



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призеров III степени

Название работы – Унипласт – универсальная защитная оболочка на основе наноматериала.

Авторы – Тарасов Артем Валерьевич, 10 класс, МБОУ "Лицей № 2" г. Чебоксары; Павлов Андрей Алексеевич, 10 класс, МБОУ "СОШ №8", г. Новочебоксарск.

Руководитель – Лаврентьев Анатолий Генрихович, учитель информатики и ВНТ, МБОУ "Лицей № 2" г. Чебоксары.

Основная идея работы, цели, задачи

Идея проекта:

На основе наноматериала создать оболочку, защищающую объект от воздействия температуры, давления и химического воздействия а также проверить его работу и свойства опытным путём.

Цель проекта:

1. Найти оптимальный наноматериал, способный создать защиту от колоссальных температур, давления и кислотности среды;
2. Синтезировать этот наноматериал;
3. Найти способ обеспечить защиту от колоссальных температур при помощи полученного материала;
4. Опытным путём проверить способность защиты наноматериала.

Задачи:

1. Найти наноматериал, удовлетворяющий требованиям;
2. Найти наиболее доступный способ получения;
3. Найти способ обеспечить защиту от колоссальных температур при помощи полученного материала;
4. Произвести опыты;
5. Зафиксировать результаты опытов;
6. Сделать выводы.

Актуальность и новизна работы

В наше время очень часто случаются пожары, открытым остается вопрос о защите венерианских спутников, да и о защите всего вокруг нас от безумных температур до 4000 градусов Цельсия. Также часто мы имеем проблемы с низкими температурами, с которыми сталкиваются те же самые спутники и устройства, работающие в условиях экстремального холода. В своём проекте мы решили найти способ создать защиту от колоссальных температур. Наноматериал, имеющий огромную температуру плавления и имеющий теплоемкость. Достаточно актуально это будет в сферах, работающих там, где очень высокие или низкие температуры, например пожарные или космонавты, при высоком уровне кислотности, а также при работе с большим давлением.

Основные результаты

Выбор наноматериала

Наш выбор пал на одно из самых твёрдых и жаростойких элементов в периодической таблице - Титан, а именно на его Карбид. Соединение углерода и металлического титана (TiC). Это порошок, имеющий светло-серый оттенок [1][2]. Он представляет собой материал с замечательными химическими, физическими и механическими свойствами. Важнейшие из них [3]:

- исключительно высокая твердость — по шкале Мооса до 9,5;
- огнеупорность, высокая теплопроводность и температура плавления более 3000 °С;
- малое электрическое сопротивление;
- высокая стойкость к агрессивным средам и к абразивному воздействию.

Благодаря совокупности этих уникальных свойств, карбид титана нашел широкое применение в промышленности: нанесение покрытий из этого вещества дает возможность получить износостойкие инструментальные сплавы [4]. Из карбида титана получают материал для изготовления лопаток, турбин, реактивных двигателей в авиации, защитного слоя для сопел и головных частей ракет. Этот материал оказался незаменимым для подводных работ — его используют при производстве электродов для подводной электрокислородной резки стали. Материал обладает отличной теплопроводностью, высокими прочностными характеристиками и свойствами вязкости. Именно поэтому мы и выбрали его для нашего проекта [5] [6].

Получение Нанокарбида Титана. (Методом золь–гель) [7] [8][11]

Метод заключается в переводе его сначала в золь, а затем в гель за счет процессов гидролиза и конденсации, последующее старение, высушивание и термообработка продукта.

1 способ [9]:

Смесь, состоящая из 25 граммов тетраизопропилтитаната и 9,7 граммов фенольной смолы в 25 миллилитрах этанола тщательно перемешивали. Образование гелеобразного осадка при перемешивании является индикатором, что началась реакция соединения между органотитанатом и полимером. Гель сушили при 60 градусах цельсия в течение 16 часов и затем нагревали в атмосфере аргона при температуре 800 ° С в течение 10 минут до испарения летучих веществ и превращения полимера в углерод. Затем гель нагревали в атмосфере аргона в течение одного часа до температуры 1400 ° С и 1600 ° С для реакции титана и углерода для получения мелкодисперсного порошка TiC.

