

**Основные виды  
наполнителей и  
армирующих  
элементов  
полимерных  
композиционных  
материалов**

# Классификация наполнителей

Наполнители, введение которых определяет комплекс общих свойств ПКМ (снижение усадки, растрескивание и т.д.

Наполнители оказывающие основное влияние на физико-механические свойства ПКМ

# Классификация по химической природе наполнителя

неорганические

органические

## Классификация по агрегатному состоянию

жидкие

твёрдые

газообразн  
ые

# По роли в композиционном материале (КМ)

*усиливающие*

*λσππλβαυμτπθ*

*дисперсные*

*ρασσεβρσνυε*

*армирующие*

*αβωπλβλγμτπ*

# Классификация по форме

частиц

дисперсные



зернистые



волокнистые

e



слоистые



# Дисперсные наполнители

Порошкообразные вещества с размером частиц от **2-10** до **200-300 мкм**. Содержание частиц от нескольких процентов **до 70-80%** ПКМ с дисперсными наполнителями в основном изотропны.

Асимметричная форма частиц при условии ориентации в процессах переработки может приводить к возникновению анизотропии свойств, что характерно для волокон:



# Требования к наполнителям

- способность совмещаться с полимером или диспергироваться в нем,
- хорошая смачиваемость расплавом или раствором полимера,
- отсутствие склонности к агломерации частиц,
- однородность их размера,
- низкая влажность,
- отсутствие взаимодействия

# Наиболее распространенные наполнители

Карбонат кальция (мел,  $\text{CaCO}_3$ )

Дисульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$ )

Древесная мука

Каолин (белая глина — гидратированный силикат алюминия)

Дисульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$ )

Древесная мука

Тальк (гидратированный силикат магния)

Нитрид бора ( $\text{BN}$ )

Диоксид кремния (кварц,  $\text{SiO}_2$ )

Аэросил

металлические порошки

Крахмал

Диоксид кремния (кварц,  $\text{SiO}_2$ )

оксидные изотропные ферриты бария и стронция

Крахмал

Кварцевая мука

Кварцевая мука



# Карбонат

## кальция мел, $\text{CaCO}_3$

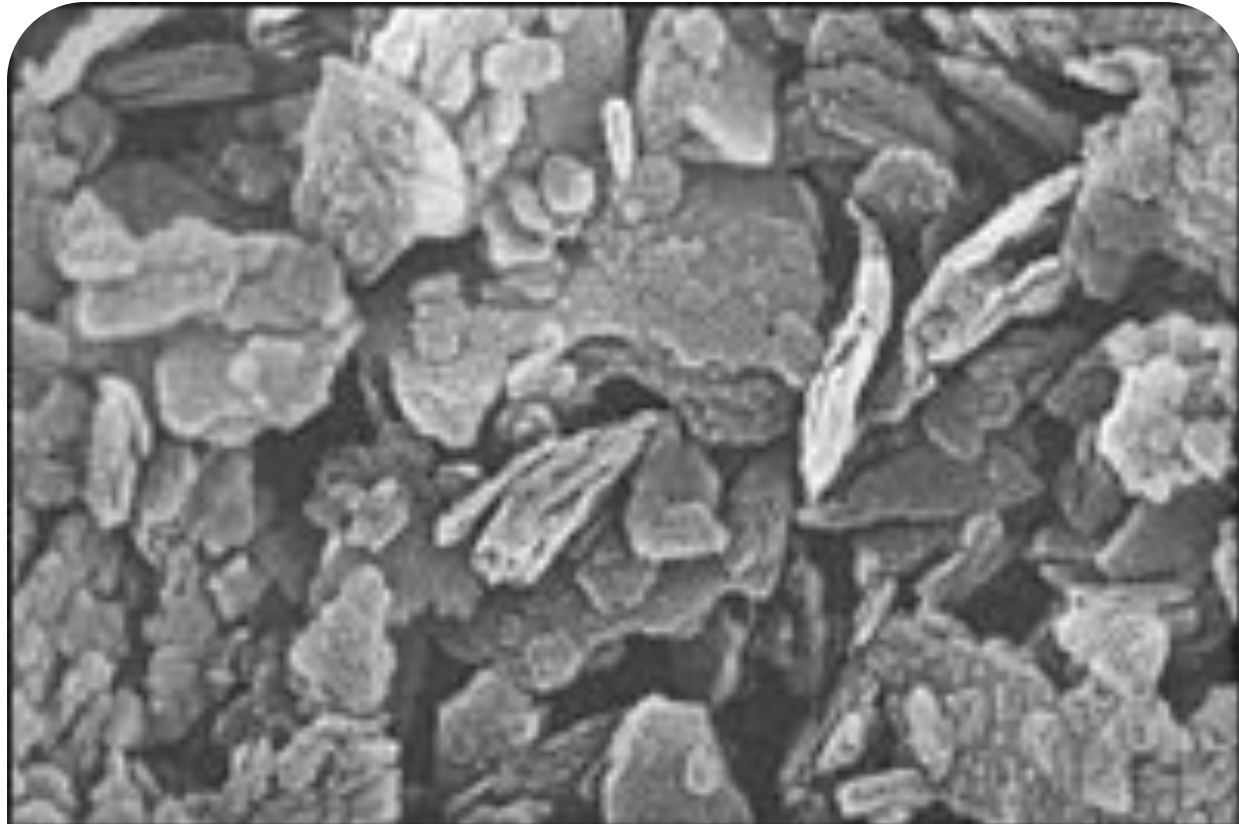
Наиболее дешевых и распространенных видов

