Дәріс 11.
Қатты отындардың жану ерекшеліктері

Дәріскер: х.ғ.к., доцент

Кудьярова Ж.Б.

- **Дәрістің мақсаты:** білім алушыларды қатты отындардың жану ерекшеліктерімен таныстыру, қатты материалдардың жану моделі негізінде үдерістің өту сипаты мен жалынның таралуын талқылау.
- Дәрісте қатты материалдардың жану моделі, катты отындардың жану ерекшеліктері, конденсирленген және газды фазалардағы үдерістер, жалын фронтының таралуы, жану жылдамдығы қарастырылады.

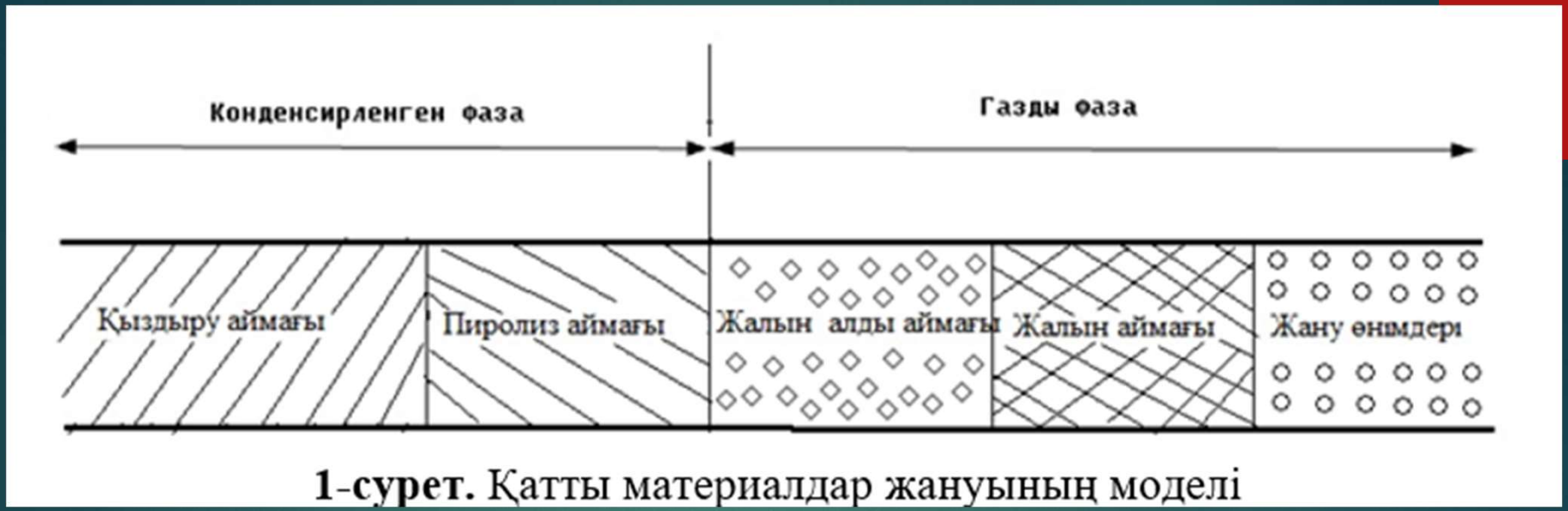
- Қатты отынның жануы бірнеше кезеңдерден тұрады: қыздыру, отынды кептіру, ұшпа заттардың сублимациясы және кокстың түзілуі, ұшпа заттардың және кокстың жануы. Барлық осы кезеңдердің ішінде шешуші кезең кокс қалдығының жану кезеңі болып табылады, яғни көміртекті жану кезеңі, оның қарқындылығы отынның жану қарқындылығын және тұтастай алғанда газдандыруды анықтайды. Көміртектің жануының шешуші рөлі келесідей түсіндіріледі.
- Біріншіден, отындағы қатты көміртегі барлық дерлік табиғи қатты отындардың негізгі жанғыш компоненті болып табылады. Мысалы, антрацитті кокс қалдығының жану жылуы жанғыш массаның жану жылуының 95%-ын құрайды. Ұшқыш заттардың шығымының жоғарылауымен кокс қалдығының жану жылуының үлесі төмендейді және шымтезек жағдайында жанғыш массаның жану жылуының 40,5%-ын құрайды.
- Екіншіден, кокс қалдығының жану сатысы барлық кезеңдердің ішіндегі ең ұзағы болып келеді және жалпы жану уақытының 90%-ын алуы мүмкін.
- Ал, үшіншіден, кокстын жану процесі басқа кезеңдердің өтуіне жылулық жағдай жасауда шешуші мәнге ие. Демек, қатты отынды жағудың технологиялық әдісін дұрыс құрудың негізі көміртегінің жануы үшін оңтайлы жағдай жасау болып табылады.

