

Kugyela Lóránd ¹,

A HSL VILLANÓELEGY TESZT ISMERTETÉSE ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Amíg a robbanóanyagok vizsgálatára évtizedek óta kiforrott módszerek léteznek, addig a pirotechnikai keverékek vizsgálata még a fejlődési szakaszában van. Ennek legfőbb oka, hogy e keverékek között több ezer féle létezik, a felhasználástól függően. Még az olyan ismertnek hitt fekete lőporna is több, mint 300 fajtája létezik, mind-mind különböző tulajdonságokkal. Ez a részleges ismeretlenség magában hordozza a veszélyforrást is, hiszen egy raktár tervezésekor nincs irodalmi adat a tűzijátékok, és alkotóelemeik hevességéről és viselkedéséről, hogy megfelelően lehessen tervezni az épület szerkezetét. A klasszikus robbanóanyag vizsgálatok (égési sebesség, dörzs- ütészékenység) ráadásul nem adnak olyan képet önmagukban, ami alapján meg lehetne ítélni teljesítményüket.

A cikk egy vizsgálati módszer ismertet, amely a keverékeket azok nyomás/idő diagramja alapján különbözteti meg. Bekerült a „Vizsgálatok és kritériumok kézikönyvébe” is ahol a villanóelegyek esetében javasolják, mint kategorizálási módszert. Azonban nem csak villanóelegyvizsgálatára lehet alkalmas.

Kulcsszó: villanóelegy; idő/nyomás diagram; DSO; ADR; teljesítménymérés

The intraduction of the HSL flash composition test and it's usage in practice

While the testing of explosives is well elaborated since decades, the testing of pyrotechnic compositions is still under development. The main reasons of this is the large variety of the compositions, even the well-known black powder has more than 300 hundred types. This partial knowledge still carries hazards, because of the lack of information regarding to the fireworks performance and their burning characteristic. This performance data could be usefull for planning of magazines, and storage facilities. The classical testing methods used for explosives (detonation velocity; friction- shock sensitivity) alone, do not represent the real life scenario for their performance and the way of burning.

This article introduces a testing method which devides the articles based on their time-pressure test results. This test is implemented in the “UN Manual of Tests and Criteria”, but it can be used for other compositions not just for flash compositions.

Keywords: flash compositions; time-pressure test; DSO; ADR; performance mesuring

Bevezetés

A pirotechnika és a robbantástechnika tudományterületének fejlődésében a legtöbb változást sajnálatos módon a balesetek okozták. Az okok elemzése és a hibák feltárása a legtöbb esetben új vizsgálati eljárások, módszerek kidolgozását eredményezte, mivel a történeteket valamilyen módon – kontrollált körülmények között – reprodukálni és ismételtetővé kellett tenni. Amennyiben a lezajlott fizikai – kémiai folyamatokat és azok sorrendiségét megértettük, akkor már lehetőségünk nyílik azt a gyakorlat síkra lefordítani.

Így történt ez 2000. május után is amikor Enschedében (NL), felrobbant egy tűzijáték raktár 22 embert megölve és közel ezer embert megsebesítve. A robbanások hozzátevőlegesen 0.8 és 4-5 kt TNT egyenértékűek voltak. Eddig az eseményig közel sem volt olyan kutatott a pirotechnikai elegyek viselkedése, mint napjainkban. E vizsgálati metódus alapját az ún: idő/nyomás vizsgálatot is ez a baleset hívta életre az CHAF² project keretében.

¹ Robbanóanyagipari szakmérnök, Vezető vizsgáló mérnök – robbanóanyagok; TÜV RheinlandIntercert Kft.

