

Введение Стекловолокно волокно или комплексная нить, формируемые из стекла. В такой форме стекло демонстрирует необычные для стекла свойства: не бьётся и не ломается, а вместо этого легко гнётся без разрушения. Непрерывное стекловолокно применяется главным образом для изготовления текстильных материалов и изделий (нитей, лент, тканей и нетканых материалов) в различных отраслях техники. Штапельное стекловолокно в процессе его получения формируется в виде ваты, матов и холстов, скрепляемых органическим связующим. Эти материалы используются для тепло-, звукои электроизоляции, для антикоррозионной защиты, фильтрации химически агрессивных высокотемпературных сред. Из него изготавливают материалы с отличными –электро, -тепло и звукоизоляционными свойствами. Стекловолокно способно пропускать свет, обладает полупроводниковыми свойствами, прозрачно для радиоволн, и поглощает рентгеновские и более короткие лучи. Из за своих уникальных свойств стекловолокно используется в электротехнической, судостроительной промышленности, в машиностроении, автомобилестроении, в строительстве, медицинской, легкой промышленности и на железнодорожном транспорте. Все стекловолокно условно можно разделить на два больших класса: дешевые волокна общего применения и дорогостоящие волокна специального применения. Почти 90 % всех стеклянных волокон, которые выпускаются сегодня в мире это стекловолокно марки E [1]. Подробно требования к таким волокнам изложены, например, в стандарте ASTM D578-98. Остальные 10% процентов – это волокна специального назначения (табл. 1,2). Большинство марок стекловолокна получили свое название благодаря своим специфическим свойствам: - E (electrical) – низкой электрической проводимости; - S (strength) – высокой прочности; - C (chemical) – высокой химической стойкости; - M (modulus) – высокой упругости; - A (alkali) –высокое содержание щелочных металлов, известково-натриевое стекло; - D (dielectric) – низкая диэлектрическая проницаемость; - AR (alkali resistant) – высокая щелочестойкость. Среди множества полезных функций, которыми обладает стекловолокно, можно выделить следующие: защита от жары/холода (благодаря способности волокна прочно удерживать воздух, обладающий прекрасными теплоизолирующими свойствами и защищающий от жары летом и от холода зимой); надежная защита от шума (благодаря высоким звукопоглощающим характеристикам изделий из стекловолокна, чему способствует материал, состоящий из волокон, связанных друг с другом, промежутки между которыми полностью заполнены воздухом). его негигроскопичность (способность быстро впитывать и отдавать влагу); упругость материала, позволяющая транспортировать его на значительные расстояния в рулонах, а также его способность быстро приобретать исходные параметры после вскрытия упаковки; экологичность (не выделяют вредных веществ и абсолютно безопасны для здоровья); обработка материалов из стекловолокна специальными составами исключает появление плесени на их

поверхности; устойчивость к химическому и биологическому воздействию; высокая прочность при растяжении. Однако есть определенные недостатки стекловолокна: малое удлинение и как его следствие, хрупкость; нестойкость к истиранию; большая плотность, 2500 кг/м<sup>3</sup>; Таблица 1 Химический состав некоторых стекол для получения непрерывного волокна

Тип волокна	Состав, масс. %	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ZnO	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	E (с бором)																											
52-56	4-6	12-15	21-23	0,4-4	0,2-0,5	0-1	0-0,2	0,2-0,5	0,2-0,7	E (без бора)	59-60	12-13	22-23	3-4	0,5-1,5	0,6-0,9	0-0,2	0,2	0,1	S	60-65,5	23-35	0-9	6-11	0-1	0-0,1	0-0,1	AR	58,3-60,6	0,2	0-2,8	18,1-21,2	13,0-14,1	0-2,8	ECR	58,2	11,6	21,7	2	2,9	2,5	1
0,2	0,1	D	72-75	21-24	0-1	0-1	0,5-0,6	0-4	0-4	0,3	Кварц	99,5-99,9	Базальт	47,5-55,0	14,0-20,0	7,0-11,0	3,0-8,5	0,3-2	2,5-7,5	2,5-7,5	7,0-13,5	Таблица 2 Физико-механические свойства некоторых марок стеклянного волокна																				

Свойство	Тип волокна	E (с бором)	E (без бора)	S	AR	ECR	D	Кварц	Базальт	Температура формования, °С																
1160-1196	1260	1565	1260-1300	1213	-1235	2300	1350	1450	Температура размягчения, °С	830-860	916	1056	880	770	1100	1200	Температура плавления, °С	1066-1077	1200	1500	1180	1200	1159-1166	1670	1200	1300

Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,54-2,55	2,62	2,48-2,49	2,6-2,7	2,66-2,68	2,16	2,15	2,67	Коэффициент линейного расширения, 10 <sup>-6</sup> С <sup>-1</sup>	4,9-6	6	2,9	7,5	5,9	3,1	0,54	Диэлектрическая постоянная (20 С, 1 МГц), Ф/м	5,86-6,6	7	4,53-4,6	5,86-6,6	3,56-3,62	3,78	Прочность, МПа	3100-3500	3100-3500	4380-4590	3100-3500	3100-3500	2410	3400	2700	3500	Модуль упругости, ГПа	76-78	80-81	88-91	72-74	80-81	52	69
70-90	Удлинение до разрыва, %	4,5-4,9	4,6	4,5-4,9	2-2,4	4,5-4,9	5	3	В качестве объектов исследования было выбрано стекловолокно (ГОСТ 6943-94) которое используется в производстве каркаса трубчатого ультрафильтра. Дренажный каркас ультрафильтра рассматривается как композиционный материал, состоящий из адгезива клеевой составляющей (эпоксидная смола ЭД-20) и субстрата стекловолокно. По сравнению с другими методами обработки поверхности высокочастотная емкостная плазменная технология имеет следующие преимущества [2,3]:																																

- экологичность, т.к. вредные вещества не используются для обработки и не образуются в виде побочных продуктов;
- обеспечение воспроизводимых результатов благодаря использованию программируемого регулятора процесса;
- автоматизация и интегрируемость в технологические линии;
- щадящее воздействие на композиционные материалы из-за отсутствия значительной температурной нагрузки;
- отсутствие воздействия агрессивных химикатов на обрабатываемые материалы.

Экспериментальные результаты по модификации физико-механических свойств стекловолокна были получены на ВЧЕ-плазменной установке [4]. В качестве плазмообразующего газа применялся чистый аргон, либо смесь аргона с воздухом, азотом, пропаном и бутаном. Модифицированное стекловолокно помещалось в камере на специальных подставках. Время обработки стекловолокна плазмой изменялось в диапазоне от 1 до 15 мин. Расход

плазмообразующего газа через разрядную камеру был равен  $G=0.04$  г/с, давление  $P = 26,6$  Па, напряжение изменялось от 1,5 до 7,5 кВ. Для установления закономерностей изменения физико-механических характеристик испытуемых образцов применялась разрывная машина РМ-50. Изучались изменения следующих характеристик механических свойств испытуемых материалов: относительная разрывная нагрузка. капиллярность

На рис. 1. приведены данные о влиянии времени воздействия плазмы на относительную разрывную нагрузку стекловолокна. Максимальное ее значение достигается при времени обработки  $t=3$  мин. и напряжении  $U=5$  кВ, силе тока  $0,35$  А, плазмообразующий газ Аргон.

Рис. 1 Влияние времени обработки плазмы на относительную разрывную нагрузку стекловолокна

На рис. 2 представлено изменение капиллярности стекловолокна, обработанного ВЧЕ-плазмой пониженного давления.

Рис 2 Изменение показателя капиллярности стеклоткани, обработанной в плазмообразующем газе аргон+воздух в разных режимах

При обработки стекловолокна ВЧЕ плазмой пониженного давления относительная разрывная нагрузка волокна увеличилась на  $200$  МПа при времени обработки  $t=3$  мин.,  $I=0,35$  А,  $U=5$  кВ. Максимальная капиллярность стекловолокна достигается в режиме  $I=0,35$  А;  $U=5$  кВ,  $t=7$  мин и составляет  $96\%$  по сравнению с необработанными образцами. Технология получения стекловолокна состоит из следующих операций (рис. 3) [5]: подготовка и подача шихты в стеклоплавильный сосуд. плавление шариков и эрклеза и подготовка стекломассы к формованию. заправка грубых волокон. формование волокон. охлаждение волокон. нанесение на волокна замасливателя и соединение их в нить. раскладка и намотка нити.

Рис. 3 – Технология изготовления стекловолокна

На основании проведенных исследований предлагается в технологии изготовления стекловолокна применение ВЧЕ плазмы перед операцией раскладка и намотка нити.