

Профили со стандартной структурой



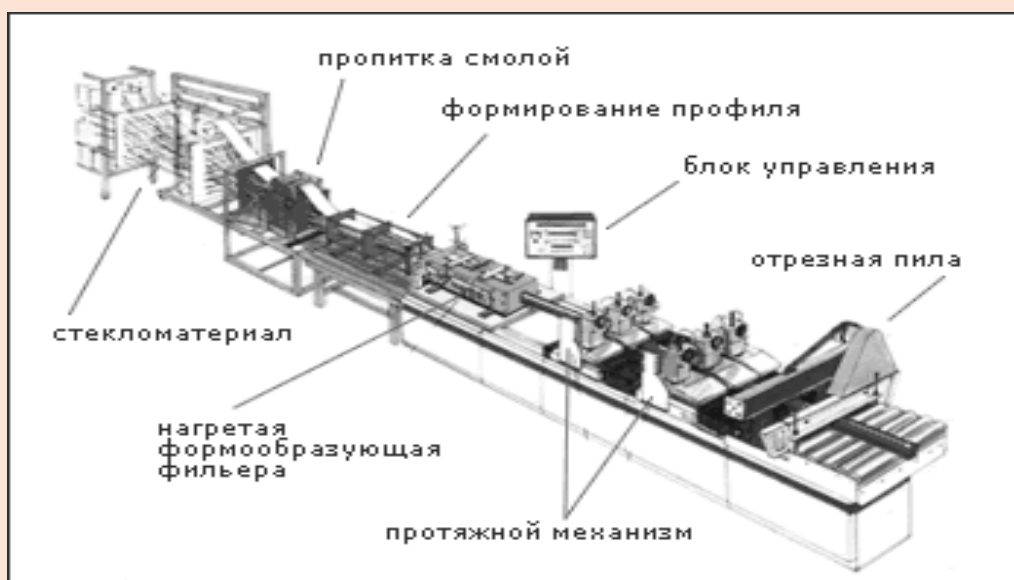
Мосты из стеклокомпозита легко установить даже в трудно доступных местах

Системы платформ из стекловолокна идеальны для использования в высококоррозионной среде



Интегрированная система строительства - легкий вес, простая установка, не требует обслуживания.

Процесс пултрुзии



Пултрузия - непрерывный технологический процесс получения профилей путём вытяжки через нагретую формообразующую фильеру стекломатериалов, пропитанных термореактивной смолой. В фильере происходит управляемый термореактивный процесс полимеризации смолы. На выходе получается полностью сформированный профиль заданной конфигурации. При этом готовые изделия на 45% и более состоят из стекловолоконного материала. Готовый профиль не требует какой-либо дальнейшей обработки. Длина изделия не ограничена и определяется потребностями заказчика или определяется возможностями транспортировки.

Преимущества процесса

Данный процесс обеспечивает максимальное разнообразие дизайна профилей.

По заказу в композит можно заложить определенные характеристики прочности (к примеру: огнестойкости, различные физико – механические свойства, электрические и т.д.).

Цвет однороден по всему перекрестному разделу профиля, во многих случаях это устраняет потребность в дополнительной покраске, но профили из стеклокомпозита легко окрашиваются благодаря отличной адгезии.

Посредством процесса пултрузии возможно производить как простые, так и сложные профили. Это упрощает пост производственную сборку компонентов. Использование данных профилей повышает качество готовых изделий и структур.

