

Lantos Sándor

### **Az ionizált vízzel történő impulzusoltás lényegi jelenségei**

Korunkban az emberek, és az anyagi javak elképesztő mértékű koncentrációja valósul meg. Ezek mértékét a Ft/m<sup>2</sup>-ben kifejezett értékkoncentráció, és a MJ/m<sup>2</sup>-ben kifejezett tűzterhelés mutatja. Hogyan tudunk erre a kihívásra válaszolni? A magyar tűzvédelem egyik jelentős egyénisége által 2006-ban megfogalmazottakat adjuk közre.

### **Biztonság és oltástechnika**

Az ismeretek alapján sürgetően fogalmazódik meg az értékkoncentrációval és annak tűzveszélyszintjével arányos tűzvédelmi biztonság igénye. A tűzvédelmi biztonság a passzív és az aktív tűzvédelmi elemek optimalizálásával alakítható ki a leggazdaságosabban. A biztonsági függvénynek is nevezett  $y=1-e^*$  függvény alkalmazásával számolva adódik, hogy az egységnyi költséggel elérhető optimális biztonság 67%-a a passzív és 33%-a az aktív tűzvédelmi elemek alkalmazásával valósítható meg.

A passzív tűzvédelem követelményei a létesítés és a használat tűzvédelmi szabályaiként a keletkező tűz, helyhez, mérethez, kárértékhez kötésének elérése céljából - tűzkár megelőzés jellegűen - fogalmazódnak meg. Az aktív tűzvédelem eszköz-rendszereivel a megelőzési törekvések ellenére kitört tüzek eloltását kell elérni és ilyen módon korlátozni a keletkező tűzkárt.

### **A jelenlegi adottságok negatívumai**

- Nagy berendezések és szerkezetek szükségesek az oltási technika számára,
- nagy létszámú és szakképzett kezelőszemélyzet szükséges a technikához,
- hosszú az oltási idő, vagy másként fogalmazva: hosszú a növekvő anyagi kárveszély megfordításának és megszüntetésének ideje,
- kis tüzeknél is nagy mennyiségű oltóanyagra van szükség,
- a tűzoltás jelentős mértékű másodlagos un. vízkárokat okoz.

A negatívumok csökkentésére világszerte jelentős kutató-fejlesztő munkákat folytatnak, melyek első eredményei már a tűzoltói gyakorlatban bizonyítják megfelelőségüket. Ilyen technika és technológia az ionizált vízzel történő impulzusoltás. Ennek - általam legfontosabbnak tartott - lényegi kérdéseit a következő csoportosításban kívánom bemutatni.

1. Az ionizált víz és oltóhatása.
2. Az oltóanyag sugár impulzus jellegű alkalmazása.
3. Javasolt változtatások az új tűzoltó technikához és technológiához.

Az anyag tárgyalása során az égésfolyamat rész-jelenségekből és részhatásokból összetevődő folyamatát ismertnek tekintem, és csak azokat az elemeket említem amelyekre az oltóhatás kifejtése irányul.



Kis vízmennyiség, nagy porlasztás, nagy oltóhatás

### **Az ionizált víz és oltóhatása**

Milyen módon lehetséges az égési folyamatot, hatékony és gazdaságos eszközökkel megszakítani? Mire képes az ionizált víz?

### **Fogalomtár**

Az égés és a tűz rokonértelmű kifejezések, a téma bemutatása során szükségesnek tartom a következő értelmezés szerinti alkalmazásukat: /2./

- Az **égés** hőtermelő kémiai folyamat, amely kifejezetten ezen célra készített - épített - szerkezetekben, berendezésekben zajlik le, az elérni kívánt cél érdekében irányított, szabályozott, korlátozott körülmények között. A gazdasági célú hasznosítás miatt ehhez a területhez kapcsolódnak a folyamatok lényegét feltáró tudományos ismeretek, és e terület eredményességének növelésére irányulnak a kutató-fejlesztő

munkák is. Döntően ezekből merítjük a tűzzel és a tűzoltással, a tűzoltási követelményekkel és lehetőségekkel kapcsolatos ismereteinket is.

- A **tűz** az emberi környezetben, vagy a természetben bárhol található éghető anyagok nem kívánt meggyulladására és szabályozatlan, többnyire szabályozhatatlan elégetése miatt az embert és a társadalmat károsító vagy veszélyeztető égési folyamat. E károsító-veszélyeztető hatások kivédésére és korlátozására irányulnak a tűzvédelmi intézkedések.

### **Külső hőközléssel induló folyamat**

Az égés - az öngyulladásra hajlamos anyagok kivételével - általában külső hőközlés hatására következik be. A hőközlés, a melegítés hatására az éghető anyagokból megindul a viszonylag alacsony forráspontú alkotórészek (illó olajok, szaganyagok, vízgőz, stb.) kipárolgása, majd további hőemelkedésre bekövetkezik a szilárd éghető anyagok termikus bomlása, (3, 4.) az éghető folyadékoknak pedig a gőzzé alakulása. A halmazállapot változások, azaz a fázisváltások folyamatának anyagi lényege a termikus ionizáció, (3.) melynek keretében az éghető anyag alkotóelemeit képező anyagi részecskék: elektronok, atomok, semleges vagy ionizálódott molekulák és gyökök lépnek a gázfázisba és a kinetikus gázelmélet szerint végzik rendezetlen hőmozgásukat, ilyen módon pedig megjelenítik kinetikus energiájukat. Az elemi részecskék azonban nem egyenlő sebességgel mozognak, (a könnyebbek gyorsabban, a nehezebbek lassabban) az átlagos kinetikus energiájuk azonban nem a gázra és nem az elemi részecskékre, hanem a hőmérsékletre jellemző. A hőmozgást végző anyagi részecskék kinetikus energiája és ennek változása csak a hőmérsékletre jellemző tulajdonságuk, a hőmérséklet valamilyen függvénye. (3.)

A gáztérbe került anyagi részecskék hőmozgásuk közben egymással és az égőtér falával ütköznek. Az ütközés közben gerjeszthetik egymást, valamelyikről elektron kiszakítása történhet, egymásnak energiát adnak át úgy, hogy az ütközés előtti és az ütközés utáni közös energiaszintjük változatlan marad, de bekövetkezhet a két részecske kémiai reakciója is. A kémiai reakciók általános követelménye, hogy A-nak és B-nek a AB-vé történő egyesüléséhez az ütközéskor elegendő energiával kell rendelkezni. (3.) Ezt az átlagosnál nagyobb kinetikus energiát aktiválási energiának nevezik, (3.) amelyet külső hőkezeléssel vezetnek a rendszerbe, majd a hőtermelő kémiai reakció képezi a további részecskék energiaszintjének emeléséhez - aktiválásához - szükséges hőforrást. Az égésnél vagy tűznél a lángtérbe került és az oxigénnel való kémiai reakcióra hajlamos atomok, ionok és gyökök alkotják az A anyagot, a levegő oxigénje pedig a B anyagot. A tüzeknél diffúzió révén kerül az oxigén a termikus bomlástermékek közé, majd a lángra robbanás után a padozat vagy a talaj mentén kialakuló és a láng felé irányuló lamináris légáramlásból alulról keveredik a lángba. Ennek a légáramlásnak a sebessége jellemző az égés

hevességére és az égő anyag sztöhiometrikus oxidációjához szükséges levegő mennyiségére.

### **Lángképződés - láncreakció**

Ha az A és B anyag részecskéi megfelelő sűrűségben, megfelelő közelségben vannak egymáshoz, és az egyesüléshez megfelelő energiával ütköznek, akkor bekövetkezik az egyesülés, a gyulladás, mely után folyamatos láng képződik. Ezt a lángot már a lángból az éghető anyagra visszasugárzott hő tartja fenn. Ezekben a tűzoltói gyakorlat tárgyát képező lomha vagy heves lángokban cm/sec. max. 100 m/sec. (5.) sebesség tartományban folyik az oxidációs reakció részecskéről részecskére terjedése, amit láncreakciónak is neveznek. A láncreakcióban az egymással való ütközéskor az egyesüléshez szükséges energiaszinttel rendelkező, azaz aktivált részecskéket aktív centrumnak nevezik.

Az oxidációs láncreakciónál aktív centrumként atomok és ionizálódott molekulák és atomcsoportok (vegyületek), valamint szabad gyökök egyaránt szerepelhetnek. (4.) A láncreakciónál a sztöhiometrikus egyenlet szerinti kiindulási anyagoknak végtermékké történő átalakulása számos közbeeső szakaszon keresztül megy végbe. A közbeeső termékek újabb atomok, vegyületek és szabad gyökök egyaránt lehetnek, melyek nagyon hajlamosak a kémiai reakcióra és aktív centrumként képesek a láncreakció folytatására. (4.)

A láncreakciók elágazó és el nem ágazó láncokat képezhetnek. Az el nem ágazó láncreakciókban az aktív centrum csak egy újabb aktív centrumot hoz létre, így a reakció folytatódik ugyan, azonban nem tud szaporodni, növekedni. Az elágazó láncú reakciónál egy aktív centrumból két új centrum képződhet, amelyek közül az egyik folytatja a láncot, a másik pedig új láncot kezd, ezáltal növeli a lángot. (4. )

### **A láncreakció megszakítása**

A reakciólánc elszakadása az aktív centrum eltűnésekor következik be, ami úgy a reakcióterben (a lángban) mint a reakcióedény falain felléphet.

A lángterben a lánc elszakadásának oka egyrészt az aktív centrumnak azokkal a szennyezőkkel vagy adalékokkal való mellék-reakciója, amelyek a gázelegyben vannak, másrészt az energia kiegyenlítődés az aktív centrumoknak önmagukkal azonos, vagy más csekélyebb energia szintű anyagi részecskéikkel való ütközéskor. A reakcióedény falán a lánc megszakadása az aktív centrumok dezaktiválásának (energia vesztésének) a következménye az edény falával való ütközéskor.

A tűzoltás hatékonyságának növelése érdekében az oxidációs láncreakcióba, annak letörésére irányuló tűzoltói beavatkozás ismert és alkalmazott megoldás. Ilyen értelmű és tartalmú oltóhatást tulajdonítanak a korszerű oltóporoknak és a

halon oltóanyagoknak. Az alkalmazásuk korlátozására irányuló környezetvédelmi intézkedések azonban nem kedveznek széleskörű elterjedésüknek.

### **Sikeres vízköd**

Meglepő sikerességet mutatnak a porlasztott vízsugárral, különösen pedig a ködszerűen finom szemcsézettségű porlasztott vízsugárral történő tűzoltói beavatkozások.

Az előzőek szerint a láng tulajdonképpen ionizált anyagi részecskékből álló gázáram, melyben oxidációs láncreakció folyik le. A gáz és olaj tüzelésű ipari berendezéseknél - a szükséges biztonság elérése céljából - a láng ionizált gázáram jellegét használják fel az ionizációs lángörző készülékben. Ennek alkalmas helyen felszerelt és feszültség alá helyezett két pólusa között a lángon keresztül ionáram jön létre, mely a láng megszűnésekor szintén megszűnik. Ezt a körülményt, mint jelet használják fel a tüzelőanyag betáplálás megszüntetésére.

A láng ionizált gázáram jellegéből adódik, hogy az oltóanyagot - legolcsóbban a vizet - is ionizált állapotban kell a lángtérbe juttatni.

### **Ionizált víz**

A víz ionizálhatósága Lenard effektus, vagy vízesés elektromosság megnevezéssel jelent meg a tudományban. *A felismerés szerint, ha a vízcsepp szilárd testre esik, heves légáram vagy vízesés porlasztja szét, nagyszámú negatív töltésű részecske (hidroion) válik le róla.* A légáram magával ragadja a negatív ionokat, a visszamaradó nagyobb tömegű pozitív cseppek, pedig pozitív töltésű részecskékre hasadnak fel. (8.) (13.) A negatív töltésű hidroionok kedvező élettani hatását tapasztalva a tudományággá fejlődő klimatizálás és a gyógyítás céljaira fejlesztették ki és vették használatba a különböző ionizátorokat.

Az egyéni használatra készített hidroionizátorokban a víz finom porlasztását sebesen forgó lapátkerékhez való ütköztetéssel valósítják meg. A nagyobb, úgynevezett elektro-aeroszolos iongenerátor nagysebességű levegősugárral porlasztja szét a folyadékot. (8.) E szerkezetekben lényegében az elektronnak a molekulából való kiszakadása valósul meg, melyhez szükséges ionizációs energiát kell a működtetésre fordítani. (3.)

### **A porlasztott sugár hatásai**

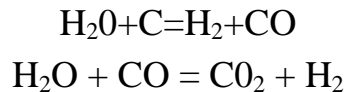
A tűzoltó sugárcsövek által képzett ún. porlasztott sugárban is ionizálódott vizet juttatunk a tűzre, mégpedig a porlasztás finomságától függően kisebb-nagyobb mértékben ionizálódott vizet. A finomabb, apróbb cseppekre porlasztott víz nagyobb mértékben ionizálódik, és ez a magyarázata nagyobb mértékű oltóhatásának. Az apró cseppecskéknek a lángtérbe való bejuttatásához, ill. a

behatoltatásához kell az az energia, amit a sugárcsőben a víz nyomását sebesség energiává alakítva kap a vízcseppecske.

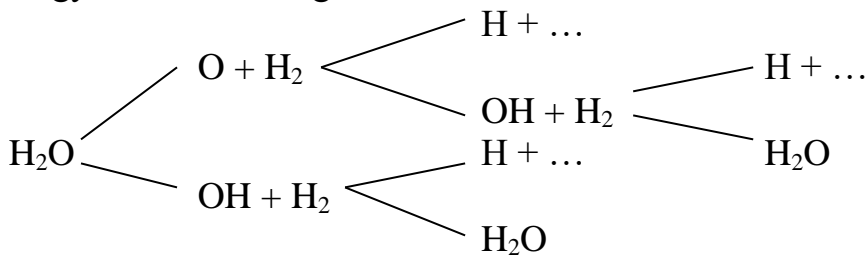
A porlasztott vízszugárral a vízből a porlasztáskor keletkezett szabad elektronok, negatív és pozitív töltésű hidroionok kerülnek a lángtérbe, melyek a következők szerint alakítják az oxidációs láncreakciót:

- A lángtérbe kerülő szabad elektronok rekombinálják az aktív centrumokat és pozitív töltésű anyagi részecskéket, ami ezen részecskék dezaktiválásaként a reakciólánc megszakadását, annak letörését eredményezi. (12.) (*Rekombináló hatás.*)
- A lángtérbe kerülő pozitív és negatív töltésű hidroionok a lángtérben jelen lévő ellentétes töltésű ionokkal és gyökökkel lépnek reakcióba és ionos kötéssel képeznek átmeneti anyagot, vagy reakció végterméket.

Ilyen a vízgáz gyártásból ismert reakciók pl. a következők: (6.)



Vagy a víznek hidrogénnel történő reakciói:



(*Vegyületképző hatás .*)

- A hidroionok a lángtér anyagi részecskéivel történő ütközésük közben energiát vesznek át azoktól, ezáltal azok energiaszintje csökken, és ilyen módon dezaktiválódhatnak is, a hidroionok viszont a kémiai reakciójukhoz szükséges aktivált állapotba kerülhetnek, így pedig mellékreakciókat, láncretöréseket eredményezhetnek. A folyamat összhatásul a lángtér hőmérsékletének csökkenését eredményezi. (*Hűtő hatás.*)
- A hidroionok a lángtér anyagi részecskéivel történő ütközésük közben átvett és a lángtér sugárzó hőjéből óriási felületükön (*lásd l. sz. melléklet*) elnyelt, ezáltal a láncreakció fenntartásából kivont hő hatására gőzzé alakulnak. Ez a fázisváltás 1 kg víz esetén 2257 kJ hő elvonásával és 1680-szoros térfogat növekedéssel jár, (9.) miközben az aktív centrumokat és a reakcióra képes anyagi részecskéket olyan mértékben eltávolítják egymástól, hogy azok láncreakció képessége megszűnik. A fázisváltáskor fellépő expanzió az oxigén atomokat is eltávolítja az aktív

centrumoktól, és megakadályozza újabb oxigén atomoknak a lángtérbe való behatolását, mintegy kiszorítja azokat. (*Hűtő hatás - kiszorító hatás*)

- A lángtérben oltásra nem hasznosuló vízcseppecskék lecsapódnak a lángtér alatti éghető anyagra, melynek felületét elnedvesítik, lehűtik, és megakadályozzák további éghető bomlástermékek kibocsátását. (*Takaró hatás.*)

### **Az ionizáltság mértéke**

A fentiekből megállapítható, hogy az ionizált vízzel történő tűzoltás döntően gyors lángoltásra - tűzoltói szaknyelven a *lefeketésre - irányuló tevékenység*, mely több részhatás egyidejű érvényesülése, ill. részhatások egymásra szuperonálódása révén valósul meg.

A porlasztott vízsugár ionizált jellege és ionizáltságának mértéke ellenőrizhető az ionizációs lángórzó készülék e célra történő adaptálásával. A porlasztott vízsugár ionizáltságának mértékére jellemző lehet például az, hogy a lánggal azonos pólustávolság között hányszor nagyobb feszültség hatására jön létre az ionáram. Ez a nagyobb érték a láng ionizált anyagi részecskéinek, és a porlasztott víz ionizált anyagi részecskéinek nagyságbeli különbségéből és abból következő térbeli sűrűségük eltérő mértékéből adódik. Az ionizáció mértékét kifejező szám a percenkénti vízteljesítmény mellett lényeges adatává válhat egy korszerű porlasztott vízsugarat előállító tűzoltó sugárcsőnek.

A porlasztott vízsugár anyagi részecskéinek szemcse-mérete a porlasztás előtti víznyomástól is függő adat, a szemcsék sűrűsége pedig a vízsugárban megtett út hosszától is függő adat, ezért az ionizáltság mértékszámát a sugárcső ajánlott üzemeltetési tartományában ezen adatok függvényében célszerű megadni.

A porlasztott vízsugarak által elért ionizáltsága mértékszámot célszerű összevetni a hidroionizátoroknál - mint már elért legkedvezőbb porlasztásnál – mérhető adattal is.



A porlasztott sugárban ionizálódott vizet juttatunk a tűzre

### **Az oltóanyag-sugár impulzus jellegű alkalmazása.**

A mindennapi életben impulzus alatt a hirtelen létrejött, vagy létrehozott rövid hatást értjük, ami az adott körülményekben gyors változást hoz létre. Hogyan alkalmazható ez a tűzoltói gyakorlatban?

#### **Impulzus**

A fizikában a mozgó test tömegének és sebességének szorzatát - mint a test mozgásállapotát meghatározó adatot - mozgásmennyiségnek nevezzük.

$$I = m \cdot v \quad \left[ I = \text{kg} \frac{m}{\text{sec}} = \frac{N}{\text{sec}} \right]$$

A mozgásmennyiség által kifejezhető, vagy már kifejtett erőlködést impulzusnak nevezzük, melynek hatása abban nyilvánul meg, hogy a test mozgásmennyisége megváltozik. (3.) (9.)

A tűzoltástechnikában, az égő szilárd, vagy folyékony anyagból - termikus bomlás hatására - a légtérbe távozó, a szilárd vagy a folyadék fázisból a gázfázisba kerülő anyag tömege és ennek áramlási sebessége határozza meg az égés, ill. a láng mozgásmennyiségét.

$$I_{\dot{e}} = m_{\dot{e}} \cdot v_{\dot{e}}$$

Tűzoltáskor ennek O-ra alakítására irányul az oltóanyag tömegéből és áramlási sebességének szorzatából adódó oltási mozgásmennyiség.

$$I_o = m_o \cdot v_o$$



Nyilvánvaló, hogy az oltás - elméletileg és tisztán az oltóanyag erőlkésének, azaz impulzusának hatására - akkor következik be, amikor:

$$I_e - I_o = 0$$

Azaz, amikor az égő és az oltóanyag mozgásmennyiségeinek különbsége nulla. Mivel azonban a mozgásmennyiség vektor, ez első közelítésben csak a két mozgásmennyiség egyenlősége és függőlegesen lefelé irányuló ún. ellenáramú kölcsönhatása esetén lehet igaz.

### **Impulzus hatás a gyakorlatban**

Pl.: Két egymással szemben mozgó szilárd test - pl.: két gépjármű - ütközésekor a két test kölcsönhatása a két testen létrejött deformációs munkában és mozgásállapotuk O-ra alakulásában, azaz megállásukban valósul meg. (A nem kívánatos deformációs munkától eltérően impulzus hatást hasznosít minden kalapácsütés, a csákány, a balta és fejsze csapás, a kovácsolás, sajtolás, hengerlés és még sok más anyag alakítást végző technológia.)

### **Hogyan oltunk?**

A láng és az oltóanyagsugár impulzusainak kölcsönhatása - a kölcsönhatást megjelenítő alak és anyagváltoztató munka - szemmel láthatóan a kialakult láng és oltóanyagsugár áramlási irányának és áramlási sebességének lényeges megváltoztatásával jár. A kölcsönhatás közben képződött füst, korom, vízgőz, és az égő anyagból letördelt vagy abból felvert szemcsézett anyagok gomolyognak, szemmel nem láthatóan pedig a légtérben szétszórt, az oxidációs láncreakcióban, annak közbülső és mellékreakcióban képződött elemi részecskéi gomolyognak. Ebben az erő ütést megvalósító kölcsönhatásban az oxidációs láncreakció anyagi feltételeinek az oltóanyagsugár által kifejtett mechanikai hatásra bekövetkező szétlökődése, szétporlasztódása, szétfújódása és közben a légtérben való lefékeződése eredményezi az oltást.

### **Gyufa, gyertya, szikracsapó**

Az impulzusoltás mechanikai hatása érvényesül a gyufa vagy a gyertya lángjának az elfújásakor, és ha az oltás első fújásra nem sikerül, akkor egy második, nagyobb, erőteljesebb - ezért nagyobb impulzust kifejtő - fújást alkalmazunk a lángra. Ugyan ilyen impulzushatást kell kifejtteni nagyban a célszerűen alakított és jól irányított oltóanyag sugárral is.

A tűzoltói gyakorlatban használt eszköz a szikracsapó. Ezek kizárólag az impulzus jellegű ütőhatásukkal végzik az oltást.

A tűzesetknél a sikeres oltás érdekében szükséges, hogy az oltóanyag mozgásmennyisége haladjon meg az égő anyag lángjának a mozgás-mennyiségét.

