

Szűts Jenő

A lángérzékelők helye a tűzérzékelésben

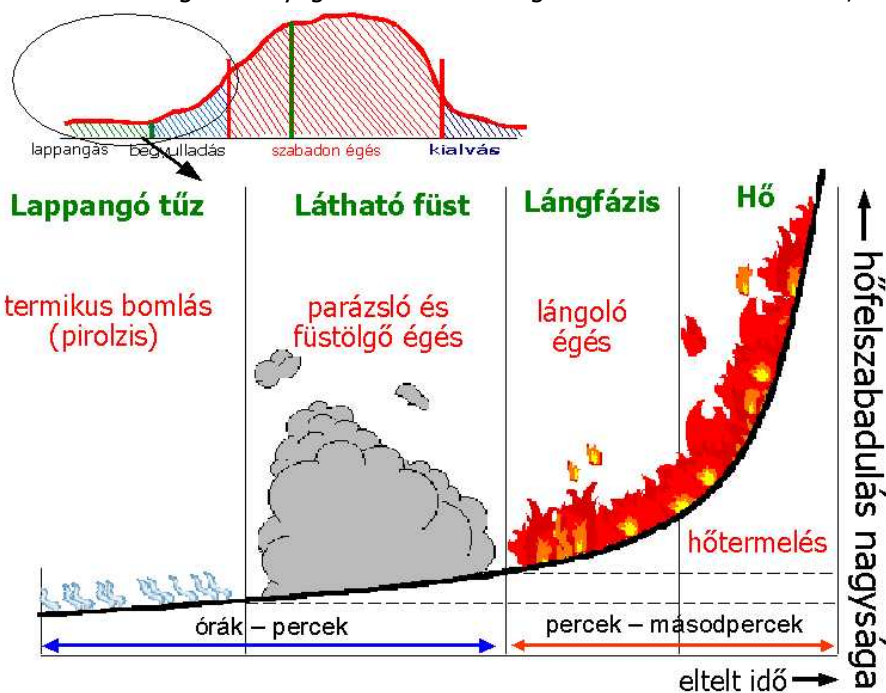
Az éghető anyagokat előállító, feldolgozó, tároló és szállító iparágakban a tüzek általában lángoló fázissal indulnak. Itt a védelem nagyon megbízható és nagyon korai lángérzékelést igényel. Ezekben a területeken az optikai lángérzékelők a tűz észlelésére legalkalmasabb eszközök, hiszen a kis méretű, még kialakulóban levő tüzet is nagy távolságból képesek észlelni.

Extrém körülmények

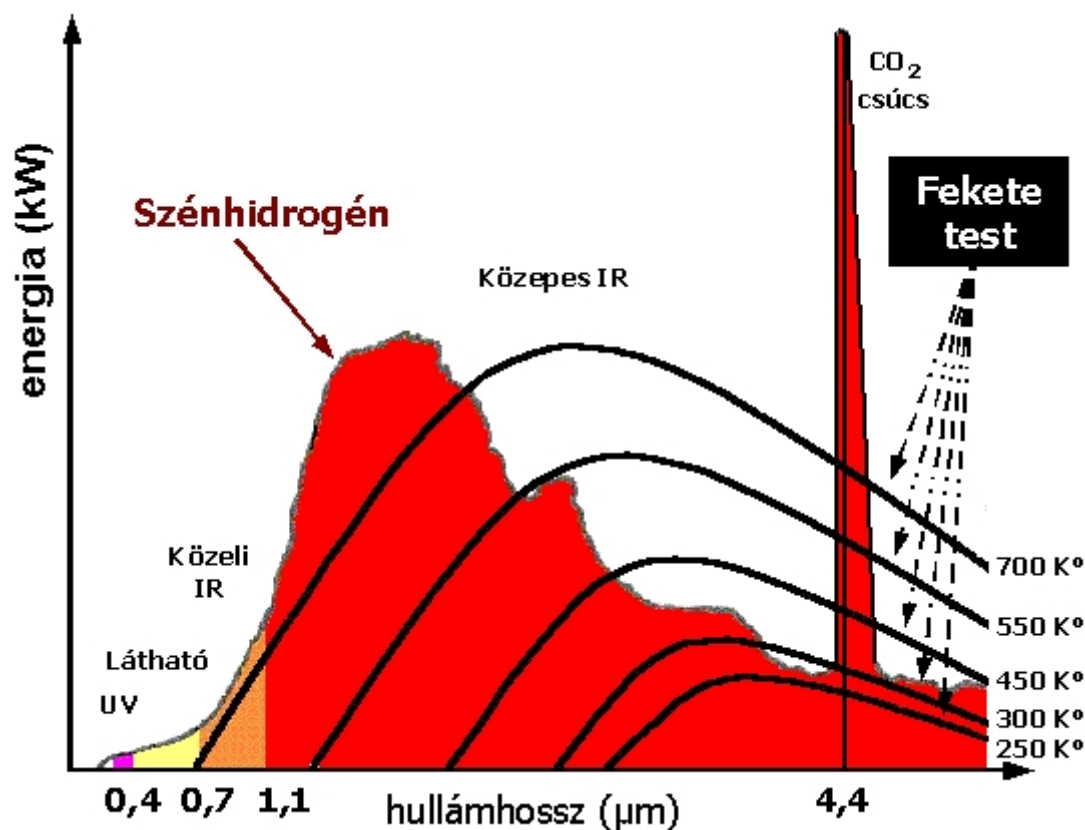
Ezekben az iparágakban a védendő területek eleve magas tűzkockázatúak. Mind az ipari területekre jellemző extrém környezeti hatások (hőmérséklet, víz, gőzök, jég, dér stb.), melyek a tűz vagy láng érzékelését nehezítik, mind az ilyen területeken megtalálható zavaró sugárforrások, melyek könnyen téves jelzéseket válthatnak ki, csak nagyon megbízható és az adott körülményekhez alkalmazkodni vagy azokat elviselni képes lángérzékelőket igényelnek.

Optikai lángérzékelőket a legnagyobb számban az alábbi területeken alkalmazzák:

- **Olaj- és gázipari létesítmények:** kitermelés, finomítás, előállítás, tárolás
- **Vegyipar:** gyártás, tárolás és szállítás
- **Energia termelés:** generátor helyiségek, turbinák, emberi felügyelet nélküli állomások, gáz- vagy széntüzelésű reaktorok
- **Gyógyszeripar:** automatizált folyamatok, szárítók
- **Nyomdaipar:** oldószer kezelés, nyomtatási és szárítási eljárások
- **Repülőgép hangárok:** szárny-alatti és -feletti védelem
- **Gépkocsi gyártás:** festő műhelyek, gyártósorok, nedves technológiák
- **Robbanó anyagok, lőfegyverek:** gyártása és tárolása
- **Tartályok:** fix és úszó tetejű tartályok
- **Hulladékkezelő és feldolgozó telepek**
- **Veszélyes anyagok:** égetés, feldolgozás és tárolás
- **Raktárak:** éghető anyagok tárolására szolgáló tároló és rakodó terek,



Folyamatosan keletkeznek gáznemű égéstermékek is



Az ideális fekete testek energia kibocsátási görbéi különböző hőmérsékleteken

A láng elektromágneses sugárzása

Az összes folyékony és gáznemű, valamint a legtöbb szilárd éghető anyag lángképződés közben ég el. A láng tehát olyan anyagok égésére jellemző, amelyek tűz vagy más gyújtóforrás okozta hő hatására párologva, vagy gáznemű anyagok fejlődésével éghető elemekre képesek bomlani. A láng az a tér, ahol a gőzök és gázok égése végbemegy.

Az éghető anyagokból felszabaduló gőzök, gázok nem tartalmaznak oxigént, ezért az égéshez szükséges levegő oxigénje az égéssel egy időben hatol be (diffundál) az égési térbe.

Lángolásakor az energia döntő része elektromágneses sugárzás formájában közvetítődik a környezet felé, melynek nagy része hőenergia, azaz az infravörös (IR: InfraRed) tartományba eső sugárzás, de az ultraibolya (UV: Ultra Violet) és a látható tartományba eső sugárzás is számottevő. Sugárzaskor az energia közvetítő közeg nélkül jut el az egyik testről egy távolabb levő másikra. A sugárforrástól távolodva az észlelhető energia a távolság négyzetével csökken, sőt a sugárzás útjában levő tárgyak a sugárzást visszaverhetik vagy el is nyelhetik. A láng által kibocsátott sugárzási energia a tűz (láng) hőmérsékletével rohamosan növekszik.

A hőmérsékleti sugárzás

Földünkön minden 0 °K-nál magasabb hőmérsékletű test elektromágneses sugárzást bocsát ki magából. A sugárzás intenzitása alapvetően csak a test anyagától, hőmérsékletétől és felületétől függ az ún. Stefan-Boltzmann törvény szerint. A testek hőállapotával kapcsolatos és a teljes elektromágneses spektrumra kiterjedő sugárzást, hőmérsékleti sugárzásnak nevezzük.

A képletből azonnal két következtetés adódik:

1. A kisugárzott energia (teljesítmény) a test felületével egyenesen arányos, vagyis egy

Stefan-Boltzmann törvény:

$$P = A e \rho T^4, \text{ ahol}$$

P: a kisugárzott teljesítmény (W),

A: a sugárzó test felülete (m²),

e: a test emisszióképessége (anyagfüggő: 0 és 1 között)

ρ (rho): a Stefan-Boltzmann állandó (5,6699x10⁻⁸ Wm⁻²K⁻⁴),

T: a test abszolút hőmérséklete (°K)

nagyobb méretű tűz, nagyobb energiát bocsát ki. (Ezt a tételt a lángérzékelők észlelése szempontjából a későbbiekben módosítjuk, mivel nem a tűz felülete, hanem a lángfront mérete lesz a meghatározó tényező.)

2. A hőmérséklet növekedésével a kisugárzott energia rohamosan növekszik. Például egy 1200 °K-os (927 °C) test, mely hőmérséklet megfelel egy tipikus szénhidrogén láng hőmérsékletének, 100-szor akkora energiát bocsát ki, mint egy azonos anyagú és méretű 380 °K-os (107 °C).

A törvénynek megfelelő, különböző hőmérsékletekhez tartozó sugárzási görbéket a hullámhossz függvényében az ún. fekete test görbével vagy Planck görbével szokták bemutatni (ld. 1. ábra). A görbék alapján jól látható, hogy a test által kibocsátott energia (a görbék alatti területek) a hőmérséklet növekedésével milyen mértékben növekszik.

A görbéket megnézve egy újabb következtetést is levonhatunk: egy test hőmérsékletét növelve a kibocsátott sugárzás spektrális eloszlása is változik. Minél magasabb egy test hőmérséklete, annál kisebb hullámhosszak felé tolódik el a görbe. A görbe csúcspontját, azaz azt a hullámhosszt, amelyen a legnagyobb intenzitású a test sugárzása egy adott hőmérsékleten, a Wien törvény adja meg:

Wien törvény

$$\lambda_m = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^\circ\text{K]} / T, \text{ ahol}$$

λ_m (lambda) = a maximális energia kibocsátás hullámhossza (m)

T = a sugárzó test hőmérséklete (°K)

A hőmérséklet növekedésével a görbe a látható fény és az UV tartomány felé tolódik: pl. egy 800-1200 °K közötti szénhidrogén láng hőmérsékleteken az energia számottevő része a közepes IR (1-10 μm) sávban keletkezik, de bizonyos intenzitás tapasztalható a látható fény és az UV sávban is.

A spektrális eloszlás változásának jó példája az acél hevítése, mely először vörös színben világít, majd a további hőmérséklet emelkedés hatására, 700 °K felett már fehéren izzik, azaz a görbe egyre inkább a látható fény és az UV tartomány felé tolódik.

Egy hétköznapi szénhidrogén (benzin) égésekor a láng által kibocsátott energia spektruma mégis jelentősen eltér az 1. ábra Planck görbétől. A hullámhossz függvényében ábrázolt spektrális eloszlás itt is a Planck görbéken alapul (azaz minél magasabb a láng hőmérséklete, annál nagyobb lesz a kisugárzott összenergia, és annál kisebb hullámhosszakon is lehet összetevőket találni), de annál jóval összetettebb: néhol erős csúcsokat, máshol hullámvölgyeket mutat (ld. 2. ábra).

A kémiai vagy kvantumszerű sugárzás

De miért különbözik ennyire a két görbe? Égéskor a lángban különböző kémiai folyamatok játszódnak le, különböző köztes- és végtermékek keletkeznek az égő anyagból és az oxidáló szerből. Ezen átalakulások során felszabaduló illetve elnyelődő energia hatására jönnek létre a látható csúcso, völgyek a görbén.

Az égés folyamán az éghető anyag molekuláinak oxidációja során keletkező köztes molekulák energiavesztéssel jutnak újra stabil molekuláris állapotba. Ez az energiavesztés adott hullámhosszúságú foton kibocsátásával jön létre.

Az égés során az alábbi hullámhossz tartományokban keletkezik jelentős elektromágneses sugárzás:

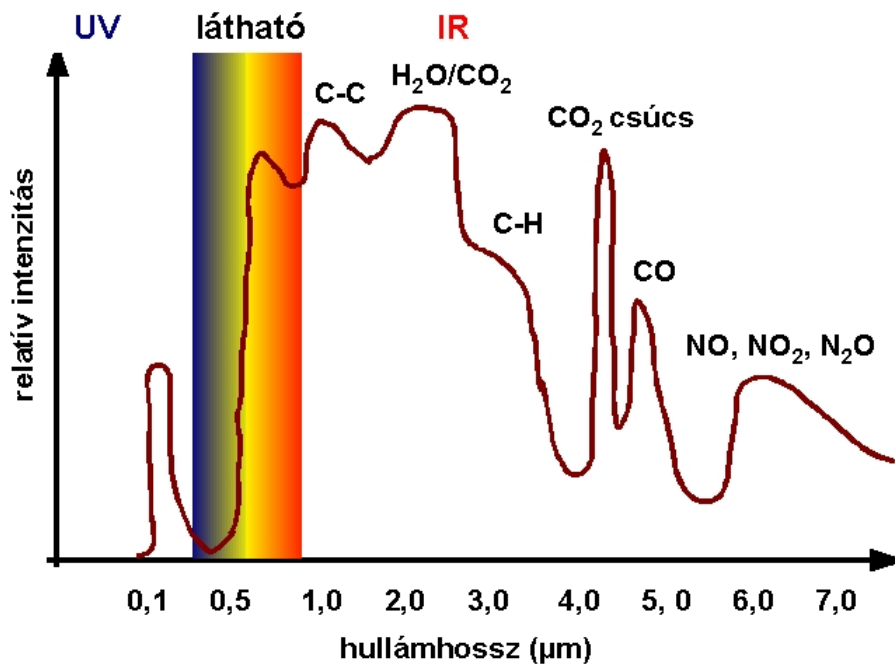
- az UV tartományban a 0,1–0,35 μm-es sávban,
- a látható fény tartományában (a 0,35–0,75 μm-es sávban), és
- az IR tartományban a 0,75–220 μm-es sávban.

Emberi szemmel e hullámhosszak többsége nem érzékelhető. Szabad szemmel leginkább csak a sárga-vörös színű lángokat érzékeljük, mely színeket a lángban található szénatomok okozzák. A láthatatlan infravörös (IR) sugárzást hőként érzékeljük. A szén nem tartalmazó anyagok, pl. a hidrogén égésekor a láng színe világoskék vagy teljesen láthatatlan, és nyilván a CO₂ keletkezésre jellemző 4,4 μm-es kibocsátás csúcs is hiányzik. Ezek a lángok általában az UV tartományú

Hullámhossz	Kölcsönhatás
$\lambda < 50 \mu\text{m}$	Molekuláris átalakulások
$50 \mu\text{m} > \lambda > 1,0 \mu\text{m}$	Molekuláris vibráció és forgás
$1,0 \mu\text{m} > \lambda > 0,05 \mu\text{m}$	Vegyérték elektronkötések vibrációja
$0,3 \mu\text{m} > \lambda > 0,05 \mu\text{m}$	Elektronvesztés és rekombináció

összetevőik révén detektálhatók.

Egy adott anyag égése során keletkező hullámhosszak alapvetően megfeleltethetők az anyag és az energia közt létrejövő kvantum-mechanikai kölcsönhatásoknak. Az anyagi részecskék és a foton kölcsönhatásai az 1. táblázat szerinti hullámhossz tartományokkal jellemezhetők.



A szénhidrogének égésekor keletkező láng spektruma és a keletkezett köztes és végtermékek emissziós hullámhosszai

Általában azoknak az anyagoknak a lángjában, melyek több éghető gázból állnak és égésük gáznemű oxidáló hatására jön létre, a kvantumszerű sugárzás dominál. Ilyenek az éghető gázok, folyadékok és a lánggal égő szilárd anyagok.

A szilárd halmazállapotban oxidálódó éghető anyagok vagy csupán a hőmérsékletük hatására sugárzó testek (pl. szikrák, parázs) ellenben a Planck görbék szerint sugároznak. Ebbe a körbe tartoznak a szén-alapú éghető anyagok (szén, faszén, fa, cellulóz szálak) és a hőhatásra (mechanikai hatás vagy súrlódás) felmelegedett fémek.

Általában mindenfajta égés során keletkezik Planck-féle sugárzás, mely az égő anyag hőmérsékletéből adódik. A szikraérzékelők, melyeket pont az ilyen jellegű sugárzás észlelésére fejlesztettek ki, általában nem *éghető anyag-specifikusak*. A lángérzékelők azonban mindig a molekulaszervezet megváltozásából illetve a gázfázis energiaváltozásából adódó kvantumváltozásokat hivatottak figyelni. Az ezekből adódó energia kibocsátások egy-egy adott anyagra jellemzőek. A lángérzékelők fejlesztői igyekeznek olyan hullámhossz tartományokat kiválasztani és figyelni, melyek minél több anyag lángjában megjelennek, és lehetőleg más, nem tüztől származó sugárforrások spektrumából hiányoznak.

Szűts Jenő műszaki vezető

Promatt Elektronika, Budapest