

## 8.5. Acetongőz abszorpciója levegőből vízzel

### 8.5.1. Bevezetés

#### 8.5.1.1. Az abszorpció

Abszorpciónak nevezzük gázok vagy gőzök elnyelését gázelegyből, ill gáz-gőz elegyből folyadékkal, azaz abszorbenssel.

Fizikai abszorpció esetén az elnyelt komponens és az abszorbens között nem jön létre kémiai reakció. Ha az abszorpció során az elnyelt komponens az abszorbenssel kémiai reakcióba lép, a folyamatot kemisorpciónak nevezzük. A fizikai abszorpció megfordítható folyamat. Az elnyelt gázkomponens kinyerése a folyadékból a deszorpció. Az abszorpció és deszorpció egymás utáni alkalmazása lehetővé teszi az abszorbens többszöri felhasználását, és az abszorbeált komponens kinyerését tiszta formában.

Az abszorpció egy sereg nagyipari technológiának alapvető művelete, pl: SO<sub>3</sub> abszorpciója a kénsavgyártásban, nitrogénoxidok abszorpciója a salétromsavgyártásban, H<sub>2</sub>S kinyerése generátorgázból, stb. Igen fontos szerepe van az abszorpciónak az atmoszférába engedett gázalakú melléktermékek, illetve véggázok tisztításában, azok mérgező, környezetkárosító komponenseitől való megtisztításában, pl. füstgáz SO<sub>2</sub> mentesítése.

#### 8.5.1.2. Az abszorpciós egyensúly

Abszorpcióban az egymással érintkező folyadék és gázelegy egyensúlyi koncentrációja az anyagok tulajdonságain kívül a nyomástól és hőmérséklettől, valamint a gázfázis összetételétől függ. Ezt az egyensúlyt általában

$$y = mx \tag{8.5-1}$$

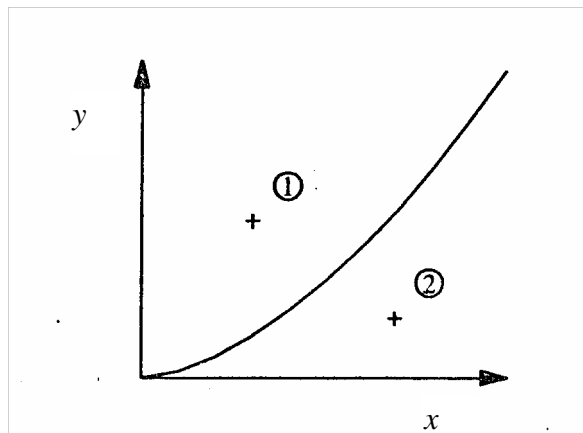
összefüggés alakjában szokás leírni, ahol  $y$ : a gázfázis koncentrációja (esetleg az oldott komponens parciális nyomása a gázfázisban);  $x$  a folyadékfázis koncentrációja; az  $m$  arányossági tényező változik a hőmérséklettel, esetenként a nyomással, gyakran függvénye a koncentrációnak is, számértéke a választott koncentrációegységtől is függ.

Ha a fenti összefüggésben az  $y$  az oldott komponens parciális nyomása a gázfázisban,  $x$  ugyanannak a móltörtje a folyadékban, akkor az arányossági tényező a Henry állandó, ill. az (8.5-1) egyenlet a Henry-törvény néven ismert összefüggést fejezi ki.

Az 8.5-1. ábrán egy adott hőmérsékleten érvényes egyensúlyi összefüggést mutatunk be, az egyensúlyi vonal nem egyenes, azaz az arányossági tényező függ a koncentrációtól is.

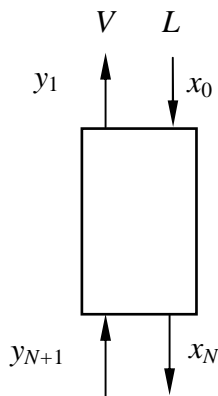
Ha az abszorpciós műveletben egymással érintkező gáz- és folyadékfázis összetételét reprezentáló pont a vonal fölött van (1. pont), az azt jelenti, hogy a gázfázis koncentrációja magasabb, mint a vele érintkező folyadék koncentrációjának megfelelő egyensúlyi koncentráció, ezért abszorpció fog lejátszódni (a folyamat az

egyensúly irányában mozdul el). Hasonló megfontolás alapján belátható, hogy a 2. pontnak megfelelő koncentrációk esetén deszorpció játszódik le.



