



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования*

*«МАТИ- РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО»*

Кафедра «Технология переработки неметаллических материалов»



Адрес: 121552 Москва, ул. Оршанская, дом 3 , 4 этаж, корп. А, комн. 425

(м. Молодежная) Телефоны: (495)417-86-40; (499)141-94-70

Сайт: <http://tpnm> Сайт: <http://tpnm.mati> Сайт: <http://tpnm.mati.ru>

Сайт: <http://tpnm.mati.ru> Сайт: <http://tpnm.mati.ru> ;

E-mail: [tpnm](mailto:tpnm@tpnm.mati.ru) Сайт: <http://tpnm.mati.ru> ; E-mail: [tpnm](mailto:tpnm@tpnm.mati.ru) ; E-mail:



Бухаров Сергей Викторович

Зав.кафедрой, профессор кафедры «ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ»

**Виноградов Владимир
Михайлович**

Профессор кафедры «ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ»

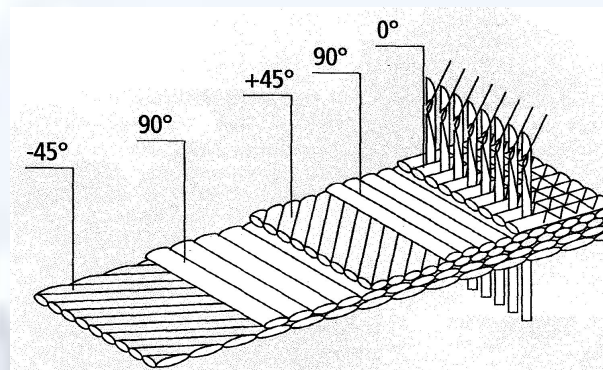
**Вопросы терминологии в
экспертной оценке научных
проектов
в области полимерных
материалов**



О терминах:

Плеоназм (словесная избыточность) до настоящего времени встречается в речи людей, приобщающихся к технологии деталей из ПКВМ

- компрессионное прессование, контактное прессование, удельное давление, внутренние напряжения ...*
- полимеризация (сшивание) пластмассы на основе фенольной смолы и угольной ткани ...*
- преформа вместо русского заготовка, иногда под этим термином понимают даже препрег; ровинг вместо ровница, жгут; мультиаксиальная ткань вместо многонаправленное полотно:*



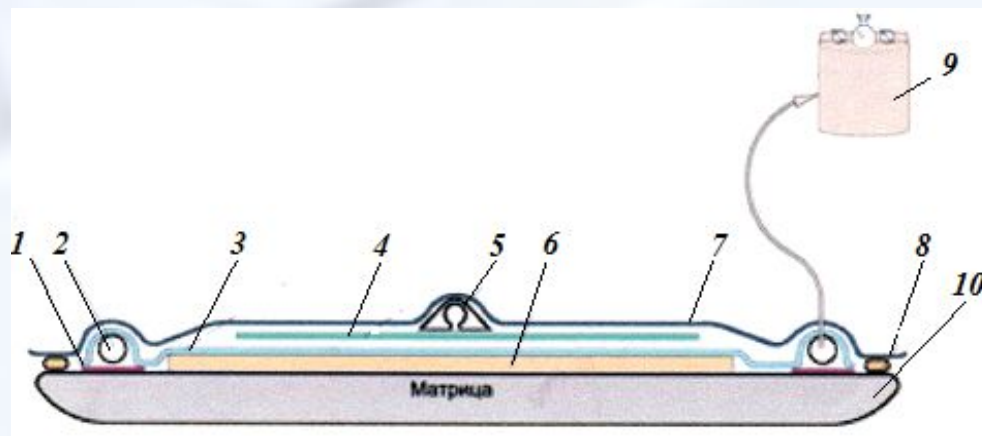
- термины «термоформование и реакционное формование» вообще не могут быть однозначно определены*



Вакуумная инфузия.

