

MAGYAR KÉPZŐMŰVÉSZETI EGYETEM

DOKTORI ISKOLA

**Fémeszterga versus viaszesztergálás.  
Forgástesteket tartalmazó vagy forgó mozgással  
létrehozott régészeti bronztárgyak anyag- és  
készítéstechnikai vizsgálata, készítésük rekonstruálása**

DLA ÉRTEKEZÉS

KÉSZÍTETTE: VECSEY ÁDÁM

2012

**TÉMAVEZETŐ: DR. HABIL, DLA MENRÁTH PÉTER**  
EGYETEMI TANÁR, AZ MKE RESTAURÁTOR TANSZÉK VEZETŐJE

# TARTALOM

<b>1. Bevezetés</b> .....	<b>5</b>
<b>2. A témaválasztás indoklása</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Doktori kutatásaim módszerei</b> .....	<b>7</b>
<b>4. A disszertáció témájában folyó kutatások jelenlegi állása</b> .....	<b>7</b>
<b>5. Készítéstechnikai-, anyag- és szerkezeti vizsgálatok</b> .....	<b>9</b>
5.1. Anyagvizsgálatok .....	9
5.1.1. Elektronsugaras mikroanalízis (SEM/EDS) .....	10
5.1.2. Visszaszórt elektronkép (SEM-BSE) .....	10
5.2. Az Aquincumban előkerült római kori üvegtükrökön végzett vizsgálatok .....	10
5.3. Az Aquincumban előkerült római kori bronztükrökön végzett vizsgálatok .....	11
5.4. Egy római kori bronz merítődényen végzett vizsgálatok .....	15
5.5. A tárgyakon végzett anyag- és szerkezeti vizsgálatok eredményeiből levont következtetés .....	18
<b>6. Kísérleti régészetben alkalmazott módszerek bevonása a kutatásba</b> .....	<b>19</b>
<b>7. A vizsgált tárgycsoportok készítés-technikája.</b> .....	<b>20</b>
7.1. A viaszveszejtési öntési eljárás ismertetése .....	20
7.1.1. A magkészítés .....	20
7.1.2. A magra felvitt viasz vastagságának kialakítása és kidolgozása .....	20
7.1.3. A mag rögzítése .....	21
7.1.4. A beömlő rendszer kialakítása, külső köpeny elkészítése .....	21
7.1.5. A forma kiégetésének fontossága, az olvadék megfelelő hőmérsékletének megválasztása .....	22
7.1.6. Kibontás, cizellálás .....	22
<b>8. A tárgyak készítéséhez forgó mozgást alkalmazó rendszerek</b> .....	<b>23</b>
8.1. Az eszterga és a forgó mozgás .....	23
<b>9. Az alkalmazott forgó rendszerek bemutatása</b> .....	<b>24</b>
9.1. Mozgó-tengelyes fúrás-marás .....	25
9.1.1. Hagyományos fúrás .....	25
9.1.2. Központos (pont-körös) fúrás-marás .....	25
9.1.3. Csöves-rudas fúrás-marás .....	26
9.2. Forgó alapanyag esztergálása .....	27
9.2.1. Két tüskés befogás (rögzítés két oldalról) .....	27
9.2.2. Tokmányos rögzítés .....	28

<b>10. A forgó rendszerek csoportosítása a meghajtás szempontjából</b> .....	<b>29</b>
10.1. Egy oldalról hajtott tengely .....	29
10.1.1. Egységnyi hosszúságú kötéllel, szalaggal vagy szíjjal, egy oldalról hajtott, két irányba forgó tengely .....	29
10.1.2. Végtelenített szalaggal, szíjjal vagy kötéllel hajtott, egy irányba forgó tengely. ....	31
10.1.3. Póznás-pedálos, két irányba forgó tengely .....	32
10.2. Két oldalról hajtott tengely .....	33
10.2.1. Pergőfurdancs, keresztfás-korongos, két irányba forgó tengely .....	33
<b>11. Forgó rendszerek csoportosítása a meghajtani kívánt tárgy szempontjából</b> .....	<b>34</b>
11.1. A megmunkálandó anyag meghajtása .....	34
11.2. A megmunkáló eszköz meghajtása .....	35
<b>12. Az egyetlen ókori esztergaábrázolás</b> .....	<b>36</b>
<b>13. Forgástest kialakításának lehetőségei</b> .....	<b>39</b>
13.1. Forgácsolás nélkül készített tárgyak .....	39
13.1.1. Kőbe vagy kerámiába karcolt körformák .....	39
13.1.2. Forgácsolás nélkül, felhúzással készített edények .....	40
13.1.3. Öntvényből, kovácsolással, felhúzással készült edények .....	41
13.2. Forgácsolással, esztergálással készített tárgyak .....	42
13.2.1. Egy darabból álló esztergált tárgyak .....	42
13.2.2. Több darabból összeállított esztergált tárgyak .....	42
13.3. Viaszesztergálás .....	43
13.3.1. Formanagyolás, öntés, fémként esztergálás .....	45
13.3.2. Maximális formakidolgozás, öntés, minimális utómunka .....	45
13.4. A viaszmodell elkészítése kő- vagy kerámiaforma segítségével .....	46
13.4.1. A viasz formába préselése, öntése .....	46
13.4.2. A viasz kerámia- vagy kő formatálba korongozása, préselése, öntése .....	49
<b>14. Forgástesteket tartalmazó, forgó rendszerek alkalmazására utaló régészeti kerámia tárgyak</b> .....	<b>49</b>
14.1. Applikált kerámia .....	49
14.2. Torzított kerámia .....	50
14.3. Reliefes forgástest kerámia .....	51
14.3.1. Formatálba korongozott kerámia .....	52
14.3.2. Applikált reliefdíszes kerámia .....	52
14.3.3. Hosszában illesztett, formába nyomott kerámia .....	52
14.4. Bélyegzett kerámia .....	53
14.5. Formába préselt kerámia .....	53

<b>15. Forgástesteket tartalmazó, forgó rendszerek alkalmazására utaló fém régészeti tárgyak</b> .....	<b>54</b>
15.1. Tükrök .....	55
15.1.1. Magas óntartalmú bronztükrök .....	55
15.1.2. Ólomkeretes üvegtükrök .....	56
15.1.2.1. Egy osztósíkos, két részes öntőformák .....	56
15.1.2.2. Két osztósíkos, három részes öntőformák .....	56
15.2. Merítő .....	58
15.3. Mécses .....	58
15.4. Oinochoe .....	59
15.5. Kerékcsapágy persely .....	60
<b>16. Rekonstrukciók készítése</b> .....	<b>62</b>
16.1. Római kori bronztükör rekonstrukciójának elkészítése .....	62
16.2. Római kori bronz merítőedény (simpulum) rekonstrukciójának elkészítése .....	66
16.3. Római kori, kétlángú bronz mécses rekonstrukciójának elkészítése .....	70
<b>17. Összegzés</b> .....	<b>78</b>
<b>18. Köszönetnyilvánítás</b> .....	<b>79</b>
<b>19. Felhasznált irodalom</b> .....	<b>79</b>
<b>20. Képjegyzék</b> .....	<b>82</b>

*„Ötletek kellene, utána esetleg megnézni mások munkáját, javítani vagy éppen felfordítani, a feje tetejére állítani és akkor egy más irányból támadni és bízni a szerencsébe' is”*

*Szemerédi Endre<sup>1</sup>*

## 1. BEVEZETÉS

Doktori értekezésem témája az ókori eszterga és viaszsztergálás közötti összefüggések kutatása. A téma választásában nagy szerepet játszott a régészet római esztergáról és az esztergán elkészített fémtárgyakról alkotott képe.

A kutatáshoz elemeztem az egyetlen, fennmaradt, római kori esztergaábrázolást és megfigyeléseket, vizsgálatokat végeztem esztergálásra utaló nyomokat őrző, római kori tárgyakon. Kutatómunkám nem korlátozódott csak a római kori leletek vizsgálatára, mert úgy gondoltam, hogy a görög és egyiptomi tárgyak, ábrázolások figyelmen kívül hagyásával nem kapnék teljes képet a kor technikai fejlettségéről.

Munkám során sok olyan római kori bronztárggyal találkoztam, melyek elkészítésének módja számomra nem volt egyértelmű. Bizonyos tárgy típusoknál úgy éreztem, hogy a hordozott készítéstechnikai nyomok ellenére nem készülhettek fémesztergán, tehát formájukat még a viaszmodellen alakíthatták ki. Elméletem bizonyításához olyan tárgyakat kellett keresnem, melyek egyértelműen kizárják a fémesztergálás lehetőségét, ami pedig indirekt módon bizonyíthatja a viaszsztergálás-forgácsolás – mint forgástartest létrehozására alkalmas technológia – létezését.

A kutatás során, a vonatkozó szakirodalmak áttekintése mellett, kiválasztottam négy, Budapest területén előkerült római kori bronztárgyat, melyek feltételezésem szerint bizonyíthatják álláspontomat. A négy tárgy kiválasztásánál egyik fő szempont volt, hogy választ kapjak arra a kérdésre, hogy a római korban, valamilyen módon esztergálhatták-e méhviaszból a forgástartestet tartalmazó modelleket, illetve lehet-e és ha igen, akkor milyen mértékű az összefüggés a római kori, forgástartesteket tartalmazó bronztárgyak és a viaszsztergálás között.

Nem volt célom meghatározni a kutatás során kezembe került összes tárgy készítésének módját, tehát azokkal a tárgyakkal, melyeket szemrevételezést követően úgy ítélt meg, hogy elkészíthetőek fém- és viaszsztergálással egyaránt, azokkal a továbbiakban nem foglalkoztam.

Úgy gondolom, hogy kutatásom eredményei esetleg alátámaszthatják egy eddig nem ismert vagy nem bizonyított készítési technika létezését, a viaszsztergálást. Értekezésemet azon kutatóknak, régészeknek és a restaurátoroknak szánom, akik a régészeti fémtárgyak készítésének technológiáját kutatják.

## 2. A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

A méhviaszt, mint alapanyagot nehéz besorolni a műtárgyalkotó anyagok különböző csoportjaiba. Készítettek belőle votívokat, festett szobrokat, és néprajzi viaszbabukat stb, de általában csak segédanyagként jelenik meg a műtárgyak felületén. A szerves anyagokon belüli, szilárd, szerves, állati eredetű anyagok csoportjához sem kapcsolódik szorosan, mert nem elég szilárd,

<sup>1</sup> Szemerédi Endre (Budapest, 1940. augusztus 21.) Abel- és Széchenyi-díjas magyar matematikus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja. 2012. március 21-én a Magyar Televízió Híradójának ezzel a gondolattal kommentálta, hogy 2012-ben ő kapta az Abel-díjat, melyet a matematikusok Nobel díjaként is szoktak emlegetni.

túlságosan képlékeny ahhoz, hogy tömegével készítsenek belőle tartós használati- vagy dísz-  
tárgyakat. Azonban, ha magával az anyaggal nem is találkozunk, közvetett nyomai nagyon sok  
régészeti fémtárgyon fellelhetőek.

A „fából vaskarika” kifejezés nem sok régészeti tárgy készítésénél nyer annyi értelmet, mint a  
viaszveszejtési öntési eljárásnál, ahol a kidolgozott méhviasz-modellből szinte azonos formájú  
és méretű fémtárgy készül. A Római Birodalom egész területén ismert öntési eljárás során a  
modell teljes mértékben megsemmisül, elvész, ugyanakkor a megfelelő tapasztalattal bíró fém-  
művesek át tudták örökíteni, tehát meg tudták őrizni az öntvényben a modell minden részletét.  
Legyen az akár egyedi készítésű, a legmesszebb menőkig kidolgozott, tökéletesen részletgazdag  
felület, vagy kevésbé igényes, sorozatban gyártott tömegáru.

Régészeti tárgyaknál, a sokszor igen vastag korróziós réteg alatt is fellelhetőek a készítésre  
utaló vagy használatból eredő nyomok, melyek eltüntetése is – bizonyos esetekben – újabb nyomot,  
nyomokat hozhat létre.

A fémtárgyak kidolgozottsága már az őskorban is nagyon magas szintet ért el, és ez a tudás  
a viaszveszejtési öntési technológia kialakulásának és fejlődésének köszönhetően, a Római  
Birodalom fénykorára csak fokozódott. Meglátásom szerint azonban az ókori, forgástesteket  
tartalmazó, nyeles illetve füles, és nyél vagy fül nélküli, öntvény-fémből készült régészeti tárgyak  
(pl.: edények, mécsesek, tükrök stb.) készítéstechnikáját a szakirodalmak sok esetben tévesen  
értelmezik és magyarázzák. Az egyetlen ismert római esztergaábrázolás<sup>2</sup> is hiányos és pontos  
működése a fennmaradt részek alapján nem egyértelműen rekonstruálható. Az ókorban készült,  
nagy számban előkerült, forgástesteket tartalmazó fémtárgyak vizsgálatai több készítési  
technológiát is valószínűsítene, mégis úgy érzem, alaptalanul helyeznek túl nagy hangsúlyt a  
femeszterga alkalmazására.

Úgy gondolom, a forgástesteket tartalmazó fémtárgyak formájának kialakítása az esetek túlnyomó  
többségében a viaszmodell esztergálásával kezdődött és sokszor az öntvény utánesztergálása  
nélkül, vagy minimális utánesztergálással fejeződött be. Mindez természetesen nem zárja ki a  
femeszterga római korban való létezését, de úgy vélem a tárgyak készítési folyamatának súly-  
pontja a viaszmodell esztergálása volt.

A kísérleti-régészetben alkalmazott módon, a folyamatok egészét vizsgálva kívántam megérteni  
a kiválasztott három, Budapest területén előkerült római kori tárgy készítésének technikáját,  
ezért az elvégzett vizsgálatokat követően, a vizsgálati eredmények függvényében terveztem  
meg a készítés folyamatát, ami természetesen csak egy a tucatnyi mód közül, mely azonos eredményhez  
vezethet.

Doktori értekezésemmel nem célom egy új készítéstechnikai kategóriát létrehozni, vagy meg-  
bolygatni az eddig elfogadott, fémmegmunkálásra vonatkozó ismerethalmazt, de nagyon fontosnak  
tartom az általam megismert új útnak és lehetőségnek a bemutatását.

Most úgy gondolom, néhány tárgy esetében csak a viaszesztergálás jöhet szóba, mint készítési  
lehetőség, de ez a jövőben, új vizsgálati módszerek megjelenésével vagy újabb elmélet bizonyítá-  
sára alkalmas tulajdonságokkal rendelkező leletek előkerülésével természetesen változhat.

<sup>2</sup> Alfred Mutz: Die Kunst des Metalldrehens bei den Römern (1972 Birkhaeuser Verlag, Basel und Stuttgart)

### 3. DOKTORI KUTATÁSAIM MÓDSZEREI

A kutatás megkezdése előtt összegyűjtöttem a tárgykörhöz köthető, alpműnek számító szakirodalmakat, melyek nagy része a római kori fémedények készítése technikájának ismertetésével foglalkozik. Nagy hangsúlyt fektettem a forgó mozgásokat alkalmazó rendszerek megismerésére is. A szakirodalomban foglaltak alapján meghatároztam több, forgástestet is tartalmazó tárgycsoportot, melyek alkalmasak lehetnek arra, hogy esetükben kizárhassam a fémként történő esztergálást.<sup>3</sup> Kiválasztottam több tucat bronztárgyat, melyeket szemrevételeztem és/vagy mikroszkóp alatt vizsgáltam. Ezen tárgyak közül tíz darabon anyagvizsgálatokat végeztem. Néhány olyan tárgynak – melyekről azt feltételeztem, hogy bizonyíthatják elképzelésemet – beazonosítottam a kerámiából készített változatait, hogy megismerhessem azok készítésének folyamatát. Az összegyűjtött információk alapján úgy próbáltam meg rekonstruálni három római bronztárgyat, hogy azok formáját még az öntés előtt, a méhviaszt esztergálva alakítottam ki. Arra törekedtem, hogy a rekonstrukciók a lehetőségeimhez mérten, minél jobban hasonlítsanak az eredeti tárgyra úgy, hogy a nyers öntvényen csak minimális utómunkát kelljen végezni. Az anyagvizsgálatok mellett a rekonstrukciók készítése során szerzett tapasztalatokat kulcsfontosságúnak tartom, mert úgy gondolom a rekonstrukciók elkészítésével hitelesebbé válhat elméletem bizonyítása.

### 4. A DISSZERTÁCIÓ TÉMÁJÁBAN FOLYÓ KUTATÁSOK JELENLEGI ÁLLÁSA

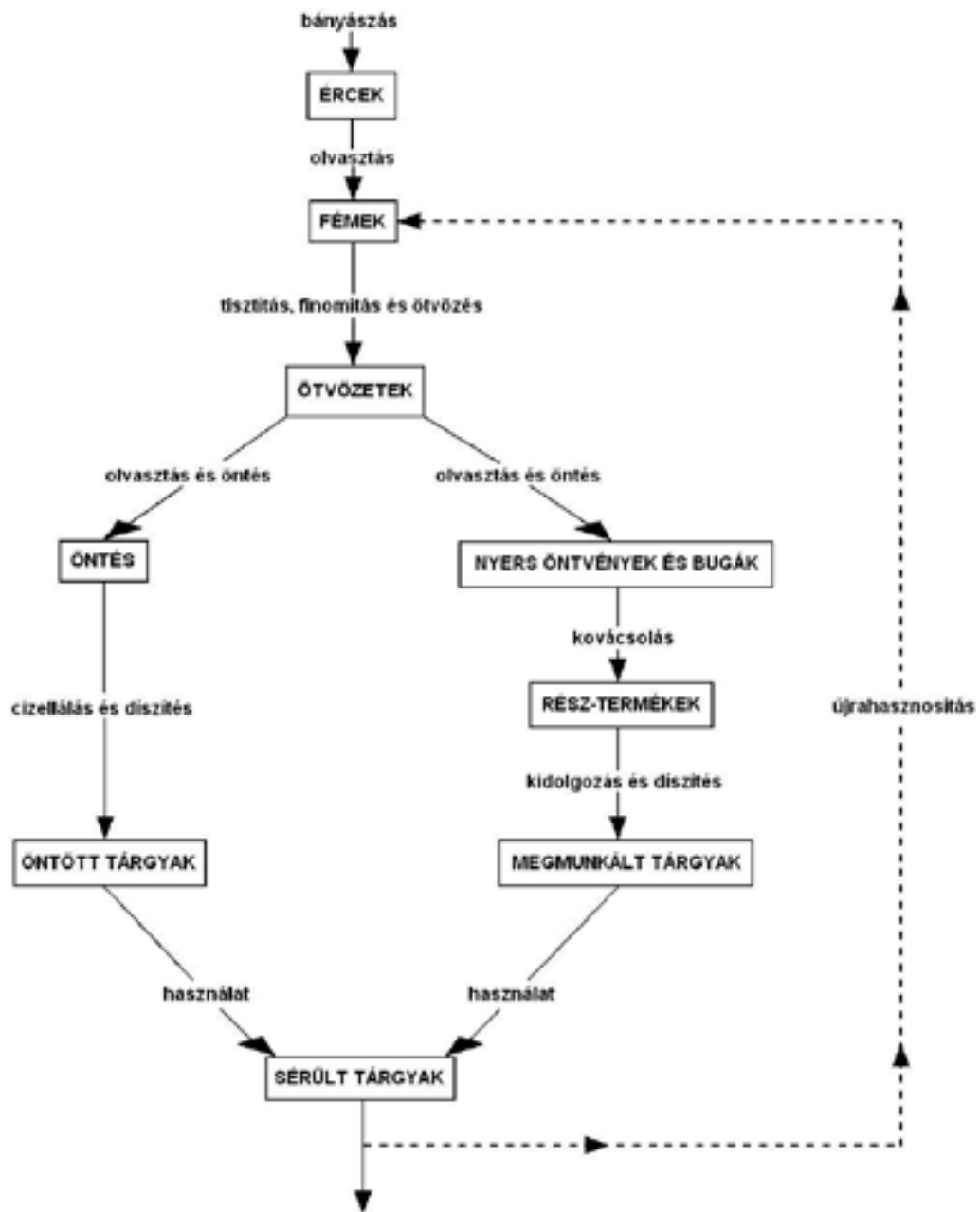
A forgástesteket tartalmazó, ókori fémtárgyak készítése technikáját ismertető szakirodalmakban több, párhuzamosan alkalmazott technikát ismertetnek, melyeket disszertációmban később egyenként bemutatok. Ezen technikák túlnyomó többségét minden szempontból alkalmazhatónak és elfogadhatónak tartom. A külföldi szakirodalomban a legnagyobb hiányosságot a forgástesteket tartalmazó öntvények készítésének ismertetésében fedeztem fel. A viaszveszejtésre, mint az egyik legelterjedtebb öntési technikára rendszeresen hivatkoznak, ugyanakkor nem találtam egyetlen olyan publikációt vagy cikket sem, mely bármilyen utalást is tett volna az ókori tárgyak viaszmodelljeinek forgácsolására. Ugyanakkor hazai viszonylatban találtam egy olyan cikket mely részletesen kifejti az öntéssel készült, későbronzkori, forgástestet tartalmazó, bronztárgyak feltételezett készítése technikáját. Attól függetlenül, hogy nem római kori tárgyak előállítását mutatja be a cikk, kutatási témám szempontjából nagyon fontosnak tartom, mert vizsgálatokkal alátámasztva, beazonosításra kerül belül benne a vékonyfalú forgástest viaszforma kialakítása és öntése, és amit hasonlóan nélkülözhetetlennek tartok, hogy a vizsgált bronzsisak rekonstrukcióját, a technológiai folyamatot bemutató cikk írója egy restaurátor segítségével el is készítette.<sup>4</sup>

A leírás alapján a cikk szerzője – valószínűleg – egy forgástest magra, egyszeri bemeccsel vitte fel a viaszt, melyet a külső beágyazóanyaggal történő bevonás előtt nem esztergált vagy forgácsolt, csak kézzel igazított. Az így elkészített öntvény falvastagsága 1 mm volt, ami nagyon fontos adat, mert egy újabb bizonyíték arra, hogy öntési technológiával is kialakítható ilyen vékony falvastagság.

<sup>3</sup> Szabó 2009

<sup>4</sup> Szabó 2009

Amiben teljes összhangot tapasztaltam a témában jártas kutatók, szakemberek részéről, hogy a fémöntvényeket a különböző anyagokból (szépia váz, agyag, kő, esetleg fa stb.) készült formákba vagy viaszveszejtéses eljárással öntötték. Mindemellett nagyon sok kérdés merült fel bennem azt illetően, hogy mi történt a nyers méhviasszal a méhkaptár kinyitása és a fémöntés közötti időben. (1. ábra) Ezen időszakban történő eseményekről, nemcsak bizonyítékokat nem találtam, de még elméleteket sem.



1. ábra: A fém megmunkálás folyamatábrája



## 5. KÉSZÍTÉSTECHNIKAI-, ANYAG- ÉS SZERKEZETI VIZSGÁLATOK

A tárgyak készítése technikájának megismerésére irányuló vizsgálatok során elsődleges szempont volt az anyagok összetételének meghatározása és a megmunkálás során a tárgyat ért fizikai behatások megismerése. Összetett tárgyak esetén a különböző módon elkészített alkatrészek összeállításának megismerésére is nagy hangsúlyt fektettem.

A fém szerkezetének torzulására, roncsolására utaló nyomok sok esetben perdöntő jelentőségűek lehetnek, ezért egy kulcsfontosságú tárgy készítése technikájának meghatározásához nem csak az összetételre vonatkozó mennyiségi és minőségi vizsgálatra volt szükség, de vizsgálni kellett a fém szerkezetét is.

A vizsgálatok eredményeitől azt vártam, hogy azok segítségével egyértelműen megállapítható legyen a vizsgált fémtárgyról, hogy formájukat fémként esztergálással vagy viaszmodellen alakították ki.<sup>5</sup>

Mivel a viaszmodellek elkészítésére utaló nyomok sokszor öntés során megsemmisülnek, ezért bizonyos tárgyaknál, illetve tárgycsoportoknál csak magát a viaszveszejtési eljárást lehet beazonosítani, míg azt például, hogy a viaszmodell formába nyomással készült vagy szabadon mintázott volt, már nem.

Annak kizárására, hogy egy szabályos forgástestet tartalmazó fémtárgyat semmiképpen nem esztergálhattak fémként, több lehetőség is van. (2. ábra) Azokat a különleges tárgyakat kerestem, melyek szabályos, forgástest felületén olyan anomália található, mely a síkból kiemelkedik illetve a síkba mélyed. A síkból kiemelkedő reliefek, fülek, nyelvek stb. jelenléte csak akkor zárhatja ki a fémként esztergálást, ha a test és a relief, a fül, vagy a nyelv között nincs rögzítő-, kötőanyag, tehát egy anyagból készültek. A forgástestbe ütött minták csak akkor valószínűsíthetők a fém-esztergálás mellőzését, ha megállapítható, hogy a beütés alatti területen, a fém szerkezetén nincs fizikai behatás okozta torzulás.



2. ábra: Az „Állatorvosi ló”:

1. Az edénytest és a nyelv kapcsolódási pontja,
2. Bebélyezett tojássor díszítmény az edénytesten,
3. Relief díszítmény az edénytesten

### 5.1. Anyagvizsgálatok

Anyagvizsgálatokat végeztem Aquincumban előkerült, római kori fém- és üvegtükrökön, egy vékony falú, kis testű, nyeles merítő edényen. Az anyagvizsgálat célja az volt, hogy megtudjam, van-e valamilyen összefüggés a tárgyak szerkezete, összetétele, illetve készítésük technikája között. A sztereó-mikroszkóppal megvizsgált tárgyakról levett mintákon elektronsugaras mikroanalízist, illetve visszaszórt elektronkép elemzést végeztem. A római kori kétlángú bronz méceszt és a római kori kocsi kerékcsapágy perselyt sztereó-mikroszkóppal vizsgáltam.

<sup>5</sup> Fémként esztergálás során a forma kialakítása fémből, forgó mozgás alkalmazásával történik és az eredmény egy esztergált, fém forgástest. Viaszként esztergálás során a forma kialakítása viaszból, forgó mozgás alkalmazásával történik és az eredmény egy esztergált, viasz forgástest, melyből viaszveszejtési öntési eljárással készül el az egyébként viaszként esztergált, fém forgástest.

