

EFECTE STRUCTURAL-TEXTURALE LA MONEDELE ANTICE OBȚINUTE PRIN BATERE

Prin baterea metalelor se evidențiază clar, la microscop, o tendință de reșezare și de deformare a particulelor constitutive ale acestora. Efectul este cu atât mai evident cu cât forța aplicată este mai mare. Se produc forme turtite și orientări noi ale particulelor agregatelor metalice cu tendința de a se aranja într-o poziție perpendiculară pe direcția forței. În felul acesta, metalele maleabile, printre care se numără în primul rând argintul și apoi bronzul, tind spre o structură lamelară și spre o textură stratificată (sistuoază).

Pentru stabilirea unității valorice a efectului mecanic asupra metalelor s-a introdus noțiunea de „grad de alungire”, exprimat prin raportul c/a , unde c reprezintă alungirea granulei (particulei) în direcția perpendiculară pe forță, iar a reprezintă alungirea medie (respectiv contracția medie) în direcția forței. Se constată astfel că gradul de alungire este o mărime supraunitară: $c/a > 1$, valoarea sa crescând proporțional cu forța aplicată¹⁻⁴.

Pe de altă parte, tot în cazul unei comprimări, grosimea pieselor metalice scade în anumite limite, în funcție de maleabilitatea metalelor — o proprietate specifică — și de intensitatea forței aplicate. Astfel, din fig. 1 rezultă că pentru aceeași forță, compresiunea este mai mare la argint decât la bronz. Diagramele specifice din fig. 1 s-au obținut de noi prin presarea celor două metale cu forțe diferite, la temperatura de 20° C. În tabelul 1 sînt reprezentate valorile presiunilor aplicate, exprimate în tone, și contracțiile respective, în procente, raportate la grosimea inițială a metalelor.

Avem deci două criterii după care vom putea recunoaște dacă metalele și respectiv monedele, au fost *bătute* (comprimate, forjate, laminate) sau *turnate*.

Pentru a recunoaște și a urmări deformările de orice grad în metale, acestea vor fi cercetate — așa cum am amintit — la microscopul metalografic. Vom analiza în lumină reflectată forma și dimensiunile sau *structura* particulelor conținute în metal, după cum și modul de așezare al lor, unele în raport cu celelalte sau *textura* particulelor metalice, date valoroase în legătură cu gradul de deformare a fazelor existente în metalul bătut.

Variațiile de structură și de textură constatate este bine să fie fixate prin fotografiere la microscopul metalografic după fiecare operație de comprimare la presă (fig. 2—7). Procedînd astfel s-a ajuns la constatarea că în cazul argintului, particulele care formează un agregat se aplatizează și se orientează în planul de sistuozare (fig. 2). Maleabilitatea metalelor, cît și mărimea forței aplicate pot fi apreciate microscopic prin faptul că atât aplatizarea granulelor cît și stratificarea lor se accentuează în mod vizibil (fig. 2).

În cazul unor aliaje polifazice, ca de exemplu în cazul bronzului (cu 5—10% Sn), variațiile de structură și de textură sînt mai evidente. Fig. 3 ne arată

¹ E. Heyn, O. Bauer, *Metalographie*, I—II, Berlin, 1926, p. 67—71.