наполнителей. Размер от 0,03 до 10 мкм. В качестве наполнителя находит широкое применение в материалах на основе ПВХ, полипропилена, полистирола и его сополимеров, в полиэфирных стеклопластиках (премиксы, препреги)

## Каоли

(белая глина – гидратированный  
с<sub>и</sub>ликат алюминия)

Имеет структуру *пластинчатых чешуек*, отличаются высокой степенью белизны, плохо диспергирующиеся в большинстве полимеров. Из-за большой величины площади поверхности введение каолина способствует значительному повышению вязкости. Применяется при наполнении термопластов для придания повышенных значений модуля упругости при растяжении, а также для улучшения электрических свойств (повышает объемное электрическое сопротивление и водостойкости)



MIKAO 05-90

1  $\mu$ m 

MIKAO 02-90

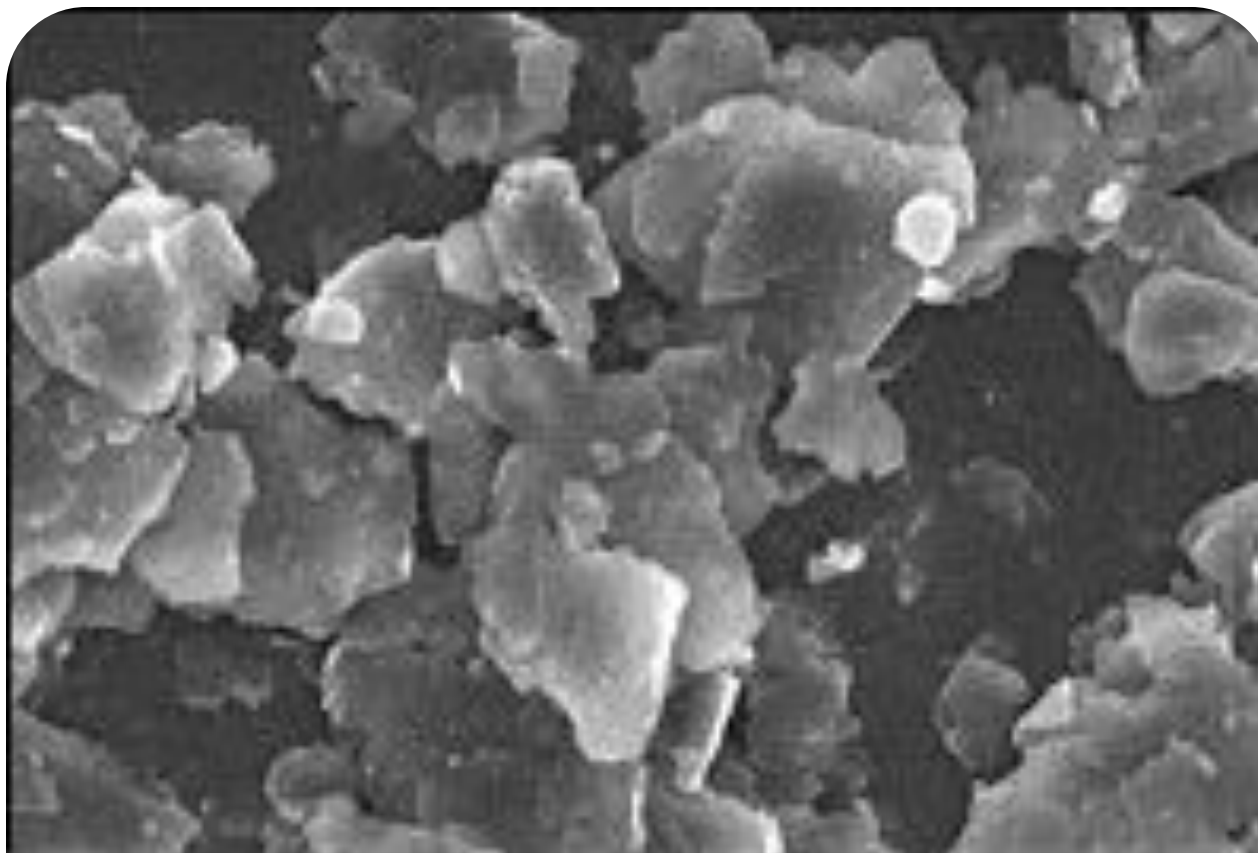
1  $\mu$ m 




# Таль

*(гидратированный к силикат магния)*

порошок белого цвета с пластинчатыми частицами различного размера (от 10 мкм до 70 мкм). Благодаря пластинчатой форме частиц тальк придает наполненным материалам повышенную жесткость. Применяется в качестве наполнителя термопластов, в первую очередь полипропилена (автомобилестроение, приборостроение).



МИТАЛ 07-97 x 2500 00000 10  $\mu$ m 

УНДВУ 03-85 x 5200 00000 10  $\mu$ m 



