



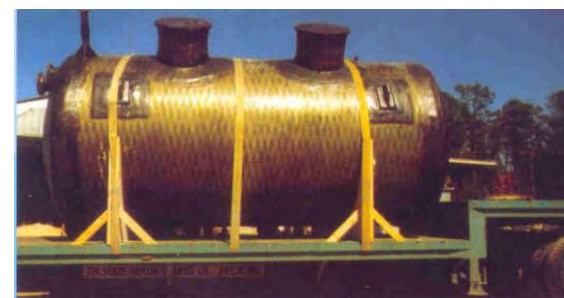
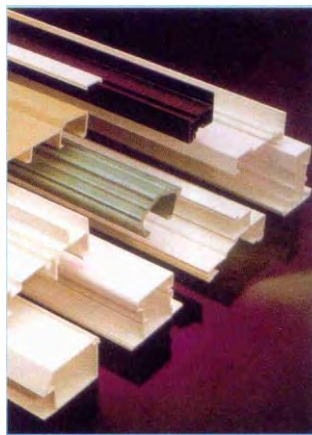
MOMENTIVE
performance materials

**Применение
органofункциональных силанов в
производстве стекловолокна для
композитных материалов**

Применение стеклопластиков (FRP)

Стекловолокно усиливает и упрочняет полимерные композиции в производстве:

- Корпусов катеров, лодок, яхт (ровинг, напыление)
- Кузовов и кабин транспортных средств (листы, SMC)
- Цистерн, резервуаров, труб (ровинг, намотка)
- Элементов электрооборудования – (ровинг, ламинирование)
- Структурных элементов (пултрузия)
- Кровельных листов (рубленое волокно)



Преимущества применения органofункциональных силанов в FRP

Применение органofункциональных силанов в замасливателях и связующих для стекловолокна помогает достичь:

- Улучшения механических свойств армированной композиции во влажном и сухом состоянии
- Стабилизации электрических свойств армированной композиции
- Улучшения технологических свойств при производстве армированных стекловолокном композитов и изделий из них
- Облегчения работы со стекловолокном при производстве композиций

Общая структура силанов



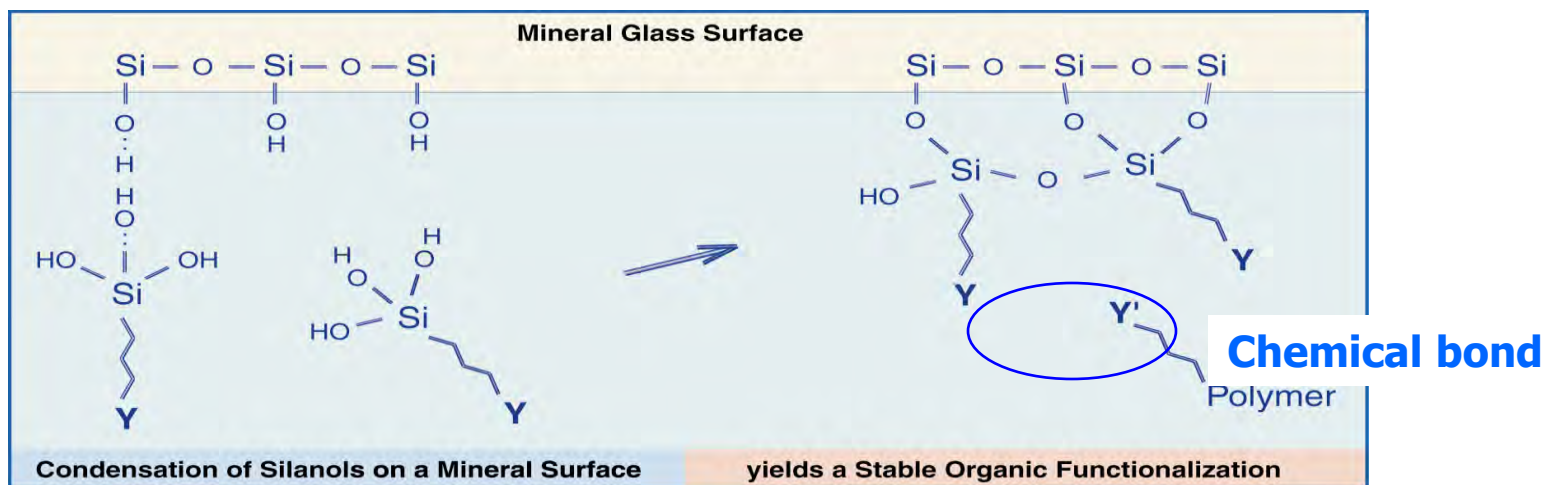
X - гидролизуемые группы - подбираются для контроля скорости гидролиза (более объемные группы замедляют гидролиз)