Az égő anyag, ill. a mozgásmennyisége minden tűzesetnél külön-külön a helyszínen alakul ki és folyamatosan változik az égő anyag mennyiségének termikus

bomlási tulajdonságainak, valamint az égést kísérő gázcsere feltételeinek függvényében. E változási folyamatban kell megtalálni és elérni azt az oltóanyag impulzust, melynek hatására az oltás bekövetkezik.

### **Az oltóimpulzus növelése**

Az oltóanyag mozgásmennyiségének növelése vagy

- az oltóanyag tömegének, vagy
- az oltóanyag áramlási sebességének

növelésével érhető el. Ha az oltóanyag víz, ami a kedvező oltóhatása mellett a járulékos károk fő okozója is, akkor belátható, hogy ennek tömegét növelni nem, kedvező. Növelhető viszont az oltóanyagként alkalmazott víz áramlási sebessége, melyhez nem kapcsolódnak káros utólagos hatások.

A sikeres impulzusoltás követelményei között figyelembe kell venni azt is, hogy az égő és az oltóanyagok mozgásmennyiségeinek a kölcsön hatásban - halmazaik egyesítésében - részvevő felületei legyenek közel egyenlők. Ez az oltó-anyagként alkalmazott vízszugár célszerű porlasztásával közelíthető meg.

A célszerű porlasztás közben (esetleg külső vagy segéd energia igénybevételével nagy vagy extra nagy nyomáson) kapják az apró vízcseppecskék a mozgásmennyiségük ugrásszerű emelkedését eredményező nagy sebességet, de akkor következik be a vízcseppecskék ionizálódása is. Lényeges, hogy az oltóanyag cseppecskék sebessége sokkal - kedvezően egy nagyságrenddel - nagyobb legyen, mint a lángban az oxidációs reakció terjedési sebessége, mert így az oltóanyag részecskéi - a deformációs munka részeként - mechanikus eltávolító hatást fejtenek ki a lángban lévő termikus bomlástermékekre és a lángba áramló levegő oxigén molekuláira egyaránt. Az oxidációs láncreakció elemeinek egymástól való mechanikus eltávolítása tulajdonképpen a láncreakció letörését, az oltást eredményezi.

Az oltóanyagsugár impulzusának növelésére alkalmazható olyan megoldás is, melynél az oltóanyag mennyiség és áramlási sebesség optimális arányainak megtartásával, pl. nagyobb méretű lövőke, vagy nagyobb teljesítményű porlasztófej használatával kerül nagyobb oltóimpulzus a lángba. Az oltóimpulzus növelésére ismert és alkalmazott megoldás a több porlasztott vízszugár egyidejű alkalmazása is.

### **Oltósugár és vektoralgebra**

Mivel a mozgásmennyiség vektor, ezért a mozgásmennyiségek kölcsönhatása a vektoralgebra alkalmazásával vizsgálható. Itt a vektoralgebra következő főbb szabályai kerülnek alkalmazásra: ( 10, 11.)

- A vektorok kölcsönhatása a vektorok összegezésének módszerével kerül ábrázolásra.

- A láng mozgásmennyiségének hatáspontja a láng súlypontjában - becslés alapján - a lángmagasság alsó harmadának vízszintes szintjén, annak geometriai középpontjába helyezve kerül ábrázolásra,
- A láng mozgásmennyisége - tapasztalati tények alapján - mindig függőlegesen fölfelé irányul,
- Az oltóanyag mozgásmennyiségének hatáspontja - az oltóanyag sugarának optimális irányításával - szintén a láng súlypontjába kerül - így kölcsönhatásuk a közös hatáspontból indulóan vizsgálható,
- Az oltóanyag sugarának iránya, és ebből adódóan mozgás-mennyiségének iránya is változó lehet, ezért célszerű különböző jellemző helyzeteknél fölülről lefelé és alulról fölfelé irányuló esetekben vizsgálni a hatást,
- A láng mozgásmennyiségének és az oltóanyagsugár mozgásmennyiségének kölcsönhatását az eredőként adódó impulzus vektor fejezi ki.

A fenti szabályok érvényesítésével a következő lapokon állandónak vett láng mozgásmennyiség ( $30 \frac{N}{\text{sec}}$ ) és ennek fele, ezzel egyező, és ennek másfélszeres nagyságú oltóanyag mozgásmennyiségének kölcsönhatása van ábrázolva az oltóanyag mozgásmennyiségének felülről  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  és  $30^\circ$ , majd  $0^\circ$ , alulról  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ , és  $30^\circ$  irányultsága esetén.

### **Oltási irány és hatékonyság**

A grafikus ábrázolások kiértékeléseként a következő megállapítások fogalmazhatók meg:

Az oltóanyagsugár impulzus jellegű alkalmazása és hatása meghatározóan irányérzékeny oltási eljárás. Ez a körülmény az oltás céljából halmazaik egyesítésére irányított vektorok lényegéből adódik. Az irányérzékenység szempontjából két alapvető helyzetet kell megkülönböztetni:

- a felülről lefelé és
- az alulról fölfelé

irányított oltóanyagsugár hatására bekövetkező helyzetet.

A lángra, annak súlypontja *fölötti szintről lefelé irányított oltóanyagsugár* vektora mindig felbontható egy, a lánggal szembe, így azzal ellenáramba irányuló, és egy erre merőleges vektorra. Az ellenáramba irányuló oltóvektor nagysága határozza meg, hogy láng vektorából mekkora csökkenés jön létre a kölcsönható anyagok anyagi minőségének és áramlási sebességének megváltoztatásával. Az ellenáramú vektorra merőleges komponens nagysága a mozgásirány változtató hatás mértékét jeleníti meg.

