

**Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті**  
**Химия және химиялық технология факультеті**  
**Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы**  
**және технологиясы кафедрасы**

**9-дәріс**

**ПКМ арналған армируші элементтердің негізгі түрлері**  
**шыныталшықты, көмірталшықты, органоталшықты, борталшықты,**  
**базальтталшықты, керамика талшықты элементтер.**

6B07101 – Химиядағы наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы

К.х.н., доцент: Тоқтабаева Асель Қырғызбаевна

**Мақсаты:**

Полимерлі композиттік материалдарды күшейту үшін қолданылатын негізгі армируші элементтердің түрлерін, олардың физика-механикалық қасиеттерін және қолданылу ерекшеліктерін түсіндіру. Әр түрлі талшықтардың табиғаты мен құрылымының ПКМ беріктігіне, серпімділігіне және термиялық тұрақтылығына әсерін көрсету.

**Жоспары:**

- Армируші элементтер туралы жалпы түсінік
- ПКМ құрамындағы армируші талшықтардың рөлі және олардың қасиеттерге әсері
- Армируші элементтердің негізгі түрлері:
- Әр талшық түрінің артықшылықтары мен кемшіліктері
- Армируші элементтер мен полимер матрицасының өзара әрекеттесуі
- Армирленген ПКМ қолданылу салалары

**Армируші элементтер**

Армирленген пластиктердегі талшықты толтырғыштардың негізгі құрылымдары

**Қысқаша тезис:** Бұл лекция полимерлі композиттік материалдардың (ПКМ) беріктігін қамтамасыз ететін негізгі компонент – армируші элементтерге арналған. Армируші талшықтардың басты рөлі – полимер матрицасы ішінде жүктемені қабылдап, оны біркелкі тарату, сол арқылы материалдың механикалық беріктігін, серпімділігін және жылулық қасиеттерін айтарлықтай жақсарту.

Лекцияда армирлеуші элементтердің жиі қолданылатын негізгі түрлері қарастырылады:

### 1. Шыныталшықтар:

- Бұл ең көп таралған түрлердің бірі. Шыны талшық күйінде өзіне тән емес қасиеттерге ие болады: ол сынбайды, шағылмайды және оңай иіледі. Ол жоғары созылу беріктігімен, ыстыққа төзімділігімен, жанбайтындығымен және химиялық тұрақтылығымен ерекшеленеді.

- Шыныталшықтар үздіксіз (балқымадан созу арқылы) және штапельді (қысқа кесінділер, үрлеу арқылы) болып бөлінеді.

- **Шынытекстолит** – бұл шыны мата негізіндегі қабатты пластик. Ол кәдімгі текстолиттен механикалық сипаттамалары, жылуға төзімділігі (140-180 °C, текстолитте 105-125 °C) және электр оқшаулау қасиеттері бойынша едәуір асып түседі.

- **Артықшылықтары:** Шыныпластиктер (ШПМ) жоғары меншікті беріктікке ие (болатпен салыстыруға болады), салмағы жеңіл, коррозияға және химиялық заттарға төзімді, сондай-ақ тамаша диэлектрик болып табылады.

- **Кемшіліктері:** Серпімділік модулі салыстырмалы түрде төмен (бүгілуге бейім), тозуға төзімділігі нашар, механикалық өңдеу кезінде канцерогенді шаң бөледі және қасиеттері анизотропты (бағытқа тәуелді).

### 2. Базальт талшықтары:

- Өз көрсеткіштері бойынша шыны талшықтардан жоғары, бірақ көміртек талшықтарынан төмен орналасқан.

- Негізгі артықшылықтары – өте жоғары термотұрақтылық (ұзақ уақыт - 200°C-тан +600°C-қа дейін жұмыс істей алады) және жоғары химиялық тұрақтылық, әсіресе шыны талшықтарға қарағанда сілтілердің әсеріне әлдеқайда төзімді.