8.5-1. ábra  
Abszorpciós egyensúly

### 8.5.1.3. Az abszorpció anyagmérlege, munkavonala



$L$ : folyadékfázis árama  
 $V$ : gázfázis árama  
 $x, y$ : koncentrációk

8.5-2. ábra

A 8.5-2. ábra egy abszorber sematikus vázlatát mutatja, amelyben a folyadékfázis és a gázfázis ellenáramban haladnak. (Ez nem feltétlenül mindig így van, mi most ezt vizsgáljuk).

Stacionárius esetben az abszorbeált komponens anyagmérlege:

$$Lx_0 + Vy_{N+1} = Lx_N + Vy_1 \quad (8.5-2a)$$

ill.

$$L(x_N - x_0) = V(y_{N+1} - y_1)$$

és

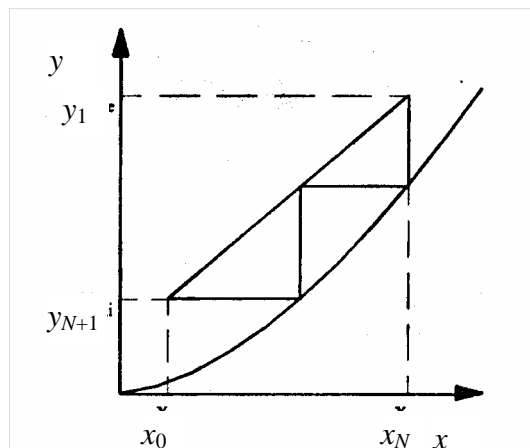
$$y_1 - y_{N+1} = L/V(x_0 - x_N) \quad (8.5-2b)$$

A (8.5-2.b) egyenlet (az anygmérleg átrendezett formája) összefüggést ad meg a kilépő fázisok koncentrációira a belépő koncentrációk és a fázisok mennyiségének függvényében. Ezt az összefüggést nevezzük az abszorpció munkavonalának. (A gondolatmenet analóg a többi ellenáramú művelettel).

Tételezzük fel, hogy  $L$  és  $V$  konstansok, akkor 2b egy egyenes egyenlete. Ez a körülmény nagyban egyszerűsíti a további számítást, mert ellenkező esetben a munkavonal görbe.

Vizsgáljuk meg, mikor, illetve mennyire igaz ez a feltételezés!

$L$  és  $V$  fázisok áramát jelenti, és ez a műveletben változik, (tehát nem konstans) mert az oldott komponens átmegy a gázfázisból a folyadékfázisba, ill. a folyadék elpárologhat, és az inert gázkomponens is oldódhat. Az utóbbi két hatás szinte mindig elhanyagolható, csak igen nagy ill. kicsiny  $L/V$  arányoknál lehet hatása, híg oldatok esetében pedig az abszorbeált anyagmennyiség is elhanyagolható a fázis összes mennyiségéhez képest. (Kiterjeszhető a „híg oldat” tartománya olyképpen, hogy  $L$  nem a teljes folyadékfázist jelent, hanem csak az oldószert, hasonlóképpen a  $V$  az inert gázmennyiséget. Ekkor a koncentrációkat is a megfelelő egységben kell számolni;  $x$ : oldott anyag/oldószer,  $y$ : oldott anyag/inert gáz).



8.5-3. ábra

Ellenáramú abszorpció egyensúlyi diagramja és munkavonala

Fentiek figyelembevételével a 8.5-3. ábra egy ellenáramú abszorpció egyensúlyi diagramja és munkavonala, a vonalak közé belépcsőztük az elválasztást megvalósító elméleti fokozatok számát.

