

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Факультет нефтегазохимии и полимерных материалов  
Кафедра химической технологии пластических масс

**«Дисперсные наполнители.  
Пневмогидрокомпрессионное формование.  
Магнитоимпульсное формование»**

**Выполнил:**

магистрант 2 курса группы МП-21:

Хавпачев М.А.

**Москва 2016**

Дисперсные наполнители  
Классификация по химической природе  
наполнителя:

Неорганические

Органические

**Классификация по агрегатному  
состоянию:**

**твердые**

жидкие

газообразные

# По роли в композиционном материале (КМ):

*усиливающие*

усилювачі

*дисперсные*

дисперсні

*армирующие*

армуючі

# Классификация по форме частиц:

**дисперсные**



**зернистые**



**волокнистые**



**слоистые**



# Дисперсные наполнители

Наиболее распространенный вид наполнителей ПКМ, в качестве которых выступают самые разнообразные вещества органической и неорганической природы.

Как правило, в качестве дисперсных наполнителей выступают порошкообразные вещества с различным размером частиц – от 2 – 10 до 200 – 300 мкм.

К числу важнейших требований, предъявляемых к дисперсным наполнителям, относятся: способность совмещаться с полимером и диспергироваться в нем;

- хорошая смачиваемость расплавом или раствором полимера;
- отсутствие склонности к агломерации частиц, однородность их размера;
- низкая влажность;
- отсутствие взаимодействия.



# Карбонат кальция

(мел,  $\text{CaCO}_3$ )

Один из наиболее дешевых и распространенных видов дисперсных наполнителей. **Основной источник** – природный известняк, подвергнутый измельчению, флотации для удаления примесей и фракционированию с получением частиц размерами **1 – 10 мкм**.

**К преимуществам** этого наполнителя относится белый цвет, низкая твердость, широкий интервал возможного размера частиц, стабильность свойств в широком интервале температур.

**В качестве наполнителя** находит широкое применение в материалах на основе ПВХ, полипропилена, полистирола и его сополимеров, в полиэфирных стеклопластиках (премиксы, препреги).



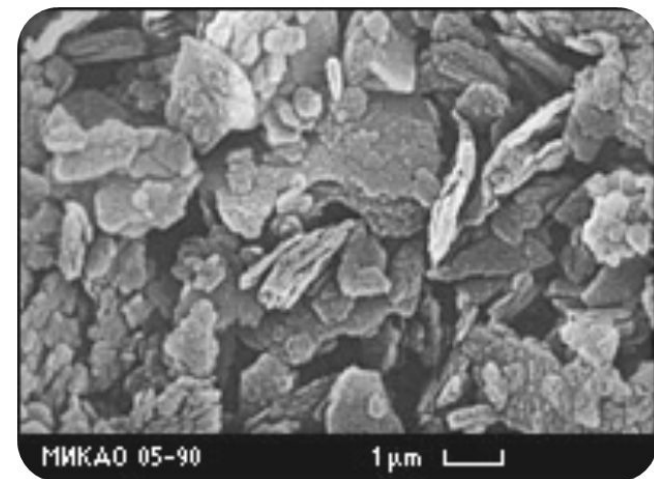
# Каоли

(белая глина — гидратированный силикат алюминия)



Используется двух видов – **очищенный и прокаленный**, у которого удалена гидратационная вода.

Имеет структуру *пластинчатых чешуек*, отличаются высокой степенью белизны, плохо диспергирующиеся в большинстве полимеров. Из-за большой величины площади поверхности введение каолина способствует значительному повышению вязкости. **Применяется при наполнении термопластов** для придания повышенных значений модуля упругости при растяжении, а также для улучшения электрических свойств; в производстве армированных волокнами пластиков на полиэфирных связующих для повышения вязкости (**размер частиц менее 40 мкм**), а также для повышения объемного электрического сопротивления и водостойкости (прокаленный каолин, связующее – фенолформальдегидный олигомер).