### 3. Көміртекталшықтар:

- Бұл көміртекті талшықтар мен полимерлі матрицаға негізделген композиттер.

- Олар жоғары беріктікке және жоғары модульге ие материалдар алу үшін қолданылады. Графиттелген талшықтар ең жоғары механикалық және жылулық қасиеттерге ие, бірақ олар өте қымбат.

Сонымен қатар, талшықтардың құрылымы (бірбағытты, тоқылған, көлемді) және олардың матрицада орналасу тығыздығы (мысалы, гексагоналды немесе шаршылы) композиттің соңғы қасиеттеріне тікелей әсер етеді.

## Шыныталшықтар

Шыны талшықтар - бұл талшықты толтырғыш пен полимерлі байланыстырғыштарға негізделген күшейтілген материалдар.



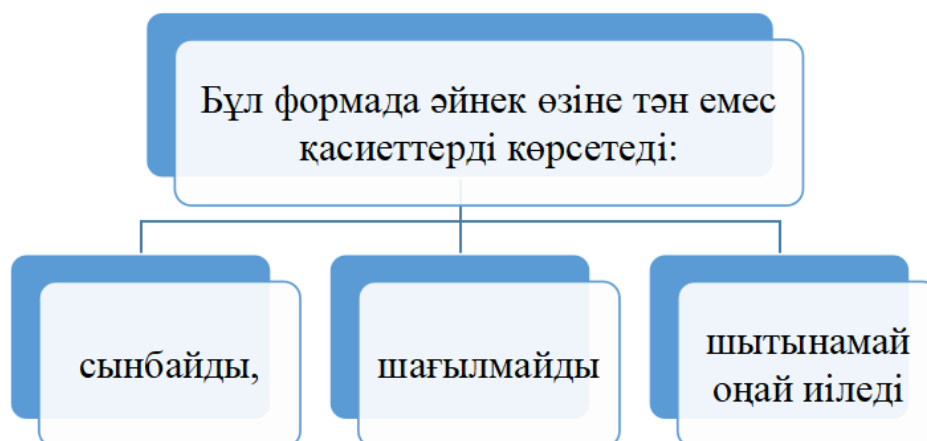
**Шыны талшықты толтырғыштар және шыны пластиктерге арналған байланыстырғыштар пайдалану жағдайларын ескере отырып таңдалады:**

- өте жоғары механикалық жүктемелерді көтермейтін үлкен габаритті бұйымдар (кеме корпустары, құрылыс панельдері және т. б.) арзан сілтілі алюминий-силикат шыны негізінде материалдан жасалған;
- 300 °C және одан жоғары температурада жұмыс істейтін ыстыққа төзімді бұйымдар кремний және кварц жіптерінен жасалған;
- жалпы конструкциялық мақсаттағы шыны пластиктер үшін алюминий-борсиликаттан жасалған шыны талшықты толтырғыштар қолданылады;
- жоғары механикалық жағдайларда жұмыс істейтін материалдар мен бұйымдар үшін 25-50% беріктігі бар магнезия-алюмосиликат негізінде беріктігі жоғары және жоғары модульді шыны талшықтардан ТАТ қолданылады, ал серпімділік модулі басқаларынан қарағанда 25-30% жоғары;

## Шыныталшықтар және шыныпластиктер

Шыны талшық (шыны жіп) - шыныдан жасалған талшық немесе жіп.

Шыны талшықтан жоғары жылу, электр оқшаулау және дыбыс оқшаулау қасиеттері және механикалық беріктігі бар материалдар шығарылады.



## Шыны талшықтар :

### 1) Үздіксіз талшықтар:

Балқымадан жоғары жылдамдықпен (10-100 м/с) созу арқылы алынады.

Элементарлы талшықтар біріншілік жіпке жиналады, майлағыштармен майланады, бобинаға оралады.

