Levegő-előkészítés, alapfogalmak

Sűrített levegő

FONTOS! Azt a tényt egyáltalán nem lehet megkerülni, hogy **egy pneumatikus rendszer üzembiztonsága nagyban függ a sűrített levegő minőségétől**.

A levegő főbb alkotórészei a **nitrogén** (N_2) 78,09 %, **oxigén** (O_2) 20,95 %, **argon** (Ar) 0,93 %, és a térfogat 0,03 %-ban **egyéb gázok**, mint szén-dioxid, metán, valamint nemesgázok. A levegő további szennyezőanyagokat is tartalmazhat, például kén tartalmú gázokat, szén-monoxidokat, vízgőzt és különféle szállóport.

A sűrített levegő előállításához ez a "**hozott anyag**". Azonban a kompresszálás és a csővezetékekben történő szállítás folyamán még további nemkívánatos elemek is kerülhetnek a rendszerbe, míg a levegő felhasználásra nem kerül.

Annak megfelelően, hogy milyen követelményeknek kell megfelelnie a sűrített levegőnek, **szabványosították a sűrített levegő tisztasági osztályait**.

A sűrített levegő tisztasági osztályba sorolása ISO 8573-1 szabvány

A sűrített levegőben a **szilárd részecskék**, a **víz**, valamint az **olaj** a három fő szennyező, amelyeket a sűrített levegő tisztasági kategóriái szerint osztályokba sorolják. A szennyezők koncentrációit úgy csoportosítják, hogy minden egyes tartomány saját tisztasági osztály szerinti indexet kap.

Adott mérési pontban, a sűrített levegő tisztasági osztályának a jelölési elve a következő adatokat tartalmazza: **ISO 8573-1:2010 [A:B:C]**

- **A** - részecskeosztályok | 0 ... 8, X
- **B** - nedvességtartalom | 0 ... 9, X
- **C** - olajtartalom | 0 ... 4, X

Ha a szennyezési szint az **X osztályba** esik, akkor a szennyező legnagyobb koncentrációját kerek zárójelben kell megadni. A következő példában a folyékony víztartalom koncentrációja, Cw 15 g/m^3.
Például: ISO 8573-1:2010 [4:X(15):3]

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**

Az ISO 8573-1:2010 szabvány szerinti szennyezőanyagok osztályozása

ISO 8573-1: 2010	Szilárd részecske				Nedvesség		Olaj
	Maximális részecskeszám, részecske / m^3			Részecske koncentráció	Vízgőz harmatpont	Folyadék koncentráció	Teljes olajtartalom (folyadék, aeroszol, gőz)
	részecskeátmérő						
Osztály	0,1...0,5 µm	0,5...1 µm	1...5 µm	mg/m^3	°C	g/m^3	mg/m^3
0	Az 1-es osztálynál szigorúbb előírások (a Felhasználó által meghatározandó)						
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	–	≤ -70	–	0,01
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100	–	≤ -40	–	0,1
3	–	≤ 90 000	≤ 1 000	–	≤ -20	–	1
4	–	–	≤ 10 000	–	≤ +3	–	5
5	–	–	≤ 100 000	–	≤ +7	–	–
6	–	–	–	≤ 5	≤ +10	–	–
7	–	–	–	5 – 10	–	≤ 0,5	–
8	–	–	–	–	–	0,5 – 5	–
9	–	–	–	–	–	5 – 10	–
X	–	–	–	> 10	–	> 10	> 10

Standard pneumatikus alkalmazások esetén az alábbi tisztasági osztályú sűrített levegő javasolt:
ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

A szabvány szerint megengedett szennyezőanyag értékek:

- a szilárd részecskék koncentrációja **5-10 mg/m^3**
- a vízgőz harmatpontja kisebb legyen, mint **3 °C**
- az olajtartalom koncentrációja max. **5 mg/m^3**

Speciális alkalmazások esetén ennél szigorúbb tisztasági osztályú sűrített levegőre is szükség lehet, amelyet hatékonyabb levegő-előkészítéssel lehet elérni.

A sűrített levegő előállításához és előkészítéséhez kapcsolódó fogalmak

A sűrített levegő előállítása során fontos szempont, hogy a legkisebb költséggel tudjuk előállítani az **olajmentes sűrített levegőt**, valamint hogy a **leggazdaságosabban tudjuk előkészíteni** a felhasználásra.

