

ARCHEOMETALLURGIAI ÉS 3D LÉZERSZKENNERES VIZSGÁLATOK A HASFALVI KORONG LOKÁLIS ÉS INTERREGIONÁLIS KAPCSOLATAIHOZ

ARCHAEO-METALLURGICAL AND 3D LASER SCANNING INVESTIGATIONS TO THE LOCAL AND INTERREGIONAL CONNECTIONS OF THE HASFALVA DISC

SZABÓ GÉZA¹; KUNFALVI PÉTER²; BÉKEFI MÓNKA³

¹Wosinsky Mór Múzeum, 7100 Szekszárd, Szent István tér 26.

²Geodézia Kft., 7100 Szekszárd, Keselyüsi u. 9.

³Déri Múzeum, 4026 Debrecen Déri tér 1.

E-mail: kaladeaa@gmail.com

Abstract

The well-known Hasfalva Disc is one of the most exciting bronze find of the Carpathian Basin. Its identical analogy was found in Balkåkra, Sweden. Through the analysis we looked for such methods that make possible to observe the identical details or the differences of these two objects. We have focused on the attributions of the drum which can be originated from the manufacturing process. These attributions can confirm whether the objects were made in the same workshop or not. At the same time they can help to gain a better understanding of the usage of these discs.

Through the analysis of the Hasfalva Disc, we have observed repetitive moulding flaws on both sides of the rectangular extensions in several cases. These little burrs are standing in 45 degree and their existence implies that the object was moulded in a vertical position, with its wheel downwards. The position of the object during the moulding reveals the function of the pyramidal ribs, which was placed in the vertical axis of the elements. Previous research concluded that they have brace functions. Our opinion is that beside the decorating function, they were used as a funnel through the moulding process. With 3D scanning we proved that the elements were curved after the moulding process. Just like the additional punching, this explains the existence of the line marks on the back of the parts and the numeration of the elements. These were essential for the assemblage of the disc. Our observations about the making process and the results of the measurements prove that the elements of the Hasfalva Disc's and the Balkåkra Disc's frame were made by serial production, with the same technique and that they were assembled in the same way, in the same workshop. Altogether we conclude that the elements made by serial production, the miniaturized object from Vulci and the two distant finding places indicate a route, which connected North Italy and Scandinavia through the Carpathian Basin. This route was not only supporting the trade, but it was sustaining the interregional exchange of different cultural elements.

Kivonat

A Kárpát-medence egyik legizgalmasabb és Európa szerte ismert bronztárgya az úgynevezett hasfalvi korong, melynek pontos formai párhuzama a svédországi Balkåkrából került elő. Ezúttal olyan vizsgálati lehetőségeket kerestünk, amelyeknek egzakt eredményei egyértelműen rávilágítanak a két tárgy azonos részleteire és az eltérésekre is. Munkánk során elsősorban a készítőtechnológiai megfigyelésekre koncentráltunk. Ezek bizonyíthatják vagy cáfolhatják legkönnyebben az azonos műhelyben való készítést, ugyanakkor hozzájárulhatnak a tárgyak használatának jobb megértéséhez is. A hasfalvi korong vizsgálata során a téglalap alakú nyúlványok mindkét oldalán több esetben megfigyelt öntési hibák, mintegy 45°-ban álló sorjacseppek arra mutatnak, hogy az öntés során a tárgyat keréktaggal lefelé fordítva, függőleges helyzetben öntötték meg. Az öntési helyzet tisztázása rávilágított arra is, hogy a fő elemek középvonalában látható, korábbi kutatás által merevítő bordának tartott, gúlaszerűen kiemelkedő, háromszög alakban elkeskenyedő részek nem csupán díszítések voltak, öntőcsatornaként is működtek. A 3D lézERSZKENNERES vizsgálatok rámutattak, hogy a palást alkatrészeit öntés után egyenként hajlították meg, ami az utólagos átlukasztáshoz hasonlóan indokolja az összetartozó elemek pontos megjelölését, számozását az összeszereléshez. A készítőtechnikai vizsgálataink és mérési eredményeik egyértelműen igazolták a Hasfalván és Balkåkrán előkerült korongok palástjának az elemenkénti sorozatgyártását, azonos technikai fogások szerinti készítését, összeszerelését – ugyanazon műhelyben való készítését. A lokálisan sorozatban gyártott darabok a Vulciban talált miniatűr változat és a két egymástól távol eső lelőhely alapján jól kirajzolódik maguk a tárgyak és a hozzájuk nyilvánvalóan kapcsolódó kulturális elemek interregionális áramlása Itáliától a Kárpát-medencén át Skandináviáig.

KEYWORDS: HASFALVA DISC, BALKÁKRA DISC, CARPATHIAN BASIN, SCANDINAVIA, ARCHAEOLOGICAL METALLURGY, BRONZWORKING, TIN RICH SURFACE

KULCSSZAVAK: HASFALVA, BALKÁKRA, KÁRPÁT-MEDENCE, SKANDINÁVIA, ARCHEOMETALLURGIA, BRONZMEGMUNKÁLÁS, FELÜLETI DÚSULÁS



1. ábra: A hasfalvi korong a bajai kiállításon (Soproni Múzeum, Sopron)

Fig. 1.: The Hasfalva Disc presented in an exhibition held in Baja (Museum of Sopron, Sopron)



2. ábra: A balkákrai korong (Statens Historiska Museum, Stockholm, Knape & Nordstrom 1994 alapján)

Fig. 2.: The Balkákra Disc (Statens Historiska Museum, Stockholm, after Knape & Nordstrom 1994)

Bevezetés

A Kárpát-medence egyik legizgalmasabb és Európa szerte ismert bronztárgya a Sopron melletti Hasfalván került elő 1914-ben. Akkor ez a község még Magyarországhoz tartozott, ma Haschendorfnek hívják és Ausztria része. A különleges leletre Johann Widder földműves homokbányászás közben bukkant rá. A találó elmondása szerint a „koronaszerű” tárgy két méter mélyen, áttört, négyküllös, kerékszerű részével felfelé feküdt a gödörben. Hasonló módon, mint a ránézésre vele majdnem teljesen megegyező, a svédországi Balkákránál, 1847-ben talált korong. A két különleges formájú tárgy áttört díszítésű, csonkakúp alakú palástból és egy poncolással gazdagon díszített zárólemezéből áll. A palástot tíz darab, négyküllös kerékhez hasonló, áttört korongban végződő, kiterített írhához hasonló formájú bronzöntvényből szegecselték össze. A kutatás során a tárgyat sokféleképpen nevezték: „kultusz tárgy”, „hasfalvi napkorong”, „korona” illetve „dob” (Trommel von Haschendorf). Funkciójukra is számos további ötlet volt: edénytartó, füstölőedény, függőedény, áldozati asztal, oltárborítás, síroltár, faedény fémverete, kultuszkép, varázsdob, függő gong, napkorona, holdoltár, gyújtótükör, faszámoly borítása, füstölőtartó, naptárkorong, csillagászati eszköz, stb. **(1-2. ábra).**

Kutatástörténet

A hasfalvi lelőhelyen 1914-ben a soproni múzeum igazgatója, Bünker János Rajnárd, majd 1997-1999 között Karl Kaus, a Burgenlandi Tartományi Múzeum régésze végzett hitelesítő feltárást. Az alacsony dombon a késő bronzkori Urnamezős kultúra legkésőbbi periódusától a korai római korig voltak apróbb cserép- és állatsontleletek. A kutatók csak néhány sekély gödört találtak, amelyek betöltésében faszén-maradványokra és égetett kisállat-csontokra bukkantak. De találtak mélyen a sziklafelszínbe vésett, háromszögű és négyszög alaprajzú, kádformájú bemélyedéseket is (Kaus & Kaus 2012, 307-308). Kaus szerint ezek arra mutatnak, hogy a kultikus bronzkorongot egy folyamatosan használt gyülekező-, áldozati helyen áshatták el (Kaus & Kaus 2012, 316). A tárgyat legutóbb Gömöri János és Karl Kaus, a Vulcinál talált miniatűr változat alapján, az Urnamezős- és a Hallstatt kultúra átmeneti időszakára, a Kr. e. 900–800 közötti évszázadokra keltezték. Az etruszk sírban talált párhuzam alapján azt is felvetették, hogy a Sopronban és Stockholmban őrzött leleteket egyaránt Észak-Itáliában készíthették. Továbbá feltételezték, hogy a hasfalvi korong lelőhelyén egy „szent berek” lehetett, ami a tűzáldozat bemutatásának, valamint a delphoi *omphalos*hoz hasonlóan a bíráskodásnak vagy a jóslásnak is a helyszíne lehetett. Szerintük a bronzkorong egy fára

lehetett montírozva és üléskalkulátosságnak is használhatták (Gömöri & Kaus 2014, 73; 2014a, 128)

