

Bónusz János

A robbanásveszély elemzése számítással

Szerzőnk által ismertetett gondolatmenet minden olyan esetben kiindulási alapul szolgálhat, amikor szerves oldószergőzök kerülnek a munkatérbe és ott különféle robbanásveszélyes műveletet kell végezni, így padlólakkozásnál, műanyagpadló ragasztásnál, festékszórás műveletnél, akkumulátor töltésnél.

Padlólakkozás

Egy 1500 m^2 alapterületű és 3 m magasságú 4500 m^3 térfogatú teremben Vilupállal végzik a parketta lakkozását. Csak természetes szellőzés van. A fajlagos anyagfelhasználás $0,42 \text{ kg/m}^2$ xilol tartalma 40% . A száradási, illetve kötési folyamat során 1 kg lakkból mintegy $0,02 \text{ kg}$ formaldehid gőz szabadul fel. A xilol ARH értéke: $1,1 \%$, 49 g/m^3 mól tömege $106,16 \text{ g}$, a formaldehid ARH értéke: 7% , 88 g/m^3 mól tömege 30 g . Fennáll-e az oldószergőz okozta robbanás veszélye?

A parkettára $Q_A = F \times A = 1500 \times 0,42 = 630,0 \text{ kg}$ parkettalakk kerül, ebből

$Q_{m1} = F \times A \times m1 = 1500 \times 0,42 \times 0,40 = 252,0 \text{ kg}$ xilol gőz

$Q_{m2} = F \times A \times m2 = 1500 \times 0,42 \times 0,02 = 12,6 \text{ kg}$ formaldehid gőz kerül a munkatérbe

xilol oldószergőz térfogata

$106,16 \text{ g} : 24 \text{ l} = 252 \times 10^3 \text{ g} : x \text{ l}$

$$\frac{24 \cdot 252 \cdot 10^3}{106,6} = 56,97 \times 10^3 \text{ liter} = 56,97 \text{ m}^3$$

a formaldehid oldószergőz térfogata

$30 : 24 = 0,02 : x$

$$\frac{24 \cdot 0,02}{30} = 0,016 \text{ m}^3 = 16 \text{ liter}$$

kerekítve 57 m^3 a két oldószergőz együttes térfogata

A xilol gőz alsó robbanási határkoncentrációja $1,1 \text{ tf.}\%$. Kérdés, hogy az előbbi térfogat ezt milyen mértékben közelíti meg.

$4500 : 57 = 100 : x$

$$\frac{57 \cdot 100}{4500} = 1,266$$

A xilol alsó robbanási határértékét meghaladja, a robbanás veszélye fennáll.

A veszélyt nagy mértékben az fokozza hogy gőzei nehezebbek a levegőnél, így a padlószinten jóval nagyobb a töménység, mint fölötte.

A formaldehid gőz alsó robbanási határkoncentrációja $7 \text{ tf.}\%$. Kérdés, hogy az előbbi térfogat ezt milyen mértékben közelíti meg.

$$4500 : 0,016 = 100 : x$$

$$\frac{0,016 \cdot 100}{4500} = 3,5 \times 10^{-4}$$

A formaldehid gőze nem éri el az alsó robbanási alsó határt.

Ha a parketta lakkozását nem egy hanem 8 óra alatt végzik el, akkor az 1 óra alatt fejlődő oldószergőz és formaldehid gőz mennyisége (M)

$$M_1 = 252 \times 10^3 / 8 = 31,5 \times 10^3 \text{ g/óra xilol gőz}$$

$$M_2 = 16/8 = 2,5 \text{ g/óra formaldehid gőz párolog el}$$

Kérdés: hogy a szennyezőanyagok töménysége az előírt töménységet ne haladja meg, óránként mennyi tiszta levegővel kell hígítani a munkateret. Ez az alábbi összefüggés szerint számítható:

$$L = \frac{b \cdot M}{y_i - y_a}$$

L = a légcseré útján betáplálendő levegő térfogata m³/ óra

b = 1,2 - 2,0 nagyságrendű biztonsági tényező

M = az 1 óra alatt képződő légszennyeződés, g/óra

y_i = a szennyező anyagok megengedhető legnagyobb töménysége g/m³ (50 g/m³)

y_a = a szellőztető, tiszta levegő töménysége g/m³ (0)

