

RÉGÉSZETI DOLGOZATOK

az Eötvös Loránd Tudományegyetem

Régészeti Intézetéből

Ser. II. No. 3.

DISSERTATIONES ARCHAEOLOGICAE

Ex Instituto Archaeologico Universitatis
de Rolando Eötvös nominatae

Budapest, 1974.

Editio
Instituti Archaeologici
Universitatis de Rolando Eötvös nominatae

Edidit

GYULA LÁSZLÓ

Adiuvantibus

ANDRÁS MÓCSY
ISTVÁN BÓNA

Curante

GÁBOR VÉKONY

Készült az ELTE Sokszorosítóüzemében
700 példányban
Felelős kiadó: Dr. Székely György
Felelős vezető: Arató Tamás
Copyright: Szabó Zoltán, Szőke Béla Miklós, 1975
ELTE 75101

EÖTVÖS EGYETEM
ARCHAEOLÓGIAI INTÉZET

Szabó Zoltán

A frank szárnyas lándzsák régészeti és természet-
tudományos vizsgálata

1. A régészet és a természettudományok kapcsolata

Az egyes természettudományok sok olyan jelenséggel foglalkoznak, amelyet más természettudomány is tárgyal, illetve amely felderítéséhez a másik tudomány módszereivel lehet közelebb jutni. Határterületeiken olyan önálló tudományok alakultak ki, amelyek két vagy több tudomány módszereivel dolgoznak és a jelenségek jól körülhatárolható csoportjával foglalkoznak. A múlt században már felfigyeltek a kémia és a fizika, a kémia és a biológia átfedéseire és kidolgozták a fizikai kémiát és a biokémiát.

A természettudományoknak és a társadalomtudományoknak is van olyan érintkezési felületük, amely mentén önálló tudományág alakulhat ki. Így a régészetnek is megvan a kapcsolata szinte az összes természettudománnyal. Ezek a kapcsolatok különböző korúak és nem is egyformán erősek.

A leletek matematikai statisztikával történő feldolgozása még csak az ősrégészetben terjedt el.¹

Lényegesen szorosabb a kapcsolat a régészet és a fizika között.² A fizika sajátos eszközeivel két területen segítheti a régészek munkáját: a leletfelderítéseknél /akusztikus, mágneses és talajellenállás-méréseken alapuló módszer/ és a kormeghatározásoknál³ /radiokarbon, paleomágneses és termolumineszcenciás mérések/.

Jellegzetesen kétarcú a régészet és a biológia kapcsolata. Az archeobotanika és archeozoológia az ásatásból

előkerülő növényi és állati eredetű maradványok meghatározásával a régészet tudományát segíti. Rekonstruálhatjuk a régi kor emberének életföldrajzi környezetét, megismerhetjük természetett növényeit és domesztikált állatait, és ezek fontos ismertetőjelei egy adott közösség gazdasági és társadalmi fejlettségnek. Másrészt az így kapott eredményekből a növény- és állatvilágnak az utóbbi évezredekben végbement változásait rajzolhatjuk meg a biológia számára, amelyekben nagy szerepe volt a természetet egyre tudatosabban átalakító embernek is.

Az ilyen határtudományok között a legsokrétűbb és a legrégebb keletű a régészet és a kémia hármasság kapcsolata.

1. Saját történetét minden tudomány végsősoron a régészetben találja meg. A kémia kialakulása előtti empirikus alapon működő kémiai technológiák tárgyi emlékei régészeti tárgyként kerülnek elő⁴. A régészeti leletekből következtethetünk a festégyártás, az üvegyártás, a kerámiaipar, a bőrkikészítés, a fémkohászat és sok más alkalmazott kémiai tudomány kialakulására és fejlődésére is.⁵

2. A kémiának a régészeti leletek tisztításában és konzerválásában betöltött szerepe fontos része annak a kapcsolatnak, amely napjainkban kezd önálló tudománnyá alakulni⁶.

3. Harmadiknak maradt a kapcsolatok legérdekesebbje, a leletek vállatása a kémiai elemzés eszközével - vagyis a régészeti kémia.

2. A régészeti kémia kialakulása és feladata

▲ **Régészeti kémia az alkalmazott kémiai tudományok egyike.** A többi alkalmazott kémiához hasonlóan megvannak a saját általános törvényszerűségei, saját technikája és speciális adottságai⁷. Vizsgálatának tárgya közös a régészettel, de míg a régész a leletek formája, fizikai jellemzői

és a lelet előkerülésének körülményei alapján következtet, a vegyészt a tárgy anyagi összetétele érdekli. A lelet helyes kiértékelése természetesen csak a két szempont szintézise útján lehetséges. A régészeti kémia feladata, hogy ezt a szintézist létrehozza.

A régészet és a kémia kapcsolata megelőzte a tudományos értelmében vett régészet és kémia kialakulását.

Az első két régészeti kémiai tárgyú cikk még a XVIII. század végén jelent meg és mindkettőnek a témája a fémvizsgálat volt⁸. A XIX. század első felében már üveget⁹, festékeket^{10,11} vakolatot¹² is vizsgálnak, de a legtöbb cikk - pl. az 1917 és 1850 között megjelenő 25 cikk közül 24 - a fémvizsgálásról szól¹³.

Érdekes megfigyelni, hogy a kémia történetének kiemelkedő személyiségei - mint széles látókörű emberek - csaknem kivétel nélkül érdeklődtek a régészeti és művészeti tárgyak iránt, és így a régészeti kémia úttörői is lettek. Klaproth 1801-ben - Tiberius caprii villájában talált üvegmozaikokról - közzétett vizsgálata nemcsak a régészeti kémia szempontjából jelentős, de az erre a célra kidolgozott módszer a kémia történetében szereplő első teljes szilikátelelemzés is egyben⁹. Különösen az antik bronzokról /Berzelius, id. Fresenius, Elsner és Knapp/, a görög és római érmékről /Fenuelle, Walchner, Erdmann és Göbel/ irtak több cikket¹⁴. Ezek közül Göbel 1842-es pamfletje volt a legjelentősebb¹⁵. Ugyanis ő ajánlotta először a vegyészetet a régészet szolgálatába és mutatott példát arra is, hogy az elemzési eredmény hogyan válhat régészeti következtetéssé. Az 54 elemzést tartalmazó munkájában a baltikumi bronzok összetételét veti össze a prehisztorikus európai és a görög-római bronzokkal. Megállapította, hogy a baltikumi bronzok vagy római eredetűek, vagy a készítőik ismerhették a római fémfeldolgozás eredményeit. Ezek a Baltikumba került római importtárgyak a történelem előtti idők óta működő Borostyánúton jutottak északra. Göbel másik,

ma is helytálló következtetése, hogy a rómaiak készítettek először sárgaréz az i.e. 50 körüli időkben. Így a sárgaréz jelenléte a korai időkben római hatást mutat, illetve kor-meghatározóvá is válik.

Nagyjából Göbel gondolatait vitte tovább Wocel, aki első ízben tett kísérletet arra, hogy a fém összetételéből a fém keletkezési helyére és idejére következtessen.¹⁶

A XIX. század második felének régészeti kémiáját két új vonás jellemezte. Az egyik az, hogy a régészek is felismerték az anyagvizsgálat fontosságát. Így került Layard 1853-as kiadású "Discoveries in the Ruins of Niniveh and Babylon" című művének 3. függelékéként olyan anyagvizsgálati rész, amely a fém- és üvegleletek mennyiségi elemzését tartalmazza. A második, kémiai függelékkel ellátott könyv Schliemann Mycenae-je volt 1878-ból.

A másik új vonás annak a felismerése volt, hogy egyes elszigetelt eredmények nem nyújthatnak komoly segítséget a régészetnek. Csak bőséges összehasonlító anyag birtokában lehet következtetéseket levonni az egyes eredményekből. Ennek a gondolatnak a jegyében indította útnak a régészeti kémia első rendszeres publikáció-sorozatát Fellenberg, aki 1860-tól 1866-ig kétszáz középeurópai bronz elemzési adatait közölte a Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern-ben.

A korszak legértékesebb műve kétségtelenül az első önálló régészeti kémiai könyv volt¹⁷. Szerzője, Bibra több bronzelemzést végzett, mint előtte és utána bárki, nem számítva a második világháború utáni évek modern műszeres vizsgálatait. Mindenféle kopú bronzot vizsgált és táblázatokban közölte az eredményeit. A meghatározások kisebb-nagyobb pontatlansága ellenére is úttörő műnek számít. Négy év múlva a vas- és ezüsttárgyak elemzésének összegezését is közzétette a szerző.

A múlt század második felében is a fémtárgyakkal, és ezen belül is a bronzokkal foglalkoztak a legtöbbit. A régészeti kémiának ez az egyoldalúsága a mai napig is megvan. A gyors műszeres vizsgálatok és a kémia fejlettsége lehetővé teszi ugyan, hogy a többi terület is gyorsan utolérje a fémvizsgálatokat, de az intenzív művelés során kialakult módszerek, a viszonylag bő összehasonlító anyag és nem utolsósorban a régészek ilyen irányú érdeklődése még sokáig komoly előnyt jelent a fémvizsgálatoknak a többi kutatási területtel szemben.

A régészeti kémia történetének az 1875 előtt eltelt háromnegyed századából kb. 100 cikket ismerünk. Az azóta eltelt 100 év alatt a cikkek száma több ezerre nőtt, és az olyan országokban, ahol fejlett tudományos élet alakult ki mind a régészetben, mind a kémiában, külön kutatóintézetek is létesültek. A régészeti kutatóintézetek egyik előnye, hogy a témával foglalkozó kutatókat koncentrálni, és színvonalas folyóirataikkal - ilyenek pl. az angol Archaeometry, a Science and Archaeology, a német Archäografie, az olasz Prospezioni archeologiche stb. - a külföldi tudósokat is összefogják. A másik nagy előnye, hogy központi szervezéssel a régészet és a kémia hármaskapcsolata egységben bontakozhat ki.

A régi technológiák reprodukálásában, a restaurálásban, illetve a régészeti célú anyagvizsgálatban külön-külön elért eredmények egyúttal a másik két terület fejlődését is elősegítik¹⁸. A restaurálásnak tekintettel kell lennie az anyagvizsgálat igényeire is azzal, hogy nem tisztít le a tárgyról olyan rétegeket is, amelyek régészeti kémiailag értékesek. A sopronkőhidai 84-es sir frank szárnyas lándzsájának mintás kovácsolását csak a korróziós termékek őrizték meg /III. tábla, 4. kép/. Ha a tárgyat fémgig tisztították volna, ma már a készítési módra vonatkozóan semmilyen következtetést nem tudnánk levonni.

Ha a régészeti kémia egy-egy országban fejletlenebb a lehetőségeinél, annak több oka lehet. Az egyik a központi szervezés hiánya. Ha a kutatók csak alkalmosszerűen dolgoznak együtt, és eredményeikhez csak kis számú cikk adatait használják fel, nem juthatnak messzire. Az elszigetelt adatokból nehéz értékes következtetéseket levonni, ehhez az adatok jól összeállított rendszere szükséges. Emellett a vizsgálatok nagy része pénz- és műszerigényes, és különböző intézmények szakembereit kell bevonni a munkába.

A régészeti kémia fejletlenségének másik oka a kutatókban kereshető. Helyesen választotta-e meg a vegyész a vizsgálat módszerét, helyesen, és elegendő mintát vett-e, és kellő pontossággal dolgozott-e az elemzéskor? Tisztán látja-e a régész a régészeti problémát, amelyet a kémia segítségével meg akar oldani, vagy csak mint általános csodatévő szertől vár segítséget a kémiától?

Ha a régész is, a vegyész is jól dolgozik, akkor sem biztos azonban, hogy együttműködésük eredményes lesz. A kémiai elemzés eredményeit a régészeti problémára adott válaszára kell alakítani. A régész ilyeneket kérdez: Mikori? Egykorúak-e? Hol készítették? Kik készítették? Miből készítették? Erre a vegyész százalékos összetétellel, szöveti képekkel, kristályok latin neveivel, szemcseméret-eloszlási görbével "válaszol". Hidat kell tehát teremteni a régész kérdése és a vegyész válasza között.

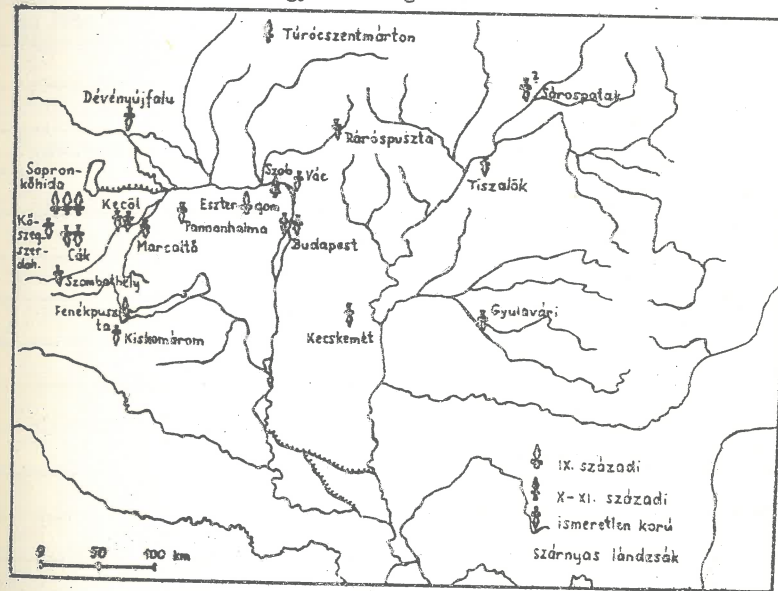
3. A frank szárnyas lándzsák problémája a régész szemével

Vegyük példának a frank szárnyas lándzsák kérdését. Milyen problémákat vehet fel a régész? Kíváncsi lehet a lándzsák készítési technikájára. Érdekelheti a régészeti nem keltezhető leletek kora. Ennek különös aktualitást ad a frank szárnyas lándzsák esetében az a tény, hogy ezek a fegyverek több ízben is bejuthattak hazánkba. Lehetnek a frank uralom IX. századi emlékei¹⁹. Lehetnek a Géza kori

hadseregreform kapcsán a kétélű kardokkal együtt behozott nyugati import fegyverek a X. század végéről, a XI. század elejéről²⁰. És végezetül lehet, hogy mindkét feltevés igaz, hozzátéve azt a lehetőséget, hogy kereskedelmi úton már a kérdéses időpontok előtt és után is folyamatosan kerültek a Kárpát-medence területére. Minden szárnyas lándzsá frank kori-e? Vannak-e helyi utánzatok? Hol készültek a frank szárnyas lándzsák?

A hipotézis, amely segítségével a régész útnak indítja a problémát, a következő. A lándzsák közül több hiteles IX. századi sirból előkerült darab van /Sopronkőhida 30., 60. és 64. sir, Esztergom, Túrócszentmárton, Keszthely-Fenekpuszta/. Ezen kívül egy hiteles X-XI. század fordulójáról származó, azóta elveszett darab is ismeretes /Szob-Vendelin dűlő 83. sir/. Ha a szórványleletként talált és a hiteles ásatásból előkerült darabok anyagi összetétele és készítmódja megegyezik, az utóbbiakkal lehetne a szórványleleteket hitelesíteni.

A legújabb kutatás szerint a következő szárnyas lándzsák kerültek elő Magyarországon²¹:

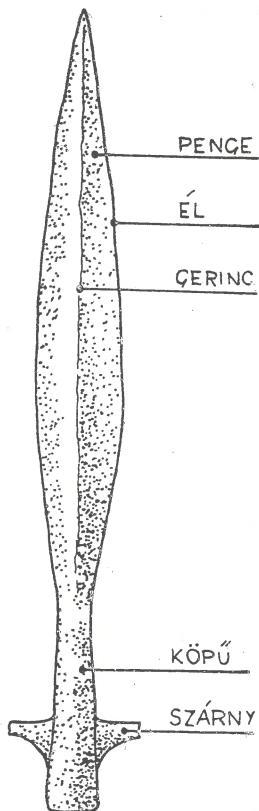


1. ábra. A magyarországi szárnyas lándzsák elterjedése

2. ábra. A frank szárnyas lándzsa rajza /Kovács L. cikkéből/

Vizsgáljuk először a lándzsákat a régész szemével. A frank szárnyas lándzsák súlyos, nagyméretű fegyverek, feltehetően döfőlándzsának használták. Kivül hat- vagy nyolcszögletes a köpüje, belül kerek; alsó részéből két szárny nyúlik ki. A szárny felül egyenesen, a lándzsa tengelyétől merőlegesen áll el, alsó széle hol meredeken, hol ívelten találkozik a köpüvel. Az egyik, néha mindkét szárny alatt szeglyük található. A köpü elkeskenyedő nyakba megy át, ez pedig kiszélesedve és ellaposodva törés nélkül hangsúlyozott gerincű vagy mintás kovácsplással díszített lancetta alakú pengében folytatódik /2. ábra/. Nagy többségük méretei csaknem megegyeznek: átlagosan 50 cm hosszúak, pengéjük szélessége 5 cm, szárnyfesztávolságuk 9 cm körüli. Anyaguk vas, és hogy milyen vas, ezt metallográfiai vizsgálatokból tudhatjuk meg.

Tekintélyes súlyuk és finoman kialakított, keményre edzett hegyük arra vall, hogy vérték átültésére is sikeresen használhatták. Ezt még a hosszú nyél is segítette, amely a köpü belső méretéből ítélve vastag is volt /I. tábla, 1.kép/. A szárnyak felső egyenes, és alsó, a köpühöz ívelő kiképzése azt sugallja, hogy szemből jövő erő háritására szolgálhatott.



A szárny gondosan kialakított forma, és a feléje irányuló erőhatásoknak sokal jobban ellenáll, mint az ugyanolyan vastagságú rúd. A reá ható nyíró erőkkel szembeni ellenállás a szárny vastagságával egyenesen, a szárny szélességével köbösen arányos. Tehát előnyös, ha a köpüre kovácsolt rudat ellapítják és szárnyná alakítják. A szárny feladata egyrészt az lehetett, hogy a rázúduló csapásokat felfogja és a fanyelet védje. Ezen kívül megakadályozta, hogy a lándzsa túl mélyen hatoljon a sebbe.²² Így harc közben hamar kiránthatták és újra szúrhattak vele. Egy harmadik célból is készíthették a szárnyakat, de erre a használatra csak néhány példány utal. Ezeknek a szárnya a végén megvastagodik, az alsó pereme közepén befelé ível, így egy olyan kampó jön létre, amellyel az ellenfél pajzsát el lehetett rántani.²³ A lándzsa ilyen használatának voltak előzményei, de a szárnyas lándzsák bizonytalan időrendje miatt nem bizonyítható, hogy ez lett volna a kezdeti típus, amely az elterjedt alakká egyszerűsödött²⁴. Lehetett ez a szárnykialakítás későbbi újítás is, amely nem terjedt el. A szárnyas lándzsák gyakran díszítettek. Leggyakrabban a bevéselt elliptikus vagy párhuzamos vonalakkól álló dísz a köpün, ritkán a szárnyakon²⁵.

A szárnyas lándzsákról már Hampel megállapította, hogy frank eredetű import fegyverek, amelyek vagy kereskedelmi úton, vagy harci cselekmények során, az avar háborúk idején kerültek Magyarországra²⁶. Az egyre szaporodó leleteket Nagy Géza foglalta össze 1913-ban²⁷, a legújabb és legteljesebb összegezés pedig Kovács Lászlótól származik²⁸. A tárgyak szinte egész Európában megtalálhatók, a Fekete-tenger mellett, a Balkánon²⁹, Spanyolországban³⁰, Angliában³¹. Gyakoribbak Dániában, Skandináviában³², Lengyelországban³³, Szászországban³⁴, Ausztriában³⁵, de a legtöbb Dél-Németországban és Franciaországban fordul elő³⁶. Időrendi meghatározásukat megnehezíti az, hogy legtöbbjük szórványlelet, amelyek harci cselekmények alkalmával kerülhettek a folyókba. Nagyon kevés a jól keltezhető sírlelet. A kereszténység ugyanis a karoling

korban éppen a szárnyas lándzsák kialakulása és elterjedése idején hódított tért Nyugat- és Közép-Európában, és terjedésének kiindulópontja a frank birodalom volt. Ezért az olyan peremterületeken van a legtöbb jól datálható szárnyas lándzsa, ahol a kereszténység még nem nyomta el a temetési mellékletadás szokását - így Észak-Európában, Lengyelországban és többek között a Dunántúlon. Amit az időben előrehaladva a régészet vesztett a keltezhető leletekben, annyit nyert is az idővel egyre sokasodó ábrázolásokban. /I.tábla, 2. kép./

A frank szárnyas lándzsák legkorábbi ábrázolása egy hornhauseni sirkövön található /I.tábla, 1.kép/³⁷. Az i.sz. 700 körül készült thüringiai dombormű lovast ábrázol. Balkezeben kerek pajzsot, leeresztett jobbában kb. 2,5 méter hosszú, vastag fanyelű lándzsát tart. A lándzsacsúcs vastag, pengéjén két sávban jelezve van a mintás kovácsolás, a köpűjéből kinövő szárnyak közül az egyik világosan látszik, a másikat a ló szügye félig takarja. A 800-as évekből sok szárnyas lándzsa-ábrázolást ismerünk /az Utrechti Zsoltároskönyv 820 körül, Kopasz Károly első bibliája 843-851 között stb./³⁸. A hajdani miniatűrök tanúsága szerint a szárnyas lándzsa igen elterjedt fegyver volt. Gessler a VIII-XI. századi miniatűrökben 520 lándzsaábrázolást talált és ennek kb. a fele szárnyas lándzsa volt³⁹. A szárnyas lándzsák fénykora a IX. századra esett. A X. századi ábrázolásokban mind nagyobb arányban jelennek meg a rombusz alakú, lancetta alakú gombos köpűjű lándzsák /Echternachti evangélium, Ecberti codex/, vagy a szárnyas lándzsák teljes egészében hiányoznak /a X. század végi Stuttgarti psalterium/. Érdekes jelenséget tükröz Ottó evangéliuma. A címképen szereplő főurak közül már csak egy hord szárnyas lándzsát, a többinek rombusz alakú lándzsája van, gombbal a köpűjén. Az ábrázolások tanúsága szerint a szárnyas lándzsák a X. században kezdtek divatjamúlt fegyverek lenni. Érdekes, hogy a XI. századi bayeux-i falikárpiton a lándzsáknak nagy része szárnyas lándzsa. Az ábrázolásmód azonban arra figyelmeztet, hogy nem szabad minden esetben hi-

telt adni az ábrázolásoknak. A lándzsacsúcsot a faliszőnyeg készítője ugyanis nyilhegynek ábrázolja és nem egy, hanem két pár szárnyat rakott rá. Mint fegyver, ez értelmetlen lett volna. Inkább arról lehet szó, hogy egy-két évszázada, a szárnyas lándzsák korában kialakult egy stilizált ábrázolásmód, és ez élt tovább, de már függetlenül a szárnyas lándzsáktól. Szórványosan még a XI-XIV. században is ábrázolnak szárnyas lándzsákat⁴⁰. Ennél a folyamatosságnál óvatosságra int az a tény, hogy a szárnyas lándzsa olyan, mintha keresztet illesztettek volna a rúd végére. Ez a tetszetős ikonográfiai megoldás ugyancsak önálló életet élhetett, függetlenül a valódi fegyverektől. A XV. században ismét megjelenik a szárnyas lándzsa, és szárnyas lándzsa-ábrázolások is vannak. Így feltehető, hogy a szárnyas lándzsák egy része késői középkori szórványlelet, amint ezt a szombathelyi lándzsa esetében Nagy Géza is gyanította.⁴¹

A szárnyas lándzsák kialakulásával sok kutató foglalkozott⁴². A szárnyas lándzsák előzményeit azokban a késői meroving kori sirokból előkerült lándzsákban látják, amelyek köpűjén horog, vízszintes vagy felfelé álló **tüske**, vagy pálcica van. Néhány példányuk köpűje vasléceken végződik, amelyek a nyélre érnek. Pengéjük lancetta alakú. A legtöbb a Rajna-vidéken fordul elő. Ezekből az előképekből alakulhatott ki a szárnyas lándzsa a VIII. század első felében. Svábföldre már "kész szárnyak" érkeztek. Paulsen kutatásai szerint a négy itt talált szárnyas lándzsa pengéje alig különbözik formájában a VII. századi alemann sirokból származó szárnyatlan, fűzfalevél alakú lándzsáktól⁴³. Trier vidékén a VIII. század első felében jelenik meg a szárnyas lándzsa⁴⁴.

Kifejlesztését a védőfegyverek tökéletesítése indokolta. A frankok hódító hadjárataihoz szükség volt erre a gyalogság és lovasság által egyaránt használható nagyhatású fegyverre. Nagy Károly alatt indulhatott meg a tömeges gyártása és elterjedése. Az uralkodó sokat tett a vasgyártás előmozdításáért is, és kivitelit tiltalmat rendelt el a vasra. A

A Rajna mellett, Noricumban, később Passau és Regensburg mellett virágzott a fegyvergyártás, de Észak-Itáliában és a baszk tartományokban is sok jó kovács működött. Az üzemszerű gyártást a nagy belső és külföldi igények mellett az is bizonyítja, hogy az Európa különböző részein talált lándzsák hasonlítanak egymásra⁴⁵.

A frank szárnyas lándzsák a 700-as évek végén eljutnak Észak-Németországba, Szászországba, a Felvidékre, sőt egy lelet van Skandináviából is. 800 után terjednek el Svédországban, Angliában, Ausztriában és a Dunántulon. A IX. század második felében és a X. században Norvégiában, Lengyelországban és a Balkánon is megjelennek.

Az idegen földre eljutott frank szárnyas lándzsák a helyi fegyvergyártásra is hatással voltak, Skandináviában a helyi megszokott formákat kezdték szárnyakkal ellátni⁴⁶, sőt újabb szárnytipusok is kifejlődtek⁴⁷.

A frank szárnyas lándzsák korának felső határa a kereszténység mellékletadást tiltó parancsa miatt csak bizonytalanul vonható meg. Az ábrázolások szerint a központi területen - a frankoknál - a X. század végén idejét múlt fegyverré vált. A peremterületen tovább is használták. Jól keltezhető skandináviai sirokból a XI. század elejéről is kerülnek elő szárnyas lándzsák, hasonlóképpen Alsó-Ausztriából is⁴⁸.

