



***Конструкционные
функциональные волокнистые
КОМПОЗИТЫ***

лектор

к.т.н., доцент

Микрюков Константин Валентинович



Темы

- Стекланные волокна
- Органические волокна
- Углеродные волокна
- Борные волокна
- Керамические волокна
- Коротковолокнистая арматура



СТЕКЛЯННЫЕ ВОЛОКНА

- Природа СВ и способы получения
- Виды и формы СВ
- Основные свойства СВ
- Ассортимент и применение
- Высокосиликаты (кварцевые волокна)



Технология получения

- вытягивание волокон из расплавленной массы через фильеры (одностадийный процесс)
- вытягивание волокон из стеклянных штабиков при их разогреве (двухстадийный процесс)
- получение штапельного волокна путем расчленения струй стекломассы под воздействием центробежных сил или потоков воздуха, газа, пара.

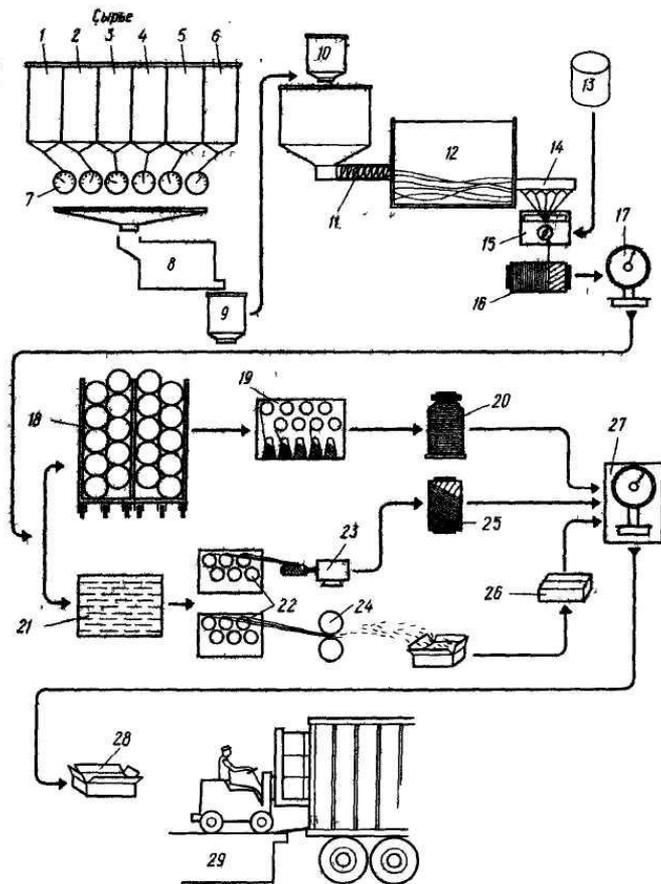


Состав стекловолокон, %

Состав	Марка стекла			
	А (высокощелочное)	С (химически-стойкое)	Е (электроизоляционное)	С (высокопрочное)
Окись кремния	72,00	64,6	54,3	64,20
Окись алюминия	0,6	4,1	15,2	24,80
Окись железа	—	—	—	0,21
Окись кальция	10,00	13,2	17,2	0,01
Окись магния	2,5	3,3	4,7	10,27
Окись натрия	14,2	7,7	0,6	0,27
Окись калия	—	1,7		—
Окись бора	—	4,7	8,0	0,01
Окись бария	—	0,9	—	0,20
Прочие вещества	0,7	—		—



Схема одностадийного получения стекловолокна



- 1 - глина; 2 - известняк; 3 - уголь; 4 - кварцевый песок; 5 - флюорит; 6 - борная кислота; 7 - автоматические дозаторы; 8 - смеситель; 9, 10 - бункера; 11 - шнековый питатель; 12 – ванна; 13 - секция приготовления замасливателя (шлихты); 14 - платиновые фильеры (бушинги с электронагревом и автоматическим управлением); 15 - замасливатель; 16 - высокоскоростное намоточное устройство; 17, 27 - посты контроля и взвешивания; 18 - камера для кондиционирования волокна; 19 - крутильные машины; 20 - участок отделки и упаковки пряжи; 21 - участок термообработки; 22 - шпулярники; 23 - намоточная машина для ровинга; 24 - резальная машина; 25 - ровинг; 26 - резаное волокно (штапель); 28 - участок упаковки; 29 - участок отгрузки продукции

