

## KÜLÖNLEGES LŐFEGYVERCSÖVEK KÁROSODÁSELEMZÉSE

### FAILURE ANALYSIS OF HIGH PERFORMANCE GUN-BARRELS

Kovács Dorina<sup>1</sup>, Dobránszky János<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műgyetem rakpart 3. tel: +36 1 463-1114, dorina@eik.bme.hu

<sup>2</sup>MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Magyarország, 1111 Budapest, Műgyetem rakpart 3. tel: +36 1 463-1934, dobranszky.janos@eik.bme.hu

#### Abstract

The rifle has some main parts: the barrel, which controls the way of bullet; the cock primes the shot; the gunlock closes the backside of the barrel; the stock unites the parts of weapon and the sights used for aiming. The mostly damaged part is the barrel, especially inside, because the steel is corroded by the gases from the burning of powder. Besides the friction between the bullet and the wall, the high temperature and the atmospheric corrosion cause failures too. Scanning electron microscope and EDS analysis were used for the chemical composition analysis than LECO CS-400 Carbon Sulfur Analyzer for determining the carbon and sulphur content. Cross-sectional and longitudinal cut specimens were prepared for the analyses. Pollution and combustion products on the surface were analysed with SEM-EDS and X-ray diffractometry. During the metallographic investigation a characteristic crack network was revealed in case of samples coming from hybrid barrel at its firing chamber.

**Keywords:** failure analyses, barrel, corrosion

#### Összefoglalás

Azokat a távolra ható fegyvereket nevezik lőfegyvereknek, melyek csővéből a lövéskor keletkező gázok feszítőereje löki ki a fémből készült lövedéket. Egy kézi lőfegyver több fő részből épül fel: a puskacsó, amely vezeti a lövedéket; a kakas, mely a lőpor meggyújtási folyamatát indítja el; a zárvat, mely a cső hátulsó részét zárja el; az ágy, ami egybefoglalja a különböző alkatrészeket; valamint az irányzókészülék, ami a célbavételt segíti. A károsodásnak leginkább kitett alkatrésznek mindenképpen a puskacsó – annak is a csőfurat felülete – bizonyul, hiszen a puskapor égéséből keletkező gázok maró hatással lehetnek a fémre. A lövedék súrlódása a cső falával, valamint a nagy hőmérsékleti és a légköri korrózió is problémákat okozhat. Három puskacsó anyagának azonosítását és károsodáselemzését végeztük el. Mivel a puskacsövet az elején és végén különböző mértékű hatások érik, ezért mindkét végből történő mintavételezés szükséges. A felületen lerakódott termékek azonosítására elektronmikroszkópot és röntgendiffraktómétert használtunk, továbbá metallográfiai vizsgálatot végeztünk.

**Kulcsszavak:** károsodásanalízis, puskacsó, korrózió

#### 1. A lőfegyverek tönkremenetele

A puskacsó megfelelő ápolása megőrzi a fegyver hosszan tartó pontosságát. A cső gyors állapotromlását a csappantyú és a lőpor égéséből keletkező, igen agresszív maró anyagok okozzák; ezek belülről erősen kor-

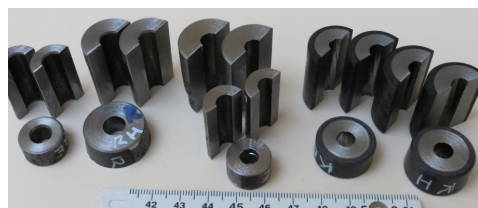
rodálják a cső falát. Ezenkívül a lövéskor keletkező égéstermékek és a lövedékből származó anyagok lerakódhatnak a huzagolási barázdákba, ezáltal eltömítve a lövedék útját. A lerakódott, kis olvadáspontú anyagok a puskacsó falával reakcióba léphetnek, ami korróziós repedéseket okozhat. A löve-

dék és a fal közötti súrlódás hatására kopás, valamint a gyors hőtágulási ciklusok következtében termikus fáradás is felléphet [1,2].

Kísérletek bizonyították, hogy a fegyverápolás jelentősen megnöveli a fegyver pontosságát. Akár 10 000 lövés után is tökéletesen működik, míg egy kezeletlen fegyver egy vadászszezon alatt tönkremegy.

## 2. Kísérletek

Három, különböző méretű és anyagú puskacsővel dolgoztunk. A mintavételezés során (1. ábra) hűtés nélküli forgácsolást alkalmaztunk, aminek az az értelme, hogy a puskacsővön lerakódott szennyeződések ne tűnjenek el a vízzel történő hűtés következtében, illetve további korrózió és egyéb szennyeződés ne keletkezzen az anyagon.



1. ábra A puskacsővekből esztergálással és fűrészeléssel kivágott vizsgálati minták

A mintákat a puskacsők torkolatától (a továbbiakban: eleje) és a töltényűr felőli végéből (a továbbiakban: hátulja) vettük, összehasonlítva az eltéréseket.

### 2.1. Mikroszkópi vizsgálat

A puskacsőanyagok kémiai összetételének spektrométeres elemzésével – az 1. és a 2. táblázat adataiból – megállapítottuk, hogy egy cső anyaga nemesíthető acél, kettő pedig martenzites korrózióálló acél, melyek egyikét kompozitköpeny erősít.

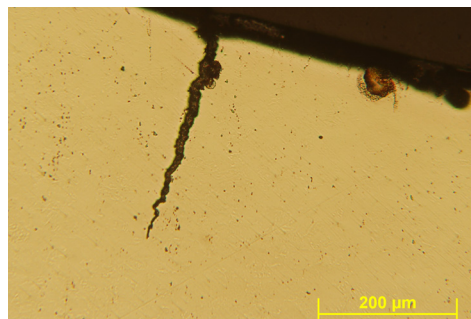
1. táblázat Nemesíthető acél anyagösszetétele

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,690	0,253	0,657	0,182	0,007	0,064

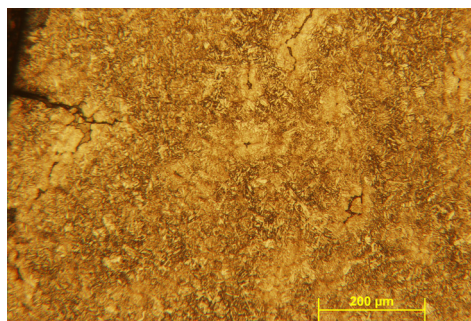
2. táblázat A rozsdamentes acél cső összetétele

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,240	0,54	0,83	11,97	0,102	0,094

A mikroszkópi vizsgálatok során a puskacső hátuljánál, azaz a töltényűr utáni részen repedéseket észleltünk (2–3. ábra).



2. ábra. Repedés a maratlan martenzites rozsdamentes acélon



3. ábra Repedések és kiválások hálózata, martenzitesre edződött részek

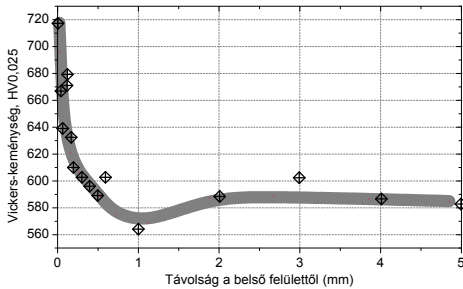
A hőfáradás olyan anyagkárosodás, melynek során a ciklikusan váltakozó hőterhelés (hő- és mechanikai terhelés) váltakozó képlékeny alakváltozást idéz elő az anyag felületközeli rétegeiben, a külső és a belső anyagrészek eltérő és akadályozott hőtágulása következtében. A hőlökés hatására kialakuló hőfeszültség – különösen egyidejűleg ható mechanikai terheléssel – az anyag folyáshatárát elérő feszültséget, az akadályozott alakváltozás pedig repedést, sőt törést eredményezhet. Természetesen a

visszahülés folyamata levegőn lassabban következik be, mint az azonnal fellépő felmelegedés. Ez a jelenség csak a lőpor gyújtásának a helye körül okozott problémát, a puskacső elején repedések már nincsenek [2, 3, 4].

## 2.2. Metallográfiai vizsgálat

A keménységmérést a puskacső belső furata felőli oldalától kifelé végeztük. A repedésekből kiindulva feltételeztük, hogy a belső átmérő mentén keményebb lesz az anyag, így ennek csökkenése rövid távon bekövetkezik. Beigazolódott, hogy a cső keménysége a belső átmérő mentén valamivel nagyobb, mint a külsejénél, tehát keménység történt, aminek a hőmérsékletváltozás volt a kiváltó oka. Ez mindegyik mintára igaz, a károsodástól függetlenül.

A hibrid kompozit puskacső hátuljából kivett keresztcsiszolati minta keménységváltozási diagramja látható a **4. ábrán**.



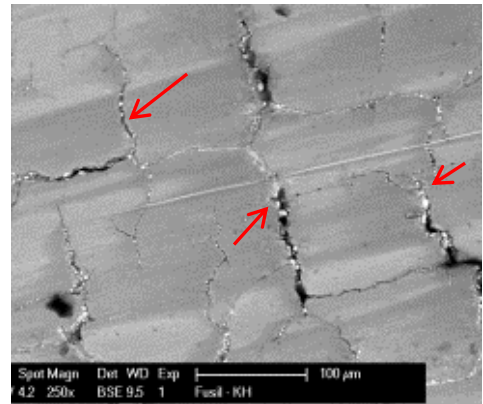
**4. ábra** Keménységváltozás a kompozitköpenyes hibrid puskacső acél anyagában

Az 590 HV<sub>0,025</sub> alapkeménységhez képest a 700 HV<sub>0,025</sub> fölé növekedő keménység oka valószínűleg nem más, mint az újraausztenítés utáni edződés. Ez pedig azt is jelenti, hogy a puskacső belső felületének hőmérséklete megközelítette az 1200°C-t, ugyanis a Fe-Cr-C pszeudobinér fázisdiagramok [5] szerint közel ekkora hőmérséklet kell az ausztenítés megindulásához.

## 2.3. A korróziótermék vizsgálata

A csőben talált korróziótermék lerakódás vizsgálatához a hosszmetzeti mintákat használtuk. Mindegyiken megfigyelhetők a huzagolás nyomai, illetve a cső elejétől és hátuljától függően a különböző mértékű lerakódások, illetve néhol a repedések is láthatók.

A puskacső különböző részei jól elkülöníthetők a felvételek alapján: az elején sokkal élesebb az oromzat és a barázda közötti határvonal, míg a hátuljánál az élek sokkal lekerekedettebbek. A repedésekben előszertettel tapadnak meg az égéskor és a lövedék felületéről felszabaduló anyagok (**5. ábra**), amelyek fokozhatják a repedés-terjedést. Lerakódások mindhárom puskacső belsejében egyaránt fellelhetők [6].

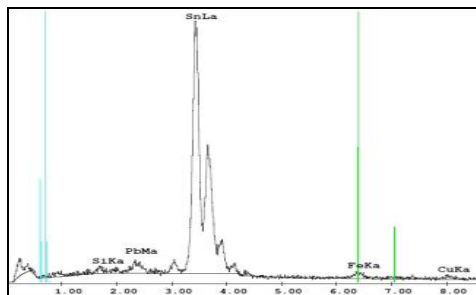


**5. ábra** A kompozitköpenyes puskacső repedései és a bennük megtapadt lerakódások

A repedésekben megtapadt anyagok összetevőit EDS-sel elemeztük (**6. ábra**). Az eredményekből kiderült, hogy a lerakódások nem a lőpor égéséből, hanem a lövedékből származó fémek, pl. ón és ólom kerültek oda, mégpedig olvadék olvadék állapotban.

A lövedék kismértékű képlékeny alakváltozást szenved, hiszen a szakirodalom [7] szerint az ónt a lövedékmag keményítésére használják, de a súrlódásnak és az ebből eredő felmelegedésnek és felületi meg-

olvadásnak köszönhetően apró szemcsék kiszakadnak belőle a lövés során.



**6. ábra** Az 5. ábrán látható fehér színű lerakódások EDS spektruma főleg Sn-t mutat

Az ón jó korrózióálló, nedves levegőn nem oxidálódik, ezenkívül ellenáll a szerves savaknak. A legtöbb lövedék magjának alapanyaga ón-ólom ötvözet, azonban megjelenik mellette réz is, ami szintén a lövedék anyagából származik, hiszen ezek mellett ónbronzzokat is alkalmaznak.

Az ólommal szemben több előnyös tulajdonsága miatt is alkalmazzák manapság az ónbronzzokat. Az ónalapú fehérfémek kopásállósága valamivel nagyobb az ólomalapútól. A sűrűlési tényezőjük csökken a hőmérséklet növelésével, ha eközben az ötvözet túlságosan nem lágyul ki. A lágyulás a sűrűlési tényező hirtelen növekedését okozza. Kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyok között ( $> 80^{\circ}\text{C}$ ) ónalapú fémeket célszerű használni.

### 3. Következtetések

A vizsgálatok során feltárt repedések-ből, az edződés hatására kialakuló keménységváltozásokból egyértelműen megállapítható, hogy a lövedéksűrűlés kiváltotta hőmérséklet-változás nagy hatást gyakorol a puskacsövekre. A lövés pillanatában képződő hő nem lehet jelentősen befolyásolni. Ahhoz, hogy ezek a repedések ne jelenjenek meg, a hőterhelés és a hőfáradás hatását jól bíró anyag kiválasztása vagy a belső felület hőhatására történő érzékenységek csökkentése a lehetséges elvi megoldás.

A minták között alkalmazott rozsdamentes acél alapanyaga 12% krómot tartalmaz, erősen ötvözött acélnak minősül, keményebb és szilárdabb anyag a szénacélnál, mégis ez bizonyult a legsérülékenyebbnek. A felületközeleli zóna keményedésének jelensége mindegyiknél fellépett.

Ebből adódik az a következtetés, hogy egy keményebb felületi réteg talán megakadályozhatná, vagy csökkenthetné a repedésképződést.

Ehhez különböző felületkezelési eljárások alkalmazhatók, például a nitridálás. Ennek és más lehetséges felületkezeléseknek a működőképességét a jövőben célszerű kísérletileg is ellenőrizni.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Piroska Gy: *A belballisztika fő feladatának numerikus megoldásra alapuló modell megalkotása porózus lőporokra*. PhD-értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2005.
- [2] Artinger I, Kator L, Romvári P: *Fémek technológiája*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1972.
- [3] Degerness MK: *Composite structural member*. US Patent 6889464 B2, 2005.
- [4] Olin Mathieson: *Composite firearm barrel comprising glass fibers*. US Patent US2847786, 1958.
- [5] Lima MSF, Espirito Santo AM: *Phase transformations in an AISI 410S stainless steel observed in directional and laser-induced cooling regimes*. Mat. Res. vol.15 no.1 São Carlos Jan./Feb. 2012 Epub Jan 31, 2012.
- [6] Carbon fibre gun barrel. US Patent, US4646615 1987.
- [7] Kovács Dénes: *Vadásztöltény- és lőtechnikai ismeret*. Natur Műhely Kiadó (Budapest), 2004
- [8] Szilágyiné Biró A, Nagy D, Kocsisné Baán M: *A gáz és plazma közegű karbonitridálás összehasonlítása a kialakult rétegmélység szempontjából*. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVIII. Kolozsvár, 2013. pp.387–390.
- [9] Török T, Barta E: *Fémes és szervesetlen bevonattechnológiák*. Miskolci Egyetem, 2012/2013.