A magyarországi frank szárnyas lándzsák elterjedése igen tanulságos /1. ábra/. A leletek közül 19 a Dunántúlnak a Budapest-Balaton vonalától északra eső részében és közvetlenül a fenti területeken kívül a Duna partjáról került elő. E területen kívülre esik 5 biztos lelőhelyű és egy bizonytalan lelőhelyű darab. /Nem lehet tudni, hogy a sárospataki példányt a környéken találták-e, vagy más vidékről ajándékozták-e a gyűjteménynek./ Ez a statisztika azt sugallja, hogy a frankok dunántúli hódításával függenek össze a szárnyas lándzsák. Friesinger a frank szárnyas lándzsák elterjedését vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a lánd-

zsák egy része azonban nem illik bele ebbe az elméletbe, mert vagy olyan területen helyezkednek el, ahol frankok sohasem voltak, vagy időben korábbiak, illetve későbbiek a frank uralomnál. A másik elmélet szerint a nyugati import fegyvereket Géza fejedelem hozatta volna be, hogy a fontosabb helyek védelmét a modern, nyugati mintára felszerelt fegyverekre bizza. Csakhogy a 24 frank szárnyas lándzsából csak egy hiteles lelet származik Géza korából, és a Géza által megszállt fontos helyek nagy részéről - amelyeket a kétélű kardos sirok és a helyek későbbi fontossága is jeleznek - nincsen szárnyas lándzsa leletünk. A feltevés ennek ellenére igaz lehet, mert ha a lándzsa a kincstár tulajdona volt⁵⁰, mint a frankoknál, és a kard volt a harcok személyes tárgya, ami ugyancsak frank adatok alapján bizonyítható, akkor a frank mintára felszerelt hadsereg katonáinak sirjaiba is csak a kardjuk került⁵¹.

Nem szabad azt sem figyelmen kívül hagyni, hogy a frank szárnyas lándzsa vadászfegyver is volt, és medve vagy vaddisznó vadászatra is bármikor használhatták⁵².

A frank szárnyas lándzsák régészeti módszerekkel történt vizsgálata után az anyagukra fordítsuk figyelmünket.

4. A vas elterjedése

A vas az emberiség első fémei közé tartozott, mert az arany, az ezüst és a réz mellett természetesen állapotban is előfordult meteorvas alakjában. Az i.e. 2000 előtti vastárgyak 5 százalékánál nagyobb nikkeltartalmuk alapján kimutathatóan mind meteorvasból készültek⁵³. Csak meteorvasat használva a fémnek nem lehetett komoly jelentősége és inkább kurióznak számított. Nem sokat változott a helyzet az i.e. II. évezred első felében, amikor már érceiből kohósították a vasat. A vas redukciója gyakran nem sikerült, és felhasználhatatlan terméket eredményezett. Ez az oka, hogy i.e. 1500 körül az ezüstnek pedig negyvenszerese volt, és csak rituális tárgyak ké-

szítésére használták. Tutankhamun sírjából ahol mázsákban lehetett mérni az aranyat, csak parányi, 1,5-2,5 cm-es vas-eszközök, egy vas fejtámasz és egy vastőr került elő. Az egykori egyiptomi forrásokból tudjuk, hogy az i.e. XIV. században Mitanni uralkodója III. Amenhotepnek egy darab // vastórt és aranyozott vasgyűrűket küldött ajándékba⁵⁴.

A legrégebb kohósított vaslelet a Ciprus szigetéről való két vasrög az i.e. 1800 körüli időkből. Ezidőtájt születhetett a vasgyártás mestersége valahol a Kaukázus, Pontusz, Örményország vidékén. A primitív és bizonytalan technológia miatt lassan terjedt el. I.e. 1300 körül már Görögországba, 1200-ra Krétára is eljut a hettitákon keresztül a vas. Perzsiában i.e. 1100 körül kezdődik a vassfeldolgozás. Ugyanebből az időből Assziriából is van már adat a vasról⁵⁵. A vas elterjesztésében nagy szerepük volt a föníciaiaknak, ennek a mindenütt gyarmatokat alapító és nyersanyag után kutató kereskedő népnek, akik a Földközi-tenger mentén mindenhol ismertté tették a vasat. Egy, már előzőleg kialakult társadalmi réteg, a vándorló bronzművesek is egyengették az új fém útját⁵⁶. A vas kohósítása a réz kohósításának módjára történt. A kezdeti időkből Britanniából több ónt és vasat, valamint rezet és vasat feldolgozó közös műhelyt ismerünk⁵⁷. Az első vastárgyak is a bronztárgyak alakját utánozzák. Itáliában i.e. 900 körül kezdődik a vassfeldolgozás, 800 körül alakul ki az első európai centruma Noricumban, amely az i.e. 400-as évekre a kelta területekre és Ibériára tevődött át⁵⁸.

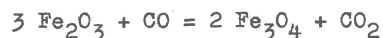
5. A vasgyártás és nyersanyagai

Vasgyártásra azokat a vastartalmú ásványokat használják fel, amelyekből a vas gazdaságosan redukálható. Ezeket nevezzük érceknek. Az ércek fogalma az időben változott, nem minden mai érc volt alkalmas az akkori egyszerűbb technológiára. A mai legjobbnak tekintett érc, a magnetit, amelynek vastartalma 45 és 70 % között van, túl tömör volt, és ezért

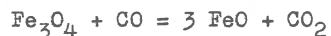
nem dolgozták fel. Ha a vasérc több szilikátot tartalmazott, akkor is feldolgozhatatlan volt. A kohósításkor ugyanis a $2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ összetételű fayalit keletkezett, és ez a vastartalom nagy részét a salakba rántotta. Kedvelt érc volt a laza szerkezetű, és ezért könnyen redukálható sziderit, vaskarbonát $/\text{FeCO}_3/$. Vastartalma 25-40 %. Vagy üledékes formában fordult elő, vagy agyagba ágyazott nagy, sokszor fél méter átmérőjű gömbök alakjában. Ez utóbbi sok foszfort tartalmazott, így cementálás nélkül is kemény vasat lehetett belőle előállítani. A frank szárnyas lándzsák miatt bennünket érdeklő területek közül Ausztriában és Németországban fordul elő. A noricumai vassfeldolgozás is a nagy magántartalmú szideriten alapult. Ez utóbbi azért lényeges, mert gyenge redukáló körülmények között a mangán mind a salakba kerül, ahol helyettesíti a vasat. Ezzel növeli a vas kitermelését. Ezért Siegerland és Noricum salakjaira a nagy mangántartalom jellemző. Fontos érc volt a vörös vasérc, vagy haematit $/\text{Fe}_2\text{O}_3/$. Vastartalma 40 és 65 % között van. Foszfortartalma jelentős, ezért szívesen kohósították. A barna vasérc, gyepvasérc, limonit az $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ képlettel írható le, színe sárgásbarna. Vastartalmuk 60 % is lehet, de többnyire ez alatt van. Németország számos részén, többek között Schlesswig-Holsteinben és Lotharingiában dolgoztak fel gyepvasércet. Hazánkban Rudabányán található ez az érc. Foszfort csak akkor tartalmaz, ha szideritből alakult át limonittá. Mangántartalma sokszor jelentős, ebben az esetben lila színű a sok mangántól.

Tüzelőanyag, amely egyben redukálószer is a fa-szenet használták. Mindenféle, a helyszínen található fából égették, mindig a kéréggel együtt. Ugyanis a kéreg sok hamualkotó sót tartalmaz, és ez a salak olvadáspontját csökkenti. A római korban a buca felhevítésére kőszén is használták. Ezt számos lelet is bizonyítja⁵⁹. A kőszént tartalmazó szén miatt nőtt meg a római korban a vasak kőszéntartalma. A kohósításkor az ércet és a tüzelőanyagot darabokra törték és összekeverve tették a kemencébe. A kemencét begyújtották és a

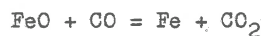
szén szénmonoxid, illetve széndioxid gázzá égett el, közben a fejlődő hő felmelegítette a kemence tartalmát. Ha a hőmérséklet elérte a 400-700 C°-ot, akkor a szénmonoxid a vasércet redukálni kezdte.



700 C°-on továbbment a redukció. Először a magnetitből wüstit keletkezett:



Végül ez vassá redukálódott⁶⁰:

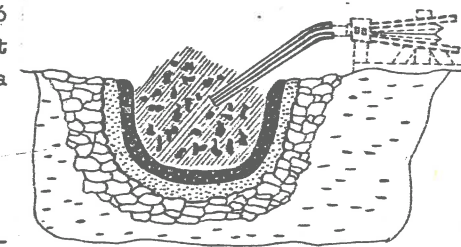


Ezután tekintsük át a régi vasgyártási technológiákat és fennmaradt régészeti emlékeiket, a kohókat.

6. A régi vasgyártási technológiák és régészeti emlékeik a frank szárnyas lándzsák koráig

Britanniától Indiáig az első vaskohászati emlékek a földre vájt 0,5-1,5 m átmérőjű, 0,5-1 m mély olvasztógödrök. Valószínű, hogy sokáig ez volt az egyetlen vaskohászati módszer, amellyel valahol a Kaukázus vidékén i.e. 2000 után megindult a vasgyártás. A fent leírt méretű, agyaggal kitapasztott kemencébe vasércet és faszenet kevertek, majd begyűjtötték a kemencét. A szén elégetésekor nagy mennyiségű hő szabadult fel, amely a kemence tartalmát 1000 C° fölé hevítette. Már 800 C° körüli hőmérsékleten a szén égésekor keletkező szénmonoxid redukálta a vasércet vassá, de legalább 1200 C° kellett volna ahhoz, hogy a salak megolvadjon és elváljon a még mindig szilárd, szivacsos vastól⁶¹. Az olvasztógödör nagy felülete nagy hővesztéséget eredményezett, így ritkán sikerült az eljárás. Baj volt a levegő-utánpótlással is, amely az égést táplálta. Szélcsendes időben könnyen ku-

darcot vallhattak. Ennek elkerülésére bőrből készült fújtatóval élesztették a tüzet. A fújtató fa végét agyagból készült csőbe dugva vezették be a tüztérbe. Terméskövekkel vették körül, hogy a hő-sugárzás kevésbé érje a fújtatót hajtó személyt /3. ábra/. A gödrökben naponta csak egyszer lehetett olvasztani. Az olvasztás eredménye néhány kilogramm, 1-10 mm átmérőjű vasszivacs volt, amelyet kovácstüzhöz melegítve kellett kikalapálni a salakból és tömbbé kovacsolni⁶².



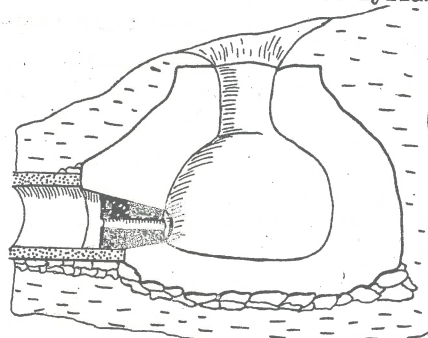
3. ábra. Olvasztógödör /Tylecote művéből/

Igy nem lehet csodálkozni azon ha a vasat teaurálásra használták. II. Szárgon asszir király kincsesházában 160 tonna, fegyverkészítésre alkalmas vasrudat találtak, amelyet adóban szedett be birodalmának vaskészítő népeitől⁶³.

A ha Tène korban Európában is megvan a nyoma a vas értékmerőként való felhasználásának. Caesar a De bellum Gallicum című művében említi⁶⁴, hogy a britek pontosan lemért súlyú vasrudakat - "taleis ferreis ad certum pondus examinatis pro mummo" - használtak többek között pénznek. Az európai területen a kettős piramis alakú vasdarabok /a német szakirodalomban Spitzbarre/ terjedtek el⁶⁵. Dunaújvárosnál a Dunában pedig ellentett élű csákányhoz hasonló vastömböket találtak⁶⁶. A pontosan lemért súlyú darabok nemcsak értékmerők voltak, hanem alkalmas nyersanyaguknál fogva bármikor fegyvert készíthettek belőlük. Ezt bizonyítják a britanniai

"currency bar"-ok - vaspénzek, amelyek kard alakúak, és a súlyuk is kb. a kardok súlyával azonos, sőt előre cementált lapokból vannak kovácsolva, mint a kardok. Angliában több mint 400 db ilyen római hódítás előtti vaspénzt találtak az i.e. I. századból és az i.sz. I. századból⁶⁷. A vasbucát először felizzították, gondosan kikalapálták belőle a salakot, majd hosszú darabokra vágva a helyi ércekből készült 0,35-0,95 százalék foszfortartalmú, tehát eleve kemény vaslapokból rudakat kovácsoltak. A metallográfiai elemzés kimutatja azt is, hogy a foszfort nem tartalmazó vasat először cementálták, 4-5 órára redukáló atmoszférájú izzó szén közé tették. A vaslemezek külső 1-2 mm-es rétege kb. 1 % szenet vett fel, a belsejük azonban lágyvas maradt. A vas széntartalma a kovácsützben, amikor a lemezeket rúddá kovácsolták, egy kicsit csökkent. Az így kialakított rudakat 1100 C°-ra felhevítették, majd hirtelen lehűtve igyekeztek megkeményíteni. Erre utal a termék Widmannstätten struktúrája. A vasrúd tehát majdnem kész kard volt, legalábbis néhány órás munkával karddá lehetett alakítani. Az akkori mozgalmas időkben alkalmas raktározási forma volt a bármikor mobilizálható vaspénz⁶⁸.