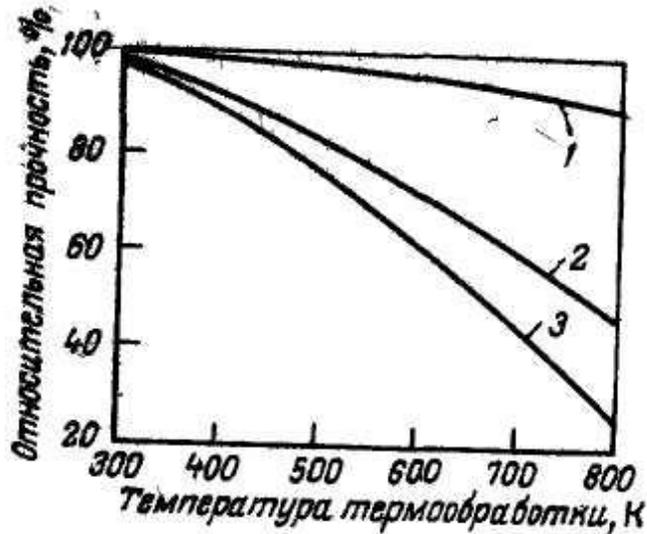


Механические свойства

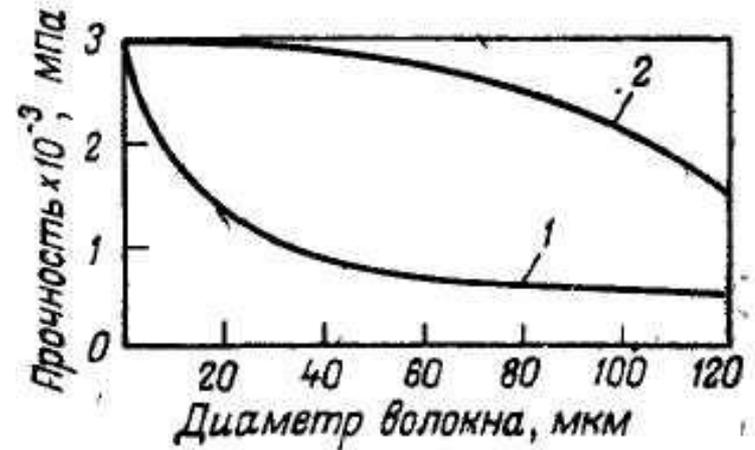
Тип, парка стекла	E , ГПа	σ	δ ,%
Алюмоборосиликатное Е-стекло	73,5	3500	4,8
Высокомодульное ВМ-1 (РФ)	95	4200	4,8
М-стекло (США)	110	3500	...
Высокопрочное магнийалюмосиликатное			
ВМП (РФ)	93
УП-68 (РФ)	84,7
УП-73 (РФ)	82,6
S-994 (США)	86,8	4650 - 4900	5,4
D-стекло с низкой диэлектрической проницаемостью (США)	52,5	2450	4,7
Известково-натриевое А-стекло (США)	66,0	2400	4,0
Кислотостойкое			
№ 7-А (РФ)	74,0	2000	3,6
С-стекло (США)	70,0	3150	...
Плавленый кварц	74,2	6000	...
Свинцовосиликатное L-стекло (США)	51,0	1680	4,6



Прочностные свойства



Зависимость прочности от температуры термообработки волокна 1 - кварцевого; 2 - марки Е; 3 - марки А.



Зависимость прочности стеклянного волокна марки Е от диаметра при уменьшающейся (1) и постоянной (2) скорости охлаждения



Характеристики стеклянных ВОЛОКОН

Свойства	Марка стекла*		
	МАС	АБС	КС
Физические:			
плотность ρ , кг/м ³	2480	2540	2490
Механические:			
предел прочности при растяжении σ_1^+ , МПа:			
при 22 °С	4585	3448	3033
при 371 °С	3768	2620	-
при 533 °С	2413	1724	-
Модуль упругости при растяжении E , МПа, при 22 °С	85,5	72,4	69
Предел текучести стт, %	5,7	4,8	4,8
Термические: КЛТР а 106, К"1	5,6	5	7,2
Коэффициент теплопроводности χ , Вт/(мК)		10,4	
Удельная теплоемкость, Дж/(кгК), при 22 °С	0,176	0,197	0,212
Температура размягчения T , °С	-	841	749



