

Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием

05.17.08

В.Н. Хмелев д.т.н., С.Н. Цыганок к.т.н., Ю.М. Кузовников

Бийский технологический институт (филиал)
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
кафедра Методов и средств измерений и автоматизации
Россия, г. Бийск
e-mail: vnh@bti.secna.ru

Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием

Статья посвящена поиску решения проблемы разрушения устойчивых масляных эмульсий за счет воздействия широкополосными ультразвуковыми колебаниями вторичного излучения, формируемого кавитацией.

Ключевые слова: *ультразвук, кавитация, эмульсия, разделение*

Эмульсии – это микрогетерогенные системы, состоящие из двух практически взаимно-нерастворимых жидкостей, которые очень сильно отличаются друг от друга на молекулярном уровне. Если одна из жидкостей является полярной, например вода, то вторая – должна быть неполярной или малополярной, например, органической жидкостью. К числу неполярных соединений относятся моторные масла, используемые в двигателях и агрегатах автомобилей для смазки, а также масла, применяемые для смазки трущихся деталей промышленных станков и прочего оборудования. Попавшая извне вода становится загрязняющим веществом, нарушает регламентные режимы работы оборудования и может привести к его разрушению. Все используемые технологии выделения воды из масел имеют существенные ограничения и недостатки (сложность реализации, невозможность обработки в проточном режиме) [1, 2].

Для разделения компонентов эмульсии необходимо осуществлять разрушение адсорбционных оболочек и объединять диспергированные среды в сплошную фазу.

Особый интерес представляет изучение влияния ультразвукового воздействия на процесс разделения устойчивых эмульсий вода-масло. Однако, известно, что высокоинтенсивное УЗ воздействие в кавитационном режиме приводит к дополнительному эмульгированию за счет диспергирования частиц смеси [3].

Для осуществления деэмульсификации необходимо произвести эксперименты по обработке эмульсии механическими колебаниями ультразвуковой частоты с низкой интенсивностью, не допуская

Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием

возникновения режима развитой кавитации.

Для проведения экспериментов по разделению эмульсии воды и масла первоначально были получены модельные эмульсии дистиллированной воды и минерального моторного масла 15W-40 по классификации SAE, со следующим соотношением компонентов:

- 10% масла (30 мл) – 90% воды (270 мл),
- 20% масла (60 мл) – 80% воды (240 мл),
- 40% масла (120 мл) – 60% воды (180 мл),
- 50% масла (150 мл) – 50% воды (150 мл),
- 60% масла (180 мл) – 40% воды (120 мл),
- 80% масла (240 мл) – 20% воды (60 мл).

Процесс эмульсификации производился с использованием ультразвукового технологического аппарата для обработки жидких сред «Волна-М» модель УЗТА 1/22-ОМ (рис. 1), разработанного в лаборатории акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института [4].



Рис. 1 – Ультразвуковой аппарат «Волна-М» модель УЗТА-1/22-ОМ для обработки жидких сред

Частота ультразвукового воздействия – 20 кГц, интенсивность излучения – 10 Вт/см². Обработка производилась в объеме 300 мл в течение 1 часа для каждой смеси. За это время, при обработке с выбранной интенсивностью в предложенном объеме, для каждой смеси процесс образования эмульсии полностью завершился. Средний размер дисперсных частиц после обработки во всех концентрациях равнялся 80±8 мкм. Полученные эмульсии не расслаивались естественным образом в течение 7 дней.

Для проведения исследований по разделению полученных эмульсий с помощью акустических колебаний ультразвуковой частоты был использован тот же ультразвуковой аппарат со специально разработанным излучателем колебательной системы. Излучатель представляет собой тонкостенную звукопроводящую металлическую оболочку, внутри которой прокачивается вспомогательная жидкость (рис. 2).

Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием



Рис. 2 – Модернизированный излучатель ультразвукового аппарата «Волна-М»

В жидкости, между излучателем и ультразвуковой колебательной системой, под воздействием ультразвуковых колебаний в режиме «развитой кавитации» зарождаются и мгновенно схлопываются парогазовые пузыри. Коллапсирующие парогазовые полости являются источником колебаний широкого спектра частот. Совокупность колебаний ультразвуковой частоты и широкополосных колебаний кавитационного происхождения являются источником колебаний широкого спектра. Таким образом, на поверхность оболочки передаются не только колебания, соответствующие резонансной частоте излучателя, но и широкополосные колебания, порождаемые кавитацией, причем внутри оболочки колебательной системы создаются мощные высокоинтенсивные колебания ультразвуковой частоты и колебания широкого спектра средней интенсивности, а за пределы звукопроницаемой оболочки проходит сумма колебаний, состоящая из низкоинтенсивных колебаний ультразвуковой частоты и колебаний широкополосного кавитационного спектра.

