

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

10-дәріс

Полимерлі композициялық материалдарды алудың теориялық негіздері. Композитті наноматериалдардың механикалық қасиеттеріне толтырғыштардың әсері. Механикалық беріктілік және мәңгілік.

6B07101 – Химиядағы наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы

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

Мақсаты:

Полимерлі композициялық материалдарды алудың теориялық негіздерін, матрица мен толтырғыш арасындағы өзара әрекеттесудің физика-химиялық механизмін түсіндіру. Композитті наноматериалдардағы наноөлшемді толтырғыштардың механикалық беріктілікке, модульге және мәңгілікке әсерін талдау. Нанотолтырғыштар арқылы материалдың құрылымын жетілдіру және оның ұзақмерзімді тұрақтылығын арттыру жолдарын көрсету.

Жоспары:

1. Полимерлі композициялық материалдардың (ПКМ) теориялық негіздері
2. Полимер матрицасының рөлі және оның физика-химиялық қасиеттері
3. Толтырғыштардың табиғаты мен құрылымдық сипаттамалары
4. Композитті наноматериалдар және олардың ерекшеліктері
5. Наноөлшемді толтырғыштардың (графен, көміртек нанотүтікшелері, нанокремний, нанooksидтер және т.б.) әсер ету механизмі
6. ПКМ механикалық қасиеттері: беріктік, қаттылық, серпімділік модулі
7. Материалдардың мәңгілігі (тозуға, қартаюға және шаршауға төзімділігі)
8. Толтырғыштардың композиттердің механикалық және эксплуатациялық қасиеттерін қалыптастырудағы рөлі

Қысқаша тезис: Бұл лекция полимерлі композициялық материалдарды (ПКМ) алудың теориялық негіздеріне, әсіресе полимер матрицасы мен толтырғыштың өзара әрекеттесуіне арналған. Композиттің соңғы қасиеттері матрица мен толтырғыш арасындағы адгезиялық байланыстың сапасына тікелей тәуелді.

Толтырғыштар негізгі екі топқа бөлінеді:

1. **Активті толтырғыштар:** Материалдың физика-механикалық қасиеттерін әдейі күшейту үшін қолданылады.

2. **Активті емес (инертті) толтырғыштар:** Негізінен материалдың бағасын төмендету мақсатында қосылады.

Толтырғыштарға қойылатын негізгі талаптар – олардың полимермен біртекті масса құрау қабілеті, сақтау кезіндегі тұрақтылығы және төмен құны. Ұсақ бөлшектердің беріктігін анықтау қиын болғандықтан, олардың қасиеттері көбіне Мосс шкаласы бойынша анықталатын қаттылығымен бағаланады.

ПКМ алудың негізі – компоненттерді араластыру. Екі негізгі араластыру түрі бар: қарапайым араластыру және **дисперсті араластыру**. Дисперсті араластырудың мақсаты – **агломераттарды** (физикалық байланыстармен ұсталып тұрған толтырғыш бөлшектері) бұзу. Бұл процесс тұтқыр полимер ағынының (балқыманың) толтырғыш бөлшектеріне әсер ететін ығысу күшіне негізделген (Стокс заңы).

Диспергирлеу сапасын арттыру үшін толтырғыштың полимермен **ылғалдану** процесін жақсарту және толтырғыш бетін **модификациялау** (химиялық егу немесе физикалық адсорбция арқылы) маңызды. Модификацияның мақсаты – толтырғыш бетінің табиғатын полимер табиғатына жақындату.

Толтырғыштарды полимермен араластырудың негізгі төрт әдісі бар:

1. **Тұтқыр ағынды күйдегі полимермен (балқымамен) араластыру:** Ең әмбебап және жоғары сапалы дисперсия беретін әдіс, бірақ күрделі/қымбат жабдықты және жоғары энергия шығынын қажет етеді.

2. **Полимер ерітіндісін толтырғышпен араластыру:** Энергия шығыны аз, бірақ қымбат және экологиялық қауіпті еріткіштерді қажет етеді.

3. **Толтырғышты полимер латексіне енгізу:** Қарапайым және арзан әдіс, бірақ диспергирлеу сапасы өте төмен.

4. **Толтырғыш қатысында мономерді полимерлеу.**

Бұл процестер үшін **валыцтер** (екі білік арасындағы үйкеліс күші арқылы араластырады) және **жабық екі роторлы**

араластырғыштар (Бенбери) сияқты периодты түрде жұмыс істейтін жабдықтар қолданылады.

Толтырғыштардың механикалық қасиеттерге әсері әртүрлі:

- **Серпімділік модулі мен тұтқырлық:** Толтырғыштың үлесі (ϕ) артқан сайын, композиттің серпімділік модулі және тұтқырлығы артады. Тұтқырлықты Муни формуласымен есептеуге болады.

- **Беріктік (Аққыштық шегі):** Егер матрица иілгіш (шынылану температурасынан жоғары) және адгезия жақсы болса, толтырғыш беріктікті арттырады. Алайда, егер матрица шыны тәрізді (морт) болса, толтырғыш керісінше беріктікті төмендетеді, өйткені салқындау кезінде полимердің көбірек шөгуінен ішкі кернеулер мен микрожарықшалар пайда болады.

