### **Дәріс 14. Вакумдық жүйелерді есептеудің кейбір принциптері**

Дәріс жоспары

### **14.1. Вакуумдық жүйелерді есептеудің кейбір принциптері**

### **14.2. Газдың ағуы**

### **14.3. Газдардың беттерден десорбциясы**

### **14.4. Объект қабырғаларының өткізгіштігі**

**14.1. Вакуумдық жүйелерді есептеудің кейбір принциптері**

Вакуумдық жүйелерді есептеу процесінде олар көбінесе келесі тапсырмалар шешеді: не белгілі бір уақыт ішінде объектіде берілген вакуумның жасалуын қамтамасыз ете отырып, сораптың әрекет жылдамдығын анықтау немесе вакуумдық сорғының белгілі әрекет жылдамдығымен берілген вакуумға жету үшін қажетті уақытты табу.

Объектіден газды айдау – бұл нысандағы қысым уақыт өте келе өзгеретін тұрақты емес процесс. Оны дәл есептеу үлкен қиындықтарды тудырады, өйткені есептеуге енгізілген сорап жылдамдығының қысымға тәуелділігі, газ шығарындыларының қарқындылығы, құбырлардың өткізгіштігі және т.б. сияқты шамаларды дұрыс бағалау мүмкін емес.

Практикалық мақсаттар үшін жеткілікті дәлдікпен вакуумдық жүйелерді есептеу барлық эвакуация кезеңі үшін айнымалы айдау режимін болжайтын квазистационарлық газ ағыны бойынша жүзеге асырылуы мүмкін, бірақ әрбір шағын уақыт интервалында процесс стационарлық болады. Осылайша, айдау процесінде объектісінде газдың бөлінуі және сорғының жылдамдығы өзгергенде, барлық айдау кезеңі қысымға сәйкес жеке секцияларға бөлінеді, олардың әрқайсысының ішінде газдың шығуы, ағуы, газ ағынының режимі және сорғының жылдамдығын шартты түрде тұрақты деп қабылдауға болады. Бұл жағдайда айдаудың жалпы ұзақтығы

(14.1)

мұндағы – бүкіл айдау кезеңі бөлінген секциялар саны; – -ші секциядағы айдау ұзақтығы.

-ші секциядағы айдау ұзақтығы формула бойынша есептеледі

) (14.2)

мұндағы - камераның көлемі (барлық басқа мәндер нақты -ші айдау учаскесі үшін алынады); – сорғыны пайдалану коэффициенті;

– сорғы жылдамдығы; – камерадағы бастапқы қысым; – камерадағы соңғы қысым; – камерадағы максималды қысым.

Камерадағы максималды қалдық қысым

(14.3)

Ағымдағы уақытта камерадағы қысым анықталады айдалатын газ ағыны мен айдалатын объектіге түсетін ағын арасындағы тепе-теңдік. Соңғысы камераның қабырғаларынан және онда орналасқан өнімдерден шығатын шығаруынан, сондай-ақ атмосферадан камераға түсетін газының ағынынан тұрады:

(14.4)

Эвакуацияланатын объектідегі газ көздері

Объектіні эвакуациялау процесінде одан келесілер жойылады:

1. Бос күйдегі газ G = V(), мұндағы V - объектінің көлемі, және - эвакуацияға дейінгі және кейінгі қысым.

2. Ажыратылатын қосылыстардағы, төлкелердегі, дәнекерленген жіктердегі ағып кетуден, конструкциялық материалдардың ақауларынан газдың сырттан ағуынан болатын ағыны.

3. Камера қабырғаларының ішкі беттерінен және оған орналастырылған жабдық беттерінен газдардың десорбциялануынан туындайтын ағыны.

4. Құрылымдық материалдарда еріген газдардың бөлінуінен туындайтын ағыны.

5. ағыны - камераның қоршау қабырғаларының өткізгіштігінен атмосферадан объектіге түсетін газ ағынының түрі.

Бірлік бетіндегі ағынның тығыздығы,

(14.5)

мұндағы q – ағынның тығыздығы, Па /( с) немесе Вт/; F – бетінің ауданы, .

Жоғарыда аталғандардан басқа, газ көздері технологиялық сипаттағы газ шығарындылары, сорғыдан нысанға кері ағын және басқа да бірқатар болуы мүмкін*.*

**14.2. Газдың ағуы**

Газдың ағуы - газ құбыры, газ баллоны немесе газ жабдығы сияқты газбен жабдықтау жүйесінен бақыланбайтын және байқаусызда газдың шығуы. Бұл жүйеде зақым немесе қысымның төмендеуі пайда болған кезде пайда болады.

