сверленні глибоких отворів малого діаметру.

Введение. Опыт использования энергии ультразвукового поля (УЗ) для интенсификации процессов механической обработки известен с конца тридцатых годов XX века.

Основными эффектами при использовании энергии УЗ поля при механической обработке являются:

- кавитация – возникновение в жидкости массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью;
- звукокапиллярный эффект – аномально глубокое проникновение жидкости в капилляры и узкие трещины (дефекты поверхностного слоя) под действием УЗ;
- распыление жидкости в колеблющемся с УЗ частотой слое жидкости или в УЗ фонтане на высоких частотах (десятки килогерц);
- эффект снижения трения и увеличения пластичности как при параллельной, так и при нормальной ориентации колебательных смещений относительно граничной поверхности;
- дислокационное поглощение энергии УЗК материалом поверхностного слоя заготовки, способствующее снятию (релаксации) технологических остаточных напряжений.

Постановка задачи. Очевидно, что в чистом виде каждый из эффектов проявиться не может. В зависимости от условий взаимодействия контактирующих объектов (инструмента и детали), одновременно проявляются минимум два, а при наличии жидкой среды и большее число эффектов. Однако при анализе условий контактирования объектов в УЗ поле всегда можно выделить основной (доминирующий) эффект. Повышение твердости, уменьшение высотных параметров шероховатости и создание в поверхностном слое благоприятных технологических сжимающих остаточных напряжений при УЗ (в существенно больших пределах по сравнению с обработкой без использования энергии УЗ поля) связано прежде всего с эффектом снижения трения и увеличением пластичности материала обрабатываемой заготовки.

Глубокое сверление отверстий малого диаметра (когда глубина отверстия L составляет более 10 его диаметров) остается одним из «узких мест» в технологических процессах изготовления ответственных деталей машин (коленчатые валы, крепежные детали летательных аппаратов, детали аппаратуры впрыска топлива, систем охлаждения штампов, смазки трущихся пар, каналов подвода СОЖ в режущих инструментах и др.) вследствие интенсивного износа и низкой стойкости спиральных сверл, а также большой вероятности их поломок, часто приводящих к необходимости электроэрозионного извлечения разрушившейся части сверла из заготовки, либо к браку изготавливаемого изделия. Поэтому исследования в области повышения эффективности глубокого сверления с применением УЗК является на настоящий момент актуальной задачей.

Основная часть. Перспективным путем совершенствования технологии сверления отверстий малого диаметра является рациональное применение СОЖ, движение которой с увеличением глубины сверления все более затрудняется из-за забивания стружечных канавок сверла стружкой. Последняя, из-за стесненных условий отвода тепла (малый диаметр инструмента, большие затраты на трение), интенсивно нагревается до высоких температур, вступает в адгезионное взаимодействие с поверхностями канавок сверла, уплотняется (пакетируется) и практически прекращает движение жидкости в контактные зоны. Резание всухую (без СОЖ) еще более усугубляет процесс стружкоотвода.

Наложение УЗК на элементы технологической системы (инструмент, заготовку) и подвод СОЖ существенным образом изменяет условия обработки при глубоком сверлении. Наиболее значимый эффект состоит в уменьшении трения, а следовательно, крутящего момента $M_{кр}$ и составляющей силы сверления (а значит, и интенсивности теплообразования в зоне обработки) за счет периодического изменения величины и направления вектора скорости резания, углов инструмента (переднего γ , заднего α , наклона главной режущей кромки ϕ), толщины срезаемого слоя [1]. Эти явления увеличивают количество капилляров в стружке, движущейся по канавкам сверла и в зоне резания, по которым под действием УЗК (звукокапиллярный эффект) поступает большее количество СОЖ. Все это позволяет даже при малом расходе СОЖ через зону контакта инструмента с заготовкой реализовать в полной мере

ее функциональные действия (смазочное, охлаждающее, диспергирующее и моющее) и предотвратить адгезионное взаимодействие стружки с поверхностями канавок сверла [1]. Модуляция УЗК позволяет еще в большей степени уменьшить коэффициент трения режущих кромок сверла о заготовку и усилить звукокапиллярный эффект [2].