Abban az esetben, ha az egyensúlyi vonal is egyenes, az adott elválasztást megvalósító elméleti fokozatok számát analitikusan is (szerkesztés nélkül) kiszámíthatjuk az ún. Kremser egyenlettel [1]:

$$N = \frac{\lg \left[ \frac{y_{N+1} - mx_0}{y_1 - mx_0} \left( 1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A} \right]}{\lg A} \quad (8.5-3)$$

ahol  $A = \frac{L}{mV}$ , abszorpciós faktor, a munkavonal és az egyensúlyi vonal meredekségének hányadosa.

Esetünkben levegőből abszorbeálunk acetongőzt vízzel. A koncentrációk kicsinyek, az oldatokat híg oldatoknak tekinthetjük. Az egyensúlyi vonal egyenes,

$$y = mx,$$

ahol  $y$  és  $x$  a gázfázis, ill. a folyadékfázis koncentrációja mol/mol dimenzióban. Az egyenes meredeksége a hőmérséklet függvényében

T °C	10	12	14	16	20
m	1,03	1,13	1,25	1,37	1,64

#### 8.5.1.4. A mérés célja

Megismerkedünk egy félüzemi méretű ellenáramú abszorpciós berendezéssel. Abszorpciót végzünk, levegőből tiszta vízzel acetongőzt mosunk ki.

Különböző üzemállapotban, azaz különböző folyadék- és gázterhelések mellett megállapítjuk az abszorpció hatásfokát és a tányérok átlagos hatásfokát. Kiszámítjuk az abszorpció aceton mérlegét.

#### 8.5.2. Az abszorpciós berendezés

Az abszorpciós berendezés vázlata a 8.5-4. ábra.

A berendezés fő része egy 400 mm átmérőjű üvegkolonna (1), a tányérok távolsága 350 mm. A kolonnán egy ventilátor (2) levegőt szív át, amelynek térfogatáramát egy pneumatikus működtetésű pillangószeleppel (3) szabályozni, mérőpelemmel és a hozzá csatolt U-csöves manométerrel mérni lehet. A tányérokra a nyomásesést a (4) U-csöves manométerrel mérhetjük.

Az abszorpcióhoz használt vezetéki víz egy állandó szintű túlfolyós tartályból (5) rotamétereken (6) keresztül folyik a kolonna legfelső tányérjára. A víz a tányérokra átfolyva a legalsó tányér túlfolyójából a (7) tartályba ill. a (8) gyűjtőtartályba folyik. A gyűjtőtartályból a (9) szivattyú segítségével az abszorbens recirkuláltatható.

Az abszorpció megvalósításában ismert mennyiségű acetongőzt keverünk a beszívott levegőáramba. Az aceton áramot egy adagológyszivattyú (10) állítja elő, nagy sebességű levegőáramba keverve az acetont egy meleg vízzel fűtött elpárologtatóba kerül, ahol biztosan gőzzé alakul, és a (11) perforált csövön a kolonna aljához kerül, ahol a beszívott levegőáram magával viszi. Az elpárologtató hőmér-



sékletét és egy hőmérsékletszabályozó tartja 60 fok körüli értéken, az acetont atmoszférikus forráshőmérséklete fölött. A pontos acetontartalmat az acetontartály súlycsökkenéséből számítjuk ki.

### 8.5.3. Mintavétel, analízis

Az abszorber elhagyó áramok koncentrációját mérnünk kell. A legalsó tányér túlfolyójából egyszerűen folyadék minta vehető, ennek analízise  $x_n$  értékét adja. A minta acetontartalmát jodometriás titrálással határozzuk meg. Lúgos közegben a jódot az acetont oxidálja. A mintához feleslegben jódot adunk, a felesleget tioszulfáttal visszatitráljuk. Az analízis pontos leírása a készülék mellett megtekinthető.

A kilépő gázáram  $y_1$  koncentrációját automatikus mérőműszerrel határozhatjuk meg. Az ELKON S215 típusú műszer az analizálandó gázból folyamatosan mintát vesz. A gáz minta hidrogénlángba kerül, a benne levő szerves molekulák ionokra bomlanak, ionáramot hoznak létre. Az ionáram nagyságát a műszer mutatója jelzi. A kitérés nagysága és az acetontartalom között kalibrációval kell megállapítani a pontos összefüggést. Az általunk vizsgált tartományban az összefüggés lineárisnak vehető.

