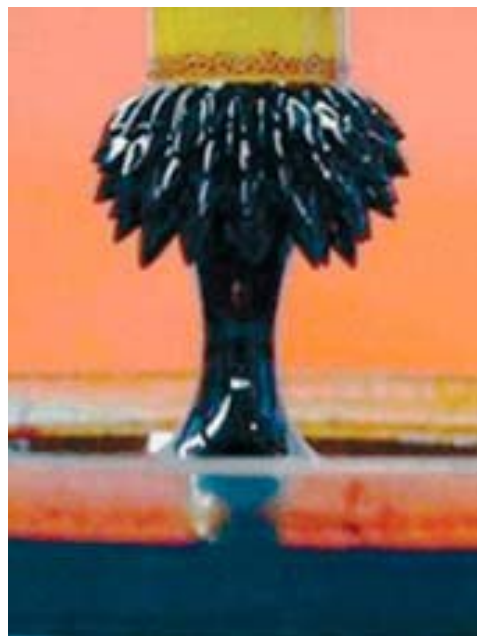


Магнитная жидкость

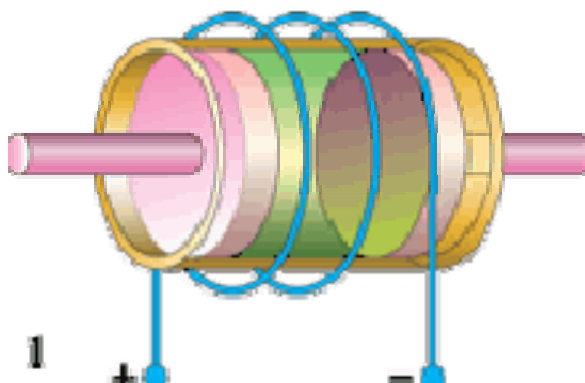
И. Сенатская, Ф. Байбуртский

Удивительную жидкость, которая притягивается к магниту, образуя что-то вроде ежа, можно получить самостоятельно.

Читатели безусловно знают, что абсолютно все вещества взаимодействуют с магнитным полем. Большинство веществ притягиваются магнитом, некоторые — отталкиваются. Но во многих случаях это взаимодействие настолько слабо, что его удаётся обнаружить только приборами. А можно ли усилить магнитные свойства материала, сохранив при этом другие его характеристики? К примеру, инженеры давно мечтают о системах, которые позволили бы придать некоторым веществам или телам магнитные свойства, при этом абсолютно не разрушая их структуры и мало изменяя их исходные свойства. Наш рассказ о магнитных жидкостях.



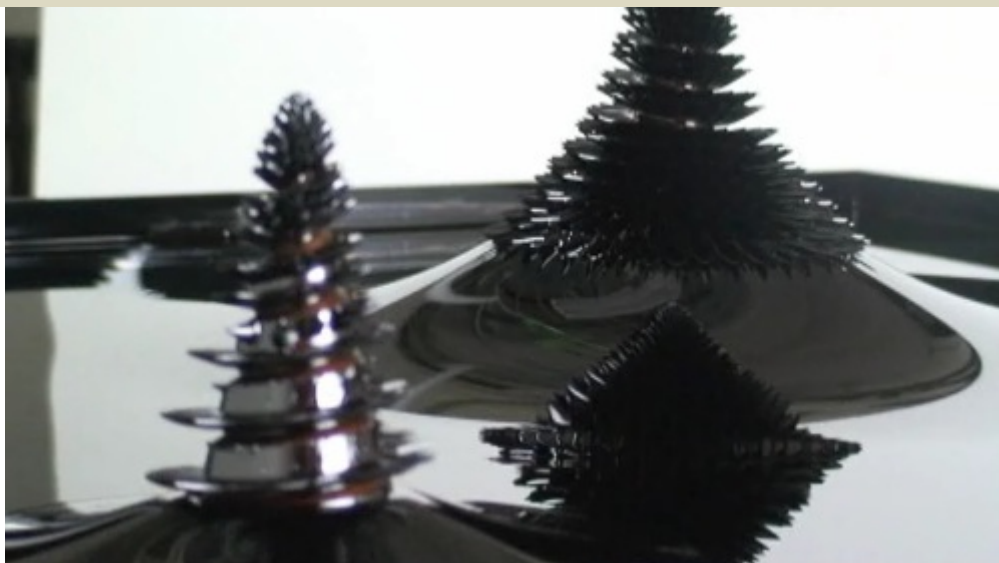
Много лет назад была запатентована оригинальная конструкция механической муфты — устройства для передачи вращения от одного вала к другому. Муфта содержала смесь железного порошка и масла. Под действием магнитного поля, создаваемого электрическим током, проходящим по катушке, жидкость „твердела“, и тогда два вала начинали работать как единое целое. При отсутствии же поля крутящий момент не передавался. Все бы хорошо, не будь такая жидкость капризной: то в ней появлялись комки, то она вдруг не хотела твердеть. Потому магнитные порошковые муфты долго не находили применения (1).