Исследование выполнялось на экспериментальной установке на основе вертикально-сверлильного станка 2Г125, оснащенного аппаратурой для измерения осевой силы резания и крутящего момента с помощью универсального динамометра УДМ-600, а также оригинальным устройством для одновременного наложения УЗК на сверло в радиально-осевом направлении и на СОЖ перед зоной обработки (рис. 1). Регистрация параметров производилась с помощью цифрового осциллографа с выводом и регистрацией информации на экран компьютера. В качестве СОЖ использовалась полиэтиленовая эмульсия ОКСАЛЕН-30.

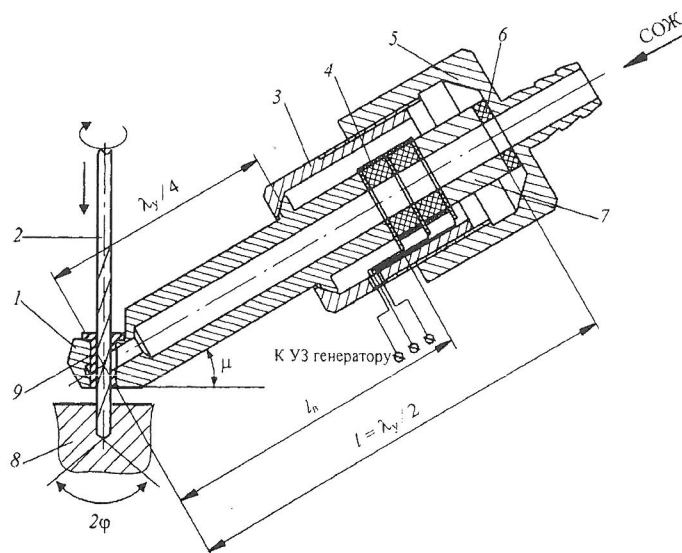


Рис. 1. Устройство для наложения УЗК на СОЖ и сверло: 1 - волновод; 2 - сверло; 3 - стакан; 4 - пьезопреобразователь; 5 - штуцер; 6 - прокладка; 7 - отражающая шайба; 8 - заготовка

Устройство состоит из концентратора-волновода 1, в который запрессована кондукторная втулка 9. Кроме бокового отверстия под кондукторную втулку 9, волновод 1 имеет центральное отверстие для подачи СОЖ к сверлу 2. Штуцер 5 за конический буртик волновода 1 стаканом 3 стягивает пьезопреобразователи 4, прокладку 6, отражающую шайбу 7 в одно целое. Таким образом, волновод 1 связан с двумя пьезопреобразователями-кольцами 4, от которых упругие колебания, генерируемые УЗ генератором, передаются через кондукторную втулку 9 на сверло 2 и поток СОЖ, подаваемой через центральное отверстие волновода от электронасоса (помпы).

В процессе исследования сверлили отверстия с подачей полимерсодержащей СОЖ поливом (через полый волновод) и наложением на сверло УЗК постоянной амплитуды и частоты, или с наложением на сверло и СОЖ амплитудно- и амплитудно-частотно-модулированных УЗК (рис.2).

УЗК различной формы (традиционно синусоидальной, амплитудно-модулированные и амплитудно-частотно-модулированные, табл.1) накладывали от УЗ генератора ТЕХМА-ЗМ.

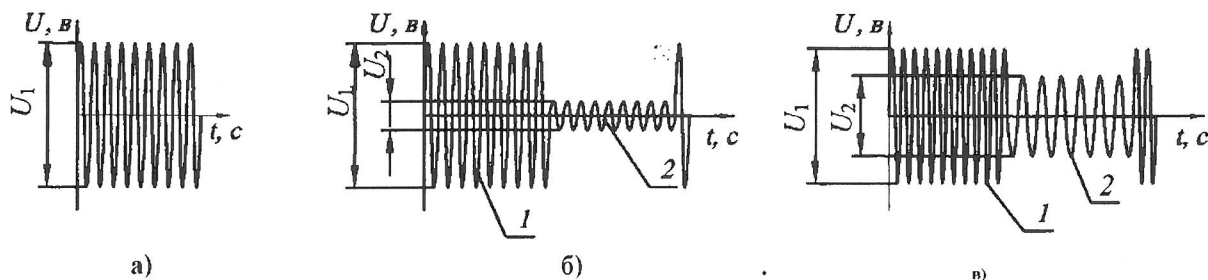


Рис. 2. УЗ -сигнал, подаваемый на насадки: а – без модуляции, б – амплитудная модуляция, в – частотная модуляция; 1, 2 – первый и второй импульс