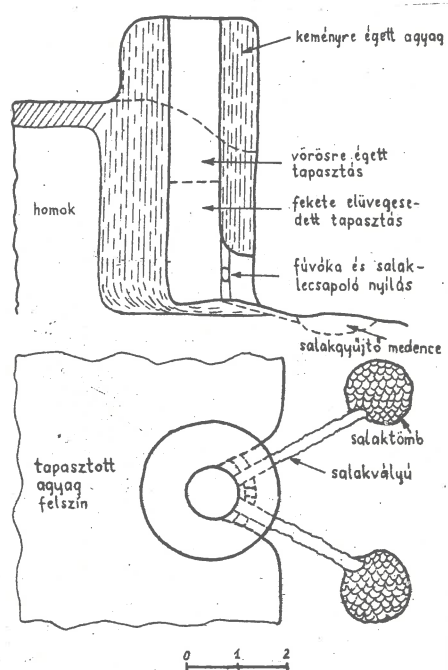
Az első fejlődési fok, amint láttuk, a fújtatós olvasztógödör volt. Ezt követte a méhkas alakú kemence /4. ábra/. Az olvasztógödört felül betapasztották, és csak kis nyílást hagytak a tetején, hogy a gázok eltávozhassanak. Az egész köré pedig egy kis dombot hordtak, hogy jobb legyen a szigetelés. A gödör befedésével a szabad felületen történő hővesztést megakadályozták, így magasabb hőmérsékletet értek el. Kezdetben ezek a kohók természetes huzattal mű-



4. ábra. Méhkas alakú kemence /Aitchison művéből/

ködtek, később, i.e. 200 után már fújtatót is használtak⁶⁹. A la Tène korban nőtt a gödrök és a kemencék mérete, átmérőjük 1,1-5 m lett. Ugyanakkor - az erős fújtatás és hőszigetelés hatására kialakult magas hőmérsékleten már a salak is megolvadt - megjelent a salaklecsapoló nyílás.

A fejlődés másik iránya az aknakemence volt. A la Tène korban alakult ki ez a típus is /5. ábra/. Kis átmérőjű /20-30 cm/, de 1,5-3 m magas, csőszerű kohók voltak, amelyeket a következő módon építettek. Akkora kerületű és olyan hosszú fatörzset vettek, amilyen belméretű kohót akartak építeni. Ezt felállítva körültapasztották agyaggal, majd kívülre rakott tüzzel kiégették. Ezután újabb tapasztás és újabb égetés következett. Az eljárást néhányszor megismételték. A kohó belsőjében lévő elszenesedett fatörzset kiemelték, kialakították a kohó alján a nyílást, ahol a levegő beáramlott, illetve a salak kiömlött, és készen volt a kohó. A kohó nyílását nem kellett a szélirány szerint tájolni, mert már a másfél méteres kohók esetében is olyan jó a huzat, hogy közömbös rá a szélirány⁷⁰.



5. ábra. Aknakemence /Tylecote művéből/

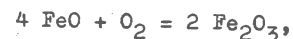
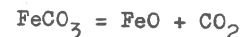
vegőáramtól is függött. Márpedig a nagy darabok helyezkednek el olyan lazán, hogy nagy lesz a pórustérfogat, tehát szabadabban áramlik közöttük a levegő. A két ellentétes igényt végül a kohászok úgy egyeztetették össze, hogy az olvasztógödörök esetén diónagyságú, az aknakemencéknél pedig 2-2,5 cm-es ércet használtak. A faszéndarabok átmérője pedig 2,5 és 7 cm között változott⁷¹.

A ha Tène kori vasgyártásra legjobb esetben a 10 kg körüli bucasúly volt a jellemző, vagyis egy gyártásmenetben - egy nap alatt egy kohóban - ennyi vasat tudtak előállítani. Ehhez a technológiai rekonstrukció alapján 90 kg faszén volt

A levegő adagolásá-két ellentétes hatást kellett mérlegelniük a kohászoknak. A kevés levegő hátrányos volt, mert nem érték el a salak elfolyásához szükséges hőfokot. Ha sok volt a levegő, magas hőmérsékleten a fölös oxigén a már kivált vasat újra vasoxidá oxidálhatta.

Ugyanez a megfontolás érvényesült az érc és a faszén aprításánál. Mind a szén égése, mint a vasérc redukciója heterogén fázisban végbemenő reakció, ahol a reakciósebességet a két fázis határfelületének nagysága szabja meg. Előnyös lett volna porrá törni az anyagokat. Csakhogy a folyamat sikere a le-

szükséges, és a buca salakmentessé kovácsolásához újabb 11 kg faszén fogyott el⁷². A valóságos energiaigény ennél is nagyobb volt, mert az érceket kohosítás előtt pörkölték, és ez is sok faszént emésztett. Erre az újításra azért volt szükség, mert az ércet sok ballasztanyag terhelte, ami kohosítás-kor sok hőt vont el. Ezért előkészítéskor a sziderit az



a limonit az $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + n \text{H}_2\text{O}$

egyenletek szerint széndioxidot, illetve vizet veszítve tiszta, és főleg laza szerkezetű vasoxidá alakult. Ez növelte az érc redukálhatóságát, mert a kohóban a redukciót végző szénmonoxid könnyebben átjárhatta az ércet. Ezen kívül a pörkölt ércet könnyebb is volt aprítani⁷³.

A római kor jelentős újításokat hozott. Erősebb lett a befűvátás, így nagyobb kemencéket építhettek. Általánosan elterjedt a kő alapozású kupolás kemence. A befűvátás a fenékrészénél történt, és vele szemben alakították ki a salak-lecsapoló nyílást. A salak tehát magas hőmérsékleten megömlött és kifolyt a kemencéből. Ezt megkönnyítette a mész is, mint salakfolyasztó adalék. A salak fő alkotójának, a fayalitnak /2 FeO · SiO₂/ az olvadáspontja 1170 °C. Ezt azonban a faszénben lévő hamuanyag alkáliatartalma csökkentte. Tovább csökkenti a mérsékeltén adagolt /max. 12 % CaO tartalmú/ mész. Ezzel kb. 1050 °C-ra szállították le a salak olvadáspontját. A római korra a megolvasztott salak a jellemző. A gyártás során a vasszivacs már nem a salak tetején helyezkedett el, hanem a kohó fenekére került. Súlyja tovább nőtt. Noricumban a római korban 20-25 kg volt a kohók napi termelése, de a 40 kg-os kitermelés sem volt ritka⁷⁴. Ez persze egyedülálló teljesítmény volt, mert a római szervezésnek és a kb. egy évezredes noricum gyártási hagyománynak volt köszönhető. Britanniában a corstopitumi táborban talált vaslelet tanúsága szerint a bucak átlagsúlya 7 kg körül volt.⁷⁵ A kor álta-

lános technikai színvonalára feltehetően ez lehetett jellemzőbb.

A római birodalom bukása után a gyengén romanizált területeken a fejlettebb technika nem bizonyult időtállóknak. A római hódítás utáni Britanniában újra megjelentek a la Tène kori kemencetípusok és a régi vasmegmunkálási módszerek⁷⁶.

Más volt a helyzet a Rajna-vidéken. Ez a terület a Római Birodalom egyik súlypontja volt a késői időkben. Kerámia- és üvegipara mellett a fémfeldolgozás egyik központja volt, és ezt a helyzetét a frank uralom alatt is megtartotta⁷⁷. Az arab világon kívül itt volt a legfejlettebb a fémfeldolgozás. A X. századi Theophilus presbyter ezekkel a szavakkal ajánlja művét olvasóinak:

"Ha szorgalmasan átkutatod, meg fogod találni benne azt, ami csupán Görögország birtokában van meg a festékek különböző fajtaírói és keverékeiről; amit csak Toszkána ismer az elektron iparáról és a niello sokféleségéről; amit Arábia tud a kovácsolásról és öntésről, vagy a metszésről; ahogy az erről híres Itália sokféle edényeit vagy gemma és elefántcsont szobrait arannyal /és ezüsttel/ díszíti; amit Franciaország az ablakok költséges sokféleségén szeret; amit a finom arany-, ezüst-, réz- és vas, fa- és kőmunkákban járatos Németország dicsér"⁷⁸.

A Rajna-vidéken készült fegyvereket Európa-szerte kedvelték és egész Európában elterjedtek. Nagy Károly éppen az itt készült fegyverekkel szerelte fel hadseregét, amellyel Európa jelentős részét meghódította⁷⁹.

7. A nyersvas feldolgozása

A kohósítással előállított vas szénben szegény lágyvas volt, amelyből fegyvereket, vágóeszközöket csak további átalakítással lehetett gyártani.

A legelső keményítési eljárás az élnek hideg állapotban történő kálapálása volt. Ezt a fogást már a bronzfegyve-

rek élének keményítésére is használtak. Gyengébb minőségű fegyverek élének kialakítására még a római kor után is alkalmazták ezt a módszert.

Fejlettebb volt a cementálás nevű művelet. Ezt már i.e. 2000 évvel is ismerték. A vas keménysége egyenesen arányos a széntartalmával, így a széntartalom növelésére törekedtek. A vasat azonban nem tudták megolvasztani és benne a szenet oldani, mint a későbbi damaszki technikánál. Ezért igen vékonyra kalapálták a vasat és a vaslemezeket izzó szén közé helyezték. Ha 4-5 órán át 950 C° körüli hőmérsékleten tartják a szén között a vasat, akkor kb. 2 mm-es vastagságban szén diffundál be a vasba. Ezt az eljárást többféleképpen használták fel vágóeszközök készítésére. Volt úgy, hogy a kész eszköz élét cementálták. Más esetben a lágyvas-mag egyik vagy mindkét oldalára cementált lemezt kovácsoltak, így a vágóél ebből a kemény lemezből alakult ki. Elsősorban kisebb fegyvereket készítettek ezzel a módszerrel. A harmadik módszer abban állott, hogy a cementált lapokat tömbbé kovácsolták össze és ebből alakították ki a fegyvert. A frank szárnyas lándzsák egyik csoportja is ezzel a technikával készült. Kemény és jó fegyvert lehetett ezzel a fogással gyártani. Az ilyen tárgyak átlagos széntartalma ugyanis 0,6 %, ami a lágy acélnek felel meg. Ugyanabban a tárgyban a szén eloszlása igen egyenetlen, mert a vizsgálatok szerint 0 és 1,3 % között rétegenként változik⁸⁰.

A széntartalmú vastárgyakat hőkezeléssel tovább lehet keményíteni. I.e. 900 és 700 között készültek az első edzett vastárgyak. Edzéskor a tárgyat 900 C° fölé hőtűzre hevítették, majd hirtelen olajba vagy vízbe dugva lehűtötték. A magas hőmérsékleten a stabilis austenit /a vas és a szén szilárd oldata/ gyors hűtéskor egy igen kemény metastabilis átalakulási terméké, martensitté változik, ami a vas szénrel túltelített oldatának fogható fel. Ezzel a módszerrel sikerült már i.e. 900 körül 444 Brinnel keménységi fokú vágóélt előállítani.

Sokszor nem volt szükség ezekre a műveletekre, mert a vasba kevés foszfor is jutott a kohósításkor és ez eleve keménnyé tette⁸¹.

Az edzés Európában a la Tène kor után terjedt el. Ugyanez mondható el a megeresztésről is. Az előbbinél kényesebb és bizonytalanabb kimenetelű technika, amikor az edzett tárgyat alacsonyabb hőmérsékletre, sokszor csak 150-250 C^o-ra melegítik és lassan lehűtik. Ilyenkor a vas részben elveszti edzettségét és megfelelő mechanikai tulajdonságú lesz.

A római korban már acélt is tudtak gyártani. Több faszén-tartalmú szenet használtak a kohósításhoz és a folyamat vége felé elfojtották a tüzet. Az erős redukáló atmoszférában a szén-monoxid diszproporcionálódott és belediffundált a vasba. Különösen a noricum-i acél volt híres⁸². Az acélgéártást Indiában, Hyderabad környékén vezették be. Az eljárás lényege az volt, hogy a lágvasat tégelybe tették és tized rész súlyú faszén-tartalmú szenet vagy növényi anyagot szórtak bele, és a tégelyt agyaggal betapasztották. Ezután 2,5-4 órán át izzították. A szén többé-kevésbé egyenletesen eloszlott a vasban. Átlagos széntartalma 1,3-1,5 % volt. Az így előállított acélból kb. 1 kg-os - 8 cm átmérőjű, 1-1,5 cm vastag - pogácsákat kovácsoltak és ezeket exportálták a Római Birodalomba is⁸³.

A pogácsákat aztán alacsony hőmérsékleten pengévé kovácsolták, edzették, majd - hogy túlságosan merev ne legyen - a kívánt - keménységűre megeresztették, polírozták és éleztek. A szénttartalom egyenetlen eloszlása miatt helyről helyre változott a kard színe és igen szép felhős rajzolatú lett a penge. A másik készítési technika szerint a kard magjába a kard hosszára merőlegesen barázdákat kalapáltak, majd felváltva lágvas- és acéllapokat kovácsoltak rá. A hepehupás felületet egyenletesen csiszolva a felületen hol lágvas, hol acél helyezkedett el és maratás után a két különböző színű réteg szép rajzolatot adott. Ez a technika a frank szárnyas lándzsák koránál későbbi⁸⁴.

A tégelyben történő acélgéártás Európa felé az iszlám korában terjedt el. Híres központja volt Damaszkusz és Toledo. Európa keresztény részében csak az 1000-es évek után terjedt el, így a frank szárnyas lándzsák készítésében nem játszott szerepet, amint ezt az elemzési eredmények is bizonyították.

A frank szárnyas lándzsák esetében a következő élképzési módokat találjuk.

Gyakran "acélozták" a pengéket, vagyis a vágóéleket sok szenet tartalmazó lemezből alakították ki. Másik módszerük abban állott, hogy a vasmag két oldalát fedték az acéllappal. Ezen kívül használták az ún. betétedzést, vagyis a vágóéleket izzó szén között cementálták, majd edzették⁸⁵.

Előfordul az, a feltehetően i.sz. III. századi technika, a mintás kovácsolás⁸⁶, amely belga eredetű, és a rómaiak uralma alatt terjedt el Európában. A nydami kardok révén vált széles körben ismertté az eljárás⁸⁷. Néhány mm széles vascsikokat vettek, és annyit raktak egymás mellé, hogy az így összerakott rúd négyzetes keresztmetszetű lett. Ezután két, négyzetes lyukkal ellátott végű, csavarkulcs szerű szerszámmal csavarni kezdték a rudat. A mintát úgy alakították ki, hogy helyenként kisebb, helyenként nagyobb volt a menetszám, egyes részeket pedig csavaratlanul hagytak. A kard pengéjét cementált lapból alakították ki. Ezt kétoldalt lágvas lemezzel fedték, majd 2, 3 vagy 4 csavart pácát kovácsoltak mindkét lapjára. Utána cementált vasból a két vágóélet illesztették rá. Ez a bonyolult technika a VI-X. században igen népszerű volt. A frank szárnyas lándzsák egy része is ezzel a technikával készült. Egy V-VI. századi kardot részletesen megvizsgáltak⁸⁸. A kardot 43 különböző részből kovácsolták össze. A cementált mag köré kovácsolt lágvas lemezre 4-4, egyenként 10 db 0,3 mm vastag vaspántból 3 cm-enként megtekert rudat illesztettek. Külön két vágóélet is kovácsoltak rá. A kard 43 alkatrészből állt, és a rekonstrukció szerint 28 munkaóra alatt készülhetett

el. Nemcsak azért készítették a kardot ezzel a technikával, mert a pengéjén polirozás után szép rajzolat tűnt elő /6. ábra/. Az előző technikák bizonytalanságát akarták kiküszöbölni. Ugyanis a cementáláskor a szén bizonytalan mélységbe és bizonytalan mértékben hatolt be a vasba. A 0,3 mm-es vaslemez-kék széntartalma is 0,1-0,6 % -ig változott. Az edzést tökéletesen végezték, de ennek eredménye az volt, hogy a merev penge könnyen eltörhetett. Ezt a káros tulajdonságot a megereztéssel szüntethették volna meg, de ez nem mindig sikerült. Így a penge rugalmasságát a csavart vaslemez alkalmazásával oldották meg. Oldalirányú igénybevételkor, ha a kardot a ráható erő meggörbítette, ez az erő a csavart rudakban direkciós erővé alakult és visszatértette a kardot az eredeti helyzetébe. Hasonló helyzetben a keményre edzett acélpenge eltört volna, a lágyvas alakja pedig maradandóan megváltozott volna.



6. ábra. A mintás kovácsolás rajzolata polirozás után

Salin jó összefoglalást ad a korai középkori kardok készitési technikájáról⁸⁹. Művéből az derül ki, hogy egyidőben minden addigi technikát felhasználtak, legfeljebb fegyverfajtánként van technikai különbség. A kardoknál a mintás kovácsolás dominál, a scramasaxokat foszfortartalmú vasból, néha felszenezett lapokból alakították ki. A harci baltákat a vágóélel párhuzamos lapokból kovácsolták és az élüket kü-

lön cementálták. Ezek azonban csak nagy vonalakban érvényesek, és ha szabályszerűséget akarnánk felállítani, túl sok lenne a kivétel.

8. A frank szárnyas lándzsák készitési technikája

A frank szárnyas lándzsákat is többféle technikával készítették.

A tiszalök-rázomi példányt cementált és rétegesen összekovácsolt vaslapokból alakították ki /II.tábla, 2.kép/. A téglalap alakú vaslapot középtű kettéhajtották, s a penge hosszúságának megfelelő, nagyobb nikkeltartalmú lapot tettek közé. Ebből alakult ki a későbbi vágóél és a lándzsa hegye. Az így elkészült szendvicset az utolsó 10,5 cm-es rész kivételével összekovácsolták. Ez utóbbi kis szakaszból alakították ki a köpűt szarvasüllőn. Kívül a köpű hatszög keresztmetszetű, belül, a köpű legmélyebb részén ez a hatszög még észlelhető, kifelé jövet, kb. a szárnyak magasságában már csaknem szabályos körré megy át /I.tábla, 3. kép/. Az egyik szárnyat a lemeztől alakították ki, letörve jól látszik, hogy két félből áll /I.tábla, 4.kép/. A másik szárny helyén hidegvágóval felmetsztették a vasat, és külön illesztették és kovácsolták bele a szárnyat. Mindkét szárny alatt volt szeglyuk /I.tábla, 5.kép/, de a két részből álló szárny alatti kitört, mert itt volt a kovácsolás helye, ahol a hengerré hajlitott lemez két pereme összeért. A pengérészen közép felé tömörítették a vasat, hogy kialakuljon a borda. Ezután köszörűvel alakították ki a borda végleges formáját, a penge lapját. Végül a penge köpű felőli részét vasreszelővel hozták tetszetős alakra. A penge és a köpű illeszkedésénél kétoldalt lévő kis domborulat a reszelő használatát mutatja /II.tábla, 1.kép/. A köszörülés az egymásra kovácsolt vaslapok közül a felületen lévőkből alig hagyott meg egy kis csíkot a gerincnél, míg a középsőnek csak az élnél lévő részéből vett le egy kicsit. Így a köszörülés láthatóvá és meg-

számlálhatóvá tette a lemezeket, amelyek között a korrózió sokkal erősebben hatott, mint az anyagukban. A korróziós folyamatok "hívták elő" a lemezes szerkezetet /II.tábla, 2.kép/.

A kisebb és karcsúbb gyulavári lándzsát két részből illesztették össze. Először a kb. 35 cm-es pengét készítették el. A szokásos vékony cementált lapokból alakították ki a penge közepét. Ebből alakult ki a vágóél is. Szélessége 5 cm volt. Majd erre kétoldalt kb. 2-3 cm széles lágyvasat kovácsoltak. A rudak a lándzsa hegyétől 13 cm távolságra kezdődnek és 13 cm hosszúak. Mindegyik kb. 10 db 3 mm széles és 0,3 mm vastag vascsikból van csavarva. 14 mm-enként egy csavarás látszik a rudakon és a csavarás végig egyenletes. A 3 csavart rúd alatt mindenütt a lágyvas lemez fekszik, és együttesen 13 cm hosszan és 1,6 cm szélességben disztik a pengét /II.tábla, 3.kép/.

Külön alakították ki a szárnyas köpüt. Egyetlen vaslemezből kovácsolták, a lap két szélét üllön egymásra hajtották és csonkakúppalást-szerűen alakították ki a ma kb. 5,5 cm mély köpüt. Vastagabbik végét bemetszve helyezték bele a két/szárnyat, amelyeknek aközübe nyúló végét laposra kalapálták, így rögzítették. Izzó állapotban a köpü anyagából is vasat tömörítettek a szárnyak tövéhez, hogy biztosan álljanak. A köpü a szárnyak magasságában kb. 3 cm átmérőjű és kör alakú. Fokozatosan keskenyedik el és végig kör keresztmetszetű. Mivel tölcészerűen szűkül, a pengéhez illeszkedő végénél már többször van átlapolva. A szárnyak felső peremétől 6,5 cm-re két darab egymással és a pengével párhuzamos, 3,3 cm hosszú fog nyúlik ki. Ezek közé kovácsolták be a pengét /II.tábla, 4.kép/. Mivel a köpü alsó része hiányzik, nem lehet eldönteni, hogy volt-e szeglyuk, hány volt, és hol helyezkedett el.

A kőszegszerdahelyi példány a gyulavárihoz hasonló technikával készült. Pengéje vonala a hegy felőli harmadában azonban megtörik. Ide, a lándzsa hegyére ugyanis nagyobb nikkeltartalmú, szivós anyagból készített papucsot húztak.

Ennek a technikának a meglétét az esztergomi példány színképelemzése is bizonyítja.

9. Metallográfiai vizsgálatok

A készítési technika után ismerkedjünk meg a metallográfiai vizsgálatok alapján a frank szárnyas lándzsák anyagával⁹⁰. A vizsgálatához a lándzsának egy parányi, 3x3 mm-es darabja szükséges. A kis mintát egy fémgűrű közepébe helyezzük, műgyantával körülöntjük, majd a műgyanta megszilárdulás után egyre finomodó csiszoló porokon lecsiszoljuk a felületet, amíg a kis mintából sima felületet nem kapunk. Ezt felpolírozzuk és felülvilágító mikroszkóp alatt vizsgáljuk. A csiszolt felületet rendszerint alkalmas maratószerrel /pl. 3 %-os salétromsavas alkohollal/ maratjuk. Ekkor bizonyos anyagok kioldódnak és a szövetszerkezet jobban előtünik.

A fenékpuzta frank szárnyas lándzsa köpüjéből vett minta maratás nélkül egységes fehér foltnak látszik. Ezt a fehér foltot csak alig szakítja meg néhány sötét szemcse - a vasban lévő salakzárvány /III.tábla, 1.kép/. A metallografusok szerint a vas olyan tiszta, hogy akármelyik mai vassal felvenné a versenyt. Ezután maratják a minta felületét és előtünik a ferritszerkezet. Mintánk tehát szénalig tartalmú lágyvas /III.tábla, 2.kép/. Ha nagyobb nagyításban vizsgáljuk a minta peremét, feltünik, hogy sok a deformálódott kristály és kristálytöredék. Ezek alakja élesen elüt az előző zömök kristályoktól /III.tábla, 3.kép/. Ez a deformálódás a hidegen történt megmunkálásra vall. Amikor a kovács a köpüt kialakította, lehülhetett a vasa, és nem volt értelme, hogy néhány ütésre újra visszadugja a tűzbe. Nem minden mintát sikerül ilyen alaposan kivallatni. Sokszor a lándzsa anyaga már teljesen átalakult, és a csiszolaton csak a korróziós termékek látszanak.

Néha az átrozdásodott tárgy vizsgálata sem hasznos. A sopronkőhidai temető 84. sírjában talált frank

szárnyas lándzsa pengéjéből vett minta vasat alig tartalmazott. Csak a központi fehér csik a vas, amely maratás, nagyobb nagyítás után /III.tábla, 4.kép/ ferritnek - lágyvasnak azonosítható. Csaknem salakmentes, tiszta fém. A III. tábla 5. képének nagy részén már csak a korróziós termékek látszanak, de ezek hüen őrzik az egykori megmunkálás nyomát, a csavart lágyvas lemezekből kialakított mintát. A megcsavart szalagokból álló rúd metszete adja ki a kép jobb alsó sarkában lévő hullámvonalat. Ez a készitési technika a lándzsán ma már egyáltalán nem látszik.

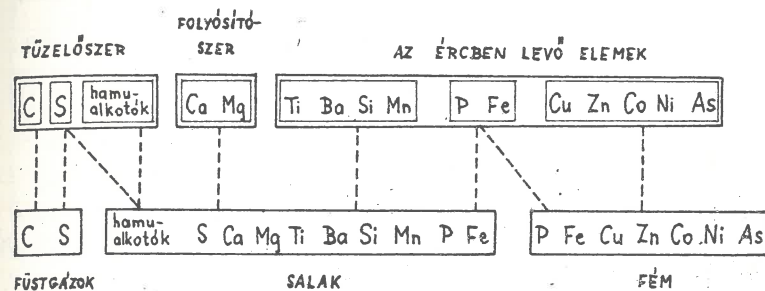
Nem minden frank szárnyas lándzsa anyaga készült egyforma gonddal. A kiskomáromi példány vasában sok a salakzárvány /III.tábla, 6.kép/. Ez különösen akkor feltűnő, ha a fenékpusztáival /III.tábla, 1.kép/ hasonlítjuk össze.

Az eddigi frank szárnyas lándzsák metallográfiai szempontból elég egyöntetű képet adtak. Kis szénttartalmú lágyvasból készültek. A cementálásnak nyoma sincs. A színképelemzésből az is kiderül majd, hogy miért nem volt erre szükségük. Összehasonlításként nézzük meg a majsi honfoglalás kori temető egyik lándzsacsúcsát /III.tábla, 7.kép/. Az anyaga ennek is kevés salakot tartalmaz. Amikor a bucat felizzitva a salakot kikovácsolták, az el nem távolított salak sorba rendeződött a kovácsolás hatására. Maratás és 500 X-os nagyítás után már nem a frank szárnyas lándzsáknál megszokott ferritszerkezetet látjuk, hanem a szénnel dúsított, jó minőségű lágyacél perlit struktúráját /III.tábla, 8.kép/.

10. A színképelemzés

A magyarországi múzeumokban és magángyűjteményekben fellelhető szárnyas lándzsáknak, a korabeli egyéb fegyvereknek, valamint néhány más típusú lándzsának a minőségi színképelemzési eredményét a Függelék tartalmazza⁹¹.

Mielőtt az eredményekből következtetéseket vonnánk le, érdemes anyagmérleget készíteni, hogy a kohósítás során az érc, a redukálószer és az esetleges adalékok mivé alakulnak át - melyik kerül a fémbe, melyik a salakba, és melyik távozik a füstgázokkal.



Az elemzés egyik célja ugyanis az lehet, hogy kinyomozzuk annak az ércnek az eredetét, amelyből a vasat készítették, a másik cél az, hogy a technológia fejlettségére következtessünk.

