УДК: 541.18.57
doi 10.18101/978–5–9793–0803–6–63–69

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА МЕДИ В БАЗОВОМ МОТОРНОМ МАСЛЕ

© ***Хитерхеева Надежда Сергеевна***, кандидат технических наук, доцент
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ
E-mail: kite69@yandex.ru

© ***Номоев Андрей Валерьевич***, доктор физико-математических наук, доцент,
и. о. проректора по научно-исследовательской работе
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ
E-mail: nomoevav@mail.ru

© ***Бадмаев Саян Санжиевич***, кандидат технических наук, доцент,
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ
E-mail: sayan75@mail.ru.

© ***Батороев Сократ Баторович***, аспирант
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ
E-mail: sokrat_batoroev@mail.ru.

© ***Радов Валерий Владимирович***, соискатель
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ

В статье приведены результаты экспериментов по диспергированию наноразмерного порошка меди в базовом моторном масле. Исследования проводились на ультразвуковой установке ООО «Ультразвуковая техника — Инлаб» (г. Санкт-Петербург). Установка позволяет работать в режиме кавитации на резонансной частоте ≈ 23 кГц. Мощность ультразвуковой установки составляет 630 Вт. Наноразмерный порошок меди для опытов был получен путем испарения исходного вещества под воздействием электронного пучка, созданного электронным ускорителем. Для исследования седиментационной устойчивости полученных суспензий был использован спектрофотометр СФ-56. Показания снимали по разнице пропускания света между исследуемыми образцами и базовым маслом. Результаты исследований показали, что время воздействия ультразвука имеет значение. Во взвешенном состоянии при 3 минутах воздействия сохраняется больше наноразмерных частиц, чем при 1 минуте.
Ключевые слова: наноразмерный порошок; ультразвук; акустическая кавитация; базовое моторное масло; диспергирование; седиментация.

FEATURES OF ULTRASONIC DISPERSION
OF NANOSIZED COPPER POWDER IN BASE MOTOR OIL

Nadezhda S. Khiterkheeva, Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Andrey V. Nomoev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
Acting Vice Rector for Research Work, Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Sayan S. Badmaev, Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Sokrat B. Batoroev, Graduate Student, Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Valery V. Radov, External Doctoral Candidate, Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

The results of experiments on the dispersion of nano-sized copper powder in the base motor oil are presented in the paper. Ultrasonic installation of "Ultrasonic technique — INLAB" (St. Petersburg) has been used. Installation allows working in a mode of cavitation at a resonant frequency ≈ 23 kHz. The power of the ultrasound unit is 630 watts. Nano-sized copper powder for the experiments was obtained by evaporation of the starting material under the influence of the electron beam produced by an electron accelerator. To investigate the stability of the suspensions on the sedimentation SF-56 spectrophotometer has been used. Readings have been taken from the difference between the light transmittance of the test samples and the base oil. The results showed that the time of ultrasound exposure is important. In the suspended state more nanoscale particles at 3-minute exposure are preserved than at 1 minute.
Keywords: nano powder, ultrasound, acoustic cavitation, base motor oil, dispersion, sedimentation.

При современном уровне развития двигателестроения использование масла без присадок (добавок) практически невозможно, т. к. невозможно создание масел, которые обеспечили бы эффективную защиту двигателя и одновременно не разрушались в течение длительного времени. Практически все товарные автомобильные масла выпускаются с присадками, их число достигает до 8 различных соединений, а общее массовое содержание — до 25 %. Эффективность действия присадок обусловливается их химическими свойствами и концентрацией в смазочных материалах, а также приемистостью последних к добавкам.

Известны работы, в частности [1; 2], в которых изучены медьсодержащие присадки к моторным маслам. Исследовалось влияние ультрадисперсного порошка меди, входящего в состав присадки к моторным маслам «Гарант-М», на структуру поверхности трения, коэффициент трения и износ испытуемого образца.

Экспериментально изучено, что частицы меди, попадающие в зазор, снижают напряжения в пятнах касания и препятствуют возникновению колебаний прилегающих к контакту объемов из-за высоких демпфирующих свойств меди. Тем самым в поверхностном слое снижается вероятность образования мезовихрей и, следовательно, частиц износа. Кроме того, уменьшается адгезионное взаимодействие между поверхностями основного материала за счет присутствия пластичного металла в зоне трения и увеличивается фактическая площадь контакта. Как следствие, ускоряется процесс приработки при трении.

