

НАНОЖИДКОСТИ (Nanofluids)

«Видеть случалось мне, что прыгают в медных сосудах Самофракийские кольца с опилками вместо железа, бурно бушуют, когда под сосудом камень магнитный ...»

*Тит Лукреций Кар.
«О природе вещей»*



На первый взгляд понятие «наножидкость» кажется абсурдным, ведь и без того хорошо известно, что жидкости имеют молекулярную природу, а размер молекул редко превышает 1 нм. Но в действительности, когда ученые рассуждают о наножидкостях, речь идет о более сложных системах, чем простая вода. Наножидкости представляют собой частный случай ультрадисперсных систем с жидкой дисперсионной средой. Если в одной жидкости «растворены» капли другой, то в зависимости от размера капель она носит название микро- или **наноземлюлинии**, если же в ней равномерно распределены твердые наночастицы, то такую систему называют золею или **коллоидным раствором наночастиц**. Ежедневно вы сталкиваетесь со многими примерами наножидкостей, возьмем хотя бы самый обычный чай или кофе, который вы, наверняка, пили сегодня за завтраком. Если в чашку чая посветить лазерной указкой, то можно увидеть, как через объем жидкости

проходит лазерный луч (эффект Тиндаля), повторив же эксперимент с отфильтрованной чистой водой, подобный эффект вы наблюдать не будете. Дело в том, что чай относится к коллоидным растворам, которые содержат взвешенные в объеме растворителя твердые наночастицы, в общем случае, размером от 1 до 100 нм, на которых в рассмотренном эксперименте, собственно, и происходит рассеяние луча лазера – потому-то его и хорошо видно. При получении таких наножидкостей используют высокодисперсные порошки стабильных металлов, их оксидов и др. В качестве жидкой фазы чаще всего выступают водные растворы, содержащие различные органические добавки и соли. Действие таких добавок во многом сходно с действием мыла или знаменитого «Fairgu». Их роль заключается в предотвращении слипания частиц и их стабилизации во взвешенном состоянии, достигаемом за счет изменения физико-химических свойств поверхности при адсорбции органических молекул и высокозаряженных ионов. В противном же случае агрегация частиц приводит к быстрому выпадению их в осадок.

Наножидкости зачастую проявляют необычные свойства. Например, тепловые наножидкости способны эффективно переносить тепловую энергию с минимальными потерями. Известно, что добавление всего лишь 5 объемных % наночастиц оксида меди увеличивает эффективную теплопроводность воды на 20%, а небольшой процент углеродных нанотрубок в теплоносительной жидкости изменяет ее теплопроводность в несколько раз. Еще более широко известны так на-

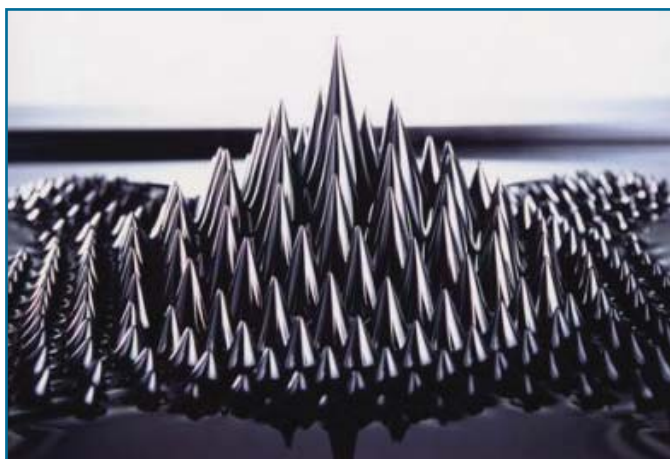


Рис. 1. Фотография магнитной жидкости, помещенной в магнитное поле

зываются магнитные наножидкости, которые позволяют контролировать поведение жидкой фазы (рис. 1). Дисперсная фаза магнитных наножидкостей представляют собой однодоменные магниты, случайно распределенные в объеме дисперсионной среды. При наложении магнитного поля моменты отдельных частиц выстраиваются по направлению поля, и жидкость намагничивается. В сильных полях возможно даже движение магнитных частиц в магнитном поле, создающее поток жидкости в заданном направлении. Магнитоуправляемые наножидкости, удерживаемые магнитным полем, способны обеспечить абсолютную герметизацию вакуумных устройств. Поэтому их активно используют для герметизации вводов, обеспечивающих вращательное,

колебательное и другие виды движения в технологических процессах, требующих поддержания глубокого вакуума, а именно, в производстве полупроводников, при напылении металлов, вакуумной сушке, в электронных микроскопах, вакуумных печах, массспектрометрах и т.д.

Магнитные жидкости, содержащие наночастицы железа или его оксидов, используют в системах адресной доставки лекарственных препаратов в поврежденные органы (см. *Бионанотехнологии* и *Наномедицина*). Аналогичные наноматериалы применяют для борьбы со злокачественными опухолями методом гипертермии: попав в опухоль, магнитные наночастицы убивают раковые клетки за счет локального разогрева поврежденной области в переменном магнитном поле. Рентгеноконтрастные наножидкости на основе танталата иттрия, «видимые» в рентгеновских лучах, позволяют получать изображение внутренних органов.

Интересен тот факт, что даже природа использует магнитные жидкости. Ученые предполагают, что в носу форели находятся клетки, содержащие суспензии наночастиц магнетита, благодаря которым рыба способна ориентироваться в пространстве. Дело в том, что изменение ее положения относительно магнитного поля Земли приводит к изменению направления намагниченности ферромагнитной жидкости, которое обрабатывается мозгом форели и дает информацию о ее ориентации.

Литература:

1. Ejjikel J.C.T., van den Berg A. Nanofluidics: what is it and what can we expect from it? // *Microfluid Nanofluid*. 2005. Vol. 1. P. 249–267.
2. Материалы по тепловым наножидкостям <http://www.energy.kth.se>