- Кейбір жағдайларда қосалқы дайындық кезеңдері жану процесі үшін шешуші болуы мүмкін. Мәселен, ылғалдылығы жоғары отынды жағу кезінде алдын ала кептіру кезеңі шешуші болуы мүмкін. Бұл жағдайда отынды жағуға алдын ала дайындауды күшейту ұтымды, мысалы, отынды пештен алынған газдармен кептіру арқылы технологиялық жану әдісін қолдану.
- Қуатты бу генераторлары отын мен ауаның көп мөлшерін тұтынады. Мысалы, 300 МВт бу генераторы үшін отын шығыны – антрацит қалдығы 32 кг/с, ал ауа шығыны 246 $м^3$/с,ал 800 МВт бу генераторында секундына 128 кг қайың көмірі мен 555 $м^3$ ауа жұмсалады.
- Ұнтақталған отындардың жану үдерісі жану өнімдері араласатын отын мен ауаның үлкен массаларының ағындарында жану камерасының көлемінде жүреді.

Қатты отынның жануы бірнеше кезеңдерден тұрады: қыздыру, отынды кептіру, ұшпа заттардың сублимациясы және кокстың түзілуі, ұшпа заттардың және кокстың жануы. Аталған барлық сатылардың ішінде ең маңыздысы – кокс қалдығының, яғни көміртектің жану кезеңі болып саналады. Дәл осы кезеңнің қарқындылығы отынның жану жылдамдығын және жалпы газдану үдерісін айқындайды.

Қатты материалдардың жануы қатты фазаның ыдырау және газдану сатылары арқылы жүреді және конденсирленген жүйелердің жануына жатады. Ауа ортасында қатты материалдардың жануы ұшқыш пиролиз өнімдерінің тұтануы нәтижесінде жүзеге асады. Мұндай жануды фазалардың бөліну шекарасында, негізінен газды фазада өтетіндіктен, диффузиялық квазигетерогенді жану ретінде қарастыруға болады.

Қатты материалдар бойымен жану толқынының таралуы барысында келесі аймақтарды бөліп көрсетуге болады:



