8 дәріс. Полимерлердің релаксациялық құбылыстары және физика-механикалық қасиеттері

Дәрістің мақсаты

Полимерлердің физика-механикалық қасиеттерінің табиғатын және релаксациялық құбылыстарды түсіндіру.

Дәрістің міндеттері

- Полимерлердің механикалық қасиеттерін қарастыру;
- Релаксация және ползучесть құбылыстарын түсіндіру;
- Термомеханикалық қасиеттерді талдау;
- Шынылану температурасының маңызын көрсету.

Дәрістің қысқаша мазмұны

1. Полимерлердің механикалық қасиеттері

Полимерлердің механикалық қасиеттері сыртқы күштердің әсерінен олардың деформациялану және бастапқы пішінін сақтау қабілетін сипаттайды. Бұл қасиеттер макромолекулалардың құрылымына, молекулалық массасына, температураға және деформация жылдамдығына тәуелді.

Серпімділік — сыртқы күш алынып тасталғаннан кейін материалдың бастапқы пішіні мен өлшемдерін қалпына келтіру қабілеті. Полимерлерде серпімді деформация макромолекулалардың созылуы мен конформациясының өзгеруіне байланысты.

Беріктік — материалдың бұзылмай сыртқы механикалық жүктемеге төтеп беру қабілеті. Полимердің беріктігі молекулааралық әрекеттесулерге, тізбектердің өзара шатасуына, кристалдық аймақтарға және көлденең байланыстарға байланысты.

Пластикалық деформация — сыртқы күш алынып тасталғаннан кейін де сақталатын қайтымсыз деформация. Ол макромолекулалардың бір-біріне қатысты ығысуы мен құрылымдық қайта орналасуы нәтижесінде пайда болуы мүмкін.

Тұтқырлық — материалдың ағуға және қабаттарының бір-біріне қатысты қозғалуына кедергі көрсету қасиеті. Полимер балқымалары мен ерітінділерінің тұтқырлығы көбіне молекулалық массаға, температураға және макромолекулалардың өзара шатасуына тәуелді.

2. Полимерлердің тұтқыр-серпімді қасиеттері

Полимерлердің ерекшелігі — олардың бір мезгілде серпімді және тұтқыр қасиеттер көрсетуі. Бұл құбылыс тұтқыр-серпімділік деп аталады.

Серпімді материал деформация кезінде энергияны жинақтап, күш алынғаннан кейін оны қайтара алады. Тұтқыр материалда деформация кезінде энергияның бір бөлігі жылу түрінде таралады.

Полимерлердің тұтқыр-серпімді мінез-құлқы уақытқа, температураға және жүктеменің әсер ету ұзақтығына байланысты өзгереді. Мысалы, полимер

қысқа уақыт ішінде серпімді дене сияқты әрекет етуі мүмкін, ал ұзақ уақыт бойы жүктеме әсер еткенде баяу деформацияланады.

3. Релаксациялық құбылыстар

Релаксация — сыртқы әсерден кейін полимердің ішкі кернеуінің уақыт өте азаюы немесе тепе-теңдік күйіне қарай өзгеруі.

Полимерлердегі релаксациялық құбылыстар макромолекула сегменттерінің қозғалысымен, тізбектердің қайта бағдарлануымен және ішкі құрылымның біртіндеп өзгеруімен байланысты.

Негізгі релаксациялық құбылыстар:

- Кернеу релаксациясы: деформация тұрақты сақталған жағдайда ішкі кернеу уақыт өте төмендейді.
- Жорғалау: тұрақты кернеу әсерінен деформация уақыт өте артады.
- Серпімді қалпына келу: жүктеме алынғаннан кейін деформацияның толық немесе ішінара азаюы.

Релаксациялық құбылыстар полимерлік материалдардың ұзақ мерзімді пайдаланылуына, өлшемдік тұрақтылығына және механикалық жүктемелерге төзімділігіне әсер етеді.

4. Полимерлердің физикалық күйлері

Полимерлердің физикалық күйі температураға, химиялық құрылымға және молекулалық қозғалыстың белсенділігіне байланысты.

Шынытәрізді күй. Бұл күйде макромолекулалардың сегменттік қозғалысы қатты шектеледі. Полимер қатты, салыстырмалы түрде морт және пішінін жақсы сақтайтын материал ретінде көрінеді.

Жоғары серпімді күй. Бұл күйде макромолекулалардың сегменттері қозғала алады, ал тізбектердің конформациясы өзгеріп, едәуір қайтымды деформацияға мүмкіндік береді. Мұндай қасиет каучук тәрізді материалдарға тән.

Тұтқыраққыш күй. Температура жеткілікті жоғары болғанда макромолекулалардың қозғалысы күшейіп, олардың бір-біріне қатысты орын ауыстыруы мүмкін. Полимер балқымасы аға бастайды және тұтқыр сұйықтық тәрізді әрекет етеді.