### 8.5.4. A mérés véghezvitele

Első teendő az ELKON S215 műszer bekapcsolása, mert a műszer csak a bekapcsolás után kb. negyedórával mérőképes.

Feltöltjük meleg vízzel az acetont elpárologtatót, és bekapcsoljuk a termosztátot. A ventilátor csak nyitott pillangószeleppel indítható, ehhez a pillangószelepet működtető pneumatikus nyomást 1 bar értékre állítjuk. Ezután a ventilátor bekapcsolható. A pillangószeleppel beállítjuk a kolonnában azt a levegősebességet, amelyenél az abszorpciót mérni akarjuk. (A mérőperem kalibrációs diagramjáról a levegősebesség a kolonnában olvasható le m/s dimenzióban).

Ha az ELKON már működőképes, a szivattyú bekapcsolásával elindítjuk a kívánt acetontáramot. A száraz - vízáram nélküli - kolonnán abszorpció nincs, így a kimenő helyen is a bemenő koncentráció mérhető, azaz a mérőműszerrel megmérjük a bemenő levegőáram acetontartalmát. Ez egyben az ELKON kalibrációjának is tekinthető. Ezután elindítjuk a vízáramot, a rotaméteren beállítva a kívánt értéket.

A stacionárius állapot beállása után (5-10 perc) mintát veszünk az elfolyó vízből és leolvassuk az ELKON műszer állását.

Ezután a kolonnában új üzemállapot állítható be. Célszerűen egy beállított gázsebességnél megmérjük az abszorpciót különböző folyadékáramok mellett, majd egy másik gázsebességnél megismételjük a méréseket. Feljegyezzük a víz és a levegő hőmérsékletét. Az abszorpció hőmérsékletének a készüléket elhagyó víz

hőmérsékletét tekintjük. A mérés befejezésekor először az acetont szivattyút kapcsoljuk ki. Elvégezzük a folyadékminták analízisét.

### 8.5.5. A mérés kiértékelése.

A mért adatokat az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

acetonáram: .....ml/h .....g/h  
 .....mol/h

levegőáram: .....m/s .....m<sup>3</sup>/h  
 .....kmol/h

$y_{N+1}$ : .....skr .....mol/mol

Sorszám	vízáram kg/h	$y_1$		$x_n$		minta ml
		skr	mol/mol	mol*	mol/mol	
1						
2						

\* tioszulfát fogyás ml

#### Analízis:

0,1 n J<sub>2</sub> oldat faktora: .....

0,1 n tioszulfát oldat faktora: .....

0,1 n J<sub>2</sub> bemérés: .....

Az abszorpció jellemzői

- az abszorpció hatásfoka:  $Y = 1 - y_1/y_{n+1}$  azt mutatja, hogy az összes belépő acetont mennyiségnek hányadrészét mossuk ki a levegőből
- $N_{elm}$ : a megvalósított elválasztás elméleti tényezőszáma,
- $\eta$  az abszorberben levő tényérok átlagos hatásfoka,  $\eta = N_{elm}/N$ , ahol  $N$  a beépített tényérok száma
- Az anyagmérleg hibája: Mérjük a belépő és kilépő acetonáramot, stacionárius állapotban ezek egyenlők. A (8.5-2) egyenletbe mérési adatokat helyettesítve nem kapunk egyenlőséget. Az egyenlőségtől való eltérés hiba, méréseink együttes hibája

$$\Delta = (Be - Ki) / Be$$

ahol  $Be$ : a bemenő acetonáram,  $Ki$ : a kimenő acetonáram

Készítsük el az alábbi táblázatot:

Sorszám	$v$ , m/s	$L$ , kg/h	$Y$ %	$N_{elm}$		$\eta$	$\Delta$
				szerkesztés- sel	(8.5-3) egyenletből		
1							
2							

**Irodalom:**

[1.] Fonyó Zs., Fábry Gy.: Vegyipari művelettani alapismeretek. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1998.

Készítette: Borus Andor  
Rezessy Gábor

Ellenőrizte: Fonyó Zsolt