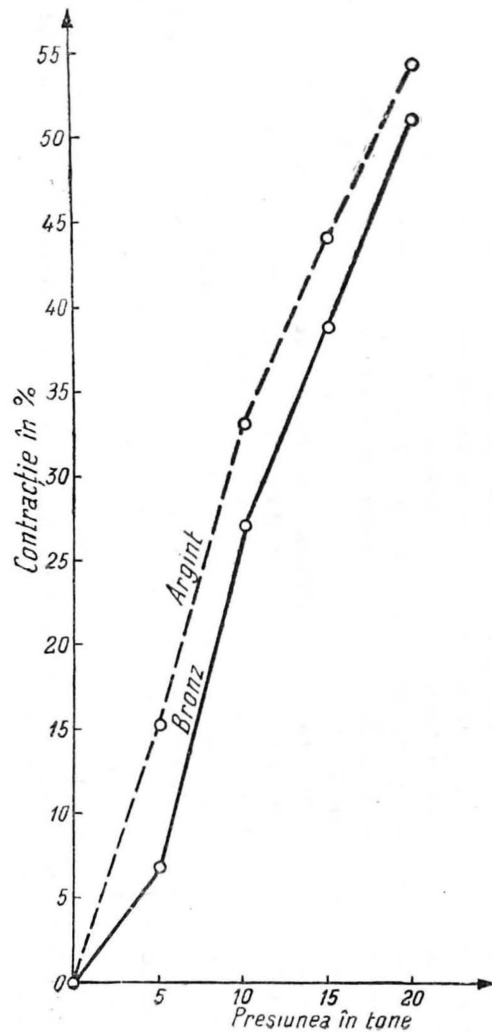


Fig. 1 — Diagramele de contracție (comprimare) la argint și bronz.

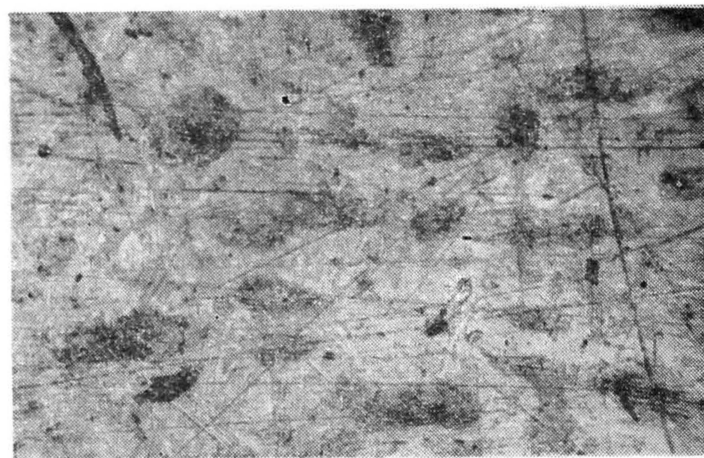


Fig. 2 — Argint presat și stratificat. Corodat cu HO_3N diluat. Mărit de $50\times$.

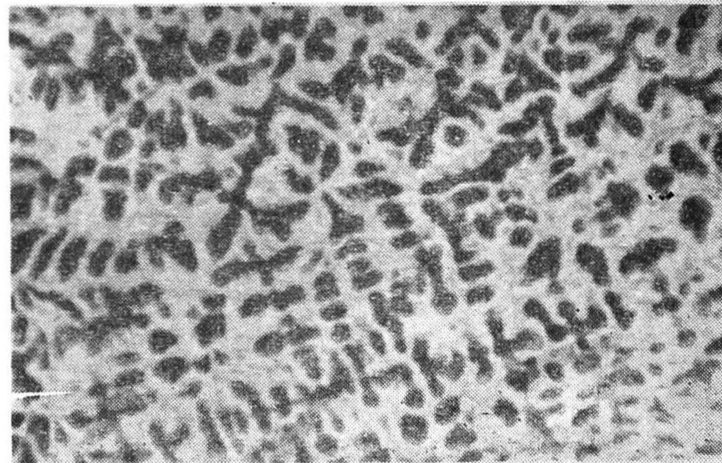


Fig. 3 — Bronz nepresat (turnat), cu dendritele orientate la întâmplare. Corodat cu amină cuprică. Mărit de $50\times$.

structura și textura bronzului turnat, înainte de batere. În microfotografie se observă structura dendritică caracteristică cu faza α , formată dintr-o soluție solidă de staniu în cupru. Al doilea component al bronzului îl formează un amestec eutectoid alcătuit din fazele $\delta + \alpha^{2,3,4}$. Analizînd fig. 3 se observă cum în bronzul turnat dendritele sînt orientate în toate direcțiile, ceea ce indică o orientare la întîmplare a agregatelor granulare, reprezentînd structura și textura rezultată prin turnare.

Prin intervenția forței de compresiune, granulele se reorientează și direcția dendritelor se uniformizează (fig. 4).

Crescînd și mai mult forța aplicată, deformarea bronzului se accentuează, rezultînd tot mai clar formarea unui plan de stratificare orientat perpendicular pe direcția forței (fig. 5). În microfotografiile de detaliu din fig. 6 și 7 se observă atît compoziția bronzului (fazele α și $\delta + \alpha$), cît și stratificarea (șistuoizarea) acestora.

Capacitatea de comprimare a metalelor în general și în special a argintului și a bronzului se mărește mult prin ridicarea în timpul baterii a temperaturii metalului. S-a stabilit pe cale experimentală că la temperatura de aprox. 400°C contracția argintului este de 26,92% față de grosimea inițială a metalului, iar aceea a bronzului de 11%. Turtirea a fost realizată printr-o simplă lovire cu ciocanul, cu o forță de aprox. 100 kg pe cmp (Tabel 1).

Revenind la curbele de comprimare din fig. 1, acestea ne indică forțele limită superioare de aplicat pentru a obține un efect de comprimare dorit, la temperatura normală (20°C).

TABEL UL 1

Comprimarea la rece a metalelor argint și bronz

Proba nr.	Presiunea t/cmp	Comprimarea față de grosimea inițială în %	Observații
Rondelă de Ag Ag 1	0	0	Etalon nepresat obținut ca rondelă prin turnare
4	5	15,2	La 400° C, prin lovire cu ciocanul (forța 100 kg/cmp) se realizează o contracție de 26,92 % a argintului
2	10	33,1	
4	15	44,1	
2	20	55,8	
Placă bronz 3	0	0	Etalon nepresat, placă turnată de bronz cu 10 % Sn
B ₂ 1	5	6,9	La 400°C prin lovire cu ciocanul (forța 100 kg/cmp) se realizează o contracție de 11,1 % a bronzului
B ₂ 1	10	27,0	
B ₂ 2	15	38,8	
B ₂	20	50,3	

² M. Rădulescu, V. Drăgan, H. Hubert, C. Opreș, *Atlas metalografic*, București, 1974.

³ M. v. Schwarz, *Metall- und Legierungskunde*, Stuttgart, 1929.

⁴ A. P. Guliaev, *Metalurgie fizică*, București, 1954.

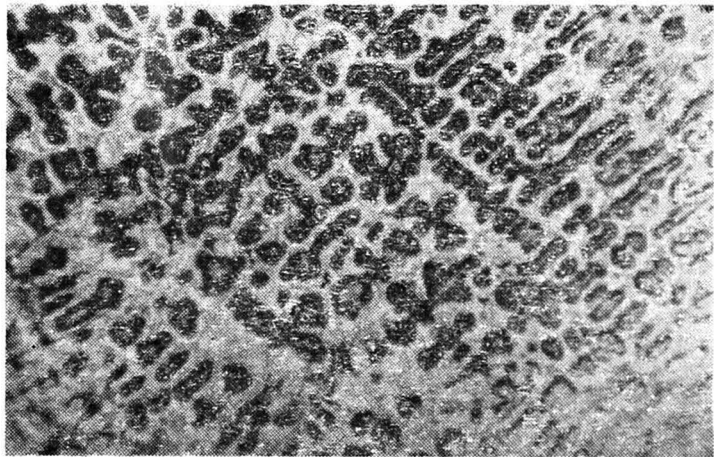


Fig. 4 — Bronz presat, cu dendritele ordonate. Corodat cu amină cuprică. Mărit de $50\times$.

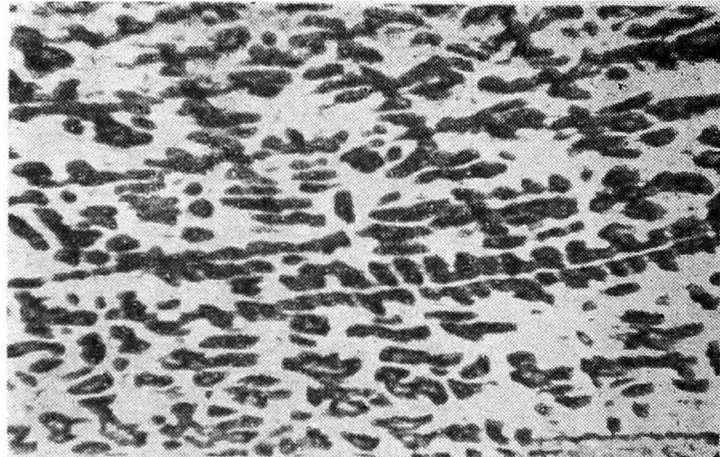


Fig. 5 — Bronz presat, cu dendritele distruse și orientate în planul de șistozare (perpendicular pe direcția forței). Corodat cu amină cuprică. Mărit de $50\times$.



