

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОЖ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ЭМУЛЬГИРОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В ВОДЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Акопян Х.Н. Email: Hakobyan1157@scientifictext.ru

Акопян Хачатур Нерсесович - соискатель,
кафедра технологии машиностроения и автоматизации,
Национальный политехнический университет Армении, г. Ереван, Республика Армения

Аннотация: приведены методика и результаты экспериментальных исследований процесса ультразвукового эмульгирования (УЗЭ) подсолнечного масла в воде. Получены математические модели в виде зависимостей: интенсивности процессов УЗЭ, концентрации, плотности, удельной теплоемкости и кинематической вязкости для полученных двух типов эмульсий от амплитуды УЗК, продолжительности процесса эмульгирования и начальных концентраций масла и воды. Показано, что интенсивность протекания процесса УЗЭ в водной среде в 1,22 раза больше, чем в масляной. Установлено, что смазочно-охлаждающая жидкость марки сульфолфрезол с экономической точки зрения целесообразно заменить 5%-й эмульсией подсолнечного масла в воде.

Ключевые слова: ультразвуковое эмульгирование, реактор, смазочно-охлаждающая жидкость, растительное масло.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PRODUCTION OF CUTTING COOLANT BY ULTRASONIC EMULSION OF VEGETABLE OILS IN WATER AND EVALUATION OF THEIR APPLICATION EFFICIENCY

Hakobyan Kh.N.

Hakobyan Khachatur Nersesovich - Applicant,
DEPARTMENT TECHNOLOGY OF MECHANICAL ENGINEERING AND AUTOMATION,
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY OF ARMENIA, YEREVAN, REPUBLIC OF ARMENIA

Abstract: the methodology and results of experimental studies of the process of ultrasonic emulsification (USE) of sunflower oil in water are given. Mathematical models in the form of dependencies are obtained: the intensity of ultrasonic emulsification processes, concentration, density, specific heat and kinematic viscosity for the obtained two types of emulsions on the amplitude of ultrasonic vibrations, the duration of the emulsification process and the initial concentrations of oil and water. It is shown that the intensity of the process of the ultrasonic emulsification in the aqueous medium is 1.22 times greater than in the oil medium. It has been established that from the economic point of view it is advisable to replace the lubricant-coolant of sulfolfresol brand with a 5% emulsion of sunflower oil in water.

Keywords: ultrasonic emulsification, reactor, cutting fluid, vegetable oil.

УДК 621.034

Введение. Одним из важнейших элементов эффективного технологического обеспечения процессов механической обработки металлов давлением, лезвийным и абразивным инструментами наряду с обрабатываемой системой, является смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ). Основное предназначение СОЖ – улучшение условий пластического деформирования в процессе механической обработки, что способствует снижению температуры в зоне резания и очагах деформации, уменьшение износа режущего инструмента, обеспечение требуемого качества обработки с одновременным повышением ее производительности [3, 5, 8]. Однако, наряду с этим, как известно [4], СОЖ является основным источником негативного воздействия на обслуживающий персонал и загрязнения окружающей среды машиностроительными и металлургическими предприятиями, которое происходит как в течение эксплуатации, так и в процессе ее утилизации [6].

В современных производствах СОЖ получают посредством механических высокоскоростных мешалок и гомогенизаторов различных конструкций. Полученная эмульсия обладает низкой кинетической стойкостью, которая находится в пределах 2...12 часов. Более высокую кинетическую устойчивость эмульсий, достигающую до 6 месяцев и более, обеспечивают ультразвуковые методы эмульгирования масел в воде, связанное с тем, что ее дисперсность оказывается значительно меньше 1 мкм [7].

Проведенный анализ научных результатов известных исследований [1] показал, что технологические возможности процессов - (УЗЭ) масел в воде, с целью получения экологически чистой СОЖ с увеличенным сроком эксплуатации, имеют достаточно большой резерв для своего развития, в том числе совершенствованием методов их осуществления.