С точки зрения русского языка и технологии деталей из ПКВМ **вакуумная инфузия**, это просто **вакуумное формование с пропиткой под давлением пакета – заготовки, помещённой в технологическую оснастку.**

Связующее в пакет–заготовку не всасывается вакуумом, а впрыскивается под действием атмосферного давления.



1 – клеевая лента; 2 – спиральная трубка; 3 – жертвенный слой; 4 – сетка для распределения связующего;

5 – полоса подачи связующего; 6 - стеклоткань; 7 – вакуумная пленка; 8 – герметизирующий жгут;

9 – вакуумный насос; 10 - матрица



Compression injection molding (CIM) переводят как **компрессионное формование с литьём под давлением.**

Поскольку компрессионное формование – это просто прессование, то **(CIM)** следует переводить как **литьё под давлением с последующим прессованием**

Термин **RTM – Resin transfer molding** переводят как **трансферное формование композитов.**

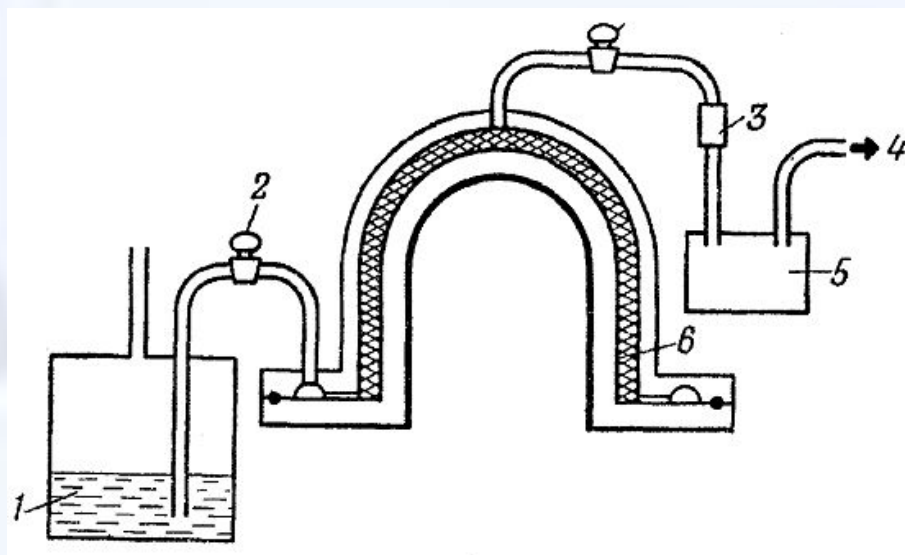
На самом деле transfer molding переводится как литьевое прессование.

Из полимерных композитов можно, конечно, прессовать детали, например, из прессматериала АГ- 4В, но в данном случае речь идёт совершенно о другом.

RTM, это любой из методов изготовления деталей из ПКВМ, начиная от вакуумного, пневматического, автоклавного формования и кончая прессованием и термокомпрессионным методом, в процессе которых помещённая в вакуумируемую форму пакет-заготовка пропитывается под давлением связующим.



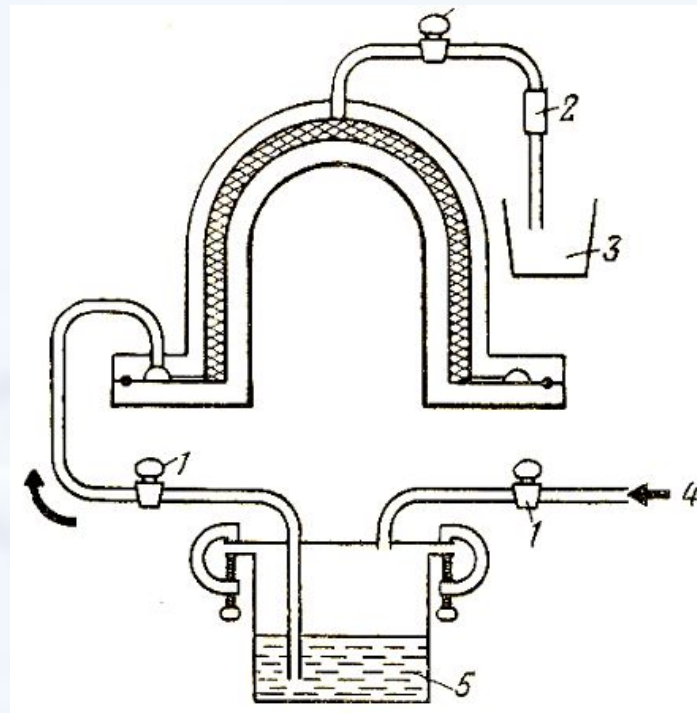
Пропитка предварительно вакуумированного пакета-заготовки связующим под атмосферным давлением



- 1 - бачёк со связующим; 2 – запорные краны; 3 – смотровое окно;
4 – трубопровод к вакуумному насосу; 5 – вакуумная ловушка;
6 – пакет– заготовка из волокнистого наполнителя;
7 – трубопровод для подачи сжатого газа.



Пропитка при давлении, больше атмосферного (своеобразный метод RTM)



- 1 – запорные краны; 2 – смотровое окно; 3 – бачёк для излишка связующего; 4 – трубопровод для подачи сжатого газа; 5 – бачек со связующим .



Технологический процесс изготовления деталей из ПКВМ состоит из следующих, осуществляемых друг за другом операций:

- 1) совмещение связующего с волокнистым наполнителем жидкофазными (растворным, расплавным или с использованием жидких олигомеров) или твёрдофазными (порошковым, плёночным и волоконным) методами
- 2) формирования пакета-заготовки напылением, насасыванием, осаждением, послойной выкладкой, ткачеством, плетением, трощением, намоткой и пултрузией
- 3) формования деталей различными методами

В реальных технологических процессах операции 1 и 2 могут меняться местами.

В настоящее время практикуют применение одновременно двух методов формования, например, прессования, автоклавного и вакуумного формования в комбинации с термокомпрессионным формованием, пултрузии с намоткой или с прессованием



Методы формования деталей из ПКВМ

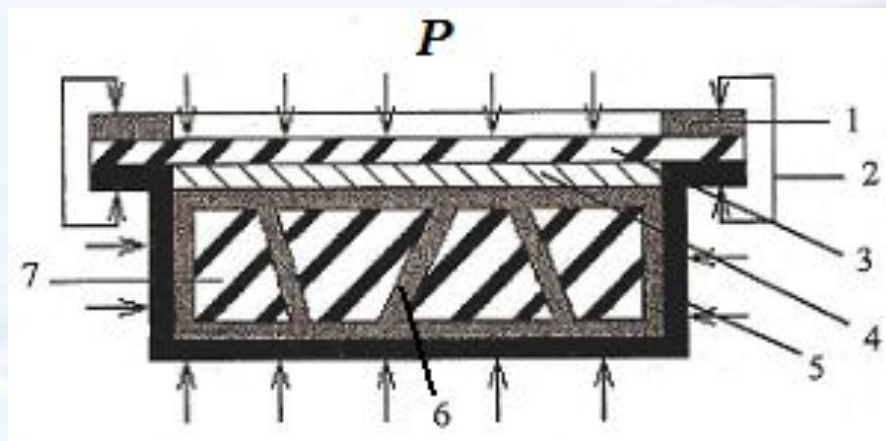
№		Методы формования	Последовательность технологических операций	Максимальное давление формования, МПа	Степень сложности оборудования и оснастки, баллы
1	2	3	4	5	6
1		Контактное формование	1-2-3	до 0,3 (для операции 2)	1
2		Диафрагменные методы формования	1-2-3, 2-1-3		
	2.1	Вакуумное формование	-	0,09	2
	2.2	Пневматическое формование (метод пресс-камеры)	-	0,8-1,0	5
	2.3	Автоклавное формование	-	1,0-1,6	9
	2.4	Гидроклавное формование	-	6,0-8,0	9
3		Мембранные методы формования	1-2-3, 2-1-3		
	2.5	Метод глубоководного погружения		100	10
	3.1	Пневматическое формование		0,3-0,5	3
	3.2	Формование жестким пуансоном	-	0,5-1,0	4
	3.3	Комбинированные методы формования	-	0,3-0,5	4
4		Методы формования гибкой лентой	1-2-3	8 - 10	
	4.1	Формование на неподвижной оправке	-	-	1
	4.2	Формование на свободно вращающейся оправке			2
	4.3	Формование на оправке, приводимой во	-	-	3-8



