

## Biztonság az elektrotechnikában és az elektronikában

Az elektromos és elektronikus eszközök biztonságát az EU-ban új törvények szavatolják. Ezek megtiltják a mérgező anyagok, közöttük a nagyon jó hatásfokú halogéntartalmú égésgátlók használatát, ugyanakkor szigorú követelményeket támasztanak a tűzbiztonságra. Az éghetőségi vizsgálatokon és az ezeken alapuló minősítésen is van még javítani való. A Clariant cég egy foszfinalapú égésgátlójával biztató eredményeket kaptak.

*Tárgyszavak: E+E eszközök; EU-előírások; éghetőség; vizsgálati módszerek; égésgátlók.*

Az információs és telekommunikációs (IT) eszközök, a szórakoztató és a gépjármű-elektronika műanyag elemeinek tervezésekor ma nagyon fontos szempont a miniaturizálás, a tömeg csökkentése, a felületen szerelés (SMT, surface mount technology) és forrasztás, továbbá a tűzbiztonság. *A felsorolt eszközök bizonyos alkatrészeinek nagyon kis felületére néha igen nagy áramsűrűség hat, ezért ezeknek a biztonságára különösen nagy gondot kell fordítani.* Rövidzárlat vagy túlmelegedés hatására a műanyag meggyulladhat, szűk helyen jelentős mennyiségű hő (vele együtt mérgező és korrozív égésgáz és füst) szabadulhat fel, ami komoly tüzet okozhat. Nem ritkán külső gyújtóforrás indítja meg az elektromos vagy elektronikus (E+E) eszköz égését.

Az Európai Unióban két törvény, ún. direktíva foglalkozik az elektromos és elektronikai eszközök biztonságával. A 2002/95/EC, rövidítve *RoHS*-nek nevezett direktíva (*Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment; Direktíva bizonyos veszélyes anyagok használatának elektromos és elektronikus berendezésekben való korlátozásáról*) szerint az E+E eszközökben tilos mérgezőnek minősített anyagot (pl. ólom, higany, kadmium, bizonyos halogéntartalmú adalékok) használni. Ennek értelmében szerves festékekkel kell helyettesíteni a nehézfémalapú (pl. kadmiumtartalmú) festékeket, és forrasztáskor kerülni kell az ólom használatát. Az utóbbi követelmény miatt növelni kellett a forrasztás hőmérsékletét, és PA 66 (poliamid 66) vagy PBT [poli(butilén-tereftalát)] helyett gyakran PPA-t (polifitálamid), PA 46-ot (poliamid 46) vagy LCP-t (folydék-kristályos polimer) kell alkalmazni.

A 2002/96/EC (*WEEE, Waste Electrical and Electronic Equipment Directive; Elektromos és elektronikus eszközök hulladékának kezelése*) direktíva előírja, hogy az EU-ban forgalmazott valamennyi E+E eszközt „WEEE” jelzéssel kell ellátni, és az

elhasználódott és kiselejtezett eszközökből származó hulladékot más hulladéktól elkülönítetten kell gyűjteni és kezelni.

A fenti két direktíva nem foglalkozik az E+E eszközökbe épített műanyag elemek éghetőségével, de számos olyan szervezet van, amely ennek az összetett tulajdonságnak a vizsgálatát és a vizsgálati módszerek szabványosítását igyekszik megoldani. Közülük a legismertebbeket az *1. táblázat* sorolja fel.

1. táblázat

Az E+E eszközök és anyagaik éghetőségi módszereivel foglalkozó és azokat szabványosító fontosabb szervezetek

A szervezet rövid neve	A szervezet teljes neve
IEC	International Electrotechnical Commission
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
UL	Underwriters Laboratories
CSA	Canadian Standards Association
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V.