Az előbbi összefüggés alapján a terembe óránként legalább:

$$L = \frac{1,5 \cdot 31500}{50} = 945 \text{ m}^3/\text{ó} \text{ levegőt kell juttatni.}$$

Esetünkben csak természetes légcserét lehet biztosítani. Kérdés, hogy milyen nagyságú szellőzőnyílást kell biztosítani a légcseréhez

Az előbbieken alapján

$$Q = F_{sz} \times V_{lev} \quad \text{amelyből}$$

$$F_{sz} = Q / V_{lev} = 945 / 1800 = 0,525 \text{ m}^2 \text{ felületű szellőzőnyílás szükséges.}$$

Ezt a feltételt ablak vagy ajtó nyitásával lehet biztosítani.

Padlószegély ragasztás

A doboz 9 kg ragasztót tartalmaz ami 30 m² padlószegély ragasztására elég. A munkavégzés során egy óra alatt lehet 1 m² felületet ragasztani, a felhasznált mennyiség 30 dkg.

A ragasztó 50 % kloroprénből, 50 % oldószerekből áll, a hőmérséklet 20C⁰ a helyiség 460 m³

oldószer	gőznyomás mbar	móltömeg	ARH g/m ³	ARH %
----------	----------------	----------	----------------------	-------

aceton	247	58,8	60	2,5
butanon	105	72,11	43	1,7
ciklohexán	103	84,16	40	1,2
etilacetát	96,8	88,11	75	2,1
hexán	160	86,18	42	1,2
heptán	48	100,2	46	1,1

A munkavégzésnek három fázisa van

- kenéskor szabadul fel az oldószerek 40 % -a 20 perc alatt
- szikkadáskor szabadul fel az oldószerek 30 % -a 20 perc alatt
- száradáskor szabadul fel az oldószerek 30 % -a 20 perc alatt

Belátható, hogy a kenés során párolog a legtöbb oldószer, ezért ez a legveszélyesebb folyamat, 20 perc alatt 150 g oldószer párolog el. A robbanásveszély elemzése szempontjából a két legveszélyesebb fizikai jellemzőt választom a számításhoz, ez a ciklohexánál: ARH 40 g/m³, és a heptán 1,1 %. A ciklohexán móltömege 84,16 g ami 20C⁰-on 24 liter.

(Ha feltételezzük, hogy a teljes oldószer mennyiség csak ciklohexánból áll, akkor két mól 2 x 84,16 = 169,2 g több mint ami összesen elpárolog, azaz 48 liter gőzt jelent, ez egy kis tér elszennyeződését okozza.)

A lekent 1 m² felületen a töménység 100 % -os, 20 perc múlva, a szikkadási fázis eléréskor 60 % - os töménységű. A száradási fázis kezdetén, 20 perc múlva 30 % - os töménységű, majd újabb 20 perc múlva már nincs oldószer a felületen.

A helyiség 460 m³ -es, a megengedett töménység:

$$V_{\text{meg}} = \frac{V \cdot \text{ARH}}{20} \quad V_{\text{meg}} = \frac{460 \cdot 40}{20} = 920 \text{ g}$$

V_{meg} = a megengedett maximális töménység g/m³
 V = a helyiség térfogata

$$V_{\%} = \frac{460 \cdot 1,2}{100} \quad 460 \times 1,2 / 100 = 5,52 \text{ m}^3$$

V_{meg} = a a megengedett maximális töménység térfogat % -ban

Legalább 920 g illetve 5,52 m³ oldószer szükséges a helyiség elszennyeződéséhez. Ez azt jelenti, hogy a ragasztóból legalább 920 x 2 = 1840 g azaz 1,8 kg ragasztóanyag kell a robbanásveszélyes állapothoz. 1,8 kg ragasztóanyaggal 6 m² felület egyidejű felkenés lenne szükséges, ami túlzott, mert 1 m² felületről van szó.

Ha a számítást elvégeznénk heptánra még kedvezőbb értékeket kapnánk.