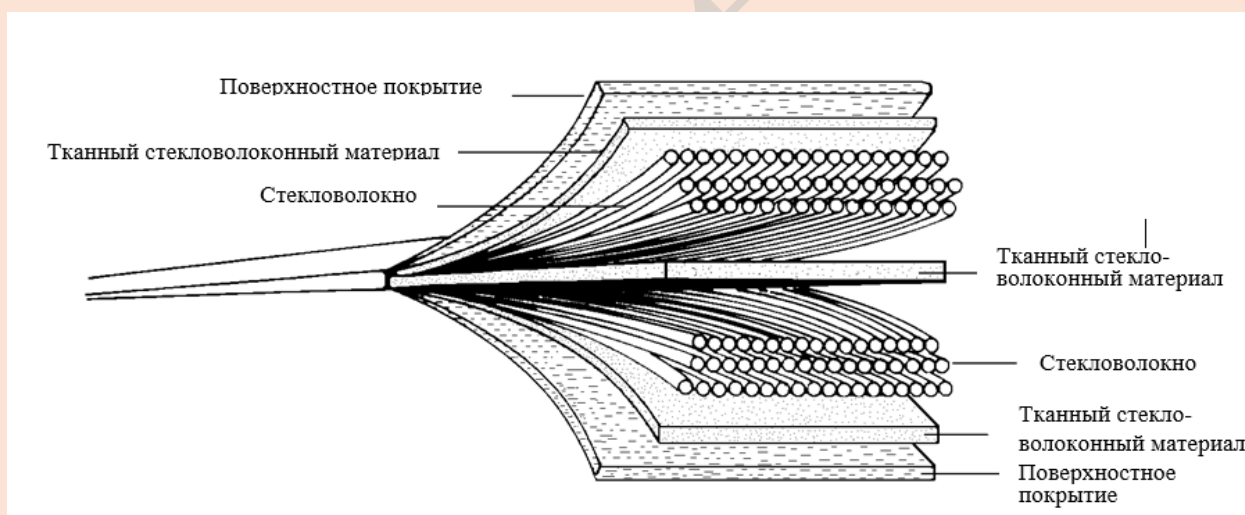
Стандартные стекловолоконные профили выпускаются в далее указанных сериях:

- Серия на полиэфирной основе – **P1**.
- Серия на акриловой основе с повышенной степенью огнестойкости – **M1**.

Области применения

- ✓ Гражданское и промышленное строительство
- ✓ Мосты, переходы
- ✓ Коммуникации
- ✓ Транспорт
- ✓ Химическая промышленность
- ✓ Энергетика
- ✓ другие отрасли.

Материал соответствует Европейской норме EN 13706



Введение в проектирование с пултрузионным композитом

Стекловолоконный композит, изготовленный методом пултрузии, производится на основе тканых и не тканых стекловолоконных материалов (наполнителей) и различных смол (связующих). Пултрузия даёт возможность проектировать компоненты изделия с определенными характеристиками и широким диапазоном структурных свойств в конечном изделии.

Типичные структурные изделия содержат от 45 % до 75 % наполнителя. Этот тип композита широко используется в пултрузионной промышленности и обладает стандартными механическими свойствами, которые при необходимости могут изменяться. Пределы прочности, например, могут измениться от 40 МПа до 1000 МПа, в зависимости от наполнителей, ориентации волокна и выбора смолы.

Первичный используемый тип - Е-стекло (табл.1.1). Другие наполнители являются более дорогостоящими, в связи с чем в строительстве используются реже.

Таблица 1-1 Типовые свойства волокна

Свойства	Е-стекло
Плотность (Mg/m^3)	2.6
Предел прочности при растяжении (GPa)	3.4
Модуль упругости при растяжения (GPa)	72.4
Удлинение до разрыва (%)	4.8

Свойства смол

На определение используемого типа смолы влияют различные факторы, например, такие как, коррозионность окружающей среды, температурное влияние, необходимость в огнестойкости.

Полиэфиры - первичные смолы, используемые в пултрузии. Доступен широкий диапазон полиэфиров с различными характеристиками. Свойства и потребность в этих различных смолах определяются конечным продуктом (табл.1.2).

Огнестойкие полиэстеры также доступны. Огнестойкость может изменяться путем смешивания различных смол. Некоторые из доступных результатов спецификации воспламеняемости и испытаний представлены далее в таблице 1.5. Для наивысшей огнестойкости применяются фенольная или другие специальные смолы.

Таблица 1-2 Типовые свойства смол (стандарт LVS EN ISO 527)

Свойства	Полиэфир
Предел прочности при растяжении (MPa)	77.2
Удлинение %	4.5
Предел прочности при изгибе (MPa)	122.8
Модуль упругости при изгибе (GPa)	3.0
Температура деструкции ($^{\circ}\text{C}$)	71.1
Предел прочности при срезе (короткая балка) (MPa)	31.0

Физико-механические свойства профилей

Табл. 1-3 Прямоугольные трубы, квадратные трубы, круглые трубы, швеллеры, уголки (метрическая версия)

Свойства	Единица измерения	Серии M1, P1
Механические свойства (стандарт LVS EN ISO 527)		
Предел прочности при растяжении (вдоль)	MPa	226,9
Предел прочности при растяжении (поперёк)	MPa	51,6
Модуль упругости при растяжении (вдоль)	GPa	17,2
Модуль упругости при растяжении (поперёк)	GPa	5,5
Предел прочности при сжатии (вдоль)	MPa	226,9
Предел прочности при сжатии (поперёк)	MPa	113,4

