

Napjainkban az emberek gyakran kerülhetnek felhasználóként, megrendelőként vagy csak egyszerűen nézőként kapcsolatba a tűzijátékok során felhasználásra kerülő pirotechnikai anyagokkal. Ezek a „találkozások” az élményen túl számos veszélyforrást is jelentenek, ha az emberek nem ismerik vagy, ha ismerik is, de nem tartják be a biztonsági előírásokat. Ezeknek az előírásoknak a figyelmen kívül hagyása baleseteket okozhat, veszélyeztetheti a saját vagy más emberek testi épségét. A tanulmány célja bemutatni, hogy ha a már meglévő, megfelelő jogi szabályozás, megfelelő tájékoztatás és megfelelő felügyelet mellett, a biztonsági előírásokat betartva használjuk fel ezeket a termékeket, akkor a balesetek kockázata a minimálisra csökkenthető, elkerülhető. A cikksorozat első részében a szerzők áttekintik a pirotechnikai termékek és tevékenységek veszélyességi jellemzőit, majd a második részben a pirotechnikai termékek működtetésének és üzemeltetésének biztonsági kérdéseivel foglalkoznak.

**Kulcsszavak:** iparbiztonság, robbanóanyag, veszélyes üzem, pirotechnikai termék

---

## A tűzijátékok készítésének történeti áttekintése

---

A rendszerváltás után a számos új szolgáltatási ág között megjelentek a tűzijáték-szolgáltatással foglalkozó vállalkozások. A folyamatos marketingtevékenység hatására az emberek igénye is növekedett a tűzijátékok iránt. Mára elmondhatjuk, hogy szinte nincs olyan település az országban, ahol évente egyszer ne lenne tűzijáték. Ugyancsak elterjedt az a szokás is, hogy különböző családi események fényét tűzijátékkal emelik.

A pirotechnika teljes tevékenysége a kutatás, a fejlesztés, a gyártás és a szolgáltatás vagy felhasználás. Az iparágak közül a legősibbek közé tartozók egyike. Egyes kutatások szerint időszámításunk előtt több száz évvel a kínaiak már használtak feketelőporral töltött bambuszrudakat, melyeket meggyújtva füst és durranás volt tapasztalható. Ezeket elsősorban szelleműzésre használták. Feltalálásának és használatának ideje egybeesik a feketelőpor alkalmazásával.

A pirotechnika szó a görög „pürosz” (tűz) és „techne” (mesterség, szakértelem) szavakból származik, és röviden a tűz létesítésének és szabályozásának a mestersége.

Az első európai gyárak Münchenben (Németország), Velencében (Olaszország), majd Angliában jelentek meg. Hazánkban az első üzemet a XX. század elején Emmerling Adolf alapította Pesterzsébeten, melyet 1946-ban államosítottak, később Balatonfűzfőre költöztették.

Európában a reneszánsz idején jelent meg a tűzijáték. Eleinte csak egyházi személyek kiváltsága volt. A feljegyzések szerint Magyarországon először Mátyás király esküvőjén tartottak tűzijátékot 1476-ban, majd 1686-ban Budavár visszafoglalásánál. A II. világháború után a tűzijáték is állami monopóliummá vált, és évente egy-két alkalommal (április 4-én, augusztus 20-án) rendeztek ilyen alkalmakat. [1]

---

## Pirotechnikai termékekkel foglalkozó veszélyes tevékenységek hazánkban

---

A robbanóanyag-ipari és pirotechnikai veszélyes tevékenységek hazánkban az egyik fő, az iparbiztonsági hatóság által is ellenőrzött veszélyforrást jelentik. A veszélyes anyaggal foglalkozó és küszöbérték alatti veszélyes üzemnek minősülő telephelyek száma hazánkban – a BM OKF adatai alapján – jelenleg 17. A fentiekben említett veszélyes ipari üzemek tevékenységei jelentősen eltérnek egymástól. Található köztük ipari robbanóanyagot gyártó és raktározó üzem, lőporgyár, vadászlőszert és pirotechnikai termékeket gyártó üzem, tűzijátékraktár, haditechnikai eszközöket szétszerelő és hasznosító üzem stb.

Az egyre bővülő iparági paletta kiterjedését jól szemlélteti a pirotechnikai termékekkel kapcsolatos cégek megjelenése, ezeknek a BM OKF nyilvános honlapjáról letöltött adatait az 1. számú táblázat tartalmazza.

Az iparágban gyártott és tárolt veszélyes anyagok elég sokrétűek, hiszen a gyártók, illetve raktározók a mindenkori igényekhez igazítják a termékpalettájukat. Emiatt nehéz pontosan meghatározni a veszélyes anyagok körét. Az iparággal foglalkozó jogi szabályozásban különféle csoportosítási módszereket alkalmaznak.

Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (13/2010. [III. 4.] KHEM rendelet) és a polgári célú pirotechnikai tevékenységek felügyeletéről szóló 173/2011. (VIII. 24.) kormányrendelet tartalmazzák a robbanóanyagok, valamint a pirotechnikai termékek besorolására vonatkozó meghatározásokat.

Üzem megnevezése	Megye	Üzem státusza	Székhely település
Austin Powder Hungary Kft.	Baranya	Alsó küszöbértékű üzem	Tatabánya
Novexplo Robbantástechnikai Kft.	Baranya	Alsó küszöbértékű üzem	Tatabánya
Mikerobb Kft.	BAZ	Alsó küszöbértékű üzem	Miskolc
Detonet Kft.	BAZ	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Miskolc
PYRO-BÁN Pyrotechnikai Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.	Budapest	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Budapest
Tarnóca Kőbánya Kft.	Heves	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Törökbálint
OMYA Kft.	Heves	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Eger
RUAG Ammotec Magyarország Zrt.	Heves	Felső küszöbértékű üzem	Sirok
Novexplo Robbantástechnikai Kft.	Komárom-Esztergom	Alsó küszöbértékű üzem	Tatabánya
Austin Powder Kft.	Komárom-Esztergom	Felső küszöbértékű üzem	Tatabánya
Austin Powder Kft.	Veszprém	Felső küszöbértékű üzem	Tatabánya
Maxam-Magyarország Kft.	Veszprém	Felső küszöbértékű üzem	Berhida
Crescom Kft.	Veszprém	Felső küszöbértékű üzem	Balatonfűzfő
Haltech Kft.	Veszprém	Felső küszöbértékű üzem	Balatonfűzfő
Hirtenberger Automative Safety Hungary Bt.	Veszprém	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Pápa
Piro-Team Kft.	Veszprém	SKET-re kötelezett küszöbérték alatti üzem	Berhida

1. táblázat: Robbanóanyag-ipari és pirotechnikai tevékenységek Magyarországon (forrás: BM OKF)

A Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló európai megállapodás (a továbbiakban: ADR) az alábbi csoportosítást adja az 1. osztály, azaz a robbanóanyagok és -tárgyak tekintetében:

„Az 1. osztály fogalmkörébe tartozó anyagok:

a) *Robbanóanyagok: szilárd vagy folyékony halmazállapotú anyagok vagy keverékek,*

