

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Кудряшов Б.А., Ливанский А.Н., Сухов С.В.

*Московский автомобильно–дорожный государственный технический университет
г. Москва, Россия, E–mail: alex–lftm@yandex.ru*

Введение ультразвуковых колебаний в такие дисперсные системы, оказывает влияние на их основные свойства: дисперсность, однородность, стабильность, вязкость. Рациональное использование данного влияния позволяет интенсифицировать процессы в жидких средах, применяемых в различных областях промышленности.

Ультразвуковая обработка гетерогенных систем может быть использована при реализации следующих процессов:

- получение водотопливных эмульсий;
- приготовление эмульсионных смазочно–охлаждающих жидкостей;
- обработка лакокрасочных материалов с целью снижения вязкости и уменьшения размеров пигментов;
- дезагломерация углеродных нанотрубок для нанесения покрытий;
- распыление лакокрасочных материалов;
- создание аэрозолей смазочно–охлаждающих жидкостей.

Ультразвуковое эмульгирование обладает широкими технологическими возможностями для получения эмульсий различного состава, с размерами частиц 1...5 мкм.

Ультразвуковое эмульгирование происходит в результате совместного действия следующих механизмов:

- действие колебательной скорости и колебательного ускорения (модель Ржевкина–Островского);
- действие кавитации (модель Недужега): кавитационная полость в одной из жидкостей вблизи раздела двух фаз в стадии захлопывания увлекает и отрывает капельки от общей массы другой жидкости;
- растягивание капель фазы сверх критической длины (модель Фридмана), т.е. эмульсия образуется в результате распада на капельки кумулятивных струй, образовавшихся при захлопывании кавитационных полостей.

Максимальная концентрация эмульсий типа вода/масло, получаемых с помощью ультразвука без применения стабилизирующих веществ составляет порядка 15%.

Существование предельной концентрации обусловлено одновременным протеканием процесса противоположного направления – акустической коагуляции [3].

Ультразвуковая обработка смеси, состоящей из 90% дизельного топлива и 10% воды без применения эмульгаторов, приводит к образованию непрозрачной эмульсии белого цвета с жёлтым оттенком. Время обработки до получения однородной эмульсии составило 60с, при этом режим обработки не влиял на скорость эмульгирования, что связано с небольшим обрабатываемым объёмом – 70 мл, который полностью подвергался кавитационному воздействию.

В начале обработки происходит диспергирование капель воды в дизельное топливо. При этом создаётся неустойчивая обратная эмульсия с большим разбросом диаметров капель дисперсной фазы. Далее в процессе обработки дисперсная фаза распространяется по объёму, при этом происходит диспергирование крупных капель воды и коагуляция маленьких. По истечении 60с обработки средний диаметр капель воды выравнивается и с дальнейшей обработкой не изменяется. Эмульсия становится однородной по всему объёму.

Эмульсионные СОЖ – это водные эмульсии минеральных масел, которые получают на месте потребления разбавлением водой эмульсолов, состоящих из минерального масла, эмульгаторов, связующих веществ, ингибиторов коррозии. Имеют высокую охлаждающую способность. Главной проблемой таких СОЖ является сохранение стабильности эмульсии.

Стандартная технология приготовления СОЖ: в ёмкость загружается расчётное количество воды, при интенсивном перемешивании постепенно добавляется необходимое количество эмульсола (1–3% по объёму), после добавления эмульсола, эмульсия перемешивается 20–30 минут [2].

Важной особенностью при эмульгировании СОЖ является значительная разница вязкости между смешиваемыми жидкостями. Вязкость эмульсола выше воды в 50–75 раз, что приводит к определённым трудностям.

При одинаковом времени обработки ультразвуковая обработка на высокоамплитудном режиме показала повышение интенсивности диспергирования.

При этом ультразвуковое эмульгирование предварительно залитых в ёмкость жидкостей не позволило создать однородную эмульсию – отдельные агломераты эмульсола не диспергировались. Это связано с тем что, кавитационная активность снижается на удалении от торца излучателя колебательной системы и энергии от схлопывающихся кавитационных полостей недостаточно для диспергирования высоковязких жидкостей. Наилучший результат достигнут при постепенной подаче эмульсола в зону развитой кавитации. Это позволило избежать образования крупных агломератов эмульсола в воде.

Ультразвуковая обработка гетерогенных систем также может использоваться при подготовке лакокрасочных материалов (ЛКМ), представляющих собой суспензию пигментов в растворе плёнкообразующего полимера.