Y - реакционноспособные группы - подбираются для вступления в дальнейшие реакции

R - группы подбираются для удобства синтеза и последующей совместимости со смолами

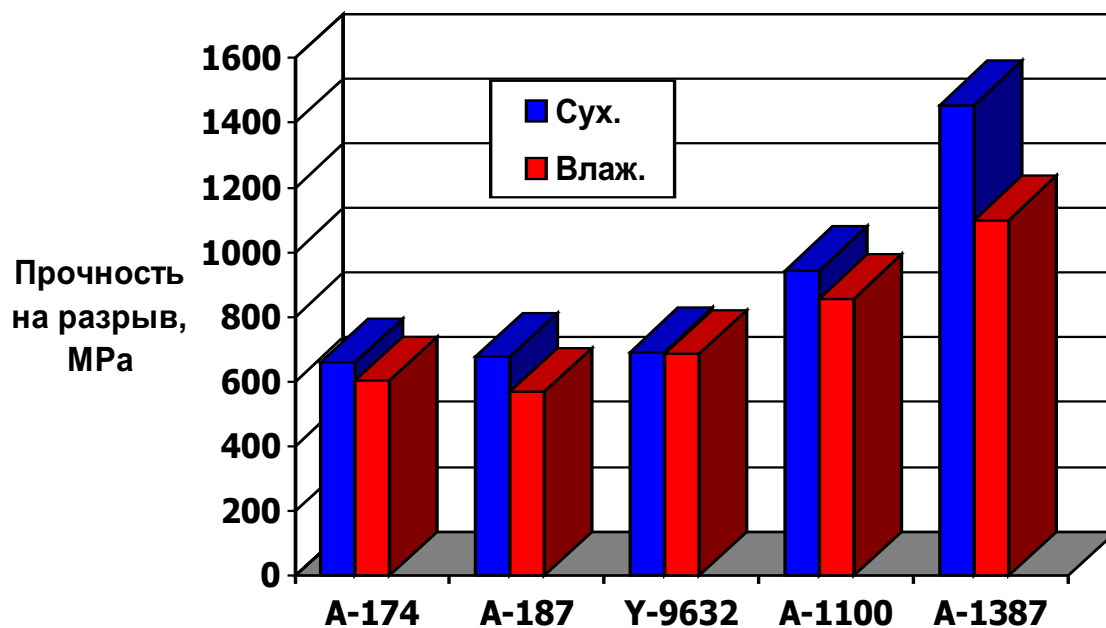
Органофункциональные силаны в композитах

В композитах силаны образуют *химические* связи между поверхностью стекловолокна и полимером.



