

УДК 621.895

КАВИТАЦИОННО-ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ЖИДКОСТЕЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ИХ ОТ БИОПОРАЖЕНИЯ

© 2010 И.И. Цыбускина, В.В. Диженин, А.А. Викарчук

Тольяттинский государственный университет

Поступила в редакцию 14.12.2010

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) используются на различных металлообрабатывающих участках, основная причина их вывода из технологического процесса - это поражение микроорганизмами. На сегодняшний день средством борьбы с бактериальным разрушением эмульсии является использование бактерицидных присадок. Мы предлагаем способ, основанный на кавитационно-тепловом воздействии на жидкость, обеспечивающий полное обеззараживание за один цикл обработки на одной и той же установке.

Ключевые слова: кавитация, кавитационно-тепловая обработка, эмульсия, биопоражение, обеззараживание, кавитатор, микроорганизмы, бактерии.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из глобальных проблем человечества, которое ежегодно потребляет 4000 км³ пресной воды, является недостаток качественной чистой воды, которая требуется как в жилых домах, так и крупным предприятиям. Главной причиной загрязнения воды, почвы является хозяйственная деятельность человека, в результате которой ежегодно в почву сбрасывается более 3млрд тонн твердых промышленных отходов и 500 км³ отработанных вод. Отсутствие на местах качественных очистных установок и эффективных систем обеззараживания, приводит обострению экологических проблем.

Решение данных задач видится в создании эффективного метода обеззараживания, который обладал бы следующими свойствами: высокая степень обеззараживания, низкая себестоимость очистки, большая пропускная способность и компактность в размерах установок.

В настоящее время применяются химические, физические, физико-химические, механические и биологические методы обеззараживания воды и технологических жидкостей, типа СОЖ.

Основными методами очистки воды в городских сооружениях являются химические методы, например, хлорирование. Хлорирование обеспечивает хорошую степень обеззараживания, так как опасные микробы (возбудители дизентерии) чувствительны к воздействию хлора, также данный метод имеет низкую себестоимость.

Но хлорирование имеет следующие отрицательные стороны: в малых дозах 0,8-1,2 мг/дм³ оно малоэффективно в отношении вирусов (например, гепатит А, вирус *Norwalk*); не влияет на многие бактерии и микроорганизмы, имеющие инкапсулирующее строение (*Cryptosporidiosis*, *Giardia*) в повышенных дозах он вызывает высокий уровень мутагенной активности и токсичности, поэтому вреден для человека.

Среди физических методов обеззараживания наиболее востребован метод ультрафиолетовой обработки. Данный метод позволяет за счет фотохимических реакций проникнуть сквозь оболочку микроорганизмов и прекратить его воспроизводство. По стоимости этот метод сравним с химическим хлорированием, но для его успешного применения жидкость должна иметь низкое содержание взвешенных веществ, кроме того метод не позволяет избавиться от микроорганизмов, находящихся в частицах, коллоидах и соединениях.

МЕТОД И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Одним из новых перспективных методов обеззараживания воды является метод кавитационной обработки. Кавитация — это образование в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости, либо при прохождении акустической волны большой интенсивности. Метод кавитационного обеззараживания жидкости позволяет обрабатывать воду на наноструктурном уровне для её очистки от бактерицидных загрязнений, токсических элементов и органических соединений. В кавитационной камере микроорганизмы одновре-

Инна Ивановна Цыбускина, старший преподаватель.
Василий Викторович Диженин, ведущий инженер.
Анатолий Алексеевич Викарчук, доктор физико-математических наук, профессор, директор физико-технического института. Email: fti@tltsu.ru

менно подвергаются гидродинамическому, тепловому и ударному воздействию, что приводит к разрушению их оболочек и гибели. Кроме того кавитация способствует диспергированию микро-частиц, коллоидов и комплексных органических и неорганических соединений, а также образованию высокоактивных реагентов, например, озона и атомарного кислорода.