Целью работы является экспериментальные исследования эффективности получения смазочно-охлаждающих жидкостей, ультразвуковым эмульгированием растительных масел в воде

Материал и методы. Установлено [7], что эффективность процесса УЗЭ в течение времени снижается, но после механического перемешивания эмульсии, вновь увеличивается. Поэтому для повышения эффективности процесса УЗЭ в технологических средах устанавливают механическую мешалку, которая периодически включается и отключается, при этом в течение определенного промежутка времени работает ультразвуковой преобразователь, затем его отключают и включают механическую мешалку, и в такой последовательности цикл повторяют. Отметим, что одновременная работа механической мешалки и ультразвукового преобразователя, не способствует повышению эффективности процесса, так как потоки жидкости, образуемые лопастями механической мешалки, мешают распространению ультразвуковых колебаний (УЗК), что приводит к понижению эффективности обработки.

Очевидно, что если низкочастотные потоки жидкости в реакторе создать самим ультразвуковым преобразователем, они не будут мешать распространению УЗК в реакторе. На этом принципе работает разработанный нами новый ультразвуковой реактор [9], который имеет корпус в виде тела вращения и соосно расположенный преобразователь УЗК, к которому закреплен излучатель, находящийся в корпусе. Внутренняя поверхность основания корпуса выполнена в виде полукруглой образующей с радиусом, равным половине длины волны УЗК. При этом одна конечная точка образующей совпадает с вертикальной осью корпуса, а другая сопряжена с боковой образующей корпуса, причем нижняя торцовая часть УЗ излучателя находится на расстоянии 10...15 мм от крайней точки полукруглой образующей, совпадающей с вертикальной осью корпуса. При включении УЗК у основания емкости под действием ультразвукового давления жидкость вращается с определенной скоростью, где происходит перемешивание жидкости. Такое исполнение реактора дает возможность одновременного наложения в жидкой среде УЗ и низкочастотных колебаний, что позволяет упростить конструкцию реактора и повысить его надежность. Учитывая неоспоримые преимущества такого ультразвукового реактора, он был использован для проведения экспериментов.

Известно [1], что в процессе ультразвукового эмульгирования масла в воде, получают два вида эмульсий, первая из которой легко разбавляется в воде, вторая – в масле, что позволяет увеличить интервал их технических характеристик в широком диапазоне. Поэтому, в качестве переменных факторов процесса УЗЭ экспериментальных исследований выбраны: амплитуда УЗК – $A = 14, 25, 36$ мкм, продолжительность воздействия УЗК на жидкую среду – $t = 1, 3, 5$ мин, концентрация масла в смеси – $K = 25, 50, 75$ %: Амплитуда УЗК боковой поверхности у торца концентратора измерена посредством специально изготовленного оптического окуляра с 10^4 кратным увеличением. Продолжительность воздействия УЗК на жидкую среду устанавливалась посредством реле времени марки ВС-33 по ТУ 16-647.014-84 с регулируемыми выдержками и оцифрованной шкалой.

В качестве исследуемых параметров приняты: интенсивности q_1 и q_2 образования двух видов эмульсий в процессе УЗЭ, концентрации K_{11} и K_{21} соответственно воды и масла в первом виде эмульсии, концентрации K_{12} и K_{22} соответственно воды и масла во втором виде эмульсии, средние плотности ρ_{cp1} и ρ_{cp2} – соответственно первого и второго вида эмульсий, удельные теплоемкости C_1 и C_2 – соответственно первого и второго вида эмульсий, кинематические вязкости ξ_1 и ξ_2 – соответственно первого и второго вида эмульсий.

Интенсивности q_1 и q_2 образования двух видов эмульсий в процессе УЗЭ определены по изменению их объемов в течение 1 мин, которые рассчитаны по высоте столба эмульсии, измеренные штанген рейсмусом точностью 0,05 мм после выдержки эмульсий в течение 24 часа. Кинематические вязкости ξ_1 и ξ_2 эмульсий измерены вискозиметром марки ВПЖТ согласно ГОСТ 33-2000. Остальные характеристики рассчитаны по известным формулам [10]:

Экспериментальные исследования процесса УЗЭ проведены для двух масел: подсолнечного и оливкового, выбор которых обусловлен тем, что оливковое масло до 5...6 раза дороже подсолнечного, что позволило при разработке рекомендаций для промышленного внедрения результатов проведенных исследований учесть и стоимость масла. Проведены также экспериментальные исследования по применению первого вида эмульсий подсолнечного и оливкового масел в воде в качестве СОЖ и оценке их основных эксплуатационных характеристик (охлаждающих и смазывающих), при обточке серого чугуна марки СЧ20 (ГОСТ 1412-85, НВ190) проходным резцом, оснащенного пластинкой твердого сплава марки ВК6. Охлаждающие свойства СОЖ определены по средней температуре в зоне резания, а смазывающие – по измеренной величине составляющей силы резания P_z . Исследования проведены для СОЖ с концентрацией масла в воде $K_{21} = 0\%, 1\%, 2\%, 3\%, 4\%, 5\%, 10\%, 15\%, 20\%$.

Эксперименты проведены на токарно-винторезном станке 1К62 со следующими режимами резания: скорость резания $V=100,5$ м/мин, подача $S_o=0,34$ мм/об, глубина резания $t=2$ мм. Составляющая силы резания P_z и средняя температура в зоне резания измерены посредством современного стенда STD.201-1 с компьютерным интерфейсом, позволяющим в реальном времени осуществлять сбор результатов экспериментов.

Результаты и выводы

На основе известного метода исследования экстремальных технологических процессов [2], интервалы варьирования всех переменных факторов процесса УЗЭ были разделены на два равнозначных подинтервала, подинтервалы третьей переменной были приняты как взаимовлияния подинтервалов первой и второй переменной. Каждый подинтервал первой и второй переменных был принят в качестве новой переменной и составлен план экспериментов для четырех новых факторов. Число экспериментальных точек равно $N = 2^4 = 16$, которое после выявления одинаковых условий проведения эксперимента сократилось до $N = 10$. Это позволило получить упрощенную математическую модель для описания процесса УЗЭ от трех переменных факторов в натуральных значениях с учетом их взаимодействий в виде:

$$Y = A_0 + A_1A + A_2t + A_3K + A_{11}A^2 + A_{12}At + A_{22}t^2 + A_{33}K^2 + A_{112}A^2t + A_{122}At^2,$$

где Y – исследуемый параметр, $A_0, A_1, A_2, A_3, A_{11}, A_{12}, A_{22}, A_{33}, A_{112}, A_{122}$ – постоянные коэффициенты, для определения которых получены соответствующие расчетные формулы [10].

Обработка результатов проведенных экспериментальных исследований посредством разработанной программы в среде LabView позволила получить следующие математические модели в процессе УЗЭ подсолнечного масла в воде:

$$q_1 = 53,37 - 2,5A - 53,38t + 2,04K + 0,04A^2 + 5,355At + 7,49t^2 - 0,018K^2 - 0,07A^2t - 0,32At^2 \text{ мм/мин},$$

$$q_2 = -73,53 + 7,39A + 1,63t + 1,99K - 0,11A^2 + 0,82At + 2,2t^2 - 0,02K^2 - 0,013A^2t - 0,025At^2 \text{ мм/мин},$$

$$K_{21} = -4,913 + 0,09A + 5,437t - 0,004K + 0,00A^2 - 0,106At - 0,142t^2 + 0,001A^2t + 0,013At^2 \%,$$

$$K_{22} = 104,524 - 0,213A - 4,228t + 0,042K + 0,001A^2 + 0,1At - 0,046t^2 - 0,001K^2 - 0,001A^2t - 0,01At^2 \%,$$

$$C_1 = 4440 - 12,27A - 199t + 3,25K + 0,14A^2 + 3,62At + 4,91t^2 - 0,05K^2 - 0,058A^2t - 0,12At^2 \text{ кДж/кг}^0\text{C},$$

$$C_2 = 1655,2 + 4,5A + 118t - 1,28K + 0,01A^2 - 2,32At - 0,68t^2 + 0,02K^2 + 0,02A^2t + 0,24At^2 \text{ кДж/кг}^0\text{C},$$

$$\rho_1 = 1004,524 - 0,052A - 4,082t - 0,042K - 0,002A^2 + 0,94At + 0,049t^2 + 0,001A^2t - 0,01At^2 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_2 = 923 - 0,5A + 0,134t + 0,11K + 0,011A^2 + 0,09At + 0,446t^2 - 0,001K^2 - 0,001A^2t + 0,007At^2 \text{ кг/м}^3,$$

$$\xi_1 = -4,983 + 0,093A + 5,45t - 0,003K + 0,002A^2 - 0,106At - 0,144t^2 + 0,001A^2t + 0,009At^2 \text{ мм}^2/\text{с}.$$