Всё изменилось, когда за дело взялись химики и создали устойчивые магнитные жидкости, обладающие хорошей текучестью. В них вводили столь мелкие магнитные частицы, что они никогда не оседали и не сбивались в комок.

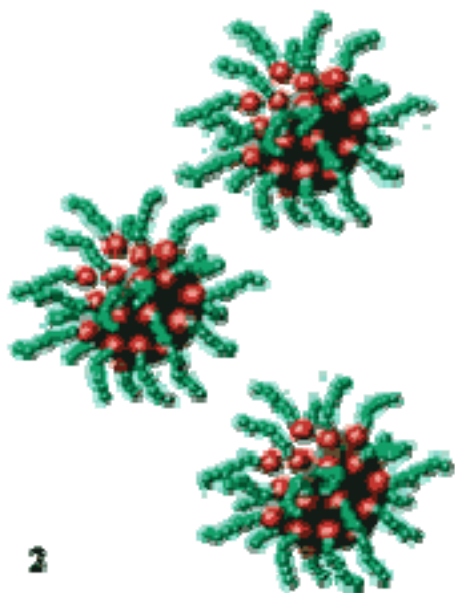


Так что же это такое — магнитная жидкость?



магнитная жидкость (nmm.ru)

Магнитные жидкости представляют собой коллоидные дисперсии магнитных материалов (ферромагнетиков: магнетита, ферритов) с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров, стабилизированные в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ или полимеров. Они сохраняют устойчивость в течение двух-пяти лет и обладают при этом хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами (2).



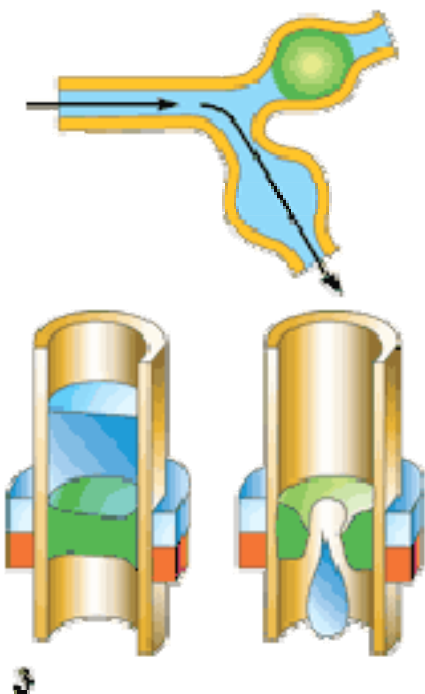
Синтез магнитных жидкостей включает в себя стадии получения частиц очень малых размеров, их стабилизацию в соответствующей жидкости-носителе и испытание полученной дисперсии в гравитационном и магнитном полях.

Способов получения магнитных жидкостей много. Одни основаны на размельчении железа, никеля, кобальта до сотых долей микрона с помощью мельниц, дугового или искрового разряда, с применением сложной аппаратуры и ценой больших затрат труда. А поэтому мы предлагаем воспользоваться другим способом, который разработали отечественные учёные М.А. Лунина, Е.Е. Бибик и Н.П. Матусевич. Он подробно описан в конце статьи. А пока поговорим о вариантах практического применения магнитной жидкости.



Все они основаны на эффектах, которые никаким другим способом создать невозможно. Начнём с самого простого. Довольно часто разнообразные жидкости используются в технике для передачи силы или энергии. Например, ковш небольшого экскаватора приводится в действие давлением масла, поступающего в гидроцилиндры. Главные элементы гидравлической техники — краны, вентили, золотники и клапаны, способные в нужный момент прервать или, наоборот, разрешить течение жидкости. Хотя их делают уже давно, ни один кран надёжным не назовёшь: его детали подвержены износу. Магнитные жидкости могут перекрывать канал или регулировать расход жидкости, а также менять направление её потока в трубопроводе (3).

