

1. Дәрістің мақсаты

- Полимер–бейорганикалық толтырғыш композиттердің құрылымы мен қасиеттерін түсіндіру;
- Полимерлік матрица мен бейорганикалық толтырғыш арасындағы өзара әрекеттесулерді сипаттау;
- Композиттердің қолдану салаларын, артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау;
- Оқу материалы арқылы студенттердің зерттеу және аналитикалық дағдыларын дамыту.

2. Күтілетін нәтижелер

Лекциядан кейін білім алушылар:

1. Полимер–бейорганикалық толтырғыш композиттердің құрылымдық түрлері мен негізгі компоненттерін сипаттай алады;
2. Полимер мен бейорганикалық толтырғыш арасындағы молекулааралық әрекеттесулерді түсіндіреді;
3. Композиттердің механикалық, термиялық және химиялық қасиеттерін бағалай алады;
4. Композиттердің қолдану салаларын фармацевтика, материалтану, электроника және биотехнологияда сипаттай алады;
5. Ғылыми әдебиеттерді талдай отырып, тәжірибелік қолдану мен зерттеу бағыттарын түсінеді;
6. Өзін-өзі тексеру сұрақтарына дұрыс жауап береді.

3. Конспект

3.1. Полимер–бейорганикалық толтырғыш композиттерінің анықтамасы
Полимер–бейорганикалық композиттер – бұл полимерлік матрица мен бейорганикалық толтырғыштан тұратын екіфазалы жүйелер, онда толтырғыш полимердің қасиеттерін жақсартады.

Мысалы:

- Полимер матрица: полиэтилен, полиэстер, полипропилен
- Бейорганикалық толтырғыш: кремний диоксиді (SiO_2), алюминий оксиді (Al_2O_3), графен, көміртек нанотүтікшелері (CNT)

3.2. Композиттердің құрылымы

1. Матрица (полимер)

- Полимердің механикалық беріктік қасиеттерін қамтамасыз етеді;
- Толтырғышпен өзара әрекеттесу үшін функционалды топтар болуы мүмкін ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$).

2. Толтырғыш (бейорганикалық)

- Механикалық беріктік, термиялық тұрақтылық, электр өткізгіштік береді;

- Пішіндері: сфералық, талшықтық, қабаттық (2D), наноқұрылымдық.

3. Интерфейс

- Полимер мен толтырғыш арасындағы адгезия қасиеттері маңызды;
- Сутектік байланыс, ван-дер-Ваальс күштері, ковалентті байланыстар арқылы нығайтуға болады.

3.3. Полимер–бейорганикалық композиттердің қасиеттері

Қасиет	Сипаттамасы
--------	-------------

Механикалық	Беріктік, қаттылық, тозуға төзімділік
-------------	---------------------------------------

Термиялық	Жоғары еріту температурасы, жылу өткізгіштік
-----------	--

Химиялық	Коррозияға және химиялық әсерге төзімділік
----------	--

Электрлік	Жақсы өткізгіштік (графен, көміртек нанотүтікшелері)
-----------	--

Оптикалық	Кейбір композиттер мөлдір немесе жартылай мөлдір болуы мүмкін
-----------	---

3.4. Қолдану салалары

1. Фармацевтика:

- Дәрі тасымалдау жүйелері, биосәйкестілігі бар импланттар.

2. Материалтану:

- Берік пластиктер, құрылыс материалдары, автомобиль және авиация компоненттері.

3. Электроника:

- Жоғары өткізгіштігі бар композиттер, сенсорлар, батареялар.

4. Биотехнология:

- Биокатализаторлар, жасушалық матрицалар, биodeградацияға қабілетті құрылымдар.

3.5. Композиттерді дайындау әдістері

1. **Механикалық араластыру (Melt blending)** – полимер ерітіндісіне толтырғыш қосу;

2. **Золь–гель әдісі (Sol–gel process)** – наноқұрылымдық оксидтерді синтездеу арқылы енгізу;

3. **Ин-ситу полимеризациясы** – полимерлік матрицаны түзген кезде толтырғыш қосу;

4. **Электроспиннинг (Electrospinning)** – наноталшықты композиттер жасау.

Полимер–бейорганикалық композиттерді дайындау әдістері

Композиттерді алу барысында негізгі мақсат — **полимер матрицасы мен бейорганикалық толтырғыш арасындағы біркелкі таралу мен күшті интерфейс құру**. Әдістерді бірнеше топқа бөлуге болады:

1. Механикалық араластыру (Melt blending / Solution mixing)

Сипаттама:

- Полимерді ерітінді немесе балқымасында ыстықта ериді;
- Бейорганикалық толтырғыш механикалық түрде араластырылады;
- Еріткіш немесе балқыма арқылы біркелкі таралуға қол жеткізіледі.

Артықшылықтары:

- Өндірістік масштабқа оңай бейімделеді;
- Қарапайым жабдықтар қажет;
- Өртүрлі полимерлер мен толтырғыштарға қолданылады.

Кемшіліктері:

- Толтырғыштың біркелкі таралуы қиын;
- Көптеген органикалық еріткіштер қажет болуы мүмкін;
- Полимердің термиялық деградация қаупі бар.

Мысал:

- Полиэтилен + кремний диоксиді;
- Полиэстер + графен.