Аналогичные модели получены на основе экспериментальных результатов процесса УЗЭ оливкового масла в воде. Проверка всех полученных зависимостей по F критерию Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$ показала, что все полученные модели адекватны, что подтвердило правильность выбора математической модели для описания процесса УЗЭ.

Анализ полученных математических моделей показал, что интенсивность протекания процесса УЗЭ в водной среде в 1,22 раза больше, чем в масляной, что обусловлено выбранной схемой распространения УЗК - от масляной в жидкую среду. Наибольшее воздействие на интенсивность, концентрацию, плотность, удельную теплоемкость и кинематическую вязкость полученных в процессе УЗЭ подсолнечного и оливкового масел в воде двух типов эмульсий оказывают амплитуда и продолжительность воздействия УЗК. Полученные модели могут быть использованы в качестве функций управления процессом УЗЭ подсолнечного и оливкового масел в воде.

Результаты экспериментов по определению охлаждающих и смазывающих свойств первого вида эмульсий оливкового и подсолнечного масла в воде в виде графиков зависимостей средней температуры $T_{ср}$ в зоне резания и составляющей силы резания P_z от концентрации масла K_{21} с выявленными регрессионными уравнениями, определенными методом наименьших квадратов, приведены соответственно на рис. 1 (а и б).

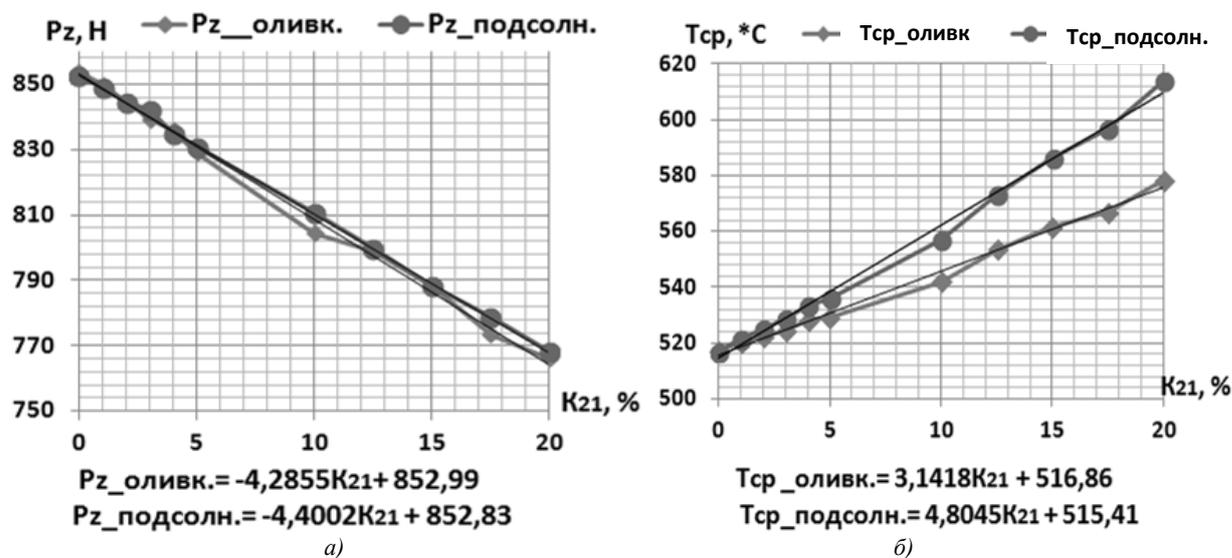


Рис. 1. Графики зависимостей: а)- средней температуры $T_{ср}$ в зоне резания, б)- составляющей силы резания P_z от концентрации масла в первом виде эмульсии

Анализ результатов этих исследований показывает, что смазочные и охлаждающие свойства первого типа 5%-ой эмульсий оливкового и подсолнечного масел в воде, полученных УЗЭ, практически отличаются незначительно. Учитывая, что цена оливкового масла в 5...6 раз дороже цены подсолнечного масла, для внедрения в производствах механической обработки в качестве СОЖ наиболее целесообразно применение эмульсии подсолнечного масла в воде первого типа.