A lángra, annak *súlypontja alatti szintről fölfelé irányított oltóanyagsugár* hatásának vizsgálata előtt meg kell állapítani, hogy a mindennapi gyakorlatban ilyen oltási mód éghető folyadékoknál szinte kizárható, az éghető

szilárdanyagok tüzeinél is csak minden más kedvezőbb helyzetű oltási lehetőség kizáródása esetén kerül alkalmazásra. A tapasztalatok szerint ilyenkor csak a visszahulló égő és oltó anyagok alól kivont helyzetű, nagy ütőerejű sugár eredményezhet oltást. Ezt erősítik meg a vektorok kölcsönhatását tükröző ábrások is. (Lásd 11/a, b, c oldalak)

*Az alulról fölfelé irányuló oltóanyagsugár* vektorának felbontása során nem képezhető a láng vektorával ellenáramba kerülő komponens, helyette a láng vektorával azonos irányultságú komponens jelenik meg, ami, az eredő mozgásmennyiség növekedését eredményezi. A mozgásmennyiségek nullára alakulása helyett a kölcsönhatás közben képződött új anyagalmaz mozgásmennyisége nagyobb, mint a létrehozó anyagoké külön-külön. Ebben a helyzetben, az oltóanyag sugarában nagy sebességgel áramló anyagi részecskéknek a lángból az oxidációs láncreakció elemeit magukkal ragadó, azokat egymástól eltávolító, ezáltal az oxidációs láncreakciót letörő, megszakító hatása érvényesül az impulzus mechanikai oltóhatásaként. (Ennek a jelenségnek vektoralgebrai értelmezése még további vizsgálatot igénylő feladat.)

Az eredő vektor mutatja, hogy az impulzushatásra az égő és az oltóanyagból halmazaik egyesítésével képződött új anyagtömeg milyen új irányba ható és mekkora mértékű mozgásmennyiséget jelenít meg. Az eredővektor iránya a fölülről lefelé irányuló oltóanyagsugár esetén, ha az oltó impulzus a láng mozgásmennyiségénél kisebb vagy azzal egyenlő mértékű, akkor a közös hatásponthoz felfelé irányul, az eredő vektor nagysága pedig mindig kisebb a láng mozgásmennyiségénél. Az eredővektor iránya, ha az oltóimpulzus nagyobb a láng mozgásmennyiségénél, akkor a közös hatásponthoz alá irányulhat, ami az oltóvektor hatásának meghatározóvá válását, az oltás bekövetkezését mutatja. Az impulzusoltás már említett irányérzékenységét jól mutatja az, hogy a fölülről lefelé irányuló másfélszeres oltóimpulzus ellenáramú, majd  $60^\circ$  és  $45^\circ$ -os irányultságnál oltást mutat, de  $30^\circ$ -nál már nem.

### **Meghatározó impulzushatást!**

Minden oltóanyagsugár érvényesít impulzushatást, ami azonban - a turbó hajtóműves és a korszerű porlasztás egyes eseteinek kivételével - nem meghatározó. Ma viszont a gyors lángoltás, azaz a gyors lefeketítés elérése céljából az impulzushatást kell meghatározóvá tenni.

A vízzel történő impulzusoltás összegezéséként megállapítható, hogy abban:

- mechanikai lényegű, az oltóanyagsugár impulzusa által kifejtett oltó-hatás,
- fizikai-kémiai lényegű - az oltóanyagsugár porlasztott, ezért ionizálódott vize által kifejtett polifunkciós oltóhatás egyidejű érvényesülése valósul meg.

A két hatás egymást erősítő és egymást kiegészítő érvényesülése az, ami a gyakorlatban a látványosan és meglepően gyors oltást eredményezi.

### **Lángleszakítás**

A tűzoltások során csak ritkán fordul elő, hogy a tűzoltó sugár impulzusa és hatásfelülete nagyobb legyen a láng impulzusánál és hatásfelületénél. Ilyenkor a láng leszakítás módszere, vezethet eredményre. Ez azt jelenti, hogy egy lángfront szélétől kezdve felülről lefelé irányulóan a láng alsó harmadába irányított oltósugárral a helyi oltás bekövetkezése után lassan tovább vezetjük a sugarat a lángon. Ilyenkor a már lángmentes helyen az oxidációs láncreakció anyagi feltételei időlegesen már nem teljes körűek, bár még könnyen kiegészülhetnek, teljes körűekké válhatnak, amit az oltósugár gyors visszavezetésével újabb néhány másodpercre kizárhatunk. Az ilyen módon alkalmazott porsugárral a 15 másodpercen belül lefedhető láng még kellő biztonsággal oltható, de ha a lefeketítést ennyi időn belül nem tudjuk elérni, akkor az alkalmazott oltóanyag impulzussal és intenzitással az oltás már nem remélhető. Vagyis az *impulzusoltás követelmény szintje: 10 - 12, max. 15 másodpercen belül elérni a lefeketítést.*

### **Polifunkciós oltóhatás**

A vízzel történő impulzusoltása mai gyakorlatban a repülőtéren tűzoltószerkeken valósul meg a legmegközelítőbben. Itt az a cél, hogy a nagy nyomású (kb. 40 at.) porlasztott vízsugarakkal rövid időn belül lángmentessé tegyék - azaz lefeketítsék - a repülőgép környezetét, és az oltást habtakaróval véglegesítsék. Ebből a koncepcióból két lényeges és általánosítható tétel adódik:

- az impulzusoltás, a lefeketítés megtörténte után kötelező a végleges oltásról való gondoskodás,
- az ezred milliméter nagyságú szemcsékre porlasztott vízsugár alkalmas több centiméter rétegvastagságú ásványolaj termékek - köztük az un. fehérárak mint a kerozin - lángjának oltására is.

