

# A kiskundorozsmai szablyamarkolatú kard az archeometriai vizsgálatok fókuszában

## Készítéstechnológiai elemzés

TÓTH BOGLÁRKA – TÖRÖK BÉLA<sup>1</sup>

### Bevezetés

A kard szúrásra és vágásra is alkalmas szálfegyver, ami alapvetően két fő részből áll: egy markolatból, illetve egy egyenes vagy ívelt, rendszerint hegyben végződő pengéből. Ebbe a gyűjtőfogalomba beletartoznak például a spathák, pallosok, kétélű egyenes kardok vagy a szablyák is.<sup>2</sup> Joggal mondható, hogy a kard az emberiség egyik legérdekesebb fegyvere, ugyanis az elmúlt évezredekben nem csak fegyverként szolgált, hanem szimbólumként, jelképként, sőt ötvösművészeti alkotásként is lehet rá tekinteni. A technika fejlődésének és a tudományok közötti egyre szorosabb együttműködésnek köszönhetően ezek a fegyverek mára már több szemszögből – például készítéstechnológiai aspektusból is – vizsgálhatóvá váltak. Napjainkban bőséges és sok esetben átfogó külföldi szakirodalom érhető el a témával foglalkozó kutatók számára. Hazánkban a kardok műszaki-természettudományos jellegű vizsgálata iránti érdeklődés az utóbbi években szintén egyre fokozódik, legyenek azok bronzból,<sup>3</sup> vagy vasból. Azonban a honfoglalás kori szúró- és vágófegyverekhez kapcsolódó, interdiszciplináris

---

<sup>1</sup> e-mail: tothbogi18@gmail.com; bela.torok69@gmail.com.

<sup>2</sup> LUGOSI-TEMESVÁRY 1988. 7-9.

<sup>3</sup> Példaként megemlíthetjük a vértesszőlősi leleteket, amelyek közül egy bronz törön, illetve két bronzból készült kard töredékén végeztek metallográfiai vizsgálatokat. GYÖNGYÖSI ET AL. 2023. 171-186.

jellegű, több szempontból elemző, egyúttal kiértékelő aspektusú, átfogó vizsgálatok csak a legutóbbi néhány évben vettek lendületet. A Kárpát-medencében előkerült, 10. századra datált, kétélű egyenes kardok jellemzői már a 20. század első felében is érdekelték a régészeket, történészeket. Annak ellenére, hogy a témában számos értelmezés és hipotézis született, hazánkban egy modern igényeket kielégítő, interdiszciplináris jellegű feldolgozás még mindig hiányzik. Ennek pótlására indult meg a Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportjának (ARGUM) és a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Régészettudományi Intézetének együttműködésével egy komplex projekt, amelynek egyik fókusza az, hogy a 10. századi Kárpát-medencei kétélű egyenes kardok régészeti aspektusú feldolgozása mellett azok célirányos archeometriai-archeometallurgiai vizsgálatai is megtörténjenek, illetve ezekből a vizsgálatokból készítésestechnikai konklúziók is levonhatók legyenek.

A 2020-ban indult kutatás során eddig 22 kardon végeztünk metallográfiai vizsgálatokat, amelynek eredményeként betekintést nyerhettünk az egyes kardleletek mintáinak mikroszerkezeti sajátosságaiba, készítésének lehetséges lépéseibe. Jelen tanulmányban példaként a kiskundorozsmai kardot mutatjuk be, ami kétségkívül az egyik legérdekesebb példány a megvizsgált kardok között. A tanulmányban kitérünk a penge mikroszerkezeti jellemzőire, készítésének feltételezett lépéseire, illetve arra is, hogy miért is számít ennyire különlegesnek ez a fegyver.<sup>4</sup>

## Kutatástörténeti háttér

Az Európa-szerte fellelhető, kora középkori kétélű egyenes kardok kutatásának története visszanyúlik egészen a 19. század máso-

---

<sup>4</sup> Jelen publikáció alapját a szerzők, illetve Barkóczy Péter (Miskolci Egyetem, ARGUM) és Langó Péter (Pázmány Péter Katolikus Egyetem) által 2023. szeptember 02-án az EAA Belfast – Weaving Narratives című konferenciára közösen elkészített *Manufacturing Technologies of Double-Edged Swords from the 10th Century Carpathian Basin – Differences, Similarities and Unique Cases* című előadás adta.

dik feléig. A témában azóta megjelent hazai<sup>5</sup> és nemzetközi<sup>6</sup> publikációk – az egyes leletek bemutatásán kívül – alapvetően a kardleletek morfológiájával, datálásával, illetve tipologizálásával foglalkoznak. Mivel azonban jelen írás fókuszában a kutatás archeometriai aspektusú megközelítése van, a kardok morfológiai klasszifikációjáról szóló tanulmányok itt nem kerülnek bemutatásra.

A kora középkori kardokhoz kapcsolódó készítésestechnológiai kérdések megválaszolására a külföldi szakirodalomban számos publikáció született, aminek alapját metallográfiai vizsgálatok eredményei adták. Oldalakon keresztül lehetne ezeket a publikációkat részletezni, azonban van néhány olyan kötet és tanulmány, ami mérőföldkőnek számít a téma szempontjából. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy középkori kardok, pontosabban a kardpengék készítésestechnológiájára, illetve pengeszerkezetére vonatkozólag még nincs Európa-szerte általánosan elfogadott és alkalmazott tipológia. Mégis, az itt felsorolt szakirodalom mindegyike fontos a téma szempontjából, mert a legkorábbi vizsgálatoktól kezdve a legújabbakig módszertani alapot ad a jelenkor kutatásnak, ezen kívül ékes példái annak, hogy a tudományok közötti együttműködés olyan eredményeket hozhat, amely mind a történészeknek, mind a régészeknek egyaránt hasznos lehet.

A szóban forgó fegyvercsoportot illetően Radomir Pleiner *The Celtic sword (1993)* című könyvét érdemes elsőként megemlíteni, amiben La Tène-kori kardpengék alapanyagát, illetve felépítését vizsgálja. A könyv 119 kelta kard metallográfiai és kémiai elemzését tartalmazza, melyek Nyugat- és Közép-Európában kerültek elő. A szerző a vizsgált kardok pengéjét karbontartalmuk és készítési technológiájuk alapján két fő csoportra bontotta (A és B). Az A csoportba sorolt pengék alapvetően lágyvasból készültek (0,02-0,05 tömeg% C-tartalom), míg a B csoportba olyan pengék kerültek, amiknek élét nagyobb karbontartalmú, acélszerű anyagból készítették (0,3-0,7 tömeg% C-tartalom). A szerző mindkét fő csoportot további alcsoportokra osztotta, a pengék szerkezeti felépíté-

---

<sup>5</sup> BAKAY 1965; KOVÁCS 1990; KOVÁCS 1994-1995.

<sup>6</sup> PETERSEN 1921; GEIBIG 1991; ANDROSHCHUK 2014.

se alapján.<sup>7</sup> Pleiner további két, a témához szorosan kapcsolódó könyvét érdemes még kiemelni. Az egyik az *Iron in Archeology. The European Bloomery Smelters* című, 2000-ben megjelent kötet, melyben a bucakemencével történő vaselőállítás régészeti vonatkozásaival és technikátörténetével foglalkozik. Ehhez szorosan kapcsolódik az *Iron in Archeology. The Early European Blacksmith* című 2006-os kötet, amelyben a szerző a régészeti vonatkozások mellett bemutatja az egykori kovácsok nyersanyagait, használati eszközeit és a különböző vastárgyak elkészítéséhez használt technológiákat. Mindkét kötet a vaskortól kb. az érett középkorig (Kr.e. 8. század – Kr. u. 13-14. század) tárgyalja a vasművesség történetét.

Hasonlóan sarkalatos fontosságú az angol archeometallurgus, Alan Williams klasszifikációja is, aki a könyvében 9-16. századi pengéket mutat be. Williams öt nagy csoportba rendezte a vizsgált kardokat karbontartalmuk, hőkezelésük és feliratuk alapján.<sup>8</sup> Fontos kiemelni azonban, hogy Williams a könyvében kora középkorra vonatkozó fejezeteiben csak egy bizonyos kardcsoportot, az úgynevezett „Vlfbehrt” feliratú kardokat vizsgálja.

A Kárpát-medence kétélű egyenes kardjaihoz fontos párhuzamot adhatnak az egykori Morva Fejedelemség központjában, Mikulčice-nél előkerült kora középkori kardleletek eredményei, amit Jiří Košta és Jiří Hošek cseh kutatók foglaltak össze. A kötetben 20 kard komplex vizsgálatát mutatják be, leírják az egyes leletek előkerülésének körülményeit, a kardok metrikus jellemzőit, tipokronológiai besorolásukat és a metallográfiai vizsgálatok eredményeit.<sup>9</sup> Ezen felül, a könyvben külön fejezetet szenteltek a kardok készítési technológiájának elemzésére is, ami nem csak a pengékre tér ki, hanem a kardfeliratokra, markolatok, kardhüvelyek készítésére, illetve a kardok provenienciájára vonatkozó kérdésekre is.<sup>10</sup> Szintén az említett cseh kutatókhoz köthető az a két kötetes nagy volumenű munka, ami a csehországi kardokat és azok európai

---

<sup>7</sup> PLEINER 1993. 136-146.

<sup>8</sup> WILLIAMS 2012. 118.

<sup>9</sup> KOŠTA – HOŠEK 2014. 53 – 236.

<sup>10</sup> KOŠTA – HOŠEK 2014. 239 – 261.

kontextusát mutatja be a 9. századtól a 16. század közepéig. Az első kötetben néhány historiográfiai, illetve terminológiai magyarázaton túl egy katalógust találunk, ami 430 kard ábráját, adatait foglalja magába.<sup>11</sup> A második kötetben – többek közt – kiértékelik a mai Csehország területén előkerült mintegy 60 kard (9-16. század) műszaki vizsgálatának eredményeit is. Az adatok feldolgozásával sikerült a szerzőknek prezentálni, évszázadokra lebontva, a pengék készítési módszereinek fejlődését. Egyfajta technológiai idővonalat hoztak létre, amivel valószínűleg mi a kutatási eredményeink is összeegyeztethetők. Ezen kívül a kötetben megtaláljuk a kora és késő középkori pengék szerkezetére, anyagfelhasználására (vas és/vagy acél) vonatkozó eredményeket is.<sup>12</sup> A könyv tematikája alapvetően eltér a korábbi kutatások legtöbbször jellegetől, ugyanis nem csak kifejezetten egy kardtípusra vagy csoportra fókuszál, hanem széles időintervallumban, nagy mennyiségű fegyverről közöl adatokat több, szemszögből megközelítve.

A hazai szakirodalomban egyelőre kevés olyan tanulmány elérhető, ami a szűrő-vágó fegyverek készítési hátterével foglalkozik. Az egyik korai példa erre az abony-piócásparti szablyatöredék metallográfiai vizsgálata, aminek leírását 1980-ban publikálták. A fegyvertöredék pengéjéről, illetve a keresztvasról restaurálás során eltávolított mintákról készítettek mikroszkópos és röntgendiffrakciós vizsgálatokat. Az eredmények alapján azt feltételezték, hogy a vizsgált fegyver egy szablyamarkolatú kard lehet.<sup>13</sup> Négy évvel később, 1984-ben Gömöri János publikált egy tanulmányt, ami a 10-11. századi vastárgyak metallográfiai vizsgálatának eredményeit részletezi, köztük egy 10. századi egyélű kardét is.<sup>14</sup> Az említettek után, a kardpengék metallográfiai vizsgálatáról csak 2011-ben publikáltak újra. A tanulmány a Kárpát-medencében előkerült vélhetően 6. századi gepida kard anyagvizsgálatát mutatja be. A kard vizsgálata – amelynek egyik résztvevője, egyben a szóban forgó, illetve a jelen tanulmány egyik szerzője is – során kiderült,

---

<sup>11</sup> HOŠEK ET AL. 2019. 55-389.

<sup>12</sup> HOŠEK ET AL. 2021. 21-38; 73-92.

<sup>13</sup> N. BENKÓ 1980. 235 – 245.

<sup>14</sup> GÖMÖRI 1984. 133-135.

hogy a fegyvert heterogén bucavasból, hőkezelés nélkül kovácsolták, és valószínűleg helyi gyártmány lehetett.<sup>15</sup>

Külön érdemes szólni a díszítő kovácshegesztéssel készült pengék kutatásáról is. Mind a nemzetközi, mind a hazai szakirodalomban számos szakcikk és könyv foglalkozik a témakörrel. Azonban érdemes kiemelni, hogy a megvizsgált 10. századi kétélű egyenes kardok között nem volt olyan, amit ezzel a technikával díszítettek volna. Ennek ellenére a téma nagy népszerűségnek örvend (hazai és nemzetközi szinten egyaránt), emiatt érdemes említeni a témában kifejtett hazai véleményeket. A díszítő kovácshegesztés (*pattern-welding*) az ún. réteges kompozit készítés technológiából fejlődött ki és 2-10. század között volt használatos. A technológia alkalmazása során a pengék elkészítéséhez lágyvasat ( $C < 0,2$  tömeg%) vagy acélt ( $C > 0,2$  tömeg%), illetve foszforvasat ( $P > 0,1$  tömeg%) kovácsoltak össze, az eljárás elsődleges célja pedig nem a penge mechanikai tulajdonságainak javítása, hanem a díszítés volt.<sup>16</sup> 2014-ben, az Archeometriai Műhelyben megjelent tanulmányban az említett technológiával készült, korhűen rekonstruált vasanyagok maratási kísérlete került bemutatásra. A kutatás arra fókuszált, hogy melyik maróanyaggal és anyagpárosítással érhető el a díszítő kovácshegesztésre jellemző legmarkánsabb mintázat. A kísérlet során a legkontrasztosabb mintázat sósavval történő maratás után volt megfigyelhető.<sup>17</sup>

Legújabbán Haramza Márk foglalkozott a kora középkori szúró és vágófegyverek kérdéskörével. Doktori értekezésében nemcsak hadtörténeti, hanem archeometallurgiai aspektusból is vizsgálta a 9-10. századi Kárpát-medencei szabványokat. A szerző a fegyverek formai és metrikus jellegzetességeinek elemzése mellett azok alapanyagát és készítési technológiájukat is vizsgálta, illetve modellezte. Utóbbi témakörön belül – többek közt – arra kereste a választ, hogy milyen készítés technológia használata figyelhető meg az egyes pengén (pl. díszítő kovácshegesztés, tűzi hegesztés, hőkeze-

---

<sup>15</sup> TÖRÖK – KOVÁCS 2011. 337-343.

<sup>16</sup> THIELE ET AL. 2019. 182.

<sup>17</sup> THIELE ET AL. 2014.

lés stb), illetve, hogy a salakzárványok kémiai összetételének vizsgálatával milyen következtetéseket lehet levonni a fegyver alapanyagához kapcsolódóan. A kutatáshoz 4 szablyából 6 mintát metszettek ki<sup>18</sup> és az archeometriai vizsgálatok eredményeiből kiderült, hogy a szablyákat egyféle alapanyagból, díszítő kovácshegesztés nélkül, hőkezelés alkalmazásával készítették.<sup>19</sup>

A rövid kutatástörténeti összefoglalóból kiderült, hogy a megfelelő módszertant alkalmazva lehetséges a kardok készítése technológiai klasszifikációja. A szakemberek vagy egy konkrét időre és térségre fókuszálva vizsgálták meg a kardokat, vagy egy speciális kardsoportra koncentráltak (Vlfberth kardok). A modernebb megközelítés talán az, amikor egy olyan adathalmazt hoznak létre, ami nagy időintervallumot és nagy mennyiségű vizsgálati eredményt foglal magába, amit aztán különböző statisztikai módszerekkel (pl.: klaszteranalízissel) értékelnek ki. Nyilván az utóbbihoz megfelelő mennyiségű szakirodalomra és vizsgálható kardleltre van szükség, ami sajnos nem minden esetben érhető el. Az utóbbi módszerre kiváló példa a cseh szakemberek által elvégzett kutatás, ugyanis ők be tudták mutatni, elsősorban Csehországra vonatkozólag, a különböző kardkészítési technológiák változását, fejlődését vagy éppen eltűnését.<sup>20</sup> Ezekhez képest Magyarországon a hasonló jellegű kutatások még alapozó, kiépülő fázisban vannak. Ennek ellenére a témakörben már megjelent néhány speciális esettanulmány, például a kunágotai, bizánci eredetű kard archeometriai vizsgálata, ami a 10. századra datált kétélű fegyver feltételezett készítési mechanizmusát is részletezi.<sup>21</sup> Egy átfogó, modern, interdiszciplináris igényeket kielégítő elemzésrendszer elkészítése már folyamatban van. A bemutatott könyvek, esettanulmányok pedig egytől-egyig útmutatóként szolgálnak a vizsgálati eredmények sikeres interpretálásához.

---

<sup>18</sup> HARAMZA 2019. 123.

<sup>19</sup> HARAMZA 2019. 155.

<sup>20</sup> HOŠEK ET AL. 2021. 73-97.

<sup>21</sup> TÖRÖK ET AL. 2022.

## A kiskundorozsmai kard archeometriai vizsgálata

1960-ban a kiskundorozsmai Vöröshomok-dűlőben ember- és lócsontok kerültek elő mezőgazdasági munkavégzés közben. A hitelesítő ásást Bálint Alajos régész végezte el, a feltárás során egy szablyamarkolatú kardot, lószerszámokat, ruhadíszeket és ezüst lemez töredékeket találtak.<sup>22</sup> A szablyamarkolatú kardok, mint amilyen a kiskundorozsmai is, egyedi megoldásként mutatkoznak a szablyák és a kardok közötti átmeneti időszakban (10. század utolsó negyede<sup>23</sup>). Ahogy az 1. ábrán is jól látható, a markolatvas a szablyákhoz hasonló módon kapcsolódik a kétélű egyenes pengéhez, majd markolatot szintén a szablyákhoz hasonló szereléssel látták el.<sup>24</sup> A kardot jelenleg a szegedi Móra Ferenc Múzeumban őrzik.<sup>25</sup>

A kiskundorozsmai kard mintáit 2020-ban, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi (ma Anyag- és Vegyészmérnöki) Karának egyik műhelyében metszettük ki, a lehető legnagyobb óvatossággal úgy, hogy elegendő vizsgálatra alkalmas fémet tartalmazzanak és a műtárgy a lehető legkisebb mértékben sérüljön. A mintákat ezután hidegen szilárduló műgyantába ágyaztuk, majd a csiszolás, polírozás és maratás (a marószer 2 tömeg%-os nital volt) után mikroszkópos vizsgálatokat végeztünk rajtuk. Az optikai mikroszkópos vizsgálatokat (OM) Zeiss Stereo AxioImager berendezéssel végeztük el, melynek tárgyasztala mozgatható. A vizsgálat segítségével a penge szövetelemeinek jellegzetességeit vizsgáltuk, annak eloszlását, a fázisok alakját, így általános szövetképet kaptunk. Ezek után pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) képek is készültek, amelyek sokkal nagyobb felbontásúak, így részletgazdagabbak az OM-képeknél. A Zeiss EVO MA10 elektronmikroszkópot EDAX típusú energiadiszperzív mikroszondával szerelték fel, amivel EDS-összetételmérések is elvégezhetők voltak. A SEM-

---

<sup>22</sup> BÁLINT 1963. 91.

<sup>23</sup> KOVÁCS 1986. 250.

<sup>24</sup> PETKES-SUDÁR 2015. 127; KOVÁCS 1986. 250.

<sup>25</sup> BAKAY 1965. 10.



képek egy része visszaszórt (back-scatter) elektronokkal készült (BSD jelöléssel), ezeknél a nagyobb rendszámú elemek területei világosabbak, a kisebb rendszámúaké sötétebbek. Így nem csak a minta szövetszerkezetéről nyerünk fontos információkat, hanem az anyagban található zárványokról is. A szekunder elektronokkal készített képek (SE1 jelöléssel) az egyes szövetelemek meghatározására, azok arányának, formáinak vizsgálatára alkalmas. Az EDS-módszerrel a mintában előforduló zárványok elemösszetételét vizsgáltuk meg. Az EDS vizsgálati pontokat az aktuális SEM-képeken számokkal jelöltük, az egyes zárványok kémiai összetételét (tömeg%-ban) az ábrák alatt tüntettük fel. A mikroszkópos vizsgálatok Instron Wolpert mikrokeménység-mérővel, 1 kg-os terheléssel (HV1) végrehajtott keménységméréssel egészültek ki.



1. ábra: *A kiskundorozsmai kard és az abból kimetszett minták.*

A kiskundorozsmai kardból összesen négy mintát vágunk ki, egyet-egyét a penge felső harmadából, a penge hegyéből, a keresztvasból és a markolattüskéből (1. ábra). A mintavételi helyeket igyekeztünk úgy kiválasztani, hogy a lehető legtöbb információt kapjunk a kard készítése technológiai jellemzőiről.

Az optikai mikroszkóppal készült mozaikfelvételen jól látható a *penge* általános szövetszerkezete (2. ábra). A penge alapvetően két, sőt lényegében három egymástól jól elkülöníthető részből áll. A belső rész, vagyis a penge magja vélhetően hajtogatással készült, ugyanis jól kivehető a mag sávos, kisebb és nagyobb korbontartalmú szerkezete. Ehhez a szívós maghoz kovácsolták hozzá

a nagyobb karbontartalmú, keményebb élbetétet. Az élbetéttel kapcsolatosan külön érdekesség, hogy azt két részből is alakították ki, ugyanis a penge magja és az él közötti betét szövetszerkezete nagyon hasonlít a penge élében található szövethez.

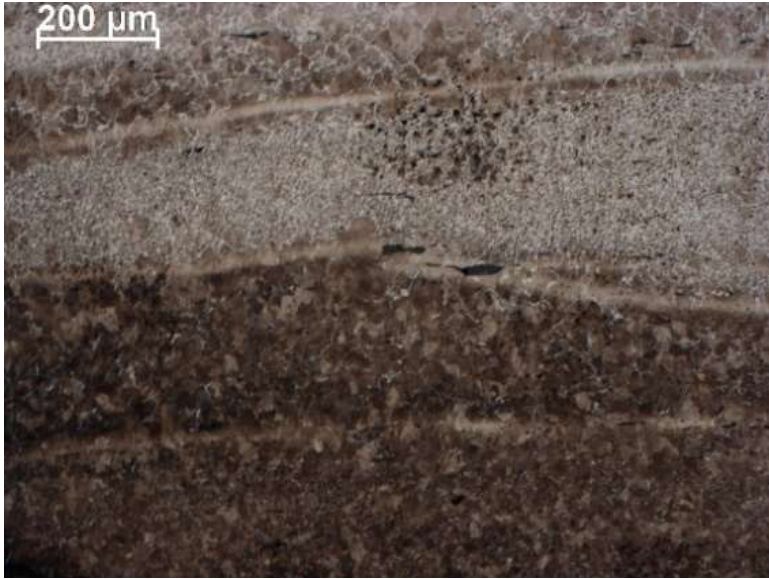


2. ábra: A pengéből kimetszett minta mozaikfelvétele. A felvétel bal oldalán a penge magja, jobb oldalán pedig a penge éle látható.

A penge magjáról készült optikai mikroszkópos felvételeken (3. ábra) megfigyelhetők a kisebb és nagyobb karbontartalmú sávok, ami az anyag hajtogatása során alakult ki, réteges szerkezetet eredményezve. A zömében ferrites szerkezetű sávokban található szemcsék között nagyon kevés perlit is megjelenik, ami annak a következménye, hogy a készítés során a karbon a perlitesez területekről átdiffundált a kisebb karbontartalmú térfogatokba (feltételezhető, hogy a kovácsolás során a vas huzamosabb ideig volt magas hőmérsékleten).<sup>26</sup> Természetesen a szerkezet sajátos jellemzője, hogy a minta belső, ferrites szövetelemeiben is előfordulnak nagy karbontartalmú sávok. A penge éle felé haladva nagyobb karbontartalmú perlitet találtunk, ami egyre finomabb formában jelenik meg.

---

<sup>26</sup> A ferrit a vas szobahőmérsékleten is stabilis, térben középpontos kockarácsú módosulata és maximum 0.025% karbon alkotta szilárd oldat. A perlit az ausztenitből 723°C-on képződő ferrit és vas-karbid alkotta eutektoid. Az ausztenit a magas hőmérsékleten stabil, felületen középpontos kockarácsú vas módosulat és a karbon alkotta szilárd oldat. Az ausztenit karbonoldó képessége relatíve nagy, maximum 2% (VERŐ – KÁLDOR 1986).

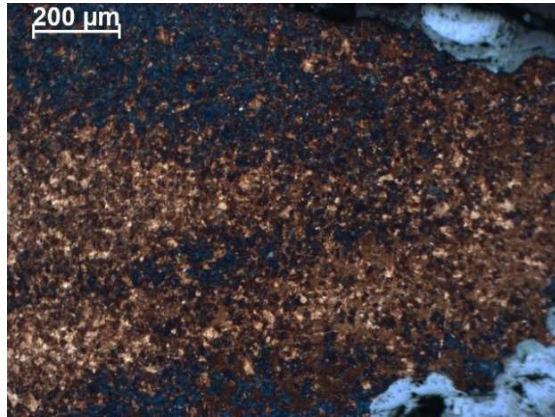
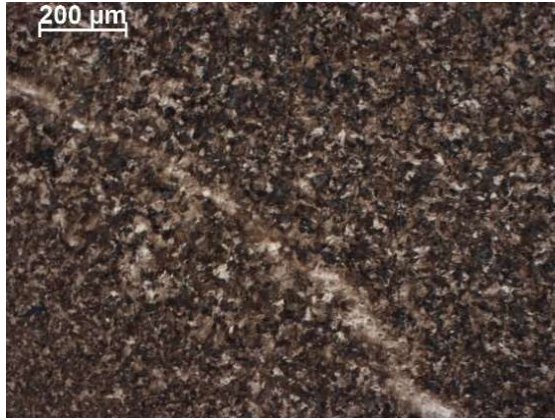


3. ábra: *A penge belső, anyagában hajtogatott magjáról készült optikai mikroszkópos felvételek.*

A penge éle érdekes képet mutat, hiszen két külön darabból kovácsolták, ami egyértelműen látszik a 2. ábrán. A mozaikképen jól láthatók azok a határvonalak, ahol penge alapanyagait kovácshegesztéssel összedolgozták. Ezek a fehér színű vonalak a penge egyik lapjától a másikig futnak keresztül (2. ábra jobb oldala). Az említett határvonalon egymás mellé rendeződött zárványsort is találtunk, ami szintén alátámasztja azt, hogy a pengét több darabból kovácsolták.<sup>27</sup> A két külső élbetét ugyanabból a perlites, vagy még keményebb szöveteiből áll (4. ábra). Mivel a penge *hegyénél* is hasonló minőségű szövetet találtunk, ezért feltételezzük, hogy az anyag végigfut a penge hosszán. Az él pontos vizsgálatához elektronmikroszkópra volt szükség, mert az optikai mikroszkóp felbontása már nem volt elegendő a részletesebb tanulmányozáshoz.

---

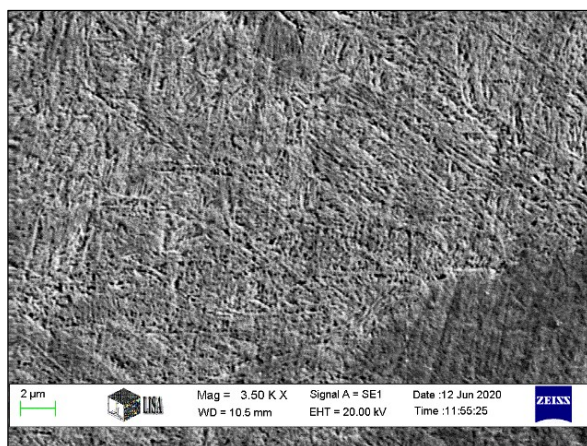
<sup>27</sup> HOŠEK ET AL. 2021. 12.



4. ábra: *A penge éle felé eső részéről (fent) és a penge közvetlen éléről készült optikai mikroszkópos felvétel.*

A SEM-vizsgálatok alátámasztották azt a feltételezést, hogy a pengét biztosan három részből kovácsolták. A penge magja és az él közötti betét szövetszerkezete nagyon hasonlít a penge élében található szövelemekhez és az sem kizárható, hogy az él, valamint a kardmag és az él közé eső köztes rész ugyanabból az anyagból készült. A SEM-felvételek igazolták, hogy a kardél szövetszerkezetében nagyon finom perlit található, azonban a minta

legszélén, szinte már az él közvetlen közelében bainit és helyenként martenzit<sup>28</sup> is előfordul (5. ábra), ami ugyan intenzívebb, de nem feltétlenül szándékosan gyors hűtésre utal. Ráadásul azt is szem előtt kell tartani, hogy a penge anyagvastagsága az élnél a legkisebb, pontosan ott, ahol az említett szövetelemeket találtuk. A vizsgálat alatt azonosított szövetelemeket igazolták a keménységmérés eredményei is, ugyanis a penge magjánál a keménység valamivel meghaladta a 200-as keménységi értéket, míg az élnél a 400-at (HV1).



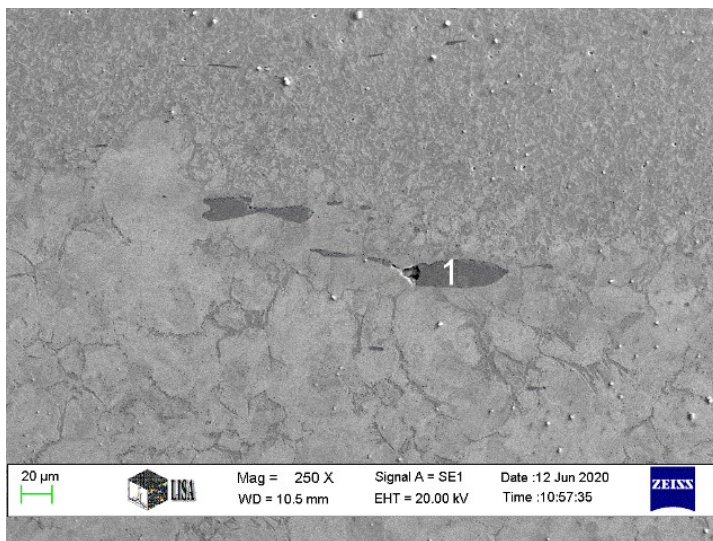
5. ábra: *A penge élének bainites-martenzites szövetszerkezete.*

---

<sup>28</sup> Felső bainitnek nevezzük azt a szövetet, amikor az ausztenit karbon-tartalma a növekvő ferrit körül eléri az oldhatóság határát és apró cementit-részecskék jelennek meg benne. Alsó bainit képződése során a karbonatomoknak nincs ideje kellő mennyiségben átlépni a ferritből az ausztenitbe a ferrit növekedésekor, így a növekvő ferrittüben jelennek meg a finom, diszperz eloszlású karbidszemcsék. Hirtelen, erős hűtésnél – edzésnél – a folyamat szélső helyzete következik be, amikor a ferritcsíra úgy növekszik, hogy a vas felületen középpontos kockarácsa nagy sebességgel átalakul több rácssík kiterjedésében térben középpontos kockarácsá. Ezt martenzites átalakulásnak nevezzük, amely nagy keménységű, de rideg, törékeny szövetet eredményez. (VERŐ-KÁLDOR 1986)

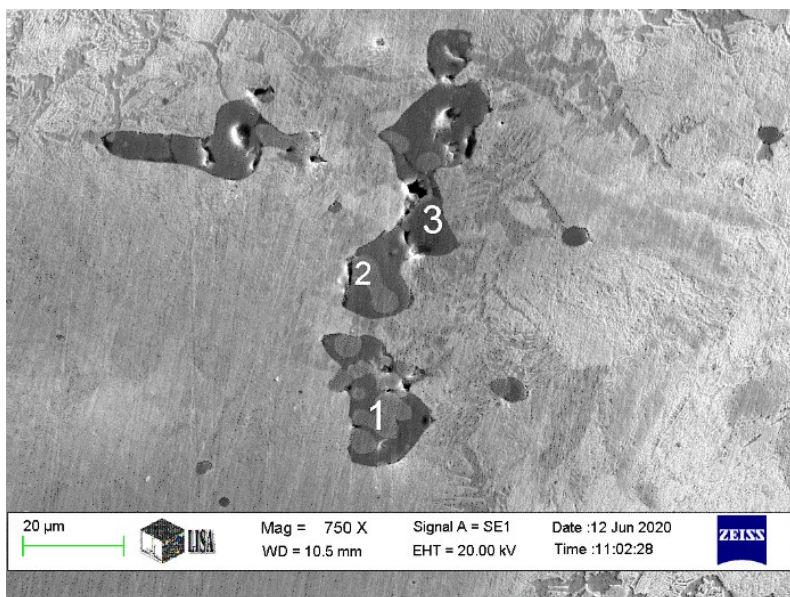


A kard pengéjében talált zárványok alapvetően deformáltak és erősen nyújtottak, ami valószínűleg a fém formázásához szükséges erős alakítás következménye. Mind a kard belső réteges, mind a külső részéről vizsgáltunk meg zárványokat. A 6. ábrán látható zárványról EDS-vizsgálat is készült. Látható, hogy a zárvány a kard belső réteges részén, pontosabban két réteg találkozásánál helyezkedik el, kémiai összetétele alapján vas-oxidból és vasszilikátból áll.



6. ábra: A penge magjában talált zárvány SEM-felvétele. A zárvány kémiai összetétele (tömeg%): O:7.79; Al:0.87; Si:4.95; Ca:0.38; Mn:0.33; Fe:85.68.

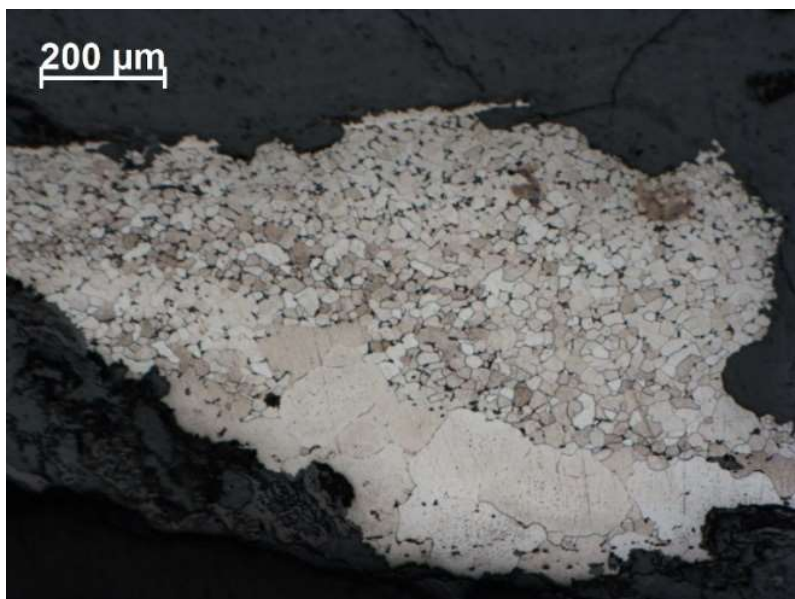
Az optikai mikroszkópos vizsgálatok során felmerült az a kérdés is, hogy vajon a penge magja és a rákovácsolt él közötti területen milyen jellegű zárványok képződhettek. A 7. ábrán lévő zárvány 1-es számmal jelölt területen átlagos, a 2-es és 3-as számmal jelölt pontokon pedig lokális kémiai összetételt mértünk. Az 1-es területen a 6. ábrán látható zárványhoz hasonló összetételű vas-oxid vas-



7. ábra: A penge magja és az él közötti területen található zárvány elektronmikroszkópos felvétele. Összetételek (tömeg%): (1) - O:8.83; Al:0.70; Si:5.82; K:0.16; Ca:0.30; Mn:0.25; Fe:83.94; (2) - O:8.34; Al:0.45; Si:0.58; K:0.10; Ca:0.16; Mn:0.26; Fe:90.10; (3) - O:12.01; Al:0.13; Si:18.45; K:0.26; Ca:0.60; Mn:0.48; Fe:68.07.

szilikát zárvány azonosítható, a 2-es pont kémiai összetétele pedig revére (gyakorlatilag vas-oxid) utal. A 3-as ponton mért kémiai összetétel valamivel nagyobb Si-tartalmú zárványrészletről árulkodik, azaz vas-szilikát tartalma ezen a területen kissé magasabb. Mindez alapján a zárványokat legnagyobb valószínűséggel kovácsolás alatt keletkezett reve, illetve ún. kovácssalak együttes zárványaiként azonosíthatjuk. A kovácssalakokra jellemző, hogy kis amorf hányad mellett domináns a vas-oxid (wüstit – FeO) tartalmuk, emellett gyakorta 900-1000 °C-on keletkező Fe-szilikátok azonosíthatók bennük.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> TÖRÖK ET AL. 2018. 404-420.



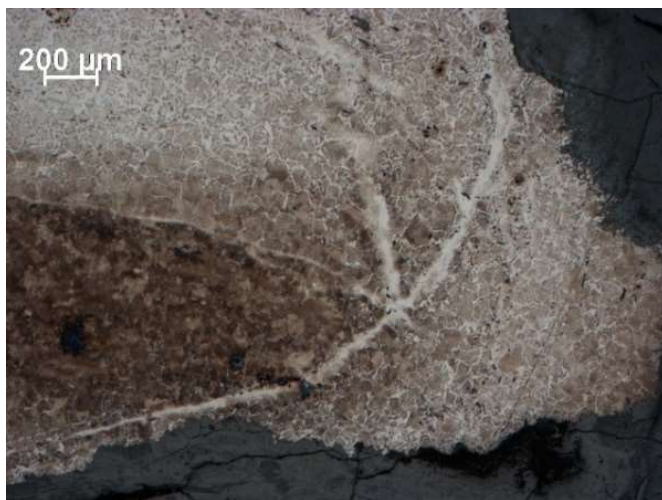
8. ábra: *A kard keresztvasából kimetszett minta optikai mikroszkópos felvétele.*

A 8. ábrán a kard *keresztvasáról* készült optikai mikroszkópos felvétel látható. A keresztvas anyagában nagyméretű ferritszemcséket találtunk, ami akkor alakulhat ki, ha a karbontartalom csekély és a hőmérséklet igen magas. Ezen kívül, a felvételen apróbb szemcsés ferritet, valamint nagyon kis mennyiségben ugyan, de perlitet is találtunk. A keresztvas nem túl jó minőségű, alapvetően ferrites szövetszerkezetű, lágyvasból készült. A mintán nem találtunk hajtogatásra vagy kovácshegesztésre utaló nyomot, így a kard ezen részét valószínűleg egyszerű módszerrel, ún. „telibe” kovácsolással alakították ki.

A kard *markolattüskéjéből* egy mintát vágunk ki, ami sajnos nagyon erősen korrodált. A pengénél megfigyelt hegedési vonalak a markolattüske mintáján is láthatók (9. ábra). A pengével ellentétben, itt viszont csak két markánsan elkülöníthető részt figyeltünk meg: egy tiszta perlites sávot, illetve egy kis karbontartalmú ferri-



tes területet (9. ábra). A SEM-vizsgálat során a markolatvas keresztmetszetén látható átmeneti területen ferrithálót és ún. Widmanstätten-jellegű szövetet figyeltünk meg (10. ábra). Erre a szerkezetre az ausztenites átalakuláskor keletkező ferritháló, illetve az ausztenit kristályt felszabdáló ferrit-tűk utalnak, ami arra enged következtetni, hogy az anyag huzamosabb ideig volt magas hőmérsékleten, majd a szabadlevegős hűléstől valamivel gyorsabban hűlhetett le.<sup>30</sup>

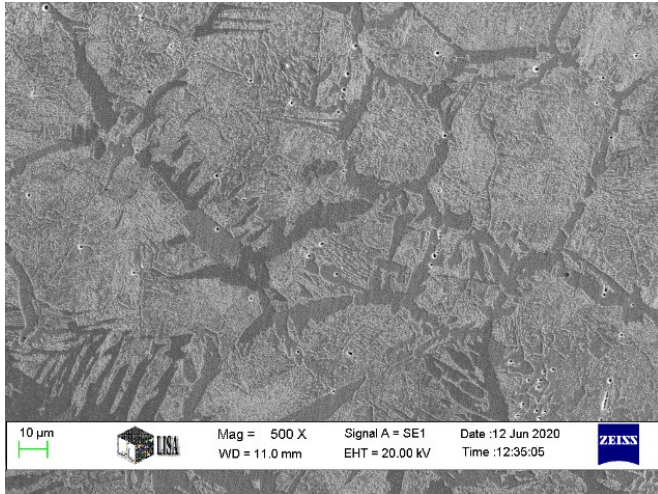


9. ábra: *A markolattüskéből kimetszett minta optikai mikroszkópos felvétele.*

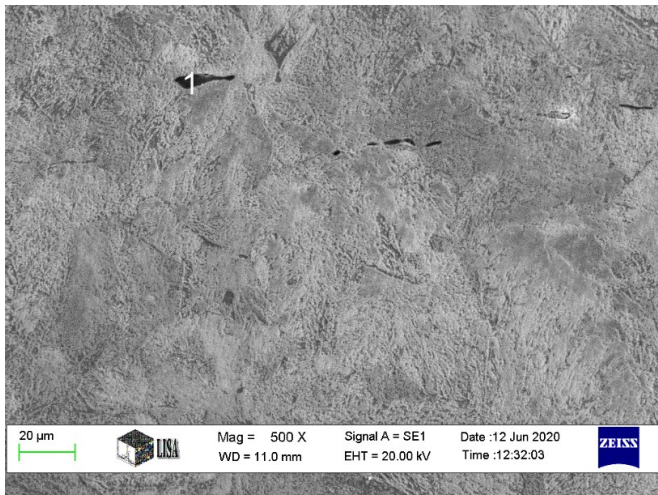
A markolattüskében elszórtan található, apró zárványok egyikének EDS-vizsgálata során relatíve alacsony Fe- és nagy Si-tartalom mellett igen magas mangántartalom volt detektálható (11. ábra). Ez a zárvány azonban összetétele alapján metallurgiai eredetű, az érc meddőjének összetevőit hordozza magával. Kifejezetten ilyen jellegű zárványt a kard többi részének mintáiban nem találtunk.

---

<sup>30</sup> VERŐ-KÁLDOR 1977. 266-267.



10. ábra: A markolatvasról készült SEM-felvétel. A felvételen Widmanstätten-jellegű szövet figyelhető meg.



11. ábra: A markolatűske mintájában talált zárvány SEM-felvétele. A zárvány összetétele tömeg%-ban: O:17.21, Al:5.22, Si:47.30, K:3.50, Ca:6.07, Mn:9.10, Fe:11.60.

## Összefoglalás és konklúzió

Összességében tekintve, a kiskundorozsmai kard pengéje meglehetősen összetett, ez a technológiai halmozás – vagyis a különböző készítechológiai módszerek együttes alkalmazása – arra enged következtetni, hogy a kovács a lehető legjobbat akarta kihozni a pengéből, és vélhetően minőségi munkára törekedett. Az archeometriai vizsgálatokból kiderült, hogy a kiskundorozsmai kard pengéjét több darabból kovácsolták. A penge centrális részére, vagyis a lágyabb, hajtogatással készült magra kovácsolták rá a nagyobb karbontartalmú, kemény élbetétet, amit lényegében két részből dolgoztak ki.

Technológiai szempontból a következő, ma is használt készítési módszerek figyelhetők meg a pengén: egyszerű melegkovácsolás („telibe” kovácsolás), hajtogatás, kovácshegesztés és edzés. A kovácshegesztés talán a legősibb hegesztési eljárás, amely során két vagy több anyagot megfelelő hőre való hevítés után összedolgoznak úgy, hogy azok tartósan összehegednek. A folyamat során kristályszerkezeti kapcsolatot érnek el a két alapanyag között.<sup>31</sup> A kardpengék esetében nagyon gyakori ez az eljárás és az általunk megvizsgált kardok közel fele kovácshegesztéssel készült úgy, hogy lágyabb, de szívós magra dolgozták rá a keményebb, ridegebb és nagyobb karbontartalmú élt. Ez a pengeszerkezet a kiskundorozsmai kardnál is tisztán kivehető.

Európai viszonylatban is kifejezetten gyakori az említett módon (szívós mag + keményebb, nagyobb karbontartalmú él) kialakított pengeszerkezet. A cseh kutatók által kidolgozott technológiai alapú klasszifikációban<sup>32</sup> külön csoportot (ún. E csoport) alkot-

---

<sup>31</sup> HALMÁGYI–RIEDEL 1986. 37.

<sup>32</sup> A tanulmányban említett klasszifikáció a csehországi kardok és azok európai kontextusának legújabb komplex feldolgozásának eredménye. A könyv bőven túlmutat a 10. századon, a kétélű kardokat a 9. századtól egészen a 16. század közepéig tárgyalja. A klasszifikációt a kardpengék szerkezeti jellegzetességei, karbontartalmuk alapján alakították ki, kiegészítve azzal, hogy az adott pengén alkalmaztak-e bármilyen hőkezelést vagy sem. HOŠEK ET AL. 2021. 11-20.

nak azok a pengék, amelyeknél – hasonlóan a kiskundorozsmai kardhoz – több alapanyag felhasználásával és az említett módon alakították ki az éleket. Az E típus<sup>33</sup> egyik alcsoportjába sorolták az olyan kardokat, ahol a penge központi része és az él közé egy plusz réteget kovácsoltak csakúgy, mint a tanulmány fókuszában álló kard esetében. Ahogy mi is feltételeztük a Kárpát-medencei pengék vonatkozásában, úgy a cseh kutatók is kiemelik, hogy ez a pengeszerkezet ritkaságnak számít. Az általuk megvizsgált 60 kard közül csak két esetben találtak plusz éltoldással ellátott pengét.<sup>34</sup> Fontos azonban megjegyezni, hogy ez a két kard díszítő kovácshegesztéssel készült, míg a kiskundorozsmai kard esetében ilyen technológiát nem találtunk.

Az edzéssel kapcsolatban érdemes kiemelni, hogy kora középkori kardpengék vonatkozásában elsősorban az úgynevezett „*slack-quenching*” technológia volt használatos, nem pedig a mai iparban is ismert hőkezelési módszerek. Az edzés és a „*slack-quenching*” (kb. laza edzés) között az a különbség, hogy amíg az előbbinél a vörösen izzó fém olyan gyorsan hűl le, hogy a folyamat során csak a legkeményebb szövetelem, vagyis martenzit keletkezik, addig az utóbbinál az ausztenizáló hőmérséklettől az adott kritikus hűtési sebességénél lassabban hűl a fém, ami nem teljes edzést eredményez és egy vagy több átalakulási termék (például perlit vagy bainit) képződését eredményezi a martenzit mellett vagy helyett. A

---

<sup>33</sup> Az E csoportba sorolt pengék általános szerkezeti jellegzetessége a penge magjára kovácsolt kétoldali élbetét. Ez a konstrukció már a kora középkorban is széleskörben használatos volt és egészen a 12. század legelejéig domináns maradt. Számos variánsa (alcsoportjai) kerültek elő, melyek közt egyaránt találtak díszítő kovácshegesztéssel és anélkül készült darabokat is. HOŠEK ET AL. 2021. 29-30.

<sup>34</sup> A 151-es katalógusszámmal ellátott kardot a Nechvalín-i temetőben találták meg (Hodonín környéke, Dél-Csehország) az 1975-1976-os ásatás során. A fegyvert a 8. század vége és a 9. század elejére datálták. A 169-es katalógusszámmal ellátott kardot a Kanín-i temetőben (Opolany-Kanín, Nymburk környéke, Csehország) találták meg 1966-ban. A fegyvert a 10. század második felére datálták. HOŠEK ET AL. 2019, 184-185; 199-200.

folyamat eredményeként az anyag veszít ugyan a keménységéből, de egyúttal ridegségéből is.<sup>35</sup> A kiskundorozsmai kardon kívül a bizánci eredetű kunágotai kardnál figyeltünk meg martenzitet, ebből következik, hogy pengéken alkalmazott edzés-szerű hűtés sem volt gyakori a 10. századi Kárpát-medencében.<sup>36</sup>

A markolattüske teljes keresztmetszete az erős korrodáltság miatt nem ismert, ennek ellenére kialakítása és alapvető szerkezete szoros párhuzamban áll a kardpenge kidolgozásával. Ahogy a penge esetében, úgy itt megfigyelhetők a kovácshegesztés lenyomatai: a mintán keresztülfutó fehér vonalak, illetve a réteges szerkezet. A markolattüske viszont vastagabb a pengénél, kevesebb alakítással is el tudták készíteni. A vizsgálatok alapján jól látszik, hogy a penge és a hozzá tartozó markolattüske egyazon műhely összefüggő technológiai cselekményének terméke, minden bizonnyal egyazon alapanyagból kiindulva. A penge és a markolattüske összetettségével ellentétben a keresztvas meglehetősen silány minőségű, kis karbon tartalmú alapanyagból egyszerű kovácsolással készült és merőben eltér a penge komplex kialakításától. A felsorolt alakítási módszerek mindegyike ismeretes volt a kora középkorban<sup>37</sup>, sőt az általunk megvizsgált kardpengéknél külön-külön is megfigyeltük ezeket. Viszont az említett mesterfogások együttes használatát, valamint a pengeszerkezet különleges kialakítását eddig csak a kiskundorozsmai kardnál találtuk meg, és ez az, ami technológiai szempontból és az eddig megvizsgált Kárpát-medencei 10. századi kardok tükrében egyedivé teszi a szóban forgó fegyvert.