2. Золь–гель әдісі (Sol–gel process)**Сипаттама:**

- Бейорганикалық толтырғыш (мысалы, SiO_2 , TiO_2) алкоксидтердің гидролизі арқылы ерітіндіде түзіледі;
- Полимер матрицасына енгізіледі;
- Еріткіш буланғаннан кейін, нанокұрылымдық композит түзіледі.

Артықшылықтары:

- Нанокұрылымдық толтырғыштарды біркелкі таратуға мүмкіндік береді;
- Төмен температурада дайындауға болады;
- Оптикалық мөлдір және биосәйкестілігі жоғары композиттер жасауға жарайды.

Кемшіліктері:

- Реакцияны бақылау қажет;
- Кейбір жағдайда өндірістік масштабқа бейімделуі қиын.

Мысал:

- Полиметилметакрилат (PMMA) + SiO_2 наночастицалары.

3. Ин-ситу полимеризациясы (In-situ polymerization)**Сипаттама:**

- Полимерлік матрицаны түзген кезде бейорганикалық толтырғыш ерітіндіде немесе суспензияда қосылады;
- Полимеризация процесі барысында толтырғыш матрица ішінде біркелкі орналасады;
- Бұл әдіс интерфейсті нығайтуға мүмкіндік береді.

Артықшылықтары:

- Полимер–толтырғыш интерфейсін күшейтеді;
- Толтырғыш пен полимер арасындағы адгезияны жақсартады;
- Механикалық және термиялық қасиеттерді арттырады.

Кемшіліктері:

- Полимеризация шарттарын мұқият бақылау қажет;
- Кейбір реактивтер қымбат болуы мүмкін.

Мысал:

- Полиэфир + кремний диоксиді;
- Полилактид + көміртек нанотүтікшелері (CNT).

4. Электроспиннинг (Electrospinning)

Сипаттама:

- Полимер ерітіндісін жоғары кернеу арқылы **наноталшықтарға айналдырады**;
- Бейорганикалық толтырғыш (нанобөлшектер, CNT, графен) ерітіндіге қосылады;
- Нәтижесінде **наноталшықты композиттік матрица** пайда болады.

Артықшылықтары:

- Нанокұрылымдық композиттер жасауға мүмкіндік береді;
- Үлкен беткі ауданы мен жоғары механикалық беріктік береді;
- Тін инженериясы, сенсорлар және биомедициналық қолдануға жарайды.

Кемшіліктері:

- Өндірістік масштабқа бейімделуі қиын;
- Еріткіштерді қолдану қажет.

Мысал:

- PVA + TiO₂ наноталшықтары;
- PLA + графен нанотүтікшелері.

5. Басқа әдістер (қысқаша)

1. **Ламинаттау (Lamination)** – қабаттық құрылымдар үшін;
2. **Каландрлеу (Calendering)** – пленкаларды жасау;
3. **Секвенциялық полимеризация (Sequential polymerization)** – күрделі интерфейсті алу үшін.

3.6. Артықшылықтары мен кемшіліктері

Артықшылықтары:

- Жоғары механикалық және термиялық қасиеттер;
- Полимер қасиеттерін жетілдіру;
- Жаңа функционалдық мүмкіндіктер (электрлік, оптикалық, биологиялық).

Кемшіліктері:

- Толтырғыштың біркелкі емес таралуы;
- Полимер–толтырғыш интерфейсінің жеткіліксіз адгезиясы;
- Өндірістік қиындықтар және жоғары баға.

4. Қорытынды

Полимер–бейорганикалық толтырғыш композиттері **құрылымдық, функционалды және қолдану салалары бойынша көпқырлы материалдар** болып табылады.

Олардың қасиеттері матрица, толтырғыш және интерфейс арасындағы өзара әрекеттесуге тәуелді.

Дұрыс таңдалған полимер мен бейорганикалық толтырғыш **жоғары механикалық, термиялық және функционалды қасиеттер** беріп, фармацевтика, материалтану, электроника және биотехнология салаларында тиімді қолданылады.

5. Қайталауға арналған сұрақтар

1. Полимер–бейорганикалық толтырғыш композитінің негізгі компоненттері қандай?
2. Толтырғыштың пішіні мен көлемі композит қасиеттеріне қалай әсер етеді?
3. Полимер–толтырғыш интерфейсi қандай өзара әрекеттесулер арқылы нығайтылады?
4. Композиттердің механикалық және термиялық қасиеттерін қалай жақсартуға болады?
5. Фармацевтикада композиттердің қандай қолдану салалары бар?
6. Сол–гель әдісі және melt blending әдістерінің айырмашылығы неде?
7. Композиттің кемшіліктерін қалай азайтуға болады?

6. Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. **Ajayan, P.M.; Schadler, L.S.; Braun, P.V.** *Nanocomposite Science and Technology*. Wiley-VCH, 2003.
2. **Kutz, M.** *Handbook of Environmental Degradation of Materials*. William Andrew, 2011.
3. **Fu, S.-Y.; Feng, X.-Q.; Lauke, B.; Mai, Y.-W.** *Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites*. Composites Part B: Engineering, 2008, 39(6): 933–961.
4. **Zhang, H.; Wang, D.; Chen, Z.** *Polymer-based inorganic nanocomposites: preparation, properties and applications*. Progress in Polymer Science, 2017, 70: 1–34.
5. **Al-Saleh, M.H.; Sundararaj, U.** *Review on polymer–carbon nanotube and polymer–graphene nanocomposites*. Polymer, 2012, 53(3): 623–642.