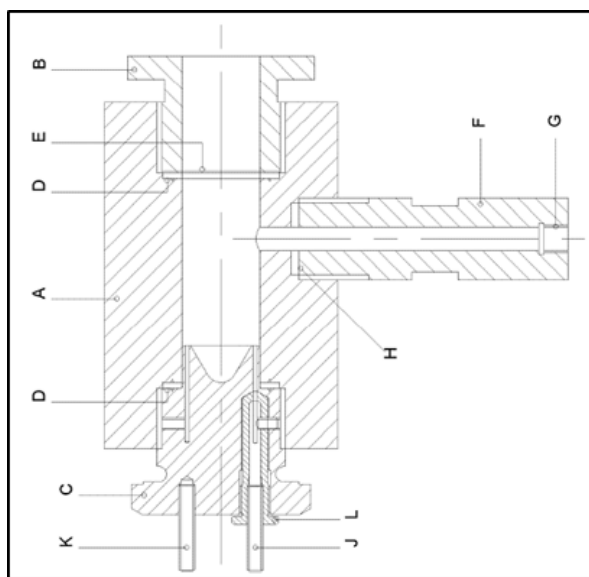
² Quantification and Control of the Hazards Associated with the transport and storage of Fireworks

A mérőeszköz bemutatása

A vizsgálat előkészítése és végrehajtása elég aprólékos, és sok tisztogatást karbantartást igényel, mielőtt a mérőeszköz összeállítása megvalósul.

A szükséges eszközök felsorolva:

- Idő/nyomás mérő apparátus.
- Jó minőségű izzógyújtó
- Multiméter
- Mérleg
- DC tápegység illetve áramforrás
- Nyomásmérő rendszer (nyomástávedő, jelkondicionáló, csatlakozókábelek)
- Digitális tároló oszcilloszkóp (DSO)
- Szigetelőzsírok
- Tisztítóeszközök (kefék, papírok, vegyszerek, kompresszor)
- Kéziszerszámok (kulcsok fogók, vágóeszközök stb)



A vizsgáló eszköz metszeti-sematikus rajza³

A képen látható eszköz 4 fő részből áll. A középső nyomásálló test (A) egy 89 mm hosszú és 60 mm külső átmérőjűtest. Két ellentétes oldalán 19 mm mély 1” BSP menet van. A felső részén található a záró dugó (B) ami az alumínium hasadó membrán (E) rögzítését és leszorítását szolgálja. Az alsó menetes részén (C) találhatóak az izzógyújtó áramellátását biztosító kapcsoló elemek (K, J), melyek közül az egyik a szigeteléssel (L) rendelkezik, így biztosítva a két pólust az izzógyújtó soros indításához. A nyomástávedőt a fémtest (A) oldalkarján (F) kialakított menetéhez (G) rögzítjük. A meneteknél (D, H) vörösréz alátétek találhatóak.

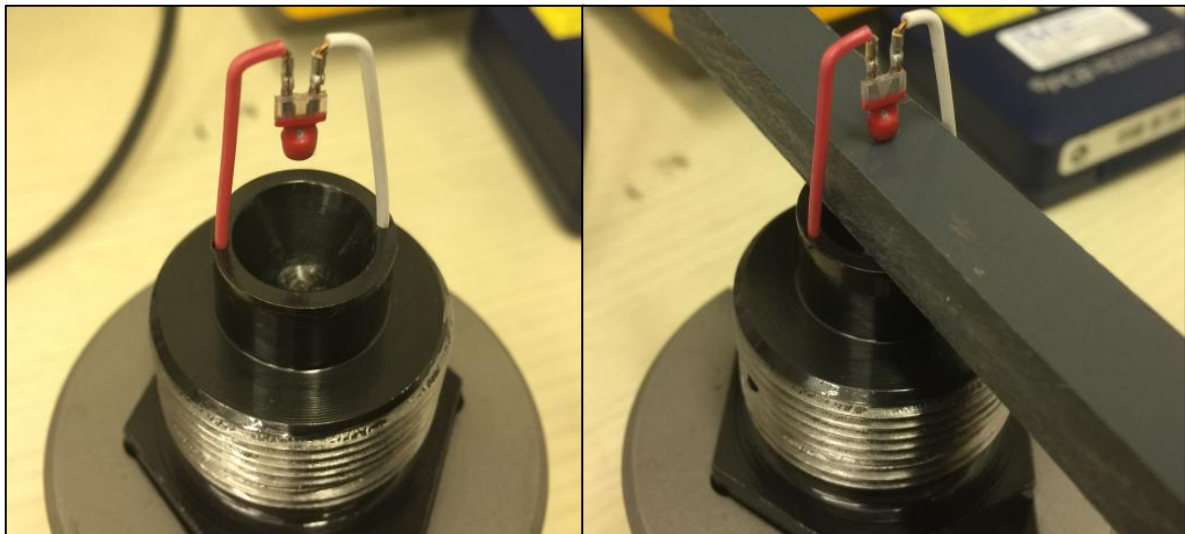
³ Forrás: Manual of Tests and Criteria, Fifth revised edition, United Nations, 2010

