

Направление подготовки бакалавров
«Химическая технология»

Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы

Керамические материалы один из самых древних конструкционных материалов, использовавшихся в

пр

ук



1. Посуды,

2. В строительстве



Посуда и украшения:

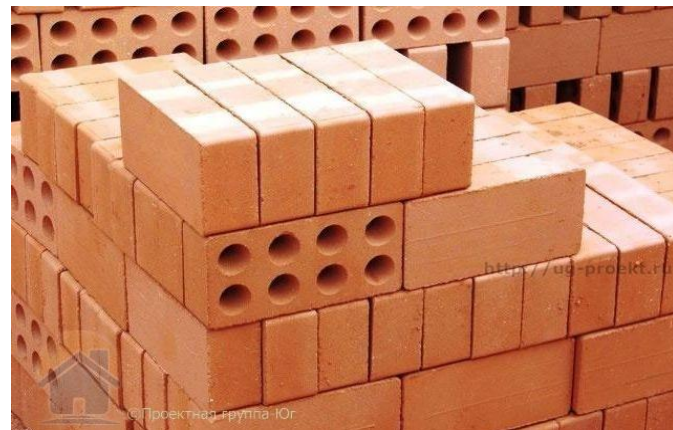
- Гончарная керамика,
- стекло, фарфор, фаянс.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы в строительстве

**1. Кирпич:
Обычный,
Шамотный (огнеупорный)
Дорожный**



**2. Плитка:
Для стен
(внутри и
снаружи),
Для пола,
Дорожная.**





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы в строительстве

3. Черепица



**Достоинства керамики в
строительстве:**

- **износостойкость**
- **значительная долговечность,**
- **декоративность многих видов керамики,**
- **распространенность в природе сырьевых материалов.**





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы

- Керамические материалы достаточно сложны как по химическому составу, так и по структуре.
- По химическому составу – это оксиды, карбиды, нитриды, бориды, сульфиды или их смесь.
- По структуре в их составе всегда есть:
 1. кристаллическая составляющая;
 2. аморфная (стекло-фаза);
 3. газовая составляющая (поры в керамике,



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы.

Керамика в современном мире

В настоящее время керамика относится к основным композиционным материалам, оказывающим определяющее влияние на уровень и конкурентоспособность промышленной продукции

Она дополнительно революционно вошла в технику и технологию многих областей техники в 60 годах прошлого века и стала третьим промышленным материалом после металла и полимеров.

При постоянном развитии традиционных областей ее применения.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамические материалы имеют два основных недостатка: хрупкость и сложность изготовления деталей и их обработки.

В то же время им присущи свойства, которые зачастую отсутствуют у металлов:

- Жаропрочность;
- Отличная коррозионная стойкость;
- Малая теплопроводность;
- Хорошие оптические свойства.

Жаропрочность керамики такова, что при температурах порядка 1000°C она прочнее любых сплавов и даже суперсплавов.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Керамика стала первым конкурентоспособным по сравнению с металлами классом материалов для использования при высоких температурах.

Известны следующие виды керамических материалов:

- Электрокерамика;
- Магнитокерамика;
- Оптокерамика;
- Хемокерамика;
- Биокерамика;
- Термокерамика;
- Механокерамика;
- Ядерная керамика;
- Сверхпроводящая керамика.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Свойства и применение керамических материалов

Характеристика основных видов керамики

Функциональный тип керамики	Используемые свойства	Применение	Используемые соединения
Электрокерамика	Электропроводность, электроизоляционные, диэлектрические и пьезоэлектрические свойства	Интегральные схемы, конденсаторы, вибраторы, зажигатели, нагреватели, термисторы, транзисторы, фильтры, солнечные батареи, твердые электролиты	BeO, MgO, Y ₂ O ₃ , ZnO, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC, B ₄ C, TiC, CdS, титанаты, Si ₃ N ₄
Магнетокерамика	Магнитные свойства	Головки магнитной записи, магнитные носители, магниты	Магнитно-мягкие и магнитно-твердые ферриты



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Виды керамических материалов

Оптокерамика

Прозрачность, поляризация, флуоресценция

Лампы высокого давления, ИК-прозрачные окна, лазерные материалы, световоды, элементы оптической памяти, экраны дисплеев, модуляторы