Схема переработки СВ

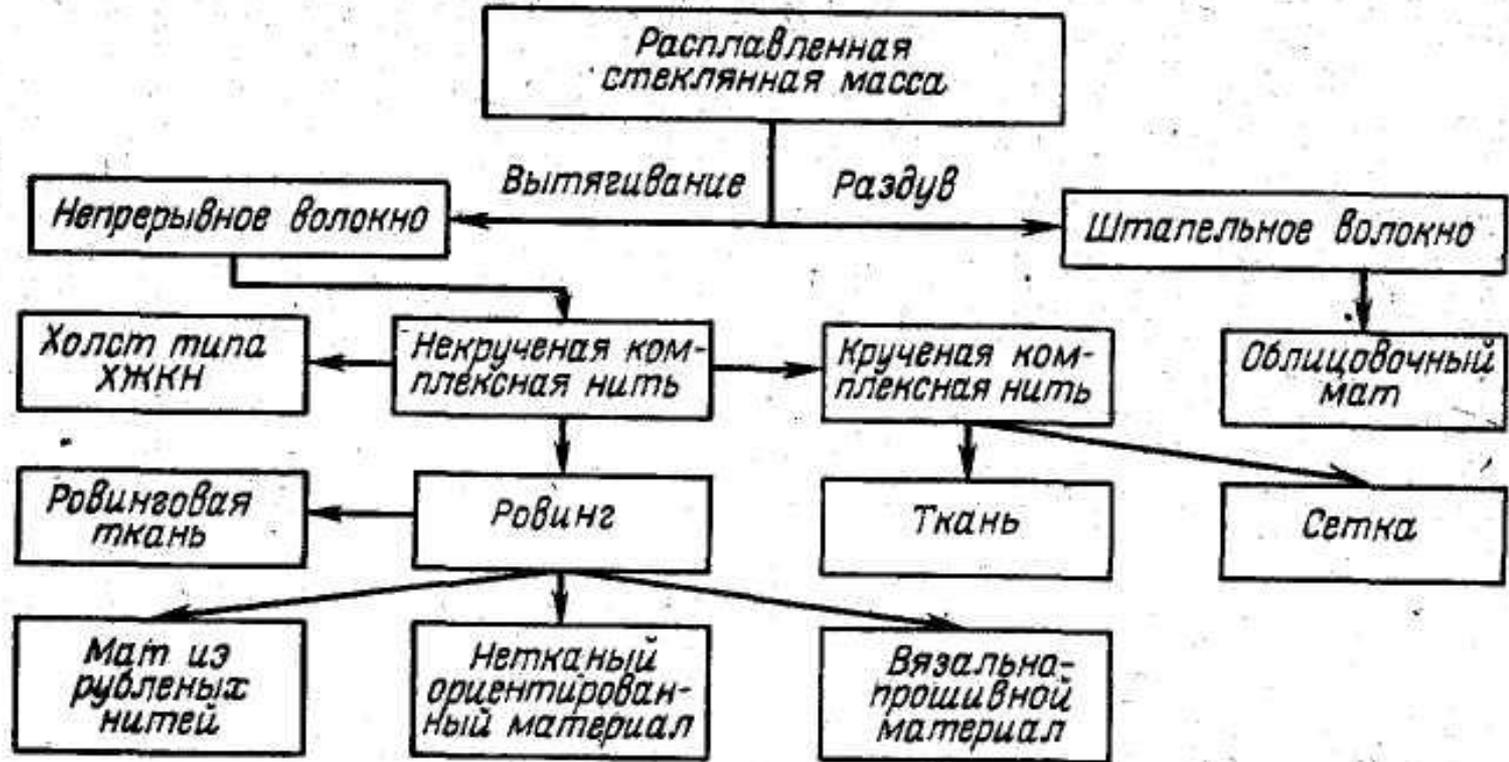
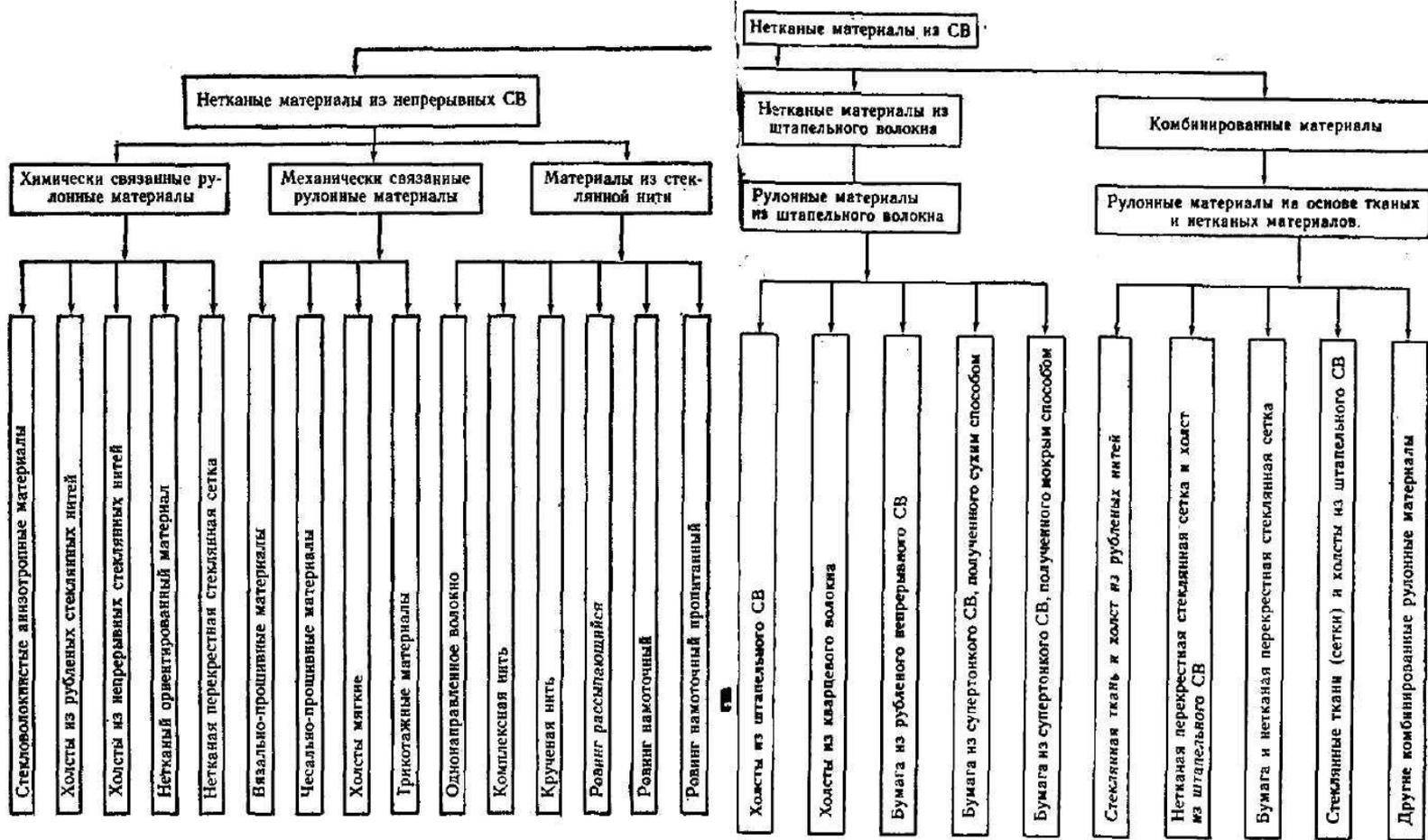