Mint látható, elég sok eszköz szükséges a méréshez, ezek alaptartozékok és még ez sem helyettesíti a gyakorlatot. Saját tapasztalatot felhasználva elmondhatom, hogy bizony nem ment egyből tökéletesen a mérés, akár többszöri próbálkozás után sem. A következőkben a mérések során szerzett tapasztalataimat kívánom közreadni.

A minta elhelyezése és a mérés előkészítése

Elsőként a minta pontos kimérése a feladat, amiből 0,5 gramm szükséges. A pirotechnikai termék iniciálásához jó minőségű izzógyújtó szükséges, amely indítása történhet robbantógépről vagy egy egyszerű DC tápegységről. A vizsgálat során azt tapasztaltam, hogy jobb, ha egy stabilizált tápegységet illetve akkumulátort használunk, mert ezzel eliminálhatjuk az izzógyújtó okozta indítási különbségeket. Ha belegondolunk, hogy egy 1,5 ohm ellenállású rendszerre 9 V egyenfeszültséget vagy egy robbantógép több száz voltos, pl 300 V indítóimpulzusát kötjük akkor ott a gyújtószálon jelentős különbségek mutatkoznak. Az első esetben egy lassabb felizzás, majd gyújtás történik, a másik esetben az ellenállással szinte egyből felrobban, ezzel szükségtelenül növelve a kezdeti gáznyomást.

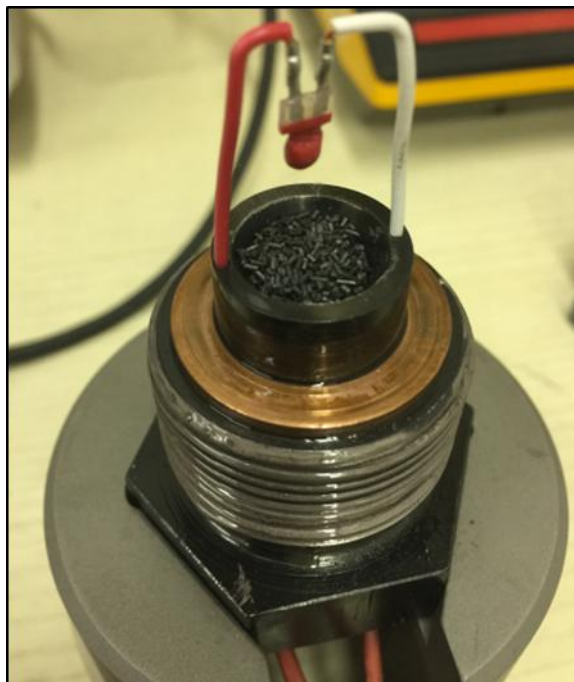
Az izzógyújtó elhelyezése és bekötése kritikus hatással van a mérési eredményre. Amennyiben a feje közvetlenül beleér a pirotechnikai elegybe akkor az, sokkal nagyobb nyomásértékeket ér el, hiszen a gyújtó pirotechnikai eleme közvetlenül érintkezik vele és annak az induló gáznyomása magasabb aktivációs energiát közöl. Ennek elkerülése végett a fejet a mérőegység minta tárolójának szájától azonos távolságra kell mindig elhelyezni. Így a gyújtás tengely irányban lefelé éri az elegyet, annak teljes felső felületén előidézve az iniciálást. Törekedni kell a minta felszínének egyenletes kialakítására is.



