

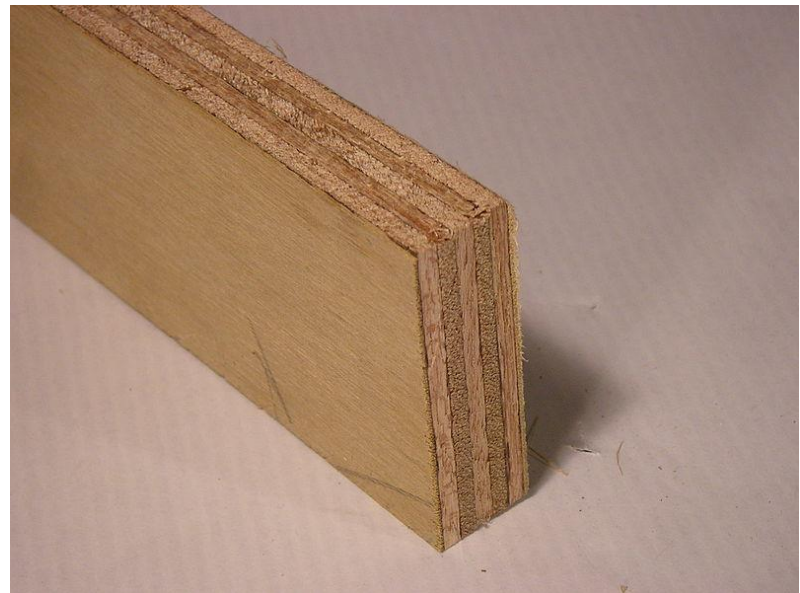
# **Композитные материалы**

- 1. Определение**
- 2. Классификация композитных материалов.**
- 3. Способы получения композитных материалов.**
- 4. Области применения композитных материалов.**

# Определение композитного материала

**Композитный материал (КМ), композит, -** многокомпонентный материал, состоящий, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жёсткостью и т.д.

Клееная фанера –  
Композиционный  
материал



# Определение композитного материала

**Композит** - это материал, состоящие из двух или более компонентов (армирующих элементов и скрепляющей их матрицы) и обладающие свойствами, отличными от суммарных свойств компонентов.

**Композиционный материал** - неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.

# Определение композитного материала

Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств.

Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче.

Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении её механических характеристик..

# Определение композитного материала

Предполагается, что компоненты, входящие в состав композита, должны быть хорошо совместимыми и не растворяться или иным способом поглощать друг друга. Композиционные материалы имеют высокие значения прочности, жаропрочности, жесткости, сопротивления, усталости при меньшей их плотности.

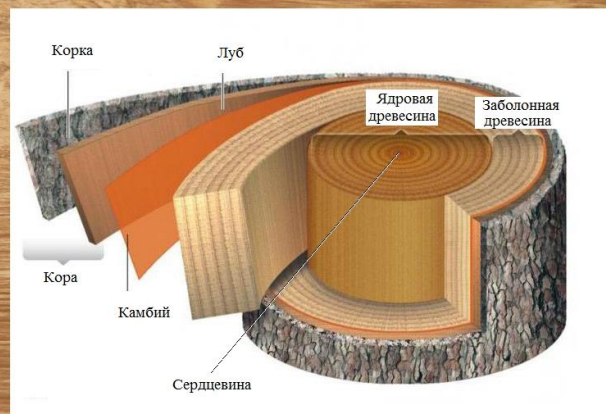
Прообразом создания композиционных материалов явилось большое разнообразие биологических биоматериалов, которые обладают высокими механическими свойствами.

# Определение композитного материала

У обычного дерева, кора и древесина имеют различные свойства, строение, назначение, но вместе с тем это единое целое.



