

CSANÁDPALOTA II. HOMOKBÁNYA LELŐHELYEN TALÁLT VAS- ÉS NEMESFÉM TÁRGYAK ANYAGVIZSGÁLATA ÉS KÉSZÍTÉSTECHNOLÓGIAI JELLEMZŐI

TÖRÖK BÉLA* – KOVÁCS ÁRPÁD**

Absztrakt: A tanulmány Csanádpalota II. homokbánya 100. lh. SNR 468 és SNR 268 jelenségéből előkerült vas- és nemesfém tárgyak 2014-ben végzett archeometriai vizsgálatáról számol be. Jelen dolgozat – a vizsgálati eredmények tömör, illetve a kétélű kard vizsgálati eredményeinek valamivel részletesebb bemutatása mellett – a morfológiai és szövetszerkezeti megállapítások alapján a tárgyak készítésénél alkalmazott korabeli technológia fontosabb, a vizsgálati lehetőségek alapján kideríthető jellemzőire fókuszál. A vizsgálatok konklúziójaként megállapítható, hogy a vastárgyak egyféle, alapvetően alacsony, de heterogén karbontartalmú bucavasból lettek kialakítva, egyszerű, intenzívebb hűtés nélküli szabadkovacsolással. A nemesfém-ből készült tárgyak nem öntéssel, hanem legfeljebb kismértékű felmelegítés után hidegalakítással készültek, alapanyaguk kis aranytartalmú ezüst, amelyet vékony rétegben kis ezüsttartalmú arannyal vontak be.

Kulcsszavak: vas- és nemesfém leletek, SEM-EDS vizsgálat, mikroszerkezet, alakítási technológia

BEVEZETÉS

A tanulmány Gallina Zsolt és Gulyás Gyöngyi által jelen kötetben is bemutatott, Csanádpalota II. homokbánya 100. lh. (KÖH: 42867) SNR 468 és SNR 268 jelenségéből előkerült vas- és nemesfém tárgyak 2014-ben végzett archeometriai vizsgálatáról számol be. A vizsgált vastárgyakból (kétélű kard, kés és kengyel) kivágott, polírozott és maratott csiszolatként előkészített

mintákat, illetve a nemesfém-ből készült tárgyak felületét és töretét energiadiszipatív mikroszondával felszerelt pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM-EDS módszer) vizsgáltuk. A tanulmány a morfológiai és szövetszerkezeti megállapítások alapján a tárgyak készítésénél alkalmazott korabeli technológia fontosabb, kideríthető jellemzőire fókuszál.

A VASBÓL KÉSZÜLT LELETEK VIZSGÁLATA

VASKARD

A kétélű vaskardból¹ három vizsgálati² mintát készítettünk (*I. kép 1*). A pengéből – hogy kereszt-

illetve hosszirányú metszetet is tudjunk vizsgálni – egy 5 mm-es és egy 10 mm-es szélességű részletet vágunk ki, közvetlenül egymás mellől, illetve levágtuk a keresztvas egyik végét. A képen a

* Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportja (ARGUM), H-3515, Miskolc-Egyetemváros. bela.torok@uni-miskolc.hu

** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportja (ARGUM), 3515 Miskolc-Egyetemváros. femkov@uni-miskolc.hu

¹ A kardról a kötetben ld. GALLINA–GULYÁS 2017, 3. kép 6–7.

² A vizsgálatokat a Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportjának (ARGUM) vezetője, Török Béla és anyagvizsgáló mérnöke, Kovács Árpád végezte el, illetve értékelte ki a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének Komplex Képelemző és Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában.

vágásokat jelöltük, a vizsgált keresztmetszeteket a számozott, vastagított szakaszok jelzik.

Az 1. számú minta esetében a penge keresztmetszetét vizsgáltuk az éltől a penge közepéig. A minta élének környezetében viszonylag ép, szélén korrodált réteggel bevont szövetszerkezetet találtunk, amelyben az alakítás hatására sorba rendeződött zárványok figyelhetők meg. A zárványok eloszlása a metszetrészben nagyjából egyenletes (1. kép 2).

A minta élének környéke homogén szövetszerkezetű, relatíve jelentős ötvözőtartalmú, aránylag magas karbontartalmú perlités vas.³ A fém mátrixából (1. pont) és zárványából (2. pont) is pontos spektrumot vettünk fel (1. kép 3). A fém 0,66% króm- és 0,37% mangántartalmú vas, a zárvány pedig dendritesen dermedt, nagy szilícium- és mangántartalmú (10,85% és 8,69%), alapvetően vas-oxidos (Fe: 56,16%) salak volt, amely relatíve jelentős foszfort (0,40%) is tartalmazott.⁴ Ugyanakkor találtunk olyan területet is az él környezetében, amelynek átlagos spektruma 0,90% krómtartalmat mutatott.⁵

A perlit mellett karbidhálót, szekunder cementit találtunk. A szemcsehatárok nehezen voltak kivehetőek, az anyagot többször és alaposan átkovácsolták, ezért a karbidháló igencsak elaprózódott; a jellemző szemcseméret 10–40 µm (1. kép 4).

A metszet közepe felé haladva változott az anyag szövetszerkezete. Kevesebb perlitet találtunk, tehát a karbontartalom csökkent. Ugyanilyen irányban a krómtartalom is fokozatosan csökkent. A keresztirányú minta átmeneti zónája – melynek átlagos spektruma 0,56% krómot és 0,30% mangánt tartalmazott – után a kardpenge belső zónájának már aránylag homogén szövetszerkezete volt, amelyet a hosszanti metszetről származó 2. számú minta esetében is tapasztaltunk. A keresztirányú metszetet reprezentáló min-

tánál említett elemösszetételbeli tendenciák (a króm- és a karbontartalom csökkenése) itt fejeződtek be. A hosszirányú metszet egy részletének átlagos spektrumában a króm már csak 0,27% volt, a mangán viszont maradt 0,30%. A penge közepének anyaga ezen minta alapján lágyabb, inkább ferrites szövet.

A vizsgálat alapján megállapítható, hogy a kard pengéje egyazon anyagból készült, tehát nem különböző minőségű anyagok réteges összekovácsolásával. Ez utóbbi eljárás a kovácshegesztés (*pattern welding*), amelynek később többféle változata alakult ki.⁶ Az itt alkalmazott alakítási módszer viszont egyszerű volt, a penge kialakítása után főként az élek többszöri újrahevítéssel egybekötött átkovácsolásáról szólt.⁷ Az él környékén az intenzív kalapálás miatt töredezték össze a perlit-cementit lemezek, illetve keletkezett újrakristályosodás eredményeként szekunder cementit (vas-karbid).

A krómtartalom mint ötvöző azért is említésre méltó, mert hasonló technológiával, egyféle vasból készült korai középkori kardok, kések esetében egyáltalán nem volt jellemző ez az ötvöző; általában ötvözetlen ferrit-perlités anyagból készültek a tárgyak, a keménységüket alapvetően a karbontartalom befolyásolta.⁸ A króm karbidképző elem, amely a mai iparban keményebb, kopásállóbb acélt eredményez és komplex karbidot, ugyanakkor oxidcsírákat is képezhet a vassal, finomszemcséssé téve azt. Természetesen szándékos ötvözésről esetünkben nemigen beszélhetünk.

A keresztvas végéről levágott 3. számú minta egyszerű, perlit-ferrites szövetszerkezetű vasból van. Néhol apró lunkereket találtunk, kovácsolásnak viszont nincs nyoma. A szemcseméret inhomogén, a minta szélének zónájában magasabb karbontartalmú perlit-ferrites, úgynevezett Widmannstätten-jellegű szövet látható, amelyet

³ A vastárgyak vizsgálata esetében gyakran említett szövetelemek közül a ferrit gyakorlatilag a minimális karbontartalmú α -vas szöveteleme, a perlit pedig a ferrit és a cementit (vas-karbid, Fe_3C) eutektoidja, tehát a ferrit-perlités szövetszerkezetben utóbbi képviseli a nagyobb karbontartalmat, amelyet az EDS egyébként nem mutat ki, tehát az elemspektrumokban százalékos értéke nem szerepel. A ferrit-perlités szövetszerkezetet mutató SEM képeken a ferritet sötétebb, a perlitet világosabb árnyalat jelzi.

⁴ A dolgozatban szereplő valamennyi összetételt jelző %-os érték tömegszázalékot jelent.

⁵ A spektrumok elemösszetételei kapcsán megjelenített értékek tömegszázalékban értendők.

⁶ A kovácshegesztésről összefoglaló, illetve kovácshegesztéssel készült kardok eseti vizsgálatról beszámoló nagyszámú irodalomból a teljesség igénye nélkül: ANSTEE–BIEK 1961; EDGE–WILLIAMS 2003; LANG–AGER 1989.

⁷ A már a korai vaskortól ismert és a középkor folyamán végig használt, átlagosan alacsony karbontartalmú, de heterogén bucavas kovácsolásánál (*wrought iron*) alkalmazott egyszerű módszerről ld. PLEINER 2006, 196.

⁸ TÖRÖK–KOVÁCS 2011; BUCHWALD 2005, 266.

ausztenites átalakuláskor a perlitzsemcsék határán keletkező ferritháló, illetve a perlitzsemcsék belseje felé nőtt ferrit-tűk jeleznek (1. kép 5). Ez a relatíve lassú, szabad levegőn való hűléstől csak csekély mértékben gyorsabb hűlés eredménye.

Az anyag szemcsézete meglehetősen durva, a szemcseméret inhomogén. A metszet közepe felé haladva a perlit aránya – így vélhetően a karbon mennyisége is – csökken, a belső zónában túlnyomórészt már csak lágy ferritet találtunk. Mindezek alapján megállapítható, hogy a kardra egyszerű, nem alaposan átkovácsolt, nem túl igényes anyagból kissé elnagyolt technikával készített keresztvasat erősítettek.

VASKÉS

A kardpenge fent említett alakítási módszerét alkalmazhatták a vaskés⁹ készítésénél is, természetesen figyelembe véve, hogy utóbbinak csak egy éle van. A kés esetében a pengét közepesen keresztbe vágva teljes metszetet vizsgáltunk elektronmikroszkóppal. Anyaga jó megtartású, relatíve kevésbé korrodált, gyakorlatilag ötvözetlen színvas. A szövetszerkezet változása jól követhető volt a penge keresztmetszete mentén. Az él környékén az intenzív alakítás miatt a perlit-cementit lemezek ez esetben is feltöredezték, a kalapálás miatti újrakristályosodás miatt kivált karbid itt is megtalálható volt, illetve mellettük kisméretű ferritzsemcséket figyeltünk meg. A metszet közepének szövetszerkezete még szintén többször átkovácsolt anyagról tanúskodik, de lágy ferritet már kisebb mennyiségben találtunk, az egyre inkább csak kilágyulási folyamat terméke lehet. A keresztmetszet kés foka felőli részén az élhez, de az anyag közepéhez képest is sokkal kisebb mértékű kovácsolás történt, itt leginkább csak nagyobb átmérőjű ferritkristályokat találtunk.

Mindezek alapján a kés esetében is elmondható, hogy egy anyagból kovácsolták, nincs réteges szerkezete. Az él környékét dolgozták meg

alaposabban, aminek hatására a bezáródott salakszemcsékből álló zárványok főként a középső zónába torlódtak, illetve az alakítás hatására sorba rendeződtek. A mintából származó salakzárvány EDS-vizsgálatakor kapott spektrum (1. kép 6) elemösszetétele magas szilíciumtartalmú, fayalitos – $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ – kalcium-alumino-szilikátos komplex salakról tanúskodik.¹⁰ Ez a salakzárványfajta a metallurgiai fázis (kohósítás) öröksége lehet. Szövetszerkezete alapján a kés készítési technikája némileg eltér az általunk korábban vizsgált, főként avar kori Kárpát-medencei késekétől,¹¹ anyagszerkezeti heterogenitása, illetve a salakzárvány összetétele, szerkezete azonban analógiába állítható más, hasonló korú, főként skandináv példákkal.¹² Egyértelműen használati kés volt, nem túlságosan igényes, aránylag egyszerű eljárással készítve.¹³

VASKENGYEL

A vaskengyel¹⁴ esetében két kivágott mintát vizsgáltunk (2. kép 1). Az elkészített csiszolatok közül a kengyel pántrészéből kivágott 1. számú minta által a teljes keresztmetszetet vizsgálhatuk, amelynek szerkezete nem teljesen homogén. Zárványok minden irányban és területen találhatóak, a minta szélén valamivel nagyobb számban. Ez esetben azonban a zárvány főként vas-oxidból (revéből) állt, nagyon kevés vas-szilikáttal, kalcium-szilikáttal, viszont jelentős foszfortartalommal (1,20%). A kengyel anyaga gyakorlatilag ötvözetlen színvas. Az 1. számú minta keresztmetszetének közepén ferrit-perlites szövetet találtunk, viszonylag nagy ferritkristályokkal (20–40 μm -es átmérő), viszont a minta széle felé a perlit szövetelem – így a karbontartalom is – érdekes módon szinte teljesen eltűnik, csak még nagyobb (esetenként 100–150 μm átmérőjű) ferritkristályokat figyelhettünk meg. Mindezt a magas hőmérsékleten, hosszú ideig való hőntartás okozhatta.

A kengyel talprészéből származó 2. számú minta szövetszerkezete az 1. számú mintához na-

⁹ GALLINA–GULYÁS 2017, 8. kép 8.

¹⁰ A vaskés és a kengyel zárványairól készült spektrumok konkrét elemösszetételéről ld. TÖRÖK ET AL. 2014.

¹¹ TÖRÖK–KOVÁCS 2009, 94; TÖRÖK ET AL. 2015, 234–235.

¹² BUCHWALD 2005, 302–304.

¹³ Az egyszerű eljárással készült „hétköznapi” és a kovácshegesztéssel készült „luxus” kések metallográfiai összehasonlítása: HOŠEK–MEDUNA 2011.

¹⁴ GALLINA–GULYÁS 2017, 6. kép 4.

gyon hasonló. Bár a karbontartalom eloszlása ez esetben is heterogén, itt nem talákoztunk a szélek karbonban való elszegényedésével. A kisebb nagyításban is jól látszanak az alakítás irányában sorba rendeződött zárványok (2. kép 2). Ennél a mintánál spektrumot felvéve 0,15% foszfortartalmat találtunk (ötvözőket nem), amely jelentősnek mondható. A foszfor melegtörékenységet okoz, megnehezítve a kovácsolást. A talprészen vizsgált zárvány összetétele alapvetően a pánt zárványának spektrumához hasonlított, az ott tapasztalttól is magasabb foszfortartalommal.

Mindezekből az következik, hogy a kengyelt is egyféle vasból kovácsolták, de ez sem nevezhető kifejezetten alapos mestermunkának. Gyakorlati-

lag különösebb intenzív hűtés nélküli szabadkovácsolással készült, a talprész erőteljesebb, lapító átkovácsolásával. A kevésbé kalapált pántrésznél az anyag közepe keményebb, a széle lágyabb maradt. Itt viszont a folyamatos hő hatására szemcse-durvulás volt kimutatható.

Korai vastárgyak zárványainak vizsgálatai során az tapasztaltuk, hogy a zárványok vagy fayalitos (vas-szilikátos) salakot vagy gyakorlatilag vas-oxidot (FeO – wüstit) tartalmaznak,¹⁵ alapvetően az erre irányuló szakirodalomban megfogalmazott összefüggések szerint.¹⁶ A kengyel esetében nagyon kis mértékben fayalitos, leginkább vas-oxidos – amely valószínűleg kovácsoláskor képződött reve – zárványt találtunk.

A NEMESFÉMBŐL KÉSZÜLT TÁRGYAK VIZSGÁLATA

A csanádpalotai lelőhelyről öt nemesfém-ből készült tárgyat vizsgáltunk: egy ezüstlemez-ből kerek keresztmetszetűre hajlított karikát,¹⁷ két veretet és egy veretdarabot,¹⁸ illetve egy díszlemez töredékét.¹⁹

A karikát gyakorlatilag színezüst lemez-ből (Ag: 98,75%, Cu: 1,25%) hidegen hajlították. Eredetileg vékony aranyréteggel (Au: 83,95%, Ag: 16,05%) volt bevonva, amely a használat folyamán lekopott.²⁰ Nagy nagyításban jól elkülöníthető egymástól az alapfém (Ag) és a bevonat maradványa (Au) (2. kép 3). A tárgy felületén nyomokban Al-Mg-Si-S-tartalmú szennyeződések-találtunk, amely minden bizonnyal a hozzátapadt homokos talajból származik.

A két veret, illetve a verettöredék vizsgálata egymáshoz nagyon hasonló eredményeket hozott. Az 5–12% aranyat és 2–3% rezet tartalmazó ezüstöt 4–15% ezüsttartalmú és 1–2% réztartalmú arannyal vonták be. A bevonat általában 1 µm-nél is vékonyabb rétegben maradt meg, viszont mindenhol. A vereteknél az ezüst alapfém-et a töre-

teknél és a lyukasztásoknál tudtuk vizsgálni, a lyukakat tehát az arannyal történt bevonás után alakították ki. A kettős félhold alakú veret²¹ egyik lyukasztásának pereme mentén jól megfigyelhető a feltorló-dott ezüst alapfém (1), illetve a nagyítás-on láthatóak a perem alatt, valószínűleg a földből származó klórból keletkező ezüst-kloridos, Mg-Al-Si-tartalmú szennyezők (2) (2. kép 4).

A veretek töre-te durva, réteges mikroszerkezetű volt, amely nem tökéletesen átolvasztott ezüst-re vallott, hanem valószínűleg a fémet legfeljebb kismértékben felmelegítve szilárd állapotban alakították, préselték. A verettöredék²² töre-te durva mikroszerkezetű (2. kép 5), illetve a vizsgált karéjos-csúcsos veret²³ egyik lyukasztásánál megfigyelhető a réteges szerkezet (2. kép 6).

A veretek tehát nem öntéssel készültek, hanem az ezüst alapanyag hidegalakításával. Az alapanyag lehetett újrafelhasznált fém vagy elméletileg akár termésezüst is, azaz nem pirometallurgiai eljárásból származó, hanem természetben talál-

¹⁵ TÖRÖK–KOVÁCS 2011, 340; TÖRÖK ET AL. 2012, 131–132; TÖRÖK ET AL. 2013, 17–23.

¹⁶ BUCHWALD–WIVEL 1998, 94; BLACKLOCK 2009, 1755–1756.

¹⁷ GALLINA–GULYÁS 2017, 7. kép 3.

¹⁸ GALLINA–GULYÁS 2017, 7. kép 2–3, 5.

¹⁹ GALLINA–GULYÁS 2017, 7. kép 1.

²⁰ A nemesfém leletek vizsgálatokor felvett spektrumok konkrét elemösszetételeiről ld. TÖRÖK ET AL. 2014.

²¹ GALLINA–GULYÁS 2017, 8. kép 2.

²² GALLINA–GULYÁS 2017, 8. kép 3.

²³ GALLINA–GULYÁS 2017, 8. kép 5.

ható fém, amely ezüst esetén meglehetősen ritka – nem úgy, mint az arany esetében –, de nem lehetetlen, a korabeli Kárpát-medencében sem.

A megvizsgált díszlemeztöredék összetételét, felületi és töreti szerkezetét tekintve a veretek sorába illik, bár két oldalának felülete különböző jellegű. Készítési jellegzetességeként megemlítendő, hogy a homorú, nem aranyozott oldalán, a lemez-

hajlítások környékén alakítások határozott nyomaik találtak, hosszú, nagyjából párhuzamos karcok formájában (2. kép 7). Valamilyen éles szerszámmal, ismétlődő mozdulatokkal simították-nyomkodták bele az anyagot a negatív formába. A másik, aranyozott oldalon – a tárgy színén – kisebb repedéseket figyeltünk meg a kissé túlzott erejű nyomkodás jeleiként (2. kép 8).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vastárgyak mintáinak kivágásánál, illetve a vizsgálatoknál Sós Dániel anyamérnök hallgató működött közre, munkájáért itt mondunk köszönetet.

IRODALOM

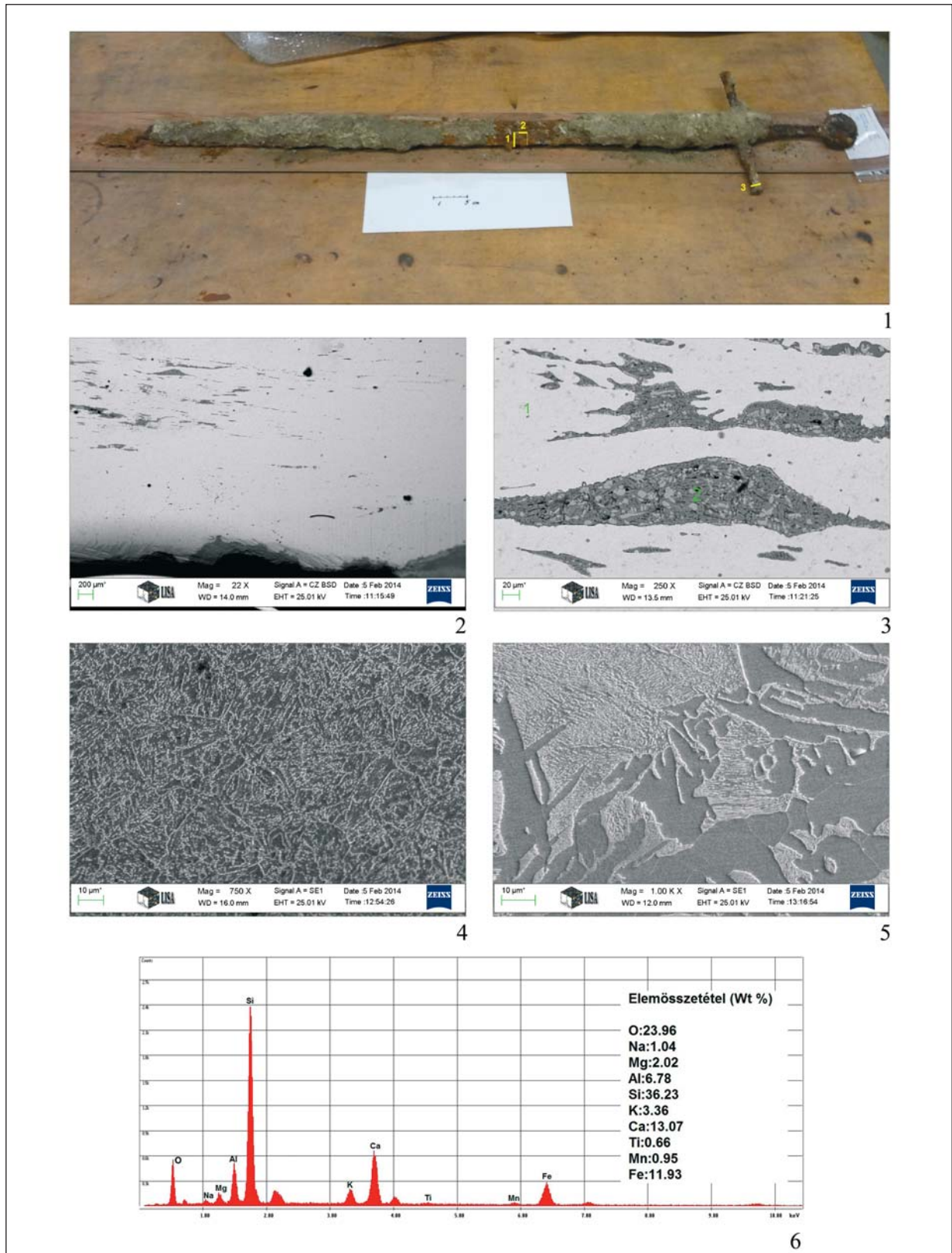
- ANSTEE–BIEK 1961: Anstee, J. W. – Biek, L.: A Study in Pattern-Welding. *Medieval Archaeology* 5 (1961) 71–93.
- BLAKELOCK ET AL. 2009: Blakelock, E. – Martinón-Torres, M. – Veldhuijzen, H. A. – Young, T.: Slag inclusions in iron objects and the quest for provenance: an experiment and a case study. *Journal of Archaeological Science* 36 (2009) 1745–1757.
- BUCHWALD 2005: Buchwald, V. F.: Iron and Steel in Scandinavia 600–1200 AD. In: Buchwald, V. F.: *Iron and steel in ancient times*. Historisk-filosofiske Skrifter 29 (2005) 113–124.
- BUCHWALD–WIVEL 1998: Buchwald, V. F. – Wivel, H.: Slag analysis as a method for characterization and provenancing of ancient iron objects. *Materials Characterization* 40 (1998) 73–96.
- EDGE–WILLIAMS 2003: Edge, D. – Williams, A.: Some Early Medieval Swords in the Wallace Collection and Elsewhere. *Gladius* 23 (2003) 191–210.
- GALLINA–GULYÁS 2017: Gallina Zs. – Gulyás Gy.: „Láttam a végtelen sok kunt és tatárt...” – A tatárjárás emlékei csanádpalotáról (“I saw the infinite number of Cumans and Tatars...” – Relics of the Mongol invasion from Csanádpalota). In: *Hadak útján. A népvándorlaskor fiatal kutatóinak XXIV. konferenciája, Esztergom 2014. november 4–6. (Conference of young scholars on the Migration Period, Esztergom, November 4–6. 2014.)*. Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia. Archaeological Studies of PPCU Department of Archaeology – A PPKE BTK Régészeti Tanszékének kiadványai 3.2. – Magyar Tudományos Akadémia Bölcsészettudományi Kutatóközpont Magyar Őstörténeti Témacsoport Kiadványok 3.2. Főszerk.: Türk A., szerk.: Balogh Cs. – Major B. Budapest–Esztergom 2017, 723–744.
- HOŠEK–MEDUNA 2011: Hošek, J. – Meduna, P.: Metallography of knives from the medieval village of Hrdlovka and the burial ground of Zlončice, Bohemia. In: *The Archaeometallurgy of Iron – Recent Developments in Archaeological and Scientific Research*. Eds.: Hošek, J. – Cleere, H. – Mihok, L. Prague 2011, 137–152.
- LANG–AGER 1989: Lang, J. – Ager, B.: Swords of the Anglo-Saxon and Viking Periods in the British Museum: A Radiographic Study. In: *Weapons and Warfare in Anglo-Saxon England*. Oxford University Committee for Archaeology Monograph 21. Ed.: Chadwick Hawkes, S. Oxford 1989, 85–122.
- PLEINER 2006: Pleiner, R.: *Iron in Archaeology – Early European Blacksmith*. Praha 2006.
- TÖRÖK ET AL. 2012: Török, B. – Kovács, Á. – Barkóczy, P. – Kristály, F.: Complex Archaeometrical Examination of Iron Tools and Slag from a Celtic Settlement in the Carpathian Basin. In: *Proceedings of the 39th International Symposium for Archaeometry*. Leuven 2012, 125–134.
- TÖRÖK ET AL. 2013: Török B. – Barkóczy P. – Kovács Á. – Gyucha A. – Gulyás Gy.: Szkíta kori vasfegyverek mikroszerkezete és készítési jellemzői.

- Gesta – A Miskolci Egyetem Történettudományi Intézetének folyóirata* 13 (2013) 14–24.
- TÖRÖK–KOVÁCS 2009: Török B. – Kovács Á.: Avar vastárgyletek szövetszerkezetének elektronmikroszkópos vizsgálata (Examinations of metallographic structure of Avar iron finds by electron microscope). In: *XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia kiadványa. Máramarossziget 2009*, 91–95.
- TÖRÖK–KOVÁCS 2011: Török B. – Kovács Á.: Kora középkori gepida kard archeometallurgiai vizsgálata (Archaeometallurgical investigations of an early medieval gepidic sword). *Archeometriai Műhely* 8:4 (2011) 337–343.
- TÖRÖK–KOVÁCS–SÓS 2014: Török B. – Kovács Á. – Sós D.: Összefoglaló a csanádpalotai lósírból előkerült nemesfém- és vastárgyak archeometriai anyagvizsgálatáról. In: *„Car-men miserabile”. A tatárjárás magyarországi emlékei. Tanulmányok Pálóczi Horváth András 70. születésnapja tiszteletére*. Szerk.: Rosta Sz. – V. Székely Gy. Kecskemét 2014, 169–174.
- TÖRÖK–KOVÁCS–GALLINA 2015: Török, B. – Kovács, Á. – Gallina, Zs.: Iron metallurgy of the Pannonian Avars of the 7th–9th century based on excavations and material examinations. *Der Anschnitt* 26 (2015) 229–237.

EXAMINATION OF MATERIALS AND CHARACTERIZATION OF FABRICATION TECHNOLOGIES OF IRON AND PRECIOUS METAL ARTIFACTS FROM CSANÁDPALOTA

Some medieval iron and precious metal artifacts from an excavation at the site of Csanádpalota (see the section by Zsolt Gallina and Gyöngyi Gulyás in this volume), such as an iron sword, an iron knife, an iron stirrup, gilded silver plates and a ring were examined by the Archaeometallurgical Research Team of the University of Miskolc (ARGUM). The analyses were carried out at the Laboratory for Complex Image and Structure Analyses at the Institute of Materials Science at the University of Miskolc using scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectrometry (SEM-EDS) in order to reveal the composition, microstructure, mechanical properties of the artifacts and characterize their manufacturing processes.