2 способ [10][12]:

Смесь, состоящую из 50 граммов молочной кислоты хелата титана и 61,2 г метилцеллюлозы в водном растворе готовили и перемешивали в течение пяти минут. При комнатной температуре реакции не наблюдалось, но при нагреве смеси до 85 ° С за 16 часов появился густой гель, образовавшийся в сосуде, указывает на то, что произошла реакция соединения между органотитанатом и метилцеллюлозой. Гель последовательно сушили, а затем подвергли пиролизу путем постепенного повышения температуры до 800 ° С в атмосфере аргона, а затем поддерживали температуру в 800 ° С в течение 10 минут. Полученные

нелетучие твердые вещества реагировали при 1400 ° С в аргоне в течение одного часа для производства мелкодисперсного порошка TiC.

Мы выбрали второй способ, так как он показался нам более доступным и менее затратным, хелат титана мы приготовили следующим образом [15][16]:

10 моль порошка металлического титана растворили в охлаждаемом льдом растворе 40 мл 30% H₂O₂ и 10 мл 28% NH₃. Два часа спустя к раствору Ti-пероксокомплекса добавляли 50 моль L-молочной кислоты и выдерживали в течение дня при 80 ° С до образования оранжевого геля. Полученный гель растворяли в воде и выдерживали примерно одну неделю, получая прозрачные белые призматические кристаллы.

Типичный выход твердого продукта был выше 67%. Раствор, полученный после реакции с молочной кислотой, может быть использован непосредственно как источник Ti для синтеза многокомпонентных оксидных материалов.

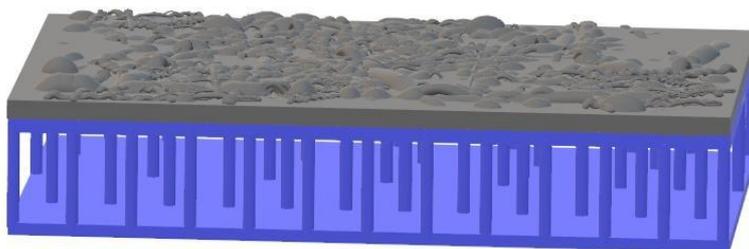
Способ обеспечения защиты от неблагоприятной среды

Конечно, достаточно просто нанести слой нанокарбида на уязвимые и слабозащищённые места прибора, но в таком случае, через какое-то время, в зависимости от толщины слоя, нанокарбид нагреется или охладится на столько, что уже не будет защищать от воздействия температуры на объект [13][14]. Также при воздействии большого давления в скором времени слой нанокарбида подвергнется серьёзному повреждению и защита перестанет быть эффективной. С кислотой же нанокарбид титана взаимодействовать не будет, а также он практически не растворим поэтому достаточно будет одиночного слоя. Мы понимаем, что невозможно сделать так, чтобы материал вечно сохранял свою температуру и форму в любых условиях, но мы нашли способ максимальной защиты от её воздействия. Для этого нам всего лишь нужно добавить слой вакуума, а вокруг него оболочку с высокой удельной теплопроводностью, прочностью и выдержкой давления, а также являющийся неметаллом, например из пластика. Таким образом, даже если карбид нагреется, то пластик будет нагреваться только в точках соприкосновения с оболочкой, а это значит, что *площадь соприкосновения должна быть как можно меньше.*

«УниПласт» - так мы назвали четырёхслойную оболочку, позволяющую достаточно длительное время предотвращать воздействие температуры, давления и кислот на объект. Благодаря отсутствию теплопроводности в вакууме до нижнего слоя пластика будет доходить минимум тепла. И наоборот: по той же причине вакуум не даст теплу быстро покинуть объект. Благодаря химическим свойствам карбида титана и его нерастворимости, он не будет вступать в реакции с кислотами, а благодаря прочности пластика он будет выдерживать давление до нескольких десятков атмосфер.

Структура «УниПласта»

Материал состоит из четырёх слоев: двух слоёв гибкой пластмассы, между которыми располагается слой вакуума. Они соединены с помощью специальных гнущихся пластмассовых столбиков высотой 3-4 миллиметра с минимально, насколько мы смогли сделать диаметром в 1мм. Один из слоёв пластика покрыт слоем нанокарбида титана. УниПласт плотно прилегает к поверхности предмета. Он отлично может дополнить защитой костюм космонавта или пожарного, ведь он очень лёгкий, достаточно эластичный и имеет относительно малую для своих функций толщину.