Алынған талшықтардың  $d=3-25$  мкм

### 2) Штапельді талшықтар (қысқа кесінділер);

Шыны балқыманың ағының фильерадан шыққанда ауа, бу немесе ыстық газдармен үрлемен және комплексті жіптерді кесумен алынады

Үрленген талшықтар жылжымалы бастырмаға жиналады, сонда ориентациялау және тығыздалғаннан сон олардан біріншілік жіп жасалады, бобинаға оралады.

## Шыны талшықтардың және әр түрлі құрамды шынылардың қасиеттері

| Показатели                                         | Алюмоборсиликатное E | Известково-натриевое A | Магнезиальное алюмосиликатное высокопрочное |      | Щелочное кислотостойкое |       | С низкой диэлектрической проницаемостью D | Свинцовое для радиационной защиты L | Плавный кварц |
|----------------------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------|------|-------------------------|-------|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
|                                                    |                      |                        | S-994                                       | BM-1 | C                       | 7A    |                                           |                                     |               |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup> :                     |                      |                        |                                             |      |                         |       |                                           |                                     |               |
| стекла                                             | 2850                 | 2490                   | 2520                                        | —    | —                       | 2610  | —                                         | —                                   | 2210          |
| волокна                                            | 2540                 | —                      | 2490                                        | 2580 | 2490                    | 2560  | 2160                                      | 4300                                | 2210          |
| Скорость звука в стекле, м/с                       | 5340                 | —                      | 5850                                        | —    | —                       | —     | 4880                                      | —                                   | —             |
| Коэффициент преломления:                           |                      |                        |                                             |      |                         |       |                                           |                                     |               |
| стекла                                             | 1,547                | 1,518                  | 1,523                                       | —    | —                       | 1,552 | 1,470                                     | —                                   | 1,458         |
| волокна                                            | 1,542                | 1,516                  | —                                           | —    | —                       | 1,550 | —                                         | —                                   | 1,458         |
| Разрушающее напряжение при растяжении волокна, МПа | 3000–3500            | 2400                   | 4650–4900                                   | 4200 | 2800                    | 2000  | 2450                                      | 1680                                | 6000          |
| Модуль упругости при растяжении, ГПа:              |                      |                        |                                             |      |                         |       |                                           |                                     |               |
| стекла                                             | 86                   | —                      | 95                                          | —    | —                       | —     | —                                         | —                                   | 73,8          |
| волокна                                            | 73,5                 | 66                     | 88                                          | 95   | 70                      | 74    | 52,5                                      | 51                                  | 73,8          |

Термопластарды шыны талшықтармен толтырғанды кесілген мөлшері  $l=3-12$  мм

немесе шыны ұнтақ

$l=0,3-0,5$  мм үздіксіз талшықтарды қолданады

Реактопластарды толтыру үшін ұзындығы әр түрлі ШТ қолданады

Пресс-материалдарда  $l=5-20$  мм,

Премикстер  $l=5-10$  см

Шыныволокниттер- ұзын кесінділер, жіптер, жгуттер, ленталар

## Шыны талшықтардың қолдануы

- ШТ конструкциялық, электр-, дыбыс- және, жылыизоляциялау материалдарды алуда қолданады.

- Фильтрлі материалдарды, шыныпластиктерді, шыны қағаз және тағы басқаларды өндіруде қолданады.

- А - шынысын штапельді талшықтарды өндіруде және мата, тақта ретінде дыбыс- және, жылуизоляциялауға қолданады . Жылуөткізгіштігі  $[0,03-0,036 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}]$ .

- С-шынысынан алынған маталар химиялық өндірісте сілтілік және қышқыл ерітінділерді фильтрлеуге, ауаны және ыстық газдарды тазалауға қолданады.

## Шыны талшықтардың қолдануы

- А және Е-шыныларынан жасалған маталарды шынытекстолиттерде қолданады.