# Диоксид кремния (кварц, $SiO_2$ )

Существует ряд модификаций диоксида кремния **аморфной** и **кристаллической** структуры. Часть из них имеет **минеральное** происхождение и получается на основе **природного** сырья (кварцит, трепел, диатомит, новакулит), часть получается синтетическим путем (пирогенетический, осажденный диоксид кремния). Эти модификации отличаются по своему химическому составу, форме и размеру частиц, стоимости, областям применения.

# Наиболее распространённые

## ВИДЫ:

**-Кварцевая мука** представляет собой измельченный кварцит со средним размером частиц от 5 до 150 мкм (чистый кварцевый песок). Для реактопластов с повышенными механическими и электрическими характеристиками

**-Плавленый кварц** — аморфный стеклообразный диоксид кремния. Для получения материалов, стойких к тепловым ударам, обладающих повышенной стабильностью размеров и высокими прочностными показателями

**-Микрокристаллический кварц** получается из ряда минералов класса трепелов путем измельчения и дробления породы. клеевых составах, в отверждающихся компаундах и герметиках

на основе полиуретанов, эпоксидных, полиэфирных и

*-Аэросил* — пирогенетический диоксид кремний — аморфная форма  $\text{SiO}_2$ , имеющая вид сферических частиц коллоидных размеров (3–10 нм). Характеризуется максимальной удельной поверхностью из всех порошкообразных наполнителей, 380 м<sup>2</sup>/г. Широко применяется в эпоксидных, полиэфирных смолах и силиконовых каучуках.