Схема группового распределения нетканых материалов из СВ по видам и способы их получения





ОРГАНИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

- Основные виды синтетических органических волокон
- Технология получения
- Основные свойства
- Применение

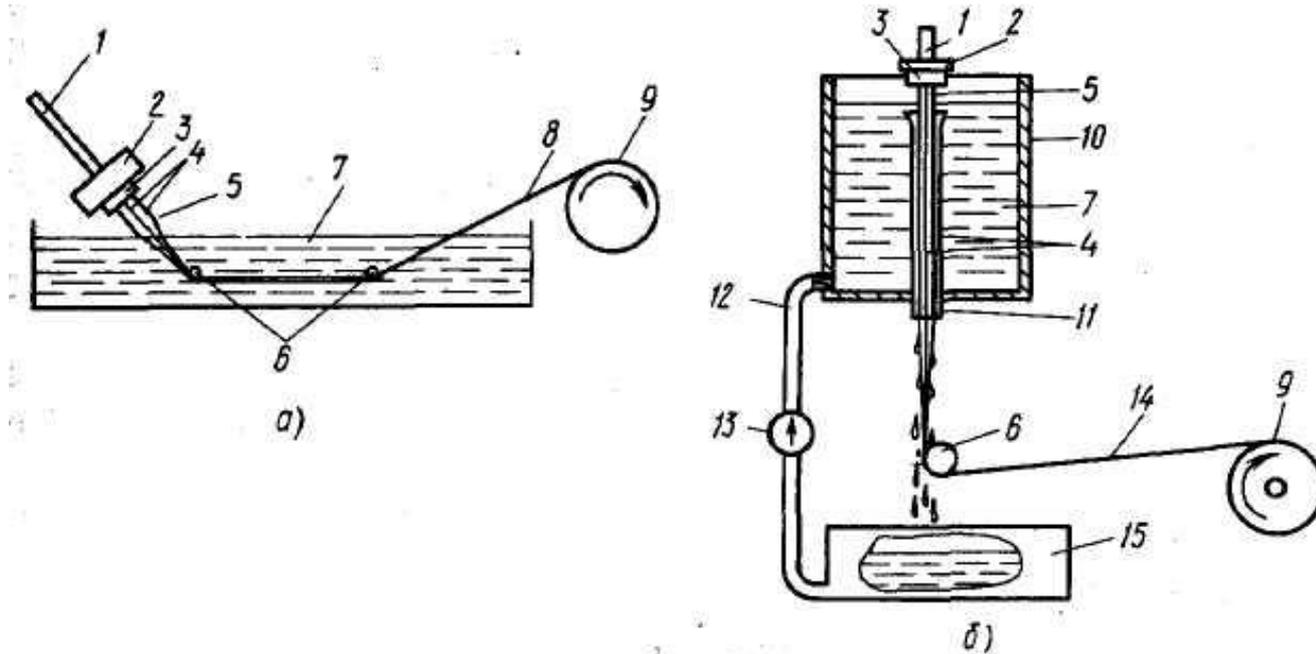


Основные виды органических волокон

- *Полиолефиновые:* полиэтиленовые волокна, полипропиленовые нити, штапельное и моноволокно
- *Фторволокна (фторлон):* комплексные нити, штапельное и моноволокно
- Полиэтилентерефталатные нити, жгуты и штапельное волокно (лавсан)
- Волокна и нити на основе ароматических полиамидов
- Полиимидные волокна
- Комплексные нити фирмы «Дюпон»
- Полиоксадиазольные волокна и нити
- Волокна лестничного строения
- Полиамидоимидные волокна