Во время кавитации в жидкости образуются зоны с высоким и низким давлением. Перемещаясь с потоком из низкого давления в область с более высоким давлением, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну, поражающую микробы и бактерии. Кавитация позволяет уничтожить некоторые особо опасные виды бактерий, имеющие инкапсулирующую структуру и микроорганизмы находящиеся в твердых частицах, взвешенных в жидкостях. Подобные микроорганизмы мало восприимчивы к химическим и биологическим методам очистки. Но резкий перепад давления при кавитации позволяет разрушить частицы, уничтожить микроорганизмы механически, порвав защитную оболочку.

Таким образом, качество обеззараживания жидкости зависит напрямую от режимов работы кавитационной установки. Наиболее интенсивное обеззараживание происходит в момент начала кавитации, а полное уничтожение микроорганизмов наблюдается при равномерном распределении кавитационных зон, состоящих из миллионов пузырьков, по всему объему обрабатываемой жидкости.

В данной работе для обеззараживания жидкостей использовались две кавитационные установки. Первая – это исследовательский стенд (рис. 1а), который использовался для подбора оптимальных параметров кавитационного процесса, в нем испытаниям подверглась обычная водопроводная вода. Вторая – установка про-

мышленного типа (рис. 1б), использовалась для экспериментальных исследований пораженных микроорганизмами эмульсий СОЖ.

Для подбора оптимального кавитационного режима обработки были проведены испытания воды на стенде. Подача воды в установку осуществлялась при помощи насоса. На данном стенде есть возможность измерять температуру воды на входе и выходе, варьировать частоту вращения вала двигателя, а также измерять его мощность, изменять скорости прохода жидкости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показали, что мощность двигателя вихревого кавитатора сложным образом зависит от процесса происходящего внутри кавитационной машины. Так, из рис. 2 и 3 следует, что начало кавитационных процессов связано с характерным изменением мощности потребленной двигателем и температуры воды на выходе кавитатора, причем, чем меньше скорость потока, тем выше температура жидкости на выходе. Как видно из рисунка 2 и 3 падение потребляемой мощности и рост температуры наблюдается при скорости вращения кавитационного диска более 2500 об/мин. Следовательно, при данных частотах в жидкости начинаются кавитационные процессы, образуются кавитационные зоны, плотность жидкости из-за большого содержания пузырьков газа уменьшается, позволяя дискам кавитатора вращаться свободнее. На основе этих данных была создана опытно-промышленная установка, имеющая 3х секционный кавитационный дисковой активатор, проведены исследования отработанной эмульсии СОЖ, которая содержит примерно 97% воды, а остальное это компоненты: ингибиторы коррозии,



а



б

Рис. 1. Стенд для определения параметров кавитационного процесса (а); установка промышленного типа для обеззараживания эмульсии СОЖ (б)



Рис. 2. Зависимость мощности двигателя кавитационной установки от частоты вращения