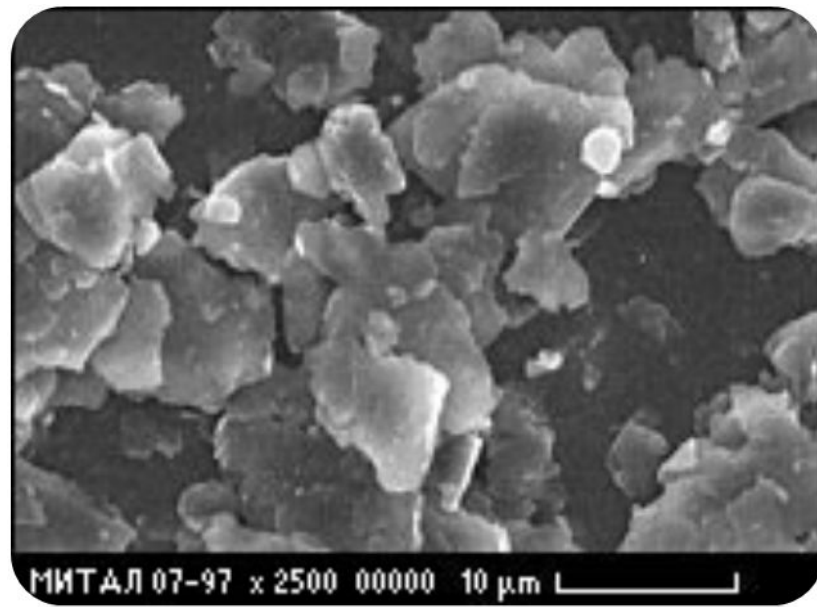
# Тальк

*(гидратированный силикат магния)*



Получается из ряда природных пород путем обогащения, дробления, измельчения (тонкого помола) и фракционирования. Представляет собой тонкоизмельченный порошок белого цвета с пластинчатыми частицами различного размера (от 10 мкм до 70 мкм). Благодаря пластинчатой форме частиц тальк придает наполненным материалам повышенную жесткость – при одинаковой степени наполнения (40%) тальк увеличивает жесткость полипропилена в 3 раза, а мел – в 2 раза.

Наиболее широко применяется в качестве наполнителя термопластов, в первую очередь, полипропилена (автомобилестроение, приборостроение).





# Диоксид кремния

(кварц,  $SiO_2$ )

Существует ряд модификаций диоксида кремния **аморфной** и **кристаллической** структуры, используемых в качестве дисперсных наполнителей. Часть из них имеет **минеральное** происхождение и получается на основе **природного** сырья (кварцит, трепел, диатомит, новакулит), часть получается синтетическим путем (пирогенетический, осажденный диоксид кремния). Эти модификации отличаются по своему химическому составу, форме и размеру частиц, стоимости, областям применения.



# Наиболее распространенные виды:

- **Кварцевая мука** представляет собой измельченный кварцит со средним размером частиц от 5 до 150 мкм (чистый кварцевый песок). Широко применяется для наполнения термопластов конструкционного назначения, а также реактопластов с повышенными механическими и электрическими характеристиками.
- **Плавленый кварц** — аморфный стеклообразный диоксид кремния. Для получения материалов, стойких к тепловым ударам, а также обладающих повышенной стабильностью размеров и высокими прочностными показателями.
- **Микрокристаллический кварц** получается из ряда минералов класса трепелов путем измельчения и дробления породы. Находит широкое применение в клеевых составах, в отверждающихся компаундах и герметиках на основе полиуретанов, эпоксидных, полиэфирных и кремнийорганических смол. Используется также в качестве наполнителя полипропилена, ПЭТ, ПБТ, полиамидов, полисульфонов и других термопластов.
- **Диатомит** — природный минерал класса опалинов. Получается путем многостадийного измельчения и фракционирования природной породы осадочного происхождения. В настоящее время наиболее широко используется в качестве добавки, препятствующей слипанию в производстве пленок из полиэтилена низкой плотности.

**Аэросил** — пирогенетический диоксид кремний — аморфная форма  $\text{SiO}_2$ , имеющая вид сферических частиц коллоидных размеров (3–10 нм). Характеризуется максимальной удельной поверхностью из всех порошкообразных наполнителей, **380 м<sup>2</sup>/г.** Широко применяется для регулирования реологических свойств материалов на основе эпоксидных, полиэфирных, силоксановых смол. **Недостатком** аэросила является его повышенная стоимость.

**Осажденный диоксид кремния** — аморфная форма порошкообразного  $\text{SiO}_2$  с частицами коллоидальных размеров. Удельная поверхности достигает **150 м<sup>2</sup>/г.** Находит применение в производстве материалов на основе ПВХ — как листовых (антиадгезионная добавка), так и пластизоль (как регулятор вязкости). Позволяет получать прозрачные наполненные термопласты. По сравнению с аэросилом значительно дешевле.