*-Осажденный диоксид кремния* — аморфная форма порошкообразного  $\text{SiO}_2$  с частицами коллоидальных размеров. Удельная поверхность достигает 150 м<sup>2</sup>/г. Находит применение в производстве материалов на основе ПВХ — как листовых (антиадгезионная добавка), так и пластизолей (как регулятор вязкости). Позволяет получать прозрачные наполненные термопласты. По сравнению с аэросилом значительно дешевле.



# Оксиды металлов и соли

-оксиды алюминия, железа, свинца, титана, цинка, циркония и др.

-разнообразные соли (сульфаты, сульфиды, фториды и др.

Используются не в массовом порядке, а лишь в отдельных рецептурах для придания специальных свойств (химостойкость, теплопроводность, биостойкость и т. п.).

# Древесная мука порошкообразная древесина

Получается путем измельчения на мельницах из древесины (опилки, стружки, щепа и т. д.).

Древесина состоит из целлюлозы, лигнина и некоторого количества природных смол. В качестве наполнителя пластмасс используется мука с размером частиц от **40–50** до **300 мкм**. Наиболее широко применяется в производстве фенольных и мочевино-формальдегидных пресс-материалов общего назначения.

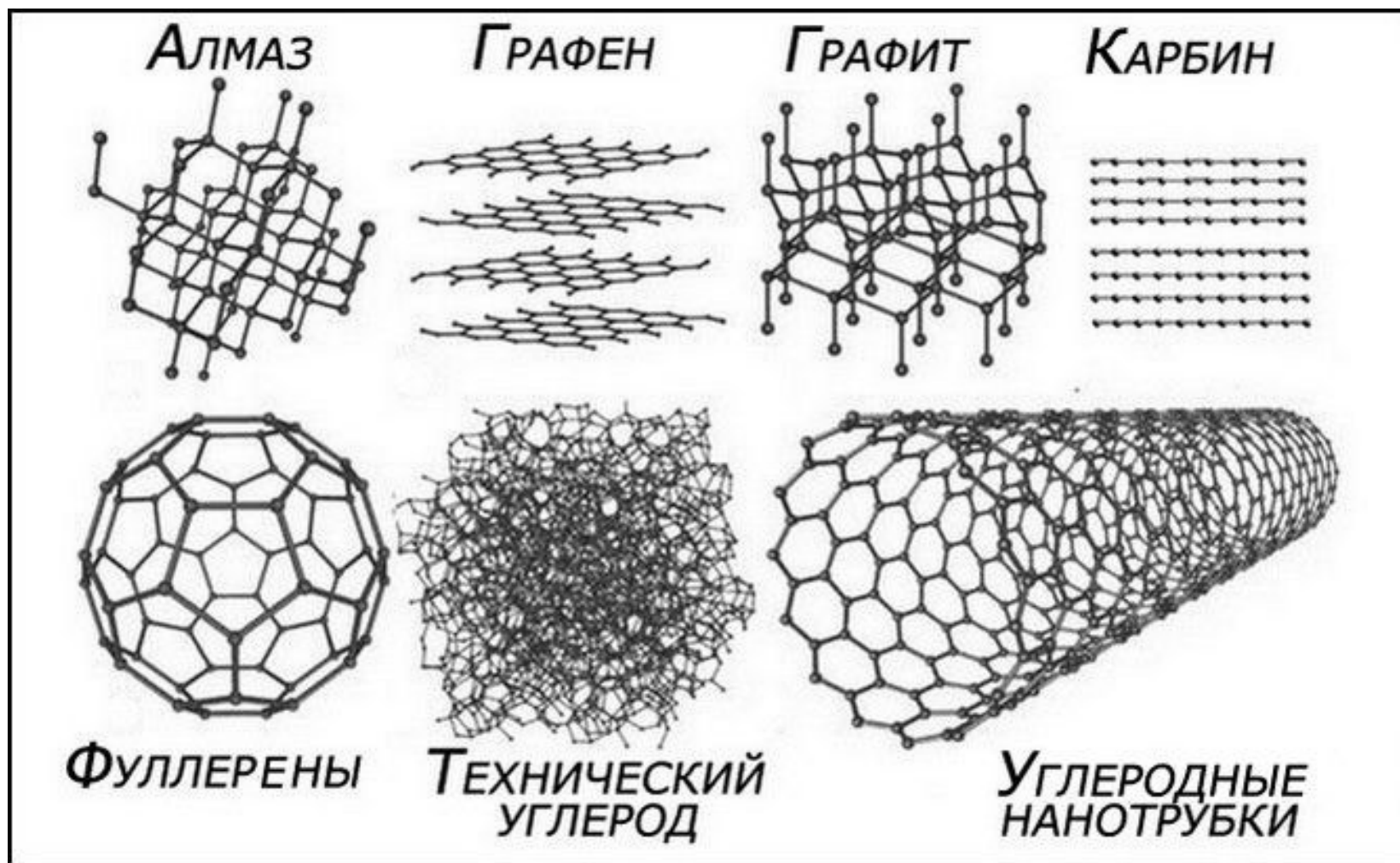
# сажа (технический углерод)