1	2	3	4	5	6
5		Намотка	1-2,3; 2,3-1	до 0,3	8-9
6		Прессование			
	6.1	Прессование в жесткой форме	1-2-3	до 25	8
	6.2	Прессование в вакуумированной жесткой форме	1-2-3	до 25	8-9
	6.3	Прессование в жесткой форме с последующей пропиткой под давлением (продольная пропитка)	2-3-1	до 1	7-8
	6.4	Прессование пропитанного под давлением в прессформе неуплотненного пакета (поперечная пропитка)	2-1-3;	до 2,0	8
	6.5	Инжекционное прессование	2-1-3	до 2,0	
7	6.6	Прессование эластичным пуансоном Термокомпрессионное прессование	2-1,3; 1-2-3 2-1-3; 1-2-3	до 2,0 до 10,0	4
8	6.7	Прессование эластичной пневмокамерой Автоклавно-термокомпрессионное формование	2-1,3; 1-2-3 2-1-3; 1-2-3	до 1,0 1,0-1,6	7
9		Центробежное формование	2-1,3	0,3	6
10		Пултрузия (протяжка)	1-2-3; 2-1-3	0,3-0,5	8
11		Ролтрузия (прокатка)	1-2-3; 2-1-3	0,6	8
12		Штамповка	1-2-3-3 ⁴⁾	2,0	7



В настоящее время практикуют применение одновременно двух методов формования, например, прессования, автоклавного и вакуумного формования в комбинации с термокомпрессионным формованием:



1-прижимная рамка, 2- трубки, 3-эластичная диафрагма,
4-цулага, 5- тонкостенная матрица, 6- формуемая деталь,
7 – ЭФЭ (эластичный формующий элемент),
P – давление, создаваемое сжатым газом в автоклаве.

а также, пултрузии с намоткой или с прессованием



RFI (resin film infusion) – пропитка пакетов-заготовок плёночным связующим.

TERTM (Thermal expansion resin transfer molding) - термокомпрессионное формование с пропиткой под давлением пакета-заготовки.

LRTM (Ligt RTM) - RTM в легких формах из ПКВМ на основе стекловолокна, олигоэфирных связующих и пенополивинилхлоридного наполнителя, фланцевое соединение матрицы и пуансона в которых снабжено вакуумным затвором, обеспечивающим сохранение в оформляющей полости оснастки заданную степень разряжения в процессе пропитки пакета-заготовки и последующего отверждения связующего.



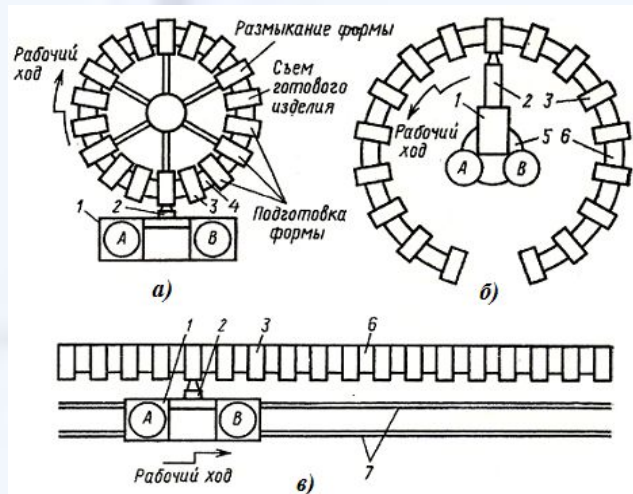
VARTM (Vacuum assisted resin transfer molding) – это RTM в вакуумируемой форме.