2. táblázat

Az E+E eszközök és anyagaik éghetőségének vizsgálatára rendszeresített legfontosabb szabványos vizsgálatok

Vizsgálati szabvány jele	A vizsgálat lényege
UL 94 V	Alulról gyújtott függőleges pálca önálló égésének időtartama
UL 746A, HWI	Függőleges próbapálca meggyulladására köré tekert izzó huzal hatására
IEC 60995-2-12, GWFI	Izzóhuzalos gyulladási index: önálló égés időtartama adott hőmérsékletű, V-alakú izzó huzallal való érintkeztetés után
IEC 60995-2-13, GWIT	Izzóhuzalos gyulladási hőmérséklet: az a legmagasabb hőmérséklet, amelyre a V-alakú izzó huzalt felmelegítve érintkeztetéskor a műanyag nem gyullad meg
ISO 4589-2, oxigénindex, LOI	Egy alulról felfelé áramló O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> gázelegyenek az a legkisebb oxigéntartalma %-ban, amely mellett a függőleges próbapálca felülről lefelé még önálló égésre képes

## Az E+E eszközök és anyagaik éghetőségének vizsgálata

Az E+E eszközök és anyagaik éghetőségének vizsgálatára leggyakrabban alkalmazott vizsgálati módszereket a *2. táblázat* foglalja össze.

Az anyagfejlesztés és az ipari gyártás közben olyan vizsgálati módszerre van szükség, amely bonyolult eszköz nélkül, gyorsan ad tájékoztató eredményt. Ilyen a széles körben alkalmazott *UL 94 szabvány* szerinti vizsgálat, amelyben egy 20 mm magas Bunsen-lánggal 10 s-ig gyújtják a függőlegesen befogott próbapálcát, majd a

láng elvétele után mérik a pálca önálló égésének idejét. Ha kialudt, megismétlik a gyújtást. A mért önálló égési idők, az égés kiterjedése és az égés közben esetleg keletkező égő olvadékcseppek alapján a 3. táblázatban felsorolt követelményeknek megfelelően a próbapálcákat V-0, V-1 vagy V-2 éghetőségi fokozatba sorolják. Ha a pálca a befogásig elég, egyik éghetőségi fokozatba se sorolható. A vizsgálat egyszerűsége miatt bármely laboratóriumban elvégezhető, és az eredmények viszonylag jól egyeznek. Egy „erős”, a feltételeket nagy biztonsággal kielégítő műanyag bárhol vizsgálva V-0 minősítést fog kapni.

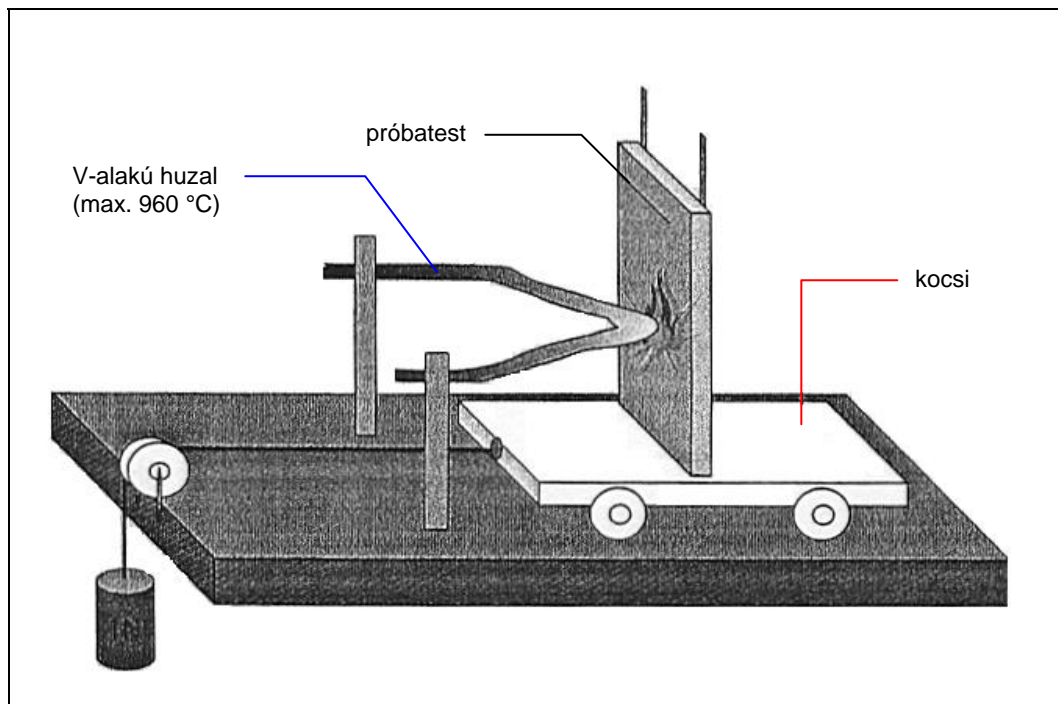
3. táblázat

Az UL 94 V szabvány éghetőségi fokozatainak eléréséhez szükséges feltételek

Feltétel a fokozat eléréséhez	94 V-0	94 V-1	94 V-2
Gyújtások utáni égések ideje (gyújtás 2x10 s)	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
5 pálca összes égési ideje	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
Befogásig elégett pálca	nem kielégítő	nem kielégítő	nem kielégítő
Égés vagy izzás ideje a 2. gyújtás után	≤ 30 s	≤ 60 s	≤ 60 s
Égő cseppek (a pálca alatti vatta meggyullad)	nem kielégítő	nem kielégítő	kielégítő

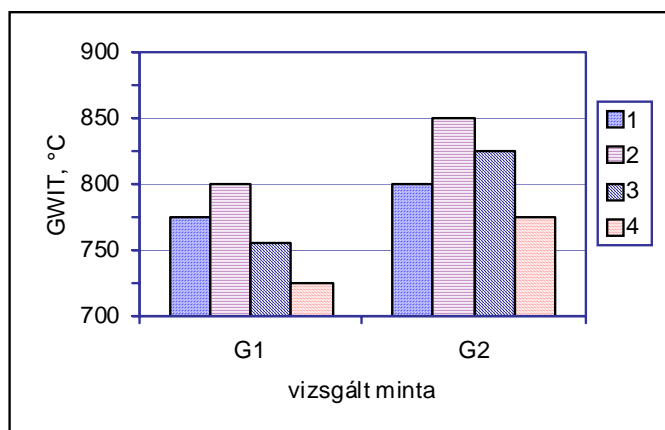
Az E+E eszközökbe épített műanyagok (vagy alkatrészek) éghetőségének vizsgálatához szívesen alkalmazzák a *izzóhuzalos vizsgálatot*, mert ennek körülményei emlékeztetnek a villamos műszerek üzemeltetése alatti körülményekhez. Lényege egy V-alakúra hajlított 4 mm átmérőjű kantaldrót, amelyet 450–960 °C-ra lehet felhevíteni. Az izzó huzal csúcsát 30 s-ig érintkeztetik a vizsgálandó műanyagfelülettel. A vizsgálatnak két változata van. Az egyikben az izzó huzalnak azt a legmagasabb hőmérsékletét határozzák meg, amelyen a műanyag a vizsgálat körülményei között még nem gyullad meg (*glow-wire ignitability test, GWIT érték*). A másik változatban azt a hőmérsékletet mérik, amelytől a minta meggyullad ugyan, de égése 30 s-on, parázslása 60 s-on belül megszűnik (*glow-wire flammability index; GWFI érték*).

Az izzóhuzalos vizsgálat elvégzéséhez szükség van egy eszközre, amelyen a próbatestet egy kocsin az izzó huzalhoz viszi, ahhoz 0,8–1,2 N erővel nyomja hozzá, és megakadályozza, hogy a huzal V-alakú vége 7 mm-nél mélyebben nyomuljon be a műanyagba (1. ábra). A vizsgálat reprodukálhatóságának ellenőrzésére két üvegszálaspolyamidot, a **Rhodia** cég *Technyl A 60G1V30* és *Technyl A 60G2V30* jelű termékét négy különböző laboratóriumban vizsgáltatták meg. A mért GWIT értékeket a 2. ábra mutatja. Látható, hogy a különböző laboratóriumokban ugyanazon anyag vizsgálati eredményeiben 100 °C különbség is lehet. Az eltérések okát az izzó huzal nyomásának a különbségében vélték felfedezni. A 0,9 N nyomással dolgozó berendezés eredménye alapján a mintát „megfelelő”-nek, az 1,1 N nyomással dolgozóval „nem megfelelő”-nek minősítették, bár mindkét berendezés megfelelt a hatályos szabványnak.



1. ábra Az izzóhuzalos berendezés vázlatja

Mivel a gyulladás és az égés nagyon bonyolult jelenség, az „éghetőség”-ről egyetlen vizsgálat nem adhat kielégítő információt, mert az legtöbbször csak egyetlen lehetséges helyzetet próbál utánozni; az izzó huzal pl. egy rövidzárlatot. Célszerű több módszert alkalmazni, E+E berendezések esetében pl. a GWFI + UL 94 + HWI, a GWFI + GWIT vagy kritikus alkalmazáshoz a GWFI + GWIT + UL 94 szerinti vizsgálatot. *Bebizonyosodott azonban, hogy az UL 94 szabvány szerinti V-0 fokozat követelményeit magasan, nagy biztonsággal kielégítő anyagok alkalmazásával nagyon jelentős mértékben csökkenthető az elektromos tüzek áldozatainak száma és az anyagi károk nagysága.*



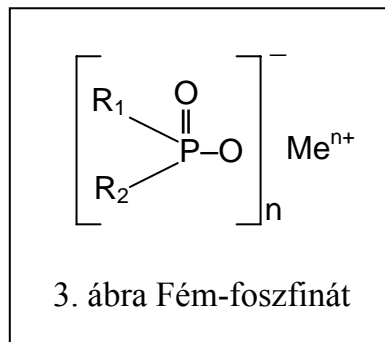
2. ábra

A Rhodia cég 30% üvegszálat tartalmazó *Technyl A 60G1V30* és *Technyl A 60G2V30* jelű poliamidjának GWIT értéke négy különböző laboratóriumban végzett vizsgálat szerint

## Az éghetőség csökkentése

A műanyagok éghetőségét a legjobb hatásfokkal még ma is a *halogéntartalmú égésgátlók* csökkentik. Égést gátló elemként tartják számon a brómot, a klórt, a foszfort, a nitrogént és a bórt. Égésgátlóként alkalmaznak alumínium- és magnézium-hidroxidot is, amelyek 200 °C felett vizet adnak le, de ezek csak igen nagy arányban bekeverve hatásosak, és emiatt erősen rontják a műanyagok mechanikai tulajdonságait.

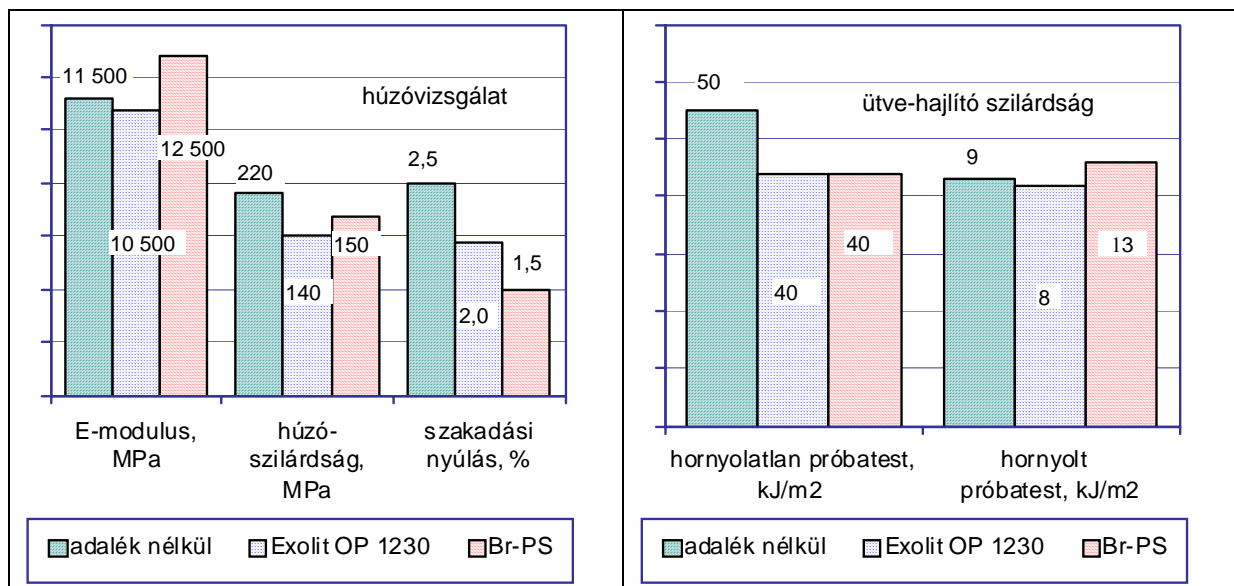
GWIT 775 °C értékű anyagot eddig csak halogénes égésgátlóból, antimonvegyületből és cinkvegyületből felépülő égésgátló rendszerrel tudtak elérni. Ellentmondás, hogy a halogéntartalmú égésgátlókat ki akarják tiltani az E+E eszközökben használható műanyagokból. A polimergyártók erőteljesen kutatják a megoldást. A **Rhodia** cég brómtartalmú égésgátlóval két új, 30G1 és 32 G2 jelű V-0, ill. V-2 éghetőségi fokozatú poliamidot kezdett forgalmazni, a *Technyl A 60G2 V30* viszont sem halogént, sem vörös foszfort nem tartalmaz.