Важнейшими характеристиками являются **интенсивность черного цвета** (обратно пропорциональная размеру частиц) и **структурность** (способность образовывать цепочные структуры).

С уменьшением среднего размера частиц нарастает вязкость наполненных систем.

В качестве наполнителей используются крупнозернистые сажи, а также сажи, имеющие низкую структурность. Сажа может также выполнять функцию **светостабилизатора, защищая полимер от УФ-излучения**. Кроме того, важной функцией сажи является придание **электропроводящих свойств**, способствующих стеканию статического электрического разряда

# Виды аллотропии углерода



# Графи

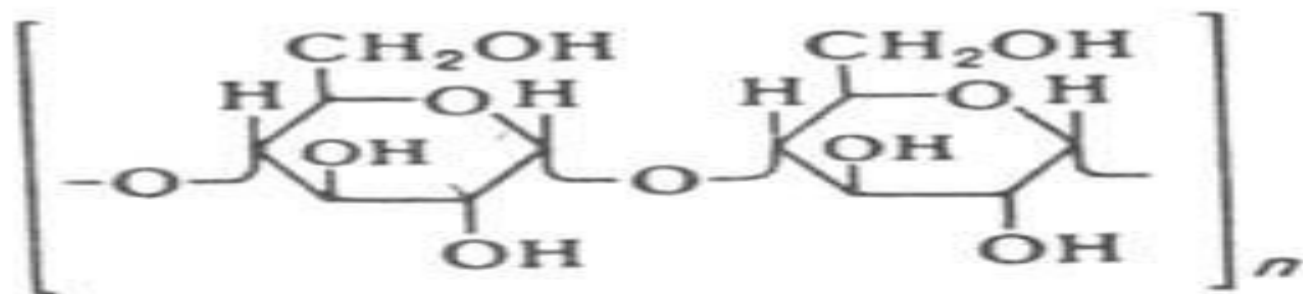
т

представляет собой минерал, имеющий **слоистую структуру**; может быть получен искусственным путем из антрацита при нагревании без доступа воздуха.