Для использования металлосодержащих присадок в моторное масло необходимо, чтобы частицы были как можно меньше в размере (наноразмерны) и хорошо диспергированы. Для решения этих задач был использован метод ультразвукового диспергирования в режиме акустической кавитации. Этот способ широко известен. Хорошо зарекомендовал себя в нанотехнологии [3; 4].

Эксперименты по диспергированию наноразмерного порошка меди в базовом моторном масле проводились на ультразвуковой установке ООО «Ультразвуковая техника — Инлаб» (г. Санкт-Петербург). Установка позволяет обрабатывать жидкости и детали в емкости пользователя, устанавливаемой на штативном столике. Она состоит из ультразвукового генератора ИЛ10–0,63; магнитострикционного преобразователя; сменных волноводов; емкости для обрабатываемой жидкости; штатива для крепления магнитострикционного преобразователя и регулирования положения волновода в емкости; шланги для подвода охлаждающей жидкости; соединительные провода от генератора к магнитострикционному преобразователю. Установка позволяет работать в режиме кавитации на резонансной частоте ≈ 23 кГц. Мощность ультразвуковой установки составляет 630 Вт.

Постановка эксперимента:

– в емкость заливали жидкость;

– подбиралась резонансная частота для исследуемой жидкости (базовое моторное масло);

– добавлялся наноразмерный порошок меди в необходимом количестве (исследовался 0,5 % состав);

– проводился процесс диспергирования на подобранной резонансной частоте в режиме акустической кавитации;

Фотография общего вида лабораторной установки представлена на рисунке 1.

Были получены 3 образца суспензии наноразмерного порошка меди в базовом моторном масле для исследований:

1. Образец № 1: механическое перемешивание; время — 5 минут.
2. Образец № 2: температура до диспергирования t = 25 ^{0}C; температура после диспергирования в режиме акустической кавитации t = 40 ^{0}C; частота ультразвуковых колебаний H = 22 900 Гц; время диспергирования 1 минута.
3. Образец № 3: температура до диспергирования t = 25^{0}C; температура после диспергирования в режиме акустической кавитации t = 67 ^{0}C; частота ультразвуковых колебаний H = 23 000 Гц; время диспергирования 3 минуты.

Рис. 1. Общий вид лабораторной установки

Наноразмерный порошок меди для опытов был получен на базе ИТПМ СО РАН и ИЯФ СО РАН. Процесс основан на испарении исходного вещества под воздействием электронного пучка, созданного электронным ускорителем [5]. Фотография наноразмерного порошка меди представлена на рисунке 2.

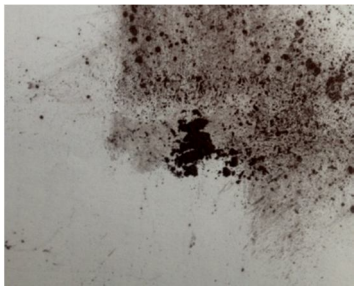

Рис. 2. Фотография наноразмерного порошка меди

Для исследования устойчивости полученных образцов суспензий к седиментации был использован спектрофотометр СФ-56, находящийся в лаборатории физики наносистем (БГУ). Показания снимали по разнице пропускания света между исследуемыми образцами и базовым маслом, степень пропускания которого составляла 100 %. На рисунке 3 представлены параметры исследований.

