

БЕЗРЕАГЕНТНЫЙ МЕТОД ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

© 2010

Растегаева И.И., младший научный сотрудник НИО-3
Диженин В.В., научный сотрудник НИО-3
Викарчук А.А., доктор физико-математических наук, профессор,
директор физико-технического института
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: Кавитация; смазочно-охлаждающая жидкость; электроимпульсная обработка; обеззараживание; биологическая стойкость.

Аннотация: В процессе эксплуатации смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) подвержены поражению микроорганизмами. Предлагаем проводить обеззараживание СОЖ на кавитационном оборудовании. Оптимизация режимов кавитационной обработки жидкости проводилась с помощью метода акустической эмиссии.

Введение

СОЖ представляют собой сбалансированную смесь минерального масла, эмульгаторов и ингибиторов коррозии, которая при смешивании с водой образует мелкодисперсную полупрозрачную эмульсию. Эмульсия – это 2-12% водный раствор концентрата СОЖ. В частности, на ОАО «АВТОВАЗ» годовая потребность в эмульсии СОЖ составляет около 200 000 тонн. Основное назначение СОЖ – снижение температуры в зоне резания, снижение износа режущих инструментов, обеспечение качества обработки поверхности и повышение производительности металлообработки, предотвращение коррозии обработанных поверхностей.

В процессе эксплуатации СОЖ происходит ее загрязнение механическими примесями, снижается ее качество, проявляющееся в ухудшении биологической стойкости (появлении неприятных резких запахов, интенсивном развитии микроорганизмов), технологических показателей металлообработки (расход режущего инструмента, ухудшение качества обработки поверхности и др.); наблюдается потеря смазывающих и защитных свойств СОЖ, изменение внешнего вида и т.д. [1]. Это приводит к необходимой частоте (иногда раз в месяц) замене загрязненной эмульсии свежеприготовленной. Отработанные СОЖ создают на крупных промышленных предприятиях серьезную экологическую проблему, расходы на их приготовление и утилизацию непрерывно растут.

Опыт показывает, что основной причиной вывода СОЖ из производственного цикла для утилизации является ее поражение бактериями и грибами, а значит, расслоение и ухудшение металлообрабатывающей способности, смазывающих и антикоррозионных свойств. Полное разрушение СОЖ микроорганизмами, потеря биологической устойчивости, технологических и обрабатывающих свойств происходит в несколько стадий, но наиболее интенсивно тогда, когда концентрация бактерий достигает 10^5 и более клеток/мл. Микроорганизмы попадают в эмульсию с частицами пыли, потоками воздуха, со станков, одежды и рук рабочих, то есть источником загрязнений является вода, почва, атмосфера и само производство. Наиболее распространенными для водных эмульсий на начальных этапах их поражения являются аэробные микроорганизмы типа *Pseudomonas aeruginosa*, *Ps.oleovorans*, *Ps.fluorescens*, *Ps.inocerosus* и др. Жизнедеятельность этих бактерий приводит к разрушению минеральных масел, составляющих основу СОЖ. На следующей стадии, когда концентрация кислорода в эмульсии за счет деятельности аэробов уменьшается, в разрушении СОЖ активно участвуют сульфатвосстанавливающие и

другие бактерии типа *Desulfovibrio*, а также такие бактерии, как *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus* и др. Жизнедеятельность и рост сульфатвосстанавливающих бактерий в свежеприготовленной эмульсии СОЖ невозможна, однако после того как сорбитные бактерии окислят, некоторые вещества, содержащиеся в эмульсии и являющиеся токсичными для *Desulfovibrio*, последние становятся самыми активными разрушителями СОЖ. После двух-трех месяцев эксплуатации количество бактерий типа *Desulfovibrio* в эмульсии увеличивается до предельных значений 10^6 - 10^7 клеток/мл (поражение СОЖ составляет 100%), эмульсия приобретает черный цвет, появляется резкий неприятный запах сероводорода, pH снижается с 9-10 до 7-8, эмульсия расслаивается, концентрация эмульсола уменьшается почти до 0. Это свидетельствует о полном разрушении СОЖ микроорганизмами, о потере ею технологических свойств; она становится коррозионноактивной. В этом случае требуется ее замена и утилизация. На сегодняшний день, на тысячах предприятий страны миллионы тонн отработанной эмульсии требуют утилизации. Например, на ОАО «АВТОВАЗ» ежедневно требуется утилизировать около 1000 тонн эмульсии СОЖ.