**Köszönetnyilvánítás:** Ez a tanulmány ilyen formában nem jöhetett volna létre Barkóczy Péter és Kovács Árpád – mindketten az ARGUM tagjai – nélkül, akiknek optikai mikroszkópos, illetve pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatait ezúton is köszönjük.

---

<sup>35</sup> WILLIAMS 2012. 22.

<sup>36</sup> TÖRÖK ET AL. 2022. 283.

<sup>37</sup> A középkorban alkalmazott kovácsolási technológiákról összefoglalóan lásd: PLEINER 2006. 54-64.

## Szakirodalom

ANDROSHCHUK 2014

Androshchuk, Fedir: Viking Swords. = *Swords and Social Aspects of Weaponry in Viking Age Societies*. The Swedish History Museum, Studies 23. Stockholm, 2014.

BAKAY 1965

Bakay Kornél: *Régészeti tanulmányok a magyar államalapítás kérdéséhez*. Dunántúli Dolgozatok. 1. 1965

BÁLINT 1963

Bálint Alajos: Kiskundorozsma-Vöröshomok dűlői leletek. = *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve*, Szeged, 1963. 91-99.

GEIBIG 1991

Geibig, Alfred: Beiträge zur morphologischen *Entwicklung des Schwertes im Mittelalter. Eine Analyse des Fundmaterials vom ausgehenden 8. bis zum 12. Jahrhundert aus Sammlungen der Bundesrepublik Deutschland*. Neumünster, 1991.

GÖMÖRI 1984

Gömöri János: Some Relics of the Early Hungarian Blacksmiths Craft. = Scott, Brian G. – Cleere, Henry (Ed.): *The crafts of the blacksmith: essays presented to R.F. Tylecote at the 1984 Symposium of the UISPP Comité pour la sidérurgie ancienne*. 1984.

GYÖNGYÖSI ET AL. 2023

Gyöngyösi Szilvia – Szabó Géza – Barkóczy Péter – Cseh Julianna: Metallographic Investigation of the Bronze Sword from Vértesszőlös. = *Metallography, Microstructure, and Analysis* 2023. 171-186.

HALMÁGYI – RIEDEL 1986

Halmágyi Szabolcs – Riedel Lóránt: *Régi fegyverekről*. Műszaki Könyvkiadó, 1986.

HARAMZA 2019

Haramza Márk: A 9–10. századi kárpát-medencei szabalyák archeometallurgiai és hadtörténeti vonatkozása. PhD disszertáció. Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Budapest, 2019.

KOŠTA – HOŠEK 2014

KOŠTA, Jiří – HOŠEK, Jiří: Early Medieval Swords from Mikulčice. = *Studien zum Burgwall von Mikulčice 10*. Brno, 2014.

HOŠEK et al. 2019

Hošek, Jiří – Košta, Jiří – Žakovský, Petr: *Ninth to Mid-Sixteenth Century Swords from the Czech Republic in their European Context. Part I. The Finds*. Prague – Brno, 2019

- HOŠEK et al. 2021  
Hošek, Jiří – Košta, Jiří – Žákovský, Petr: *Ninth to Mid-Sixteenth Century Swords from the Czech Republic in their European Context. Part II. Swords of Medieval and Early Renaissance Europe as a Technological and Archaeological Source*. Prague-Brno, 2021.
- KOVÁCS 1994-1995  
Kovács László: A Kárpát-medence kétélű kardjai a 10. század második feléből (Adattár). = *Communicationes Archaeologicae Hungariae*, 1994-1995. 153–189.
- KOVÁCS 1990  
Kovács László: Szablya–kard fegyverváltás. A kétélű kardos 10–11. századi magyar sírok keltezéséhez. = *Archaeológiai Értesítő*. 1990. 117. 39–49.
- KOVÁCS 1986  
Kovács László: Viselet, fegyverek. = Kristó Gyula szerk.: *Az Árpád-kor háborúi*. Budapest 1986. 216 – 287.
- LUGOSI-TEMESVÁRY 1988.  
Lugosi József – Temesváry Ferenc: *Kardok*. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1988.
- N. BENKŐ 1980  
N. Benkő Zsuzsanna: Az abonyi honfoglalás kori szablyatöredék. = *Studia Comitatensia* 9. 1980. 235–245.
- PETERSEN 1921  
Petersen, Jan: *De Norske Vikingesverd. En Typologisk-kronologisk Studie Over Vikingetidens Vaaben*. Stockholm, 1919.
- PETKES – SUDÁR 2015  
Petkes Zsolt – Sudár Balázs szerk.: *Honfoglalók fegyverben*. = *Magyar őstörténet*. Budapest, 2015. 3. kötet.
- PLEINER 2000  
Pleiner, Radomir: *Iron in Archaeology. The European Bloomery smelters*. Archeologický ústav AV ČR, Praha, 2000.
- PLEINER 2006  
Pleiner, Radomir: *Iron In Archaeology. Early European Blacksmith*. Archeologický ústav AV ČR, Praha, 2006.
- PLEINER 1993  
Pleiner, Radomír: *The Celtic Sword*. Clarendon Press, Oxford, 1993.
- THIELE ET AL. 2019.  
Thiele Ádám – Juhász Gergely Marcell – Hošek, Jiří – Kucypera, Paweł – Török Béla – Haramza Márk: A díszítő kovácshegesztés (da-

maszkolás) szerepe a kora középkori kardpengékben = *A Laczkó Dezső Múzeum Közleményei* 29, 2019. 169-196.

THIELE ET AL. 2014.

Thiele Ádám – Török Béla – Haramza Márk – Juhász Gergely Marcell: A díszítő kovácshégesztés (Pattern-welding) szerepe a 2-10. századi kard- és késpengékben – korhűen rekonstruált vasanyagok marataási vizsgálata. = *Archeometriai Műhely* XI/2. 2014. 127–136.

TÖRÖK – KOVÁCS 2011

Török Béla – Kovács Árpád: A koraközépkori gepida kard archeometallurgiai vizsgálata. = *Archeometriai Műhely*, 2011/4.

TÖRÖK et al. 2022

Török Béla – Barkóczy Péter – Langó Péter – Tóth Boglárka: Archaeometric investigation of the Kunágota-sword – A Case Study. = *Archeometriai Műhely*, 2022. XIX/3. 279–288.

TÖRÖK et al. 2018

Török Béla – Gallina Zsolt – Kovács Árpád – Kristály Ferenc: Early medieval iron bloomery centre at Zamárdi (Hungary) – Complex archaeometrical examinations of the slags. = *Archeologické rozhledy* LXX. 2018. 3. 404-420.

VERŐ-KÁLDOR 1977

Verő József – Káldor Mihály: *Fémtan*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

VERŐ-KÁLDOR 1986

Verő József – Káldor Mihály: *Vasötvözetek fémtana*. Műszaki Könyvkiadó 1986.

WILLIAMS 2012

Williams, Alan: *The Sword and the Crucible*. Leiden – Boston, 2012.

