

## № 9 дәріс

### Абсорбция үдерісі

Сұйықтықтың (абсорбенттің) газдар қоспасынан бір немесе бірнеше компоненттерді *талғампаз сіңіру процесі* абсорбция деп аталады. Кері процесс – абсорбенттен сіңірілген заттардың бөлінуі десорбция процесі.

Абсорбция процесінде екі: газ және сұйық фазалар қатысады. Осы фазалардың әсерлесуінде бір (немесе бірнеше) компонент бір фазадан екінші фазаға ауысады. Газ фазасында сұйықтықта аз еритін немесе мүлдем ерімейтін компонент (немесе компоненттер) болса, онда оны *инерт немесе газ-тасымалдағыш* деп атайды. Сұйықтықта еритін компонент – *абсорбцияланатын компонент*.

Абсорбент пен абсорбцияланатын компонент арасында химиялық әсерлесулер болмаса, онда абсорбция *физикалық*, ал егер химиялық әсерлесулер жүрсе, онда химиялық немесе *хемосорбция* деп аталады.

Абсорбция процесі химия және басқа өнеркәсіп салаларында кеңінен қолданылады. Абсорбция процесін газ қоспаларынан маңызды компоненттерді бөліп алу үшін, газ қоспаларын қалдық заттардан технологиялық процеске қолданбастан бұрын және атмосфераға шығарар тұста тазарту үшін қолданады.

Қазіргі таңда қалдықсыз технологиялардың маңызы арта түсуде. Соған байланысты мұндай технологияларды жасауда абсорбция процесінің алатын орны ерекше.

Абсорбция процесін жүзеге асыруда негізгі мәселелердің бірі абсорбентті таңдау және газ бен сұйық фазалардың әсерлесуінің неғұрлым тиімді жағдайларын жасау болып табылады.

***Абсорбентті таңдауда оған бірнеше талаптар қойылады:***

- жоғары селективтілігі, яғни газ-тасымалдағыштың неғұрлым аз еріген жағдайында *бөліп алатын компонентті талғампаз сіңіру қабілеттілігі*;
- абсорбцияланатын компонентті өте жоғары сіңіру қабілеттілігі, басқаша айтқанда жұмыс жағдайларында *сіңірілетін компоненттің өте жоғары ерігіштігі*. Бұл абсорбенттің жұмсалуын азайтады;
- неғұрлым аз ұшқыштығы, яғни газ ағынымен кетіп қалмауы үшін жұмыс температурасы жағдайында *абсорбент буы серпімділігінің аз болуы*;
- жұмыс жағдайына *тұрақтылығы*, яғни абсорбент түрлі өзгерістерге ұшырамауы қажет, мысалы, айырылуы, тотығуы, шайырлануы және тағы басқа өзгерістер;
- жұмысқа қолайлылығы, яғни от алуға беріктігі, зиянсыздығы, аппаратураға коррозиялық әсерінің аздығы;
- құнының арзандығы мен қол жетімділігі;
- десорбция жағдайында жеңіл қалпына келуі.

Өнеркәсіптік абсорбенттер жоғарыда келтірілген талаптардың бәрін бірдей қанағаттандыра алмайды. Сондықтан практикада абсорбенттерді процесті жүргізу жағдайларына (газ қоспасының қасиеті мен құрамына, температураға, қысымға, газды тазарту дәрежесіне) қарай таңдайды.

## **Абсорбция процесінің физикалық негіздері. Абсорбция процесіне қысым мен температураның әсері**

Физикалық абсорбция процесіне кем дегенде үш компонент қатысады: екі тасымалдағыш зат (газ бен сұйықтық) және бір фазадан екінші фазаға өтетін компонент. Фазалар ережесіне сәйкес тепе-теңдік жағдайында мұндай екі фазадан тұратын жүйе компоненттерінің саны үшке тең болғанда үш еркіндік дәрежесін көрсетеді:

(1.1)

Инерттің абсорбентте толық ерімегенінде және абсорбенттің аз ұшқыштығында фазалардың құрамы толығымен әр фазадағы сіңірілетін компоненттің концентрациясымен сипатталады. Тепе-теңдік жағдайлары параметрлеріне жүйе температурасы мен қысым да кіреді.

Сонымен тепе-теңдік жағдайындағы ауыспалы мәндер саны төртке тең. Еркіндік дәрежесі  $\varphi = 3$  болғанда үш ауыспалы мәндерді технологиялық процесс жағдайларына сәйкес еркін таңдайды да, ал төртіншісі осы жағдайларға тәуелді болады.

Мысалы, температураны, қысымды және сұйық фазадағы сіңірілетін компоненттің концентрациясын еркін таңдауға болады. Бұл жағдайда оның газ фазасындағы тепе-теңдік концентрациясының мәні белгілі болады. Температура мен қысымның тұрақты мәнінде  $y$ -тің  $x$ -ке тәуелділігі тепе-теңдік сызығы немесе тепе-теңдік қисығы деп аталады (1-сурет). Оны мынадай теңдеумен сипаттайды

(1.2)

## 1-сурет

Тепе-теңдік сызығынан жоғары әсерлесетін фазалардың жұмыс жағдайын сипаттайтын бір нүктесін қарастырайық (1-сурет). Жүйенің тепе-теңдікке қарай жақындауында (1-ші стрелка бойынша) газ фазасындағы сіңірілетін компоненттің концентрациясы кемиді де, ал сұйық фазада артады. Фазалардағы сіңірілетін компонент концентрациясының бұлай өзгеруі абсорбция процесін білдіреді. Бұл дегеніміз тепе-теңдік сызығынан жоғары және солға қарай жатқан барлық нүктелер абсорбция ауданын сипаттайды. Жүйенің жұмыс күйі тепе-теңдік сызығынан төмен жатқан бір нүктесімен сипатталсын. Жүйенің тепе-теңдікке қарай ұмтылуында (2-ші стрелка бойынша) сұйық фазадағы сіңірілетін компоненттің концентрациясы кеміп, газ фазасында арта түседі, яғни десорбция процесі жүреді. Демек, тепе-теңдік сызығынан төмен және оңға қарай орналасқан нүктелердің барлығы десорбция ауданын сипаттайды.

