



1.6 A gázok nedvességtartalma

A gázok és gázkeverékek általában minden felhasználási területen zavaró szennyeződése a gyakorlatban nedvességtartalomnak nevezett vízgőztartalom, amelynek megengedett határértékét ezért a legtöbb termékspecifikációs előírás tartalmazza.

Az előállításakor, illetve kiszállításkor száraz gáz vízgőztartalma (H_2O -koncentrációja) a tároló-, szállító-, illetve felhasználó-rendszerben is megnőhet a rendszerben lévő víztől és annak belső felületein adszorbeálódott molekuláris vízrétegtől, ezért ezek vízmentesítését (szárítását) a specifikációnak, illetve felhasználási igényeknek megfelelően gondosan el kell végezni. Ugyanez érvényes a felhasználói rendszerre is, amelynek gondos kiszárítása után érhetjük csak el a felhasználási helyen a követelményeknek megfelelő kis nedvességtartalmat, amely a kiszállított és tárolt gáz vízgőz-koncentrációját megközelíti. A szárítás leghatásosabban áramló száraz, meleg gázzal, vagy melegítéssel kombinált vákuumozással (termikus vákuumszárítással) történhet, amely utóbbit például száraz gázzal való öblítéssel kombinálva gázpalackok belső felületének hatékony szárítására használjuk.

A gázok H_2O -koncentrációjának ellenőrzése az egyik legnehezebb mérési feladat, mivel az eredményt a gázvételi és mérő-rendszer belső felületén lévő vízmolekulák is befolyásolják (az adszorbeált vízréteggel a mért gáz vízgőz-koncentrációjának először egyensúlyba kell kerülni), ezenkívül a szokásos mérőműszerek esetében – amelyek általában harmatpontot mérnek – a mérési eredmény a gáz nyomásától is függ. Tisztázuk most röviden az ezzel kapcsolatos összefüggéseket:

A gáz akkor telített nedvességgel, ha benne lévő vízgőz parciális nyomása eléri a víz (illetve jég) aktuális hőmérsékletnek megfelelő egyensúlyi gőznyomását. Ennél több vizet nem tud gázhalmazállapotban magában tartani, tehát ha a telített gáz hőmérsékletét csökkentjük, a víz egy része kicsapódik – a hőmérsékletnek megfelelően folyadék (harmat) vagy szilárd (jég, hó, dér) állapotban – mivel a gőznyomása csökken.

A **harmatpont** ennek megfelelően az a hőmérséklet, amelyen a viszonylag száraz gáz nedvességtartalma hűtés folyamán kezd kicsapódni, mivel a vízgőz-koncentrációnak megfelelő parciális nyomás a víz gőznyomásával egyenlő lesz. Ebből az is következik, hogy a harmatpont a gáz nyomásától nagymértékben függ, mégpedig azonos nedvességtartalom esetén a nyomás növelésével nő. A mért harmatpontnak tehát nagyobb nyomáson kisebb **abszolút nedvességtartalom** (vígőz-koncentráció) felel meg.

Az abszolút vízgőz-koncentrációt általában ppm(V/V) vagy mg/m^3 egységben kaphatjuk meg, amely utóbbi a nyomástól és hőmérséklettől is függ, ezért a normálállapotra, illetve az 1 bar nyomásra és $15\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre vonatkoztatott értékeket vehetjük figyelembe.

Táblázatunkban a vízre vonatkozó harmatpont, egyensúlyi gőznyomás és ennek megfelelő koncentráció értékeinek összefüggését adjuk meg atmoszferikus nyomáson.



Higrométer a nedvességtartalom mérésére

Hőmérséklet (harmatpont) °C	A H ₂ O egyensúlyi gőznyomása, mbar	Telített gáz vízgőz-koncentrációja	
		ppm(V/V) H ₂ O	mg/m ³ *
-90	0,00009	0,092	0,069
-88	0,00013	0,134	0,101
-86	0,00019	0,184	0,138
-84	0,00027	0,263	0,198
-82	0,00039	0,382	0,287
-80	0,00053	0,526	0,396
-78	0,00075	0,747	0,562
-76	0,00103	1,01	0,760
-74	0,00140	1,38	1,04
-72	0,00191	1,86	1,40
-70	0,00259	2,55	1,92
-68	0,00348	3,44	2,59
-66	0,00465	4,60	3,46
-64	0,00619	6,10	4,59
-62	0,00819	8,07	6,07
-60	0,01077	10,6	7,97
-58	0,0141	14,0	10,5
-56	0,0184	18,3	13,8
-54	0,0237	23,4	17,6
-52	0,0314	31,1	23,4
-50	0,0398	39,4	29,6
-48	0,0504	49,7	37,4
-46	0,0641	63,2	47,5
-44	0,0812	80,0	60,2
-42	0,1024	101	76,0
-40	0,1288	127	95,5
-38	0,161	159	120
-36	0,201	198	149
-34	0,252	249	187
-32	0,313	309	232
-30	0,381	376	283
-28	0,468	462	347
-26	0,573	566	426
-24	0,701	691	520
-22	0,853	841	633
-20	1,035	1 020	767
-18	1,252	1 230	925
-16	1,509	1 490	1120
-14	1,814	1 790	1346
-12	2,176	2 140	1610
-10	2,600	2 560	1925
-8	3,101	3 060	2 300
-6	3,686	3 640	2 740
-4	4,373	4 320	3 250
-2	5,173	5 100	3 840
0	6,105	6 020	4 530
+2	7,14	7 060	5 310
+4	8,23	8 130	6 110
+6	9,48	9 370	7 050
+8	10,85	10 720	8 060
+10	12,43	12 280	9 240
+12	14,31	14 140	10 630
+14	16,17	15 980	12 020
+15	17,24	17 040	12 820
+16	18,38	18 160	13 650
+18	20,85	20 600	15 500
+20	23,38	23 100	17 370