**Полевой шпат и нефелин** — близкие по составу безводные алюмосиликаты, получаемые из минерального сырья. Производятся в виде порошков крупной или средней дисперсности (**средний размер частиц 5 – 15 мкм**). Благодаря почти в 10 раз большей теплопроводности шпата и нефелина по сравнению с полимерами они заметно повышают теплопроводность наполненных систем. При использовании в качестве наполнителей они позволяют достигнуть более высоких механических характеристик по сравнению с карбонатом кальция.

К числу наиболее распространенных порошкообразных наполнителей органического происхождения относится древесная мука и углеродные материалы (**сажа, графит, кокс**).

**Древесная мука** – порошкообразная древесина, она получается путем измельчения на мельницах отходов обработки древесины (опилки, стружки, щепа и т.д.).



В качестве наполнителя пластмасс используется мука с размером частиц от 40 – 50 до 300 мкм. Наиболее широко применяется в производстве фенольных и мочевино-формальдегидных пресс-материалов общего назначения.

# Сажа (технический углерод)

Важнейшими характеристиками являются **интенсивность черного цвета** (обратно пропорциональная размеру частиц) и **структурность** (способность образовывать цепочные структуры).

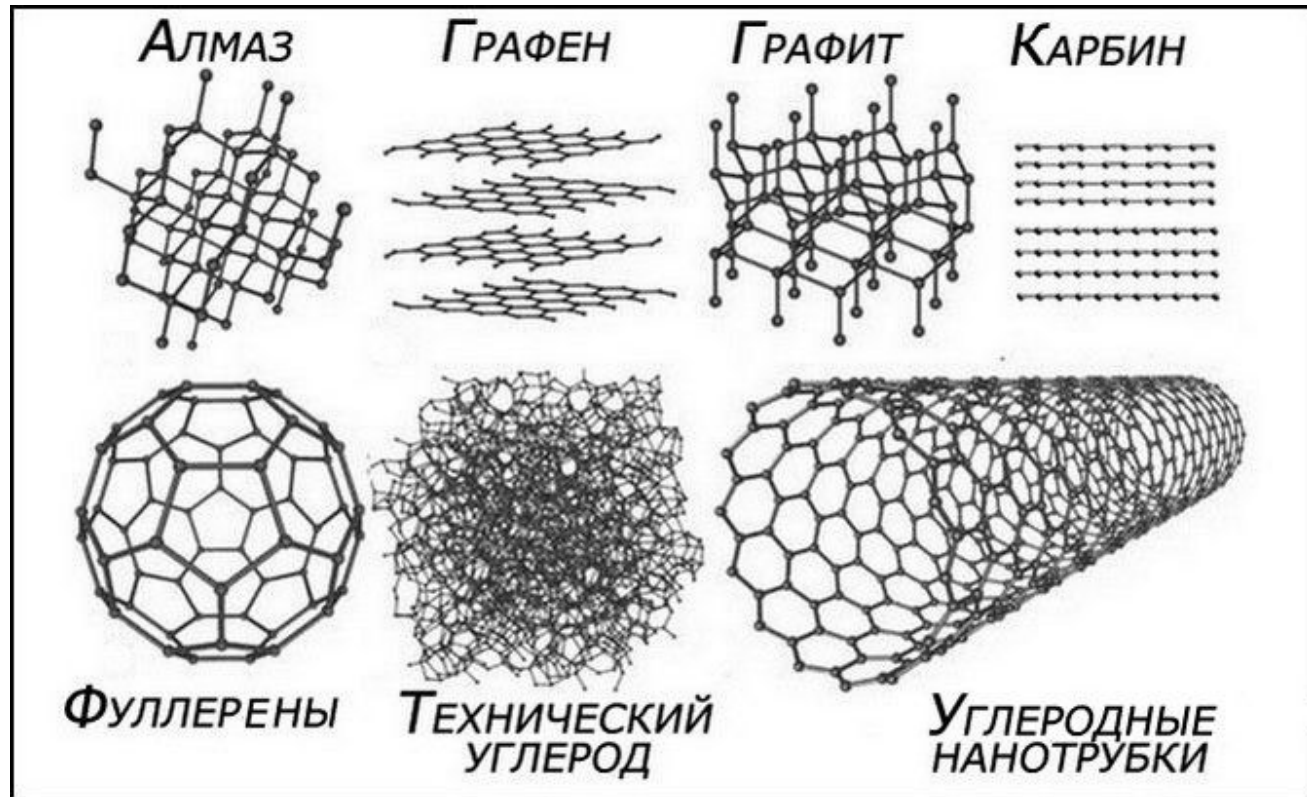
С уменьшением среднего размера частиц нарастает вязкость наполненных систем.