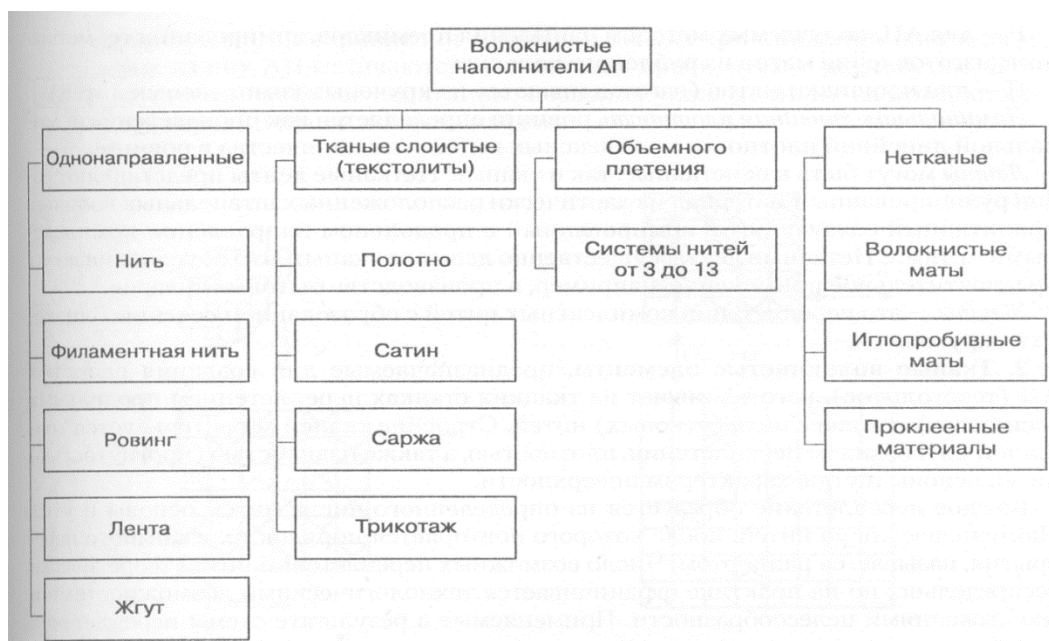
- S- шынының жоғарыберікті талшықтарынан самолет және аппараттар құрылысында қолданатын композиттерді жасайды.

- Кварц талшықтары - жоғарытемпературалық диэлектриктер және ыстыққа төзімді материалдар.

- Рентген және радиоактивті саулелендіруден қорғау үшін көпқорғасынды және көпборлы шыныталшықтарды алуда қолданады.

- Оптикалық (жарықмөлдір ШТ) шыныталшықты кабельдерді жасауда қолданады.

## Армирлеуші элементтер



1) ПКМ бірбағытта орналасқан үздіксіз талшықты толтырғыштар  
Біріншілік жіптерді фильерадан (шыныны балқытатын сауыттан) шыққан  
элементарлы талшықтарды созумен алынады

Филаментті (оралған комплексті) жіптер -үздіксіз комплексті жіптерді  
орау және бірге жинақтау (4-24 қабат). 1м бірқабатты жіпке 30-90 орау ,  
көпқабатты жіпке -50-180. қажет болса -200-500 орауларда болады.

Ровингтер- шамалы паралельді біріншілік комплексті жіптерден  
құралатын үздіксіз ширатылған жіп. Қолдануына қарай бір неше типке  
бөлінеді.

### **Жиі қолданатын армирлеуші толтырғыштар:**

- Шыныталшықты
- Көміртекталшықты
- Органоталшықты

### **Арнаулы армирлеуге арналған толтырғыштар**

- Борталшықты
- Базальтталшықты
- Керамикаталшықты

### **Шыны талшықтың қасиеттері**

Шыны пластиктердің (пресс-талшықтардың, текстолиттердің, бір бағытта  
армирленген талшықты материалдардың) механикалық қасиеттері  
армирленген талшықтардың қасиеттері және олардың орналасуы көбінесе  
армирлеу бағытымен анықталады, аз дәрежеде олар байланыстырғышқа  
байланысты. Шыны пластиктердің температуралық сипаттамалары негізінен  
байланыстырушының қасиеттеріне байланысты.

