

Szigorodó követelmények a vasúti kocsikba és a villamos háztartási eszközöbe épített műanyagok éghetőségével szemben

*Tárgyszavak: műanyag; éghetőség; vizsgálati módszer; vasúti kocsik;
háztartási gépek; szabvány; követelmény.*

Az építőiparban évtizedek óta, a villamosiparban ugyancsak hosszabb ideje olyan előírások vannak érvényben, amelyek a tűzbiztonságot szolgálják. A követelmények egyre szigorúbbá válnak. A tömegközlekedésben alkalmazott sínjárművekbe (vasúti kocsik, villamosok, földalatti szerelvények; a továbbiakban: vasúti kocsik) beépíthető anyagokra is több országban állítottak fel követelményrendszert. *Néhány közlekedési tűzkatasztrófa szükségessé tette, hogy a követelményrendszert egységesítsék és szigorítsák.* Európában kidolgozás alatt áll a *prEN 45545* jelű szabvány, amely az új követelményrendszert fogja tartalmazni.

A vasúti kocsikba épített műanyagok éghetősége

A vasúti kocsikban egyre több szerkezeti elemet készítenek fém helyett hőre keményedő gyantával (legtöbbször poliésztergyantával) átitatott üvegpaplanból (SMC, sheet moulding compound). Ennek az alapanyagának – kitűnő mechanikai és egyéb tulajdonságai mellett – nagy előnye, hogy a gyantakomponens módosításával az éghetőségi tulajdonságok összhangba hozhatók a különböző országok követelményrendszerével. (Ezekről az *1. táblázat* ad áttekintést). Számos eddig alkalmazott változat azonban nem fogja kielégíteni az EN 45545 szabvány követelményeit.

A **Menzolit Ltd** új, *menzolitSMC 2400* márkanevű üvegszálal alapanyagának *gyantakomponense nagyrészt fenolgyantából áll, töltőanyagként pedig égésgátló hatású alumínium-trihidrátot tartalmaz. Halogéntartalmú égésgátló nincs benne.* A cég új termékét alapos vizsgálat alá vetette, és bevizsgálta a brit (BS), az USA (ASTM), a nemzetközi (ISO) és a készülő EU (EN) szabványrendszer szerint.

A különböző szabványrendszerek az erős eltérések mellett abban hasonlítanak, hogy az alkalmazott anyagok gyúlékonyságára, lángterjedésére, füstképzésére, a füstgázok mérgező hatására vonatkozó követelményeket támasztanak.

1. táblázat

Sínjárművekben alkalmazott anyagokra vonatkozó éghetőségi szabványok és követelmények a különböző európai országokban

Ország	Szabvány	Felszíni vonat/villamos		Alagútban, föld alatt közlekedő vasút	
		éghetőség	füstképzés	éghetőség	füstképzés
Nagy-Britannia	BS 6853	1 osztály	2. kategória	1. osztály, I<12	1a-1b kategória
Franciaország	NF-P 92-501	M2		M1	
	NF-P 16-101		F1		F0
Németország	DIN 5510	S4	SR2	S4	SR2
Ausztria	DIN 5510	S3 vagy S4	SR2	S4	SR2
Svájc	DIN 5510	S4	SR2	S4	SR2
Olaszország	UNI 8457, UNI 9174	2A osztály		1A/1B osztály	
	NF-F 16-101		F2		F1

A *BS 6853:1999* szabvány azokat a vasúti kocsikat, amelyek üzemidejük jelentős részében oldalirányú menekülési út nélküli alagútban mozognak (ilyenek a földalatti vasúttak), az 1a kategóriába, a menekülési úttal rendelkező alagútban mozgókat az 1b kategóriába, a főként a felszínen haladókat a 2. kategóriába sorolja. A *lángterjedést* az építőiparban is alkalmazott *BS 476 szabvány 7. része* szerint, 37 kW/cm² intenzitású hőszugárzónak és gyújtólángnak kitett próbatesten 10 perces terhelés után mérik, és a lángterjedés távolsága alapján 1. vagy 2. osztályba sorolják az anyagot. Csak az 1a és 1b kategóriájú járművekbe szánt anyagokon határozzák meg a hőfejlődés alapján a *BS 476 szabvány 6. része* szerint az „I” *tűzterjedési index*-et, amelynek értéke nem lehet nagyobb 12-nél. A *füstképzést* egy 3 m élhosszúságú kamrában 1 liter alkohollal elégetett lemez segítségével, az optikai sűrűség alapján ítélik meg (*BS 6853:1999 szabvány D függelék, D.8.4. szakasz*). A fényelnyelési görbékből Ao(on) és Ao(off) értéket számítanak, amelyek megengedhető maximális értékét rögzítették. A *BS 6853:1999 szabvány B.2. pontjának* megfelelően az *ISO 5659-2 szabvány* szerint módosított *NBS-kamrából* vett füstgázmintából meghatározzák a CO, CO₂, HF, HCl, HBr, HCN, SO₂ és NO_x-tartalmat. Az analitikai eredményekből „*súlyozott és összesített mérgezési index*”-et számítanak. A vizsgálati eredményeket a 2.–3. táblázat tartalmazza.