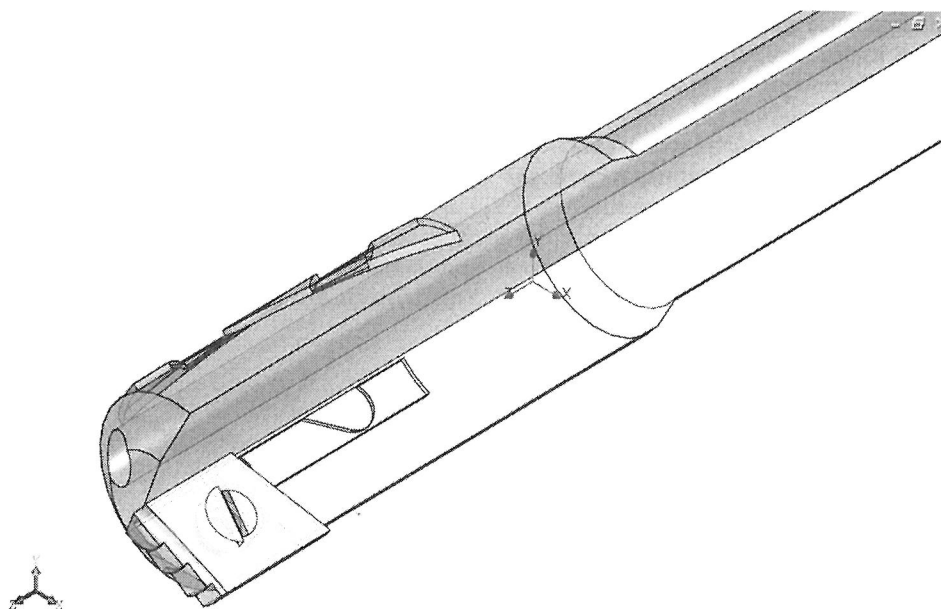


Рис. 3. Конструкция сверла со ступенчатой режущей пластиной и дефлектором

В качестве объекта исследования было выбрано специально спроектированное пушечное сверло, оснащенное ступенчатой твердосплавной режущей пластиной и опорной пластиной в виде дефлектора, имеющего возможность перераспределять потоки жидкости и изменять их направление (рис.3).

Таблица 1

Вид УЗ сигнала	Первый импульс		Второй импульс		Частота следования импульсов кГц
	Амплитуда U_1 , В	Частота ω_1 , кГц	Глубина модуляции, %	Частота ω_2 , кГц	
Без модуляции	0...450	18,6			–
Амплитудная модуляция	0...450	18,6	80	18,6	1
Частотная модуляция	0...450	20	25	12,5	1

В процессе исследований осуществлялась запись крутящего момента $M_{кр}$ и осевой составляющей силы резания. Эффективность процесса обработки оценивалась путем сравнения значений $M_{кр}$ и по глубине сверления, зафиксированных при разных режимах подачи СОЖ к зоне обработки. В результате проведенных исследований установлено, что комбинирование наложения УЗК с подачей СОЖ позволяет снизить осевую силу резания на 15%, крутящий момент на 22%, существенно улучшить условия транспортирования стружки из зоны резания, устранить налипание стружки на переднюю поверхность сверла и повысить эффективность обработки глубоких отверстий в целом.

Выводы. Применение УЗК при обработке глубоких отверстий является весьма эффективным способом повышения эффективности обработки за счет комбинированного влияния сопутствующих эффектов, в результате чего повышается эффект от применения СОЖ, доказательством чего является снижение сил резания при обработке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Киселев Е.С., Ковальногов В.Н. Научные основы и технология применения СОТС при механической обработке. Ульяновск, УГТУ, 2008. – 57 с.
2. Киселев Е. С. Интенсификация процессов механической обработки использованием энергии ультразвукового поля: учебное пособие / Е. С. Киселев. –Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 186 с.

3. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Под ред. И. П. Голяминой. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

КОНДРАШОВ Сергей Григорьевич – к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов.

ДИНЕВИЧ Григорий Ефимович – доцент, декан факультета машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов.

ЛЯШКОВ Вячеслав Сергеевич – преподаватель кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов.