

BARTHA TIBOR¹**Szemelvények a Zrínyi-Újvárnál talált leletek
anyagvizsgálatainak eredményeiből****Excerpts from Results of Materials Testing of Finds from Site of
Zrínyi-Újvár****Absztrakt**

A Zrínyi-Újvár területén folyó régészeti kutatómunka eredményeként az elmúlt több mint egy évtized során számos olyan lelet került felszínre, amelyek történeti vonatkozásuk mellett archeometallurgiai szempontból is érdekességet jelentettek. Ezen leletek döntő többségét a vár 1664-es török ostromához köthető tűzérségi és gyalogsági lövedékek alkotják.

A leletanyagokon végzett vizsgálatok során elsődleges cél volt, hogy a kémiai összetétel, valamint makro- és mikroszerkezet-vizsgálatok által választ kapni arra vonatkozóan, hogy az egyes leletminták milyen anyagból és technológiával készültek, valamint, hogy az egyes leletmintáknál milyen azonosítható gyártási sajátosságokat lehet megállapítani vagy azokra következtetni.

2018-ban a vizsgálatok tovább bővültek a 2017-ben feltárt várkútból előkerült muskétagyolyók, valamint a kút szerkezetéhez használt különféle ácszegek archeometriai vizsgálataival.

Jelen tanulmány az eddigi kutatások során előkerült egy-egy jellegzetes leletminta vizsgálati eredményeit mutatja be.

Kulcsszavak: Zrínyi-Újvár, anyagvizsgálat, archeometallurgia, archeometria, muskétagyolyó, ágyúgolyó

Abstract

During the last decade, as a result of archeology researches many finds had been found at the site of Zrínyi-Újvár. These finds represent curiosity not only from the point of view of military history, but from the point of view of archaeometallurgy as well.

The majority of these finds – include cannon balls, mortar bombs, musket balls – belong to the siege of fortress happened in 1664 by Ottoman Empire.

¹ E-mail: bartha.tibor59@gmail.com

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

The primary aim of the testings was to gain information about the materials and technological methods, techniques of the certain finds by chemical analysis, as well as macro-, and microstructural testings.

In 2018 the tests had been widened by the examinations of new finds, these new finds – musket balls, nails – turned up from the well of the fortress, excavated in 2017.

This study is about to present the results of the testings have been done till now.

Keywords: *Zrínyi-Újvár, material testing, archaeometallurgy, archaeometric, musket ball, cannon ball*

BEVEZETÉS

A Zrínyi-Újvár területén folyó régészeti kutatómunka eredményeként az elmúlt több mint egy évtized során számos olyan lelet került felszínre, amelyek történeti vonatkozásuk mellett archeometallurgiai szempontból is érdekességet jelentettek. Ezen leletek döntő többségét a vár 1664-es török ostromához köthető tűzérési és gyalogsági lövedékek, illetve azok repeszei alkotják. A leletek kormeghatározását nagymértékben megkönnyítette, hogy a területen csupán egyetlen ostrom, nevezetesen az 1664. évi zajlott le. Az ostromot követően az erődítményt a török felrobbantotta, s azt a későbbiek során sem építették újra. Így tehát a különböző ostromok leletkeveredése teljes bizonyossággal kizárható.

A kutatási területről az elmúlt évtizedben előkerült ólom lövedékek,² ágyúgolyók, mészárbombák, azok repeszei, illetve lőportöltete vonatkozásában már 2018-at megelőzően is történtek anyagvizsgálatok, melyek eredményeit korábban már publikáltuk.³

A leletanyagokon végzett vizsgálatok során elsődleges cél volt, hogy a kémiai összetétel, valamint makro- és mikroszerkezet-vizsgálatok által választ – esetenként csak megerősítést – kapjunk arra vonatkozóan, hogy az egyes leletminták milyen anyagból és technológiával készültek, valamint, hogy az egyes leletmintáknál milyen azonosítható gyártási sajátosságokat lehet megállapítani vagy azokra következtetni.

2018. május 1-jével megkezdte munkáját a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Ludovika Kutatócsoportja,⁴ amely „A hadirégészet, csata- és hadszíntérkutatás új eredményei, kor-

² Épségben megmaradt golyó vagy hasáb formájú, esetenként a becsapódás következtében deformálódott lövedékek.

³ Bartha Tibor: Jelentés a Zrínyi-Újvár 1664. évi ostromából származó vas- és ólomlövedékek anyag szerkezeti vizsgálatáról. In: Kutatások a hadtudományok és a katonai műszaki tudományok területén. Szerk. Hausner Gábor, Padányi József. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Budapest, 2013, 189–230.; Bartha Tibor: A Zrínyi-Újvárnál talált leletek fémvizsgálatának eredményei és értelmezése. In: Határok fölött. Tanulmányok a költő, katoná, államférfi Zrínyi Miklósról. Szerk. Bene Sándor, Fodor Pál, Hausner Gábor, Padányi József. MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Budapest, 2017, 389–399. (Megjegyzendő, hogy a tanulmány, bár 2017-ben jelent meg, alapvetően a 2015-ig végzett munkát mutatja be.)

⁴ A Kutatócsoport megbízatása egy éves időtartamra szól.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

szerű módszerei” című kutatási tervben rögzítette feladatait. Ebben anyagvizsgálat területén kiemelt feladatként jelent meg a 2016-ban fúrással és talajradar segítségével beazonosított, majd 2017. április 24. és május 26. között feltárt nyolcszögletű, mintegy 15 méter mély várkútból előkerült muskétagolyók, valamint a kút szerkezetéhez használt különféle ácsszegek archeometriai vizsgálata.

Jelen tanulmány, tekintettel a jelen kiadvány céljára és terjedelmi korlátaira, a 2013-as, a 2015-ös és a 2018-as kutatások egy-egy jellegzetes vizsgálatát mutatja be.

ÁGYÚGOLYÓ (2013)



1. kép: Egy feltárt és kiemelt tömör ágyúgolyó. Időpont: 2011. 10. 16. A kötött talajt jól jellemzi, hogy a kiemelés a detektálást követően valamivel több, mint 40 percet vett igénybe. pedig az ágyúgolyó „csak egy gyalogsági ásó” mélységben volt.

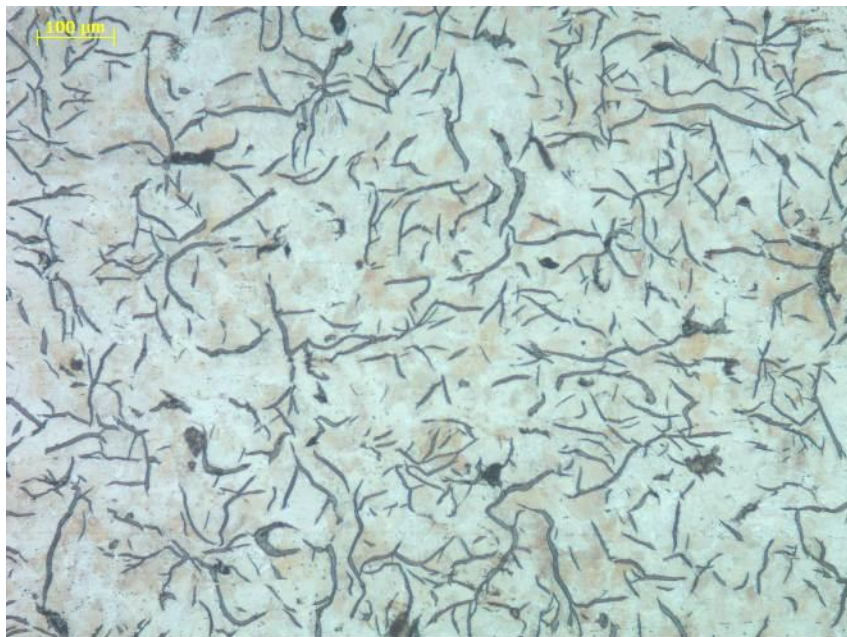
HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

A vizsgálatra egy 14 cm átmérőjű, tömör ágyúgolyót választottunk ki, amelynek egy kisméretű, kiálló darabja került mintaként eltávolításra. Az eltávolított mintából csiszolat készült. A minta vizsgálatára Zeiss AxioVert40 mikroszkóppal került sor normál és polarizált fényben egyaránt.

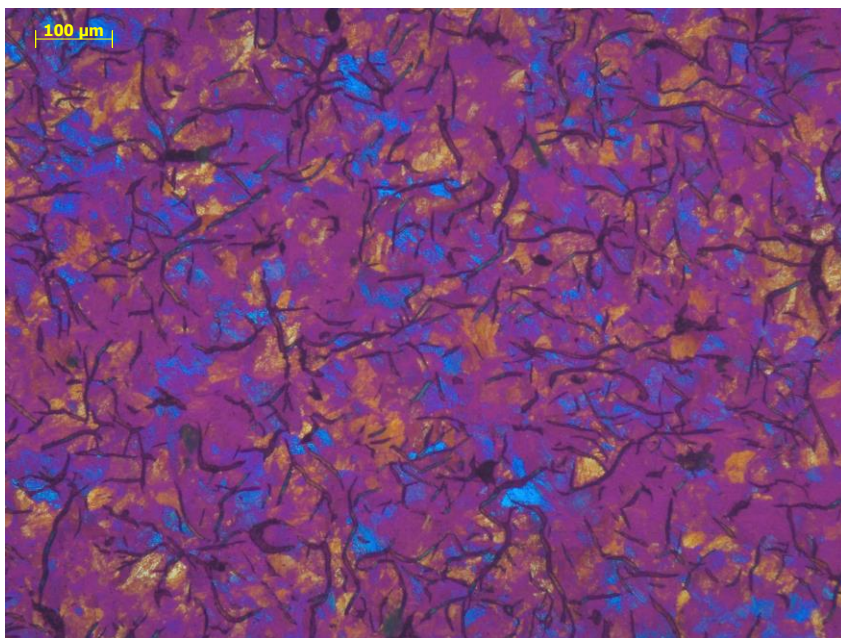
A minta mikroszerkezetét (2. kép) vizsgálva megállapítható, hogy a szövetszép teljes egészében megfelel a vas-karbon rendszer vas-grafit eutektikumának, ami 4.27 w% karbon-tartalomnál képződik a kristályosodás során. A mintában más fázist a grafiton és befoglaló mátrixon kívül nem láttunk. A mikroszerkezeti kép egyértelműen mutatja, hogy a mátrix anyaga nem homogén, a polarizált megvilágítás fényben pedig az is jól kivehető, hogy a mátrix apró szemcsékből áll. Még nagyobb nagyításban látható, hogy a grafit mellett nem ferrit⁵ található, aminek egyensúlyban lennie kellene, hanem perlit.⁶ A perlit kolóniák polarizált fényben is jól megfigyelhetőek (3. kép).



2. kép: Az ágyúgolyóból kiemelt minta mikroszerkezete

⁵ Vas-karbon szilárd oldata.

⁶ Ferrit és vas-karbid szabályos lemezes eutektoidja, 0.8% karbon-tartalomnál keletkezik 723°C hőmérsékleten a kristályosodást követő lehűlés során.



3. kép: A 2. képen látható terület polarizált megvilágításban

A szövetszerkezet vizsgálat alapján megállapítható, hogy az ágyúgolyó alapanyaga nagy valószínűséggel eutektikus összetételű (4.27 w% karbon). A mikroszerkezet alapján következtetni lehet arra, hogy az ágyúgolyó gyártói ismerték ezt az összetételt, miután ez a legalacsonyabb olvadáspontú vas-karbon ötvözet. Ebből következik, ami a tárgy jellegéből is, hogy öntéssel készült. Az öntési technológiát támasztja alá a 4. képen látható öntési gerinc is. Az ágyúgolyó lassan hűlt, így a kristályosodás egyensúlyban ment végbe. Ellenben a hűlés nem elég lassan történt ahhoz, hogy a továbbiakban is egyensúlyi folyamat menjen végbe. Ekkor ugyanis ferritet kellene találnunk a grafit mellett. Ehhez a folyamathoz jelentős karbon diffúzió szükséges, amit ha gyorsított hűtéssel akadályozunk, akkor az nem megy végbe. Ehelyett perlit kialakulása következik be. A hűlés, a kristályosodás során elegendően nagy lehetett, mert sehol nem látható ferrit a mikroszerkezetben, ami gyakran megjelenik a perlit mellett, ha a hűlés lehetővé teszi. Az így kialakult szövetszerkezetnek és így az ágyúgolyónak magának is jóval nagyobb a szilárdsága, mint ha ferrit lenne a grafit mellett. Vélelmezhetően ezzel az ismerettel is rendelkeztek az ágyúgolyó készítői. Ennek megfelelően az ágyúgolyót vagy olyan formába öntötték, ami biztosította számukra ezt a lehűlési sebességet, vagy kibontották a golyót a formából, amikor megszilárdult, és hagyták, hogy vörösszáz tartományából levegőn hűljön le. Ezáltal egy nagy szilárdságú, szívós, dinamikus hatásoknak jól ellenálló, masszív, rombolásra kiválóan alkalmas ágyúgolyót kaptak.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám



4. kép: Az ágyúgolyón jól kivehető az öntési gerinc, azaz öntőforma osztósíkjának helye

Ha a kristályosodás nem egyensúlyban ment volna végbe, akkor az egy rideg, alakíthatatlan, a dinamikus hatásoknak nem ellenálló szövetszerkezetet eredményezett volna.

HASÁB FORMÁJÚ ÉS DEFORMÁLT ÓLOMLÖVEDÉKEK (2015)



5. kép: A vizsgálati minták. Bal oldalt a két hasáblövedék (pirossal a mintavétel helye jelölve), jobb oldalon a deformált ólomgolyó

A fellelt ólom muskétagyókból 3 darab (2 db hasábformájú, 1 db deformált) került mintaként kettévágásra (5. kép), amelyekből csiszolat készült. Ebben az esetben a csiszolat-készítés kiegészült egy 1 μ m-es gyémántpasztás polírozással, az említett 3 μ m-es pasztával végzett polírozás után. A maratás ebben az esetben is nithallal történt. Korábbi tapasztalatok alapján a legjobb előkészítési módnak ez bizonyult. Az optikai felvételek Zeiss AxioVert40 mikroszkóppal, az elektronmikroszkópos vizsgálatok pedig a már fentebb megne-

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

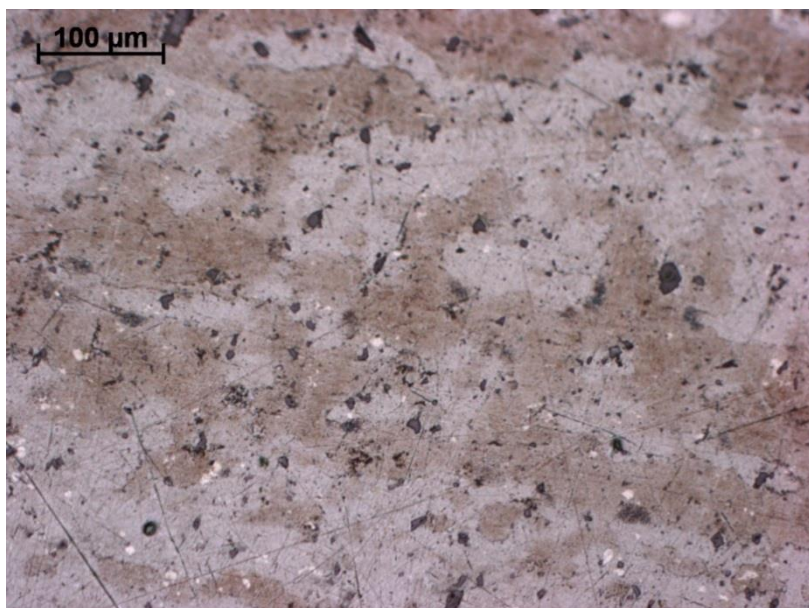
DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám

vezett scanning elektronmikroszkóppal és EDAX energiadisziperzív mikroszondával készültek.

A hasáblövedékek anyaga nagyon lágy volt, ezért lágyforrasztott kötések vizsgálatánál alkalmazott maratva polírozást kellett alkalmazni. A nagyon lágy felületbe sajnos mind a csiszolásból mind a polírozásból szemcsék ragadtak, amik az értékelést zavarják, de alapvető megállapításokat így is lehetett tenni.

A nagyobb méretű hasáblövedék mikroszerkezete a 6. képen, a kisebb méretűé pedig a 7. képen látható. A szövetképeken mutatkozó apró sötét, esetenként világos fázisok a csiszoló és a polírozó anyag szemcséi. Az ezek alatt kibontakozó szemcseszerkezet dendrites jellegűt mutat, ami soros jellegű, enyhén deformált. Ebből következik, hogy mind a két lövedék öntéssel készült vélhetően golyó alakban, majd nagy valószínűséggel – a megfelelő „kaliberre hozás” érdekében – kalapálással nyerte el végleges alakját. A tárgyak alakjának tanulmányozása is ezt támasztotta alá, ugyanis több, egymással szögben álló sík felület határolja a befoglaló szelvényt, amit öntéssel nem állíthattak elő. Öntésnél egyszerűbb formát alakítottak volna ki a mintában. Mivel a kutatási területről több golyó is előkerült, ezért vélelmezhető, hogy ezek átalakításával készültek a hasábok. Miután az alapanyag lágy, ez az átalakítás nagyon könnyen és gyorsan kivitelezhető volt. Ezt látszik alátámasztani a két tárgy méretbeli különbsége is.

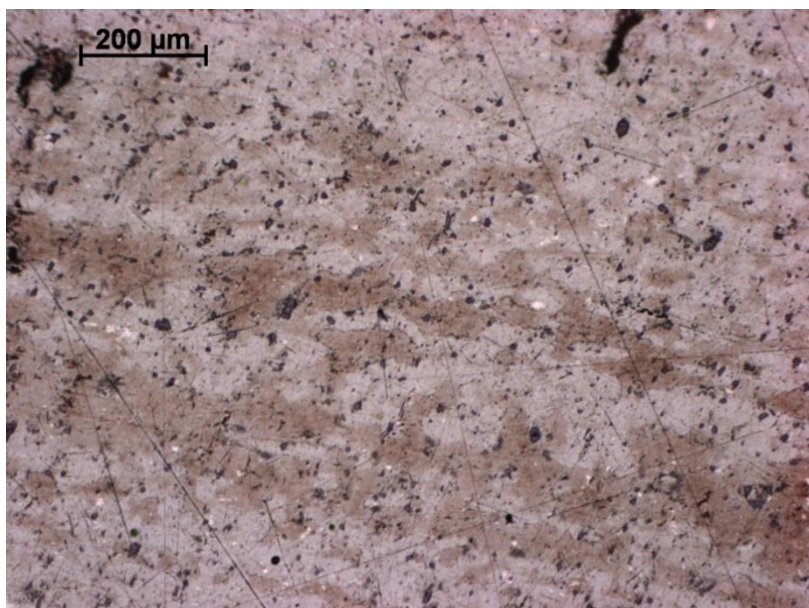


6. kép: A nagyobb méretű hasáblövedék mikroszerkezete

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám



7. kép: A kisebb méretű hasáblövedék mikroszerkezete

A hasáb alakú lövedék – másnéven vágott ólom lövedék – készítésére ugyanakkor ismert másik megoldás is, amit Luigi Ferdinando Marsigli: *Il Stato Militare dell'Imperio Otomano* című munkájában ír le. A megoldás lényege, hogy öntött golyó hiányában baltával egy négyszög keresztmetszetű ólom rudat vágtak szét kisebb hasábokra és ezeket a hasáb formájú lövedékeket – szükség megoldásként – töltötték be a fegyver csővébe (8. kép)⁷.



8. kép: Hasáb alakú lövedék készítése (Luigi Ferdinando Marsigli: *Il Stato Militare dell'Imperio Otomano* című munkája illusztrációja).

Mind a két vizsgált hasáblövedék esetén tiszta ólom alapanyag volt kimutatható, közöttük különbséget nem találtunk. Vélelmezhetően egyazon alapanyagból készültek.

⁷ A vágott ólom lövedék sebessége alacsonyabb volt, mint a gömblövedéké. Ennek oka, hogy a hasáb forma sokkal kisebb felületet fed a csőben, mint a jobban illeszkedő golyó, így jóval nagyobb „résen” fújhatnak ki a lövedék mellett a hasztalan gázok.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

A deformálódott (eredetileg golyó formájú) ólomlövedék vizsgálathoz való előkészítéséről is ugyanaz elmondható, mint a hasáblövedékek esetén. A csiszolati mintáknál egy deformált dendrites szerkezet sejlik fel az alapanyagból, ami nem annyira soros, mint a hasáblövedékek esetében. Ez annak köszönhető, hogy a becsapódáskor nem olyan jellegű alakváltozást szenvednek a golyók, mint amikor elkalapálják. Mindenesetre kijelenthető, hogy a golyók öntéssel készültek, és a deformációt nagy valószínűséggel becsapódáskor nyerték.

Az elektronmikroszkópi vizsgálatok ebben az esetben is tiszta ólmot mutattak. A vizsgáló berendezés korlátain belül az ólomgolyók és a hasáblövedékek alapanyaga azonosnak mondható.

VASSZEGEK (2018)

Az archeometriai vizsgálatok többek között három, a kút faszerkezetéhez használt vasszeg analízisét tartalmazták.



9. kép: A vizsgált vasszegek, a minták leválasztása után.⁸

⁸ A 9. képen látható két rövidebb, négyzet keresztmetszetű szeg hossza 82 mm és 86 mm, a mintavétel helyén a keresztmetszetük négyzet, 4x3 mm. A nagyobb szeg hossza 145 mm, a fej alatt kb. 25 mm-el helyen keresztmetszete négyzet, 8x6 mm.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám



10. kép: A nagyobb szeg, az eredeti fa szerkezeti elemekkel – a facsap és a szeg csapfuratból való kiemelését követően. A szeg az egyik – nagy valószínűséggel a kútházhoz tartozó – faelem 25 mm átmérőjű hengeres csapjának biztosító szege volt.

A két kisméretű szeg esetében szabadon lehetett mintát venni, míg a nagy szeg esetében ügyelni kellett arra, hogy a tárgy a későbbiek során restaurálásra kerülhessen. Emiatt a mintavételi stratégia az volt, hogy a kis szegek esetén keresztmetszetben vizsgáljuk meg a szegek fejét és szárát, így elegendő információt kaphatunk a készítéstechnikáról, amely által a nagyméretű szeg végéről vett kicsiny minta is elegendő, hogy meg lehessen fogalmazni annak készítési módját.

Az 1-es számú (86 mm hosszú) kis szeg⁹ fejrészéről és száráról készült mozaikfelvételt az 11–12. képek mutatják.

⁹ A 9. képen, a felső szeg.

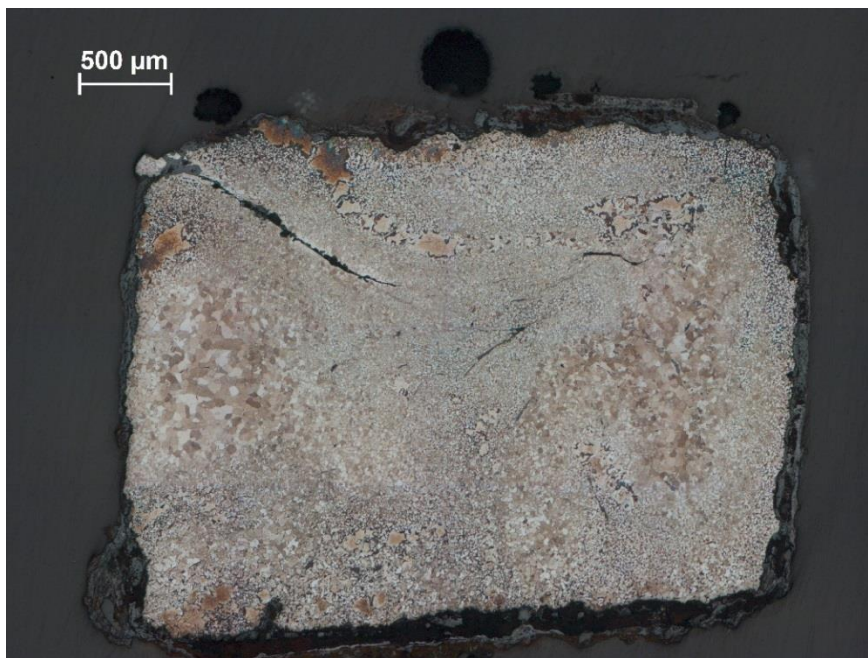
HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám



11. kép: Az 1-es vasszeg fejrészéről készült mozaikfelvétel.



12. kép: Az 1-es vasszeg szárának keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

A mozaikfelvételek szemléletesen mutatják a szeg réteges szerkezetét. Látható, hogy különböző karbon-tartalmú rétegek kerültek összekovácsolásra, és így alakult ki a réteges szerkezet. A teljesen perlitmentes, nagy szemcsés, ferrites területtől a ferrit-perlites sávokig többféle szövetszerkezetet találunk. A ferrit gyakorlatilag az α -vas minimális karbon-tartalmú szöveteleme (gyakorlatilag lágyvas), a perlit pedig a ferrit és a cementit (vas-karbid, FeC_3) eutektoidja, az előzőnél keményebb szövetelem, nyilván magasabb karbon-tartalommal. A minta nagyon heterogénnek bizonyult, így átlagos karbon-tartalomról nemigen van értelme beszélni. Ami azonban szembetűnő, hogy jelentős mennyiségű karbont tartalmazó területeket nem lehet látni, a teljes keresztmetszetekben a ferrit hányada mindenhol magas. A réteges szerkezetre az ad magyarázatot, hogy a primer alapanyagot, a karbon-tartalom eloszlásban rendszerint heterogén, salakzárványokkal igencsak tarkított vasbucát¹⁰ előzetesen próbálták minél jobban homogenizálni. Ez azt jelenti, hogy a tömörített, salaktalanított bucát többször – akár 10-15-ször is –, átkovácsolták, hajtogatták, közben kovácshegesztették, a későbbi kívánt termék könnyebb kialakítását elősegítendő, vékonyabb rudat vagy lemezformájú előgyártmányt csináltak belőle. Az is előfordult, hogy több vasbuca darabot kovácshegesztettek össze egy darabbá, és azt homogenizálták többszörös hajtogatással. A késztermék – jelen esetben maga a vasszeg – elkészítésénél az újbóli felhevítéskor azonban gyakran előfordul, hogy a réteges szerkezet ugyan megmarad, de a kovácshegesztés nyomai diffúzió útján elmosódnak, eltűnnek. Vastagabb keresztmetszetű tárgyknál jellemző, hogy a belső részen még megmaradnak a kovácshegesztés nyomai a viszonylagosan vastagabb rétegeknél, a rétegek pedig a felszín felé egyre vékonyodnak. Így tehát, már maga az előgyártmány alapanyaga heterogén, réteges és ebből alakították ki a szeget a kívánt szárhosszal és keresztmetszettel.

Főleg a szárról készült felvételen figyelhető meg az az érdekes szerkezet, ahol durva és finomszemcsés területek láthatók együtt. Azokon a területeken, ahol sok a perlit (13. kép), részleges ausztenitesítésből visszaalakuló szövetet látunk.¹¹ Ez meleg kovácsolásra enged következtetni, ami jellemzőnek mondható hasonló tárgyak készítését tekintve. A részleges ausztenitesítés és visszaalakulás természetesen máshogy jelentkezik az eltérő karbon-tartalmú területeken. A ferrites területeken szinte alig lehet észrevenni a hatását, egyedül a határok lekerekedett volta árulkodik erről. A ferrit-perlites területeken azonban együtt láthatjuk a nem ausztenitesedett és az ausztenit bomlásából keletkezett, valójában

¹⁰ A bucavasgyártás volt az egyik nagy mérföldköve a vas érceiből való előállításának. Kvázi egy ősi technológia a vaskorból. A *vasbuca* általában a gypvasérc kohósításával, ám annak megolvasztása nélkül keletkező, nagy vastartalmú, szivacsos szerkezetű tömb, amely sok salakot tartalmazott. Kovácsolással a salak nagy részét ki lehetett „préselni” e szivacsból. A szennyezett vasbucát tehát átkovácsolták, tömörítették. Mivel a salak olvadáspontja alacsonyabb, mint a vasé, az a kovácsolás során mintegy „kilövellt” a vasból, a vasanyag pedig teljesen egybeforrott, homogenizálódott. E folyamatra azért volt szükség, mert a salakzárványok a vasat rideggé és törékenyvé tették volna. A vasbucát általában nem forgalmazták, annak félkésztermékké való feldolgozását a kohó mellé telepített vashámor végezte.

¹¹ Az ausztenit a vasnak egy olyan módosulata, γ -vas karbonnal alkotott szilárd oldata, amely karbon-tartalomtól függően a 730 °C és 1490 °C közötti hőmérsékleti tartományban stabil.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

minőségében azonos szövetelemeket. Amire tekintettel kell lennünk, hogy az átalakulási hőmérséklet, főleg a perlit melletti ferritszemcsék esetében függ a közvetlen térfogat karbon tartalmától. Emiatt a lehülés a karbon tartalomtól függően más-más erélyességet jelent. Így találtunk a kis karbon tartalmú területeken szabályos szemcséket, mellette tűs alakú, ún. Widmanstätten-ferritet a nagy karbon tartalmú, inkább perlitese területek határán. A szövet szerkezetet tekintve az alakítási hőmérséklet valahol 750°C és 800°C között lehetett, ami az izzított vas színkáláján a meggypiros fokozat, ahonnan az utolsó alakítási fázis után a tárgy szabad levegőn hűlt.



13. kép: Az 1-es vasszeg fejrészében, a fejrész „vállában” készült felvétel.

Érdekes kérdés a szeg fejrészének kialakítása. A fejrészben a szárhoz hasonlóan réteges szerkezetet lehet megfigyelni. A szár jobb oldalán sokkal több a perlit, azon az oldalon a fejrészben is több perlit látható. A fejrész bal oldala szinte teljesen ferrites, akár csak a szárban. Ha a rétegek futását, mint szálfutást tekintjük, akkor látható, hogy a szár szálfutása egy visszazömülésből eredő kihajlást mutat a fejrészben, és jobb oldal felé hajlik vissza, ahol a fejrész csatlakozása hosszabb és több anyagot tartalmaz. Ez alapján a fejrész kialakításának technológiájaként a zömítést nevezhetjük meg, amely évszázadokon át bevett módszer volt a szegkészítésnél.

A SEM-EDS elemzés vason és karbonon kívül nem mutatott ki más elemet a szeg anyagában (1. táblázat). Az anyagszerkezetben viszonylagosan kevés, az alakítás irányában hosszan megnyúló zárvány volt látható (14. kép). A 2. és 3. táblázatokban látható EDS-elemzésekből kiderül, hogy a zárványoknak igen nagy a vas-oxid tartalma. A kohási-

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

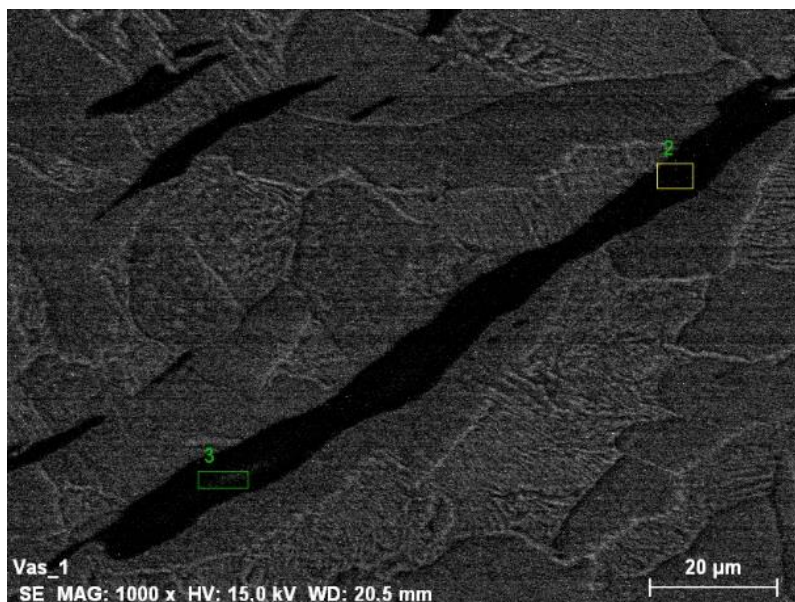
DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám

tás salakjaira általában jellemző fayalit ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$) itt vélhetően nem domináns, ezek a zárványok a jellemzően Ca-Fe-szilikátos kovácssalakok jellemző összetételét mutatják, ahol jelentős a wüstit fázis (FeO). A viszonylagosan kis mennyiségű alumínium, magnézium és kálium minden bizonnyal komplex oxidok összetevői.

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,59	2,61
O 8	1,15	3,82
Fe 26	98,26	93,56
Total	100,00	100,00

1. táblázat: Az 1-es vasszeg alapanyagának elemösszetétele.



14. kép: Az 1-es vasszegben található hosszú, megnyúlt (2-es és 3-as számmal jelölt) zárványok SEM-EDS elemzése.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,06	0,19
O 8	10,40	24,31
Mg 12	3,68	5,66
Al 13	3,32	4,60
Si 14	10,24	13,63
K 19	1,09	1,04
Ca 20	10,99	10,25
Fe 26	60,22	40,31
Total	100,00	100,00

2. táblázat: Az 1-es vasszegben kiválasztott zárvány 2-es területének elemzése.

Elem	C tömeg [wt.%]	C atom [at.%]
C 6	0,23	0,74
O 8	9,80	23,55
Mg 12	2,83	4,48
Al 13	2,47	3,52
Si 14	9,30	12,74
K 19	0,62	0,61
Ca 20	10,55	10,12
Fe 26	64,21	44,23
Total	100,00	100,00

3. táblázat: Az 1-es vasszegben kiválasztott zárvány 3-as területének elemzése.

A továbbiakban a 2-es és 3-as vasszegek vizsgálatánál alapvetően az 1-es szegnél kiemelt jellegzetességekhez való hasonlóság, vagy attól való eltérés kerül elemzésre. A 2-es (82 mm hosszú) szeg (9. kép középső szeg) fejrészének tanulmányozásakor (15–16. képek) még jellegzetesebben jelentkezik a réteges szerkezet, illetve az előgyártmány homogenizálása folytán kialakult speciális szövetszerkezet. Néhol kiterjedt diffúziós zóna látható a kis és nagy perlit-tartalmú sávok között, máshol pedig nagyon keskeny. A nagy diffúziós zóna a bucában kialakult karbon-diffúzióra, a keskeny diffúziós zóna pedig a homogenizáló hajtogatásnál kialakuló határokon a kovácsolás melegében meginduló diffúzióra vezethető vissza. Ebben a szegben is megtalálható annak nyoma, hogy csak félig ausztenitesedett állapotban történt a kovácsolás (17. kép). Ez esetben is a szabad lehűlésre találunk bizonyítékokat a ferrit-perlites területeken.

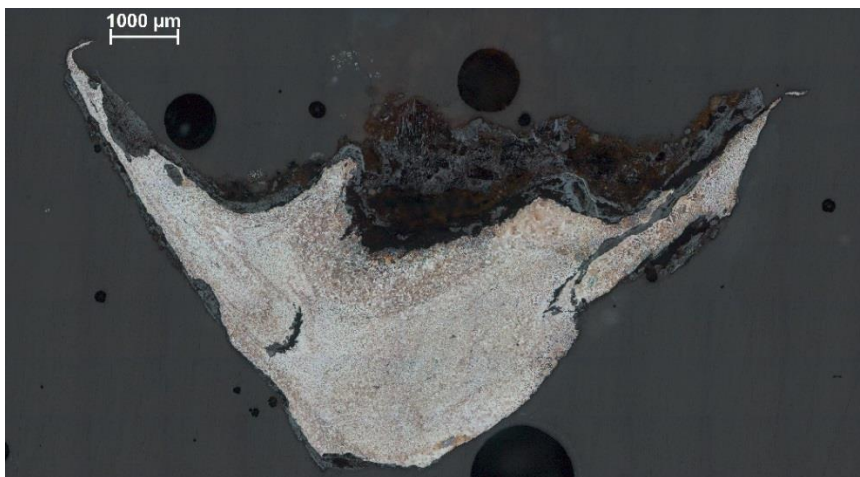
A 2-es szeg szövetszerkezetében tisztán látható, hogy szeg fejrészének kialakítása a saját anyagának zömítésével történt. Ebben a szegben már találunk teljesen perlites területet is, amit az előző esetben nem fedeztünk fel. A mikroszerkezet ez esetben is heterogén, így nem célravezető átlagos karbon tartalmat meghatározni. A SEM-EDS elemzés ebben a szegben sem mutatott ki számottevő szennyezőt, tulajdonképpen szinte tiszta vas-karbon

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

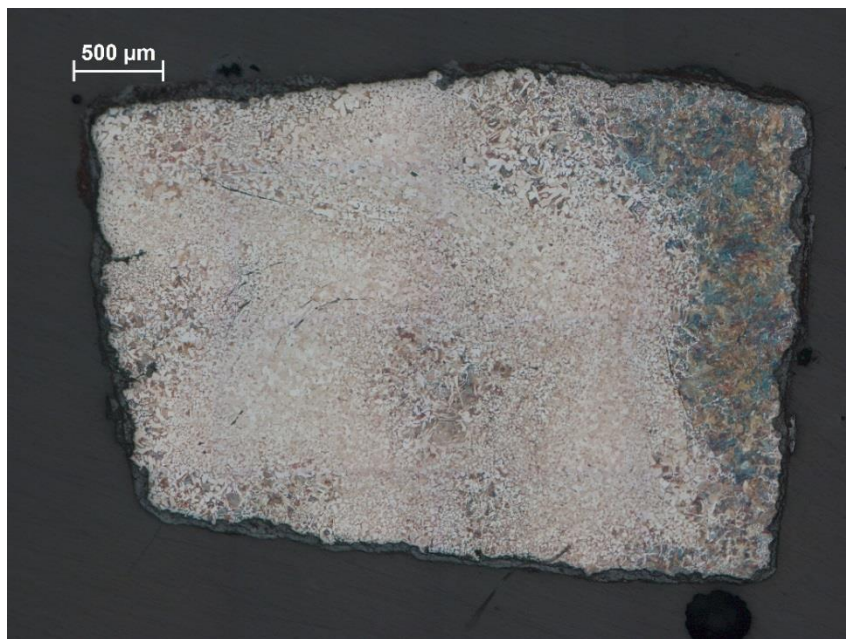
DOI: 10.32563/hsz.2019.1.kesz.2

2019. XII. évf. Különszám

ötvözetel állunk szemben. Mind a készítéstechnológiát, mind az anyag alapvető mikro-szerkezeti sajátosságait tekintve a két szeg jelentős mértékben hasonlít egymásra.



15. kép: Az 2-es vasszeg fejrészéről készült mozaikfelvétel.

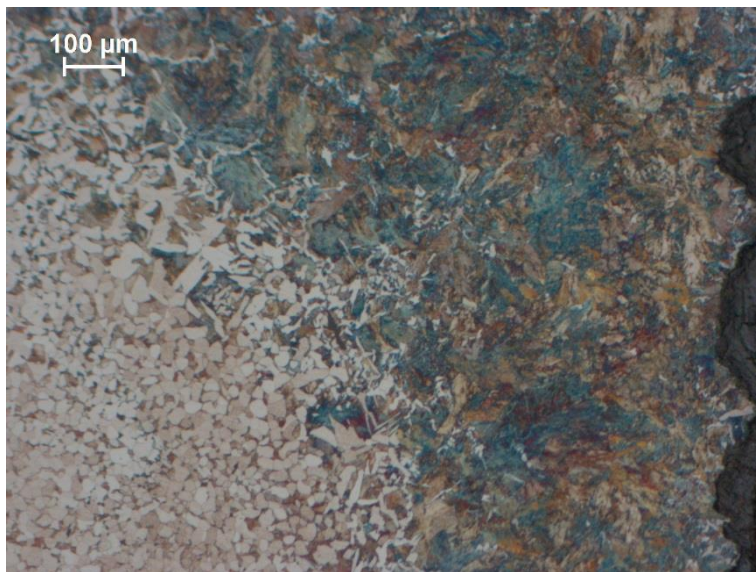


16. kép: Az 2-es vasszeg szárának keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám



17. kép: Az 2-es vasszeg szár keresztmetszetéről készült felvétel.

A 2-es szeg szerkezetében is megjelentek az alakítás irányában megnyúlt zárványok, azonban kisebb, gömbös – azaz nem torzult – formában lévő zárványok is megfigyelhetők. Ez a zárvány is kovácssalak maradványaként kezelhető, ugyanis a nagy vas-oxid tartalma erre utal. A salakzárványok bázikuságának (CaO/SiO_2) változásához, azaz a zárványok egymáshoz képest tapasztalható bizonyos mértékű heterogenitásához hozzájárulhat az egykori kovács salakképző adalékanyagának egyedi mértékű használata is.

A vizsgálati stratégia szerint a leggondosabban és a legkisebb minta a nagy szegből (9. kép alsó szeg) került kivételre. Ez esetben összehasonlításként alapvetően alkalmaztuk az előző két, rövidebb szeg vizsgálatánál szerzett tapasztalatokat. Csak a szár végéről került keresztmetszeti minta kivételre, a szeg hegyéhez közel, hogy könnyen restaurálható legyen. Ez persze azt is jelenti, hogy a minta nem minden szempontból reprezentatív, azonban így is megfelelő mértékben tükrözi a vizsgálat szempontjából fontos jellemzőket. A nagy szeg mozaikképén (18. kép) a keresztmetszet jelentős részében nagy szemcsés ferrit figyelhető meg, ami alacsony karbontartalomra utal. A keresztmetszet alsó részében látható egy nagy karbontartalmú réteg, ami jól párhuzamba állítható az előzőleg vizsgált szegeknél leírtakkal. A keresztmetszet jobb oldalán nyújtott szemcsék figyelhető meg, amelyeknek hossz tengelyük az adott oldallal párhuzamos. Ez mérsékelt meleg, esetleg hideg alakításra utal. A nyújtott szemcseforma vélhetően a szeg készítésekor alakult ki, de az sem kizárható, hogy a tárgy használatánál keletkezett, már hideg állapotban. A keresztmetszet jobb oldalán zárványsorokkal tarkított üreg látható, amely a készítés alatt

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

keletkezhetett és az egyszerű, valószínűleg egyszerre nagyobb számban elkészítendő termék viszonylagosan gyors, egyszerű és nem különösebben alapos kovácsolásáról árulkodik. Ami bizonyos, hogy a készítéstechnológia azonos a másik két szeg esetében látottakkal. A SEM-EDS elemzés ebben az esetben is tiszta, egyéb ötvözők nélküli vas-karbon ötvözetet mutat, amiben a szennyezők jelenléte nem jelentős.



18. kép: Az 3-as vasszeg keresztmetszetéről készült mozaikfelvétel.

A nagy szeg vizsgált keresztmetszetében főleg az üreghez közel lehetett zárványt találni. A zárványvizsgálat EDS-eredményei az előző két, kisebb szegnél tapasztalt összetételekhez képest jóval kisebb vastartalmat mutattak, kis mértékben nagyobb Si-tartalommal, de ugyancsak magas Ca-tartalommal. Az EDS-eredmények által reprezentált relatíve magas CaO/SiO₂ bázikusság nem vall kohósításból eredő salak zárványára, valószínűleg ezek is kovácssalakok maradványai, amelyek nagyobb arányban tartalmazzák a salakképző-folyósító anyagot.

Összességében a szegekről elmondható, hogy meleg-félmeleg kovácsolással készültek. A vasbuca szerkezetének heterogenitása miatt, annak homogenizálása után is megfigyelhető heterogenitás a tárgyak anyagszerkezetében. A zárványvizsgálatok legmarkánsabb jellemzői a nagy vas-oxid és Ca-tartalom. A zárványok alapvetően az előkovácsolás, alakítás folyamán kialakult melléktermékek maradványai.

A három szeg készítéstechnikája azonosnak mondható, és az alapanyag készítés gondossága is nagyon közel áll egymáshoz. A készítéstechnika az anyagvizsgálatok alapján a 16. és 17. képeken ábrázolt korabeli munkamódszerekhez köthetők.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

Egy 1482-es¹² német ábrázoláson (19. bal oldali kép) a szegkovács egy hokedlin ül és kalapácsával vörösen izzó szegen dolgozik. A szegkovács egy speciális, szegformálásra használt, kilyukasztott szerszámra illesztve, éppen a szeg fejét zömíti. A 19. jobb oldali kép (1525-ös német ábrázolás) ugyanazt a műveletet ábrázolja, de itt a háttérben nem csak az épített kovácstűzhely az előgyártmányokkal látható, hanem jól megfigyelhetők a kovácstűzhelyhez alkalmazott fűjtatók is. A bal oldali képen látható szeg nagyban hasonlít az általunk vizsgált nagy vasszeg fejének kialakításával. Az ábrázolás rámutat arra is, hogy a szegfejek ilyenfajta kialakítása a 17. században már koránt sem volt ismeretlen.



