



Стеклопластики

Конструкционные функциональные

волокнистые композиты

Микрюков Константин Валентинович

тел. 231-89-39,

e-mail: mikrukov@kstu.ru



Темы

- Стеклопластики
- Пресс-материалы
- Премиксы



Стеклопластики

Типы стеклопластиков и их классификация

	Тип армирующего материала	Классы стеклопластиков
Ориентированные стеклопластики	Нить, ровинг	Однонаправленный ортогонально-армированный; со сложной схемой армирования
	Ткань; нетканый ориентированный клееный или вязально-прошивной материал	Стеклотекстолит
Хаотически армированные стеклопластики	Рубленая нить	На основе премиксов; препрегов, стекломатов
	Непрерывная нить	На основе матов типа ХЖКН; пресс-материалов типа АГ-4В



Особенности стеклопластиков

Материал	Плотность, кг/м ³	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, не менее	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Удельная прочность, км	Удельная жесткость км	Коэффициент теплопроводнос- ти, Вт/(м•К)	Термический коэффициент линейного расширения 10 ⁷ , К ⁻¹
<i>Металлы</i>							
Сталь Ст. 3	7800	400	200	5,10	2560	65	1,3
Алюминиевый сплав Д-16	2800	300	72	10,7	2580	150	2,2
Титан	4500	350	115	17,8	2560	—	—
<i>Древесина</i>							
Сосна	550	100	10	13,8 *	1540	0,35	0,6
Дуб	720	130	15	15,2	1750	0,5	1,0
<i>Пластмассы</i>							
Полиэтилен	960	20	0,5	2,1	52	0,3	10
Винипласт	1400	60	3	4,3	210	0,1	6,5
Пресс-порошок фенольный	1300	45	8	3,5	610	0,2	10
<i>Стеклопластики</i>							
Однонаправленный	2000	1600	56	80,0	2800	0,4	1
Стеклотекстолит	1900	500	30	26,2	1570	0,3	1,5
Хаотически армированный	1400	100	8	6,7	530	0,25	2,5



Недостатки стеклопластиков

- Структурная неоднородность и недостаточная стабильность технологии изготовления
- Чувствительность стеклопластиков к предыстории изготовления и к температурно-временному режиму последующей эксплуатации
- Анизотропия механических, теплофизических и других свойств
- Образование трещин в прослойках связующего между волокнами
- Относительно низкий модуль упругости



Структура и свойства стеклопластиков

Структура стеклопластиков определяется в основном видом, соотношением размеров армирующих элементов и расположением их в полимерной матрице. Механические характеристики стеклопластиков, в свою очередь, определяются главным образом арматурой. Исследования показывают, что структура оказывает определенное влияние также на теплофизические, светотехнические, радиотехнические, электротехнические и другие свойства композитных материалов. Это относится, прежде всего, к ориентированным стеклопластикам, свойства которых можно широко варьировать изменением структуры за счет изменения, как типа

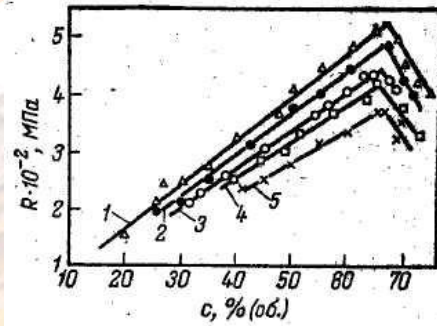


Прочностные свойства стеклопластиков

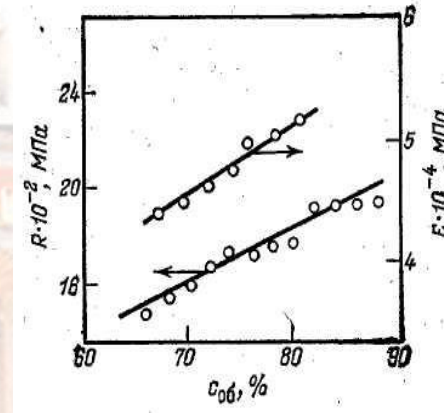
Марка ткани	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа		Разрушающее напряжение при сжатии, МПа		Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
МТБС-6,0	255	261	164	373	298	527
МТБС-5,2	246	249	130	251	132	304
МТБС-4,35	278	334	184	390	292	419
ИТМ	388	304	362	335	483	397



