ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/2

**ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ, ПРОЧНОСТНЫМИ И
БИОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ МЕХАНИЧЕСКИХ МЕТАМАТЕРИАЛОВ**

Псахье С.Г.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

Механические метаматериалы (mechanical metamaterials) – новый термин, ставший общепринятым в науке о материалах в последние несколько лет. Механическим метаматериалом или архитектурно-определяемым материалом (architected material) называют композицию, созданную из одинаковых или разнородных компонентов/элементов, которая, вследствие особенностей архитектуры (комбинаций и регулярного пространственного размещения структурных блоков различного масштаба), приобретает качественно новые функциональные свойства, выходящие за рамки возможностей традиционных материалов. Классическим примером материалов данного класса являются ауксетики (метаматериалы с отрицательным коэффициентом Пуассона). Необходимо отметить, что потенциал механических метаматериалов является несравнимо более широким. В качестве примера можно привести последние разработки метаматериалов, способных демонстрировать отрицательные упругие модули, а также обладающих перепрограммируемыми или «переключаемыми» реологическими свойствами. Такое anomalous поведение метаматериала достигается, в частности, на основе комбинации свойств hard matter и soft matter компонентов.

Быстрое развитие данного направления требует привлечения современных концепций представления метаматериала как многоуровневой иерархически организованной многокомпонентной системы. Такой концепцией является развиваемая в ИФПМ СО РАН и признанная мировым научным сообществом концепция физической мезомеханики, основанная на многоуровневом подходе к исследованиям материалов и сред различной природы.

Отмечу, что разделение метаматериалов по типам их новых/необычных/anomalous свойств является достаточно условным. В частности, к механическим метаматериалам, помимо требований к недостижимому в традиционных материалах соотношению физико-механических характеристик, могут предъявляться требования управляемой стабильности и/или не стабильности (в том числе локальной) структуры и свойств в средах с различным кислотно-щелочным балансом, биоинертности, гидрофобности/гидрофильности и другие, относящиеся к физико-химическим и биологическим аспектам взаимодействия веществ. Это позволяет программировать механическое поведение материала в составе конечного изделия, а также эффективно использовать возможности данного подхода для различных биомедицинских приложений.

Многообразные и недостижимые ранее функциональные свойства механических метаматериалов делают крайне привлекательным их применение для достижения прорывных решений в целом ряде передовых отраслей экономики от высокотехнологичного машиностроения до биомедицины.

Одним из наиболее эффективных инструментов дизайна архитектуры мультиматериалов является топологическая оптимизация внутренней структуры. Топологический многоуровневый дизайн должен осуществляться с учетом прогнозируемых изменений условий нагружения конструкции/системы и свойств окружающей среды. Эффективным дополнением топологической оптимизации, позволяющим добавить метаматериалу качественно новые функциональные свойства, является применение soft matter компонентов в качестве отдельных элементов каркаса, наполнителя, интерфейсного или поверхностного слоя. Важное значение при этом имеет не только различие свойств компонентов, но и их взаимодействия друг с другом, что качественно расширяет вариативность комбинаций и открывает новые возможности при проектировании с недостижимым ранее откликом на механические, физические и биохимические внешние воздействия.

Сложная и, как правило, регулярная многоуровневая структура метаматериалов определяет новые вызовы не только в области архитектоники (в частности, концептуального многоуровневого дизайна), но в области разработки новых методов получения таких морфологически нетривиальных систем. Здесь передовым трендом становится применение новых производственных технологий, в числе, 3D-печати, и их комбинирование с традиционными. Однако, возможности существующих методов и технологий для разработки и производства механических метаматериалов, далеко не исчерпаны. Это обуславливает высокую актуальность разработки новых подходов и методов формирования заданной архитектоники внутренней структуры.

Развитие технологий создания новых функциональных мультиматериалов невозможно без проведения комплексных фундаментальных исследований в областях науки о материалах, включающих все три базовых аспекта этих многоуровневых систем: изучение свойств и выбор hard и soft компонентов проектируемого мультиматериала, создание многоуровневой архитектуры и управление и характеристиками интерфейсных областей. Технологии проектирования и создания механических метаматериалов уже в ближайшее десятилетие станут основой индустрии будущего в аэрокосмической и автомобильной промышленности, медицине, энергетике и других приоритетных областях экономики. Это определяет необходимость концентрации усилий и ресурсов для достижения конкурентоспособности в данном ключевом направлении науки о материалах.