A **Clariant** cég fém-foszfinát (3. ábra) alapú égésgátlókat fejlesztett ki, amelyeket 2004 óta knapsacki telephelyén ipari mennyiségben gyárt. Az *Exolit OP* márkanevű halogénmentes égésgátlók a gyártó szerint jó hatásfokúak, 350 °C-ig hőállóak, és nagyon csekély mértékben változtatják meg a polimer eredeti tulajdonságait. Állatkísérletek során tengeri malacok nem váltak érzékennyé rájuk, és nem bizonyultak mutagénnek. Mérgező koncentrációk: vízibolha (*Daphnia magna*) EC50 > 100 mg/l, 48 h; zebrahal LC50 > 100 mg/l 96 h; aktív iszap baktériumai EC50 = 1968 mg/l, 3 h; algák (*Scendenemus subspicatus*) NOEC > 180 mg/l. A fém-foszfinátok égéskor a szilárd fázisban fejtik ki hatásukat, ezáltal csökken az égő anyag füstképzése, nem keletkeznek korrozív gázok sem. Égéskor a műanyag felületén részlegesen habos szerkezetű záróréteg alakul ki, amely a hő áramlását is megakadályozza. Az új foszfinátok alkalmazhatók poliamidban, poli(butil-tereftalát)-ban, merev és hajlékony áramköri lemezekben, forrasztómaszkokban.

Széles körű vizsgálat-sorozatban hasonlították össze egy hagyományos égésgátlórendszerrel [brómozott polisztirol/antimon-trioxid/poli(tetrafluor-etilén), jele Br-PS] és Exolit OP-vel kevert, ill. égésgátló nélküli hőálló poliamid (PA-HT) tulajdonságait. Az égésgátlók mennyisége a szokásos gyakorlatnak megfelelő volt. Valamennyi égésgátlót tartalmazó minta kielégítette az UL 94 V-0 éghetőségi fokozat követelményeit. A 4. ábrából látható, hogy az Exolit csekély mértékben, de a szokásos égésgátló rend-

szernél semmivel sem erősebben hatott a polimer mechanikai tulajdonságaira. A vilamos tulajdonságok közül a szigetelő tulajdonságok alig változtak, a kúszóáramszilárdság (CTI érték) pedig a Br-PS égésgátlóval készített keverékek 400 V-os értékével szemben Exolittal megőrizte a poliamidok (PA-HT és PA 66) eredeti 600 V-os értékét. A foszfinnal égésgátlott poliamidokat 30–50 °C-kal magasabb hőmérsékleten lehetett forrasztani, mint a korábbi típusokat. Az *Exolit OP 1311, 1312 vagy 1230* adalékot tartalmazó poliamidkeverékek kielégítették a *GWIT 775 °C*-ra vonatkozó követelményeket, azaz ha meg is gyulladtak a 750 °C-os izzó huzallal érintkezve, égésük 5 s-on belül megszűnt.



4. ábra A foszfin és a hagyományos égésgátló hatása a PA-HT mechanikai tulajdonságaira

Az újrafeldolgozhatóságot hatszor egymás után fröccsöntött, majd megdarált és ismét fröccsöntött próbatestek tulajdonságváltozásaival ellenőrizték. A próbatestek a hatszori feldolgozás után is megtartották V-0 éghetőségi fokozatukat, és mechanikai tulajdonságaik is elfogadhatóan magas szinten maradtak.

Összeállította: Pál Károlyné

Mitchell, J.; Couillens, X. stb.: Sicherheitsanforderungen des 21. Jahrhunderts. = Plastverarbeiter, 59. k. 7. sz. 2008. p. 54–56.

Höroid, S.; Schmitt, E. stb.: Phosphinatbasierte Flammenschutzmittel – Perfektion für Sicherheit. = Gummi, Fasern, Kunststoffe, 61. k. 4. sz. 2008. p. 221–225.