VARI (Vacuum assisted resin injection) - пропитка пакета-заготовки связующим в вакуумируемой оснастке.

VIMP (Vacuum infusion molding process); VIP (Vacuum infusion processing) – вакуумное формование с пропиткой пакета – заготовки под действием атмосферного давления (инфузионное формование).



RIM (Reaktion injektion molding) - литьё деталей из ненаполненных терморреактивных композиций, составленных из мономеров, с отдельной подачей компонентов композиции в камеру, где они смешиваются друг с другом, под давлением впрыскиваются в литьевую форму и быстро отверждаются.

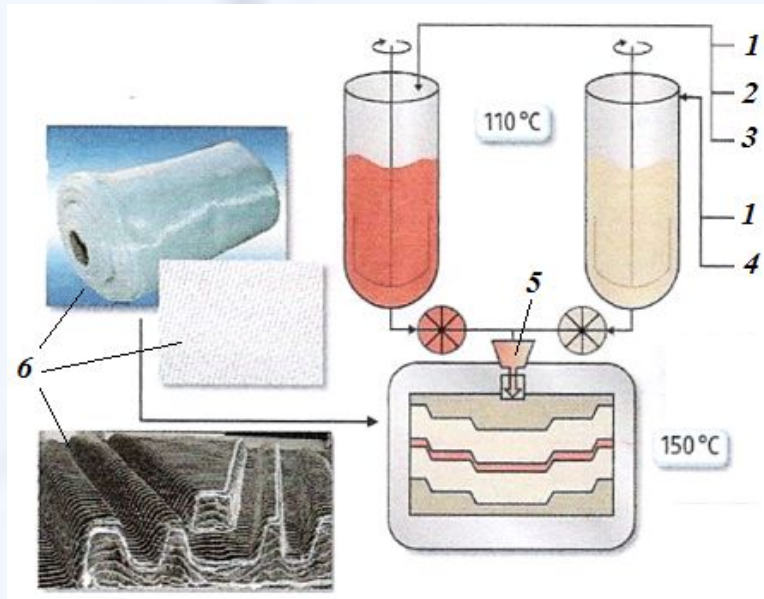


Типы установок: а) – карусельная; б) – поворотная; в) – линейная.
1 – смешительно-дозировующий агрегат; 2 – смешительная головка; 3 – формы;
4 – вращающийся стол; 5 – поворотная станина; 6 – формодержатель; 7 – рельсы.

RRIM (reinforces resin injection molding) литье под давлением, отличающееся от RIM тем, что наполненные коротким стекловолокном терморреактивные композиции льют при повышенном давлении (до 2,5 МПа), так как они имеют большую вязкость.



SRIM (Structural reaction injection molding) – в отличие от RIM ненаполненная термореактивная мономер-олигомерная композиция полиамида впрыскивается в пресс-форму под давлением 7-14 МПа, в которой находится пакет-заготовка, пропитывает её и отверждается.



1 - ε-капролактам; 2 – активатор; 3 – добавки; 4 – катализатор; 5 – связующее; 6 – углеродная или стеклянная ткань (ϕ_n – 50% об. или g_n – 60-70 % масс.).

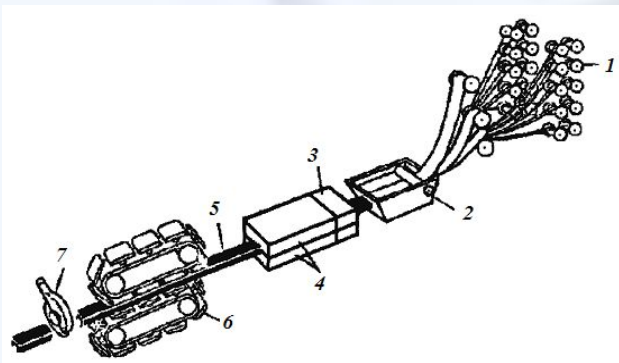
SMRIM (Sequential multi port resin injection system) – это RIM в литьевую форму с системой последовательно расположенных и последовательно включаемых в работу литников. В результате значительно уменьшается время заполнения оформляющей полости вследствие резкого снижения градиента давления.