В настоящее время для увеличения биологической стойкости и сроков работы СОЖ до 10-12 недель в эмульсию добавляют 0,01-0,02% биоцидов. На ОАО «АВТОВАЗ» и других предприятиях страны используют дорогие импортные биоцидные добавки типа Катон МВ (фирма РОМ энд ХААС, США), Актицид-МВ 14 (фирма THOR, Германия). Среди производимых отечественных СОЖ наиболее эффективными и распространенными являются «Велс-1М» производства ОАО «Пермского завода смазок и СОЖ» и «Автокат-Ф40» производства ООО «Олеокам» г. Набережные Челны. Однако даже введение в СОЖ этих дорогих биоцидных добавок не решает указанных проблем: с ними максимальный срок службы эмульсии все равно не превышает 3-х месяцев.

Многократная добавка биоцидов в процессе эксплуатации в СОЖ также неэффективна и затратна. Необходим постоянный контроль качества раствора (согласно ГОСТ 12.3.025, через каждые 5 суток); часто наблюдается адаптация микроорганизмов к микрофлоре, а при нарушении технологии – даже стимуляция их роста.

Поэтому разработка технологии и оборудования для обеззараживания СОЖ физическим методом, не требующим использования биоцидов, сохраняющим эксплуатационные свойства СОЖ и биологическую стабильность до 6 месяцев, является актуальнейшей народно-хозяйственной задачей,

реализация которой принесет миллиардную экономию на производственных расходах, снизит себестоимость и повысит качество продукции, увеличит экологическую безопасность технологии и снизит техногенную нагрузку на окружающую среду.

Цель настоящей работы – повышение биологической стойкости, срока службы и экологической безопасности СОЖ путем ее безреагентной обработки в процессе эксплуатации.

Методы исследования и обработки СОЖ

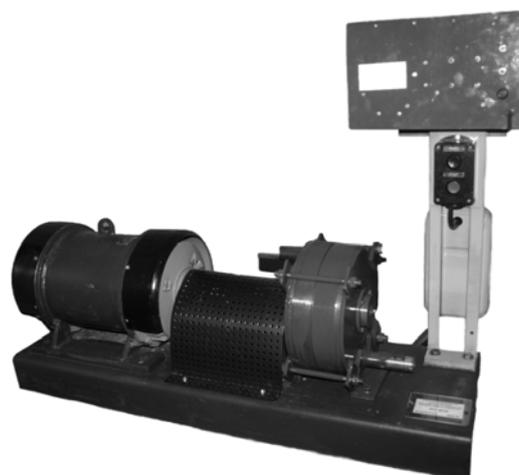
Микроорганизмы, выделенные из СОЖ, исследовались по общепринятым методикам [1; 2]. Морфологию и цикл развития их исследовали в оптическом микроскопе МБИ-6. Микроорганизмы идентифицировали по методике Красильникова [2].



а)

Изучая влияние микроорганизмов на технологические свойства СОЖ, определяли наличие грибов – на среде Чапека, концентрацию бактерицидов – методом диффузии, количество аэробных гетеротрофных бактерий – на МПА, антикоррозионные свойства – по ГОСТ 6243-75, концентрации эмульсола – методом разложения, pH – потенциометрически, цвет – визуально [1; 2; 4].

Для повышения биологической стойкости и технологических характеристик СОЖ мы предлагаем проводить постоянно или периодически, не нарушая технологического цикла, кавитационную и электроимпульсную обработку всего объема эмульсии в специальной модульной установке. Основные элементы предлагаемой установки: гидродинамический кавитатор дискового типа, генератор мощных наносекундных электрических разрядов, камера для обработки эмульсии (рис. 1).



б)

Рис. 1. Стенд для определения параметров кавитационного процесса (а); модульная установка для безреагентной обработки СОЖ (б)

Установки компакты, малозергоемки, просты в эксплуатации, безопасны, высокопроизводительны, гарантируют высокое качество обеззараживания СОЖ, легко встраиваются в существующий технологический цикл, работают на уже имеющихся концентратах СОЖ, не требуя использования импортных биоцидных добавок, но могут работать и с ними.

Теоретические основы обработки СОЖ

Эффективным методом воздействия на водные загрязнители является кавитация. Под кавитацией в жидкости понимают образование заполненных паром и газом полостей или пузырьков при локальном понижении давления в жидкости до давления насыщенных паров.

Различают гидродинамическую кавитацию, возникающую за счет местного понижения давления в потоке жидкости при обтекании твердого тела, и акустическую кавитацию, возникающую при прохождении через жидкость акустических колебаний. Акустическая кавитация представляет собой эффективное средство концентрации энергии звуковой волны низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков [4; 5]. Общая картина образования кавитационного пузырька представляется в следующем виде. В фазе разрежения акустической волны в жидкости образуется разрыв в виде полости, которая заполняется насыщенным паром данной жидкости. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения полость захлопывается, а пар конденсируется на гра-

нице раздела фаз. Через стены полости в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который затем подвергается сильному адиабатическому сжатию.