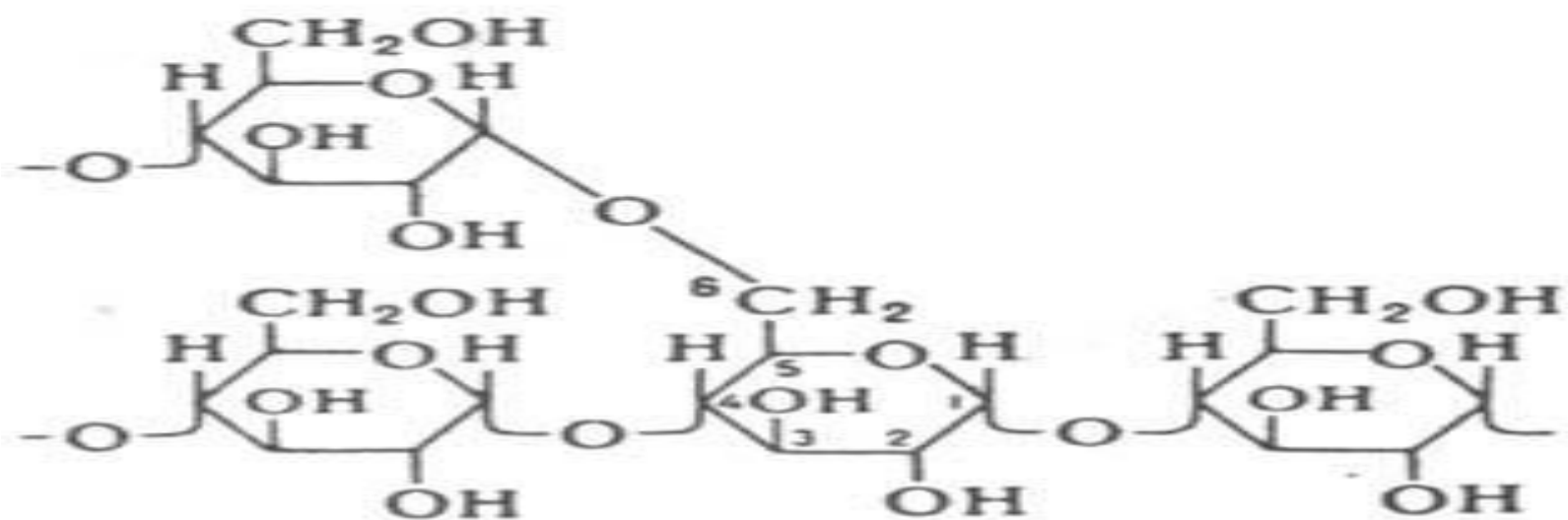
Обладает хорошей **тепло-** и **электропроводностью**. В качестве наполнителя используется аморфный графит в тонкоизмельченном виде (коллоидный графит). Основное преимущество графита в качестве наполнителя — **снижение коэффициента трения** благодаря присущей ему слоистой структуре.

# Крахма

тонкодисперсный **белый** порошок с частицами размером **от 3 нм до 100 нм**; не плавится, стоек к нагреванию в отсутствие влаги, что делает возможной его переработку в качестве наполнителя в ряде пластиков на основе таких полимеров, как полиэтилен, полистирол, полипропилен и др. Такие материалы в земле полностью разрушаются микроорганизмами в течение **2–3 месяцев** с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .



Амилоза



Участок молекулы амилопектина

# металлические

## порошки

- мало влияют на прочностные характеристики наполненного материала;
- позволяют в широких пределах изменять тепло- и электропроводность, теплоемкость;
- менять магнитные характеристики;
- электрические свойства;
- придают материалам защиту от электронного и проникающего излучения;
- изменяют плотности и горючесть.

В качестве дисперсных наполнителей чаще всего используются медь, алюминий, железо, бронза, олово, серебро, свинец, ЦИНК.



# Наполнители ПКМ с магнитными свойствами

В основном это оксидные изотропные ферриты бария и стронция, а также порошки из легированных сплавов редкоземельных металлов с железом и бором ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ) и бинарные сплавы самария и кобальта ( $\text{SmCo}_5$ ,  $\text{SmCo}_{17}$ ). Для получения необходимых магнитных характеристик содержание магнитных наполнителей в полимерных магнитах достигает **88–92 %масс.** Наибольшей эффективностью обладают частицы продолговатой формы, обеспечивающие более высокий уровень намагничивания.