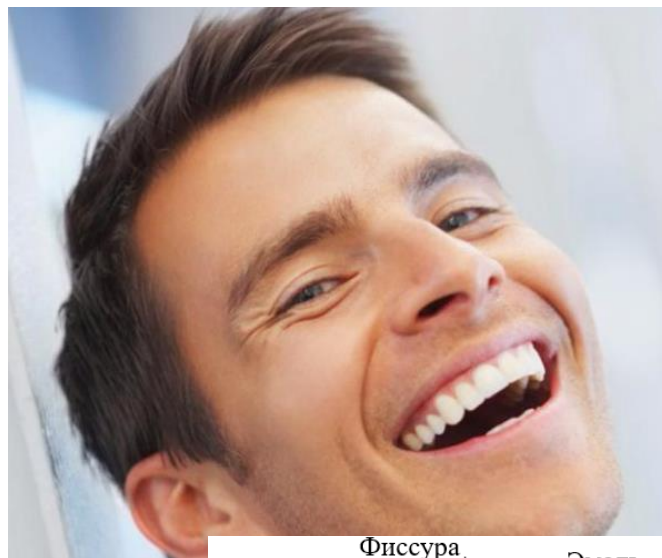
Строение древесины



# Определение композитного материала

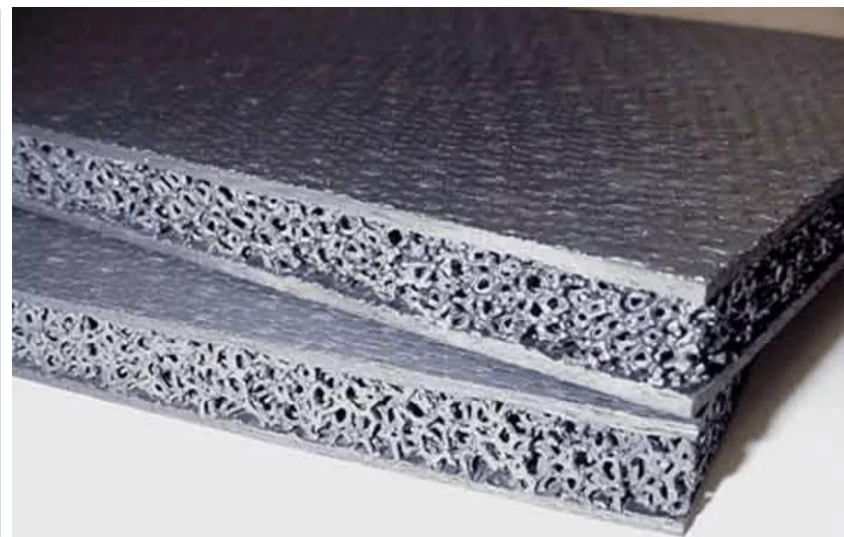
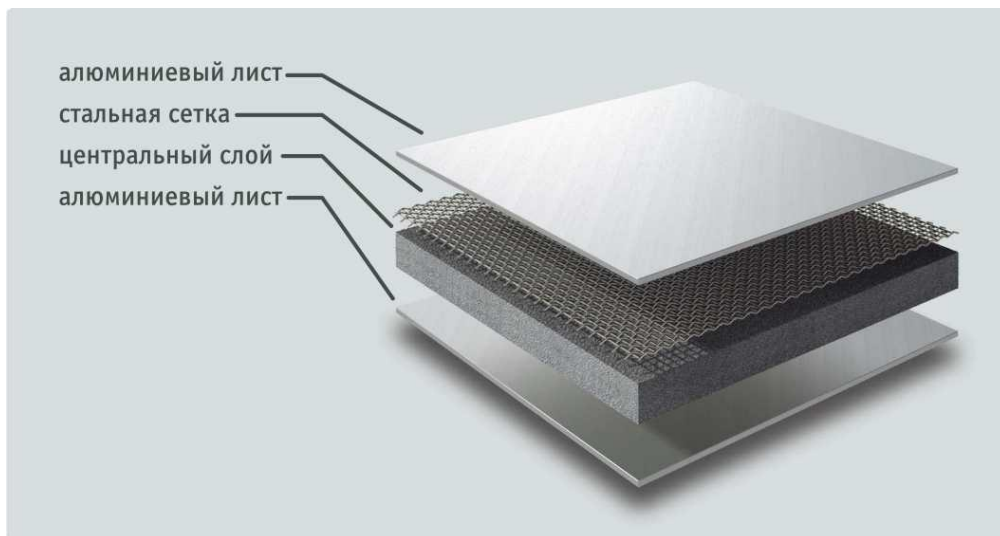
Зуб человека, ЖИВОТНЫХ СОСТОИТ ИЗ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ И НЕРВНЫХ ОКОНЧАНИЙ, КОСТНОЙ ТКАНИ И ЭМАЛИ. Так что обычный зуб есть не что иное, как прообраз КОМПОЗИТА.

Композитные материалы



# Определение композитного материала

Сочетание металлов, сплавов и неметаллов в многослойном виде позволяет не только объединить полезные свойства отдельных составляющих, но и получить совершенно новые качества, которыми исходные материалы не обладают.





# Определение композитного материала

Механическое поведение композита определяется соотношением свойств армирующих элементов и матрицы, а также прочностью связи между ними. Эффективность и работоспособность материала зависят от правильного выбора исходных компонентов и технологии их совмещения, призванной обеспечить прочную связь между компонентами при сохранении их первоначальных характеристик.