Текстолит - электроқшаулағыш конструкциялық материал. Олар сырғанау  
мойынтіректерін, тістегершіктер мен басқа да бөлшектерді, сондай - ақ  
электр және радиотехника бөлшектерін өндіру үшін қолданылады. Бұл  
талшықтардан жасалған мата негізіндегі қабатты пластик және полимерлік  
байланыстырғыш заттан тұрады (мысалы, бакелит, полиэфир шайыры,  
эпоксидті шайыр). Шыны талшыққа негізделген Текстолит шыны текстолит  
немесе стеклопластик деп аталады.

Шыны текстолит қарапайым текстолиттер мен органотекстолиттерден  
механикалық сипаттамалары, жылуға төзімділігі, электр оқшаулау қасиеттері,  
ылғал мен белсенді ортаның әсері, басқа операциялық әсерлері асып түседі .

Стеклопластик тұрақты тоққа да, сондай-ақ айнымалы тоққа да тамаша  
изоляция болады. Бұл оны кез-келген электр тізбектерінде және  
қондырғыларда қолдануға мүмкіндік береді.

Шыны талшық іс жүзінде қартаймайды. Шындығында, оның шаршауы  
жоқ, оған ультракүлгін сәуле әсер етпейді. Сондай-ақ, бұл материал  
коррозияға және агрессивті ортаға өте жоғары төзімділікке ие . Шыны  
талшық, жоғарыда айтылғандай, диэлектрик болып табылады, сондықтан ол  
электрохимиялық коррозияға төзімді.

**Шыны тексолит бірқатар қасиеттері бойынша тексолиттен асып түседі:**

- температураға төзімділік - 140-тан 180 °C-қа дейін тексолитте 105-125 °C;
- меншікті кедергісі - 1011 Ом·м тексолитте 107 Ом·м;
- жоғалту бұрышының тангенсі - 0,02, тексолитте 0,07.

**Шыны талшықты бұйымдар өндірісінде қолданылатын жоғары адгезиясы бар синтетикалық шайырлардың ең көп таралған түрлері:**

- ЭД-5, ЭД-20 немесе ЭД-22 типті эпоксидті шайырлар;
- полиэфирлі шайырлар, мысалы, м105, М 251, G 200 LE және т. б. маркалы, не ДС-1 және ДС-609 МЕМСТ 27952-88;
- кремний органикалық шайырлар;
- фенол-формальдегидті шайырлар және олардың әртүрлі модификациялары.

**ШПМ негізгі артықшылықтарына келесі факторларды жатқызады:**

1. Жоғары беріктік көрсеткіштері, олардың деңгейі бойынша ШПМ түсті металдардың полимерлері мен қорытпаларынан асып түседі және құрылымдық болатпен салыстыруға болады.
2. Көрсеткіштері 1,4-2,1 г/см<sup>3</sup> диапазонында "сәйкес келетін" аз меншікті салмағы. Салыстыру үшін Болаттың меншікті салмағы 7,8 г / см<sup>3</sup> құрайды.
3. Беріктік шегінің меншікті салмаққа немесе тығыздыққа арифметикалық қатынасы ретінде есептелген меншікті беріктігі жоғары. ШПМ үшін нақты беріктік 90,0 бірлік шегінде бағаланады, ал Болатта ол тек 3,1 құрайды.
4. Қышқылдар, сілтілер және тұздар тарапынан коррозия мен агрессияға қатысты жоғары химиялық инерттілік. ШПМ тұрмыстық ластаушы заттар мен жуғыш заттардың әсеріне төзімді, көптеген еріткіштердің әсеріне ұшырамайды..
5. Бактериялардың әсеріне төзімділік, шыны талшық шіруге және ыдырауға ұшырамайды.
6. Төмен жылу өткізгіштік, соның арқасында ШПМ құрылыста, Кеме жасауда және т. б. жылу оқшаулағыш құрылымдарды жасау үшін қолданылады.
7. Өте жақсы диэлектрлік қасиеттері.
8. Өндіріс кезеңінде талшықты бояу мүмкіндігі. ШПМ күн сәулесінде өңбейді, бояғыш пигментті жақсы ұстайды, оларға өрнектер қолдануға болады.