В качестве наполнителей используются крупнозернистые сажи, а также сажи, имеющие низкую структурность. Сажа может также выполнять функцию **светостабилизатора, защищая полимер от УФ-излучения**. Кроме того, важной функцией сажи является придание **электропроводящих свойств**, способствующих стеканию статического электрического разряда.

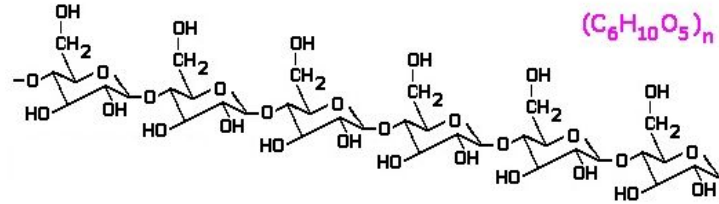


**Кокс и антрацит** используют в виде пыли – мелкодисперсной фракции, образующейся при их измельчении в ходе технологических процессов их получения.

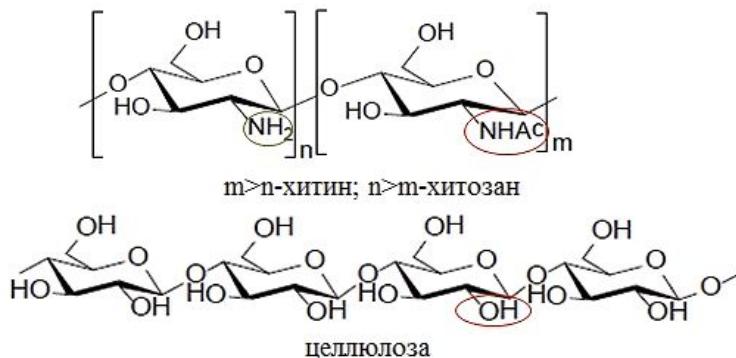
**Графит** представляет собой минерал, имеющий слоистую структуру: может быть получен искусственным путем из антрацита при нагревании без доступа воздуха. **Обладает хорошей тепло- и электропроводностью.** В качестве наполнителя используется аморфный графит в тонкоизмельченном виде (коллоидный графит). Основное преимущество графита в качестве наполнителя – снижение коэффициента трения, благодаря присущей ему слоистой структуре.



**Крахмал** – тонкодисперсный белый порошок с частицами размером от 3 нм до 100 нм; не плавится, стоек к нагреванию в отсутствие влаги, что делает возможной его переработку в качестве наполнителя в ряде пластиков на основе таких полимеров, как полиэтилен, полистирол, полипропилен и др.



**Хитин** – основа панцирей большинства ракообразных (раки, креветки, лангусты и др.). По своей химической структуре близок к целлюлозе и только ей уступает по распространенности в природе. Основным источником хитина – панцири крабов, креветок, криля и других ракообразных. В очищенном виде представляет собой белый порошок или хлопья размером до 2 мм. Как и крахмал, при попадании в почву разрушается.



# Металлические порошки

- мало влияют на прочностные характеристики наполненного материала;
- позволяют в широких пределах изменять тепло- и электропроводность, теплоемкость;
- менять магнитные характеристики;
- электрические свойства;
- придают материалам защиту от электронного и проникающего излучения;
- изменяют плотности и горючесть.

В качестве дисперсных наполнителей чаще всего используются **медь, алюминий, железо, бронза, олово, серебро, свинец, цинк.**

# Оксиды металлов и соли

- оксиды алюминия, железа, свинца, титана, цинка, циркония и др.
- разнообразные соли (сульфаты, сульфиды, фториды и др.

Используются не в массовом порядке, а лишь в отдельных рецептурах для придания специальных свойств (химостойкость, теплопроводность, биостойкость и т. п.).



