

Долгая водородная память

Юрий Евдокимов - профессор Московского государственного университета леса, член центрального правления Нанотехнологического общества России.



Если растянуть нанокапсулы, из которых состоит молекула, они разрываются, но не расходятся, так как удерживаются молекулярными "петлями". Художник Александр Кукушкин. "Метаморфозы массы". Источник: каталог выставки художников-графиков "Все в мире относительно", Политехнический музей, 2005

В последнее время обнаружено немало соединений и даже отдельных молекул, восстанавливающих нарушенную целостность.

Первой ласточкой стала работа Людвига Лейблера (Франция), который получил резиноподобный материал, сам себя «залечивающий», если разрезанные куски прижать друг к другу при небольшом сдавливании. Оптимальное время для сращивания разрезанных половинок – около 15 минут. Как показала группа Лейблера, этот процесс происходит за счет самовосстановления водородных связей. Восстановление нарушенной прочности происходит даже через 18 часов выдержки разделенных частей материала на воздухе. К тому же материал хорошо деформируется (до

500%).

Впоследствии группой сотрудников из Университета Гуттенберга (Германия) были синтезированы молекулы, которые, будучи разрезаны пополам, собираются воедино. Речь идет о димере каликсарена – сравнительно крупной молекуле, обе части которой удерживаются вместе так называемыми водородными мостиками. Если растянуть нанокapsулы, из которых состоит молекула, они разрываются, но не расходятся далеко, так как удерживаются молекулярными петлями. От длины этих петель зависит, как далеко части молекулы разойдутся.

Похожие эффекты были обнаружены и в композитных материалах (полимерах) на основе полиуретана, оксетана и хитозана, полученных в США. У этих композитов обнаружена способность к самовосстановлению, в частности к затягиванию трещин и царапин. Это отчетливо наблюдалось при нагревании до 100 градусов Цельсия или облучении солнечным светом. Трещины полностью «самозалечивались» за 15–30 минут. Не наблюдалось ли подобное ранее? Попробуем поискать аналогий.

Всем хозяйкам известно, как сами собой слипаются куски разрезанного теста, а школьники проделывали те же операции с пластилином. Да, скажете вы, это все-таки не совсем твердые тела в классическом понимании. А расщепленные (свежеобразованные) листочки слюд различных марок, которые вновь сцепляются с прежней силой при простом прижмем их друг к другу? Многократно способны сцепляться – расцепляться так называемые плитки Иогансона – поверхности полированных оптических стекол, высота неровностей у которых не более 50 нанометров (5х10⁻⁸ м). Даже увлажненные частички морского или речного песка удерживаются вместе. На этом эффекте и основано создание скульптурных композиций из песка.

Похоже, обратимость различного рода связей не такое уж редкое явление. И уж совсем к новому – забытому старому – относятся опыты Г.Упита с сотрудниками по сцеплению ювенильных (свежеобразованных) поверхностей разрушенных металлических цилиндров при растяжении. Сама постановка опытов до гениальности проста.

На металлическом цилиндрике (медь, железо, цинк) посередине резцом прорезается бороздка по всему периметру, которая заливается свинцом. Затем цилиндрик разрывается на разрывной машине. Но разделенные половинки не раздвигают на большие расстояния (как в случае с молекулой). Так как свинец – пластичный металл, он деформируется, но не нарушается его целостность. Эта свинцовая пленка предохраняет от попадания воздуха в зазор между половинками металлического цилиндрика. Естественно, что в этом зазоре образуется вакуум. Затем половинки металлов прижимают друг к другу с большим усилием, и их прочностные

характеристики восстанавливаются.

Вообще надо заметить, что в вакууме тела сцепляются безо всякого клея. У американских астронавтов подошвы ботинок были металлическими. Однажды при передвижении по обшивке орбитального корабля в открытом космосе произошло сдирание оксидной пленки, и в результате подошва чуть не приварилась к корпусу космического аппарата. С трудом оторвав подошву от обшивки, астронавту удалось избежать беды. Впоследствии подошвы заменили на тефлоновые, как и оплетку страховочного каната (фала).

Что касается экспериментов Упита, то разрыв цилиндров и последующее их срастание можно проводить многократно. Хотя с каждой последующей попыткой прочность сцепления двух половинок металлов будет уменьшаться за счет «старения» ювенильных поверхностей. Что-то похожее наблюдается при использовании листочков отрывных блокнотиков с липким слоем.

Английские медики проводили исследования по сращиванию разорванных сухожилий, которые лежали на специальных подложках, а разрывы заполнялись носителем, задающим направление роста ткани. Разрыв быстро зарастал благодаря осаждению клеток ткани, взвешенных в растворе, после чего материал-носитель разлагался.

Возможно, читатели знакомы и с другими примерами самовосстановления нарушенной прочности твердых тел. По крайней мере в природе подобные явления широко распространены. Самый банальный пример – заживление порезов на коже человека и животных.

Что касается практического использования эффекта самовосстановления прочности твердых тел, то исследователи отмечают большие перспективы в этой области. Уже прогнозируется создание самовосстанавливающихся покрытий кузовов автомобилей, лаковых покрытий по древесине, залечивание всевозможных повреждений (трещины, царапины, проколы шин, поломка протезов, разрывы тканей, бумаги и т.п.).