### **ШПМ - "кемшіліктері" келесі:**

1. серпімділік модулі салыстырмалы түрде төмен, соның салдарынан бұйымдар бүгілген кезде жағымсыз деформациялар орын алуы мүмкін, мысалы, бетон бағаналардағы шыныпластикалық арматуралар;
2. әлсіз тозуға төзімділік, абразивті әсерлерге төзбейді;
3. бірнеше жыл пайдаланғаннан кейін беріктіктің жоғалуына және деформацияға ұшырау;
4. механикалық өңдеу кезінде канцерогенді шаңның пайда болуы, ол қызметкерлер үшін қорғаныс құралдарын пайдалануды талап етеді;
5. өнім сапасының өндіріс процесіне тәуелділігі;
6. беріктік және басқа қасиеттердің анизотропиясы.

### **Талшықты шыныпластикті бұйымдар мен конструкциялар келесі салаларда сәтті қолданылады:**

- Қуатты динамикалық жүктемелер мен жоғары температуралар жағдайларында жұмыс істейтін шыны пластик бұйымдар өндірісі жолға қойылған Авиация және ғарыш техникасы
- Көлемі мен күрделілігінің кең диапазонында шыны пластик бұйымдармен қамтамасыз етілетін автомобиль өндірісі.
- Кеме жасау, беріктігі, жеңілдігі және су жұқпау тамаша үйлесімі ШПМ белсенді қолданады.
- Электротехника, аспап жасау, байланыс, электр құралдарын өндіру.
- Мұнайгаз өнеркәсібі үнемі үлкен көлемді шыны-пластик ыдыстарға, резервуарларға, бактарға, цистерналарға мұқтаж, олар даусыз артықшылықтарға ие.
- Құрылыс саласы.
- Коммуналдық шаруашылық.
- Тұрмыстық бұйымдар, үй техникасы, интерьер элементтері.
- Сыртқы жарнама.
- 

### **Армирлеуші базальт талшықтары**

Шыны  $T >$  Базальт  $T$ -ның көрсеткіштері  $<$  көміртекті  $T$

Базальт  $T$  (БТ) артықшылықтары:

### **Жоғары беріктік**

- БТ меншікті беріктігі легирленген болаттың беріктігінен 2.5 есе және шыныталшықтың беріктігінен 1.5 есе жоғары

### **Жоғары химиялық тұрақтылық**

- Металлмен салыстырғанда БТТ коррозияға ұшырамайды .
- Шыны талшықпен салыстырғанда сілтілердің әсеріне тұрақты
- БТТ коррозияға және химияға: тұздардың, сілті, қышқылдардың әсеріне төзімді

### Жоғары термотұрақтылық

- БТТ ұзақ қолдану диапазоны  $-200^{\circ}\text{C}$  –тен  $+600^{\circ}\text{C}$ -ке дейін.
- Қысқа мерзімде қолдану температурасы  $700^{\circ}\text{C}$ -ке дейін.
- Бір рет әсер ету температурасы  $1000^{\circ}\text{C}$  –ке дейін.
- БТТ пластиктер, пластмассалар, желімдер, шыны және көміртек талшықтарымен қатар өте жақсы қолданылады

### Базальт ровингі (БР).

БР-бобинадағы үздіксіз жіп. Базальт породасынан алынады. Базальт жіптері асбест , шыны, көміртек талшықтарының , кевлар және т.б. минералды Талшықтардың кейбір түрлерін орның басады.