Варианты аппаратного оформления «сухо-мокрого» формования нити



а - горизонтальная заправка; б - вертикальная схема; 1 - червяк; 2 - прядильная головка; 3 - фильера; 4 - элементарные волокна; 5 - газовая прослойка; 6 - нитепроводник; 7 - осадительная ванна; 8 - упрочнение формуемой нити; 9 - приемная бобина; 10 - корпус; 11 - прядильная трубка; 12 - тубус для обратной ванны; 13 - насос; 14 - секция упрочнения формуемой нити; 15 - приемный бачок осадительной ванны



Применение

- Нити, комплексные нити
- Ткани различных переплетений
- Трикотаж
- Ровница
- Маты
- Нетканые материалы

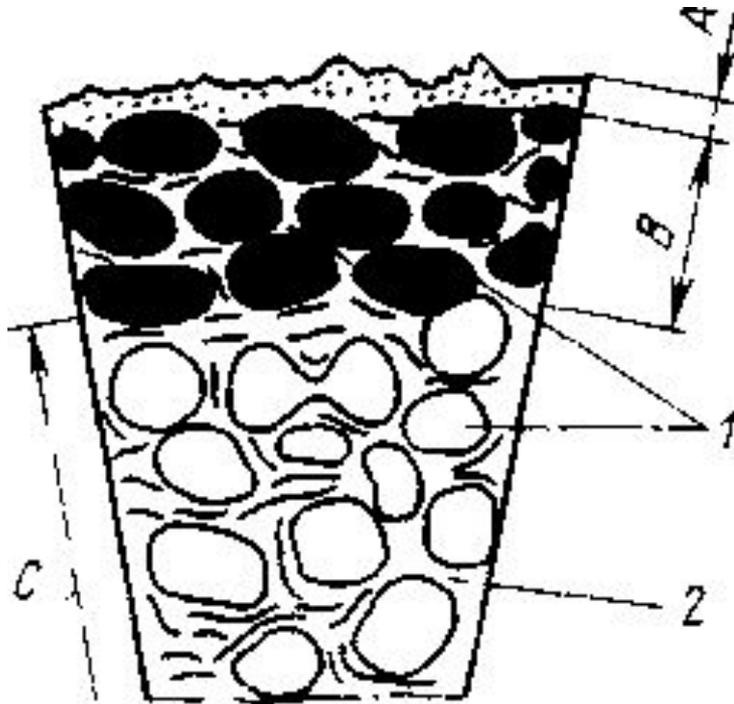


УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА

- Понятие УВ
- Технология получения волокон
- Основные свойства
- Применение



Структура углеродного волокна



- А - поверхностный слой
- В - высокоориентированная зона
- С - низкоориентированная зона
- 1 - микрофибриллы
- 2 - аморфный углерод