Napjainkban minden kétséget kizáróan bebizonyosodott, hogy mind olajmentes elven működő, mind pedig olaj vagy folyadék-befecskendezéses kompresszorokkal létre lehet

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**

hozni kiváló minőségű, olajmentes / alacsony olajtartalmú sűrített levegőt, **amennyiben megfelelő levegő-előkészítést alkalmaznak** - *természetesen a hatékonysági-, és gazdasági szempontokat nem lehet figyelmen kívül hagyni*.

A "hozott anyag" - azaz milyen a kompresszor által beszívott levegő minősége?

A levegő minősége természetesen **nagymértékben függ a környezeti feltételektől**.

A **szénhidrogén-tartalom** az ipar és a közlekedés emissziója (*levegőterhelése*) következtében akár már a normál szennyezettségű zónákban is elérheti a **4-14 mg/m³** értéket.

Ipari csarnokokban, ahol az olajat mint hűtő-kenő és folyamatközeget alkalmazzák, a levegőnek az **olajtartalma** is messze meghaladhatja a **10 mg/m³** értéket.

Ehhez jönnek még az olyan további szennyezőanyagok, mint a kén-dioxid, korom, fémek és a **szálló por**, valamint a **légnedvesség**.

Mit jelent az "olajmentes sűrített levegő"?

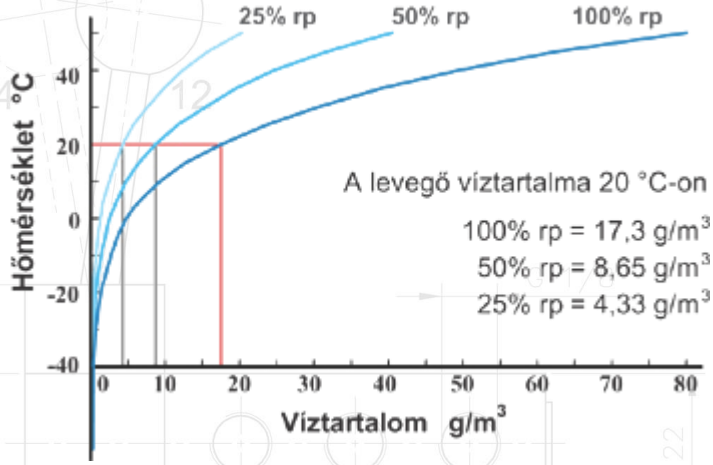
Az ISO 8573-1 szabvány szerint a sűrített levegőt abban az esetben lehet olajmentesnek nevezni, ha olajtartalma - az olajködöt is beleértve - a **0,01 mg/m³ érték alatt van**. Ez körülbelül 4 %-a annak a mennyiségnek, amit a környezeti levegő tartalmaz. (*Ez a mennyiség olyan elenyészően csekély, hogy szinte már alig kimutatható*.)

Ezt a tisztaságot élelmiszeriparban, gyógyszeriparban, valamint különösen nagy levegő-tisztaságot igénylő területeken alkalmazzák.

A légnedvesség oka

Környezeti levegő mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű vizet. **Ez a vízmennyiség a mindenkori környezeti hőmérséklettől függ**. Például, a vízgőzzel 50 %-ban telített levegő, +20 °C hőmérsékleten, 8,65 gramm vizet tartalmaz köbméterenként.

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**



Az **abszolút páratartalom** az 1 m^3 levegőben lévő víz mennyiségét adja meg.

A **maximális páratartalom** (telítettségi érték) a legnagyobb vízmennyiség, amelyet 1 m^3 levegő az adott hőmérsékleten képes felvenni.

A levegő tulajdonságainak szempontjából azonban az is fontos információ, hogy mennyire van vízzel telítve a levegő, mennyi párát tud még felvenni.

A **relatív páratartalmat** a maximális páratartalom százalékában adjuk meg.

$$\text{relatív páratartalom} = \frac{\text{abszolút páratartalom}}{\text{maximális páratartalom}} \cdot 100\ (\%)$$

Adott hőmérsékleten és nyomáson az egységnyi térfogatú levegő csak meghatározott mennyiségű vizet képes felvenni. Ha a maximális mennyiséget felvette, telítetté válik.

Az alábbi táblázatban található **maximális páratartalom** (telítettségi érték)

Hőmérséklet (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Víztartalom (g/m^3)	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,4	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1	30,4	39,6	51,2

Ha a levegő relatív páratartalma 100% fölé emelkedik, akkor a benne levő pára kicsapódik. Egy adott légtömeg esetében azt a hőmérsékletet, amin a víz kicsapódik belőle, **harmatpontnak** nevezzük.

Ha a vízgőzzel telített levegő nyomását növeljük, vagy hőmérsékletét csökkentjük, pára csapódik ki belőle. **Pontosan ez történik egy kompresszor sűrítőblokkjában és utánhűtőjében is** - *a levegőben lévő oldott páratartalom kicsapódik és kondenzátum keletkezik*.

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**

A sűrített levegő szárítása, mint alapkérdés

A probléma szó szerint a levegőben van! Amikor a környezeti levegő lehűl - *ahogy az a sűrítés után a kompresszorban is történik* - akkor a vízgőz kicsapódik.

Gyakorlati példa

Egy csavarkompresszor **20°C hőmérsékleten**, környezeti nyomáson percenként **10 m³, 60 %-os relatív páratartalmú levegőt szív be**.

Ez a levegőmennyiség kb. **104 g vízgőzt tartalmaz**.
(*A levegő maximális nedvességtartalma 20 °C-on 17,3 g/m³, amelynek az értéke nomogramból olvasható. 60 %-os páratartalom mellett = 17,3 x 60 / 100 = 10,38 g/m³. 10 m³ környezeti levegő esetén = 103,8 g vizet tartalmaz.*)

Amennyiben ezt a levegőmennyiséget 1:10-es sűrítési aránnyal, **10 bar nyomásra sűrítjük**, akkor **1 m³ sűrített levegőt** kapunk eredményül percenként.

A sűrítés utáni hőmérséklet közel 80 °C. Ezen a hőmérsékleten 290 g vizet tud felvenni a levegő köbméterenként (*nomogramból kapott érték*).

Mivel azonban a valóságban csak kb. 104 g vízgőzt tartalmaz, a **relatív nedvességtartalma 36 %** körüli érték, azaz meglehetősen száraz, így nem keletkezik kondenzátum.
(*relatív páratartalom = abszolút páratartalom / maximális páratartalom x 100 (%). Értékekkel behelyettesítve: 104 g / 290 g x 100 (%) = 35,8 %*.)

A kompresszor **utóhűtőjében** a sűrített levegő hőmérséklete **80 °C-ról, kb. 35 °C-ra csökken**. Ezt követően a sűrített levegő viszont már csak 39,6 g/m³ (*nomogramból kapott érték*) vizet tud felvenni.

A két érték különbözetének megfelelően így kb. **64 g/min vízmennyiség keletkezik**, amelyet nem tud a sűrített levegő megkötni, ezért kicsapódik. (*103,8 g/m³ - 39,6 g/m³ = 64,2 g/m³*)

A fenti példában **egy 8 órás munkanap alatt közel 31 liter kondenzátum keletkezik**. (*64,2 g/min x 60 min = 3852 g/h = 3,85 l/h. 3,85 l/h x 8 h = 30,8 l/műszak.*)

Ezt a vízmennyiséget az üzembiztonság megelőzése miatt **el kell távolítani a rendszerből**. A sűrített levegő szárítása tehát fontos összetevője a megfelelő levegő-előkészítésnek - *a felhasználási igények figyelembevétele mellett*.

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**

FONTOS! A sűrített levegőben lévő nedvesség ott válik ki, ott kondenzálódik, ahol az **áramlási térfogat megnő**, valamint a **hőmérséklete lecsökken**. Ez a jelenség általában a légtartályokban jelentkezik először, de a léghálózatban és a működtetett berendezésekben is jelen van.

FONTOS! A rendszerbe beépített általános szűrők (50 ... 0,01 mikron) a **levegő páratartalmát nem tudják befolyásolni**, csak a szilárd szennyeződéseket szűrik meg a szűrési finomságuknak megfelelően. Az a vízmennyiség, amely megjelenik a szűrőpoharakban, a rendszerben csepp formájába összegyűlt párát tartalmazza, de ez elenyésző mennyiség a sűrített levegőben lévő oldott páratartalomhoz képest.

A sűrített levegő szárítása

A sűrített levegő **szárítási módjai**:

- **abszorpciós szárítás**
  Az abszorpciós szárítás tisztán **kémiai eljárás**. A sűrített levegőt szárítóanyag-rétegen vezetik át.
  A vizet illetve vízgőzt a szárítóanyag kémiai úton leköti, ezáltal fokozatosan elhasználódik, amelynek az utántöltéséről, cseréjéről gondoskodni kell.