- **Бөлшек мөлшері:** Бөлшек мөлшері кішірейген сайын (мысалы, 10 мкм-ден аз) олардың агломерацияға бейімділігі артады, бұл балқыманың тұтқырлығын күрт арттырып, өңдеуді қиындатады. Сонымен қатар, бөлшек мөлшері неғұрлым үлкен болса, соңғы материалдың беріктігі соғұрлым төмен болады.

Полимерлі матрицаға толтырғыштың әсеріне байланысты:

Активті:

- Физика-механикалық қасиеттерін күшейтеді
- Лиофильді дисперсті система түзеді

Активті емес:

Бағасын төмендету мақсатында

Металл және шыны қалдықтары

Толтырғыштарға қойылатын талаптар:

- Біртекті масса қалыптастыру үшін полимермен біріктіру мүмкіндігі (дисперсті толтырғыштар үшін)
- Сақтау және өңдеу кезінде қасиеттердің өзгермейтіндігі
- Төмен құны

Толтырғыш бөлшектердің беріктігі ПКМ құру кезінде өте маңызды. Алайда, бұл қасиетті өте ұсақ бөлшектер үшін анықтау мүмкін емес. Сондықтан толтырғыштардың физика-механикалық қасиеттері қаттылықпен бағаланады.

	Мосс шкала сы бойынша	Материал
Жұм сақ	1	Тальк
	2	Каолин, кипс, олово, ноготь
	3	Медь, золото
	5 – 5,5	Сталь, оконное стекло
	6 – 6,5	Полевой шпат, диоксидин титана
	7	Диоксидин кремния, диокси дин циркония
	9	Корунд, оксид алюминия
Қатт ы	10	Алмаз

Полимерлі композициялық материалдарды алу

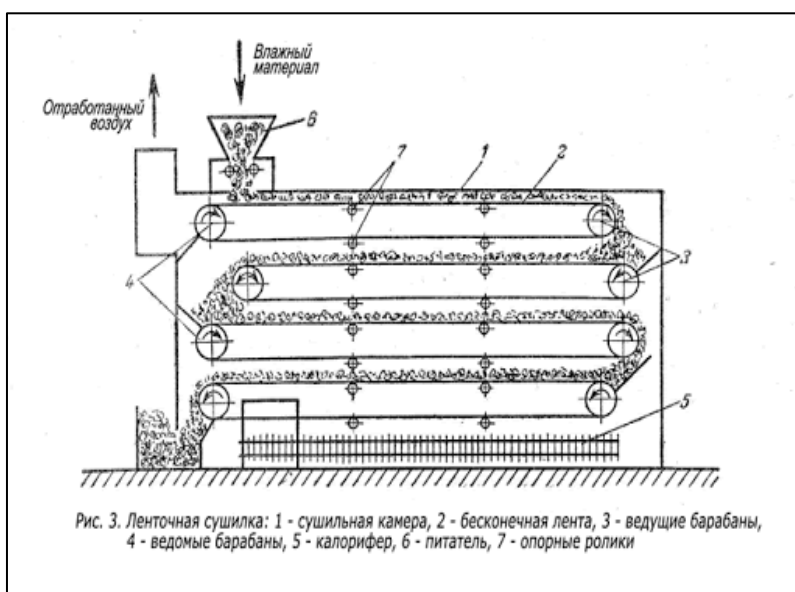
Араластыру үрдісінің түрлері:

Балқымаға сұйық немесе қатты ұнтақ тәрізді
қоспаларды енгізумен араластыру

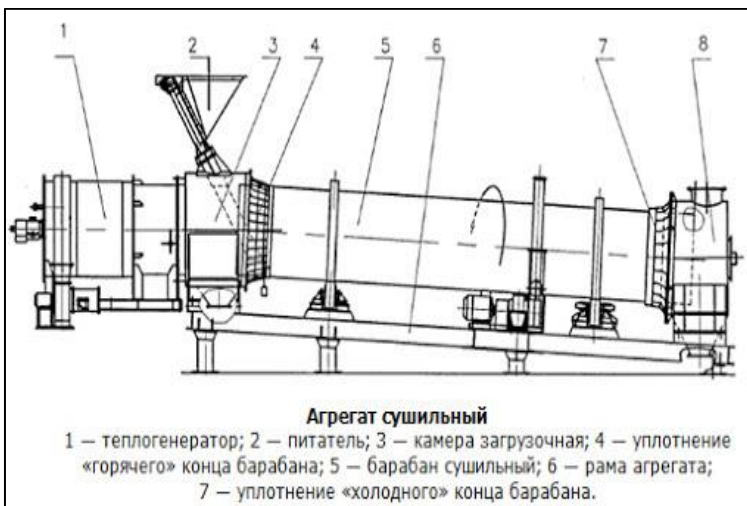
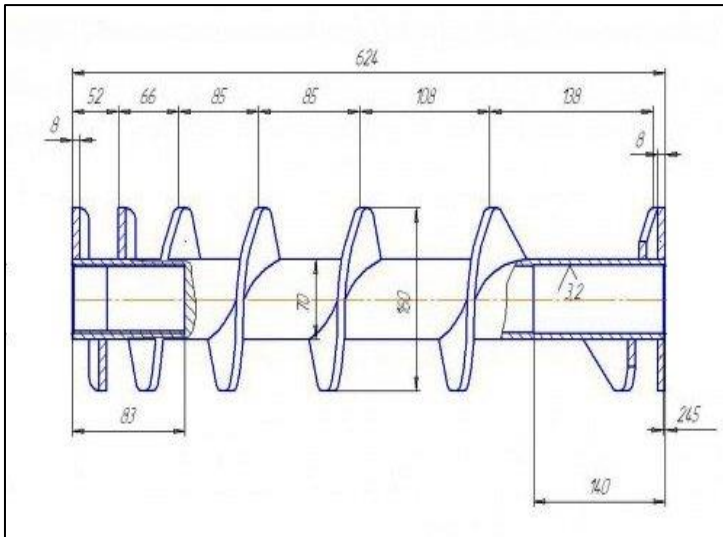
Екі сұйық компоненттерді араластыру
(олигомерлер, полимерлер балқымасы)