В расширенную часть трубы при помощи внешнего магнита вводят и удерживают



там магнитную жидкость. Она играет роль перекрывающего клапана: один канал закрыт, и жидкость по нему не протекает. Если с помощью магнита перевести магнитную жидкость в другой канал трубопровода и перекрыть его, освободится первый. Таким же образом можно регулировать поток жидкости в трубопроводе, предварительно установив на заданном участке трубы электромагнит и введя небольшое количество магнитной жидкости. Поскольку труба расположена вертикально, жидкая среда, накапливающаяся над магнитно-жидкостным клапаном, удерживается до определённого уровня. Как только он будет превышен, клапан под действием силы тяжести

начнет отрываться и жидкость будет просачиваться вниз. Особенность устройства состоит в том, что после пробоя вниз проходит только избыточная часть жидкости, а определённый её объём удерживается над клапаном.

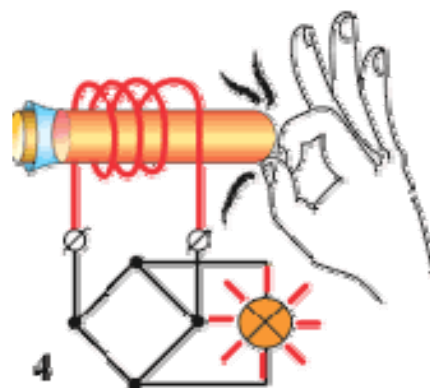
А вот ещё один вариант использования магнитных жидкостей. Инженеры считают, что автомобиль может обойтись без коробки передач, если на вал двигателя поставить маховик и кратковременно, сотни раз в секунду, подключать мотор к колёсам. Однако все попытки создать такую систему (её называют импульсной передачей) наталкивались на низкую долговечность переключающего устройства. Магнитно-жидкостные же муфты сцепления практически не изнашиваются и позволяют создать автомобиль с очень низким расходом топлива. Кроме того, магнитная жидкость на



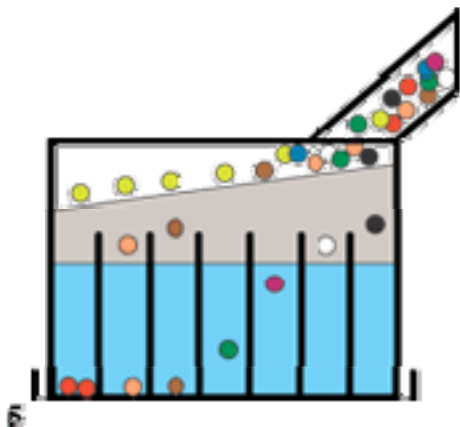
основе машинных масел или смазочно-охлаждающих материалов служит прекрасным герметизатором в различного рода уплотнениях, подшипниках трения и качения, сложных узлах станков и машин. Установленные по периметру уплотнения маленькие магниты не позволяют жидкости вытекать из зазора, и работоспособность устройства увеличивается в пять раз!

А преобразовать энергию колебательного движения в электрическую позволяет устройство, представляющее собой катушку, внутри которой находится ампула с магнитной жидкостью (4).

Малейший толчок или изменение наклона приводит к перетеканию жидкости, а значит, и к изменению магнитного потока. Катушка соединена с накопителем энергии (в данном случае — с конденсатором) через выпрямитель. Развиваемое напряжение зависит от числа витков катушки. Подобное устройство может снабжать энергией миниатюрный радиоприёмник или электронные часы. Оно способно преобразовывать удары капель дождя по крыше в электрический ток и получать таким образом даровую энергию.

