



# Углепластики

Конструкционные функциональные

волокнистые композиты

Микрюков Константин Валентинович

тел. 231-89-39,

e-mail: [mikrukov@kstu.ru](mailto:mikrukov@kstu.ru)



# Углепластики

- ✓ Углепластики — полимерные композиционные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из смол.
- ✓ Плотность — от  $1450 \text{ кг/м}^3$
- ✓ Материалы отличаются высокой прочностью, жёсткостью и малой массой, по удельным характеристикам превосходит высокопрочную сталь
- ✓ Вследствие дороговизны этот материал обычно применяют в качестве усиливающих дополнений в основном материале конструкции.



# Физико-механические свойства углепластиков

Показатель	Углепластики на основе эпоксидного и полиамидного связующих с ориентир. нитями, жгутами, лентами	
	однонаправленные*	перекрестные 1:1*
Плотн., г/см <sup>3</sup>	1,45-1,50	1,4-1,5
Прочность, МПа		
при растяжении	800-1700	500-900
при изгибе	1000-2000	800-1200
при сжатии	700-1200	500-800
Модуль упругости, ГПа	120-150	65-85



# Методы производства углепластиков

## Метод получения многослойных изделий из препрегов



- Не требует высоких давлений при формовании изделий и, следовательно, позволяет использовать сравнительно недорогие металлические формы и оборудование для прессования.
- Благодаря применению армирующих материалов из непрерывных волокон изделия имеют весьма высокие прочность и жесткость.
- Можно получать изделия с высокой точностью размеров.
- В качестве полимерных матриц связующие на основе эпоксидных смол, а также ненасыщенных полиэфирных смол, поливиниловых эфиров, полиимиды
- Недостаток – низкая производительность, обусловленная многостадийностью процесса.



# Методы производства углепластиков

## Автоклавное формование

Этапы процесса:

- 1) на форму накладывают необходимое число слоев препрега;
- 2) при повышенных давлении и температуре в автоклаве проводят отверждение;
- 3) осуществляют отделку (зачистку) отвержденных изделий.

Чаще всего при отверждении в автоклаве используют и вакуумный мешок.

Рассмотренный метод формования является периодическим; на свойства изделий решающее влияние оказывают технология выкладки препрега на форму, тип и свойства вакуумного мешка и т. д.

Достоинства метода автоклавного формования:

- 1) возможность получения изделий равномерной толщины;
- 2) возможность формования крупногабаритных изделий;
- 3) высокое качество поверхности изделий;
- 4) при использовании вакуумного мешка получают высококачественные изделия с низкой пористостью.

Недостаток метода автоклавного формования заключается в том, что он довольно дорог, требует затрат ручного труда и поэтому малопригоден для массового производства изделий.

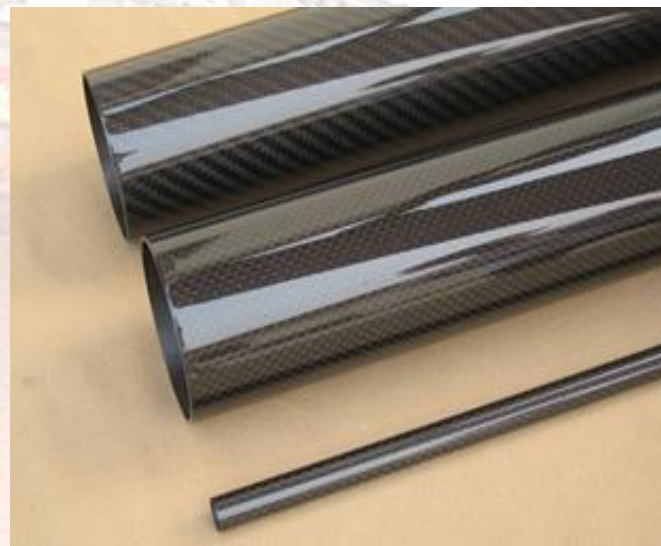




# Метод намотки трубчатых изделий

Однонаправленный тканевый препрег наматывают на цилиндрическую оправку, находящуюся между двумя нагреваемыми столами. Намотку на оправку осуществляют путем относительного смещения столов.

на специальной машине извлекают оправку из готовой трубки.



Достоинства:

- Оборудование весьма простое и недорогое.
- Метод позволяет несложными приемами наматывать из препрегов трубчатые изделия, имеющие конусность
- Благодаря применению препрегов относительное содержание компонентов в изделии весьма стабильно.
- Производство не связано с использованием жидкого связующего
- Технологический процесс прост и достаточно производителен.

Недостаток метода - не позволяет формировать крупногабаритные трубы большого диаметра.



# Метод намотки нитями

## Основные особенности методов намотки:

1. Возможность максимальной реализации высокой прочности и модуля упругости углеродных волокон и получения углепластиков с хорошими характеристиками.
2. Возможность автоматизации процесса намотки и, как следствие, получения изделий со стабильными свойствами.
3. Многообразие схем ориентации волокон при намотке позволяет выбирать оптимальную структуру материала в зависимости от требуемых свойств конечного изделия.



Метод намотки – один из наиболее прогрессивных и эффективных методов получения изделий из углепластиков.



# Пултрузия

Основные стадии этого процесса

- 1) пропитка связующим пучков волокон;
- 2) отжим избытка связующего;
- 3) придание материалу заданного сечения путем протягивания его через фильеру непрерывным или периодическим способом;
- 4) разрезка профильных изделий на элементы заданной длины.



Недостатки:

1. Скорость процесса зависит от температуры и скорости отверждения связующего и обычно невелика для низкотеплостойких полиэфирных смол.
2. Трудно обеспечить строгое постоянство сечения изделий по длине, за исключением изделий со сравнительно простой формой сечения – круглой, квадратной, двутавровой и некоторых других.
3. Необходимо использовать для получения изделий только нити или жгуты.



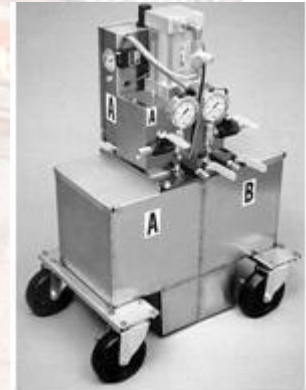


# Инжекционный метод

Изделия получают, предварительно помещая в форму армирующий материал и впрыскивая затем в нее связующее.

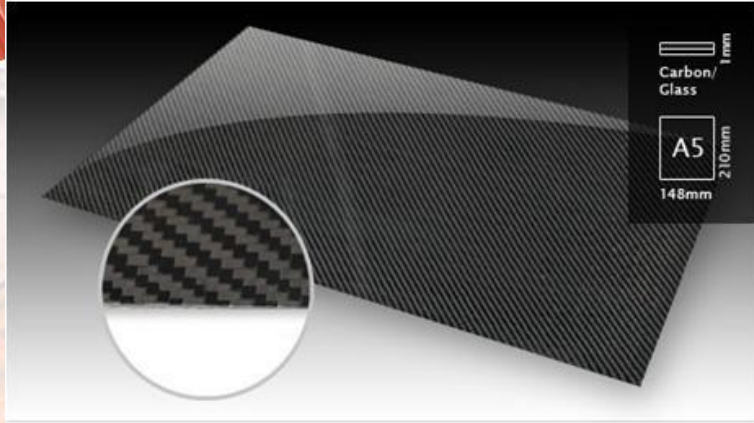
Достоинства метода:

- 1) сравнительно низкая стоимость пресс-формы, инжекционных устройств и вспомогательного оборудования;
- 2) пониженные энергозатраты;
- 3) возможность автоматизации процесса;
- 4) экологическая чистота, обусловленная тем, что связующее на всех этапах процесса находится в закрытом от окружающей среды объеме;
- 5) возможность мелко- и среднесерийного производства крупногабаритных изделий.





# Метод формования на матрице листовых формовочных материалов.



Последовательность основных стадий формования следующая:

1. Раскрой (разрезка) листового формовочного материала (при серийном производстве используют автоматическую режущую машину).
2. Пакетирование нарезанного листового формовочного материала в соответствии со схемой его размещения в форме.
3. Загрузка материала в пресс-форму.
4. Смыкание верхней и нижней частей пресс-формы.
5. Повышение давления и температуры (для связующих на основе ненасыщенных полиэфирных смол и поливиниловых эфиров температура составляет обычно 403 – 413 К; для улучшения внешнего вида изделий температура пресс-формы должна быть на 5 – 10 К выше). Время выдержки под давлением определяется конфигурацией изделия (главным образом его толщиной) и составляет несколько минут.
6. Разъем формы и извлечение из нее изделия.
7. Окончательная отделка (зачистка) готового изделия.





# Применение углепластиков

- Углепластики широко используются при изготовлении лёгких, но прочных деталей, заменяя собой металлы,
- ракетно-космическая техника;
  - авиатехника (несущие винты вертолета, средства механизации крыла);
  - судостроение
  - автомобилестроение (у спорткаров бамперы, пороги, двери, крышки капотов. болидов Формулы 1 кокпиты и обтекатели);
  - наука и исследования;
  - усиление железобетонных конструкций;
  - спортивный инвентарь (роликовые коньки, велосипеды, футбольные бутсы, хоккейные клюшки, лыжный спорт (лыжи, палки, ботинки), ракетки для тенниса, основания для настольного тенниса, лезвия коньков, стрелы, оборудование виндсерфинга, моноласты), вёсла;
  - рыболовные снасти (удилища);
  - профессиональные фото- и видеоштативы;
  - бытовая техника (отделка корпусов телефонов, ноутбуков, рукояти складных ножей и пр.);
  - моделизм;
  - музыкальные инструменты (струны);
  - изготовление индивидуальных супинаторов (особенно для спорта).