## Пневмогидрокомпрессионное формование

**Пневмогидрокомпрессионное формование** объединяет группу методов, в которых рабочей средой, осуществляющей давление на поверхность препрега, является газ или жидкость. Другими характерными признаками является наличие эластичной герметичной диафрагмы и создание вакуума под диафрагмой со стороны препрега. Поэтому эти схемы часто объединяют под названиями *упругое формование или формование диафрагмой*.

**Процесс формования содержит следующие операции:**

- на форму оснастки 1 укладывают технологический пакет 3, состоящий из раскроенных листов композита с сопутствующими слоями – разделительными, дренажными и т.д. по схеме, изложенной при описании «выкладки»;
- на пакет 3 укладывают герметичную оболочку 2;
- по краям оболочку прижимают к фланцу формы;
- из полости между герметичной оболочкой и пакетом откачивают воздух.

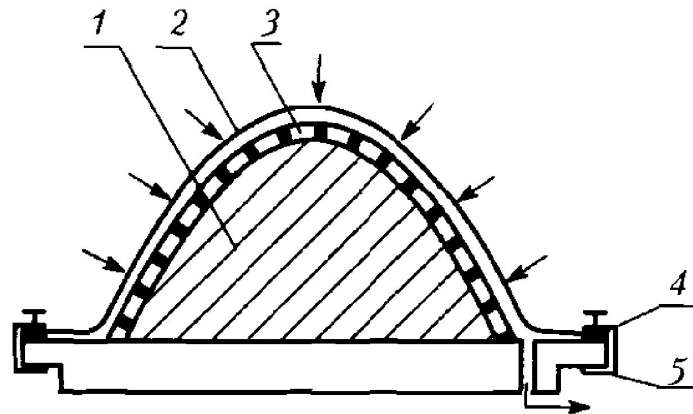


Рисунок – Формование вакуумированием: 1 – форма (оснастка); 2 – герметичная оболочка; 3 – препрег; 4 – герметизирующий жгут; 5 – зажимы

**Давление** на формируемый материал зависит от глубины вакуума и **не может превышать 1 кг/см<sup>2</sup>**.

**К достоинствам метода** относится простота его реализации, отсутствие ограничения на размеры детали и безопасность при работе.

**К недостаткам** – ограничение реализуемого давления одной атмосферой.

### *Автоклавное формование*

**Автоклавное формование** отличается тем, что формируемое изделие помещают в специальное оборудование – автоклав, где создается избыточное давление.