В результате совмещения армирующих элементов и матрицы образуется комплекс свойств композита, не только отражающий исходные характеристики его компонентов, но и включающий свойства, которыми изолированные компоненты не обладают. В частности, наличие границ раздела между армирующими элементами и матрицей существенно повышает трещиностойкость материала, и в композитах, в отличие от металлов, повышение статической прочности приводит не к снижению, а, как правило, к повышению характеристик вязкости разрушения.

# Преимущества композиционных материалов

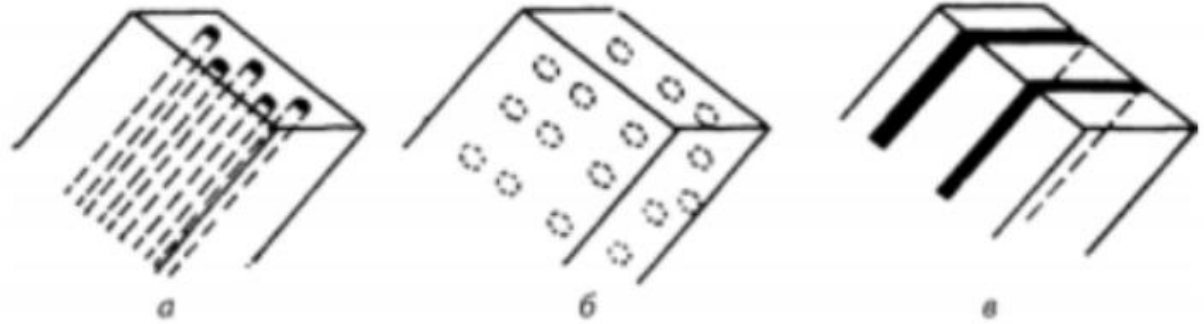
- высокая удельная прочность;
  - высокая жёсткость (модуль упругости 130...140 ГПа);
  - высокая износостойкость;
  - высокая усталостная прочность;
  - возможность изготовить размеростабильные конструкции;
- Причём, разные классы композитов могут обладать одним или несколькими преимуществами.
- Некоторых преимуществ невозможно добиться одновременно.

## Недостатки композиционных материалов:

- высокая стоимость (не всегда);
- анизотропия свойств;
- повышенная наукоёмкость производства, необходимость специального дорогостоящего оборудования и сырья, а следовательно развитого промышленного производства и научной базы страны.

# Классификация композитных материалов

По структурным признакам композиты подразделяются на три основные группы:



**волокнистые, дисперсные, слоистые.**

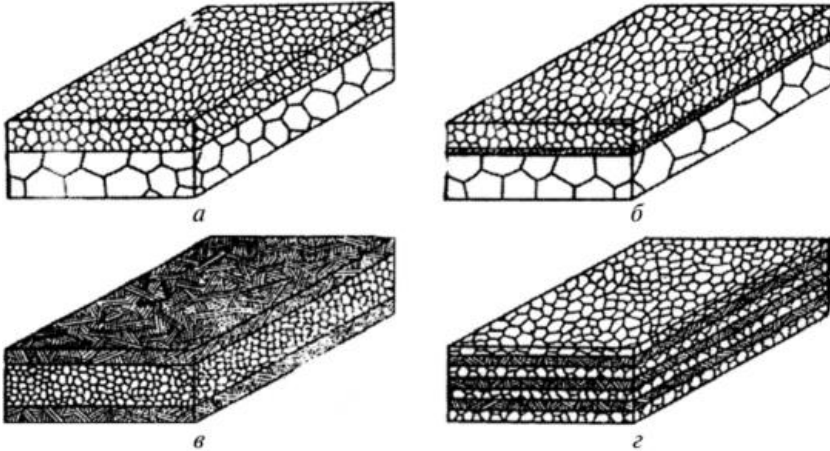
**Волокнистые** конструкционные материалы состоят из волокон одного компонента, распределенных в другом компоненте (матрице).

**Дисперсные** конструкционные материалы, состоящие из частиц одного или более компонентов, распределенных в матрице, и образующие механическую смесь.

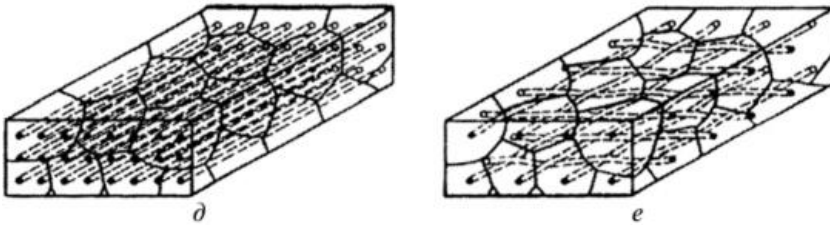
**Слоистые** композиционные материалы, состоящие из двух или более слоев различных компонентов. К ним можно отнести и биметаллы.