Anita Knape és Hans-Åke Nordstrom feltételezték, hogy a hasonló formai jegyek, azonos méretek miatt a balkákrai korong alsó részének 10-10 elemét ugyanabban az öntőformában készítették. Az áttörések és a lemezszerű anyag, a széleken megfigyelhető sorja maradványai miatt előlegeitett kő öntőformára gondoltak. A síkban megöntött elemeket feltételezésük szerint utólag hajlították a megfelelő ívre és lyukasztották át a szegecseléshez. (Knape & Nordstrom 1994, 26) A hasonlóképpen készített hasfalvi korongnál kevésbé tapasztalták az utólagos megmunkálás nyomait. A díszítéseket az alsó részre és a korongra is utólag poncolták. (Knape & Nordstrom 1994, 32) Az egyes elemeket az összeszereléshez két sorozatban, különböző módon elhelyezve, vésővel beütött I-III vonással jelölték. A műhely szerintük a közép-európai régióban, a mai Bajorország, Ausztria, Szlovákia, Magyarország és Nyugat-Románia területén bárhol lehetett. (Knape & Nordstrom 1994, 49)

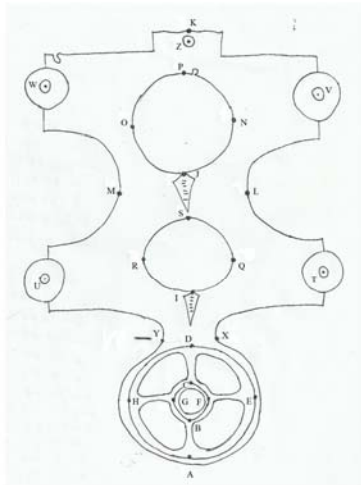
A vizsgálat célja, módszerei

Mint látható, a tárgy pontos rendeltetése, kora nem egyértelmű. Sőt, még abban is erősen megoszlanak a vélemények, hogy melyik az alja, s melyik a teteje. A hasfalvi korong mégis egyszerre nyújt kitűnő lehetőséget az európai késő bronzkor – kora vaskor átmeneti időszakának lokális és interregionális kapcsolatainak vizsgálatára. Az eddigi kutatások során azonban abban viszonylag egységes vélemény alakult ki, hogy a hasonmásának számító balkákrai koronggal azonos műhelyben készítették, vagyis lokális termék, amely több távoli régióba is eljutott. E vélemény alátámasztására vagy cáfolására olyan vizsgálati lehetőségeket kerestünk, amelyeknek egzakt eredményei egyértelműen rávilágítanak az azonos részletekre és az eltérésekre is. Archeometallurgiai szempontból elsősorban a készítőtechnológiai megfigyelésekre koncentráltunk. Ezek bizonyíthatják vagy cáfolhatják legkönnyebben az azonos műhelyben való készítést, ugyanakkor hozzájárulhatnak a tárgyak használatának jobb megértéséhez is. Karl Klaus és Gömöri János legutóbbi, a hasfalvi korongról készült alapos leírását és kiváló kutatástörténeti összefoglalását szeretnénk egy olyan vizsgálatral kiegészíteni, amely alkalmas az egyes alkatrészeknek az eddigiéknél részletesebb vizsgálatára, a későbbiekben pedig alapját jelenthetik a balkákrai koronggal való egzakt összehasonlításnak is. A vizsgálatok során semmiféle roncsolásos beavatkozásra nem került sor, a méréseket

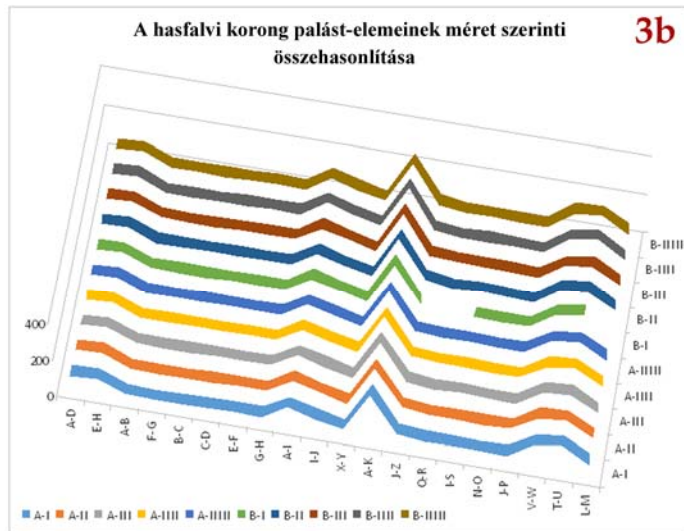
hagyományos eszközökkel, illetve Leica P20 típusú 3D lézerekkel végeztük, az adatokat statisztikai módszerekkel dolgoztuk fel.

Az eddigi kutatás elsősorban a nagyfokú hasonlóság és következetesen ismétlődő jelenségek alapján feltételezi az elemek sorozatgyártását. Azonban az eddigi vizsgálatok nem adtak választ arra az alapvető kérdésre, hogy a palást elemeit pontosan milyen módon öntötték meg, például hol volt az öntőcsap (engus). Ennek tisztázása azért is fontos, mert akár viaszmintákkal, egyetlen homokba nyomott kifaragott fa mintával, de kő- vagy kerámia öntőformával is lehet sorozatban tárgyakat előállítani. A viaszveszejtést az elemeken megfigyelt, az öntési síkot is jelző sorja mindkét korong esetében kizárja, azonban a formázás és az öntés részleteire önmagában ez a jelenség még nem világít rá. Ezért a gyártás menetének és módjának egyértelmű bizonyítására a hasfalvi korongon olyan mérőpontokat kerestünk, amelyek egymástól mért távolsága mérhető, statisztikailag feldolgozható, alkalmas a hasonlóság mértékének egzakt kimutatására. A mérés során minden egyes részt úgy kezeltünk, mint egy önálló objektumot, a jelöléshez a rajta lévő számozást használtuk.

A mérési adatok felvételéhez a hasfalvi korongon olyan pontokat jelöltünk ki, amelyeknek távolságát sem az öntés, sem az utólagos megmunkálás nem befolyásolta. Sajnos a balkákrai korong hasonló vizsgálatára nem volt lehetőségünk. Hasonló esetekben már többször sikerrel alkalmaztuk a konkrét távolságadatokat helyett az azokból számított arányszámok összehasonlítását. Ezúttal is a tárgyon mért, illetve a jó minőségű képeken azonos módon felvett pontok közötti távolságok arányát hasonlítottuk össze (Knape & Nordstrom 1994, Taf. X). Vizsgálatunk során az A pont a kerék és a küllő, az A, B, C, D pontok egészen a G-ig gyakorlatilag a kerék és a küllők illetve a belső körnek a találkozási pontjai. Az I pontunk az elem legmagasabb pontja a felső orrszerű megerősítésnek, a J pont az alsó ugyanilyen bordának a legmagasabb kiemelkedő pontja. A K a lemezöntvény vége, az L a baloldali, a M a jobboldali széle a fél ívnek. Az N, O, P pontok pedig a középső, alsó-középső kis áttörésnek, a Q, R, S pontok a felső kis áttörésnek a keresztpontjai. Mindenütt azt a pontot vettük, ahol a lemez síkja megtörik, tehát ami elvileg az öntvénynél fixen kellett, hogy maradjon, a sorja eldolgózása kevésbé érintette. Hiszen a belső részeken a sorja eldolgózása jelentős méretbeli és formai eltéréseket okozhat. Az elemeket egymáshoz rögzítő szegecseseket, szegecsesek fejének középpontját is lemértük, ezek a T, U, V, W pontok.



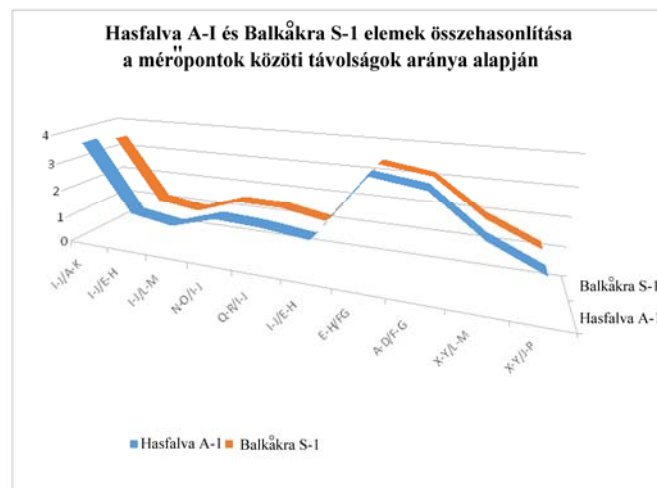
3a



3b

	A-I	A-II	A-III	A-III	A-III	B-I	B-II	B-III	B-III	B-III	
A-D	83	83	83	83	82	82	82	82	82	82,5	82
E-H	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
A-B	30	30,5	29	29	28,5	29	27	29	29,5	29	29
F-G	25,3	25	26	26,5	26,5	26	27	26	26	26	27
B-C	25,3	25	26	27	26,5	26	28	26	26	26	26
C-D	29,5	27,6	30	27,5	30	29	29	29	30	29	29
E-F	32	31	31,5	32	32	32	33	31	33	33	33
G-H	30	31	31	30,5	30	31	31	30,5	30	30,5	30
A-I	112	112,5	112	112	111,5	112	112	112	113	113	113
I-J	70	71	72	71,5	72	72	73	72	74	74	73
X-Y	35,5	35	35	35,5	35,5	36	37	37	38	39	39
A-K	260	260	259	257	257	262	265	260	261	257	257
J-Z	62	65,5	64,5	65	64	69,5	67	63	65	67	67
Q-R	48,5	49,5	49	49,5	49,5		46	49	46	49	49
I-S	49,5	51	52	51,5	52	49	50	48	49	49	49
N-O	46	47,5	47	46	45	45	44	44	44	44	44
J-P	44	49	43,5	46	44	45	40	41	42	40	40
V-W	133,5	137	135	133	134	137	134	130	136	138	138
T-U	150	147	145	150	146	155	146	145	155	148	148
L-M	72	73	72	72	75		72	72,5	73	74	74

Arány	Hasfalva A-I	Balkákra S-1
I-J/A-K	3,71	3,51
I-J/E-H	1,27	1,25
I-J/L-M	1,02	1,01
N-O/I-J	1,52	1,55
Q-R/I-J	1,44	1,55
I-J/E-H	1,27	1,25
E-H/FG	3,51	3,45
A-D/F-G	3,28	3,21
X-Y/L-M	2,02	2,02
X-Y/J-P	1,23	1,28



3c

3a ábra: Mérési pontok a palástelemen

Fig. 3a.: The measuring points on the plate

3b ábra: A hasfalvi korong palást-elemeinek méret szerinti összehasonlítása

Fig. 3b.: Comparison of the sizes of the Hasfalva Disc's elements

3c ábra: Hasfalva A-I és Balkákra S-1 elemek összehasonlítása a mérőpontok közötti távolságok aránya alapján

Fig. 3c.: Comparison of the Hasfalva A-I and the Balkákra S-1 elements, through the ratios of distance of the measuring points

A K pont felett még külön lemértük a lemezszegecsnek a rögzítő pontját a tetőponttól. Ez az adat utalhat arra, hogy a szegecseléshez ezeket a lyukakat valóban utólag készítették-e az öntvényen, vagy sem. Az X-Y pont közötti távolság a nyaktag legkisebb szélessége. A mérésnél a hátoldal síkjában lévő sorja miatt különösen ügyelni kellett arra, hogy az elem elülső síkjában vegyük fel az adatot (**3a-c ábra**).

Megfigyelések

A hasfalvi korong és északi párhuzama is egy csonkakúp alakú áttört palástból valamint egy, a keskenyebb oldalát lezáró, lemezpánttal rárögzített kerek lemezből áll. A palást kialakítása során összesen tíz, kiterített irhára emlékeztető öntött elemet az összeérő szárnyakon egy-egy, így tagonként 4-4, kétrészes, kúpos nittszeggel rögzítettek egymáshoz (**4. ábra**).

Az egyik végükön áttört korongra hasonlító, négyküllős keréktagban végződő, a másikon keskeny, mindössze 2,5 cm széles, 1,5 cm hosszú téglalap alakú, 3-4 mm vastag nyúlványban végződő elemek egyenként kb. 27 cm magasak és 16,5 cm szélesek, két sorban poncokkal díszítettek. A cikk-cakk vonalban szintén gazdagon poncolt lemezt és a palástot egy 4,2 cm széles szalaggal és ugyancsak kétrészes kúpos fejű szegecsekkel állították össze. Így a 27,7 cm magas, enyhén ovális tárgy átmérője felül 40-41 cm, alul 49-51 cm.



4. ábra: Hasfalva B-II palástelem

Fig. 4.: The B-II plate of the Hasfalva Disc



5. ábra: Hasfalva A-III elem vésővel beütött számozása a nyaktagon

Fig. 5.: The chisel-made number (mark) on the neck of the A-III plate of the Hasfalva Disc



6. ábra: Hasfalva B-III elem jelölése a vízszintes küllő mellett

Fig. 6.: The mark beside on the horizontal spoke of the Hasfalva Disc's B-III element

A balkákrai korongon a keréktagokon öt esetben vésővel beütött vonás S1-5 (S=Strich), öt esetben pedig poncolóval kialakított pont P-1-5 (P=Punkt) jelöli az egyes elemeket (Knapé & Nordstrom 1994, Abb.15., Taf. XVIIa-b). A hasfalvi korong elemeinek hátoldalán ugyancsak két sorozatban látható jelölés, de ott mindet vésővel ütötték be: az I-III rovátkolás a kerékelem feletti nyaktagon, illetve a kerék vízszintes küllője mellett található (**5-6. ábra**).

A kutatás során egyébként valaki zöld filccel írt A-J betűkkel is megjelölte az egyes elemeket. Az irodalmi utalások alapján látható, hogy Anita Knape és Hans-Åke Nordstrom munkájuk során már használták ezeket a jelöléseket (Knape & Nordstrom 1994, 32). Ez az utólagos feliratozás folyamatos, nem vette figyelembe, hogy az eredeti kétszer öt szám nem kiegészíti egymást, hanem a két kezdő 1-es és a záró 5-ös van egymás mellett, illetve a balkákrai korongnál az S5-S4 elemek sorrendje ráadásul felcserélődött. Mi az eredeti jelzést követve, a hasfalvi korongnál öt esetben a kerék nyaktagján lévő számokat tekintettük az „A” sorozat I-III, a vízszintes küllő melletti öt jelölést a „B” sorozat I-III elemének. A B-I elemnél a jelölés egy darab 11,3 mm hosszú vésőnyom, A-II-nél két hasonló beütés látható. Az A-III jelölésnél jól látható, hogy a vonások hossza eltérő. Pedig nyilvánvalóan ugyanazzal a vésővel ütötték be a jelzéseket, az eltérő hossz inkább csak ütés erősségének és/vagy a véső felülettel bezárt szögének különbségére utal. Az egyes elemeken önálló számozás óhatatlanul is felveti a kérdést, hogy mi lehetett ennek a szerepe? Sorozatban gyártott azonos méretű alkatrészekből összeszerelt tárgynál ennek nem sok értelme lenne. Azonban eltérő méretű, vagy az összeszerelés előtt valamilyen módon átalakított, megmunkált alkatrészek felhasználásánál ez nagyon praktikus eljárás. Ebben az esetben ilyen átalakítás lehetett az egyes elemek öntés utáni meghajlítása és a részben már előkészített helyeken a teljes átlukasztása is (7. ábra).

A fő elemek középvonalában látható megvastagodó részeket a kutatás általában merevítő bordának tartja. Azonban ennek ellentmond ezek elhelyezkedése és alakja is. Az áttörések fölél, megszakításokkal elhelyezett, gúlaszerűen kiemelkedő, háromszög alakban elkeskenyedő vastagabb részek a terhelhetőséget sem hossz- sem keresztirányban nem növelték.



7. ábra: Utólagos lyukasztás nyomai az A-III elem téglalap alakú nyúlványán

Fig. 7.: The marks of the additional punches on the A-III element's rectangular extension



8. ábra: Díszítőelemnek is felhasznált öntőcsatorna az A-III elemen

Fig. 8.: The funnel on the A-III element, which was used as decoration as well

Ahhoz úgy kellett volna elhelyezni őket, hogy a tárgy teljes magasságában meg legyen a folytonosságuk. Felületük poncolt, így ezek akár egyszerű díszítések is lehetnének, azonban az egyszerű, szögletes forma az egyébként mindenütt ívelt vonalvezetésű tárgyon önmagában is óvatosságra int. A tárgy stabilitásának kérdése a használat módjával is szorosan összefügg, ezért vizsgálatunk során különösen figyeltünk az ezzel kapcsolatos jelenségekre (8. ábra).

A hasfalvi korongon viszonylag kevés az egyes elemek utólagos megmunkálására utaló nyom. A palást részein egyértelműen az anyag nyújtására utaló kalapácsnyomokat nem találtunk. Azonban több elem is jól látható, hogy a hátlappal egy síkban lévő vékony sorját érdekes módon nem távolították el, hanem visszahajtották, rákalapálták a tárgyra (9. ábra).

Ez az igénytelen megoldás egy ilyen különleges tárgynál meglepő. Az egyes elemek alapanyaga változó színű és minőségű, többnél zárványos. A B-I elem például különösen a kerék részen kifejezetten porózus felületű, a többinél sötétebb színű.



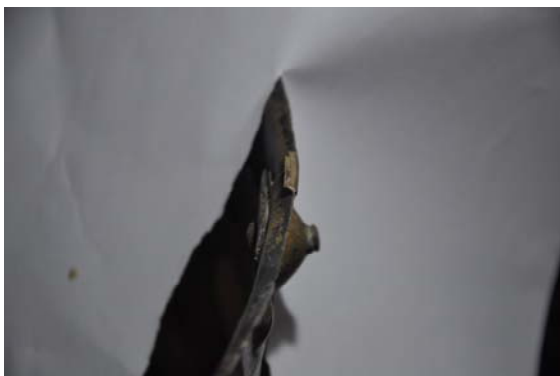
9. ábra: A hátlapra kalapált sorja az A-II elemen

Fig. 9.: Burr hammered on the back of the A-II element



10. ábra: Sorjacepppek és öntési hibák az A-II elem téglalap alakú nyúlványának mindkét oldalán

Fig. 10.: Burrs and flaws on both sides of the rectangular part of the A-II element



11. ábra: Vésőnyomok és törésfelületek az eltávolított engusz helyén a B-III elem

Fig. 11.: Chisel marks, fracture surfaces on the location of the removed casting pin on the B-III element

Ez egyébként erősen sérült is, hiányzik a bal oldalának alsó negyede és a többi részén is hat törés illetve repedés látható. Anyagvizsgálat nélkül nehéz eldönteni, hogy a szín- és minőségbeli eltérések az egyes elemek különböző anyagösszetételére vagy a tárgy részleges megégésére, esetleg egyszerűen csak egy, a műhelyben kevésbé jól sikerült öntésre utalnak. Egyértelműen a nem teljesen tökéletes öntésre utalnak egyébként az egyes elemek felső részén lévő oldalsó nyúlványok tetején látható, bedermedések miatti anyaghiányok is. Az A-II lemezen a téglalap alakú nyúlvány mindkét oldalán érzékelhető, hogy széle egyenetlen, a bronz megdermedt, nem folyt oda mindenhova. Ugyanitt a függőlegesen álló rész oldalán pedig apró, de mintegy 45°-ban lefelé álló sorjacepp van, ami az A-III elem teljesen hasonló módon ismétlődik (**10. ábra**). Ez egyértelmű bizonyítéka annak, hogy az öntés során a tárgyat keréktaggal lefelé fordítva, függőleges helyzetben öntötték meg. Ennek megfelelően az engusz csak a felső részen lehetett. Az eltávolított engusz pontos helyére a felső, függőleges nyúlványok végén látható vésőnyomok és a grizes törésfelületek utalnak (**11. ábra**).



12. ábra: A poncolásnak a hátoldalon is látható nyoma a B-III elem

Fig. 12.: The marks of the punching on the back of the B-III element

Az öntvények a kisebb eltérések ellenére is viszonylag egyenletesek, az egyes elemek vastagsága csak néhány tizedmilliméteres eltérést mutat.

Az elemek középtengelyében lévő két, enyhén ovális áttörésnél, körben a lemezszerűen megöntött test szélén és a négyküllös keréknél több darabon is a behajlított, a belső oldalra rákalapált sorja látható. Ez a jelenség azért nagyon fontos, mert ez egyértelműen mutatja, hogy ez a tárgy nem készülhetett viaszveszejtéssel. A szegecslyukak körül szintén látható sorja, de ott csak rövid, szakadozott, többnyire kúposan felferdülő lemezek vannak. A szegecslyukak körül az előlapon kráteresen bemélyedő, a hátoldalon kitüremkedő rész van. Ez összességében arra mutat, hogy a lemezeket a szükséges pontokon poncolóval az előlap felől átütve lyukasztották ki. Az öntvények utólagos, némileg eltérő helyen való átlukasztása már önmagában is indokoltá teszi az egyes elemek megjelölését, számozását.

A palást oldalsó elemeit a vékonyabb, lemezszerű részekben nagyon hasonló módon, poncolással gazdagon díszítették. Ehhez alapvetően hegyes és egyenes élű poncokat használtak (**8. ábra**). A hegyes poncok lenyomata némileg változó, hol szabályos kerek, hol inkább ovális, vagy a háromszöghöz közelít. Az eltérések a díszítéssorban változó helyen figyelhetők meg, ezért azok inkább az eszköz újrahegyezésére utalhatnak. A poncolás átnyomódott a hátoldalra is, ott sűrűfényben jól láthatók az előlap díszítését követő kis kiemelkedések (**12. ábra**). Az egyes elemek megvastagodó részeit (kerekek, gúlaszerűen kiemelkedő, háromszögalakban elkeskenyedő részek) egyenes vonalakkal tagolták, ezek száma, mélysége, de még pontos elhelyezkedése is változó. Ezek a jelenségek egyértelműen a díszítés utólagos elkészítését bizonyítják. Az öntési helyzet tisztázása rávilágít arra is, hogy a fő elemek középvonalában látható, korábbi kutatás által merevítő bordának tartott, gúlaszerűen kiemelkedő, háromszögalakban

elkeskenyedő részek az öntéskor mint egy tölcser gyűjtötték magukba az olvadt bronzot és továbbították a vékonyabb, ráadásul az áttörés miatt megosztott területek felé. (4., 8. ábra) Pontosan úgy, mint ahogy az elemek tetején lévő, utólag eltávolított enguszok is. Erre azért volt szükség, mert a nagyobb mennyiségű bronz nem dermedt be olyan gyorsan, és a gravitáció mellett a nagyobb tömege miatti túlnyomás is segítette a forma jobb kitöltésében. Mindez egy nagyon jól átgondolt, az apró részletekig megtervezett formakészítésről és öntésről tanúskodik.

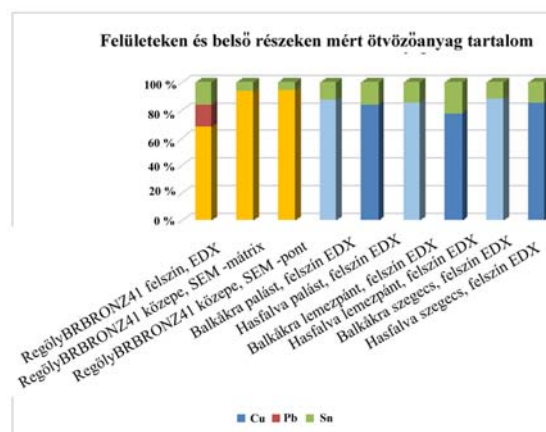
A tárgy alapanyaga

A hasfalvi korong alapanyagának vizsgálatára az irodalmi adatok szerint két alkalommal, 1985-1991 között Gegus Ernő, Kis-Varga Miklós, majd Ernst Pernicka közreműködésével került sor (Gömöri & Kaus 2014, 71, Pernicka 2010). Ennek megfelelően a mérési módszerek, eszközök és célok is mások voltak. Gegus Ernő lézer-mikrospektrokémiai

	Cu	Pb	Sn
RegölyBRBRONZ41 felszín, EDX	66,18%	15,78%	15,73%
RegölyBRBRONZ41 közepe, SEM -mátrix	92,15%	0,17%	6,22%
RegölyBRBRONZ41 közepe, SEM -pont	92,47%	0,00%	5,22%
Balkákra palást, felszín EDX	86,80%		13,20%
Hasfalva palást, felszín EDX	84%		16%
Balkákra lemezpánt, felszín EDX	85,40%		14,60%
Hasfalva lemezpánt, felszín EDX	77,40%		22,60%
Balkákra szegecs, felszín EDX	87,80%		12,20%
Hasfalva szegecs, felszín EDX	85,60%		14,40%

Ez különösen nehezen magyarázható – még a mérési hibahatárt is figyelembe véve – a hasfalvi korongnál a rögzítő lemezpánton mért 22,6 +/-1,6% ón estében. Ilyen óntartalom mellett a lemezt már nem lehetett volna nyújtani, alakítani, díszíteni – ez már olyan ötvözet, amely rendkívül rideg, törékeny, lemezmunkára alkalmatlan. A tárgyak felületén végzett két mérésorozat eredményei, mint az a kontrollmérések alapján látható, önmagukat és egymást is jól kiegészítik, ugyanakkor az azok alapján feltételezett réz-ón ötvözet tulajdonságai nem egyeztethetők össze a vizsgált tárgyak készítése alapján feltételezhető alapanyaggal. Ez az ellentmondás nem ismeretlen, hasonló jelenségekkel találkoztunk az 1990-es években például a Regöly-Veravár bronzlelet elemzésekor

elemzése során három párhuzamos mérést végeztet a két korong azonos alkatrészein, amit a balkákrai korongon kontrollként teljes sorozatban megismételt. Ez alapján és a statisztikai számításai alapján úgy látta, hogy eredményei 95%-os pontosságúak. A mérési adatok az alkatrészeknél mindkét tárgy esetében magas, 10-17 % közötti óntartalmú bronz alapanyagra mutattak (Gegus 1994, 67). Kis-Varga Miklós röntgenfluoreszcensz mikrospektrum analízissel 42 ponton vizsgálta meg a hasfalvi korongot, s megfigyelése szerint az alsó rész öntött elemeinek meglehetősen hasonló adatai homogén bronz alapanyagra utaltak, amelyben a mérési hibahatárokat is figyelembe véve az átlagos 86/14% réz/ón ötvözetben kis koncentrációban 0,13% As, 0,008% Ag, és 0,026% Pb ólom is volt. Táblázatba foglalt mérési eredményeit tekintve azonban szembeötlő, hogy a korábbi vizsgálathoz képest mindkét tárgynál az egyes pontokon rendre magasabb ötvözőanyag tartalmat mért (1. táblázat).



1. táblázat: Felületen és belső részekben mért ötvözőanyag tartalom

Table 1.: The measured rates of the alloys on the surface and the inner parts

(Szabó 2013). A kincslelet 132. számú (csiszolat azonosítója: BRBRONZ41), drótszálnak meghatározott tárgyán szintén a felületen és röntgenfluoreszcensz mikrospektrum analízissel vizsgálva, a korongokhoz hasonlóan magas, 15,73 %-os óntartalmat mértünk (amihez hasonlóan magas ólomtartalom is társult). A csiszolati képen már 50x-os nagyításon jól láthatóan a belső részen egyenes vonalak mentén elhelyezkedő ikerkristallitok és a szélek közelében kivált, sárgásszínű önbő réteg különült el. Ezért a belső részek összetételét SEM segítségével külön is megvizsgáltuk, s ott mindössze csak 5-6 % volt az átlagos óntartalom (13. ábra).



34.1. Regöly-Veravár (130.), drótszál
BRBRONZ41a 50x

13. ábra: Ónbő réteg drótszál külső részén (Regöly-Veravár 132, BRBRONZ41. csiszolat)

Fig. 13.: Tin-rich layer on the surface of a wire (Regöly-Veravár 132, BRBRONZ41 metallographic section)

Az elmúlt két évtized legkülönbözőbb mintavételi módszerekkel és technikákkal mért fémvizsgálati eredményeinek egyik jelentős új megtapasztalása volt, hogy az őskori bronztárgyaknál részben a használt technológia, részben a korróziós folyamatok miatt az ötvöző- és szennyező anyagok a felületen jelentős mértékben feldúsulnak (Szabó 1998; 2002). A többnyire a felszín, illetve a felszínközeli részeket vizsgáló roncsolásmentes eljárások ezért mérték rendre a valós összetételnél jóval magasabb óntartalmat – minden jel arra mutat, hogy ez történt a hasfalvi és a balkákrai korongok múlt századi elemzése során is (Kis-Varga 1994, 68; Szabó 2012). Bár indokolt lett volna, tekintettel a hasfalvi korong jelentőségére és nagy értékére, sajnos a kiállított tárgyból a vizsgálatunk idején nem lehetett olyan mintát venni, amely alkalmas lett volna csiszolatkészítésére, a belső rácsszerkezet elemzésére, valódi összetételének vizsgálatára. Ezért a mostani munkánk során csak a korábban publikált adatokat tekintettük át, az irreálisan magas óntartalomra utaló értékeket az elsősorban a készítéstechnológia oldaláról felvetett kérdések megválaszolására során nem vettük figyelembe. Bízunk abban, hogy a következő restaurálás alkalmával lesz lehetőség egy újabb, megfelelő módon megtervezett és kivitelezett, az összetétel mellett a rácsszerkezetet is megvilágító anyagvizsgálatra, amely már a valódi ötvözet

ismeretében lehetővé teszi ennek a két rendkívül fontos tárgynak az összehasonlítását és a nyersanyagbázisokhoz való kapcsolatuk felderítését is. Erre egyébként tudomásunk szerint Ernst Pernicka már tett is újabb kísérletet, mintát vett mindkét tárgyból, azonban vizsgálati eredményeinek egyelőre csak az ólomizotópokra vonatkozó részével találkoztunk (Pernicka 2010, 731-732). Kutatásait arra alapozza, hogy véleménye szerint az ólom izotópjainak aránya nem függ az ötvözet egyes fázisokban való eloszlásának mértékétől, attól, hogy fémbe vagy salakban van-e, s a kohászati folyamatok sem befolyásolják az értékeket (Pernicka 2014, 249). A nebrai korong vizsgálatába a hasfalvi és a balkákrai leletet is bevonta, amelyek – ugyan nem közölt - kémiai összetételét teljesen hasonlóknak tartja, mint a nebrai leletét. Ugyanakkor az ólomizotópok - mint az a közreadott mérési eredményekből is látható (Pernicka 2010) - még tárgyon belül is nagyon változó aránya alapján ismét felveti azt a gondolatot, hogy az alkatrészek öntése nem egyszerre, hanem részletekben, többszöri olvasztásból származó bronzsal történt (Gegus 1994, 67; Pernicka 2010, 731). A nebrai korong nyersanyaga az elemzések eredményei alapján szerinte a Keleti-Alpokból származik, s így az előbb említett hasonlóság következtében, áttételesen ugyan, de az általunk vizsgált két tárgy esetében is ottani bányákra kellene gondolnunk (Pernicka 2010, 732). Ez összhangban is van a korongok gyártási helyét a közép-európai régióba helyező véleményekkel (Knape & Nordstrom 1994, 49).

Azonban az, hogy két korong mérési adatai a grafikonon a nebrai lelet értékeivel nincsenek fedésben, hanem sokkal inkább annak két oldalán helyezkednek el, valamint az, hogy Pernicka legutóbb pedig határozottan a szlovák Érchegeység (Garam völgye) nevezte meg a svédországi leletek – így a balkákrai koronghoz használt alapanyag – eredetként (Pernicka et al 2016, 39-41), a feltételezhető nyersanyaglelőhely tekintetében továbbra is óvatosságra int (Pernicka 2010, Abb. 10). Különösen, hogy magának a nebrai korongnak az adatai is igazából az Érchegeység és Mitterberg rézércének értékei között helyezkednek el (Pernicka 2010, Abb. 11; Pernicka et al 2016, Fig. 16), ahová a jóval szórtaabb, így ezt a két területet is lefedő szlovákiai adatok is esnek (Pernicka 2016, Fig. 17). Mindez együttesen inkább arra mutat, hogy a korongokat és azon belül az alkatrészeit is nem csak a Pernicka által eltérő kémiai összetételűnek mondott, de ahhoz hasonlóan eltérő eredetű alapanyagú ötvözetekből készítették. Ebben a kérdésben – mint már említettük is – a korongok újabb, komplex összehasonlító anyagvizsgálatával lehet majd tisztábban látni. Azonban már előljáróban is meg kell jegyeznünk, hogy bár a felületi ón – és mint a regölyi példa alapján

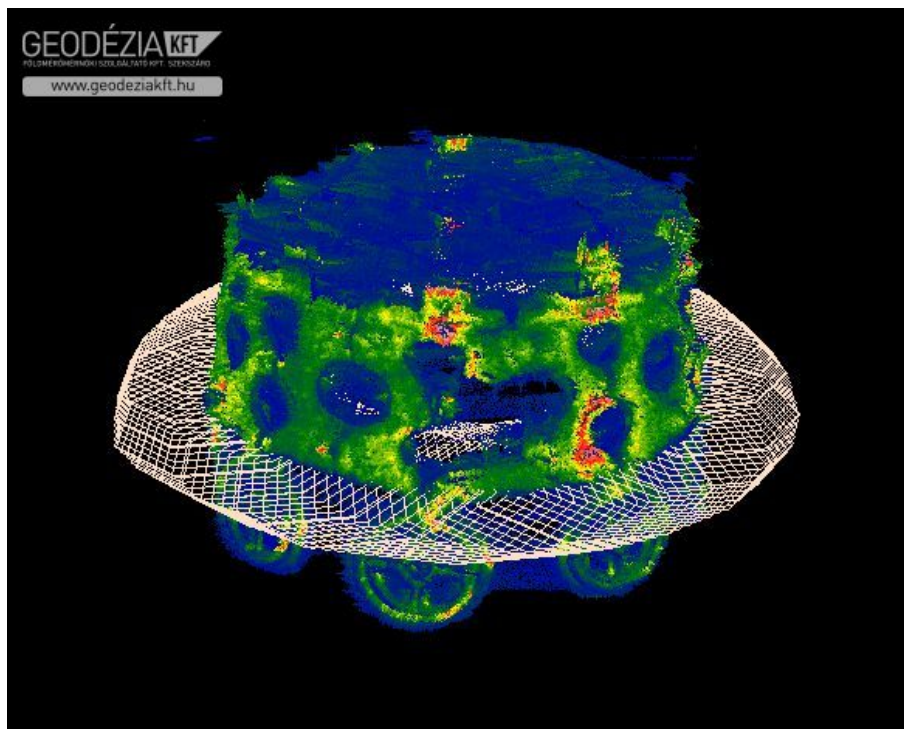
láthatjuk, vele együtt az ólom – dúsulása Pernicka véleménye szerint az izotópok arányát nem befolyásolja. Azonban többek között Mark Pollard is kétségesnek tartja, hogy az ólomizotópok a metallurgiai folyamatok során nem változnak-e meg (Pollard, 2014, 231-232). Ha igen, akkor az ötvözet valódi összetételének is szerepe lehet az izotópok arányainak alakulásában. A kétségek eloszlatását az sem segíti, hogy Johan Ling és munkatársai a nagy szériában, 71 bronztárgy ólomizotóp vizsgálatának eredményei alapján a svédországi bronzkor nyersanyagellátásában – Pernicka véleményével szemben, teljesen meglepő módon – alapvetően az Ibériai-félsziget, Szardínia bányáinak tulajdonítanak meghatározó szerepet (Ling et al 2014).

3D lézerszkennerek vizsgálatok

Vizsgálataink során megfigyeltük, hogy az egyes elemek eltérő mértékben meghajlanak, ezen belül a lemezes felső rész és az alsó keréktag íve is eltérő. Az A-I elemnél például jól látható, hogy a 6,2 mm vastag keréktag görbülete messze elmarad a felette lévő 1,8 mm vastag lemezrész ívétől. Érdekes módon a kerék alsó küllője is távolabb van az egyenes síktól, mint a felső. Olyan, mintha belülről kifelé megütötték volna a kerék középső részét, és ezzel nem csak a vízszintes, de a függőleges tengelyhez képest is megdőlt a tárgy az ez a része. Ezek a jelenségek mindenképpen az öntés utáni további, ráadásul térbeli alakváltozásra utalnak. Már az adatok előzetes feldolgozása során kiderült, hogy a már korábban több esetben sík felületeken sikeresen alkalmazott összehasonlító mérési pontok használatával ezeknél a térben is

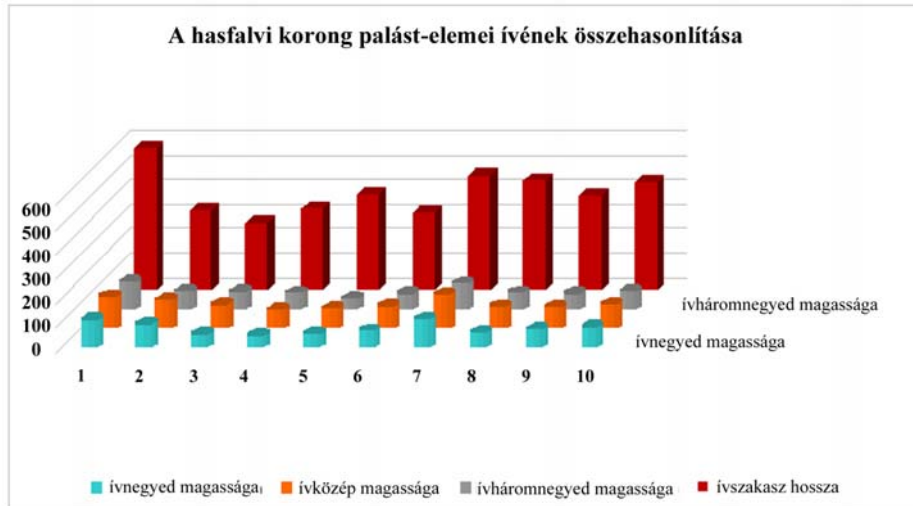
meghajló (ívelt) tárgyakkal nem kapunk minden kérdésre egyértelmű választ. Például arra sem, hogy az elemeket eleve íveltre öntötték, vagy utólag hajlították-e meg. A hátoldal síkjában megfigyelt sorja csak a kétrészes öntőforma használatát bizonyította, ahol a zárólap elvileg lehetett akár sík, akár ívelt is. Ezért a modern térinformatika eszköztárának segítségével, 3D lézerszkennerekkel is megvizsgáltuk a hasfalvi korongot. A szkennelés és az adatok feldolgozása során számos módszertani kérdés merült fel. Az egyik komoly gondot a rendkívül „zajos” pontháló okozta. Az okok kiszűrésére különböző felületű (matt, fényes, lakkozott) bronztárgyakat is megvizsgáltunk. Azt tapasztaltuk, hogy mint a fényt, ezek a felületek eltérő mértékben verték vissza a lézersugarakat is. A lakkozott felület pl. különösen nagy szóródást okozott, ami a régészeti tárgyakon általánosan használt konzerváló anyagokat, bevonatokat figyelembe véve magyarázatot adott az általunk tapasztalt jelenségre is. A nehézségek miatt a síkban mérhető pontok közötti távolságoknál a hagyományos módon felvett adatokkal dolgoztunk. A térbeli méréseknél viszont éltünk a szkennerek nyújtotta lehetőségekkel.

A hasfalvi korongból a virtuális térben a keréktagok feletti nyúlványok síkjában kivágtunk egy fél cm széles gyűrűt (14. ábra). Az erős szóródás miatt nem a teljes vastagságát, csak a középvonalát vettük figyelembe. A körívet az egyes elemeket egymáshoz rögzítő szegecsek vonalában feldaraboltuk tíz ívszakaszra.



14. ábra:
A hasfalvi korong 3D szkenneres felmérése

Fig. 14.:
3D laser scanning of the Hasfalva Disc



15. ábra:
A hasfalvi korong palástelemei ívének összehasonlítása

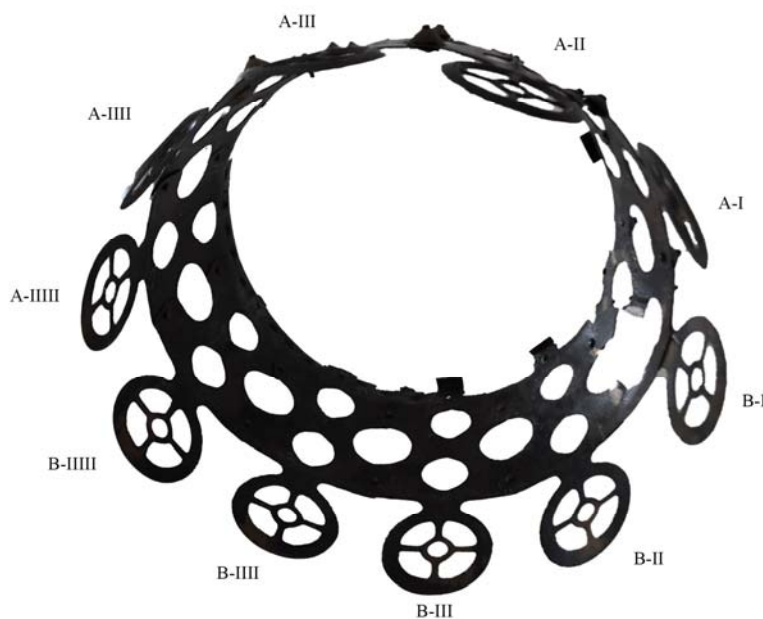
Fig. 15.:
Comparison of the bends of the Hasfalva Disc's elements

ívnegyed magassága	110	92	53	48	55	67	113	60	72	80
ívközép magassága	127	114	94	74	80	88	137	87	86	96
ívháromnegyed magassága	111	70	68	65	43	62	105	67	63	70
ívszakasz hossza	580	328	275	335	391	319	468	448	387	442

A szegecslyukak távolságát megadó ívhosszakat, illetve az egyenes síkhoz képest középen és a negyedeknél mért távolságokat grafikonra vittük. A szegecslyukaknak az adatokban így is megmutatózó eltérő távolsága megerősítette az öntvények utólagos lyukasztására vonatkozó megfigyeléseinket. Az ívszakaszok grafikonon ábrázolt adatai egyértelműen mutatták az egyes elemek alakja közötti eltéréseket, ami az öntés utáni meghajlításukat bizonyítja (15. ábra). Ez az utólagos átlyukasztáshoz hasonlóan indokolja az összetartozó elemek pontos megjelölését, számozását.

A mért adatok és a megfigyelések értékelése, a hasfalvi korong lokális és interregionális kapcsolatai

Vizsgálataink eredményei alapján jól követhető, hogy a hasfalvi korong függőlegesen a keréktagokra állított, síkban megöntött és utólag egyenként ívre hajlított, előzetesen kilyukasztott elemeit a számozás sorrendjében rakták össze, az A-I-IIIIII elemeket a számoknak megfelelően balról jobbra haladva, mint a zsindeynél, fedésbe rakva illesztették az oldalsó nyúlványokat a szegecseléshez (16. ábra).



16. ábra:
A hasfalvi korong palástelemeinek számozása és összeszerelésük sorrendje

Fig. 16.:
The numeration of the Hasfalva Disc's plates and the assembling order of the elements

A B-I-III elemeket hasonló módon, de fordított sorrendben, jobbról balra haladva szegecselték össze. Majd a két félkört egymáshoz illesztették, s így került az A-I elem mellé a B-I, az A-III mellé a B-III. A belső oldalon lévő nyúlványokon látható kalapácsnyomok tanúsága szerint a szegecselés után még néhány ütéssel ráigazították az alatta lévőre. Az A-III elem a külső, díszített oldalon lévő nyúlványán is néhány kalapácsnyom van. Ez arra utal, hogy a végső igazításnál az utolsó elemhez már csak a külső oldalról fértek hozzá, ezért az addig mindig belülről egymásra lapított nyúlványokat akkor a díszített oldalról kalapálták egymásra.

Az alsó, csonkakúpos palástra 4 cm széles poncolt díszítésű lemezszalagot szegecseltek, amellyel a záró korongot rögzítették a tárgyra. A szegecslyukakat mindig az alsó elemek függőleges nyúlványának a középvonalában helyezték el. Az erősen hiányos szalag megmaradt részein jól látható, hogy az egyik oldala viszonylag egyenes, jól lehet látni rajta a vágásához használt véső lenyomatát is. A másik széle egyenetlen, töredezett, a kúposan kifelé hajlított lemezen helyenként egy befelé forduló íves rész indítása is látszik. A B-III elemén lévő szalagtöredéken egy kis szakaszon megmaradt ez a zárókorongra ráhajló, mindössze pár mm széles karom is (11. ábra). A homorú zárókorong szélén körben több helyen is megfigyelhető egy mindössze 3-4 mm széles sötétebb színű sáv, ami ennek a kis rögzítőkaronnak a takarásától alakulhatott ki. A zárókorongot beleillesztve ebbe a kis hajlatba jól látható, hogy terhelés szempontjából sokkal erősebben tartotta a kúposan kifelé hajlított lemez alatta lévő része. Ráadásul még mind a tíz elem enguszának nyúlványa is alátámasztotta. Ez egyértelműen arra mutat, hogy a tárgyat úgy tervezték, hogy használata során a keréktagokon állt, a poncolással gazdagon díszített zárókorong volt felül, ebben a pozícióban viselte el a legnagyobb terhelést. Arra semmilyen nyom nem utal, hogy esetleg valamilyen más anyagra, például fátörzsre montírozták volna. Az áttört díszítése, szerkezeti kialakítása, homorú zárókorongja, közepes mérete alapján inkább az tűnik valószínűnek, hogy használata során valamire ráhelyezték. Homorú, omphaloszos, kialakítású tetejének pedig praktikus szerepe lehetett a használat során, valószínűleg valamit ráhelyeztek, esetleg égettek vagy füstöltek rajta.

A hasfalvi korong egyes elemein mért adatokat grafikonon ábrázolva jól látható, hogy azok szinte teljes egészében fedésben vannak (3a-b ábra). Megerősítve a korábbi feltételezéseket, a palást tíz vizsgált eleme, eltekintve az utólagos kisebb alakításoktól, gyakorlatilag egyformának tekinthető. Ugyanezt az eredményt kapjuk, ha a

hasfalvi és a balkákrai korong arányszámait hasonlítjuk össze, ami a mért adatok tükrében egyértelművé teszi, hogy a két tárgy elemei ugyanannak a műhelynek a termékei (3b ábra). Sajnos ahhoz kevés támponttal rendelkezünk, hogy a műhely hollétének kérdésére biztos választ adhassunk. Az eddig csak Hasfalva és Balkákra lelőhelyekről ismert tárgytípushoz a kutatás közvetlen párhuzamként még a Vulcinál talált miniatűr változatot sorolja. Habár a három helyszín, a Kárpát-medence, Skandinávia, Etruria meglehetősen távol fekszik egymástól, az e területeket összekötő borostyánkő út menti kereskedelem a vizsgált korszakban már hagyományosnak és sokféle módon dokumentált kapcsolatnak mondható. Így Knape és Nordstrom véleményével szemben, szerintünk inkább ezen az É-D tengelyen lehetett az általunk keresett műhely, amely sávból kiesik a mai Bajorország és Nyugat-Románia területe is (Knape & Nordstrom 1994, 32). A szerzőpáros által feltételezett további területeken – Ausztria, Szlovákia, Magyarország területén – is magas színvonalú, sorozattermékek előállítására alkalmas bronzgyártás volt az adott időszakban, de ugyanígy a párhuzamok által jelölt két végponton is. Az északi bronzkor területén a bronzöntést különösen magas színvonalra fejlesztették, az itáliai területeken pedig nem csak az öntéstechnológia, de a munkaszervezés területén is jelentős előnyben voltak Európa középső területeihez képest. A készítéstechnikai megfigyelések egyértelműen gondosan megtervezett és kivitelezett készítési folyamatra, valamint egy olyan műhelyre utalnak, ahol tárgyunk elemeit sorozatban gyártották és ismeretlen példányszámban szerelték össze. Az iparszerű, kereskedelmi célú termelésre nem csak az egyes elemek azonos öntőformában, sorozatban való előállítása, de például a felületesen eldolgozott sorja is elég egyértelműen utal. Ilyen műhelyek az adott korszakban inkább az itáliai területekre voltak jellemzők, ami összecseng Gömöri János és Karl Kaus által is feltételezett helyszínnel (Gömöri & Kaus 2014, 69). A sorozatban gyártott termékek, esetünkben a hasfalvi és a balkákrai korong szépen kijelölik azt a régiók közötti útvonalat, amely Itáliától a Kárpát-medencén át Skandináviáig húzódott, és amelyen nem csak a tárgyak, de velük együtt a kulturális elemek interregionális áramlása is magától értetődő folyamat volt.

Az új eredmények, megfigyelések összefoglalása

A hasfalvi korong vizsgálata során a téglalap alakú nyúlványok mindkét oldalán több esetben megfigyelt öntési hibák, mintegy 45°-ban álló sorjaceppék arra mutatnak, hogy az öntés során a tárgyat keréktaggal lefelé fordítva, függőleges

helyzetben öntötték meg. Ezt a balkákrai korongnál is leírt, elhelyezkedésükben ugyancsak hasonló öntési hibák végképp egyértelművé teszik (Knappe & Nordstrom 1994, Taf. XVIIIa., XX). A palást öntött elemeinél tehát az engusz a keréktaggal ellenkező oldalon volt.

Az eltávolított engusz pontos helyét a felső, téglalap alakú nyulványok végén látható vésőnyomok és a grízes törésfelületek szintén jól mutatják. Az öntési helyzet tisztázása rávilágított arra is, hogy a fő elemek középvonalaiban látható, korábbi kutatás által merevítő bordának tartott, gúlaszerűen kiemelkedő, háromszög alakban elkeskenyedő részek nem csupán díszítések voltak. Az öntéskor mint egy tölcser gyűjtötték magukba az olvadt bronzot és továbbították a vékonyabb, ráadásul az áttörések miatt megosztott területek felé, tehát öntőcsatornaként is működtek.

A mérési adatok és a széleken látható sorja egyértelműen arra mutatnak, hogy az egyes elemeket sík hátlappal letakart öntőformában, ami lehetett kő- vagy kerámia is, egyenként, sorozatban öntötték meg. Nem zárható ki teljesen a homokba nyomott mintadarab használata sem, azonban az öntvények alig néhány tizedmilliméteren belüli egyenletes vastagsága miatt ez kevésbé valószínű.

A 3D lézerszkenneres vizsgálatok eredményei alapján egyértelműen arra következtethetünk, hogy a palást alkatrészeit öntés után egyenként hajlították meg, ami az utólagos átlukasztáshoz hasonlóan indokolja az összetartozó elemek pontos megjelölését, számozását az összeszereléshez.

A hasfalvi korong szegecselt szerkezete valószínűtlenné teszi az olyan, hangkeltésre való funkciót, mint a például a dob, gong stb. A tárgyat úgy tervezték és készítették, hogy használata során a keréktagokon állt, a poncolással gazdagon díszített zárókorong felül volt, ebben a pozícióban viselte el a legnagyobb terhelést. Arra utaló nyomot nem találtunk, hogy valamire, pl. egy farönkre rárogzították volna, sokkal valószínűbbnek tűnik, hogy a használata során valamilyen emelvényre helyezték. Homorú, omphaloszos, kialakítású tetejének pedig praktikus szerepe lehetett a használat során, valamit ráhelyeztek, esetleg égettek vagy füstöltek rajta.

A hasfalvi korong alapanyagának eddigi kutatási eredményeit áttekintve egyértelműen látható, hogy a használt mérési módszerek miatt a reálisnál lényegesen magasabb ötvözőanyag tartalommal számoltak. Ezért kétség merül fel az ezen adatok alapján a felhasznált nyersanyagra és a bányavidékekre vonatkozó következtetésekkel kapcsolatban.

A készítése technikai vizsgálataink és mérési eredményeik egyértelműen igazolták a Hasfalván és Balkákrán előkerült korongok palástjának az

elemenkénti sorozatgyártását, azonos technikai fogások szerinti készítését, összeszerelését – ugyanazon műhelyben való készítését. A lokálisan sorozatban gyártott darabok a Vulciban talált miniatűr változat (Kaus & Kaus 2012, 313, Abb. 6.b) és a két egymástól távol eső lelőhely alapján jól kirajzolódik maguk a tárgyak, valamint a hozzájuk nyilvánvalóan kapcsolódó kulturális elemek interregionális áramlása Itáliától a Kárpát-medencén át Skandináviáig.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk itt is köszönetet mondani Tóth Imre múzeumigazgatónak és Gabrieli Gabriellának illetve Gömöri Jánosnak, hogy a Soproni Múzeumban őrzött tárgyat Baján, a „Fény régészete” című kiállításon megvizsgálhattuk. Köszönjük Gerry McDonald és Mark Pollard támogatását a bradfordi laborban végzett munkánk során, Barkóczy Péter és Lukács Zoltán izotópvizsgálatokkal kapcsolatos értékes tanácsait, megjegyzéseit, Kulesár László és Jókai Zoltán lézerszkenneres felmérését és az adatok feldolgozását.

Irodalom

- GEGUS, E. (1994): Optische emissions-spektroskopische Untersuchungsmethode unter Anwendung der Laser-Mikrospektralanalyse. In: KNAPE, A. & NORDSTROM, H.-Ä. (1994): *Der Kultgegenstand von Balkákra*. Stockholm, Statens Historiska Museum, 66–67.
- GÖMÖRI, J. & KAUS, K. (2014): A hasfalvi bronzkorong, 1914–2014. *Soproni Szemle* **68** 69–74.
- GÖMÖRI, J. & KAUS, K. (2014a): Das Bronzeobjekt von Haschendorf. *Kulturbericht Burgenland* **2/2014** 121–129.
- KAUS, K. & KAUS, M., (2012): Zum Kultgerät von Haschendorf. In: MEID, W (ed.), *Archaeological, Cultural and Linguistic Heritage*. Budapest, Archaeolingua Alapítvány, 303–319.
- KNAPE, A. & NORDSTROM, H.-Ä. (1994): *Der Kultgegenstand von Balkákra*. Stockholm, Statens Historiska Museum, 92 p.
- KIS-VARGA, M. (1994): Vergleichende Untersuchung der Bronzegegenstände von Hasfalva und Balkákra mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse. In: KNAPE, A. & NORDSTROM, H.-Ä. (1994): *Der Kultgegenstand von Balkákra*, Stockholm, Statens Historiska Museum, 68.
- LING, J., STOS-GALE, Z., GRANDIN, L., BILLSTRÖM, K., HJÄRTHNER-HOLDAR, E. & PERSSON, P.-O. (2014): Moving metals II.: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. *Journal of Archaeological Science* **41** 106–132.

PERNICKA, E. (2010): Archäometallurgische Untersuchungen am und zum Hortfund von Nebra. *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle* 5 719–734.

PERNICKA, E. (2014): A Short History of Provenance Analysis of Archaeological Metal Objects. In: ROBERTS, B.W. & THORNTON C. P. (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective*. Springer Science + Business Media, New York, 239–268.

PERNICKA, E., LUTZ, J., STÖLLNER, T. (2016): Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia* 100 19–55.

POLLARD, M. & BRAY, P. (2014): Chemical and Isotopic Studies of Ancient Metals. In: ROBERTS, B.W. & THORNTON C. P. (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective*. Springer Science + Business Media, New York, 217–238.

SZABÓ, G. (1998): Evaluation of Late Bronze Age Carpathian tinbronzes based on alloying content. In: KÖLTŐ, L. & BARTOSIEWICZ, L. (eds.), *Archaeometrical research in Hungary II. Kaposvár-Veszprém-Budapest*, 159–173.

SZABÓ, G. (2002): Archaeometallurgical investigation of the LBA bronze objects in the Carpathian basin. In: JEREM, E. & T. BIRÓ K. eds., *ISA 1998. BAR Int. Ser.* 1043 (II), 481–490.

SZABÓ, G. (2012): A kárpát-medencei archeometallurgiai kutatások eredményei, aktuális kérdései a 21. század elején, különös tekintettel a bronz- és vasgyártás társadalmi hátterének változásaira. *Archeometriai Műhely* IX/2 75–95.

SZABÓ, G. (2013): A dunántúli urnamezős kultúra fémművessége az archeometallurgiai vizsgálatok tükrében. *Specimina Electronica Antiquitatis; Libri –SEA–L. 1.* Pécs, Pécsi Tudományegyetem, 1–134.