*amelyek kémiai reakció révén képesek arra, hogy olyan sebességgel fejlesszenek gázt, ami elegendő hőmérsékletű és akkora nyomáshullámot hoz létre, hogy a környezetében károsodást idéz elő. Pirotechnikai anyagok: anyagok vagy keverékek, amelyeknek az a rendeltetése, hogy robbanás nélküli, önfenntartó exoterm kémiai reakció révén hőt fejlesszenek, fényt keltsenek, hanghatást váltsanak ki, gázt vagy füstöt fejlesszenek, vagy e hatások valamilyen kombinációját fejtsék ki.*

- b) Robbanótárgyak: olyan tárgyak, amelyek egy vagy több robbanóanyagot vagy pirotechnikai anyagokat tartalmaznak.*
- c) Azok az előzőekben nem említett anyagok és tárgyak, amelyek arra a célra készültek, hogy gyakorlati hatásukat robbanás vagy pirotechnikai jelenség formájában fejtsék ki.” [2]*

Az ADR az 1. osztályba tartozó veszélyes árukat 6 alosztályba (1.1–1.6) és 13 összeférhetőségi csoportba (A–S) sorolja. Általánosságban elmondható, hogy a tűzijátéktermékek az 1.3G vagy az 1.4G ADR alosztályú csoportokba tartoznak.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) kormányrendelet pedig az alábbi meghatározást adja a jogszabály hatálya alá tartozás megállapítására szolgáló „Üzemazonosítás” című mellékletében:

*„4. veszélyességi osztály: robbanóanyagok és készítmények [ahol az anyag, a készítmény vagy a termék a 2. számú megjegyzés szerint az ADR 1.4 alosztályába tartozik].*

*5. veszélyességi osztály: robbanóanyagok és készítmények [ahol az anyag, a készítmény vagy termék a 2. számú megjegyzés szerint az ADR 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6 alosztályába vagy az R2, R3 kockázatot jelző mondat bármelyike alá tartozik].”*

A rendelet megadja a „robbanóanyag” fogalmát is, amely a következő:

*„Robbanóanyag alatt értendő*

- a) olyan anyagok vagy készítmények, amelyek ütés, súrlódás, tűz vagy egyéb gyújtóforrás hatására robbanást okozhatnak (R2 kockázatot jelző mondat),*
- b) olyan anyagok vagy készítmények, amelyeknél ütés, súrlódás, tűz vagy egyéb gyújtóforrás rendkívüli mértékben növeli a robbanásveszélyt (R3 kockázatot jelző mondat), vagy*
- c) olyan anyagok, készítmények vagy tárgyak, amelyek az ADR 1. osztályába tartoznak.” [2]*

A definíció kiterjed a pirotechnikai anyagokra is, amelyek az irányelv alkalmazása szempontjából olyan anyagok (vagy anyagok keverékei), amelyeket hő-, fény-, hang-, gáz- vagy füst hatás vagy ezek kombinációjának előidézésére hoztak létre. Ez a hatás önfenntartó, hőtermelő vegyi reakció útján keletkezik. Amennyiben valamely anyagra vagy készítményre mind az ADR, mind pedig az R2, illetőleg R3 kockázatot jelző mondat szerinti besorolás alkalmazható, abban az esetben az ADR szerinti osztályozás elsőbbséget élvez az R-mondat szerinti besorolással szemben. Az 1. osztályba tartozó anyagok és tárgyak az ADR osztályozási alapelveinek megfelelően sorolandók be az 1.1–1.6 alosztályok egyikébe.

E meghatározás magában foglalja a tárgyakba töltött robbanó- vagy pirotechnikai anyagokat, illetőleg készítményeket is. Robbanó- vagy pirotechnikai anyagokat, illetőleg készítményeket tartalmazó tárgyak esetében, amennyiben a tárgyba töltött anyag vagy készítmény mennyisége ismert, akkor azt a mennyiséget kell e rendelet alkalmazása céljából figyelembe venni. Amennyiben a mennyiség nem ismert, akkor e rendelet alkalmazása céljából az egész tárgyat robbanóanyagként kell tekinteni. [3]

A 155/2003. (X. 1.) kormányrendelet, majd az ezt felváltó, a polgári célú pirotechnikai tevékenységekről szóló 173/2011. (VIII. 24.) kormányrendelet hatályba lépése óta az emberek az év bizonyos szakában saját felhasználásra is megvásárolhatják a pirotechnikai termékek egy részét. Ez a jogszabályi változás egy valós igényt elégített ki, igazodva ezzel az Európában már meglévő szabályozáshoz.

A továbbiakban a pirotechnikai anyagokat, termékeket, a felhasználáshoz szükséges eszközöket, ezek biztonságát, a pirotechnikai anyagok kezelését, szállítását, működtetését és a fel nem robbant anyagok kezelését tárgyaljuk.

---

## A pirotechnikai termékek veszélyessége

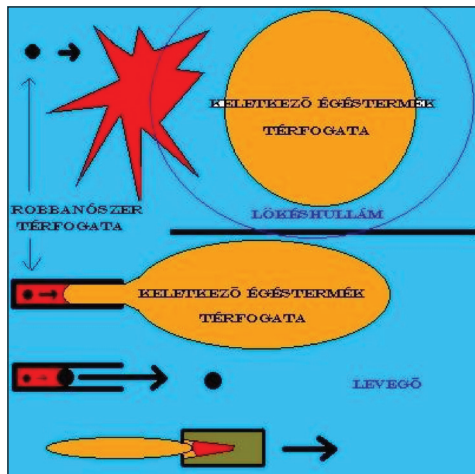
---

A pirotechnikai termékek általi veszélyeztetés meghatározásához alapvetően fontos, hogy a tűz keletkezésének feltételeit ismerjük, és ennek segítségével tisztában legyünk és felismerjük a lehetséges tűz- és robbanásveszélyes helyzeteket. Tűznek nevezzük azt az égési folyamatot, amely veszélyt jelent az életre, a testi épségre vagy az anyagi javakra, illetve azokban károsodást okoz. Ahhoz, hogy a tűz létrejöhessen, szükség van éghető anyagra, égést tápláló oxigénre és az anyagra jellemző gyulladási hőmérsékletre. E kritériumoknak egy térben és egy időben kell jelen lenniük, hogy az égés bekövetkezhesen. Ezt az általános feltételrendszert a gyakorlati tapasztalatok alapján pontosítani kell. Hiába van éghető anyag, ha azt nem lehet meggyújtani, mert nincs megfelelő koncentrációban. Így például az éghető gázok, folyadékok, gőzök, egyéb porok az alsó éghetőségi határ alatti, illetve a felső éghetőségi határkoncentrációban már nem égnek.

