

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТИПА «СЭНДВИЧ» ДЛЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ПАССАЖИРСКОГО ОТСЕКА ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПОВОДНОЙ ЛОДКИ

Пономарева Е. С. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Условия эксплуатации подводных аппаратов предъявляют к материалам их корпусов особые требования. Как известно, подводный аппарат должен иметь минимальную относительную массу корпуса, теплозвукоизоляцию газотурбинных двигателей, холодильных установок, теплоизоляцию двигательных шахт, пожарную изоляцию перегородок, палуб, кают.

Подводная лодка (ПЛ) – корабль, способный погружаться и длительное время действовать в подводном положении. Важнейшее тактическое свойство ПЛ – скрытность.

В последние десятилетия получили распространение туристические подводные лодки (рисунок 1), вмещающие 24 – 64 человека, которые могут осматривать подводный мир на глубинах до 100 м через большие акриловые иллюминаторы по бортам и большие панорамные окна в оконечностях лодки. Обычно они базируются на крупных морских курортах и далеко от берегов не отходят.



Рисунок 1 – Экскурсионная подводная лодка

Основные технические характеристики подводной лодки:

Пассажировместимость – 40 человек;
Продолжительность экскурсий – 1 час;
Количество экскурсий в день – до 7;
Количество иллюминаторов – 23;
Диаметр иллюминатора в свету – 0,64 м;
Глубина погружения – 40 м;
Осадка – 3,8 м;
Длина – 29,8 м;
Ширина – 4,2 м;
Диаметр прочного корпуса – 2,8 м;
Водоизмещение – 170 т
Максимальная скорость – 3 узла;
Экипаж – 3 человека.

В пассажирском салоне экскурсионной подводной лодки установлены 22 обзорных иллюминатора, перед каждым из которых размещены по 2 кресла. У одного из иллюминаторов находится место гида. Увеличенный, по сравнению с аналогами, диаметр прочного корпуса позволяет иметь свободный проход между креслами и комфортабельное размещение пассажиров во время экскурсии (рисунок 2).

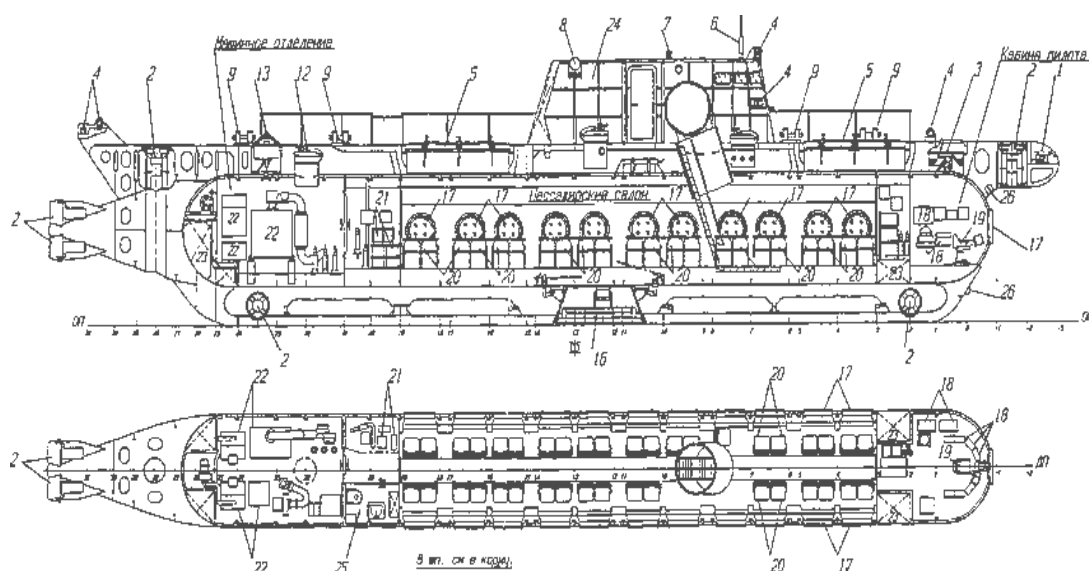


Рисунок 1.3 – Схематическое изображение экскурсионной подводной лодки, где 1 – антенна гидролокатора; 2 – гребная колонка; 3 – устройство буксирное; 4 – сигнально-отличительные огни; 5 – контейнер аккумуляторный; 6 – антенна АШУ радиосвязи; 7 – антенна звукоподводной связи; 8 – буй отметчик; 9 – кнехты крестовые; 10 – гермобоксы; 11 – люк входной пассажирский; 12 – люк запасной; 13 – буй аварийно-сигнальный; 14 – баллоны системы ВВД; 15 – балласт с аварийным устройством отдачи; 16 – иллюминаторы; 17 – навигационное оборудование и приборы управления; 18 – кресло пилота; 19 – кресла пассажирские; 20 – средства регенерации (аварийные); 21 – электрооборудование и система воздухообработки; 22 – уравнилительно-дифференциальные цистерны; 23 – ограждение входного люка; 24 – галюн с умывальником; 25 – светильник заборный; 26 – крышки входного люка

В таблице 1.1 представлены материалы и их удельные характеристики, наиболее часто используемые в судостроении.

Таблица 1.1 – Механические свойства судостроительных конструкционных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа
Титановый сплав	4500	930	115
Мартенситная сталь(25% Ni)	8000	1096	210
Эпоксидный стеклопластик на основе ткани	2000	590	50
Эпоксидный углепластик (однонаправленный)	1600	2355	130

Приведенные данные объясняют целесообразность применения композиционных материалов в судостроении, что приводит к существенным экономическим результатам.

Приведенная выше таблица отражает превосходство ПКМ над традиционными материалами по удельным характеристикам прочности и модуля упругости.

Предъявляют следующие требования к конструкции и материалу конструкции: максимальная жесткость и прочность, теплостойкость.

Данным требованиям соответствуют такая форма ПКМ как сэндвичевые конструкции с сотовым наполнителем.

Структура сэндвичевых конструкций состоит из следующих элементов (рисунок 3): двух тонких прочных облицовочных пластин – обшивок, толстой легкой сердцевины – заполнителя, разделяющего несущие пластины и распределяющие нагрузку между ними, и адгезионных слоев, связывающих пластины с заполнителем и передающих нагрузку от заполнителя к облицовкам и обратно.

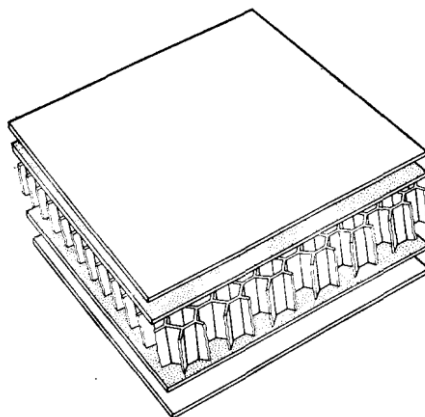


Рисунок 3 – Сэндвичевая (сотовая) конструкция

Выбран материал – стеклопластик (СП) СТ–69Н, состоящий из стеклоткани Т10–80 и связующего ЭДТ–69Н с паспортными данными:

$t_{экс} = -60 \dots +80^\circ\text{C}$; при $t=20^\circ\text{C}$:

$\sigma_v^0 = 629 \cdot 10^6 \text{Па}$; $E_v^0 = 298 \cdot 10^8 \text{Па}$; $\sigma_{-v}^0 = 551 \cdot 10^6 \text{Па}$; $\tau_v = 69 \cdot 10^6 \text{Па}$; $\mu_0 = 0,144$; $\mu_{90} = 0,125$;
 $\gamma = 1890 \text{кг/м}^3$; $\sigma_v^{90} = 325 \cdot 10^6 \text{Па}$; $\sigma_{-v}^{90} = 358 \cdot 10^6 \text{Па}$; $E_v^{90} = 190 \cdot 10^8 \text{Па}$; $E_{-v}^0 = 220 \cdot 10^8 \text{Па}$; $E_{-v}^{90} = 166 \cdot 10^8 \text{Па}$; $\delta^1 = 25 \cdot 10^{-5} \text{м}$; $\tau^{\pm 45} = 25 \cdot 10^7 \text{Па}$.

Определим количество слоев СП с ориентацией 0° , 90° , $\pm 45^\circ$: $n_{сл}^0 = 3$ слоя; $n_{сл}^{90} = 2$ слоя; $n_{сл}^{\pm 45} = 2$ слоя.

Для сотовых конструкций, у которых существует две обшивки, количество слоев должно быть изменено, исходя из того, что обе обшивки имеют одинаковое количество слоев. В нашем случае должно быть $n_{сл}^0 = 6$ слоев; $n_{сл}^{90} = 4$ слоя; $n_{сл}^{\pm 45} = 4$ слоя, то есть в каждой обшивке $n_{сл}^0 = 3$ слоя; $n_{сл}^{90} = 3$ слоя; $n_{сл}^{\pm 45} = 2$ слоя. Формируем пакет для сотовой конструкции, изготавливаемой методом ручной выкладки: $90, 0, +45, 0, -45, 0, 90$, соты, $90, 0, -45, 0, +45, 0, 90$.

ДВИЖЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В ПОЛИМЕРИЗОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ

Зенков П.Ю. – студент, Татаринцева С.В. – студентка,

Арсентьева С.Н. – к.т.н., старший преподаватель

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Теория дислокаций была впервые применена в середине тридцатых годов XX века физиками Орованом, Поляни и Тейлором для описания процесса пластической деформации кристаллических тел. Ее использование позволило объяснить природу прочности и пластичности металлов. Теория дислокаций дала возможность объяснить огромную разницу между теоретической и практической прочностью металлов.

Дислокации в кристаллах - дефекты кристалла, представляющие собой линии, вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей. Дислокации и другие дефекты в кристаллах определяют многие физические свойства кристаллов, называемые структурно – чувствительными. Они уменьшают на несколько порядков прочность кристаллов, электросопротивление и другие свойства. Процессы возникновения и развития дислокаций сложны, но процессы деформации, разрушения и упрочнения твердых тел можно предсказать.

У линий скольжения (при внутризеренном разрушении) и у границ зерен (при межзеренном) возникает скопление дислокаций. Эти скопления способствуют возникновению микротрещин в зонах.

Дислокации влияют также на электрические и оптические свойства кристаллов.

В частности, механические свойства кристаллов прочность и пластичность обусловлены существованием дислокаций и их особенностями.

Линейные дислокации разделяются на краевые и винтовые.

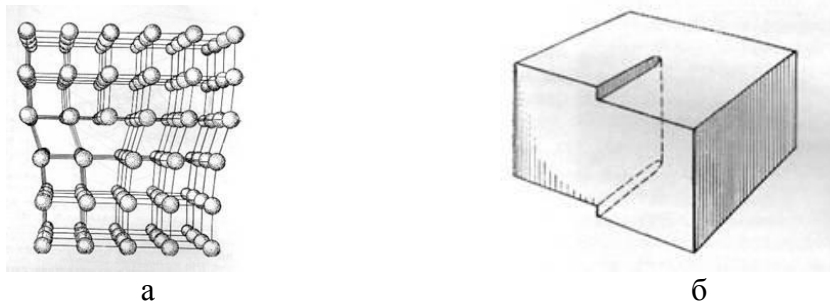


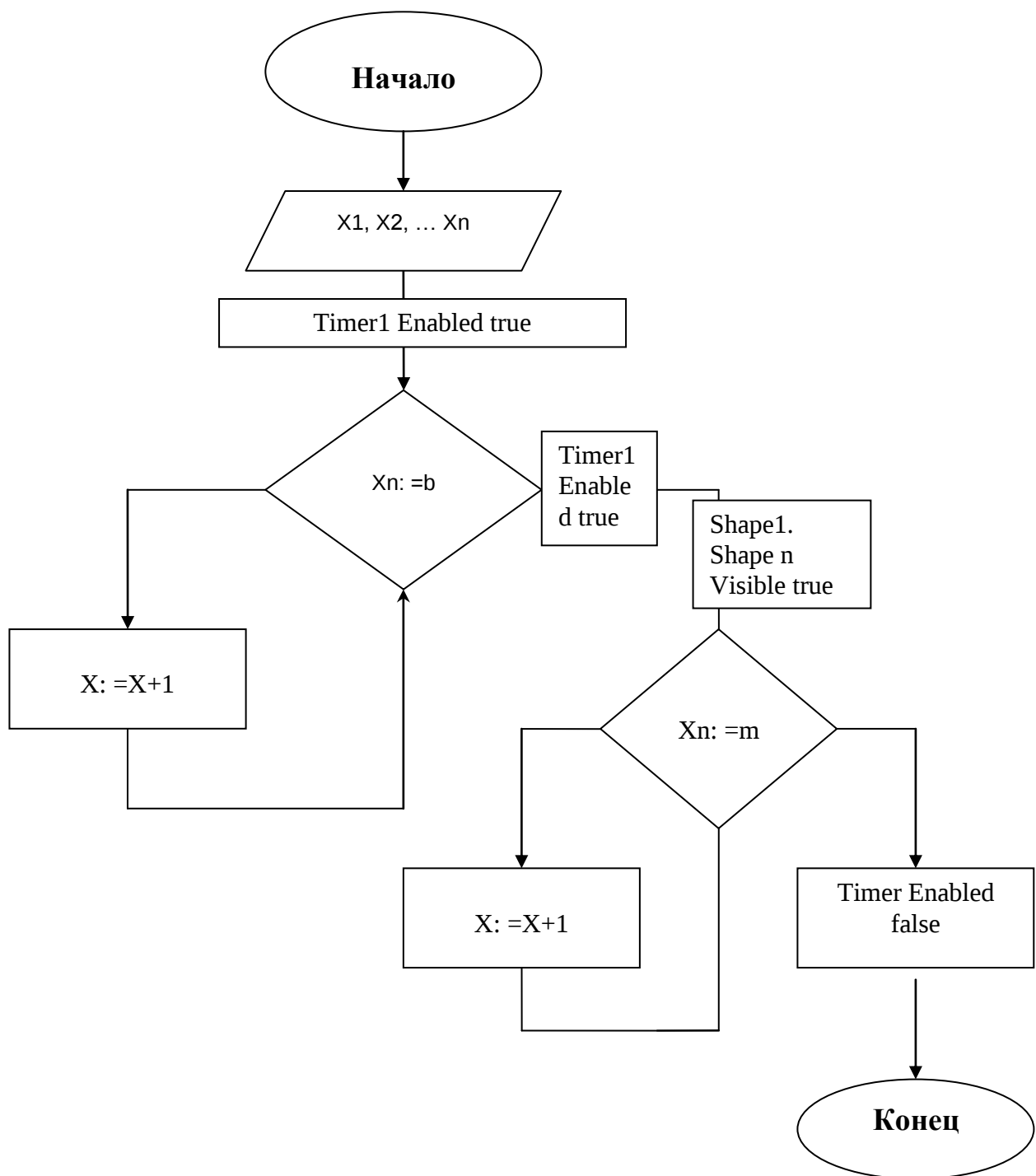
Рисунок 1 – а – краевая дислокация. Одна из атомных плоскостей оборвана. б – винтовая дислокация. Атомная плоскость несколько подвернута и выстраивается винтом – при движении в атомной плоскости вокруг оси дислокации, - приходишь не в прежнюю плоскость, а на уровень следующей плоскости.

Такое расхождение теоретической и фактической прочности объясняется тем, что деформация происходит не путем одновременного смещения целых атомных плоскостей, а путем постепенного перемещения дислокаций. Поведение дислокации подробно показано в программе, написанной в Delphi.

Delphi – язык программирования, который используется в одноимённой среде разработки. Название используется, начиная с 7 версии среды разработки, ранее это был Object Pascal, разработанный фирмой Borland и изначально реализованный в её пакете Borland Delphi, от которого и получил в 2003 году своё нынешнее название. Object Pascal по сути является наследником языка Pascal с объектно-ориентированными расширениями.

Приложение показывает движение 2ух дислокаций: первая захватывает частицу, вторая огибает её лишь наполовину, при осуществлении данных действий программа завершает свою работу.

Алгоритм программы:

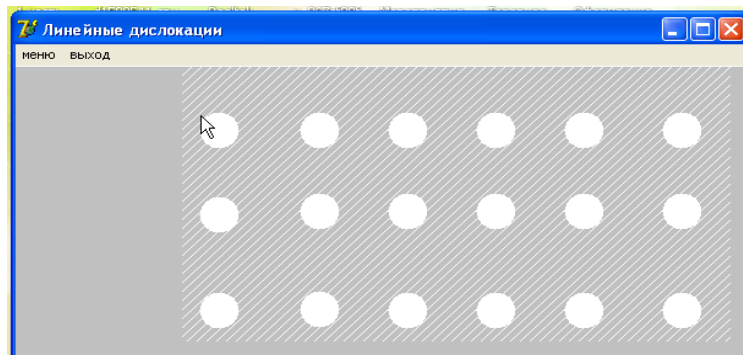


Работа программы:

1. Шаг

В окне программы представлено вещество.

В нем, как и в любом другом есть молекулы, которые находятся в движении.



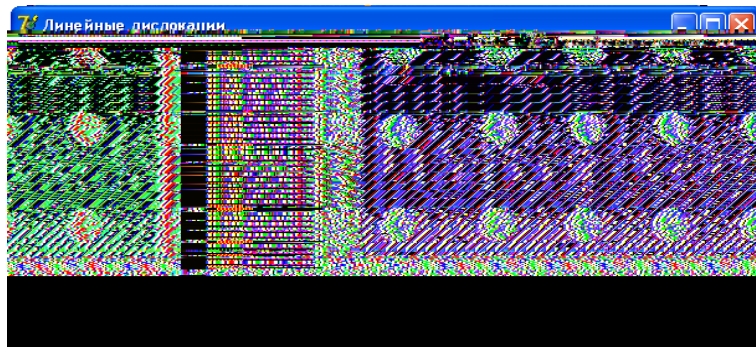
2. Шаг

В меню выбираем

«Первая дислокация: запуск»

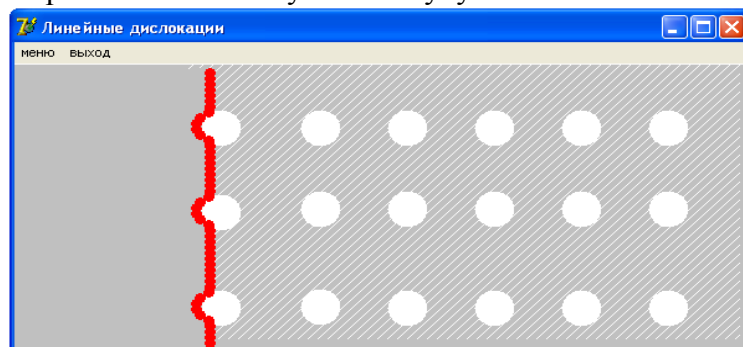
Красная линия – дислокация

Начинается движение.



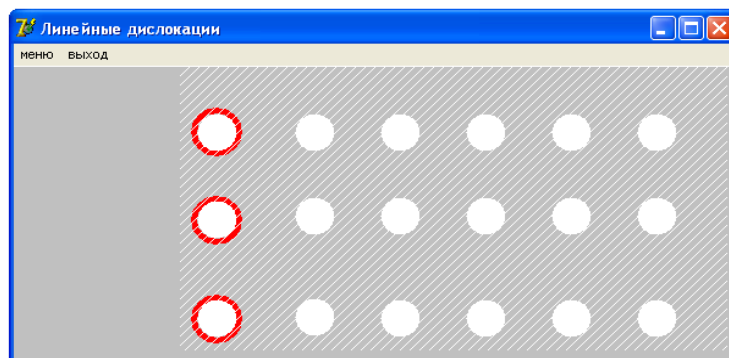
3. Шаг

Линия дислокации встречает на своем пути молекулу и начинает её обволакивать.



4. Шаг

Частица обволакивается.

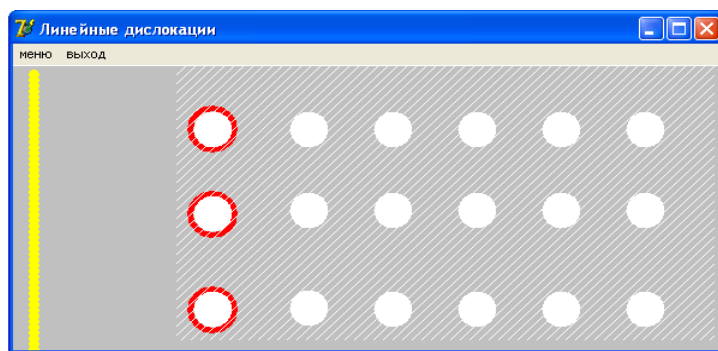


5. Шаг

Из меню

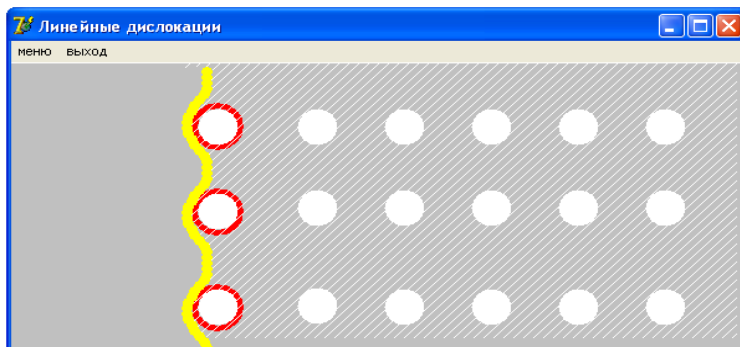
«Вторая дислокация: запуск»

Начинает движение вторая дислокационная линия



6. Шаг

Движение прекращается, когда вторая дислокационная линия обволакивает молекулу на 50 %



В меню программы включены настройки:

1. Изменение цвета фона и молекул
2. Задание скорости действия дислокации

Программа наглядно показывает процесс прохождения дислокации через частицы вещества.

Тема дислокаций достаточно интересна и актуальна на сегодняшний момент.

Мы не останавливаемся в своей работе на данном этапе.

Мы хотим и в дальнейшем изучать тему дислокаций в кристаллах и представлять её наглядно.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лубянский А.В. – студент ПКМ61, Ананьева Е.С. –доцент, к.т.н.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Нанотехнология-междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования практических методов исследования, анализа и синтеза, а так же методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путем контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами

Наноматериалы-материалы, созданные с использованием наночастиц и/или посредством нанотехнологий, обладающие какими-либо уникальными свойствами, обусловленные присутствием этих частиц в материале

Согласно 7-й международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004^[2]) выделяют следующие типы наноматериалов

- Нанопористые структуры
- Наночастицы
- Нанотрубки и нановолокна
- Нанодисперсии(коллоиды)
- Нанокристаллы и нанокластеры

Сами наноматериалы делят по назначению на следующие группы

Функциональные

- композиционные
- конструкционные

В окружающем нас мире находится достаточно большое количество объектов природного происхождения, соответствующих принятым определениям для наноматериалов, наносистем наноустройств и нанотехнологий.

Взаимодействие между материальными объектами, относящимися к наноматериалам, наносистемам и наноустройствам в большинстве случаев имеет электромагнитную (электростатическую) природу

Перспективы

Дальнейшее развитие ПКМ следует рассматривать как движение в двух направлениях.

Первое – разработка дешевых компонент и методов их переработки в полуфабрикаты и изделия для гражданских целей широкого применения. Для этой цели в качестве матриц будут использоваться многотоннажные полимеры (например полипропилен и др) и дешевые полиэфирные смолы. В качестве волокон – стеклянные, углеродные, на основе пеков или полимер-пековых композиций, а также более дешевые полимерные волокна.

Второе направление-повышение рекордных характеристик композитов. В последнее время второе направление в значительной степени потеряло финансирование как у нас в стране, так и в западных странах в связи с прекращением холодной войны и гонки вооружения. Однако, такие материалы, хоть и в небольших масштабах, будут всегда требоваться для космической, авиационной, и гражданской отраслей техники. Можно надеяться, что в скором будущем будут достигнуты значения прочности порядка 10 ГПа для углеродных и полиэтиленовых волокон

Области применения

Современная авиация, ракетно-космическая техника, судостроение, машиностроение немыслимы без полимерных композитов. Чем больше развиваются эти отрасли техники, тем больше в них используют композиты, тем выше становится качество этих материалов. Многие из них легче и прочнее лучших металлических (алюминиевых и титановых сплавов) сплавов, и их применение позволяет снизить вес изделия (самолета, ракеты, космического корабля) и, соответственно сократить расход топлива.

В результате, сейчас в скоростной авиации используют от 7 до 25% по весу полимерных композитов и снижают вес изделия таким образом от 5 до 30%. В таблице 1 представлены данные по использованию углепластиков в самолетах серии МИГ

Таблица 1

Тип самолета	Масса углепластиков, кг	Снижение массы конструкции за счет применения композитов, кг
МИГ-29	90	105
МИГ-29М	137	140
МИГ-31	156	175
МИГ-«Х»	790	750

Анализ таблицы показывает, что минимальное снижение массы конструкции за счет использования при ее изготовлении углепластиков составляет 150кг (МИГ-29). Для самолета типа МИГ-«Х» величина снижения массы в несколько раз больше (750кг).

Технико-экономическая эффективность использования углепластиков в конструкции планера тяжелого транспортного самолета АН-124 отражена в таблице 2. Из углепластиков серии КМУ-3 изготавливается 200 различных деталей общей массой 2,2 т. Экономия алюминиевых сплавов за счет применения углепластиков составляет 6 т, экономия топлива- $1,2 \cdot 10^4$ т.

Таблица 2

Объем применения, т	2,2
Количество деталей, шт	200
Снижение массы конструкции, т	0,8
Сокращение количества деталей, %	1200
Снижение общей трудоемкости, %	180
Экономия алюминиевых сплавов, т	6,0
Увеличение объема грузоперевозок, ткм	$1 \cdot 10^6$
Снижение расхода топлива, т	$1,2 \cdot 10^4$

Перспективы дальнейшего применения композитов вообще и углепластиков в частности в авиастроении связаны с повышением их трещиностойкости, межслоевой прочности, прочности при сжатии, стабилизацией этих характеристик в течении всего периода эксплуатации, вплоть до разрушения. Решение данных задач возможно только с применением комбинированного наполнения, которое позволяет сочетать в объеме матрицы непрерывные углеродные волокна и углеродные наночастицы. Изменяя технологию совмещения компонентов углепластика (объемное наполнение матрицы или осаждение частиц на волокна) можно управлять вязко-упругими и прочностными свойствами углепластиков, создавая структуры способные эффективно сопротивляться заданным условиям нагружения.

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛА ДЛЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Анисимова К.П. – студентка группы ПКМ-51,

Привалихин А.Г. – студент группы ПКМ-61, Ананьева Е.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Обшивка самолета защищает салон от экстремального воздействия атмосферы и принимает на себя подъемную силу воздуха в полете. Обшивка постоянно испытывает нагрузку – механическую, температурную и электрическую, и должна быть изготовлена из материалов, которые способны ее выдержать. Обшивку изготавливают из алюминия, а в последние годы частично или полностью из углепластика. Углепластики состоят из двух компонентов: полимерной матрицы и наполняющих ее углеродных волокон – нитей, довольно хрупких на разлом, но очень прочных на разрыв. Их получают термической обработкой органического волокна, полиакрилонитрильного или вискозного, которое при нагревании сохраняет только углерод, атомы же других элементов «сбрасываются». Равномерно распределенные в объеме матрицы углеродные волокна придают композиционному материалу высокие упруго-прочностные свойства. Композит становится прочным как сталь, но при этом в несколько раз легче. Свойства в плоскости расположения волокон будут сильно отличаться от свойств в перпендикулярном направлении, поэтому обычно композит изготавливают в виде слоев или листов.

В результате замены деталей и узлов, выполненных из металлов, на углепластиковые, они становятся легче на 20–25 %. Однако, стоимость этих деталей превышает стоимость деталей из алюминия в несколько раз. Эта замена оправдывается эффективностью и надежность углепластиков по сравнению с металлами. Именно благодаря своей высокой удельной прочности и удельной жесткости композиционные материалы, армированные углеродными волокнами, широко применяются в качестве основных конструкционных материалов в самолетостроении [1].

Одной из проблем, связанных с использованием в конструкции самолетов углепластиков (УП), является защита от поражения молниями. В процессе полета наблюдается ориентирование разрядов молнии на углепластиковые конструкции летательных аппаратов, подобное ориентированию на конструкции из металлов. Поскольку углепластики являются "плохими" проводниками (их сопротивление на 3–4 порядка выше, чем у металлов), незащищенные углепластиковые конструкции внешнего контура получают повреждения, недо-

пустимые по эксплуатационным и ресурсным требованиям. Таким образом, разработка эффективной молниезащиты углепластиков является актуальной задачей.

Защита от поражения молниями авиационных конструкций имеет два аспекта. Первый аспект – диссипация электрического разряда молнии внутри конструкции, поскольку его воздействие вызывает физические повреждения, а второй аспект – защита радиоэлектронного оборудования от действия тока очень высокого напряжения при разряде [2].

Молния попадает в коммерческий лайнер один раз на 3000 часов полета, то есть – примерно раз в год. Этого достаточно, чтобы считать такую возможность практически неизбежной. Удар молнии может привести к прямому физическому повреждению самолета, а также косвенно повлиять на работу его основных систем. После удара на обшивке образуются потоки электричества. Электро- и магнитные поля, возникающие в результате этого, действуют на внутреннюю проводку самолета. В результате это может привести к разного рода проблемам – от вылетевших предохранителей до сожженных цепей в электронике. Современные самолеты оснащены большим количеством компьютерной техники и создают вокруг себя мощное электрополе, которое вполне может притянуть молнию.

При поражении молниевым разрядом углепластик получает повреждения в виде сквозного пробоя, расщепления на десятки сантиметров от канала разряда, расслоения материала и, как следствие, отрыва слоев в потоке воздуха при полете. Такой характер разрушения объясняется термической природой процесса, обуславливающей взрыв материала продуктами деструкции связующего. На рисунке 1 представлено изображение углепластика, поврежденного в виде сквозного пробоя молнией [2].

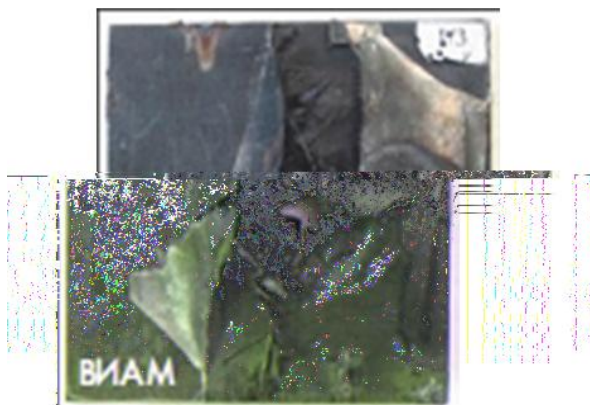


Рисунок 1 – Пробой углепластика молнией

Так как распределение заряда при прохождении через углепластик происходит недостаточно быстро, существующие системы молниезащиты заключаются в обеспечении близких к металлическим конструкциям величин поверхностной электро- и теплопроводности. Достигается это путем нанесения на поверхность углепластиковых конструкций, выходящих на внешний контур, например, обшивок, специальных покрытий, обладающих высокими значениями проводящих характеристик, например, в виде сплошных или дискретных металлических слоев. Такие высокопроводящие слои, функциональное назначение которых определяется как молниезащитное, принимают на себя основную нагрузку молниевых зарядов, отделены от материала несущей конструкции слоем диэлектрика, обладающего высокой электрической прочностью. При воздействии молниевых разрядов на углепластиковую конструкцию разрушения происходят в молниезащитном покрытии с сохранением эксплуатационных характеристик несущей конструкции.

В настоящее время существует много видов молниезащиты для самолетов с использованием различных материалов. Известно молниезащитное покрытие для конструкций из проводящих ПКМ, состоящее из внешнего металлического слоя (например, перфорированной фольги) и слоя диэлектрика под ним с высокой электрической прочностью (Патент США 3755713, кл. Н 05 F 1/02, 1973). Известны молниезащитные покрытия для конструкций из ПКМ, на поверхности которых располагается алюминиевая проволочная сетка, отводящая токи молниевых разрядов (ЕПВ заявка 0302811, кл. В 32 В 31/16, 31/20, 1994), а также молниезащитное покрытие, в котором между диэлектрическими слоями стеклопластика размещена металлическая сетка из бронзового сплава (Патент Франции 2582987, В 29 С 67/12, 1987). Недостатками таких покрытий являются большая масса, недостаточно высокая молниестойкость, короткий срок службы из-за проявления коррозии, высокая трудоемкость и

низкая технологичность. Поэтому в своей работе я разрабатывала альтернативный вид молниезащиты для самолета [3].

Для создания системы молниезащиты углепластиков предложено использовать в качестве электропроводящего слоя медные сетки трикотажной структуры. Такие сетки благодаря особенностям вязаных переплетений проволок могут обеспечивать эффективный механизм рассеяния электрической, тепловой и механической составляющих удара молнии, значительно снижая повреждения ПКМ.

Петли сеток могут быть образованы одной, двумя и большим количеством проволок. Поверхностная плотность медных сеток влияет на удельное электрическое сопротивление, которое определяет способность к отводу тока по поверхности ПКМ. Поэтому выбор структуры сетки, в первую очередь, тесно связан с ее электропроводностью и является предметом оптимизации ее структурных характеристик. На рисунке 2 представлена структура медной вязаной сетки [3].

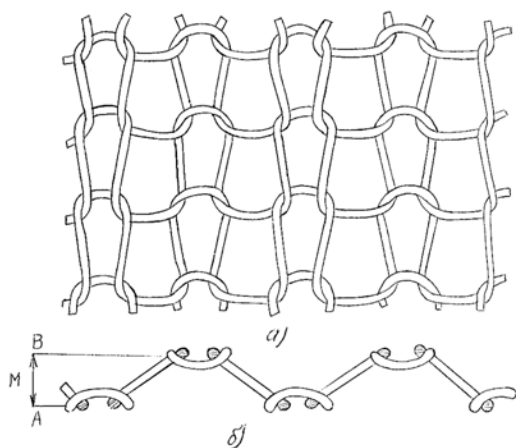


Рисунок 2 – Структура вязаной сетки, где а) фронтальный вид, б) поперечное сечение; М – толщина сетки

можно затекание связующего в промежутки между контактирующими проволоками, что также может повысить электросопротивление сетки.

Учитывая изложенное, для повышения электропроводности проволочных сеток было предложено осуществить пайку петель в местах пересечения проволок, правда, при этом частично ограничивая подвижность петель проволочных сеток. Контакты петельных ячеек, которые образованы с помощью припоя, обеспечивают увеличение электропроводности особенно в направлении петельных столбиков полотна, выравнивая значение этой характеристики по площади сетки.

В предлагаемой структуре вязано-паяные сетки по сравнению с вязаными сетками и сетками Astrostrike® обладают более высокими упругими характеристиками. Припой обеспечивает постепенное разрушение, что дает возможность релаксировать возникающие механические напряжения в армированных ею композитах.

Отмеченные особенности поведения при растяжении вязано-паяных сеток объясняют возможность их полезного использования для молниезащиты ПКМ. Чтобы снизить влияние механической составляющей удара молнии, когда усилие разрушения сетки превышает прочность на сдвиг материала припоя, неразъемные (пропаяные) контакты между петлями сетки ослабляются и разрываются, а освобожденные петли, деформируясь, берут часть нагрузки на себя. В результате возникающей макроподвижности структуры сеток в композите снижается повреждаемость ПКМ, а расслоение материала в месте попадания молнии существенно уменьшается [4].

Таким образом, применение в качестве молниезащиты в поверхностных слоях ПКМ вязано-паяной сетки позволяет создать конструкцию из ПКМ, которая отличается надежной защитой от поражения молнией.

Применение вязаных трикотажных сеток позволяет использовать их повышенную эластичность при изготовлении деталей сложной геометрической формы из ПКМ. При выкладке трикотажного сетчатого полотна его эластичность обеспечивается за счет изменения формы петель и подвижности петельных контактов. При этом проявляются и такие особенности структуры трикотажа, как возможное неплотное прилегание проволок, которые образуют петли, что может привести к увеличению электросопротивления сетки. Кроме того, в процессе формования элементов конструкции из ПКМ с молниезащитным покрытием возможно затекание связующего в промежутки между контактирующими проволоками, что также может повысить электросопротивление сетки.

Список использованной литературы

1. Охапкин, С. В. Суперзащита для самолетов [Текст] / И. А. Охапкин // Российские нанотехнологии. – 2009. - №10. – С. 38–42.
2. Горелов, В. П. Перенапряжение и молниезащита [Текст]: учеб. пособие, часть 1 / С. В. Горелов, В. П. Прохоров, В. Ф. Тонышев. – Новосибирск: Новосибирская государственная академия водного транспорта, 2002. – 108 с.
3. Флёрова, Н. И. Углепластиковые конструкции в самолете Starship [Текст] / Н. И. Флёрова // Авиастроение. – 2008. - №5. – С. 16–23.
4. Вишняков, Л. Р. Проволочные вязанные сетки для молниезащиты полимерных композиционных материалов [Текст] / Л. Р. Вишняков, И. Н. Коханая, В. А. Коханый // Технологические системы. – 2008. – №4(44). – С. 30–33.

КОНФОРМАЦИИ МАКРОМОЛЕКУЛ

Жучева М.М. – студентка группы ПКМ-51, Арсентьева С.Н. – старший преподаватель, к.т.н. Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Взаимное расположение атомов и атомных групп в молекуле, которое может быть изменено в результате вращения отдельных частей молекулы без разрыва химических связей называется *конформацией* молекулы.

Известны следующие конформации макромолекул:

- конформация макромолекулярного клубка, свернутая конформация, которую клубок может принимать под влиянием теплового движения;
- конформация вытянутой жесткой палочки (или стержня);
- конформация спирали, характерная для белков и нуклеиновых кислот, возникает и у виниловых полимеров и полиолефинов, однако они не стабилизированы водородными связями и, поэтому, менее устойчивы;
- конформация глобулы, т.е. очень компактной сферической частицы;
- складчатая конформация, характерная для многих кристаллических полимеров;
- конформация «коленчатого вала» или «кривошипа».

Повороты около химических связей в цепи приводят к образованию различных пространственных структур макромолекул. Вращение около химических связей несвободно. Как правило, две группы атомов, присоединенные к паре атомов, образующих химическую связь, могут лишь несколькими фиксированными способами располагаться друг относительно друга. Эти положения называются поворотными изомерами, или конформерами. Обычно в цепи встречаются транс- и гош- конформеры, отвечающие соответственно прямолинейным участкам цепи и ее изгибам. Вероятность появления тех или иных поворотных изомеров в цепи определяет ее локальную структуру (локальные конформации), механизм и степень ее гибкости (жесткости).

Гибкость цепи – это ее способность изменять форму под влиянием теплового движения звеньев или под действием внешних силовых полей. Макромолекулы различают на гибкоцепные, жесткоцепные и стержнеобразные (рисунок 1).

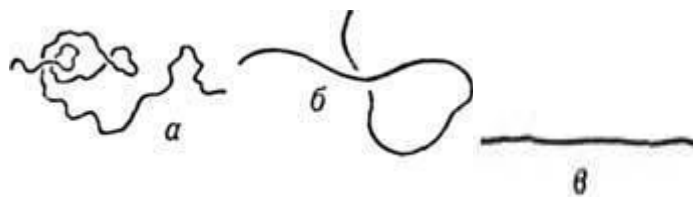


Рисунок 1 – Гибкоцепная (а), жесткоцепная (б) и стержнеобразная (в) макромолекулы

Механизм и величина гибкости не сказываются на так называемых глобальных конформациях макромолекул – типах конформаций макромолекул как целого.

Есть несколько различных типов глобальных конформаций макромолекул. Предельно неупорядоченной является конформация клубка – это набор большого числа различных случайных положений контура цепи при быстрой перестройке от одного положения к другому. Клубок – очень рыхлое образование. В случае длинных полимерных цепей, молекулярный вес которых около одного миллиона, собственный материал цепи занимает лишь около 1% среднего объема клубка. Клубковая конформация – это типичная конформация цепи гомополимера (то есть полимера, образованного одинаковыми мономерными единицами) в растворе, а также в конденсированном аморфном высокоэластичном или стеклообразном состоянии. В разбавленном растворе весь свободный объем внутри клубков занят молекулами растворителя. По мере роста концентрации раствора клубки во все большем количестве проникают друг в друга, заполняя весь объем. Именно такие клубковые конформации имеют, в частности, молекулы ряда хорошо известных синтетических полимеров: молекулы полиэтилена $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ в пленках, молекулы полиметилметакрилата $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-)_n$ в оргстекле. Конформация клубка термодинамически выгодна, так как она неупорядочена, реализуется большим числом различных поворотов звеньев, то есть эта конформация макромолекул выгодна энтропийно. Другие конформации макромолекул реализуются при существовании дополнительных внутри- или межцепочечных взаимодействий.

Предельно упорядоченная конформация молекул гомополимеров – это регулярная вытянутая палочкообразная конформация, в которой цепь располагается обычно по винтовой линии. Такую конформацию принято называть спиральной. Конформацию вытянутой спирали имеют протяженные участки молекул гомополимеров (регулярные как химически, так и стереохимически) в кристаллическом состоянии, когда фиксированная структура каждой цепи поддерживается межцепочечными взаимодействиями.

Наибольшее разнообразие конформаций наблюдается для молекул сополимеров – цепочки молекул которых состоят из двух или более различных структурных звеньев. Различают регулярные и нерегулярные сополимеры. Различные структурные звенья нерегулярных сополимеров беспорядочно расположены вдоль цепочки. В регулярных же сополимерах различные структурные звенья расположены упорядоченно и, следовательно, регулярные сополимеры могут быть представлены как обычные полимеры с большими структурными звеньями. Отдельно можно назвать блок-сополимеры, состоящие из нескольких (гомо) полимерных блоков.

Рассмотрим двухблочные сополимеры, то есть цепи, одна часть которых составлена из последовательности n мономерных единиц некоторого типа А, а другая часть – из последовательности m мономерных единиц другого типа В – A_nB_m . Изучение таких полимеров в блочном состоянии (при отсутствии растворителя) показало, что они образуют надмолекулярные упорядоченные структуры с разделенными (сегрегированными) компонентами А и В. Такие структуры были названы суперкристаллическими, имеющими определенную морфологию, которая зависит в первую очередь от состава блок-сополимера, а также от энергий взаимодействия между различными парами блоков (последний фактор, однако, не существен для случая диблок-сополимеров, состоящих из двух блоков).

Тип суперкристаллической структуры зависит от соотношения молекулярных масс блоков А и В. При приближенно равных или отличающихся не более чем вдвое массах блоков образуются слоистые (ламеллярные) структуры, в которых чередуются слои, заполненные блоками А, и слои, заполненные блоками В. Границы между слоями оказываются плоскими и очень тонкими. На этих границах лежат связи А–В между блоками различных цепей. Толщина слоев зависит от молекулярных масс блоков. Она увеличивается с ростом молекулярной массы своего блока и слабо убывает с ростом молекулярной массы чужого блока.

При сильном различии молекулярных масс блоков образуются сферические мицеллы минорных блоков в матрице, образованной блоками преобладающего компонента. Мицеллы имеют одинаковые размеры, то есть содержат одно и то же число блоков, и располагаются в

узлах правильной кубической решетки. При промежуточном соотношении молекулярных масс блоков образуются еще две суперкристаллические структуры: в более простой из них минорные блоки образуют цилиндрические домены, регулярно расположенные и образующие ребра гексагональной решетки в матрице, заполненной превалирующим компонентом. Наконец, наиболее сложно организованной является так называемая битетраэдрическая структура, в которой блоки минорного компонента образуют две взаимопроникающие тетраэдрические решетки в пространстве, заполненном превалирующим компонентом.

Образование всех этих структур есть результат микросегрегации. Блоки А и В несовместимы, они стремятся находиться в окружении себе подобных. Из-за связи большого числа мономерных единиц в единую полимерную цепь (в нашем случае в единый блок) имеется множественность взаимодействий, и несовместимость проявляется даже для очень близких по химической структуре и свойствам полимеров. Оба блока А и В могут быть неполярными или слабополярными (например, один блок – полистирол, а другой – полибутadiен и т.п.). Если бы имелись отдельные разные цепи, а не блок-сополимер, в смеси цепей произошло бы расслоение (макросегрегация). Связь блоков в единой цепи не допускает макросегрегации, и осуществляется микросегрегация. При этом в системе имеются границы между А и В микрофазами с поверхностным натяжением на этих границах. Чтобы уменьшить границы, блоки А и В вынуждены растянуться в направлении, перпендикулярном границе, что требует затрат энергии. Теоретический анализ показывает, что образование различных суперкристаллических структур есть результат компромисса между тенденцией к уменьшению площади межфазных границ и затратами энергии на растяжение цепей. При этом растяжение оказывается не слишком сильным, цепи сохраняют неупорядоченную конформацию.

Таким образом, в суперструктурах диблок-сополимеров наблюдается удивительное и невозможное для малых молекул сочетание беспорядка на масштабах отдельных блоков и суперкристаллической упорядоченности на больших масштабах.

ВТУЛКА МАЯТНИКА – РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВОГО МАТЕРИАЛА

Дудкевич И.А. – студентка ПКМ-61, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Обеспечение комфорта является на сегодняшний день одним из главных атрибутов сохранения спокойствия и уверенности при движении на дороге. Согласованная работа всех составляющих частей автомобиля просто необходима в условиях современного мира. Все больше перспективным считается производство изделий из композиционных материалов. Вопрос остается лишь в цене.

К примеру, такая деталь ходовой части автомобиля, как втулка маятника (рис.1) – производство её было обеспечено фторопластом, соответствующих марок. Этот материал довольно не дорог, можно сказать, что дешев, но он не достаточно удовлетворяет условиям работы. Втулки маятника должны обеспечивать стабилизацию оси вала относительно корпуса маятника. В данных условиях работы втулки испытывают осевую, радиальную и тангенциальную нагрузки; существенным является и износ внутренней поверхности детали с дальнейшим возникновением стука, люфта, что является недопустимым при эксплуатации автомобиля.

Фторопласт имеет низкий коэффициент трения (к примеру, коэффициент трения фторопласта-4 составляет 0,03–0,05). Он обладает высокой химической стойкостью, способен работать в диапазоне температур от -250°C до 300°C . Несмотря на это, ему присущи низкая прочность (13-23МПа) и твердость, что в свою очередь приводит при трении к деформированию его поверхностных слоев.[1] В результате деталь изнашивается достаточно быстро. Замена фторопласта на капролон существенно увеличивает не только срок службы детали, но и обеспечивает практически равномерное перераспределение напряжений. К примеру, коэффициент трения по стали, бронзе у капролона при использовании

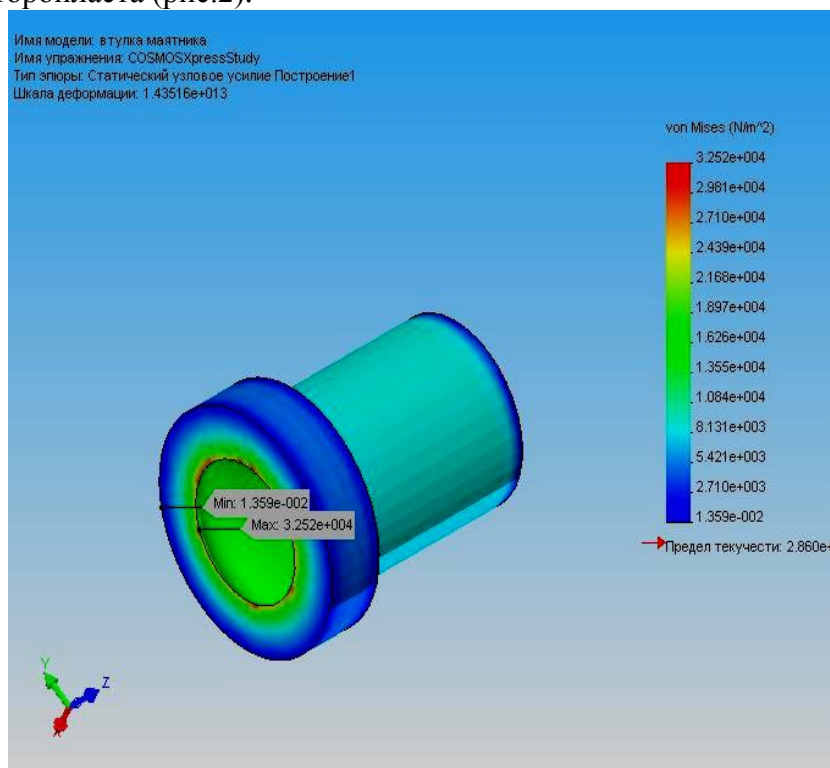
смазки составляет 0,008. Даже это свойство обеспечивает преимущество по сравнению с традиционным фторопластом.

Полимерный сплав, капролон, воплощает в себе лучшие свойства резины и пластика; он превосходит другие доступные материалы по способности воспринимать ударные нагрузки без остаточной деформации ($100\text{--}160\text{кДж/м}^2$), по абразивостойкости, с низким коэффициентом сухого трения 0,05. [2]

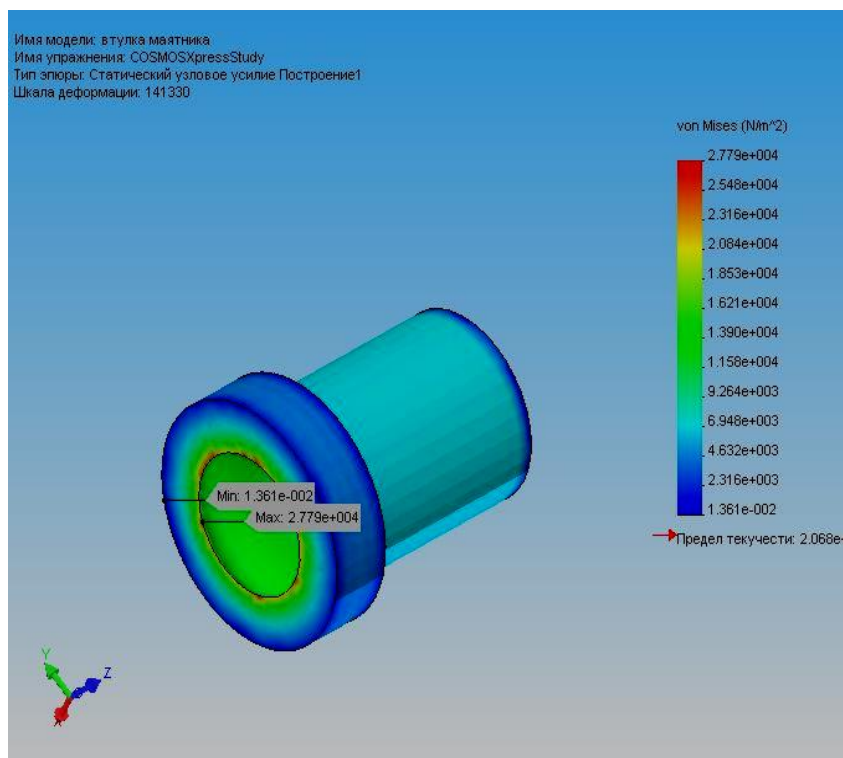


Рисунок 1 – Втулка маятника

При помощи программы Solid Works и приложения Cosmos Express был проведен анализ напряженно – деформационного состояния втулки маятника при использовании капролона и фторопласта (рис.2).



(а) из капролона



(б) из фторопласта

Рисунок 2. – Напряженно – деформационное состояние втулки маятника.

На основании анализа можно сделать вывод, что характеристики, указывающие на результаты усилий и перемещений существенно отличаются – это выражается в большем значении минимального запаса прочности детали, следовательно, и в увеличении несущей способности втулки при исследовании капролона. Также следует отметить и больший показатель усилий у капролона, значит, этот материал способен выдержать большую нагрузку, по сравнению с фторопластом.

Из рисунка видны наиболее опасные участки - отверстие (красно-оранжевый цвет), добавление графитового наполнителя даже в количестве 2-4% способно уменьшить соответствующее состояние.

Хорошие антифрикционные свойства графита обусловлены его слоистой структурой и малыми величинами сил связи между графитовыми слоями, что приводит к скольжению одного слоя относительно другого под действием небольших сдвигающих усилий. Высокая теплопроводность искусственного графита в сочетании с низким модулем упругости и коэффициентом линейного расширения обеспечивают его высокую термическую стойкость и снижают возможность растрескивания изделий из графита при тепловых ударах.

Искусственный графит, как конструкционный материал, обладает высокой механической прочностью, которая даже возрастает с повышением температуры. Так, предел прочности «графитокапролона» составляет 85-120 МПа, вместо 90 МПа – для «чистого» капролона. [3] Добавлением графита можно снизить износ детали у наиболее нагруженной области и тем самым, увеличить срок службы втулки маятника.

Литература:

[1] - <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/10.html&viewinfo=2>

[2] - http://kaprolon-alvis.ru/mech_sv.html

[3] - <http://www.zukm.ru/construction-carbon/>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАКОНЦОВКИ КИЛЯ САМОЛЕТА СУ-37

Василенко А. О. – студент, Кузнецова А. С. – студент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Разработка новых материалов является неотъемлемой частью развития техники. В XX веке человечество сделало огромные шаги в освоении космоса, в развитии гражданского и военного машиностроения, в изучении атомного ядра и нанотехнологий. Сейчас трудно представить автомобиль или самолет, обшивка которого изготовлена из дерева, хотя в начале прошлого столетия данный материал широко применялся для этих целей. Непрерывно совершенствуется техника, усложняются конструкции узлов и агрегатов машин, ставятся новые условия и требования к их эксплуатации. Всё это требует от инженеров создания новых, перспективных материалов, отвечающих самым современным стандартам.

Авиастроение базируется на новейших достижениях науки и техники, которые необходимо умело использовать при разработке, создании и вводе в эксплуатацию новых образцов эксплуатационной техники. Для современного авиастроения основными преимуществами применения композиционных материалов являются: высокие удельные значения прочности и жесткости при сравнительно малой массе, диэлектрические свойства, радиопрозрачность и т.д. Правильный выбор материала элементов конструкции обеспечивает улучшение весовых и лётно-тактических характеристики самолета, а так же снижает материальные затраты на его производство и эксплуатацию. Ярчайшим примером применения новых технологий и разработок является стратегический самолет-истребитель Су-37.

Су-37 Терминатор (Рис.1) — многоцелевой истребитель, созданный на базе многоцелевого истребителя Су-35.

Самолет выполнен по схеме "неустойчивый интегральный триплан", сочетающей нормальную аэродинамическую схему с передним горизонтальным оперением. Конструкция планера в целом подобна Су-27, однако при создании Су-35/37 использованы новые алюминиево-литиевые сплавы, которые в контакте с полимерными композиционными материалами в меньшей степени подвержены процессу коррозии. Благодаря этому, значительно расширено применение композиционных материалов.



Рис.1 – Самолет-истребитель Су-37

При выборе композиционного материала, работающего в условиях аэродинамических нагрузок, высоких перепадов температур, учитываются его механические свойства: предел прочности, предел текучести, модуль упругости; теплофизические, химические свойства: коэффициент линейного расширения, теплопроводность, коррозионная стойкость; технологические свойства: пластичность, обрабатываемость резанием и др.

Для анализа напряженного состояния законцовки кия самолета-истребителя Су-37 можно воспользоваться программой SolidWorks, возможности которой позволяют оценить напряженно-деформированное состояние конструкции при разных вариантах нагружения.

Киль — вертикальная неподвижная поверхность, выполняющая роль стабилизатора только относительно вертикальной оси, т. е. обеспечивает путевую устойчивость самолета. На рисунке 2 изображена законцовка кия самолета-истребителя Су-37

Правильный выбор материала элементов конструкции может существенно улучшить ве-

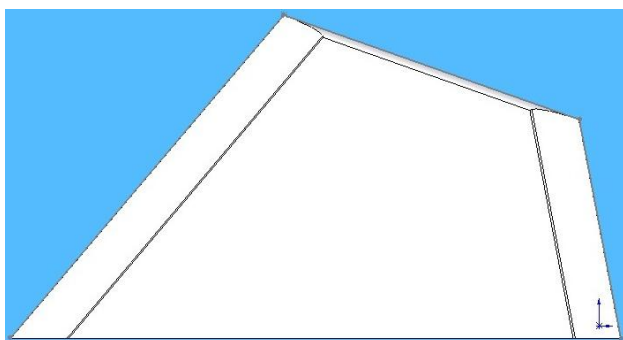


Рис.2 – Законцовка киля

совые и лётно-тактические характеристики самолета, а так же снизить материальные затраты на его производство и эксплуатацию. При выборе материала для элементов конструкции учитываются так же их форма и размеры, величина и характер нагрузки (постоянная, ударная, циклическая), тепловое нагружение, наличие в элементах конструкций и отверстий, перепадов сечений и других концентраторов напряжений.

Однако наибольшее внимание при выборе материала уделяется удовлетворению требования обеспечения необходимости прочности и жесткости конструкции при наименьшей массе, обеспечение весовой выгоды или весовой эффективности материала.

Композиционные материалы обладают широким диапазоном свойств, превосходя по удельной прочности, жесткости и сопротивлению усталости многие другие материалы.

В таблице 1 представлены материалы и их удельные характеристики, наиболее часто используемые в авиастроении.

Таблица 1 – Механические свойства авиационных конструкционных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа
Алюминиевый сплав	2800	470	70
Титановый сплав	4500	930	115
Мартенситная сталь(25% Ni)	8000	1096	210
Японская ель	500	70	10
Эпоксидный стеклопластик на основе ткани	2000	590	50
Эпоксидный углепластик (однонаправленный)	1600	2355	130

Приведённые данные объясняют целесообразность применения композиционных материалов в авиастроении, что приводит к существенным экономическим результатам.

Приведенная выше таблица отражает превосходство полимерных композиционных материалов над традиционными материалами по удельным характеристикам прочности и модуля упругости.

Композиционные материалы имеют низкую чувствительность к концентраторам напряжений, обладают хорошей коррозионной стойкостью и радиопрозрачностью. Всё это привело к тому, что из композитов стали изготавливать обшивку крыла, законцовку киля, оперения, рулей и элеронов, предкрылков, радиопрозрачные обтекатели, трёхслойные панели, перегородки в салонах, пакеты, створки шасси, обтекатели и др.

Замена на композиционный материал позволяет снизить массу конструкций на 20-30%, более легкие конструкции могут оказаться более выгодными при большой стоимости самих км, т.к снижая массу планера они позволяют снизить расход топлива, увеличить целевую нагрузку, или дальность полета, что ведет к увеличению эффективности самолёта.

На рисунках 3 и 4 показаны напряжения в конструкциях из разных материалов при действии внешней силы, равной по величине и направлению аэродинамическим нагрузкам.

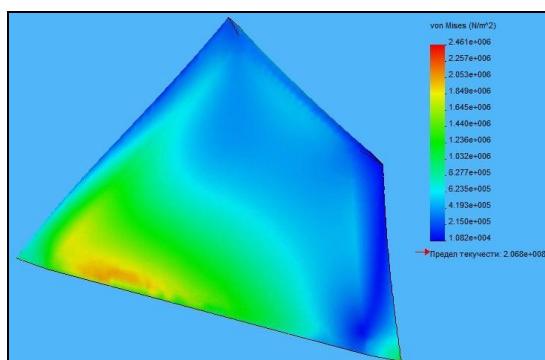


Рис.3 – Напряжения в конструкции (Алюминиевый сплав)

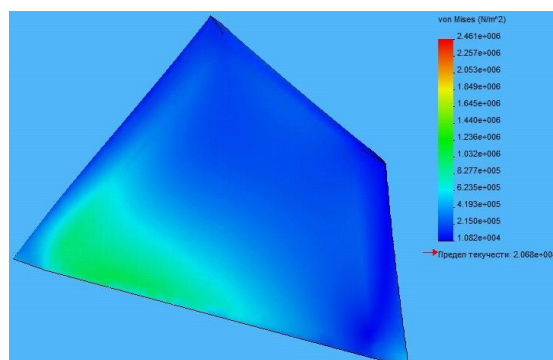


Рис.4 – Напряжения в конструкции (Эпоксидный стеклопластик)

И

з приведенных данных можно сделать вывод, что конструкция киля из традиционного материала значительно уступает по механическим свойствам конструкции из полимерных композиционных материалов. Улучшение механических свойств конструкции дает возможность увеличения тактико-технических характеристик истребителя.

Законцовка киля самолета истребителя Су-37 производится методом выкладки с использованием эпоксидного связующего ЭФ-32-301 и стеклоткани Т-10. Стеклоткань Т-10 имеет вид переплетения – сатин 8/3 и толщину нити 0,25 мм. В тканях сатинового переплетения каждая нить основы и утка проходит соответственно над несколькими нитями утка и основы в зависимости от раппорта переплетения, т.е. над тремя, пятью, семью и большим числом нитей. Такие ткани имеют большую гибкость, что способствует снижению внутренних напряжений в конструкции.

Следующим шагом развития технологии производства законцовки киля из полимерных композиционных материалов является переход на так называемую расплавленную технологию, т.е. применение в производстве препрегов. Данная технология позволяет снизить уровень внутренних напряжений в конструкции. К тому же эта технология является более экономичной и производительной при тех же затратах физического труда.

Современное авиа- и ракетостроение уже невозможно представить без применения в них новых композиционных материалов, которые позволяют усовершенствовать летно-тактические характеристики самолетов.

ВЫПУСКНОЙ КЛАПАН ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Беляшкина Т.А. Толстых А. – (студенты), Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

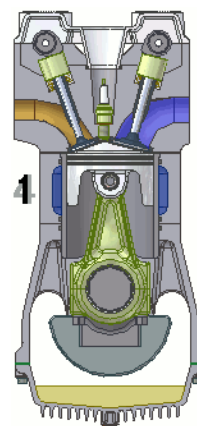
Как следует из названия, рабочий цикл четырёхтактного двигателя состоит из четырёх основных этапов – тактов.

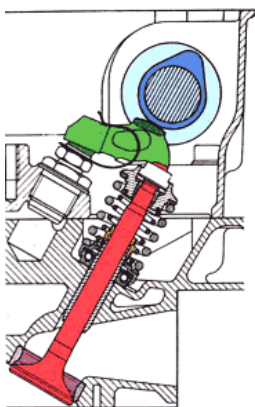
1. Впуск. В течение этого такта поршень опускается из верхней мёртвой точки (ВМТ) в нижнюю мёртвую точку (НМТ). При этом кулачки распределвала открывают впускной клапан, и через этот клапан в цилиндр засасывается свежая топливно-воздушная смесь.

2. Сжатие. Поршень идёт из НМТ в ВМТ, сжимая рабочую смесь.

3. Сгорание и расширение (рабочий ход поршня). Незадолго до конца цикла сжатия топливовоздушная смесь поджигается искрой от свечи зажигания. Во время пути поршня из ВМТ в НМТ топливо сгорает, и под действием тепла сгоревшего топлива рабочая смесь расширяется, толкая поршень.

4. Выпуск. После НМТ рабочего цикла открывается выпускной клапан, и движущийся вверх поршень вытесняет отработанные газы из цилиндра двигателя. При достижении поршнем ВМТ выпускной клапан закрывается и цикл начинается сначала.



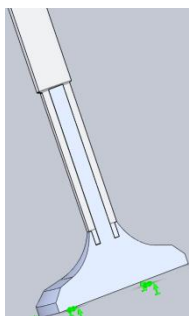


Обычно клапан состоит либо из двух частей, соединённых в заготовке сваркой трением (если это, скажем, биметалл), здесь верхняя часть клапана - его стержень - изготовлена из стали, имеющей высокую износостойкость, нижняя часть стержня и головка выпускного клапана сделаны из термостойкой стали, либо только из одного материала (цельно-металлический (монометаллический) клапан). При этом выбирается такой материал, который подходит к предъявляемым требованиям, это высокая теплостойкость и антифрикционные свойства.

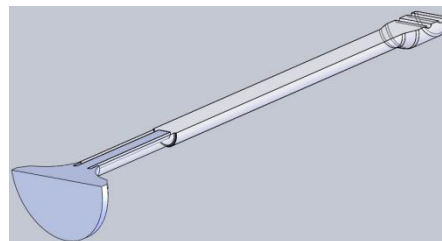
Уплотнительной поверхности клапанной головки приходится входить в соприкосновение с клапанным седлом до 300 раз в секунду. Возникающие при этом динамические усилия, а также силы клапанных пружин и давление воспламенения представляют собой весьма серьезное испытание для этих деталей.

Выпускной клапан подвергается очень сильному нагреву: отработанный газ имеет температуру до 400°C. В течение того короткого времени, пока рабочие поверхности входят в соприкосновение друг с другом, необходимо осуществить максимальную передачу тепла с клапанного седла на головку цилиндра.

Было предложено следующее: нижнюю часть клапана, так называемую, тарелку изго-



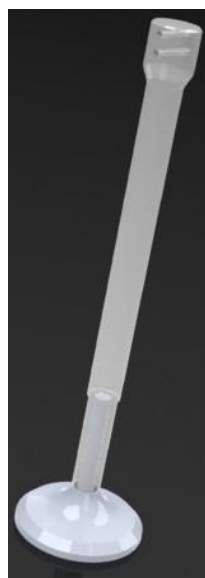
тавливать из сплава 21-2N. Это аустенитный стальной сплав, содержащий 21% хрома и 2% никеля. Он сохраняет свойства при существенных повышениях температуры, благодаря хрому и никелю сталь обладает антикоррозионными свойствами, что не позволит образовываться на поверхности клапана большому количеству окислов, что в свою очередь обеспечит равномерный нагрев всей тарелки клапана.



Стержень же делать из КМ на основе непрерывных борных волокон диаметром 100 мкм с матрицей из алюминиевого сплава. Прочное соединение металлической тарелки клапана и стержня из КМ будет достигаться посредством формовки стержня на тарелке под давлением.

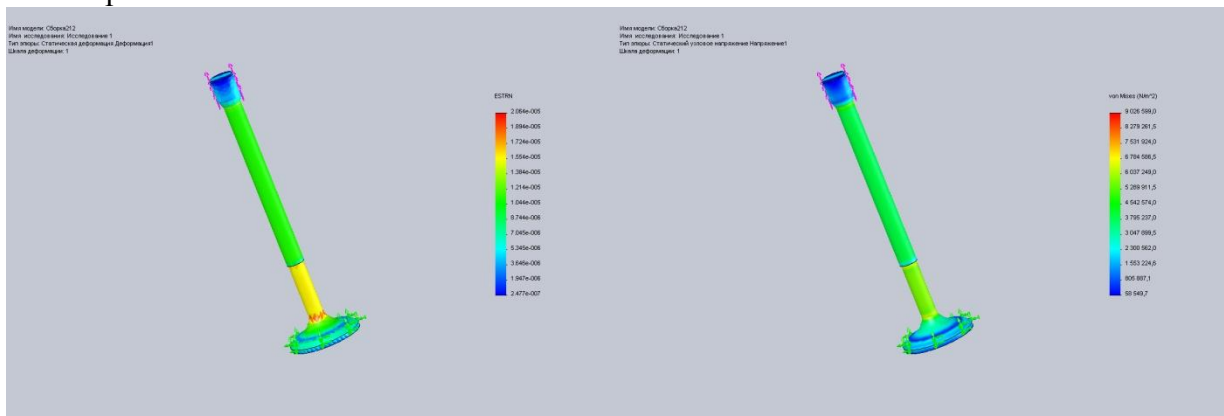
Верхнюю часть стержня клапана необходимо тоже подвергнуть изменениям.

Стандартная работа клапана – это толкатель, благодаря которому клапан опускается, и пружина, которая возвращает клапан на место. Видоизменив верхнюю часть клапана получим, что вместо пружины и толкателя, возвратно поступательные движения клапану сообщает «вилка», приводимая в движение электромагнитом. Это позволит значительно ускорить движение клапана и избавиться от «инерции пружины».

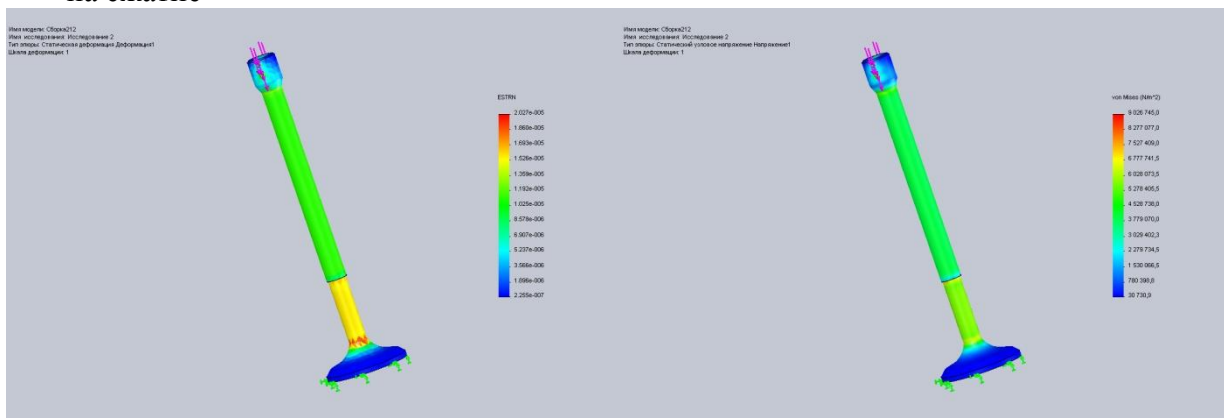


Были проведены испытания в программе SolidWorks

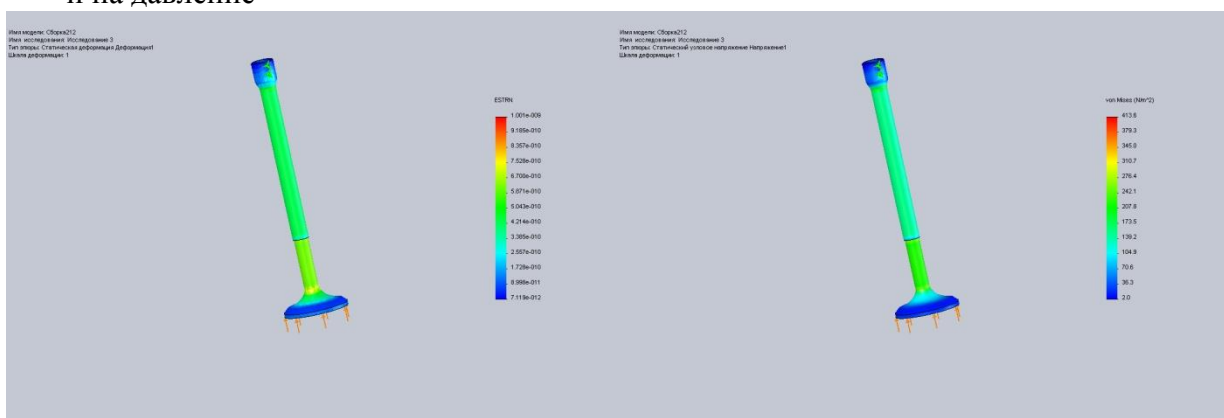
на растяжение



на сжатие



и на давление



По эпюрам деформаций и напряжений в ходе исследования выявилось, что наиболее уязвимыми местами у клапана являются: место соединения стержня с тарелкой и в месте утолщения стержня. Но эти места можно улучшить, если в месте утолщения стержня сделать более плавный переход, а в месте соединения у основания стержня на тарелке сделать некую

шероховатость поверхности (чтобы достичь более сильной адгезии), например, резьбу (дабы распределение напряжений было равномерным). Также нагрузка, задаваемая при исследованиях, была равна 100 Н, то есть, взята с запасом, так как на самом деле она не превышает 50–70 Н.

В результате получился клапан значительно меньшей массы, чем стальной, что позволяет существенно снизить инерцию самого клапана, а так же его конструкция позволяет избавиться и от инерции пружины. Все это позволит достичь гораздо больших оборотов на двигателе внутреннего сгорания, а соответственно увеличить и мощность двигателя, и, за счет передаточных чисел, соответственно мощность на колесе автомобиля (или скорость его вращения).

МОТОШЛЕМ. МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

Игнатов И. В., Горовая Е. И. – студенты, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для защиты головы служит шлем, применение которого обязательно практически во всех странах мира. Помимо чисто защитных функций, с которыми многим мотоциклистам не приходится сталкиваться ни разу в жизни, шлем предохраняет голову от ветра, воды и пыли.

Наружная оболочка шлема защищает голову от проникания посторонних предметов, а внутренний слой поглощает энергию удара. Защитный ремешок удерживает шлем от соскакивания при столкновении. В первую очередь следует задуматься о защитных свойствах шлема, а не о его цвете и цене. Существует несколько разновидностей шлемов, применение того или иного вида не регламентируется российскими ПДД. Оно определяется вкусами водителя, характером поездок и видом мотоцикла. Существует несколько разновидностей шлемов.



Рисунок 1 – Виды мотошлемов, где а – «модуляр», б – «шлем $\frac{3}{4}$ », в – «интеграл»

Полностью закрытые шлемы (их часто называют «интегралами») обеспечивают наибольшую защиту, поскольку закрывают всю голову. Кроме того, «интегралы» обладают хорошей звукоизоляцией, низким аэродинамическим сопротивлением, а их стекло надежно защищает лицо от воды, холодного ветра, пыли и насекомых. Их недостатки – жарко при остановках и езде на малой скорости, они самые тяжелые (легкими считаются весящие 1200–1300 г). У некоторых моделей ограничена боковая видимость, в них сложно носить диоптрийные очки. Современные конструкции обеспечивают неплохую многопоточную вентиляцию головы и внутренней поверхности стекла. Такие шлемы предпочтительны для спортбайков, но их используют и водители других видов дорожных мотоциклов.

Все шлемы состоят из двух основных частей: наружной – «скорлупы», или колпака, и внутренней – начинки. Наружная определяет физико-механические свойства шлема (прочность) и в значительной степени внешний вид. Внутренняя защищает голову от сотрясений и обеспечивает комфорт.

Наружные оболочки шлема изготавливают из двух видов пластмасс: стеклопластика (в том числе кевлара) и термопластичных материалов (АБС, разных полиамидов, полиэтилена низкого давления, поликарбоната и т.д.). Материалы первого рода позволяют снизить вес за счет меньшей толщины «скорлупы»; шлемы из термопластов тяжелее. Однако механическая прочность и тех и других примерно одинакова, что подтверждается сертификатами.

Клеят «скорлупу» из вырубленных по лекалам (или вырезанных лазерным лучом) кусочков ткани. Крупные «шлемные» фирмы используют ткани, защищенные патентами, о чем можно узнать из аннотации к шлему. Производители постоянно работают над совершенствованием шлемов, чтобы они были легче, дешевле и в то же время надежнее. На сегодня шлемы, изготовленные из пластика литьем под давлением, более легкие и дешевые, но имеют меньший срок службы. Стеклопластиковые шлемы дороже, особенно с ручной укладкой слоев специальной ткани.

Основу мягкой внутренней обивки составляет полистироловый колпак. Именно толщина полистирола определяет размер шлема – «скорлупы». К колпаку добавляется ткань, поролоновые уплотнители, ремешки, застежки. Застежки бывают, как правило, двух видов: простая комбинация двух скоб и «быстрые».



Рисунок 2 – Конструкция шлема. Внутреннее устройство

Любая из сертифицирующих организаций проверяет шлем на соответствие: амортизации удара – способности шлема поглощать энергию; прониканию – противостоянию оболочки острым предметам; удержанию – способности ремешков не рваться; периферийной видимости – обеспечению конструкцией шлема угла видения в каждую сторону не менее 105°.

Все проверки шлемов производят на специальных стендах. Самое серьезное испытание – на проникание. По пробойнику с углом заточки 60° ударяет падающая с высоты 1 м гиря весом 3 кг. Колпак, конечно, пробивается, но конус не должен войти внутрь более чем на 1 мм.

На сегодняшний день большую актуальность в связи с развитием мототехники средства защиты мотоциклистов, а, следовательно, и материалы средств защиты развиваются не меньшими темпами. Такие материалы как стекло- и углепластик, материалы на основе арамидного волокна, а также так называемая «жидкая броня» обеспечивают наилучшую защиту, однако стоимость такой экипировки может составлять до половины стоимости мотоцикла. Изготовление экипировки из термопластов значительно удешевляет, но и снижает удельные характеристики. Модифицирование и упрочнение дисперсными частицами позволило увеличить выносливость материалов, что сказалось на сроке эксплуатации и надёжности.

Выбор материалов для моделирования мотошлема производился из наиболее распространенных материалов класса термопласты. Для сравнения основные механические свойства материала свели в таблицу 1.

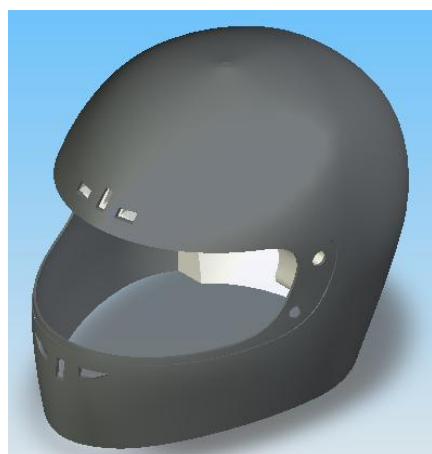
Таблица 1. Механические свойства материалов «скорлупы»

	Е, ГПа	μ	G 10 ⁸ , Па	σ 10 ⁷ , Па
ABS	2.41	0.3897	8.622	4
Поликарбонат	2.32	0.3912	8.291	6.27
Полиэтилен	0.172	0.439	8.291	6.27
РА 6	2.62	0.34	5.94	1.327

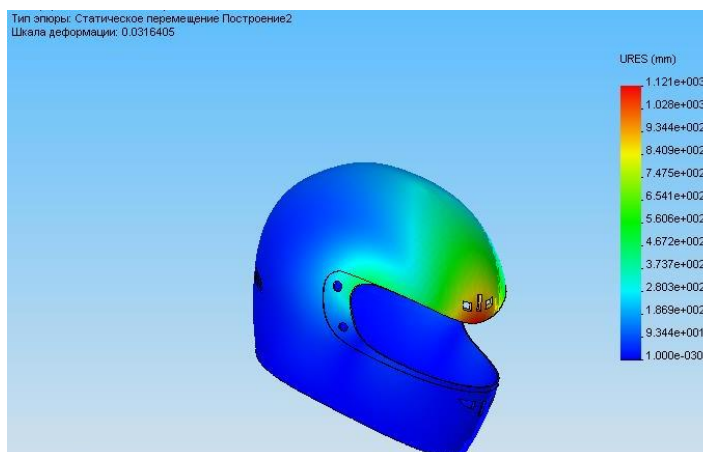
Для испытаний была создана упрощённая модель шлема «интеграл». Моделирование производилось в программе SOLIDWORKS 2006 SP1 на основе стандарта ECE 22-05. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Материалы, используемые при изготовлении мотошлемов

Материал «скорлупы»	m, кг	$\sigma_{\max}$, ГПа	$\sigma_{\min}$, Па	Перемещение, мм	k _{масштаба}
ABS	0,604	2,621	328359	1121,23	0,03164
Поликарбонат	0,672543	2,62147	331681	1165,13	0,030449
Полиэтилен	0,518254	2,62185	331308	15871,30	0,0022365
РА 6	0,632982	2,69894	368236	999,61	0,035463



а



б

Рисунок 3 – Модель шлема, где а - модель шлема с демпфирующим элементом, б – деформация скорлупы под нагрузкой

Исходя из проведённых испытаний модели, для изготовления шлема по упруго-прочностным и деформационным характеристикам наиболее полно удовлетворяют материалы ABS и РА 6.

УГЛЕПЛАСТИК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ШКИВА

Коробчук Ж. В. – студентка группы ПКМ-61, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В конструкциях многих машин, приборов и агрегатов, используемых в авиастроении, строительной техники и т. д. в качестве передаточных механизмов широкое распространение получили ременные передачи. В этих передачах используются шкивы различных конфигураций.

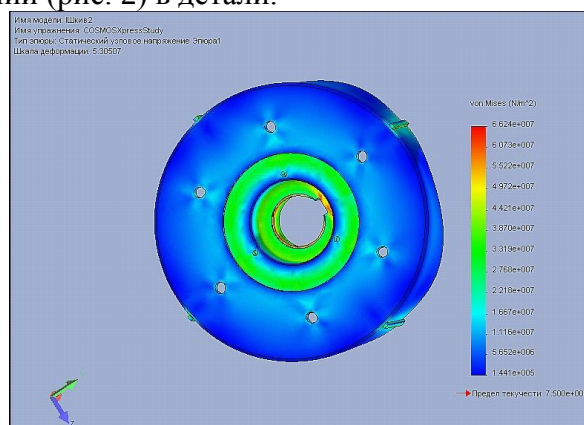
Они обладают следующими преимуществами перед зубчатыми передачами: высокой

технологичностью, малой стоимостью, малым весом, просты в изготовлении (изготавливаются с помощью токарного станка), практически бесшумны. Так как шкив передает кинетическую энергию, то материал, из которого он сделан должен обладать следующими свойствами: высокой жесткостью, износоустойчивостью, высоким сопротивлением трению, повышенной ударной вязкостью. Также материал должен обеспечить повышенную точность размеров и возможность работы шкива при достаточно высоких перепадах температуры (от - 60 до + 140 °С). Шкив изготавливают обычно из материала на основе ПА-6 и для проведения испытаний выбран капролон. Для сравнения результатов был выбран также 2 материал: пластик на основе углеродных волокон P313, который практически не используется в производстве деталей типа шкива. Сравним основные параметры взятых материалов (см. таблицу 1).

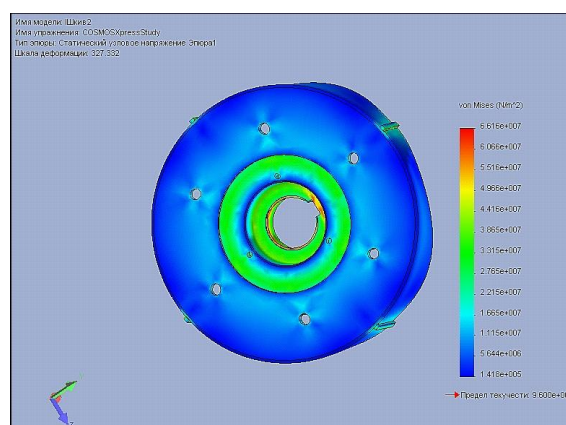
Таблица 1 – основные параметры материалов капролон и P313 [1],[2]

Параметры	Капролон	P313
Модуль упругости, МПа	2300	142800
Коэффициент Пуассона	0,31	0,32
Модуль сдвига, МПа	970,4	5490
Тепловой коэффициент линейного расширения, 1/К	$5 \cdot 10^{-005}$	1e-006
Плотность, г/мм ³	0,00115	0,00155
Теплопроводность, В/м·К	0,30	0,502
Удельная теплоемкость, Дж/кг·К	2000	1005
Предельная прочность при растяжении, МПа	105	1400
Предел текучести, МПа	75	96

Как видим из таблицы 1 значения у материала P313 по многим параметрам превышают значения капролона, уступая в плотности, теплопроводности и удельной теплоемкости. Эти параметры определенно важны для работы шкива, но еще больше важны модуль упругости (у P313 выше в 62 раза, чем у капролона), модуль сдвига (почти в 6 раз выше у P313), предельная прочность при растяжении (в 13 раз выше у P313) и предел текучести (в 1,28 раз выше у P313). Далее мы рассмотрим, построив модель шкива в программе SolidWorks, как перечисленные в таблице параметры повлияли на распределение напряжений (рис. 1) и смещений (рис. 2) в детали.



а)



б)

Рисунок 1 – Распределение напряжений в: а) капролоне, б)

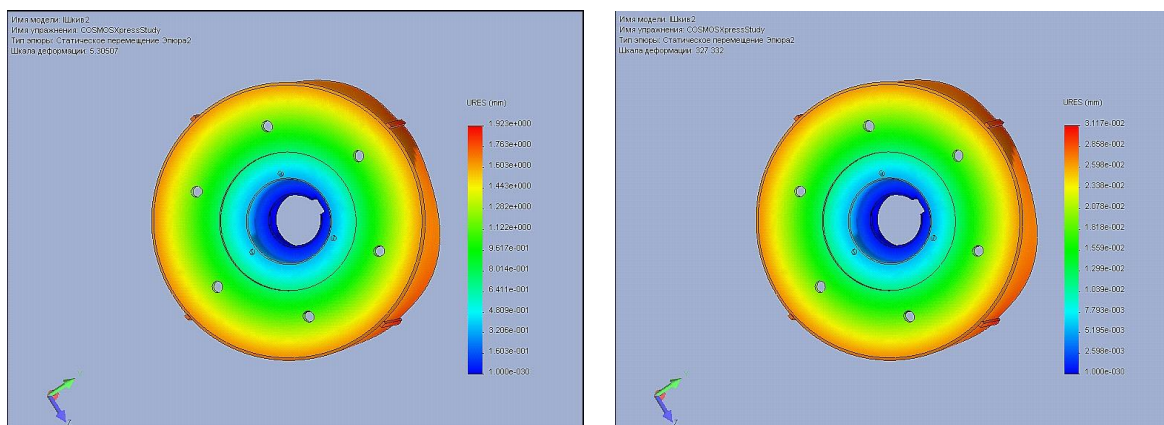


Рисунок 2 - распределение смещений в капролоне P313

В ходе испытаний модель шкива была нагружена силой в 1000Н. Коэффициент безопасности у капролона 1,13223, а у P313 – 1,45094, т. е. материал P313 выдержит данную нагрузку более спокойно. Распределение напряжений (рис. 1) показывает, что капролон выдержит нагрузку лучше. В этом материал P313 проигрывает. Однако если обратим внимание на распределение смещений (рис. 2), то увидим, что их верхний предел у P313 на два порядка ниже ($3,117 \cdot 10^{-2}$) по сравнению со вторым материалом (1,923) и распределение идет более плавно, что означает более долгое сохранение формы шкива.

По рассмотренным параметрам и по результатам испытаний более предпочтителен материал P313. По стоимости он дороже, но по характеристикам лучше капролона. Возможно более широкое применение материала P313 поможет значительно улучшить работу шкива.

Литература:

1. Карпинос, Д. М. Композиционные материалы: Справочник/ Д. М. Карпинос, Ю. С. Липатов, Э. С. Уманский. – М.: Наукова думка, 1985. – 592 с.; ил.
2. Васильев, В. В. Композиционные материалы: Справочник/ В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.; ил.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЛЛОНА ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАЗО-ТОПЛИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Кожекин Д. Д. – студент, Ананьин С. В. – к. т. н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Актуальность проекта базируется на следующих предпосылках:

Газовое топливо позволяет:

- снизить затраты на горючее в 3 и более раза и затраты на смену масла (в эквиваленте отношения выделяемой при сгорании топлива энергии к объему и цене);
- в 4 – 8 раз снизить выбросы в атмосферу соединений CO, CH (Метан – простейший углеводород, выделяемый при горении углекислый газ и воду);
- в 1,5 – 2,0 раза увеличить ресурс работы двигателя (следствие отсутствия твердых продуктов горения метана, нерастворимости масла метаном, а также повышенной детонационной стойкости (октановое число метана по исследовательскому методу равно 140)).

Эти качества побуждают переводить на сжатый газ практически все виды автотранспорта.

Сжатый природный газ в несколько раз безопаснее бензина в эксплуатации, а также и взрывоопасного сжиженного газа (пропан - бутана). Он легче воздуха и в случае утечки улетучивается, кроме того, максимально допустимая концентрация газа в воздухе, необходимая для инициирования взрыва составляет 5 – 18 процентов, а для бензина этот показатель со-

ставляет 70 процентов, что говорит о невозможности взрыва больших масс газа в случае утечки внутри автомобиля.

При использовании газа в стальных баллонах (или композитных баллонах с металлическим лейнером), широко используемых в настоящее время, объем поставляемого газа лимитирован грузоподъемностью транспортного средства. Применение легких композитных баллонов позволит увеличить объем газа в 1,7 раза, а уменьшение стоимости баллона приводит к уменьшению стоимости транспортировки газа.

В зависимости от объема используемого топлива (массы баллона с газом), условий эксплуатации и требований по прочности (и других технических характеристик), стоимости и надежности, в качестве резервуаров для хранения сжатого газа используют следующие виды баллонов [1]:

- а) Цельнометаллический баллон (углеродистая сталь);
- б) Цельнометаллический баллон (легированная сталь);
- в) Композитный баллон (стальной лейнер + стекловолокно по цилиндрической поверхности лейнера);
- г) Композитный баллон (алюминиевый лейнер + базальтовое волокно по цилиндрической поверхности лейнера);
- д) Композитный баллон (стальной лейнер + стекловолокно по всей поверхности лейнера);
- е) Композитный баллон (алюминиевый лейнер + базальтовое волокно по всей поверхности лейнера);
- ж) Состоящие из неметаллического лейнера, оболочки из композиционного материала на всей поверхности лейнера и металлических закладных элементов;
- з) Термопластовая оболочка, усиленная волокнистым материалом.

Преимущества композитных баллонов перед металлическими баллонами (в том числе с подмоткой по цилиндрической части):

- гарантийный срок эксплуатации 10 лет;
- снижение массы в 2 – 7 раз;
- безопасность за счет безосколочного механизма разрушения баллонов, при котором при сверхпредельных нагрузках он только теряет герметичность без разрыва оболочки и осколков;
- коррозионная и химическая стойкость, термостойкость и огнестойкость баллонов; стойкость к механическим повреждениям и воздействию открытого пламени;
- широкая номенклатура рабочих сред (газов), максимально реализуются прочностные характеристики композитных материалов;
- обеспечение числа нагружений (зарядка-сброс) – более 15000 циклов;
- срок службы 15 лет;
- не требуется переосвидетельствование в течение срока службы;

В металлических баллонах и композитных баллонах с металлическим лейнером, существует вероятность внутренней коррозии, так как в газе всегда содержится некоторое количество влаги. При использовании баллона с пластиковым лейнером такая вероятность полностью исключена.

Недостатками любого композитного баллона в сравнении с цельнометаллическим баллоном являются:

- меньшая стойкость к ударным нагрузкам;
- высокая себестоимость (дороговизна оборудования, сырья, трудоемкость технологического процесса);

Условия эксплуатации баллона для сжатого метана в данном автомобиле следующие:

- температурный диапазон от минус 45 до плюс 85 °С;
- работа в достаточно агрессивных средах (воздействие солей и других дорожных антифризов в зимнее время и абразивное воздействие песка и других дорожных частиц);
- попадание прямых и отраженных солнечных лучей (фотодеградация);

– ударные воздействия очень высоких энергий (сила удара, пропорциональная весу автомобиля и его скорости) от дорожного покрытия и иных препятствий (выбоины, бордюры, камни и т.п.);

– резкие ускорения и замедления автомобиля (влияние инерционных перегрузок вплоть до перегрузок во время аварии (порядка 50g));

– внутреннее давление газа на стенки (25 МПа).

Материалы, используемые при изготовлении композитного баллона высокого давления для метана.

Органопластики на основе высокопрочных арамидных волокон обладают высокими удельными прочностными и упругими характеристиками, ударной вязкостью, электрическим сопротивлением, химической стойкостью, высокими теплоизоляционными свойствами. Арамидные волокна при текстильной и других видах переработки незначительно снижают свои механические свойства, что послужило причиной широкого применения метода намотки при изготовлении изделий из органопластика. В качестве лайнера предпочтительно использовать ударопрочный материал – полипропилен. Оправка из полипропилена изготавливается методами ротационного формования или центробежного литья [2,3].

В качестве матрицы будем использовать эпоксидные смолы, поскольку их физико-механические характеристики превышают соответствующие параметры полиэфирных смол. Также выбор эпоксидных смол объясняется следующими причинами:

– эпоксидные смолы обладают хорошей адгезией к большому числу наполнителей, армирующих компонентов и подложек;

– разнообразие доступных эпоксидных смол и отверждающих агентов позволяет получить после отверждения материалы с широким сочетанием свойств, удовлетворяя различным требованиям технологии;

– в ходе химической реакции между эпоксидными смолами и отверждающими агентами не выделяются вода или какие-нибудь летучие вещества, а усадочные явления при отверждении в этом случае ниже, чем для фенольных или полиэфирных смол;

– отвержденные эпоксидные смолы обладают превосходными механическими свойствами, выносливостью, химической стойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами.

Но несмотря на вышеперечисленные достоинства, арамидные волокна марки Терлон имеют существенный недостаток: поверхность волокон инертна, поэтому они термодинамически не совместимы с матрицей, в частности с эпоксидным связующим. Для решения этой проблемы необходимо при изготовлении газового баллона модифицировать волокна Терлон для обеспечения прочной адгезионной связи наполнителя с матрицей [4].

Оптимальное объемное содержание волокна для органопластика лежит в пределах от 0,4 до 0,7. Модификация поверхности волокон Терлон состоит в улучшении адгезии к эпоксидной матрице с помощью непосредственного введения в поверхность волокон функциональных групп. Наиболее эффективным и перспективным в настоящее время является метод физической обработки, включающей в себя радиационно-химический способ обработки поверхности волокна [5].

Основными параметрами баллона, определяемыми в процессе проектирования, являются:

- обеспечение минимальной массы проектируемой конструкции;
- сохранение требуемой прочности (жесткости) при действии расчетных нагрузок;
- технологическая реализуемость;
- обеспечение минимальной стоимости баллона.
- контуры днищ оболочки;
- распределение углов армирования (углов ориентации армирующих волокон относительно меридиональных линий поверхности силовой оболочки);
- количество слоев армирующего материала, образующих оболочку.

В качестве метода изготовления данного баллона целесообразно использовать технологию спирально-кольцевой намотки, которая обеспечивает максимальную жесткость и герметичность намотанного изделия. Предпочтительнее использовать мокрый способ намотки с целью создания повышенной герметичности баллона в процессе изготовления [1, 3].

Способ "мокрой" намотки характеризуется следующими показателями: невысокая скорость намотки, ограниченная скоростью пропитки наполнителя связующим; невозможность обеспечения равномерного содержания связующего по толщине наматываемого изделия (особенно для толстостенных конструкций); большое количество отходов связующего в виде загустевших остатков в пропиточной ванне и выдавленного излишка связующего из наматываемого изделия; загрязнение намоточно-пропиточного тракта и рабочего места связующим; невозможность применения высоковязких связующих (например, термопластов)

Дальнейшее развитие и распространение газового оборудования среди автомобилистов исключает необходимость применения нефти в качестве сырья для производства бензина и позволяет направить нефтяную промышленность в иное русло

Список литературы

- 1) Буланов, И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкции из композиционных материалов [Текст]: учеб. для вузов / И. М. Буланов, В. В. Воробей – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 512 с.: ил.
- 2) Композиционные материалы: справочник [Текст] / В. В. Васильев, Д. В. Протасов, В. В. Болотин и др.; под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского – М.: Машиностроение, 1990.
- 3) Батаев А. А., Батаев В. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
- 4) Чернин И. З., Смехов Ф. М. Эпоксидные полимеры и композиции. М.: Химия, 1982. – 232 с., ил.
- 5) Новикова О.А. Модификация поверхности армирующих волокон в композиционных материалах./ О.А. Новикова, В.П. Сергеев; Отв. ред. Т.В. Грудина; АН УССР. Ин-т проблем материаловедения им. И. Н. Францевича. – Киев: Наукова думка, 1989. – 220

КОМПОЗИЦИОННАЯ ЗАЩИТА ОТ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Прудникова Е.В. – студентка группы ПКМ-51, Головина Е.А. – доцент, к.т.н.

ГОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова,
г. Барнаул

Радияция существовала всегда. И все, чем мы сегодня на нее влияем, заключается в добавлении к существующему фону дополнительной дозы излучения в результате использования человеком созданных устройств.

Слово «радиация» глубоко проникло в сознание человечества. Оно воспринимается как образ новой, страшной угрозы здоровью и жизни людей. Не надо бояться радиации, но и не следует ею пренебрегать. В малых дозах она безвредна и легко переносится человеческим организмом, в больших дозах бывает смертельно опасна. Годовая эффективная доза внутреннего облучения для всего тела от всех источников – естественных радионуклидов, содержащихся в человеке, составляет 1,35 мЗв.

Радияция весьма многочисленна и разнообразна, однако можно выделить одиннадцать её источников. *Первым источником* является наша Земля (наличие в Земле радиоактивных элементов – мощность поглощенной дозы земного излучения в среднем составляет 20 мрад/год над известняками и 150 мрад/год над гранитами. *Второй источник* радиации – это радиоактивные природные материалы (от 30 мрад/год до 300 мрад/год). *Третьим источником* радиации является вода, получаемая из подземных скважин и содержащая радон и радий. *Четвертый источник* радиации – космос, откуда на Землю постоянно падает поток час-

тиц высокой энергии. *Пятый* источник радиоактивности населению малоизвестен, но не менее опасен. Это радиоактивные материалы, которые человек использует в повседневной деятельности (экран телевизора излучает на человека 2-3 мрад/год). *Шестым* источником радиоактивного излучения является производственное оборудование, имеющее радиоактивные изотопы или генераторы рентгеновского излучения. Это датчики толщины, уровня, вискозиметры и другие приборы гаммаграфии. В них обычно используется кобальт-60 или иридий-192 – (аппарат для гаммаграфии имеет источник из кобальта-60 на 300 Ки, при этом на расстоянии в 10 метров мощность эквивалентной дозы составляет 3,8 бэр/час, при работе аппарата необходимо удалять всех людей из зоны радиусом 120 м). *Седьмой* источник опасности – предприятия по переработке радиоактивных материалов. *Восьмым* источником радиации являются атомные электростанции. На АЭС, кроме твердых отходов, имеются также жидкие (зараженные воды из контуров охлаждения реакторов) и газообразные (аргон-41, содержащийся в углекислом газе, используемом для охлаждения). *Девятым* источником радиации – радиоактивные отходы, получающиеся при различных процессах переработки и использования ядерных материалов. *Десятым* источником радиоактивного излучения – это медицинские установки.

Одиннадцатый источник радиоактивного излучения – транспортировка радиоактивных материалов. Транспортировка производится в условиях оптимальной безопасности, обеспечиваемой использованием регламентированной упаковки. Ассортимент перевозимых радиоактивных материалов очень широк. Он включает в себя радиоактивные изотопы, применяемые в медицине и являющиеся наиболее многочисленными, а также различные продукты, связанные с ядерной энергетикой, – обогащенный уран, гексафторид урана, свежее и отработавшее топливо, плутоний, отходы.

Способы транспортировки варьируются в зависимости от физической природы материала (твердый, жидкий, газообразный) и вида излучения (α , β , γ , нейтронное). Радиоизотопы медицинского применения перевозятся в малых количествах, по многим адресам и срочно. Ядерное топливо перевозится в значительных количествах в очень тяжелой упаковке (примерно 100 т упаковки на 5 т топлива).

Например, упаковка типа В предназначена для сохранения радиоактивных материалов в очень тяжелых условиях. При испытаниях её сбрасывают с высоты 9 м на недеформируемую поверхность. Это испытание эквивалентно удару упаковки, двигающейся со скоростью 90 км/час, о бетонную стену. Второе испытание – выдержка контейнера для радиоактивного материала в течение 0,5 часа в огне при температуре более 800°C.

Упаковка должна учитывать характер деления перевозимого материала, чтобы не допустить образования критической массы и создания условий для цепной реакции.

Перевозка радиоактивных материалов осуществляется автомобильным, железнодорожным, морским и воздушным транспортом.

Для перевозки менее опасных материалов используется упаковка типа А, которая при серьезных авариях может быть разрушена. В такой упаковке чаще всего транспортируются изотопы медицинского применения. Число таких перевозок составляет 94% от общего числа перевозок радиоактивных материалов. Но опасность их транспортировки намного ниже опасности транспортировки других материалов, используемых в промышленности. Так, перевозка плутония в 10 тыс. раз менее опасна перевозки хлора.

При оценке опасности облучения крайне важно знать характер и уровни облучения от различных естественных источников излучения;

Для защиты рабочего персонала необходимо применять средства защиты на основе различных типов материалов, в том числе материалов, способных защитить объект от воздействия нейтронного и вторичного γ -квантового излучений

Задачей исследования стало подбор материала для защиты персонала при транспортировке радиоактивных материалов смешанного (n - γ) излучения. Анализируя различные типы материалов, используемых для создания защитных экранов, контейнеров и т.д. (парафин, полиэтилен, свинцово-карбидоборную смесь) выбор остановился на свинце с полиэтиленом.

При расчете толщины защиты по приведенным ниже формулам толщина слоя полиэтилена по сравнению с другими материалами минимальна.

$$\varphi = \frac{\Phi}{4\pi \cdot r^2}, \quad \Phi_x = \Phi_0 \cdot e^{-\Sigma x}, \quad x = -\frac{\ln \frac{\varphi_{nd}}{\varphi_s}}{\Sigma_{\text{блб}}}$$

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что в повседневной жизни на человека постоянно действует радиация. За год человек получает из космоса в среднем 0,3 мЗв на уровне океана, 0,6 мЗв на высоте 2000 м и 0,02 мЗв в Тибете. За время полета на самолете на большую дальность человек получает дозу в 0,03-0,05 мЗв. Известняковый грунт дает человеку за год в среднем 0,3 мЗв, другие осадочные породы – 0,5 мЗв, гранит –1-1,5 мЗв. Во многих местах земного шара человек получает за год более 10 мЗв. В пределах территории атомной станции человек получает дополнительно за год 1-5 мЗв, а в нескольких километрах от неё доза приближается к нулю. Рентгенокопия дает человеку в среднем 1 мЗв, а телевизор – несколько сотых мЗв в год. Несмотря на это жизнь и деятельность человечества продолжается без заметных осложнений для здоровья.

Радиация не является каким-либо новым фактором воздействия на живые организмы, подобно многим химическим веществам, созданным человеком и ранее не существовавшим в природе.

Радиация – это один из многих естественных факторов окружающей среды. Естественный радиационный фон влияет на жизнедеятельность человека, как и все вещества окружающей среды, с которыми организм находится в состоянии непрерывного обмена.

Следовательно:

1. при оценке опасности облучения крайне важно знать характер и уровни облучения от различных естественных источников излучения;
2. Для защиты рабочего персонала необходимо применять средства защиты на основе различных типов материалов, в том числе материалов, способных защитить объект от воздействия нейтронного и вторичного γ -квантового излучений.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИФФУЗИИ АТОМОВ ПО ГРАНИЦАМ ЗЕРЕН В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ.

Драгунов А.С. - аспирант, Евтушенко И.В. – студент, Осецкий С.В. – студент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основным методом исследования в естествознании является эксперимент. Даже в тех случаях, когда используются феноменологические теории, например, в космологии или в физике элементарных частиц, результаты и выводы, полученные в рамках этих теорий, должны проверяться экспериментом. Понятно, что прямой эксперимент или даже наблюдение во многих случаях невозможно или затруднено. Например, мы не можем исследовать планетные системы у звезд, или измерить температуру внутри Солнца. В физике материалов в настоящее время недоступны для физических измерений многие микроскопические объекты, например, вакансии, дислокации. Часто невозможно исследовать быстротекущие процессы, такие как фазовые превращения, химические реакции, движение отдельных атомов. Для решения подобных задач в последние годы формируется новое направление физических исследований – компьютерный эксперимент.

Компьютерный эксперимент это ответвление от методов компьютерного моделирования. Термин компьютерное моделирование более широкий. Он включает и численные расчеты по формулам. Например, исследование процессов диффузии или теплопроводности можно провести используя соответствующие уравнения. Для диффузии это уравнение Фика. В компьютерном эксперименте явление исследуется так же как в реальном эксперименте. Строится кристалл, состоящий из атомов, располагающихся в позициях, соответствующих

структуре решетки этого кристалла. Задается межатомное взаимодействие. Затем система нагревается и выдерживается некоторое время при заданной температуре. Перемещение каждого атома фиксируется.

Таким образом, в компьютерном эксперименте можно не только получить конечные результаты для процесса диффузии такие как глубина проникновения диффундирующего элемента или коэффициент диффузии, но и многие другие характеристики, связанные с индивидуальным движением атомов. В этом смысле между компьютерным экспериментом и натурным экспериментом имеется большое сходство.

Компьютерный эксперимент в большинстве случаев проводится параллельно с натурным. Это дает очень большой экономический эффект, т.к. часть опытов проводится на виртуальных объектах. Однако есть большой класс задач, которые сложно а часто и невозможно исследовать в натурном эксперименте. К ним, прежде всего, относятся объекты атомного уровня и быстропротекающие процессы. Развитие нанотехнологий является примером научного направления, в котором большую роль играет компьютерный эксперимент. Нанообъекты имеют размер менее 100 нм. Увидеть их в оптический микроскоп, разрешение которого 200 нм невозможно, наблюдение в электронный микроскоп очень сложно, атомно-силовая и туннельная микроскопия дают изображения только поверхности.

Один из важных направлений исследований в материаловедении является диффузия. Известно, что диффузия по дефектам (дислокации, границы зерен) протекает быстрее в 100 и даже в 1000 раз, чем в бездефектной части кристалла. С развитием нанотехнологий и применения наноматериалов диффузия по дефектам стала играть большую роль. В наноразмерном кристалле область дефекта может занимать половину объема или даже более. Исследование таких малых объектов может быть выполнено в настоящее время только методами компьютерного эксперимента. Компьютерный эксперимент позволяет получить параметры диффузии исследуя индивидуальные движения атомов.

Широко распространенным методом компьютерных исследований является метод молекулярной динамики. Он позволяет проводить расчеты систем, состоящих из большого числа атомов при высоких температурах. В соответствии с методом молекулярной динамики для каждого атома записываются уравнения динамики Ньютона. В соответствии с этими уравнениями находятся положения атомов (три числа) и скорости их движения (три числа). Набор характеристик представляет числовой массив. Если в расчетах участвует 30000 атомов, то для описания структуры кристалла в данный момент времени при данной температуре требуется 180000 числовых значений. Этот массив и является объектом, с которым должен работать исследователь.

Исследование таких процессов как диффузия требует визуализации элементарных движений атомов. В наших исследованиях закономерности диффузии по границам зерен анализируются с применением программы визуализации траекторий движения атомов. При данной температуре строятся треки – линии, представляющие собой последовательность элементарных отрезков – скачков атомов из одной позиции в другую.

На рис. 1 приведены траектории движения атомов при температурах 700 К и 900 К для различных границ зерен за одинаковые временные интервалы. Исследования проведены для двух границ зерен с углом разориентации 6° и 30° . Видно, что диффузия по малоугловой границе 6° при 700 К осуществляется преимущественно вдоль ядер дислокаций образующих границу (рис. 1а). Трубочный характер диффузии сохраняется и при высоких температурах, что хорошо согласуется с дислокационным строением малоугловой границы. По большеугловой границе зерен диффузия идет равномерно по всему объему границы. Локализация диффузионного движения атомов вдоль границы позволяет найти области с избыточным объемом и повышенной энергией. Элементарные перемещения атомов в процессе диффузии связаны с механизмом диффузии. По движению отдельных атомов можно выделить следующие механизмы диффузии: вакансионный, межузельный, кольцевой, краудинный и др.

Предлагаемый в работе метод визуализации траекторий движения атомов позволяет:

1. Найти трехмерные траектории движения атомов. Определить локальные области ускоренной диффузии.
2. Определить механизм диффузии (вакансионный, межузельный, кольцевой, краудинный и др.)
3. Определить области, содержащие свободный объем, найти качественную картину распределения энергии, деформации и др. характеристик вдоль границ зерен.

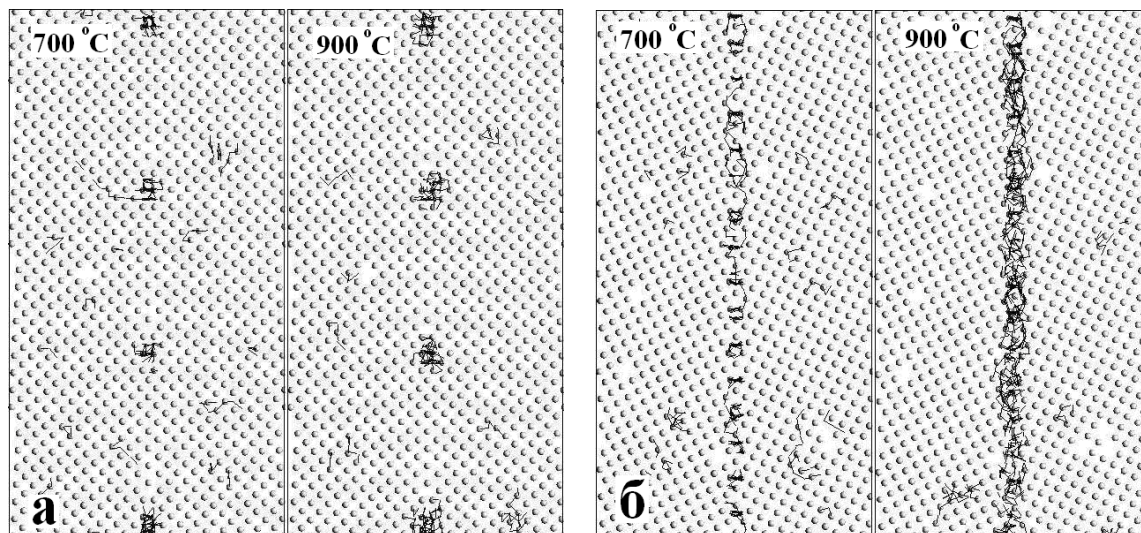


Рис. 1. Траектории движения атомов в процессе диффузии при температурах 700 К и 900 К. Плоскость ГЗ расположена вертикально и направлена перпендикулярно плоскости рисунка. (а) ГЗ 6°; (б) ГЗ 30°.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В МОДЕЛЬНОМ СПЛАВЕ Ni₃Al (111)

Скоробогатов М.С. – студент, Дудник Д.В. – аспирант, Дудник Е.А. - к.ф.-м.н., доцент

Рубцовский индустриальный институт филиал АлтГТУ (г. Рубцовск)

В последние годы наметился все возрастающий интерес к новому подходу в получении объемных наноструктурных металлов и сплавов, который является альтернативой компактированию. Этот подход основан на измельчении структуры до наноразмеров в объемных заготовках с использованием интенсивной пластической деформации (ИПД). Исследование взаимосвязи фрагментированной структуры с механическими свойствами во многих металлах привлекают внимание многих авторов [1-3]. Ведутся исследования по применению ИПД для получения ультрамелкозернистых (УМЗ) структур в труднодеформируемых сплавах и интерметаллидах, что является важной и актуальной задачей, имеющей большое научное и практическое значение. УМЗ материалы, полученные ИПД, характеризуются не только сверхмалым размером зерна, но и рядом других структурных особенностей (внутренними напряжениями, микроискажениями решетки, высокой плотностью дислокаций), которые также влияют на свойства этих материалов.

Исследование различных явлений с помощью моделирования на компьютерах стало в настоящее время признанным и быстро развивающимся направлением в науке и технике. Компьютерная тематика стала неотъемлемой частью физических исследований.

В связи с этим целью настоящей работы явилось комплексное исследование методом молекулярной динамики особенностей формирования ультрамелкозернистой структуры, полученной в зависимости от условий ИПД и геометрических параметров инструмента в процессе моделирования экструзии. Получены картины структурной трансформации сплава и рассчитаны прочностных и структурно- энергетических характеристик.

Методика компьютерного эксперимента

Объектом исследования является модельный сплав Ni_3Al . Атомы находятся в узлах двумерной гексагональной атомной плоскости (111) ГЦК решетки, структура которой соответствует сверхструктуре L1_2 . В качестве граничных условий задаются координаты и скорости атомов в начальный момент времени: начальные положения атомов определены узлами кристаллической решетки, начальные скорости атомов полагаются равными нулю.

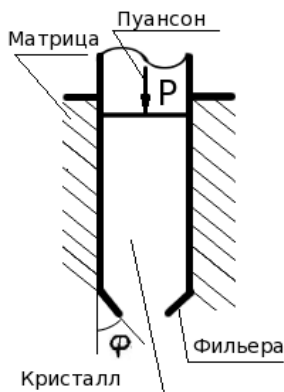


Рис. 1. Вид краевых условий

Размер расчетного блока составляет 32×32 атомов. Краевые условия представляют собой матрицу в виде цилиндра из атомов Ni , соединенной с усеченным конусом в нижней части. Вид краевых условий представлен на рисунке 1.

При моделировании процесса экструзии варьировались следующие показатели: угол сужения конической фильеры (10° - 38°), давление пуансона. В качестве уравнений движения атомов

взяты уравнение движения Ньютона. Решается система обыкновенных дифференциальных уравнений с граничными и краевыми условиями численным модифицированным методом Эйлера. При деформации пуансон оказывал непосредственное давление на обрабатываемый сплав, который моделировался при помощи двух слоев атомов этого же кристалла.

Результаты и их обсуждение

В результате компьютерного эксперимента по моделированию процесса экструзии рассчитаны структурно-энергетические характеристики и напряжение сплава после деформации в зависимости от угла фильеры и давления пуансона. Визуализированы структурные особенности сплава в результате ИПД: по изменению уровня потенциальной энергии атомов и изменению степени деформации кристалла.

Анализ зависимости изменения среднего напряжения в кристалле от угла конической фильеры наклона в течение расчетного времени показал значительный рост напряжения при увеличении угла (рис.2). В случае угла фильеры меньше 30° в течение 40пс изменение напряжения медленно возрастает, затем с увеличением угла фильеры и увеличением расчетного времени отмечено скачкообразное изменение кривых напряжения.

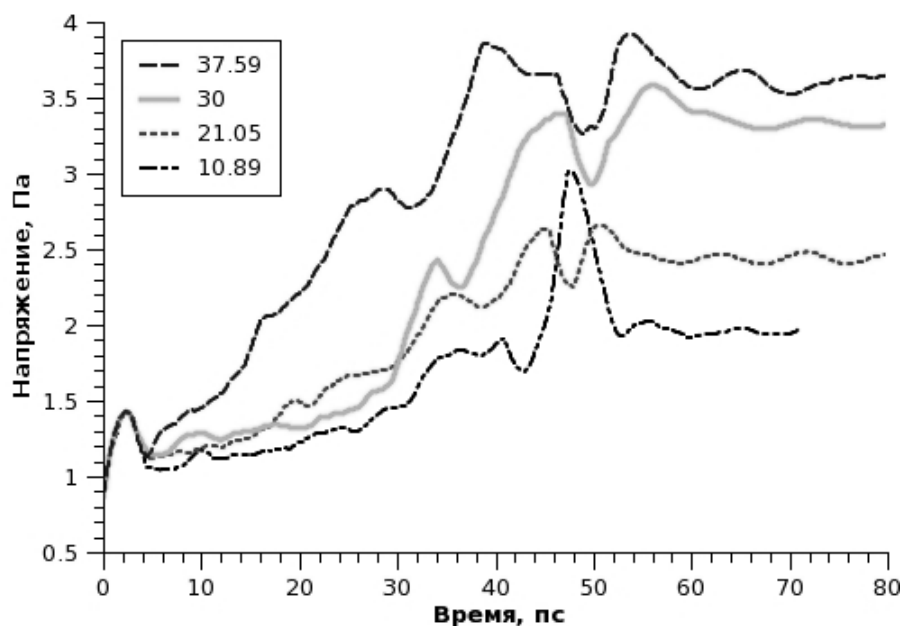


Рис. 2. Зависимость среднего напряжения от угла сужения конической фильеры в течение расчетного времени

На начальной стадии экструзии наблюдалась отчетливая картина образования переориентированных областей кристалла вдоль стенок матрицы (рис. 3).

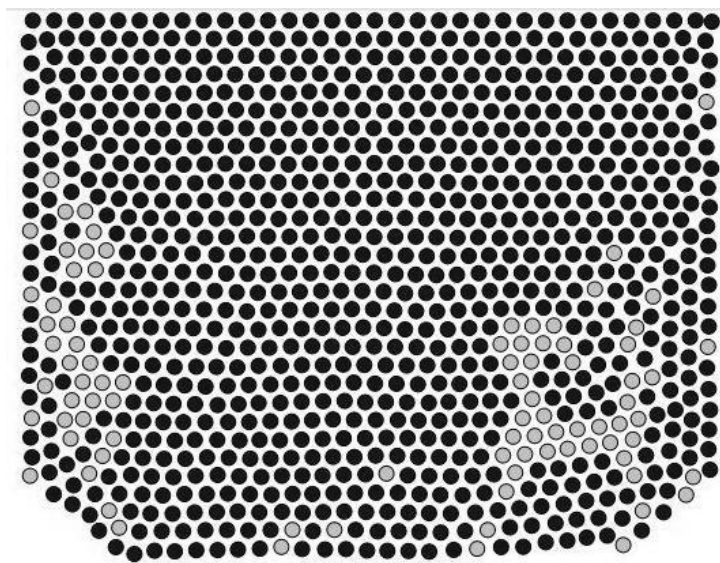


Рис. 3. Распределение атомов в кристалле Ni_3Al в течение 5пс модельного времени (черным цветом окрашены атомы кристаллитов, серым – границы раздела).

Но после завершения экструзии в течение расчетного времени более 55пс локальные минимумы кривых отражают состояние кристалла (рис.2), когда некристаллическая составляющая минимальна, фрагменты четко видны, а границы разделяющие их – минимальны.

Полученные результаты показали, что увеличение угла сужения конической фильеры приводит к возрастанию степени фрагментации сплава, а вблизи контакта кристалла со стенкой матрицы конической фильеры формируются зоны не кристалличности [3].

Исследовано влияние ИПД на степень фрагментации кристалла в зависимости от угла наклона фильеры (рис. 4). Выявлено, что при увеличении угла конической фильеры размер зерен уменьшается при ячеистой фрагментации кристалла.

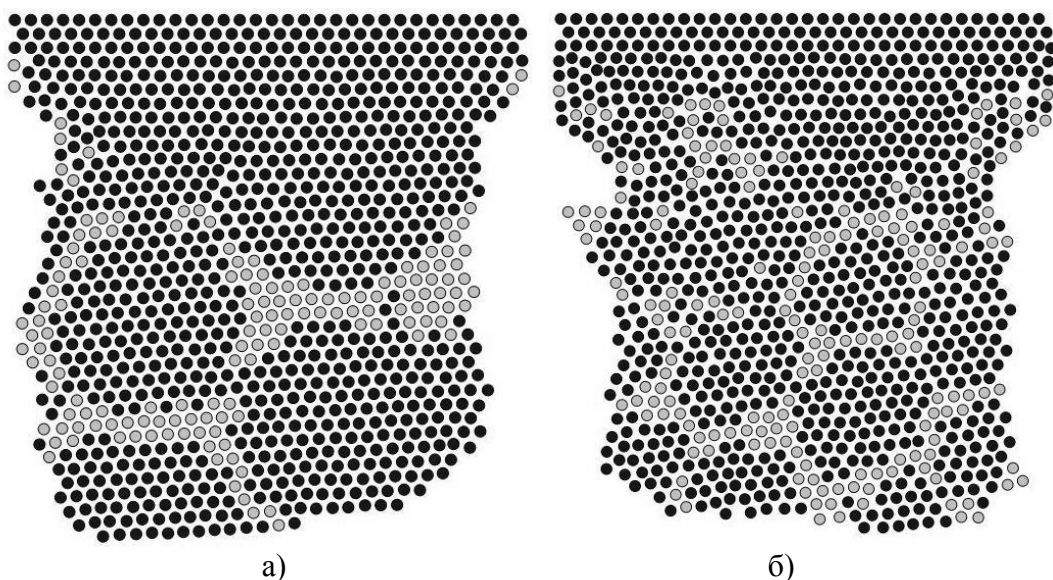


Рис. 4. Фрагментация кристалла при углах фильеры 30° (а) и 37.59° (б) сужения конической фильеры в течение 40пс модельного времени.

Механизмы фрагментации сплава, связаны с принципом максимального производства энтропии: произвольная неравновесная система стремится к локально-равновесному состоянию с экстремальной скоростью. В результате движения дислокаций энергетически выгодны образования локальных упорядоченных фрагментов, правильной шестиугольной формы, минимально смещенных относительно друг друга.

Результаты настоящей работы, полученные при помощи компьютерного моделирования, коррелируют с результатами экспериментов и теоретических оценок [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиев, Р. З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р. З. Валиев, И. В. Александров. М.: Логос. 2000. 272с.
2. Valiev, R. Z. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation / R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I. V. Alexandrov // Progr. Mat. Sci. 2000. 45 (2). P. 103-189.
3. Грабко Д.З., Шикимака О.А., Харя Е.Е., Кирняк Е.Ф., Александров С.Е., Лямина Е.А. Интенсивная пластическая деформация поликристаллической меди в условиях сухого жесткого трения //Сборник тезисов докладов международная конференция «Первые московские чтения по проблемам прочности материалов, Москва, 2009, с.59.
4. Lyamina E, Alexandrov S., Grabco D., Shikimaka O. // Key Eng. Mater., 2007, 345-346, p.741.

ЖЕЛЕЗО И СПЛАВЫ НА ЕГО ОСНОВЕ

Зюзина Ю.И.- студент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Железо как инструментальный материал известно с древнейших времён, самые древние изделия из железа, найденные при археологических раскопках, датируются 4-м тысячелетием до н. э. и относятся к [древнешумерской](#) и [древнеегипетской](#) цивилизациям.

Железо — один из самых используемых металлов, на него приходится до 95 % мирового металлургического производства.

Железо является основным компонентом [сталей](#) и [чугунов](#) — важнейших конструкционных материалов.

Железо может входить в состав сплавов на основе других металлов — например, никелевых.

Магнитная окись железа (магнетит) — важный материал в производстве устройств долговременной компьютерной памяти: жёстких дисков, дискет и т. п.

Ультрадисперсный порошок магнетита используется в черно-белых [лазерных принтерах](#) в качестве тонера.

Уникальные ферромагнитные свойства ряда сплавов на основе железа способствуют их широкому применению в электротехнике для магнитопроводов трансформаторов и электродвигателей.

Хлорид железа(III) (хлорное железо) используется в радиолобительской практике для травления [печатных плат](#).

Семиводный сульфат железа (железный купорос) в смеси с медным купоросом используется для борьбы с вредными грибами в садоводстве и строительстве.

Железо применяется в качестве анода в [железо-никелевых аккумуляторах](#), [железо-воздушных аккумуляторах](#).

Магнитный материал NdFeB по праву может называться материалом 21-го века. Он вообрал в себя все достижения в области разработки постоянных магнитов, огромные усилия больших и малых научных коллективов и побил все рекорды магнитных характеристик. Именно открытие этого материала подняло магнитную индустрию на принципиально новый уровень.

Так же помимо выше перечисленного, на основе железа получены новые сплавы, с различными свойствами – аморфные металлические сплавы и металлические стекла.

Механические, магнитные, электрические и другие структурно-чувствительные свойства аморфных сплавов значительно отличаются от свойств кристаллических материалов. Металлические стекла, или аморфные сплавы, получают путем охлаждения расплава со скоростью, превышающей скорость кристаллизации ($10^6 - 10^8$ К/с). В этом случае зарождение и рост кристаллической фазы становится невозможным и металл после затвердевания имеет аморфное строение. В аморфных твердых телах, как и в жидкости (расплаве), сохраняется ближний порядок в расположении атомов. Высокие скорости охлаждения могут быть достигнуты различными методами, однако наиболее часто используется закалка из расплава на поверхности быстро вращающегося диска или двух дисков. Этот метод позволяет получить ленту, проволоку, гранулы, порошки.

Получение аморфной структуры принципиально возможно для всех материалов. Наиболее легко аморфное состояние достигается в сплавах Al, Pb, Sn, Cu и др. Для получения металлических стекол из Ni, Co, Fe, Mn, Cr к ним добавляют неметаллы или полуметаллические элементы C, P, Si, B, As, S и пр. (аморфообразующие элементы).

МАТЕРИАЛЫ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Максимов Д. Ю. - студент, Старостенков М. Д. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сегодня экономика развитых стран мира базируется на высокотехнологичных технологиях и отраслях промышленности, среди которых ведущее место занимает электронная промышленность и, в первую очередь, микроэлектроника. Изделия и уровень технологий этих направлений определяют технический уровень промышленной и бытовой продукции и ее конкурентоспособность, обеспечивают процесс электронизации и информатизации общества, что является основой инновационной экономики и экономики знаний.

Следует также отметить, что развитие микроэлектроники происходит с ускорением во времени, с нарастанием сложности интегральных схем и электронных систем и имеет глобальный характер - в том смысле, что влияет на все сферы деятельности человека и общества. Современные информационные системы на 70% своей стоимости базируются на изделиях микроэлектроники, в частности, средства связи - на 60% [3].

В таких странах, как Корея, Китай, Индия, страны Юго-Восточной Азии, развитие отечественной электронной промышленности рассматривается в качестве наиболее эффективного способа подъема всей промышленности и вхождения в мировой рынок [1].

Электроника является ключевым моментом системы национальной безопасности и обеспечения стратегических и текущих экономических интересов государства.

Электроника - наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов и устройств (вакуумных, газоразрядных, полупроводниковых), используемых для передачи, обработки и хранения информации. Возникла она в начале XX века. На ее основе были созданы электровакуумные приборы [2].

Микроэлектроника — раздел электроники, связанный с изучением и производством электронных компонентов, с геометрическими размерами характерных элементов порядка нескольких микрометров и меньше [4].

Такие устройства обычно производят из полупроводников, используя процессы фотолитографии и легирование. Большинство компонентов обычной электроники, так же применяются и в микроэлектронике: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды, транзисторы, изоляторы и проводник, но уже в виде миниатюрных устройств в интегральном исполнении.

Интегральные схемы составляют основу электронной базы микроэлектроники, выполняющие заданные функции блоков и узлов электронной аппаратуры, в которых объединено большое число микроминиатюрных элементов и электрических соединений, изготавливаемых в едином технологическом процессе. Существует 3 пути роста интеграции.

Первый связан с уменьшением топологического размера и соответственно повышением плотности упаковки элементов на кристалле. Второй - увеличение площади кристалла. Третий - оптимизация конструктивных приемов компоновки элементов.

Микроэлектроника развивается в направлении уменьшения размеров содержащихся в интегральной схеме элементов (до 0,1-1,0 мкм), повышения степени интеграции, плотности упаковки, а также использования различных по принципу действия приборов (опто-, акусто-, криоэлектронных, магниторезисторных и др.) В последнее время ведутся интенсивные работы по созданию интегральных схем, размеры элементов которых определяются нанометрами, то есть постоянно набирает силу наноэлектроника - наиболее важное направление микроэлектроники, характеризующее современный этап развития естествознания.

Характерные размеры элементов интегральных схем становятся близкими к микрометру. Переход к еще меньшим размерам элементов требует нового подхода. Пришлось отказаться от ряда технологических операций. Фотографию заменили электронной, ионной и рентгеновской литографией; диффузионные процессы заменили ионной имплантацией и т.д. Появилась молекулярно-инженерная технология, позволяющая строить приборы атом за атомом. Использование лучевых методов совместно с вакуумной технологией позволяет получить приборы с размерами до 10-25 нм.

Сфокусированные ионные потоки - инструмент, позволяющий создавать принципиально новые конструкции приборов. Рентгеновские установки позволяют реализовать тиражирование изображений с размерами микроэлементов, недоступных световой оптике.

С развитием микроэлектроники происходит усложнение схем и уменьшение размеров рисунка (ширина линий 0,5 мкм).

Сейчас основной материал полупроводниковых приборов - кремний. Переход к наноэлектронике заставляет обратиться и к другим материалам: арсениду галлия, фосфиду индия и т.д. Наноэлектроника позволяет создавать трехмерные - многослойные структуры. Развивается новое направление электроники - функциональная электроника. В первую очередь это оптоэлектроника. (размеры структур до 100 нм - доли длин световых волн).

Широким фронтом ведутся работы по использованию длинных молекул в качестве элементов микросхем [2].

С развитием техники, размеры компонентов постоянно уменьшаются. При очень большой степени интеграции компонентов, а следовательно и при максимальной минимизации

их размеров, вопрос межэлементного взаимодействия становится очень актуальным. Данная проблема носит названия паразитные явления. Одна из основных задач проектировщика это скомпенсировать или минимизировать эффект паразитных утечек [4].

Литература:

1. http://www.detector.org.ua/article/PROBLEMY_ME1.html
2. http://5ka.su/ref/nauka/0_object69010.html
3. Борисов Ю. И. О стратегии развития электронной промышленности // Электронная промышленность.- 2006.- № 4.- С. 4-16.
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэлектроника>

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Сафонов Д.С. – студент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Нанотехнология - это отрасль современной науки и техники, которая утвердительно отвечает на этот вопрос. В ее рамках, разрабатываются методы манипулирования объектами, размеры которых измеряются в нанометрах (0.1 -100 нм) и делается это для того, чтобы создавать микроскопические функциональные устройства которые были бы способны решать определенные задачи в пределах своих пространственных масштабов. Простой анализ результатов исследований нанотехнологов уже сейчас позволяет сделать вывод, что развитие этой отрасли создает предпосылки новых прикладных научных исследований и принципиально расширит в будущем возможности современной микроэлектроники. Все это, в конечном счете, изменит наш привычный предметный мир, наполнив его фантастическими по функциональности и дешевизне устройствами, о которых мы могли знать разве что из произведений фантастов.

Человек достиг изрядного совершенства в конструировании разных механизмов, устройств и сооружений в масштабах соразмерных с ним самим, но возникает вопрос, может ли он добиться такого же инженерного совершенства в создании разных искусственных устройств и механизмов в масштабах порядка нанометра? Ведь речь идет о том, чтобы управлять как кирпичиками, отдельно взятыми микроскопическими объектами (атомами и молекулами) и конструировать из них разные микроскопические устройства со сложными функциями.

Данная отрасль в современном мире получила большую популярность, выделяются большие средства на ее развитие. Почти нет сфер жизни, которых не коснется развитие нанотехнологий.

В докладе будут представлены основные сферы применения нанотехнологий: медицина, микроэлектроника, материалы с улучшенными свойствами. А также возможные направления развития.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Смоленская В. В. - студент, Старостенков М. Д. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современное состояние водородной энергетики в мире, то, что происходит в этой области исследований в России, какие имеются возможности и на что мы можем рассчитывать.

С 1900 по 2000 г. потребление энергии в мире увеличилось почти в 15 раз - с 21 до 320 экодж (1 экодж = 27 х 10⁶ м³ нефти). В качестве первичных источников используются нефтепродукты (34.9%), уголь (23.5%), природный газ (21.1%), ядерное топливо (6.8%) и возобновляемые источники - ветер, солнце, гидро- и биотопливо (13.7%). Это привело к тому, что за 50 лет выбросы углекислого газа в атмосферу возросли в 4.5 раза и сегодня составляют 20

х 1012 м³/год. Это тот самый углекислый газ, ради которого существует Киотский протокол и который, как уверяют многие ученые, вызывает парниковый эффект. Вообще энергетика, основанная на ископаемом топливе, создает очень много экологических проблем. Возникает дилемма: без энергии нельзя сохранить нашу цивилизацию, однако существующие методы производства энергии и высокие темпы роста ее потребления приводят к разрушению окружающей среды. Естественно, что одна из основных задач современной энергетики - поиски путей преодоления экологических проблем.

Вторая и, наверное, главная проблема состоит в том, что существующие источники энергии ограничены. Считается, что нефти и газа хватит не более чем на 100 лет, угля - примерно на 400 лет, ядерного топлива - на 1000 лет с лишним. Для того чтобы иметь топливо, когда на Земле будут исчерпаны запасы нефти и газа, и решить экологические проблемы, необходимо переходить к новым источникам энергии и иметь "чистую энергетику". И главная надежда - на водородную энергетику: использование водорода как основного энергоносителя и топливных элементов как генераторов электроэнергии. Одновременно резко сократится потребление ископаемых топлив, потому что водород можно получать из воды, разлагая ее на водород и кислород. Энергию для этого будут давать ядерная энергетика и возобновляемые источники. Переход на водородную энергетику означает крупномасштабное производство водорода, его хранение, распределение (в частности, транспортировку) и использование для выработки энергии с помощью топливных элементов. Водород находит применение и в других областях, таких как металлургия, органический синтез, химическая и пищевая промышленность, транспорт и т.д. Судя по современным темпам и масштабам развития водородной энергетики на нашей планете, мировая цивилизация в ближайшее время должна перейти к водородной экономике. Фактически задача состоит в том, чтобы создать топливные элементы и использовать водород для получения электрической энергии.

Производство водорода

Один из его источников - природное топливо: метан, уголь, древесина и т.д. При взаимодействии топлива с парами воды или воздухом образуется синтез-газ - смесь CO и H₂. Из нее затем выделяется водород. Другой источник - отходы сельскохозяйственного производства, из которых получают биогаз, а затем - синтез-газ. Промышленно-бытовые отходы тоже используются для производства синтез-газа, что способствует одновременно и решению экологических проблем, поскольку отходов много и их нужно утилизировать. В конечном счете образуются углекислый газ, водород и окись углерода. Дальше идет каталитическая очистка, электрохимическая конверсия и т.д. Водород можно получать также электролизом воды, то есть разложением ее под воздействием электрического тока. Очень важным элементом при преобразовании газа, содержащего водород, является очистка газа на палладиевых мембранах. В конечном счете получается чистый водород.

Способы хранения водорода

Самый эффективный из них - это баллоны. Если баллон выдерживает 300 атм, то в нем можно хранить 13% (масс) водорода; 500 атм - 11%. В США разработаны баллоны, рассчитанные на 700 атм. Они хранят 9% водорода. Удобно хранить водород в сжиженном состоянии. Хорошие способы его хранения - адсорбция водорода в гидридах металлов (порядка 3%) и в интерметаллидах (до 5%). Есть идеи и проводятся уже эксперименты по таким способам хранения водорода, как углеродные наноматериалы, нанотрубки и стеклянные микросферы. Отмечу, что целесообразно максимально согласовать во времени процессы производства водорода из традиционного топлива и его потребления, чтобы минимизировать потребность в хранении водорода.

Выработка электроэнергии с использованием водорода

Топливный элемент - гальваническая ячейка, вырабатывающая электроэнергию за счет окислительно-восстановительных превращений реагентов, поступающих извне. При работе топливного элемента электролит и электроды не расходуются, не претерпевают каких-либо изменений. В нем химическая энергия топлива непосредственно превращается в электроэнергию. Очень важно, что нет превращения химической энергии топлива в тепловую и ме-

ханическую, как в традиционной энергетике. При сжигании газа, мазута или угля в котле нагревается пар, который под высоким давлением поступает в турбину, а турбина уже вращает электрогенератор. В простейшем топливном элементе, где используются чистый водород и чистый кислород, на аноде происходит разложение водорода и его ионизация. Из молекулы водорода образуются два иона водорода и два электрона. На катоде водород соединяется с кислородом и возникает вода. Фактически в этом и состоит главный экологический выигрыш: в атмосферу выбрасывается водяной пар вместо огромного количества углекислого газа, образующегося при работе традиционных тепловых электростанций.

Первая электрическая энергия была получена с помощью топливного элемента еще в 1839 г. Однако бум вокруг водородной энергетики возник тогда, когда началось освоение космоса. В 60-е годы прошлого века были созданы топливные элементы мощностью до 1 кВт для программ "Джемини" и "Аполлон", в 70-80-е годы - 10-киловаттные топливные элементы для "Шаттла". У нас такие установки разрабатывались для программы "Буран" в НПО "Энергия", которое выступало координатором всей программы, но сами щелочные топливные элементы создавались в Новоуральске на электрохимическом комбинате. В те же годы были построены электростанции мощностью порядка 100 кВт на фосфорнокислотных топливных элементах. В Японии и США имеются опытные 10-мегаваттные электростанции.

Топливный элемент состоит из ионного проводника (электролита) и двух электронных проводников (электродов), находящихся в контакте с электролитом. Топливо и окислитель непрерывно подводятся к электродам - аноду и катоду, продукты (инертные компоненты и остатки окислителя, а также продукты окисления) непрерывно отводятся от них. По типу электролита они классифицируются на щелочные, твердо-полимерные, фосфорнокислые, расплавкарбонатные и твердооксидные; по рабочей температуре - на низко-, средне- и высокотемпературные. Носителями заряда в топливных элементах могут выступать ион кислорода, радикал OH^- или CO_3^- окислителями могут быть кислород либо воздух.

Топливный элемент - лишь составная часть электрохимического генератора, который содержит еще системы кондиционирования, подготовки топлива, утилизации отходов и др. Первичным топливом могут быть метан, пары метанола, керосина, синтез-газ и т.д. Коэффициенты полезного действия у генераторов с топливными элементами изменяются от 30% (двигатели внутреннего сгорания и газовые турбины) до 60-65% (энергоустановки с твердооксидными топливными элементами).

В Японии создана энергетическая установка на топливных элементах мощностью 100 кВт, в Германии - установка мощностью 250 кВт, функционирующая как небольшая автономная электростанция. Фирма "Сименс Вестингхаус" разработала гибридную энергетическую установку на твердооксидных топливных элементах. В ней мощная струя выходящих газов используется для работы газовой турбины, то есть к электрической энергии, вырабатываемой топливными элементами, добавляется электрическая энергия, вырабатываемая турбиной. Крупнейшие автомобильные компании мира ведут разработку электромобилей. В таких городах, как Амстердам, Барселона, Лондон, Гамбург, Мадрид, прошли показательные испытания городских автобусов на топливных элементах. Первая такая демонстрация состоялась в 1993 г., а наибольшее их число пришлось на 1999-2003 гг.: 60 демонстраций 17 компаний, производящих легковые автомобили, и 11 демонстраций 7 компаний, выпускающих автобусы. Компании "Дженерал Моторс" и "Даймлер-Крайслер" намереваются продемонстрировать электромобиль в 2004 г. (водород предполагается получать из бензина), компании "Баллард Пауэр Системс" и "Даймлер-Крайслер" - в 2005 г.

Водородная энергетика и топливные элементы в России

Надо сказать, что водородной энергетикой у нас занимаются довольно давно, поскольку эти работы имели очень большое значение для автономной энергетике в космосе и подводном флоте. Космос и подводный флот были фактическими источниками средств для развития водородной энергетике. Почти 20 институтов АН СССР, а затем РАН (в Москве, Екатеринбурге и Новосибирске) решали те или иные вопросы водородной энергетике. В послед-

ние годы исследования поддерживались в основном за счет совместных контрактов с иностранными компаниями.

Уральский электрохимический комбинат - пионер в создании электрохимических генераторов мощностью в десятки киловатт. В 1971 г. здесь был разработан электрохимический генератор "Волна" (мощность 1.2 кВт) на щелочном топливном элементе для отечественной лунной программы, в 1988 г. - система "Фотон" (мощность 10 кВт) для "Бурана". Комбинат может выпускать такие установки по несколько штук в год. В 1999 г. для космического аппарата "Ямал" были созданы модули из двух никель-водородных аккумуляторных батарей то есть водород можно использовать не только для топливных элементов, но и для аккумуляторов энергии.

В нашей стране для автономной энергетики созданы различные установки с электрохимическими генераторами мощностью от 1 до 16 кВт, в том числе корабельные мощностью 150 кВт и более.

Литература:

1. <http://www.bestreferat.ru/referat-5990.htm>
2. Г.А. Месяц, М.Д. Прохоров Водородная энергетика и топливные элементы

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СПЛАВА Ni_3Al МЕТОДОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Черненко С.А. – студент, Дудник Д.В. – аспирант, Дудник Е.А. - к.ф.-м.н., доцент
Рубцовский индустриальный институт филиал АлтГТУ (г. Рубцовск)

Фундаментальные исследования наноструктурных пленок и покрытий, а также выяснение закономерностей структурной трансформации сплавов, их уникальных прочностных свойств является одним из важных направлений развития нанотехнологий и получения новых материалов.

Исследование влияния структурных дефектов на прочностные свойства сплава, таких как антифазные границы, актуально. Полученные результаты исследований позволили бы целенаправленно создавать технологию получения высокопрочных и пластичных материалов с заданным комплексом свойств. Использование компьютерного моделирования, широко применяющегося в этой области, позволило бы дополнить реальный эксперимент и изучить многие процессы, проходящие на наноуровне.

Наноиндентирование представляет собой совокупность методов, использующих высокоточное локальное силовое воздействие на материал и одновременную регистрацию деформационных откликов с нанометровым расширением, является перспективным [1].

Целью данной работы является проведение компьютерного эксперимента методом молекулярной динамики, предназначенного для исследования структурных превращений в области локальной деформации при проникновении наноиндентора в сплав Ni_3Al , содержащий антифазные границы.

Методика проведения эксперимента

Процесс компьютерного моделирования атомной системы состоит из трех частей: инициализация, достижение равновесия и расчет характеристик задачи.

В первой части инициализируется физическая модель эксперимента. В качестве объекта исследования взят трехмерный модельный сплав Ni_3Al . Атомы находятся в узлах кубической ГЦК решетки, соответствующей сверхструктуре L_{12} . На границах расчетного блока, соответствующих направлению $\langle 010 \rangle$, наложены свободные граничные условия, а в направлении $\langle 100 \rangle$ и $\langle 001 \rangle$ – периодические. Размер расчетного блока $24 \times 24 \times 24$ атомов. Наноиндентор представляет собой четырехгранную пирамиду Виккерса с полууглом при вершине 68° . Массу наноиндентора принимали равной 500 массам невзаимодействующих атомов. Это соот-

ношение выбирали из условий качественного соответствия процессов внедрения наноиндентора в вещество в модели и реальных экспериментах.

В сплав вводятся три вида антифазных границ в плоскости залегания (010): сдвиговые антифазные границы, не изменяющие концентрацию компонент атомов, и две неконсервативные антифазные границы с различной концентрацией атомов Ni и Al. Под вектором антифазности понимается вектор смещения частей кристалла относительно друг друга при образовании антифазной границы. Направление вектора антифазности сдвиговой границы совпадает с плоскостью залегания границы, в случае неконсервативных границ направление вектора антифазности перпендикулярно плоскости залегания границ.

Во второй части моделирования для достижения равновесия модельного сплава используются уравнения движения Ньютона методом молекулярной динамики. Температура определяется через среднеквадратичную скорость атомов по распределению Максвелла-Больцмана. Перемещение наноиндентора определяли по формуле [2]:

$$\Delta h = \left(V + \frac{F - F_{ax}}{M} \cdot \Delta t \right) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где F – нагрузка, F_{ax} – сила, действующая со стороны модельной области, V – скорость наноиндентора, M – масса наноиндентора. Силу F_{ax} находили как проекцию суммы всех сил, действующих со стороны атомов на наноиндентор за промежуток времени dt .

В качестве расчетных характеристик были выбраны величины изменения энергии атомов и числа межатомных связей, нормальное и касательное напряжение, P-h – диаграмма.

Результаты и их обсуждения

В результате моделирования процесса наноиндентирования в модельном сплаве Ni_3Al с внесением антифазных границ были исследованы области изменения энергии вблизи наноиндентора при одинаковой глубине проникновения ($8.5\text{\AA}$). Исследование таких областей показало, что атомы с повышенной энергией формируются непосредственно под наноиндентором в результате механизма структурных превращений в зоне воздействия наноиндентора. Часть атомов, которые находятся под наноиндентором, выталкиваются из под него и перемещаются на поверхность, образуя «навалы». Энергетические изменения вблизи неконсервативных антифазных границ с преобладанием Ni не столь значительны, чем в случае неконсервативных антифазных границ с преобладанием Al и сдвиговых антифазных границ. Стоит отметить, что с увеличением глубины вдавливания область локальных энергетических превращений под индентором расширяется, площадь навалов увеличивается, при снятии нагрузки образовавшиеся навалы частично сохраняются, образуя отпечаток. При этом в основной же части кристалла расположение атомов упорядочено.

Области изменения числа межатомных связей в процессе наноиндентирования в модельном сплаве Ni_3Al с внесением антифазных границ представлены на рисунке 1.

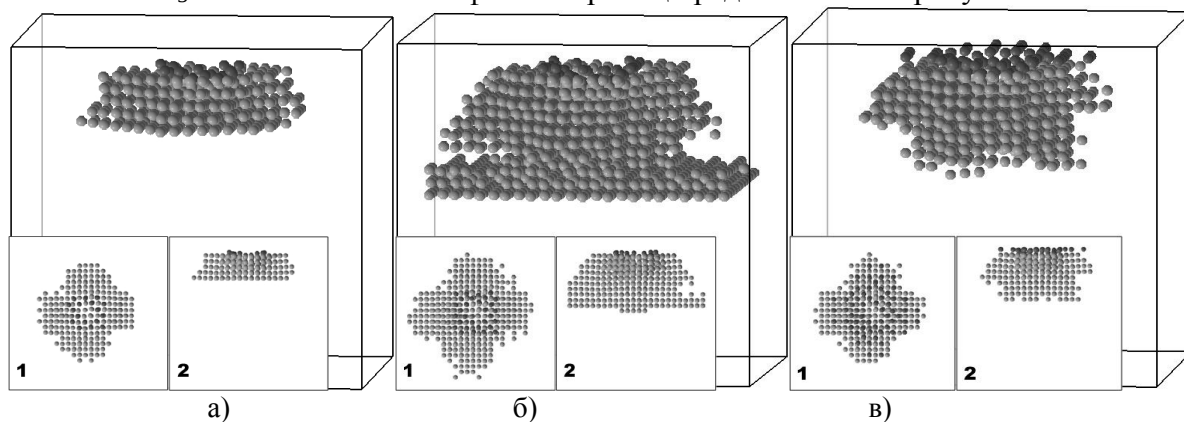


Рисунок 1. Визуализация атомов в сплаве Ni_3Al , имеющих число межатомных связей, отличное от идеального случая, в зависимости от типа внесенной антифазной границы: а – неконсервативная с преобладанием Ni, б – неконсервативная с преобладанием Al, в – сдвиго-

вая (светлым цветом обозначены атомы с большим числом межатомных связей, темным - с меньшим числом межатомных связей; 1 – плоскость $\langle 010 \rangle$, 2 – плоскость $\langle 100 \rangle$)

Из рисунка 1 (направление $\langle 010 \rangle$) видно, что наблюдается появление многорядной четырехлучевой дислокационной розетки, лучи которой перпендикулярны граням наноиндентора, а ширина и протяженность лучей увеличивается с ростом глубины погружения наноиндентора. Как видно из рисунка 1а, область локальных превращений под индентором в случае неконсервативных антифазных границ с преобладанием Ni меньше, чем у других антифазных границ.

В результате наноиндентирования в сплаве Ni_3Al без дефектов и с внесенными в сплав антифазными границами получены Р-Н-диаграммы в режиме «нагрузка-разгрузка», состоящие из двух ветвей: нагрузочной и разгрузочной (рисунк 2).

Кривая нагружения характеризует сопротивление материала внедрению жесткого индентора и отражает как упругие, так и пластические свойства исследуемого материала. Детальный анализ кривой нагружения (рис. 2) показал, что упругий отклик в кристалле без антифазных границ наблюдается на глубине до 6 Å, а при внесении антифазных границ – до 4 Å, при большей глубине преобладает пластическая деформация. Глубина погружения наноиндентора в случае неконсервативных антифазных границ с преобладанием Ni оказалась меньше, чем в случае внесения других границ, что говорит о упрочнении сплава при внесении неконсервативных антифазных границ с преобладанием Ni.

Рассчитаны зависимости напряжения от времени эксперимента в сплаве Ni_3Al с внесением в сплав антифазных границ, которые представлены на рисунке 3.

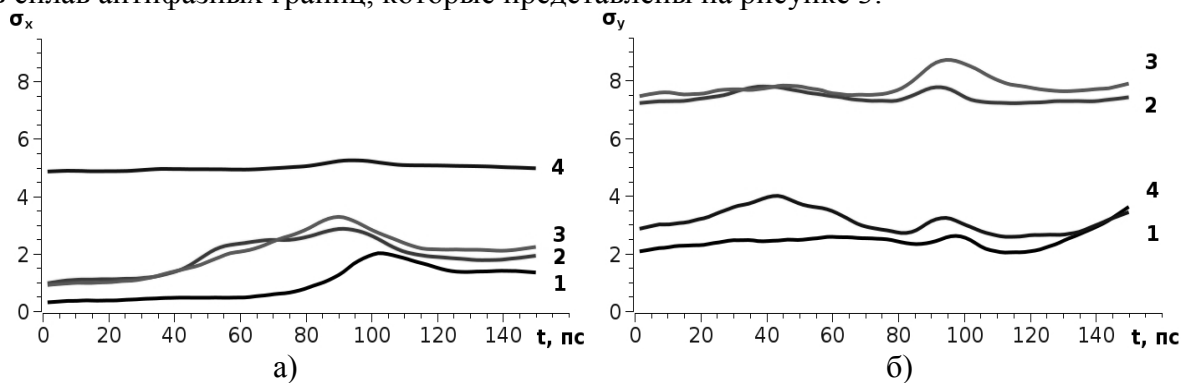


Рисунок 2. Р-Н диаграмма в упорядоченном сплаве (1), в сплаве Ni_3Al с внесением неконсервативной границей с преобладанием Ni (2), с преобладанием Al (3) и сдвиговых (4) антифазных границ

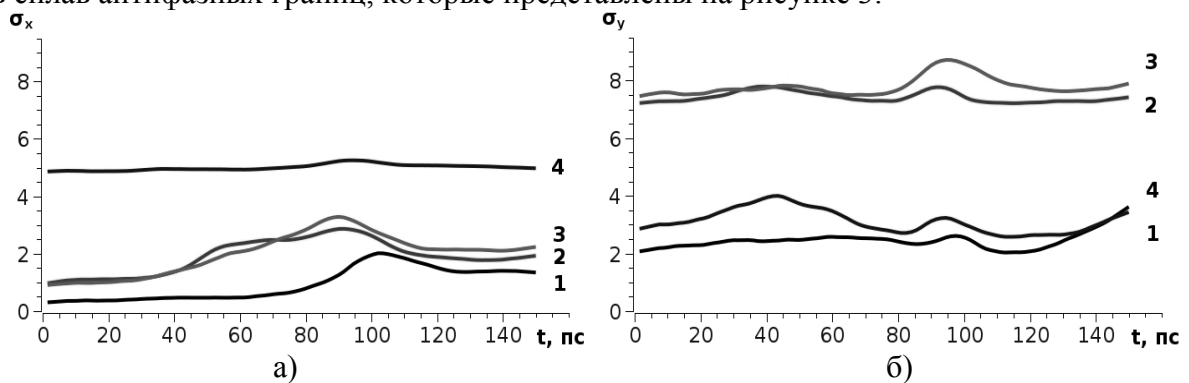


Рисунок 3. Зависимость напряжения от времени (1 - упорядоченный сплав, 2 - сплав с неконсервативной границей с преобладанием Ni, 3 - сплав с неконсервативной границей с преобладанием Al, 4 - сплав со сдвиговой антифазной границей)

Как видно из рисунка 3, наличие антифазных границ в зоне воздействия индентора приводит к увеличению напряжения по всем направлениям. Отмечено значительное увеличение напряжения σ_x в случае сдвиговых антифазных границ, что совпадает с плоскостью залегания границы. При внесении неконсервативных антифазных границ, высокое напряжение σ_y характеризуется перпендикулярностью направления напряжения плоскости залегания неконсервативной антифазной границы. Полученные напряжения хорошо коррелируют с изображениями атомов на границах, представленных на рисунке 1.

Выводы

В процессе наноиндентирования происходит образование областей структурных превращений вокруг наноиндентора, с увеличением глубины вдавливания наблюдается распро-

странение областей некристалличности. При разгрузке сплав частично восстанавливает правильное расположение атомов.

Неконсервативные антифазные границы с преобладанием Ni вблизи зоны воздействия наноиндентора приводят к меньшим энергетическим и структурным превращениям вблизи границы, со смещение атомов вдоль плоскости залегания границ, в отличие от неконсервативных антифазных границ с преобладанием Al и сдвиговых антифазных границ. Наибольшая зона смещений атомов в процессе наноиндентирования сплава наблюдается в случае антифазных границ с преобладанием Al.

Внесение антифазных границ, как неконсервативных, так и сдвиговых, в различной степени приводит к уменьшению глубины проникновения наноиндентора и упрочнению сплава.

Сравнительный анализ полученных результатов моделирования с результатами других авторов [1, 2] показал непротиворечивость результатов экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Головин Ю.И., Иволгин В.И., Коренков В.В., Коренкова Н.В., Рябко Р.И. Определение комплекса механических свойств материалов в нанобъемах методами наноиндентирования // Конденсированные среды и межфазные границы. - 2001. - Т. 3, № 2. - С. 122-135.
2. Мачихин В. Б., Арзамасцев А. А. Двухмерная модель структуры материала в процессе наноиндентирования. Электронный журнал «Исследовано в России».

МАТЕРИАЛЫ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Щербинин М.А. - студент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Ядерная энергетика является одной из самых динамично растущих отраслей мировой экономики. В настоящее время во многих странах разработаны и реализуются проекты интенсивного развития ядерной энергетики. Новые энергоблоки строятся в России, Китае, Индии, США, Канаде, Японии, Иране, Финляндии, и других странах. О своих намерениях развивать атомную энергетику заявили Бразилия, Польша, Вьетнам, Турция, Белоруссия, Марокко и т.д. Практически все материалы, из которых изготавливаются различные конструктивные узлы и рабочие части атомных и термоядерных установок, подвергаются действию радиационных излучений во время их работы. Поскольку длительность работы ядерных реакторов и проектируемых термоядерных аппаратов должна быть не менее 10 лет (иначе они будут экономически невыгодными), то в течение этого же времени должны бесперебойно "работать" и материалы конструкций. Излучения реакторов, воздействуя на материалы, изменяют их структуру, а значит, и их прочностные, электрические и другие свойства. Поэтому проблема выбора или создания новых конструкционных радиационноустойчивых материалов приобретает принципиальное значение в дальнейшем прогрессе человечества в освоении новых источников энергии.

При облучении твердого тела потоками частиц или квантов электромагнитного излучения происходит образование дефектов внутри материала. Энергия, переданная твёрдому телу (мишени), может привести к разрыву межатомных связей и

смещению атомов с образованием первичного радиационного дефекта типа Френкелевской пары (вакансия и межузельный атом).

Электромагнитное излучение (оптические фотоны, γ -кванты, рентгеновские кванты)

непосредственно возбуждает электронную систему кристалла, и лишь на следующем этапе включаются различные механизмы смещения атомов. Это — взаимодействие атомов с электронами, энергия которых достаточна для смещения атома; смещение ионизированного электронным ударом атома из-за электрического отталкивания от одноименного заряженно-

го, близко расположенного примесного иона; смещение соседних, одновременно ионизированных атомов, и др. Возможно также смещение атомов из-за отдачи при фотоядерных реакциях (γ , n).

При нейтронном облучении налетающая частица смещает атом в том случае, если передаёт ему в упругих соударениях (без возбуждения электронной системы) энергию, ε , превышающую некоторую пороговую. Типичные значения пороговой энергии составляют 10—80 эВ. Вылет из ядра продуктов ядерных реакций, инициируемых нейтронами, также может вызвать смещение атомов в результате отдачи. Облучение заряженными частицами (электронами, позитронами, протонами, ионами) сопровождается как неупругой (передача энергии электрона), так и упругой передачей энергии атомам мишени. Соответственно образование радиационных дефектов при таких воздействиях протекает по механизмам, характерным для облучения как нейтронами, так и электромагнитными

квантами.

Образование радиационных дефектов при передаче энергии электронам возможно главным образом в диэлектриках и полупроводниках. В металлах энергия, «растраченная» радиацией на возбуждение атомарных электронов, преимущественно превращается в тепло, не создавая дефектов структуры.

При ионной имплантации (энергия ионов $\sim 10^2$ кэВ) локализация кластеров (дефектных разупорядоченных областей) в тонких слоях, определяемых пробегом ионов (10^{-4} см), ведёт к образованию слоев с большей концентрацией дефектов.

Многие свойства кристаллов чувствительны к повреждениям кристаллической решётки. Одиночные дефекты обычно упрочняют металл, но снижают его пластичность. Электросопротивление металлов или сплавов возрастает за счёт образования дефектов, хотя в сплавах возможно уменьшение электросопротивления, если радиационное воздействие приводит к упорядочению структуры. В полупроводниках под действием облучения концентрация точечных дефектов увеличивается, что приводит к изменению электрических и оптических свойств.

Изменение свойств органических веществ связано с процессами возбуждения и ионизации молекул. При этом образуются неравновесные электроны, ионы, ионные радикалы, молекулы в возбуждённом состоянии. Взаимодействие излучения с органическими веществами сопровождается газовыделением. Радиационная стойкость органических веществ зависит от количества растворённого в них O_2 и скорости его поступления из окружающей среды. В присутствии O_2 происходит радиационно-химическое окисление вещества. В результате изменяется химическая и термическая стойкость вещества, возрастает его химическая агрессивность по отношению к конструкционным материалам.

«Сшивание» и деструкция полимеров — необратимые процессы, которые приводят к наиболее значительным изменениям структуры.

Сопротивление органических изоляционных материалов падает с увеличением мощности дозы на несколько порядков. При больших дозах снижение остаточного электрического сопротивления металлов носит необратимый характер. У многих полимерных материалов, облучённых до доз 10^6 Гр, исходная электрическая проводимость изменяется в несколько раз (при дозе $\sim 10^4$ Гр изменения, как правило, незначительны).

Первые замеченные человеком изменения материалов под действием излучений оказались вредными, поэтому появился термин «радиационные повреждения материалов». Примером таких «повреждений» может служить увеличение объема металлических конструкций под действием нейтронного излучения (например, вблизи от активной зоны реактора), в результате которого происходит упрочнение металла. Однако, при этом происходит охрупчивание материала, что может привести к аварии на АЭС. Приведу другой пример. Вода и водные растворы широко используются в активной зоне ядерных реакторов, бассейнах-хранилищах отработанного ядерного топлива, при переработке отработанного ядерного топлива. При радиоллизе воды образуются такие продукты, как водород, кислород и перекись водорода. Образование водорода создает проблему предотвращения возможного взрыва смеси

водорода и кислорода. В водной среде в условиях действия радиации ускоряются процессы коррозии конструкционных материалов, что может повлиять на ядерную и радиационную безопасность работы атомных электростанций.

Теперь, однако, возможно с помощью быстрых частиц целенаправленно видоизменять строение материалов с помощью быстрых частиц при определенных условиях, тем самым, управляя их макроскопическими свойствами. Это открывает широкие возможности для применения радиационных технологий при получении, например, кристаллов, а иногда и готовых изделий из них со специальными заданными свойствами. Во многих странах мира разрабатываются и внедряются пучковые технологии модификации поверхностей материалов. Этими технологиями достигается повышение износостойкости, коррозионной стойкости, динамической прочности изделий, полировка поверхности, уменьшение коэффициента трения, удаление отработанных покрытий. Интерес к этим технологиям обусловлен тем, что их применение в промышленности вместо традиционных технологий экономит электроэнергию, повышает эффективность производства, уменьшает или исключает экологически вредные последствия производства.

При воздействии мощных импульсных электронных пучков на материал его слой толщиной порядка длины пробега электронов очень быстро нагревается до температуры фазовых переходов. По окончании импульса пучка нагретый слой быстро охлаждается процессом теплопроводности в глубину материала. В результате изменяются свойства поверхностного слоя:

- изменяется микроструктура – размер зерна уменьшается от сотен микрон до долей микрона, возможен переход в аморфное состояние;
- изменяется фазовый состав, при этом возможно появление метастабильных фаз и соединений, которые при обычных методах термообработки образоваться не могут;
- гомогенизируется фазовый состав, например, измельчаются и однородно распределяются карбиды в сталях.

Следствием таких изменений является повышение твердости, коррозионной стойкости и износостойкости поверхности материалов, уменьшение коэффициента трения, повышение динамической прочности изделий.

Таким образом, при помощи радиационных технологий можно получать широкий спектр модификаций материалов, годных для применения не только в ядерной энергетике, но и во многих других сферах человеческой деятельности.

Список используемой литературы

1. И.Н. Бекман. Радиоактивность и радиация, курс лекций. Москва: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2006.
2. М.Ф. Ворогушин, В.А. Глухих, Г.Ш. Манукян, Д.А. Карпов, М.П. Свиньин, В.И. Энгелько, Б.П. Яценко, ПУЧКОВЫЕ И ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова, г. Санкт-Петербург, Россия, 2002. С.101-109.

КАТАЛИЗАТОРЫ И ИХ РОЛЬ

Элли Г.А. – студент,

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Тот бурный промышленный рост, который мы сейчас переживаем, был бы невозможен без развития новых химических технологий. В значительной мере этот прогресс определяется широким применением катализаторов, с помощью которых низкосортное сырье превращается в высокоценные продукты. Каталитические процессы играют огромную роль в нашей жизни. Образно говоря, катализатор – это философский камень современного алхимика, только он превращает не свинец в золото, а сырье в лекарства, пластмассы, химические реактивы, топливо, удобрения и другие полезные продукты.

Катализатор — химическое вещество, ускоряющее реакцию, но не входящее в состав продуктов реакции. Количество катализатора, в отличие от других реагентов, после реакции не изменяется. Обеспечивая более быстрый путь для реакции, катализатор реагирует с исходным веществом, получившееся промежуточное соединение подвергается превращениям и в конце расщепляется на продукт и катализатор. Затем катализатор снова реагирует с исходным веществом, и этот каталитический цикл многократно (до миллиона раз) повторяется.

Как правило, катализатор вводится в систему в очень небольших количествах по сравнению с массой реагентов. Тем не менее эффективность действия этих малых добавок необыкновенно высока

Важнейшее свойство катализаторов - селективность, т.е. способность увеличивать скорость лишь определенных химических реакций из многих возможных. Это позволяет осуществлять реакции, протекающие в обычных условиях слишком медленно, чтобы им можно было найти практическое применение, и обеспечивает образование нужных продуктов.

Катализаторы классифицируют исходя из природы реакции, которую они ускоряют, их химического состава или физических свойств. Каталитическими свойствами обладают в той или иной степени практически все химические элементы и вещества — сами по себе или, чаще, в различных сочетаниях. По своим физическим свойствам катализаторы делятся на гомогенные и гетерогенные. Гетерогенные катализаторы — это твердые вещества, гомогенные диспергированы в той же газовой или жидкой среде, что и реагирующие вещества.

Необычным свойством многих гетерогенных катализаторов является большая площадь их поверхности. Они пронизаны многочисленными пораами, суммарная площадь которых иногда достигает 500 м^2 на 1 г катализатора.

Для объяснения механизма каталитических реакций были предложены три группы теорий: геометрические, электронные и химическая. В геометрических теориях основное внимание обращено на соответствие между геометрической конфигурацией атомов активных центров катализатора и атомов той части реагирующих молекул, которая ответственна за связывание с катализатором. Электронные теории исходят из представления, что хемосорбция обусловливается электронным взаимодействием, связанным с переносом заряда, т.е. эти теории связывают каталитическую активность с электронными свойствами катализатора. Химическая теория рассматривает катализатор как химическое соединение с характерными свойствами, которое образует химические связи с реагентами, в результате чего формируется нестабильный переходный комплекс. После распада комплекса с высвобождением продуктов катализатор возвращается в исходное состояние. Последняя теория считается сейчас наиболее адекватной.

Масштабы **каталитических процессов** в промышленности увеличиваются с каждым годом. Промышленный катализ лежит в основе ~ 70% самых разнообразных химических процессов. Среди недавно введенных в эксплуатацию химических производств эта доля составляет уже ~ 90%. В России с помощью катализа и каталитических технологий формируется около 15% валового национального продукта, в США и других, промышленно развитых странах этот показатель составляет 30-35%. Новые поколения катализаторов и новейшие высокоэффективные технологии на основе каталитических процессов применяются во многих областях промышленности.

К одним из самых актуальных научных проблем современности относится создание наноматериалов и каталитических технологий с их участием. Понимание функционирования материалов и веществ на наноуровне позволяет решать самые разнообразные проблемы: повышать эффективность использования солнечной энергии, улучшать селективность и активность катализаторов, совершенствовать существующие и создавать новые материалы для хранения энергии. На современном этапе развития нанотехнологий важнейшей задачей является создание теоретической и экспериментальной базы в области синтеза и исследования веществ и материалов с заранее заданными свойствами.

Вот лишь некоторые достижения ученых в области катализа.

Ученые из университета Эмори, Атланта, Джорджия, совместно с учеными Парижского института молекулярной химии, разработали новый тип гомогенного катализатора, который, как предполагается, даст зеленый свет производству экологически чистого топлива, водорода, используя при этом только воду и солнечный свет. Благодаря такой технологии автомобили будущего смогут передвигаться, приводимые в движение водой и коллектором солнечного света, расположенным на крыше автомобиля. Разработка этого катализатора, Water Oxidation Catalyst (WOC) проводилась учеными в центре Emory Bio-inspired Renewable Energy Center (EBREC). При разработке катализатора WOC ученые стремились максимально использовать и копировать естественные процессы, такие как фотосинтез. Следующим шагом будет создание на базе нового катализатора WOC в экологически чистой системы получения водорода, использующую солнечную энергию, которая будет разлагать воду на водород и кислород. В дальнейшем водород и кислород будут использованы в качестве топлива для водородных топливных элементов, с помощью которых будет получена энергия для автомобиля. Получившаяся в результате горения водорода вода вновь возвратится в систему, превращая ее, таким образом, в систему с замкнутым циклом.

Одним из наиболее распространенных катализаторов на основе благородных металлов является наноструктурированная платина, используемая, в частности, для создания топливных элементов. Естественно, что при этом размер и структура поверхности наночастиц сильно влияет на их каталитическую активность.

Недавно было показано, что наночастицы платины, сопряженные с наночастицами оксида железа, могут демонстрировать более высокую каталитическую активность в реакции восстановления кислорода (ORR) по сравнению с чистой платиной.

Наночастицы Pt были синтезированы восстановлением ацетилацетоната платины ($\text{Pt}(\text{acac})_2$) при 200°C в присутствии следовых количеств $\text{Fe}(\text{CO})_5$. Затем смесь наночастиц Pt и пентакарбонила железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$ нагревали при перемешивании до 300°C в октадецене с добавлением олеиновой кислоты и олеиламина, а затем реакционную смесь продували воздухом для окисления железа. Размер полученных наночастиц Pt зависел от температуры, при которой к раствору прибавлялся пентакарбонил железа. Так, при добавлении при 120° , 160° и 180° получались, соответственно, наночастицы размером 7, 5 и 3 нм. Размер наночастиц Fe_3O_4 зависел от количества добавленного $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

Данные просвечивающей электронной микроскопии свидетельствуют о срастании наночастиц железа и платины. Изменение электронной структуры полученных "бинарных наночастиц" приводит к значительному повышению каталитической активности наночастиц платины. При этом каталитическая активность полученного катализатора значительно зависит от размера наночастиц оксида железа.

Японские ученые разработали новый наноматериал, который очень эффективно удаляет летучие органические соединения а также оксиды серы и азота из воздуха при комнатной температуре. Как они сообщили, их система включает в себя пористый оксид марганца с частицами золота, выращенными в нем.

Для того чтобы подтвердить эффективность нового катализатора команда исследователей, возглавляемая Anil K. Sinha из центральной исследовательской лаборатории компании Toyota, провела ряд тестов с гексаном, толуолом и уксусным альдегидом. Все три компонента были эффективно удалены из воздуха и разложены с помощью катализатора – значительно лучше, чем в случае традиционных каталитических систем.

Диоксид титана TiO_2 – «умный», полезный, просто уникальный материал, обладающий удивительными физическими и химическими характеристиками, которые до конца не исследованы до сих пор. Наиболее интересными с точки зрения практического применения диоксида титана являются его сенсорные и каталитические свойства.

Исследования по данной теме активно проводятся в течение последних 10-15 лет. В период с 1993 по 2001 г. было проведено шесть международных конференций, посвященных методу фотокаталитической очистки, на которых приводились примеры его опытно-промышленного применения для очистки воздуха на заводе по производству взрывчатых

веществ, в цехах предприятий микроэлектроники, в салонах самолетов фирмы «Боинг», в жилых городских помещениях и тоннелях, в больницах для подавления патогенной микрофлоры в воздухе, при лечении аллергических заболеваний и астмы, в фармацевтических производствах, а также при уничтожении боевых отравляющих веществ. Фотокатализаторы на диоснове оксида титана также могут применяться для создания самоочищающихся покрытий.

Диоксид титана прозрачен для видимого света, поэтому тонкие пленки из TiO_2 , нанесенные на стекло, будут незаметны для глаза. А само стекло, покрытое пленкой TiO_2 , под действием солнечного света способно очищаться от органических загрязнений. Кроме того, стекло, покрытое пленкой TiO_2 , не будет запотевать. Запотевание обычно связано с плохой смачиваемостью поверхности стекла, на которой образуются мелкие капли воды, рассеивающие свет. Если же покрыть поверхность стекла тонкой пленкой оксида титана, то органические загрязнения, адсорбированные на поверхности стекла, будут окисляться под действием света, и поэтому роса, осевшая на такое стекло, не собирается в капли, а будет растекаться по поверхности, а затем просто испаряться. Кроме того, оксид титана с нанесенными на него наночастицами золота можно использовать в качестве катализатора, окисляющего угарный газ из выхлопов автомобилей, в шахтах, в противогасах - и все это происходит уже при комнатной температуре!

В общем, новые концепции катализа позволят получать новые материалы и другие продукты, обладающие многими ценными свойствами, усовершенствовать методы получения энергии, увеличить производство пищевых продуктов, улучшить экологическую обстановку во всем мире.

Литература

1. Химическая энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1990. — Т. 2. — С. 335, 337.
2. Имянитов Н. С. Системы из нескольких катализаторов в металлокомплексном катализе. // Координационная химия. 1984. — Т. 10. — № 11 — С. 1443 — 1454.
3. Temkin O.N., Braylovskiy S. M. / The mechanism of catalysis in homogeneous polyfunctional catalytic systems. // Fundamental Research in Homogeneous Catalysis. — Ed. by A.E. Shilov. — New York etc: Gordon and Breach Science Publishers, 1986. — Vol. Two. — P.621- 633.
4. Кубасов А. А. Химическая кинетика и катализ.
5. Пригожин И., Дефей Р. Химическая термодинамика. Новосибирск: Наука, 1966. 510 с.
6. Дьячков П.Н. //Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения. М.: БИНОМ. 2006.С. 5, 120–121.
7. Егорова Е.М. Наночастицы металлов в растворах: биохимический синтез и применение // Нанотехника 2004, № 1, 15