

# A tokozások gázszivárgása következményének számítása

ETO 621.38-213.3:533.599.2

A gyártmányokat és azok érzékeny alkatrészeit a környezetből származó légköri szennyezők hatásával szemben védeni kell. A védelem módja a gyártmány (alkatrész) sajátosságaitól — méret, funkció, érzékenység — függően nagyon különböző lehet. A gyártmányok ilyen célú védelmének leggyakoribb módja a tokozás (lemezházban való tömített lezárás, üveg, vagy kerámia tokba helyezés légmentes lezárással, műanyag tokozás stb.).

A tokozás zártsága, tömítettsége a tokozás módjától, a tömítés technológiájától függően ugyancsak nagyon különböző, s bizony időállósága is változó. Az atmoszféra gáznemű szennyezői a tömítéshibákon keresztül bejutnak a tokozással kialakított belső térbe (a gyártmány mikroterébe) és a szóban forgó gyártmány (alkatrész) megbízható üzemét veszélyeztethetik. Hogy kialakul-e kritikus fizikai állapot a mikroterben, az a környezet milyensége mellett a tömítés-hiba milyenségétől, a tömítés-hiba által reprezentált nyílás geometriájától, méreteitől, a nyíláson át végbemenő transzportfolyamat jellegétől függ. Adott környezetből (adott légszennyező esetéből) indulva ki, három alapvető kérdést kell megvizsgálnunk:

a) Meg kell ismernünk az adott gyártmány tömítéshibáját és jellemezni kell azt a rajta keresztül végbemenő anyagtranszport szempontjából;

b) Meg kell ismernünk a nyíláson át végbemenő transzportfolyamat időfüggvényét, amelynek segítségével a mikroter fizikai állapotának változása, kritikus állapotok létrejöttének feltételei számíthatók;

c) Végül meg kell ismernünk a mikroterben levő anyagok, elemek jellemzőinek változását, a változást létrehozó feltételek alakulása és a várható hibamechanizmusok alapján.

Azt mindjárt leszögezhetjük, hogy a kérdések külön-külön is összetettek, továbbá hogy míg az a) és b) kérdést általános jellegűnek lehet tekinteni, a c) kérdés alkatrész-, anyagfüggő, speciális kérdések egész sorát is magába foglalhatja. E cikkben ezért az a) és b) kérdéssel foglalkozunk.

Mielőtt hozzálátnánk a feladat érdemi részéhez, válasszuk meg az „adott környezetet”, pontosabban azt a légszennyezőt, amelynek hatását majd megvizsgáljuk. Minthogy műszaki szempontból a környezeti hatások közül kiemelkedik a légnedvesség hatása, számításainkban a környezeti tényező: a légnedvesség.

## A tokozáson levő nyílás, tömítéshiba jellemzése

A tömítés-hiba, a tokozáson levő, a környezet és a mikroter közötti transzportfolyamatot lehetővé tevő nyílás — minthogy nagyon különböző okból származhat — különböző lehet. A nyílás geometriája,

méretei legtöbb esetben nem is ismertek. A tömítés-hibát jórészt csak a szabványos tömítésvizsgálatok [1, 2, 3] segítségével lehet felderíteni. Legelőször áttekintjük a tömítésvizsgálatnál használt, a cikkben is szereplő fogalmakat és mennyiségeket (pl. [2] szerint):

**Szivárgási sebesség:** annak a száraz gáznak a mennyisége, adott hőmérsékleten, amely egy nyíláson át folyik egységnyi idő alatt, a nyílás mentén fennálló ismert nyomáskülönbség hatására.

**Szabványos szivárgási sebesség:** a szivárgási sebesség szabványos hőmérséklet és nyomásviszonyok mellett. Szabványos feltételek a vizsgálatok számára: 25 °C hőmérséklet és 1 bar nyomáskülönbség.

**R mért szivárgási sebesség:** adott gyártmány szivárgási sebessége, amelyet előírt feltételek és előírt vizsgáló gázzal mértek meg. (Megjegyzés: R-et gyakran héliummal határozzák meg 25 °C hőmérsékleten, egy bar nyomáskülönbség mellett; a különböző módszerekkel meghatározott szivárgási sebességeket, az összehasonlíthatóság miatt át kell számítani az ún. ekvivalens szabványos szivárgási sebességre.)

**Ekvivalens szabványos szivárgási sebesség (L):** adott gyártmány szivárgási sebessége, ha a vizsgáló gáz levegő.

**Szivárgási időállandó (Θ):** az az idő, amely a nyíláson keresztül meglévő nyomáskülönbség kiegyenlítődéhez lenne szükséges akkor, ha a kezdeti szivárgási sebesség maradna fenn.

**A szivárgás erőssége:** „Erős szivárgás” az, amelynél  $L > 10^{-5}$  bar·cm<sup>3</sup>/s; „Gyenge szivárgás” az, amelynél  $L < 10^{-5}$  bar·cm<sup>3</sup>/s.

**Virtuális szivárgás:** Szivárgás látszatát kelti pl. szorbeálódott gáz lassú felszabadulása.

## Egységek

A szivárgási sebesség egysége SI egységekben:

$$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}.$$

Az ipari gyakorlatban használt egységekkel inkább komform az előírásokban használt nagyságrend, a

$$\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}.$$

## Átszámítások

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} = 10 \text{ bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s},$$

$$1 \text{ bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s} = 0,987 \text{ atmcm}^3/\text{s} = 0,750 \text{ torr} \cdot \text{l}/\text{s}.$$

A cikkben a bar·cm<sup>3</sup>/s egységet használjuk.

A tokozáson levő nyílást, tömítéshibát tehát a szivárgási sebességgel, a számítások szempontjából az L ekvivalens szabványos sebességgel jellemezzük. Adott tokozásra (térfogat, tömítés-hiba), adott transzportfolyamat esetében a Θ időállandó a jellemző. Ezeket közelebbről is megvizsgáljuk.

A környezet és a mikrotér között végbemenő jellemző transzportfolyamatok

A környezet és mikrotér közötti transzportfolyamat a nyíláson át lehet sűrűlódásos, diffúziós- és molekuláris áramlás. Az elsőhöz a környezet és a mikrotér között teljes (abszolút) nyomáskülönbség ( $\Delta P$ ), az utóbbi kettőhöz parciális nyomáskülönbség ( $\Delta p$ ) szükséges.

Számításainkat az előzőekben ismertetett  $R$  mért, illetve az  $L$  ekvivalens szabványos szivárgási sebesség alapján végezzük majd el. A nyílások méreteinek becsléséhez, továbbá a domináns transzportfolyamatot meghatározó tényezők szerepének megismeréséhez a következőkben összefoglaljuk az  $R$  szivárgási sebességre vonatkozó összefüggéseket, különböző áramlásfajták esetére:

*Sűrűlódásos áramlás csövön (kapillárison) át*

A Poiseuille-től származó összefüggés szerint, ha a nyílás  $d$  átmérőjű és  $l$  hosszúságú cső (kapilláris), és teljesül a  $d \gg \lambda$ ;  $l \gg d$  feltétel ( $\lambda$  a molekulák szabad úthossza), az  $R_s$  szivárgási sebesség:

$$R_s = \frac{\pi \bar{P} d^4}{128 \cdot \eta} \frac{\Delta P}{l}, \quad (1)$$

$\bar{P}$  a környezet  $P_1$  és a mikrotér nyomásának számtani közepe:  $\bar{P} = (P_1 + P_2)/2$ ;  $\eta$  az áramló közeg viszkozitási tényezője;  $\Delta P = P_1 - P_2$ .

Az (1) összefüggésben  $R_s$  áram,  $\Delta P$  feszültség jellegű mennyiség, ezért a

$$\frac{\pi \bar{P}}{128 \cdot \eta} \frac{d^4}{l} = S_s, \quad (2)$$

mennyiséget vezetőképességként foghatjuk fel.

A rendszer vezetőképessége tehát az egységnyi nyomáskülönbség hatására létrejövő áramlás (pl.  $\text{cm}^3/\text{s}$ -ban)  $\bar{P}$  átlagnyomásnál.

Az áramlás viselkedése a csővégen más, mint a cső mentén. Ezt aényt, illetve ennek hatását [4] szerint az alábbi  $Y$  és  $Z$  paraméter segítségével kell figyelembe venni:

$$Y = 1 + \frac{4,4445}{d/\lambda + 1,1949} \quad Z = 1,6977 + \frac{4,6742}{d/\lambda + 2,0444}. \quad (3)$$

( $Y$ -t és  $Z$ -t héliumra számították ki, de más gáz esetén is használható, az eltérés csak néhány %.)

Az  $Y$  és  $Z$  korrekcióval (1) így írható:

$$R_s = \frac{\pi \bar{P}}{128 \eta} \cdot \frac{Y \cdot d^4}{1 + (Y/Z)d} \cdot \Delta P. \quad (4)$$

*A diffúziós áram csövön (kapillárison) át*

Ha teljesül az  $l \ll d$  és  $d \gg \lambda$  feltétel, továbbá a környezet és a mikrotér között a kérdéses gázt illetően  $\Delta p$  parciális nyomáskülönbség van, diffúziós áramról van szó, s az  $R_d$  szivárgási sebesség az alábbi összefüggés szerinti lesz:

$$R_d = \frac{d^3 \pi}{4} D_{12} \frac{\Delta p}{l}. \quad (5)$$

$D_{12}$  a diffundáló gáz–levegő rendszer diffúziós állandója. A rendszer vezetőképessége az előző eset analogiájára:

$$S_d = \frac{R_d}{\Delta p} = \frac{d^3 \pi}{4 \cdot l} D_{12} = \frac{d \cdot \pi}{4(i/d)} D_{12}. \quad (6)$$

Ha  $d \ll \lambda$ , a diffúziós áram ugyanaz, mint a molekuláris áram, amelynél a szivárgási sebesség:

$$R_m = \frac{\pi}{12} \frac{d^3}{l} \bar{v} \Delta p, \quad (7)$$

ahol  $v$  a molekulák átlagsebessége.

Az  $S_m$  vezetőképesség:

$$S_m = \frac{\pi}{12} \frac{d^3}{l} \bar{v}. \quad (8)$$

A molekuláris fizikából ismert,  $\bar{v}$ -re vonatkozó összefüggést helyettesítve (8)-ba

$$S_m = 3800 \left( \frac{T}{M} \right)^{1/2} \frac{d^3}{l} [\text{cm}^3/\text{s}]. \quad (9)$$

( $M$  a molekulatömeg;  $T$  a hőmérséklet;  $d$  és  $l$  [cm]-ben.) Térjünk vissza a  $d \gg \lambda$  esetre, a diffúzió esetére. A (6) összefüggésben egyrészt  $D_{12}$  számítása, másrészt az ún. csővégkorrekció jelent problémát. Ez utóbbit [4] szerint úgy vesszük figyelembe, hogy (6)-ban  $l$  helyére az  $l' = l + (4/3)d$  korrigált nyíláshosszát helyettesítik.

A  $D_{12}$  diffúziós állandó számítása [4] szerint a következő kifejezés alapján történhet:

$$D_{12} = (2/3) \bar{v}_e \bar{\lambda}, \quad (10)$$

$$\bar{v}_e = \left( \frac{\bar{v}_1^2 + \bar{v}_2^2}{2} \right)^{1/2}, \quad \bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot n \cdot \delta_{12}^2}$$

$\bar{v}_1$  a diffundáló gáz,  $\bar{v}_2$  esetünkben a levegő molekuláinak átlagsebessége;  $\bar{\lambda}$  a molekulák szabad úthossza  $P$  nyomáson és  $T$  hőmérsékleten,  $n$  pedig ugyanezen a nyomáson és hőmérsékleten a molekulák száma az egységnyi térfogatban;  $\delta_{12} = (\delta_1 + \delta_2)/2$ , ahol  $\delta_1$  a szóban forgó gáz,  $\delta_2$  a levegő molekuláinak átmérője.

$D_{12}$  fenti kifejezése pontosan ugyanaz, mint az [5]-ben levezetett alábbi kifejezés:

$$D_{12} = \frac{(\bar{v}_1^2 + \bar{v}_2^2)^{1/2}}{3\pi \cdot n \cdot \delta_{12}^2}. \quad (11)$$

[ $D_{12}$ -t a példákban (11)-ből számítjuk majd ki.]

A rendszer diffúziós vezetőképessége a csővégkorrekciót is figyelembe véve:

$$S_d = \frac{d^3 \pi}{4} \frac{1}{l + (4/3)d} \cdot D_{12}. \quad (12)$$

MEGJEGYZÉS

[4] szerint a (12) kifejezés ( $l = 0$ ) esetben is érvényes, érvényes továbbá repedésszerű nyílások vezetőképességének számítására. Véleményünk szerint (12) alkalmazásával óvatosan kell bánni, az (5) kifejezés ugyanis, amelyből (12) származik, azt fejezi ki, hogy a környezet és a mikrotér közötti  $\Delta p$  nyomáskülön-

ség az  $l$  nyíláshosszra esik, s a nyomásgradiens  $\partial p/\partial x = \Delta p/l$ , azaz lineáris. Ez azonban csak  $t \gg d$  esetben áll fenn, azaz nagy  $l/d$  viszonynál.

A nyílás diffúziós vezetőképességének számítása az  $R$  mért, illetve az  $L$  ekvivalens szabványos szivárgási sebesség alapján

A légszennyezők esetében általában és konkrétan a vízgőz (a légnedvesség) esetén a környezet és a mikrotér között parciális nyomáskülönbséggel kell számolni. A diffúziós áramlás ( $d \ll \lambda$  esetben a molekuláris áramlás) esetével van tehát dolgunk.

Ahhoz, hogy a mikrotérben a vízgőz parciális nyomásának  $p(t)$  időfüggvényét meghatározhassuk először meg kell határozni a nyílás diffúziós vezetőképességét.

Ha ismerjük a nyílás méreteit,  $S$  számítása az előzőekben bemutatott összefüggések segítségével történik.

Az esetek döntő részében azonban a nyílásnak sem a geometriáját, sem a méreteit nem ismerjük. Az  $S$  vezetőképességét tehát a tömítésvizsgálatnál nyert mennyiségek segítségével határozhatjuk csak meg. Az  $L$  ekvivalens szabványos szivárgási sebesség — mint láttuk — az a szivárgási sebesség, amelynél a vizsgáló gáz levegő, s a vizsgálati feltételek: 25 °C hőmérséklet, 1 bar nyomáskülönbség.  $L$  bar·cm<sup>3</sup>/s-ban megadott értéke, minthogy  $\Delta p = 1$  bar [gondoljunk csak (5)-re], éppen  $S_d$  számértékével azonos cm<sup>3</sup>/s-ban.

Diffúziós áram esetében ( $d \gg \lambda$ ) a levegőre vonatkozó  $L$ , s így  $S$  sem különbözik a vízgőzre vonatkozó diffúziós vezetőképességtől:  $S_d(\text{levegő}) = S_d(\text{vígőz})$ . Molekuláris áram esetén már nem ez a helyzet:  $L_{\text{vígőz}} = L(M/M_p)^{1/2}$  ( $M$  a levegő,  $M_p$  a vízgőz molekulásúlya).

A továbbiakban a nyílás vezetőképességét jelöljük index nélküli  $S$ -sel. Számításainknál a mikrotér és a környezet hőmérsékletét azonosnak tekintjük.

A  $p$  parciális nyomás mikrotérre vonatkozó  $p(t)$  időfüggvénye, ha a környezetben a  $p_k$  parciális nyomás állandó

Már az  $S$  vezetőképesség bevezetésével is jeleztük, hogy a szóban forgó transzportfolyamatokat célszerű elektromos analógia segítségével számolni.

A mikrotérben a légszennyező (a vízgőz) parciális nyomásának  $p(t)$  időfüggvénye megfelel egy kondenzátor feszültsége  $u_C(t)$  időfüggvényének egy olyan áramkörben, amelyben a  $C$  kapacitású kondenzátort és az  $R$  ohmikus ellenállást tartalmazó áramkörre  $U$  egyenfeszültséget kapcsolunk.

Az  $U$  egyenfeszültségnek megfelel a  $p_k$  parciális gőznyomás, a kondenzátor  $C$  kapacitásának a mikrotér  $V$  térfogata és az  $R$  ohmikus ellenállásnak az  $1/S$  diffúziós ellenállás. Az elektromos rendszerben az időállandó:  $\tau = RC$ ; a gázrendszerben:  $\Theta = V/S$ .

A mikrotérre vonatkozó  $p(t)$  függvény, ha  $p(0) = p_1$  és  $p_k = \text{állandó}$ :

$$p(t) = p_1 + (p_k - p_1)[1 - \exp(-tS/V)], \quad (13)$$

illetve másképpen írva:

$$p(t) = p_k - (p_k - p_1) \cdot \exp(-tS/V). \quad (14)$$

## Példák az összefüggések alkalmazására

A (14) összefüggés alapján sokféleképpen feltett kérdésre választ lehet adni. A következő példákban ezt szeretnénk illusztrálni, anélkül, hogy kimerítettnek gondolnánk a kérdésfeltevés lehetőségét. A példákban adott kezdeti és peremfeltételek mellett különböző kritériumok hatását vizsgáljuk.

### Kezdeti és peremfeltételek

A hőmérséklet a környezetben és a mikrotérben azonos: 298 K.

A környezetben a vízgőz  $p_k$  parciális nyomása, illetve a  $\varphi_k$  relatív légnedvesség állandó:  $\varphi_1 = 0,9$ .

A mikrotérben a  $t=0$  időpontban a relatív légnedvesség  $\varphi_0 = 0,4$  (azt tételezzük fel, hogy a lezárás kimondottan száraz légtérben történt).

(A relatív légnedvesség kritikus értéke:  $\varphi_1 = 0,7$ ; a mikrotérben  $\varphi < \varphi_1$  relatív légnedvességet érünk meg.)

### Kritériumok

A tömítésvizsgálatnál az  $L$  ekvivalens szabványos szivárgási sebesség nagysága alapján

„gyenge” szivárgásról van szó, ha  $L < 10^{-5}$  bar·cm<sup>3</sup>/s,

„erős” a szivárgás, ha  $L > 10^{-5}$  bar·cm<sup>3</sup>/s.

a) A [2] előírás, a gyenge szivárgást illetően, a mikrotér  $V$  térfogata, az  $R$  és az  $L$  szivárgási sebességek alapján különböző szigorúsági fokokat jelöl meg. [2]-ből, a kapcsolatos táblázatból számításainkhoz  $L = 5 \cdot 10^{-6}$  bar·cm<sup>3</sup>/s kritériumértéket választottuk ki, illetve az ennek megfelelő  $S_a = 5 \cdot 10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/s = 0,018 cm<sup>3</sup>/h vezetőképességgel számolunk majd az a) esetben.

b) Az „erős” szivárgás bemutatásához példaként az  $S_b = 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/s = 0,36 cm<sup>3</sup>/h értéket választottuk.

c) Harmadik kritérium a példákhoz az a  $t_1$  idő, amely alatt a megadott kezdeti feltételeknél a mikrotérben a relatív légnedvesség éppen eléri a  $\varphi_1 = 0,7$  kritikus értéket.

### 1. példa

Milyen relatív légnedvesség alakul ki a mikrotérben  $t = 21$  nap = 504 h alatt az  $S_a$  és  $S_b$  diffúziós vezetőképességű tokozásnál, a mikrotér  $V$  térfogata függvényében?  $\varphi = \varphi(V, S, t = 21 \text{ nap}) = ?$

A levegő relatív légnedvességét a  $\varphi = p/p_i$  viszony szám fejezi ki:  $p$  a vízgőz parciális nyomása adott hőmérsékleten,  $p_i$  a vízgőz parciális nyomásának teletett értéke ugyanazon a hőmérsékleten. Ha tehát a hőmérséklet a környezetben és a mikrotérben azonos, a  $p = \varphi \cdot p_i$  alapján a (14) összefüggés átírható a relatív légnedvességre vonatkozó  $\varphi(t)$  függvényre:

$$\varphi(t) = \varphi_k - (\varphi_k - \varphi_0) \exp(-tS/V). \quad (15)$$

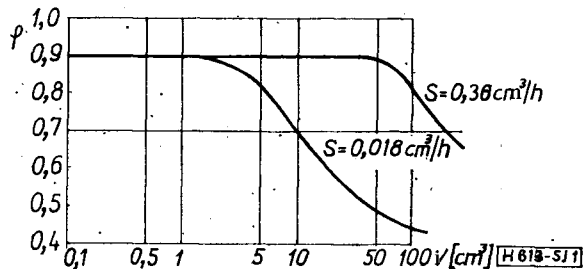
A (15) egyenlet szerint, a kezdeti feltételt figyelembe véve

$$\varphi = 0,9 - (0,9 - 0,4) \exp(-504 \cdot S/V).$$

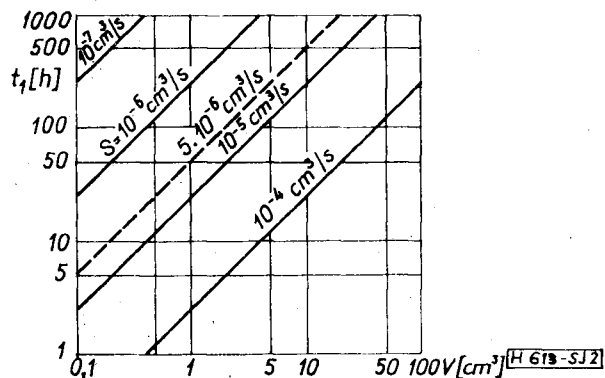
A számítás eredményét, a  $\varphi(V, S)$  görbéket az 1. ábrán mutatjuk be. Az ábrából kiolvasható, hogy a relatív légnedvesség csak akkor nem éri el 21 nap alatt a  $\varphi_1=0,7$  kritikus értéket, ha a) esetben  $V > 10 \text{ cm}^3$  és b) esetben  $V > 200 \text{ cm}^3$ .

2. példa

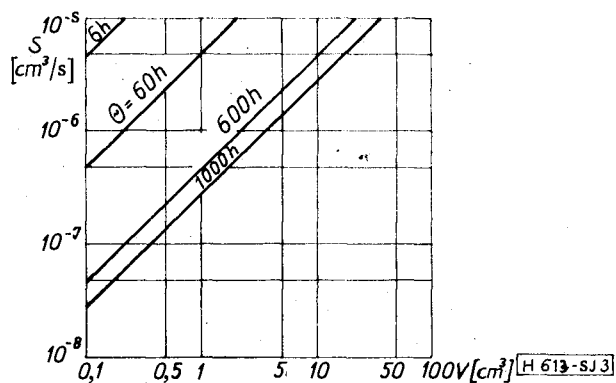
Hogyan függ a  $\varphi_1=0,7$  kritikus relatív légnedvességhez tartozó  $t_1$  igénybevételi idő a mikrotér  $V$  térfogatától, különböző  $S$  vezetőképesség esetén, az adott kezdeti és peremfeltételek mellett?



1. ábra. A  $\varphi$  relatív légnedvesség a  $V$  mikrotérfogat függvényében  $S$  diffúziós vezetőképességű tokozásnál, adott kezdeti és peremfeltételek esetén



2. ábra. A  $\varphi_1 = 0,7$  kritikus relatív légnedvesség kialakulásának ideje az  $S$  diffúziós vezetőképességű  $V$  térfogatú tokozás mikrotérében, adott kezdeti és peremfeltételek esetén



3. ábra. A különböző  $\theta$  időállandó eléréséhez szükséges  $S$  diffúziós vezetőképesség mint a  $V$  mikrotérfogat függvénye

A (15) egyenletből kifejezve  $t-t$ :

$$t_1 = (V/S) \left[ -\ln \frac{\varphi_k - \varphi_1}{\varphi_k - \varphi_0} \right] = -\ln \frac{0,9 - 0,7}{0,9 - 0,4} (V/S) = 0,9163(V/S)[h].$$

A  $t_1=t_1(V, S)$  függvény a 2. ábrán látható.