| Техническая характеристика                   |                    |                    |
|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Тип материала                                | Ровинг базальтовый | Ровинг базальтовый |
| Марка                                        | 0-330              | 1-2640             |
| Диаметр элементарного волокна (средний), мкм | 9                  | 12-15              |
| Линейная плотность, текс                     | $330 \pm 10\%$     | $2800 \pm 10\%$    |
| Разрывная нагрузка, Н                        | $>107$             | $>500$             |
| Замасливатель, %                             | 0,5 -1,5           | 0,5 -1,5           |
| Влажность, %                                 | $<1,0$             | $<1,0$             |

### Артықшылықтары:

- Экологиялық таза материал базальт канцерогенды және ұйытты заттары жоқ;
- көгеру мен микроорганизмдердің әсеріне тұрақты;
- термотұрақтылығы жоғары, мүлдем жанбайды , тұрақты қолдану температурасы -  $700^{\circ}\text{C}$ , қысқа мерзімді -  $900^{\circ}\text{C}$ ;
- Базальттың техникалық қасиеттерің жоғалтпай қызмет атқару мерзімі 50 жылдам астам;
- сілтілік және қышқылдық орталардың әсеріне тұрақтылығы жоғары
- Базальт композиттері болат және белгілі шыныпластиктерді орнына жүреді

### Базальт маталары (БМ)

БМ асбест, кремнезем маталарың олардың қолдану салаларының көбінде қолдануға болады .

БМ өте жақсы - изоляциялық, армирлеуші және фильтрлеуші материал.

Осы қызмет ету мерзімі ұзақ, өндірістік объектің қауыпсіздігін арттырады . БМ-рығ ровингтан өру және тоқумен өндіріледі. Тоқылу түрлері : сатин, мата, атлас және астарлы мата.

## Көміртекталшықтар

- Көміртекті талшықтар-бұл көміртекті талшықтар мен полимерлі матрицаларға (байланыстырғыштарға) негізделген композициялық материалдар, мұнда арматуралау үшін әртүрлі көміртекті талшықтар мен талшықты материалдар қолданылады.

- Көмір Т құрамы олардан жасалатын бұйымдарға қойылатын талаптармен анықталады. Карбонизацияланған немесе графиттелген талшықтарға негізделген көміртекті талшықтар келесі түрлерді қамтиды:

- көміртекті (әдетте карбонизацияланған) тоқыма емес материалдар мен кесілген талшықтарға негізделген пресс-материалдар;

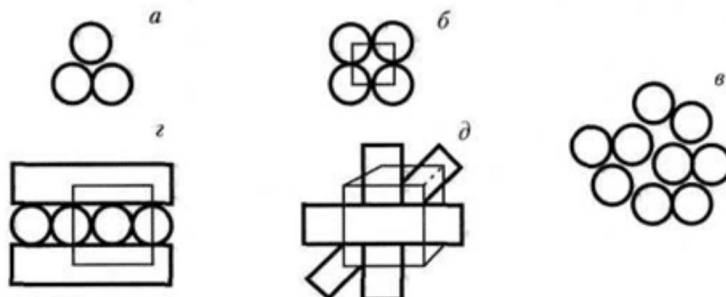
- көміртекті (карбонизацияланған) және графиттелген маталарға негізделген углетекстолиттер;

- көміртекті (графиттелген) жіптер, таспалар, жгуттар негізінде профильдер, оралған бұйымдар түріндегі беріктігі жоғары және жоғары модульді көміртекті Т. Графиттелген талшықтар мен талшықты материалдар жоғары механикалық және жылу қасиеттеріне ие, бірақ олар өте қымбат.

- Фенолды және полиимидті байланыстырғыштарға негізделген көміртекті талшықтар жоғары ыстыққа төзімді құрылымдық бұйымдар мен жабындар ретінде қолданылады.