Газдың ағуы газ жүйесінің әртүрлі нүктелерінде - газ құбырларында, қосылыстарда, клапандарда, манометрлерде және басқа компоненттерде болуы мүмкін. Бұл элементтердің тозуы немесе зақымдануы қоршаған ортаға газдың түсуіне әкелуі мүмкін. Газдың ағып кетуін анықтау үшін ауадағы газ концентрациясын анықтауға мүмкіндік беретін арнайы газ анализаторлары қолданылады. Сондай-ақ, ағып кетуді газдың тән иісі немесе шығатын ағынның дыбысы арқылы анықтауға болады.

Атмосферадан газдың ағуының тән белгісі азоттың, оттегінің және аргонның парциалды қысымының жоғарылауы болып табылады. Объектіде орналасқан салқындату жүйесінде ағып кету жағдайында қолданылатын криоагенттің – гелийдің немесе азоттың – парциалды қысымының жоғарылауы байқалады. Сонымен қатар, ағып кетудің болуы сорғыдан оқшауланған нысандағы қысымның біркелкі жоғарылауымен көрінеді.

Дәл осындай қысқа уақыт кезеңінде жоғарыда аталған газдардың біреуінің парциалды қысымы бірдей Δ шамасына артады. Атмосферадан алдын ала қыздырылған және эвакуацияланған камераға ағып кету мөлшерін газдың парциалды қысымының жоғарылауымен анықтауға болады:

(14.6)

мұндағы V - камераның көлемі; , – сынақтың басындағы және соңындағы қысым; τ – сынақ ұзақтығы.

Қазіргі заманғы ағып кетуді анықтау құралдары келесі реттегі ең аз ағып кетуді анықтауға мүмкіндік береді:

1. Қысымды сынау –Па/с.

2. Галогеннің ағуын анықтау құрылғысы – Па/с.

3. Масс-спектрометриялық ағып кету детекторы – Па/с дейін.

**14.3. Газдардың беттерден десорбциясы**

Объектінің қабырғаларының ішкі беттері атмосфералық ауамен әсер еткенде, кем дегенде бір молекула қабатымен жабылған газдар мен булардың едәуір мөлшерін сіңіреді. Мұндай моноқабат 1 ауданға шамамен 5· молекуладан тұрады. Мысалы, жылтыратылған металл бетінің микрокедірлігіне байланысты нақты ауданы 5-10 есе, ал шамамен өңделгені геометриялықтан 20 есе үлкен болғандықтан, шамамен молекула немесе 0,4 Па газ адсорбцияланады. камера қабырғаларының бетінің 1 үшін. Бұл негізінен су молекулалары, сондай-ақ ауа компоненттері мен көмірсутектер. Камерадағы қысым төмендеген кезде динамикалық тепе-теңдік бұзылады және бір уақытта адсорбцияланған молекулалардан көп молекулалар десорбцияланады. Термиялық өңдеуге ұшырамаған металдар үшін бөлме температурасында десорбцияның бастапқы қарқындылығы деңгейінде және келесі тәуелділікке сәйкес алғашқы 10 сағатта уақыт өткен сайын төмендейді:

(14.7)

мұндағы τ – уақыт, сағат (1-ден 10 сағатқа дейін); n = 0,7 2,0 (көбінесе n = 1,0).

Газдардың негізгі мөлшерін жер бетінен десорбциялау ұзақтығын бірнеше минутқа дейін қысқартуға болады, оның қызуы 600 К дейін.

Құрылымдық материалдарды газдан шығару

Қабырғалардың бетінен газды алып тастағаннан кейін материалда еріген газдардың шығарылуы шешуші болуы мүмкін. Бұл жағдайда вакуумда кемінде 10 сағат ұстағаннан кейін газдың бөліну қарқындылығы мынаған тең болады.

(14.8)

мұндағы – материалдағы газдың бастапқы концентрациясы, Па/; D – материалдағы газдың диффузиялық коэффициенті, /с; τ > 3,6· с – газдың бөліну ұзақтығы, с.

Іс жүзінде тек үш газдың атомдары металдарда ери алады: , және . Сутегі жоғары диффузиялық қозғалғыштығына байланысты бөлме температурасында газдың бөлінуіне ең үлкен үлес қосады.

14.1-кестеде тот баспайтын болат пен алюминий үшін ең көп таралған конструкциялық материалдар ретінде және D мәндері көрсетілген [4].

14.1 кесте. Сутегінің бөліну жылдамдығы, диффузия коэффициенті және еріген сутегінің концентрациясы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал, бетті өңдеу әдісі | болғанда | D, |  |
| Болат I2XI8HI0T, тұздалған |  |  |  |
| Алюминий A95, оюланған |  |  |  |

(14.4) теңдеуіне сәйкес газдың бөлінуін бастапқы газ концентрациясын немесе диффузия коэффициенті D азайту арқылы азайтуға болады. азайту үшін камера қабырғалары 400-450С температураға дейін қызады және 15–20 вакуумда ұсталады. Жоғары температурада газдардың диффузиялық тасымалдануы жеделдейді және материал қарқынды түрде газсызданады.