Al_2O_3 , MgO ,
 Y_2O_3 , SiO_2 ,
 ZrO_2 , TiO_2 ,
 Y_2O_3 , ThO_2 ,
 ZnS , CdS

Хемокерамика

Абсорбционная и адсорбционная способность, каталитическая активность, коррозионная стойкость

Сорбенты, катализаторы и их носители, электроды (например, топливных элементов), датчики влажности газов, элементы химических реакторов

ZnO , Fe_2O_3 ,
 SnO , SiO_2 , MgO ,
 BaS , CeS , TiB_2 ,
 ZrB_2 , Al_2O_3 ,
 SiC , титаниды



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Виды керамических материалов

Биокерамика	Биологическая совместимость, стойкость к биокоррозии	Протезы зубов, суставов	Системы оксидов
Термокерамика	Жаропрочность, жаростойкость, огнеупорность, теплопроводность, коэффициент термического расширения (КТР), теплоемкость	Огнеупоры, тепловые трубы, футеровка высокотемпературных реакторов, электроды для металлургии, теплообменники, теплозащита	SiC , TiC , B_4C , TiB_2 , ZrB_2 , Si_3N_4 , BeS , CeS , BeO , MgO , ZrO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , композиты
Механокерамика	Твердость, прочность, модуль упругости, вязкость разрушения, износостойкость, триботехнические свойства, КТР, термостойкость	Керамика для тепловых двигателей, уплотнительная, антифрикционная и фрикционная керамики, режущий инструмент, пресс-инструмент, направляющие и другие износостойкие детали	Si_3N_4 , ZrO_2 , SiC , TiB_2 , ZnB_2 , TiC , TiN , WC , B_4C , Al_2O_3 , BN , композиты



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Виды керамических материалов

Ядерная керамика	Радиационная стойкость, жаропрочность, жаростойкость, сечение захвата нейтронов, огнеупорность, радиоактивность	Ядерное горючее, футеровка реакторов, экранирующие материалы, поглотители излучения, поглотители нейтронов	UO_2 , UO_2-PuO_2 , UC , US , ThS , SiC , B_4C , Al_2O_3 , BeO
Сверхпроводящая керамика	Электропроводность	Линии электропередач, МГД-генераторы, накопители энергии, интегральные схемы, железнодорожный транспорт на магнитной подвеске, электромобили	Оксидные системы: $La-Ba-Cu-O$ $La-Sr-Cu-O$ $Y-Ba-Cu-O$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

В настоящее время в основном керамика применяется в следующих областях:

- Изготовление режущего инструмента;
- Детали двигателей (керамические двигатели);
- Специальное назначение:
 - Хранение радиоактивных отходов;
 - Тепловая защита головных частей ракет;
 - Изготовление броневой защиты военной техники и бронежилетов.
 - В связи и компьютерной технике.
 - В строительстве: кирпич, плитки, черепица



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическое сопротивление керамических материалов

- Одно из достоинств керамических материалов – это **высокая их коррозионная стойкость**. Но эта стойкость конечно не является абсолютной и при взаимодействии с различными жидкими и газообразными средами, особенно при повышенных температурах керамика разрушается.
- Отличие любой керамики даже самой плотной от металлов в том, что в керамике всегда присутствуют поры, в которые и проникают активные жидкости и газы, вступая в химические реакции с составляющими керамики.
- Если сравнить коэффициент водопроницаемости металлов с самой плотной керамикой (стеклами) при 20 С:



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическое сопротивление керамических материалов

- Поэтому в отличие от металлов взаимодействие активных веществ с керамикой идет не только **на поверхности**, но, в основном, и внутри керамики. И поэтому величина пор и транспортные процессы доставки реагента и отвода продуктов взаимодействия здесь приобретают первостепенное значение.
- Устойчивость керамики прежде всего будет определяться химической устойчивостью соединений входящих в состав керамики и структурой керамики, т.е. ее плотностью и величиной пор.
- Если основой керамического материала является кислотообразующий диоксид кремния SiO_2 , то такой материал будет обладать высокой химической стойкостью к действию кислот, в том числе концентрированных.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