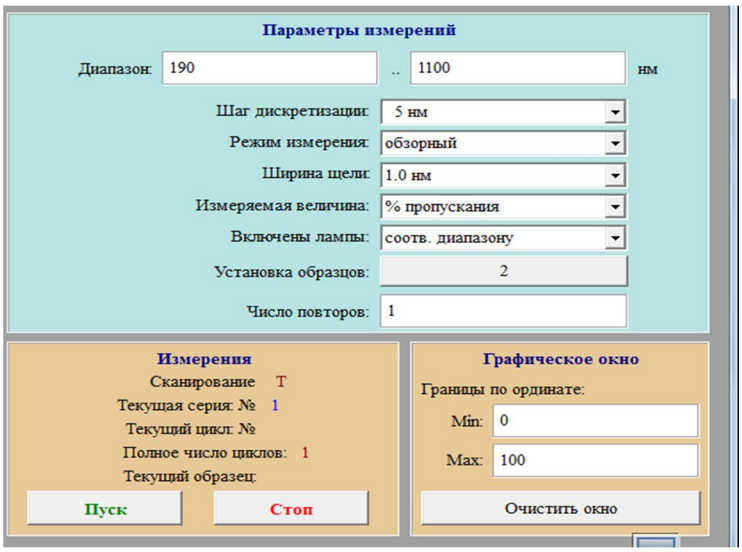

Рис. 3. Параметры исследования с помощью спектрофотометра

Анализ полученных образцов с помощью спектрофотометра проводили на второй день после приготовления образцов и повторно 2 раза с интервалом 7 дней. Графики, полученные с помощью программы обработки, представлены на рисунках 4, 5 и 6.