Бұл күйлердің байқалуы полимердің табиғатына байланысты. Мысалы, көлденең байланыстары көп термореактивті полимерлер қыздырғанда кәдімгі термопластиктер сияқты еркін ақпайды.

5. Шынылану температурасы

Шынылану температурасы (T_g) — аморфты полимердің сегменттік қозғалысы айтарлықтай өзгеретін температуралық аймақты сипаттайтын маңызды көрсеткіш.

Шынылану температурасының төменгі жағында полимер әдетте қатты әрі морт болады. Ал (T_g) маңында және одан жоғары температурада сегменттік қозғалыс күшейіп, материалдың иілгіштігі мен деформациялану қабілеті артады.

Шынылану температурасына әсер ететін факторлар:

- полимердің химиялық құрылысы;
- макромолекула тізбегінің иілгіштігі;
- бүйір топтардың өлшемі;
- молекулааралық әрекеттесулер;
- пластификаторлардың болуы;
- молекулалық масса және материалдың жылулық тарихы.

(T_g) — балқу температурасына тең емес. Шынылану аморфты аймақтардағы сегменттік қозғалыстың өзгеруімен байланысты, ал балқу кристалдық аймақтардың жойылуын сипаттайды.

6. Шынылану температурасының тағамдық қаптама материалдарына әсері

Тағам өнімдерін қаптауға арналған полимерлердің механикалық қасиеттері олардың шынылану температурасына және сақтау жағдайларына тәуелді.

- Шынылану температурасынан төмен: материал қатты әрі морт болуы мүмкін; иілу кезінде жарықшақтардың пайда болу қаупі артады.
- Шынылану температурасына жақын: материалдың қаттылығы мен иілгіштігі температураның аз өзгеруіне де сезімтал болуы мүмкін.
- Шынылану температурасынан жоғары: аморфты полимер жұмсарып, деформациялануы мүмкін; бұл қаптаманың пішіні мен механикалық тұрақтылығына әсер етеді.

Тағамдық қаптамада қолданылатын полимерлердің мысалдары:

- Полистирол (PS): аморфты құрылымды; шынылану температурасынан төмен қатты, ал жоғары температурада жұмсарады.
- Полиэтилентерефталат (PET): шынылану температурасы оның қаттылығы мен өлшемдік тұрақтылығына әсер етеді; нақты қасиеттері кристалдану дәрежесіне және өңдеу тәсіліне байланысты.
- Полиэтилен (PE): шынылану температурасы төмен болғандықтан, әдеттегі пайдалану жағдайларында иілгіш болып келеді; оның қасиеттеріне кристалдық дәрежесі де елеулі әсер етеді.

Қаптама материалын таңдағанда оның жұмыс температурасы, механикалық жүктемелері, газдар мен су буына тосқауылдық қасиеттері және тағаммен жанасуға жарамдылығы ескеріледі.

Қорытынды

Полимерлердің серпімділігі, беріктігі, пластикалық деформациясы және тұтқырлығы макромолекулалардың құрылымы мен қозғалысына байланысты. Релаксациялық құбылыстар материалдардың уақыт бойынша өзгеретін механикалық мінез-құлқын түсіндіреді. Ал шынылану температурасы тағамдық қаптаманың қаттылығын, иілгіштігін және пайдалану кезіндегі тұрақтылығын бағалауда маңызды рөл атқарады.

Қарастырылатын негізгі сұрақтар

1. Полимерлердің механикалық қасиеттері.
2. Релаксациялық құбылыстар.
3. Ползучесть және кернеудің релаксациясы.
4. Термомеханикалық қисықтар.
5. Шынылану температурасы.
6. Тағамдық қаптама материалдарының қасиеттері.

Дәрістің соңында студент:

- полимерлердің механикалық қасиеттерін сипаттай алады;
- релаксациялық құбылыстарды түсіндіре алады;
- термомеханикалық қасиеттерді талдай алады.

Ұсынылатын әдебиеттер

Негізгі әдебиеттер

1. Ерғожин Е.Е. *Жоғары молекулалық қосылыстар химиясы*. – Алматы: Альманах, 2019. – 451 б.
2. Ерғожин Е.Е., Құрманәлиев М.Қ. *Полимерлердің химиясы мен физикасы*. – Алматы: ҚР ЖОО қауымдастығы, 2012. – 391 б.
3. Семчиков Ю.Д. *Высокомолекулярные соединения*. – М.: Академия, 2008. – 366 с.
4. Киреев В.В. *Высокомолекулярные соединения*. – М.: Юрайт, 2020. – Т.1. – 365 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Gutiérrez T.J. (Ed.). *Polymers for Food Applications*. – Springer, 2018. – 684 p.
2. Phillips G.O., Williams P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. – 3rd ed. – Woodhead Publishing, 2021. – 948 p.
3. Han J.H. *Innovations in Food Packaging*. – 3rd ed. – Academic Press, 2024. – 640 p.