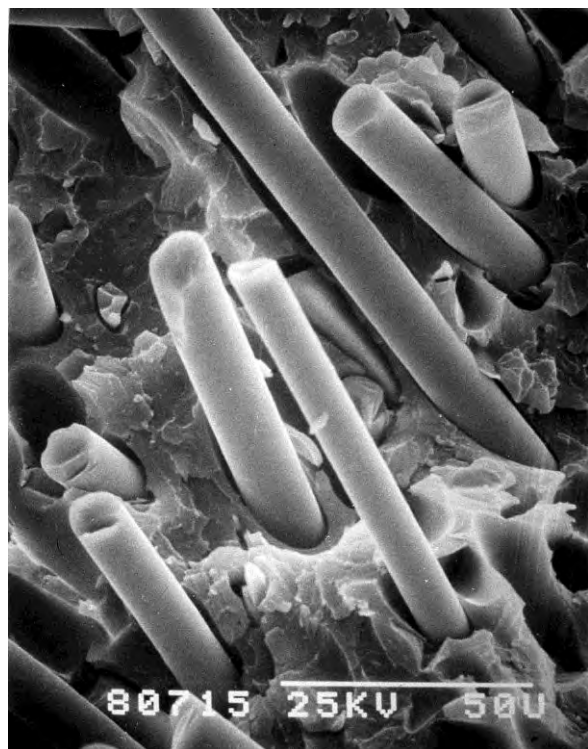
Для достижения наилучших характеристик композита рекомендуется более чем монослойное покрытие силаном.

Влияние обработки силаном на предел прочности на разрыв стекловолоконной структуры в условиях гидротермального старения

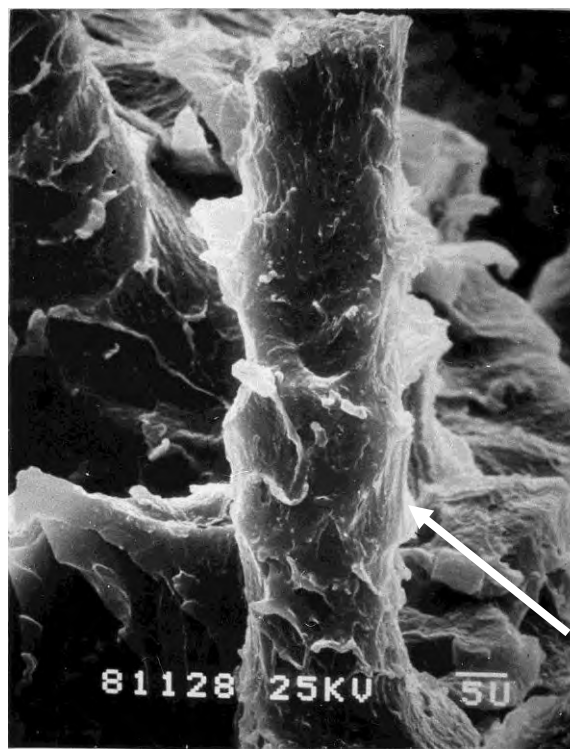


- Влажное старение снижает прочность волокна
- Мономерные силаны дают сходные величины прочности волокна
- Силилированные полиазамиды (сшитый полимер) значительно повышают прочность волокна и структуры в целом

RIM поверхности стеклонаполненного полиуретана



Без силана (б\с)



Композит
выдержан 24
часа в
кипящей воде

Матрица
связана с
волокном

Silquest[®] A-1100 silane

Силан улучшает адгезию (за счет химических связей) между стекловолокном и полимером, в т.ч. во влажной среде

Типичный замасливатель стекловолокна для армирования (компоненты)

Силан, связующий агент	0.3 – 0.6%
Пленкообразователь	3.5 – 15.0%
Смачиватель	0.1 – 0.3%
ПАВ	0.0 – 0.5%
Антистатик	0.0 – 0.3%
Вода (деионизованная)	до 100%

Пленкообразователь – органическая смола, обычно в виде водной дисперсии - защищает волокно и связывает отдельные филаменты в структуру.

Как выбирать органофункциональные силаны для FRC композитов?

Факторы, влияющие на активность силанов

Активность силанов в композитах зависит от многих параметров, в частности:

- структуры силана
- концентрации силана на волокне
- pH замазливателя (покрытия)

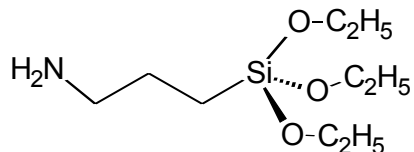
Важность каждого из этих параметров продемонстрируем на примере эпокси композитов.