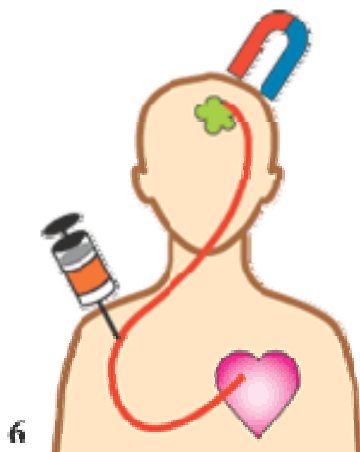


Явление плавания тяжёлых тел под действием неоднородного магнитного поля, погруженных в магнитную жидкость, позволило использовать магнитные жидкости в горно-обогатительных процессах. Неоднородное магнитное поле приводит к уплотнению магнитной жидкости, вследствие чего всплывают немагнитные частицы высокой плотности — медные, свинцовые, золотые. Поскольку неоднородность магнитного поля легко изменять в широких пределах, можно заставить плавать частицы определённой плотности. Это стало основой для создания технологии магнитной сепарации руд по плотностям. Смесь частиц различной плотности падает на слой магнитной жидкости, висящий между полюсами электромагнита. Ток в электромагните можно подобрать так, чтобы лёгкие частицы смеси всплывали в магнитной жидкости, а тяжёлые — тонули. Если установить полюса электромагнита наклонно, лёгкие частицы станут двигаться вдоль поверхности слоя и процесс разделения смеси станет непрерывным: тяжёлые частицы провалятся сквозь слой магнитной жидкости и попадут в один приёмник, а лёгкие частицы скатятся по её поверхности в другой (5).



Когда обычные смазочно-охлаждающие жидкости и способы их подачи неприменимы, магнитные жидкости можно использовать в механизированном ручном инструменте, при работе на большой высоте, в замкнутом изолированном пространстве и других особых условиях. По механизму воздействия на процесс резания магнитные жидкости аналогичны смазочно-охлаждающим материалам, но в зону резания их можно подавать магнитным полем. Под его влиянием повышается смачиваемость и усиливается расклинивающее давление, интенсифицируется смазочное действие, так как улучшаются условия проникновения магнитной жидкости на поверхности контакта. Магнитные жидкости оказывают более сильное охлаждающее действие, так как по теплоёмкости и теплопроводности превосходят все смазочно-охлаждающие материалы. При сверлении отверстий в титановых и алюминиевых сплавах немагнитная стружка, смазанная магнитной жидкостью, притягивалась к намагниченному сверлу и легко удалялась из отверстия. Это явление позволяет собирать остатки немагнитных металлов и абразивной пыли, образуемой при шлифовке поверхности.

Магнитные жидкости могут найти применение и в медицине. Противоопухолевые препараты, к примеру, вредны для здоровых клеток. Но если их смешать с магнитной жидкостью и ввести в кровь, а у опухоли расположить магнит, магнитная жидкость, а вместе с ней и лекарство сосредоточиваются у поражённого участка, не нанося вреда всему организму (6)¹.



Магнитные коллоиды можно применять в качестве контрастного средства при рентгенокопии. Обычно при рентгеноскопической диагностике желудочно-кишечного тракта пользуются кашцей на основе сернокислого бария. Если учесть, что коллоидные ферритовые частицы активно поглощают рентгеновские лучи, то можно говорить об использовании магнитных жидкостей в качестве рентгеноконтрастных веществ для диагностики полых

¹ В наше время упомянутая тема стала предметом активных псевдонаучных спекуляций (- прим. ред.).



органов. Все процедуры при этом существенно упрощаются.

А теперь выполняем обещание, данное в начале статьи, — даём рецепт водной магнитной жидкости (самой простой в изготовлении среди известных). Запаситесь аптечными весами с разновесами², двумя колбами, химическим стаканом, фильтровальной бумагой и воронкой, хорошим (желательно кольцевым — из динамика) магнитом, небольшой электрической плиткой и фарфоровым стаканчиком на 150–200 мл. Для получения качественной магнитной жидкости необходимо иметь маленькую настольную центрифугу. У вас под рукой должны быть соли двух- и трёхвалентного железа, аммиачная вода (25%-ной концентрации), натриевая соль олеиновой кислоты (олеиновое мыло), индикаторная бумага и дистиллированная вода. Цифры приведены в расчёте на 10 граммов твёрдой магнитной фазы (магнетита) магнитной жидкости.

Приготовление магнитной жидкости

1. Растворите в 500 мл. воды 24 гр. хлорида или сульфата железа (III) и 12 гр. хлорида или сульфата железа (II).

2. Полученный раствор профильтруйте для отделения механических примесей.

3. В колбу налейте 100-150 мл. раствора аммиака (работу следует вести на открытом воздухе [например, на балконе] или в вытяжном шкафу).

4. Отфильтрованный раствор солей железа медленно вылейте тонкой струйкой при активном перемешивании в аммиачную воду.