В момент схлопывания давление и температура газа достигают значительных величин. После схлопывания полости в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве. Происходит уменьшение радиуса пузырька R до минимального R_{min} , его деформация и распад на несколько пузырьков.

Кавитация, возникшая на единичном зародыше (зародышами в эмульсии являются частицы, капельки масел, микроорганизмы и др.), за время в несколько десятков периодов УЗ-колебаний развивается по цепной реакции в стабильную кавитационную зону, состоящую уже из 10^5 - 10^6 кавитационных пузырьков. Это связано с тем, что в фазе сжатия при захлопывании пузырек теряет устойчивость и распадается на части, в которых давление и температура парогазовой смеси повышена. В фазе растяжения эти «осколочки» становятся новыми зародышами кавитации, поэтому процесс возникновения новых пузырьков является цепной реакцией. Таким образом, для эффективной обработки жидкости и для уничтожения всех микроорганизмов необходимо, чтобы в камере постоянно возникали кавитационные зоны и при этом были распределены по всему объему обрабатываемой жидкости равномерно.

Хотя сами описанные явления хорошо известны, установки и технологические процессы, где бы эти способы одновременно использовались, тем более для обработки

эмульсии СОЖ с целью ее обеззараживания и улучшения технологических свойств и сроков эксплуатации, нам не известны.

Комбинированное воздействие наноимпульсного электрического воздействия и гидродинамической кавитации на эмульсию сводится к следующим процессам:

- диспергированию твердых частиц, разрушению коллоидов и деструкции органических и неорганических соединений;
- эмульгированию (перемешивание и гомогенизация) разнородных жидкостей;
- интенсификации массообменных и физико-химических процессов, ОВР³, нейтрализации токсических веществ;
- разрушению оболочек и уничтожению микроорганизмов;
- расщеплению молекул воды, появлению озона, атомарного кислорода, пероксидных соединений и свободных радикалов;
- эрозии, очистке или разрушению поверхностей;
- растворению, экстрагированию;
- пенообразованию;
- выделению тепла;
- излучению акустических сигналов, шумов.

В рабочей камере установки эмульсия, механические и микробиологические частицы, химические соединения,

микроорганизмы одновременно подвергаются: гидродинамическому (высокие градиенты и частота пульсации давления), акустическому, тепловому, электрическому, магнитному и ударному воздействию. Степень и результат кавитационного и электроимпульсного воздействия на эмульсию и микроорганизмы зависит от рабочих характеристик кавитатора и генераторов электрических импульсов и ультразвуковых колебаний, варьируя которые, мы достигаем одновременно полного уничтожения микроорганизмов и значительно улучшаем эксплуатационные свойства эмульсии.

В установках для кавитационно-электроимпульсной обработки эмульсии СОЖ эти процессы отрегулированы по воздействию и очередности, скоординированы и сонаправлены, а технические характеристики кавитатора и генераторов импульсов и УЗ подобраны и оптимизированы (обороты, размеры и форма кавитатора, мощность, амплитуда и длительность электрических и ультразвуковых импульсов) так, чтобы гарантировать полное уничтожение микроорганизмов в эмульсии в течение всего срока ее эксплуатации, а сам срок увеличить в 2-5 раз.

Экспериментальные исследования и результаты

Проведенные эксперименты на авторских инновационных установках (рис. 1) позволили получить результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

Марка СОЖ	Режим обработки		Параметр исследуемой СОЖ				
			рН	Концентрация эмульсола, %	масло, %	бактерии, кл/мл	грибы, кл/мл
ТУ 616928.32.7 Автокат Ф-40	в потоке	загрязненная СОЖ подготовленная к утилизации	7,40	1,0	15,6	3,0·10 ⁶	2,3·10 ²
		после электроимпульсной обработки загрязненной СОЖ	7,5	1,5	12,0	8,0·10 ³	отсутст
		после кавитационной обработки загрязненной СОЖ	7,10	1,8	10,2	2·10 ³	отсутст
		после кавитационно-импульсной обработки	7,8	2,0	9,0	отсутст	отсутст
		свежеприготовленная СОЖ с биоцидами	9,0	3,0	8,0	отсутст	отсутст

Оптимизация режимов кавитационной обработки жидкости проводилась с помощью метода акустической эмиссии. В ходе эксперимента разные способы обработки эмульсии были использованы по отдельности и вместе. Анализ представленных данных показывает, что наибольший эффект по очистке и обеззараживанию СОЖ достигнут при кавитационно-импульсной обработке.