Kísérlettel bizonyított tény, hogy egy 4-5 cm vastag gyalult deszkát nem lehet meggyújtani egy szál gyufával, pedig mind az éghető anyag, mind a gyújtási hőmérséklet, mind pedig az oxigén együttesen jelen van. Ha azonban a gyufaszál leégési ideje többszörös lenne, akkor a láng elég sokáig érné a deszkát ahhoz, hogy annak meggyulladására bekövetkezzék. Tehát a gyújtási energiát megfelelő ideig kell biztosítani ahhoz, hogy az égés feltételei kialakuljanak. Az oxigénszükséglet terén végzett kísérletek igazolták, hogy egyes anyagok égése 15 térfogatszázalék alatt megszűnik. Vannak olyan anyagok is, melyek redukció révén más vegyületekből oxigént szabadítanak fel, így égésükhöz külön oxigén nem szükséges.

Összefoglalva, az égés feltételei a következők:

- éghető anyag megfelelő koncentrációban;
- oxigén megfelelő térfogatszázalékban;
- legalább a minimális gyújtási energia, a szükséges ideig biztosítva;
- a fentebb felsoroltak együttes jelenléte térben és időben.



1. ábra: Az égés és robbanás folyamata [4]

A robbanás az égés sajátos formája (lásd 1. ábra). A robbanás az éghető anyag nagysebességű hőtermelő reakciója, ami levegő közrehatása nélkül is szétterjed, nagy tömegű gázt termel és térfogatát rövid idő alatt, nagy sebességgel megsokszorozza. [4]

Más megközelítésből robbanásnak nevezük az anyagrendszer rendkívül gyors átalakulásának folyamatát, amelynek során az energia a környezetnek hő, fény és kinetikai energia (kompresszáció) formájában adódik át.

A kémiai robbanáskor a robbanás „erejét” típusát további 3 részre oszthatjuk, amit a robbanószerek égési sebessége határoz meg:

- Gyors égés, ami a pirotechnikai keverékekre jellemző. Itt néhány mm/s-tól 100 m/s-ig terjedő sebességről beszélünk, amely még távol áll a robbanástól, a terjedés hőátadás útján valósul meg. Az égési sebességet nagyban befolyásolja a nyomás: ha emelkedik a nyomás, emelkedik az égési sebesség.
- Robbanás. Ez az LE kategóriás (Low Explosive) robbanószerekre, lőporokra jellemző. A sebesség itt 100 m/s-tól 1500 m/s-ig terjedhet.
- Detonáció, ami a HE (High Explosive) kategóriás robbanószerekre jellemző, ezek sebessége 1500 m/s és 10 000 m/s közé tehető.

Az égés, a robbanás és a detonáció átmehetnek egymásba. [5]

A fentiek értelmében első lépésként tisztázni szükséges, hogy mi is a robbanószert. Robbanószert az a vegyület vagy keverék, amelynek gyors bomlásakor vagy égésekor nagy mennyiségű hő felszabadulásával járó, önmagától terjedő kémiai átalakulás történik. Ha, mondjuk, meggyújtunk egy darab szenet, annak égése csak egy dologban tér el a fent említettettől, mégpedig a reakció sebességében. 1 kg szén levegőn való elégetésével több energiát nyerünk, mint ha az a szén a puskaporban égne el. A robbanószert gyors bomlásakor vagy égésekor az energia nagyon rövid idő alatt keletkezik, és ez miatt sokkal koncentráltabb is; ez az energia ilyen formában már elég lehet, hogy legyőzze a robbantani kívánt anyag, közeg ellenállását, és ezzel hasznos munkát végezzen.

A robbanásban keletkező energia formái: hőenergia, fényenergia és kinetikai energia (a gáz tágulása és kompresszációja révén).

A robbanószerek esetében nagyon fontos, hogy az oxigén és az éghető anyag közel kerüljenek egymáshoz, és hogy elég nagy felületen érintkezzenek egymással. A puszkaporban a szén el van keverve az oxigénnel, csak hogy ez az oxigén nem elemi formában van jelen, mint a gázkeverék esetében, hanem vegyileg kötött formában van a keverékben!

Robbanóanyag-ipari és pirotechnikai üzemek esetén alapvetően kétféle súlyos baleseti eseménysor fordulhat elő. Az egyik, hogy valamilyen égés következik be, a másik természetesen a robbanás. Hatásterületét tekintve nyilvánvaló, hogy a robbanás lényegesen nagyobb távolságokra fejti ki a hatását, mint a tűz. Ennek megfelelően a robbanóanyaggal és pirotechnikával foglalkozó veszélyes ipari üzemek esetében a robbanás mint súlyos baleseti eseménysor a jellemző. [5]

A robbanás káros hatásai az alábbiak:

- a) Romboló hatás: a robbanás közvetlen környezetének szétroncsolásában jelentkezik, maradé deformációt okoz.
- b) Detonáció-átadás: a felrobbanó robbanóanyag (aktív töltet) olyan áthatása egy másik robbanóanyagra (passzív töltetre), amelytől az felrobban.
- c) Légnyomás: a robbanás által létrehozott és a levegőben haladó ütőhullám frontjának nyomása, azaz az ütőhullám maximális nyomása.
- d) Szeizmikus hatás: a robbanóanyagok felrobbanásánál – főleg a talajszint alá telepített robbanóanyagok robbanásánál – felszabaduló energia egy része rugalmas hullámok (rezgések) formájában a talajon keresztül érvényesíti károsító hatását az építményekre.
- e) Repesz- (törmelék-) hatás: az épületszerkezeti elemek, berendezési tárgyak, szerelvények robbanás hatására történő szétszóródása és azok veszélyeztető (károsító) hatása.
- f) Robbanást követő gyújtóhatás: a robbanás közvetlen hőhatása és a repeszhatás következtében szétszórt, égő vagy felhevült anyagok, szerkezeti elemek által okozott gyújtóhatás.
- g) Biológiai hatás:
  - a robbanás hanghatása impulzus jellegű zaj formájában jelenik meg, amely a hallószerv károsodását idézheti elő;
  - a robbanás füsthatása – a felrobbanó robbanóanyagok fajtájától függően – a belőlük képződő mérgező hatású égéstermékek (pl. nehézfémgőzök, szén-monoxid, nitrózus gázok), valamint a szétroncsolt környezetből származó por belegzése útján egészségkárosodást okozhat;
  - a robbanás hőhatása – a magas (1500-3000 °C-os) láng hőmérséklet révén vagy hőszugárzás útján – égési sérüléseket okozhat;
  - a robbanást követő légnyomás és repeszhatás az élő szervezetek súlyos sérülését, végső soron pedig halálát okozhatja. [5]