Автоклав представляет собой герметичную емкость в виде прочного цилиндра

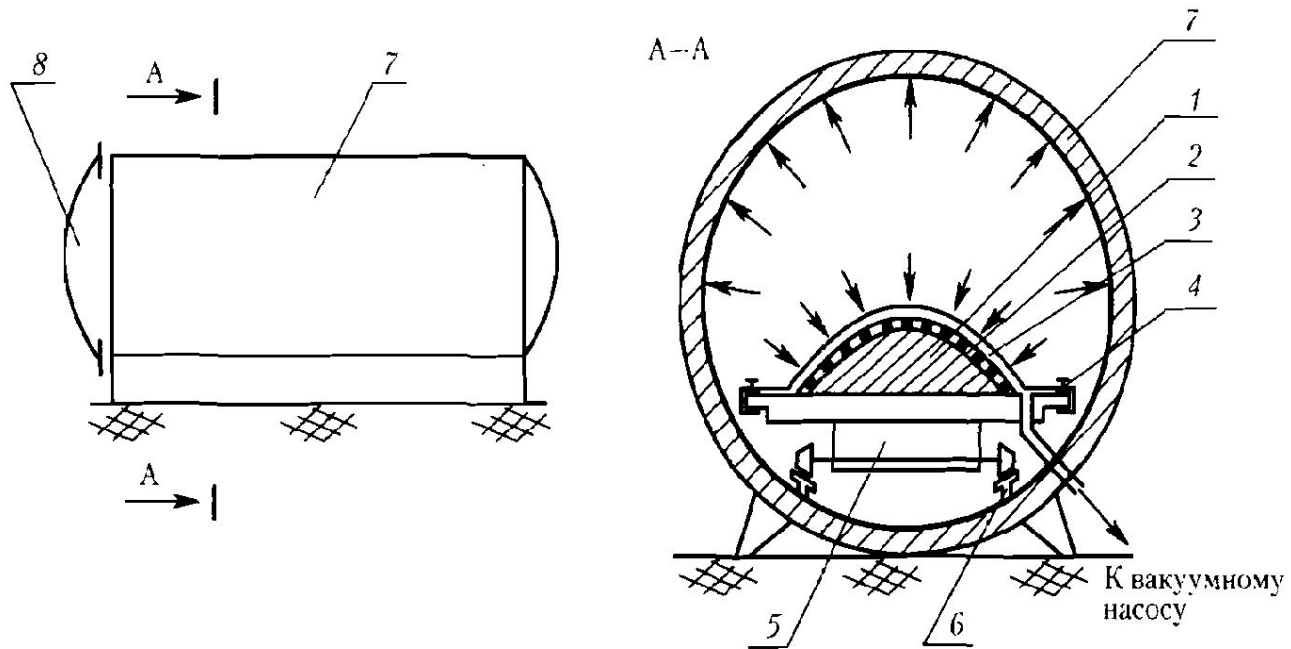


Рисунок – Формование в автоклаве: 1 – форма; 2 – препрег; 3 – эластичная мембрана; 4 – уплотнители; 5 – тележка; 6 – рельсы; 7 – корпус автоклава; 8 – крышка

**Достоинства.** Автоклав является универсальным оборудованием. Он позволяет осуществлять формование изделий различного конструктивного исполнения, в том числе больших размеров и сложной конфигурации. При этом давление на любой части поверхности изделия одинаково.

**К недостаткам** следует отнести большую стоимость автоклава и большие энергетические затраты в пересчете на одну деталь, особенно если загрузка объема автоклава неполная. Кроме того, автоклав является взрывоопасным объектом. Мощность взрыва пропорциональна объему и давлению в емкости.

### *Гидроклавное формование.*

Для создания давлений большей величины, чем возможно в автоклавах, используют гидроклавы.

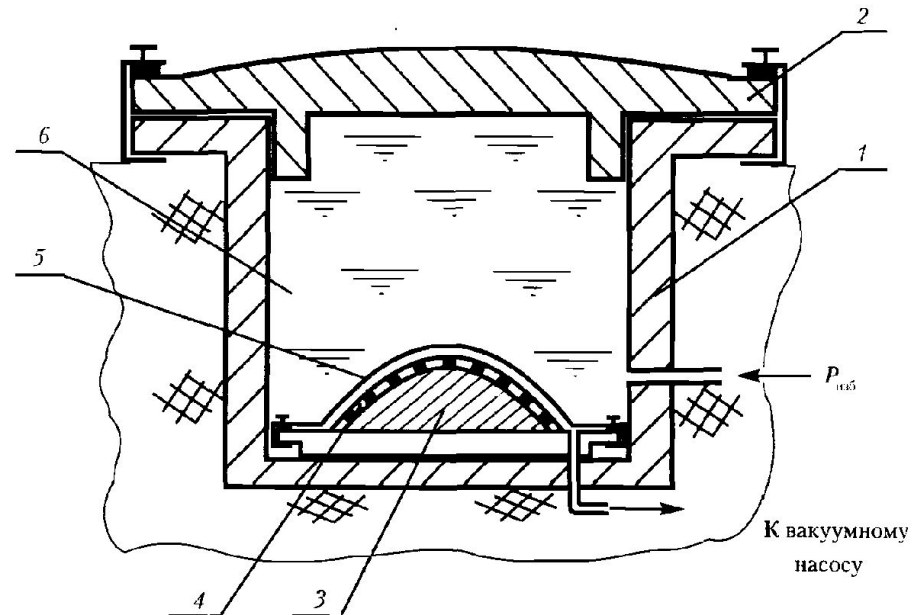


Рисунок – Гидроклав: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – форма; 4 – препрег; 5 – герметичная диаграмма; 6 – рабочая жидкость

Процесс формования в автоклавах и гидроклавах на первом этапе содержит все операции, присущие формованию вакуумированием. На втором этапе форму с препрегом и герметичной оболочкой помещают в емкость и выдерживают там при температуре и давлении, изменяющихся по заданному закону.

**Преимущества и недостатки.** В отличие от автоклавов, гидроклавы безопасны в работе, и в них можно реализовать давление до 30 – 50 атм. В то же время жидкость как рабочее тело создает определенное неудобство в работе, значительно снижая культуру производства.