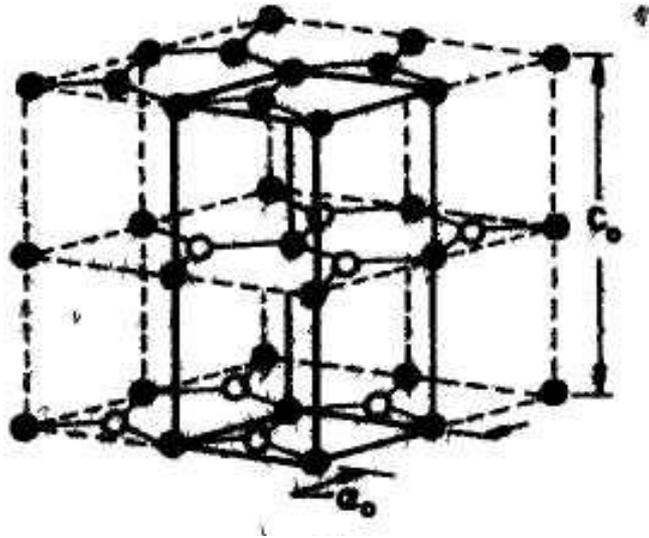


Требования к органическим волокнам для производства УВ

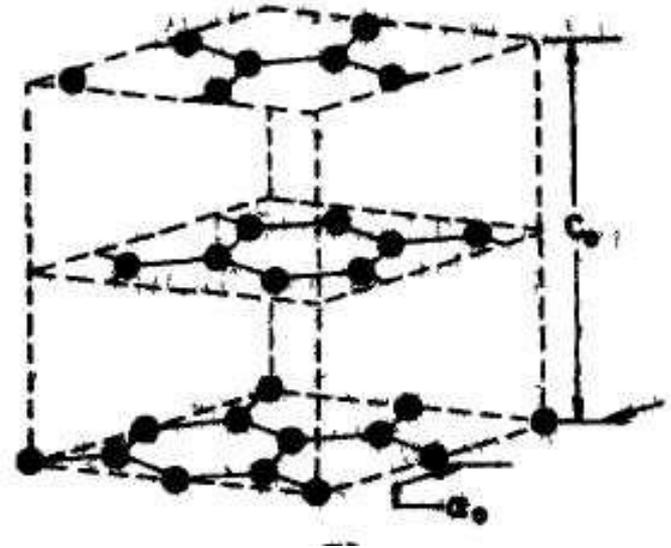
- исходные волокна должны сохраняться как единое целое на всех стадиях производства;
- не должны образовывать «расплава» ни на одной из стадий производства.
- в процессе пиролиза не должно происходить слишком большого испарения летучих, чтобы выход волокна после обработки был бы экономически оправдан;
- атомы углерода в процессе пиролиза должны иметь тенденцию к образованию графитовых плоскостей, определяющих оптимальные свойства;
- максимально низкая цена;



Кристаллографическая структура



идеального кристалла
графита



графита с турбостратной
структурой

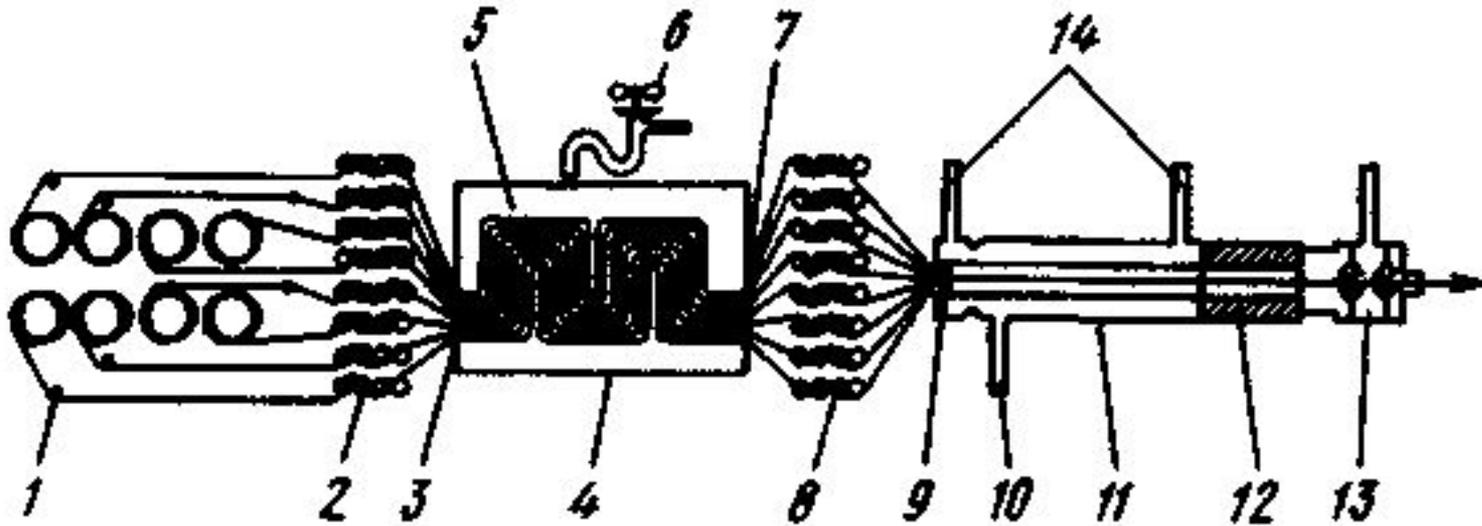


Основное сырье для УВ

- УВ из полиакрилонитрила (ПАН)
- Углеродные волокна из пеков
- УВ из ГТ -В



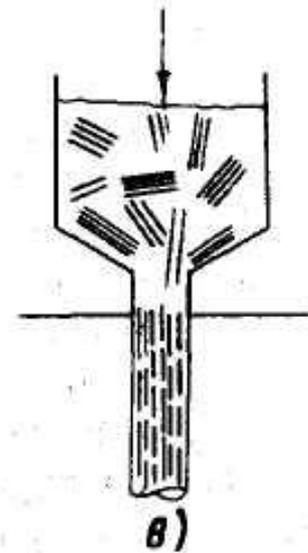
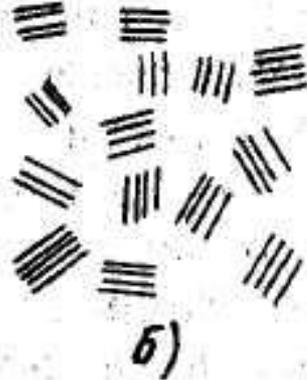
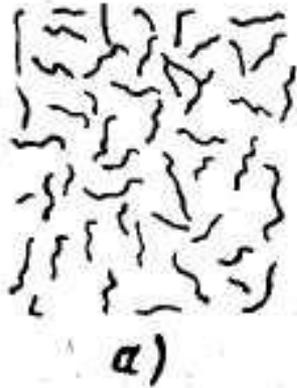
Схема совмещенного окисления и карбонизации ПАН-волокна