Композит: 11 слойный ламинат (61% стекловолокна)

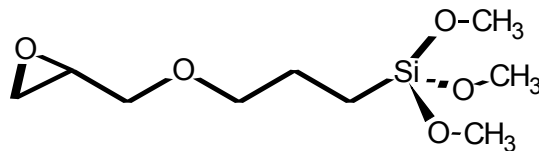
Смола: диглицидилэфир бис-фенола А (Shell Epon 828)

Отвердитель: 1,3-фенилендиамин

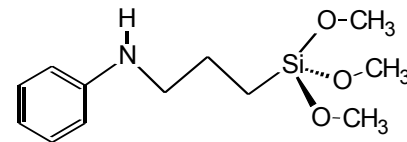
Сшивка: 1 час при 150 °C



Silquest* A-1100

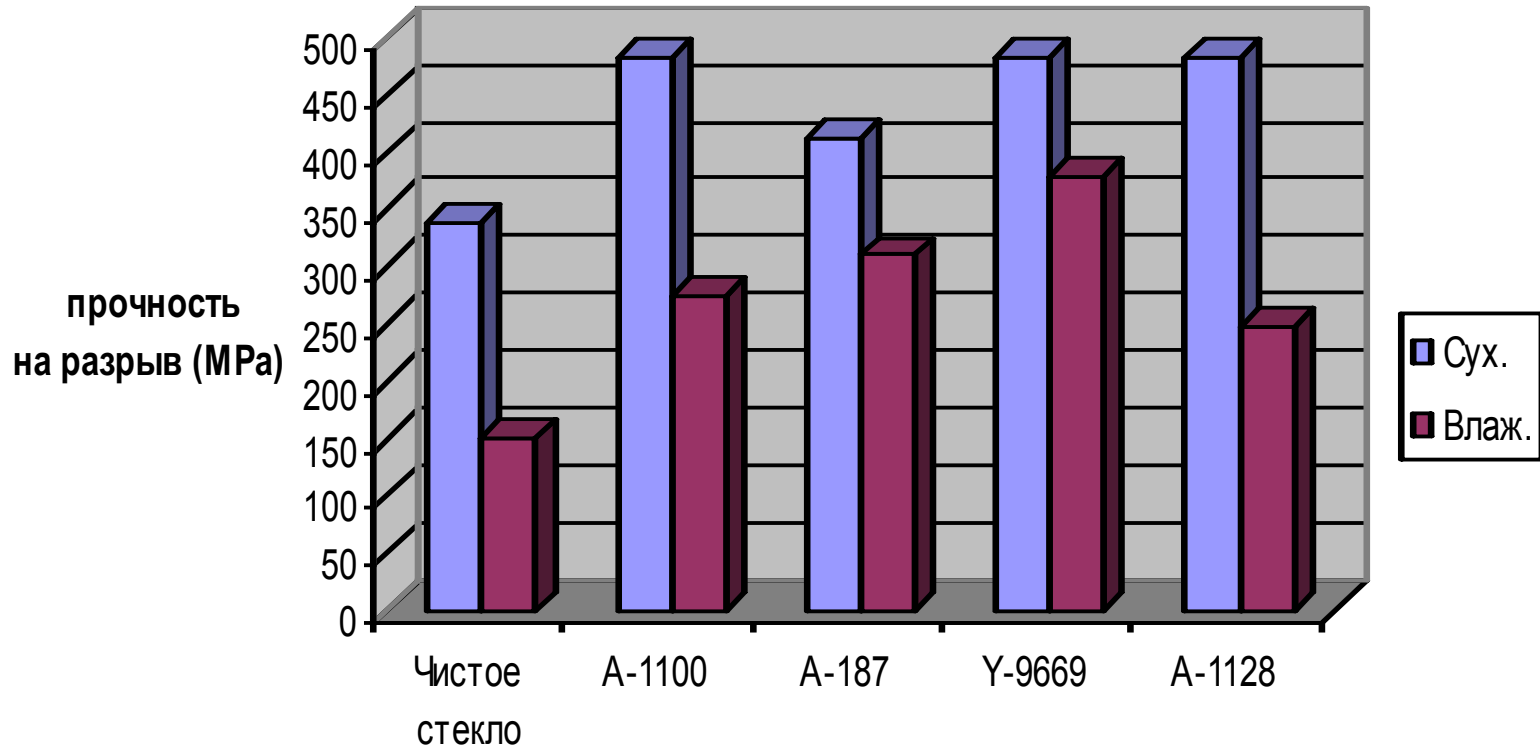


Silquest* A-187



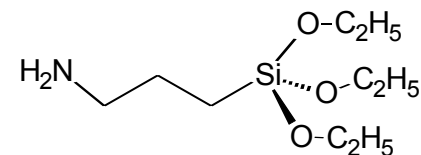
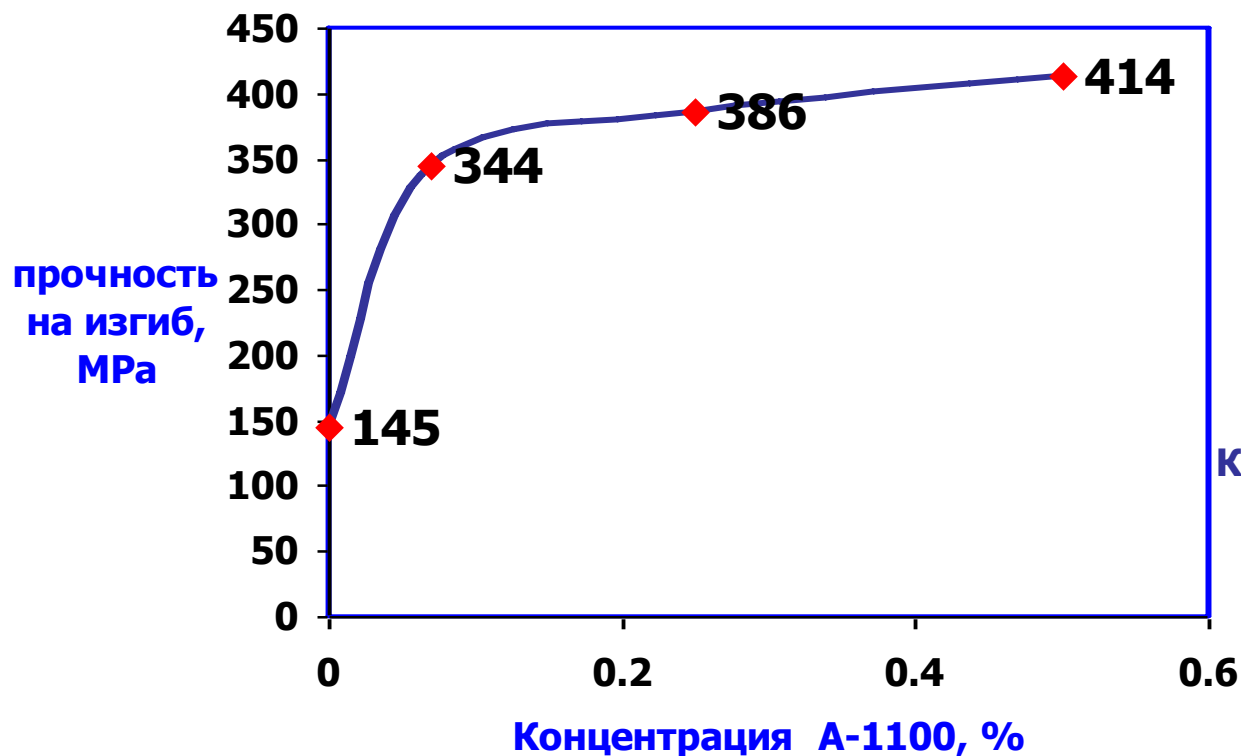
Silquest* Y-9669

