

№ 7 дәріс

Масса алмасу үдерістері

Химиялық технологияда бір фазадан екінші фазаға заттардың тасымалдануын қарастыратын процестердің маңызы өте зор. Мұндай процестерге абсорбция, адсорбция, ректификация, экстракция, кептіру, кристалдану процестері жатады. Бұл процестердің жылдамдығы диффузиямен анықталады. *Бір фазадан екінші фазаға заттардың тасымалдануы диффузия арқылы жүрсе, мұндай процестер масса алмасу деп аталады.*

Фаза аралық тепе-теңдік

Фазалар аралығында тепе-теңдік болмаған жағдайда ғана бір фазадан екінші фазаға заттардың тасымалдануы жүреді. Демек, масса алмасу процесінің шектік күйіне тепе-теңдік жағдайдың орнығуы жатады. Қысым мен температураның белгілі бір мәндерінде шектік тепе-теңдік күйде бір фазадан екінші фазаға заттардың өту жылдамдықтары теңеседі.

Тепе-теңдік күйде бір фазадағы таралатын заттың кез-келген концентрациясына оның екінші фазадағы тепе-теңдік концентрациясы сәйкес келеді:

(1.1)

немесе

(1.2)

(1.1)-ші және (1.2)-ші теңдеулердегі тепе-теңдік жағдайлары процесс бағытын айқындауға мүмкіндік береді. Егер берілген фазада таралатын заттың жұмыс концентрациясы оның тепе-теңдік концентрациясынан жоғары болса, онда бұл зат осы фазадан басқа фазаға таралады. Масса өту процесінің қозғаушы күшін қандай концентрация үлкен соған байланысты, жұмыс және тепе-теңдік концентрацияларының немесе керісінше тепе-теңдік және жұмыс концентрацияларының айырымы ретінде белгілейді.

Фазалар аралығындағы тепе-теңдікті график түрінде диаграммасында кескіндеуге болады (1-сурет). ОС – тепе-теңдік сызығын, АВ – жұмыс сызығын сипаттайды.

2-сурет. Жұмыс концентрациясы сызығы теңдеуін қорытындылауға арналған

Масса алмасу процесінің материалдық балансы

Диффузиялық процестер масса алмасуға қатысатын фазалардың бір-біріне қарама-қарсы қозғалысында жүзеге асырылатындықтан, қарама-қарсы ағысты аппараттарда жүргізіледі. Сондықтан масса алмасу процестерінің материалдық баланс теңдеуін қарама-қарсы ағысты аппараттардағы ағыстар қозғалысын қарастырып шығарады (2-сурет). Бөлу беті бойында сұйық фазаның салмақтық жылдамдығын L (кг/сағ) ал газ фазасының салмақтық жылдамдығын G (кг/сағ) деп белгілейік. Фазалардағы таралатын компоненттерді (кг/кг) L -де x арқылы, ал G -де y арқылы белгілейміз. Таралатын компоненттің концентрациясы тепе-теңдік концентрациясынан үлкен болсын:

(1.3)

демек, компонент G фазадан L фазаға таралады.

Фазалар таралатын затты тасымалдаушы болғандықтан масса алмасу процесіне қатыспайды. Фазалардың әсерлесуінің шексіз кіші бет элементі үшін фазалар аралығындағы таралатын компонентке қатысты материалдық баланс теңдеуі дифференциалды теңдеумен өрнектеледі:

(1.4)

Соңғы теңдеуді интегралдаймыз:

(1.5)

немесе

(1.6)

Материалдық баланс теңдеуінен (1.6) фазалардың салмақтық ағысы аралығындағы қатынас анықталады:

(1.7)

және

(1.8)

Бұдан еріткіштің меншікті жұмсалуды табылады:

(1.9)

Фазалардың концентрациялары y және x болатын MN сызығынан жоғары (2-сурет) аппараттың кез-келген қимасы үшін материалдық баланс теңдеуі келесідей интегралдау арқылы алынады:

(1.10)

немесе

(1.11)

Алынған (1.11)-ші теңдеуден табылады:

(1.12)

Табылған (1.12)-ші теңдеу масса алмасу процесінің жұмыс сызығы теңдеуі деп аталады. Бұл теңдеу аппараттың кез-келген қимасындағы фазаларының тең емес құрамдары аралығындағы тәуелділікті көрсетеді.

Әрбір нақты бір жағдайда фазалардың салмақтық жылдамдықтары мен фазалардың бастапқы және соңғы құрамдары белгілі және тұрақты шамалар болғандықтан, мынадай белгілеулер енгізіледі:

(1.13)

(1.14)

Олай болса, жұмыс сызығы теңдеуі былай жазылады:

(1.15)

Бұл түзу сызық теңдеуі, демек және фазаларында таралатын заттар концентрациялары сызықтық тәуелділікте болады.

Масса өтудің негізгі теңдеуі

Химиялық-технологиялық процестердің жалпы кинетикалық заңдылықтары негізінде масса өтудің негізгі заңын былай тұжырымдауға болады: масса берілу процесінің жылдамдығы қозғаушы күшті кедергіге бөлгенге тең:

(1.1)

Кедергінің кері мәнін арқылы белгілеп, бір фазадан екінші фазаға өткен зат мөлшерін бірлік уақытқа есептеп, (1.1)-ші теңдеуді былай жазуға болады:

(1.2)

Алынған теңдеу масса өту процесінің негізгі теңдеуі деп аталады. Фазалардың әсерлесуінің барлық беті үшін (1.2)-ші теңдеу жазылады:

(1.3)

Бұдан масса өту процесінің негізгі теңдеуін былай тұжырымдауға болады: бірлік уақытта бір фазадан екінші фазаға өтетін зат мөлшері фазалардың әсерлесу беті мен қозғаушы күшке тура пропорционал.

Масса өту коэффициентінің өлшем бірлігі (1.3)-ші теңдеуден анықталады:

(1.4)

мұндағы қ.к.б. – қозғаушы күш бірлігі.

Масса өту коэффициенті дегеніміз қозғаушы күш бірге тең кездегі фазалардың бірлік түйісу беті арқылы бірлік уақытта бір фазадан екінші фазаға өтетін зат мөлшері.

Фазалардың құрамын сипаттайтын *қозғаушы күш бірлігі* әр түрлі өлшем бірлігімен сипатталады. Процестің қозғаушы күші бір фазадағы концентрация арқылы өрнектелуі мүмкін:

(1.5)

(1.6)

Егер таралатын заттың жұмыс және тепе-теңдік концентрациялары салыстырмалы салмақтық құрамы арқылы өрнектелсе, онда масса өту коэффициентінің өлшем бірлігі өрнектеледі:

(1.7)

Процестің қозғаушы күші парциалды қысымдардың айырымы арқылы өрнектелсе $\Delta p = \rho - \rho_{m-m}$ н/м², онда

(1.8)

Егер процестің қозғаушы күші көлемдік концентрацияларының айырымы арқылы сипатталса, онда

(1.9)

Сондықтан концентрациялардың бастапқы және соңғы мәндерінің өзгерісі аралығында масса алмасудың барлық процесі үшін орташа қозғаушы күш шамасы анықталынуы қажет:

(1.10)