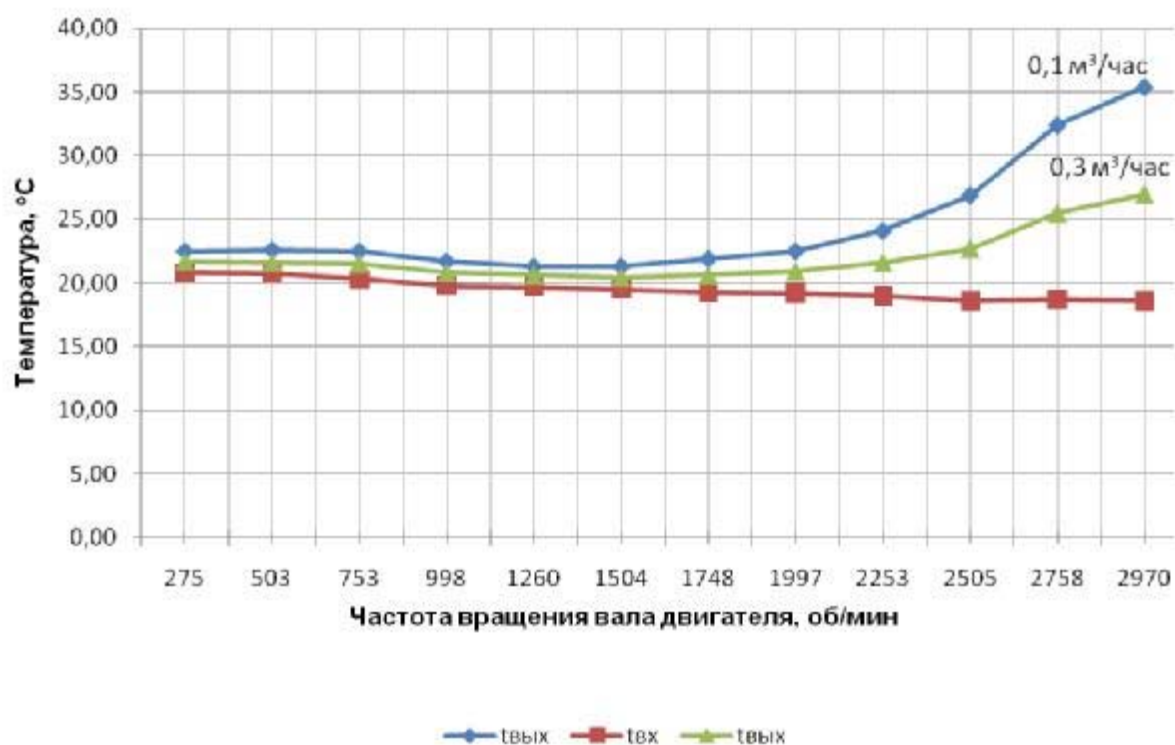


Рис. 3. Зависимость температуры воды от числа оборотов двигателя кавитационной установки

ПАВ, биоциды, минеральные масла и др.. Исследованию подвергалась отработанная на заводе эмульсия, которая имела повышенный уровень содержания микроорганизмов (порядка 10^6 кл/мл) и грибов ($1 \cdot 10^3$ кл/мл), также низкую концентрацию эмульсола (около 1%) и была непригодна для дальнейшей эксплуатации.

Варьирование оборотов двигателя установки в том диапазоне, где происходят кавитационные процессы (от 2500 до 3000 об/мин) приводит к существенному повышению температуры обработанной жидкости, особенно при малых скоростях обработки (рис. 4). Так обработка

эмульсии в течении минуты при 2900 об/мин приводит к повышению температуры до 70°C и полному уничтожению микроорганизмов за один цикл обработки (табл. 1). Обработка эмульсии СОЖ на той же установке, но в течении 20 сек. не позволяет полностью уничтожить микроорганизмы, это значит, что при высоких скоростях подачи эмульсии требуется ее многократная кавитационная обработка.

Анализируя данные результаты можно сделать вывод об оптимальном соотношении между количеством времени, затраченном на обработку, числом оборотов и пропускной способностью ус-