Для исключения избыточного нагрева зоны вокруг излучателя, подбирается температура вспомогательной жидкой среды внутри оболочки.

При реализации ультразвукового воздействия излучатель погружается в обрабатываемую эмульсию. В суммированных колебаниях, излучаемых звукопроницаемой оболочкой, присутствуют гармоники с частотами от десяти кГц до мГц. Таким образом, в жидкой среде создаются условия для сближения и слияния капель дисперсной среды, т.е. идет процесс деэмульсификации. Этому способствуют интенсивные микропотоки и перепады давления, вызванные прохождением колебаний в жидкой среде.

Далее были проведены эксперименты по ультразвуковой обработке полученных модельных суспензий с использованием модернизированного ультразвукового излучателя. Отделение воды происходило сразу же после введения колебаний. При этом интенсивность разделения падала с течением времени экспоненциально. Обработка производилась в течение 1 часа для каждой эмульсии. По истечении этого времени видимое разделение эмульсий прекращалось. Данные об объеме воды выделенной из эмульсий в ходе экспериментов приведены ниже в таблице.

Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием

Таблица – Объем воды, выделенной из эмульсий в процессе обработки

Тип эмульсии	Объем выделенной воды, %
10 % масла – 90 % воды	88.3
20 % масла – 80 % воды	75.8
40 % масла – 60 % воды	44.3
50 % масла – 50 % воды	29.3
60 % масла – 40 % воды	24
80 % масла – 20 % воды	16.5

Очевидно, что безкавитационное воздействие колебаний сложного спектра частот, состоящего из колебаний ультразвуковой частоты и широкополосной кавитационной составляющей, позволяет инициировать процесс разделения устойчивой эмульсии воды и масла. При этом, выделяемый объем воды пропорционален ее исходному количеству. Исследование образцов эмульсий после процедуры обработки показало, что средний размер дисперсных капель остался тем же что и до ультразвукового воздействия. Это позволяет сделать вывод, что объединенные капли воды тут же покидают эмульсию.

Неполное разделение эмульсий в экспериментах, возможно, происходит вследствие того, что на определенном этапе обработки достигается предельная превалирующая концентрация капель масла и при этом значительно демпфируются распространяемые от излучателя колебания. Процесс деэмульсификации прекращается или протекает очень медленно в приповерхностном слое. Для полного разделения исследуемых эмульсий потребуется значительная продолжительность времени обработки.

В ходе проведенных исследований доказана эффективность применения выбранного ультразвукового оборудования для образования устойчивых эмульсий воды и масла. Возможно его успешное применение для приготовления многокомпонентных смазочно-охлаждающих жидкостей.

Подтверждена возможность использования широкополосных ультразвуковых колебаний низкой интенсивности в безкавитационном режиме для разделения устойчивых эмульсий воды и масла. При этом наблюдается прямая зависимость между объемом выделенной воды и объемом воды, присутствующей в исходной эмульсии. Предложенное оборудование может быть использовано в промышленных системах отделения воды присутствующей в виде эмульсии в маслах.

В ходе экспериментов не было достигнуто полного разделения эмульсий вследствие значительного падения динамики процесса. Детальное исследование причин этого и разработка аппаратно-методических условий, обеспечивающих полное разделение эмульсии в кратчайшие сроки, является предметом дальнейших исследований.

Список литературы:

1. Eachus, A. “The Trouble with Water” Tribology & Lubrication Technology/ Society of Tribologists and Lubrication Engineers Publishing. – Ridge Park, IL, 2005.
2. Troyer, D. Removing Water Contamination/ Machinery Lubrication Magazine. – Tulsa, 2001.
3. Ультразвуковая технология [Текст] / под ред. Б.А. Аграната. – М.: Металлургия, 1974. – 505 с.
4. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна-М» – «Центр ультразвуковых технологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://u-sonic.ru/devices/volna_m2.

V.N. Khmelev, S.N. Tsyganok, Yu. M. Kuzovnikov
Biysk Institute of technology, Biysk, Russia

BREAKING OF WATER AND OIL EMULSION DURING ULTRASONIC TREATMENT

The article is devoted to studying of destruction of stable water and oil emulsion during broadband cavitation vibrations.

Keywords – ultrasound, cavitation, emulsion, separation.