1-сурет. Қатты материалдар жануының моделі

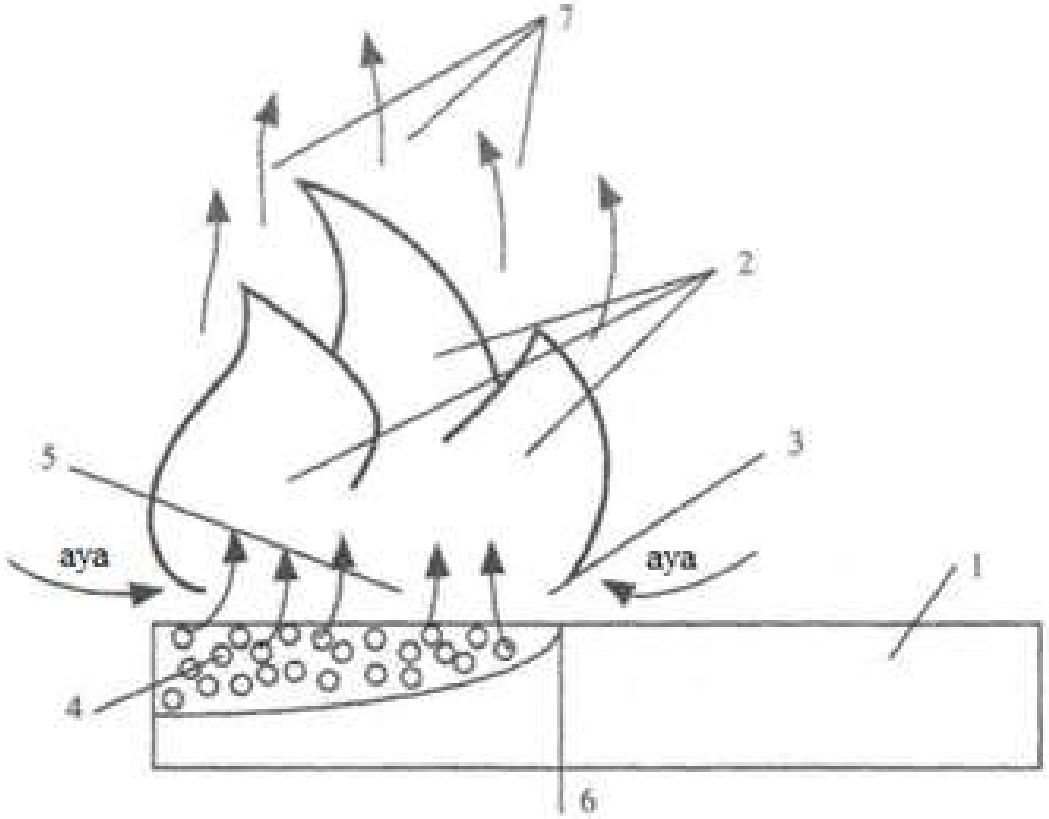
- **Реакциясыз аймақ** – конденсирленген фазаның қызу аймағы. Термопластикалық материалдардың бұл аймағы балқыма қабатымен шектеледі. Қызу аймағының қалыңдығы температура өткізгіштік коэффициенті және жану жылдамдығының қатынасынан тәуелді болады. Көптеген материалдар үшін бұл аймақтың қалыңдығы шамамен 3 мм болады.
- **Пиролиз аймағы** – конденсирленген фазадағы реакциялық аймақ, онда қатты материалдың газтәріздес өнімдерге ыдырауы орын алады.
- **Газды фазадағы жалыналды аймағы**, онда пиролиздің төменмолекулалық өнімдері қосымша ыдырайды. Осы аймақта тұтану үдерісі басталады. Тұтану жалын аймағынан жалыналды аймағына диффузияланатын сутек атомдарымен инициленеді.
- **Жалын аймағы немесе газды фазадағы реакциялық аймақ**. Бұл аймақта негізгі тотығу реакциялары өтеді, жылудың негізгі бөлігі бөлінеді және максималды температура байқалады.

Сонымен, қатты материалдар жануының сипаттамалық ерекшелігі олардың соңғы жану өнімдеріне айналуы көпсатылы үдеріс болуында.

Бұл үдеріс келесі сатыларды қамтиды:

- қатты материалдың жағу көзінен жылулық энергияны сіңіруі;
- ұшқыш өнімдер және карбонизденген қалдық түзе конденсирленген фазаның ыдырауы;
- газтәріздес пиролиз өнімдерінің тұтануы;
- газтәріздес пиролиз өнімдерінің жануы.