## A pirotechnikában használt kémiai anyagok, elegyek

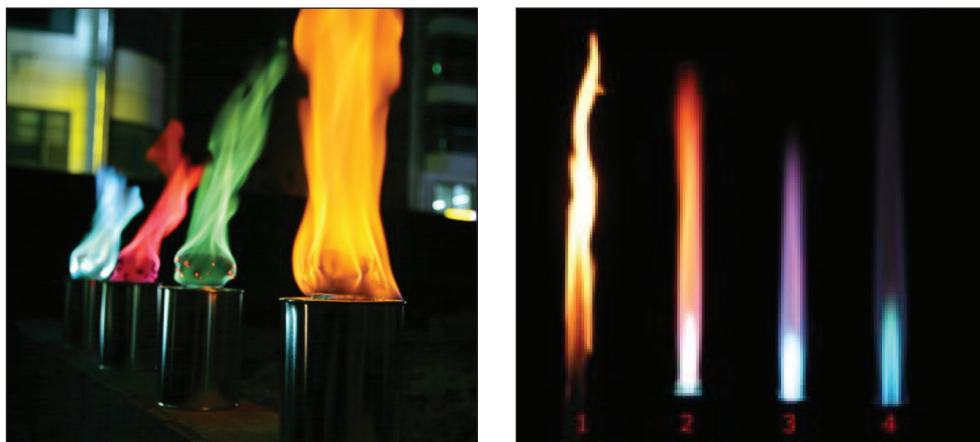
Szinte alig akad ember, aki ne gyönyörködne el egy tűzijáték szépségén. A felrobbanó töltetek gyönyörű, tiszta színnel világítanak, szikráznak. De vajon mitől világít egy láng zölden, kéken, vörösén? Egyáltalán: mitől világít maga a láng? A választ az égés folytán keletkező apró égéstermékek adják meg!

Az égés az esetek többségében nem zajlik le tökéletesen, vagyis maradnak elégtelen szén- vagy egyéb részecskék, amik aztán a magas hőmérsékleten felizzanak, és világítani kezdenek. A felizzás nem más, mint az atomok gerjesztése. Ez azt jelenti, hogy az atomok külső részén lévő elektronokat valamilyen hatás (ez esetben hőhatás) arra kényszeríti, hogy más keringési pályára álljanak az atommag körül, az atommaghoz közelebbi pályára. Ez viszont az elektronoknak nem jó, azok arra törekednek, hogy az atommagtól messzebbi, alacsonyabb keringési sebességű és energiájú pályára kerülhessenek. Ezért aztán, ahogy megszűnik a gerjesztés vagy az túl magas értéket ér el, az atomok mindent elkövetnek, hogy megszabaduljanak a fölösleges energiától. Ezt úgy érik el, hogy elektronjaik visszaállnak az eredeti pályára, és eközben az előzőleg felvett energiát leadják.

Az energia leadását rendszeri kisugárással érik el, ami lehet hőszugárzás, fény vagy nagy gerjesztés esetén mikrohullámú sugárzás. Ha az elektron az energia leadásakor foton formájában szabadul meg a fölös energiától, akkor fényt bocsát ki. Ha ennek a hullámhossza 380 és 760 nm közé esik, akkor azt már az emberi szem is érzékeli, ilyenkor tehát látható fényről beszélünk. Ha előlött van a hullámhossz, akkor infrafényről beszélünk, ilyenkor az atomok alig vannak gerjesztve. Ezt az infrafényt látják az éjjellátó készülékek és ilyet bocsát ki magából a meleg emberi test vagy a távirányító is. Az ez alatti tartományban ultraibolya, vagyis UV-fényről beszélünk. Minél forróbbak az atomok, annál rövidebb hullámhosszon sugároznak és annál több spektrumon bocsátanak ki sugárzást. Több millió Celsius-fokon a néhány atom, ami még létezik ilyen hőmérsékleten, már röntgen- és mikrohullámokat is kibocsáthat magából. A tűzijátékokban uralkodó hőmérséklet természetesen nem közelíti meg a Napét. Viszont néhány ezer fok is elég, hogy a visszamaradó részecskék sárgásan vagy éppen fehéren világítsanak. De a szénrészecskéknél még ennél is kevesebb kell, hogy sárgás fénnel világítsanak a benzin égésekor. Ha például tiszta alkoholt égetünk, annak lángja még sötétben sem látszik! Ugyan ez a helyzet a hidrogénnel. Ez azért van, mert égés közben nincs szilárd égéstermék, ami felizzhatna és világítana. [6]

A más-más atomokban különböző számú elektron van, így azok ugyanolyan gerjesztés mellett is más spektrumokon szabadulnak meg fölös energiájuktól. A fehér fény az összes látható fény spektrumát tartalmazza egyben. Egy atom minél jobban fel van melegítve, annál több spektrumon kezd sugározni (lásd 2. ábra). Azonban egyes atomok egy bizonyos spektrumon hatékonyabban szabadulnak meg az energiától, mint a többin. Ilyenkor a lángban ez a hullámhossz dominál, ezzel megváltoztatva a láng színét. Ez a tulajdonság





2. ábra: A pirotechnikában használt elegyek színei [6]

egy-egy anyagra jellemző, hogy a legkisebb jelenlétüket is ki lehet mutatni a színképelemzésből. Minden anyagnak megvan a saját színképe, de a legtöbbször a különbség olyan csekély, hogy az szabad szemmel nem észrevehető. A nátrium sárgás fénye vagy a réz zöld színe egyértelműen mutatja, hogy az adott atom mely hullámhosszon szabadul meg a leghatékonyabban a fölös energiától. Ezeket az atomokat próbálják „rávenni” a pirotechnikusok, hogy a lángban kiváló ionjaik az általuk kibocsátott fényel megadják annak színét. Ez nem könnyű feladat. Ha rézdrótot borszeszegő fölé tartunk, láthatjuk, hogy a láng zöldre színeződik. Ahogy viszont egyre forróbbak lesznek az ionok, azok a zöld fény mellett már kénytelenek más hullámhosszokon is egyre többet sugározni, míg végül a láng zöld színe egyre fakóbb lesz, majd végül sárgán kezd világítani. Ha a szál nem olvadna el, akár fehérizzásig is fel lehetne melegíteni. Ebből az derül ki, hogy a tűzijáték sokszor 3000 °C fokos lángja semmiképp nem világíthat zöld színnel, mert ilyen hőmérsékleten a zöld fény már nem annyira domináló, mint alacsonyabb hőmérsékleten. [6]

Ahhoz hogy szép egyszínű fényt kapjunk égés közben, 3 fő tényezőnek kell meglennie:

1. A megfelelő hatóanyagkeveréknek az adott hőmérséklet eléréséhez és tartásához.
2. A megfelelő összetételű hatóanyagnak, hogy az annak égése során keletkező ionok fénye ne legyen túlsúlyban a kívánt színnel szemben.
3. A színezéshez használt fém más anyagokkal való kombinációjának a szín mélyítéséhez és intenzitásának növeléséhez.

Ez utóbbit különböző fémsókkal, kloridokkal érik el. A klórnak különösen jó lángfestő képessége van, mert reakcióba lép a párolgó fémekkel, és például az így létrejövő rézklorid szinte kizárólag a zöld és a kék tartományban sugároz még magas hőmérsékleten is. Ilyen adalékanyag a PVC is, mivel égése közben lebomlik, és klór keletkezik. Ez akkor fontos, ha egy fém kloridja nagyon bomlékony vagy reakcióképes, és nem lehet tisztán felhasználni vagy előállítani.