Модуль упругости при сжатии (вдоль)	GPa	20,6
Модуль упругости при сжатии (поперёк)	GPa	6,9
Предел прочности при изгибе (вдоль)	MPa	226,9
Предел прочности при изгибе (поперёк)	MPa	75,6
Модуль упругости при изгибе (вдоль)	GPa	11
Модуль упругости при изгибе (поперёк)	GPa	5,5
Модуль упругости	GPa	19,2-22,0
Швеллер (полное сечение ²)	GPa	19,2
Квадратная и прямоугольная трубы (полное сечение ²)	GPa	22,0
Модуль сдвига	GPa	2,9
Максимальная несущая способность (вдоль)	MPa	206,2
Максимальная несущая способность (поперёк)	MPa	123,7
Коэффициент Пуассона (вдоль)	mm/mm	0,35
Коэффициент Пуассона (поперёк)	mm/mm	0,15
Относительное удлинение		1,7 – 2,0%
Физические свойства (стандарт LVS EN ISO 527)		
Твёрдость по Барколю		45
Водопоглощение	%Max	0,6
Плотность	Mσ / M³	1,66-1,93
Коэффициент линейного расширения (вдоль)	10 ⁻⁶ / K	8
Теплопроводимость (активная проводимость) (перпенд.)	W/MK	0,58
Электрические свойства		
Электрическая прочность (вдоль) (стандарт теста IEC 60234)	kV/mm	до 1,58
Электрическая прочность (перпенд.) (стандарт теста IEC 60234)	kV/mm	до 7,9
Дуга сопротивления (вдоль)	секунды	120
Диэлектрическая постоянная проницаемость (перпенд.)	60 Hz	5,2

Табл. 1-4 Двутавр и широкополочная балка (метрическая версия)

Свойства	Единица измерения	Серии M1, P1
Механические свойства (стандарт LVS EN ISO 527)		
Полная секция		
Модуль упругости	GPa	26,8-27,6
(12,7mm толщина профиля) (полное сечение ²)	GPa	26,8
(6,4mm и 9,5mm толщина профиля) (полное сечение ²)	GPa	27,6
Модуль сдвига (полное сечение ²)	GPa	3,4
Напряжение при изгибе (полное сечение ²)	MPa	226,9
Полочки		
Предел прочности при растяжении (вдоль)	MPa	275
Модуль упругости при растяжении вдоль	GPa	28,6
Предел прочности при сжатии (вдоль)	MPa	315,7
Предел прочности при сжатии (поперёк)	MPa	122,4
Модуль упругости при сжатии (вдоль)	GPa	26,5
Модуль упругости при сжатии (поперёк)	GPa	13,1
Предел прочности при изгибе (вдоль)	MPa	295,2
Модуль упругости при изгибе (вдоль)	GPa	13,7
Максимальная несущая способность (вдоль)	MPa	226,9
Максимальная несущая способность (вдоль ³)	MPa	158,1
Коэффициент Пуассона (вдоль)	mm/mm	0,35
Коэффициент Пуассона (поперёк)	mm/mm	0,12

Относительное удлинение		1,7 – 2,0%
Перегородка		
Предел прочности при растяжении (вдоль)	MPa	208,3
Предел прочности при растяжении (поперёк)	MPa	72,2
Модуль упругости при растяжении (вдоль)	GPa	21,3
Модуль упругости при растяжении (поперёк)	GPa	9,6
Предел прочности при сжатии (вдоль)	MPa	257,8
Предел прочности при сжатии (поперёк)	MPa	97,6
Модуль упругости при сжатии (вдоль)	GPa	19,2
Модуль упругости при сжатии (поперёк)	GPa	13,1
Предел прочности при изгибе (вдоль)	MPa	297,8
Предел прочности при изгибе (поперёк)	MPa	119,3
Модуль упругости при изгибе (вдоль)	GPa	13,1
Модуль упругости при изгибе (поперёк)	GPa	12,0
Максимальная несущая способность (вдоль)	MPa	233,6
Максимальная несущая способность (поперёк)	MPa	206,2
Коэффициент Пуассона (вдоль)	mm/mm	0,35
Коэффициент Пуассона (поперёк)	mm/mm	0,12
Относительное удлинение		1,7 – 2,0%
Физические свойства (стандарт LVS EN ISO 527)		
Твёрдость по Барколю		33
Водопоглощение	%Max	0,6
Плотность	Mg / M ^ 3	1,66-1,93
Коэффициент линейного расширения (вдоль)	10 ^ - 6K ^ -1	8
Теплопроводимость (перпенд.) (активная проводимость)	W/Mk	0,58

