Procedeu de determinare a compoziţiei monedelor antice

Ana-Maria VLAD
Emil Ghiocel IOANID

Analiza compoziţiei monedelor antice, în general, şi a celor din metale preţioase, în special, pune analistului probleme dificile, întrucât prelevarea unei probe suficiente pentru o analiză cantitativă concludentă este nepermisă în majoritatea cazurilor, din cauza valorii istorice şi/sau artistice a pieselor. Astfel se explică precaritatea datelor privind titlul metalului monedelor în literatura de numismatică.

Un procedeu de analiză complet nedistructiv, de exemplu fluorescenţa de raze X, este impracticabil în cazul monedelor, deoarece se referă la un strat superficial, a cărui compoziţie este modificată ca urmare a efectului de îmbogăţire a suprafeţei, fenomen prin care elementul cu potenţial electrochimic inferior este pierdut preferenţial de pe suprafaţă.

În plus, monedele sunt neomogene în ceea ce priveşte compoziţia, datorită segregaţiei produse în timpul procesului de răcire, deci o analiză punctuală; de exemplu microsonda electronică nu conduce la rezultate reproductibile. Analiza prin activare cu neutroni rămâne metoda de bază pentru determinarea compoziţiei, realizând analiza întregii monede, deşi nici această metodă nu este lipsită de limitări.

Lucrarea de faţă propune o metodă accesibilă de determinare a compoziţiei, prin măsurarea directă a volumului; pe baza acestor date se poate calcula concentraţia componentelor majore ale monedelor constituite din aliaje binare. Măsurătorile de volum se fac pe un aparat special construit şi aflat în curs de brevetare (Fig.1).

Aparatul de măsură constă, în esenţă, dintr-o cuvă calibrată, umplută parţial cu ulei extrafin, în care se introduce moneda ce urmează a fi măsurată. Cu ajutorul unui mecanism micrometric, al cărui şurub micrometric este prevăzut cu un ac palpator din oţel, cu diametrul de 0,1 mm, se măsoară nivelul uleiului înainte şi după introducerea monedei. Un sistem optic adecvat, prevăzut cu o sursă de lumină punctiformă, serveşte la stabilirea cu precizie a contactului acului palpator cu suprafaţa uleiului, moment marcat de apariţia unui mic menisc convex la punctul de contact.

Volumul monedei se calculează ca produsul dintre constanta aparatului (suprafaţa cuvei), exprimată în mm^2, şi diferenţa dintre cele două citiri, în mm. Se pot folosi cuve interşanjabile, alese în funcţie de mărimea monedei, aşa încât suprafaţa cuvei să fie cât mai apropiată de suprafaţa monedei, pentru mărirea preciziei.

Folosind datele obţinute şi măsurând greutatea, se poate determina densitatea monedei. Pentru un aliaj binar, de componente cunoscute, concentraţia unuia dintre elementele componente se calculează cu ajutorul relaţiei:

https://biblioteca-digitala.ro

$$A\% = \frac{\rho_a(\rho_b - \rho)}{\rho(\rho_a - \rho_b)}$$

În care: ρ - densitatea determinată;

ρ_a, ρ_b - densitatea elementelor componente A şi B.

Pentru verificarea preciziei metodei s-au măsurat volumele unor corpuri de forme geometrice regulate (cilindru, sferă), de acelaşi ordin de mărime cu volumul monedelor supuse studiului. Utilizând o cuvă cu diametrul de 20 mm, eroarea de măsură a fost în limita a ± 2,5 mm³.

De asemenea, am verificat precizia în determinarea densităţii prin metoda prezentată, utilizând probe de forme neregulate, din metale cunoscute, de puritate spectrală: Zn, Ag, Sn, Ta, Cu, Al. Densitatea determinată a coincis cu densitatea specifică în tabele până la a doua zecimală.

Am aplicat metoda propusă pentru determinarea titlului unui grup de denari romani, emişi în perioada 119-138, sub împăratul Hadrian. După un prim set de determinări, calculând concentraţia în cupru a monedelor, am obţinut valori variind între 28-33%. În literatura de specialitate, pentru denari datând dintr-o perioadă apropiată, anterioară devalorizării făcute în 194 de Septimius Severus, sunt determinate, prin activare cu neutroni, concentraţii medii de cca 25%[1]. Pentru elucidare am recurs la analize suplimentare ale concentraţiei de cupru, prin spectrofotometrie de absorbţie atomică, pe un aparat Carl Zeiss Jena, în flacără aer-acetilenă. Am prelevat probe din interiorul monedelor pentru a evita stratul superficial, de concentraţie modificată. În acelaşi timp, s-a măsurat concentraţia cuprului pentru două monede moderne din aliaj de argint, de titlu cunoscut, atât prin absorbţie atomică, cât şi prin metoda propusă. Rezultatele obţinute sunt prezentate în Tabelul I.

Studiind tabelul, se poate constata o bună concordanţă a rezultatelor pentru monedele moderne, în schimb, pentru monedele antice, discordanţa este frapantă. O discrepanţă similară este semnalată în literatura de specialitate, pentru un grup de monede merovingiene din aliaj Au-Ag, între rezultatele analizelor de compoziţie efectuate prin metoda gravimetrică şi prin fluorescenţă de

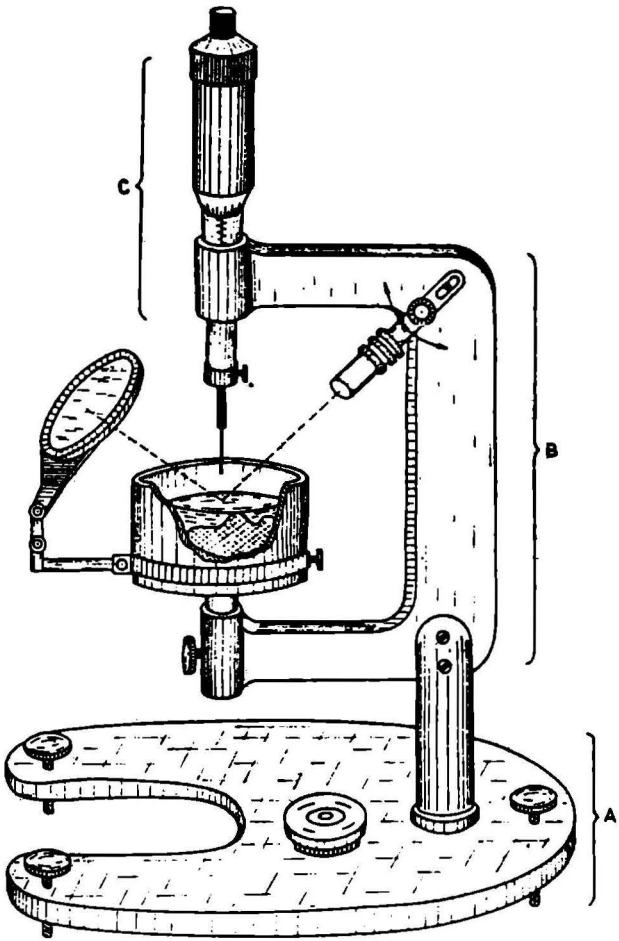

Fig. 1. Aparatul de măsură: A - Talpa suport cu dispozitiv de reglare a orizontalităţii; B - Sistem optic; C - Dispozitiv micrometric

https://biblioteca-digitala.ro

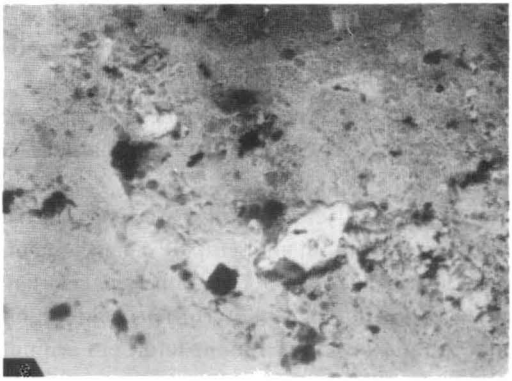

Foto 1. Replică suprafață. Proba 14 (11300x)

Foto 2. Replică suprafață. Proba 40 (18000x)

Foto 3. Replica transversală. Proba 40 (18000)

Foto 4. Replica transversală. Proba 40 (31500x)

raze X[2].