- 1 - шпулярник; 2 - система питающих роликов; 3 - впускное устройство; 4 - печь окисления; 5 - комплект роликов; 6 - вентилятор; 7 - выпускное устройство; 8 - система тянущих роликов; 9 - приемные вальцы; 10 - штуцер для подачи инертного газа; 11 - печь карбонизации; 12 - высокотемпературная зона печи карбонизации; 13 - вакуумная камера; 14 - штуцера для отвода отходящих газов



Процесс получения волокна из жидкокристаллических пеков



а – изотропный расплав, **б** – жидкокристаллическая (мезоморфная) фаза, **в** – ориентированное волокно



Процесс, при котором ГТ В превращается в углеродное,

- формование;
- стабилизация;
- карбонизация;
- графитизационное вытягивание.



Применение

- Нити бесконечной длины
- Жгуты
- Войлок
- Лента
- Ткань разнообразного ассортимента
- Трикотажные изделия



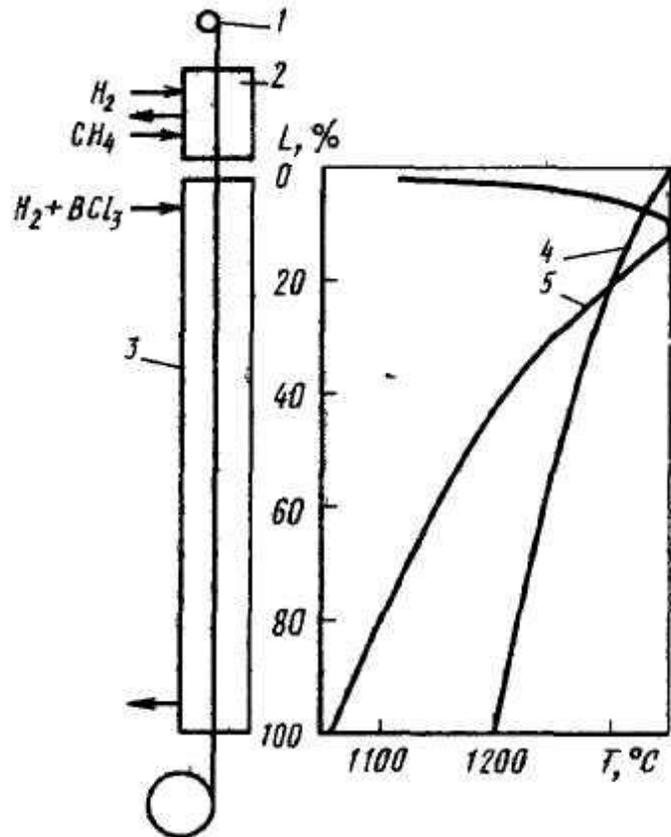
ВОЛОКНА БОРА, КАРБИДА КРЕМНИЯ И БОРСИКА

- Природа БВ
- Технология получения
- Свойства
- Область применения
- Волокна карбида кремния



Технология получения

Схема осаждения и диаграмма профиля температур в бороволокнах по длине реактора



- 1 - исходная паковка вольфрамовой проволоки;
- 2 - секция очистки вольфрама;
- 3 - секция осаждения бора в одну или несколько стадий;
- 4 - бор на углероде;
- 5 - вольфрам



КЕРАМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

- Поликристаллические керамические волокна
- Монокристаллические керамические волокна



Поликристаллические керамические волокна

Технология получения

- пленочный метод
- экструзия
- деформация порошковых смесей

Применение

- для упрочнения металлов и керамики.
- армирование ПКМ



Монокристаллические керамические волокна

Технология получения. Выращивают из расплавов методами:

- Вернейля
- Чохральского
- Тейлора
- плавающей зоны

Применение.

- упрочнение жаропрочных металлов и сплавов.



НИТЕВИДНЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Технология получения

- выращиванием из покрытий
- электрическом поле
- осаждением из газовой фазы химическими методами
- кристаллизацией из растворов
- вискеризацией волокон.