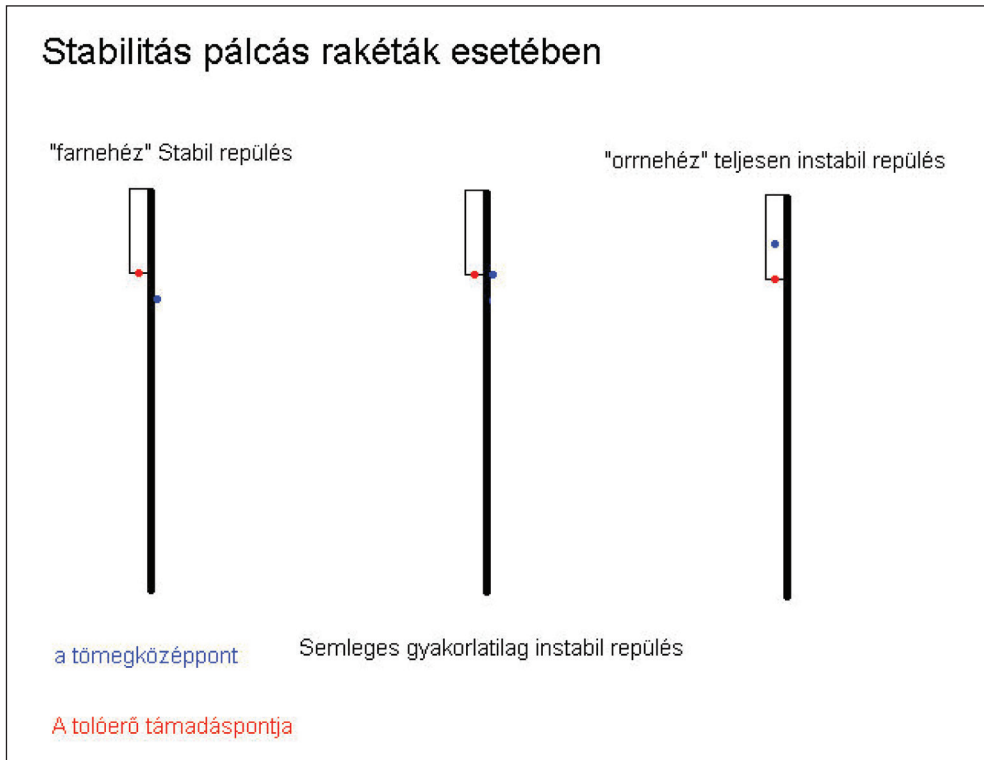
Elem	Szín	Hullámhossz (nm) kézi spektrométer	Megjegyzés
Lítium	kárminvörös	671; erős vörös	
Stroncium	kárminvörös	663, 675; két vörös vonal	
Kalcium	sárgászöld	620; narancsvörös 554; zöld	a stroncium lángfestése elfedheti
Réz	zöld	sok vonal	
Bór (BF <sub>3</sub> )	zöld		
Bárium	halványzöld	sok narancssárga 487; kék 514, 524, 535; zöld	
Nátrium	aranysárga	589 (erős)	mindent elfed
Kálium	fakóibolya	768; vörös 404; ibolya	
Rubídium	sötétvörös		
Cézium	kék		

2. táblázat: A pirotechnikában használt lángfestő anyagok [6]

## Tűzijátéktermékek felépítése, használatának biztonsága

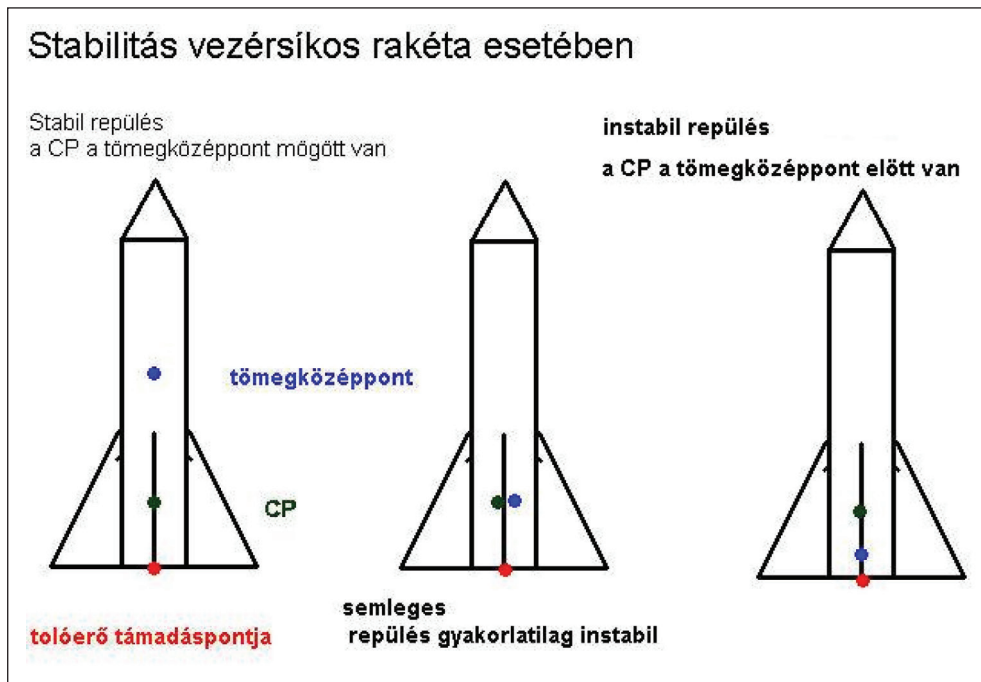
Tűzijáték-rakétát szinte mindenki látott már. Ezek a rakéták az úgynevezett Congrebe-féle rakéták vagy más néven röppentyűk (lásd 3. ábra). A farúd a rakéta súlypontját jóval hátrébb viszi, mint ahogy az normál esetben lenne. Ez jó, mivel a tolóerő támadáspontja a rakéta végében lévő fúvókánál mindjárt a kilövés pillanatában, íves pályán a föld felé fordul. Minél előrébb van a súlypont, annál drasztikusabb ez a jelenség: ha véletlenül letörik a pálca, a rakéta pörögni kezd, teljesen instabillá válik, pályája megjósolhatatlan! A rakéták megbízhatatlanok ilyen szempontból, mivel röppályájukat erősen befolyásolja a szél, a kivitelezés pontossága. Ha a súlypont hátrébb kerül, mint a tolóerő támadáspontja, a rakéta teljesen stabil pályán fog mozogni, és egyenesen felfelé repül. Ebben az esetben a rakéta akkor is felfelé próbálja kormányozni magát, ha lapos szögben indítják.

Ha a súlypont tökéletesen egyezik a támadásponttal, akkor a rakéta semlegesen van kiegyensúlyozva, így ha normálisan indítjuk, akkor talán észre sem vesszük a különbséget eközött és a stabil állapot között, de ha lapos szögben indítjuk, akkor íves pályán ez is a föld felé fog húzni. Egy szellőkés könnyen kitéríti a pályájáról, gyakorlatilag ez is instabilan repül. Tehát az a jó, ha a rakéta kicsit farnehéz. [7]



3. ábra: A pálcikás rakéta stabilitása [7]

A vezérsíkos rakéta elég gyorsan repül (4. ábra). A vezérsík egy, a rakéta oldalához párhuzamosan erősített, tehát szemből áramvonalas lemez; legtöbbször 3-4 van belőlük, melyek körben 120 és 90 fokos szögben helyezkednek el. A vezérsíkos rakéta működési elve a következő: a rakéta egy bizonyos sebességgel halad a levegőben, ekkor ezzel megegyező sebességű menetszél áramlik vele szembe. A rakétatestre szerelt lapokra minimális légellenállás hat. Ha azonban a rakéta kitér, akkor a lapok légellenállása megnő, mivel azok nagyobb felületet mutatnak a menetszélnek, ezzel arra kényszerítve a rakétát, hogy az visszaálljon eredeti röppályájára. Egy megfelelő méretű vezérsíkkal ellátott rakéta, bármilyen szögben lövik is ki, tartani fogja a haladási irányát, feltéve, hogy megvan a megfelelő sebessége hozzá. [7]



4. ábra: A vezérsíkos rakéta stabilitása [7]

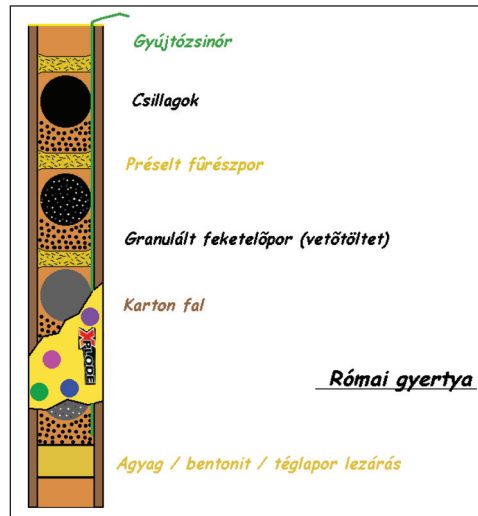
Ebben az esetben viszont egyáltalán nem jó, ha a tömegközéppont a rakéta hátuljában van. A rakétának van egyszer tömegközéppontja, a tolóerő támadáspontja, továbbá a vezérsíkoknak köszönhetően már CP-pontja is (CP = center pressure = nyomásközéppont); ez az a pont, ahol a lapok légellenállásából eredő kormányerő a rakétára hat. Ez a pont a vezérsíkok között helyezkedik.

A sikító rakéták hangjukat egy füttyülő elegynek köszönhetik. Ez egy olyan pirotechnikai keverék, ami annyira gyorsan ég, hogy elfújja a saját lángját. Csőben összetömörítve impulzusokban ég. A láng leszakadása és a keverék újragyulladásának gyors váltakozása eredményezi a sípoló, éles hangot. A keverék oxidálószerként általában kálium-perklorátot, tüzelőanyagként nátrium-benzoátot tartalmaz. Az erős hanghoz a csövet is megfelelőre kell kialakítani, a kisebb rakétáknál ezért műanyagot használnak.

A stopin az a gyárilag zöld színű lőporoszál, amit a legtöbb tűzijátékban használnak. Ez valójában egy vékony anyagból szőtt szövetcsőből áll. Ezt megtöltik feketelőporral, majd egy lakkréteggel kötik meg. Hátránya az, hogy nem vízálló és törékeny, így előfordulhat, hogy kicsúszik a gyújtórésből. A dörzsgyújtás a szerkezet egy bizonyos pontján elhelyezett foszfortartalmú vegyület, ami nagyon hasonlít a gyufák fején lévőkhöz. Ha ezt egy foszforpapírhoz dörzsöljük a gyufásdoboz oldalán, az meggyullad, és a mögötte lévő késleltető anyaghoz továbbítja a lángot. Hátránya: a késleltető anyag összekeveredik, összerázódik a robbanószerrel, és előbb robbanhat a készülék. Előnye, hogy akár

víz alatt is működik, a begyűjtés után egyszerűbb használni (gyújtás közben már dobja is az ember), megbízható.

A római gyertya (lásd 5. ábra) esetében a kartonból készült csőben egymás felett több (5-8-10-20 db), kisebb csillag van, melyek a termék indítását követően egymás után, 1-2 másodpercenként automatikusan indulnak. A színes csillagok repülés közben recseghetnek vagy csóvaszerű csíkot húzhatnak (comet). Vetőcsövet nem igényel, magát a terméket kell valamihez fixen rögzíteni, például korláthoz vagy karóhoz drótozni. A római gyertya egy sor vastag papírcsőbe töltött, recsegő effektből vagy színes csillagból áll, amit egy hosszú kanóc gyújt be föntről lefelé haladva. Minden csillag alatt van egy kevés vetőtöltet, ami rendszerint granulált feketelőpor. Ez alatt pedig fojtás található. A fojtás mindig egy következő töltetet takar, hogy az ne kaphasson közvetlen lángot, csak a végigégő kanóc gyújthassa be. [7]



5. ábra: A római gyertya felépítése [8]

A bombattalepek miniatűr tűzijátékombák miniatűr csőbe szerelve, fellövésre készen. A papírcsövek átmérője 10-40 mm. Többnyire gyújtószállal szerelik, mely az első lövés indítására szolgál. A többi lövés egymás után, késleltetve és automatikusan történik.

A tűzijátékombák a nagy tűzijátékok alapvető termékei. Általában gömb vagy henger alakú termékek, főként fényhatású csillagokkal a belsejükben. Átmérőjük 30-400 mm, a 40-50 mm-nél nagyobbakat már csak szakképzett pirotechnikus használhatja, engedélyvel. Belső részükben található a bontótöltet, a pirotöltet és a késleltető. A test alján, illetve külsején van elhelyezve a lökőtöltet és a gyújtórendszer. Indítására rendszerint villamos izzógyújtót használnak, de az végezhető kézi gyújtással is – megfelelő hosszúságú gyújtózsínór közbeiktatásával.

A működésbe hozott tűzijátékombából kivezetett gyújtózsínór darabját, mely újabb késleltetést biztosít, amíg a bomba elég magasra nem repül, majd a pálya csúcspontján indítja a bontótöltetet.

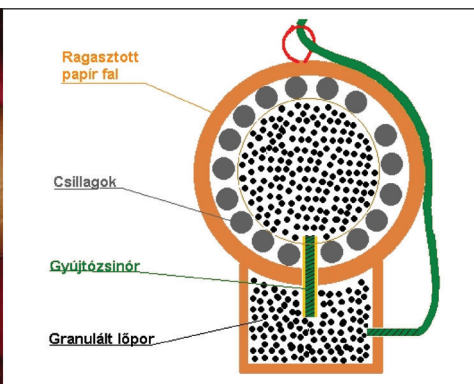
A bontótöltet a zárt térben hatalmas gáznyomást és sok hőt fejleszt, a hő begyűjtja a bombában lévő effekteket, amelyek aztán a fal átszakadásakor nagy sebességgel repülnek a levegőbe. A bomba ilyen szempontból nagyon is hasonlít egy repeszgránátra, persze itt acélszilánkok helyett csak viszonylag ártalmatlan csillagokról van szó. A csillagok vagy effektek nagyon sokfélék lehetnek, de az a lényegük, hogy valamilyen stabil pirotechnikai



6. ábra: Tűzijátéktelep [9]



7. ábra: Bombettatelepek (Készítette: Patyi György)



8. ábra: A tűzijáték-bombetta felépítése [8]

keveréket préselnek és ragasztanak tömbbé, ami vagy önmagában, vagy a belekevert anyagok hatására ragyogó fénnel vagy szikrákat húzva ég el.

A csillagok összetétele elképesztően változatos, a nagy fényerőt alumíniummal, magnéziummal, magnáliummal, titániummal érik el. Ezek elégséért erős oxidálószer a felelősek: kálium-perklorát, kálum-nitrát stb. A keverékeket dixtrinnel, gumival, NC-lakkal és hasonlókkal ragasztják össze. Lángszínező adalékokként fémsókat használnak, mint például stroncium-nitrátot vagy bárium-nitrátot, fémoxidokat, például réz-oxidot. a színek mélyítésére klórozószereket használnak, mint például PVC-t vagy fémek kloridjait. [8]

A vetőcső tűzijátékbombák, mozsarak fellövésére alkalmas eszköz. Anyaga lehet műanyag, acél, kartonpapír vagy valamilyen kompozit anyag. Ezeket kaliberük (belső átmérőjük) alapján különböztetjük meg. Adott kaliberű vetőcsőből csak megfelelő kaliberű bomba lőhető fel. Egy csőből egyszerre csak egy termék működtethető.

Biztonsági követelmény a vetőcső szilárdságával szemben, hogy a lövéskor keletkező erőhatásokat szerkezeti változás nélkül elviselje. [8]

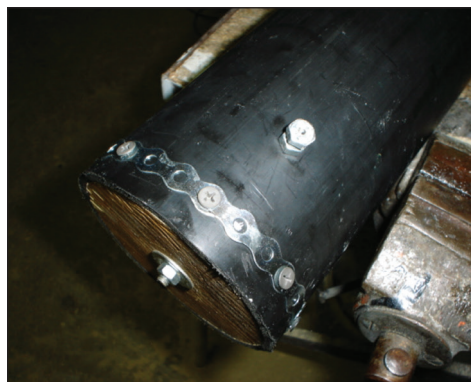
A vetőcső egyik végét le kell zárni, ledugózni (lásd 11. ábra). A lezárás anyaga lehet



9. ábra: Tűzijátékbombák és metszeteik [8]



10. ábra: Üvegszál erősítésű műanyag vetőcsövek  
(Készítette: Patyi György)



11. ábra: Ledugózott vetőcső (Készítette: Patyi György)

maga a cső anyaga vagy fa- és műanyagdugó egyaránt. A fenékdugót szilárdan kell rögzíteni a cső falához, hegesztéssel, ragasztással, csavarozással vagy ezek kombinációjával. A rögzítés módját mindig úgy kell megválasztani, hogy a lövést követően a fenékdugó szilárdan a helyén maradjon.



12. ábra: Vetőcsöves tűzijáték keresztmetszeti sémája [8]

be helyezni, hogy a vetőtöltet a csőfar irányába legyen. A pirotechnikai termék kerüljön a vetőcső aljára!

A vetőcsöves tűzijátékok a leghatékonyabb megoldást biztosítják annak érdekében, hogy a tűzijátékokat a biztonság és látvány érdekében elég messze juttassák.

A vetőcsöves tűzijátékok működése egyezik egy ágyúéval. Két fő töltet van benne, az egyik a vetőtöltet vagy kidobótöltet, ami a lövedék kilövéséért felelős, a másik a bontótöltet, ami a lövedék felrobbanását és az effektek kiszóródását biztosítja.

A tűzijáték bomba a 12. ábrán látható módon helyezkedik el a vetőcsőben. Ekkor az indítást szolgáló gyújtószinór vége kilátszik a vetőcső tetején. Ennek meggyújtásával lehet indítani a tűzijáték bombát. Ez egyben a késleltetést is biztosítja. (Ipari méretekben ezt elektromosan indítják.) Ha a gyújtószinór végigég, akkor ez begyújtja a kis papírcsőben lévő erős, granulált feketelőport, amely elégve és gázt fejlesztve meglehetősen nagy sebességgel kivetí a csőből a bombát.

A vetőcsöves tűzijátékok napjaink legjobban elterjedt tűzijátékai. Ezekből nemcsak az előbb említett „alap” változat létezik, hanem más termékeket is csövekből indítanak, például rakétákat – vagy csak egyszerűen magukat a csillagokat lövik ki csövekből. Ezeknek is megvannak a saját neveik, de lényegében ezek is vetőcsöves tűzijátékok.

Az ipari méretű felhasználás új követelményeket támasztott a nagyobb tűzijátékok építésével kapcsolatosan. A hagyományos, gömb alakú bombák előállítását kézi erővel végzik, mivel gépekkel túl bonyolult lenne az előállításuk. A mai korszerű tűzijátékok ép-

A kilőtt tűzijáték bombák működési magassága a használt vetőcső hosszától is függ (hosszabb vetőcsőből magasabbra lehet fellőni a tűzijáték bombát). A vetőcsövek hosszát minimálisan az átmérő hatszorosára célszerű megválasztani, így el lehet érni, hogy a kilőtt tűzijáték bombából visszahulló termék a földre éréskor már nem izzik, így nem okozhat tüzet. Ettől eltérő rövidebb cső csak víz felett alkalmazható. A cső belső átmérője a pirotechnikai termék névleges átmérőjénél ne legyen nagyobb!

A vetőcsövek repedésmentes, ép állapotát, tisztaságát minden használat előtt ellenőrizni kell, azokat az esetleges szennyeződésektől meg kell tisztítani. Vetőcsőből működtethető pirotechnikai termékeket a megfelelő méretű vetőcsőbe kell helyezni. A terméket úgy szabad a vetőcső-



pen ezért már nem a hagyományos, gömb alakú elrendezést használják, hanem hengeres tölteteket készítenek, melyeket könnyebb megtölteni és elkészíteni. Ezt már gépek készítik tömeges mennyiségben. További előnye a henger alakú bombának, hogy olyan szórási alakzatokat lehet vele készíteni, ami gömb alakú bombánál nem vagy bonyolult módon lenne lehetséges.