### Формование в пресс – камерах

Суть процесса показана на схеме.

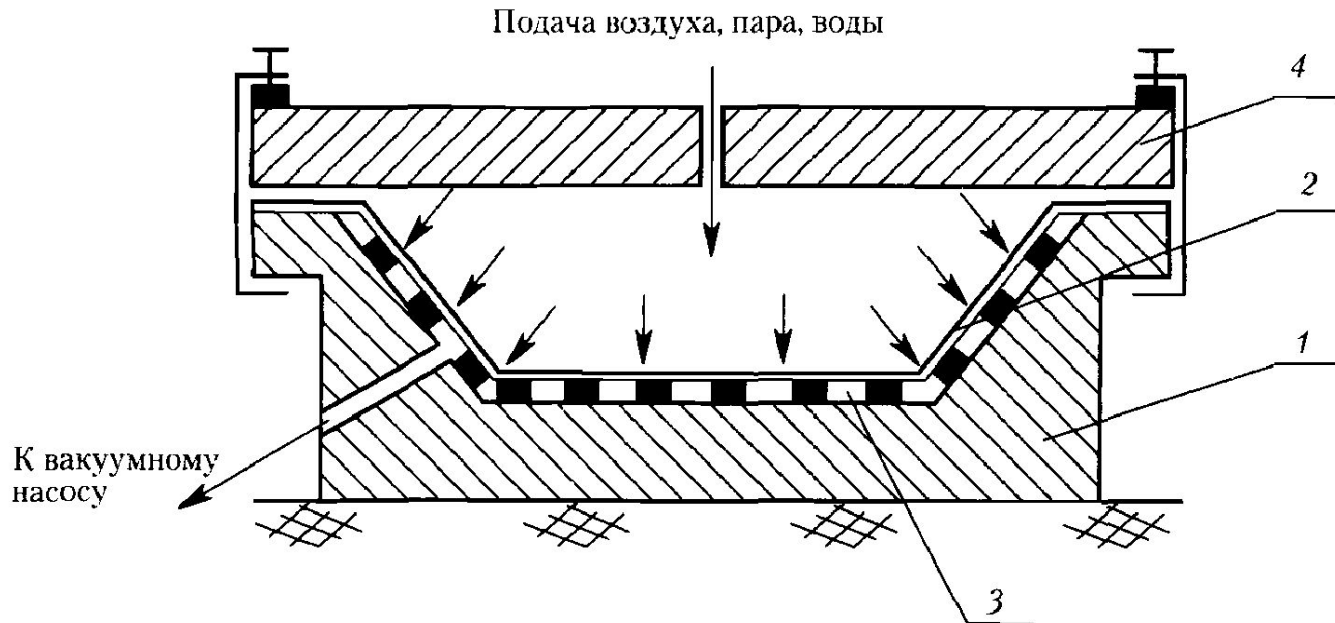


Рисунок 4 – Формование в пресс-камере: 1 – форма; 2 – эластичная диафрагма; 3 – препрег; 4 – крышка

**Преимущества и недостатки.** В пресс-камерах в силу их небольшого объема можно реализовать давление до 20 – 30 атм. По энергозатратам на нагрев и подвод давления пресс-камеры значительно эффективнее авто- и гидроклапов. В то же время они не являются универсальным оборудованием, и их применение оправдано при больших сериях производства изделия.

### **Магнитоимпульсное формование**

**Магнитоимпульсное формование** – высокоэнергетический способ создания давления на заготовку, при котором накопленная в конденсаторной батарее магнитоимпульсной установки электрическая энергия при разряде преобразуется с помощью индуктора в энергию магнитоимпульсного поля, совершающего механическую работу по монолитизации исходного армированного полуфабриката.

Преобразование осуществляется с помощью металлической детали, которая деформируясь, передает давление магнитного поля на заготовку. Таким образом, запасенная конденсаторами энергия при разряде расходуется на полезную механическую работу по монолитизации препрега, а часть – на нагрев материалов и рассеивание. При быстром разряде конденсаторов ток, протекающий через индуктор, индуцирует вихревые токи в технологической детали. В результате в индукторе и детали наводятся два одинаковых по знаку магнитных поля, что создает силы, отталкивающие деталь от индуктора.