Влияние структуры силана на прочность композита



Эпокси ламинат с Е-стеклом
Кипячение в течение 72 часов

Влияние концентрации силана на прочность композита

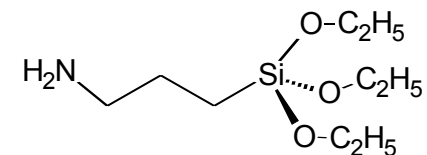
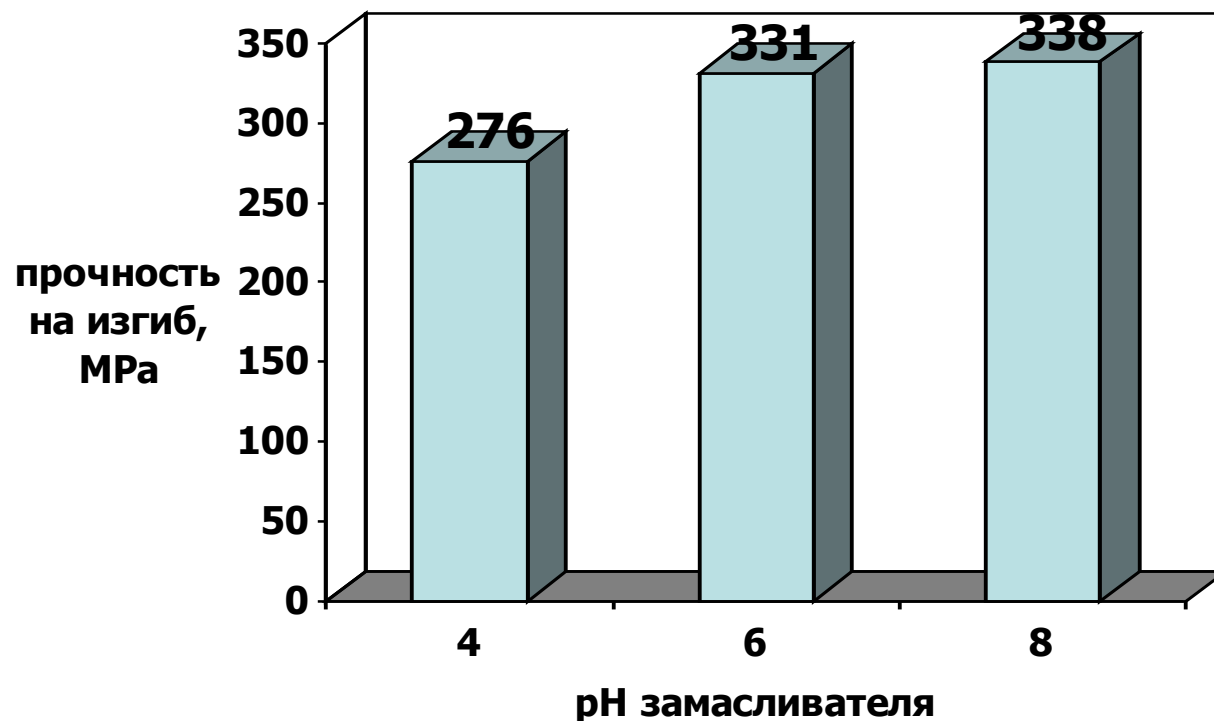


Silquest* A-1100

**Эпокси ламинат
Кипячение в течение 72 часов**

- Силан повышает прочность композита во влажном состоянии уже при небольших концентрациях
- Оптимальное количество силана определяется экспериментально

Влияние pH замастивателя, содержащего аminosилан, на прочность композита



Silquest* A-1100

**Эпокси ламинат
Кипячение в
течение 72 часов**

Silquest* A-1100 положительно влияет на влажное старение, когда применяется из нейтрального или слегка щелочного замастивателя