Az utóbbi években impulzusoltó megnevezéssel kereskedelmi forgalomba került eszközök nem érdemtelenül kapták meg ezt a megnevezést. A tudomány ezt az irányzatot igazolja. A fejlesztéseknél azonban figyelembe kell venni, hogy az oltóanyag sugara által kifejtett impulzus a sugárképből látható széttartás és lassulás miatt a távolságtól is függő mértékben érvényesül. Külön kell szólni az impulzusoltás alkalmazásakor elérhető rendkívül nagy vízigény csökkenéséről, és az utólagos vízkár minimalizálódásáról.

### **Változtatási javaslatok az új tűzoltó technikához és technológiához**

Az ionizált vízzel oltásról és az impulzusoltásról megfogalmazott gondolatok kifejtése után vizsgálnunk kell a tűzoltó szakma alapvető ismereteit, magatartási szabályait és cselekvési kötelezettségeit.

## XX. századi elvek vizsgálata

Még ma is a tűzoltó alapképzés kihagyhatatlan ismeret anyagát képezik nagyszerű elődeink által megfogalmazott tételek. Ezek közül témánkhoz kapcsolódóan vizsgálat tárgyává kell tenni:

- A legáltalánosabban használt oltóanyag a víz, melynek sugara tűzoltáskor:
  - ütő,
  - hűtő,
  - takaró hatást fejt ki.
- A sugárvezetőnek tűzoltáskor:
  - közvetlen közletről,
  - egyenlő magasságból,
  - erőteljes sugárral kell támadni a tűz fészket.

A XX. század első negyedéből datálható tételek értékelése előtt meg kell állapítani, hogy a kor tudományos-technikai színvonalán kifejlesztett és alkalmazott tűzoltó technikát és technológiát jellemző kötött vízsugárral végzett tűzoltásra vonatkoznak. Első benyomásként ma is a lényegét kifejezőnek, ezért érvényesnek tarthatjuk a tételeket.

Napjainkban a tűzvédelem és a gazdaság területén bekövetkező változások a „klasszikus” tűzoltói tételek korszerűsítésére és továbbfejlesztésére ösztönöznek.

## Új szerepben az ütőhatás

A korábbi módszerek ismeretében nem meglepő, hogy a vízsugár oltóhatásai közül első helyen szerepel a vízsugár által kifejtett ütőhatás. Ilyen értelemben szerepel a sugárvezető feladatai között is: erőteljes sugárral kell támadnia a tűz fészket.

Ma már pontosabban fogalmaztatja meg az élet a követelményt: másodpercekre terjedő időtartam alatt lángmentesíteni kell az égő repülőgép környezetét, azon belül pedig a menekülési és mentési útvonalakat. Ilyenkor nincs idő a tűzfészek keresésére, ilyenkor a lángot kell eloltani és távol tartani. Erre a célra fejlesztették ki a technikai eszközöket amelyekkel erőütést kifejtő azaz impulzus oltást lehet megvalósítani. Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy *az impulzus oltás sugarát nem a tűzfészekre, hanem a láng alsó harmadába kell irányítani*, és a láng, valamint a tűzoltóanyag halmazainak egyesítésével így kell a láng leszakítását, az oltást elérni. Nem gyors, de mégis látványos a fejlődés az ütőhatás kifejtésének tartalmi változásában a nyers erőn alapuló szétverő

módszertől a tűzfészekre irányított vízszugáron át a lángra kifejtett oltóimpulzusig. Az oltóanyag impulzusának előtérbe helyezése és tudatos érvényesítése az ütőhatás alkalmazásában még több, eddig rejtett lehetőség megvalósulását eredményezheti.

### **Tudatosan alakított hűtőhatás**

Az oltósugár hűtőhatása nem csak a víz páratlanul magas fajhőjéből és párolgási hőjéből adódik, hanem a kötöttségkor porlasztásakor keletkező több nagyságrenddel megnövelt oltóanyag-felület hő átadási kölcsönhatást gyorsító hatásából is. *A felgyorsult hőcsere a vízgőzzé alakulását expansziószerűvé teszi,* ami a gyorsabb hűtésen túl a keletkezett **vízgőz kisorsító hatásának érvényesítésével erősíti** az oltás hatékonyságának növelésére irányuló törekvéseket. A műszaki tudományok új felismeréseit felhasználva jutunk az ionizált vízzel történő tűzoltás területére. Ebben a folyamatban a víz porlasztásakor a víz részecskék megjelenése eredményezi a rekombinációs és a vegyületképző - lényegükben oxidációs reakciólánc letörő, ezért lehűtést eredményező - oltóhatások érvényesülését. Mindezek az egyszerű, a fajhőre és a párolgási hőre alapozott hűtőhatás értelmét és tartalmát lényegesen elmélyítik, kiterjesztik, és tudatosan alakíthatóvá teszik.

### **Takaró hatás**

A takaró hatás létrehozása azt jelentette, hogy ilyen módon kell megakadályozni az égő anyagból lángképződésre alkalmas bomlástermékeknek a lángtérbe kerülését, és megakadályozni a lángnak az égő anyagra történő visszasugárzását, melynek hatására a láng fenntartására alkalmas bomlástermékek keletkeznek és áramlanak a lángba. Ezt a takaró hatást az égő anyag felületének elvizesítésével az égő anyag felületén szétfolyó víz összefüggő rétegével tartották elérhetőnek és megvalósíthatónak. A takaró hatást tehát a felületen szétfolyó vízfilm és a szétfolyó víz által telített, ilyen módon az égés táplálására alkalmatlanná tett felületi réteg képezi. Ez a gondolat ma is helytálló, az esetenként szükséges módosításokkal. Ilyen lehet pl. a nedvesítő adalékanyag alkalmazása, mellyel mint különösen hatékony eljárással még kell foglalkozni.