Как и многие растворы полимеров, ЛКМ обладает аномальной вязкостью, которая обусловлена структурообразованием, т.е. процессом агрегирования частиц растворов, сопровождающимся образованием пространственных легкоразрушаемых структур. В процессе структурообразования растворенные частицы образуют сложные структуры, в петлях которых оказывается иммобилизованной часть растворителя, что приводит к повышению вязкости [3].

Применение углеродных наноматериалов, в частности нанотрубок, является востребованным направлением производственных технологий. Использование углеродных нанотрубок при производстве пластиков, резин, композитов и металлов позволяет значительно повысить механические и электрические свойства изделий из этих материалов.

Модификация изделий наноматериалами сопряжена с определёнными трудностями. Ввиду того, что нанотрубки, объединенные силами Ван-дер-Ваальса, склонны к образованию агломератов, их введение в различные среды требует дополнительной обработки. Для активации возможностей и рационального использования нанотрубок необходимо проведение процесса дезагломерации.

Как показано выше, эффективным способом дезагломерации является ультразвуковой. Воздействие кавитации и акустических потоков различной масштабности не только способствуют разделению агломератов на отдельные элементы, но и позволяют получить тонкие дисперсии нанотрубок в жидких средах различной вязкости.

Ультразвуковое распыление жидкостей обладает рядом преимуществ: однородность факела распыла, возможность распыления высоковязких жидкостей, высокая концентрация аэрозоля, не требуется подача жидкости под высоким давлением, возможность настройки рабочего инструмента на различные частоты и мощности, что позволяет выбрать оптимальный режим распыления в зависимости от требуемых параметров.

Применение способа подачи СОЖ в зону резания в виде аэрозолей имеет ряд преимуществ: снижение расхода СОЖ – до 1л/мин, обеспечивает равномерное смачивание рабочих поверхностей инструмента и поверхности заготовки, за счёт снижения расхода СОЖ улучшаются условия труда.

Эффективность действия СОЖ при такой подаче можно объяснить повышением физической и химической активности СОЖ, по сравнению с охлаждением нераспыленной струей.

Распыленные СОЖ применяют в следующих случаях: на операциях, где применение СОЖ поливом невозможно; при обработке некоторых труднообрабатываемых материалов, когда полив не эффективен.

При ультразвуковом распылении исследуемой СОЖ реализуются все преимущества, указанные выше. Низкая вязкость позволяет производить процесс на любых режимах обработки (в том числе низкоамплитудном) и за счёт регулирования расхода СОЖ получать аэрозоль различной концентрации.

Способ подготовки ЛКМ к распылению и количество добавленного растворителя определяют его вязкость и плотность, от которых зависят характеристики процесса распыления и свойства получаемого аэрозоля.

Увеличение количества капель в единицу времени при распылении одинакового объёма свидетельствуют о возрастании скорости распыления.

Несмотря на преимущества ультразвукового распыления, получаемый факел распыла имеет ограниченную высоту и относительно низкую скорость капель, что снижает функциональность и не позволяет проводить операцию покраски крупногабаритных деталей [4].

В связи с этим, разработан способ пневмоультразвукового распыления, который основан на разделении функций – диспергирование осуществляется за счёт ультразвуковых колебаний, а работа воздуха расходуется на перенос аэрозоля к окрашиваемой поверхности.

Разработанный способ позволяет достичь высоты факела, сопоставимой с традиционным пневмораспылением, при снижении давления в пневмосистеме в 4 раза.

Введение ультразвуковых колебаний при приготовлении эмульсий позволяет увеличить скорость эмульгирования, создать высокодисперсную структуру и повысить стабильность эмульсии. Данным способом, без применения стабилизаторов, получены ВТЭ, обладающие однородной структурой и не расслаивающиеся в течение 180с. При использовании таких ВТЭ в двигателе внутреннего сгорания снижается расход топлива и выбросы вредных веществ. Применение ультразвука для приготовления эмульсионных СОЖ приводит к сокращению времени процесса в 7–10 раз.

Действие кавитации и акустических потоков при обработке суспензий выражается в равномерном распределении компонентов по объёму, уменьшении размеров дисперсной фазы и дезагломерации агломератов частиц, образованных силами Ван-дер-Ваальса. Так при ультразвуковой обработке ЛКМ максимальный размер пигмента снижается на 25%, что положительно сказывается на укрывающей способности. Дезагломерация углеродных нанотрубок позволяет получить высокодисперсную суспензию для нанесения токопроводящих покрытий.

Таким образом, проведённые исследование показали эффективность применения ультразвуковых технологий для обработки дисперсных систем таких типов как «жидкость в жидкости», «твёрдые частицы в жидкости» и «жидкость в газе».