Az eredeti NBS kamrában, amelyben a próbatestet elbonthatják csak sugárzó hővel (pirolizáló üzemmód) vagy sugárzó hő mellett gyújtólánggal is meggyújthatják (lángoló üzemmód), *ASTM E 662-01 szabvány szerint* mérték a füstképzésre jellemző fajlagos optikai sűrűséget (D_s). 1,5 perces hőhatás után mindkét üzemmódban $D_s = 1$ értéket kaptak (maximálisan megengedett érték 100), 4 perces égetés után pirolizáló üzemmódban $D_s = 9$, lángoló üzemmódban $D_s = 23$ értéket észleltek (megengedett érték 200). D_s maximális értéke a pirolizáló üzemmódban 118 (20. perc), lángoló üzemmódban 173 (13. perc) volt, azaz alatta maradt a megengedhető felső határértéknek.

2. táblázat

A BS szabványok követelményei és a menzolitSMC 2400 vizsgálati eredményei

Vizsgálati eljárás	Követelmények			Mért értékek
	1a	1b	2	menzolitSMC
BS 476 7. rész	1. osztály	1. osztály	1. osztály	1. osztály
BS 476 6. rész	$I < 12$	$I < 12$	-	$I = 6,3$
BS 6853 8.2. pont	$R < 1,0$	$R < 1,6$	$R < 3,6$	$R = 0,93$
BS 6853 D függ. Ao(on)	2,6	4,2	9,4	3,48
Ao(off)	3,9	6,3	14,0	3,75

3. táblázat

A menzolitSMC 2400 füstgázaiban kimutatott mérgező komponensen koncentrációja ppm-ben ($1 \text{ ppm} = 10^{-4}\%$)

Mérgező gázkomponens	Megengedhető határérték	Elégetés: csak sugárzó hővel	Elégetés: hősugárzó + lánggal
Szén-monoxid (CO)	3500	293	1053
Szén-dioxid (CO ₂)	90000	<50	12 200
Nitrogén-oxidok (NO _x)	100	2	1
Kén-dioxid (SO ₂)	100	<1	<1
Sósav (HCl)	500	<2	<2
Hidrogén-fluorid (HF)	100	<2	<2
Hidrogén-bromid (HBr)	100	1	1
Hidrogén-cianid (HCN)	100	<1	<1

A készülék *EN 45545* szabvány HL1...HL4 kockázati fokozatba (hazard level) sorolja majd a vasúti kocsikat. Az alkalmazott anyagok gyúlékonyságát és lángterjedését az *ISO 5658-2* szabvány szerint kell majd vizsgálni. Itt 50

kW/m² intenzitású hőszugárzó és gyújtóláng szolgál gyújtóforrásként, és a mérőszám a kialváskor mért *kritikus sugárzási intenzitás* (CFE, critical flux at extinguishment) lesz. Az ISO 5659-2 szabvány írja le a füstsűrűség méréséhez alkalmazandó, módosított NBS kamrát, amelyben az amerikai változat függőleges helyzetű próbatestjével ellentétben vízszintesen helyezik el a mintát. A füstképzést a 4. perc végén mért fajlagos optikai sűrűséggel, továbbá a VOF4 mérőszámmal jellemzik, ahol

$$VFO4 = D_s (1 \text{ min}) + D_s (2 \text{ min}) + D_s (3 \text{ min}) + \frac{1}{2} \cdot D_s (4 \text{ min}).$$