# Порошкообразные полимерные наполнители

Используются для повышения химической стойкости и триботехнических свойства. Чаще всего применяют порошкообразные **ПВХ, ПЭ, полиформальдегид, политетрафторэтилен** и др. Они способствуют улучшению таких характеристик, как износостойкость, коэффициент трения, диэлектрические характеристики. Процесс получения и переработки наполненного материала происходит при температуре не превышает их температуру плавления.

# Наполнители пластинчатой структуры

Эти наполнители обладают высокой анизотропией свойств, что приводит при условии создания ориентации их частиц в полимере к формированию значительной анизотропии свойств

( теплопроводность, электрическая прочности и др.) Тальк, графит, дисульфид молибдена, нитрид бора и некоторые виды глины.

# Дисульфид молибдена ( $MoS_2$ )

Обладает низкой твердостью, применяется в высокодисперсном виде (размер частиц менее 1 мкм) для :

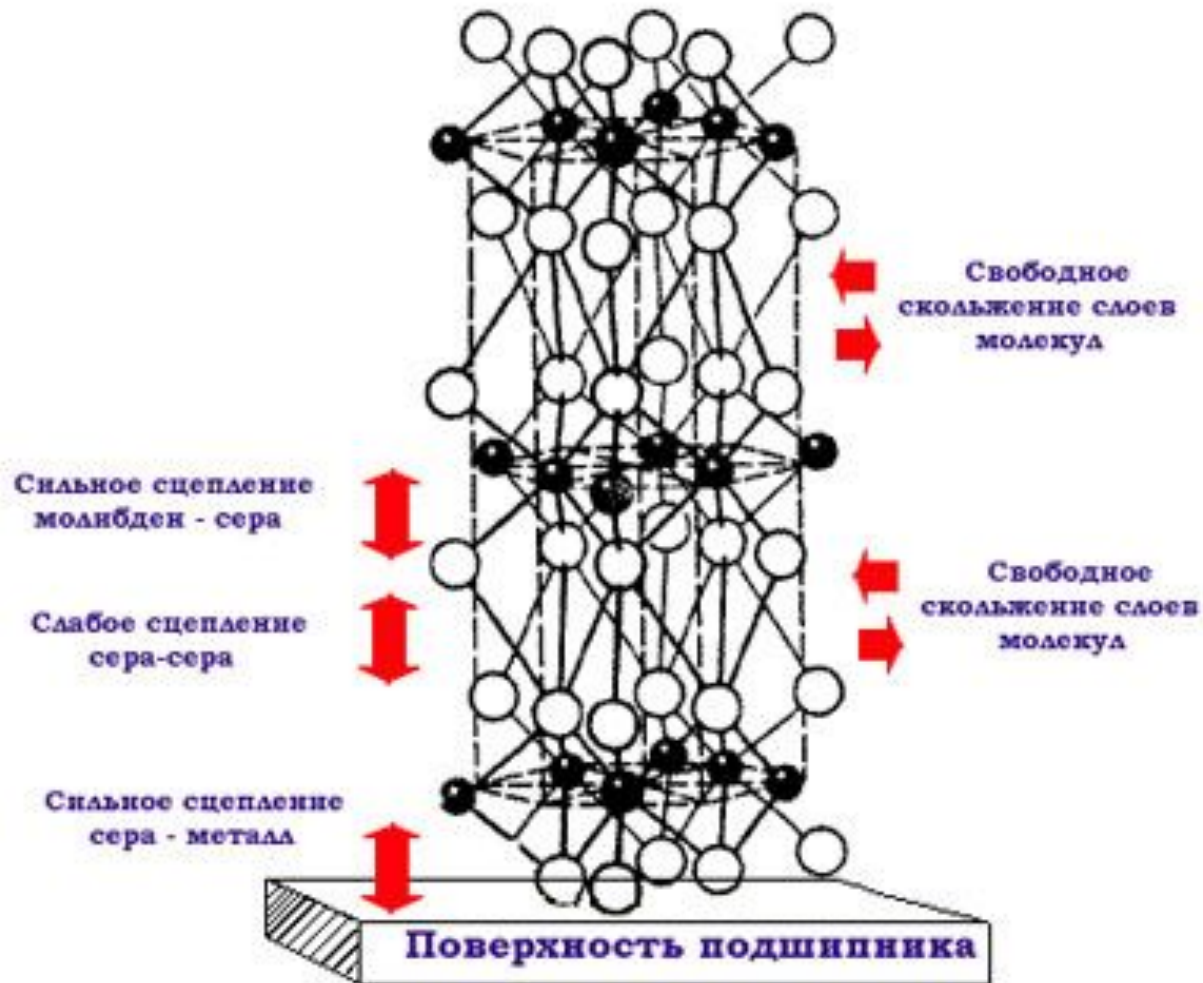
-снижения коэффициента трения

-повышения износостойкости

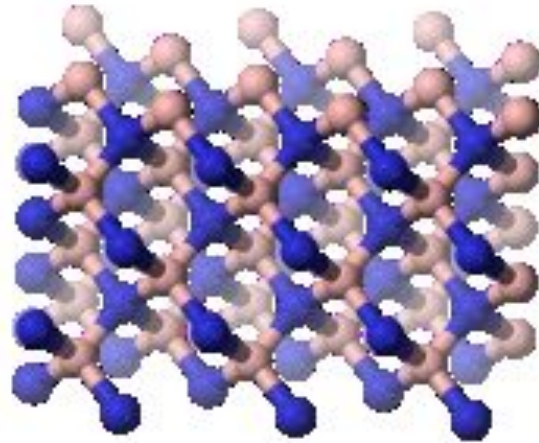
В наполненных дисульфидом молибдена материалах повышается теплопроводность (до 300%), снижается коэффициент линейного расширения.

Обладает высокой термостойкостью, его плотность около 4800 кг/м<sup>3</sup>

# Принцип работы смазки на основе дисульфида молибдена



## Нитрид бора ( $BN_3$ )



Используется в виде частиц графитоподобной  $\alpha$ -модификации. Придает наполненным материалам способность работать **без смазки**, существенно увеличивает **теплопроводность**. Хорошо диспергируется в расплавах и пастообразных композициях