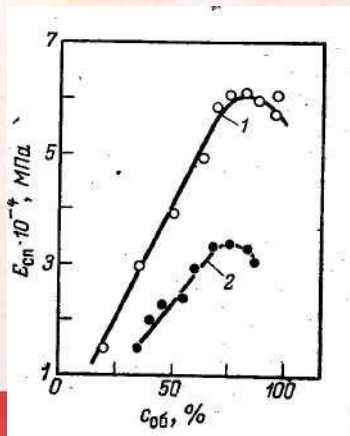
Влияние содержания КОМПОНЕНТОВ



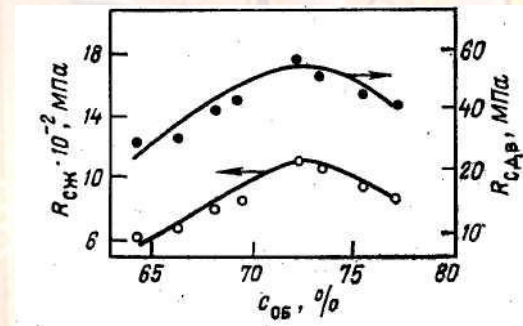
Зависимость разрушающего напряжения при растяжении стеклопластика СВАМ от объемного содержания волокон различного диаметра



Влияние объемного содержания волокна на прочность и модуль упругости при растяжении однонаправленного стеклопластика



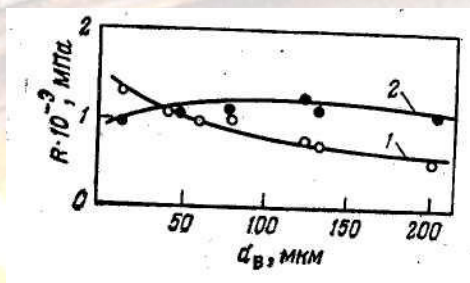
Зависимость модуля упругости от объемной концентрации волокон различного химического состава: 1 - бесщелочного; 2 - щелочного.



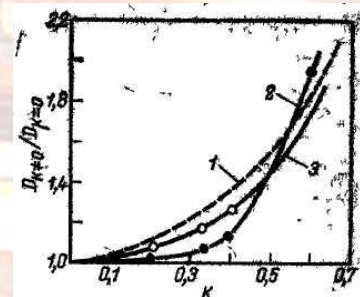
Зависимость прочности стеклопластиков при сжатии и сдвиге от объемного содержания волокна



Влияние геометрических характеристик волокон



Зависимость прочности кольцевых стеклопластиковых образцов при растяжении (1) и сжатии (2) от диаметра волокон



Теоретическая (1) и экспериментальные (2, 3) зависимости отношения жесткостей стеклопластиков равного веса на основе полых и сплошных волокон и плоских (2) и кольцевых (3) образцах от коэффициента капиллярности



Масштабный эффект прочности

Длина рабочей части образца, мм	Число испытаний	Прочность растяжения при σ_x МПа		Среднеквадратическое отклонение $S(\sigma_x)$, МПа		90%-ный доверительный интервал для $\sigma_{x>}$ МПа	Коэффициент вариации, %	
		экспериментальная	расчетная	экспериментальное	расчетное		экспериментальный	расчетный
40	27	58,0	58,0	16,7	14,0	52,5 - 63,5	28,8 ,	24
60	29	50,0	53,0	8,1	11,8	47,5 - 52,5	16,2	22
120	14	46,0	45,0	6,8	8,8	42,5 - 49,5	14,8	19
160	13	40,0	43,0	5,6	8,0	37,0 - 42,5	14,0	18



Физические свойства

- Оптические свойства
- Теплофизические свойства
- Диэлектрические свойства





Применение

- в строительстве
- в электротехнической промышленности
- в авиационной промышленности и ракетно-космической технике
- в судостроении
- в химической, нефтяной и горнодобывающей отраслях
- в производстве товаров народного потребления и спортивного инвентаря



Пресс-материалы

- стекловолокнит (ДСВ)
- гранулированный стекловолокнит (ГСП)
- прессовочный материал (АГ)