### 5.1.1. Elektronsugaras mikroanalízis (SEM/EDS)

#### *A vizsgálat fizikai alapjai*

A SEM/EDS – mennyiségi és minőségi – vizsgálat fizikai alapja: A minta elektronsugaras gerjesztés hatására a különböző elemekre jellemző karakterisztikus röntgen-sugárzást bocsát ki, amelyet egy detektor érzékel. A röntgensugarakat egy számítógépes program – jelen esetben energiájuk alapján – azonosítja. A rendszerhez tartozik egy pásztázó elektronmikroszkóp is, ami a vizsgálandó felület kiválasztásához nyújt segítséget. A szükséges minta mennyisége kevesebb, mint  $1 \text{ mm}^3$ , de általában már  $100 \times 200$  mikrométernyi felület is elég a vizsgálat elvégzéséhez. (Természetesen az egy mintában detektált elemek aránya nem feltétlenül egyezik meg a vizsgálandó tárgyat alkotó elemek arányával) A detektált elemek százalékos megoszlása táblázatban jelenik meg.<sup>6</sup>

### 5.1.2. Visszaszórt elektronkép (SEM-BSE)

#### *A vizsgálat fizikai alapjai*

A SEM-BSE képalkotás fizikai alapja: A rendszerhez tartozó pásztázó elektronmikroszkóp segítségével kerül kiválasztásra a vizsgálandó felület. Ahhoz, hogy a legjobb BSE képeket tudjuk előállítani, polírozott felületű minták szükségesek, ahol nem jelenik meg a morfológia, csak az átlagrendsám különbség.<sup>7</sup> Az eredeti sugárnyaláb, rugalmasan vagy rugalmatlanul visszaszórt (backscattered), különböző energiájú elektronjait detektor méri. A detektorban a visszaszórt elektronok mennyiségével arányos elektromos áram keletkezik. Az elektromos áram mennyiségének különbsége egy képalkotó rendszer segítségével jelenik meg a BSE képeken. (23–26. ábra). Az elektronsugaras mikroanalízis és a visszaszórt elektronkép közös alkalmazása esetén meghatározható a fémötvetben jelenlévő zárványok összetétele, így azok beazonosítását követően, elhelyezkedésük, formájuk és méretük alapján a fémet ért fizikai behatásokra és azok mértékére lehet következtetni. A magasabb rendszámú elemeket tartalmazó zárványok a BSE képen világosabbak, mint az alacsonyabb rendszámú elemek. Az általam levett minta több mint  $2 \text{ mm}^3$  volt.<sup>8</sup>

## 5.2. Az Aquincumban előkerült római kori üvegtükrökön végzett vizsgálatok

A 2006-ban, Óbudán, a Bécsi út 66. szám alatti feltáráson került elő két ólomkeretes üvegtükör. Mintát vettem az egyik tükör-üveg hátsó felületén megmaradt anyagból, hogy megtudjam, milyen tükröződő anyaggal vonták be az üveget. Az anyagvizsgálat a minta három vizsgált területén, átlag 41,9% ólmot azonosított. Mivel egyéb, tükröző tulajdonsággal rendelkező fém számottevő mennyiségben nem volt detektálható, ezért a vizsgálat eredménye alapján arra lehet következtetni, hogy az üvegtükrök hátsó felületére valószínűleg egy vékony ólomréteget vittek fel. Arra a kérdésre, hogy az ólmot milyen technikával vihették fel az üvegre, nem találtam egyértelmű választ.

A levett minta három területén végzett elektronsugaras mikroanalízis vizsgálat eredménye:

terület/elemek	Pb	C	Ca	P	Na	Fe	Al	O
1. terület	45,14	9,94	5,52	5,31	0,57	0,29	0,29	32,83
2. terület	40,96	11,7	5,26	4,65	0,43	0,4	0,19	36,42
3. terület	39,62	12,33	5,61	5,85	0,6	0,37	0,18	35,44
átlag	41,9	11,32	5,46	5,27	0,53	0,35	0,22	34,89

<sup>6</sup> A vizsgálatokat dr. Tóth Attila végezte (Analspek Bt.)

<sup>7</sup> Szakáll 2011

<sup>8</sup> A vizsgálatokat dr. Dobránszky János végezte

### 5.3. Az Aquincumban előkerült római kori bronztükrökön végzett vizsgálatok

Az óbudai Záhony utca nyugati, Duna felőli végénél 2006-ban egy temető feltárása során, több sírból is magas óntartalmú bronzötvözetből készült tükrök kerültek elő. Az egyik legkülönlegesebb darab az 575. sír melléklete volt (3–4. ábra).



3. ábra: Az Aquincumi Múzeum Záhony utcai (2006) ásatásán, az 575. sírből előkerült római kori tükör sík, díszített hátoldala



4. ábra: A tükör hátoldalát egy kisebb átmérőjű belső és három külső, növekvő átmérőjű koncentrikus borda kialakításával díszítették

A tükör front oldala sík. Az ötvözetre jellemző módon felülete több mint 1700 év után is fényes fém volt. A tükör hátoldalát egy kisebb átmérőjű belső és három külső, növekvő átmérőjű koncentrikus borda kialakításával díszítették (5. ábra). A díszítőbordák kialakítása úgy történt, hogy az egyébként tökéletesen sík felületbe úgy húztak két árkot, hogy az árkok merőleges falai egymással szemben helyezkedjenek el. Így a kialakított bordák falai is merőlegesek lettek az alapsíkra. (9. ábra)



5. ábra: A sík hátoldalt díszítő bordákat két árkokkal tették plasztikussá

A tükör pereménél jól látható, hogy a legkülső, belülről a 4. borda az egyik oldalon komplett, míg vele szemben, a másik oldalon pedig hiányos, tehát a tükör koncentrikus bordáinak középpontja és a perem közti távolság változó (6. ábra).

Ebből arra lehet következtetni, hogy a tükör formája kissé ellipszis. A széleken nem találtam olyan reszelési nyomokat, melyek arra utaltak volna, hogy fémként alakították ellipszis formájúra a tükröt (7. ábra). Az ellipszis forma nem teszi lehetővé, hogy a tárgyat külső befogási módszerrel középpontosan lehessen rögzíteni, ezért még elméletben sem lehetett volna így kialakítani a koncentrikus bordákat.

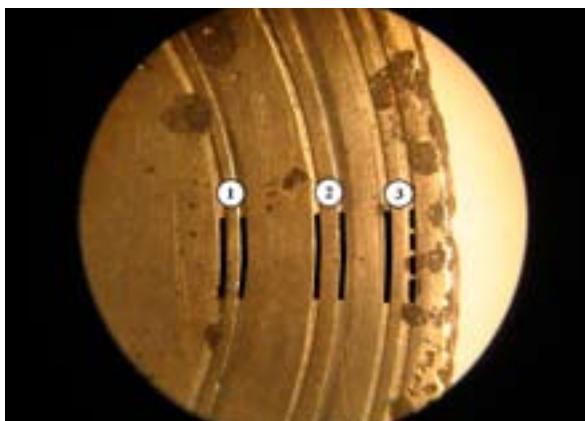


6. ábra: Az „A” jelzésű részen a legkülső borda ép, míg a „B” jelzésű részen hiányos. A tükör koncentrikus bordáinak középpontja és a perem közti távolság változó

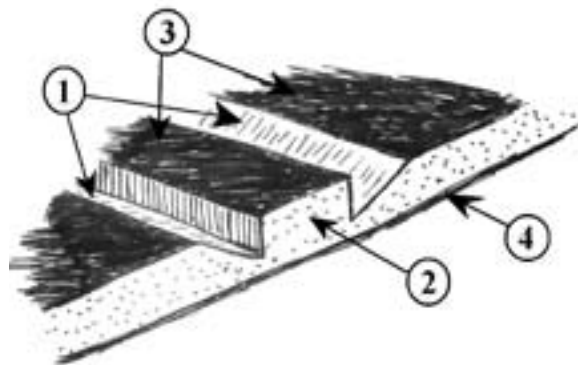


7. ábra: A peremen látható szerszám okozta nyomok nem láthatóak a tükör élének teljes keresztmetszetén

A bordák kialakítását tekintve a legkülső borda készítése eltér a többitől (8-9. ábra).



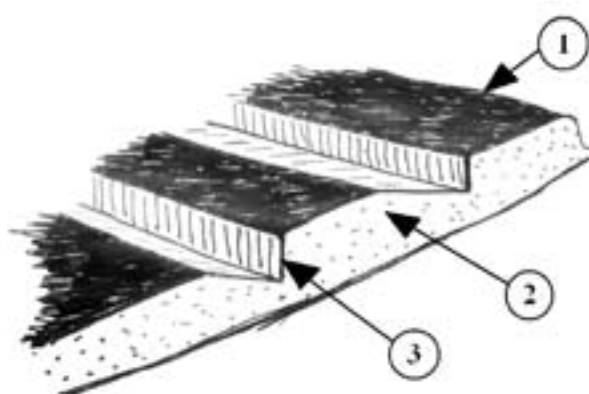
8. ábra: A legkülső, 3. számmal jelzet borda kialakítása eltér a többitől



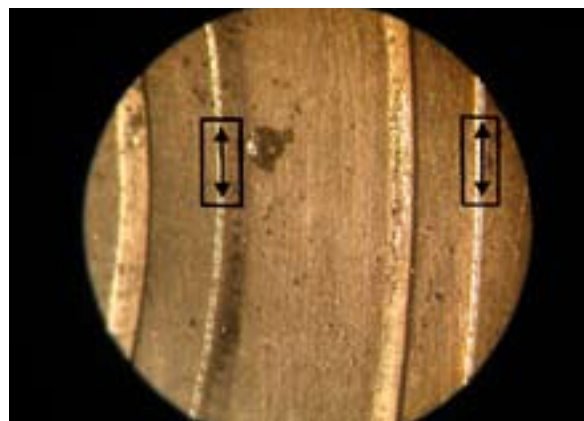
9. ábra: A tükör egy bordájának keresztmetszeti rajza: 1. A bordát a két árok „emeli” ki a síkból, 2. A borda mindkét fala meredek, 3. A tükör díszített oldalának síkja, 4. A tükör polírozott elülső oldala

Ennek a bordának a falai nem párhuzamosak és a két fal közül csak az egyik merőleges a tükör síkjára, amiből arra következtettek, hogy a tükör készítője a borda külső árkanak a kialakítása-kor egyszerűen elfelejtette megfordítani a szerszámot (10. ábra). Ugyanennek a szerszámnak a csorbaságára utal az az aprócska koncentrikus kis borda, mely az árkok kevésbé meredek falának tövében fut körbe. (11. ábra)



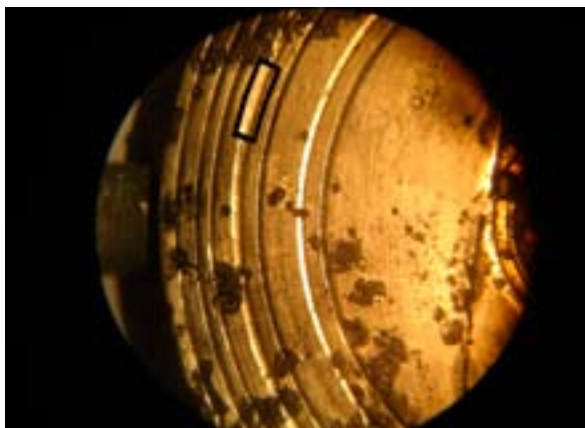


10. ábra: Az „egyedi” kialakítású, legkülső borda keresztmetszeti rajza: 1. A tükör pereme, 2. A borda perem előli, kis lejtésű fala, 3. A borda középpont felőli, meredek fala

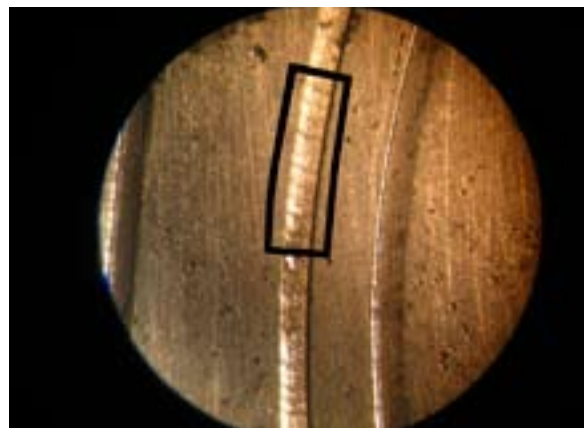


11. ábra: A fekete kettős nyíllal kiemelt fehér redőt a borda kialakításához használt, feltehetően csorba szerszám okozhatta

A tükör készítéséhez alkalmazott forgó rendszer egyik hibájára utal az a sugárirányú, sűrű redőződés, mely általában a forgó tengely kotyogásából adódóan jön létre (12–13. ábra). Ilyenkor egyszerűen üt a tengely.



12. ábra: A fekete vonallal határolt területen radiális redőződés látható



13. ábra: Feltételezésem szerint a radiális bordák kialakulása a forgó rendszer pontatlanságából, vagy a forgácsoló szerszám nem megfelelő letámasztásából adódhatott

Nem tartom kizártnak, hogy fémként esztergálták a tükröt, de az anyagvizsgálatok eredményei alapján valószínűtlennek tűnik. A több mint 20% ón tartalmú bronz tárgyak tulajdonságaiból kiindulva – mely szerint igen kemények, ridegek, kagylósan törnek és nem forgácsolhatóak – az ilyen összetételű ötvözetek sugárirányú redői feltehetően még a viaszmodell forgácsolásánál alakulhattak ki. Talán az agyagmag forgatására szolgáló korongozóasztal tengelyének „ütéséből” kifolyólag.

#### Mintavétel

A minták levételéhez 0.3 mm lapszélességű – fémek vágására is alkalmas – lombfűrész szálát kívántam használni, de a kagylósan törő rideg fém nem tette lehetővé a lombfűrész használatát,

ezért csak pattintással tudtam apró szilánkokat letörni a fémes törésfelületekről. A levett mintákat egy 15×15 mm-es, 0.8 mm vastagságú, nagy tisztaságú alumínium lapra applikáltam fel. Hordozónak két oldalon tapadó, grafitos ragasztószalagot használtam (CARBON ADHESIVE TAPE 6×20 mm).

Nyolc különböző helyről előkerült római kori, fém tükrökből vett 12 mintán és egy ugyancsak római kori fém nyeles, merítő edényből vett két további mintán végeztem elektronsugaras mikroanalízist.

A nyolc tükrön végzett elektronsugaras mikroanalízis vizsgálatának eredménye:

Minta száma	Lelőhely	Cu	Sn	Pb	Zn	Ag
12. minta	Graphisoft 2006. 147 sír (a)	55.48	37.55	3.62	0.35	-
13. minta	Graphisoft 2006. 147 sír (b)	55.11	38.02	5.23	0.28	-
14. minta	Graphisoft 2006. 575.sír	67.92	23.99	7.25	0.46	-
15. minta	Graphisoft 2006. 220.sír	64.99	23.85	9.66	0.74	-
5. minta	Madárhegy 2007. SE108 (a)	67.59	23.8	5.25	0.39	0.23
6. minta	Madárhegy 2007. szórvány	64.18	24.39	7.96	0.38	-
7. minta	Madárhegy 2007. SE108 (b)	26.51	36.5	3.08	0.06	-
3. minta	Bécsi út 52. (2 minta átlaga)	59.35	23.24	9.59	n.a.	n.a.

A nyolc vizsgált minta mindegyike legkevesebb 23,24% ónt tartalmazott, egy mintában pedig elérte a 38,02%-ot az óntartalom. Az anyagvizsgálat eredménye megerősíti a mikroszkópos vizsgálat és a mintavétel során tapasztaltakat, tehát a tükrök ezüstös – tisztítást megelőzően is – fényes fémes színe, a kemény, kagylósan törő anyaga a magas óntartalomnak tulajdonítható.

#### *Az ónbronoz ötvozetekről általánosan*

Az ónbronozokat két csoportra lehet osztani: az egyik csoport a képlékenyen alakítható bronzok, míg a másikat az önthető bronzok alkotják.

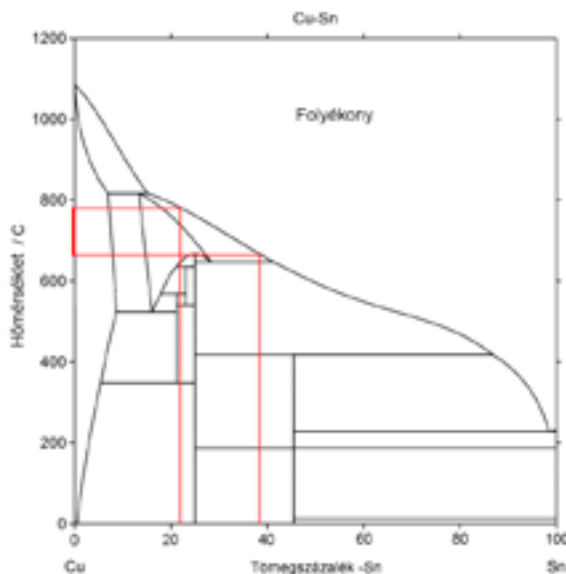
A képlékenyen alakítható ónbronozoknak alakítás után nagyobb a szilárdságuk és a rugalmasságuk. A legjobb szilárdsági jellemzőik az 5-10% Sn-t tartalmazó bronzoknak van. Mai gyakorlatban leginkább a 6-7% Sn tartalmú bronzokat használják, amelyekből lemezeket, huzalokat, rudakat stb. gyártanak.

Az önthető ónbronozok 6-7%-nál nagyobb mennyiségű ónt tartalmaznak. Jól önthetőek, híg-folyósak, kicsi a zsugorodásuk, erősen korrózióállóak és jó csúszási jellemzőkkel rendelkeznek (kicsi a súrlódási tényezőjük).

Napjainkban a 10-14%-os ónbronozokat csapágyperselyek készítésére használják. A 10%-osakat kis felületi nyomásoknál és nagy fordulatszámúknál, míg a 14%-osat nagy felületi nyomásoknál és kis fordulatszámúknál alkalmazzák.

A 20%-os ónbronoz pedig igen kemény, rideg, nem forgácsolható és nem nyújtható, csak önthető és csak kivételes helyeken alkalmazzák nagy keménysége és korrózióállósága miatt.<sup>9</sup>

Olvadáspontja kb. 700-800 °Celsius közé tehető. (14. ábra)



14. ábra: Cu-Sn kétfázisú diagramm. Az Aquincumban előkerült magas öntartalmú bronztükrök olvadási pontjai a függőleges, vastag piros vonallal jelölt tartományba eshetnek

A római kori tükrökön elvégzett SEM/EDS vizsgálatok eredményeiből következtetve a tükrök összetétele nem teszi lehetővé azok forgácsolással-esztergálással való előállítását, ezért ilyen módon történő előállításukat valószínűtlennek tartom.<sup>10</sup> Az ismert adatok egyike sem erősíti azt a véleményt, mely szerint a nyers öntényt fémes állapotában esztergálták volna meg.

#### 5.4. Egy római kori bronz merítőedényen végzett vizsgálatok

A merítőedény 2006-ban, egy budatétényi császárkori temető feltárásánál, egy Kr. u. I. század második harmadára datált sírból került elő. (15. ábra)

A vékonyfalú, kívülről körbefutó bordákkal díszített edény valószínűleg még földbekerülése előtt megégett. (16. ábra)



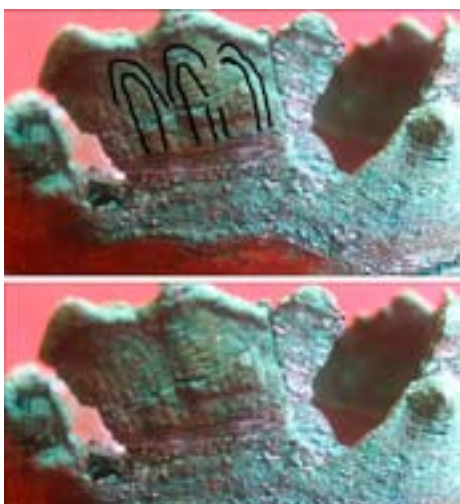
15. ábra: A restaurált merítő edény



16. ábra: Az edény belső profilja is esztergálás-forgácsolás nyomait őrzi

<sup>10</sup> Mutz 1972

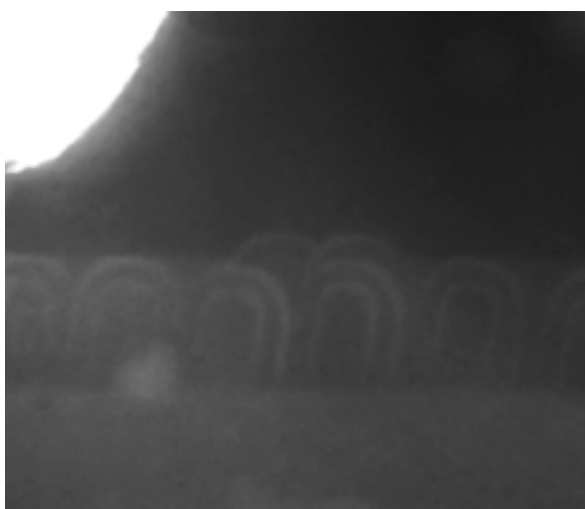
Mechanikus tisztítással feltártam az edény felületét és előtűnt a perem alatt körbefutó tojássor-díszítmény. Az égés során a fémtárgy peremének-, nyelének- és talpgyűrűjének egy része, illetve néhány helyen az edény fala nagy mértékű térfogat-növekedéssel alakult át korróziós terméké. A malachit színű ásvány felületén megmaradt a torzult formájú tojássor díszítés. (17. ábra) A mikroszkóp alatt, szikével végzett tisztítás során észrevettem, hogy két elemet a sor mellé bélyegeztek, illetve, hogy a tojássor díszítő elemei közt változó a távolság. (18–20. ábra) Először csak azt szerettem volna meghatározni, hogy hány egységből álló bélyegzőt használhattak. Később pedig felmerült bennem a kérdés, hogy az ilyen – edény falvastagságához viszonyítva – mély bebélyegzésnél miért nincs az edény belső felületén semmilyen szintű torzulás vagy nyúlás. Kérdéseimmel megkerestem dr. Dobránszky Jánost (MTA-BME Fémtechnológiai Kutatócsoport) aki felajánlotta segítségét a szükséges vizsgálatok elvégzéséhez. A fő kérdésem az volt, hogy a bronzedényen, a bebélyegzés helyén kimutatható-e olyan szerkezeti módosulás, melyet a beütő szerszám okozhatott.



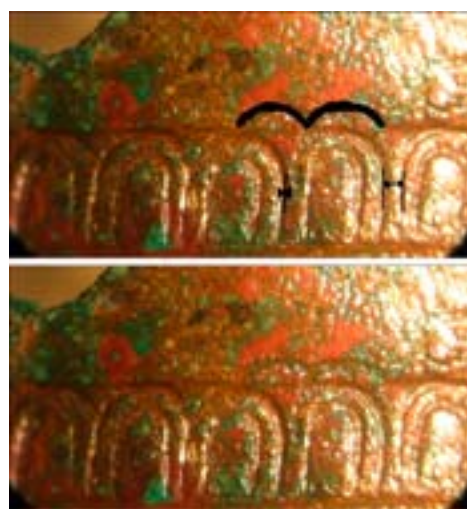
17. ábra: A perem égett felülete is megőrizte a tojássor díszítést



18. ábra: A tojássor díszítmény két elemét az „A” jelzésű helyen félrebélyegezték



19. ábra: A tojássor díszítmény mellébélyegzett két tagja röntgenfelvételen. (A röntgen sugárforrás az edény permével egy vonalban, az edényen kívül, a detektor pedig az edényben helyezkedett el)



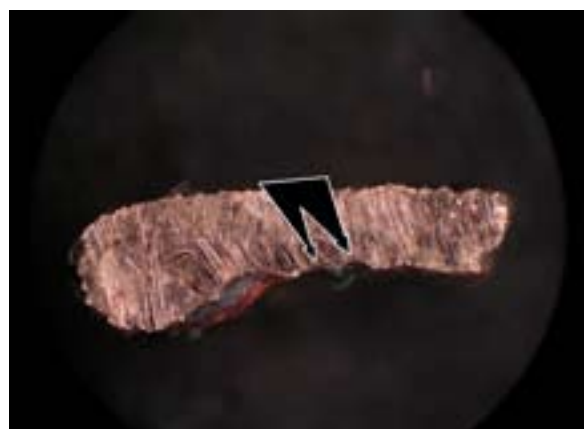
20. ábra: A feketével jelölt, mellényomott két ív és két másik szomszédos elem közti változó távolság alapján feltételezhető, hogy a bélyegző csak egy díszítő egységet tartalmazott



Az ásató régész engedélyével a tojássor dísz egyik eleméből lombfűrészsel kifűrészelttem egy olyan hosszúkas darabot, mely a bebélyegzés mindkét ívét keresztbemetszette. (21-22. ábra)



21. ábra: A merítőedény pereméből vett minta. A két fekete ívvel jelölt rész a tojássor-díszítés egy elemének részlete



22. ábra: A minta keresztmetszete. A két nyíl a bebélyegzett tojássor-díszítőelem két egymás alatti ívét jelöli

A merítőedényből vett mintán először elektronsugaras mikroanalízist végeztem, majd ezt követően különböző nagyításban, keresztmetszeti BSE képek készültek.

A merítőedényből vett mintán végzett elektronsugaras mikroanalízis eredménye:

Minta száma/elem	Cu	Sn	Pb	Cl	O
1. minta	66.79	9.58	18.87	3.34	1.42
2. minta	66.82	9.90	19.09	3.46	0.73
átlag	66.8	9.74	18.98	3.4	1.075

A két vizsgált területen mért adatok alapján, a merítőedényt alkotó fémötvözet átlag 66.8% rezet, 9.74% ónt és 18.98% ólmot tartalmaz.

Ezt követően a beágyazott mintadarab csiszolatáról különböző nagyítású (10×–1500×) visszszórt elektrónkép készült, melyek elemzését követően kijelenthető volt, hogy a bebélyegzés nem a fém felületébe történt. (23-24. ábra)

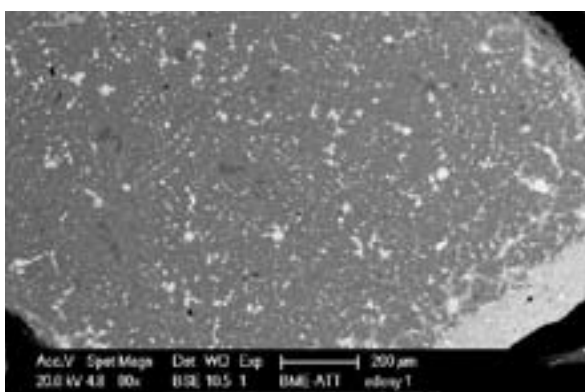
A zárványokon végzett elektronsugaras mikroanalízis eredménye:

Zárványszám/elemek	Cu	Pb	Sn	Cl	O
1.	100	-	-	-	-
2.	14.88	66.51	-	17.24	1.37
3.	9.26	21.62	55.10	4.05	9.98

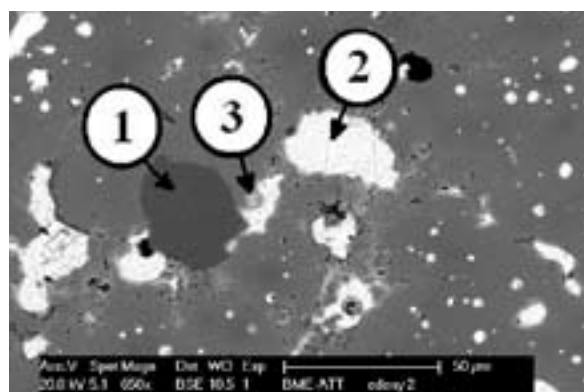
A mérések alapján megállapítható, hogy az 1. számú zárvány tiszta réz, a 2. számú túlnyomó részt ólmot tartalmaz, a 3. számú zárvány pedig nagyobb részben ónt, kisebb részben ólmot és egy kevés rezet tartalmaz. (24. ábra)

Dobránszky János a merítőedény bebélyegzett díszítőeleméről készült keresztmetszeti BSE képek alapján elmondta, hogy az egyébként jól deformálódó ólomzárványok formáján nem lát

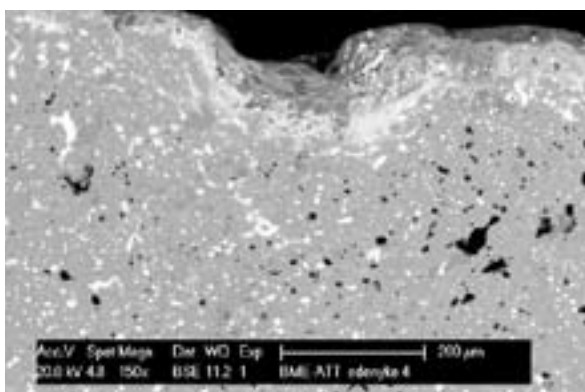
olyan elváltozást, ami beütésre utal. (25. ábra) Az öntvényben a beütéskor az egyébként rendezetlen és szabálytalan formájú ólomzárványok a fizikai behatás pontja körül, koncentrikusan elrendeződve, elvékonyodó, körívszerű formát vesznek fel. A beütési ponttól távolodva az elvékonyodott, körívszerű ólomzárványok fokozatosan szélesednek, formájuk egyre szabálytalanabbá válik. Ha a bebélyegzés az öntvény bronz felületébe történt volna, akkor a 100-120 mikron mélységű beütés akár 140-150 mikron mélységben is ólomzárvány-torzulást okozhatott volna. (26. ábra) Az így kapott eredmények ismeretében, ha indirekt módon is, de bizonyítást nyert az a feltételezés, miszerint a merítőedényt díszítő tojássort még öntés előtt bélyegezték a már kialakított formájú edénymodell pereme alá. Ebből pedig arra lehet következtetni, hogy az edény formájának kialakítása még a viaszban megtörténhetett, ezért – lévén, hogy ebben az esetben forgástről van szó – egyedüli készítési lehetőségként csak a viaszsztergálásra-forgácsolásra tudtam gondolni.



