

Пресс-релиз

24 марта 2021 г.

Вдохновленные природой и оптимизированные с помощью искусственного интеллекта

- Более легкие, прочные и жесткие структурные материалы на основе биологических материалов

Инновационные исследования, сделанные на Тайване

Природные материалы за миллиарды лет эволюции развили уникальные характеристики, такие как иерархичность структур, многофункциональность, изменчивость при воздействии температур и влиянии окружающей среды, способность к самовосстановлению и адаптации к окружающей среде. В отличие от инженерных материалов, которые не могут одновременно сочетать легкий вес и высокую прочность, биологические материалы высокой прочности и высокой вязкости часто представляют собой композиты, которые обладают замечательными механическими свойствами, сочетающими в себе легкий вес, высокую прочность и ударную вязкость благодаря механизмам упрочнения и закалки в нано-, микро-, мезо- и макромасштабах.

Один интригующий пример - дьявольский жук-броненосец (Diabolical Ironclad Beetle), бронированный невероятно прочным экзоскелетом, который может защитить его от хищников, укола иглой и даже от столкновения с автомобилем. Профессору Чен Бай-Ю с факультета материаловедения и инженерии Национального университета Цин Хуа было предложено написать научно-обзорную статью в колонке News & Views для журнала Nature [1], разъясняющую стратегии, используемые броненосными жуками. Секрет кроется в их слоистых, похожих на мозаику соединениях между твердыми передними крыльями (надкрыльями) и в ряде функционально разнесенных опорных структур, соединяющих надкрылья и брюшную кутикулу. Полученные результаты вдохновляют на новаторские разработки бронированных машин, стойких к столкновению роботов и более вязких и прочных соединений между различными материалами. Проф. Чен изучил широкий спектр природных материалов, таких как раковины моллюсков, экзоскелеты крабов, рога лося, рога барана, клювы тукана, перья, зубы акулы

/пираньи, броню аллигатора/броненосца, чешую змеи, панцирь черепахи, опубликовал ряд широко цитируемых статей в журналах статьи и учебник в этой области. Он отмечает, что в отличие от искусственных материалов, биологические материалы часто достигают своих превосходных характеристик и функциональности за счет структурного дизайна на различных иерархических уровнях. Однако сложные иерархические структуры биологических материалов затрудняют их изготовление и, следовательно, ограничивают возможности их технического применения. «Искусственный интеллект играет решающую роль в выявлении ключевых структурных особенностей и ускорении разработки новых биомиметических материалов».

Проф. Чен и его сотрудники из Национального Тайваньского университета (National Taiwan University) и Национального университета Чэн Гун (National Cheng Kung University) продолжают и впредь использовать междисциплинарные подходы - интеграцию продвинутых структурных характеристик, механических испытаний, моделирования, искусственного интеллекта, машинного обучения и 3D-печати - для более глубокого понимания взаимосвязей между структурой, свойствами и функциями широкого круга природных материалов и разработки новых материалов с превосходными механическими характеристиками. Этот исследовательский проект под названием «Проектирование и разработка новых легких конструкционных материалов с улучшенными механическими характеристиками на основе биомиметики и технологии по геному материалов» поддерживается Департаментом инженерии и технологий Министерства науки и технологий Тайваня.

Вдохновившись микроструктурой перламутра морского ушка, при применении искусственного интеллекта и машинного обучения можно создать тысяч шаблонов из твердых и мягких материалов с фиксированным соотношением и выбрать для 3D-печати те, которые демонстрируют механические характеристики твердости. Улучшая традиционные структуры, мы обнаружили, что структуры галстука-бабочки с механизмом блокировки могут значительно повысить как ударную вязкость, так и прочность [2]. Используя легкие, но прочные плоды *Liquidambar formosana*, мы разрабатываем ряд пористых материалов с различным расположением отверстий и находим, что биомиметические структуры Фибоначчи обладают превосходными механическими свойствами, по сравнению с обычными структурами [3]. Вдохновленные экзоскелетом жука, мы изготавливаем спиральные/градиентные структуры, устойчивые к ударам и обладающие высокой поглощающей способностью. Подражая крыльям стрекозы, мы

используем генетический алгоритм для создания вороной-подобных двумерных структур, которые являются легкими и гибкими, в то же время демонстрируют повышенную вязкость и прочность.

Исследовательская группа стремится создать базу данных о структуре и свойствах биоматериалов, разработать систему прогнозирования свойств материалов на основе заданных структур и платформу, которая может проектировать оптимизированные структуры на основе требуемых механических свойств. Технология проекта «Биомиметическая платформа для проектирования легких конструкционных материалов путем интеграции искусственного интеллекта и технологии генов материалов» получила награду «FutureTech Breakthrough Award» Министерства науки и технологий и была отмечена как одна из 11 ведущих технологий в мире. Были выбраны две области применения биомиметических материалов. С помощью искусственного интеллекта были разработаны подошвы с биомиметической микроструктурой, которая обладает многофункциональностью (эластичность, поддержка, амортизация и др. свойства), а также разработаны легкие сплавы, которые могут контролировать пористость, микроструктуру и механические свойства, которые могут быть использованы в биомедицинских областях, таких как изготовление искусственных межпозвонковых дисков и костных материалов. Кроме того, эта технология может применяться при производстве велосипедов, автомобилей, в аэрокосмической промышленности и интеллектуальном машиностроении. Таким образом, ожидается, что оптимизация с помощью искусственного интеллекта/машинного обучения и реализация с помощью передового производства преодолеет узкие места и ограничения существующих конструкционных материалов и создаст неограниченные возможности.

Ссылки на международные публикации:

1. P.-Y. Chen, “Diabolical ironclad beetles inspire tougher joints for engineering applications” *Nature* **586**, 502-504 (2020). doi: 10.1038/d41586-020-02840-1
Link: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02840-1>
2. A, Ghimire, Y.-Y. Tsai, S.-W. Chang, P.-Y. Chen, “Tunable interface hardening: Designing tough bio-inspired composites through 3D printing, testing, and computational validation” *Composites Part B* (2021) in press.
3. Y. Chiang, C.-C. Tung, X.-D. Lin, P.-Y. Chen, C.-S. Chen, and S.-W. Chang, “Geometrically toughening mechanism of cellular composites inspired by

Fibonacci lattice in Liquidambar formosana” *Composite Structures* **262**, 113349 (2020). doi:10.1016/j.compstruct.2020.113349

Media Contact:

Professor, Po-Yu Chen

Department of Materials Science and Engineering, National Tsing Hua University
+886-3-5715131 #33889
poyuchen@mx.nthu.edu.tw

Program Manager, Yu Hao Wang

Department of Engineering and Technologies, Ministry of Science and Technology
+886-2-27377526
yuhwang@most.gov.tw