# Антипирены

№ п/п	Класс антипиренов	Типичные представители	Примечания и пояснения
1	Бромированные углеводороды, в том числе: а) реактивные; б) аддитивные;	а) тетрабромбисфенол А (ТВА), бромированные полиолы, тетрабромфталевый ангидрид; б) декабромдифенилоксид (DBDPO), гексабромциклодекан, бромированный полистирол, производные ТВА	Применяют совместно с синергистами — оксидами сурьмы (3:1). Бесперспективны с точки зрения токсичности — с 1.06.2006 г. директивой RoSH ограничено применение в электротехнике
2	Соединения фосфора, в том числе: а) эфиры фосфорной кислоты; б) неорганические соединения фосфора, фосфинаты и N/P-системы	а) трис(хлорпропил)фосфат, три-дихлоризопропилфосфат, триарилфосфат, триалкилфосфаты; б) красный фосфор и полифосфаты аммония, фосфинаты Al (Zn)	Органические фосфаты одновременно являются пластификаторами для ПВХ. Механизм интумесценции — коксование и вспучивание поверхности горящего полимера и образование защитного слоя
3	Гидроксиды металлов	Алюминия тригидрат (ATH) магния гидроксид	ATH эффективен для пластиков, перерабатываемых до 230 град. (полиолефины, ПВХ). Гидроксид магния более перспективен из-за лучшего дымоподавления и низкой стоимости
4	Хлорированные углеводороды	Олигомерные хлорпарафины	Одновременно являются пластификаторами для ПВХ. Применяют совместно с синергистами — оксидами сурьмы (3:1)
5	Производные меламина	Цианураты и фосфаты меламина	Механизм интумесценции
6	Другие	Борат цинка, соединения молибдена	Проявляют высокие дымоподавляющие свойства, конкурируют с оксидами сурьмы