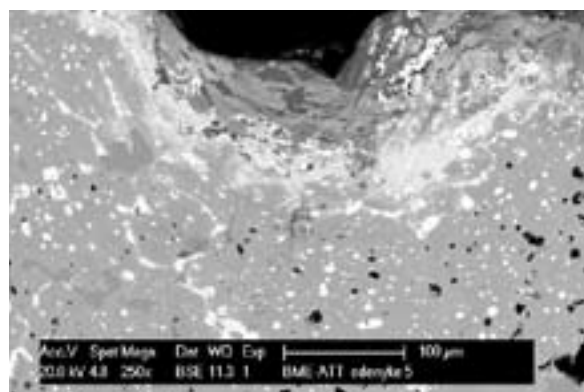
23. ábra: A mintáról készített BSE kép (a felső határvonal az edény belső felülete, 80× nagyítás)



24. ábra: Három zárvány elemösszetétele, A szürke homogén alapszín a réz-ón szilárd oldata. A nagyobb rendszámú elemek (Pb) világosabbak a képen. (Pb 82, Sn 50, Cu 29) (SEM-EDS, 650× nagyítás, az értékek tömegszázalékot jelölnek)



25. ábra: A bebélyegzett díszítőelem keresztmetszeti BSE képén, 150× nagyításnál is látható, hogy az egyébként jól deformálódó ólom (fehér) zárványok formája nem módosult



26. ábra: A bebélyegzett díszítőelem keresztmetszeti BSE képe (250× nagyítás)

### 5.5. A tárgyakon végzett anyag- és szerkezeti vizsgálatok eredményeiből levont következtetés

Az anyagvizsgálati eredmények ismeretében arra a következtetésre jutottam, hogy a vizsgált római kori-, magas óntartalmú bronztükrök és a bronz merítőedény feltételezhetően nem a

nyers fémöntvény forgácsolásával, illetve esztergálásával, hanem a viaszmodellek – akár fazekas korongon történő – megmunkálása során alakíthatták ki. Hasonló megállapításra jutottam a római kori kétlángú bronzmécses és a római kori lovas kocs kerécsapágy perselyének sztereómikroszkópos vizsgálatát követően. Előbbi tárgyon a mécses-orrok mécses-testhez rögzítését, illetve a mécses-test belső profiljának kialakítását vizsgáltam, míg utóbbin az esztergáló szerszám okozta nyomokat. Úgy gondolom tehát, hogy a kétlángú bronz mécses és a bronz kerécsapágy persely formája is öntés előtt, a méhviaszban került kialakításra.

## 6. KÍSÉRLETI RÉGÉSZETBEN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK BEVONÁSA A KUTATÁSBA

A régészetnek azt az ágát, mely a megtapasztaláson alapuló tudás megszerzésére törekszik, kísérleti régészetnek hívják. Erre tekinthetünk úgy, mint egy áltudományos bohóckodásra, de úgy is, mint egy komoly, értékelhető eredményeket felmutató tudományágra. Minden jel arra mutat, hogy mára a kísérleti régészet egy olyan tudományággá nőtte ki magát, mely kezd egyre szélesebb és exponenciálisan bővülő – a klasszikus értelemben vett – tudományos körben is elfogadottá válni.

A kísérleti régészet nem csak a mesterségekhez köthető eszközök és szerszámok készítésének és használatának alaposabb megismerésével foglalkozik. Éppúgy törekszik például a letűnt korok kulináris élményeinek, a korabeli hajózásnak, szállítmányozásnak, a különböző kultúrák haditechnikájának még pontosabb megismerésére, bemutatására. Szinte összefoglalhatatlan, hogy mennyi területen folynak párhuzamos és összekapcsolódó kutatások. Ahogy az ember a mindennapjaiban egymástól nagymértékben eltérő nehézségű és típusú problémákkal és feladatokkal találja szemben magát, úgy ez a fiatalnak tekinthető tudományág is nagyon széles spektrumon próbál a felmerülő kérdésekre, a valósághoz – jelenlegi tudásunk szerinti – lehető legközelebb álló választ adni.

Az egyik legfontosabb szempont a hitelesség, ezért minden kutatási területnek a tiszta gyökerekből táplálkozó analógiatorokra kell épülnie. A klasszikus régészetben, illetve történetkutatásban jelenleg alkalmazott adatgyűjtési protokollt elfogadva, az így nyert adathalmazt megfelelő módon kiértékelve a kísérleti régészet hozzá tud adni valami olyan gyakorlati pluszt, amitől az a bizonyos adathalmaz így még hitelesebbé, komplettebbé válhat.

A múlt kutatására vonatkozó gyakorlati és elméleti ismereteink viszonylag hosszú ideig – a jelenlegi helyzethez viszonyítva – csak kis mértékben kötődtek egymáshoz, vagy fedték egymást. Az a bizonyos gyakorlati plusz olyan újonnan nyert adatokkal bővítheti eddigi ismereteinket, hogy attól teljesen új megvilágításba kerülhetnek korábban tényként kezelt elméletek. Így válhat a gyakorlat az elmélet elengedhetetlen részévé. Mára egyértelművé vált, hogy ennek a folyamatnak az eredménye nem csak a bölcsész-filozófiai és a műszaki tudományok teljes mértékű összefonódása lesz, mert ez már évtizedek óta várható volt, de ebben a folyamatban kikerülhetetlen a szakmunkát végző csoportok bevonása is.

A szakirodalmak áttanulmányozása előtt úgy gondoltam, hogy majd kutatásom során előnybe fogom részesíteni azon kutatók, illetve szakemberek cikkeit, publikációit, akik elméletüket igazolandó, megpróbálják valamilyen módon rekonstruálni magát a készítés folyamatát is. Természetesen nem a klasszikus értelemben vett kísérleti régészet módszereit vártam el olyan szak-

emberektől, akik főként elméleti területen jártasak, de titkon bíztam benne, hogy néhány meg-tapasztaláson alapuló bizonyítással is fogok találkozni. Sajnos nem így történt.

Alfred Mutz római kori esztergarekonstrukcióját és annak működését bemutató publikációt leszámítva csak néhány, vitatható eredménnyel járó folyamatrajzzal találkoztam.

Mindez arra inspirált, hogy azon tárgyak, illetve tárgytipusok segítségével, melyeknél egy-értelműen kizárható a fémként esztergálás, mint készítési mód, bemutassam az általam felté-telezett és kipróbált technikát, a viaszesztergálást-forgácsolást, mely talán az ókori fémtárgyak készítési lehetőségeinek – eddig nem ismert – egyik eleme volt.

## 7. A VIZSGÁLT TÁRGYCSOPORTOK KÉSZÍTÉS-TECHNIKÁJA

### 7.1. A viaszveszejtéses öntési eljárás ismertetése

A Római Birodalom egyik legelterjedtebb, fémtárgyak készítéséhez alkalmazott technikája a viaszveszejtéses öntési eljárás volt. Úgy gondolom, hogy nélkülözhetetlen e technika néhány olyan sarokpontjának bemutatása, melyek komoly szerepet játszhatnak bizonyos tárgycsoportok elkészítési módjának bizonyításában, ezért a következő hat pontban olyan technológia részeket kívánok bemutatni, melyek részben saját, részben pedig – öntésben jártas – szakember tapasztalatait tartalmazza.<sup>11</sup>

#### 7.1.1. A magkészítés

A bronzolvadék hűléskor zsugorodik. A zsugorodás mértéke függ a bronz összetételétől és az olvadék hőmérsékletétől. A viaszveszejtéses öntésnél figyelembe kell venni a zsugorodás mérté-két, mert az nagyban meghatározza a kiöntendő tárgy falvastagságát. Kisebb átmérőjű tárgyak öntésekor nem feltétlenül jelent kockázatot a mag nélkülözése, de nagyobb tárgyaknál a belső mag alkalmazása elengedhetetlen.

A külső beágyazó anyag és a belső mag közötti távolság határozza meg az öntvény falvastagsá-gát. A magnak emellett komoly szerepe van az olvadék fémgőzeinek, illetve hőjének elvezetésé-ben. A belső mag kialakításánál nem kifejezett szempont egy sima, homogén felület kialakítása, hiszen az esetek túlnyomó többségében az öntvény belső mag felőli felülete, nem látható. A fémgőzők és gázok elvezetéséhez a magot alkotó agyagot különböző növényi rostokkal – mint például szalma vagy faforgács –, illetve kerámiaőrleménnyel kell soványítani, mely nyitott póru-sokat eredményez, így nem válik az öntvény zárványossá.

#### 7.1.2. A magra felvitt viasz vastagságának kialakítása és kidolgozása

A belső magra a viaszt többféleképpen is fel lehet vinni. Az egyik legegyszerűbb módja a be-merítés, melynek során a magot langyos, de még folyékony méhviaszba merítik. Merítésenként adott vastagságú viaszréteg rakódik rá a magra, így néhány merítéssel ki lehet alakítani az önt-vény – nagyjából egyenletes – falvastagságát, de nem szabad figyelmen kívül hagyni az önteni kívánt forma plasztikusságát sem. Fontos, hogy a viasz ne legyen túl meleg, mert a többszöri bemerítés során, a mindenkori legkülső, már megdermedt viaszrétegből bizonyos vastagságú réteg az újbóli merítés során leolvad, így könnyen lehet, hogy a nagy számú merítést követően is csak vékony falvastagságú viasz fog kialakulni a magon. A vékony falvastagsággal nem csak

<sup>11</sup> Wild György bronzöntő-mester

öntés során merülhetnek fel problémák, de nagyobb tömegű szobrok esetében statikai kockázatot is jelenthet.

Bizonyos esetekben a bemejtés nem lehetséges, vagy nem célravezető. Ekkor alkalmazható a másik hasonlóan egyszerű módszer az ecsetelés, melynek során a meleg viaszt különböző szélességű ecsetekkel viszik fel a mag felületére. Ezen módszer alkalmazásánál figyelembe kell venni a viasz zsugorodását is. A hideg magra először felvitt vékony réteg viszonylag hamar megdermed, széle esetleg kissé felpenderedik, bizonyos esetekben pedig akár el is válhat a magtól. A második, illetve később felvitt viaszrétegek pedig sokszor nem is kötnek hozzá az előző réteghez, ami a homogén barnával ellentétben foltos sárgás, zárványos felületet eredményez. Ez a felület nem feltétlenül jelent kockázatot a modell további kidolgozásának szempontjából, de figyelni kell a világossárga zárványok méretére és elhelyezkedésére, mert azok bezárt levegő jelenlétére utalnak, ami a viaszrétegek teljes szétválását eredményezheti.

A nagyobb méretű belső magok esetében, ahol nem jöhet szóba a méjtés, illetve az ecsetelés, ott kinyújtott viasztáblákkal is be lehet borítani a magot. Fontos, hogy a jól összedolgozott viasztáblákból kialakított mag körüli kéreg szorosan illeszkedjen a magra.

Ezt követően történik a magra felvitt viaszréteg külső felületének kidolgozása.

### 7.1.3. A mag rögzítése

A mag rögzítésének fontos szerepe van abban, hogy a viaszkéreggel kialakított falvastagság, az öntvényben is megmaradjon. A mag rögzítése általában az öntvényhez hasonló összetételű- vagy vasból készült szegekkel történik. Ezeket a szegeket a viaszréteget keresztülszúrva, több oldalról úgy kell a magba nyomni, hogy végük kiemelkedjen a viasz síkjából. Ez azért fontos, hogy a szeg a viaszt kívülről beborító külső magba is be legyen ágyazva, így a viasz kiégetését követően a belső magot a külső magba nyomott szegek rögzítik térben úgy, hogy a befolyó fémolvadék által kialakított falvastagság megegyezzen a viaszmodellen kialakított falvastagsággal.

### 7.1.4. A beömlő rendszer kialakítása, külső köpeny elkészítése

Mivel a fémolvadék a beömlő rendszeren keresztül jut el a formaüregbe, ezért az öntés egyik legfontosabb része a megfelelő beömlő rendszer megtervezése és kialakítása. Az öntés során keletkező fémgőzök és gázok elvezetéséről a légzőjáratok, míg a dermedés közbeni zsugorodás miatti fémutánpótlást pedig a tápfejek kialakításával kell biztosítani. A tápfejeket az öntvény nagyobb keresztmetszetű részeinél kell elhelyezni, hogy azok képesek legyenek utánpótolni a zsugorodás miatti fémhiányt. A beömlő rendszer elkészítését követően a viaszmodell külső köpenyének kialakításánál is – a belső maghoz hasonlóan – törekedni kell a fémolvadék gázainak elvezetésére. Mivel azonban a külső felülete a viasznak díszített, ezért az első rétegben felvitt beágyazó agyagnak, finom szemcséjűnek, jól iszapoltnak kell lennie, ugyanakkor itt is szükséges egy kismértékű soványítás, elkerülendő a zárványos öntvény kialakulását.

A viasz vékony, egyenletes bevonását követően már a belső maghoz is alkalmazott, növényi rostokkal soványított agyag kerül felhasználásra.

Parittyöntésnél az öntésre előkészített öntőforma – a fémolvadék beleöntését követően – egy középpont körül kerül megforgatásra. A centripetális erő az olvadékot az öntőforma üregének minden szegmensébe bepréseli.

Az agyagos-homokba formázott, vékonyabb falú, esetleg áttört tárgyak esetén, a nagyobb keresztmetszetű, hosszú, egyenes és függőleges beömlőnyílások kialakításával lehet sikeres az öntés. Ebben az esetben a gravitációs erő, tehát az olvadék tömege biztosítja, hogy az öntőforma legszűkebb keresztmetszetű járatait is kitöltse a folyékony fém.

### 7.1.5. A forma kiégetésének fontossága, az olvadék megfelelő hőmérsékletének megválasztása

A kész forma kiégetése során a méhviasz egy része kiolvad, egy része szublimál, anélkül, hogy távozásával a formában kárt tenne. Az égetés során a belső magot és a köpenyt alkotó agyag víztartalmának teljes mértékben távoznia kell, mert az agyagmagban jelenlévő kapillárisvíz öntés során, a forró fémolvadék megjelenésekor nagyon nagy sebességgel halmazállapotot válthat, ami szerencsés esetben csak zárványos öntvényt eredményez, rosszabb esetben viszont a forma szétrobbanásához vezethet és a kilövellő fémolvadék komoly sérüléseket okozhat. A kapillárisvíz okozta zárványképződés során a beáramló fémolvadék a beömlő járatban nem jut el a járatok végéig, mert a vele szemben érkező és ugyanazon járaton, a beömlő nyílás felé távozni kívánó vízgőz nyomása ezt nem teszi lehetővé.

A fémolvadék hőmérsékletének megválasztásánál – több tényező mellett – elsősorban az öntendő tárgy formáját és méretét kell figyelembe venni. A másik, ugyanakkor nagyon fontos dolog az egyszerre öntendő tömeg mennyisége, és az egy olvasztótégelyben olvasztható anyag mennyisége.

Kéregöntésnél a vékony falvastagság miatt csak bonyolult beömlő rendszer kialakításával, több beömlőnyíláson keresztül lehet csak sikeresen kitéplálni az üreget fémolvadékkal. Vékony falvastagság esetén, az olvadék alacsony hőmérséklete miatt, az egyszerre több beömlőnyílásba jutatott folyékony fém is könnyen megdermedhet, mielőtt teljes mértékben betöltené az öntőformát.

Túlmelegített olvadéknál pedig az öntvény szivacsossá válhat, továbbá jelentős mértékű zsugorodás is felléphet, ami legfőképp a nagy falvastagságú tárgyak öntésénél idézhet elő repedéseket vagy hiányt.

### 7.1.6. Kibontás, cizellálás

Az öntvény kihűlését követően az öntőformák szétbontása következik. (27–28. ábra) A fennmaradt kerámia öntőformák és nyers, kidolgozatlan öntvények bizonyítják, hogy a viaszveszejtéses eljárás nagyon részletgazdag felületeket eredményez. (29. ábra)



27. ábra: Római kori kanál öntéséhez használt agyagnegatívok



28. ábra: Római kori bronzkanál, nyers, kidolgozatlan öntvénye



29. ábra: Reliefdíszes fémedény, agyag öntőformájának összeragasztott töredékei

Az öntési csonkok leválasztását és azok helyeinek eldolgozását követte a felületkezelés. A felület kidolgozásának egyik utolsó fázisához tartozhatott az utánesztergálás is, mely meglátásom szerint csak kisebb szerepet játszott a tárgy formájának, és nagyobbat felületének kialakításában.

## 8. A TÁRGYAK KÉSZÍTÉSÉHEZ FORGÓ MOZGÁST ALKALMAZÓ RENDSZEREK

### 8.1. Az eszterga és a forgó mozgás

Régészeti körökben általánosan elterjedt és elfogadott feltételezés, hogy az olyan fém, forgástestet tartalmazó használati tárgyakat – mint például az ókori bronz merítő-, kiöntő-, tálaló-, tároló edények stb. vagy a magas ón tartalmú bronz ötvözetekből készült fémtükrök – fából készült esztergán, a fém esztergálásával, forgácsolásával készítették el. (30. ábra)



30. ábra: Az Alfred Mutz-féle római eszterga rekonstrukció

Az eszterga megismeréséhez mindenképpen ismernünk kell a korabeli, forgó mozgást alkalmazó eszközöket, szerszámokat, rendszereket, ezek kialakulásának célját, formáit, funkcióinak változását, működésük fizikai alapjait és nem utolsósorban ezen szerszámok változásának folyamatát.

A forgó mozgásokat alkalmazó szerszámok kutatásánál a technikák és szerszámok megismerése nem elég. Nem szabad figyelmen kívül hagyni a fizika szigorú törvényeit sem, melyek megismerése az idő előrehaladtával sem eredményezett lineáris vonalú fejlődést a szerszámok kialakulásában. Ennek látható eredménye, hogy a mai napig párhuzamosan alkalmaznak – például Közel-Keleten, Indiában, Dél-kelet Ázsiában stb. – olyan technikákat, melyek közül az egyik határozottan nagyobb hatásfokkal produkálja ugyanazt az eredményt, mint a másik.

Nem szeretném ezeket az egyébként nagyon racionális alapon megválaszolható kérdéseket a filozófia területe felé terelgetni, de emberekről lévén szó, úgy érzem, néhány olyan közhely, mint például *A tudás nagy úr* vagy *Az információ kincs* aktuális jelentésére rá kell világítanom.

Az ember világában általában a tárgyak értékét az határozza meg, hogy mennyi van belőlük. Ha a Római Birodalom fennmaradt tárgyi emlékeit nézzük, akkor érthető, hogy a könnyen hozzáférhető, olcsó alapanyagokból, egyszerű módon készített, gyártott tárgyakból van a legtöbb, míg a ritkább, tehát értékesebb anyagokból, egyedi technikával készített tárgyakból van a kevesebb. A feltárások alapján arra lehet következtetni, hogy a római településeken akár több fazekasműhely is sikeresen működhetett egyszerre, míg fémmegmunkáló műhelyek nyomaira csak kevés településen bukkantak. Ez nem jelenti azt, hogy nem léteztek, vagy nem olyan számban, mint a többi kézműves műhely, de a leletek alapján a fémmegmunkálás közel nem volt olyan elterjedt, mint a kerámiaművesség.

Aki viszont rendelkezett a technológia ismeretével, és a megfelelő alapanyagokat be tudta szerezni, az monopol helyzetbe került, vagy legalábbis a piac nagy részét magáénak tudhatta, mert olyan terméket állított elő, melyből kevés helyen, kevés készült.

Az ipari kémkedés nem új keletű dolog, tehát az ilyen jól működő vállalkozásoknak meg kellett őrizniük mindazt a titkot – gondolok itt a különböző fémtárgyak készítésének technikájára – mely a műhely tulajdonosait és dolgozóit ebbe a kiváltságos helyzetbe hozta és megélhetésüket biztosította. Természetesen nem állítom, hogy ez az egyetlen oka annak, hogy a római kori fém- vagy faesztergák működéséről ennyire keveset tudunk, de azt gondolom, hogy azért a fent leírtaknak nagy szerepe van benne.

## 9. AZ ALKALMAZOTT FORGÓ RENDSZEREK BEMUTATÁSA

Az előkerült leletek és az ismert ábrázolások alapján az alkalmazott forgó mozgásokat – beazonosításuk után – az alábbi szempontok szerint csoportosítottam.

### *A meghajtás tárgyának szempontjából*

Mozgó-tengelyes fúrás-marás:

- Hagyományos fúrás
- Központos (pont körös fúrás-marás)
- Csöves-rudas fúrás-marás

Forgó alapanyag esztergálása:

- Két tüskés befogás (rögzítés két oldalról)
- Tokmányos rögzítés

### *A meghajtás szempontjából*

Egy oldalról hajtott tengely:

- egységnyi hosszúságú kötéllel, szalaggal vagy szíjjal, egy oldalról hajtott, két irányba forgó tengely
- végtelenített szalaggal, szíjjal vagy kötéllel hajtott tengely, egy irányba forgó tengely
- pedálos-póznás, két irányba forgó tengely

Két oldalról hajtott tengely:

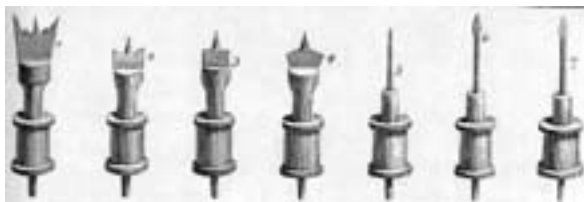
- Pergőfurdancs, keresztfás-korongos, két irányba forgó tengely



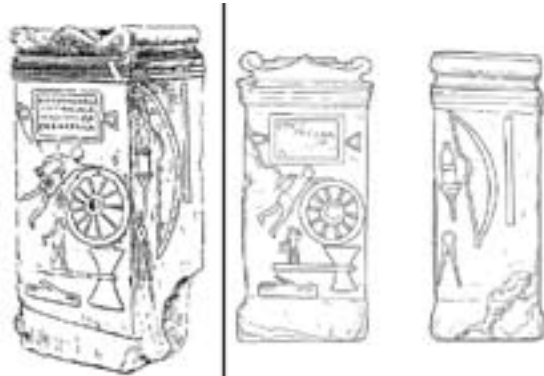
## 9.1. Mozgó-tengelyes fúrás-marás

### 9.1.1. Hagyományos fúrás

Hagyományos fúrás alatt értendő minden – akár változó forgásirányú – forgó mozgást alkalmazó rendszer, melynél a forgatott fúrószár, illetve a lyukat maró forgó szerszám profilja ék alakú. (31. ábra: 6-7; 32. ábra)



31. ábra: Különböző profilú fúró, maró fejek (17. század)

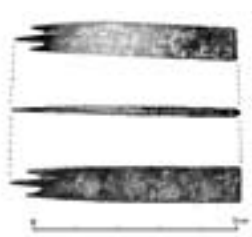


32. ábra: Meghajtó tját és fúrószárat ábrázoló oltár a szicíliai Priolo temetőből

### 9.1.2. Központos (pont-körös) fúrás-marás

A központos fúrásnál a fémből készült maró szerszám megmunkáló vége egy központi megvezető tuskéből és két oldalsó marótuskéből áll. (33. ábra) Maráskor – a forgás irányától függetlenül – a két oldalsó marótüske egy-egy körívet mar ki a középponti tüske két oldalán. A központi megvezető tuskét az átfúrandó vagy díszítendő tárgy felületére helyezve, a tengelyt forgatva a két marótüske először csak két körívet karcol a középponti tüske köré, majd amikor ez a két körív összeér, akkor már pont-körös díszítéssé válik, ezt követően pedig a fúrófej fokozatosan egy lyukat mar a felületbe.

Ezzel a szerszámmal készülhet pont-körös díszítés, fúrt lyuk és fém-, csont-, agancs-, fa- stb. gyöngy. (34-35. ábra)



33. ábra: Visegrádon előkerült középkori fúrófej



34. ábra: A Visegrádon előkerült, pont-kört maró fúrófejrel átfúrt csontdarabok



35. ábra: A pont-kört maró fúrófej megfelelő használatakor a lyukon kívül egy gyöngy nyerhető ki az anyagból

Gyöngykészítéshez legalább a központi tüske hosszával megegyező vastagságú lapot szükséges használni. (36–37. ábra) A gyöngy készítéséhez csak a központi megvezető tuskével kell átmarni a lapot, ezt követően a lap másik oldaláról behelyezni a központi tuskét a keletkezett apró lyukba és addig forgatni a szerszám tengelyét, amíg ki nem esik a lapból a kimart gyöngy. A gyöngy profilja megegyezik a pont-kör fúró kettősen tükrözött profiljával. A fúró profiljának tükrözése abból adódik, hogy a lap mindkét oldalról, ugyanazon profilú szerszámmal lett megmarva.



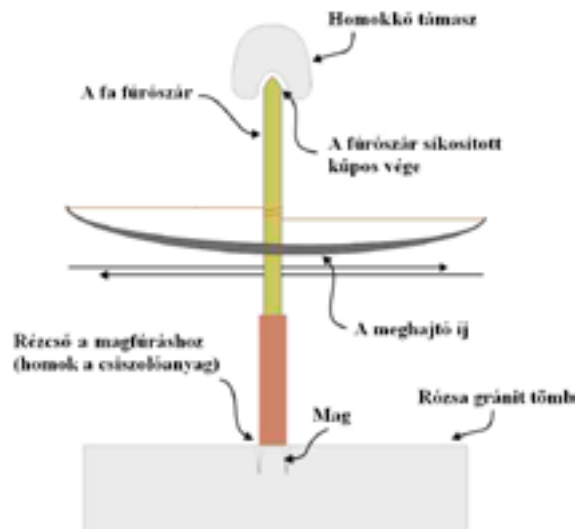
36. ábra: Középkori rózsafüzér-készítő műhely. Az új fúró tengelyének egyik befogója egy rögzített lécszár, a másik maga a megfúrandó munkadarab



37. ábra: Középkori rózsafüzér-készítő. Feltételezhető, hogy a két befogó közül az egyik szabadon mozgó. A gyöngyfúró meghajtása íjjal történik (15. század)

### 9.1.3. Csöves-rudas fúrás-marás

Csőves-rudas fúrás-marás során az anyag leválasztását a száraz vagy kissé nedves homok végzi. A forgó cső vagy rúd és a megmunkálandó felület között, állandó mozgásban tartott és utánpótlott homok kifarja a felületet. A rendszer a forgás irányától függetlenül működik. Cső használatakor először körárok, míg rúd alkalmazása esetén párhuzamos falú lyuk alakul ki a felületen. A csővel teljes keresztmetszetében átfúrt anyagból kihulló darabokról esetenként tévesen feltételezik, hogy esztergálással-forgácsolással készíthették. Pedig a klasszikus értelemben vett esztergálás ez esetben szóba sem jöhet, hiszen a megmunkálandó tárgy stabil volt, csak a megmunkálóeszköz volt mozgásban. (38. ábra)



38. ábra: Egyiptomi csőfűrész

## 9.2. Forgó alanyanyag esztergálása

Esztergálás alatt értendő, minden forgó mozgást alkalmazó rendszer, melyben – forgásiránytól – és annak változásától függetlenül – a megmunkálandó anyag mozgásban van, míg a megmunkáló eszköz helyzete stabil.

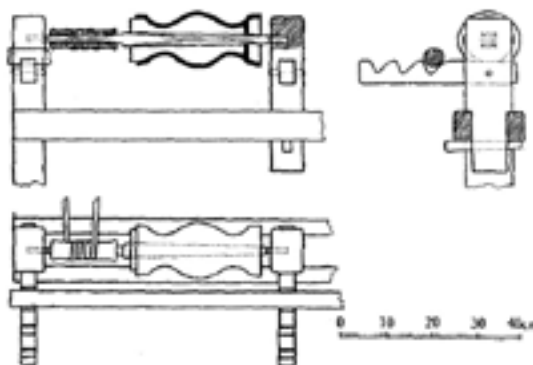
### 9.2.1. Két tuskés befogás (rögzítés két oldalról)

Az esztergálandó anyag méretéhez alkalmazkodó, állítható befogórendszerek része a két befogó túske, melyek között központosan volt rögzítve a megmunkálandó darab. A két túske egymással szemben, a forgás középpontjának tengelyén helyezkedik el. (39. ábra) Az ókorban a két tuskés rögzítés, energiavesztés szempontjából korszerűnek számított, mert a súrlódás, az alkalmazott egyéb módszerekhez viszonyítva alacsony volt. Sok ókori fémtárgyon látható kéttuskés rögzítésre utaló nyom. Ezek mélysége, profilja utalhat a tárgy fémként esztergálásának mértékére.



39. ábra: Az esztergálandó csonttrúd kéttuskés befogása

Az üreges fém forgástestek középpontos rögzítésére alkalmazhattak még kónuszos kettős kúpokat is, melyekkel a meghajtót és a meghajtandó tárgyat is pontosan lehet rögzíteni. Az üreges tárgyba két oldalról olyan méretű kettős kúpokat helyeztek, melyek meghajtáskor – a kéttüskés befogáshoz hasonlóan – kis súrlódást eredményeznek, ugyanakkor nagyon pontosan, középpontosan rögzítik a megmunkálandó tárgyat (40. ábra)

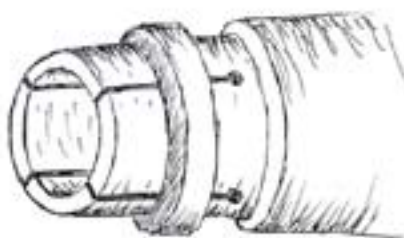


40. ábra: Üreges forgástestek középpontos rögzítése forgatáshoz. A meghajtó és a meghajtott anyag rögzítése kónuszos kettős kúppal

### 9.2.2. Tokmányos rögzítés

A tokmányos rögzítés római korban történő alkalmazására nem találtam analógiát vagy utalást, de mint befogási lehetőséget nem zárnam ki, ezért a középkori tokmányok legegyszerűbben kialakított változatát mutatom be.

A legegyszerűbb tokmány kialakításához általában akkora furatot készítettek, amekkora a nyersanyag befogásra kialakított részének átmérője. A tokmány külső profilját a furat irányából szélesedően kónikusra alakították, majd ugyanezen irányból kettő vagy négy egyenlő részre befűrészelték. Az így kialakított befogónyelvekre fémgyűrűt húztak, melynek segítségével szorították a tokmányba a megmunkálandó anyagot. (41. ábra)



41. ábra: Fa tokmány rekonstrukciós rajza

A két tüskés rögzítéshez hasonlóan el lehet helyezni két tokmányt is egymással szemben, a forgás középpontjának tengelyén, de rövidebb nyersanyagok megmunkálásához akár egy tokmány is elegendő volt.

## 10. A FORGÓ RENDSZEREK CSOPORTOSÍTÁSA A MEGHAJTÁS SZEMPONTJÁBÓL

### 10.1. Egy oldalról hajtott tengely

Azt a forgó tengelyt, melyet egy – a tengely sugarára merőleges – erő forgat meg, egy oldalról hajtott tengelynek nevezünk.

#### 10.1.1. Egységnyi hosszúságú kötéllel, szalaggal vagy szíjjal, egy oldalról hajtott, két irányba forgó tengely

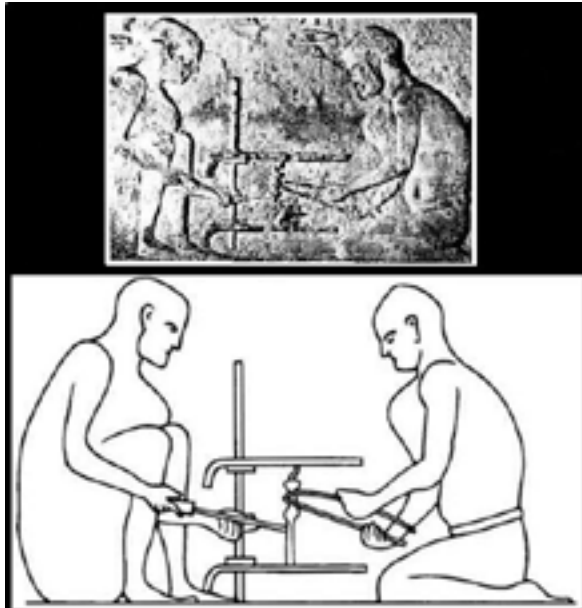
A legegyszerűbb, fúrásra alkalmas rendszer három fő részből áll.

1. A meghajtó szíj, ami lehet kötél, bőr, növényi rost, állati bél, stb.
2. A munkát végző fúró-maró szár, melynek egyik vége vagy közvetlenül választ le anyagot a megmunkálandó tárgyból vagy olyan közvetítő anyag segítségével, mint például a vizes homok.
3. A fúró-maró tengelyt a megmunkálandó tárgy felületéhez nyomó támasz (42. ábra)

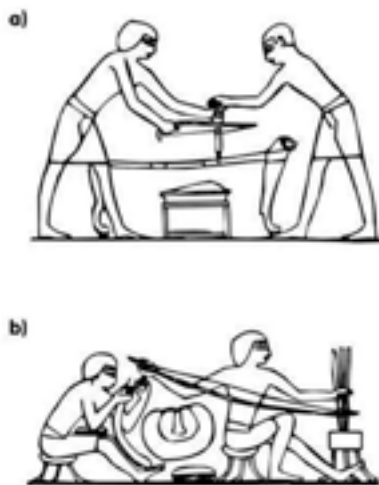


42. ábra: Az agancsrózsa agancs felőli oldalán található mélyedés feltehetően egy fúró tengelyét támaszthatta meg felülről (rekonstrukció)

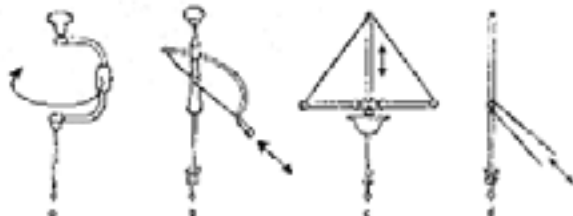
A tengely két irányba forog, meghajtáskor a tengelyre merőleges, egy irányú erő hat. (43–44. ábra) Ehhez a csoporthoz tartoznak az íjhajtásos forgó rendszerek is, melyek legkorábbi, bizonyított alkalmazása az ókori Egyiptomhoz köthető. (45–49. ábra)



43. ábra: Egyiptomi dombormű (i.e. 300 körül)  
Feltételezhetően két férfit ábrázol esztergálás közben. A két irányba forgó tengely egy oldalról, kótéllel hajtott. Az esztergakés támasza, maga a forgó tengelyt befogó váz



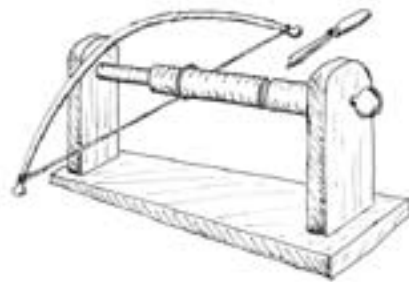
45. ábra: Egyiptomi fűrészábrázolások. Íjjal hajtott fűrőtengelyek



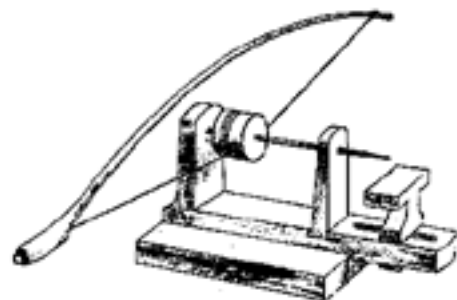
48. ábra: Különböző meghajtású fűróeszközök:  
1. Furdancs, 2. Íjas fűró, 3. Pergőfurdancs, 4. Egy oldalról, szíjjal hajtott fűrőszár



44. ábra: Indiai, egy oldalon hajtott eszterga, két irányba forgó tengellyel. Esztergakés-támasz nem látható



46. ábra: Római kori íjas eszterga rekonstrukciós rajza



47. ábra: Római kori íjas fűró rekonstrukciós rajza. A két irányba forgó fűrőtengely két helyen van befogva. A munkadarab síklóágyon mozgatható, a munkavégzés a két befogón kívül történik

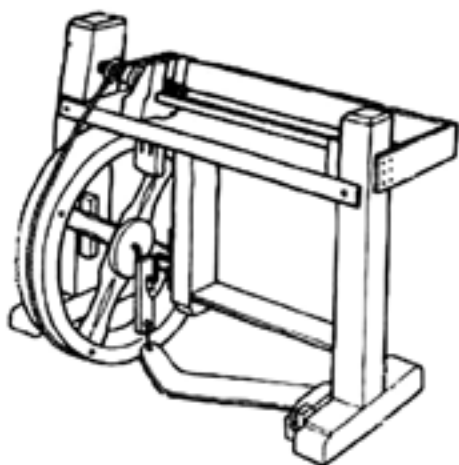


49. ábra: Mesterember és segédje szíjjal hajtott fűrőt használ egy szarkofág reliefjének kialakításához. Római kori, aranyozott üveg díszítménye

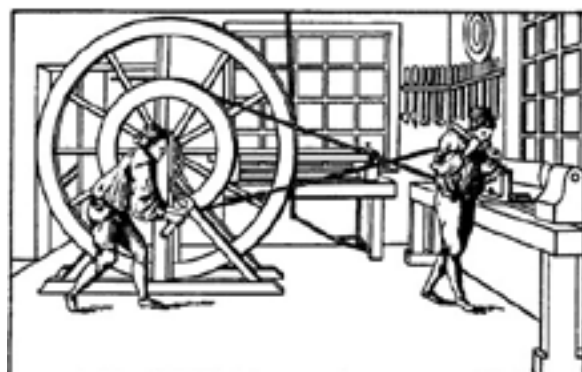
Fontos, hogy a megforgatandó tárgy vagy eszköz tömege nem lehet nagy, mert a tehetetlenségéből adódó lendülettel forgó tengely elnyírhatja a meghajtó szíjat, kötelet. Általánosan elmondható a két irányba forgó rendszerekről, hogy a forgásirány folyamatos változása miatt – annak ellenére, hogy a munkavégzés lassítja a forgást – nagyobb tömegű tárgy nem forgatható vele.

### 10.1.2. Végtelenített szalaggal, szíjjal vagy kötéllel hajtott, egy irányba forgó tengely

Meghajtás szempontjából a végtelenített szalaggal vagy szíjjal hajtott forgó rendszerek tűnnek a leghatékonyabbaknak. (50. ábra) A különböző vagy azonos átmérőjű tengelyek, korongok, tárcsák közötti kapcsolatot végtelenített szíj vagy szalag biztosítja. (51. ábra) A rendszer egy választott irányba, megszakítás nélkül forog, ami abban játszik nagy szerepet, hogy a megforgatandó tárgy méretétől függetlenül egy lendkerék beiktatásával, növelni lehet a tehetetlenségi nyomatékot. Lendkerékként alkalmazható akár egy vastagabb, tömörfa korong is, mely lehet a meghajtó vagy a meghajtott tengelyen egyaránt.



50. ábra: Leonardo Da Vinci-féle esztergapad. Pedállal hajtott, hajlított tengelyű óriástárcsa, melynek nagy tehetetlenségi nyomatéka volt

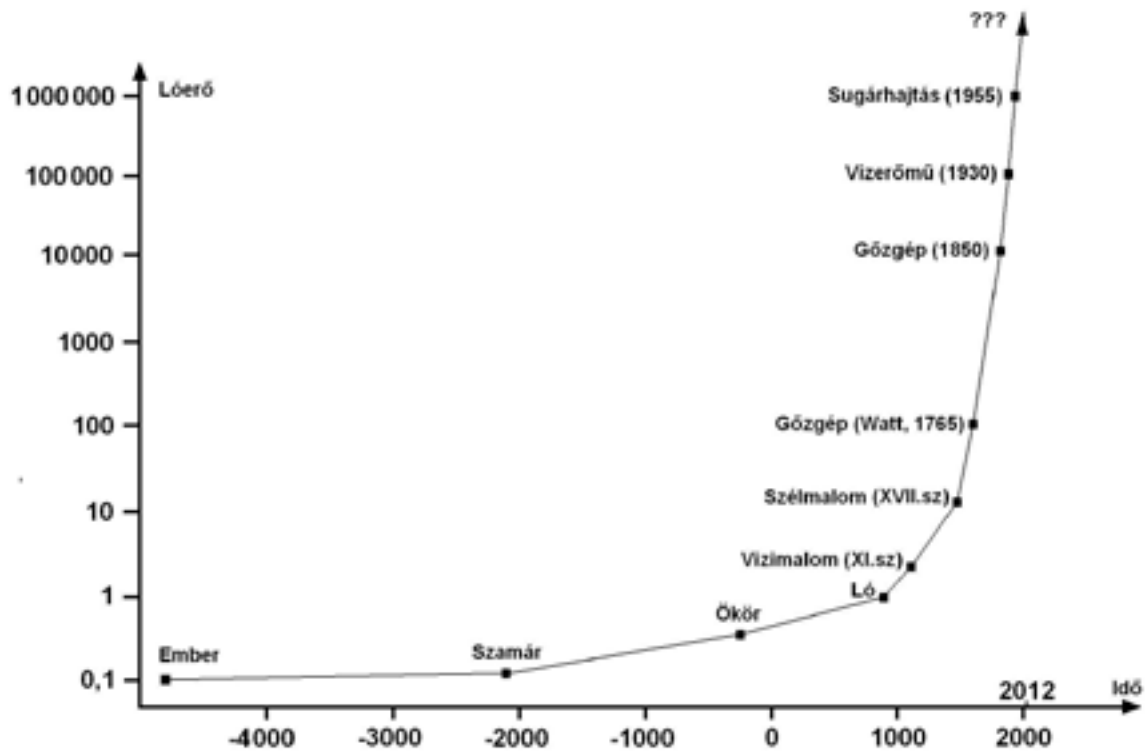


51. ábra: Végtelenített, szíjhajtásos, egy irányba forgatott, óriáskerekes, kétsébségű eszterga. Az esztergakés a vállon és a késtámaszon fekszik fel (17. század)

Ez nagyban hozzájárul ahhoz, hogy az ilyen szerkezetekkel már nagyobb tömegű, nagyobb átmérőjű, keményebb anyagokból készült tárgyak megmunkálását is elvégezhessek. Megfelelő befogási technika alkalmazásával (57. ábra) el tudom képzelni, hogy egy viaszesztergálással kialakított edényforma öntvényét a lendkerekes, végtelenített szíjjal hajtott esztergával olyan minőségben lehet utánesztergálni, ami kifogástalan felületű forgástestet eredményez.

Ókori létezésükre eddig nincs sem közvetlen, sem közvetett bizonyíték.

A korongozó asztalok meghajtása – az ismert ábrázolások alapján – emberi erővel történt, de miként hajthatták meg az óriási tömegű, esztergált kő forgástesteket? Úgy gondolom, nem lehet kizárni annak lehetőségét, hogy állati- vagy valamilyen természeti erőforrás igénybevételével (víz, szél), nagy nyomatékú, egy irányba forgó rendszereket alkalmazhattak volna. (52. ábra)



52. ábra: A meghajtó erő fejlődése

### 10.1.3. Póznás-pedálos, két irányba forgó tengely

A tárolt energia felhasználása forgó mozgások létrehozásához, a póznás-pedálos eszterga kialakításánál mutatkozott a leghatékonyabbnak. A rendszer lényege egy, az eszterga felé behajló pózna vagy árboc, mely a meghajtó szíjon keresztül, összeköttetésben van az eszterga alatt elhelyezett pedállal. Az előfeszített szíj hurokkal veszi körül a megforgatandó tengelyt. A pedál lenyomásakor a megfeszített szíj – az íjhoz hasonlóan – forgásba hozza a tengelyt, majd ezt követően a meghajlított póznában tárolt energiát felhasználva a pedál felengedésével a tengely meghajtása az ellenkező irányba is megtörténik. (53. ábra)

Az íjhajtásos rendszerekhez hasonlóan, ennél a rendszernél is figyelembe kell venni a megforgatandó tárgy tömegét.

Egyes szakirodalmak póznás-pedálos szerkezetként ábrázolják a római esztergát, de ókori alkalmazására eddig nincs bizonyíték. (54–55. ábra)





53. ábra: Pedálos-póznás (pedálos-himbás) eszterga 1395-ből



54. ábra: Római kori, póznás-pedálos eszterga meghajtó-tengelye (Augusta Raurica, Svájc)



55. ábra: A római kori, póznás-pedálos eszterga meghajtó-tengelyének működését bemutató rekonstrukció (Augusta Raurica, Svájc)

## 10.2. Két oldalról hajtott tengely

Azt a forgó tengelyt, melyet két ellentétes irányú, a tengely sugarára merőleges erő forgat meg, két oldalról hajtott tengelynek nevezünk

### 10.2.1. Pergőfurdancs, keresztfás-korongos, két irányba forgó tengely

Az egyik legkorábbi fúrásra alkalmas, összetett eszköz a pergő furdancs vagy keresztfás-fúró. (56. ábra)

A rendszer négy részből áll.

1. A munkát végző, forgó tengely
2. A meghajtó szíj vagy kötél
3. A keresztfa
4. A korong

A két irányba forgó tengely egyik vége marásra kialakított. A megmunkáló vég felett, a tengelyhez rögzítve helyezkedik el a korong, mely tömegénél fogva lendkerékként funkcionál. A korong feletti tengelyszár vastagsága állandó. Ezen a szakaszon mozog a felső- és az alsó holtpont között a közepén átfúrt keresztfa, melynek a két végéhez kötött szíj vagy kötél, a tengely felső végén van, középen rögzítve. A felső holtpontig felcsavart keresztfa lenyomásakor a szíj a tengelyt két ellentétes irányú, ugyanakkora erővel hajtja meg. A korong tömegének köszönhetően a vízszintes keresztfa az alsó holtpontot elérve „felhúzza” magát, majd a felső holtpont elérését követően, az újbóli lenyomás után a tengely az ellentétes irányba kezd el forogni. (57. ábra)



56. ábra: Pergőfurdancs vagy keresztfűs-korongos fűró. Az egyik legkorábbi fűrésra alkalmas, összetett eszköz. Tengelye két irányba forog.



57. ábra: Az általam készített pergőfurdancs

A hatékonyság érdekében fontos, hogy felcsavart állapotban a tengely és a szíj által bezárt szög ne legyen kisebb 45 foknál. A legideálisabb az lenne, ha a tengelyt két irányból, 90<sup>o</sup>-os szögben, egyszerre, ugyanakkora erő hajtaná, mert ez esetben az erők többé-kevésbé kiegyenlítődnének és a súrlódása is kisebb mértékű lenne, mint az olyan, egy oldalról hajtott rendszereknél, mint az íjas eszterga.

A korong tehetetlenségi nyomatékának köszönhetően a tárolt energia a pergőfurdancs működése közben folyamatosan felhasználásra kerül, de ez a rendszer közel nem olyan hatékonysággal működik, mint a póznás-pedálos eszterga.

## 11. FORGÓ RENDSZEREK CSOPORTOSÍTÁSA A MEGHAJTANI KÍVÁNT TÁRGY SZEMPONTJÁBÓL

### 11.1. A megmunkálandó anyag meghajtása

Forgó mozgás alkalmazásával történő anyagmegmunkálás alatt értendő minden olyan munkavégzés, mely során a szilárd nyersanyag formája úgy változik, hogy mérete csökken. A reszeléssel-, hántolással-, csiszolással- vagy más, anyagvesztéssel járó megmunkálás egyike sem köthető egyértelműen az esztergáláshoz vagy például a lyukmaráshoz. Klasszikus értelemben mégis esztergálás alatt azt értjük, amikor a megmunkálandó anyagot forgó mozgásba hozva, egy

stabilan megtámasztott szerszámmal anyagot választunk le a forgó nyersanyagból (58-59. ábra). A meghajtás ebben az esetben az alapanyag forgatására irányul.



58. ábra: Kelta eszterga rekonstrukció használat közben, Kr. e. 4. század



59. ábra: Az íjjal hajtott (forgatott) marhacsont esztergálása

Nagyon fontos itt megjegyezni, hogy létezik két külön kategóriát alkotó, mégis ide sorolandó megmunkálási módszer.

Az egyik a fazekasok által végzett agyagmegmunkálás. A félkemény, de még képlékeny agyag forgó mozgás alkalmazásával történő megmunkálásakor forgácsolás is történik, ebben az esetben anyagleválásról van szó, ugyanakkor deformálódhat is, tehát anyagleválás nélküli anyagát-helyeződés is történhet.

A másik megmunkálási módszer – melyről még nem tudjuk, hogy az ókorban ki végezhette – a méhviasz esztergálása-forgácsolása, melynél a többé-kevésbé szilárd, dermedt méhviaszból forgó mozgás alkalmazásával, rétegeket forgácsolunk le. Ebben az esetben nincs szó anyagát-helyeződésről, csak anyagleválásról, hiszen a leválasztott rétegek nem kerülnek fel többet semmilyen formában a viaszmodellre.

## 11.2. A megmunkáló eszköz meghajtása

Bizonyos esetekben a forgó mozgást a szerszám mozgatására, forgatására használják fel. (60-61. ábra) Érdemes figyelembe venni, hogy a két irányba forgó rendszer hatékonyságát, a megforgatott anyag tömegének nagysága – néhány pozitív hatást leszámítva – inkább csak korlátozza, mint növeli. Ennek oka az adott hosszúságú meghajtó szíj vagy kötél. Ezzel ellentétben a végtelenített szíjjal hajtott, egy irányba forgó rendszerrel nem számít annyira a meghajtott anyag tömege. Ezért tehát fontos átgondolni, hogy a két irányba forgó rendszerrel mikor célszerű a nyersanyagot forgó mozgásba hozni és mikor a megmunkálóeszközt.



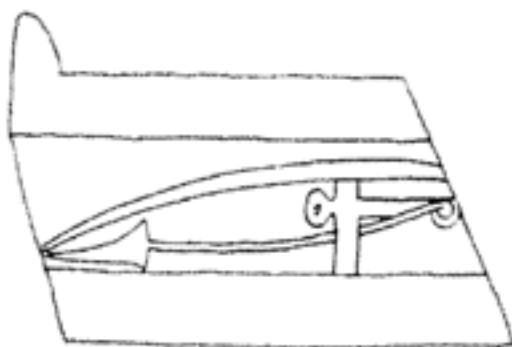
60. ábra: Az íjjal hajtott pont-kört maró szerszám



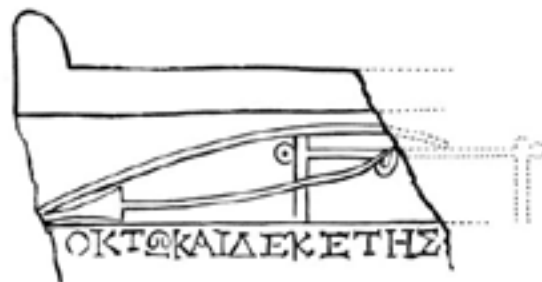
61. ábra: A meghajtás a megmunkálóeszköz forgatására irányul

## 12. AZ EGYETLEN ÓKORI ESZTERGAÁBRÁZOLÁS

Az egyetlen római kori esztergát (latinul: terebrum vagy terebra, görögül: tornus) a görögországi Nedoluha-ban előkerült, I. századra datált szarkofágtöredéken, reliefsként ábrázolták<sup>12</sup> (62. ábra).



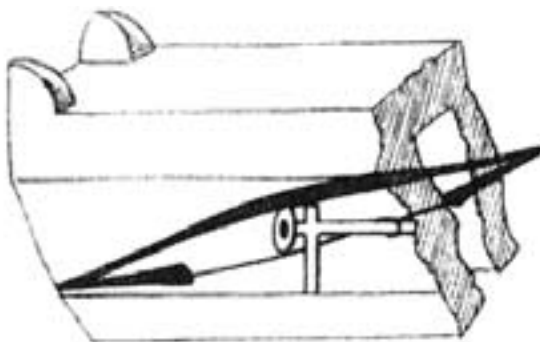
62. ábra: A Nedoluha-i esztergaábrázolás. A megmunkáló fej vagy megmunkálandó anyag valószínűleg a befogó pofákon kívül helyezkedik el



63. ábra: A Nedoluha-i szarkofág görög felirata és az eszterga (tornus) rekonstrukciós rajza

A klasszikus esztergák őspanyjának számító íjas eszterga ábrázolásának körülbelül a fele maradt meg. (63. ábra) Ami egyértelműen és vitathatatlanul megállapítható a megmaradt relief alapján, hogy íjhajtású volt a szerkezet (64. ábra). Azt, hogy az ábrázolt eszterga íjjával a megmunkálandó anyagot, vagy a szerszámot forgatták, a fennmaradt részekből egyértelműen nem lehet megállapítani.