A vasércben lévő és a vasat kísérő elemek közül a réz, a nikkell, a kobalt és az arzén a fémbe jut. Erős redukáló körülmények között a mangán és a szilícium is redukálódhat és a fémbe kerülhet, de a régi vaskohászati eljárásoknál ez aligha fordulhatott elő. Biztosan a salakba került az ércből a mangánon és a szilíciumon kívül a foszfor nagy része, a titán és a bárium is. Ugyancsak a salakba jutottak a faszén alkáliákat és alkáli földfémeket tartalmazó hamualkotói, és a folyósításra használt mészko kalcium- és magnéziumtartalma. Az érc eredeti alkotóit tehát a salakból és a fémből tudjuk csak kinyomozni. Ez alig járható út, mert az esetek legnagyobb részében vagy salakunk van, vagy vastárgyunk. A vastárgy mindig tartalmaz salakzárványt is. Neumann⁹² szerint az a tökéletes elemzési módszer, ha a fémet

salétromsavban oldva vizsgáljuk, a visszamaradt salakot pedig külön feltárjuk és elemezzük. Így figyelembe tudjuk venni azt az aránytalanságot, hogy a salakból csak nyomok kerültek a vastárgyba, így az odakerült elemek jóval kisebb százalékban vannak jelen a szinképbén, mint ahogy az eredeti ércben voltak.

A helyzetet bonyolítja az is, hogy utólag kezelték a vasat. A római korban egyes helyeken kőszén-tüzzön kovácsoltak, és így kén jutott a vasba⁹³. Máskor szerves anyagokba mártották a cementálandó szerszámot, és a szerves anyagból nitrogén is bediffundált a fémbe⁹⁴.

A technológia fejlettségére a vas tisztaságán túl a salak /FeO + MnO/ : SiO₂ arányából következtethetünk. Minél több a SiO₂ részaránya a salakban, annál tökéletesebb volt a kohósítás.

Ha a frank szárnyas lándzsák elemzési eredményeit figyeljük, feltűnik a lándzsák anyagának szokatlanul nagy nikkelt és kobalt tartalma. Ezt a skandináviai és báltikumi lándzsák esetében is megfigyelték⁹⁵. Ez lehet az a nyom, amely a szárnyas lándzsák készítési helyére vezethet. Az európai vaslelőhelyeken ritka a nikkelt. A la Tène kori Spitzbarrék vizsgálatokor feltűnt a kutatóknak, hogy a Pfalz tartományban talált, illetve a környékéről származó példányok mind nagy nikkelt tartalmúak⁹⁶. Meg is találták azt a denersbergi bányát, ahonnan a nagy nikkeltartalmú érc való. Valószínűleg a frank birodalom Rajna menti műhelyeiben készült lándzsák érce is innen ered.

A megvizsgált leletek Co- és Ni-tartalmát a következő táblázatban foglaltam össze:

Ni % Co %	≥ 0,00X	0,00X- -0,0X	0,0X	0,0X- -0,1X	0,1X	0,1X- -0,2X	0,2X
> 0,005	(13) (14) (40) (41) (42) (46) (47) (48)		(1) (4) (10) 39 (43)	(33)	(31) (34) (35) (44) (45)		
0,0X	29	22 26	(11) 28	5 6 (8)	(32)	(38)	(37)
0,0X- -0,1X		19 20 21 23 24 25 27	(17) (30)		(2) (12) (15)		
0,1X			(16)		(3) (7) 9 (18)		(36)

/A táblázatban szereplő minták adatait és a jelölések magyarázatát az 1. és 2. táblázat tartalmazza./

szárnyas lándzsák
hiteles szárnyas
lándzsák
összehasonlító
anyag

Osszuk két részre a táblázatot, elkülönítve a század századok több és kevesebb Ni-tartalmú mintáit, a frank szárnyas lándzsák zöme a 0,0X %-nál nagyobb Ni-tartalmúak területére esik. Csak 5 idegen minta jutott erre a területre: egy germán kard /5. minta/, egy avar balta /6. minta/, két honfoglaláskori keleti típusú lándzsacsúcs /9. és 39. minta/. Ez utóbbi azért nevezetes, mert a keresztvasának anyaga /29. minta/ a X-XI. századi és későbbi középkori magyar fegyverek anyagával egyezik. Így kémiai is bizonyítható a feltevés, hogy a kardpenge a frankok területéről került hazánkba és itt látták el keresztvassal. Új tulajdonosa saját izlésének és harcmodorának megfelelően átalakította a markolatot és a keresztvasat. A lándzsacsúcsok nikkeltartalmát kétféleképpen lehet értelmezni: vagy átkovácsolták a nyugati eredetű vastárgyakat, vagy Eurázsia olyan vidékéről származnak, ahol más Ni-tartalmú ércet dolgoznak fel.

A 0,0X %-nál kisebb Ni-tartalmú területre esnek az összehasonlító leletek mintái és néhány - szárnyas lándzsák-

ból származó minta. A 40., 41. és 42. minta mégy nyomokban sem tartalmazott nikkelt vagy kobaltot. Mindhárom minta a szombathelyi szárnyas lándzsákból való, amelynek frank eredetében már több kutató kételkedett. Szokatlan az is, hogy a köpűjéből kis pánt nyúlik ki és ezen van a szeglyuk. Ez nem utólagos átalakítás, mert a pánt végét annak a lemeznek az egymást átfedő szélei közé kovácsolták be, amelyből a köpüt kialakították. Alakja és a szárnyak formája is eltér a többiekétől. A szinképelemzés megerősíti tehát a régész gyanúját, és ezzel a darabot kiiktathatjuk a frank szárnyas lándzsák köréből, és a középkorra keltezhetjük.

Ugyancsak egyedi darab a Magyar Nemzeti Múzeum Fegyvertárának 61.8229. leltári számú szárnyas lándzsája. Sem több ilyen leletről nem tudunk, sem a koraközépkori kódexek és zsoldárkönyvek ábrázolásaiban nem szerepel. A frank területen ez a forma ismeretlen. Mivel szórványlelet, koráról semmit sem tudunk. A lándzsának már eredetileg is csak egy szárnya volt. A szárnyat vékony fémpántból úgy alakították ki, hogy a pántot a szárny hosszúságában összekovácsolták, a kimaradt részét pedig a köpű köré kovácsolták. A szeglyuk a szárnyal szemben van. Ugyanezzel a készítési technikával találkozunk a Magyar Nemzeti Múzeum Fegyvertárának biztosan középkori 56.7552. leltári számú egyszárnyú lándzsáján is. Így érthető, ha a lándzsa anyaga /13. minta/ is elűt a frank szárnyas lándzsák anyagától, hiszen a lándzsa középkori.

A 46., 47. és 48. minta a pannonhalmi szárnyas lándzsából való. Ez sem alakra, sem méretre nem hasonlít a frank szárnyas lándzsákhoz. A kémiai elemzés a régészeti vizsgálattal ez esetben is azonos eredményt ad.

A fenti lándzsákat a kémiai és a készítőtechnikai vizsgálat segítségével kiiktathatjuk a frank szárnyas lándzsák köréből.

Más problémát vet fel a 14. minta, amely a Magyar Nemzeti Múzeum 64.9.2. számú lándzsájához tartozik, s alakra és

készítési technikára nézve is a frank szárnyas lándzsák közé illik. Sajnos ez is szórványlelet. Anyaga eltér a többiétől. Feltehetően más vidéken készítették, másféle ércből kohósították. A frank birodalomnak nemcsak a pfalzi bányák közelében lehettek fegyvergyártó műhelyei, amelyek a helybeli nikkeles ércet dolgozták fel. Mint bevált és keresett formát, más műhelyek is gyártották, méghozzá ugyanazzal a technikával, amelynek minden elemét már régóta ismerték és használták. Egy biztos: Magyarországra főleg a központi műhelyek nikkeltartalmú lándzsái jutottak, de Skandináviába is jutott belőlük bőven. A szóban forgó lándzsa lehetett későbbi és máshol utánzott frank forma is.

A táblázatból kitűnik, hogy a lándzsák Co- és Ni-tartalmuk szerint csoportokba rendezhetők - vagyis a központi műhely sem dolgozott állandóan ugyanolyan anyaggal, hanem amilyen ércet éppen fejtettek. A régésznek az a törekvése, hogy a sirtól hiteles körülmények között előkerült darabokkal technika és anyagösszetétel segítségével hitelesítse a bizonytalan eredetű darabokat, megoldhatónak látszik. A kis Ni-tartalmú, Co nélküli hiteles 1. minta a 2., 3., 12. és 15. mintát hitelesíti.

A Ni-tartalom magyarázatot adhat arra, hogy miért nem cementálták a frank szárnyas lándzsák anyagát. A Ni-tartalmú vas ugyanis rendkívül szívós, és vágóélnek, lándzsacsúcsnak ideális. A 16., 17. és 18. mintasor azt a tényt bizonyítja, hogy a frankok tudatosan használták a csúcs képzésére a több Co-t és Ni-t tartalmazó anyagot. Az esztergomi lándzsa hegye ugyanis más anyagból készült, mint a többi része. A tisztalóki lándzsa vágóéle és hegye is egy nagyságrenddel több Ni-t tartalmaz, mint másutt /43. és 44. minta/. A kohászok és a kovácsok a nikkelt nem ismerhették, hiszen csak 1751-ben állították elő először, és csak a XIX. század óta ötvözik vele a vasat⁹⁷. Arra azonban tapasztalati úton rájöhetnek, hogy az egyik gyártásmenetből igen jó, szívós anyag kerül ki, míg a másik mechanikai tulajdonságai kevésbé jók. Tehát a nagy

igénybevételű részek készítésére tették félre a jobbik anyagot.

A szárnyas lándzsák belső kronológiáját nem lehet kémiai vizsgálattal eldönteni. A bányákat hosszú időn át használták, a kohászatban a XI. század - a vizierő felhasználása - előtt évszázadokig nem volt olyan fejlődés, ami az anyagösszetételében megmutatkozna. A lándzsacsúcs készítésének formái sem változtak, régóta ismert eljárások voltak ezek. Ha volt is valamilyen fejlődési tendencia, azt csak igen sok, jól képezhető lelettel lehetne bizonyítani. Ezek pedig nem állnak rendelkezésünkre. Valószínűsíteni sem lehet, hogy a frank szárnyas lándzsa négy formai típusa közül melyik volt régebbi és melyik későbbi. Az egyes típusok anyagösszetételükkel sem választhatók szét.

1. Kialakult típus a keskeny, hosszú, levél alakú pengéjű, mintás kovácsolású szárnyas lándzsa. Ebből találták a legtöbbet /Gyulavári, Sopronkőhida 60. és 84. sír, Sárospatak, Keszthely-Fenekpuszta, Kiskomárom, Kecskemét-Belváros, Vác és a Magyar Nemzeti Múzeum Régészeti Osztályának 61.48.2. és 64.9.2. leltári számú szórványleletei/. A kecskeméti példány csak nagy méretével tér el a többiektől.

2. Az előbbi továbbfejlődése lehet az a típus, amelyeknek külön hegyet készítettek szivósabb anyagból /Kőszegszegdahely, Sopronkőhida 30. sír, Turócszentmárton, Esztergom/. Ezek kissé szélesebbek és hosszabb nyakúak az előzőeknél.

Méretre az 1. és 2. típus a legegységesebb, már-már szabányosítottak tűnik.

3. A tiszalök-rázosi példány egymagában áll. Az eddigiektől elütő, rafináltabb technikával készült. A formája olyan, hogy nem vérték áttörésére a legalkalmasabb, talán nagyvadra vadásztak vele. Kora bizonytalan, mert szórványlelet.

A 4. típust a marcaltői lándzsa kivételével csak rajzról ismerjük, mert mind elveszett. /Budapest-Dunameder, Pan-

nonhalma-Szt.Vilibálddomb és a két kecsői példány./ Köpűjük rövid és széles, szárnyuk zömök, trapéz alakú, pengéjük széles, rövid, és a gerinc kivételével igen vékonyra kovácsolták. Ez a típus valósággal törékenynek hat a többi frank szárnyas lándzsa között. Egyetlen meglévő példányát nem mintás kovácsolással készítették, hanem lapokból kovácsolták.

Nincs kizárva, hogy minden típust egy időben használták, csak más célra.

A fenti megállapítások alapján a régész által felvetett kérdések nagy részét kémiai vizsgálattal meg lehet válaszolni. Következtetni tudunk a készítési technikára, a felhasznált anyagból a készítés helyére, ki lehet szűrni a nem odaváló, csak formailag hasonló leleteket. Csak a leletek korát nem lehet eldönteni. Ehhez ugyanis a véletlenek összjátéka lenne szükséges: egy-egy bánya bezárása vagy megnyitása, új kohászati módszer bevezetése, új fémmegmunkálási technológia, és az, hogy a változásokat okleveles anyaggal vagy sok és jól datált lelettel rögzíthessük.

F Ü G G E L É K

A fém minták tájékoztató szinképelemzése

Sor- szám	Lelőhely, leltári szám	Megnevezés
1	Túrócszentmárton 146.1880.32.	szárnyas lándzsa
2	Tiszalök-Rázom magángyűjtemény	szárnyas lándzsa
3	Gyulavári 1938.	szárnyas lándzsa
4	Marcaltó 64.9.1.	szárnyas lándzsa
5	Bátaszék	germán kard
6	Kerepes 57.335.	avar balta
7	Sopronkőhida, 30. sír 62.24.43.	szárnyas lándzsa
8	Sopronkőhida, 60. sír 62.24.115.	szárnyas lándzsa
9	Bezdéd, 7. sír. 86.1896.209.	honfoglaláskori lándzsa
10	Kecskemét 68.1.1.	szárnyas lándzsa, az éléből
11	Kecskemét 68.1.1.	szárnyas lándzsa, a köpűjéből
12	Ismeretlen lelőhely (Sárospatak) C.1931.59.	szárnyas lándzsa
13	Ismeretlen lelőhely (MNM Fegyvertár) 61.8229.	szárnyas lándzsa
14	Ismeretlen lelőhely 64.9.2.	szárnyas lándzsa

A táblázatban alkalmazott 0,X; 0,0X; 0,00X jelölés azt jelenti, hogy az illető elem becsült koncentrációja a mintában tízed, század, ezred százalék. 0,00X-0,0X azt jelenti, hogy a koncentrációt néhány század, vagy több ezred százalékra becsülik. <0,01 jelölés azt jelenti, hogy az alkalmazott módszerrel a kimutatási határ 0,01 %, és az elem vagy egyáltalán nincs a mintában, vagy kevesebb 0,01 %-nál. Ezeket a példaként megadott jelöléseket értelemszerűen más nagyságrendeknél is hasonlóan alkalmaztuk.