Опыты

Опыт с нагреванием

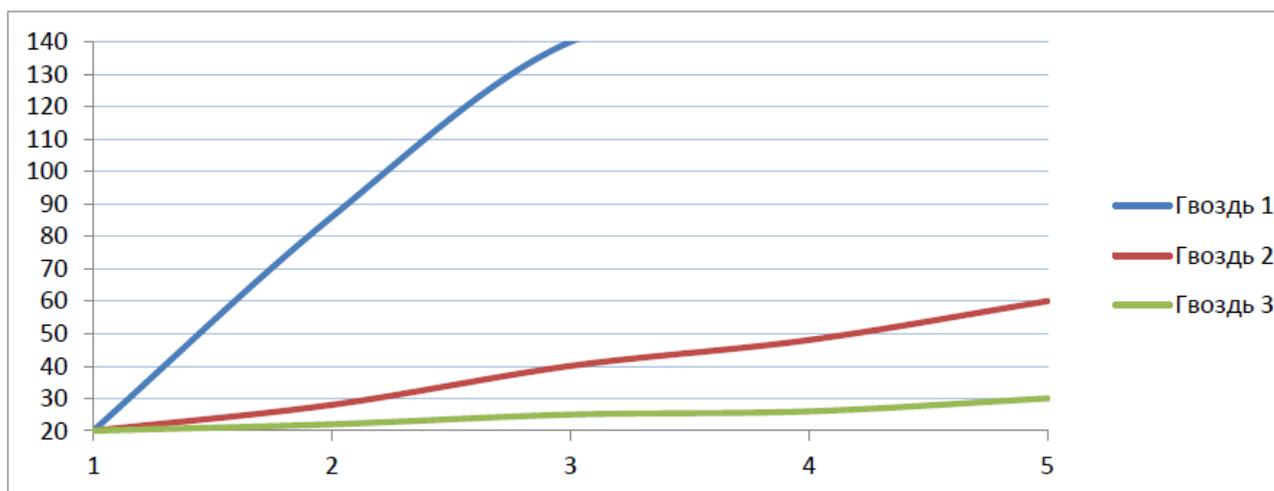
Проведем такой эксперимент: возьмём три одинаковых гвоздя нагретых заранее до 20-ти градусов в теплой воде. Первый мы не будем никак защищать, шляпку второго мы покроем слоем нанокарбида, а шляпку третьего мы защитим УниПластом. Начинаем нагревать шляпки зажигалкой. Каждую на протяжении 30 секунд. Замерим температуру острия гвоздей: температура первого поднялась до 140 градусов, температура второго осталась прежней, как и температура третьего. Продолжаем нагревание, на этот раз оба гвоздя нагревали в течении полутора минут на комфорке газовой плиты. Температура острия второго гвоздя достигла 48 градусов, а температура острия третьего всё также оставалась в районе 20-ти. Нам стало интересно, и мы продолжили нагревание острия третьего гвоздя, в таких же условиях. Целых 3 с половиной минуты нам потребовалось, чтобы нагреть остриё до температуры 50 градусов. После этого мы охладили его до 20 градусов и принялись нагревать, замеряя температуру острия каждую минуту, у нас получился такой график:



Обычный гвоздь

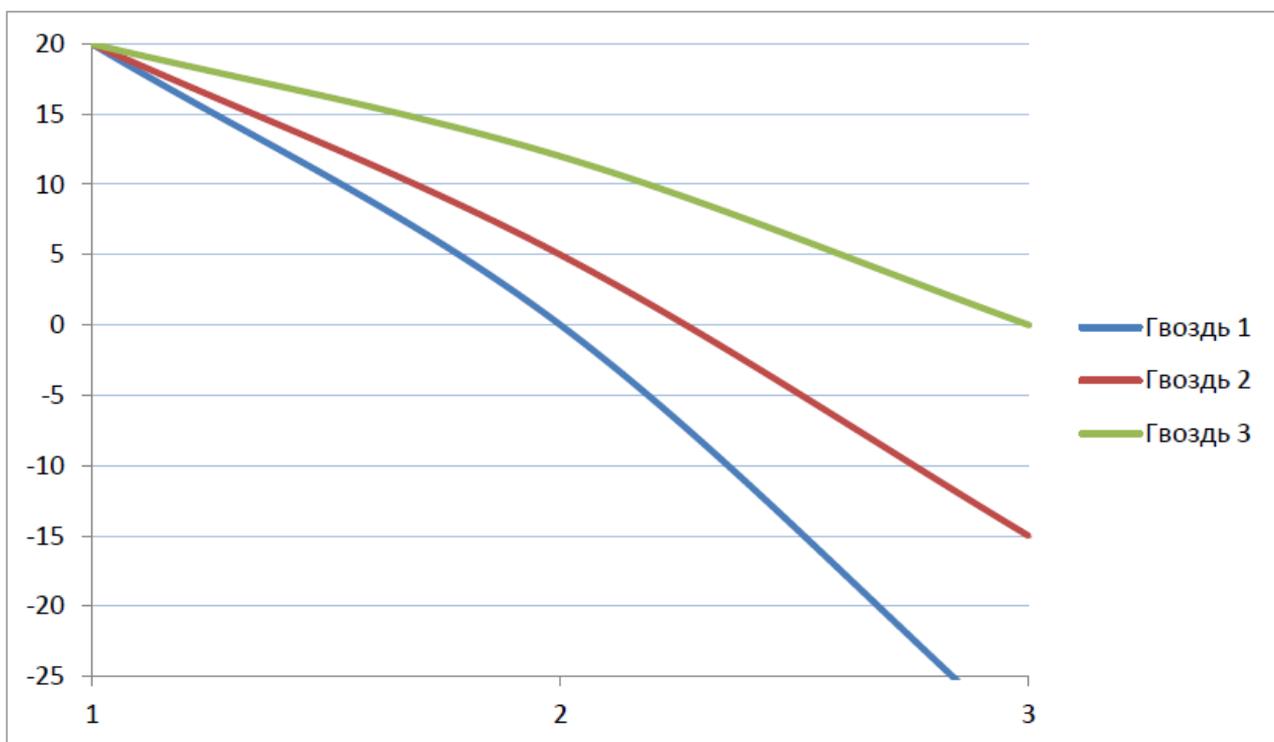
Покрытый
Карбидом титана
гвоздь

Покрытый
«Унипласт»
гвоздь



Опыт с охлаждением

Взяли всё те же три гвоздя, при той же 20-ти градусной температуре, третий и второй уже полностью покрытые «УниПластом» и нанокарбидом. Поместим все в морозильник, при температуре -28 градусов. Через минуту замеряем температуру острия: у первого -8 градусов, у второго 14 градусов, а у третьего по-прежнему 20, кладём еще на минуту: температура первого -21, второго 0, третьего 17, повторяем ещё раз: температура первого -28, второго -16, третьего 9. Также мы засекали время, за которое гвозди успевали остыть до -28, делая измерения каждые 15 секунд: первый гвоздь за 2:30, второй за 5:15, третий за 8:30. Этот эксперимент показал, что нанокарбид является более жароустойчивым металлом, нежели холодостойким. График зависимости температуры от времени представлен на рисунке:



Опыт с погружением в кислоту

Три гвоздя. Второй и третий покрыты наполовину. Все гвозди железные. В раствор соляной кислоты (HCl) погрузили, соблюдая все правила безопасности, первый гвоздь погрузили в кислоту, включили секундомер и зафиксировали следующее: реакция стала заметна 14 секунд; гвоздь начал белеть 38 секунд; гвоздь окончательно побелел 109 секунд. Когда мы достали гвоздь мы заметили, что между его обычной частью и белой имеется полоса ржавчины чуть выше того места где была поверхность кислоты. Мы решили, что причиной этому стало испарение кислоты. Тоже самое мы проделали со вторым гвоздём, и заметили, что никаких реакций не происходит. Так мы подождали почти 15 минут, затем вытащили гвоздь и сняли плёнку нанокарбида, то заметили небольшие очаги ржавчины. Скорее всего это было обусловлено слишком тонким слоем плёнки. Третий же гвоздь за те же 15 минут не подвергся абсолютно никаким изменениям! Мы решили показать вам, каким стал первый гвоздь после опыта:



Опыт со сжатием

Для опыта мы используем специальные тиски с усилителем и прикрепили к одной из сторон тисков динамометр и закрепили его. Первый гвоздь сжали в ручную. Его шляпка сильно сплющилась, но до острия тиски не достали. Динамометр зафиксировал 600 Н, но так как сжатие происходит с обеих сторон, то на гвоздь действовали с силой 1500Н. Продолжили сжатие используя усилитель. Гвоздь сплющился окончательно, когда на него гвоздь действовали с силой 1700Н. Повторили эксперимент, сжав гвоздь полностью покрытый нанокарбидом. На этот раз в ручную нам удалось приложить силу 1650Н на гвоздь, но он по прежнему оставался целым и невредимым, тогда мы приложили к нему силу в 1800Н при помощи усилителя, но и в этом случае он не подвергся деформации. Тогда мы решили с помощью усилителя приложить к нему 2200Н, но дойдя до 2500Н он мгновенно сплющился. Сжали третий гвоздь. Он также не подавал никаких признаков деформации, но при давлении в 5700Н столбики, соединяющие слои пластмассы не выдержали и сломались. Но сам гвоздь не получил повреждений, поэтому мы решили продолжить сжатие. Максимальное значение, которые мы смогли получить используя усилитель 2800Н, дальше он уже не мог сжимать гвоздь. Гвоздь был абсолютно цел, и мы решили закрепить результат ударив молотком сначала по тескам, а потом по гвоздю. Оба удара гвоздь спокойно выдержал!

Выводы, заключение, перспективы

Вывод:

1. Нашли оптимальный наноматериал, способный создать защиту от колоссально неблагоприятных условий. Этим материалом оказался карбид титана.
2. получили этот материал.
3. Разработали на основе карбида титана способ в разы увеличить долгосрочность защиты
1. 4.Опытным путём убедились в работоспособности оболочки «Унипласт».

Заключение:

Карбид титана является невероятно полезным в наше время веществом. На его основе мы смогли создать четырёхслойную оболочку, способную защитить содержимое от неблагоприятной окружающей среды.

Перспективы:

Наша защитная оболочка имеет достаточно высокую теплоизолированность по сравнению с современными защитными средствами. Высокая прочность и устойчивость к окружающей среде также являются значительным плюсом к использованию его во многих сферах жизни. Мы планируем и дальше дорабатывать проект, уменьшить площадь столбиков и стенок, а также в будущем заменить пластик на углеродные нанотрубки или фуллерен, что будет довольно затратно.

Список цитированных источников

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Карбиды> до- узнали о свойствах Карбидов
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Карбид_титана – узнали о структуре карбида титана
3. <https://newsvo.ru/karbid-titana-svoystva-i-primjenjen..> – узнали свойства карбида титана
4. <http://uralhiminvest.ru/index.php?id=31> – узнали применение карбида титана
5. <https://sibnovostroy.ru/obrabotka/chto-takoe-karbidy-chem-oni-otlichayutsya-i-v-kakih-otraslyah-ispolzuyutsya.html> – узнали отличия свойств карбида титана от чистого титана
6. <https://extxe.com/14972/nanotehnologii-i-nanomaterialy-2/> – узнали о различии свойств нанокарбида и простого карбида
7. http://www.igic.ras.ru/docs/dissov/dissertation/nikolaev_dissertatciya.pdf – диссертация, где мы узнали способ получения материала методом золь-гель
8. <https://markmet.ru/kniga-po-metallurgii/nanokarbid-titana..> – узнали о порошке карбида
9. <https://patents.google.com/patent/RU2175988C1/ru> – 1-ый способ получения
10. <https://patents.google.com/patent/RU2561614C1/ru> – 2-ой способ получения
11. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ic040031l#> – 2 способа приготовления нанокарбида титана
12. <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1..> – проверили возможность получения нанокарбида 2-м способом
13. https://eti.su/articles/over/over_1691.html – узнали о свойствах порошковых нанокарбидов
14. <http://imet.ac.ru/lab29/articles/239.pdf> – узнали о свойствах нанокарбида титана
15. <http://www.imet.ac.ru/lab29/articles%5C239.pdf> – узнали о синтезе нанопорошков карбида титана
16. https://www.crys.ras.ru/dissertations/pending/Baskakov_dissertation.pdf – узнали о структуре нанокарбидов, их прочности и стойкости к кислотам