19. kép: Szegkovácsok munka közben

(Bal oldali kép forrás: <http://www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-101-r>

jobb oldali kép forrás: <http://www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-140-v/data>)

Egy harmadik, 1572-es német ábrázoláson (20. kép) a szegkészítő a műhelyében, az erre kialakított munkablokkjánál ül és az üllőn egy hosszú vasrúd hegyéből szeget kovácsol. A termék mérete miatt a kis üllő mellett közvetlenül használatra készen áll egy ék alakú vágó, amivel a készre kovácsolt hegyet le tudta csapni. A mögötte lévő, szabadon álló tűzhelyben a tűz felszításáról a segédje gondoskodik. A készre kovácsolt szegeket két „eladótálban” tárolják, mellette pedig a termékpaletta látható.

¹² A megjelölt forrás (<http://www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317-101-r>) az ábrázolást egy 1522-es műhöz is datálja.



20. kép: Szegkészítő a műhelyében (1572-es német ábrázolás)
(Forrás: <http://www.nuernberger-hausbuecher.de/75-Amb-2-317b-28-v/data>)

VÉGÜL, MINTEGY FELVETÉS GYANÁNT...

Már régóta kokettálok a gondolattal, hogy leírom, egy, a munka során kialakult feltevésemet.

Nos, az elmúlt években nem csak golyó (szférikus) és hasáb formájú, illetve a becsapódás eredményeként deformálódott lövedéket találtunk, hanem – bár nem nagy számban, de – olyan ólomlövedékeket is, amelyeken az öntési csúcs még fellelhető volt (21. kép alsó két lövedéke).

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám



21. kép: Felül a golyó, hasáb és alul az öntési csúcsos lövedékek

Az a kérdés merült fel bennem, hogy mi lehet a magyarázata, hogy az öntőcsúcsot (enguszt) nem vágják vagy törték le, hanem a lövedéken hagyták. Talán az öntőformából kivett golyót elejtették, és „lusták voltak lehajolni érte”? Esetleg időhiányában nem volt rá lehetőségük, vagy talán rajta felejtették, azaz feledékenységgel magyarázható? Nekem egyik sem tűnik nagyon valószínűnek, mondhatni logikusnak.

Felvetésem szerint tudatosan hagyták rajta. A szakirodalmak szerint már az előltöltős fegyvereknél is létezett egy olyan tölténytípus, amelynél a pontosabb küllballisztikai paraméterek (lövedékszórás) biztosítása, a töltény elemeinek egy egységként való kezelése érdekében a lövedéket és az adott lövedékhez és fegyverhez előre meghatározott és pontosan kimért lőport egy papírba csomagolva még a harcot megelőzően elkészítették. A papír ez esetben tulajdonképpen a hüvely korai változatát jelentette.

Ezt a tölténytípust a magyar szakirodalom *papírtöltény*ként, az angolszász irodalom pedig *paper cartridge*-nek nevezi. A szakirodalmi források szerint ezen tölténytípus szélesebb körben való elterjedése döntően a 18–19. századhoz köthető, ugyanakkor ezen típusú töltények már a 14. században is ismertek voltak. Ezt követően több 16. századi forrás

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

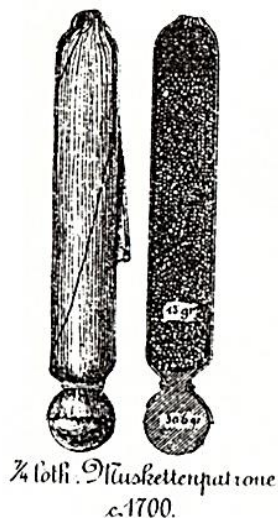
DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

– 1586, 1591, 1597 – is tesz róluk említést. Egyes források szerint Báthory István (1533–1586) regnálása alatt a lengyel gyalogsági csapatok már alkalmazták ezt a fajta töltényt.¹³

Nem tartom tehát kizártnak, hogy egy évszázaddal később, Zrínyi-Újvár ostrománál is jelen lehettek ezek a töltények.

A 22. kép egy, kb. 1700-ra¹⁴ keltezett papírtöltény rajzát és annak jelenkori megvalósítását mutatja. A képen jól látható, hogy az öntési csúcsot tudatosan nem vágták le, hiszen annak határozott funkciója volt. Zsineggel ugyanis ehhez rögzítették a papírba töltött lőport.



22. kép: A papírtöltény egy ~1700-ra keltezett rajzát és annak jelenkori megvalósítását mutatja¹⁵

Bár úgy tűnhet, hogy e rövid összeállításban foglaltak az elmúlt évtized egy-egy, „csak úgy taláalomra kiválasztott” vizsgálati eredményeit mutatták be, de ez koránt sem így igaz – e mögött sokkal több van.

¹³ William Wellington Greener (1907): The Gun and Its Development. Cassell.

https://en.wikipedia.org/wiki/Paper_cartridge

¹⁴ Megjegyezném, ha csupán ez az egyetlen forrás maradt volna fenn, akkor sem járnánk túl messze 1664-től.

¹⁵ Anton Dollezek: Geschichte der österreichischen Artillerie von den frühesten Zeiten bis zur Gegenwart (Wien, 1887) c. könyve alapján <http://kapszli.hu/vagottolom-vs-gomblovedek-a-17-szazad-masodik-fele-lovedekeinek-sebballisztikaja/>

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

DOI: 10.32563/hsz.2019.1.ksz.2

2019. XII. évf. Különszám

A fentebb bemutatott vizsgálati leletek minden egyes darabját Padányi Józseffel közösen detektáltuk, „pointereztek” és emeltük ki, hoztuk felszínre. Ha úgy tetszik együtt ástuk, esetenként kapartuk ki, vagy éppen legutóbb, a nagy szeget tartalmazó facsapot együtt ütöttük ki a kút faszkerzetének egyik eleméből. Azaz mindegyik darabhoz egy-egy közös emlék is köt.

Személy szerint ezzel a rövid tanulmánnyal szeretnék köszönteni 60. születésnapod alkalmából.

Köszönöm Padesz, hogy ennek a lelkes kis csapatnak 2008-tól tagja, az együtt töltött időnek és a megélt élményeknek pedig részese lehettem!

És végül a Zrínyi-Újvár munkálatainál együtt eltöltött évek emlékéül csatolok egy képet, ami nagyon közel áll a szívemhez.¹⁶



23. kép: Az „1. Beleznai Vargányavadász és Csatazajkutató Zászlóalj” (1. BVCsZ) megalakulása 2012. 09. 29-én és első terítéke.

(A képen balról-jobbra: Il. András, Thiboo, Padesz, Gabi és Jani, mint a „zászlóalj” beleznai illetőségű polgári alkalmazottja.)

¹⁶ Úgy gondolom, hogy a Tiedhez is.