Сравнение качественных показателей СОЖ марки сульфозфрезол (ГОСТ 122-54) и 5%-й эмульсии подсолнечного масла в воде, показали, что нашедшее широкое применение СОЖ марки сульфозфрезол можно заменить 5%-й эмульсией подсолнечного масла в воде, так как ее качественные показатели не уступают качественным показателям сульфозфрезола, она не содержит вредных веществ, легко разводится водой, не представляет опасности для оператора и обслуживающего персонала, более чем в 20 раз дешевле сульфозфрезола и не требует дополнительных расходов на утилизацию. Полученные в результате УЗЭ масла в воде эмульсии можно использовать также для создания рабочей жидкой среды с необходимыми охлаждающими свойствами для процессов термообработки металлов.

Заклучения.

Выявлено, что интенсивность протекания процесса УЗЭ в водной среде в 1,22 раза больше, чем в масляной, что обусловлено выбранной схемой распространения УЗК от масляной в жидкую среду. Показано, что наибольшее воздействие на интенсивность, концентрацию, плотность, удельную теплоемкость и кинематическую вязкость полученных в процессе УЗЭ растительных масел в воде двух типов эмульсий оказывают амплитуда и продолжительность воздействия УЗК.

Установлено, что СОЖ марки сульфозфрезол (ГОСТ 122-54) с экономической точки зрения целесообразно заменить 5%-й эмульсией подсолнечного масла в воде, которая более чем в 20 раз дешевле сульфозфрезола и не требует дополнительных расходов на утилизацию. Полученные в результате УЗЭ масла в воде эмульсии можно использовать также для создания рабочей жидкой среды с необходимыми охлаждающими свойствами для процессов термообработки металлов.

Список литературы / References

1. Баласаян А.Б. Повышение эффективности процесса эмульгирования наложением колебательных полей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.02 / Государственный инженерный университет Армении. Ер., 2006. 21 с.
2. Баласаян Б.С., Маляренко А.Д., Баласаян А.Б., Акоюн Х.Н. Уточненный механизм процесса ультразвукового эмульгирования масла в воде / Вестник ГИУА. Серия «Механика, Машиноведение, Машиностроение». Ер., 2014. Вып. 17. № 1. С. 77-85.
3. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.
4. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. М.: Фаир-Пресс, 2002. 336 с.
5. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. М.:Машиностроение,1975. 88 с.
6. Румянцева Т.А., Чугай Г.Н., Караулов А.К. Развитие процессов старения при эксплуатации водных смазочно-охлаждающих жидкостей // Химия и технология применения новых смазочных материалов. М., 1979. С. 44-48.
7. Фридман В.М. Исследование интенсификации физико-химических процессов систем Ж-Ж и Ж-Г при воздействии акустических колебаний и разработка акустической химико-технологической аппаратуры . Автореф. Дис. На соиск. учен. Степени д-ра техн. Наук. - М., 1975. С. 14-22.
8. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. М.: Машиностроение, 1977. 189 с.
9. ՀՀ թիվ 2166 А2 արտոնագիր. Անդրաձայնային ռեակտոր / Բ.Ս. Բալասայան, Ս.Ը. Խրիստաֆորյան, Խ.Ն. Հակոբյան և ուր, 2008. 8 էջ :
10. Գրիգորյան Վ.Ը., Մամյան Ս.Ս., Հակոբյան Խ.Ն., Բալասայան Բ.Ս. Մեքենամատերի ջերմամշակման նպատակով հատուկ տեխնոլոգիական միջավայրերի ձևավորման հնարավորությունները ուղտրաձայնային էմուլզացիայի // ՀԳՅ (Պոլիտեխնիկ). Լրաբեր գիտական հոդվածների ժողովածու . – Երևան, 2017. № 2. Էջ 625-632: