

ПРОИЗВОДСТВО АРМИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ НАМОТКИ



Наиболее характерные сферы применения намотки:

Трубы для нефте -и газопроводов.

Емкости и трубопроводы для химической промышленности, для воды, промышленных сточных вод, для хранения газов под давлением

Соединительные и фасонные части труб и емкостей

Подкрыльные топливные баки для самолетов

Кожухи ракетных двигателей

Гильзы для ружейных и пушечных снарядов

Приводные валы автомобилей и транспортных средств.

Валы гребных винтов.

Корпуса летательных аппаратов

Автомобильные амортизаторы

Мачты парусных судов

Теннисные ракетки

Корпуса плавсредств, понтоны, баржи, спортивные лодки,

Железнодорожные и автомобильные цистерны

Дымоходы

Изоляторы высоковольтных линий и корпуса предохранителей

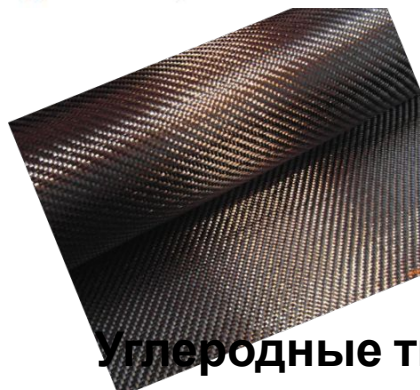
Клюшки для игры в гольф и хоккей

http://www.tsniism.ru/production_1.htm - **ссылка на сайт ЦНИИМС**

Намотка – процесс изготовления высокопрочных армированных изделий, форма которых определяется вращением произвольных образующих.

Армирующий материал (нить, лента, жгут или ткань) укладываются по заданной траектории на вращающуюся оправку, соответствующую внутренней геометрии изделия.

Для намотки пригоден практически любой непрерывный армирующий материал (волокна, нити, ровинги, пленки, сетки, ткани, бумаги, нетканые материалы)



Углеродные ткани, волокна и нити



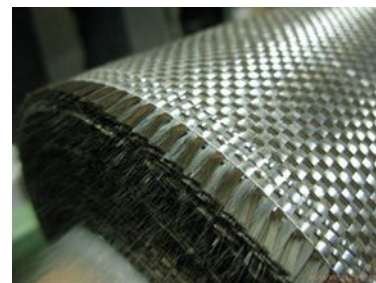
Стекловолокно.



Базальтовое волокно.



Стеклохолст нетканый.



Стеклоткань.

Связующее = смола (40-60 масс.%) + отвердители + катализаторы + ускорители + инициаторы + стабилизаторы + смазки.

Требования к связующим :

- хорошее смачивание стекло-, углеволоконистых материалов и других синтетических и природных армирующих материалов;
- относительное удлинение в пределах 2 - 6%;
- достаточная ударная прочность в отвержденном состоянии;
- отверждение в широком диапазоне температур;
- необходимая химическая и тепловая стойкость;
- время отверждения колеблется от 15 минут до нескольких часов в зависимости от толщины и размера изготовленного изделия.

Температурный диапазон отверждения - от +10 до + 100°C.

В процессе намотки могут использоваться разнообразные термореактивные смолы.

Ненасыщенные полиэфирные смолы (для стеклопластиков)
на основе:

- **Ортофталевой кислоты** .Общего назначения для применения в тех областях, где требуются средние показатели химической и термостойкости.
- **Изофталевой кислоты**. Применяется в тех случаях, где требуются средние показатели химической стойкости и водостойкости, например в системах водоочистки и обработке промышленных сточных вод.
- **Смолы на основе бисфенола А**. Используются в производстве оборудования, требующего высоких показателей химической и термостойкости, при работе в агрессивных средах и при температурах до 100°C.
- Специальные теплостойкие смолы: **винилэфирные смолы**. Эта группа смол обеспечивает комбинацию химической стойкости, упругости, и различные структурные преимущества , а при необходимости , - повышенные характеристики усталостной прочности.

Эпоксидные смолы (для углепластиков)

Фенолоформальдегидные смолы (для бумажных изделий)

Способы намотки можно классифицировать:

- по способу совмещения связующего и наполнителя;
- по рисунку укладки арматуры;
- по устройству намоточного оборудования.

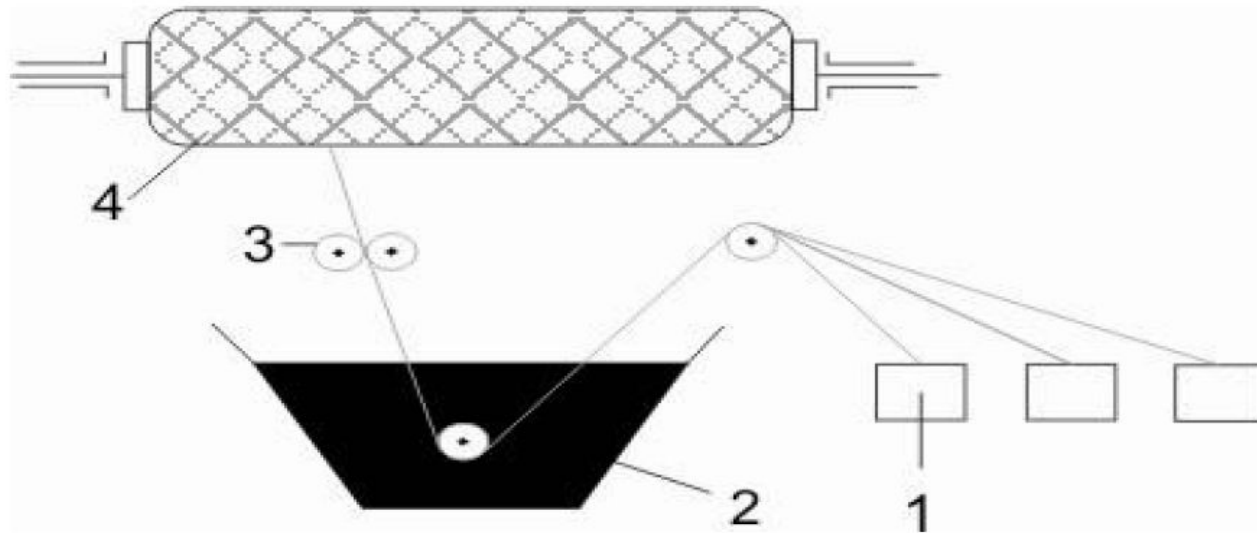
По способу совмещения различают «сухую» и «мокрую» намотку.

В способе «мокрой» намотки смола наносится на армирующий волокнистый материал в процессе самой намотки.

Основные стадии и параметры технологического процесса намотки:

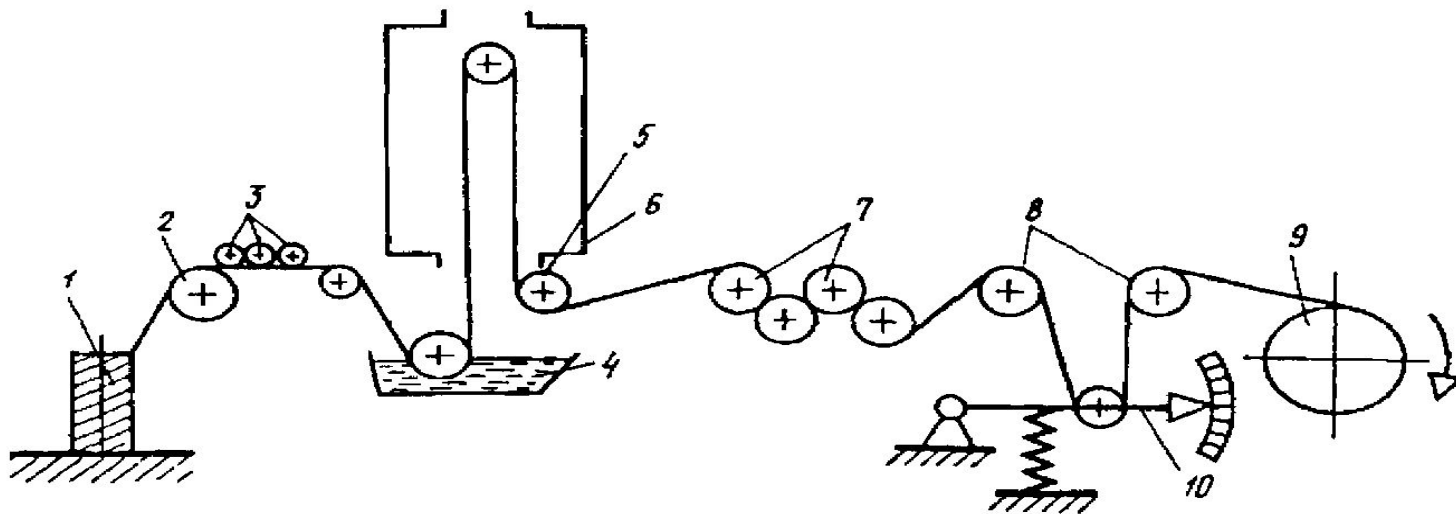
- пропитка армирующего Нп;
- сушка и предварительное отверждение (при «сухом» методе);
- собственно намотка и получение заготовки (полуфабриката изделия);
- отверждение изделия;
- снятие изделия с оправки;
- механическая обработка изделия.

Схема «мокрой» намотки:



- 1 – шпулярник с армирующим волокном;
- 2 – пропиточная ванна со связующим;
- 3 – отжимные ролики;
- 4 – вращающаяся оправка.

Технологическая схема получения намотанных изделий по «сухому» методу



1 — бобина с армирующим материалом; 2 — направляющие ролики; 3 — гребенка; 4 — пропиточная ванна; 5 — отжимные ролики; 6 — сушильная камера; 7, 8 — ролики с тормозными грузовыми устройствами; 9 — формующий дорн; 10 — динамометр

1 Стадия пропитки:

- концентрация раствора олигомера 30 – 60 масс.%;
- скорость движения Нп в пропитывающей ванне 10 – 180 м/мин;
- пропитка **улучшается** при снижении η связующего и росте давления P ;
- пористость (это плохо!) **растет** при высокой η связующего;
- нанос связующего (Δm) **снижается** при повышении η связующего.

2. Собственно процесс намотки

- натяжение армирующего Нп;
- контактное давление = f (натяжения Нп);
- давление формования (внутренне и внешнее);
- межслойное контактное давление;
- давление прикатки;
- температура;
- вязкость связующего;
- скорость намотки;
- время гелеобразования;
- продолжительность намотки.

Рост натяжения (до 50 Н на 1 жгут) ведет к более плотной укладке Нп. Более 50 Н – повреждение волокон, пористость, снижение прочности.

Время фильтрации и количество отжатого связующего определяет соотношение Нп: связующее, а, след., прочностные свойства изделия.

3. Отверждение заготовки – завершающая стадия, проводят в камерах отверждения.

- температура отверждения (горячее – $150\div 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, холодное – до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- кинетика химических реакций отверждения;
- потеря текучести связующего;
- время отверждения (до 48 час в зависимости от конструкции изделия и типа связующего);
- степень отверждения;
- усадка (термическая и химическая);
- остаточные напряжения.

4. Дополнительные операции:

- вывод изделия из камеры,
- охлаждение до $60 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- съем изделия с оправки (3 – 5 мин),
- механическая обработка изделия (при необходимости).

В случае «мокрой» намотки требуется более низкое усилие при натяжении арматуры, оборудование меньшей мощности и оправки меньшей жесткости.

«Мокрая» намотка обеспечивает лучшую формуемость изделий, поэтому преимущественно применяется при изготовлении крупногабаритных оболочек сложной конфигурации и сосудов высокого давления.

Специфика "мокрого" метода намотки

Требования к связующему: отсутствие растворителей, вязкость не более 100 - 200 Па*с, жизнеспособность не менее 1-го технологического цикла намотки.

Метод позволяет получать прочные тонкостенные изделия с пористостью не более 2%

Недостатки: большие потери связующего из-за отжима при намотке и частичной желатинизации в пропиточной ванне, неравномерность распределения связующего по толщине стенок стенки.

«Сухая» намотка основана на использовании препрегов. Препреги - предварительно пропитанные связующим армирующие наполнители с фиксированным расположением элементов, подсушенные до заданного остаточного содержания летучих.

«Сухая» намотка обеспечивает равномерное содержание связующего, задаваемого при изготовлении препрегов, стабильность прочностных свойств изделий.

Ктрения наполнителя об оправку при «сухой» намотке в 2 раза выше, чем при «мокрой». Это позволяет формировать более сложные изделия, выше производительность.

Но при этой технологии надо обеспечивать высокое натяжение арматуры.

При сухом методе намотки появляется еще одна стадия – **стадия сушки пропитанного армирующего наполнителя.**

Цель – удаление растворителя и небольшое отверждение связующего (без потери текучести при нагревании).

Остаточное содержание летучих – 4 – 7% (в зависимости от типа связующего)

Сушку ведут в сушильных башнях горячим воздухом или ИК-нагревателями. На входе в башню температура ниже, чем на выходе. (для предотвращения раннего отверждения и сохранения растворителя внутри слоя связующего)²

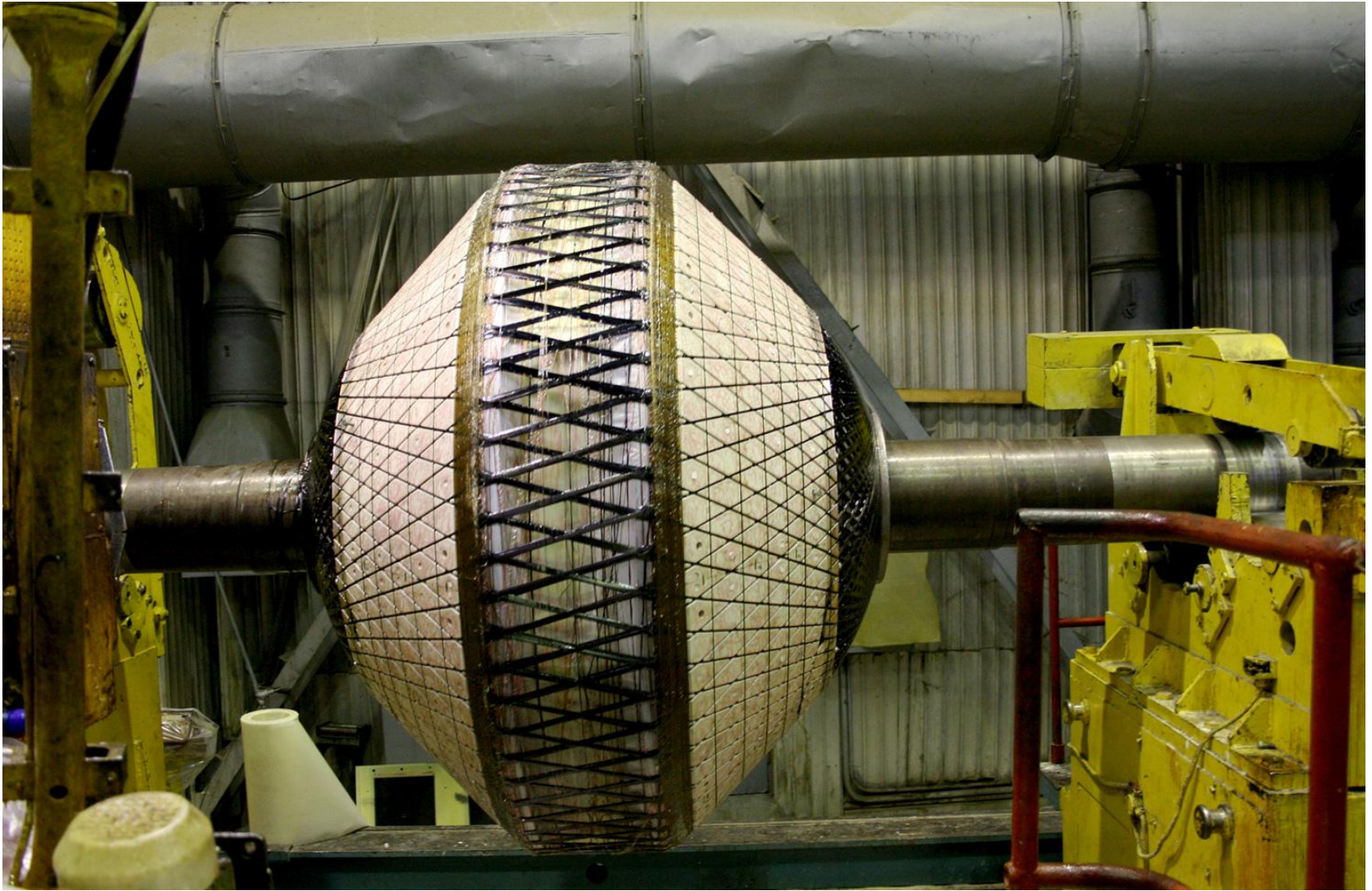


Спирально-кольцевой метод непрерывной намотки оболочек вращения, осуществляемый на станках с программным управлением, имеет большой диапазон возможностей для реализации различных схем укладки волокнистого армирующего материала и достижения высокой прочности в изделиях

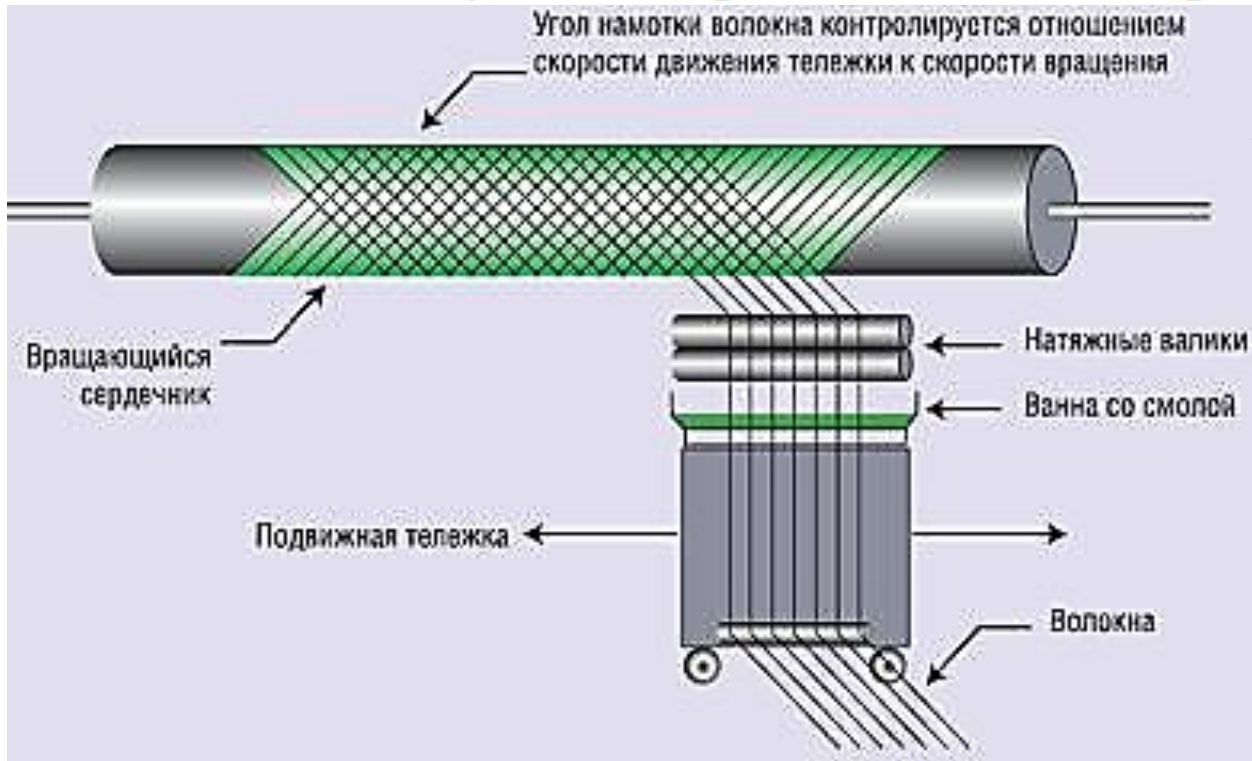




Метод намотки цилиндрических конструкций стеклотканью, пропитанной связующим, позволяет изготавливать изделия диаметром до 3000 мм и длиной до 9000 мм



Угол намотки может изменяться от очень малого - продольного, до большого - окружного, т. е. около 90° относительно оси оправки, включая любые углы спирали в этом интервале.



При спиральной намотке стеклонити укладывают под углом $25\text{—}85^\circ$

Обычно намотка ведется по траекториям, в которых 2 любые точки поверхности соединены линиями, представляющими кратчайшее расстояние между ними. Это **геодезическая** намотка. Она обеспечивает полную устойчивость положения армирующего Нп на поверхности изделия даже при малом трении, когда армирующий НП скользит по связующему. Нагружение происходит вдоль волокна – максимальная прочность.

Преимущества и недостатки метода намотки.

Основные преимущества:

- 1) очень быстрый и поэтому экономически выгодный метод укладки армирующего материала,
- 2) регулируемое соотношение смола/наполнитель,
- 3) высокая прочность при малом собственном весе,
- 4) неподверженность коррозии и гниению,
- 5) недорогие материалы,
- 6) хорошие структурные свойства так как профили имеют направленные волокна и высокое содержание арматуры.

Основные недостатки:

- 1) ограниченная номенклатура изделий,
- 2) дорогое оборудование,
- 3) Нп трудно точно положить по длине оправки,
- 4) высокие затраты на оправки для больших изделий,
- 5) рельефная лицевая поверхность.

Максимальные прочностные показатели армированных изделий достигаются при однонаправленной структуре Нп в направлении приложения внешней нагрузки.