# Классификация композитных материалов

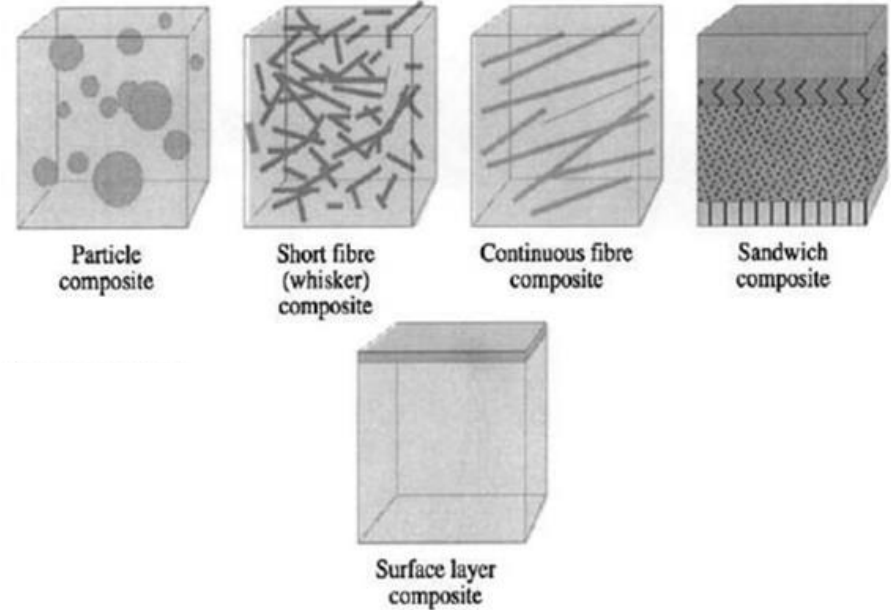
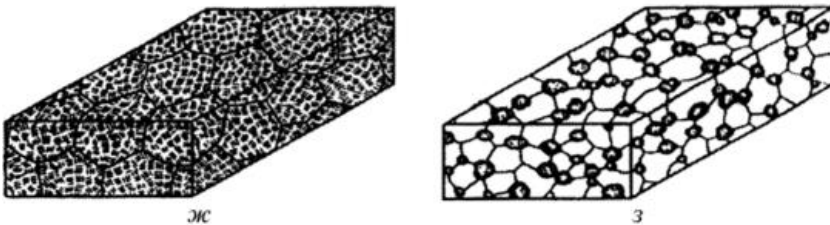
Слоистые КМ



Волокнистые КМ



Дисперсно-упрочненные КМ



# Классификация композитных материалов

Микроструктура других классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, а различаются они размерами частиц.

В композитах, упрочнённых частицами, их размер больше 1 мкм, а содержание составляет 20-25 % (по объёму), тогда как дисперсноупрочненные композиты включают в себя от 1 до 15 % (по объёму) частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм.

Размеры частиц, входящих в состав **нанокомпозитов** - нового класса композиционных материалов - ещё меньше и составляют 10-100 нм.

# Примеры применения композитных материалов



Композитные материалы

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы с металлической матрицей

Композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое. Волокно (дисперсные частицы) плюс связка (матрица), составляющие ту или иную композицию.

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы с неметаллической матрицей

В качестве неметаллических матриц используют полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных матриц наибольшее распространение получили эпоксидная, фенолоформальдегидная и полиамидная. Угольные матрицы коксованные или пироуглеродные получают из синтетических полимеров, подвергнутых пиролизу. Матрица связывает композицию, придавая ей форму. Упрочнителями служат волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и других), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью. Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов,



# Классификация композитных материалов

**Композиционные материалы с неметаллической матрицей**  
Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей. Содержание упрочнителя в ориентированных материалах составляет 60-80 об.%, в неориентированных (с дискретными волокнами и нитевидными кристаллами) 20-30 об.%. Чем выше прочность и модуль упругости волокон, тем выше прочность и жесткость композиционного материала. Свойства матрицы определяют прочность композиции при сдвиги и сжатию и сопротивление усталостному разрушению. По виду упрочнителя композиционные материалы классифицируют на стекловолокниты, карбоволокниты с углеродными волокнами, борволокниты и органоволокниты. В слоистых материалах волокна, нити, ленты, пропитанные связующим, укладываются параллельно друг другу в плоскости укладки. Плоские слои собираются в пластины. Свойства получаются анизотропными.