<sup>12</sup> Mutz 1972



64. ábra: Az egyetlen római esztergaábrázolás (A Nedoluba-i szarkofág Feldhaus-féle rekonstrukciója)

Több kérdés is felmerült bennem a töredék reliefsjének maradványait vizsgálva. Amennyiben elfogadható az a megállapítás, hogy a meghajtó íj szíja hurkolja körül a megforgatandó tengelyt, akkor abból egyenesen következik, hogy a huroktól balra a megforgatandó eszköz vagy anyag befogására szolgáló egyik pofa található. Ami már kevésbé egyértelmű számomra, hogy a befogópofától balra elhelyezkedő korong mi célt szolgált. (65-73. ábra)



65. ábra: Íjhajtásos eszterga rekonstrukciója. A megmunkálandó anyag a befogó pofán kívül helyezkedik el



66. ábra: A megmunkálandó anyag a megforgatott tengelyhez van rögzítve

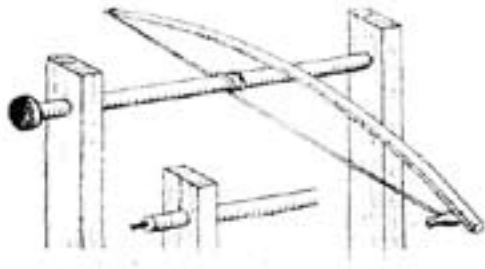


67. ábra: Az állítható befogópofa felülről nyitott

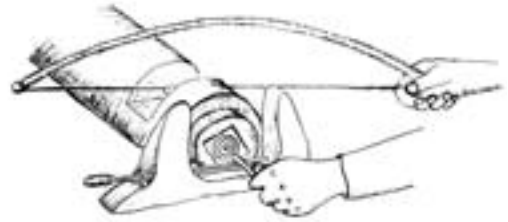


68. ábra: Az esztergált, poncolt és karcolt díszítések

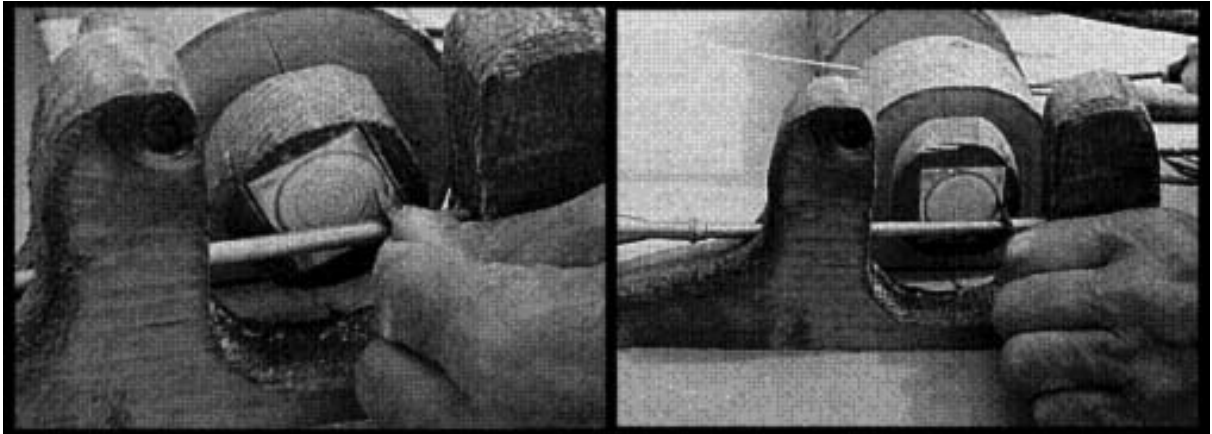




69. ábra: Esztergarekonstrukció, melynél a megmunkáló fej vagy megmunkálandó anyag a befogó pofákon kívül helyezkedik el



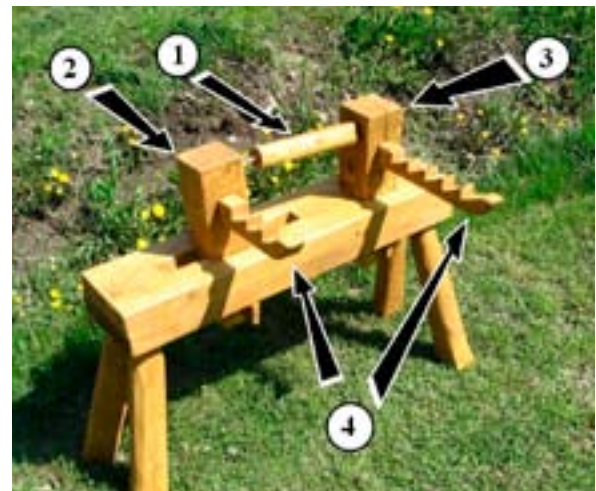
70. ábra: Egy egyszerűbb, íjhajtásos, farönkből kialakított, csontkorong készítésére alkalmas római eszterga rekonstrukciója



71. ábra.: A megmunkálandó anyag a meghajtott tengelyt befogó pofákon kívül helyezkedik el



72. ábra: Az Alfred Mutz-féle római fémeszterga-rekonstrukció.



73. ábra: Római eszterga rekonstrukció. (készítette: Vecsey Ádám) 1. Íjjal hajtható, pont-kört maró fűrőfej, 2. Siklóágyas befogó, 3. Stabil befogó, 4. Az esztergakés támaszának tartója

### 13. FORGÁSTEST KIALAKÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Minden elfogultság nélkül igyekeztem összeszedni az összes lehetséges módját a különböző formájú, összetételű, forgástesteket tartalmazó római kori fémtárgyak elkészítésének. Annak ellenére tettem így, hogy bizonyos készítés-technikák alkalmazásáról nem vagyok teljes mértékben meggyőződve, illetve magát a technikát – a többihez képest – nem tartom elég célravezetőnek. (74. ábra)



74. ábra: A fémedények készítésének négy elméleti lehetősége: 1. Közvetlen öntés, 2. Felhúzás, 3. Fémnyomás, domborítás, 4. Összetett edények, applikálás

#### 13.1. Forgácsolás nélkül készített tárgyak

##### 13.1.1. Kőbe vagy kerámiába karcolt körformák

Különböző profilú körzökkel, karctűkkel készülhettek azok a körgeometriai díszítésű kő és kerámia formák, melyek segítségével különböző ékszerek, veretek tömeggyártására nyílt lehetőség. (75-77. ábra)



75. ábra: Kő öntőforma ékszerkészítéshez (Kr. e. 7-6. század)



76. ábra: Az öntőforma alapján készített ékszerrekonstrukció (Kr. e. 7-6. század)



77. ábra: Kő öntőforma ékszerkészítéshez (Kr. e. 7-6. század)



78. ábra: Kerámia öntőforma, forgásteffel díszített tű készítéséhez

Nem csak szilárd anyagokból készítettek formákat. Kész forgásteffel öntvények agyagba nyomásával is állítottak elő további gyártására alkalmas formákat (78. ábra) Sajnos arra vonatkozóan nem találtam információt, hogy ezeket a formákat közvetlenül fémöntésre, vagy csak a viaszmodell elkészítésére használták, de tény, hogy léteztek és a segítségükkel létrehozott tárgyak forgó mozgást alkalmazó rendszerekre utaló nyomokat őriznek.

### 13.1.2. Forgácsolás nélkül, felhúzással készített edények

Nagy tisztaságú, tehát kevés ötvöző-anyagot tartalmazó fémek sík lemezeiből (arany, ezüst, réz, ólom) nyújtással és zömítéssel is felhúzhatóak akár egész mély, meredek falú, szűk nyakú edények is. Ha felületükből nem derül ki, akkor a fém kristályszerkezetének torzulása vagy összetételük mennyiségi és minőségi vizsgálata árulkodhat arról, hogy nagy tisztaságuk miatt – valószínűleg – nem öntéssel készülhettek.

Óbuda területén, a Kaszásdűlői római kori villagazdaság 1980-81-ben folyó régészeti feltárása során több, mint egy tucat félkész, rontott, sérült bronztüredék (pl.: tű-, drót-, fibula-, öntvény-, nyersanyag-türedék) került elő.<sup>13</sup> A leletekből vett mintákon végzett elektronsugaras mikroanalízis (SEM-EDS) eredménye azt mutatta, hogy a római korban, már valóban tudatosan használták a kívánt tulajdonságú ötvözetek kialakításához a különböző elemek vagy ásványérczek megfelelő arányú keverését.<sup>14</sup> Ehhez használhattak olyan nagy tisztaságú rézhasábokat (ltsz.: 82.10.175) melyek a bronztüredékek közül került elő a Kaszás dűlői villagazdaság – feltételezett – bronzjavító műhelyéből. A domborításra is alkalmas, nagy tisztaságú rézhasábok mellett nagyon érdekes még a három különböző összetételű drót (82.10.185/a, b, c), melyek átmérője közel azonos-, míg rugalmasságuk minden bizonnyal eltérő volt.

A Kaszásdűlőn előkerült római kori fémtárgyakon végzett elektronsugaras mikroanalízis eredménye:

	Réz	Cink	Ón	Ólom	Vas	Arzén	Arany	Ezüst
Két lemezből domborított bronz bulla. ltsz.: 82.10.29	91.03	0.72	5.07	0.85	0.31	-	-	0.1
Bulla ltsz.: 82.10.227(a)	95.24	0.6	1.32	0.73	0.34	-	-	0.14

<sup>13</sup> Zsidi 1991

<sup>14</sup> Riederer 2002



	Réz	Cink	Ón	Ólom	Vas	Arzén	Arany	Ezüst
Áttört bronzveret töredéke ltsz.: 82.10.176	82.97	10.11	4.11	1.67	0.64	-	-	-
Bútorveret töredéke. Erősen domború, pálmalevél alakú. Egyik végén átfűrt, benne vasszeg nyomával ltsz.: 82.10.192	87.64	0.5	4.36	6.51	0.26	-	-	0.24
Félkör alakú vastagabb bronzlemez, közepén lyukkal ltsz.: 82.10.33	80.68	14.71	1.56	0.67	0.84	-	-	-
Fibula tűje, bronzdrótból hajlítva. ltsz.: 82.10.184	88.27	0.52	8.37	0.2	0.53	-	-	-
T-fibula, sérült, zárszerkezete hiányzik. ltsz.: 82.10.225	88.94	0.62	7.88	1.17	0.19	-	-	-
Körátmetszetű, kúpos végű tű, hegyes vége törött. ltsz.: 82.10.227	69.47	4.09	7.83	15.28	0.53	-	-	-
Trapéz átmetszetű bronzpálcák, nyersanyagként. ltsz.: 82.10.175	96.07	0.6	0.2	1.15	0.26	-	-	0.13
Körátmetszetű, nyitott végű karperec töredéke ltsz.: 82.10.226	78.8	10.77	4.8	1.9	0.84	-	-	0.39
Körátmetszetű bronzdrótok, némelyik vége hegyes. ltsz.: 82.10.185(a)	81.03	15.12	2.28	0.2	0.53	-	-	-
Körátmetszetű bronzdrótok, némelyik vége hegyes. ltsz.: 82.10.185(b)	90.66	1.85	5.27	0.2	1.15	-	-	-
Körátmetszetű bronzdrótok, némelyik vége hegyes. ltsz.: 82.10.185	84.74	10.83	2.33	0.54	0.4	-	-	0.16

### 13.1.3. Öntvényből, kovácsolással, felhúzással készült edények

Egyes szakirodalmak szerint a római korban meredek falú, mély fémedényeket is készíthettek nyers, formálatlan, sík, ötvözött réz öntvénytömbökből, lágyítással, kovácsolással és felhúzással.<sup>15</sup> A Pompeiben előkerült fémtárgyak vizsgálatát követően a szakemberek pedig arra a megállapításra jutottak, hogy a fémtárgyak készítésétől függetlenül, a különböző tárgycsoportok elkészítéséhez általában szabványosított rézötvözeteket használhattak.<sup>16</sup> Ennek ellenére sok olyan kérdés merült fel bennem a technológiát illetően, melyekre nem találtam kielégítő választ. Például, hogy a különböző összetételű bronzok esetén milyen mértékű nyújtást lehet elérni, lehet-e lágyítani ezeket az ötvözeteket, mennyire ridegek, törékenyek, vagy hogy hajlíthatóak-e egyáltalán stb. Kétségeimet az is erősíti, hogy az előkerült félkész termékek olyan stádiumban vannak, melyekről teljes bizonyossággal nem lehet megállapítani, hogy az alapanyag a kiindulási

<sup>15</sup> Trotzig 2001

<sup>16</sup> Riederer 2002

formából milyen mértékű változással jut el a kész formáig, ezért ezt a készítési módot fenntartásokkal kezelem. A sík öntvények formájának effajta és – hangsúlyozom – ilyen mértékű alakítását nem tartom valószínűnek. (74/2 ábra) Azt tartom inkább elfogadhatónak, hogy a viaszból készített, elnagyolt modell fémöntvényét esetleg kalapálással alakítsák, nyújtsák, finomítsák (79. ábra). Összességében, mint lehetőséget egy újabb fémtárgy készítési módnak elfogadom, azonban a fémtárgyak készítésének lehetőségei között ennek a technikának nem tulajdonítok nagy jelentőséget.



79. ábra: Fémedény készítésének folyamata. A viaszformától a kész edényig. Vajon hogy készült az ábrásor első képén látható viaszedény-modell?

### 13.2. Forgácsolással, esztergálással készített tárgyak

Napjainkban az esztergályosok általában a megrendelt munkának megfelelő méretű, formájú, homogén, hengerelt, vagy öntvény nyersanyag-tömbből forgácsolják a kívánt formát. Mivel az esztergályosok általában nincsenek felkészülve bármilyen kívánt forma elkészítésére, ezért a kiindulási tömbök nagy része zárt, tömör és az esetek túlnyomó többségében semmilyen módon nem hasonlítanak a kívánt formához. Ebben az esetben nem beszélhetünk elnagyolt formáról, melyet csak finomítani kell, vagy kis mértékben utánesztergálni, tehát viszonylag nagy erőbefektetéssel és igen nagy anyagvesztéssel készül el a kívánt forma.

Úgy gondolom, hogy az ókorban a kis tömegű, kis keresztmetszetű, tömörszerű fémtárgyak íjas esztergán történő esztergálása minden különösebb probléma nélkül kivitelezhető volt, de a konkáv, vékony falú, mélyebb és kevésbé mély, esetleg szűkülő nyakú fémedények esztergálása csak a felület végleges kidolgozására irányulhatott, nem pedig a forma kialakításra.

#### 13.2.1. Egy darabból álló esztergált tárgyak

Ha a viaszesztergálás lehetőségét ki kéne zárnom, akkor az egy darabból álló edények készítése folyamatának első fázisa egy kidolgozatlan, elnagyolt, tömör fémtömb elkészítése lenne. Egy 15 cm átmérőjű, 8-9 cm mély fémedény esetén, az esztergáláshoz szükséges nyers, tömör tömbnek az öntése is már komoly feladatot jelentene. A következő probléma az íjas esztergán történő forgácsolásnál merülne fel. A tömegből adódó lendület miatt az oda-visza forgatás annak el- lenére is szinte kivitelezhetetlen lenne, hogy az esztergakés nyersanyaghoz nyomásával lassul a forgás. Ezt a készítési módot, ilyen formán nem is tartom életszerűnek, hiszen a fémműves az első munkánál levonná a megfelelő következtetéseket és a második nyersanyag formáját már úgy alakítaná ki, hogy annak mérete csak kis mértékben térne el a készítendő tárgy méretétől.

#### 13.2.2. Több darabból összeállított esztergált tárgyak

Bizonyos tárgytipusoknál a forgástesten kívül különböző funkciójú, utólag applikált elemek kerülnek a tárgyra. (80-81. ábra)



80. ábra: Derveni Kratér applikált részei (Kr. e. 4. század vége)



81. ábra:  
Derveni Kratér  
(Kr. e. 4.  
század vége)

Ilyen applikációk például a korsók és fazekak öntvény fülei, az edények talpkorongjai, vagy esetenként az edények peremei. (82. ábra) Egyes korsó vagy kancsótípusoknál az edény hasához applikálták az edénynyakat így az a talppal és a fülel együtt akár 4-5 darabból is állhatott. Ezeknél a tárgyaknál általában, a fül forrasztásának nyomait leszámítva semmilyen illesztésre utaló nyom nem látható az egyes elemek között, csak a röntgenfelvételen azonosíthatóak az illesztési pontok. (83. ábra)



82. ábra: Forgástestet tartalmazó, több részes, összetett, kora császárkori ezüstedény szerkezeti ábrája



83. ábra: Forgástestet tartalmazó, több részes, összetett, domborított felületű ezüstedény

Úgy gondolom, hogy az egy- vagy több darabból álló, esztergált tárgyak készítése azonos, tehát nem vagyok meggyőződve arról, hogy fémként alakították ki az edények formáját.

### 13.3. Viaszesztergálás

Viaszesztergálás-forgácsolás alatt értek minden olyan folyamatot, mely során, tetszőleges forgó rendszer alkalmazásával, a dermedt viasz felületét anyagleválasztással formálják.

Viaszesztergáláshoz számomra a leghatékonyabbnak és kézenfekvőbbnek a kerámiaedények készítéséhez is használt korongozóasztal tűnik.

*Indoklás:*

1. Szinte minden nagyobb ókori településen működtek fazekas-műhelyek. (84. ábra)



84. ábra: Korongozást ábrázoló jelenet egy festett kerámia edényen. Kr. e. 550 körül

2. A korongozó asztal egy irányba forog, tömegéből adódóan pedig lendkerékként működik, tehát kellő nagyságú tehetetlenségi nyomatékkal rendelkezik ahhoz, hogy viasz esztergálására alkalmas legyen. (85–86. ábra)

85. ábra: Kratér készítése korongozó asztalon, műhelyábrázolás egy Kr. e. 440 körül készült kerámiaedényen



86. ábra: Korongozó asztalon dolgozó kézműves ábrázolása egy Pompeiben előkerült falfestményen (Insula II,3.7-9)

3. A korongozó asztalon elkészített, fémedények belső magját adó agyagtömbre minden különösebb gond nélkül, több rétegben felvihető az olvadt méhviasz.

4. A dermedt méhviasz, az agyaghoz hasonlóan könnyen esztergálható.

5. Viaszveszejtéses öntéshez nélkülözhetetlen a magot és a beágyazó anyagot alkotó, különböző tulajdonságú agyagok ismerete.

6. A korongozó asztalon esztergált-forgácsolt viasz felületén a nyomok éppúgy folyamatos és egyirányú forgó mozgásra utalnak, mint amilyen nyomokat a római fémtárgyakon lehet azonosítani. Ez a készítéstechnikai nyom vagy végtelenített szalaggal hajtott eszterga vagy korongozó asztal alkalmazásával hozható létre.

Az ókori fazekasműhelyek korabeli ábrázolásait megfigyelve több érdekes következtetést lehet levonni. Az általában arányosan ábrázolt emberalakokhoz mérten a korongozóasztalok átmérője és vastagsága nagy, tehát viszonylag komoly tömeggel rendelkezhetnek. (84–88. ábra) Ebből az következik, hogy tehetetlenségi nyomatékuk is nagy volt, ami csak egy irányú forgást eredményezhetett.



87. ábra: Korongozást ábrázoló jelentek ókori kerámiaedény töredékeken



88. ábra: Korongozást ábrázoló jelentek ókori kerámiaedény töredékeken

Úgy gondolom, éppoly felelőtlen és megalapozatlan lenne kijelenteni, hogy az ábrázolókon kerámiaedények készülhettek a korongozó asztalon, mintha azt állítanám, hogy a képeken viaszedény-modellek korongozása látható, ezért az utóbbi lehetőséget is mindenképpen figyelembe kell venni.

### 13.3.1. Formanagyolás, öntés, fémként esztergálás

A fém forgástestek tömör fémtömbből történő esztergálását, mint készítési lehetőséget kizárnám. Erre utaló, bármilyen adatot egyetlen szakirodalomban sem találtam. Mindez azt jelenti, hogy amennyiben tényleg léteztek az ókorban pontos és hatékony fémesztergák, abban az esetben egy elnagyolt fém forgástest öntvényt finomítottak. Nehéz meghatározni az „esztergálással kialakított forma” és az „utánesztergált öntvény” közötti különbséget. Az azonban mindenképpen elgondolkodtató, hogy hogyan készülhetett az az elnagyolt forma, melyet öntés után még esztergálással finomítottak. Mint lehetőséget el tudom képzelni, hogy viaszlapokból összeállított, elnagyolt formájú, vastagabb falú edénymodellből készítettek egy fémtömböt és ezt a nyers, egyenetlen felületű, de mégis forgástestre utaló formát fémként esztergálták.

### 13.3.2. Maximális formakidolgozás, öntés, minimális utómunka

Forgástesteket tartalmazó fémedények elkészítésének általam elképzelt lehetősége a viaszesztergálás, melynek legegyszerűbb módja a korongozó asztalon történő viaszforgácsolás.

Első lépésben a fémedény öntéséhez szükséges belső mag korongozása történik. Ahhoz, hogy az öntvényen minél kevesebbet kelljen dolgozni, a belső magot a készítendő fémedény belső profiljával megegyező formájúra kell korongozni. Az agyagmagra több rétegben felvitt viasszal – számolva a viasz – és az utánesztergálással járó anyagvesztéssel – megközelítőleg kialakítható a fémedény kívánt falvastagsága.

A dermedt viasz esztergálása-forgácsolása a korongozóasztalon történik. Az esztergált viasz felülete szinte megegyezik a készítendő fémedény külső felületével. Ezt követően a megfelelő helyekre felkerülnek az öntéshez szükséges, különböző keresztmetszetű és formájú, viasz rudakból összeállított beömlő-rendszer részei.

Innentől kezdve minden a viaszveszejtéses öntés szabályai szerint történik.

Sikeres öntés esetén a kész öntvényt – az öntési csonkok eltávolítását követően – már csak utánsztergálni kell, ahol az edény külső, illetve belső felületéből számottevő mennyiség már nem kerül leválasztásra, így a forma sem változik, csak a felület homogenizálódik.

#### 13.4. A viaszmodell elkészítése kő- vagy kerámiaforma segítségével

A viaszmodell elkészítése többféle képen történhetett.

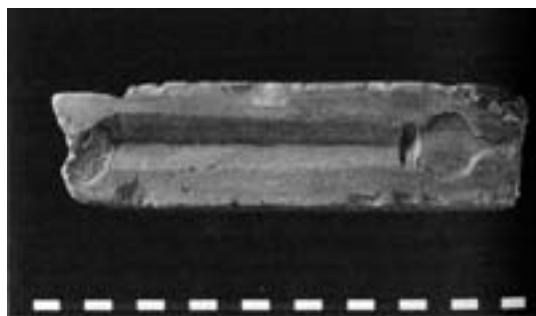
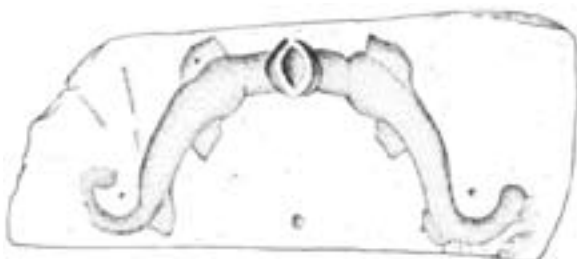
A legegyszerűbb módja a szabadon mintázás, amikor a viaszt kézzel formálják, felületének simítása pedig körömmel, kavicsal vagy bármilyen segédeszközzel, esetleg láng felett melegített késsel történik.

##### 13.4.1. A viasz formába préselése, öntése

A viaszmodell elkészítésének következő lehetősége a formába préselés, öntés vagy korongozás. A negatív formákat – az előkerült leletek alapján – általában kerámiából (89. ábra) vagy kőből készítették. (90. ábra)

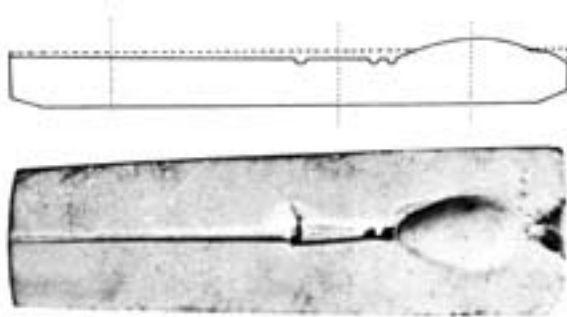


89. ábra:  
Kerámianegatív  
fémmedény (kratér)  
készítéséhez  
(Görögország)



90. ábra: Több forma öntésére alkalmas faragott kőnegatív (fotó: S. Prost)

A kőnegatívak minden bizonnyal faragással (91. ábra) és/vagy esztergálással, marással készülhettek (92. ábra), a kerámiaformák túlnyomó többsége pedig korongozással és/vagy bebélyegzéssel. (93–96. ábra)



91. ábra: Római kori kanál egyik –márványból készült – öntőformája



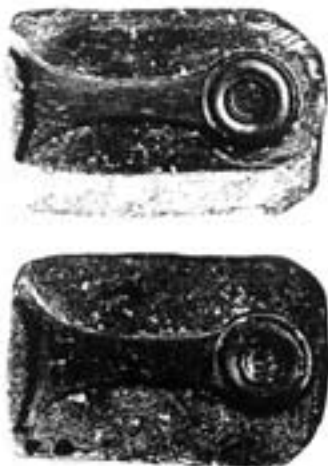
92. ábra: Egy római kori fémfedény mész-kő öntőformájának összeragasztott töredékei



93. ábra: Római kori fém edényfülek készítéséhez használt negatívak



94. ábra: Római kori fém edénynyél kő öntőformája



95. ábra: Római kori, fém edénynyelek kő öntőformái



96. ábra: Római kori, fém edénynyél kő öntőformája



További kérdéseket vet fel a bélyegző készítési módjának beazonosítása is, de annak meghatározása már nem olyan egyértelmű és nehezen bizonyítható, ezért erre most nem térnek ki.

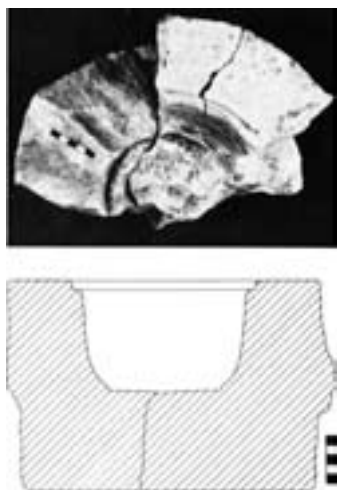
A szakirodalomban nem találtam olyan információkat, adatokat, melyek arra utaltak volna, hogy kerámia- vagy kőformákon végeztek olyan vizsgálatokat, melyekkel bizonyítható lett volna, hogy az adott formába valaha is fémolvadékot öntöttek. A kész fémtárgyakból pedig nehéz megállapítani, hogy a viaszmodell kialakításánál milyen szerepe volt a kerámia vagy kőformának, vagyis csak a modellkészítéshez, vagy magához az öntéshez is az adott formát alkalmazták. (97-98. ábra)

Az előkerült kő- és kerámiaformák áttekintése alapján az alábbi következtetésre jutottam.

1. Forma használatával a legegyszerűbb viaszmodell készítési eljárás a kéz-meleg viasz préselése, melyet a viaszmodell finomítása és öntésre történő előkészítése követ.

2. A másik viaszmodell készítési lehetőség a viasz formába öntése. Ennél a folyamatnál minden bizonnyal szükség van valamilyen – a forma felületére vékonyan felvihető – elválasztó anyagra, mely meggátolja az olvadt viasz formába tapadását, ugyanakkor nem tompítja, nem torzítja a modell felületét és nem veszélyezteti a kész viaszmodell sikeres öntésének kimenetelét. Az öntéssel készült viaszmodell finomítását a beágyazás előkészítése követi.

3. Amennyiben a kő- vagy kerámiaforma alkalmas fémöntésre, tehát felülete képes elvezetni az olvadék fémgázait, és az öntőforma összes darabja kőből vagy kerámiából készült, abban az esetben nincs szükség a viasz formába préselésére, öntésére, korongozására, hiszen akkor adott egy öntésre alkalmas, komplett öntőforma. Abban az esetben viszont, ha csak egy öntőformát használunk, vagy a több darabból álló öntőforma nem veszi teljesen körül az öntendő modellt, akkor a formá(k)ba préselt/öntött és kidolgozott viasz szabad felületét be kell vonni beágyazó anyaggal. (99. ábra)



97. ábra: Egy római kori fémmedény mészkő öntőformájának összeragasztott töredékei és az edény rekonstruált öntőformájának keresztmetszeti rajza



98. ábra: Egy római kori fémtál mészkő öntőformája és a rekonstruált öntőforma keresztmetszeti rajza



99. ábra: Római kori merítőedény (simpulum) kő öntőformája

Ezt követően már a viaszveszejtési öntési eljárás protokollját követve kell eljárni.