Активность HE-аминных силанов не зависит от pH замастивателя

Соответствие типа органофункциональных силанов различным FRC композитам

Влияние структуры органофункционального силана на прочность композита с ненасыщенным полиэфиром

Y - R- SiX₃

прочность на изгиб, МПа

<u>Y - группа</u>	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	<u>Вл./Сух.</u>
Б\с	420	158	38%
CH ₃ CH ₂ -	296	204	68%
CH ₂ =CH-	475	420	88%
CH ₂ =C(CH ₃)CO ₂ (CH ₂) ₃ -	600	544	91%

композит: пултрудированный пруток 0.63 см диаметром и 4.45 см длиной (62% стекловолокна по весу)

Смола - Arapol 7240 (ненасыщенный полиэфир, растворенный на 50% в стироле)

Соответствие Y – группы реактивности смолы улучшает свойства композита:

- винил реагирует более медленно, чем стирол в полиэфирной смоле
- метакрилат соответствует реактивности смолы

Влияние структуры органофункционального силана на прочность композита с ненасыщенным полиэфиром



прочность на изгиб, МПа

<u>Х - группа</u>	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	<u>Вл./Сух.</u>
-Cl	468	400	85%
-OCH ₃	448	406	90%
-OCH ₂ CH ₃	455	393	86%
-OCH ₂ CH ₂ OCH ₃	441	393	89%
-OC(=O)CH ₃	441	393	89%

композит: пултрудированный пруток 0.63 см диаметром и 4.45 см длиной (62% стекловолокна по весу)

Смола - Arapol 7240 (ненасыщенный полиэфир, растворенный на 50% в стироле)

Различные X группы дают почти одинаковые результаты

Влияние структуры органофункционального силана на прочность полиамидного композита

Polyamide ZYTEL DuPont (порошок, 50 mesh)



<u>Силан</u>	прочность на изгиб, МПа			удар. Вяз- кость, J/m ²
	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	<u>Вл./Сух.</u>	
Б\с	161.3	74.5	46.2%	1.27
A-187	244.1	137.2	56.2%	3.98
A-1100	250.2	135.1	54.0%	3.74
A-1126	251.0	129.6	51.6%	3.80
A-1128	260.6	135.5	52.4%	3.79
A-1130	242.0	124.8	51.6%	3.48

Наилучшие
общие
свойства

Кипячение в течение 24 часов

Влияние структуры органофункционального силана на прочность термопластичного полиэфирного композита

General Electric (Sabic) VALOX (порошок, 50 mesh), PBT

	прочность на разрыв, МПа		
<u>Силан</u>	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	<u>Вл./Сух.</u>
Без стекла	48.2	48.9	101.6%
Б\с	88.2	54.5	61.7%
A-1100	119.3	95.2	79.8%
A-1128	107.6	80.6	75.0%
A-187	116.5	90.9	78.0%

Прочность на разрыв PBT смолы (без стекла) не подвержена влиянию влаги.

Силан повышает на 30% прочность на разрыв PBT композита

A-1100 дает лучшие результаты

Кипячение в течение 24 часов

A-187 используется, когда важен цвет композита

Влияние структуры органофункционального силана на прочность полипропиленового композита

Hercules PROFAX 6523

$\text{H}[\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2]_N\text{H}$ (порошок)

<u>Силан</u>	прочность на разрыв, МПа		<u>удар.вяз-</u> <u>кость, J/m²</u>	
	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>		
Без стекла	29.6	31.0	0.67	
Б\с	33.8	29.6	1.22	
A-1100	38.6	34.5	2.57	Без применения
A-1128	40.0	36.5	--	пероксида стекловолокно,
A-174	41.4	37.2	3.39	обработанное A-174, дает наилучший баланс свойств композита

Кипячение в течение 24 часов

Влияние добавления этилен этилакрилата на прочность полипропиленового композита

Shell 5520

$\text{H}-[\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2]_N\text{H}$ (размолотый)

<u>Силан</u>	<u>ЕЕА, %</u>	<u>прочность на изгиб, МПа</u>	<u>прочность на разрыв, МПа</u>
Б\с	0.8	62	44
Б\с	1.6	58	46
А-1100	0.8	76	54
А-1100	1.6	90	63

Молярное соотношение А-1100 к ЕЕА - 1:1.