## Принципиальная схема формирующего узла установки:

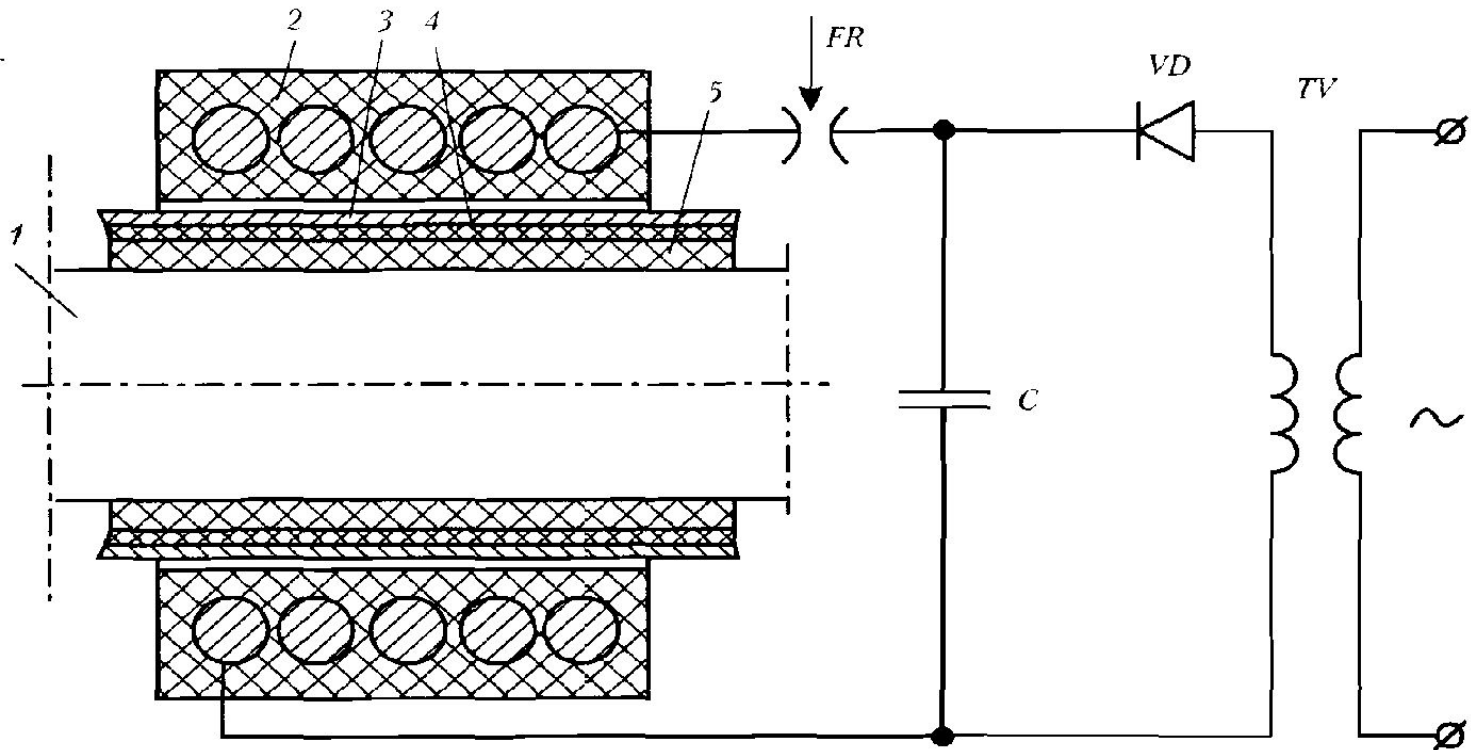


Рисунок – Схема устройства для магнитноимпульсного формования трубчатых стержней:  
1 – оправка; 2 – магнитный индуктор (технологический инструмент); 3 – металлическая фольга (спутник); 4 – резиновая прослойка; 5 – полимерная труба; TV – повышающий трансформатор; C – батарея конденсаторов; VD – выпрямитель; FR – разрядник.

Формование изделий из волокнистых полуфабрикатов с использованием этого способа **имеет ряд преимуществ** перед другими методами: универсальность, простота оснастки, отсутствие движущихся частей, возможность передачи давления через изолирующие прослойки, возможность получения равномерного по всей площади давления до 350 – 400 Мпа, большая скорость деформирования (50 – 200 м/с)

*Спасибо за внимание!*