В литературных источниках появилось большое количество терминов, обозначающих технологические процессы изготовления различного рода длинномерных деталей, которые не всегда ясно отражают суть этих процессов:

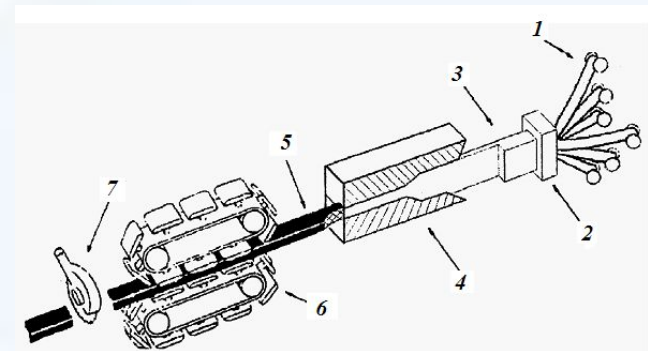
ПУЛТРУЗИЯ (протяжка) – непрерывный метод изготовления сплошных и полых длинномерных деталей из полимерных материалов, упрочнённых различными текстильными структурами волокнистых наполнителей.

Пултрузию применяют также для формирования из препрегов пакетов–заготовок.



1 – шпулярник; 2 – ванна для пропитки; 3 – уплотняющая часть фильеры (первая составная часть); 4 – часть фильеры для калибровки и фиксации формы полуфабриката (вторая составная часть); 5 – готовый профиль; 6 – механизм протяжки профильного изделия; 7 – отрезное устройство.

Общая схема процесса жидкофазной протяжки (пултрузии)

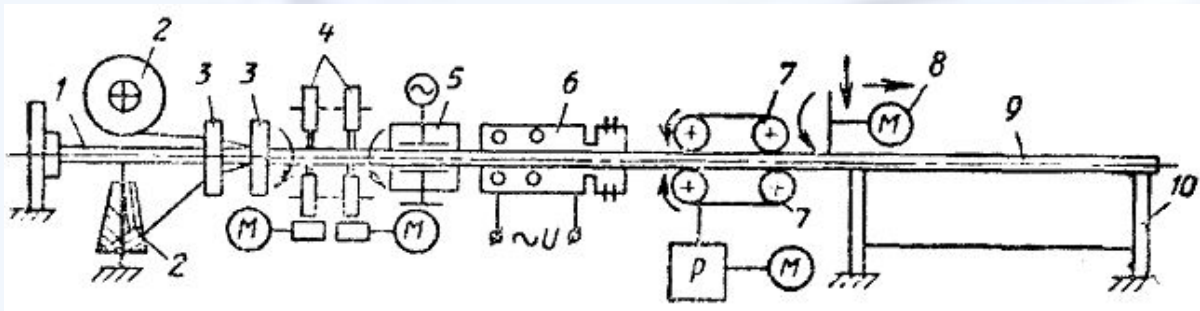


1 - катушки с сухим препрегом, 2 –устройство для формирования заготовки, 3 –заготовка, 4 – многосекционная фильера, 5 – готовый профиль, 6 - тянущее устройство, 7 – отрезное устройство.