Ұнтақтарды араластыру

Ұнтақтарды және түйіршіктерді кептіру үшін периодтық және үздіксіз қозғалатын кептіргіштер қолданылады. Ол барабанды, шнекті, ленталы вакуум-кептіргіштер, сонымен қатар қайнаған қабатты кептіргіштер.



Шнекті және барабанды кептіргіштер



Термопласттарды түйіршіктеу

- Түйіршіктеу әдісіне қарай түйіршіктер әртүрлі пішінді болады: жасымық, цилиндр, куб, пластина.
- Түйіршіктердің қалыпты мөлшері 1,5-3 мм, ірі түйіршіктер 2-5 мм болады.

Ұсақтау

- Полимерлі материалдарды, тек оларды қайта қолдану жағдайында немесе жұқа полимерлі ұнтақтарды алуда жүргізіледі.

Араластыру

- Ұнтақ тәрізді затты тұтқыр сұйықтықпен (полимер балқымасы немесе пластификатор) және екі тұтқыр сұйықтықпен

Араластырудың екі түрі қолданылады:

Қарапайым араластыру
Дисперсті араластыру

Араластыру әдістемесі және араластырғыштардың құрастырылуы араласу үрдісі периодты немесе үздіксіз екеніне тәуелді.

Периодты үрдісте барлық компоненттер бірден немесе кезектесіп берілген полимер көлеміне араластырудың қажетті сапасына жетпейінше, масса бірнеше рет араластырғыштың жұмыс мүшесінен өтіп, енгізіледі. Осы принциппен айналмалы корпусымен ұнтақтарға арналған бұлғауыштар, желім және бояу бұлғауыштары, құйын тәрізді бұлғауыштар, қайнаған қабатты бұлғауыштар, валыцты бұлғауыштар, Бенбери бұлғауыштары және т.б. жұмыс істейді.

Периодты типті бұлғауыштардың ыңғайлылығы оларда қоспаларды енгізу кезектестігін оңай өзгертуге, температураны бақылауға болады.

Араластыру әдістемесі және араластырғыштардың құрастырылуы араласу үрдісі периодты немесе үздіксіз екеніне тәуелді.

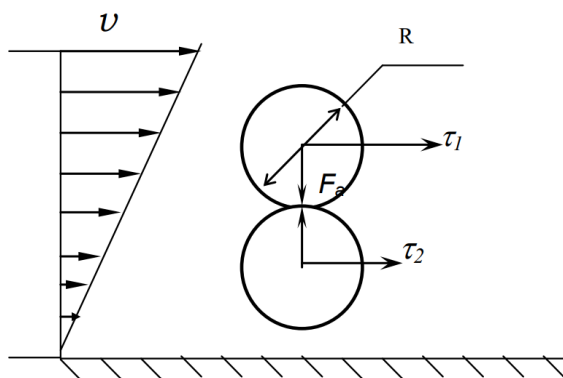
Периодты үрдісте барлық компоненттер бірден немесе кезектесіп берілген полимер көлеміне араластырудың қажетті сапасына жетпейінше, масса бірнеше рет араластырғыштың жұмыс мүшесінен өтіп, енгізіледі. Осы принциппен айналмалы корпусымен ұнтақтарға арналған бұлғауыштар, желім және бояу бұлғауыштары, құйын тәрізді бұлғауыштар, қайнаған қабатты бұлғауыштар, валыцты бұлғауыштар, Бенбери бұлғауыштары және т.б. жұмыс істейді.

Периодты типті бұлғауыштардың ыңғайлылығы оларда қоспаларды енгізу кезектестігін оңай өзгертуге, температураны бақылауға болады.

Дисперсті араластыру кезінде агломерат деген ұғым бар. Агломерат-бұл физикалық байланыстармен байланысқан бірнеше бастапқы толтырғыш бөлшектерден тұратын форма.

