

УДК 621.789

## ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДОРНОВАНИЯ

*Морозов А.В., доктор технических наук, доцент,  
alvi.mor@mail.ru 8(8422)55-95-97*  
*Шамуков Н.И., старший преподаватель,  
shatukov\_ni@mail.ru 8(8422)55-95-97*  
*Кнуров А.А., инженер - конструктор АО «Тяжмаш»  
ОП НПК г. Ульяновск, alexeikn@mail.ru 8(8422)55-95-97*  
*ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** *электроμηχανическое дорнование, ультразвуковые колебания, осевое усилие, коэффициент трения.*

*В статье выполнен анализ работ по применению ультразвуковых колебаний при обработке металлов давлением. Отмечено благоприятное влияние ультразвуковых колебаний на физические, технологические и эксплуатационные свойства металлических сплавов. Обоснована возможность применения ультразвуковых колебаний при реализации процессов электроμηχανического дорнования с целью повышения их эффективности.*

Одним из направлений повышения эффективности процессов электроμηχανического дорнования (ЭМД) гладких цилиндрических отверстий [1, 2] является снижение осевых усилий. Несмотря на то, что в результате высокотемпературного нагрева в зоне контакта инструмента (дорна) с обрабатываемой поверхностью происходит существенное снижение осевых усилий ЭМД, до 10 раз по сравнению с аналогичными условиями обработки, но без нагрева [1, 3], они остаются достаточно высокими  $P = 3...6$  кН. В связи с этим снижается стойкость инструмента [1, 2, 4] и соответственно качество обработки, а также долговечность станков применяемых для реализации процессов ЭМД.

Анализируя работы [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] установлено, что применение ультразвуковых колебаний (УЗК) при обработке металлов давлением существенно повышают их эффективность.

В работах [6, 8, 9, 10, 11, 12] отмечается, что УЗК воздействие на инструмент приводит к изменению коэффициента трения в зоне контакта, уменьшая как коэффициент трения покоя, так и коэффициент трения скольжения.

По данным исследований эффективности УЗК инструмента при обработке жаропрочных и титановых сплавов [12] отмечается, что при введении в зону трения УЗК сопротивление сразу снижается и уменьшается сила трения, а следовательно, и коэффициент трения. На коэффициент трения существенно влияет направление колебаний. При радиальных колебаниях, с увеличением контактных сил, коэффициент трения снижается, а при тангенциальных, наоборот, возрастает. Введение УЗК изменяет скорость относительного скольжения инструмента по обрабатываемой поверхности детали (средняя скорость возрастает), что характеризуется уменьшением коэффициента трения.

УЗК обладают значительной энергией при достаточно малых амплитудах. Это способствует изменению механических характеристик обрабатываемых материалов (модуля упругости, предела текучести, предела прочности и др.)

Действие ультразвуковых колебаний на деформирующий металл активирует дислокации, приводит к значительному снижению внутреннего трения и способствует образованию новых плоскостей сдвига.

Под руководством академика В.П. Северденко проведены исследования влияния УЗК на процесс пластического деформирования и определения механических свойств некоторых материалов. Установлено, что УЗК вызывают крайне неравномерное распределение деформации по глубине стального образца. Максимальные деформации наблюдаются в зоне непосредственно соприкасающейся с вибрирующей поверхностью инструмента и уменьшаются по мере удаления от неё. Характер распределения деформаций зависит от механических свойств материала [9, 10, 11].

Результаты исследования, приведенные в работах [6, 8, 9, 10, 11], показывают, что при наложении на инструмент УЗК сопротивление материалов пластической деформации значительно снижается. Сложения статического напряжения с амплитудой знакопеременного напряжения в определенной части цикла делает суммарное напряжение достаточным для преодоления дислокациями потенциальных барьеров и соответственно для начала более раннего пластического течения. Кроме того, возбуждение колебаний может интенсифицировать движение дислокаций и таким образом облегчать процесс пластического деформирования.

Коллективом Белорусского политехнического института разработан прокатный стан, валки которого колеблются с ультразвуковой частотой в направлении, параллельном осям их вращения. Благодаря этому

усилие на деформацию во время прокатки снижается почти вдвое, а контактное трение резко уменьшается. Прокатываемый металл становится более податливым даже без повышения температуры, обеспечивая большую точность размера проката. Снижение контактного трения способствует более равномерному распределению деформаций и напряжений. В прокатываемом материале поверхность его также получается чище на 1,5 - 2 класса [9].