### 13.4.2. A viasz kerámia- vagy kő formatálba korongozása, préselése, öntése

A formatalak alkalmazásának lehetősége az olyan reliefszerű fémedények készítésénél merül fel, ahol a szabályos forgástestek tömör falának külső felületét reliefek díszítik úgy, hogy az edény falát a reliefek között is apró, körbefutó, esztergálásra–forgácsolásra utaló árkok és bordák borítják, továbbá a reliefek forrasztással történő rögzítésének semmi nyoma, azok nem applikációk és nem domborítással készültek. Mindez számomra csak azt jelentheti, hogy az edény formájának kialakítása még a viaszmodellen megtörtént. Azt, hogy az esztergált viaszedényre applikáltak a viaszreliefet, vagy a reliefszerű kerámiatálak készítéséhez használt bebélyezett formatalakhoz hasonlókat használhattak, nem tudnám meghatározni, de nem zárnam ki annak lehetőségét, hogy a viaszmodellek elkészítése a reliefszerű kerámiaedények kialakításával megegyező, vagy ahhoz hasonló módon történhetett. Arra a kérdésre – mely joggal fogalmazódik meg – miszerint eddig miért nem került még elő egyetlen reliefszerű fémedény készítésére alkalmas kerámia formatál, azt tudnám válaszolni, hogy a viaszveszejtési öntésre utaló kerámiaformákból, az egész Római Birodalom területéről is csak néhány tucat került elő. Ennek oka pedig, hogy a viaszveszejtési öntés után, az öntvény kibontásakor a beágyazó anyag általában szinte teljes megsemmisül.

Tehát ha a viaszveszejtési öntés egy általánosan elfogadott eljárás a római kori bronztárgyak készítésére, és az előkerült bronztárgyak nagy részét is ezzel a technikával készítették, ennek ellenére mégis csak néhány tucatnyi forma, illetve formatöredék került elő, melynek fő oka a technológiából adódik, akkor ez magyarázat lehet arra a kérdésre is, hogy akkor a reliefszerű fémedények készítésére alkalmas kerámiaformák miért nem kerültek elő. Valószínűleg egyszerűen a gyártási technológiából adódóan nem maradtak fenn, megsemmisülhettek az öntést követően, az öntvény kibontásakor.

## 14. FORGÁSTESTEKET TARTALMAZÓ, FORGÓ RENDSZEREK ALKALMAZÁSÁRA UTALÓ RÉGÉSZETI KERÁMIA TÁRGYAK

A szabályos forgástesteket tartalmazó kerámiaedények legegyszerűbb és legősibb előfutárainak számító, rosszul égetett őskori agyagedények falait még szabadon, kézzel formálták, felületük textúráját különböző technikákkal alakították ki.

A korongozóasztal megjelenése nem csak felgyorsította a gyártási folyamatot, de az edények formavilágát is gyökeresen megváltoztatta.

A fémekhez hasonlóan, a szabályos forgástesteket tartalmazó kerámiatárgyak is nagyon sokféleképpen készülhettek. A teljesség igénye nélkül, most a különböző készítési technikák közül azokat válogattam ki, melyek alkalmasak lehetnek azonos formájú viaszmodellek, illetve kész fémtárgyak elkészítésére is. A kész tárgy sokszor a leírt technikák együttes alkalmazásával született meg.

### 14.1. Applikált kerámia

A római korban az agyagból korongozott forgástesteket különböző applikációkkal egészítették ki. Az applikációk formáját és méretét általában a funkció határozta meg, de kialakításukban sokszor az esztétika is komoly szerepet játszott. Applikációnak számít az edények különböző módon (pl.: szabadon mintázott, sajtolt, préselt, stb) elkészített fülei, vagy a felületen kialakított plasztikus forma, relief. (100. ábra) A rátétek készítésének is sok módja van, például szabadon

mintázott-, formába nyomott-, vagy csepegtetett relief. (101. ábra) Mindhárom módszer alkalmazható a fémedények viaszmodelljeinek díszítéséhez úgy, hogy arról a korábban kialakított forgácsolási nyomok nem tűnnek el. (102-104. ábra)

100. ábra:  
Relief díszítésű,  
korongozott  
kétfülű korsó



101. ábra:  
Etruszk  
cseppdíszítéses  
oinochoe (Kr. e.  
6. század)



102. ábra: Tojássor-  
és növénymintás-  
relief díszítésű, két  
fülű, bronz vödör  
(Kr. e. 4-6 század  
körül)



103. ábra:  
Növénymintás-  
relief díszítésű,  
kétfülű, bronz  
vödör (Derveni,  
Görögország, Kr. e.  
325-300)



104. Ókori, háromlángú kerámiamécses másolata  
(Bizánci Múzeum, Athén, Görögország)

## 14.2. Torzított kerámia

A korongozó asztalon elkészült forgástesteket nem csak applikációkkal díszítették.

Az ókor egyik legkülönlegesebb és legelterjedtebb kultikus edényének szájformáját torzítással alakították ki. (105. ábra)



105. ábra: Fekete-  
fehér mázas, palmetta  
díszes oinochoe  
(Lelőhely: Vulci. Kr. e.  
520-500 körül)

Az oinochoe – lóherekiöntős korsó (ógörögül: ἡ οἰνοχόη, ejtsd: inohói) – hasa felett a nyaknál szűkül, száján kiszélesedik. A száj sokszor erősen profilált, tagolt, összenyomás során kis mértékben torzult. (106. ábra) A kész agyagedény száját felülről, három újbeggyel, egy nyomással alakíthatták kettő-háromlevelű lóhere formájúra. (107. ábra) Ezt követően a kapott formát kiégették.

A kész edény nyakán és száján jól láthatóak a korongozás nyomai. (108. ábra)



106. ábra: Korinthia-i  
kerámia oinochoe  
másolatának készítése  
korongozó asztalon (Etruria,  
Kr. e. 650-640 körül)



107. ábra: Korinthia-i,  
állatfrízzel díszített oinochoe  
(Kr. e. 580 körül)



108. ábra: A „Tragliatella Oinochoe”, Etruszk-  
Korinthia-i oinochoe, (Kr. e. 630-600 körül)

### 14.3. Reliefes forgástest kerámia

A relief díszítésű forgástesteknek több készítési módja ismert.

A három legelterjedtebb készítési mód közül az egyik típus kialakítása formatálba korongozással történik, a második típusnál korongozott, sima felületre kerülnek a külön formába nyomott, egyenként készített reliefek, míg a harmadik típusnál nincs szükség korongozóasztalra, ugyanis az két, az edény függőleges felezővonala mentén összeillesztett félből áll.

### 14.3.1. Formatálba korongozott kerámia

A formatál egy vastag falú korongozott agyagtál, melynek belső felületébe különböző formákat (pl.: szőlőlevél, madár, állat, Vulcanus, komikus maszk stb.) bélyegeztek. (109. ábra)

A kiégetett kerámiatálba agyagot korongoztak, melyet száradás után kiemeltek a formatálból és kiégették. Az így kapott forgástest edény felületét kívülről relief díszítette.

A reliefminták között nem látható a korongozás nyoma.



109. ábra: Formatál, Kr. u. 2. század. Terra sigillata tál (Drag 37-es típus) kialakítására szolgáló formatál. Belső oldalán növényi motívumok közt állón kalapáló Vulcanus, valamint állatábrázolások (madarak, kecskék). A képmezőben retrográd PACATI mesterjelzés. Leltári szám: 50523. Lelőhely: III. ker. Óbuda, Gázgyár (1911-12); a polgárváros keleti fazekastelepe

### 14.3.2. Applikált reliefdíszes kerámia

A második készítési mód során a korongozott agyagedény- vagy tárgy felületére külön formákba nyomott reliefek kerülnek egyenként applikálásra. (110. ábra) A relief és az agyagedény között a kötést valószínűleg agyagpép biztosította.

Ennél a technológiánál, a formatálba korongozástól eltérő módon a reliefek között korongozási nyomok láthatóak. (111. ábra)

### 14.3.3. Hosszában illesztett, formába nyomott kerámia

A harmadik készítési mód nagyban eltér a már ismert két technikától. Az edényt formákba nyomott két félből illesztik össze. Az illesztési sík egybeesik a függőlegesen álló forgástest edény felezővonalával, így tehát nem beszélhetünk formatálról. Az így elkészült edényen jól láthatóak az illesztés nyomai, ugyanakkor korongozási nyom nem látható a reliefminták között. (112. ábra)



110. ábra: Formátálba nyomott (bal kép) és korongozott, reliefdíszes (jobb kép) kerámiatöredék (Tunézia)



111. ábra: Korongozott, reliefdíszes kerámiatálak (Tunézia)



112. ábra: Formátálba nyomott reliefdíszes kerámiakorsók (Tunézia)

#### 14.4. Bélyegzett kerámia

A bélyegzett kerámiák az egyik legegyszerűbben elkészíthető, díszített tárgytipusok közé tartoznak. Az elkészült agyagedényt vagy formát égetés előtt különböző formájú bélyegzőkkel díszítették. A bebélyegzések az esetek túlnyomó többségében negatívként jelentkeznek a tárgy felületén. Csak kevés tárgyat ismerünk, amelyekre reliefszerű bélyegzéseket is készítettek. Ennek fő oka talán, hogy nagyon nehéz megkülönböztetni a formába nyomott és úgy applikált reliefeket a bebélyegzett reliefektől, hiszen mindkettő korongozott forgástestre van applikálva. (113. ábra)



113. ábra: Bélyegzett tojássor-díszítésű kerámia mécses

#### 14.5. Formába préselt kerámia

A sorozatban gyártott, forgástesteket tartalmazó mécsesek, függetlenül a mécses-orrok számától, általában két negatívba nyomott darabból, egy illesztési síkkal készültek. (114-115. ábra)

A mécses negatívokat egy tömör mesterdarab segítségével készítették. (116. ábra) A mesterdarab két fő részből állt. A mécses-orrokat szabadon mintázva készítették, míg a mécses-testet



korongozták, hogy az szabályos forgástest legyen. A mécses-orrokat égetés előtt applikálták a mécses-testre.



114. ábra: Mécsesnegatív. Több-lángú mécses formázásához használt minta teteje. Leltári szám: 32859. Lelőhely: III. ker. Óbuda, Aranyhegyi árok (1926–29); a polgár város nyugati fazekastelepe



115. ábra: Mécsesnegatív. Mécses formázásához használt minta alja. Leltári szám: 32847. Lelőhely: III. ker. Óbuda, Aranyhegyi árok (1926–29); a polgár város nyugati fazekastelepe



116. ábra: Ötágú mécses kiformázásához használt tömör modell. Leltári szám: 50190. Lelőhely: III. ker. Óbuda, Gázgyár (1911–12); a polgár város keleti fazekastelepe

## 15. FORGÁSTESTEKET TARTALMAZÓ, FORGÓ RENDSZEREK ALKALMAZÁSÁRA UTALÓ FÉM RÉGÉSZETI TÁRGYAK

Nehéz meghatározni, hogy a kerámia tárgyak voltak hatással a fémek formáira, vagy fordítva, de az tény, hogy a legtöbb fémedénynek, illetve tárgynak volt kerámiából készített változata. Egyes feltételezések szerint, a jómódú római polgárok fémedényeinek másolatait a fazekasműhelyekben kerámiából készítették, hogy ezzel elégtételt adjanak a szegényebb emberek igényeire. Azoknak, akik nem tehettek meg, hogy a luxustermékeknek számító fémárukat megvásárolják, de mégis vágytak a formára, a jellegre, azok számára a kerámia volt a bronz.

Mindkét anyaghoz elengedhetetlen a különböző agyagtípusok tulajdonságainak, összetételének, megmunkálásának és viselkedésének ismerete. Mindkét anyag megmunkálása során nagyon magas, hosszú időn keresztül tartott hőmérsékletet kell elérni. A korongozóasztal egy irányba forog, van tömege, tehát tehetetlenségi nyomatékkal rendelkezik, szabályos forgástestek készülnek rajta képlékeny, vagy lágy, könnyen formálható anyagból és az így elkészült tárgyak különlegesebb darabjainak van fémből készült megfelelője. Ha mindezt figyelembe vesszük, akkor nem lehet nem észrevenni az összefüggést a fém- és a kerámiaművesség között.

Feltételezésem szerint a következő tárgy típusok biztosan elkészíthetők viaszsztergálással-forgácsolással, ugyanakkor ez nem zárja ki annak lehetőségét, hogy más technikával állították elő, illetve más technikával is elő lehetett őket állítani.

## 15.1. Tükrök

Az emberi önarckép megfigyelése a legkorábbi időszakban minden bizonnyal olyan fénylő felületeken történt, melyeket – bár funkciójukat betöltötték – még nem nevezhetünk tükröknek. Egyes tárgyak alkalmasak lehettek arra, hogy az emberek meglássák bennük tükörképüket, de valószínűleg a tárgy valódi funkciójából kifolyólag most mégsem tükörként ismerjük őket. A tükrök fejlődését tekintve a fémtükrök jóval megelőzik az üvegtükröket, melyeket a mai napig használunk. Jelenlegi ismereteink alapján a legkorábbi, tudatosan kialakított tükrök réz-ón ötvözetekből készültek. Összetételük alapján a szakirodalom túlnyomórészt bronznak határozza meg ezeket a klasszikus fémtükröket. Hogy az ötvözet megfeleljen az elvárásnak és sima, fényes fémes, homogén felületet adjon, ahhoz fel kellett polírozni. Használat során természetesen korrodálódott, megkarcolódott vagy megsérült, mint bármilyen más használati tárgy.

Ha az általam vizsgált tükrök összetételét veszem figyelembe és az alapján a magas óntartalmú bronzok tulajdonságait megismerem, akkor egyértelműen látszik, hogy mennyire tudatosan alakították a fémtötvözetet.

Mi is az erénye a 20%-nál jóval magasabb ónt tartalmazó bronznak?

Jól önthetőek, hígfolyósak, kicsi a zsugorodásuk, erősen korrózióálló, nagyon ridegek, kemények és – az ón erős színező hatásának köszönhetően – ezüstös a fényük.

Szinte minden szempontból ideálisak tükörkészítéshez, mert ezt az ötvözetet még megkarcolni is nehezebb, ugyanakkor bronz elődjeikhez képest törékenyebbek. Törésfelületük, az üveghez és a porcelánhoz hasonlóan kagylós!

Azt, hogy a magas óntartalmú bronztükrök kialakulását követően, vagy velük párhuzamosan készültek el az első üvegtükrök nem lehet meghatározni, mert egy időben egyszerre használták mindkét fajtát, de valamilyen igény mégis volt az új tükörtípusra.

Én azt tartom logikusnak, hogy a két tükörtípus, a magas óntartalmú bronztükrök és az ólomkeretes üvegtükrök a klasszikus bronztükröket követően, párhuzamosan alakultak ki. Az elvárás minkét típussal szemben ugyanaz lehetett. Legyen korrózióálló, ne karcolódjon, tehát legyen kemény és talán az ezüstös szín is az elvárások része volt. Az egyértelmű, hogy a magas óntartalmú bronztükröknek sikerült megfelelni az elvárásoknak, de milyen más módja lehetett annak, hogy valamilyen transzparens, sima, vékony, de mégis kemény anyaggal levédjék fényes-fémes felületet? Ma talán valamilyen lakkfélét használnánk, tehát a fémet vonnánk be valamivel, ami levédi. Így egy kemény hordozóra kerülne egy vékony réteg. De mi van akkor, ha a levédő anyagot vonom be fémmel, tehát ismét kemény hordozóra kerülne egy vékony réteg, csak pont ellentétesen. A rómaiak is így tettek, egy kemény üveglapra vékony fémréteget vittek fel. Úgy gondolom, hogy másodlagosan felhasznált, sérült üvegedények töredékeire vitték fel a vékony ólomréteget, és talán az így készített tükröknek az előállítás olcsóbb lehetett, mint a magas óntartalmú bronz tükröké. Ez persze csak feltételezés, de esetleg válasz lehet arra a kérdésre, hogy miért készítették hosszú időn keresztül két különböző technikával, hasonló tulajdonságú tükröket.

### 15.1.1. Magas óntartalmú bronztükrök

A magas óntartalmú bronzból készült, forgó rendszerek alkalmazására utaló, kerek tükrök az általam bemutatott módon, viaszsztergálással-forgácsolással elkészíthetőek, és úgy gondolom, hogy összetételükből adódó tulajdonságaik miatt valószínűleg az ókorban is hasonló módon készíthették őket. (lásd: 16.1.)

### 15.1.2. Ólomkeretes üvegtükrök

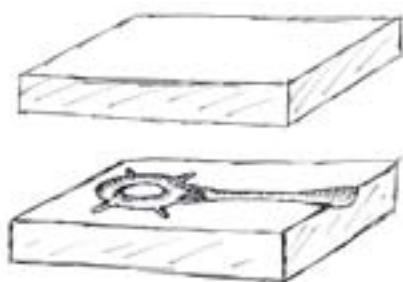
Ólomkeretes üvegtükrök készítésénél ugyan nincs szerepe a méhviasznak, de a forgó mozgás alkalmazására utaló jelek miatt mindenképpen érdemes áttekinteni készítésének főbb állomásait.

Ólomkeretes üvegtükrök többféle képen készülhettek, öntvényeik két nagyobb csoportot alkotnak.

Az egyik csoportba az egy osztósíkos, két részes öntőformával készített, míg a másik csoportba a kettő vagy több osztósíkos, több részes öntőformákkal készített tükrök tartoznak.

#### 15.1.2.1. Egy osztósíkos, két részes öntőformák

A római korban az egy osztósíkos, két részes öntőforma készítéséhez két síkfelületű, könnyen faragható követ vagy kerámialapot használtak. (117. ábra) Ólomkeretes tükrök esetében általában valamilyen körzövel, vagy körsablonnal és karctüvel vésték ki az U- vagy V-profilú árkokat, melyek az ólomtükör felületén féldomború bordaként jelentek meg. (118. ábra) A tükröződő üvegdarabok rögzítése többnyire kétféle módon történt. Egyszerűbb rögzítési mód volt, amikor az öntvényen alakították ki a füleket, melyeket egyszerűen ráhajtottak hátulról az üvegdarabra, úgy, hogy annak fémbevonata ne sérüljön. (119. ábra) Másik rögzítési mód, amikor az üvegdarabot, az öntőforma közepén kialakított, kissé magasabb felületre felfektették és körbeöntötték az olvadt ólommal. Az így beágyazott üveget, körben a szélén vékony ólomréteg fogta közre.



117. ábra: Kétrészes öntőforma ólom tükrökeret készítéséhez



118. ábra: Római kori, ólom tükrökeret díszített oldala. Egy osztósíkos öntvény. A két, egymásra illesztett öntőforma közül csak az egyik volt megvésve, a másik felülete sík lehetett. Látható a szélesebb tápfej alatti beömlő háromfelé ágazása. Hosszúság: 7,5 cm, Lelőhely: Graphisoft-Záhony utca, Budapest, 2007



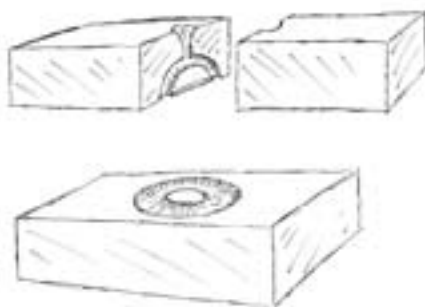
119. ábra: Az ólom tükrökeret hátoldala. Hosszúság: 7,5 cm, Lelőhely: Graphisoft-Záhony utca, Budapest, 2007

#### 15.1.2.2. Két osztósíkos, három részes öntőformák

A római kori, három részes öntőforma készítéséhez egy nagy és két fele akkora, síkfelületű, könnyen faragható követ vagy kerámialapot használtak. Hasonlóan az egy osztósíkos öntőformához, a nagy lapos kő felületébe kerek árkot martak, melyet vésve vagy karcolva díszítettek.



(120. ábra) Ezt az öntőformát úgy alakították ki, hogy annak közepén, egy kissé magasabb felületre fel lehessen fektetni az enyhén domború üvegtükröt. A másik két kisebb öntőformát úgy alakították ki, hogy azok illesztési síkja többé-kevésbé a vízszintes öntőformába mart körárok felezővonalára felett helyezkedjen el. Ebbe az illesztési síkba marták azt a V-profilú, félkörívű árkot, melynek két vége a kerek tükrökeretre, hátulról illeszkedik. A félkörív legmagasabb pontjától felfelé, függőlegesen lett kialakítva beömlőnyílás. Azt nem tudni, hogy csak az öntésben volt-e szerepe ennek a félkörívnek, vagy kis fogantyúként szolgált a tükrön, de a sírokból előkerült tükrökről nem távolították el. Ezek a tükrök, kis méretükből adódóan, kevésbé tűnnek praktikusnak, mint a nagyobb méretű, magas óntartamú bronztükrök.



120. ábra: Három részes, ólom tükrökeret öntőformájának rekonstrukciója

Öntés során az olvadt ólom befolyt a függőleges beömlőnyíláson, végigfolyt két irányban a félköríven, és úgy töltötte fel az üreget, hogy az üreg közepébe helyezett üvegdarabot körbevette. Az öntőformák levételét követően levágták a félkörív feletti beömlőnyílást és eltávolították az üveg felületére esetleg befolyt ólmot.

2006-ban, Óbudán, a Bécsi út 66. szám alatti feltáráson került elő két ólomkeretes üvegtükrő. (121-122. ábra)

Az egyik tükrőüveg egy kis felülete a mai napig tökéletesen tükröződik. Hátoldalán az üvegre felvitt vékony ólomréteg, az üveg merevítése alatt fémes állapotban maradt meg. (123. ábra)



121. ábra: Római kori ólomkeretes üvegtükrők. Átmérő: 3,9 cm



122. ábra: Az ólomkeretes üvegtükrők félköríves fogantyúit a beömlőből alakították ki



123. ábra: A fekete vonallal határolt területen az üvegre hátulról felvitt, ólomtartalmú réteg még mindig fényes fémes, és látható, ahogy tükröződik benne a fúrószár

### 15.2. Merítő

A római merítőedény (simpulum) készítésének általam kipróbált és bemutatott egyik módja a 16.2 pontban olvasható. Az egyetlen olyan lelet, mely a simpulum elkészítésének egy másik módjára utal, az egy kőnegatív. A kő egyik végén esztergálással alakíthatták ki a simpulum merítő részének belső profilját (esetleg lenagyolt profilját), oldalába pedig a merítő nyelének formáját vésték. A kép alapján nehéz meghatározni, hogy pontosan hány részből állhatott a teljes öntőforma, ahogyan azt is, hogy alkalmas volt-e a kő anyaga fémöntésre, tehát közvetlenül öntöttek bele, vagy csak a viaszmodell készítéséhez használták.

### 15.3. Mécses

Egy római kétlángú bronzmécses elkészítésének egyik módját – mely során a mécses-testet, tehát a forgástestet viaszsztergálással alakíthatták ki – a 16.3 pontban részletesen bemutatom. Az olyan egy- vagy többlángú bronzmécsesek (124. ábra), melyek forgástestet tartalmaznak, a kerámiamécsesek készítéséhez alkalmazott technikával is elkészíthetők.



124. ábra: Forgástesteket tartalmazó, római kori háromlángú mécses

A kerámiamécsesek készítésével megegyező módon, méhviaszból is el lehet készíteni a két részből összeállított viaszmécses-modellt. Az agyaghoz hasonlóan a viaszlapot is könnyen a mécses-negatívba lehet nyomni. Ilyenkor a mécses-test és a mécses-orrok egy darabból állnak. A mécses felső része a discusból és a mécses-orr fedőlapjából áll, melynek végén van kialakítva a lángnyílás. Valószínűleg még a mécses alsó és felső részének összedolgozása előtt helyezhették az agyagmagot a mécses-testbe és az orr-üregbe, hogy az olajnak, illetve a kanócnak kialakítsák a helyét. Mivel a discus tetején és a lángnyíláson keresztül a belső mag és a külső beagyazó anyag összeköttetésben van, ezért nincs szükség magrögzítő tüskék alkalmazására.

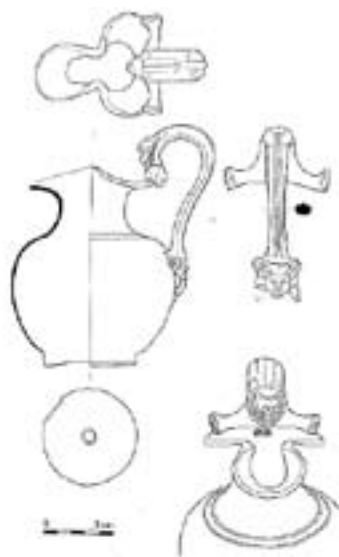
Ezt követően már minden a viaszveszejtési öntés szabályai szerint történik.

#### 15.4. Oinochoe

A kerámiaedények közül a lóherekiöntős korsó az, melynek fém megfelelője őrizhet viaszsztergálásra-forgácsolásra utaló nyomokat. A kerámiából készült lóherekiöntős korsókkal megegyező módon a fém oinochoe-k szája is torzított, de elkészítésük több módon is történhetett. (125-127. ábra)



125. ábra: Görög bronz oinochoe (Kr. e. 3-4. század)



126. ábra: Oinochoe - Lóherekiöntős bronz korsó rajza



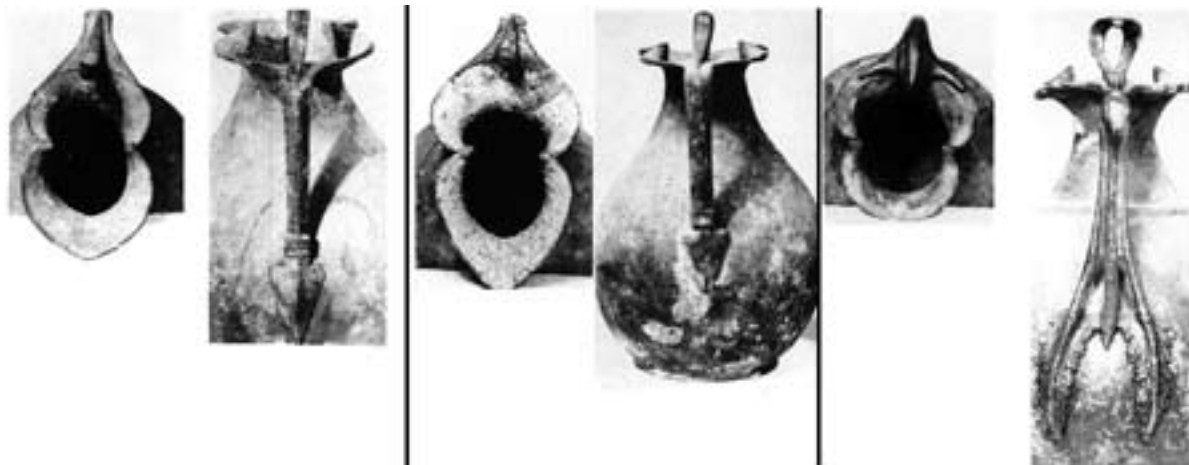
127. ábra: Oinochoe - Lóherekiöntős bronz korsó

A korsók fülét és talpát legtöbbször külön készítették és utólag applikálták a testre. A fül öntéséhez általában szabadon formázott, vagy formába nyomott viaszmodellt használtak, de előfordulhatott az is, hogy a fémolvadékot közvetlenül a negatívformába öntötték.

A korsó talpa kalapálással vagy öntéssel készült. A talpat sokszor díszítették koncentrikus bordákkal és árkokkal. Azt, hogy ezek a talptípusok fémként, fémesztergán vagy még viasz-ként lettek kialakítva nehéz meghatározni, de nem is célom minden forgástest vagy forgástestet tartalmazó tárgy készítésének módjára valamilyen javaslatot tenni, csak az, hogy bemutassam azokat a tárgytípusokat, melyek biztosan csak viaszsztergálással készíthetők el. A talpról egyértelműen kijelenthető, hogy készülhetett viaszsztergálással-forgácsolással.

A korsók testének a kialakítása kétféleképpen történhetett. A vékony falú korsótestet és nyakat is kalapálással, felhúzással alakították ki, melyre fület és talpat applikáltak.