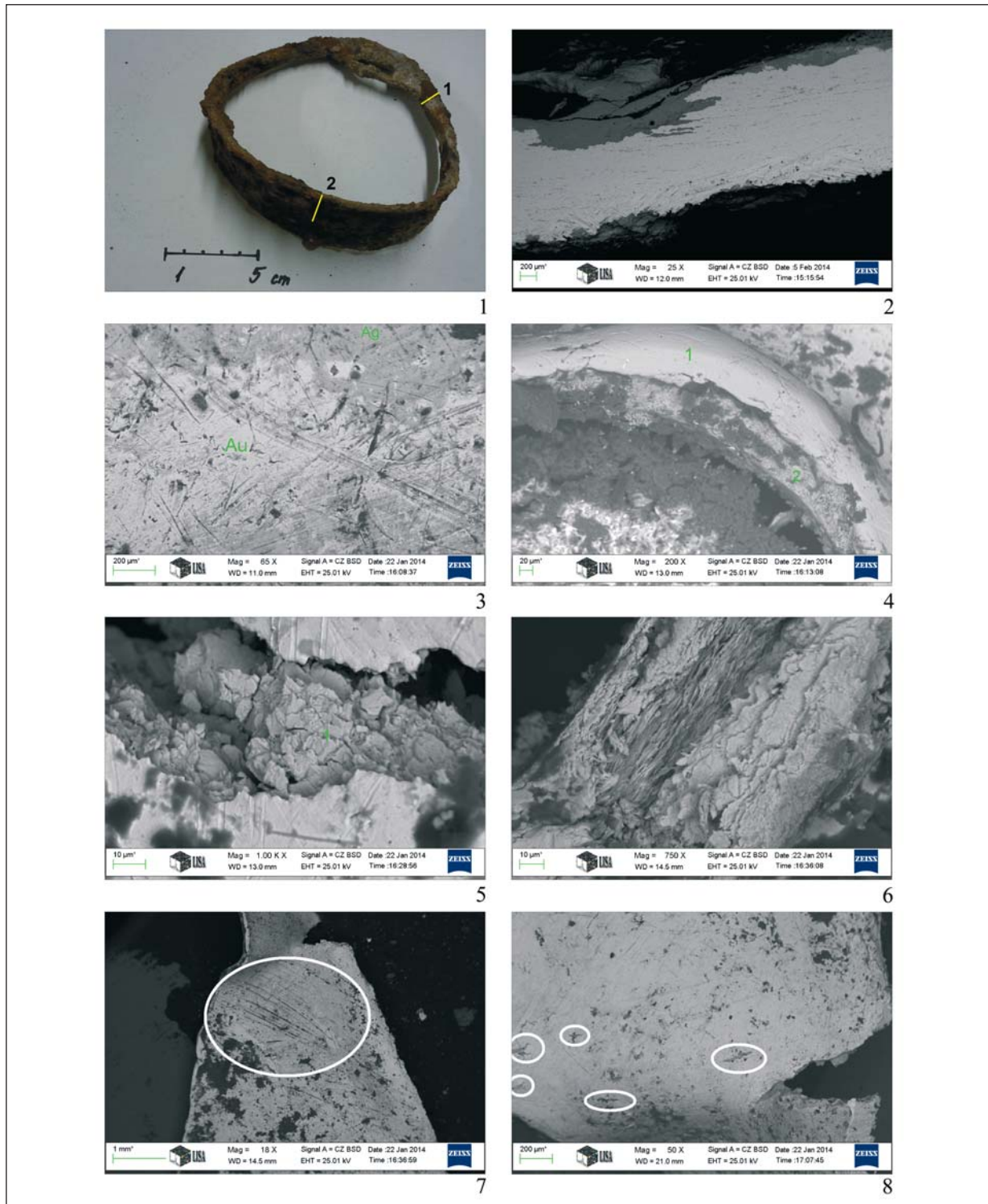
The investigation has shown that the iron objects were made from single bloom pieces by the free-forging technique without any intensive cooling. The bloom has a low but heterogeneously distributed C-content. The precious metal artifacts were not cast but shaped by cold forming after no more than a slight heating. The base metal is silver containing a small amount of gold, coated in a thin layer of gold containing a small amount of silver.



1. kép. 1: A vaskard a vizsgált metszetekkel; 2–5: A kard mikroszerkezetéről készült SEM-képek;

6: A vaskésben lévő zárvány spektruma és elemösszetétele

Fig. 1. 1: The iron sword and the examined cross-sections (marked in yellow); 2–5: SEM micrographs of the sword; 6: Spectrum and element composition of an inclusion of the sword



2. kép. 1: A kengyel a vizsgált metszetekkel; 2: A kengyel talprészének SEM képe; 3: Az ezüstkarika felszínének SEM képe aranymaradványokkal; 4: Aranyozott ezüstveret lyukasztásának SEM képe; 5: Aranyozott ezüstveret törétének SEM képe; 6: Réteges szerkezet aranyozott ezüstveret lyukasztásának SEM képén; 7–8: A díszlemeztöredék felületének SEM képei alakítási nyomokkal

Fig. 2. 1: The stirrup and the examined cross-sections (marked in yellow); 2: SEM micrograph of the stirrup sole; 3: SEM micrograph of the silver ring surface with traces of gold; 4: SEM micrograph of punching in a gilded silver plate; 5: SEM micrograph of a gilded silver plate fracture; 6: Layered structure of punching in a gilded silver plate; 7–8: SEM micrographs of the ornamental plate fragment surface with traces of forming