Kicsi, gyors, hatékony

### Milyen távolságból oltunk?

A régi szabály: A sugárvezetőnek a sugarával - az ütőhatás jobb érvényesülése céljából - *közvetlen közélről kell támadnia a tűz fészket*. Ugyanakkor: a porlasztott vízsugár impulzusa és ionizáltságának mértéke a sugárban repülő anyag széttartása, a sugárkép tágulása, a cseppecskék lassulása miatt egyaránt távolság függő, a sugártáv növekedésével mindkettő csökken. Ebből eredően a nagyobb impulzus és nagyobb ionizáltság érvényesítése, a tűzhöz közeli oltási helyzetet kíván meg. A lángoltás viszont a láng és az oltóanyag halmazainak egyesítéséből adódik, ami a hatásfelületek egyenlőségét, kedvezőbb esetben az oltóanyag javára történő eltolódását kívánja meg. Az oltósugár hatásfelületének kialakulása viszont távolságot kíván, melynek növekedésével csökken az impulzus és csökken az ionizáltságból adódó hatás is. Ezen egymást ellentétesen változtató hatások között kell megtalálni az oltást eredményező optimális helyet és távolságot. A közvetlen közélről megfogalmazás helyett a sokkal határozatlanabb és rugalmasabb követelményt kell teljesítenie a ***hatásfelületek egyenlőségét megközelítő távolságból kell támadni a lángot, és az annak alsó harmadába irányított sugárral végezni az oltást, a láng leszakítást.***



## Honnan oltsunk?

A régi szabály: A sugárvezetőnek *a tűzfészekkel egyenlő magasságból kell végezni az oltást*. Az impulzusoltásról kifejtettek szerint az impulzusoltásra, ezért *lángoltásra exponált sugárral viszont fölülről lefelé irányulóan kell végezni az oltást*. Ebben nem csak a tűzfészek fölötti, hanem a láng alsó harmada fölötti és ezt mennél jobban meghaladó szintet kell érteni, és elérni. Ez a leglényegesebb a régóta hatályos, ezért mélyen beidegződött gyakorlattól eltérő új követelmény, melynek elérésére mélyreható és nagyon intenzív tudat és gyakorlatformáló tevékenységet kell kifejteni. Hiába való a korszerű technika, ha szakszerűtlen használat miatt nem érvényesíthető a hatékonysága. A sugárral a láng fölé kerülés elérése céljából - más helyszíni adottság vagy lehetőség hiányában - ma a támasztó létráról vagy állványlétráról való sugárvezetés látszik a legelérhetőbbnek. Példaként említem, hogy a tűzoltó tömlők külső felületi mosását, vagy az úttesten szétfolyt szennyező anyag eltávolítását a vállára emelt tömlővel, ezáltal felülről érkező sugárral végezte a hatékonyabb alkalmazásra törekvő tűzoltó.

Az erőteljes sugárral történő oltási követelmény értelme és tartalma a sugár ütőhatásának tárgyalásakor már részletezésre került, ezért itt azok megisméltése szükségtelen. Szükséges azonban az új szemlélet elsajátítása.

Lantos Sándor okl. gépészmérnök, ny. tű. alezredes

## Irodalom jegyzék

1. Magyar Értelmező Kéziszótár.  
Akadémiai Kiadó Budapest 1975.
2. Forgách Géza: Tüzek és tűzoltó anyagok.  
Magyar Tűzoltó Budapest, 1969.
3. Feynman: Mai fizika 1. és 4.  
Műszaki Könyvkiadó Budapest. 1969.
4. P. G. Demidov: Az égés.  
Fővárosi Nyomdaipari Vállalat Budapest, 1970.
5. Dr. Fekete Dénes: Égéselmélet I.  
Tankönyvkiadó Budapest, 1983.
6. N.N. Lavrov – A. P. Surügin: Az égés és gázosításelmélet alapjai.  
Műszaki Könyvkiadó Budapest 1965.
7. Lantos Sándor: Gondolatok az ionok égés és tűzoltástechnikai szerepéről.  
Tűzvédelem. Budapest, 1971.
8. Blahó István: Gyógyító ionok.  
Élet és Tudomány. Budapest. 1970. 40. szám
9. Dr. Szalay Béla: Fizika  
Műszaki Könyvkiadó. Budapest 1970.

10. Obádovics J. Gyula: Matematika.  
Tankönyvkiadó. Budapest 1978.
11. Budó Ágoston: Mechanika.  
Tankönyvkiadó. Budapest 1951.
12. Akadémiai kislexikon II.  
Akadémiai kiadó. Budapest 1994.
13. Műszaki Lexikon II.  
Akadémiai Kiadó. Budapest 1972.

A láng és a porlasztott vízszugár kölcsönhatásában résztvevő vízcseppek összesített felületének növekedési mutatója az 1 l. térfogatú gömbalakú vízcsepp felületéhez viszonyítva

$F$  = az 1 l. gömbalakú vízcsepp felülete =  $48359 \text{ mm}^2$

$F'$  = a tized mm  $\varnothing$  gömbalakú vízcseppek összesített felületének  $\frac{F'}{F}$  szerinti növekedésének mutatója:

adatok: 137-1240-szeres között

$F''$  = a század mm  $\varnothing$  gömbalakú vízcseppek összesített felületének  $\frac{F''}{F}$  szerinti növekedésének mutatója:

adatok: 1378 – 12407-szeres között

$F'''$  = az ezred mm  $\varnothing$  gömbalakú vízcseppek összesített felületének  $\frac{F'''}{F}$  szerinti növekedésének mutatója:

adatok 13785 – 124070-szeres között.

$F$ d $\varnothing$	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F'$	137	155	177	206	248	310	413	620	1240
$F''$	1378	1550	1772	2067	2483	3102	4138	6203	12407
$F'''$	13785	15508	17724	20679	24830	31023	41386	62035	124070