Бұл қисықтарды абсорбция изотермасы деп атайды. Егер жүйенің  $t$  температурасын  $t_1$  температурасына дейін өзгертсе, онда сұйықтықтағы сіңірілетін компоненттің бұрынғы концентрациясына оның жаңа мәні сәйкес келеді. Бұл жағдайда температура артқан сайын сұйықтықтағы сіңірілетін компоненттің (газ) ерігіштігі кемиді. Егер жүйенің жұмыс күйін сипаттайтын  $E$  нүктесі (1-сурет) екі изотермалардың аралығында орналасса, онда мұндай жүйеде  $t$  температурада абсорбция процесі, ал  $t_1$  температурада десорбция процесі жүреді. Сонымен жүйенің температурасына әсер ету арқылы абсорбция-десорбция процесі бағытын өзгертуге болады.

Қысым артқан сайын газдың сұйықтықтағы ерігіштігі артып, абсорбция процесі артады.

Ерітіндінің азғантай концентрациясында (газ сұйықтықта нашар еріген болса) газ-сұйықтық жүйелерінде тепе-теңдік жағдайды сипаттайтын негізгі заң Генри заңы болып табылады. Бұл заңға сәйкес сұйықтық бетінде газ фазасындағы компоненттің тепе-теңдік парциалды қысымы сұйықтықтағы еріген газ мөлшеріне пропорционал болады:

$$(1.3)$$

мұндағы  $P^*$  – газдағы компоненттің тепе-теңдік парциалды қысымы, мм сн. бғ.;  $\psi$  – пропорционалдық коэффициент;  $x$  – ерітіндідегі еріген газ мөлшері, кг/кг.

Сұйықтықта газдың ерігіштігін сипаттайтын пропорционалдық коэффициент немесе Генри тұрақтысы еріген газ бен абсорбенттің қасиеттеріне, температураға тәуелді.

Температураға тәуелділік мынадай келтірілген теңдеумен өрнектеледі:

(1.4)

Егер газ ерітіндіде жақсы еріп жоғары концентрациялы ерітінді түзілсе және газ бірнеше ондаған атмосфер қысым жағдайында болса, онда тепе-теңдік жағдай Генри заңына сәйкес келмейді. Техникалық есептеулерде тәжірибеден алынған газдың тепе-теңдік парциалды қысымын  $P^*$  қолданып, газ қоспасындағы компоненттердің тепе-теңдік мөлшерін мына формуламен есептейді:

(1.5)

Бұл теңдеу былай алынады. Газдағы компоненттің парциалды қысымы  $p$ -ға тең болсын. Газдың жалпы қысымы  $P$  болса, онда инертті газдың парциалды қысымы  $P - p$  болады. Таралатын компонент үшін күй теңдеуі өрнектеледі:

(1.6)

инертті газ (тасымалдағыш) үшін

(1.7)

Бірінші (1.6) теңдеуді екіншісіне (1.7) бөлсек:

(1.8)

бұдан салыстырмалы салмақтық құрамды анықтайды:

(1.9)

## **Абсорбция процесінің кинетикалық заңдылықтары мен материалдық балансы**

Абсорбция процесінің материалдық балансы мен жұмыс сызығы масса алмасу процесінің материалдық балансы және жұмыс сызығымен сипатталады.

Абсорбция процесінің кинетикалық заңдылықтары қатты фазасы жоқ екі жүйе үшін, масса өтудің жалпы теңдеуіне сәйкес келеді:

(1.1)

(1.2)

Бұл теңдеулер үшін масса өту процесінің теңдеуі жазылады:

(1.3)

Масса өту коэффициенті масса беру коэффициенттерімен мынадай қатынаспен байланысады:

(1.4)

Қозғаушы күшті концентрация айырымы ретінде қарастырсақ:

(1.5)

мұндағы

(1.6)

## Абсорбциялық аппараттар

Абсорбция процесінде масса өту фазалардың бөліну беті аралығында жүзеге асырылады. Фазалардың әсерлесу бетінің өзгешелігіне қарай абсорберлерді беттік, қабыршақты, барботажды және тозандатқыш деп бөлуге болады.

Беттік абсорберлерде газ қозғалыссыз немесе баяу ағатын сұйықтық беті арқылы жіберіледі. Мұндай абсорберлерде фазалардың жанасу беті болып сұйықтық айнасы алынады. Газдардың сұйықтықпен жанасу беті азғантай болғандықтан, мұндай абсорберлердің тиімділігі төмен. Сондықтан оларды ерігіштігі жоғары газдардың азғана мөлшерін абсорбциялауда (мысалы, хлорлы сутекті сумен сіңіруде) қолданады.

Қабыршақты абсорберлерде газдың сіңірілуі жұқа қабыршақты қозғалыстағы сұйықтықпен түйісуі нәтижесінде жүзеге асырылады. Мұндай абсорберлерге құбырлы аппараттар мен саптамалы бағаналар жатады.

Барботажды абсорберлерде газ сұйықтықта көпіршік және ағыс түрінде таралады. Олардың бетінде абсорбция процесі жүреді.

Тозандатқыш абсорберлерде фазалардың жанасу беті газ массасында сұйықтықтың ұсақ тамшы түрінде ыдыратылуы нәтижесінде жүзеге асырылады