A vastagabb falú öntvényből készült korsók teste és nyaka, úgy gondolom, hogy elkészíthető viaszsztergálással és – hasonlóan a kerámia oinochoe szájának torzításához – a viasznyak is szabadon formálható még öntés előtt. (128. ábra)



128. ábra: Pompeiben előkerült, római kori oinochoe-k szája és nyaka

Mivel a korsó teste sok esetben több darabból állhatott (talp, has vagy test, nyak), ezért nem zárható ki a különböző technikák egy tárgyon való alkalmazása sem.

### 15.5. Kerécsapágy persely

2003 őszén, Óbudán, a Bécsi út 39/b. szám alatti feltáráson került elő annak a római kori két lovas kocsi-temetkezésnek a maradványa, mely – viaszsztergálás szempontjából – nagyon érdekes bronz alkatrészeket tartalmazott.

A négykerekű kocsi küllős kerekein, egyenként két-két bronzból készült kerécsapágy persely biztosította a pontos és minél kisebb súrlódással járó forgást. A bronzperselyek vas felületen fordultak el.

Az előkerült 6 darab henger alakú persely belső átmérője 120 és 128 mm között-, falvastagságuk 1,5 és 4,8 mm között-, magasságuk pedig 62 és 75 mm között változott.

A perselyeknek nem csak a méretük, de minőségük is nagyon eltérő volt. Ami minden persely külső felületére egyaránt jellemző volt, az a készítésüknél alkalmazott forgó mozgásra utaló, különböző szélességű és mélységű, körbefutó árok. Egyes darabok felülete szinte teljesen sík volt, de a korróziós termék alatt így is jól látható volt a körbefutó, keskeny kis árkok többé-kevésbé szabályos sora. Néhány darabon a sík felületet két hármás-árokkal díszítették, melyeknél a középső árok széles „U” profilú, a két szélső pedig keskeny „V” profilú. (129. ábra)

A kocsihoz tartozó vaselemek és alkatrészek nagy része hiányos, ami a régészek szerint természetes dolog a kocsi-temetkezéseknél. Ennek oka egyfelől a vasnak, mint nyersanyagának a magas használati értéke, másfelől, hogy a kocsi működőképessége, illetve tartóssága nem volt elsődleges szempont. Az egyik kerékbe olyan csapágy perselyt építettek, mely törött volt, de a korabeli javítás, a működést egyáltalán nem befolyásolta. (130. ábra)



129. ábra: Római lovas kocsi 2. számú kerécsapágy perselyén látható, szabályos viaszsztergálási nyomok



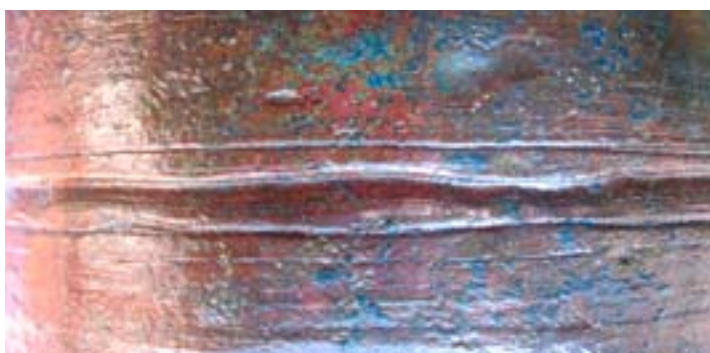
130. ábra: Római lovas kocsi 3. számú kerécsapágy törött perselyének javítása belülről, átlapolással történt. A fémlemez 6 szegeccsel rögzítették

A római kori viaszsztergálás-forgácsolás létezésének szembetűnő és műszeres vizsgálatok nélkül is egyértelmű bizonyítékát őrzi az egyik bronz csapágy persely. (132–133. ábra)

A persely külső felületén, a többi perselyhez hasonlóan az árkok többé-kevésbé egymással párhuzamosan futnak körbe. Azonban ennek a perselynek a két hármás-árok kialakításáról – a 130. ábrán látható persellyel ellentétben – már nem mondható el, hogy szépek és szabályosak. A két szélső „V” profilú árok szinte csak jelzés értékű, de a középső, széles ároknak a pozíciója, iránya és a profilja is nehezen meghatározható. (131. ábra)

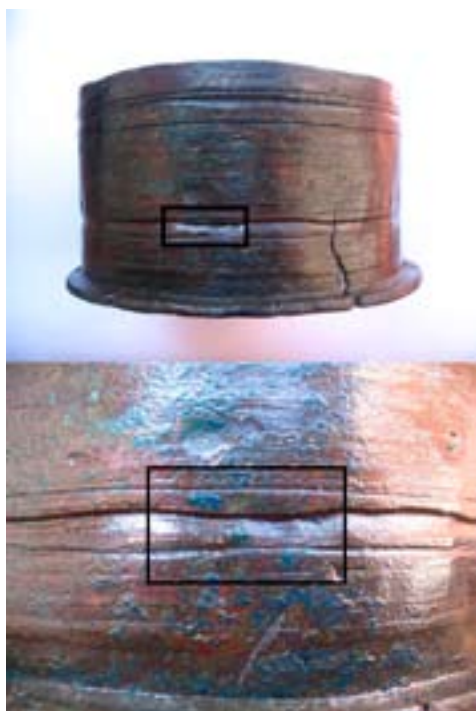
Ha nem lenne egy analóg darab, melyen következetesen alakították ki a két hármás-árkot, akkor nem lehetne egyértelműen megállapítani, hogy a 132. ábrán látható nyomok milyen díszítő félkész állapotát vagy rontott változatát mutatják.

Úgy gondolom, hogy fémként esztergálással csak egyenes vagy nagyon nyújtott hullámvonalú körbefutó árkot és bordát lehet kialakítani, olyan rövid hullámvonalat, mint amilyenek az árok egyes jelölt részein láthatóak, olyat nem. (132–133. ábra)



131. ábra: A két „V” profilú árok között futó szabálytalan vonalú árok a római lovas kocsi 1. számú kerécsapágy perselyén





132. ábra: Római lovas kocsi 1. számú kerécsapágy perselyén látható szabályos és szabálytalan viaszsztergálási nyomok



133. ábra: Római lovas kocsi 1. számú kerécsapágy perselyének másik oldalán látható szabályos és szabálytalan viaszsztergálási nyomok

Számomra a középső árok kialakítása komoly bizonyítékot jelent a viaszsztergálásra, mint alkalmazott technikára.

Meggyőződésem, hogy ezt az árkot lassan mozgó(forgó), puha, képlékeny anyagban alakították ki.

## 16. REKONSTRUKCIÓK KÉSZÍTÉSE

### 16.1. Római kori bronztükör rekonstrukciójának elkészítése

Egy rugalmas körlemez középpontjába száras csavart rögzítettem (134. ábra). Tudatosan nem egy merev korongot fogtam be a csavarok közé, mert szerettem volna megtudni, hogy mi történik, ha a forgó rendszer esetleg több ponton is tökéletlen.

A tükör magjának kialakításához modellgipszet használtam. Fúróba fogtam a csavarszárat, majd alacsony fordulatszámon kör alakúra és kissé homorú felületűre esztergáltam a gipszet (135. ábra). Ezt követően lyukakat fúrtam a gipszmag felületére, melyek a beömlőnyílások kialakítására szolgáltak (136. ábra). Elsőként kézzel gyúrt, zömített méhviaszt nyomtam a lyukakba és a gipsz homorú felületére (137. ábra). A viasz síkján forgácsolással koncentrikus bordákat alakítottam ki. A bordák felületén kialakult sugárirányú redőkről akkor még csak feltételeztem, hogy a forgó rendszer pontatlanságának eredménye (138. ábra).



134. ábra: Egy körlemez középpontjába száras csavart rögzítettem



135. ábra: Modellgipszet raktam a lemez felületére, melyből -alacsony fordulaton- konkávová esztergálással alakítottam ki a magot



136. ábra: A beömlőnyílások kialakítására szolgáló lyukak



137. ábra: A kézzel gyúrt, zömített, méhviasz



138. ábra: A viasz felületén látható sugárirányú redők



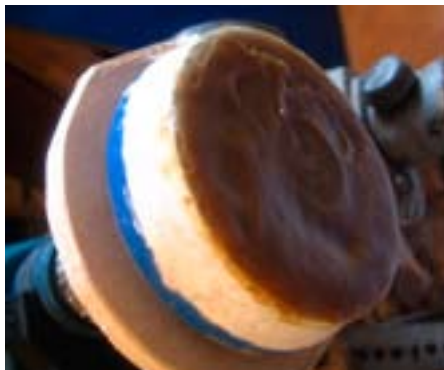
139. ábra: Az inhomogén, egyenetlen felületű viasz

A viaszon világos foltokban mutatkozó inhomogenitást fedeztem fel, mely a gyúrás és a zömítés során bezárt légbuborékokból adódott. Ez a probléma egyenetlen felületet eredményezett. (139. ábra)

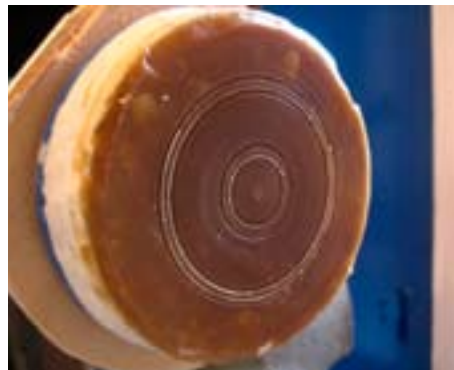
A második próbálkozásnál ecsettel, olvasztott állapotában, több rétegben vittem fel a méhviaszt a gipszmagra és fakoronggal támasztottam alá a vékony lemezt, így megszűnt a tengelyhez



viszonyított elmozdulása is (140. ábra). A viasz érezhetően homogénebb lett és jobban megmunkálhatóbbá vált (141. ábra). A forgácsolás során kialakult sugárirányú bordák képződése a mag és a tengely merevségével szinte teljesen megszűnt. (142-143. ábra)



140. ábra: A homogén, egyenletesen felvitt viasz



141. ábra: A síkra esztergált viasz felülete a két belső koncentrikus bordával



142. ábra: Szinte teljesen megszűnt a sugárirányú redők kialakulása



143. ábra: A tükör kész viaszmodelljének koncentrikus bordákkal díszített hátoldala

Mivel az anyagvizsgálatok alapján az Aquincumban előkerült bronztükrök óntartalma minimum 23% volt, ezért megkértem Wild György bronzöntő-mestert, hogy a tükrök öntésekor a bronz olvadék összetételét úgy állítsa össze, hogy annak az óntartalma lehetőség szerint több legyen, mint 20%.

Az így kapott nyers fémöntvények első látásra esztergált forgástesteknek tűntek. (144-146. ábra) Több régész kollégám véleményét megismerve azt mondhatom, hogy ha ezek az öntvények földből kerültek volna elő, megfelelően dokumentált körülmények között, akkor a meghatározásukban is nagy valószínűséggel szerepelt volna az „esztergált” szó.



144. ábra: Az első, gyúrt viaszból esztergált tükörmodell, magas-öntartalmú bronzötövetének nyers öntvénye



145. ábra: A második, ugyancsak gyúrt viaszból esztergált tükörmodell, magas-öntartalmú bronzötövetének nyers öntvénye

A harmadik tüköröntése előtt, a beömlő rendszer kialakításakor – valószínűleg véletlenül – néhány csepp viasz kerülhetett a tükör koncentrikus bordákkal díszített felületére, melyeket öntés után sem távolítottam el. Először nem örültem neki, hogy pont a legjobban sikerült darab felületére cseppent a viasz, de végül kifejezetten boldoggá tett a jelenlétük. Mindennek az az egyszerű oka, hogy a cseppek jelenlétével indirekt módon bizonyítható az elméletem, miszerint viaszesztergálással készülhettek azok a szabályos forgástesteket is tartalmazó, római kori bronztárgyak, melyek felületén olyan, a forma síkjából kiemelkedő díszítmények találhatóak, melyek megtörik a forgástest körprofilját. (147. ábra)



146. ábra: A harmadik, a magra ecseteléssel felvitt viaszból esztergált tükörmodell magas-öntartalmú bronzötövetének nyers öntvénye



147. ábra: A harmadik ónbronztükör koncentrikus bordákkal díszített oldalán, az „A” és „B” jelzésű területen látható viaszcsepp okozta anyag többlet. Római kori bronz merítőedény anyagvizsgálata

Bizonyítás szempontjából az 147. ábrán fekete kerettel jelölt cseppek nagyon fontos helyre kerültek. Mindkét csepp egyszerre helyezkedik el a tükör díszített oldalának síkján és a borda kialakítására szolgáló árokban, tehát mindkettő megszakítja a koncentrikus árok esztergált-forgácsolt profilját. Ahhoz, hogy a csepp és a borda közti kapcsolat vizsgálható legyen, radiális vagy tangenciális metszetet kell venni a tükörből. Ezt követően már csak azt kell vizsgálni, hogy szerkezetileg egy anyagból van-e a két rész, illetve a két rész között jelen van-e bármilyen harmadik kötőanyag. Amennyiben a vizsgálat nem mutat ki kötőanyagot és szerkezetileg egynek tekinthető a két rész, abban az esetben bizonyított a viaszesztergálás alkalmazása.

## 16.2. Római kori bronz merítőedény (simpulum) rekonstrukciójának elkészítése

A merítőedény rekonstrukciójának elkészítéséhez száras csavart rögzítettem egy rétegelt lemezről kivágott koronghoz. (148. ábra) A korongot megfúrva dróthurkokat fűztem a lyukakba, ezzel kívántam erősebb kötést biztosítani az edény belső magjának. Egy hosszúkás műanyag edénybe modellgipszet kevertem, majd beleeresztettem a dróthurkokat úgy, hogy a korong körbe felfeküdjön az edény szélén. A gipsz kötését követően eltávolítottam róla a műanyag edényt és a menetes szárat a satuban rögzített fűrőgépbe fogtam. (149. ábra) Az enyhén nedves gipszből, alacsony fordulatszám mellett, forgácsolással alakítottam ki a merítőedény belső profiljának negatívját. (150. ábra) A kiszáritott gipszmagra először kézzel gyúrt, zömített méhviaszt nyomtam, (151. ábra) melyet forgácsolással próbáltam alakítani. (152. ábra) A viasz gyúrás miatti inhomogenitása és a gipsz és a viasz között hiányzó kötés szinte lehetetlenné tette az edény profiljának kialakítását. (153. ábra)



148. ábra: A rétegelt lemezről elnagyoltan kivágott korongba körbe drótot fűztem, ez biztosította a modellgipsz kemény kötését a falemezhez. A fűrőtokmányába a korong közepén keresztül haladó, hosszú szárú csavart fogtam



149. ábra: A gipszkeverésre használt műanyag edény formáját átvett gipsztömböt a merítő edény pereménél mért, legnagyobb átmérővel megegyező méretű rúddá esztergáltam



150. ábra: A gipsz rudat a merítő edény belső profiljával megegyező, pozitív formára esztergáltam



151. ábra: Első kísérletnél a kézzel gyúrt, zömített méhviaszt nyomkodtam a gipszmag végére





152. ábra: A viasz esztergálásánál-forgácsolásánál a leválasztott viaszforgácsot érdemes azonnal eltávolítani a késről, mert visszakenése a felületre komoly problémákat okozhat.



153. ábra: A gipsz mag és a viasz közt hiányzó kötés következtében a modell folyamatos mozgásban volt, ami egyenetlen felületet eredményezett

Második kísérletnél, a római tükör viaszmodelljének készítéséhez hasonlóan már ecsettel, olvasztott állapotában, több rétegben vittem fel a méhviaszt a gipszmagra. (154-155. ábra)



154. ábra: A merítő edény vékony falának kialakításához - a tükör rekonstrukciójának készítéséhez hasonló módon - ecseteléssel vittem fel az olvadt viaszt a gipszmagra



155. ábra: A viasz felhordásánál figyelembevettem a talpgyűrű helyzetét is

A felvitt viasz dermedés után már nagyon jól forgácsolható volt, az egész vékony talpgyűrű kialakítása sem okozott komolyabb gondot. (156. ábra) Az edényfül kialakításához sablont készítettem. A fül tervezett helyén a gipszmagra olvadt viaszt vittem fel csepegtetéssel, több rétegben, melyet dermedés után a sablon segítségével, késsel formára vágtam. (157-158. ábra) Az edényfül vastagságának kialakítását és felületének elnagyolt kidolgozását még a viaszban elvégeztem. (159. ábra)



156. ábra: A több rétegben felvitt olvadt viasz, homogenitásából adódóan, nagyságrendekkel könnyebben forgácsolható, mint a gyúrt, zömített modell



157. ábra: A forgás a második próbálkozásnál már szinte tökéletesen központos volt, ami lehetővé tette a talpgyűrű – eredetivel közel azonos – vékonyságának kialakítását. A merítő profiljának kialakítását követően az edényfül megformálásához is ecseteléssel vittem fel az olvadt méhviaszt a magra



158. ábra: A fül formája egy sablon és egy szike segítségével könnyedén kialakítható



159. ábra: Az eredeti edényfülén látható díszítéseket reszeléssel is létre lehet hozni, de minden munka, mely elvégezhető a viaszmodellben azt feltehetően el is végezték a fémedények készítői

A merítőedény testét és fülét igyekeztem az eredetivel azonos profilúra, méretűre és falvastagságúra készíteni. (160. ábra) A tojássor bélyegzőt vörösrézből készítettem el. (161. ábra)



160. ábra: Az elkészült viaszmodell a tojássor-díszítmény bebélyegzése előtt



161. ábra: A tojássor-díszítés bélyegzőjét vörösrézből készítettem el, az eredetivel megegyező méretben. A bélyegzett mintát egymástól egyenlő -az eredetitől eltérően nagy- távolságra helyeztem el. Eleinte a viasz sokszor beleragadt a bélyegzőbe, ezért a viaszmodellt lehűtöttem, és a bélyegzőt olajba mártással impregnáltam. Így már az eredetivel közel azonos minőségű bélyegzéseket kaptam.

A viaszba bélyegzés során azt tapasztaltam, hogy a vékonyan bezsírozott bélyegzővel könnyebb dolgozni, mert nem tapad rá a viasz. Sajnos véletlenül a merítőedény rekonstrukciója is – a tükrök öntéséhez összeállított – magas óntartalmú bronzötvözetből lett kiöntve, de a forgástestre jellemző jegyeket így is megőrizte a fémöntvény. (162. ábra)



162. ábra: A merítőedény-rekonstrukció nyers öntvényének koncentrikus bordákkal díszített alja

### 16.3. Római kori, kétlángú bronz mécses rekonstrukciójának elkészítése

A római kori kétlángú bronzmécses 2006-ban, egy budatétényi császárkori temető feltárásánál, egy Kr. u. I. század második harmadára datált sírból került elő. Jelenleg a Budapesti Történeti Múzeum „Ősi népek, antik kultúrák” című állandó kiállításán látható. (leltári szám: 63.2.541) (163. ábra)



163. ábra: A Budapesti Történeti Múzeum „Ősi népek, antik kultúrák” című állandó kiállításán látható római kori, kétlángú, bronzmécses

Ez a mécses – a merítőhöz és a tükrökhöz hasonlóan – nagyon fontos szerepet játszik annak bizonyításában, hogy a római kori forgástestet tartalmazó fémtárgyak formája viaszsztergálással történhetett.

Nem volt lehetőségem mintát venni a mécses-orr és a mécses-test illesztési részéről, így műszeres vizsgálatot sem tudtam végezni, mégis biztos vagyok abban, hogy az egész mécses egy öntvény. (164. ábra) A bizonyítás alapját a harmadik tükrörekonstrukció viaszmodelljének, öntésre előkészítésekor történt, figyelmetlenségből eredő probléma adja. A mécses esetében ez azt jelenti, hogy adott egy szabályos forgástestet (mécses-test) és két nyúlvány (mécses-orr), melyek a forgástesthez rögzülnek. (165. ábra)



164. ábra: A mécses-orrak illesztését két-két, valószínűleg utólag reszelt bordával díszítették



165. ábra: A mécses felső felületén szabad szemmel is jól láthatóak a koncentrikus bordák és árkok



Megvizsgáltam a mécses-orrok és a mécses-test illeszkedési részét. (166. ábra) Semmilyen kötő- vagy forrasztanyag jelenlétére utaló nyomot nem találtam. A kanóc a mécses-test belsőjéből úgy jutott el az orr belső üregén keresztül az orr végén található lángnyílásig, hogy a mécses-test falát még viaszként átfúrták és a furatot az orr illesztésekor az orr belső üregével összedolgozták. (167. ábra)



166. ábra: A mécses teste és talpa kétséget kizáróan esztergálással készülhetett, de a két orr és a test között nincs forrasztás, tehát egy anyagból van öntve az egész mécses. Ez azt jelenti, hogy a test profiljának kialakítása az orrok felhelyezése előtt történt, vagyis mindenképpen az öntés előtt történhetett az esztergálás is



167. ábra: A mécses-test falának átfúráásával kialakított járat, mely a mécses-test üregét köti össze a mécses-orr üregével

A bronz mécses-testeket és -orrokait minden szakirodalom egy öntvényként kezeli. Egyetlen hivatkozással sem találkoztam, ami arra utalt volna, hogy bármilyen vizsgálattal bizonyítást nyert az a feltételezés, miszerint a mécses-orrok a mécses-test applikáció lettek volna, melyek a mécses-test öntését követően kerültek rögzítésre. (168. ábra)

Az aquincumi kétlángú mécses teste és talpa tökéletesen szabályos forgástest, melyet körbefutó árkok és bordák díszítenek, tehát viaszként történő esztergálását minden kétség nélkül el tudom fogadni. (169. ábra) A mécses-orrok viaszmodelljének elkészítése történhetett szabadon formázással, formába préseléssel vagy öntéssel. Bármelyik módszerrel készülhetett, mert a viasz mécses-testre applikálásukat készítésük módja semmilyen szinten nem befolyásolja.



168. ábra: A mécses külső profiljának öntés utáni kialakítása esztergálással lehetetlen, mert az orrok nem teszik lehetővé a kész felületen való körbefutását



169. ábra: A orrok nélküli mécses teste tökéletes forgástest

A rekonstrukció elkészítéséhez készítettem egy 1:1-es méretű keresztmetszeti rajzot. A rajz segítségével készítettem el a mécses belső magjának profilját kialakító szerszámot. (170. ábra)



170. ábra: A belső mag profiljának elkészítéséhez átmásolt és kivágott rozsdamentes acéllap.

A merítődény rekonstrukciójánál már ismertetett módon száras csavart rögzítettem egy rétegelt lemezből kivágott koronghoz. A korongba pozdorjacsavarokat hajtottam, hogy kötést biztosítsanak a korong és a gipszmag között. (171. ábra) Egy hosszúkás műanyag edénybe modellgipszet kevertem, majd – pozdorjacsavarokkal lefelé – beleeresztettem a korongot a gipszbe. (172. ábra)



171. ábra: A rétegelt lemezből kivágott korong előkészítése a gipszmag kialakításához



172. ábra: A képlékeny gipszbe eresztett száras-fakorong

A gipsz kötését követően eltávolítottam róla a műanyag edényt és a menetes szárat a satuban rögzített fűrőgépbe fogtam. (173. ábra) Alacsony fordulatszámon lenagyoltam a gipsztömböt (174. ábra) és a készített szerszám segítségével kialakítottam a mag profilját. (175. ábra) Az így elkészült gipsz mécses-magot hagytam teljesen kiszáradni. (176. ábra)



173. ábra: A megkötött, de még nedves gipszet, satuval rögzített fűrőbe fogtam



174. ábra: A mécses magjának kialakításához lenagyoltam a gipszet



175. ábra: A mag tökéletes formájának kialakításához a már kivágott profilt használtam



176. ábra: A kész mag.

Az első magra több rétegben, ecseteléssel vittem fel a meleg méhviaszt. (177. ábra) A lenagyolt forma felülete egyenetlen volt, a viaszrétegek több helyen elváltak egymástól. (178. ábra) Ez abból adódhatott, hogy ecseteléskor az egymásra felvitt viaszrétegek között nagy volt a hőmérsékletkülönbség. Két réteg között nem alakulhatott ki komolyabb kötés, mert a felvitt réteg hamar kihűlt és megdermedt, mire a következő réteg rákerült.



177. ábra: Első próbához ecseteléssel a másodikhoz méritéssel vittem fel a kész magra a méhviaszt



178. ábra: Az ecseteléssel felvitt viaszrétegek könnyen elváltak egymástól, ebből adódott az egyenetlen felület

Tanulván az első próbálkozásomnál felmerült problémákból, a meleg viaszba mártással leolvasztottam a legkülső rétegeket és az új felületet már a lassan hűlő viaszba mártva alakítottam ki. (179-180. ábra) Így egy homogén anyagot kaptam, melynek forgácsolása már problémamentes volt. A belső mag profiljának kialakításához hasonlóan a mécses-testhez is készítettem egy profil-sablont. Végül az esztergált viasz felülete kifogástalan lett. (181. ábra) Csak azért, hogy megtudjam milyen finom bordák örökíthetők át a fémöntvénybe, finom árkokat karcoltam késsel a felületbe az esztergálás végén. (182. ábra)



179. ábra: A viasz esztergálásának megkezdésekor még kissé üt a forgó test, de a marókés hegyét használva gyorsan és hatékonyan elérhető, hogy egyenletes legyen a forgácsolás.



180. ábra: Az első próbálkozásnál csak kést használtam a mécsesestest profiljának kialakításához





181. ábra: Miután a kés alátámasztását rögzítettem, már egyenletesebbé vált a forgácsolás. Láthatóak az ecsetelés okozta zárványok, de ha azok nem közvetlenül a külső felület alatt helyezkednek el, akkor jelenlétük nem okoz semmilyen problémát



182. ábra: A mécses-test és a discus felülete a második próbálkozás után

A mécses-orrak elkészítéséhez viasztömböket öntöttem, melyekből faragással alakítottam ki az elnagyolt formát. (183-184. ábra)



183. ábra: A mécses-orr nagyolása, melynek elkészítéséhez öntött viasztömböt használtam. A falvastagságra ügyelve az orr belsejét - az eredetivel megegyező módon - üregesre faragtam. A kész mécses-test felülről az első próbálkozás után



184. ábra: A mécses-orr illesztési próbája

Ahhoz, hogy a mécses-test és a mécses-orr ürege között kapcsolat legyen, a mécses falát ki kellett fúrni. (185. ábra) A mécses belső magja így már összekötöttsébe került a mécses-orr üregének magjával (186. ábra)



185. ábra: A mécses-test és az orrok belső magjai közti kapcsolathoz átlukasztottam a mécses falát



186. ábra: A mécses-test falán fűrt lyukat gipsszel töltöttem fel, mielőtt összedolgoztam volna az orrokat a testtel

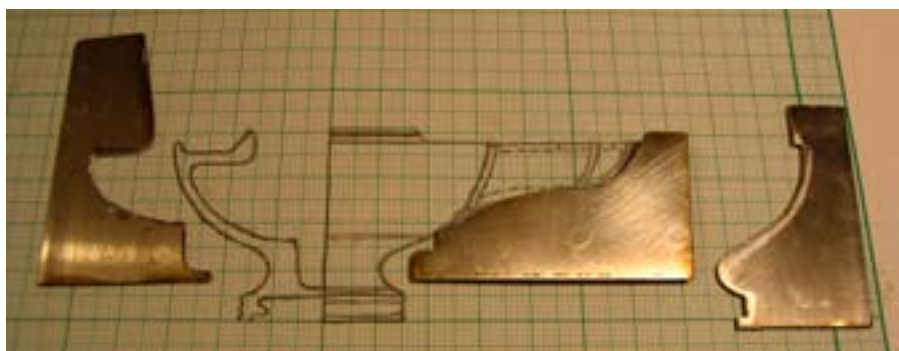
Az orrokat és a testet forró kés segítségével illesztettem össze. Az illesztés során nem sértetem meg a mécses-test profilját. A illesztési felület eldolgozását követően kialakítottam az orr öntésre kész formáját. (187-188. ábra) Az orr és a test pontos kapcsolódásához is profil-sablont készítettem. (189. ábra) Az eredeti bronz- és az így elkészült viaszmécses profilja szinte egybevágott. A viaszmécses orrába is samottos gipszet töltöttem, hogy a kanócnak kialakított üreg az öntvényben is megmaradjon.