Агломераттарды тұтқыр полимермен араластырған кезде оларды бұзу механизмі

Стокс Заңына сәйкес, ағымдағы сұйықтық(полимер) тұтқыр үйкеліс күші толтырғыш бөлшегіне әсер етеді, сонда τ тең:



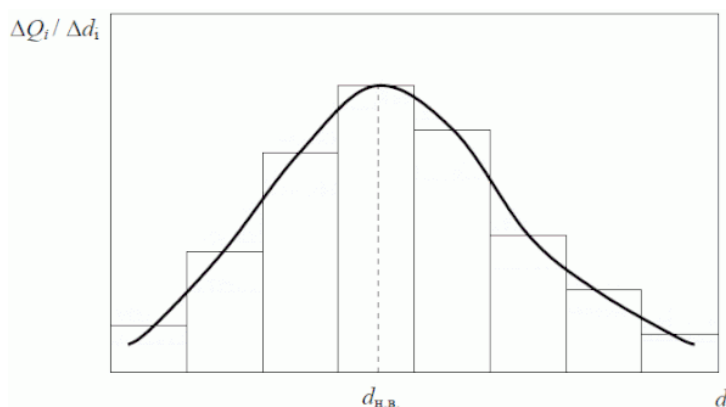
$$\tau = 6\pi R\eta v$$

$$\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 = 6\pi R\eta(v_1 - v_2)$$

Толтырғыштың диспергирлеу сапасын бағалау

Дисперсті араластыру арқылы алынған материалдың маңызды сипаттамасы дисперсті фазалық бөлшектердің размері болып табылады.

Композициялық материалдың біркелкілігі мен қасиеттерінің жаңғыртылуын сүйене отырып, дисперсті фазаның барлық бөлшектері бірдей мөлшерде болғаны жөн.



Бөлшектердің таралуын зерттейтін экспресс әдістер бар, оған сәйкес композициядағы үлкен бөлшектердің болуы мен саны балқыманы сүзу арқылы анықталады. Ол EN13900-5: 2005 еуропалық нормаларымен қарастырылған. Бұл әдіс "сүзгі тест" деп аталды"

$$FPV = \frac{P_{max} - P_0}{t \cdot C \cdot G}$$

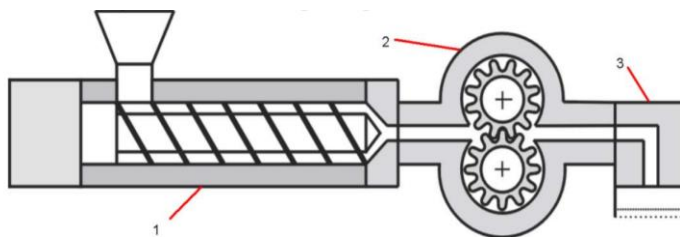


Рис. 4.4. Схема прибора для определения качества диспергирования наполнителя в полимере методом фильтрации расплава: 1 - экструдер, 2 - шестеренчатый насос, 3 - блок фильтр.

Ылғалдандыру процесі

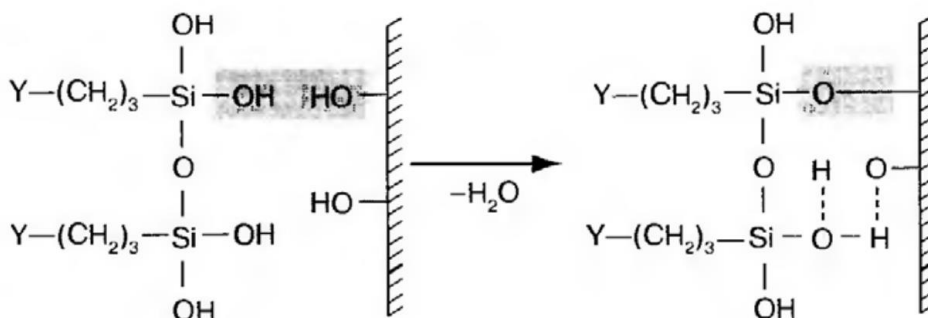
Толтырғышты полимермен ылғалдандыру процесін күшейту арқылы диспергирлеу сапасын арттыру

Полимердің тұтқырлығын азайтады

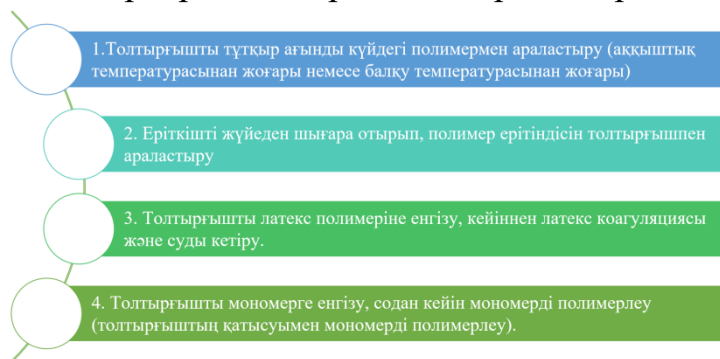
Полимер мен толтырғыш арасындағы байланысты арттырады

Толтырғыш бетін модификациялау

Өзара әрекеттесуді жақсарту арқылы диспергирлеуді жақсартудың тағы бір тәсілі полимер толтырғыш бетінің модификациясымен байланысты. Модификацияның негізгі міндеті-толтырғыш бетінің табиғатын полимер табиғатына жақындату және осыған байланысты полимер макромолекулаларының толтырғыш бетімен әрекеттесу энергиясын арттыру. Модификация химиялық егу арқылы да, әртүрлі қосылыстардың физикалық адсорбциясы арқылы да жүзеге асырылады.