Технические характеристики ГСП-8, ГСП -32, ГСП-400

Наименование показателей	Показатели для марок			
	ГСП-8	ГСП -32		ГСП-400
		О	П	
Изгибающее напряжение при разрушении, МПа, не менее	176	100	145	59
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа, не менее	127	100	100	98
Ударная вязкость кДж/м, не менее	65	30	50	20
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 106 Гц, не более	0,04	0,04	0,04	0,05
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 06 Гц, не более	7	7	8	8
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м, не менее	10^{10}	10^{10}	10^{10}	10^{10}
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, не менее	10^{12}	10^{12}	10^{12}	10^{12}
Электрическая прочность при частоте 50 Гц, МВ/м, не менее	13,0	13,0	13,0	13,0
Массовая доля связующего, %	36+/- 2	36+/-2	36+/-2	36+/- 2
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-3,0
Стойкость к горению	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О
Коэффициент дымообразования				
— в режиме горения	21-39	21-39	21-39	21-39
— в режиме тления	61-81	61-81	61-81	61-81



Техническая характеристика прессматериала марки АГ-4

Наименование показателя	Показатели для марок	
	АГ-4С	АГ-4НС
Изгибающее напряжение при разрушении, МПа, не менее	465	465
Ударная вязкость, кДж/м, не менее	255	255
Прочность при разрыве, МПа	539	539
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа, не менее: - в направлении ориентации стеклонитей - в направлении перпендикулярном ориентации стеклонитей	255 80	196 49
Электрическая прочность при частоте 50 Гц, кВ/мм, не менее	16.0	14.0
Диэлектрическая проницаемость, при частоте 106 Гц, не более	7	7
Удельное объемное сопротивление, Ом м, не менее	10^{11}	10^{11}
Удельное поверхностное сопротивление. Ом, не менее	10^{12}	10^{12}
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 106 Гц, не более	0.04	0.04
Массовая доля влаги и летучих, %	от 2 до 5	от 2 до 5
Массовая доля связующего, %	от 28 до 32	от 28 до 32



Технические характеристики ДСВ

Наименование показателей	ДСВ-2 (неокрашенный)			ДСВ-4 (неокрашенный)		
	Л	О	П	Л	О	П
Изгибающее напряжение при разрушении, МПа, не менее	157	236	296	137	196	265
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа, не менее	127	127	127	127	127	127
Ударная вязкость кДж/м, не менее	44	69	79	34	69	88
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 106 Гц, не более	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Диэлектрическая проницаемость при частоте 106 Гц, не более	7	7	7	7	7	7
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом-м, не менее	1010	1010	1010	1010	1010	1010
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, не менее	1012	1012	1012	1012	1012	1012
Электрическая прочность при частоте 50 Гц, кВ/мм, не менее	14	14	14	14	14	14
Массовая доля связующего, %	38+/-2	38+/-2	38+/-2	38+/-2	38+/-2	38+/-2
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,5-3	0,5-3	0,5-3	0,5-3	0,5-3	0,5-3
Текущность, с	4-12	4-12	4-12	4-12	4-12	4-12
Стойкость к горению	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О	ПВ-О
Коэффициент дымообразования — в режиме горения	21-39	21-39	21-39	21-39	21-39	21-39
— в режиме тления	61-81	61-81	61-81	61-81	61-81	61-81



Премиксы

Свойства типичного премикса (полиэфирная смола и рубленое стекловолокно)

Свойство	Значение
Плотность, г/см ³	1,70-1,8
Ударная вязкость, кДж/м ²	15-30
Прочность, кгс/см ² при растяжении	200-400
при статическом изгибе	700-1000
Теплостойкость по Мартенсу, С	120-180
Диэлектрическая проницаемость при 1 МГц	4,2-6,2
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом×м	10 ¹³ -10 ¹⁴
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц	0,02-0,03

Премиксы используют для изготовления конструкционных и электротехнических изделий, деталей холодильного оборудования и кондиционеров, изолирующие конструкции воздушных линий электропередач, уплотнений обмоток крупных турбогенераторов, корпуса приборов и светильников, телефонные трубки, розетки, изоляторы и др.