Проведенные исследования также показали, что потребляемая обрабатываемой жидкостью мощность от двигателя вихревого кавитатора, температура на выходе, RMS, энергия АЭ сложным образом зависят от частоты вращения активатора. Так, из рисунков 2 и 3 видно, что начало кавитационных процессов связано с характерным изменением (некоторым уменьшением) мощности, потребляемой двига-

телем. При этом температура резко увеличивается и появляется пик акустической эмиссии в определенном интервале частот вращения активатора (рис. 3). Анализ показал, что падение потребляемой мощности и рост температуры наблюдается при скорости вращения активатора более 2500 об/мин. Пик акустической эмиссии (RMS) при обработке воды возникает при 2880 об/мин (рис. 3). Следовательно, при данных оборотах активатора в жидкости начинается интенсивная кавитация, образуются кавитационные зоны, плотность жидкости из-за большого содержания пузырьков газа уменьшается, позволяя дискам кавитатора вращаться свободнее.

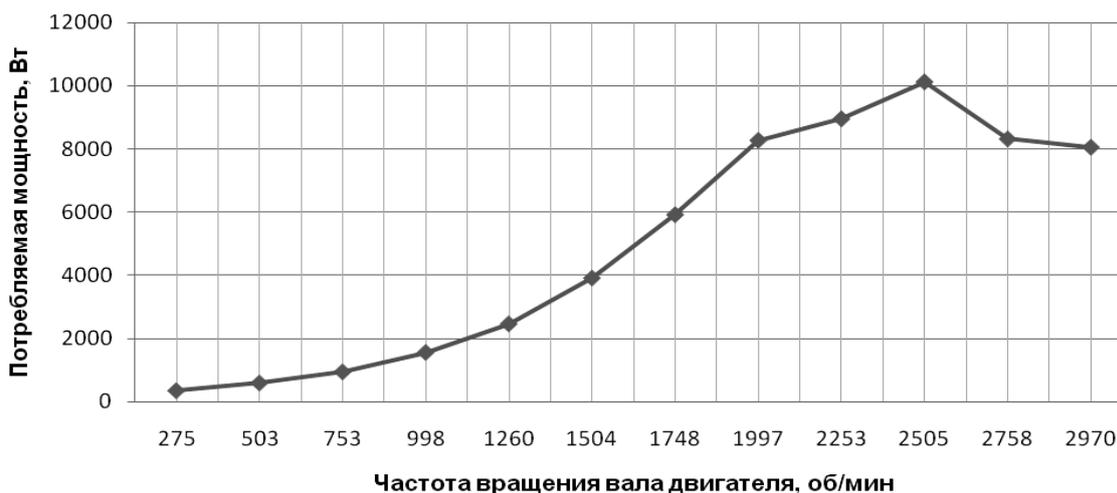


Рис. 2. Зависимость потребляемой двигателем кавитатора мощности

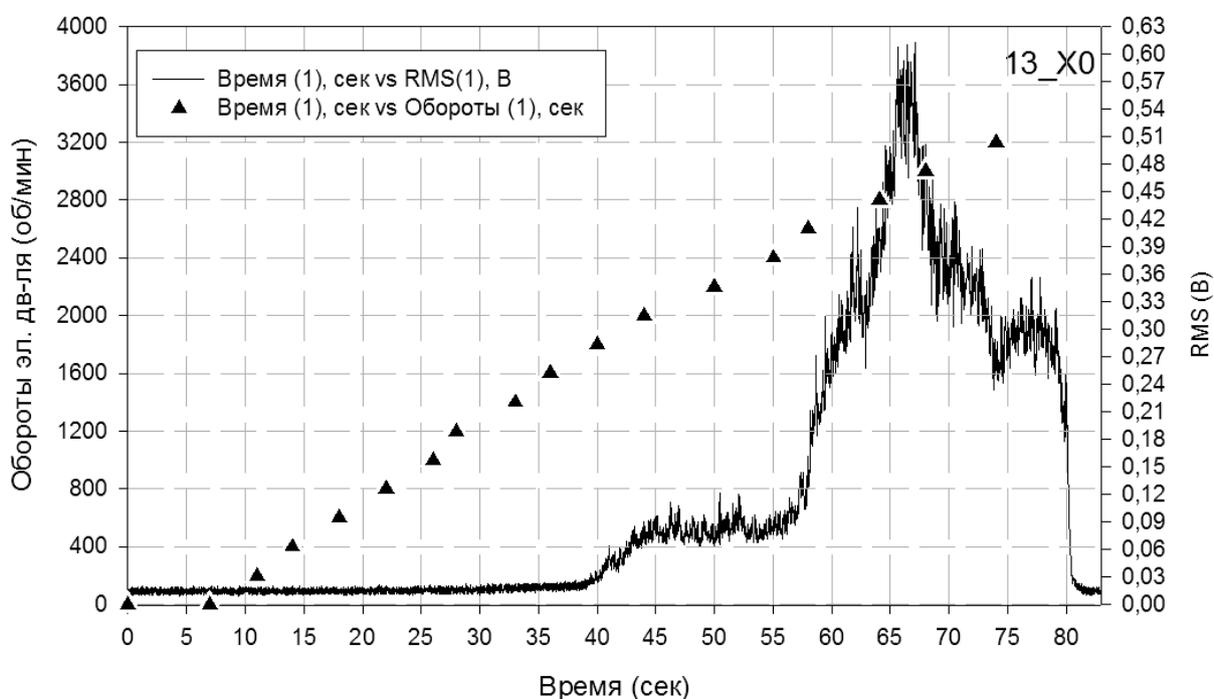


Рис. 3. Зависимость акустической эмиссии от частоты вращения активатора

Для других жидкостей расположение, амплитуда пика АЭ (RMS), медианная частота и энергия сигналов АЭ отличаются. Однако по этим параметрам всегда можно определить оптимальный режим работы кавитационной установки, при котором вода активируется (существенно изменяются ее свойства), эмульсия СОЖ обеззараживается (уничтожаются все виды микроорганизмов), нефтешлам преобразуется в топочный мазут, а глубина переработки нефти возрастает.

Сочетание кавитационной и электроимпульсной обработки эмульсии СОЖ в одной камере с АЭ контролем обеспечивает более высокий уровень обеззараживания, исключается возможность повторного размножения микроорганизмов, обеззараживающий эффект достигается за один проход жидкости.

Таким образом, кавитационное воздействие на водную эмульсию СОЖ, мощные наноимпульсные разряды в ней вызывают разрушение механических частиц и бактериоло-