Festékszóró, fényező fülke

A festékszórás műveletét 36 m³-es térben végzik, egy műszakban 2 liter festéket szórnak ki amelyből 1,4 liter a toluol. A szórási művelet alkalmával 8 órás műszakban a henger kétszeri festésére kerül sor. Az elszívás 10 000 m³/h.

első szórás a talp festése

szórás	$t_1 = 5$ perc - elszívással
szikkadás	$t_2 = 30$ perc - alapszellőztetéssel
száradás	$t_3 = 30$ perc - alapszellőztetéssel

a palást festése

szórás	$t_4 = 5$ perc - elszívással
szikkadás	$t_5 = 30$ perc - alapszellőztetéssel
száradás	$t_6 = 30$ perc - alapszellőztetéssel

A teljes száradást követően a festést megismétlik ugyanilyen időtartammal.

második szórás a talp festése

szórás	$t_7 = 5$ perc - elszívással
szikkadás	$t_8 = 30$ perc - alapszellőztetéssel
száradás	$t_9 = 30$ perc - alapszellőztetéssel

a palást festése

szórás	$t_{10} = 5$ perc - elszívással
szikkadás	$t_{11} = 30$ perc - alapszellőztetéssel
száradás	$t_{12} = 30$ perc - alapszellőztetéssel

A környezet terhelése:

szóráskor	$2 \times 5 \text{ p} + 2 \times 5 \text{ p} = 20 \text{ p} = 1200 \text{ s}$
szikkadáskor	$2 \times 30 \text{ p} + 2 \times 30 \text{ p} = 120 \text{ p} = 7200 \text{ s}$
száritáskor	$2 \times 30 \text{ p} + 2 \times 30 \text{ p} = 120 \text{ p} = 7200 \text{ s}$

A munkahely átlagos levegőszennyezettsége

$$p_A = \frac{p_1 t_1 + p_2 t_2 + p_3 t_3 + p_4 t_4 + p_5 t_5 + p_6 t_6 + p_7 t_7 + p_8 t_8 + p_9 t_9 + p_{10} t_{10} + p_{11} t_{11} + p_{12} t_{12}}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12}}$$

Az elszívást úgy méretezik, hogy a ventilátor a munkatérből elszívja a festék- hígító- levegő keveréket és a szűrőben 90 %-os hatásfokkal megtisztítja.

A szárítás alapszellőztetés olyan, hogy az alsó robbanási határérték 20 %-a alatt marad a töménység.

A szellőztetés számítása

A környezet terhelése szóráskor $p_{1,4,7,10} = \frac{1,4 \cdot 0,4}{1200} = 4,7 \times 10^{-4} \text{ 1/s}$

A környezet terhelése szikkadáskor $p_{2,5,8,11} = \frac{1,4 \cdot 0,3}{7200} = 5,8 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$

A környezet terhelése száradáskor $p_{3,6,9,12} = \frac{1,4 \cdot 0,3}{7200} = 5,8 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$

A munkahely átlagos levegőszennyezettsége:

első festés

talp	p_1 szórás	$4,7 \times 10^{-4}$ 1/s	$t_1 = 5$ p = 1200 s
	p_2 szikkadás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_2 = 30$ p = 7200 s
	p_3 száradás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_3 = 30$ p = 7200 s

palást	p_4 szórás	$4,7 \times 10^{-4}$ 1/s	$t_4 = 5$ p = 1200 s
	p_5 szikkadás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_5 = 30$ p = 7200 s
	p_6 száradás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_6 = 30$ p = 7200 s

második festés

talp	p_7 szórás	$4,7 \times 10^{-4}$ 1/s	$t_7 = 5$ p = 1200 s
	p_8 szikkadás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_8 = 30$ p = 7200 s
	p_9 száradás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_9 = 30$ p = 7200 s

palást	p_{10} szórás	$4,7 \times 10^{-4}$ 1/s	$t_{10} = 5$ p = 1200 s
	p_{11} szikkadás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_{11} = 30$ p = 7200 s
	p_{12} száradás	$5,8 \times 10^{-5}$	$t_{12} = 30$ p = 7200 s

$$p_{\text{Á}} = \frac{4(4,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1200 + 5,8 \cdot 10^{-5} \cdot 7200 + 5,8 \cdot 10^{-5} \cdot 7200)}{4(1200 + 7200 + 7200)} = \frac{0,564 + 0,41 + 0,41}{15600} =$$

$$8,887 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}$$

A munkahely átlagos szennyezettsége $8,887 \times 10^{-5}$ 1/s.

