УДК 620.22

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Тихомирова Р.Л.
Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева,
Россия, г. Казань

Интеллектуальные материалы относятся к модифицированным материалам, которые могут претерпевать изменения при воздействии определенных раздражителей и впоследствии, после снятия напряжения, возвращаться к своему первоначальному состоянию [1]. Такие материалы могут получить широкое применение в таких областях машиностроительной промышленности как: авиация, судостроение, ракетостроение и др. Основными преимуществами использования интеллектуальных материалов в авиации являются [2]: адаптация аэродинамики и поверхностей крыла воздушного судна к условиям полета с использованием принципа обратной связи может способствовать значительному улучшению летно-технических характеристик, путем сохранения структуры функциональных компонентов возможно также увеличить и их срок службы. обшивки за счет использования самовосстанавливающихся покрытий, возрастают показатели усталостной прочности отдельных агрегатов конструкции, что в свою очередь увеличивает срока эксплуатации всего летательного аппарата в целом.

В настоящее время выделяют несколько наиболее конкурентно способных типов интеллектуальных материалов [3]:

1. Макроволокнистые композиты (MFC)

Макроволокнистые композиты (MFC) — это материалы, состоящие из микроскопических волокон, распределенных в матрице. Волокна в MFC обычно имеют длину в миллиметрах или десятках миллиметров и диаметр в микрометрах. MFC производятся путем осаждения или связывания волокон вместе с помощью связующих веществ, таких как полимеры или смолы. MFC имеют ряд уникальных свойств, включая высокую механическую прочность, легкость, гибкость и хорошую устойчивость к химическим воздействиям. MFC обладают значительно лучшим соотношением прочности к массе по сравнению с традиционными металлами и пластиками, что позволяет создавать легкие, но прочные конструкции, к тому же они не подвержены коррозии и разложению при воздействии агрессивынх сред, что увеличивает срок службы изделий [4].



Рисунок 1 - Макроволокнистые композиты

2. Материалы с памятью формы (SMA)

Сплав с памятью формы, также известный как умный металл, металл памяти, сплав памяти, мышечная проволока или интеллектуальный сплав, представляет собой материал, который может "запоминать" свою исходную форму и возвращаться к ней после деформации при нагревании. Этот материал представляет собой прочную, но легкую альтернативу традиционным приводам, таким как гидравлические, пневматические и моторные системы. Наиболее часто используемыми сплавами с памятью формы являются медно-алюминиево-никелевые и никель-титановые (NiTi) сплавы, но SMA также могут быть созданы путем легирования цинка, меди, золота и железа. Сплавы с памятью формы могут передавать огромные силы без видимой усталости на протяжении сотен тысяч циклов движения. По сравнению с другими материалами для приводов, они обладают самой высокой производительностью, относящейся к единице объема материала. Элементы памяти формы способны функционировать в течение миллионов циклов. Однако с увеличением числа циклов некоторые свойства этих элементов ухудшаются, в них могут сохраняться остаточное напряжение после преобразования [5].

3. Самовосстанавливающиеся материалы

Самовосстанавливающиеся материалы — это материалы, которые обладают способностью частично или полностью восстанавливать свою структуру и функциональность после получения повреждений, таких как трещины или разрывы. Материалы, способные к самовосстановлению, могут быть разделены на две основные категории в зависимости от механизма и природы процесса самовосстановления: автономные и неавтономные. В случае неавтономных самовосстанавливающихся материалов требуется внешнее воздействие, такое как высокая температура или свет, чтобы инициировать процесс восстановления. Автономные самовосстанавливающиеся материалы, напротив, не нуждаются во внешних стимулах и сами по себе активируются к восстановлению при возникновении повреждений [6]. Самовосстанавливающиеся шины с эластомерными материалами, которые при проколе или повреждении геля автоматически герметизируют отверстия, уже внедряются в серийное производство шин автомобилей. В перспективе их широкое применение возможно в корпусах двигателей, системах безопасности и других сферах машиностроения.



Рисунок 2 - Общий принцип самовосстановления материалов

В заключении хотелось бы добавить, что интеллектуальные конструкционные материалы обладают большим потенциалом во множестве областей, включая авиацию, автомобильную промышленность, робототехнику, медицину и даже модульное строительство. Они могут использоваться для создания самоизменяющихся и самовосстанавливающихся конструкций, а также для разработки умных устройств и систем. Однако, несмотря на все преимущества, интеллектуальные конструкционные материалы все еще находятся на этапе активных исследований и разработок. Требуется продолжить работу над улучшением их свойств, разработкой новых методов производства и экономически эффективных способов внедрения в промышленность. Интеллектуальные конструкционные материалы представляют потрясающий потенциал для инноваций и прорывов в различных отраслях, и будущее их применения выглядит очень перспективным.

Список литературы:

1. Intelligent materials are defined as structural materials with high functions // [Электронный ресурс]. – 2022. URL: https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/intelligent-material (Дата обращения 10.11.2025)

2. В. А. Лигай, С. А. Михайлов, А. Н. Кусюмов и др. // Анализ современного уровня мирового развития вертолетной техники. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. - 701, [1] с.: ил., табл.; 25 см.; ISBN 978-5-7579-2209-6. 600 с.

3. В. А. Лигай, С. А. Михайлов, А. Н. Кусюмов и др. // Анализ современного уровня мирового развития вертолетной техники. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. - 701, [1] с.: ил., табл.; 25 см.; ISBN 978-5-7579-2209-6. 607-608 с.

4. Smart Material - Home of the MFC // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: https://www.smart-material.com/MFC-product-mainV2.html (Дата обращения 20.11.2025)

5. Shape-memory alloy // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: https://www.hisour.com/ru/shape-memory-alloy-42847/ (Дата обращения 20.11.2025)

6. Самовосстанавливающиеся материалы: металлы, керамика и полимеры // [Электронный ресурс]. – 2010. URL: https://plastinfo.ru/information/articles/331/ (Дата обращения 20.11.2025)