187. ábra: A kidolgozott és az elnagyolt mécses-orr alulról



188. ábra: A kidolgozott mécses-orr felülről



189. ábra: A második mécses-test elkészítésénél nem csak a mag megformálásához használtam profilt, hanem a viasztest külső felületét is profil segítségével kívántam kialakítani és a nyak elkészítéséhez is profilt reszeltem

Az első öntés nyers öntvényén látható, hogy egy beömlőnyíláson keresztül kitáplálható a mécses formája. (190. ábra) Sajnos csak öntés után tapasztaltam meg, hogy miért nem szabad porózus, zárt pólusú beágyazó anyagot használni, ugyanis a samottos gipsszel ellentétben a tiszta modellgipsz nem engedi át a fémgőzöket, melyek a dermedő fémből nem tudnak távozni ezért zárványossá válik tőlük az öntvény. Ugyan a mécses discusának közel 30%-a nem folyt ki, de a meglévő részek egyértelműen esztergálás nyomait őrzik. (191. ábra)



190. ábra: Az első viaszmécses nyers öntvénye, a talpából kiálló öntési csonkkal és a beágyazóanyag tetején szétterülő bronzolvadékkal. A mécses felületén látható lyukak illetve zárványok a belső mag csekély gázáteresztő képességének az eredménye



191. ábra: A hiányok ellenére jól látható a mécses-discuson a kettős koncentrikus árok

A második mécses öntésnél még mindig jelentkeztek öntési hibák, de közel nem annyi, és nem olyan mértékű, mint az első próbálkozásnál. (192. ábra) A mécses-discus viaszmodellben – tudatosan – kialakított koncentrikus bordázata az öntvénybe is nagyon jó minőségben átöröklődött. (193-194. ábra)



192. ábra: A második viaszmécses nyers öntvénye. 1. A talpából kiálló öntési csonk, 2. A talpat díszítő hármaskörű borda, 3. A mécses-testen körbefutó kettős vájat, 4. A beágyazóanyag tömörségéből adódó öntési hiba



193. ábra: A viasz felültén apró bordákat és árkokat hoztam létre tudatosan, hogy megtapasztaljam milyen részletgazdag felületet lehet kapni öntés után, vagy milyen mértékű lesz a felület estleges tompulása, zavarossá válása





194. ábra: A nyers öntvény discusán látható koncentrikus barázdák és árkok



195. ábra: A mécses-test nyers öntvényén látható apró, körbefutó barázdák és árkok



196. ábra: A két viaszmécses nyers öntvénye

## 17. ÖSSZEGZÉS

A római kor készítéstechnikáit kutató szakemberek számára a viaszveszejtéses öntési eljárás kicsit talán olyan, mint a Columbo rajongóknak a hadnagy felesége, akiről mindenki tudja, hogy létezik, de a drága asszonyt még senki nem láthatta.<sup>17</sup> Pedig a nyomozó előszeretettel emlegeti feleségét, hogy milyen koncertre rángatta el a minap, vagy mennyire nem szereti ha a kutya bejön a nappaliba, illetve hogy milyen olasz specialitással várta otthon előző este – ami egyébként a kedvenc étele – és asszonya pont olyan jól készíti el, mint ahogy olasz édesanyja készítette régen. Tehát rengeteg közvetett-, de semmilyen kézzelfogható bizonyíték.

Kutatásom során nagyon sok segítséget, tanácsot, javaslatot kaptam szakemberektől és kívülállóktól egyaránt. A kutatástól várt eredmény a munka során sokat változott. Megszámíthatatlanul sok kérdéssel vágtam neki a feladatnak és az út során újabbak és újabbak fogalmazódtak meg bennem, míg a legtöbbről közülük meg is kaptam a választ. Az egyértelmű válaszoknak köszönhetően sokszor be kellett hogy lássam egy-egy feltételezésem alaptalannak bizonyult, vagy nem egészen úgy van, ahogy azt én korábban elképzeltem. Mindennek ellenére kifejezetten szerencsésnek tartom magam, mert a rengeteg bronztárgy közül, melyeket vizsgáltam a munkám

<sup>17</sup> Columbo-amerikai bűnügyi filmsorozat, főszereplője Columbo hadnagy, egy olasz származású, kissé hóbortos, de szórakoztató nyomozó

során, lehetőségem volt komolyabban is megvizsgálni azt a néhányat, melyek végül különböző módon, de alátámasztották, bizonyították feltételezéseimet.

A római kori bronztükrön (3. *ábra*), a bronz merítőedényen (simpulum, 15–16. *ábra*), a két-lángú bronzmécsesen (165. *ábra*) és a római kerékcsapágy perselyen végzett vizsgálatok alapján, és közülük három tárgy rekonstrukciójának elkészítése során megtapasztaltam, hogy egy belső agyag vagy kerámia magra felvitt méhviaszréteg forgácsolásával bizonyos forgástestek könnyen elkészíthetőek akár esztergán vagy korongozóasztalon is. Az is bizonyítást nyert, hogy a viaszon kialakított részletgazdag felületek, az esztergálásra, forgácsolásra utaló koncentrikus, körbefutó bordák és árkok a bronzöntvényen is – közel azonos minőségben – megtalálhatóak. (196. *ábra*) Tehát a viaszveszejtési öntési eljárást teljes mértékben alkalmasnak találom a forgástesteket tartalmazó viaszmodellek fémből történő kiöntésére. Fontosnak tartom hangsúlyozni, hogy következtéseimet a római kori fémesztergálás – mint technika – létezését elismerve vontam le, de alapvető és logikus feltételezés, hogy a kézművesek elsősorban a méhviasz-modell minél részletesebb kidolgozására törekedtek, hogy minimalizálhassák a nehezebben megmunkálható és jóval keményebb fémmel való munkát.

Az általam bemutatott viaszesztergálást nem mint egyetlen járható utat, hanem mint a készítéstechnikák egy lehetőségét kívántam ismertetni és felhívni a figyelmet arra, hogy a fémművesség és a kerámiaművesség mennyire szorosan kapcsolódhatott egymáshoz.

## 18. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm témavezetőmnek dr. Menráth Péternek, dr. Járó Mártának és dr. Alice Choyke-nak, dr. Dobránszky Jánosnak, Józsa Júliának, Kolozsvári Krisztiánnak, Lukács Balázsnak, Silvia Mustatanak, Péter Attilának, Sajó Istvánnak, dr. Tóth Attilának, Wild Györgynek, családomnak, kollégáimnak és a Budapesti Történeti Múzeum vezetésének a munkámhoz nyújtott segítséget és támogatást. Köszönöm továbbá mindenkinek, aki csak egy kicsit is úgy kételkedet kutatásom eredményeiben, hogy tudatta is velem aggályait, és azzal segített tisztábban látni.

## 19. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Agostinetti, 1998 • P. Piana Agostinetti: La technique de la mise en forme de la vaisselle d'argent tardo-républicaine: quelques remarques au sujet de services à vin de Boscoreale aux Musei Capitolini et d'Arcisate, Monographies Instrumentum 6, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998
- Bayley, 1990 • Justine Bayley: The production of brass in antiquity with particular reference to Roman Britain, 2000 Years of Zinc and Brass, British Museum, 1990
- Bayley, 2002 • Justine Bayley: Non-ferrous metalworking in Roman Yorkshire. Aspect of industry in Roman Yorksire and the North, Oxbow Books, Oxford, 2002
- Bayley, Budd, 1996 • Justine Bayley and Paul Budd: The Clay Moulds, 1996. I.C. Freestone and M.S. Tite: The petrography of the moulds. (The Artefacts of Fired Clay and the

- Plaster). Roman Castleford, Excavations 1974–85 Volume 1, West Yorkshire Archaeology Service, 1998
- Boon, 1974 • George C. Boon: Silchester The Roman town of Calleva. David & Charles Newton Abbot, London, 1974
- Boucher, Bigot, Barret, Munos, 2010 • Thomas Boucher, Stéphanie Bigot, Michel Barret, Matthieu Munos: Une cruche estampillée en bronze découverte en territoire biturige (Étrechet, Indre, France). Monographies Instrumentum No.32. 2010. déc. Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 2010
- Brescak, 1982 • Danilo Brescak: Roman bronz vessels in Slovenia, Dissertationes Musei Nationalis Labacensis, Ljubljana, 1982
- Brown, 1970 • P.D.C. Brown: A Roman Pewter Mould From St. Just in Penwith. Cornwall Cornish Archaeology/ Henthyscans Kernow No. 9, 1970
- Chardron-Picault, 2005 • Pascale Chardron-Picault: L'artisanat des alliages à base de cuivre de Vertault-Vertillum (Côte-d'Or), Revue Archéologique de l'Est, 2005
- Darling, A. S., 1990 • Darling, A. S: Non-Ferrous Materials, in An Encyclopaedia of the History of Technology, ed. I. McNeil Routledge, London and New York, 1990
- Farkas, 1981 • Farkas Lajos: A vésnök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981
- Feugère, 1994 • Michel Feugère: La Vaisselle Gallo-Romaine en bronze de Vertault (Côte-d'Or). Revue Archéologique de l'est et du centre-est, CNRS Editions, 1994
- Feugère, 2004 • Michel Feugère: Le tournage: une technique, une histoire, un colloque. Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004
- Flügel, Hüssen, 1996 • Christof Flügel und Claus-Michael Hüssen: Römische Bronzegefäße aus der Donauaue bei Großmehring, Lkr. Eichstätt, Sammelblatt des Historischen Vereins, Ingolstadt 105. Jahrgang 1996
- Gérolde, 1999 • Jean-Claude Gérolde: Fabrication d'un archet. Monographies Instrumentum 10, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1999
- Giumlia-Mair, 2000 • Alessandra Giumlia-Mair: Technical studies on the Roman cooper based finds from Emona. Berliner Beiträge zur Archäometrie Band 17, Berlin, 2000
- Goodall, 1972 • Ian H. Goodall: Industrial evidence from the villa at Langton, East Yorkshire. The Yorkshire Archaeological Journal, Volume 44, The Yorkshire Archaeological Society, 1972
- H. Hermans, 1970 • H. Hermans: The Craft of Metal Bowl Making in Roman Times. A Theory. Tagung über römische Bronzegefäße im Rijksmuseum G.M. Kam in Nijmegen vom 20. bis einsch. 23. April 1970. N.V. Daalderop-Tiel, 1970.
- Hodges H., 1970 • Hodges H.: Technology in the Ancient World, Allen Lane The Penguin Press, London, 1970
- Künzl, 2000 • Susanna Künzl: Der Zerbrochene Krug: Reparaturen an Römischen Metallgefäßen. Kölner Jahrbuch, 33. Band 2000, Gebr. Mann Verlag, Berlin, 2000
- Ladadj, 1998 • Jean Ladadj: Reconstitution de deux tours de tabletier gallo-romains à Vieux-la-Romaine (Calvados, France). Monographies Instrumentum 16, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998
- Mackensen, 2005 • Michael Mackensen: Tonabformung eines reliefvezierten Metallgefäßes des 3. Jahrhunderts aus dem zentraltunesischen Töpfereizentrum Sidi Marzouk Tounsi. Bayerische Vorgeschichtsblätter, Verlag C.H. Beck München, 2005
- Martin, 1978 • Max Martin: Römische Bronzegiesser in Augst, Basel. Archäologie der Schweiz. Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte-SGUF, 1978

- Meeks, 1993 • Nigel Meeks: Surface characterization of tinned bronze, high-tin bronze, tinned iron and arsenical bronze, *Metal Plating and Patination*, Butterworth Heinemann Ltd., 1993
- Mille, 2004 • P. Mille: Inventaire des différents types de tours utilisés en Europe occidentale, des origines à l'époque médiévale. D'après la documentation textuelle, archéologique et iconographique *Monographies Instrumentum 27*, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004
- Mutz, 1972 • Alfred Mutz: Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972
- Prammer, 1983 • Johannes Prammer: Handel und Handwerk. Gäubodenmuseum Straubing, Lipp KG. Graphische Betriebe, München, 1983
- Riederer, 1981 • Josef Riederer: Műkincsekről vegyész szemmel (Kunstwerke chemisch betrachtet). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
- Riederer, 2002 • Josef Riederer: The use of standardised copper alloys in Roman metal technology. *Monographies Instrumentum 27*, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2002.
- Tassinari, Burkhalter, 1980 • Suzanne Tassinari, Fabienne Burkhalter: Moules de Tartous: techniques et production d'un atelier de toreutique, *Toreutik und figürliche Bronzen römischer Zeit*, Staatliche Museen, Preußischer Kulturbesitz Berlin, 1980
- Tassinari, 1993 • Suzanne Tassinari: Il vasellame bronzeo di Pompei. L'Erma di Bretschneider, Róma, 1993
- T. Bíró, 2000 • T. Bíró Mária: Pannóniai csontfaragványok, *Enciklopédia Kiadó*, Budapest, 2000
- Tendron, 2009 • Graziella Tendron: Un témoignage inédit de découpe à l'aide d'un foret parmi les décors d'applique du sanctuaire du Gué-de Sciaux, Antigny (Vienne, France). *Monographies Instrumentum 29*, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 2009
- Treister, 2001 • Mihail Y. Treister: Hammering techniques in Greek and Roman jewellery and toreutics, *Colloquia Pontica Volume 8*, Brill Leiden-Boston-Köln, 2001
- Trotzig, 1991 • Gustaf Trotzig: Craftsmanship and function. Statens Historiska Museum, Stockholm, 1991
- Tweddle, 1986 • Dominic Tweddle: Finds from Parliament Street and Other Sites in the City Centre. Council for British Archaeology, 1986
- Pallai, 1972 • Pallai Sándor: Ötvösművészet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
- Pallai, 1976 • Pallai Sándor: Fémdíszmű. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- Pallai, 1976 • Pallai Sándor: Ötvösség, nemesfémipar, divatékszer készítés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- Picod (Sarrogna), 1998 • Christophe Picod (Sarrogna): Tournage expérimental du bronze: Reproduction d'épingles de type Villethierry. *Monographies Instrumentum 7*, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998
- Pozsgai, 1995 • Dr. Pozsgai Imre: A pásztázó elektronmikroszkópia és elektronsugaras mikroanalízis alapjai. ELTE Kiadó, Budapest, 1995
- Steinert, 1983 • R. Steinert – H. Hegewald: A fa esztergályozása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1983
- Szabó, 2009 • Szabó Géza: Archaeometallurgiai adatok a technológiai ismeretek és a nyersanyagok áramlásához a Kárpát-medence késő bronzkorában, *ΜΩΜΟΣ VI.* (Ed. Ilon G.) Szombathely, 2009

- Szakáll, 2011 • Szakáll Sándor: Ásvány- és kőzetan alapjai, Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011, [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0033\\_SCORM\\_MFFAT6101/sco\\_32\\_05.htm](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/sco_32_05.htm), 2012
- Welter, Guibellini, 2004 • Jean-Marie Welter and Roger Guibellini: How was Roman bronze ware manufactured?, *L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en méditerranée occidentale*, École Française de Rome, 2004
- Zorkóczy, 1968 • Dr. Zorkóczy Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1968
- Zsidi, 1991 • Zsidi Paula: Újabb villa az aquincumi municipium territoriumán (Bp. III. ker. Kaszás dűlő – Csikós utca) Budapest Régiségei 27, Budapesti Történeti Múzeum, Budapest, 1991

Internet:

- [http://hu.wikipedia.org/wiki/Szemerédi\\_Endre](http://hu.wikipedia.org/wiki/Szemerédi_Endre), 2012
- <http://hu.wikipedia.org/wiki/öntészet>, 2012
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Derveni\\_krater](http://en.wikipedia.org/wiki/Derveni_krater)
- [www.turningtools.co.uk](http://www.turningtools.co.uk), 2010
- [www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools\\_woodworking.html](http://www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools_woodworking.html), 2011

## 20. KÉPJEGYZÉK

1. Justine Bayley: Non-ferrous metalworking in Roman Yorkshire. Aspect of industry in Roman Yorksire and the North, Oxbow Books, Oxford, 2002, p. 103.
- 2–13. Rajz: Vecsey Ádám
14. <https://sites.google.com/site/atdinsdale/cu-sn>, 2012
- 15–18. Fotó: Vecsey Ádám
19. Fotó: Dr. Dobránszky János
20. Fotó: Vecsey Ádám
- 21–26. Fotó: Dr. Dobránszky János
27. Justine Bayley and Paul Budd: The Clay Moulds, 1996. I.C. Freestone and M.S. Tite: The petrography of the moulds. (The Artefacts of Fired Clay and the Plaster). Roman Castleford, Excavations 1974-85 Volume 1, West Yorkshire Archaeology Service, 1998, pp. 189-199
28. Max Martin: Römische Bronzegiesser in Augst, Basel. Archäologie der Schweiz. Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte-SGUF, 1978, p. 114
29. Justine Bayley and Paul Budd: The Clay Moulds, 1996. I.C. Freestone and M.S. Tite: The petrography of the moulds. (The Artefacts of Fired Clay and the Plaster). Roman Castleford, Excavations 1974-85 Volume 1, West Yorkshire Archaeology Service, 1998, p. 209
30. Michaela Kronberger: Drei Silbergefäße aus der Sammlung des Wien Museum, Fundort Wien 9, Phoibos Verlag, 2006, pp. 106-130. 31.

32. Priolo Relief: Funerary altar of Eutyches from the Priolo cemetery of Sicily, depicting a bow, drill, compasses, and a ruler. Magasság: 107 cm, Nemzeti Múzeum, Szirakúza, Szicília. Published by Orsi in 1891 in *Notizie degli Scavi*.
- 33–34. Gróf, Péter: Rózsafűszér és játékkocka iparosműhely a középkori királyi városban. *Élet és Tudomány* 1988/7, Budapest, 1988, pp. 195-197.
35. Készítette: Vecsey Ádám
- 36–37. Gróf, Péter and Gróh, Dániel: The Remains of Medieval Bone carvings from Visegrád. In É. A. M. Choyke–L. Bartosiewicz eds.: *Crafting Bone – Skeletal Technologies through Time and Space*. British Archaeological Reports, International Series 937, Oxford:Archeopress, 2001. pp. 281-285.
38. Stocks, D.A.: Testing ancient Egyptian granite-working methods in Aswan, Upper Egypt. *Antiquity*, 2001, p. 75
39. Készítette: Vecsey Ádám
40. P. Mille: Inventaire des différents types de tours utilisés en Europe occidentale, des origines à l'époque médiévale. D'après la documentation textuelle, archéologique et iconographique *Monographies Instrumentum* 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004
41. Rajz: Vecsey Ádám
42. Készítette: Vecsey Ádám
43. <http://www.wood-lathe.org/articles/a-brief-history-of-wood-lathes>, 2012
44. <http://www.historicgames.com>, 2012
45. [http://www.oocities.org/unforbidden\\_geology/ancient\\_egyptian\\_copper\\_coring\\_drills.html](http://www.oocities.org/unforbidden_geology/ancient_egyptian_copper_coring_drills.html), 2012
46. Rajz: Vecsey Ádám
47. <http://historicgames.com/lathes/related.html>, 2012
48. Graziella Tendron: Un témoignage inédit de découpe à l'aide d'un foret parmi les décors d'applique du sanctuaire du Gué-de Sciaux, Antigny (Vienne, France). *Monographies Instrumentum* 29, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 2009, p. 30
49. Museo Lapidario, Urbin, [http://www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools\\_woodworking.html](http://www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools_woodworking.html), 2012
50. <http://www.stuartking.co.uk/index.php/articles/article/>, 2012
51. <http://www.historicgames.com>, 2012, <http://www.stuartking.co.uk/index.php/articles/article/>, 2012
52. H. Hermans: The Craft of Metal Bowl Making in Roman Times. A Theory. *Tagung über römische Bronzegefäße im Rijksmuseum G.M. Kam in Nijmegen vom 20. bis einschl. 23. April 1970*. N.V. Daalderop-Tiel, 1970, p. 4
53. Mendel Housebook, 1436. [http://clio.missouristate.edu/chuchiak/HST%20101--Lecture%2024--Guild\\_occupations.htm](http://clio.missouristate.edu/chuchiak/HST%20101--Lecture%2024--Guild_occupations.htm), 2012
- 54–55. Museum Augusta Raurica, Augst, Svájc
56. <http://data.bishopmuseum.org/ethnobotanydb/ethnobotany.php?b=d&ID=koa>, 2012
57. Készítette: Vecsey Ádám
58. Michel Feugère: Le tournage: une technique, une histoire, un colloque. *Monographies Instrumentum* 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 12
- 59–61. Készítette: Vecsey Ádám

62. Michel Feugère: Le tournage: une technique, une histoire, un colloque. Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 19
63. Kontoleon Epigraphika in AM 15 (1890) pp. 330-337, [http://www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools\\_woodworking.html](http://www.dartmouth.edu/~rogerulrich/tools_woodworking.html), 2012
64. Alfred Mutz: Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972, p. 16
- 65–66. Christophe Picod (Sarrogn): Tournage expérimental du bronze: Reproduction d'épingles de type Villethierry. Monographies Instrumentum 7, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998, p. 20
- 67–68. Christophe Picod (Sarrogn): Tournage expérimental du bronze: Reproduction d'épingles de type Villethierry. Monographies Instrumentum 7, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998, p. 20
69. Michel Feugère: Le tournage: une technique, une histoire, un colloque. Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 20
- 70–71. Jean Ladjadj: Reconstitution de deux tours de tabletier gallo-romains à Vieuxla Romaine (Calvados, France). Monographies Instrumentum 16, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998, p. 19
72. Alfred Mutz: Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972, p. 39
73. Készítette: Vecsey Ádám
74. Gustaf Trotzig: Craftsmanship and function. Statens Historiska Museum, Stockholm, 1991, p. 35.
- 75–76. Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
77. Lelőhely: Methoni, Görögország Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
78. Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
79. P. Piana Agostinetti: La technique de la mise en forme de la vaisselle d'argent tardo-républicaine: quelques remarques au sujet de services à vin de Boscoreale aux Musei Capitolini et d'Arcisate, Monographies Instrumentum 6, Éditions Monique Mergoïl, Montagnac, 1998, p. 44.
- 80–81. Lelőhely: Derveni, Görögország Κρατήρας του Δερβενίου Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
82. Susanna Künzl: Der Zerbrochene Krug: Reparaturen an Römischen Metallgefäßen. Kölner Jahrbuch, 33. Band 2000, Gebr. Mann Verlag, Berlin, 2000, p. 610.
83. Christof Flügel: Bronze und Edelmetallverarbeitung Die Römer zwischen Alpen und Nordmeer, Verlag Phillip von Zabern, Mainz, 2000 p. 127
84. Karlsruhe Museum tulajdona. A Desbat: Les tours de potiers antiques/ Michel Feugère et Jean-Claude Gérold: Le tournage, des origines à l'an Mil Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 140, Fig 4.
- 85–86. A Desbat: Les tours de potiers antiques/ Michel Feugère et Jean-Claude Gérold: Le tournage, des origines à l'an Mil Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 140, Fig 5.



- 87–88. A Desbat: *Les tours de potiers antiques*/ Michel Feugère et Jean-Claude Gérold: *Le tournage, des origines à l'an Mil* Monographies Instrumentum 27, Édition Monique Mergoïl, Montagnac, 2004, p. 140, Fig 3.
89. Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
90. Pascale Chardron-Picault: *L'artisanat des alliages à base de cuivre de Vertault-Vertillum (Côte-d'Or)*, *Revue Archéologique de l'Est*, 2005, p. 144
- 91–92. Max Martin: *Römische Bronzegießer in Augst*, Basel. *Archäologie der Schweiz. Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte-SGUF*, 1978, p. 117
93. Johannes Prammer: *Handel und Handwerk*. Gäubodenmuseum Straubing, Lipp KG. Graphische Betriebe, München, 1983, p. 20
- 94–96. Suzanne Tassinari, Fabienne Burkhalter: *Moules de Tartous: techniques et production d'un atelier de toreutique*, *Toreutik und figürliche Bronzen römischer Zeit*, Staatliche Museen, Preußischer Kulturbesitz Berlin, 1980
- 97–98. Alfred Mutz: *Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern*. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972, p. 38
99. Suzanne Tassinari, Fabienne Burkhalter: *Moules de Tartous: techniques et production d'un atelier de toreutique*, *Toreutik und figürliche Bronzen römischer Zeit*, Staatliche Museen, Preußischer Kulturbesitz Berlin, 1980, p. 92, Fig. 10a, Fig. 10b
100. Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
101. Cf. Richard D. De Puma: *Etruscan Tomb-Groups*, Mainz, 1986, no. SP3, pp. 76-77; Giglioli: *L'arte Etrusca* (1935), pl. 52.1 and Brendel, *Etruscan Art*, figs. 92-93.
- 102–103. Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης- Régészeti Múzeum, Thessaloniki, Görögország
104. Fotó: Vecsey Ádám
105. The British Museum, London
106. Julia Galloway kerámiaműves (Montana, Missoula USA)
107. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corinthian\\_oinochoe\\_animal\\_frieze\\_580\\_BC\\_Staatliche\\_Antikensammlungen.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corinthian_oinochoe_animal_frieze_580_BC_Staatliche_Antikensammlungen.jpg), 2012
108. Egy Tragliatella-i sírból került, az ókori Caere (Cerveteri) területén. Lelt.szám: 358, Musei Capitolini, (Tommaso Tittoni ajándékozta a múzeumnak 1964-ben) [www.flickr.com](http://www.flickr.com)
109. BTM-Aquincumi Múzeum
- 110–112. Michael Mackensen: *Tonabformung eines reliefvezierten Metallgefäßes des 3. Jahrhunderts aus dem zentraltunesischen Töpfereizentrum Sidi Marzouk Tounsi*. Bayerische Vorgeschichtsblätter, Verlag C.H. Beck München, 2005
113. Μουσείο Βυζαντινού Πολιτισμού - Bizánci Kultúra Múzeuma, Thessaloniki, Görögország
- 114–116. BTM-Aquincumi Múzeum
117. Rajz: Vecsey Ádám
- 118–119. BTM - Aquincumi Múzeum
120. Rajz: Vecsey Ádám
121. BTM - Aquincumi Múzeum Lelőhely: Bécsi út 66, Budapest, 2006
- 122–123. Fotó: Vecsey Ádám

124. Alfred Mutz: Die Kunst des Metalldrehens bei den Römern. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972, p. 141
125. Magántulajdon Méretei: Magasság: 12.1cm, Szélesség: 17,1 cm.
- 126–127. Thomas Boucher, Stéphanie Bigot, Michel Barret, Matthieu Munos: Une cruche estampillée en bronze découverte en territoire biturige (Étrechet, Indre, France). Monographies Instrumentum No.32. 2010. déc. Éditions Monique Mergoil, Montagnac, 2010, p. 33-34.
128. Suzanne Tassinari: Il vasellame bronzeo di Pompei. L'Erma di Bretschneider, Róma, 1993, VIII. tábla 1. és 2. kép Ltsz: 9732, VIII. tábla 3. és 5. kép Ltsz: 18778, XXXIII tábla 1. és 2. kép Ltsz:12665
- 129–196. Fotó: Vecsey Ádám