A környezet terhelése szórás alkalmával

A helyiségben a nyolc órás tevékenység alatt összesen 1,4 l hígító párolog el. Ez egy órára vetítve átlagosan 0,176 l/h azaz 122,5 g/h.

A legnagyobb intenzitású töménység szóráskor van, ilyenkor párolog el az oldószer 40 %-a. 1,4 liter toluol 40 % -a 0,56 liter, ami négy szórási művelet alatt jut a térbe.

A szóráskori terhelés $0,56/4 = 0,14$ liter 1200 s alatt, azaz $0,14/1200 = 1,166 \times 10^{-4}$ 1/s

Egy óra alatti terhelés $3600 \times 1,166 \times 10^{-4} = 0,41$ l/h

A toluol megengedett ARH 20 %-a, azaz $9,2 \text{ g/m}^3$ illetve 0,24 térfogat %.

36 m^3 -es térre vetítve 3.312 g/h illetve 86,4 l/h

A szellőztetés során a munkahely átlagos szennyezettségét tekintjük mértékadónak.

A munkahely átlagos szennyezettsége $1,166 \times 10^{-4}$ 1/h

Ezzel szemben a szellőztetés 40 szerez légcserével történik; $36 \times 40 = 1440 \text{ m}^3/\text{h}$.

A szórási művelet során az oldószer 40 %-a kerül a légtérbe.

Az összes hígító mennyisége 1,4 liter, a légtérbe kerülő mennyiség szóráskor 0,56 liter. Ez a szórási művelet ($t_{1,3,5,7}$) 4200 s időtartama alatt szabadul fel.

A tényleges környezeti terhelés $\frac{0,56 \text{ l}}{4200 \text{ s}} = 1,33 \times 10^{-4} \text{ l/s}$
ez megfelel $9,1 \times 10^{-5} \text{ kg/s-nak}$ ($0,327 \text{ kg/h-nak}$).

A szórás művelet alkalmával a koncentráció a következők szerint alakul:

$$C = \frac{327 \text{ g/h}}{10000 \text{ m}^3/\text{h}} = 3,27 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$$

A szórás alkalmával tehát a tényleges hígító mennyisége az alsó robbanási határérték kb 1/1000-ed részét éri el.

A környezet terhelése szikkadáskor illetve száradáskor

A szikkasztás alkalmával szabadul fel az oldószergőzök 30 %-a, száradáskor a maradék 30 % párolog el. Az összes hígító mennyisége 1,4 liter, a légtérbe kerülő mennyiség szóráskor 0,56 liter. Szikkasztáskor és száradáskor 0,84 liter, amely mennyiség ($t_{2,4,6,8}$) 10800 s alatt kerül a környezetbe.

Az egyszerűség kedvéért a szárítási művelet teljes időtartamát egybe vesszük nem bontjuk külön a szikkadási és szárítási időket.

A tényleges szennyeződés:

$$\frac{1,4 \cdot 0,3}{7200}$$

$$\frac{0,84 \text{ l}}{10800 \text{ s}} = 7,78 \times 10^{-5} \text{ l/s}$$

ez megfelel $5,4 \times 10^{-5} \text{ kg/s-nak}$ ($1,94 \text{ kg/h-nak}$) a felhasznált teljes tömeg $0,98 \text{ kg}$ ($1,4 \text{ l}$).

A száradási művelet alkalmával a koncentráció a következők szerint alakul.

$$\frac{1,4 \cdot 0,3}{7200}$$

$$C = \frac{1940 \text{ g/h}}{1440 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,35 \text{ g/m}^3$$

A száradás alkalmával a tényleges hígító mennyiséges az alsó robbanási határérték mintegy 1/30-ad része éri el.

Bónusz János tűzoltómérnök