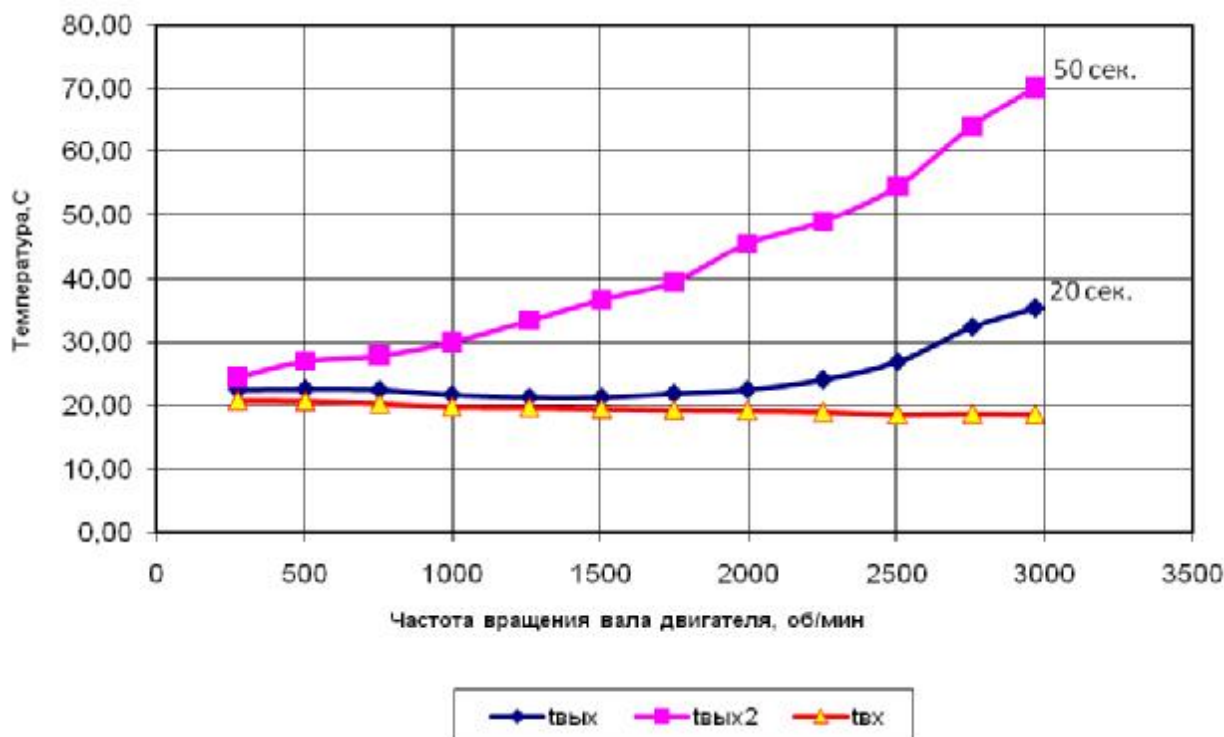


Рис. 4. Изменение температуры СОЖ от числа оборотов двигателя опытно-промышленной кавитационной установки

Таблица 1. Результаты бактериологической экспертизы

Марка СОЖ	Режимы обработки СОЖ				Параметры исследуемой СОЖ			
	Время обработки, ссек	$T_{вх}$, °C	$T_{вык}$, °C	Состояние СОЖ	pH	Концентрация, %	Бактерии, Кл/мл	Грибы, Кл/мл
ТУ 616928.32.7 Автокат Ф-40				Загрязненная СОЖ подготовленная к утилизации	7,4	1,0	$2,5 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^3$
	20	20	40	После кавитационной обработки	7,10	1,8	$1,8 \cdot 10^3$	отсутст
	60	20	70	После кавитационно-тепловой обработки	7,5	2,0	отсутст	отсутст
				Свежеприготовленная СОЖ с биоцидами	8,0	3,0	отсутст	отсутст

тановки. Из графиков следует, что кавитационное воздействие увеличивает температуру жидкости в данной установке до 70°C (при 2900 об/мин), а как известно при температурах выше 60°C погибают многие вирусы и бактерии, этот метод их уничтожения называется пастеризацией, поэтому повышение температуры совместно с кавитационной обработкой способствующей более интенсивному и полному обеззараживанию жидкости, проходящую через установку.

Изменение технологических свойств уже отработанной эмульсии Автокат-Ф40 и результаты бактериологической экспертизы СОЖ после различных видов кавитационной обработки представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, кавитационная обработка биопораженной эмульсии СОЖ может обеспечить её обеззараживания лишь за несколько циклов обработки, в то время как комбинированная кавитационно-тепловая обработка эмульсии позволяет полностью уничтожить все виды микроорганизмов за один цикл обработки. Кавитационно-тепловая обработка позволяет регенерировать даже эмульсии СОЖ, приготовленные для утилизации.

