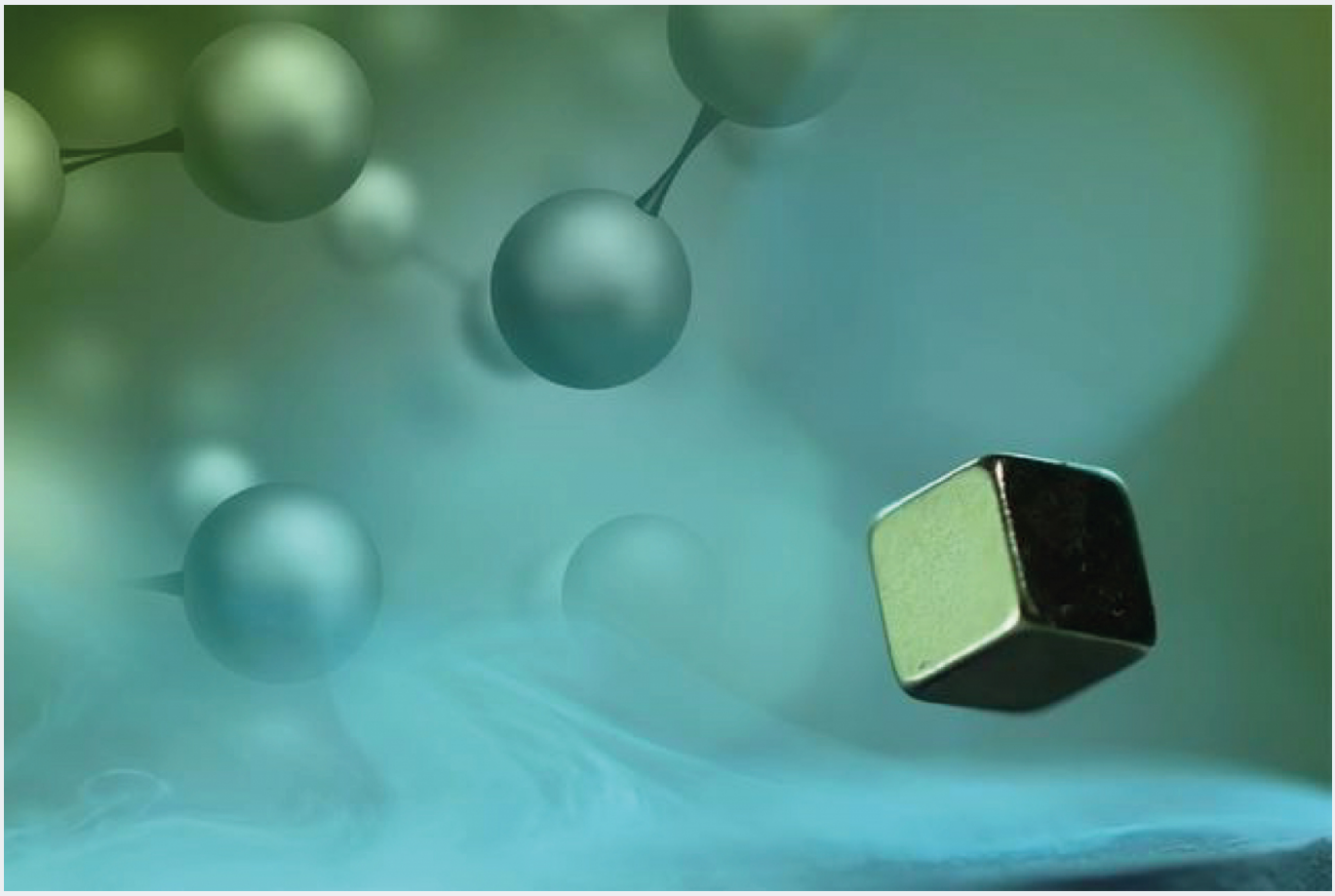
Поверхностный эффект «преградил» путь водороду в металлах



Ученые Политеха совместно с сотрудниками Института проблем машиноведения РАН провели испытания на распределение водорода в металлах. Влияние водорода на свойства различных материалов имеет большое значение для большинства промышленных технологий.

Сотрудники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и Института проблем машиноведения РАН изучили распределение водорода в металлических образцах, возникающее в процессе стандартного тестирования на водородное растрескивание. Оказалось, что существует поверхностный эффект, который «не пропускает» водород внутрь металла. Это может привести как к ошибочным результатам при промышленном контроле качества материалов, так и к фундаментальным ошибкам при проведении научных исследований водородной хрупкости. Результаты исследований [redacted] в журнале Continuum Mechanics and Thermodynamics.

Влияние водорода на свойства различных материалов имеет большое значение практически для всех промышленных технологий. Он может попадать в расплавленный металл и оставаться в нем после затвердевания. При эксплуатации деталей и элементов конструкций насыщение этим газом происходит в процессе коррозии, при трении или пластической деформации.

Чаще всего источником водорода является вода. Его присутствие негативно сказывается на свойствах металлов, они становятся хрупкими, растрескиваются, теряют прочность; причем достаточно всего одного атома водорода на сотни тысяч атомов металла, в то время как другие примеси оказывают влияние, когда их концентрация достигает долей процента. Маленькую концентрацию водорода сложно зафиксировать, что затрудняет прямые измерения его содержания в металлах, а особенно его распределение по слоям микронной толщины. При испытаниях применяются косвенные методы, в частности, нормируется время насыщения водородом.

Конструкционные материалы перед использованием проходят проверку в условиях насыщения водородом. Наиболее распространенными являются электрохимическое насыщение металлических образцов в растворе электролита и насыщение в нейтральном растворе соли при пропускании сероводорода. Считается, что эти методы обеспечивают равномерное распределение водорода в образце, аналогичное естественным условиям.

Ученые, [redacted] грантом Российского научного фонда, проверили, так ли это на самом деле. Исследования проводились с помощью высокочувствительного отечественного промышленного масс-спектрометрического анализатора водорода. Он позволил измерить распределение концентраций водорода по глубине стальных образцов. Эксперименты ставились на образцах стандартной формы из нержавеющей, трубной, мостовой и атмосферостойкой стали. Был обнаружен поверхностный эффект. Он заключается в том, что в тонком слое металла у поверхности образца возникает аномально высокая концентрация водорода, превышающая внутреннюю концентрацию в сотни раз. Этот поверхностный слой толщиной около 50 мкм создает своеобразный

экран, препятствующий проникновению водорода внутрь металла. Также была разработана теоретическая модель, позволяющая математически описать это явление.

> *«Это новый взгляд на промышленное тестирование водородной стойкости металлов, внесенное во многие стандартизованные методы контроля качества. Оказывается, что оно не эквивалентно реальному насыщению водородом, которое происходит при эксплуатации. Это влечет за собой ошибки при оценке свойств металлов. Важно понимать, что современные высокопрочные сплавы наиболее чувствительны к воздействию водорода, поэтому требуется дополнительная проверка старых и разработка новых методов промышленного тестирования, — рассказывает один из исследователей, врио директора ИПМаш РАН и профессор СПбПУ Владимир Полянский.*
>
> *— В дальнейшем мы планируем изучить, насколько обнаруженный нами поверхностный эффект проявляется в реальных конструкциях, подверженных термомеханическим нагрузкам, и какова связь между модельным наводораживанием и водородной хрупкостью металлов, возникающей при реальной промышленной эксплуатации».*

Источник: [redacted]