Полимерлерді дисперсті толтырғыштармен араластыру әдістері



1-әдіс

1. Толтырғышты тұтқыр ағынды күйдегі полимермен араластыру (аққыштық температурасынан жоғары немесе балқу температурасынан жоғары)

Әдістің артықшылықтары:

- жоғары сапалы дисперсті толтырғыш;
- универсалды;
- қосымша заттардың көп мөлшерінің болмауы (еріткіштер, коагулянттар және т.б.).

Әдістің кемшіліктері:

- күрделі және қымбат аппаратуралық құрастыру;
- жоғары энергия шығындары;
- толтырғыштың қатты шандануы;
- жылу шығарудың күрделілігі.

2-әдіс

2. Еріткішті жүйеден шығара отырып, полимер ерітіндісін толтырғышпен араластыру

Процесс арнайы диспергаторларда жүзеге асырылады, оған шар және бисер диірмендері, диск және роликті және т. б. кіреді.

Әдістің артықшылықтары:

- төмен шандылық;
- энергия шығыны аз;
- жылуды кетірудің қарапайымдылығы.

Әдістің кемшіліктері:

- күрделі аппаратуралық құрастыру;
- қолдану саласы шектеулі (тек лак-бояу материалдары үшін);
- қымбат экологиялық қауіпті еріткіштерді пайдалану қажеттілігі.

3-әдіс

3. Толтырғышты латекс полимеріне енгізу, кейіннен латекс коагуляциясы және суды кетіру.

Үшінші әдіс бойынша ұнтақты толтырғыш қарапайым машинада араластырғышпен полимер латексімен араласады. Содан кейін латекс коагуляциясы, коагуляцияны жуу, сүзу арқылы судан бөлу, кептіру жүргізіледі

Әдістің артықшылықтары:

- төмен шаңдылық;
- қарапайым аппаратуралық құрастыру;
- төмен энергия.

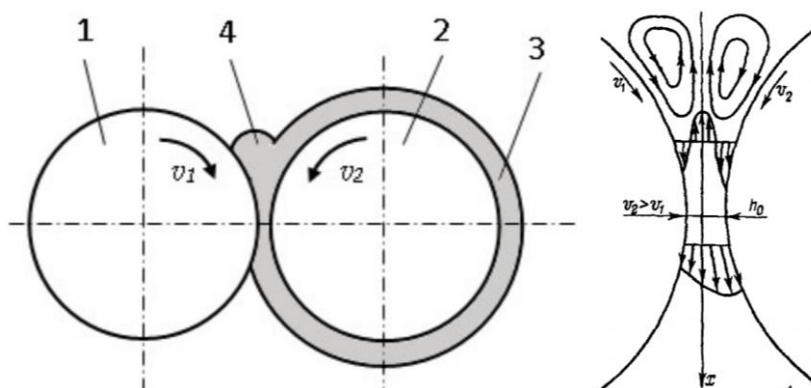
Әдістің кемшіліктері:

- диспергирлеу сапасы өте төмен;
- қолдану саласы шектеулі
- Тұтқыраққыш күйінде қосымша араластыруды талап етеді.

Араластыру үшін қолданылатын құрал-жабдықтар

Вальцтер (Вальцы)

Араластыру тиімділігі қоспаның әртүрлі жылдамдықпен бір-біріне бағытталып айналған екі валктің арасынан жіңішке қуыс арқылы өткеннен жетеді. Бір рет тиеудің көлемі мынадай, валктер арасындағы қуыста материалдың артық мөлшері жиналады. Сондықтан, барлық қоспа қуысқа кіре алмайды және оның бөлігі кері бағытта сығылады. Бұл қуысқа ену кезінде тоққа қарсылыққа және циркуляцияның пайда болуына әкеледі. Валктердің айналу жылдамдығының айырмашылығы фрикциямен өлшенеді, мұндағы V_1 және V_2 – валктердің беткі қабатының қозғалысының сызықты жылдамдығы. Фрикция жоғары болған сайын және валктердің арақашықтығы кішірейген сайын қозғалыс жылдамдығы және араласу қарқындылығы артады.



Жабық түрдегі екі роторлы араластырғыштар

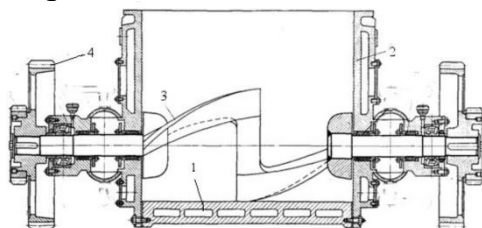
Оның жұмыс камерасы, бір-бірімен түйіскенде көлденең қимасы сегізге ұқсас, екі бос цилиндрлерден тұрады. Әр жарты камерада бұрандалы қалақшаларымен сопақша қималы ротор айналып тұр. Роторлар бір-біріне қарама қарсы әртүрлі жылдамдықпен айналады және әрқайсысы қоспаны камераның орталығына бағыттайды.