Кавитационная обработка улучшает не только биологическую стабильность эксплуатируемой эмульсии, но и позволяет улучшить ее технологические свойства. В частности, из таблицы вытекает, что после этой обработки растет концентрация

ция эмульсола в подготовленной к утилизации СОЖ. Это можно объяснить тем, что при кавитационном воздействии с частиц эмульсола срывается масляная оболочка, а сами частицы диспергируются, что проявляется как повышение концентрации эмульсола в отработанной СОЖ.

ВЫВОДЫ

Кавитационно-тепловое воздействие является современным качественным, высокопроизводительным, эффективным и перспективным методом обеззараживания жидкости. Оно по экологической безопасности, эффективности обработки, экономичности значительно опережает другие способы обеззараживания.

Применение метода кавитационной-тепловой обработки для обеззараживания эмульсии СОЖ на предприятиях, вода в бассейнах, водочистных сооружениях позволит уничтожить вредные микроорганизмы, являющиеся возбудителями болезней.

Применение данного метода в промышленности позволит значительно сократить количество отходов для утилизации, увеличить сроки службы СОЖ, обеспечит повторное использование технической воды, снизит техногенное воздействие на окружающую среду, улучшит экологическую обстановку на предприятии и резко снизит производственные расходы.

Работа выполнена при поддержке гранта АВЦП №1463, г/б №21943.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большой практикум по микробиологии / Под ред. Г.Л. Селибера. М.: Высшая школа, 1962. 490 с.
2. Родина А.Г. Методы водной микробиологии. М.: Л.: Наука, 1965.362с.
3. Красильников Н.А. Определитель бактерий актиномицетов. М.: Изд-во АН СССР,1949. 829 с.
4. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: Сельхозлит, 1951. 279с.
5. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высшая школа, 1979.455с.
6. ГОСТ 6243-75. Эмульсолы и пасты. Методы испытаний. Введ.01.07.75.
7. Применение СОЖ при работе резанием /Иванова А.А., Иванов Ю.И., Клушник М.М. и др. М.: Минстанкопром, 1975. 85 с.
8. Перник А.Д. Проблемы кавитации. Л.: Судостроение, 1966. 439 с.
9. Пирсол И. Кавитация. М.: Мир, 1975. 95 с.
10. Рождественский В.В. Кавитация. Л.: Судостроение, 1977. 248 с.
11. Левковский Ю.Л. Структура кавитационных течений. Л.: Судостроение, 1977. 248 с.
12. Арзуманов З.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. М.: Энергия, 1978. 303 с.
13. Буйвол В.Н. Тонкие каверны в течениях с возмущениями. Киев: Наукова думка, 1980. 296 с.
14. Терентьев А.Г. Математические вопросы кавитации: Учебное пособие. Чебоксары: Издательство Чувашского гос. ун-та, 1981. 132 с.
15. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. Использование кавитации в технологических процессах. Киев: Вища шк., 1984. 68 с.
16. Флини Г. Физика акустической кавитации в жидкостях // Физическая акустика / Под ред. У. Мезона. М.: Мир, 1967. Т. 1, Ч. Б. С. 7-138.

CAVITATION-THERMAL PROCESSING OF A LIQUIDS AS THE EFFECTIVE METHOD OF THEIR PROTECTION AGAINST BIOLOGICAL LESION

© 2010 I.I. Cybuskina, V.V. Dizhenin, A.A. Vikarchuk

Togliatti State University

The cutting fluids (CF) are used in various sites of metalcutting. The principal cause of a conclusion of the cutting fluids from technological process is a defeat by microorganisms. The basic means of prevention of its bacterial destruction is use of bactericidal additives. We offer a way based on the cavitation-thermal processing of liquids, capable of full disinfecting for one operation cycle.

Key words: cavitation, cavitation-thermal processing, biological lesion, biological destruction, cavitator, microorganisms, bacteria

Inna Cybuskina, senior lecturer.

Vasily Dizhenin, senior engineer.

Anatoly Vikarchuk, Doctor of Physics-Mathematics Science, Professor, Director of the Physic-Technical Institute.

Email: fti@tltsu.ru