СВОЙСТВА НИТЕВИДНЫХ кристаллов

Кристалл	Плотность, $\rho \cdot 10^{-3}, \text{ кг} \cdot \text{ м}^{-3}$	Температура а плавления, К	Средняя прочность, σ	Модуль упругости E
			ГПа	
Оксид алюминия	3,9	355	14 - 23	480 - 1030
Нитрид алюминия	3,3	472	14 - 20	345
Оксид бериллия	1,8	822	13,8 - 19,3	689
Карбид бора	2,5	722	6,9	448
Графит	2,2	866	20,7	980
Оксид магния	3,6	3072	24,1	310,3



КОРОТКОВОЛОКНИСТАЯ АРМАТУРА

Органическая

- отходы деревообрабатывающей промышленности
- фибролит - теплоизоляционный материал
- торф
- стебли камыша.
- строительный войлок
- льняное волокно

Неорганическая КВА

- минеральная вата
- искусственное минеральное волокно
- асбест

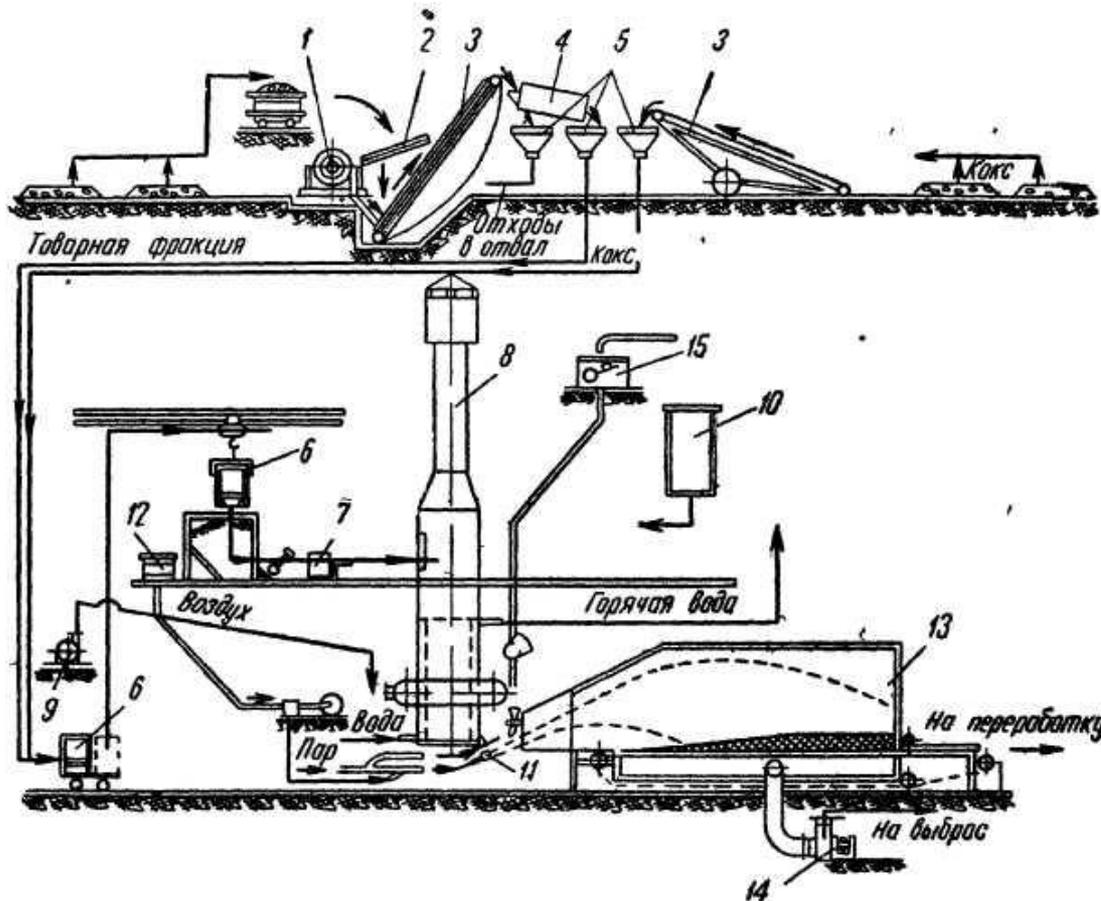


Способы переработки расплава в ВОЛОКНО

- *Дутьевой*
- *Центробежный способ*
- *Центробежно-дутьевой способ*
- *Центробежно-фильерно-дутьевой способ*



Технологическая схема Производства минеральной ваты



- 1 - щековая дробилка для сырья;
- 2 - сито для просеивания дробленого щебня;
- 3 - транспортер;
- 4 - грохот;
- 5 - бункера щебня;
- 6 - вагонетки, транспортирующие смесь сырья и топлива на склад;
- 7 - весы;
- 8 - вагранка;
- 9 - вентилятор для подачи воздуха в вагранку;
- 10 - бак с водой;
- 11 - сопло подачи пара;
- 12 - бак с парафиновым маслом;
- 13 - камера охлаждения;
- 14 - вентилятор
- 15- емкость для полимера