



## АНАЛИЗ РАЗНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Ассистент Хамидов Б.Х., Доцент Исаев Д.Т., Доцент Тоиров М.Ш.,  
Эрмаматова Р. Э.

Навоийский государственный горно-технологический  
университет, Узбекистан

Одной из главных тенденций в развитии машиностроения является снижение веса конструкций за счет использования современных композитных материалов. Новые материалы внедряются во всех видах транспорта, т.к. это помогает обеспечить лучшую энергоэффективность. В качестве примера можно привести использование углепластиков в конструкции авиалайнеров Boeing и Airbus, но это уже не «предел мечтаний» конструкторов. На смену традиционным композитным материалам разрабатываются и испытываются более эффективные образцы с улучшенными свойствами.

### 1. Керамические композиты [1]

При создании авиационных двигателей нового поколения для снижения веса, уменьшения расхода топлива и уменьшения вредных выбросов используются легкие и очень стойкие огнеупорные материалы – керамические композиты.

Сначала изготавливается ткань из волокон карбида кремния, из нее формируется заготовка заданной формы и размеров, затем заготовка насыщается расплавом карбида кремния и обжигается.

Для изготовления композита могут быть использованы волокна Sylramic или Sylramic с покрытием нитрида бора. Такие композиты выдерживают, нагрев до 1200° С.

Схожая технология используется при изготовлении композитных оксид-оксидных материалов, где ткань из материала Nextel 720 (содержащих 85% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 15% SiO<sub>2</sub>) насыщается в расплаве алюмосиликатов.

По сравнению с монолитными керамическими материалами (например, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) композитная керамика не такая хрупкая и обладает повышенной удароустойчивостью.

Для обеспечения тепловой защиты и высоких прочностных характеристик конструкции при аэродинамическом нагреве используются многослойные сэндвич-структуры Ceramic Matrix Composite/Foam Core (керамический матричный композит с внутренним слоем пористой керамики).

Основным преимуществом таких материалов по сравнению с теплозащитными плитками, используемыми в конструкции Space Shuttle или «Буран», является высокая прочность, позволяющая встроить теплозащиту в несущую конструкцию. У «Шатла» и «Бурана» тепловая защита устанавливалась поверх несущих конструкций и создавала «паразитный вес», т.к. не несла нагрузки.

Композитная сэндвич-панель, имеющая плотность порядка 1,06 г/см<sup>3</sup> обладает высокой прочностью и жесткостью. Коэффициент теплового



расширения, керамического композитного материала обшивки и пористого керамического материала сердцевины подобраны таким образом, чтобы обеспечить градиент температур на наружной и внутренней поверхности сэндвич–панели около 1000оС без расслоений и растрескивания.

Имеющая плотность порядка 1,06 г/см обладает высокой прочностью и жесткостью. Коэффициент теплового расширения, керамического композитного материала обшивки и пористого керамического материала сердцевины подобраны таким образом, чтобы обеспечить градиент температур на наружной и внутренней поверхности сэндвич–панели около 1000 ° С без расслоений и растрескивания.

В камере сгорания scramjet используются керамические композиты на основе высокотемпературной керамики. Такая керамика, состоящая из диборида циркония и карбида кремния, спекается с помощью электроискровых разрядов высокой частоты. По сравнению с методом горячего изостатического прессования позволяет получить более плотную структуру.

Кроме этого, для камеры сгорания разрабатываются «самовосстанавливающиеся» абляционные материалы, в которых замещение вещества обеспечивается на микроуровне. Это так называемые «secondary polymer layered impregnated tile» (SPLIT) (слоистые плиты с пропиткой из вторичного полимера), имеющие неоднородный состав. Термин «вторичный» использован потому, что каждый элемент плиты содержит, по крайней мере, два полимерных слоя, вторичная эндотермическая реакция между которыми поглощает значительное количество тепла, помогая предотвращать перегрев материала, находящегося за теплозащитной плитой.

Для защиты композитной керамики на основе карбида кремния от реакций с продуктами горения

топлива в камере сгорания и парами воды используются нанокompозитные коррозионностойкие покрытия.

## 2. Конструкционные нанокompозитные материалы[2]

Металлкерамические нанокompозитные сплавы. В качестве легких конструкционных материалов используются алюминиевые и магниевые сплавы, армированные керамическими наночастицами. Основной проблемой при литье таких сплавов является равномерное распределение керамических наночастиц в объеме отливки. Из-за плохой смачиваемости наночастиц в расплаве они агломерируются и не размешиваются. В университете WisconsinMadison (США) разработана технология размешивания наночастиц в расплаве с помощью ультразвуковых волн, которые создают микропузыри в расплаве. При схлопывании таких микропузырей образуются микроударные волны. Интенсивные



микроударные волны эффективно рассредоточивают наночастицы в объеме расплава металла.

Керамические нанокompозитные материалы. Добавка углеродных нанотрубок и фуллеренов в керамическую матрицу улучшает механические свойства керамики (обеспечивают повышение пластичности, снижение хрупкости).

Экспериментально подтверждено, что неорганические фуллереноподобные материалы обладают стойкостью к динамическим нагрузкам до 210 тонн/см<sup>2</sup>, (по сравн. 40 тонн/см<sup>2</sup> у высокопрочной стали), что делает его очень перспективным материалом для наполнителей в полимерные или керамические композиты, используемые в качестве легкой брони.

Очень перспективным материалом для применения в различных отраслях промышленности является керамика МАКС фазы (Mn+1AX<sub>n</sub> phases) – поликристаллические наноламинированные тройные нитриды, карбиды или бориды переходных металлов. В зависимости от состава этих материалов они могут обладать совершенно уникальными многофункциональными свойствами: быть прочными, в то же время легко обрабатываться, выдерживать высокие температуры, обладать высокой теплопроводностью, очень низким коэффициентом трения. Образно говоря – это керамика, которую можно резать обычной ножовкой.

Материалы МАКС фаз были открыты американским исследователем Prof. M. Barsoum (университет Drexel – США) в 1996 г.

Области применения: энергетика (высокая электропроводность, способность выдерживать высокие механические нагрузки, высокую температуру), газовые и паровые турбины (обладает низким коэффициентом трения при высоких температурах), авиация и космонавтика.

### **Литература.**

1. [www.mirprom.ru](http://www.mirprom.ru)
2. [www.ritm-magazine.ru](http://www.ritm-magazine.ru)