Механические свойства	Единица измерения	Серии M1, P1
Электрические свойства		
Электрическая прочность (вдоль) (стандарт IEC 60234)	kV/mm	до 1,58
Электрическая прочность (перпенд.) (стандарт IEC 60234)	kV/mm	до 7,9
Дуга сопротивления (вдоль)	секунды	120
Диэлектрическая постоянная проницаемость (перпенд.)	60 Hz	5,2

Табл. 1-5

Свойства	№ Стандарта (нормы)	Серия P1	Серия M1
Экспериментальные методы определения группы горючести твердых веществ и материалов	LVS 263; 2000	Трудногорючий, самозатухающий	Трудногорючий
Огнестойкость зданий. Класс горючести	LBN 201-07 Табл. 11 LBN 201-07	B	A2/B
Тушение воспламеняемости	ASTM D635	Не тлеющий	Не тлеющий

Типичные электрические свойства профилей всех сечений

Таблица 1-6

Электрические свойства	полиэфирная серия
Электрическая прочность, (вдоль) (стандарт IEC 60234)	до 1.58 kV/mm
Электрическая прочность, (перпенд.) (стандарт IEC 60234)	до 7.9 kV/mm
Диэлектрическая постоянная, 60 Hz. (перпенд.)	5.2

Фактор рассеивания/утечки 60 Hz.(перпенд.)	0.03
Дуга сопротивления (указывает значение измерения в продольном направлении)	120 секунд

Влияние температуры на механические характеристики профилей

Повышенная температура по-разному влияет на механические характеристики компонентов композитного материала.

Температура (до 50°C) практически не влияет на прочностные и жесткостные характеристики армирующих стекловолокон и стекломата, составляющих примерно 70% объемного содержания материала пултрузионного полиэфирного стеклопластикового профиля. Поэтому влияние рабочей температуры в диапазоне до 50°C на механические характеристики композитного профиля будет, несомненно, существенно меньше, чем на чистую полиэфирную смолу.

Количественная оценка этого влияния зависит от типа напряженного состояния профиля (изгиб, растяжение, сжатие, кручение или комбинированная нагрузка), величины действующих нагрузок, геометрических размеров профиля и длительности работы при повышенной температуре. Наиболее чувствительным представляется работа профиля на изгиб, при котором вклад полимерного связующего в работу композита наибольший. Нормы европейского кода проектирования композитов рекомендуют использовать коэффициенты фактора безопасности 1,3 и 3,2 для учета кратковременного и длительного влияния повышенной температуры (см. главу 2, таблицу нагрузок).

Влияние длительной постоянной нагрузки

Ползучесть – увеличение деформации армированного стекловолоконного композитного материала при длительной и постоянной нагрузке. Стекловолоконному композитному материалу присуще вязко-упругое поведение.

На основании исследовательских данных на ползучесть стекловолоконного композитного материала полученного методом пултрузии коэффициент уменьшения продольного модуля упругости E_x при длительной постоянной нагрузке определяется по электрической формуле:

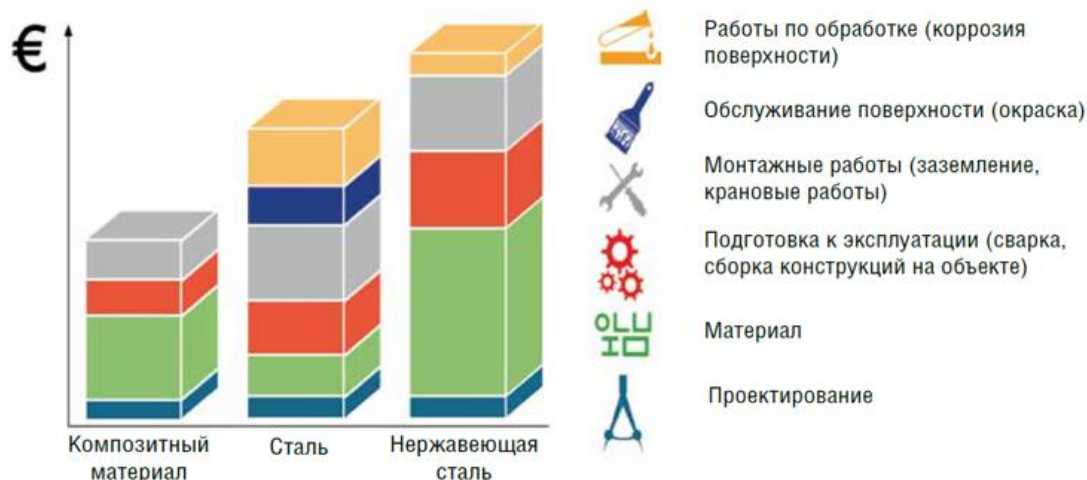
$$K = \frac{1}{1 + \frac{10}{8} \cdot t^{\delta}}$$

где : $\delta = 60...80$ – временный параметр, определяемый исходя из данных ползучести за 1000 – 2000 часов t – время эксплуатации в годах.

Для композитного материала из стеклянных волокон и полиэстера после 50 лет под воздействием постоянной нагрузки уменьшение продольного модуля упругости составляет не более 20%.

Сравнительные показатели: композит с другими материалами

Затраты на периоды производства строительных работ и дальнейшей эксплуатации конструкции.



Преимущества композитных конструкций по сравнению с металлическими

Фактор	Традиционные металлические конструкции	Композитные конструкции
Безопасность	Падения в результате подскользывания являются второй основной причиной травматизма на производстве и одной из основных причин смертельных несчастных случаев.	Противоскользящие поверхности пластикового настила (в случаях вогнутой или зернистой поверхности настила) значительно снижают возможность возникновения несчастного случая.
Монтаж конструкции	Для установки металлических конструкций необходимо мощное спускоподъемное оборудование, дополнительные затраты рабочей силы на резку, сварку, окраску и обработку кромок конструкций.	Конструкции из армированного стекловолокном пластика не требуют мощного спускоподъемного оборудования. Для их установки необходимо минимальное количество рабочей силы, поскольку установка конструкций легко производится с помощью ручного инструмента. Конструкции из стеклопластика не требуют окраски или обработки кромок.
Обслуживание конструкции	В высококоррозионных средах, имеющих место в нефтехимической, нефтеперерабатывающей и судостроительной отраслях, металлические конструкции требуют интенсивного обслуживания и часто разрушаются после нескольких лет эксплуатации, вследствие чего требуются многократные их замены.	Конструкции из стеклопластика имеют значительный срок эксплуатации (20 лет) и требуют минимального обслуживания. Системы конструкций окупаются после одного цикла обслуживания.

Характеристики композитного профиля

Механические свойства (стандарт EN ISO 527)		
Предел прочности при растяжении (вдоль)	MPa	226,9
Предел прочности при растяжении (поперёк)	MPa	51,6
Модуль упругости при растяжении (вдоль)	GPa	17,2
Модуль упругости при растяжении (поперёк)	GPa	5,5
Предел прочности при сжатии (вдоль) MPa	MPa	226,9
Предел прочности при сжатии (поперёк)	MPa	113,4
Модуль упругости при сжатии (вдоль)	GPa	20,6
Модуль упругости при сжатии (поперёк)	GPa	6,9
Предел прочности при изгибе (вдоль)	MPa	226,9
Предел прочности при изгибе (поперёк)	MPa	75,6
Модуль упругости при изгибе (вдоль)	GPa	11
Модуль упругости при изгибе (поперек)	GPa	5,5
Модуль упругости	GPa	19,2-22,0
Модуль сдвига	GPa	2,9
Коэффициент Пуассона (вдоль)	mm/mm	0,35

Свойства	Стеклокомпозит	ПВХ	Сталь	Алюминий
Плотность, т/м ³	1.6-2.0	1,4	7,8	2,7
Разрушающее напряжение при сжатии (растяжении), МПа	220	41-48	235-480	180-210
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	220	80-110	400	275
Модуль упругости, ГПа	21	2,8	210	70
Коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$	8	57-75	11-14	140-190
Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	0.25-0.33	0,3	46	140-190
Коррозийная стойкость	Отличная	Отличная	Плохая	Средняя