Sor- szám	Ni %	Co %	Mn %	Si %	Mg %	As %	Sb %	Al %
1	0,0X	<0,005	0,00X- -0,0X	0,0X	0,00X	0,0X	0,00X- -0,0X	0,00X
2	0,X	0,0X- -0,X	0,00X- -0,0X	0,0X	0,00X	<0,01	-	0,00X
3	0,X	0,X	0,001	0,00X	0,00X	0,0X	0,00X- -0,0X	<0,001
4	0,0X	<0,005	0,00X	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
5	0,0X- -0,X	0,0X	0,00X- -0,0X	0,0X	0,00X	<0,01	0,00X	0,00X
6	0,0X- -0,X	0,0X	0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	<0,001
7	0,X	0,X	0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
8	0,0X- -0,X	0,0X	0,00X	0,0X	0,0X	<0,01	-	0,00X
9	0,X	0,X	0,00X	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,0X
10	0,0X	<0,005	0,00X- -0,0X	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
11	0,0X	0,0X	0,00X	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
12	0,X	0,0X- -0,X	<0,001	0,00X	0,00X	0,0X	-	0,00X
13	0,00X	<0,005	0,00X- -0,0X	0,X- -X	0,0X- -0,X	<0,01	-	0,0X
14	0,00X	<0,005	<0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	<0,001

Sor-szám	Lelőhely, leltári szám	Megnevezés
15	Ismeretlen lelőhely 61.48.2.	szárnyas lándzsa
16	Esztergom 56.687.1.	szárnyas lándzsa, belső mag körüli lemez
17	Esztergom 56.687.1.	szárnyas lándzsa, élének belső borítása
18	Esztergom 56.687.1.	szárnyas lándzsa, hegyének külső borítása
19	Esztergom-Belvárosi bérház 86.686.1.	középkori lándzsa, a hegyéből
20	Esztergom-Belvárosi bérház 86.686.1.	középkori lándzsa, a köpűjéből
21	Ismeretlen lelőhely 67.8513.	aranyozott skandináv lándzsa, a mag körüli lemezből
22	Szob-Kiserdő, 18. sír 2.1937.17.	kard, a keresztvasából
23	Szob-Kiserdő, 18. sír 2.1937.17.	kard, a penge éléből
24	Szob-Kiserdő, 18. sír 2.1937.17.	kard, a penge belső magjából
25	Szob-Kiserdő, 21. sír 2.1937.20.	kard, a penge magjából
26	Szob-Kiserdő, 21. sír. 2.1937.20.	kard, a markolat gombjából
27	(MNM) 53.17.3.	avar lándzsa
28	Szentbókkálla 11.1905.	szablya markolatú kard, a penge éléből
29	Szentbókkálla 11.1905.	szablya markolatú kard, a keresztvasából
30	Kőszegszerdahely 58.7632.	szárnyas lándzsa
31	Keszthely-Fenekpuszta, 22. sír 59.782.	szárnyas lándzsa, a köpűjéből

Sor-szám	Ni %	Co %	Mn %	Si %	Mg %	As %	Sb %	Al %
15	0,X	0,0X- -0,X	<0,001	0,0X	0,0X	<0,01	0,00X	0,0X
16	0,0X	0,X	<0,001	0,00X	0,00X	0,0X	0,00X	0,00X
17	0,0X	0,0X- -0,X	<0,001	0,00X	0,00X	0,0X	0,00X	0,00X
18	0,X	0,X	0,00X- -0,0X	0,00X- -0,0X	0,00X	0,0X	0,00X- -0,0X	0,00X
19	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X	0,00X	0,00X	0,0X	0,00X	0,00X
20	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X- -0,0X	0,00X	0,00X	0,0X	0,00X	0,00X
21	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X	<0,01	-	0,0X
22	0,00X- -0,0X	0,0X	<0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,0X
23	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	<0,001	0,0X	0,00X	<0,01	-	0,00X
24	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X	0,0X	0,00X	0,0X	-	0,00X
25	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,00X	0,0X- -0,X	0,00X	0,0X	-	0,00X
26	0,00X- -0,0X	0,0X	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	0,0X	0,0X	-	0,00X
27	0,00X- -0,0X	0,0X- -0,X	<0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
28	0,0X	0,0X	<0,001	0,00X	0,00X	<0,01	-	0,00X
29	0,00X	0,0X	0,00X- -0,0X	0,0X	0,00X	<0,01	-	0,00X
30	0,0X	0,0X- -0,X	<0,001	0,0X- -0,X	0,0X	0,0X	-	0,00X
31	0,X	<0,005	0,00X	0,X	0,0X	-	-	0,0X

Sor- szám	Lelelőhely, leltári szám	Megnevezés
32	Keszthely-Fenekpuszta, 22.sír 59.782.	szárnyas lándzsa, az éle közepéből
33	Keszthely-Fenekpuszta, 22.sír 59.782.	szárnyas lándzsa, az éle hegyéből
34	Kiskomárom-Kápolnapuszta 65.392.1.	szárnyas lándzsa, a köpűjéből
35	Kiskomárom-Kápolnapuszta 65.392.1.	szárnyas lándzsa, az éléből
36	Sopronkőhida, 84. sír 62.24.165.	szárnyas lándzsa, a belsejéből
37	Sopronkőhida, 84. sír 62.24.165.	szárnyas lándzsa, az éléből
38	Sopronkőhida, 84. sír 62.24.165.	szárnyas lándzsa, a köpűjéből
39	Majs	honfoglaláskori lándzsa
40	Szombathely 58.755.1.	szárnyas lándzsa, a köpűjéből
41	Szombathely 58.755.1.	szárnyas lándzsa, nyúlványa
42	Szombathely 58.755.1.	szárnyas lándzsa, az éléből
43	Tiszalök-Rázom magányújtemény	szárnyas lándzsa, a köpűjéből
44	Tiszalök-Rázom magányújtemény	szárnyas lándzsa, az éléből
45	Vác 52.5.42.	szárnyas lándzsa, az éléből
46	Pannonhalma-Szent Vili- báldomb	szárnyas lándzsa, a csúcsából
47	Pannonhalma-Szent Vili- báldomb	szárnyas lándzsa, az éléből
48	Pannonhalma-Szent Vili- báldomb	szárnyas lándzsa, a szárnyából

Sor- szám	Ni %	Co %	Mn %	Si %	Mg %	As %	Sb %	Al %
32	0,X	0,0X	0,00X	0,X	0,0X	0,0X	-	0,00X
33	0,0X- -0,X	<0,005	0,00X	X	X	0,0X	-	0,X
34	0,X	0,00X	0,0X	0,X	0,X	-	-	0,X
35	0,X	<0,005	0,0X	0,X	0,0X	-	-	0,X
36	X	0,X	0,00X	0,X	0,X	0,0X- -0,X	-	0,00X
37	X	0,0X	0,00X	X	0,X	0,0X- -0,X	-	0,X
38	0,X- -X	0,0X	0,00X	X	X	0,0X- -0,X	-	X
39	0,0X	<0,005	0,00X- -0,0X	0,X	0,X	-	-	0,X
40	-	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	0,X
41	-	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	-
42	-	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	0,00X- -0,0X
43	0,0X	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	0,00X- -0,0X
44	0,X	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	0,00X- -0,0X
45	0,X	<0,005	0,0X	0,X	-	-	-	0,0X- -0,X
46	-	-	0,X	0,X- -X	0,X	-	-	-
47	-	-	0,X	0,X- -X	0,0X	-	-	-
48	-	-	0,0X	0,X	0,00X- -0,0X	-	-	-

I R O D A L O M

1. Vértés László: Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon. Budapest. 1965.
D.L. Clarke: Analytical Archaeology. London. 1968.
2. M.J. Aitken: Physics in Archaeology. New York. 1961.
3. Stegena Lajos: Abszolút kormeghatározás. Kézirat. Budapest. 1968.
M.J. Aitken: Physical Methods of Archaeological Research. Research 15 145-151 /1962/.
4. M. Levey: Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia. Amsterdam-London-New York-Princeton. 1959.
5. Ch. Singer és társai: A History of Technology I. és II. kötet. Oxford. 1956.
6. G. Masanetz: Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunden. Wiener Schriften III. és XII. füzet. Wien. 1955-1960.
H.J. Plenderleith: The Conservation of Antiquities and Works of Art. London. 1956.
Fr. Rathgen: Die Konservierung von Altertumsfunden. Berlin. 1898.
7. E.R. Caley: Archaeological Chemistry. Chemical and Engineering News 27 2140-2142 /1949/.
8. E.R. Caley: Klaproth as a Pioneer in the Chemical Investigation of Antiquities. Journal of Chemical Education 26 242-268 /1949/.
9. M.H. Klaproth: Ueber antike Glaspasten. Sammlung der deutschen Abhandlung welche in der königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin vorgelesen worden in den Jahren 1789-1800. Experimental-Philosophie, 1803. 31-40.

10. Chaptal J.: Notice sur quelques couleurs trouvées a Pompeia. Ann. Chim. 70 22 /1809/.
11. Davy H.: Observations upon the composition of the colours found on the walls of the Roman house discovered at Bignor in Sussex. Archaeologia 18 222 /1817/.
12. D'Arcet J.: Analyse du ciment d'une mosaïque antique trouvée a Rome. Ann. Chim. 74 312 /1810/.
13. E.R. Caley: Early History and Literature of Archaeological Chemistry. Journal of Chemical Education 28 64-66 /1951/.
14. Részletes irodalom a 9. hivatkozásban.
15. Göbel F.: Ueber den Einfluss der Chemie auf die Ermittlung der Völker der Vorzeit oder Resultate der chemischen Untersuchung metallischer Altertümer insbesondere der in den Ostseegouvernements vorkommenden, Behufs der Ermittlung der Völker, von welchen sie abstammen. Erlangen, 1842.
16. Wocel J.: Archäologische Parallelen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften /Wien/. Philosophisch-Historische Classe 11 716 /1853/ és 16 169 /1855/.
17. Bibra F.: Die Bronzen und Kupferlegierungen der alten und ältesten Völker mit Rücksichtnahme auf jene der Neuzeit. Erlangen, 1869.
18. Schalger Károlyné: A muzeumi fém műtárgyak állagvédelme. Muzeumi Műtárgyvédelem I. 15-126.
19. Nagy Géza: Adatok a Karoling időszak emlékeihez. Arch. Ért. 33 250-254 /1913/.
20. László Gyula: A honfoglaló magyar nép élete. Budapest. 1944. 118-119. oldal.
21. Kovács László: A honfoglaló magyarok lándzsái és lándzsás temetkezésük. Alba Regia XI 81-108 /1970/.
22. Hampel J.: Újabb tanulmányok a honfoglalási kor hazai emlékeiről. Budapest. 1907. 22.

23. Gessler E.A.: Die Trutzwaffen der Karolingerzeit vom VIII. bis zum XI. Jahrhundert. Basel. 1908. 43.
24. Paulsen, P.: Flügellanz. Zum archäologischen Horizont der wiener, 'sancta lancea'. Frühmittelalterliche Studien. Jahrbuch des Instituts für Frühmittelalterforschung der Universität Münster 3 289-312 /1969/.
25. Kovács László: i.m. 97.
Arbman H., Nilsson N.: Armes scandinaves de l'époque Viking en France Meddeladen från Lunds Universitets Historiska Museum 1966-1968. Lund. 1969. 199. oldal.
26. Hampel J.: Altertümer des frühen Mittelalters in Ungarn. Braunschweig. 1905. 451-453.
27. Nagy Géza: i.m.
28. Kovács László i.m.
29. Gessler i.m. 45.
30. Abeng N.: Die Franken und Westgoten der Völkerwanderungszeit. Uppsala. 224.
31. Laking G.F.: A record of european armour and arms through seven centuries. London. 25.
32. Arbman H.: Schweden und das Karolingische Reich. Studien zu den Handelsverbindungen des 9 Jahrhunderts. Stockholm. 1937. 233.
33. Nadolski A.: Studia nad uzbrojeniem Polskim w X, XI i XII wieku. A. Arch. Univ. Lodz, 3 55-56 /1954/.
34. Stein F.: Adelsgräber des achten Jahrhunderts in Deutschland. Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit. Serie A Band IX Berlin. 1967. 18.
35. Friesinger H.: Beiträge zur Besiedlungsgeschichte der nördlichen Niederösterreich in 9-11. Jahrhundert. Archäologia Austriaca 37 79-114 /1965/.