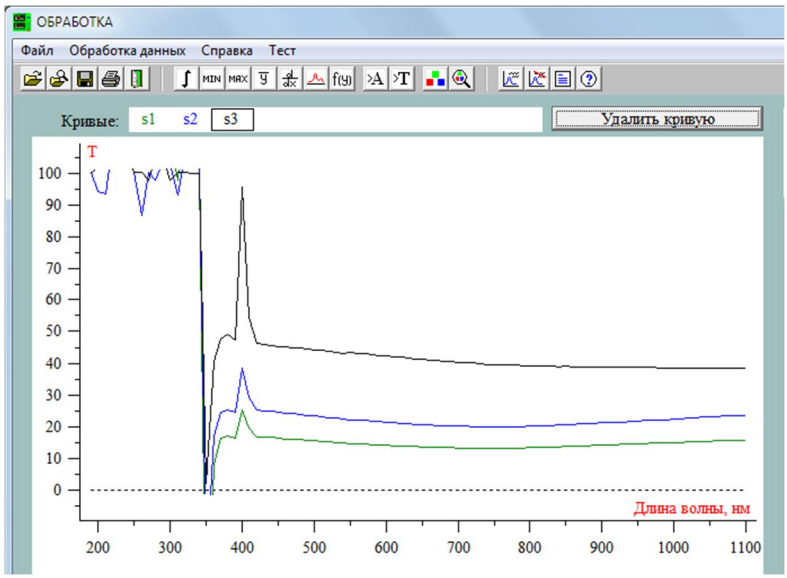

Рис. 4. График, полученный на второй день после диспергирования

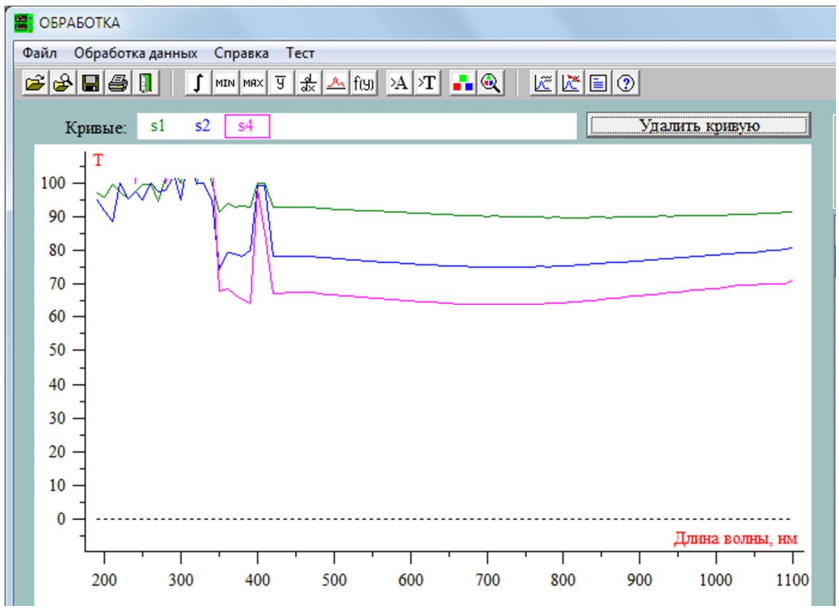

Рис. 5. График, полученный через неделю после первого измерения

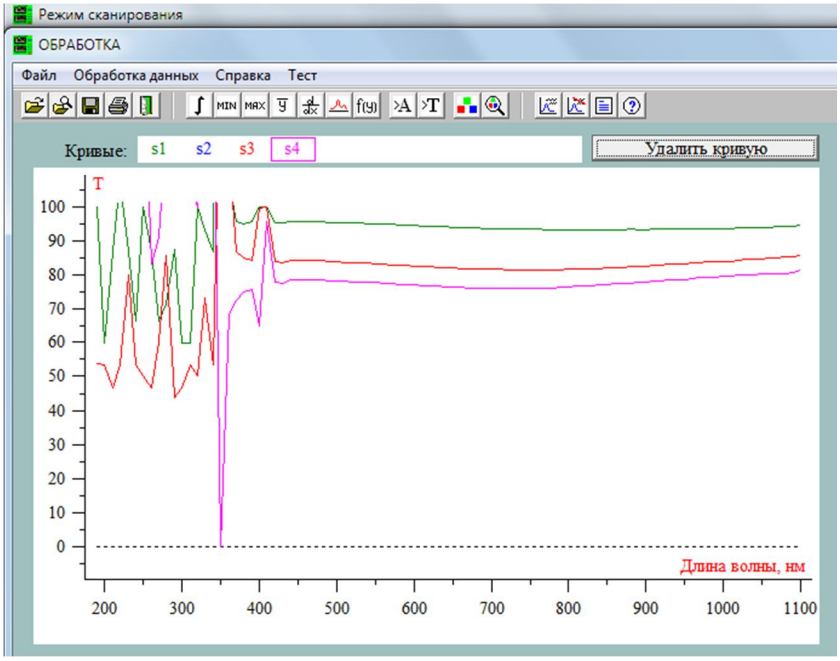

Рис. 6. График, полученный через неделю после второго измерения

Обсуждение результатов

На всех трех графиках кривые расположены одна под другой. Верхняя кривая соответствует механическому перемешиванию нанопорошка меди в масле. Нижняя кривая соответствует исследованию образца № 3, время воздействия на который в режиме акустической кавитации составило 3 минуты. Между верхней и нижней кривой расположена линия, соответствующая образцу № 2 (время воздействия ультразвука 1 минута).

Как видно из графиков, наибольший процент пропускания света имеет образец № 1 (верхняя линия) (40, 90, 95 % соответственно). Наименьший процент во всех трех измерениях имел образец № 3 (15, 65, 75 %). Процент пропускания света образца № 2 имеет промежуточные значения (20, 75, 80 %).

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. В базовом моторном масле достигается режим акустической кавитации при частоте ультразвуковых колебаний примерно Н = 23 000 Гц.
2. Суспензия, полученная при воздействии ультразвука, более устойчива к седиментации.
3. Время воздействия ультразвука имеет значение, поскольку при 3 минутах во взвешенном состоянии сохраняется больше наноразмерного порошка, чем при 1 минуте. Этот факт доказывается результатами исследований на спектрофотометре.
4. Время обработки суспензии на основе базового моторного масла ультразвуком в режиме акустической кавитации при однократном воздействии ограничено 4 минутами, так как происходит сильный нагрев жидкости.

Литература

1. Аметов В. А., Спирин Е. Н. Оценка влияния металлосодержащих присадок на работоспособность трибосистемы ДВС-масло / // Вестник ТГАСУ. 2002. С. 27–31.
2. Аметов В. А. Повышение эксплуатационной надежности агрегатов автотранспортных средств путем контроля и модифицирования смазочного масла: дис. … д-ра техн. наук. Тюмень, 2006. 382 с.
3. United States Patent No.: US 7157058 B2: «High power ultrasonic reactor for sonochemical applications».
4. Sesis, Achilleas; Hodnett, Mark; Memoli, Gianluca, 2013. Influence of Acoustic Cavitation on the Controlled Ultrasonic Dispersion of Carbon Nanotubes. JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY, B Volume: 117 Issue: 48 Pages: 15141–15150.
5. Получение нанопорошков испарением исходных веществ наускорителе электронов при атмосферном давлении / С. П. Бардаханов [и др.] // Доклады Академии наук. 2006. Т. 409, № 3. С. 320–323.