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы с неметаллической матрицей

Для работы материала в изделии важно учитывать направление действующих нагрузок. Можно создать материалы как с изотропными, так и с анизотропными свойствами. Можно укладывать волокна под разными углами, варьируя свойства композиционных материалов. От порядка укладки слоев по толщине пакета зависят изгибные и крутильные жесткости материала. Применяется укладка упрочнителей из трех, четырех и более нитей. Наибольшее применение имеет структура из трех взаимно перпендикулярных нитей. Упрочнители могут располагаться в осевом, радиальном и окружном направлениях. Трехмерные материалы могут быть любой толщины в виде блоков, цилиндров. Объемные ткани увеличивают прочность на отрыв и сопротивление сдвигу по сравнению со слоистыми. Система из четырех нитей строится путем разложения упрочнителя по диагоналям куба. Структура из четырех нитей равновесна, имеет повышенную жесткость при сдвиге в главных плоскостях. Однако создание четырехнаправленных материалов сложнее, чем трехнаправленных.

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы в строительстве

В гражданском строительстве в основном применяются «традиционные» материалы, а в таких секторах, как строительство мостов, железных дорог, мостов и др., у полимерных композитов есть неплохие перспективы.

Строительство – это размытый термин, который включает в себя самые разные механические нагрузки, начиная с легких нагрузок, которым подвергаются щиты, корпуса, гнезда для защиты оборудования или звуконепроницаемых стен, и заканчивая сверхвысоким давлением, которое выдерживают опоры для мостов.

Для поиска решений, применимых в этих несхожих ситуациях, в гражданском строительстве применяются очищенные пластмассы или композиты:

- обычно применяемые в легких строительных конструкциях.
- периодически используемые в специализированных (нишевых) конструкциях, предназначенных исключительно для крупных строительных конструкций, например, мостов.

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы в строительстве



# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы в строительстве

### Преимущества стеклофиброцемента

- высокие показатели прочности при растяжении и изгибе;
- стойкость к появлению трещин;
- стойкость к ударным нагрузкам;
- низкая водопроницаемость;
- низкие показатели усадочных деформаций;
- высокая огнестойкость.



Стекловолокно

| № | Свойство             | Значение                                  |
|---|----------------------|---|
| 1 | Прочность сжатия     | 2515 МПа                                  |
| 2 | Прочность растяжения | 3,5 МПа                                   |
| 3 | Прочность при изгибе | 17-19 МПа                                 |
| 4 | Ударная вязкость     | (7-8) x 10 <sup>3</sup> Дж/м <sup>2</sup> |
| 5 | Морозоустойчивость   | 100 циклов                                |
| 6 | Водопоглощение       | 3,5-18,9 %                                |

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы на основе керамики

Армирование керамических материалов волокнами, а также металлическими и керамическими дисперсными частицами позволяет получать высокопрочные композиты, однако, ассортимент волокон, пригодных для армирования керамики, ограничен свойствами исходного материала. Часто используют металлические волокна. Сопротивление растяжению растёт незначительно, но зато повышается сопротивление тепловым ударам — материал меньше растрескивается при нагревании, но возможны случаи, когда прочность материала падает. Это зависит от соотношения коэффициентов термического расширения матрицы и наполнителя.

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы на основе керамики

Армирование керамики дисперсными металлическими частицами приводит к новым материалам (керметам) с повышенной стойкостью, устойчивостью относительно тепловых ударов, с повышенной теплопроводностью. Из высокотемпературных керметов делают детали для газовых турбин, арматуру электропечей, детали для ракетной и реактивной техники. Твёрдые износостойкие керметы используют для изготовления режущих инструментов и деталей. Кроме того, керметы применяют в специальных областях техники — это тепловыделяющие элементы атомных реакторов на основе оксида урана, фрикционные материалы для тормозных устройств и так далее. Керамические композитные материалы получают методами горячего прессования (таблетирование с последующим спеканием под давлением) или методом шликерного литья (волокна заливаются суспензией матричного материала, которая после сушки также подвергается спеканию).

# Классификация композитных материалов

## Композиционные материалы на основе керамики

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БЕСКИСЛОРОДНЫХ МАТРИЦ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

«ВЯЗКАЯ» КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ,  
АРМИРОВАННЫХ ТУГОПЛАВКИМИ ВОЛОКНАМИ

«ВЯЗКАЯ» КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТНЫХ МАТРИЦ

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БОРИДОВ ТУГОПЛАВКИХ  
МЕТАЛЛОВ



# Классификация композитных материалов

## Классификация наполнителей для композитных материалов