Az izzógyújtó pozicionálása⁴

A pirotechnikai vizsgálandó anyagot ez után el kell helyezni az erre szolgáló mélyedésben ügyelve arra, hogy a tömítő felületekre ne szóródjon ki.

⁴ Forrás: A cikkben szereplő összes fényképet a szerző készítette.



A minta elhelyezve, vörösréz tömítés a helyén

A készülék védelmét, egyben a mérés maximálás nyomását egy alumínium hasadó membrán határozza meg, ez hozzátevőlegesen 21-25 bar nyomáson szakad fel. Ez a készülék felső menetes dugójában helyezkedik el, szintén egy vörösréz alátéttel szigetelve.

A nyomástávadó a két zárást befogadó erős fémtestben található. Ezáltal nem találkozik közvetlenül a forró égéstermékekkel, hanem egy oldalsó karban van elhelyezve. A készüléken minden menetes illesztéshez speciális szigetelő zsírt használnak (a nyomástávadóhoz és a két menetes dugóhoz különbözőt). A zárás nagyméretű kulccsal történik. A teljes összeszerelés előtt célszerű az izzógyújtó áramkörét ellenőrizni, mivel összeszerelés után sokkal nehezebb a hibakeresést illetve javítást végrehajtani.



A mérőeszköz összeszerelve indításra várva

Az eszközt összeszerelve azt egy tartószerkezetbe helyezzük, és megfelelő védett helyre állítjuk. A vizsgálat történhet kültéren, vagy zárt helyen ahol a hasadó membrán leváló darabja és a nagy hanghatás és tűzjelenség nem okozhat problémát.



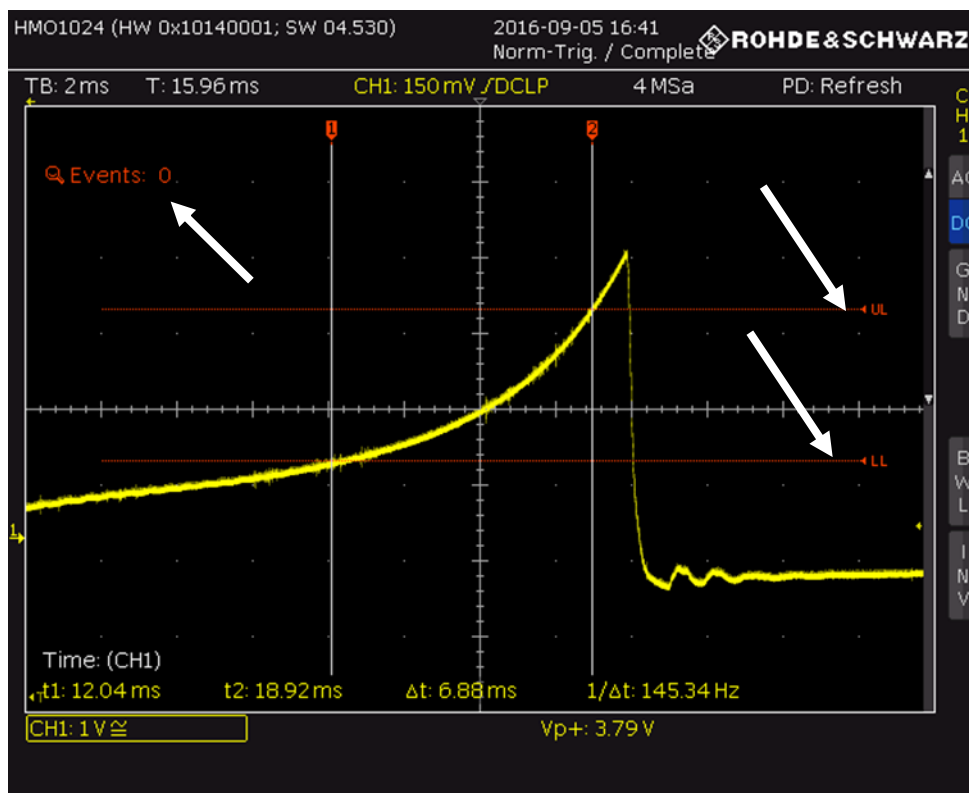
A mérőeszköz működés közben.