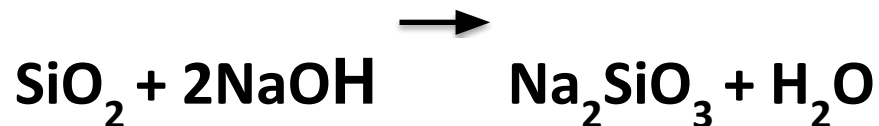
Химическое сопротивление керамических материалов

- Исключение составляет плавиковая кислота активно разрушающая диоксид кремния:



Ряд материалов, содержащих SiO_2 , разрушается при воздействии на них кремнефтористоводородной и фосфорной кислоты, но это взаимодействие имеет место при высоких температурах и протекает с меньшей скоростью.

Как кислотный оксид SiO_2 более активно взаимодействует со щелочами



Na_2SiO_3 достаточно хорошо растворима в воде, что делает невозможным замедление во времени реакции

взаимодействия



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическое сопротивление керамических материалов

- В керамических материалах всегда присутствуют силикаты: соединения оксид металла-оксид кремния. Химическая стойкость силикатов растет в ряду: $Me_2O \cdot SiO_2$
 $MeO \cdot SiO_2$ $Me_2O_3 \cdot SiO_2$
- Исходя из активности силикатообразующих оксидов силикаты группы **$MeO \cdot SiO_2$** располагают по степени возрастания их химической стойкости в следующий ряд:
 $PbO \cdot SiO_2$ \rightarrow $BaO \cdot SiO_2$ \leftarrow $CaO \cdot SiO_2$ \leftarrow $MgO \cdot SiO_2$ \leftarrow $ZnO \cdot SiO_2$ FeO
 SiO_2 $MnO \cdot SiO_2$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическое сопротивление керамических материалов

- Керамические материалы к воде обычно **устойчивы**.
- Но поскольку все они пористые материалы и способны в той или иной мере поглощать воду, поэтому применительно к строительной керамике (керамический и дорожный кирпичи, плитки облицовочные и дорожные) вводится понятие **морозостойкости** – т.е. способности керамического материала выдерживать циклы замораживания оттаивания в насыщенном водой состоянии.
- Морозостойкость зависит прежде всего от величины пор и от их открытости или закрытости, т.е. соединяются они друг с другом или разделены слоем керамики. Закрытость или открытость пор влияет на водопоглощение керамического материала, а, сл-но, и на



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Взаимодействие керамических материалов с газами

- Газы, выделяющиеся при проведении различных процессов в металлургии, химии, нефтехимии, ядерной энергетике при повышенных температурах и давлениях оказывают на керамические материалы разрушающее воздействие. К таким газам относятся: пары воды, оксиды углерода, водород, углеводороды, хлор, сероводород.
- Сильнейшее агрессивное действие оказывает монооксид углерода CO. Под его воздействием **восстанавливаются оксиды**, входящие в состав, керамического материала и **выделяется** сажистый углерод, который создает **большие** распирающие усилия в порах огнеупора.





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Взаимодействие керамических материалов с газами

- Сажистый углерод кроме того может взаимодействовать с составляющими керамики, например муллитом ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)



Монооксид кремния SiO также приводит к растрескиванию керамического материала.

- Углеводороды, метан, этан и природный газ как и CO могут способствовать выделению сажистого углерода.

Наиболее устойчивы к действию CO и углеводородов являются высокоглиноземистые огнеупоры.

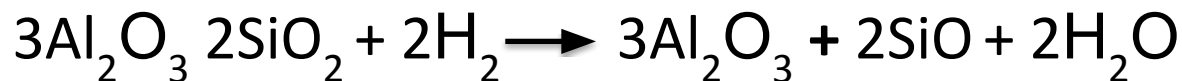
- В среде водорода восстанавливаются многие оксиды TiO_2 , MgO , SiO_2 и др.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Взаимодействие керамических материалов с газами

- Например, **муллит** водород разлагает с образованием корунда и летучего монооксида кремния:



- **Хлор** разрушает многие огнеупоры, так как с большинством тугоплавких оксидов дает легкоплавкие или летучие соединения, плавление или испарение которых вызывает снижение прочности материала.
- К действию **водорода** и **хлора** более устойчивы высокоглиноземистые (с содержанием Al_2O_3 85% и более) корундовые огнеупоры.