

**Ультраструйные технология обработки жидкости
и диспергирования суспензий**

Галиновский А. Л., Терентьева З. С., Чжо Мью Хтет
Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана
Москва, Российская Федерация

На протяжении последних 20 лет на кафедре СМ12 «Технологии ракетно-космического машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана проводятся работы по инновационному применению известной технологии гидроабразивного резания материалов. Ультраструя жидкости рассматривается не только как специфический режущий инструмент, но и как материал, который сам может быть подвергнут обработке. Высокоскоростной удар ультраструи о преграду приводит к изменениям в структуре жидкости, например, ее стерилизации, причем этот процесс проходит при температуре, не превышающей 70°C. Наличие в ультраструе жидкости различных добавок, например, наносодержащих суспензий, позволяет диспергировать имеющиеся в ней агломераты. Удар ультраструи об условно мягкие мишени, например, серебро или медь, позволяет получать суспензии с этими элементами. Технология ультраструйной обработки жидкофазных сред имеет преимущества в сравнении с другими методами, например, ультразвуковой стерилизацией.

Инновационно-значимую перспективу внедрения и использования в различных отраслях машиностроения имеет ультраструйная технология, как практически не изученный метод целенаправленного изменения потребительских свойств жидкости, подвергнутой комбинированному высокоэнергетическому воздействию в процессе ультраструйной обработки (УСО). Обобщенную формулировку понятия «ультраструйные технологии» можно записать как совокупность методов и средств создания и реализации таких параметров высокоэнергетической компактной струи жидкости, которые при ее взаимодействии с окружающей средой, например, при ударно-динамическом торможении о твердотельную мишень, способны привести к фиксируемым целенаправленным изменениям в обрабатываемом материале и/или в самой жидкости.

Используя технологическую инверсию понятий: режущий инструмент - обрабатываемый материал в МГТУ им. Н.Э. Баумана было показано, что сверхскоростную струю жидкости можно рассматривать не только как режущий инструмент при гидрорезании материалов, но и как специфиче-

ский обрабатываемый материал – гидротехнологическую среду, подвергаемую ультразвуковой активации.

Физико-техническую основу УСО составляет сжатие обрабатываемой жидкости до сверхвысоких давлений (до 150–600 МПа), продавливание ее через специально профилированное сопло малого диаметра (0,1–0,2 мм), удар и дальнейшее торможение сформированной сверхзвуковой (~800 м/с) компактной ультразвуковой жидкости о преграду (мишень) из эрозионно-стойкого материала, выступающего в роли своеобразного инструмента. Это приводит к изменению свойств различных гидротехнологических сред (ГТС), т. е. к их активации. В качестве обрабатываемой ГТС, могут быть использованы любые жидкофазные среды: вода, растворы, эмульсии, пищевые жидкости, производственные гидроотходы, природные энергоносители (нефть) и т. д. Причем обрабатываемые ГТС могут одновременно насыщаться материалами мишени в процессе их эрозионного разрушения, что позволит создавать суспензии с требуемыми (управляемыми) свойствами. При этом технологическое обеспечение УСО во многом аналогично технической базе гидроэрозии листовых материалов.

Если факторы воздействия на твердотельную мишень (заготовку) высокоскоростной или абразивно-жидкостной струи достаточно изучены, то исследования свойств самой жидкости при действии факторов УСО носят весьма фрагментарный характер. Это объясняется новизной постановки задачи по изучению свойств жидкостей после комплексного энергетически экстремального ультразвукового воздействия на них, в частности ее стерилизации. Тем не менее, результаты проведенных исследований и их анализ показывают, что при УСО жидкости на них оказывают влияние следующие физико-энергетические факторы, способные привести к изменению исходных свойств - активации:

1. Квазистатическое всестороннее сжатие в диапазоне рабочих давлений от 100 до 500 МПа, а в перспективе до 700-10000 МПа, способное инициировать сложную цепочку межмолекулярных и молекулярных взаимодействий, включая макроизменения свойств самой жидкости. Отличительная черта этого энергетически квазистационарного этапа УСО состоит в том, что при указанных давлениях жидкость вполне ощутимо проявляет аномальное для нее свойство сжимаемости, что необходимо учитывать при расчете скорости и температуры ультразвуковой струи, формируемой в специально профилированном сопле.

