

Az oxigénindex (LOI) jelentősége a textíliák tűzvédelmi minősítésében*

Kerekes Zsuzsanna
egyetemi docens

SZIE YMÉK Építőmérnöki Intézet Tűzvédelmi Laborvezető
kerkes.zsuzsa@ybl.szie.hu

Kulcsszavak/Keywords: Éghetőség, Polimerek, Füstképződés, Oxigénindex
Combustibility, Polymers, Smoke propagation, Oxygen index

Összefoglalás

A különféle anyagok éghetőségének jellemzésére többféle módszer ismert, mint például a gyulladási hőmérséklet, a különböző irányú lángterjedés, a füstszűrűség és a füst hőmérséklet meghatározása. Az anyagok éghetőségét azzal a minimális oxigén koncentrációval is lehet jellemezni, amelynél még égnék. Az éghető anyagok többsége a légköri levegő oxigéntartalma (21%) mellett képes az égésre, de vannak olyan anyagok, amelyek ennél kisebb vagy nagyobb oxigén tartalom mellett égnék. Az oxigénindex (LOI – Limited Oxygen Index) meghatározása nem tartozik az elterjedt laboratóriumi mérések közé, annak ellenére, hogy fontos paraméter az éghető anyagok éghetőségének megítélésében. A módszert eredendően műanyagok éghetőségének megítélésére fejlesztették ki, de elvileg bármely éghető szilárd anyag esetében használható. Gyártó cégek, tervezők, a szakirodalom a LOI mérőszám alkalmazását javasolják és használják a szénszálak, oxidált szálak és az ezekből készült anyagok, háztartási kábelek, műszaki textíliák, vasúti és egyéb járművekbe szánt anyagok tűzvédelmi minősítésére. A cikkben bemutatjuk az oxigénindexet és még nem elterjedt mérési módszert és néhány jellemző példán megmutatjuk a tűzvédelmi jelentőségét.

Summary

We can notice in our world day by day that new and new materials are developed for the market without knowing their exact features under fire stress; moreover, we have not got a method to measure or examine some features precisely. Author presents a new fire investigating method in this paper for *limited oxygen index* (LOI). Traditionally, materials are investigated by methods where the rate of oxygen is 21 per cent. The method used by the author is different from the traditional methods because it is able to measure the flammability of materials which cannot burn in normal conditions meaning that, oxygen rate is 21 per cent. With this method we can measure the flammability of materials which cannot burn in normal conditions (when oxygen rate is 21 per cent). Because of the wide and quick spreading of new materials and also the stricter requirements against them LOI can be more dominant in the future when classifying materials from fire protection view. Author proves that using LOI method we can determine the flammability of materials more precisely.

Bevezetés

Az oxigénindex megadása egyre fontosabbá és elterjedtebbé válik a késztermékek minősítése során. A nagyobb műanyaggyártó cégek már nem csak a kötelező CE paramétereket adják meg, hanem emellett a nem éghetőséget, illetve az égésgátló tulajdonságokat LOI értékek megadásával is igazolják, mint pl. az elektromos kábelek esetében. [KEREKES ET AL., 2016]

A nagyobb kutatóintézetek és egyetemek az egyes anyagok jellemző tulajdonságainak meghatározása mellett szintén egyre gyakrabban mérik az oxigénindexet is. Ennek oka, hogy az égési paramétereket a legkorszerűbb nagyműszerekkel is csak normál, vagyis a légköri 21%-

os oxigén tartalmú környezetben lehet mérni, ami alól kivételt képez az oxigénindex mérése. [1] [KEREKES ET AL., 2016]

Textíliák használatakor követelmény lehet az égésgátló, illetve lángálló anyagok használata (pl. színházi függönyöknél). Eddig az ilyen típusú anyagok minősítésére a lángterjedés szolgált, de ezen a területen is a LOI mérésének elterjedése figyelhető meg. Az égésgátló adalékok hatását is ma már szinte kizárólag oxigénindex mérésével igazolják. [DOBLEA ET AL., 2007] [2]

Az oxigénindex (LOI) fogalma

Az oxigénindex két fogalmat jelent: egyrészt egy MSZ EN szabvány szerinti méréssel megadott tűzvédelmi minősítő paramétert, másrészt egy mérési módszert, amelynek alapján az anyagok rejtett égési tulajdonságát ismerhetjük meg.

Az oxigénindex szabványos mérése

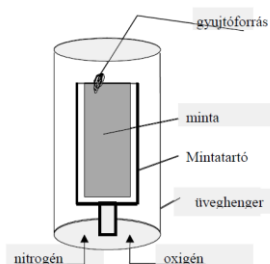
Több nemzetközi szabvány is létezik, de a mérési módszer és elv egyforma. A LOI (vagy a magyar terminológia szerint OI) definíciója: *Oxigénindexen azt a legalacsonyabb levegő oxigéntartalmat értjük (térfogatszázalékban), amelynél az anyag még képes a lángterjedésre, ill. meghatározott idejű égésre.* Vagyis vannak olyan anyagok, amelyek képesek lángterjedésre/égésre kevesebb mint 21% oxigén jelenlétében, de vannak olyanok is, amelyek csak ennél magasabb oxigén koncentrációban mutatnak égési jelenséget.

A mérés elvégzésének és kiértékelésének módját szabványok rögzítik. A LOI szabványos mérésére a következő szabványok vonatkoznak:

- MSZ 10200-1989 Műanyagok éghetőségének meghatározása oxigénindexszel,
- ISO 4589, ASTM 2863 Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index).
 - Az ISO 4589-2 egy módszert ír le az oxigén minimális térfogat-frakciójának meghatározására a keverékben $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ hőmérsékleten bevezetett oxigén és nitrogén esetében, amely csak egy adott anyag égetését támogatja meghatározott vizsgálati körülmények között;
 - Az ISO 4589-3 olyan módszereket ír le, amelyek ugyanolyan meghatározást tesznek lehetővé a 25 °C és 150 °C közötti hőmérséklet tartományon belül (bár akár 400 °C -ig is használható).

A vizsgálat módszere szerint a vizsgálandó anyagot egy előre meghatározott oxigén tartalmú levegőt áramoltató üvegburába helyezzük, amely alulról a beállított levegőösszetételt biztosító berendezésbe csatlakozik, felül pedig nyitott (1. ábra). A vizsgált anyagra jellemző

* Lektorált cikk.



1. ábra. Az oxigénindex mérő készülék felépítése és a készülék (Ybl Kar, Tűzvédelmi labor)



2. ábra. Az előkészítés során használt eszközök és a minta felhelyezése a vizsgálóberendezés keretébe. A minta égése a gyújtóforrás elvétele után



oxigénkoncentráció beállításával a vizsgált minta meggyújthatóvá válik, égési jelenséget mutat. A vizsgálóberendezésben a nitrogén és az oxigén százalékos aránya tetszőlegesen beállítható. A mintatartó elemként egy függőlegesen álló, 6 cm × 16 cm-es, U alakú, kétrétegű fémkeret szolgál. A gyújtóforrást – a szabványban rögzítetteknek megfelelően – egy 4 cm magasságú propán-bután gázláng biztosítja.

A minta előkészítése

A méretre szabott 6 × 16 cm-es mintákat a vizsgálóberendezés keretébe illesztjük (2. ábra). Kalibrálás követően a keretbe illesztett mintát az üvegbúra alá helyezzük, majd a tetszőleges nitrogén-oxigén gázelegyet beállítjuk (1. ábra). Miután a berendezés kijelzője szerint a nitrogén-oxigén elegy megegyezik a beállított értékkel, a gyújtóforrást felülről 30 másodpercig a minta felett tartjuk.

A mérés folyamata

A mintát a felső szélén meggyújtjuk, majd 15 másodpercig ott tartjuk a lángot. Az égés ellenáramban lefelé indul meg, miközben a búra alatt az előre beállított levegőelegy áramlik. Oxigénindexnek tekintjük azt az értéket, amikor a mintán a beégés 8 cm. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy ha az oxigénindex értéke kisebb mint 21, akkor az adott anyag kevesebb mint 21% oxigén tartalmú levegőben is égni tud, tehát a légköri környezetben bizonyosan meg fog gyulladni és égni fog [1].

A 3. ábra néhány jellemző anyagkárosodást mutat égetést után.

Anyagok minősítése, adalékok hatása az oxigénindexre

A normál légköri levegő (azaz a belélegzett levegő) körülbelül 21% oxigént tartalmaz, ezért azokat az anyagokat, amelyeknek a LOI értéke ennél kevesebb „könnyen éghetőknak” minősítjük. Azok az anyagok, amelyeknél a LOI értéke nagyobb, mint 21%, de kevesebb,



3. ábra. Vizsgálat során meggyújtott poliészteranyagok égése különböző oxigén tartalomban

mint 28%, „nehezen éghetőknak” tekinthetők. Azok az anyagok, amelyek esetében a LOI értéke meghaladja a 28%-ot, „önkioltó anyagoknak” nevezzük, ami azt jelenti, hogy a gyújtó forrás eltávolítása után az égés megszűnik.

A LOI mérésen alapuló értékek ugyan még nem számítanak szabványos minősítésnek, de az égési viselkedés alapján az oxigénindex megadása szerinti besorolás már széles körben kezd elfogadottá válni.

A LOI értékek alapján az anyagok négy kategóriába sorolhatók: (A) LOI értéke kisebb 20,95-nél, (B) LOI értéke 20,95 és 28,00 közé esik, (C) a LOI érték 28,00-nál nagyobb, de 100,00-nál kisebb (ezek az ún. „önkioltó” anyagok), (D) LOI=100,00 – ezek a „nem éghető” anyagok. [1]

A polimerek közötti különbségek okai különbözőek, de különösen két tényező figyelhető meg:

1. Minél nagyobb a hidrogén/szén arány a polimerben, annál nagyobb az égési hajlam (ha más tényezők egyenlőek).

2. Néhány égő polimer bomlása során olyan gázt bocsát ki, amely elfojtja az égést. Míg a korlátozó oxigénindex (LOI) teszt alapvetően fontos, nem jellemzi a polimer égési viselkedését [3].

Minél magasabb a polimer anyag LOI értéke, annál alacsonyabb a láng által biztosított hőáram és annál nagyobb az éghetőségi ellenállás.

A LOI-teszt egyszerűen elvégezhető és nagy ismételhetőséget és reprodukálhatóságot mutat. Azonban általában szobahőmérsékleten hajtják végre, nem biztosítva a reális égési körülményeket; így a relatív gyúlékonyság a polimer és a kompozit anyagok összehasonlítására szolgál elsősorban. [4]

A gyulladásgátló kémiai kezelések nagyon gyakoriak a pamutból, gyapjából, poliamidokból, poliészterekből és azok keverékeiből készült textiliákban. Hagyományosan a textilanyagokra általában égésgátlókat alkalmaznak, vagy a textilanyagot utólag egy égésgátló anyagot tartalmazó oldatban impregnálják, vagy a reteszelő anyaggal a szövet egyik oldalát bevonják (hátlap bevonat) vagy ilyen anyagot permeteznek rá. Az ilyen égésgátló adalékanyagok általában szerves és szervetlen anyagok ill. vegyületeik: foszfor (P), nitrogén (N), kén (S), halogén (Br, Cl, F), szilikon (Si), alumínium (Al), magnézium (Mg), antimon (Sb), ón (Sn), bór (B), cink (Zn), szén (C, grafit), cirkónium (Zr), titán (Ti) és kalcium (Ca). Az ilyen vegyületek a kondenzált fázisban vagy a gázfázisban aktiválódnak. [5]

Az I. táblázat adatai azt mutatják, hogy még nagyon gyakori és olcsó töltőanyagok, például kalcium-karbonát vagy talkum hozzáadása is növeli a LOI értéket. A

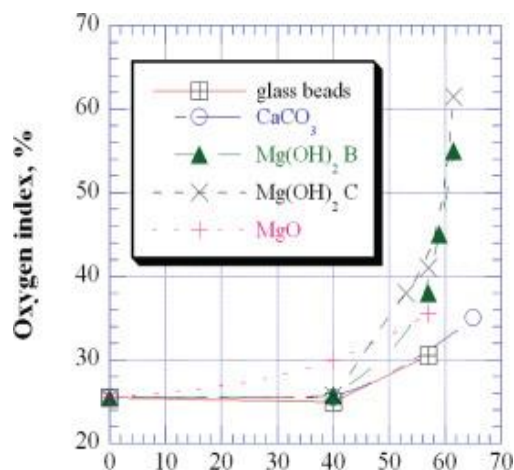
I. táblázat. Égéskecsleltető adalékok hatása az LOI érték növelésére

Adalék		Polimer	Elért oxigénindex	
anyag	tömegtört %		tiszta	adalékkal
Al(OH) ₃	20/30/40/50	Lágy PVC	25,7	28,5/29,9/30,3/33,5
Al(OH) ₃	33/50/60	PMMA	17,5	19,8/22,1-23,5/27,5
Al(OH) ₃	55	EVA	18,5	30,5
Al(OH) ₃ ***	6/18/30	HIPS	18	18,5/21,7/23,6
Antracit	40/50/60	HDPE	18,7	20,2/21,7/22,5
Ca ₂ B ₆ O ₁₁	18.4/42.1/48.8	EPM	18,3	19,0/20,9/21,9
CaCO ₃	55	EVA	18,3	29
Grafít exp.	5-24	PU	18	22-37,5
Mg(OH) ₂	40/50/60	EVA	17,5	22,0/24,0/42,5
Mg(OH) ₂	55	EVA	18,5	38,5
Mg(OH) ₂	20/30/40/50	lágy PVC	25,7	28,6/30,4/31,3/30,3
Mg(OH) ₂	20/40/60	HIPS	18,0	20,1/21,5/24,5
Mg(OH) ₂	60	PA6	24,1	51,3-70,0*
Mg(OH) ₂	60	PA6	26,5	45,9-57,4*
Mg(OH) ₂	15/25/35	PE	19,5	20/24/28
Mg(OH) ₂	10/30/60	PP	17,5	18/20/27
Mg(OH) ₂	10/30/60	PP	17,1	17,5/19/21,4
MWCNT	5	PP	19	20
OMMT**	1	MVMQ**	27,1 (V1)	29,4 (V0)
Sb ₂ O ₃	5/10/20	PMMA	18	21,5/23/24
Sb ₂ O ₃	2.5/5	Poliészter	26,8	39.2/42.9
Talkum	10/30/60	PP	17,5	17,5/21/20,5

** OMMT = modifikált montmorillonit; MVMQ = vinil-szilikon gumi

*** Modifikált alumínium-hidroxid

bemutatott adatokból az Sb₂O₃ és a Mg(OH)₂ a leghatékonyabb a LOI növelésében.



4. ábra. Adalékanyagok tartalma tömegtört-%-ban (x tengely) hogyan változtatja meg az LOI értékeket

A 4. ábra a különböző töltőanyagok mennyiségének hatását mutatja a LOI értékre gyakorolt növelő hatására. A Mg(OH)₂ sokkal nagyobb hatást fejt ki, mint a többi felsorolt töltőanyag, de nagy koncentrációra van szükség ahhoz, hogy lényeges változást érjünk el a LOI értékében.

A töltőanyagok teljesítményét javítani lehet szerves tüztöltőszerek és ásványi töltőanyagok kombinációjával.

A töltőanyagok felületi bevonásával lényegesen jobb eredményeket érhetünk el. Ha cinkhidroxí-szannanátot alkalmaztunk az Al(OH)₃ és a Mg(OH)₂ bevonására, a LOI-értéket 18–35%-kal javítottuk Mg(OH)₂-re és 28–36%-ra Al(OH)₃-ra [6].