Кипячение в течение 24 часов

А-1100 совместно с ЕЕА дает наилучшие результаты

Влияние структуры органофункционального силана с добавлением пероксида на прочность полипропиленового ламината

<u>Силан</u>	<u>Пероксид</u>	<u>прочность на изгиб, МПа</u>		
		<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	
б\с	нет	91	68	
б\с	Diсup	94	53	Винилсилан А-151 в сочетании с пероксидом обеспечил максимальную прочность
А-174	нет	137	114	
А-174	Diсup	191	151	
А-151	нет	110	108	
А-151	Diсup	200	176	

Выдержка в горячей воде при 49°С в течение 16 часов.

Стеклоткань Clark Schwebel 181 пропитана раствором, содержащим 0.5% силана и 1.5 % дикумил пероксида (Diсup).

Ламинаты были изготовлены из 11-ти слоев стеклоткани и листового полипропилена формованием при 204°С в течение 20 минут.

Влияние структуры органофункционального силана с добавлением пероксида на прочность ламината со стирол-акрилонитрил сополимером

Union Carbide C-11



Прочность
на изгиб, МПа

<u>Силан</u>	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	
Б\с	312	174	Эпоксисиланы А-187 и А-186 показали наилучшие результаты
А-174	360	329	
А-151	300	228	
А-1100	284	252	
А-187	441	381	
А-186	443	436	

Выдержка в горячей воде при 49°C в течение 16 часов.

Стеклоткань Clark Schwebel 181 была обработана водным 0.5% раствором силана и высушена.

Полотно пропитано 23% раствором стирол-акрилонитрила в ацетоне и высушено при 135°C в течение 1 часа.

Ламинат был изготовлен формованием из 11 слоев полотна при 260°C в течение 30 мин и содержал 58% стекловолокна.

Влияние структуры органофункционального силана на прочность ламината с фенольной смолой

Union Carbide Phenolic BLS-3135

<u>Силан</u>	прочность на изгиб, МПа			
	<u>Сух.</u>	<u>Влаж.</u>	<u>Сух.ст.</u>	<u>Влаж. ст.</u>
Б\с	213			
А-1100	441	427	151	90
У-9669	448	455	283	234

Выдержка в течение 192 часов при 260°C и кипячение в течение 24 часов.

Стеклоткань Clark-Schwebel 181 была обработана 0.5% раствором силана (50:50 - метанол:вода) и высушена.

Полотно пропитано фенольной смолой, высушено на воздухе, и В-стадия проведена при 121°C в течение 3.5 минут.

Ламинаты были изготовлены из 14 слоев полотна и отформованы при 166°C в течение 15 мин, при 163°C - 24 часа, при 218°C - 24 часа и при 260°C - 4 часа.

Указатель по выбору силанов

Смолы	Silquest® Silane
Полиамиды	A-187, A-1100, A-1128, A1130
Полиэфир	A-1100, A-187, A-1128
Полипропилен	A-174, A-1128, A-1100
Полипропилен + пероксид	A-151, A-174
Полипропилен + ЕЕА	A-1100
Полиэтилен	A-151, A-174, A-1100, A-187
Стирол-Акрилонитрил	A-187, A-186, A-174, A-151
Фенольная смола	Y-9669, A-1100
Полиимид	Y-9669

Красным выделены наиболее предпочтительные материалы

***По вопросам приобретения силанов
просьба обращаться в отдел продаж
по телефону (495) 961-34-38***

www.korsil.ru