

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

Химия және химиялық технология факультеті

Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технологиясы кафедрасы

ПКМ толтырылуы. Толтырғыштардың негізгі түрлері және толтырылған полимерлердің құрылысының типтері

6B07101 – Химиядағы наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы

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

- ▶ **Мақсаты:**
- ▶ Полимерлі композициялық материалдардың толтырылуының мәнін түсіндіру, толтырғыштардың түрлерін, олардың морфологиясы мен қасиеттерін сипаттау. Толтырылған полимерлердің құрылыс типтерін және толтырғыштардың материалдың физика-механикалық қасиеттерін қалыптастырудағы рөлін көрсету.

► Жоспары:

1. Полимерлі композициялық материалдардың (ПКМ) жалпы сипаттамасы
2. Полимер матрицасының рөлі және толтырғыш енгізудің мақсаты
3. ПКМ толтырылуының мәні мен физика-химиялық негіздері
4. Толтырғыштардың негізгі түрлері:
5. Толтырылған полимерлердің құрылыс типтері:
6. Толтырғыштардың полимердің механикалық, жылулық және электрлік қасиеттеріне әсері

Толықтырғыштар туралы жалпы мәліметтер

- **Толықтырғыштар** деп пигменттерге тән дисперсиялық ортада ерімейтін (су, органикалық еріткіштер, олиф және сыртар) жоғары дисперсиялық бейорганикалық заттар. Әдетте олар ақ түсті, кейде аздаған мөлшерде боялғын түрі болады. Пигменттерден толықтырғыштардың айырмашылығы сыну көрсеткішінің төмен болуында (1,4 – 1,75). Осыған байланысты толықтырғыштардың органикалық үлдіртүзгіштермен қосылысы мөлдір қабатты бере алмайды. Бұл жағдайда оларды пигменттерге қоспа ретінде қолданады. Кейде бұл қоспа пигментті материалдың 80%-ға дейінгі құрамын құрайды, мысалы диоксидтің титанмен қоспасы.

- Толықтырғыштар адгезиялық қабатты, атмосфераға тұрақтылықты, суға тұрақтылығын жоғарылатады немесе төмендетеді.



Толықтырығыштар

```
graph LR; A[Толықтырығыштар] --- B[оксидтер]; A --- C[гидрокситтер]; A --- D[тұздар];
```

оксидтер

гидрокситтер

тұздар

- ▶ Пластмассада қолданылатын толтырғыш материалдардың көп бөлігі минералды немесе шыны негізіндегі толтырғыш материалдар болып табылады. Бөлшектер және талшықтар толтырғыш материалдардың негізгі топшалары болып табылады.
- ▶ **Бөлшектер** - бұл толтырғыштың кішкене бөлшектері, олар матрицада араласады, мұнда мөлшері мен арақатынасы маңызды.
- ▶ **Талшықтар** - бұл өте ұзын және өте үлкен арақатынаста болатын дөңгелек жіптер.

► Кальций карбонаты (CaCO_3)

- Пластмасса өндірісінде «бор» деп аталатын кальций карбонаты әктас пен мәрмәрден алынады. Ол көптеген қосымшаларда, соның ішінде ПВХ және қанықпаған полиэфирлерде қолданылады. 90% CaCO_3 композит жасауға болады. Бұл қоспалар салқындату жылдамдығын төмендету арқылы қалыптау өнімділігін жақсарты алады. Олар сонымен қатар материалдардың жұмыс температурасын жоғарылатып, электр сымдарының оқшаулауын қамтамасыз ете алады.
- Толтырғышта CaCO_3 қолданылады шеберлік құрамы бойынша үлкен пайызы бар негіз ретінде. Кальций карбонат ұнтағы құрамның 97% құрайды, бұл ақ / мөлдір емес өнімдерге ақтығын жоғарылатады. Сондықтан өндірушілер ақ түсті шебердің қолданылуын азайта алады. Аз мөлшерде кальций карбонат ұнтағын түрлі-түсті өнімдерге қолдануға болады. Сонымен қатар, бұл соңғы пластмассада жасалған бұйымдарға жылтыр және жылтыр бетті әкеледі.

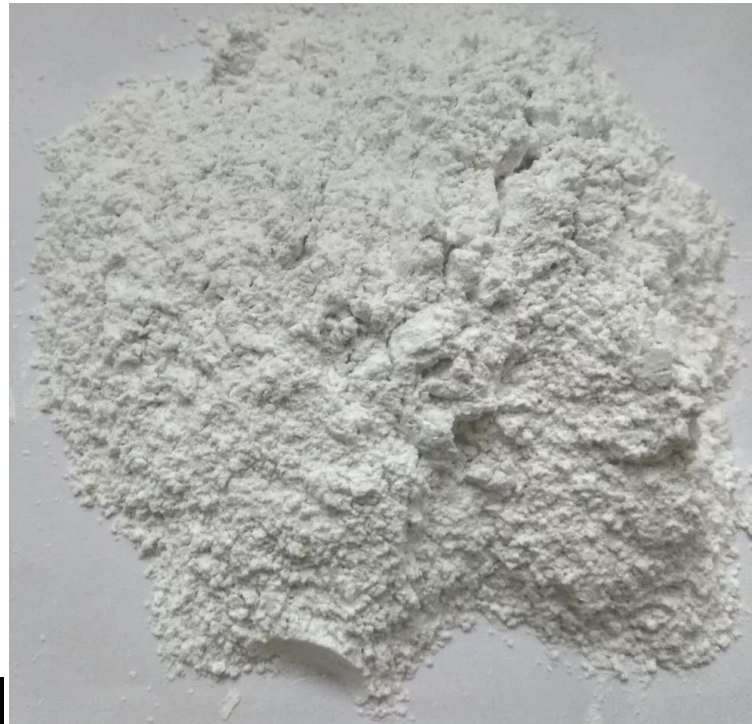
► **Каолин**

- Каолин негізінен пластикада блоктауға қарсы сипаттамалары үшін қолданылады, сондай-ақ лазерлік таңбалау кезінде инфра қызыл сіңіргіш. Бұл соққы күші мен ыстыққа төзімділікті арттырады. Метаколинит ПВХ-ны тұрақтандыру үшін қолданылады. Каолиннің тозуға төзімділігін жоғарылататыны және көміртегі қарасын толтырғыш материал ретінде алмастыра алатындығы және шыныдан арматураланған заттардың ағындық қасиеттерін жақсартып алатындығы көрсетілген.



► Оксидтер

- Бұл топ толықтырғыштары кремнеземдармен көрсетіледі, олардың ішінде ең маңыздысы диатомды кремнезем, кварц және аэросил.
- **Диатомды кремнезем** (диатомит, кизельгур, инфузорлы жер) суға қатты қаныққан табиғи кремний диоксидін құрайды. 850°C-қа дейін қыздырылғаннан кейін 90-95% SiO_2 және Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO -дан тұратын өнімді алады. Диатомды кремнеземды ағаш бетіне арналған толықтырғыштар алуда, эмульсия және өртке тұрақты краскалар алуда қолданылады.
- **Кварц** 99% SiO_2 -ден және аздаған мөлшерде Fe_2O_3 , Al_2O_3 тұрады. Тұрақты қатты беткі қабаттар алуда қолданылады.
- **Аэросил** — синтетикалық кремнезем. Сутек жалынында 1100-1400°C —та кремний тетрахлорид буымен аэросил гидролизі қатысында алады. Бұл тұрақтандырғыш жоғары дисперстілігі бойынша сипатталынады. Оның бөлшектерінің размері 0,15 – 0,02 мкм; беткі беріктілігі өте жоғары — 175-380 м²/г. Аэросил бұлыңғыр толықтырғыштар алуда және краскаларға тиксотроиялық қасиет беруде кеңінен қолданылады.



► Карбонаттар

► Бұл топ өкілдеріне мыналар жатады: кальций карбонаты – кальцит, табиғи және отырғызылған бор, кальций карбонаты және магний – доломит; магний карбонаты – магнезит; барий карбонаты – витерит. Барлық карбонаттар карбоксилқұрамды үлдіртүзгіш заттарға химиялық белсенділік көрсетеді. Бұл сыр-бояу заттардың қорғаныштық қабілетінің артуына, суға тұрақтылығының артуына, коррозияға тұрақтылығына, беріктілігіне әкеледі. Алайда карбонаттардың бояғыштар мен эмальді сақтау кезіндегі химиялық белсенділігінің төмендеуіне және тұтқырлығының жоғарылауы мен қоюлануына алып келеді. Карбонаттардың ішінде кең қолданылатына кальций карбонаты.

► **Кальций карбонат** табиғатта бор, ізбес және мрамор күйінде және синтетикалық түрінде де кездеседі. Микрокристалды формадағы түрін бор, ал ірі кристалды түрін – кальцит деп атайды. Соңғысын мраморды ұнтақтау барысында алады. Табиғи өнімдер 95,5-99,0% CaCO_3 сонымен қатар магний карбонаты, темір және алюминий оксиді, және кремнийдің қоспасынан тұрады. Синтетикалық кальций карбонатына – отырғызылған бор жатады. Бұнда аталған заттардың мөлшері аз алайды онда суда еритін бөлік көп болады.

► Сульфаттар

- Сульфатты толықтырғыштарға синтетикалық және табиғи барий, кальций сульфаттары жатады. Олар табиғи барий, шөгілтілген бланфикс, табиғи гипс, шөгілтілген барий сульфаты.
- Сырбояу заттарының өндірісінде кең қолданыс тапқан толықтырғыш барий сульфаты болып отыр.
- **Барит** (табиғи барий сульфаты) ұсақталып үгілтілген – ауыр шпат болып табылады. Оның түсі күңгірт және ақ түсті. Ол 80 - 95% BaSO_4 -ті және қосымша SiO_2 , CaCO_3 , CaF_2 , FeS_2 құрайды.

► Силикаттар

- Силикаттар толықтырғыштардың өте үлкен тобына жатады. Оларға магний силикаты (талык, асбест), алюминий каолин (тұндырылған алюминий силикаты), алюминий-натрий-калий-магний (бентонит, саз), кальций (волластонит), алюминий-кальций-натрий (лабродорит) және т.б. Сыр-бояу өндірісінде талык, слюдо және каолинді кең қолданылады.
- **Талык** майлы, жұмсақ, ақ түсті ұнтақ зат. Химиялық құрамы бойынша ол магний силикатына $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ сәйкес келеді. Сонымен қатар оның құрамына кальций, алюминий, темір оксидтері кіреді. Қазіргі таңда талыктердің көптеген түрелрін ажыратады. Әдетте ол әлсіз боялған және күңгірт түске ие. Бөлшектердің формасы ине және талшық тәрізді болып келеді.

- ▶ **Слюда** — калийдің аллюмосиликаты, құрамы $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$. Түсі ақшыл және әлсіз темір оксидімен боялған. Слюданың маңызы оның пластикалық құрылымы, ол тіпті үгіту барысында сақталды.
- ▶ Слюданы мусковит минералынан құрғақ және ылғалды түрде үгілтілу арқыла алады. Сонымен қатар $1370^{\circ}C$ синтетикалық балқыту арқылы алады.
- ▶ Слюда атмосфераға тұрақтылығын, адгезиясын және жабындылардың эластикалығын арттыру үшін, сақтауда бояулардың тығыз тұнбалар түзілуін төмендетуге қосылады.

► Нанотолтырғыштар

- Нано толтырғыштың мөлшері 100-ден аз нанометрлер. Олардың арақатынасы жоғары және олар негізінен сызаттарға төзімді және отка төзімді толтырғыштар ретінде қолданылады.



- ▶ Нанобөлшектердің наноталшықтары нанопластинкаларға қарағанда кеңірек қолданылады, бірақ нанопластинкалар кеңінен қолданыла бастады. Нанопласттар әдеттегі плиткалар сияқты тальк пен слюдалар сияқты. Нанотолтырғыштарды қосудың артықшылықтарына газ тосқауылын жасау және олардың жалынға төзімді қасиеттері жатады.

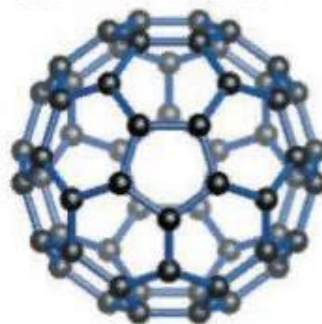
Существующие типы наночастиц, применяемые с полиолефинами

Нанонаполнитель – неорганический наполнитель с хотя бы одним размером порядка нанометра, менее 500 нм, примеры:

Слоистые алюмосиликаты (глины):
5 нм x 300 нм

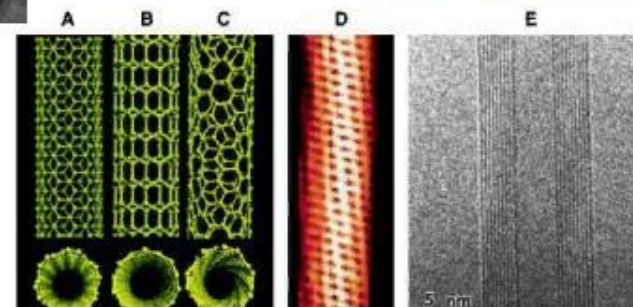


Фуллерены:
5 нм - 20 нм

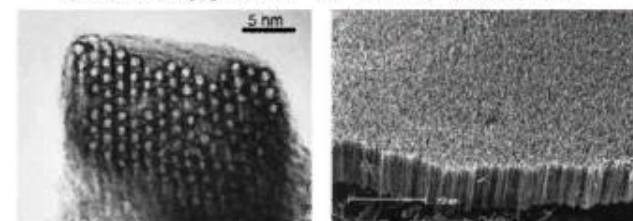


Fullerenes, cavities of carbon networks, hopeful prospects in the search for exotic materials.

Металлические нано-кубы: 100 нм x 100 нм



Нано-трубки: 10 нм x 1000 нм



Механикалық қасиеттері

Беріктік шегі

Беріктік шегі толтырғыш материалдарды бағалаудың ең көп қолданылатын әдісі.

Композицияның созылу беріктігін теңдеудің көмегімен есептеуге болады

$$\sigma_c = \sigma_b(1-a\Phi_f)^b + c\Phi_f^d$$

мұндағы

σ_c = композиттің созылу беріктігі

σ_b = полимер матрицасының созылу беріктігі

Φ_f = толтырғыштың көлемдік үлесі

a, b, c, d - толтырғыш түріне байланысты тұрақтылар.

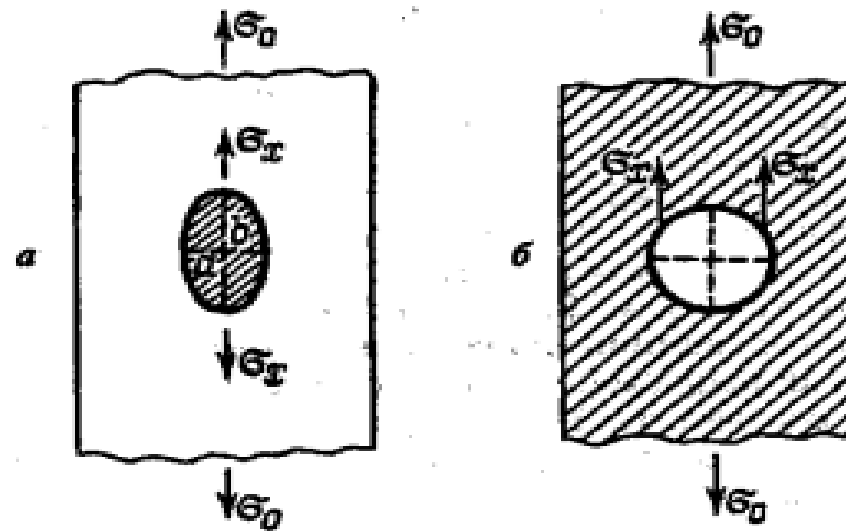
«a» стресс концентрациясына қатысты және толтырғыш материалдың адгезия сипаттамаларына негізделген.

«b» қалыпты жағдайда 0,67 құрайды.

c және d - бұл бөлшектердің өлшемімен кері байланысты тұрақты шамалар.

- ▶ Осыған байланысты атап өтуге болады:
- ▶ ☐ *полимер дисперсиялары* – минералды немесе металл ұнтақтарымен толтырылған полимерлер, қысқа талшықтар, полимерлер (қоспалар, қорытпалар);
- ▶ ☐ *полимер эмульсиялары* – дискретті фазаны құрайтын сумен, майлармен және басқа сұйықтықтармен толтырылған полимерлер;
- ▶ ☐ *Полимерлі көбік* – пенопласт, пенопласт, пенопласт, ашық және жабық кеуектері бар губкалар;
- ▶ ☐ *армирленген жүйелер* – бағытталған ұзын (үздіксіз) талшықтармен толтырылған полимерлер.

- ПКМ негізгі кемшіліктері
- 1. Серпімділік модулі матрицалық модульден басқа болса, полимерге кез келген бөлшекті енгізу бөлшектер мен матрица интерфейсінде артық кернеулердің пайда болуына әкеледі. Бұл қатты бөлшектерді енгізуге де, газ тәрізді қосындыларға да қатысты. Бөлшек қатты болса, яғни бөлшектің (фазаның) модулі матрица модулінен үлкен ($E_f > E_m$), онда ол матрицадан аз деформацияланады және ең үлкен кернеулер бөлшектің полюстерінде пайда болады.



- Толтырғыш бөлшекте асқын кернеулердің пайда болу схемасы: а – қатты бөлшек; б - ауа көпіршігі

- ▶ Бұл Үлгіде әрекет ететін асқын кернеудің сфералық бөлшек үшін 1,5 есе орташа кернеуден үлкен екенін білдіреді. Газ тәрізді үшін ең үлкен σ_x экваторлық нүктеде болады (сурет, б), ал $\sigma_x \sim 3\sigma_0$.
- ▶ Бөлшек пен матрицаның шекарасында асқын кернеулердің болуы микро-деструкцияға және үлгіні бұзатын жарықшақтың өсуіне әкелуі мүмкін.

- 2. Матрица мен бөлшекті құрайтын материалдарда сызықтық термиялық кеңеюдің әртүрлі коэффициенттері (α_m және α_f) болады. Өнімді кез келген әдіспен қалыптау кезінде қыздыру және салқындату жүреді. Температуралық айырмашылық айтарлықтай жиырылу кернеулеріне әкеледі. Салқындату нәтижесінде полимер матрицасының P қысымы бөлшекке матрицаның шекаралық қабатында максимум болады және одан қашық болған сайын азаяды. $P < 0$ кезінде кернеу сығылу, ал $P > 0$ кезінде созылу. Осылайша, α_m және α_f арасындағы айырмашылық материалды әлсірететін термиялық жиырылу кернеулерінің пайда болуына әкеледі.

- 3. Толтырғыш бөлшектерді күшпен деформацияланбайтын қатты заттарды енгізу, толтырғыш құрамының артуымен ПКМ деформациялану қабілетінің төмендеуіне әкеледі. Егер полимер мен композит оның бойында бірдей ұзындыққа созылған болса, содан кейін матрицаның өзі (қатты толтырғыштың қатысуынсыз) берілген деформацияны қамтамасыз етуі керек, сондықтан ол толтыру дәрежесінің жоғарылауымен жеке полимермен салыстырғанда күштірек деформацияланады φ :

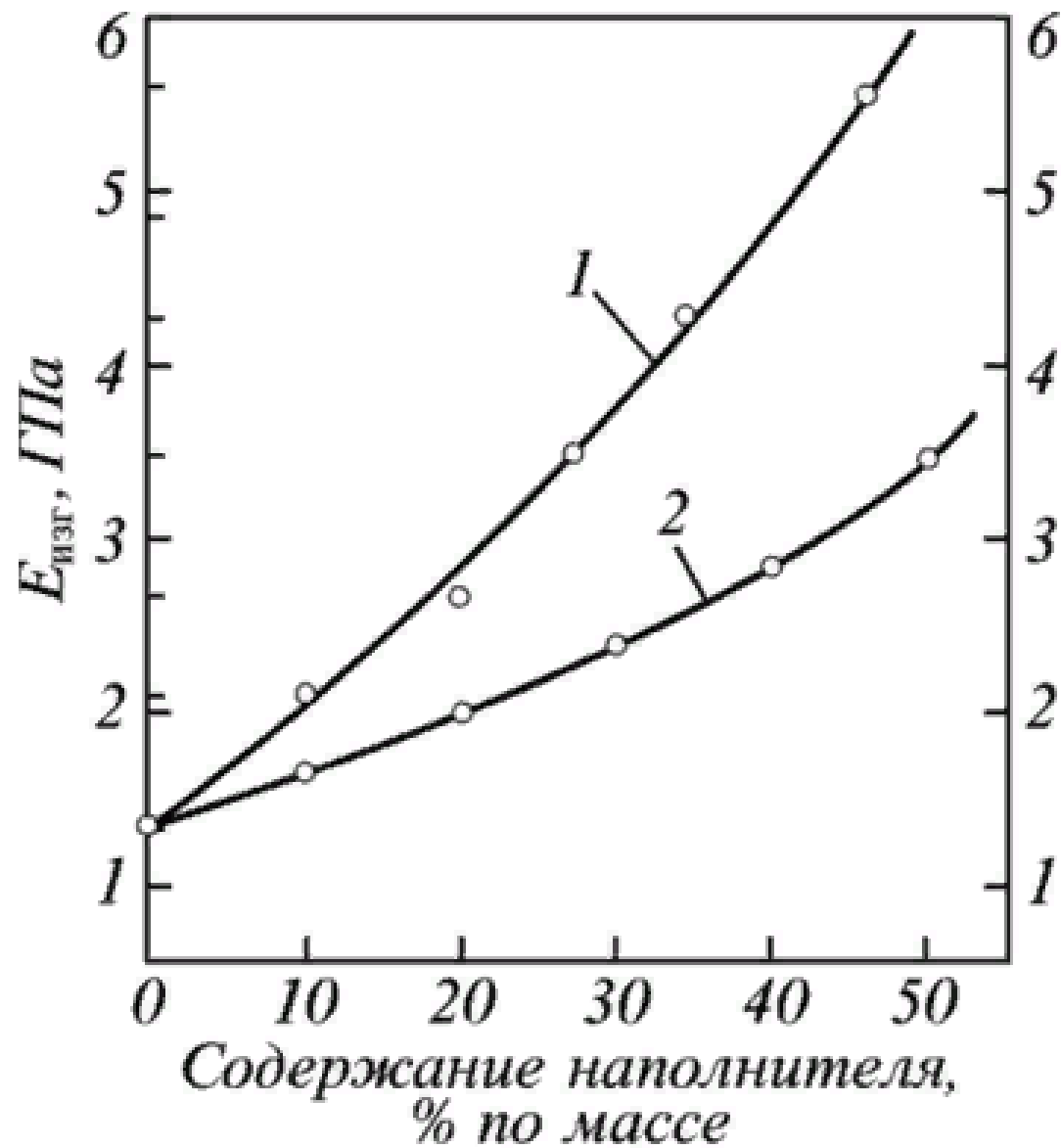
$$\varepsilon_m = \frac{\varepsilon_{\text{ПКМ}}}{1 - \varphi}$$

- Егер полимер толтырылмаса, яғни $\phi = 0$, онда $\varepsilon_m = \varepsilon_{пкм}$. Егер композит құрамында 50% толтырғыш бөлшектер бар болса, яғни $\phi = 0,5$; онда $\varepsilon_m = 2\varepsilon_{пкм}$. Мұндай ПКМ екі рет созылған кезде матрица 4 рет деформациялануы керек, бірақ көптеген пластмассалар үшін бұл композиттің істен шығуына әкеледі. Матрицалық полимердің деформациясының күшеюі матрица-бөлшек интерфейсінде артық кернеулердің пайда болуымен бірге полимердің бөлшектен бөлінуіне, кеуектіліктің пайда болуына, яғни композицияда жаңа микро ақаулардың пайда болуына әкеледі.

- 4. Қатты пластикке Төзімділігі аз толтырғышты (мысалы, эластомерді) енгізу кернеулер әсер ететін көлденең қимасын әлсіретеді және бұзылуға төзімділігін төмендетеді. Ең типтік жағдай газ тәрізді бөлшектерді енгізу болып табылады, яғни жалпы беріктігі негізінде көбік түзілуі көлденең қимасы әрқашан монолитті матрицалық полимердің беріктігінен төмен.

- Ұнтақты толтырғыштардың бөлшектерінің мөлшері бірнеше нанометрден ондаған және жүздеген микронға дейін болады. Бөлшектердің мөлшері мен пішіні, олардың фракциялық құрамы композиттер мен олардан жасалған бұйымдарды өндіру технологиясына және қасиеттеріне әсер етеді. Суретте толтырғыш бөлшектердің өлшемдерінің ұлғаюымен полиэтиленнің тозуға төзімділігі қалай өзгередінін көрсетеді.

- Дисперсті толтырғыштар полимерлердің тұтқырлығын және өңдеу температурасын жоғарылатады, технологиялық шөгуді азайтады, дайын өнімнің өлшемдік тұрақтылығын арттырады, материалдың серпімділік модулін арттырады. Композиттерге толтырғыштарды енгізу арқылы ыстыққа төзімділікті арттыруға, жанғыштықты азайтуға, қаттылық пен беріктікке өзгертуге және материалдың басқа қасиеттеріне әсер етуге болады.



- Полипропиленнің иілу модуліне (бүгілу) тальк (1) және бор (2) құрамының әсері.

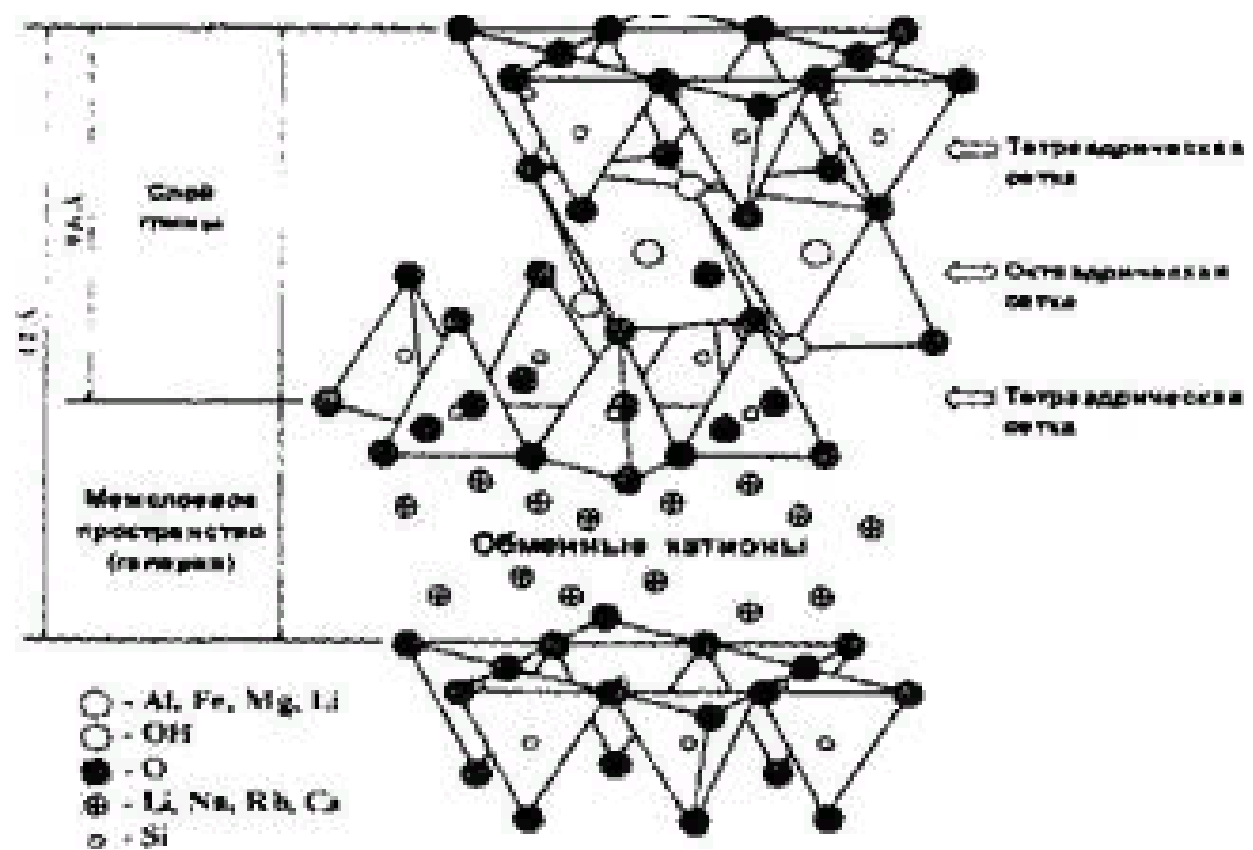
- ▶ ПКМ қасиеттерін жақсартуға әкелетін факторлар
- ▶ 1. Морт сыну теориясына (Гриффит теориясы) сәйкес беріктік (σ) жаңадан пайда болған сынық бетінің меншікті энергиясымен (α) анықталады:

$$\sigma_p = \left(\frac{2\alpha E}{\pi l_0} \right)^{1/2}$$

- ▶ мұндағы E - материалдың серпімділік модулі, l_0 - микродефекттің бастапқы ұзындығы, одан жарықшақ өсе бастады.

- Соңғы кездері полимерлі композиттер арасында материалдардың ерекше класы бөлінді - полимерлік нанокомпозиттер, олар шартты түрде 100 нм (нанотолтырғыш) шегінде толтырғыш бөлшектерінің өлшемімен сипатталады және бірегей сипаттамалардың тұтас спектріне ие. Толтырғыш бөлшектерді осындай кішкентай өлшемдерге дейін азайтқанда, олардың меншікті бетінің ауданы күрт артады, сәйкесінше материалдың қасиеттерін анықтайтын фазаның бөліну бетінің үлесі шама ретімен артады, бұл толтырудың минималды дәрежесінде дәстүрлі жоғары толтырылған полимерлі композиттерден жоғары сипаттамалары бар өнімді (нанокомпозит) алу үшін мүмкіндік береді.

- ▶ Әртүрлі табиғаттағы нанотолтырғыштарды (нанобөлшектерді) алу
- ▶ Бүгінгі таңда нанотолтырғыштардың негізгілерінің қатарына мыналар жатады. Қабатты алюмосиликаттар (балшықтар) — бейорганикалық қабаттардың өлшемдері ұзындығы жүздеген нанометр және ені 1 нм болатын монтмориллонит, гекторит, вермикулит, каолин, сапонин және т.б. сияқты қабатты табиғи бейорганикалық құрылымдар.



- Көміртекті нанотүтікшелер мен наноталшықтар диаметрі бірден бірнеше ондаған нанометрге дейінгі және ұзындығы бірнеше сантиметрге дейінгі ұзартылған цилиндрлік құрылымдар. Олар түтікке оралған бір немесе бірнеше алтыбұрышты графит жазықтықтарынан (графендерден) тұрады, жарты шар тәрізді баспен кейде аяқталады. (Сурет).

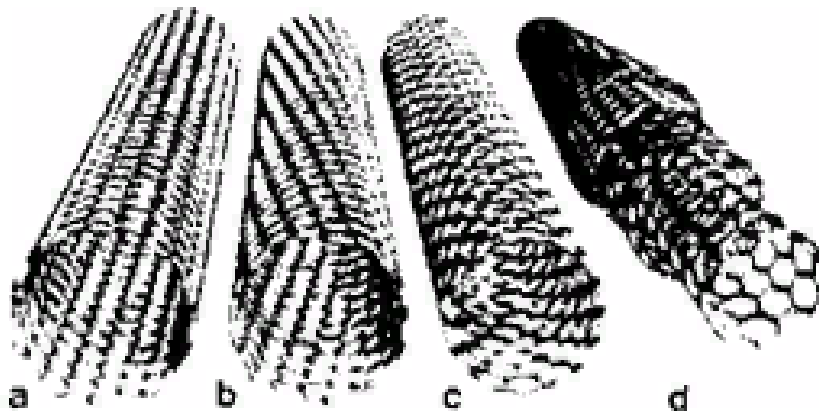


Рис. 3 - Схематическое изображение нанотрубок: а. б. с - однослойные нанотрубки; d - многослойные нанотрубки [7]

- Қазіргі уақытта көміртекті нанотүтіктерді алудың ең кең тараған әдісі доғалық разряд плазмасында графит электродтарын термиялық шашырату әдісі болып табылады. Синтез процесі гелий толтырылған камерада шамамен 500 Торр қысыммен жүзеге асырылады. Плазманың жануы кезінде анодтың қарқынды термиялық булануы жүреді, бұл кезде катодтың соңғы бетінде көміртекті нанотүтікшелер түзілетін шөгінді пайда болады. Нанотүтіктердің ең көп саны плазмалық ток минималды және оның тығыздығы шамамен 100 A/cm^2 болғанда түзіледі. Тәжірибелік қондырғыларда электродтар арасындағы кернеу әдетте шамамен 15-25 В. Разрядтық ток бірнеше ондаған амперді құрайды, графит электродтарының ұштары арасындағы қашықтық 1-2 мм. Синтез кезінде анод массасының шамамен 90% катодта түнлырылады.

- ▶ Ультрадыбыстық дисперсия алынған тұнбаның компоненттерін бөлу үшін қолданылады. Катодты кен орны метанолға салынып, ультрадыбыстық әсерге ұшырайды. Нәтижесінде суспензия пайда болады, ол (суды қосқаннан кейін) центрифугада бөлінуге ұшырайды. Ірі күйе бөлшектері центрифуганың қабырғаларына жабысады, ал нанотүтіктер суспензияда қалқып тұрады. Содан кейін нанотүтіктерді азот қышқылында жуып, 1:4 қатынасында оттегі мен сутегінің газ тәріздес ағынында 750°C температурада 5 мин кептіреді. Бұл өңдеудің нәтижесінде орташа диаметрі 20 нм және ұзындығы шамамен 10 мкм көп қабатты нанотүтіктерден тұратын жеткілікті жеңіл және кеуекті материал алынады.

- Фуллерендер - көміртектің аллотропты түрлерінің класына жататын және үш үйлестірілген көміртек атомдарының жұп санынан тұратын дөңес тұйық полиэдрлерді білдіретін молекулалық қосылыстар.

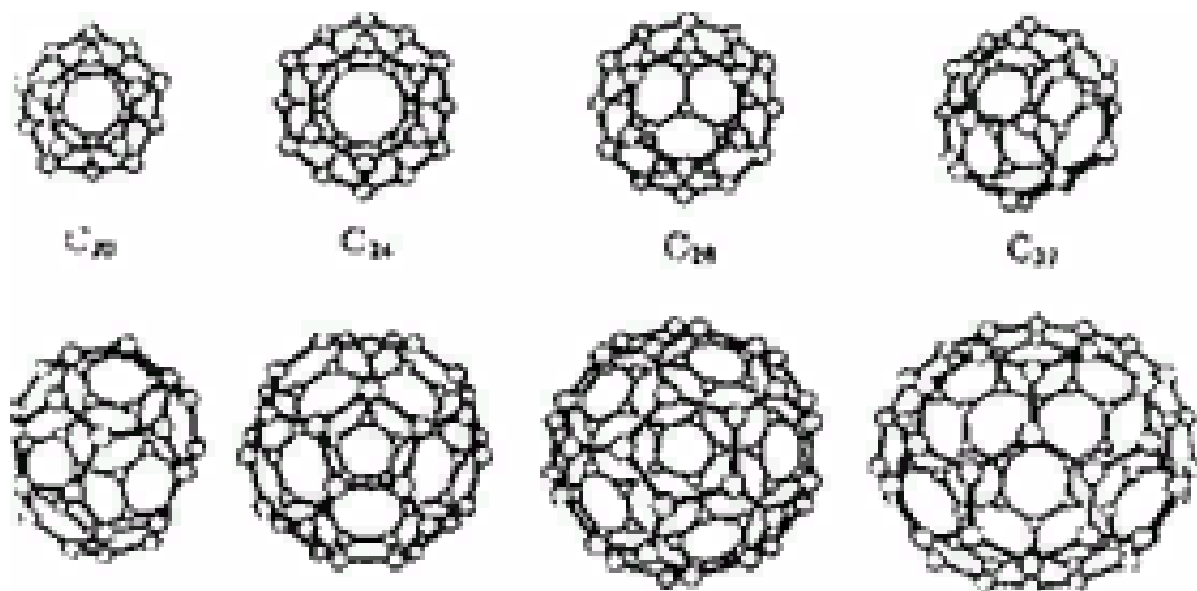


Рис. 4. - Структура молекул фуллерена C_{20} - C_{70} [9]

- Фуллерендер алудың бірнеше жолы бар: вакуумде электр тогы бар графит шыбықтарын қыздыру, гелий атмосферасында графит электродтары арасындағы электр сәулесін разрядтау, көміртекті лазермен булану, көмірсутектерді жағу. Оларды өндірудің бастапқы материалы жоғары температуралы көміртегі буы болып табылады. Мұндай синтездің өнімі көміртегі қарасынан, әртүрлі құрамды фуллерендер қоспасынан (C60, C70 және т.б.) және қоспа молекулаларынан тұратын күрделі қоспа болып табылады.

- ▶ Қазіргі уақытта фуллерендерді зертханалық жағдайда алудың ең тиімді жолы 200 Торр қысыммен гелий атмосферасында графит электродтары арасында электр доғасының жануы болып табылады. Бұл әдіс 25 торр кем емес инертті газ қысымын қажет етеді. Инертті газдың қысымын жоғарылату үлкен массасы бар фуллерендер түзілуіне ықпал етеді. Графит электродтары арасындағы электр разрядында түзілетін жылу көміртекті күйе мен фуллерендер түзе отырып буландырады, олар бірге реактор қабырғаларында конденсацияланады.
- ▶ Фуллерендер органикалық еріткіштермен қоспадан әрі қарай жеке өнімдерге бөлінеді.
- ▶ Фуллерендер C60 және C70 қазіргі уақытта шығарылады және коммерциялық қол жетімді.

- ▶ Шунгит- ерекше көміртекті тау жынысында дисперсті силикаттар біркелкі таралатын матрицаны құрайды. Шунгит көміртегі - белгілі бір шунгит құрылымы бар элементтік көміртек. Оның негізін өлшемі шамамен 10 нм болатын көп қабатты глобул құрайды. Тау жынысындағы көміртек 0,5 - мкм бөлшектерінің мөлшері жоғары дисперсті силикаттар біршама біркелкі таралған матрицаны құрайды.

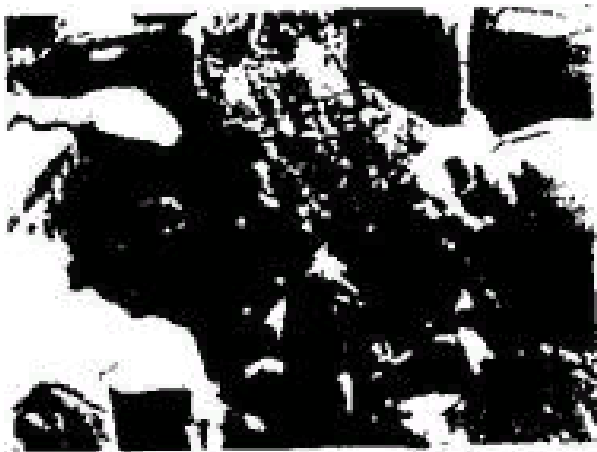


Рис. 5. - Структура шунгитовой породы

- ▶ Бейорганикалық нанотүтіктер - элементтердің бүкіл периодтық жүйесі құрамдас элементтер ретінде қатысатын (өтпелі металл оксидтері мен галогенидтерден жасалған нанотүтіктер, сондай-ақ ауыспалы металдан жасалған нанотүтіктер, бор мен кремний негізіндегі таза металл). Наноөлшемді күйдегі металл кешені қосылыстары (100 нм дейін).
- ▶ Мысалы, Н.С. Курнаков атындағы Ресей ғылым академиясы палладий комплексті қосылыстар түріндегі металл наноөлшемді бөлшектердің жаңа тұрақты формаларын синтездейді, олардың құрылымдық формулалары суретте көрсетілген.

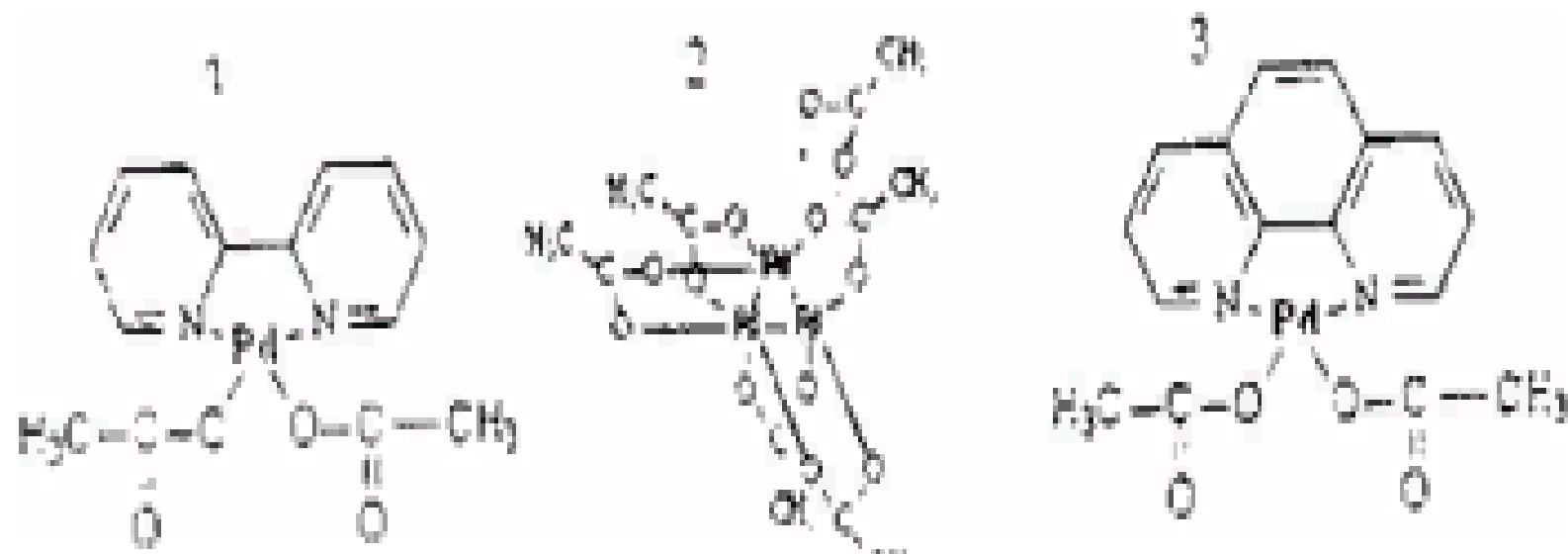


Рис. 6. - Комплексные соединения палладия: 1 - комплекс палладия с а, а' - дипиридилем (ДПП), 2 диацетат палладия (ДАП) и 3 - фенантролин палладия (ФП)

- **Металл нанобөлшектері.** Мысалы, металл фуллерендер АҚШ-та синтезделді - пішіні бойынша көміртекті «футбол доптары мен доптарға» ұқсас алтын нанобөлшектері. 16 немесе 18 атомды қамтитын молекулалар «ішінде қуысы бар көп қырлыларға» ұқсайды .

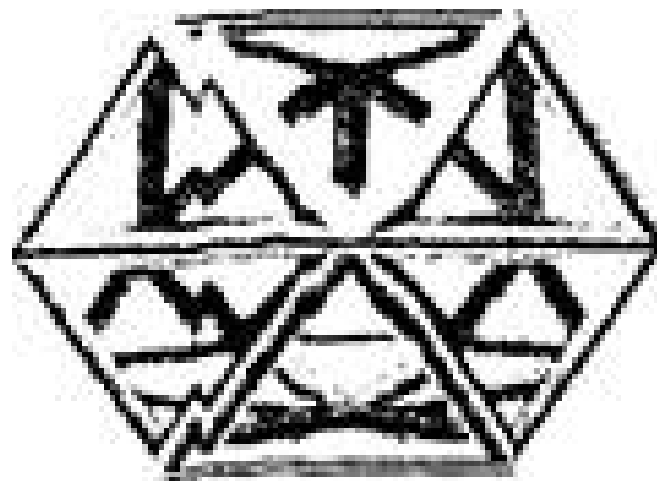


Рис. 7. - Наночастица золота

- Кейбір металдардың реттелген құрылымдарды (кластерлерді) дайындау қабілетіне байланысты құрамында металл бар полимерлі нанокомпозиттер құнды қасиеттердің жиынтығына ие болуы мүмкін. Металл шоғырларының типтік өлшемдері 1-ден 10 нм-ге дейін, бұл олардың үлкен меншікті бетінің ауданына сәйкес келеді. Мұндай нанокомпозиттер суперпарамагнетизм мен каталитикалық қасиеттерді көрсетеді, сондықтан оларды жартылай өткізгіштерді, катализаторларды, оптикалық және люминесценттік құрылғыларды және т.б. жасау үшін пайдалануға болады.

- ▶ **Қорытынды:**
- ▶ Полимерлі композициялық материалдарды толтыру — олардың қасиеттерін жақсартудың негізгі тәсілдерінің бірі. Толтырғыш енгізу арқылы полимердің беріктігі, қаттылығы, жылу мен тозуға төзімділігі, сондай-ақ электр және жылу өткізгіштігі артады.
- ▶ Толтырылған полимерлердің құрылыс типі толтырғыштардың кеңістікте таралуы мен өзара байланысу сипатына байланысты. **Гомогенді құрылымдарда** толтырғыш біркелкі таралған болса, **гетерогенді жүйелерде** айқын шекаралы фазалар түзіледі. **Бағытталған құрылымдар** жоғары беріктік пен серпімділік береді, ал **қабатты және торлы құрылымдар** полимердің деформацияға төзімділігін арттырады.
- ▶ Қорытындылай келе, толтырғыштардың түрі мен таралу сипаты полимерлі композициялық материалдардың құрылымын және эксплуатациялық қасиеттерін анықтайтын басты фактор болып табылады. Толтыру арқылы жаңа буын функционалды материалдарын — жеңіл, берік және ұзақ мерзімді композиттерді — алуға мүмкіндік туады.

► **Әдебиет:**

1. Тоқтабаева А.Қ. Полимерлік қомпозиттік 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.
- 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).