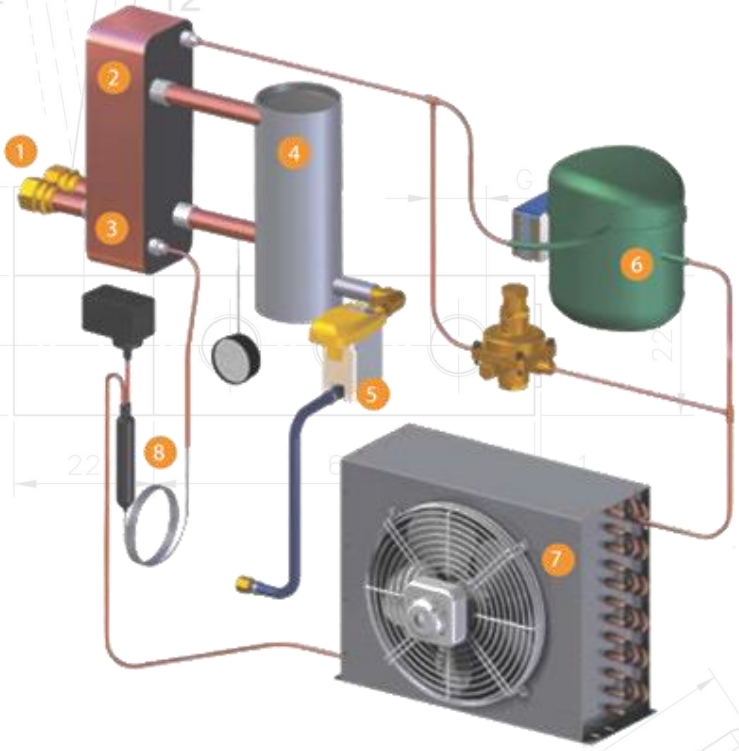
- **adszorpciós szárítás**
  Az adszorpciós szárítás **fizikai eljárás**, amelynek során a sűrített levegőt egy porózus szerkezetű anyagon, egy speciális gélen vezetik át, amely a vizet és a vízgőzt elnyeli. A gél lekötő képessége korlátozott, ezért telítődés után egyszerű művelettel regenerálható. A töltet kiszárítása levegő átfúvatásával történik.

- **membrán szárítás**
  A membránszárítót sűrített levegő és gázok szárítására használják, alacsony átáramlás mellet (túlnyomórészt a max. 1000 l/min), alacsony sűrített levegő harmatpont esetén, külső szárítóként. A központi eleme egy polymer-mikroszálas-üreges membrán, amely úgy van kialakítva, hogy kizárólag a vízmolekulák tudnak átjutni a membránfalon.

- **hűtve szárítás**
  A hűtőszárító a harmatpont-hőmérsékletre történő hűtés elvén működik. A szárítandó levegő egy hőcserélőbe áramlik, amelyet egy hűtő aggregát +3°C-ra hűt, amely lehűti a beáramló sűrített levegőt. A lecsapódó olaj- és vízkondenzátumot a hőcserélő a csapadékleválasztóba vezeti. A sűrített levegőt

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**

ezután egy finomszűrőn szükséges átvezetni a maradó szennyeződések leválasztása céljából.



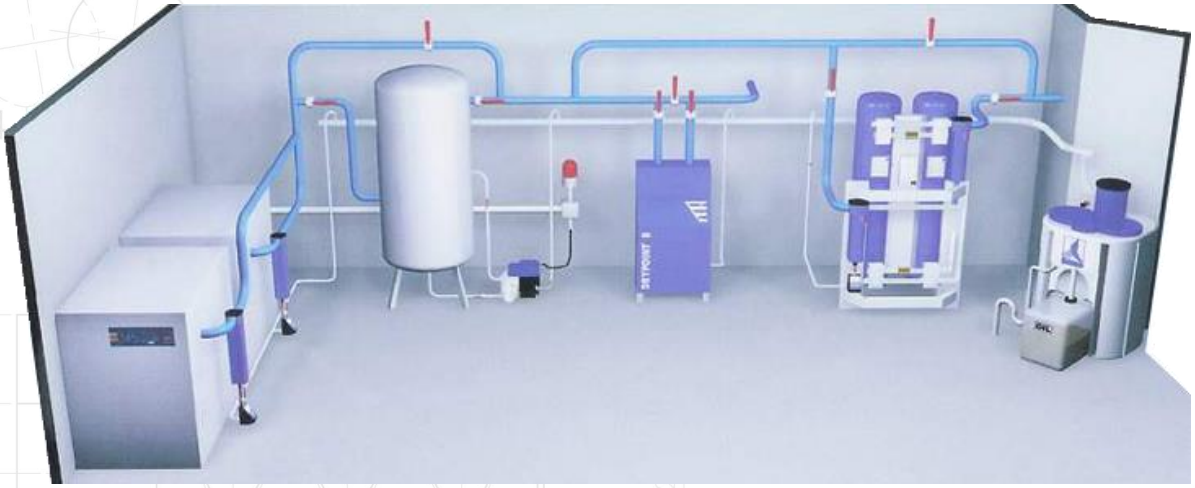
1. sűrített levegő be-, illetve kilépés
2. levegő-levegő hőcserélő
3. levegő-hűtőközeg hőcserélő
4. kondenzátum-leválasztó
5. kondenzátum-leeresztő
6. hűtőközeg kompresszor
7. hűtőközeg-cseppfolyósító (léghűtéses)
8. hűtőközeg befecskendezés

Miért szükséges a levegő-előkészítés?