36. Arbman - Nilsson i.m.
37. K. H. Klingenburg: Vom Steinbeil bis zum schönen Brunnen. Berlin. 1964. 54.
38. Beckwith J.: Die Kunst der frühen Mittelalters. Berlin. 1967.
39. Gessler i.m. 49-50. oldal
40. Mandel G.: Die Buchmalerei der Romantik und Gotik. Epochen der Kunst 7. Güntersloh. 1964.
Marosi Ernő: A románkor művészete. Budapest, 1972.
41. Nagy Géza i.m.
42. Gessler i.m. 46.48. oldal
43. Paulsen P.: Einige Flügellanz. Fundberichte aus Schwaben 18/I. /1967./ Stuttgart. 255-264.
44. Böhnert K.: Die fränkische Altertümer des Trierer Landes. Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit. Serie B. Die fränkische Altertümer des Rheinlandes. Band 1. Berlin. 1958.
45. Gessler i.m. 103-106.
46. Arbman - Nilsson i.m. 189. oldal.
47. Leppäaho J.: Späteisenzeitliche Waffen aus Finnland Schwertinschriften und Waffenverzierungen des 9-12. Jahrhunderts. Helsinki. 1964.
48. Friesinger i.m. 1965. 85-86.
49. Friesinger i.m. 49.
50. Bakay Kornél: Régészeti tanulmányok a magyar államalapítás kérdéseihez. Dunántúli Dolgozatok 1. 1965. 26.
51. Gessler i.m. 150.

52. V. Curcic: Starinsko oruzje u Bosni i Hercegovini. Glasnik hrvatskog drzavnog muzeja u Sarajevu. LV /1943/. 31. oldal.
53. R.F. Tylecote: Metallurgy in Archaeology, London. 1962. 1-13.
54. L. Aitchison: A History of Metals. London. 1960. 99-100.
55. Aitchison i.m. 101.
56. Gordon Childe: A civilizáció bölcsője. Budapest
57. H.R. Schubert: History of the British Iron and Steel Industry. London. 22.
58. Ch. Singer és társai: A History of Technology. Volume II. Oxford. 1956. 55.
59. G. Webster: A note on the use of coal in Roman Britain. Antiquaries Journal 35 199-216 /1955/
60. Lengyel-Proszk-Szarvas: Általános és szervetlen kémia. Budapest, 1959. 700-701.
61. Heckenast- Nováki- Vastagh-Zoltay: A magyarországi vas- kohászat története a korai középkorban. Buda- pest. 1968. 190.
62. Tylecote i.m. 192-201.
63. J. Déchelette: Manuel d'archeologie II. 2. Paris. 1913. 54. oldal.
64. Caesar: De bello Gallico. V. 12.
65. Kleemann O.: Archiv für das Eisenhüttenwesen 32 583. /1961/.
66. Szabó Miklós: A kettőspiramis alakú vasrudak kérdésé- hez. Arch. Ért. 93 249-253 /1966/.
67. Tylecote i.m. 206-208.

68. Tylecote i.m. 210-211.
69. H. Dickmann: Aus der Geschichte der deutschen Eisen- und Stahlerzeugung. Düsseldorf. 1959. 12-13.
70. R. Pleiner: Techn. Civil. 1956. 5 /4/ 113-128.
71. J.W. Gilles: Die Grabung auf vorgeschichtlichen Eisen- hüttenplätzen des Siegerlandes. Stahl und Eisen. 56 /1936/. 252-263.
72. A History of Technology II. Vol. 56.
73. Tylecote i.m. 189-190.
74. Aitchison i.m. 200.
75. H. Bell: Notes on a bloom of Roman iron found at Corto- pitum /Corbridge/. Journal of Iron and Steel Institute. 85 /1912/. 118-128.
76. Tylecote i.m. 260.
77. Gessler i.m. 104.
78. Theophilus presbyter: Schaedula diversarum artium. Wien. 1874. 9-11.
79. Gessler i.m. 44.
80. Aitchison i.m. 205-210.
81. F.K. Naumann: Die Untersuchung alter eisener Fundstücke und die dazu verwendeten Verfahren. Archaeological Chemistry. Philadelphia. 1967. 186-188. Tylecote i.m. 204.
82. Naumann i.m. 192-193.
83. A History of Technology II. Vol. 57.
84. H. Maryon: Pattern welding and Damascening of Sword- blades. Part. 1. - Pattern-Welding. Studies in Conservation 5 /1960/. 25-37.

A History of Technology II. Vol. 58.

85. Naumann i.m. 193.
86. Maryon i.m.
87. E. Schürmann: Untersuchung an Nydam-Schwertes. Archiv für Eisenhüttenwesen. 30 /1959/. 121-126.
88. H. Maryon: A Sword of the Nydam Type from Ely Field Farm, near Ely. Cambridge Antiquarian Society Journal XLI /1948/ 73-76.
89. E. Salin: La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et le laboratoire - 3me partie - Les techniques. Paris. 1957. 331.
90. Ezuton mondok köszönetet dr. Veró Baláznak a vasanyag metallográfiai csiszolataiért.
91. Az első 30 minta elemzéséért Benkó István professzor ur /Veszprém, Nehézvegyipari Egyetem/, a 31-48. minta elemzéséért dr. Gegus Ernő /Budapest, Vasipari Kutató Intézet/ fogadja hálás köszönetemet.
92. Naumann i.m. 201.
93. Tylecote i.m. 244.
94. Naumann i.m. 199.
95. T. I. Arne: Was bedeutet das Vorkommen von Nickel in frühgeschichtlichen eisernen Gegenständen. Swiatowit 24 /1962/ 405-407.
96. Dickmann i.m. 14.
97. Lengyel-Proszts-Szarvas i.m. 642.

Tartalmi összefoglaló

A tanulmány a frank szárnyas lándzsák problémáját a régészet és a természettudományos vizsgálat oldaláról közelíti meg. A frank szárnyas lándzsák Európában a 8-10. században terjedtek el. Magyarországon a legtöbb a Dunántúl északi és nyugati részén került elő, így ezek többségükben a frankok dunántúli hódításával kerülhettek Magyarországra. Vérték át-törésére használták, lovas és gyalogos fegyver volt, de vadászhattak is vele.

A szerző röviden ismerteti a vas történetét és előállítását. Az előkerült szárnyas lándzsák készítési technikája és agyagának színképelemzése kapcsán kiderült, hogy néhányat ki-rekeszthetünk a frank szárnyas lándzsák köréből és megállapíthatjuk, hogy nyersanyagukat feltehetően Pfalz német tartományban bányászták. Így a Magyarországon talált frank szárnyas lándzsák kevés kivétellel a Rajna menti fegyvergyártó műhelyekben készülhettek.

Resume

Der Aufsatz untersucht die Problematik der fränkischen Flügellanzen von archäologischer sowie naturwissenschaftlicher Seite her. Die fränkischen Flügellanzen verbreiteten sich in Europa im 8-10. Jh. Die Mehrzahl der ungarländischen Funde ist aus Transdanubien bekannt; so die Mehrheit dieser Lanzen soll mit der fränkischen Eroberung dieses Gebietes hierher gekommen sein. Sie wurden als Waffen von Reiter- und Fusssoldaten zum Durchbrechen von Harnische gebraucht; wurden aber auch bei der Jagd benutzt. Als Ergebnis der Untersuchung der Herstellungstechnologie der Lanzenspitzen und der Spektralanalyse ihres Materials ist es festzustellen, dass nicht jede, bis jetzt für fränkisch gehaltene Lanzenspitze als solche bestimmt werden soll; ferner, dass ihr Rohmaterial aus den Bergwerke

der Provinz Pfalz herrührt. So ist es anzunehmen, dass die in Ungarn gefundenen fränkischen Flügellanzten - mit weniger Ausnahme - in den rheinischen Waffenwerkstätten hergestellt worden sind.

Summary

The paper approaches the problems of the Frank winged spears from the archaeological point of view, making use of scientific examinations as well. The Frank winged spears spread in Europe in the 8-10th centuries. In Hungary the majority of them was found in the northern and western part of Transdanubia, thus they could get to Hungary during the Transdanubian Frank conquest. They were used to pierce armours, they were also infantry and mounted weapon, but of course they could use them for hunting too.

The author briefly recites the history and production of iron. From the spectrum-analysis of the material and processing technics of the hear found Frank winged spears it turned out, that we can exclude a couple of them from the group of the Frank winged spears, and we may state, that their raw material was probably gained from the mines of the German county, Pfalz. So the Frank winged spears found in Hungary - with very few exceptions - could be produced in the arm-manufacturing workshops along the Rhine.

A táblaképek jegyzéke

I. tábla

1. kép. A hornhauseni sírkő részlete
2. kép. III. Ottó evangéliuma címlapjának részlete
3. kép. A tiszalök-rázomi frank szárnyas lándzsa köpűjének negatívja. Anyaga Vinamold
4. kép. A tiszalök-rázomi frank szárnyas lándzsa letört szárnyának csontja
5. kép. Szeglyuk a tiszalök-rázomi frank szárnyas lándzsa köpűjén

II. tábla

1. kép. A tiszalök-rázomi frank szárnyas lándzsa pengéjének és köpűjének találkozása
2. kép. A tiszalök-rázomi frank szárnyas lándzsa pengéjének részlete
3. kép. A gyulavári frank szárnyas lándzsa pengéje
4. kép. A gyulavári frank szárnyas lándzsa pengéjének és köpűjének illesztése

III. tábla

1. kép. Keszthely-Fenekpuszta 22. sír. A frank szárnyas lándzsa köpűjéből vett anyagminta csiszolatának képe. Maratás nélkül, 100-szoros nagyítás
2. kép. Az előbbi minta 3 %-os etilalkoholos salétromsavval maratva, 160-szoros nagyításban
3. kép. Az előző minta részlete, maratva, 250-szeres nagyításban
4. kép. Sopronkőhida, 84. sír. A frank szárnyas lándzsa pengéjének belsejéből vett minta. Maratva, 250-szeres nagyításban
5. kép. A fenti minta maratás nélkül, 100-szoros nagyításban
6. kép. A kiskomáromi frank szárnyas lándzsa köpűjéből vett minta maratás nélkül, 100-szoros nagyításban
7. kép. A majsi bonfoglaláskori lándzsacsúcs anyaga maratlanul, 100-szoros nagyításban
8. kép. A fenti minta maratva, 500-szoros nagyításban

Verzeichniss der Tafeln

Taf. I.

1. Grabstein aus Hornhausen, Detail.
2. Titelseite des Evangeliars von Otto III. Detail.
3. Flügellanze aus Tiszalök-Rázom. Abdruck der Tülle.
Material: Vinamold.
4. Fränkische Flügellanze aus Tiszalök-Rázom. Stumpf des abgebrochenen Flügels.
5. Fränkische Flügellanze aus Tiszalök-Rázom. Nagelloch in der Tülle.

Taf. II.

1. Fränkische Flügellanze aus Tiszalök-Rázom. Tülle mit dem Blattansatz.
2. Fränkische Flügellanze aus Tiszalök-Rázom. Detail des Blattes.
3. Blatt der fränkischen Flügellanze aus Gyulavári.
4. Fränkische Flügellanze aus Gyulavári. Tülle mit dem Blattansatz.

Taf. III.

1. Keszthely-Fenekpuszta, Grab 22. Schliff-Fläche der Materialprobe aus der Tülle der fränkischen Flügellanze.
2. Vorige Materialprobe nach der Ätzung mit 3-% alkoholischer salpetersäurer Lösung. Vergrößerungsmaßstab: 1:160.
3. Detail der vorigen Ätzungsprobe. Vergrößerungsmaßstab: 1:250.
4. Sopronkőhida, Grab 84. Materialprobe aus dem Inneren des Blattes der fränkischen Flügellanze. Geätzt. Vergrößerungsmaßstab: 1:250.
5. Vorige Materialprobe, ohne Ätzung. Vergrößerungsmaßstab: 1:100.
6. Ungeätzte Materialprobe aus der Tülle der fränkischen Flügellanze aus Kiskomárom. Vergrößerungsmaßstab: 1:100.
7. Spitze der landnahmezeitlichen Lanze aus Majs, ungeätzt. Vergrößerungsmaßstab: 1:100.
8. Vorige Materialprobe, geätzt. Vergrößerungsmaßstab: 1:500.

The List of the Plates

I. plate

1. picture. A part of the gravetomb from Hornhausen.
2. picture. A part of the front page from the gospel of Otto III.
3. picture. The mould of the socket of the Frank winged spear from Tiszalök-Rázom. Made of Vinamold material.
4. picture. The end of the broken wing of the Frank winged spear from Tiszalök-Rázom.
5. picture. The nailhole on the socket of the Frank winged spear from Tiszalök-Rázom.

II. plate

1. picture. The meeting of the blade and socket of the Frank winged spear from Tiszalök-Rázom.
2. picture. A part of the blade of the Frank winged spear from Tiszalök-Rázom.
3. picture. The blade of the Frank winged spear from Gyulavári.
4. picture. The joint of the blade and socket of the Frank winged spear from Gyulavári.

III. plate

1. picture. Keszthely-Fenekpuszta grave 22. The picture of the polished sample taken from the socket of the Frank winged spear. Without corrosion, magnified 100 times.
2. picture. The former sample corroded 3 per cent ethil alcoholic nitric acid, magnified 160 times.
3. picture. A part of the former sample, corroded, magnified 250 times.
4. picture. Sopronkőhida, grave 84. A sample taken from the interior of the blade of the Frank winged spear. Corroded, magnified 250 times.
5. picture. The former sample without corrosion, magnified 100 times.
6. picture. A sample taken from the socket of the Frank winged spear from Kiskomárom, without corrosion, magnified 100 times.
7. picture. The material of the Majs spear-head dating from the Hungarian conquest, without corrosion, magnified 100 times.
8. picture. The former sample, corroded, magnified 500 times.