A mérésekhez használható nyomásmérőkhöz a legtöbb esetben szükséges egy zajszegény jelkondicionáló, mert a zajszint mind a pontosságot mind a megfelelő trigger szint beállítását befolyásolja.

A mérési eredmények rögzítéséhez mi egy Rohde & Schwarz HMO1024DSO-t használunk. Ennek fejlettsége és beállíthatósága megkönnyíti az utólagos jelelemzést és a mért eredmények pontos elemzéséhez is nagyban hozzá segít.

Az alábbi képen látható egy nitro-cellulóz bázisú minta diagramja, amiben a LL és UL⁵ jelölésű marker vonalak jelölik a 690 és 2070 kPa-t. Ezek bármely nagyításban automatikusan követik az adott értéket így nem kell a leolvasási hibától tartani. A baloldalon található piros „Events:0” felirat e markereknek a függvénye, amely a ($HA \leq 6ms:1$; $HA \geq 6ms:0$) feltétel alapján értékeli a mérési eredményt.

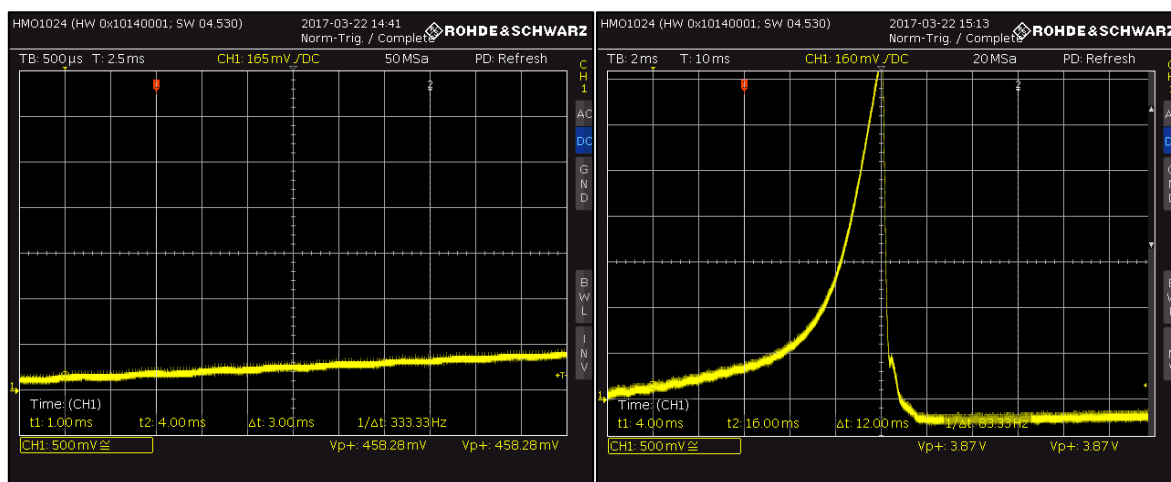
⁵ LL-lowerlevel; UL-upperlevel – alsó és felső mérési határ



DSO által rögzített idő-nyomás diagram. (1V; 2ms/div)

A fenti eljárás egy gyorsan végre hajtható vizsgálatot jelent, de egy mérés, tisztítással együtt még így is közel 35-40 percig tart.

Amennyiben ismeretlen égési tulajdonságú anyagot vizsgálunk akkor 2-3 előzetes mérés válhat szükségessé, mivel az oszcilloszkóp a nem megfelelő ms/V beállítása miatt csak egy része látszódik a mérésnek. Az alábbi ábrán az első mérés látszódik, ahol csak a felfutó jel legelejét láthatjuk, a másodikban pedig már a teljes látható. Az oszcilloszkóp memóriája alapján az első mérésnél 50 millió mérést végzett, a másodikban „csak” 20 milliót másodpercenként.



„500mV-500µs” – „500mV-2ms”

A fent bemutatott módszer esetében a mérési eredmények értékelése, a pirotechnikai elegy zárt térben történő égés-viselkedésének vizsgálatát teszi lehetővé. A HSL⁶ javaslataként éppen ezért került bele vizsgálatként az ADR-be mivel nagyon jól reprezentálja az elegyek brizanciáját. A mért adatok felhasználási területe emellett nagy jelentőséggel bírhat raktárak és tárolók létesítésekor is.

Amennyiben más, kis mintamennyiségű vizsgálatot is lehetne párosítani a termék mellé, akkor egy olyan komplex adatbázis lenne létrehozható, ami már komplexebb képet nyújtana egy pirotechnikai termékről. Természetesen van limitáló tényező is a használatában, mivel a lőszerekben használatos füstnélküli lőporok tulajdonságainak mérésére nem használható.

A lőpor stabil égéséhez zárt térben nagyobb kezdeti nyomás szükséges ($p > \sim 50$ bar), ezért ebben a készülékben azok égése csak részlegesen valósul meg. Azonban ezek vizsgálatára régóta más eszközöket használnak.



A lőpor tökéletlen égése következtében visszamaradt szemcsék

További felhasználási lehetőségek és sajátosságok.

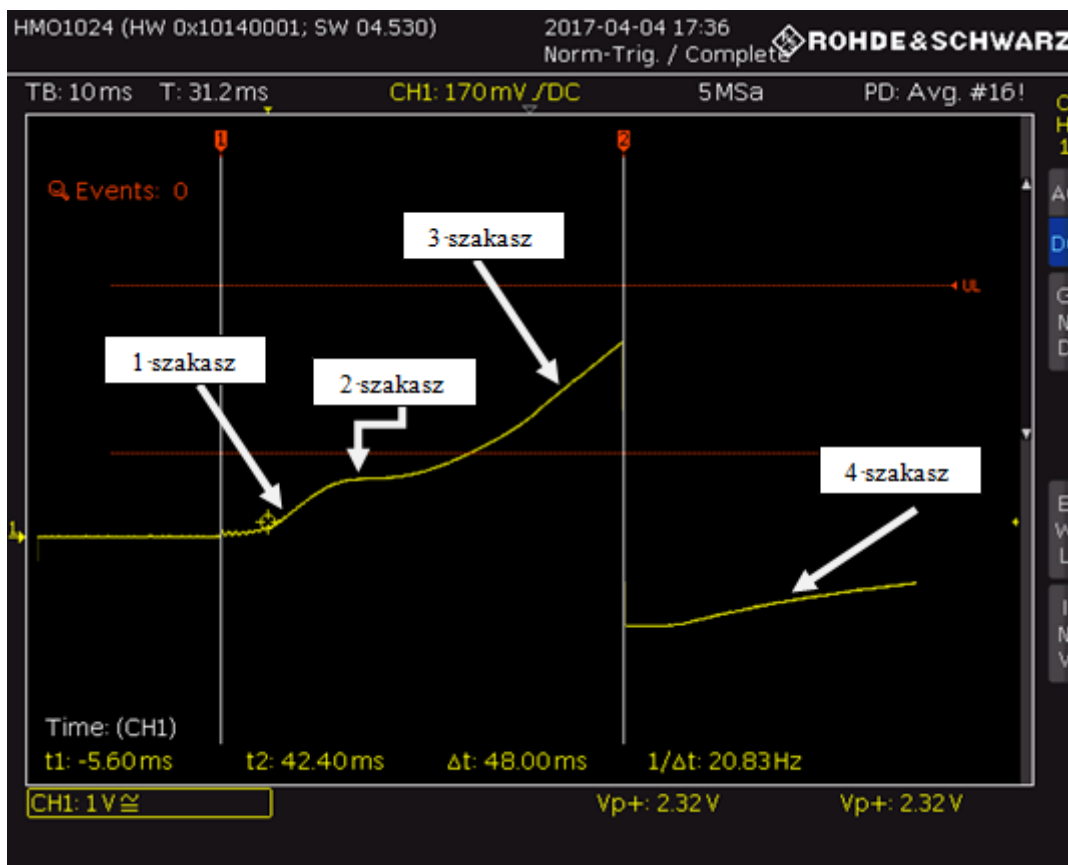
A módszer fontos felhasználási területe lehet még a nitro-cellulóz alapú pirotechnikai termékek vizsgálata is, ahol többek között a stabilizátorok vizsgálatának kiegészítő eszköze is lehet. A füstnélküli lőporok satbilizátorának fogyása jelentős hatással bír azok indíthatóságára és égési sebességére. Mivel a stabilizátorok kémiai vagy bármilyen vizsgálatára még hiányzik a szabványból, e területen is alkalmas lehet az átalakulás nyomon követésére.