3. példa

Számítsuk ki, hogy a „gyenge” szivárgású tokozás  $S=5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$  diffúziós vezetőképessége milyen koncentrált kapillárist ( $d$  átmérővel és  $l$  hosszal) reprezentál.

A (12) és (6) összefüggés — mint mondtunk — nagy  $l/d$  viszony esetén érvényes.

A (6) összefüggés szerint

$$S = \frac{d\pi D}{4(l/d)}.$$

Legyen  $(l/d)=80$ ;  $D$  értéke pedig a (11) összefüggés alapján számolva,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on  $0,271 \text{ cm}^2/\text{s}$ .

Ezekkel az értékekkel

$$d = \frac{S \cdot 4(l/d)}{\pi \cdot D} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 80}{\pi \cdot 0,271} = 0,0019 \text{ cm} = 0,019 \text{ mm};$$

$$l = 0,15 \text{ cm} = 1,5 \text{ mm}.$$

Láthatjuk, hogy az  $S=5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$  diffúziós vezetőképességet igen kis nyílás eredményezi.

4. példa

Adott tokozásnál a „kívánatos”  $S$  vezetőképesség, illetve a  $\Theta = V/S$  időállandó sok mindentől függhet; így a környezet milyensége mellett a gyártmány funkciójától, érzékenységtől, a technikai lehetőségek-től stb. A [2] előírásban a vizsgálat szigorúsági fokát a rendszer  $\Theta$  időállandójával adják meg. Az előírásban szereplő időállandó értékkel (paraméterrel) a 3. ábrán az  $S=S(V, \Theta)$  görbéket rajzoltuk fel. Az előző példákból láthattuk, hogy különösen kis mikroterek esetében törekedni kell a lehető legkisebb  $S$  érték, s a legnagyobb  $\Theta$  időállandó elérésére. A  $\Theta = 600 \text{ h}$  időállandó érték, bár [2] szerint nem a legnagyobb szigorúsági fokot jelenti, a légnedvesség hatását figyelembe véve irányadó érték lehet. Az ábrából kiolvashatjuk, hogy  $\Theta = 600 \text{ h}$  időállandó biztosításához, ha  $V < 10,8 \text{ cm}^3$ ,  $S < 5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$  diffúziós vezetőképességre van szükség.

Összefoglalás

A cikkben a környezet gáznemű légszennyezőinek azokkal a transzportfolyamataival foglalkoztunk, amelyek a környezet és a gyártmány mikrotérek között, a tokozás tömítéshibáin át mehetnek végbe.

Levezetésre került a gáznemű légszennyező parciális nyomásának mikrotérre vonatkozó időfüggvénye. A függvényben szereplő rendszerjellemzőket — vezetőképesség, időálló — a tömítésvizsgálatnál nyert mennyiségekből határoztuk meg.

A nyert összefüggések sokcélú alkalmazhatóságát számpéldákkal illusztráltuk. A példák segítségével egyúttal bemutattuk a különböző tényezők és kritériumok megválasztásának lehetőségeit is.

A számításokat légnedvesség esetére végeztük el. A számítások azonban bármely gáznemű légszennyező esetében alkalmazhatók. A [6]-ban bemutatott módszerek segítségével a számítások kiterjeszthetők arra az esetre is, amikor a környezetben a parciális nyomás nem állandó, hanem valamilyen időfüggvény szerint

változik. A következő cikkben, mint speciális esettel, a műanyagtokozások vízgőz-áteresztésének problémáival foglalkozunk.

#### IRODALOM

- [1] MSZ 8888/15 és 16.
- [2] IEC 68—2—17.
- [3] KGST 9010-es vizsgálati módszer.
- [4] Davy, J. G.: Leak Rates of Hermetic Packages. IEEE TRANSACTION ON PARTS, HYBRIDS, AND PACKAGING, September 1975.
- [5] Dushman, S.: A vákuumtechnika tudományos alapjai.
- [6] Sulyok J.: Diffúziós folyamatok tanulmányozása villamos analógiák segítségével I. és II. rész. FINOMMECHANIKA—MIKROTECHNIKA 16/199/12. és 17/1978/5. sz.