A vetőcső a legfontosabb alkatrész, az egyetlen, ami többször használható, így arra kell törekedni, hogy ez strapabíró és biztonságos legyen. Egy vetőcsőben a kivetőtöltet robbanáskor hatalmas nyomás uralkodik, így ha a vetőcső nem elég ellenálló, akkor azt a nyomás idővel kikezdi, megrepeszti, szétveti (lásd 13. ábra)! Előfordulhat, hogy a tűzijáték-bomba valamilyen hiba miatt a vetőcsőben robban. Egy megfelelően méretezett vetőcsőnek ezt az igénybevételt is ki kell bírnia. A biztonság növelése érdekében a cső nem lehet olyan anyagból, ami rideg és törik, mert egy esetleges csőrobbanás esetén a szétrepülő darabok repeszként fognak viselkedni. A PE-cső és a kisebb, gyengébb PVC-cső nem alkalmas vetőcsőnek. A PVC egy kemény műanyag típus, amit ha nagy erőhatás éri, akkor törik, és nem szakad! Ez azt jelenti, hogy ha felrobban, kemény szilánkok repülnek ki belőle, amik súlyosan megsebesíthetik az embereket. Fémcsövek használata szintén nem javasolt, hasonló okok miatt. [8]



13. ábra: Csőrobbanás (Készítette: Patyi György)

Vetőcsőnek használhatunk műanyagot, acélt, kartonpapírt vagy valamilyen kompozit anyagot: a gázvezetékek építésénél használatos KPE-csővet, ami fekete műanyag gázcső, az oldalán sárga csíkokkal (véletlenül sem kék csíkokkal!) vagy sima PE-csővet, ami vastag falú fehér cső, hőre könnyen lágyul, esetleg erős papírcsővet. A vetőcső alját egy fadugóval célszerű lezárni, amit facsavarokkal rögzíthetünk az előfúrt csőhöz. Attól függően, hogy mennyit szeretnénk készíteni érdemes, őket egy fa rekeszbe építeni, és az így kapott blokkokat talppal ellátni. Ha egy vetőcsövet szeretnénk használni, akkor annak mindenféleképpen kell építeni egy talpat, amin sík talajon biztonsággal meg tud állni.

A kaloda a vetőcsövek biztonságos tárolására alkalmas eszköz. Anyagát tekintve lehet fém, műanyag és fa. Nagyon fontos, hogy a felhasznált anyag szilárdsága és a kaloda kialakítása olyan legyen, hogy az egy hibás működés során bekövetkező csőrobbanásnál

a benne levő, élesített tölteteket tartalmazó csöveket ne engedje szétszóródni, és a kaloda anyagából se képződjenek veszélyes repeszek. A kalodák a vetőcsövet hosszában legalább két helyen rögzítsék. A kalodák méreteit a vetőcsövek méretarányához kell képezni. Így az alábbi kialakítási lehetőségek vannak: 50 mm; 65 mm; 75 mm; 100 mm; 125 mm; 150 mm; 175 mm; 200 mm; 250 mm; 300 mm (lásd 14. ábra). [8]



14. ábra: Fa és fém kalodában elhelyezett, 125-200 mm-es vetőcsövek (Készítette: Patyi György)

## Összegzés

A veszélyes anyagokkal történő munkavégzés vagy ezeknek a felhasználása komoly veszélyeket rejt magában. Ugyanakkor a megfelelő szabályozás, az előírások következetes betartása jelentősen csökkenti a kockázatot.

A veszélyes anyagokkal történő biztonságos munkavégzés elsősorban emberi tényezőkön múlik, ezeken keresztül lehet és kell megteremteni az egészséget nem veszélyeztető, biztonságos munkavégzés feltételeit és körülményeit.

A Magyarországon és a világban bekövetkezett balesetek vizsgálatakor általában az derült ki, hogy az okok emberi tényezőkre vezethetők vissza. Így azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a biztonság legfőbb letéteményese az ember, a megfelelő tudással, ezeknek a használatával a legtöbb baleset elkerülhető.

A tűzijátékokkal kapcsolatos katasztrófavédelmi feladatok ellátásához elengedhetetlen a katasztrófavédelmi és azon belül az iparbiztonsági felsőfokú képzés fejlesztése és továbbfejlesztése. Ezen képzés Magyarországon a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen folyik. [10, 11, 12]

## Irodalomjegyzék

- [1] Kovács Ákos: Játék a tűzzel. Helikon Kiadó, Budapest, 2001.
- [2] A RID/ADR 2013 veszélyes áru közúti szállítási kiadvány. Hungária Veszélyes Áru Mérnöki Iroda, Budapest, 2012.
- [3] Kátai-Urbán Lajos – Vass Gyula: Kézikönyv. Veszélyes üzemek, tevékenységek és technológiák az iparban. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014. 119 p.
- [4] PyroMaster: Mi is az a robbanás? <http://pyromaster.org/html/3.html> (Letöltés: 2014. október 31.)
- [5] Bognár Balázs – Kátai-Urbán Lajos – Kossa György – Kozma Sándor – Szakál Béla – Vass Gyula: Iparbiztonságtan I. Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetők és hatósági feladatok el látásához. Nemzeti Közszolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., Budapest, 2013.
- [6] Témahét: kémiai lángfestés, <http://aliz-klorindaviki.blogspot.hu/2011/04/1.html> (Letöltés: 2014. október 31.)
- [7] PyroMaster: rakéták általános ismertetője, <http://pyromaster.org/html/raketak/ra2.html> (Letöltés: 2014. október 31.)
- [8] PyroMaster: tűzijátékok és működésük, <http://pyromaster.org/html/2.html> (Letöltés: 2014. október 31.)
- [9] Absolutpiro: Aztek 80s, <http://www.tuzijatek.hu/termek/pt-3-osztaly/telepek-500--1000-g-kozott/aztek-80s/> (Letöltés: 2014. október 31.)
- [10] János Bleszity – Lajos Kátai-Urbán – Zoltán Grósz: Disaster Management in Higher Education in Hungary. Administrativa un kriminala justicija – latvijas policijas akademijas teoretiski praktisks zurnals, 67. (2) pp. 66–70.
- [11] Bleszity János – Kátai-Urbán Lajos: Подготовка специалистов в области промышленной безопасности в Венгрии. Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashenie likvidacia, 11. (2) pp. 53–58.
- [12] Kátai-Urbán Lajos: Establishment and Operation of the System for Industrial Safety within the Hungarian Disaster Management. Ecoterra: Journal Of Environmental Research and Protection, 11. (2) pp. 27–45.

## Pyrotechnics and Safety – Pyrotechnics Hazard

KÁTAI-URBÁN LAJOS – PATYI GYÖRGY

Nowadays people can easily purchase pyrotechnics that are used for fireworks or enjoy them as spectators. These encounters may endanger the bystanders if they are not aware of safety regulations or they are just reluctant to comply with them. Disregarding the safety procedures may result in accidents and can constitute a serious threat to the physical safety of the user or bystanders. The aim of this paper is to demonstrate that with the already existing legal framework, proper information and appropriate supervision the risk of accidents can be minimized if the products are used according to the safety regulations. The first part of the series of articles deals with the dangerous features of pyrotechnical products and activities, while the second part addresses the safety issues of the operation of pyrotechnical articles.

**Keywords:** industrial safety, explosive materials, dangerous establishment, pyrotechnic product