2. Истечение обрабатываемой ГТС через профилированное сопло малого диаметра. В результате этого имеет место резкое нестационарное ускорение жидкости, ее взаимодействие со стенками сопла. Данный процесс характеризуется весьма интенсивными сдвиговыми деформациями в жидкости, генерированием в пограничном слое акустического и электромаг-

нитного излучения, разогревом жидкости в следствии процессов внешнего и внутреннего трения.

3. Свободное, нестесненное движение жидкости на выходе из сопла. Этот этап ультразвукового технологического воздействия характеризуется: определенным понижением температуры струи из-за расширения сжатой жидкости, небольшими тормозными перегрузками из-за трения гидроструи о воздух (газ) и незначительным газонасыщением жидкостей из-за малого промежутка времени свободного движения струи (~1 мс) и ее частичным диспергированием.

4. Удар и торможение высокоскоростной ультразвуки о мишень. При этом происходят сверхинтенсивные механо-физические ударные явления неравновесно-динамического типа. В частности, возникают сверхмощные колебательные и волновые процессы акустической и электромагнитной природы в широком диапазоне частот. Имеют место вторичные эффекты спреобразования. При этом реализуется переход исходной кинетической энергии ультразвуки в другие виды энергии, в первую очередь тепловую, химическую и поверхностную, что также приводит к увеличению эффекта активации обработанной жидкости.

5. Свободное движение распыленной струи жидкости характеризуется изменением температуры из-за процессов остывания микрокапель, трения капель о воздух (газ) и частичного испарения жидкости. При этом происходит ее интенсивное газонасыщение в спреобразном состоянии. Необходимо также отметить, что помимо вышерассмотренных факторов, на степень активации обрабатываемой ГТС оказывает влияние характер перепада давлений в сопле, дисперсность распыленной жидкости, темп (динамика) цикла: разгон-торможение струи, уровень газонасыщения жидкости, наличие в ней микрочастиц сопла и в особенности материала мишени, а также явление экзoeлектронной эмиссии в зоне ультразвукового взаимодействия.

Помимо обработки самой жидкости (воды) в результате реализации этапов 1-5 перспективным является модификация суспензий, имеющих в своем составе функциональные нанодобавки, которые, в конечном итоге, обеспечивают новые эксплуатационно-технологические свойства материалов. Опыт применения наносодержащих суспензий связан с получением строительных и композиционных материалов, красок и чернил, смазок и масел, гелей и тонких пленок и др., обладающих новыми характеристиками и свойствами. Как правило, одним из этапов технологического процесса производства таких суспензий является их диспергирование, необходимость которого продиктована снижением размера агломератов частиц. Размер частиц влияет на эксплуатационные свойства суспензий или изделий, изготовленных на их основе. На сегодняшний день основным мето-

дом диспергирования суспензий является ультразвуковой метод. Однако у данной технологии есть ряд существенных недостатков, прежде всего это энергоёмкость процесса, высокая длительность обработки, повышение температуры обрабатываемой среды и др. Ее применение зачастую не удовлетворяет предъявляемым требованиям к обработанным этим способом суспензий и ограничивает области практического применения. Данный обрабатываемый материал в результате комплексного воздействия, прежде всего в результате ударно-динамических процессов, изменяет свои свойства, а имеющейся в ней агломераты наночастиц разрушаются, т.е. происходит процесс ультразвукового диспергирования (УД) наносодержащей суспензий.

На основе результатов теоретических исследований и их экспериментальной проверки было доказано, что размер частиц в составе суспензий после УД зависит от вида наноматериала (графен, углеродные нанотрубки, бемит) и находится в диапазоне 1–0,01 мкм, что в 2–8 раз меньше, чем аналогичный размер частиц, полученный после ультразвуковой обработки.

Литература

1. Чжо Мью Хтет. Разработка метода гидроэрозионного насыщения жидкостей микрочастицами материалов мишеней с использованием ультразвуку / Чжо Мью Хтет [и др.] // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – № 3(720). – С. 3–14.
2. Чжо Мью Хтет. К вопросу эффективности различных методов диспергирования наносодержащих суспензий / Чжо Мью Хтет [и др.] // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2019. – № 11. – С. 2–7.

УДК 628.544

Перспективы использования отходов станции обезжелезивания

Горелая О. Н.

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь

Значимым направлением управления водными ресурсами является поиск эффективных и внедрение доступных технологий по вовлечению в хозяйственный оборот однажды использованных ресурсов.

Питьевое водоснабжение Республики Беларусь практически полностью обеспечивается из подземных источников. Особенностью подземных водных ресурсов нашего региона является наличие в воде железа в концентрациях (чаще всего двухвалентное в растворенном виде), превышающих