A kivitelétől függetlenül valamennyi kompresszor olyan, mint egy "óriási porszívó", amely beszívja a környezeti levegőben lévő szennyeződéseket. A sűrítés folyamán koncentrálja, majd a nem megfelelő levegő-előkészítés esetén a sűrített levegő hálózatba továbbítja a szennyeződéseket.

A **sűrített levegő előállítását** (*kompresszor*), a megfelelő előkészítését (*hűtve szárító berendezés, rendszer-szűrő egységek*) és a felhasználás helyére történő szállítását (*csővezeték rendszer*) **tekintsük "adottnak", hiszen ettől a ponttól tekinthetjük a rendszerünket pneumatikus rendszernek**.

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**



A **pneumatikában az egyik meghatározó elem a levegőelőkészítő egység**, hiszen ezekkel az egységekkel tudjuk biztosítani a pneumatikus rendszer működéséhez szükséges levegő jellemzőit (*szűrési finomság, üzemi nyomás értéke, ködolajozás mértéke*).

A pneumatikus berendezések biztonságos üzemeltetéséhez elengedhetetlenül szükséges a megfelelően előkészített sűrített levegő.

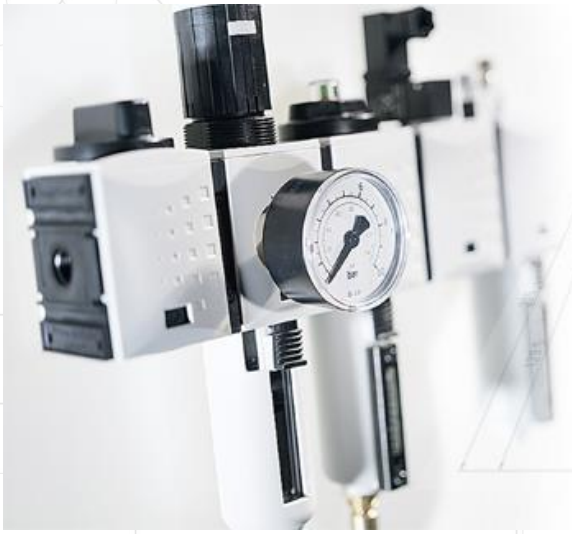
A cél azonban nem csak a megbízhatóság és az üzembiztosság javítása, hanem a berendezések élettartamának növelése is. A **pneumatikus rendszerek optimális teljesítményének és védelmének érdekében** a sűrített levegőnek **száraznak**, **szabályozottnak** és szükség szerint **olajozottnak** kell lennie.

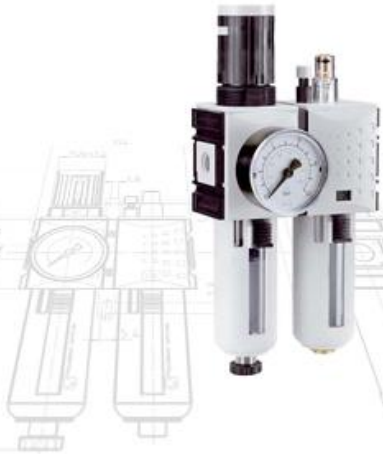
A pneumatikus rendszer szerkezetére jellemző, hogy a feladattól függően az alábbi elemek a rendszerben korlátozás nélkül elhelyezhetők.

A **levegőelőkészítő termékcsoportba soroljuk** az alábbi elemeket:

- levegőszűrő egységek
- nyomásszabályzó egységek
- olajozó egységek
- különféle bekapcsoló- és lágyfeltöltő egységek
- elosztók és ezekhez illeszthető nyomáskapcsolók

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**





A következő fejezetben a levegőelőkészítő elemek felépítéséről, működéséről lesz szó...

Amennyiben Önnek csak továbbküldték ezt a fejezetet, akkor itt tud feliratkozni a teljes oktatási sorozatra.
[Feliratkozás az oktatásra, referenciák >>]

© 2011-2021 HAFNER Pneumatika | **www.hafner-pneumatika.com/oktatas**