- Жалынның пайда болуы мен таралуы алдында қатты материал қызады және термиялық ыдырайды. Жалынның біріншілік туындауы от алу үдерісі ретінде қарастырылады. От алу стационар емес күрделі үдеріс болып табылады. Ол қатты материалдың локальды бөлігін ашық жалынмен, электр ұшқынымен, қызған денемен жылдам қыздыру арқылы жүзеге асырылады. Мұндай әсердің нәтижесінде қатты материал бетінде жалын пайда болады. От алу тұрақты болу үшін жану кезінде материал бетінің температурасы стационарлық жану үдерісі жағдайындағыдай температураға дейін жеткізілуі керек. Жалын пайда болған мезеттен бастап от алудан қатты материалдың стационарлық жану режиміне өту орын алады.
- Қатты материалдардың ауада тұтануы газдардың тұтану теориясы тұрғысынан қарастырылады. Дегенмен, жану үдерісі оттегінің беттік қабатпен әрекеттесуі нәтижесіндегі гетерогенді реакция арқылы басталатын жағдайлар туындауы да мүмкін.



1 – қатты материал; 2 – диффузиялық жану аймағы; 3 – жалынның алдыңғы бөлігі; 4 – пиролиз аймағы; 5 – газтәріздес өнімдердің ыдырау аймағы; 6 – жалын фронты алдында қатты материал ыдырауының басталу аймағы; 7 – газтәріздес жану өнімдері

3-сурет. Қатты материал бетінің бойымен жалын фронтының таралу сызбанұсқасы

- Жалын аймағынан қатты материалдың бетіне жылу сәулелену, конвективтік алмасу және жылу өткізгіштік жолдарымен беріледі. Жану жағдайларына байланысты осы механизмдер арқылы жеткізілетін жылудың үлесі әртүрлі болуы мүмкін. Осы себепті бірдей материал үшін жану жылдамдығы жану шарттарына қарай едәуір өзгеріске ұшырайды.
- Жалын фронтының алдында қатты материал беті қыздырылып, нәтижесінде ұшқыш өнімдер түзілетін термиялық ыдырау үдерісі жүреді. Осыған байланысты жалынның таралуы негізінен газ фазасында іске асады деп есептеледі.
- Сұйықтармен салыстырғанда қатты материалдарда жалынның таралуы кеңістікте әртүрлі бағытта жүруі мүмкін: горизонталь, вертикаль және аралық бағыттарда. Жалынның таралу жылдамдығы бет бағытына тәуелді болады: вертикаль бетте жалынның төменнен жоғары қарай таралуы кезінде ол ең жоғары мәнге жетсе, ал жоғарыдан төмен бағытта таралуы кезінде ең төмен мәнге ие болады. Басқа жағдайларда жылдамдық аралық мәнге ие болады.
- Жалынның таралу жылдамдығына материалдың қалыңдығы да айтарлықтай әсер етеді.
- Қатты материал бетінің бойымен жалынның таралуымен бір мезетте материалдың тереңдігіне жанудың таралу үдерісі өтеді. Бұл – жанып біту үдерісі. Жанып біту қарқындылығы қатты фазаның газтәріздес өнімдерге айналу заңдылықтарынан айтарлықтай тәуелді. Жанып біту үдерісінің негізгі сандық сипаттамасы оның массалық жылдамдығы.

Бақылау сұрақтары:

- Қатты материалдар жануының моделін сипаттаңыз.
- Қатты материал бетінің бойымен жалын фронтының таралу сызбанұсқасын талдаңыз.
- Қатты материалдарда жалынның таралуын сипаттаңыз.
- Конденсирленген және газды фазалардағы үдерістерді сипаттаңыз және салыстырыңыз.

Әдебиеттер:

- Ведрученко В.Р., Крайнов В.В., Гаак В.К. Топливо и основы теории горения. Изд-во: Инфра-Инженерия, 2024. – 220 с.
- Ермолин Н.Е., Фомин В.М. Горение газофазных и конденсированных систем. Методы расчета. Структура пламен. Изд-во: Физматлит, 2022. – 520 с.
- Кудьярова Ж.Б. Конденсирленген жүйелердің жануы. – Алматы: Қазақ университеті, 2026. – 296 б.