Қоспаның артық бөлігі орталықтан кері бағытта итеріледі де, араластыратын тиімділікті қамтамасыз ететін қарқынды токқа қарсылылықты тудырады. Соңғысы қоспаның валкалар өзінің арасындағы қуыста, сонымен қатар валктер және камера қабырғасының арасында үйкелуімен де қамтамасыз етіледі. Камерада материалдың тығыздалуы, жұмыс камерасында қоспаға үнемі қысым тудыратын, жоғарғы тетік – поршеньмен жетеді. Төменгі тетік араластыру уақытында қозғалыссыз және дайын қоспаны шығару үшін ығыстырылады.

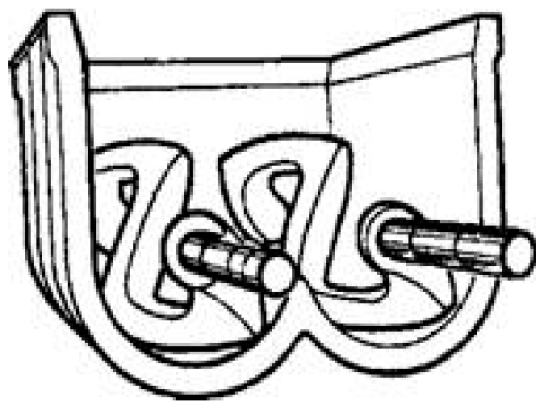
Араластырғыштан қоспаның ірі кесектері шығарылады. Олар бұлғауыштардың шығарғыш қуысында орналасқан, табақшалы валыцтерге түседі. Қоспа валыцтерде табақша пішінін алады. Қоспаның жіңішке лентасы валыцтерден үздіксіз кесіледі және үлдірді өндіруде каландрды сіңіру үшін келіп түседі. Түйіршіктерді алу үшін валыцтердің орнына экструдер – түйіршіктендіргішті орналастырады.

Ашық типті екі роторлы қалақты араластырғыштар

Z-тәрізді пышақтары бар екі роторлы араластырғыш: 1 - шұңқырдың түбі, 2 - бүйір қабырғасы, 3 - ротор, 4 - редутор.



Бүйір қабырғасы жоқ z тәрізді пышақтары бар екі роторлы араластырғыштың түрі

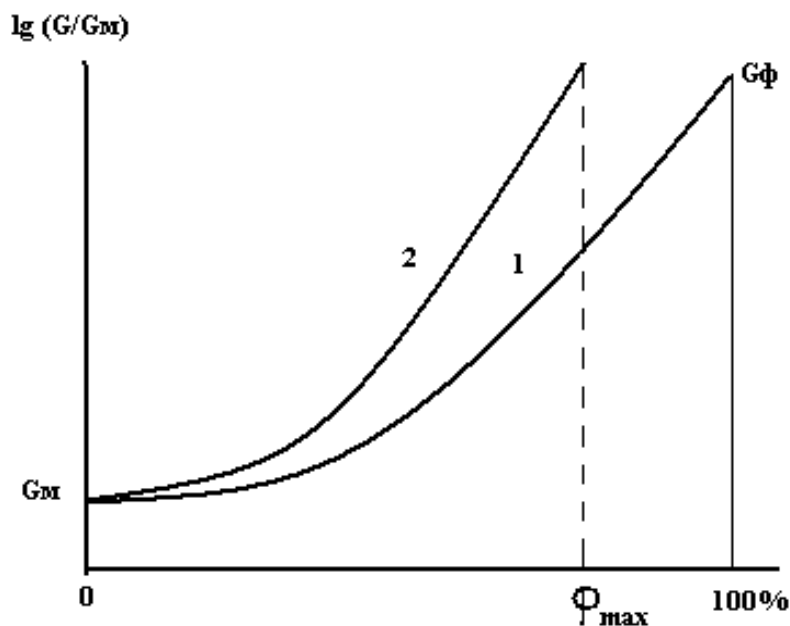


ПКМ фазалық құрылысының оның қасиеттеріне әсері

ПКМ серпімділік модулі. Деформацияланатын толтырғышты деформациялайтын матрицаға енгізгенде әр полимер байқалатын деформацияға қабілетті полимерлер қоспасы типті ПКМ алынады. Суреттегі 1 қисық толтырғыштың құрамы $\square$ нөльден 100 %-ға дейінгі интервалда ПКМ-ның салыстырмалы модулінің өзгерісін көрсетеді. $\square = 100\%$ болғанда ПКМ модулі екінші полимердің (дисперсті толтырғыш) модуліне тең: $G = G_F$.

ПКМ модулі $\square_f$ аз мөлшерінде матрицаның қасиеттерімен анықталады және $\square_f$ өсуімен біркелкі артады. Модуль $\square_f = 20 \square 30 \%$ мәнінде тез өсе бастайды, бөлшектердің қашықтығы диаметрінен кіші және олардың әсерлесуінің ықтималдығы артады.

Салыстырмалы модульдің G/G_M толтырғыш құрамының $\square$ -ге тәуелділігі



- 1 – бөлшектердің шекті реттелуін елемейтін есептелген қисық;
 2 – бөлшектердің шекті реттелуін $\phi_{\max}$ елейтін қисық

ПКМ тұтқырлығы модульмен бірдей толтырғыштардың құрамына тәуелді. Егер ПКМ-ның деформацияланатын матрицасы қатты бөлшектермен толықтырылса, онда аздаған деформацияда ПКМ көлемі өзгермейді және $V_M = 0,5$. Онда

$$\frac{G}{G_M} = \frac{\eta}{\eta_M}$$

яғни тұтқырлықтың өзгеруін модульді есептейтін формулалармен есептеуге болады.