Коричнево-оранжевый раствор мгновенно превратится в суспензию черного цвета. Долейте немного дистиллята и поставьте колбу с жидкостью на постоянный магнит на полчаса.

5. После того, как частицы магнетита выпадут на дно колбы под действием магнитных сил, слейте жидкость с осадка, удерживая последний магнитом. В

² Сейчас для этой цели используют портативные весы на пьезоэлементе.



колбу с осадком добавьте дистиллированную воду, перемешайте и поставьте снова на магнит. Процедуру промывки повторяйте до тех пор, пока pH раствора не достигнет 7.5-8.5 (зеленоватая окраска индикаторной бумажки)³.

6. После того, как последняя порция промывной воды слита на 2/3, суспензию отфильтруйте через бумажный фильтр на воронке, полученный черный осадок смешайте с 7.5 гр. олеата натрия (натриевая соль олеиновой кислоты)⁴.

7. Смесь поместите в фарфоровый стаканчик и прогрейте на плитке при 80 °С, хорошо перемешивая, в течение часа (лучше использовать водяную баню).

8. Полученную черную «патоку» охладите до комнатной температуры, долейте 50-60 мл. дистиллированной воды и тщательно перемешайте получившуюся коллоидную систему.

9. Разведенную черную «патоку» подвергните центрифугированию при 4000 об/мин в течение часа или еще раз поставьте стаканчик с ней на кольцевой магнит.

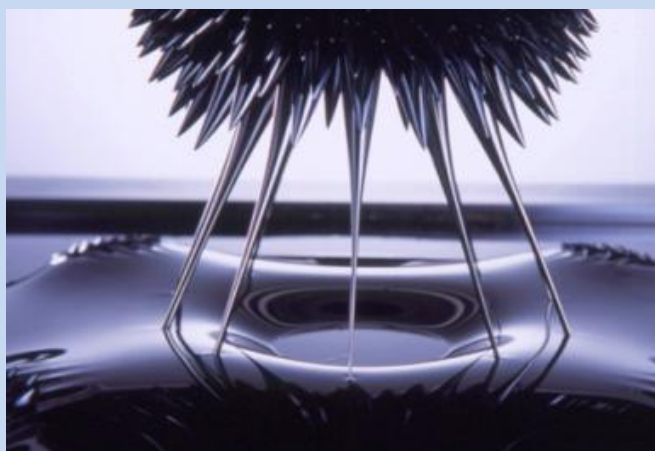
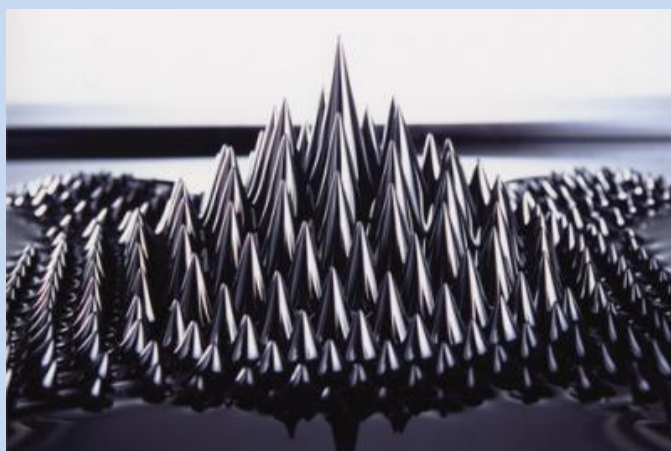
Перелейте полученную жидкость в стакан и поставьте с наружи магнит. Жидкость потянется за ним. После того, как вы уберете магнит, на стекле останется след жидкости. Он должен иметь оранжево-коричневую окраску и не содержать посторонних частиц.

10. Хранить водную магнитную жидкость желательно в светонепроницаемой пластиковой емкости в прохладном месте.

(Наука и жизнь)

³ В крайнем случае, если у вас нет индикаторной бумаги, о полноте промывки можно судить по отсутствию запаха аммиака (- прим. ред)

⁴ Были сообщения, что вместо олеината натрия использовали моющее средство „Fairyl“. Полученный дисперсный раствор поставили на магнит на несколько часов, затем слили жидкую часть, придерживая магнитом осевшую на дне гущу. Эту гущу немного подсушили и приступили к опытам с магнитной жидкостью (- прим. ред).



Магнитная жидкость (gizmod.ru).