Mérhetőek vele más, hasonlóan érdekes pirotechnikai termékek is. Az egyik ilyen például, a növényi részekre felvitt fekete lőporos bontótöltetet (a szakmában „gersli” néven szerepel). Ez egy alacsony térfogat sűrűségű, de nagy fajlagos felületű termék, melynek égése nem egyenletes, ugyanakkor egy nagy mennyiségű forró szilárd termékkel, és nagy gázmennyiséggel járó folyamat, amely szintén jól vizsgálható a fenti eszközzel.

⁶ HSL:Health and Safety Laboratory, angol vizsgáló laboratórium



Fekete lőpor „gersli”⁷.



A fekete lőpor „gersli” idő nyomás diagramja

A fenti diagramon az '1' és '2' markerek közötti, azaz az iniciálás és a membrán szakadásáig telt idő: 48 ms. A diagramon egyből szembetűnik, hogy az nem exponenciális függvény-szerű, hanem megtalálható benne egy ~10 ms idejű állandó nyomású szakasz. Ez határolja el a kétféle égési folyamatot, amelynek a magyarázata a következő:

Az izzógyújtó szűrő lángjának hatására a szemcsék felületén található lőpor begyullad és az ezeken elinduló felületi égés, a felületeken láncreakcióként tovahaladva exponenciálisan

⁷ Növényi maghéjra (pl rizs héj) vékony rétegben felvitt liszlőpor elnevezése.

növeli a gáznyomást (**1. szakasz**). Ekkor az alumínium szakadó membrán még nem nyílt fel, azonban a növekvő nyomás miatt már kezd deformálódni, ami a nyomásálló tartály térfogat növekedését eredményezi. Ekkor nyomásemelkedés lelassul és elérkezik a **2. szakaszba**. A szemcsék égése ekkor tovább folytatódik és a felületi égésből átvált a „gerslin” található lópor mélyebb rétegeibe és a növényi részek égésébe, amely elkezd a nyomást újra emelni. Itt már inkább lineáris a nyomásemelkedés (**3. szakasz**), amellyel egy időben az alumínium záró lemez annyira elvékonyodik a nyúlás következtében hogy felszakad, és a nyomás leesik. Ekkor az égés még nem áll le, hanem a kiáramló nagysebességű termékek az oxigéndúsabb környezetben újra gyorsabban égnek és elhasználják a környező levegő oxigénjét, ezzel parciális vákuumot idézve elő a kamrában (**4. szakasz**).



A gersli betöltve vizsgálat előtt, a szakadó membrán felnyílvá

A fentiek alapján látható, hogy a vizsgálat a pirotechnikai termékek komplex elemzését is lehetővé teszi, hiszen a műszerpark biztosítja a gyors égési folyamatok megértését is.

További méréseim során a tűzijáték testek többféle alkotóelemén szeretném a vizsgálatot végrehajtani. Ezzel reményeim szerint könnyebben megérthetőek lesznek azok működései, fizikai robbanásfizikai szemszögből is.

FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

1. United Nations: Manual of Tests and Criteria, Fifth revised edition, 2010. 443-450. oldal