Saját tapasztalatok és javaslatok

A gyári „égéskecsleltető” minősítés nagyon keveset mond egy textiliáról. A kötelező minősítési rend (OTSZ) csak két lehetőséget ad pl. egy függöny minősítésére. Az égésük sokkal összetettebb. Ezeket a „finom” és levegőn láthatatlan égési jelenségeket lehet különböző oxigéntartalom mellett megjeleníteni és minősítő paraméterként a LOI-t megadni. Több réteg esetén (pl. PVC-padlólapok) a rétegetek éghetőség szerint is el lehet különíteni, megadva az esetleges gyenge rétegeket. Az új minősítéssel ez esetben is a biztonság irányába megyünk el.

Számos anyagmintán és több tízéves minősítési tapasztalton alapulva az anyagok valós és rejtett éghetőségi jelenségeit tudtuk kimutatni megnövelt oxigén tartalomban. Ezekhez egyedi éghetőségi paramétert adtunk meg, olyan oxigénindex értéket (azaz oxigén tartalom), ami mellett mutatja sajátos égési jellemzőt.

Ez azt jelenti, hogy az anyag különböző oxigén tartalomnál különböző égési jelenséget mutat. Ezek nem feltétlenül a szabványos (követelmény) vagy jogszabály által előírt követelmények. Számos drága és időigényes vizsgálatot ki lehet váltani az oxigénindex megadásával is. Ezzel a biztonság irányába megyünk el.

Továbbá javasoljuk, hogy az égő anyagok minősítése során (különösen épületekben és járművekben beépített textilanyagok esetében) azokat valós körülmények között célszerű vizsgálni (pl. önmelegedés zárt, szigetelt térben).

Az oxidált és a szénszál alapú szőtt és nemszőtt kelméket elsősorban különleges felhasználási területük miatt fejlesztették ki. Ennek megfelelően a minősítésüknek is egyedinek, nem feltétlenül szabványosnak kell lennie.

II. táblázat. Néhány jellemző (nem égéskecsleltető) anyag oxigén-indexe

Polietilén (PE)	17,5
Crosslinked PE	19,0
Polipropilén (PP)	17,5
Poliészter	20-22
Akril	18
PET	21-34
Nylon™	20
Nylon 6,6	24-29
Lágy PVC	24-35

Ezek az anyagok normál 21%-os (V/V) oxigén tartalom-ban nem égnek, de megnövelt O₂ tartalmú környezetben igen. A szabványos paraméter csak egyfajta égési jelen-séget vesz alapul. Vizsgálataink azt mutatják, hogy az anyag legfinomabb szerkezete, összetétele, felületüknek még a fizikai állapota is egyedi égési jelenséget mutat.

Felhasznált szakirodalom

- [1] Kerekes Zs., Lublóy É., Restás Á. [2016] Az oxigén index (LOI) alkalmazásának lehetőségei a tűzvédelmi minősítésekben, Védelem Magazin, 2016. október I. évfolyam, 3.
- [2] G. Dobelea, I. Urbanovich, A. Zhurinsa, V. Kamparsb, D.Meierc [2007]: Application of analytical pyrolysis for wood fire protection control, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Volume 79, Issues 1-2, May 2007, pp 47-51
- [3] Prof. Marianne Gilbert Brydson's Plastics Materials (Eighth Edition) Chapter 5 - Relation of Structure to Chemical Prop-erties, 2017, Pages 75-102
- [4] Understanding the durability of advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications, Ad-vanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Structural Applications, 2013
- [5] M.Neisius T., Stelzig S., Liang S. Gaan: Functional Finishes for Textiles, Improving Comfort, Performance and Protection, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2015, Pages 429-461. Chapter14 - Flame retardant finishes for textiles
- [6] George Wypych: Flammability of filled materials. Handbook of Fillers, Chapter 12, pages 589–604. ISBN 978-1-895198-91-1
- [7] Kerekes Zsuzsanna: Oxigénindex szerepe az oxidált és szénszálak éghetőségében. Disszertáció/PhD 95 p. Szent István Egyetem Doktori Iskola: SZIE Műszaki Doktori Iskola, Gödöllő (2012)