гических загрязнений, приводят к разрушению органических и неорганических соединений и к полному уничтожению микроорганизмов, интенсифицируют массообменные процессы, улучшают перемешивание, диспергирование и гомогенизацию эмульсии. О гомогенизации эмульсии свидетельствует факт резкого уменьшения концентрации масел и размера масляных капелек. Интересен факт повышения концентрации эмульсола в обработанных на кавитационной установке эмульсии. Вероятно, это обусловлено разрушением агрегатов из микрочастиц, разрушением масляных пленок, обволакивающих частицы компонентов СОЖ.

Уже изготовлены и патентуются линейка модульных опытно-промышленных установок разной мощности, в которых перечисленные физические методы обработки используются одновременно, последовательно или раздельно, причем метод применим для обработки разнородных жидкостей, т.е. имеет многофункциональное назначение.

Работа выполнена при поддержке Аналитической ведомственной целевой программы №1463, з/б №21943, Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по направлению «Переработка и утилизация техногенных образований и отходов» в рамках мероприятия 1.2.1 по теме «Физические основы кавитационной технологии регенерации и переработки жидких гетерофазных и гетерогенных промышленных отходов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. – М.; Л.: Наука, 1965. 362 с.
2. ГОСТ 6243-75. Эмульсолы и пасты. Методы испытаний. – Введ.01.07.75.
3. Kulagin V. Cavitation Technology in Industry// Zeszyty Naukowe Polytechniki Lodzkiej, Lodz, 1993, Nr. 674, p. 459-461.
4. Перник А.Д. Проблемы кавитации. – Л.: Судостроение, 1966. – 439 с.
5. Пирсол И. Кавитация. – М.: Мир, 1975. – 95 с.

REAGENTLESS METHOD OF DISINFECTING OF A CUTTING FLUID

© 2010

Rastegaeva I.I., junior researcher of SRD-3
Dizhenin V.V., scientist of SRD-3
Vikarchuk A.A., doctor of physical and mathematical science, professor,
director of Institute of physics and technology
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: Cavitation; cutting fluids; electropulse processing; disinfection; biological stability.

Annotation: While in service cutting fluids are subject to defeat by microorganisms. In this work we offer cutting fluids disinfecting on the cavitation equipment. Optimisation of modes of cavitation processing of the cutting fluids was carried out by means of the acoustic issue method.