Unii cercetători au explicat această neconcordanță prin fenomenele de coroziune internă, ca urmare a zacerii îndelungate în sol umed. Rezultatele concordante obținute pentru monedele moderne, turnate, folosind o tehnologie avansată (vidare, centrifugare, turnare sub presiune), ne conduc la ipoteza că fenomenul constatat se datorează în special gazelor absorbite în masa metalică în procesul obținerii aliajului. Aceste gaze, în special oxigenul, pot concura la formarea unor microzone de coroziune internă, conform studiilor întreprinse în această direcție de J. Condamin și A. Picon[3]. Valabilitatea acestei ipoteze a fost verificată prin studii de microscopie electronică, întreprinse atât pe suprafața, cât și în secțiunea monedei. Pentru examinare prin microscopie electronică (TEM), probele au fost pregătite prin metoda replicilor în două trepte. Probele au fost metalizate cu aur pentru mărirea contrastului. Studiul s-a realizat pe un microscop de tip TESLA BS 513A, la 80kV. Examinând replicile luate de pe suprafața celor două monede studiate și de pe secțiunea transversală a uneia dintre ele, s-a putut observa prezența unor cavități neuniform distribuite. Aceste cavități reprezintă corespondentul pe suprafață al unor goluri (pori) în materialul monedelor. Prezența cavităților este evidențiată pe suprafața ambelor monede (Foto 1,2). Dimensiunile acestora sunt neuniforme, situându-se în domeniul micronilor. Replicile luate de pe secțiunea transversală prezintă, de asemenea, cavități cilindrice, orientate aleatoriu față de suprafață (Fig.3,4). Studiul de microscopie electronică justifică presupunerea făcută inițial.

În cazul monedelor de aur (aliaj Au-Ag sau

https://biblioteca-digitala.ro

Au-Cu), prin aplicarea metodei prezentate, s-au obţinut rezultatele din Tabelul II. Se poate constata o concordanţă relativ bună a rezultatelor obţinute cu titlul metalului, inclusiv pentru moneda antică. Această constatare îşi poate găsi explicaţia în densitatea mare a aurului, care nu permite reţinerea gazelor. Precizia în determinarea concentraţiei este sporită pentru aliajele de aur din cauza diferenţei semnificative de densitate (de cca 2 ori mai mare) între aur şi elementele uzuale de aliere. În plus, densitatea apropiată a celor două elemente de aliere (Cu, Ag) permite determinarea titlului aliajului cu o aproximare destul de bună, inclusiv pentru aliaje ternare. Metoda propusă conduce la deterrminarea titlului pieselor de aur de mici dimensiuni, cu precizie mai mare decât identificarea titlului prin procedeul clasic folosit pentru marcare.

În concluzie, metoda prezentată în lucrarea de faţă este indicată pentru monede moderne din aliaj binar. Se aplică bine în cazul monedelor de aur antice şi poate fi utilizată pentru determinarea semicantitativă a conţinutului pentru monedele de argint antice.

TABELUL I

Moneda	Anul	Cu%(AAS)	Cu%(*)	Greutate (g)	(ρ^*) g/cm^3	Titlu
5	119/138	19,6%	27,8%	3,18	10,01	
8	119/138	16,4%	32,64%	3,02	9,93	
23	121/122	18,76%	31,07%	3,14	9,95	
26	119	17,4%	30,4%	3,01	9,967	
14	119/138	13%	30,3%	3,07	9,97	
500 lei	1944	28,5%	28,2%	12,04	10,004	700/300
100000 lei	1946	28,3%	30,05%	25,23	9,973	700/300

TABELUL II

Moneda	Perioada	Elementul de aliere%(*)	(ρ^*) g/cm^3	Titlu
1	Maximianus	2,97% (argint)	18,84	0,5-5%Ag[4]
2(5 ruble)	1898	10,19% (cupru)	17,26	900/100
3	sec. XX	11,28% (cupru)	17,07	916/84 (22 car)
4	sec. XX	43,5% (cupru)	12,8	583/417 (14 car)

NOTE

[1] J. Condamin, A.Picon, *The influence of corrosion and diffusion on the percentage of silver in Roman Denarii*, în *Archaeometry*, 7, (1964), p.98

[2] S.C. Hawkes, J.M. Merrick, D.M. Metcalf, *X-Ray Fluorescent Analysis of some Dark Age Coins and Jewellery*, în *Archaeometry*, 9 (1966), p.98

[3] J. Condamin, A.Picon, *op.cit.*

[4] Eva Kolnikova, în *Numismaticky Sbornik* , X, 1967-68,p.5

https://biblioteca-digitala.ro