Схема установки для твёрдофазной пултрузии профилей из термопластичных полуфабрикатов



PULLWINDING – вариант пултрузии, в процессе которой формирование полуфабриката ПКВМ сопровождается обмоткой однонаправленных волокон. Метод позволяет получать детали с ориентацией волокон не только в направлении протяжки, но и в окружном направлении



1 – дорн; 2 – шпулярник; 3 – направляющие решётки; 4 – вертлюги; 5 – камера предварительного нагрева полуфабриката; 6 – формующая фильера; 7 - узел протяжки; 8 – режущий узел; 9 – готовый профиль; 10 – приёмный стол

Схема пултрузионной установки для изготовления профилей из термопластичных КМ с продольно – перекрёстной укладкой волокнистого наполнителя (Pullwinding)



PULLFORMING – представляет собой комбинацию пултрузии и прессования, в процессе которого неотверждённая заготовка из пропитанного волокнистого наполнителя после пултрузии прессуется в пресс-форме. Полученные таким методом профили имеют одинаковую площадь поперечного сечения, а по длине могут иметь другую форму, определяемую конфигурацией оформляющей полости пресс-формы.

НИДЛТРУЗИЯ, ПЛЕЙНТРУЗИЯ, ДЕЛЬТАТРУЗИЯ – методы, сочетающие пултрузию с обмоткой, в процессе которой жгутом с натяжением обматывают предварительно сформированную пултрузией неотверждённую заготовку, уплотняя, а затем отверждая её. В зависимости от рисунка обмотки – спиральной, перекрёстной или продольно-перекрёстной, на поверхности цилиндрического стержня образуются рельефы различной формы, имеющий вид спиральных (нидлтрузия), ромбовидных (плейнтрязия), или треугольных выступов (дельтатрузия).

РОЛЛФОРМИНГ (роллтрудинг) - метод, сочетающий пултрузию с прокаткой, в процессе которого из пучка однонаправленных волокон, пропитанных связующим, пултрузией формируют заготовку, которую затем пропускают через ряд обогреваемых роликов, обеспечивающих необходимое усилие протяжки, непрерывное уплотнение и отверждение длинномерных деталей с заданным профилем поперечного сечения.



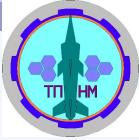
Некоторой корректировки требуют и переводы аббревиатур полуфабрикатов ПВКМ.

DMC (Termoset dough molding compound) - премиксы, пастообразные термореактивные прессматериалы на основе олигоэфирных связующих, наполненных минеральными порошками и короткими стеклянными волокнами .

BMS (Termoset bulk molding compound) – премиксы, объёмные, рыхловолокнистые, термореактивные прессматериалы на основе олигоэфирных связующих и коротких стеклянных волокон .

SMC (Termoset sheet molding compound) – термореактивные 3-х слойные листовые прессматериалы с двух сторон защищенные полимерной пленкой. Наружные слои их состоят из пастообразной композиции на основе олигоэфирного связующего и порошкообразного наполнителя, внутренний слой – из рубленых стеклянных волокон, хаотично распределенных в плоскости листа .

GMT (Glass mat thermoplastic)– листовые полуфабрикаты на основе термопластичного связующего и стеклянных матов; находят применение преимущественно при изготовлении крупногабаритных деталей прессованием .



LFT (Light fibre thermoplastic) – полуфабрикаты на основе термопластичного связующего и штапельных волокон .

Gel coat- термореактивная композиция в виде геля, наносимая на покрытую антиадгезионным слоем формообразующую поверхность технологической оснастки перед укладкой пакета-заготовки. После формования она прочно соединяется с деталью и образует на её поверхности **защитно – декоративное покрытие** .

Peel ply – удаляемый **"жертвенный" слой**, который, например, укладывается на пакет–заготовку в оснастке для вакуумного формования с пропиткой под действием атмосферного давления с целью предотвращения оттиска рельефа распределительной сетки на поверхности формируемой детали. Такого рода "жертвенные слои" используют также для защиты поверхности детали от загрязнения, поглощения избытка связующего, для придания необходимой шероховатости и сохранения при последующих технологических операциях чистоты поверхностей, подвергаемых склеиванию или окрашиванию .

LTVB (Low temperature bag molding) – диафрагма (мешок) для формования при невысокой температуре.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

МАТИ