Большой интерес представляют опыты по изучению влияния ультразвуковых колебаний на физико-механические свойства металлов [5, 6, 12] при упрочняюще-чистой обработке деталей машин и инструментов. При этом способе инструмент внедряется в поверхностный слой обрабатываемой детали под действием энергии ультразвука (колебания ультразвука направлены нормально к обрабатываемой поверхности) и тем самым его пластически деформирует. Значительный эффект процесса такой обработки объясняется большой плотностью ультразвуковой энергии, передаваемой инструментом в поверхностный слой детали, а также рациональным чередованием импульсов внедрения.

Установлено [6, 12], что при ультразвуковой упрочняюще-чистой обработке незакаленных деталей шероховатость поверхности снижается на четыре класса, повышается поверхностная микротвердость на 80-180%, создаются остаточные напряжения сжатия при глубине наклепа до 1,2 мм. При обработке закаленных и шлифованных сталей шероховатость поверхности снижается на два класса, поверхностная микротвердость возрастает на 30-70 % при глубине наклепа 0,05 - 0,3 мм, При обработке серого чугуна СЧ 21 шероховатость поверхности уменьшается на 3...4 класса, поверхностная микротвердость увеличивается на 25 - 35 % при глубине наклепа 0,3 мм.

Анализ работ по применению УЗК при обработке металлов давлением показал широкий спектр их применения, а также существенное их благоприятное влияние как на физические свойства металлических сплавов в процессе обработки давлением, так и на эксплуатационные свойства обработанных поверхностей деталей. Вышесказанное позволяет считать возможным использование УЗК при реализации процессов ЭМД с целью повышения их эффективности.

*Библиографический список:*

1. Морозов, А.В. Объемное электромеханическое дорнование тонкостенных стальных втулок / А.В. Морозов. - Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. – 193 с.

2. Разработка классификации процессов электромеханической обработки отверстий движущимся высокотемпературным полосовым источником / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов // Упрочняющие технологии и покрытия. -2015. -№3. -С. 44-50.
3. Морозов, А.В. Расчет усилий при объемном электромеханическом дорновании тонкостенных втулок в замкнутом объеме / А.В. Морозов, Н.И. Шамуков // Научное обозрение. – 2012. - № 3. - С 136-141.
4. Особенности выбора инструмента для электромеханической обработки отверстий деталей машин полосовым высокотемпературным источником / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов, С.Н. Петряков, А.Ю. Горшков, Д.Р. Мушарапов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. -2016.- № 7(2). – С 258 – 268.
5. Агрант, Б.А. Ультразвуковая технология / Б.А. Агрант // М.: Metallurgy, 1974. -498 с.
6. Марков, А.И. Ультразвуковая обработка материалов./ А.И. Марков // М.: Машиностроение, 1980. -237 с.
7. Физические основы ультразвуковой технологии. Физика и техника мощного ультразвука / Под. ред. Л.Д. Розенберга // М.: Наука, 1970.-680 с.
8. Труэлл, Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела / Р. Труэлл, Ч. Эдъбаум, Б. Чик // М.: Мир, 1972. - 308 с.
9. Северденко, В.П. Обработка металлов давлением с ультразвуком / В.П. Северденко, В.В. Клубович, А.В. Степаненко // Минск: Наука и техника, 1973. - 288 с.
10. Северденко, В.П. Ультразвук и пластичность / В.П. Северденко, В.В. Клубович, А.В. Степаненко // Минск: Наука и техника, 1976. - 448 с.
11. Северденко, В.П. Ультразвук и прочность / В.П. Северденко, А.О. Скрипниченко, М.Д. Тявловский // Минск: Наука и техника, 1979. - 248 с.
12. Киселев, М.Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М.Г. Киселев, В.Т. Минченя, В.И. Ибрагимов // Мн.: Тесей, 2001. - 344 с.

## BACKGROUND OF THE USE OF ULTRASONIC OSCILLATIONS IN THE PROCESS OF ELECTROMECHANICAL MANDRELING

*Morozov A.V., Shamukov N.I., Knyurov A.A.*

**Key words:** *electromechanical mandrel, ultrasonic vibrations, axial force, coefficient of friction.*

*The article analyzes the work on the use of ultrasonic vibrations in metal forming. A favorable effect of ultrasonic vibrations on the physical, technological and operational properties of metal alloys is noted. The possibility of using ultrasonic vibrations in the implementation of electromechanical burning processes in order to increase their efficiency is substantiated.*