A „toxicitási index”-et, CIT értéket a mérgező komponensek mért koncentrációjának és a megengedett határértékek hányadosának összegéből számítják ki:

$$CIT = \frac{CO}{CO_{hat}} + \frac{CO_2}{CO_{2,hat}} + \frac{HCN}{HCN_{hat}} + \dots$$

Az ISO 5660-1 szabvány szerinti „kónuszos kaloriméterrel” azt vizsgálják, hogy mennyi ideig áll ellen az anyag a meggyulladásnak. Az irányadó értéket még nem határozták meg, de a *menzolitSMC 2400* 136 másodpercig viselte el gyulladás nélkül az 50 kW/m² intenzitású hőszugárzó hatását, amivel minden valószínűség kielégíti majd a legkisebb rizikót jelentő HL4 kockázati fokozat követelményeit. A tervezett *EN 45545 szabvány* szerinti vizsgálatok eredményeit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A menzolitSMC 2400 prEN 45545-2 szabvány szerint végzett vizsgálatának eredménye

Vizsgálati szabvány	Jelzőszám	Egység	Mért érték
ISO 5668-2 (lángterjedés)	CFE	kW/m ²	>49,7
ISO 5659-2 (füstképzés)	D _s (4 perc)		2,6
	VFO4		33,4
ISO 5659-2 (mérgező gázok)	CIT (t) = 1		0,13 20 perc után (csak CO és CO ₂)
ISO 5660-1 (hőfejlődés sebessége)	MAHRE	kW/m ²	35

A megszigorított követelmények nyomán bizonyos műanyagok, mindegyiknél a hőre lágyuló műanyagok alighanem kiszorulnak a vasúti kocsikban alkalmazható szerkezeti anyagok közül, és valószínűleg a fémek is ismét előre törnek, a kísérletek azonban bebizonyították, hogy megfelelő gondossággal és tervezéssel előállíthatók olyan műanyagok, amelyek kiállják a szigorúbb vizsgálatokat is.

Szigorúbb lett a háztartási készülékek izzóhuzalos próbája

A villamos árammal működtetett háztartási berendezések vizsgálatára rendszeresítették az ún. *izzóhuzalos próbát*, amelynek lényege, hogy egy 550-960 °C közötti hőmérsékletre felhevített V-alakú huzalt 1 N nyomással a vizsgálandó próbatesthez vagy alkatrészhez nyomnak 30 s-ig. Az égésnek a huzallal való érintkezés megszűnése után 30 s-on belül meg kell szűnnie, a lehulló darabok vagy olvadékcseppek pedig nem gyújthatják meg a próbatest alatt elhelyezett vattát. Meghatározandó az a hőmérséklet, amelyen a vizsgált anyag vagy próbatest kielégíti a követelményeket.

A 2001-ben átdolgozott *IEC 60335 szabványban* az eljárás kicsit bonyolultabb és szigorúbb lett. *Minden olyan villamosan működtetett háztartási eszközben, amelynek vezetőjében 0,2 A vagy annál erősebb áram folyik, a vezetőtől 3 mm-nél nem nagyobb távolságban található anyagok izzóhuzalos gyulladási indexének (GWFI, glow wire flammability index) el kell érni, vagy meg kell haladnia a 850 °C-t.*

Az átdolgozott szabványban a következő új jellemzők szerepelnek:

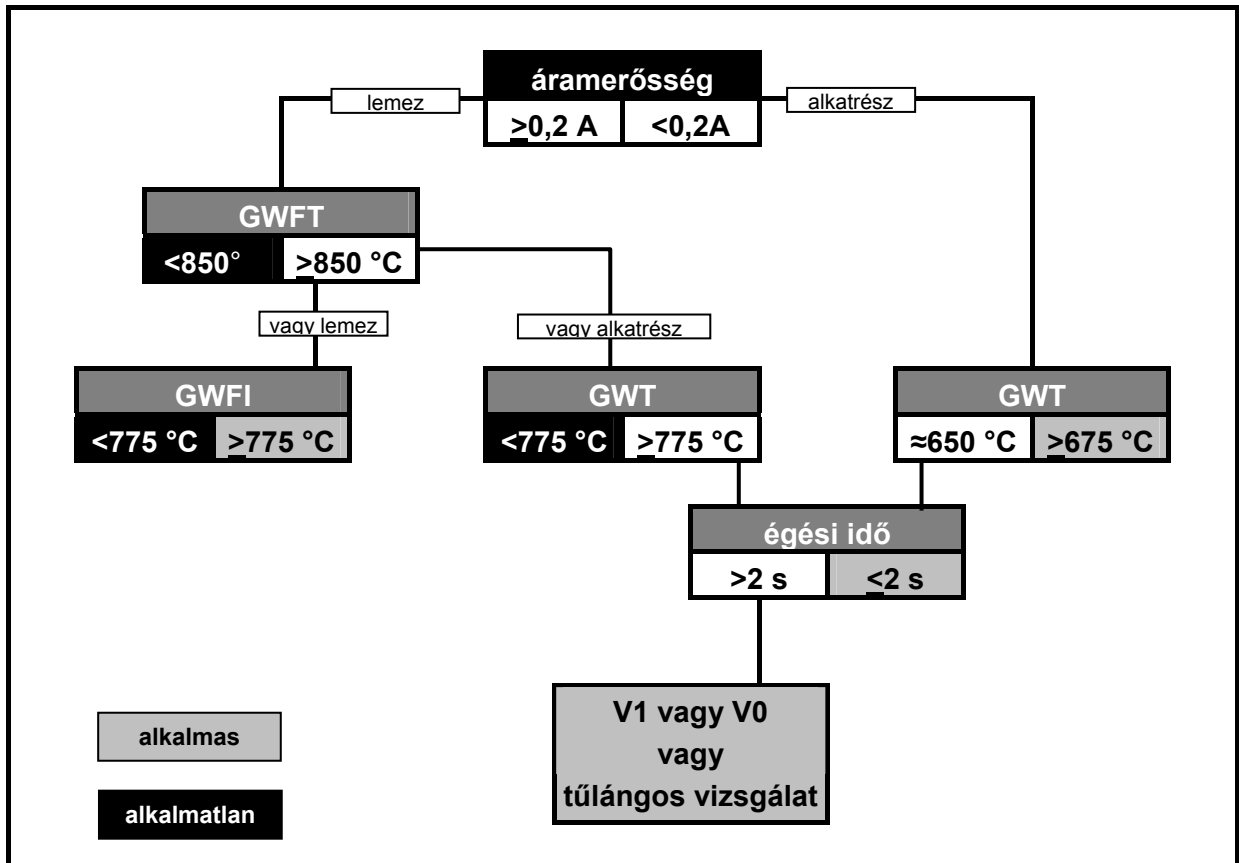
- *GWFI, glow wire flammability index (izzóhuzalos gyulladási index)* gyakorlatilag azonos az eredeti szabvány szerint meghatározott hőmérséklettel; a mérési módszert az *IEC 60695-2-12* szabvány írja elő;
- *GWIT, glow wire ignition temperature (izzóhuzalos gyulladási hőmérséklet)* mérését az előbbieket szerint végzik, de azt a hőmérsékletet határozzák meg, amelyen 3 paralel mérés során a próbatest nem gyulladt meg (égése 5 s-on belül megszűnt). A *GWIT* az ennél 25 °C-kal magasabb hőmérséklet. Ha egy 3 mm vastag próbatest 825 °C-on kielégíti a követelményeket, a *GWIT* 850/3 osztályba sorolandó;
- *GWT, glow wire temperature (izzóhuzalos hőmérséklet)* az alkatrészre jellemző. Az a maximális hőmérséklet-fokozat, amelyen az izzóhuzallal érintkezve az alkatrész nem gyullad meg (az érintkezés megszüntése után 2 s-mal izzása is megszűnik), és az alatta elhelyezett vatta nem gyullad meg.

Ha tehát egy háztartási eszközben $\geq 0,2$ A áram folyik, a vezető körüli anyagnak megméri a *GWFT* értékét. Ha ez pl. 750 °C, az anyag nem alkalmazható. Ha ≥ 850 °C, anyagvizsgálat esetén mérik a *GWIT* értéket. Ha ez ≥ 775 °C, nincs további teendő, az anyag alkalmas. Ha alkatrészt vizsgálnak, elvégzik a *GWT* mérését. Ha a huzal elhúzása utáni égés ≤ 2 s, az alkatrész beépíthető. Ha tovább ég, de UL 94 szabvány szerint V1 vagy V0 éghetőségi fokozatot ér el, vagy kielégíti a túllángos vizsgálat követelményeit, ugyancsak beépíthető. Ellenkező esetben nem szabad beépíteni. Az eljárás menetét az *1. ábra* mutatja.