Газ шығаруды азайтудың екінші жолы – объект қабырғаларын криогендік температураға дейін салқындату немесе материалдың бетінде қорғаныш оксидті қабықшаларды қалыптастыру, металл кристалдық тордан сутегінің диффузиясын баяулату арқылы диффузия коэффициентін азайту. Бөлме температурасында қол жеткізілген тот баспайтын болаттан жасалған газдың ең төменгі бөлінуі шамамен құрайды.

**14.4. Объект қабырғаларының өткізгіштігі**

Объект қабырғаларының өткізгіштігі - материалдың газдарды немесе сұйықтықтарды оның құрылымы арқылы өткізу қабілетінің өлшемі. Бұл параметр әртүрлі салаларда, соның ішінде вакуумдық жүйелерде, материалдардың сапасын бақылауда, оқшаулауда және т.б. маңызды рөл атқарады.

Қабырғалардың өткізгіштігі ғимараттың энергия тиімділігіне тікелей әсер етеді. Жоғары өткізгіштік жылуды жоғалтуға және жылу шығындарын арттыруға әкеледі. Өткізгіштікті азайту жылу оқшаулауды жақсартады және энергияны үнемдейді.

Энергия тиімділігін арттырудың тиімді шаралары ауа өткізбейтін материалдарды пайдалануды, тігістер мен түйіспелерді тығыздауды және жылуды қалпына келтіретін желдету жүйелерін орнатуды қамтиды.

Объект қабырғаларының өткізгіштігі құрылыс, өндіріс, вакуумдық технологиялар және сапаны бақылау сияқты көптеген салаларда маңызды. Материалдардың өткізгіштігін түсіну және басқару тиімдірек және тұрақты құрылымдар мен жүйелерді құруға мүмкіндік береді.

Өткізгіштікті әртүрлі бірліктермен өлшеуге болады, мысалы, белгілі бір жағдайларда материалдың аудан бірлігі арқылы өтетін уақыт бірлігіне шаққандағы көлем бірлігі. Әдетте газдар үшін қысым бірлігі қолданылады, мысалы, мм.сын.бағ. немесе Торр.

Стационарлық процесс үшін қалыңдығы d және ауданы F қабырға арқылы өтетін газдың мөлшері,

(14.9)

мұндағы k – өткізгіштік коэффициенті; р – атмосферадан түсетін газ қысымы; – объектідегі газ қысымы; n – бейметалдар үшін бірге, ал металдар үшін 0,5-ке тең көрсеткіш.

Бөлме температурасындағы бірқатар құрылымдық материалдар үшін өткізгіштік коэффициентінің мәндері 14.2-кестеде келтірілген.

14.2-кесте. Бөлме температурасындағы өткізгіштік коэффициенті

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Газ |  | Материал металл | Газ |  |
| Полиэтилен  Кварц  Неопрен |  |  | Жұмсақ болат  Тотбаспайтын болат  Мыс |  |  |

Диффузия жылдамдығы ең жоғары сутегі металдарға енетін негізгі газ болып табылады. Басқа газдардың енуін көп жағдайда елемеуге болады. Шыны гелийді ең жақсы өткізеді.

**Дәріс бойынша бақылау сұрақтары:**

1. Вакуумдық жүйелерді есептеу процесі бізге не береді?
2. Объектіден газды айдау дегеніміз қандай процесс?
3. Объектіні эвакуациялау процесінде қандай өзгерістер байқалады?
4. Атмосферадан газдың ағуының белгілері қандай?
5. Ағып кетудің болуын тағы қандай процеспен біркелкі бақылауға болады?
6. Парциалды қысым дегеніміз не?
7. Ағып кетуді анықтау құралдары?
8. Адсорбция мен десорбция айырмашылығы?
9. Қандай процесте адсорбцияланған молекулалардан көп молекулалар десорбцияланады?
10. Десорбцияның бастапқы қарқындылығы?
11. Объект қабырғасы арқылы өтетін газдың мөлшері?

**Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:**

1. Вакуумная техника: Справ./Под ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. – М.: Машиностроение, 2009. – 590 с.
2. Вакуумная техника: Справ./Под ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
3. Иванов В.И. Введение в вакуумную технику: Учеб. пособие. – СПБ.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012. – 42 c.
4. Иванов В.И. Вакуумная техника: Учеб. пособие. – СПБ.: Университет ИТМО, 2016. – 129 c.