**Толтырудың немесе армирлеудің максималды дәрежесін шарлардың немесе цилиндрлердің тығыз геометриялық орналасуына байланысты есептеуге болады. Ол келесі шамаларды құрайды:**

- шарлардың ең тығыз орналасуы үшін  $\chi = 0,524$ ;
- цилиндрлерді үшбұрыш бойынша ең тығыз төсеу кезінде (алтыбұрышты қаптама)  $\chi = 0,907$ ;
- цилиндрлерді квадрат етіп орналастыру кезінде  $\chi = 0,785$  ;
- цилиндрлерді көлденең төсеу кезінде  $\chi = 0,785$ ;
- цилиндрлерді тығыз үш өлшемді төсеу кезінде  $\chi = 0,59$ .



Армирленген пластиктерде талшықтарды тығыз және нақты төсеу схемасы: а-Үшбұрыш бойынша; б-шаршы бойынша; в-нақты бір бағытты төсеу; г-айқаспалы; д-үш өлшемді

### **Қорытынды:**

Полимерлі композиттік материалдардағы армирлеуші элементтер олардың беріктігі мен ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз ететін негізгі компонент болып табылады. Армирлеуші талшықтар полимер матрицасында жүктемені біркелкі таратып, материалдың механикалық және жылулық қасиеттерін айтарлықтай жақсартады.

Армирлеуші талшықтардың түрі мен орналасу бағыты ПКМ құрылымының беріктігін, серпімділігін және сынуға төзімділігін анықтайды. Сондықтан талшықты армирлеу – қазіргі заманғы жоғары технологиялық композиттердің негізгі конструкциялық принципі болып табылады.

### **Өзін-өзі тексеру сұрақтары**

1. ПКМ құрамындағы армирлеуші элементтердің негізгі рөлі неде және олар материалдың қандай қасиеттерін жақсартады?
2. Шыны талшықтың (шыны жіптің) кәдімгі әйнекке тән емес, өзіне ғана тән ерекше қасиеттерін атаңыз.
3. "Үздіксіз" және "штапельді" шыны талшықтардың алыну технологиясы мен айырмашылығы неде?
4. Шынытекстолит дегеніміз не және оның кәдімгі текстолиттен негізгі артықшылықтары қандай?
5. Шыныпластиктің (ШПМ) негізгі артықшылықтары (кемінде 3) мен кемшіліктерін (кемінде 3) атаңыз .
6. Базальт талшықтарының шыны талшықтармен салыстырғандағы негізгі артықшылықтары қандай (әсіресе химиялық және термиялық тұрақтылық бойынша)?
7. Көміртекталшықтар қандай мақсатта қолданылады және графиттелген талшықтардың ерекшелігі неде?

### **Әдебиет:**

1. Тоқтабаева А.Қ. Полимерлік композиттік материалдарды алу және зерттеу әдістері. Алматы, 2009. -153б.
2. Ирмухаметова Г.С. Основы технологии полимерных композиционных материалов: учеб. пособие для вузов; КазНУ им. аль-Фараби. - Алматы: Қазақ ун-ті, 2016. - 175 с.
3. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. Под.редакцией Берлина А.А. – СПб., Изд-во «Профессия», 2008. – 560с.
4. Принципы создания композиционных полимерных материалов А.А. Берлин, С. А. Вольфсон, В. Г. Ошмян, Н. С. Ениколопов. — М.: Химия, 1990. — 240 с.
5. Сайфуллин, Р.С. Физикохимия неорганических полимерных и композиционных материалов / Ренат Саляхович Сайфуллин- М.: Химия, 1990.- 239 с.

6. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер и др.; под общ. ред. А. А. Берлина-СПб.: Профессия, 2009.- 556, [4] с.

7. Батаев, А. А. Композиционные материалы. Строение, получение, применение: учеб. пособие / А. А. Батаев, В. А. Батаев- М.: Логос, 2006.- 397, [3] с.- (Новая унив. б-ка).