* 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten

A nem atmoszferikus nyomáson mért harmatpontból az atmoszferikus értéket és az abszolút nedvességtartalmat (vízgőz-koncentrációt) az erre használatos nomogramokból vagy kördiagramokból kaphatjuk meg, amelyek általában a mérőműszerhez is csatolnak, de közelítő adatot egyszerű számítással is kaphatunk – főleg kis nedvességtartalmú, száraz gázokra – táblázatunk megfelelő gőznyomásadata és a mérési nyomás alapján.

A katalógusunk gázaira közelítőleg érvényes ideális törvényszerűségeket tekintve ugyanis P mérési nyomáson a következő összefüggést használhatjuk:

$$c_{H_2O} = \frac{p(t)_{H_2O}}{P} \cdot 10^6$$

ahol

$p(t)_{H_2O}$ a mért harmatpontnak megfelelő vízgőztenzió, mbar,

c_{H_2O} a vízgőz-koncentráció, ppm(V/V) H_2O ,

P pedig a mérési abszolút nyomás, mbar .

Nézzünk egy példát:

Argon nedvességtartalmát mérjük.

A nyomásmérőn leolvasott mérési nyomás: 40 bar

A mérőműszeren kijelzett harmatpont: $-30\text{ }^\circ\text{C}$

A képletbe behelyettesítendő mérési nyomás

(1 bar = 1000 mbar): $P = (40+1) \cdot 1000 = 41\ 000$ mbar

Táblázatunkból $p(-30\text{ }^\circ\text{C})_{H_2O} = 0,3812$

Ezek alapján:

$$c_{H_2O} = 0,3812 \cdot 10^6 / 41\ 000 = 9,3 \text{ ppm(V/V) } H_2O$$

(Ez a számított érték a rendelkezésre álló nomogramokból vagy kördiagramokból kapott értéktől csak 1–2%-kal tér el.)

A képlet alapján a ppm(V/V) dimenzió nélküli mértékegységben kapott koncentráció a mérési nyomással – azonos kijelzett harmatpont esetén – fordítva arányos, tehát a számított értéket egyszerűen úgy is megkaphatjuk, hogy a táblázati atmoszferikus értéket a mérési abszolút nyomással elosztjuk.

Az előbbi példa szerint így is $\sim 9,2$ ppm(V/V) H_2O az eredmény, amelyből látható, hogy legalábbis a kisebb vízgőz-koncentrációk tartományában a számítással jó közelítést kapunk.

Nagyon fontos a mintavezeték anyagának megfelelő minősége. Nem megfelelő anyagú cső esetén a levegőből bediffundáló vízmolekulák, valamint a felületi és a csőfalban végbemenő szorpciós folyamatok miatt a mérendő gáz valódi vízgőz-koncentrációját a mért érték hosszú öblítéssel sem éri el.

Teljesen száraz: <1 ppm(V/V) H_2O -tartalmú gázt mérve, gumi- vagy nejlonszövet akár 10^2 ppm(V/V) nagyságrendű aszimptotikus vízgőz-koncentrációt mérhetünk, polietilénszövet ez az érték 10^1 nagyságrendű, míg teflonszövet néhány ppm(V/V) lehet. A gyakorlatban használatos csőanyagok közül a rozsdamentes acél a legmegfelelőbb, amelynek használatával megfelelő öblítés után a mért érték a valódi értéket jól megközelítheti.

Végül – amint az eddigiekből következik – hangsúlyoznunk kell, hogy vízgőz-koncentrációt megbízhatóan meghatározni csak közvetlen átáramoltatással lehet, a közvetett mintából való meghatározás illuzórikus.