A hőálló műszaki műanyagok közül többféle hagyományos műanyag, pl. poliamid (PA), poli(etilén-tereftalát) (PET), poli(butilén-tereftalát) (PBT) kielégíti az izzóhuzalos éghetőségi követelményeket, de ilyen néhány újabb anyag is,

pl. a folyadékkristályos műanyagok (LCP) vagy a poli(ciklohexén-dimetil-tereftalát) (PCT).

A **Clariant** cég Exolit OP márkanevű szerves foszforvegyületekre épített égésgátlóját kifejezetten üvegszálás poliamidokhoz ajánlja, és ezekkel szavatolja a GWFI 960 °C fokozatot. A **DuPont** cég Zytel PA 6 és PA 66 poliamidja, nagy teljesítményű Zytel HTN poliamidjai, továbbá a Crastin PBT, a Rynite PET és a Thermx PCT bizonyos típusai ugyancsak megfelelnek az izzóhuzalos próba szigorított feltételeinek.



1. ábra A villamos árammal üzemeltetett háztartási berendezésekbe épített anyagok és alkatrészek izzóhuzalos vizsgálat szerinti minősítése

Pál Károlyné

Gilliar, H.: Neue Herausforderung im Bereich Flammenschutz für Anwendungen in Schienen gebundenen Verkehrsmitteln. = Gummi Fasern Kunststoffe, 58. k. 4. sz. 2005. p. 230–235.

Staub, B.; Müller, H.: Glühdrahtprüfung verschärft. = Plastverarbeiter, 56. k. 4. sz. 2005. p. 66–67.

Nicht halogenierte Flammenschutzmittel für Polyamide. = KunstStoff Trends, 2004. 6. sz. p. 16–17.

Röviden...

Gyorsan kötő, lángálló epoxiragasztó és tokozóanyag

A **Devcon** cég repülőgépgyártásban használt, lángálló, gyorsan kötő epoxiragasztója, az „5Minute” Epoxy FR megfelel az UL94-VO éghetőségi fokozatnak és a CFR 25.853 jelű USA-előírásnak (60 s-os függőleges égetési vizsgálat). Az „5Minute” gyantát 50 ml-es visszazárható *Dev-Pak* patronban forgalmazzák, amely sztatikus keverőfúvókával illeszkedik a kézi vagy pneumatikus adagolópisztolyhoz. Az 1:1 arányú homogenizált keverék viszkozitása szobahőmérsékleten 115 000 cps, felhasználási ideje 3–5 perc, rögzítési ideje 10–15 perc, a teljes kikeményedési idő 2–3 óra. Nem tartalmaz oldószert, így nagyon alacsony az illóanyag-kibocsátása.

Hidegen hengerelt acél próbatesteken a kikeményített ragasztó ASTM D 1002 szabvány szerint 23-82 °C között mért húzó-nyíró szilárdsága 19,3 MPa. A kötés fémen, kerámián, üvegen, betonon –40...+94 °C hőmérsékleti határok között tartósan használható, ellenáll a motorolajoknak, kerozinnak, ólommentes benzinnek. (*További információ: www.devcon.com*)

(*Plastics Engineering, 60. k. 11. sz. 2004. p. 7.*)

Környezetbarát műanyag narancsból

Egy szép napon a narancs rekordterméséből egyszer csak autóütköző lehet. A **Cornell University** kémia- és biológia professzora szerint a *limonen-(1,8-p-mentadién)-oxidból és szén-dioxidból polimer állítható elő*. A limonen több mint 300 növényben megtalálható szénvegyület, a narancshéjolajnak közel 95%-át alkotja. Eddig főleg tisztítószerek illatosítására használták. Az oxidált limonen nagyon reakcióképesnek bizonyult. A légköri szennyezésnek tekinthető szén-dioxid pedig az üvegházhatás következményeként egyre nagyobb mennyiségben terjed a Földön. Katalizátor segítségével szén-dioxidból és limonen-oxidból egy új műanyag, a poli(limonen-karbonát) képződik. Tulajdonságai sokban hasonlók a polisztiroléhoz.

A legtöbb műanyagot kőolajszármazékból állítják elő. Ha sikerül olyan alapanyagot találni, amely bőségesen áll rendelkezésre, olcsó, megújítható forrásból gyártható, azzal foglalkozni kell.

(*InTech, 52. k. 3. sz. 2005. p.18.*)