Практикада тұтқырлықты есептеуге Муни формуласы кеңінен қолданылады:

$$\ln \left(\frac{\eta}{\eta_M} \right) = \frac{k_E \phi}{1 - \phi / \phi_{max}}$$

мұндағы k_E – сферикалық бөлшектер үшін 2,5-ке тең және анизометриялық бөлшектерге өткен сайын өсетін Эйнштейн коэффициенті.

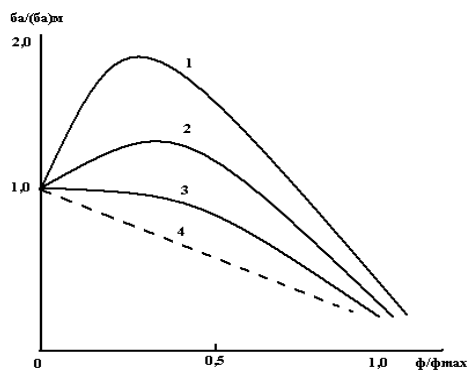
Егер матрица морт болмаса және матрица – толықтырғыш бөлу бет аралығында берік байланыстары болса, онда ПКМ аққыштық шегі артуымен өседі (сурет, 1 қисық). Толтырғыштың салыстырмалы дәрежесін 0,2-0,3 дейін арттырғанда, жарықшақтардың артуы жеңілдеп, беріктілік бірден төмендейді. Қатты, толтырылмаған полимерлер үшін сыққандағы беріктілік созғандағы беріктілікке қарағанда 2 есе көп және микродефектілердің болуына сезімталдығы төмен.

Жоғары толтырылған термореактивті шайырларды сыққанда беріктілік тек ϕ ϕ_{max} болғанда ғана азаяды. Егер байланыстырушының мөлшері бөлшектердің арасындағы кеңістікті толтыру үшін жетіспесе, онда ПКМ-да кеуектілік артады.

Созғанда және сыққанда беріктілік полимер-толтырғыш арасындағы байланыс беріктілігі төмендеуімен және тұрақты ϕ -да бөлшек мөлшері артқан сайын азаяды.

Суреттен көрініп тұрғандай, қатты толтырғыш шыны тәрізді полимерлердің беріктілігін төмендетеді. Полимерлердің кеңею термиялық коэффициенті минералды толтырғыштарға қарағанда жоғары, сондықтан ауданында шыныланған матрицаның салқындауы толтырғыш бөлшектері маңында оның шытынауына әкеледі.

ПКМ (ϕ_a) және матрицалық полимер (ϕ_a)м аққыштық шектері катынастарының ϕ/ϕ_{max} -ға тәуелділігі



- 1 - $T \square T_{\text{ш}}$ болғандағы жартылай кристалданған полимер;
 2 – $T \square T_{\text{ш}}$ болғандағы жартылай кристалданған полимер, бірақ толтырғыштың үлкен мөлшерлі бөлшектерімен;
 3 - шынытәрізді полимер ($T \square T_{\text{ш}}$); 4 - шынытәрізді полимер ($T \square T_{\text{ш}}$), бірақ үлкен мөлшерлі бөлшектерімен

ПКМ-дағы дисперсті бөлшектердің мөлшері мен пішіні

Әртүрлі ПКМ-дағы дисперсті фаза бөлшектерінің мөлшері бірнеше ондаған ретті шегінде жатады.

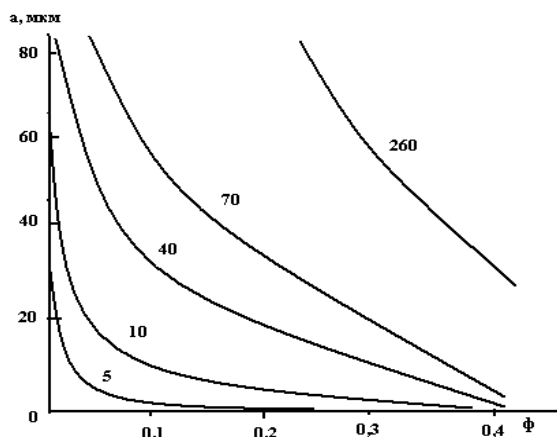
Мысалы, жоғары дисперсті толтырғыш – аэросил (коллоидті кремнезем SiO_2) бөлшектерінің мөлшері шамамен 0,01 мкм, ал осындай ірірек органикалық қуыс микросфералар мөлшері – 20-130 мкм тең.

Бөлшектер пішіні идеалды сфералық жылтыр (мысалы, қуыс микросфералар) немесе беті кеуектен (техникалық көмір) анизометриялыққа дейінгі (қабыршақ слюда, асбест талшығы)

немесе шекті анизометриялық (армирейтін үздіксіз талшық) болып өзгереді.

ПКМ-дағы толтырғыш бөлшектерінің ара қашықтығы бөлшек мөлшері кішірейген сайын кішірейеді, себебі берілген толықтыру дәрежесінде көлем бірлігінде бөлшектер саны артады (сурет). Суреттен бөлшектер мөлшері мен олардың арақашықтығының арасында тура пропорционалдық жоқ екендігі көрініп тұр. Бөлшектердің мөлшері 10 мкм-ге аз болса, берілген диапазонда $\square$ бөлшектер арасындағы қашықтықтың мөлшерінің өсуі тек меншікті беттің өсуіне ғана емес, сонымен қатар оның адсорбциялық қабілеттілігінің артуына әкеледі. Агломерацияға қабілеттілігі артқан сайын, көлемнің шекті толу көрсеткіші $\square_{\text{max}}$ азаяды және $\square$ өсуімен ПКМ қасиеті қарқынды өзгереді (сурет).

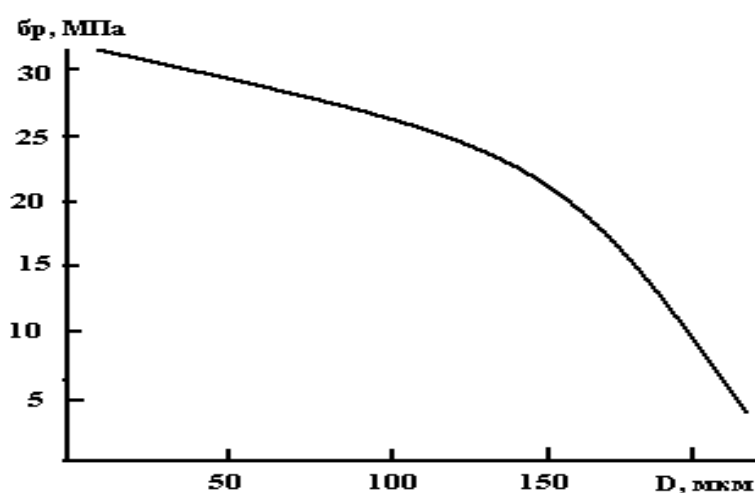
ПКМ-дағы дисперсті бөлшектердің мөлшері мен пішіні



Бөлшектердің орташа арақашықтығының a толтырғыштың көлемдік үлесінен Φ және бөлшектер мөлшерінен тәуелділігі

Мұнда жағымсыз ерекшелік полимерлер балқымасының қалаусыз «қоюлануы». Агломерацияға бейім толтырғышты енгізгенде, оның аз мөлшерінде балқыманың тұтқырлығы бірден артады және энергия шығымының өсуімен қайта өңдеу нашарлайды, сонымен қатар балқыманың серпімділігі артады.

Жоғарыда айтылған факторлардың барлығы әр ПКМ-да әртүрлі анықталады. Маңыздысы - толтырғыш бөлшектерін ірілеткенде беріктіліктің төмендеуі. Бұл келес суретте айқын көрсетілген. Үзілуде салыстырмалы ұзару бөлшектер мөлшерінің кішіреюімен бірқалыпсыз өзгереді.



Қаттыланған эпоксидті шайырлар беріктілігінің σ_p толтырғыш (шынысфера) бөлшектерінің мөлшеріне D тәуелділігі

Қорытынды:

Полимерлі композициялық материалдарды (ПКМ) алудың теориялық негізі — полимер матрицасы мен толтырғыш арасындағы құрылымдық және энергиялық өзара әрекеттесуге негізделеді. Бұл өзара байланыс композиттің микродеңгейден макродеңгейге дейінгі қасиеттерін анықтайды. Толтырғыштың беткі энергиясы мен полимер тізбегінің адгезиялық қабілеті неғұрлым жоғары болса, композит соғұрлым берік және тұрақты болады.

Полимерлі композиттердің механикалық беріктілігі олардың құрылымдық біртектілігіне, талшықтар мен нанотолтырғыштардың таралуына және адгезиялық байланыс сапасына тәуелді. Мәңгілік (долговечность) қасиеті материалдың тозуға, қартаюға, жарық пен температураның әсеріне төзімділігін сипаттайды.

Осылайша, полимерлі композициялық және нанокomпозициялық материалдарды алудың теориялық және практикалық негіздерін меңгеру — жоғары беріктігі бар, ұзақ қызмет ететін және экологиялық тұрақты жаңа буын материалдарын жасауға мүмкіндік береді.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. "Активті" және "активті емес" толтырғыштардың бір-бірінен айырмашылығы неде және олардың негізгі мақсаттары қандай?
2. Дисперсті толтырғыштарды полимерлермен араластырудың негізгі төрт әдісін атап шығыңыз.
3. "Дисперсті араластыру" процесінің теориялық негізі неде? "Агломерат" дегеніміз не және Стокс заңы бойынша оны бұзатын негізгі күш қандай?
4. Толтырғыш бөлшектерінің бетін "модификациялау" не үшін қажет және оның негізгі мақсаты неде?
5. Толтырғышты балқымаға (1-әдіс) және латекске (3-әдіс) енгізу әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырыңыз.
6. Неліктен қатты толтырғышты енгізу кейбір полимерлердің (шынылану температурасынан жоғары) беріктігін арттырады, ал басқаларының (шыны тәрізді, морт) беріктігін төмендетеді?
7. Толтырғыш бөлшектерінің мөлшері композиттің өңделуіне (агломерация, тұтқырлық) және соңғы механикалық беріктігіне қалай әсер етеді?

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 Саяхович 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).