Fig. 6 — Figură de detaliu pentru punere în evidență a compoziției și a stratificării fazelor α și $\alpha + \delta$. Corodat cu amină cuprică. Mărit de $150\times$.

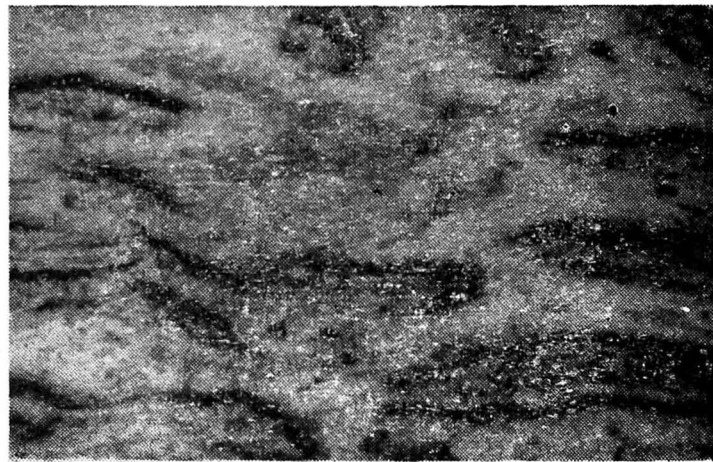


Fig. 7 — Figură de detaliu pentru punerea în evidență a compoziției și a stratificării fazelor din componența bronzurilor. Corodat cu amină cuprică. Mărit de $150\times$.

În practică însă, prin încălzire, forțele puse în joc pentru obținerea efectelor dorite sînt de 10 ori mai mici.

În continuarea studiului nostru au fost luate în considerare o serie de monede de argint și de bronz despre care se știa⁵ că au fost aplatizate și șistozate prin batere, la care s-au făcut acum, cu ocazia studiului de față, măsurători de grosime, în părțile imprimate și neimprimate ale monedelor. Prin analiza valorilor medii obținute se constată o micșorare de volum foarte variată, oscilînd de la monedă la monedă între 18,9 și 63,2% din grosimea inițială a metalelor (rondelelor) (Tabel 2).

TABELUL 2

Contractia în ‰ la o serie de monede de argint și bronz

Nr. crt.	Monede de argint (Ag) și bronz (Bz)	Grosimea în mm :		Diferența (M - m)	Contractia (față de grosimea maximă) în ‰	Observații
		Maximă (M) (media)	Minimă (m) (media)			
0	1	2	3	4	5	6
1	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 21	4,45	2,10	2,35	52,8	Cu foarte mult cupru
2	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 20	4,75	1,70	3,05	63,2	
3	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 29	3,40	2,36	1,04	30,5	
4	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 30	2,03	1,09	0,94	46,3	
5	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 32	1,40	0,86	0,54	38,6	
6	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 33	2,73	0,7	2,03	74,0	Cu foarte mult cupru
7	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 31	3,65	1,15	2,50	68,5	
8	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 1	4,5	1,16	2,34	52,0	
9	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 8	3,75	1,50	2,25	60,0	
10	Nedescrisă, similară ca fig. 32	1,53	1,24	0,29	18,9	
11	Ag, dacică, <i>Acta</i> , IV, fig. 6	2,00	1,22	0,78	39,1	Schifată; cu foarte mult cupru
12	Bronz, Vultur B (mare)	3,80	2,30	1,50	39,4	
13	Bronz, Vultur B (mic)	5,80	3,80	2,00	34,5	
14	Filip, Viminacium	3,55	2,70	0,85	23,9	
15	Severus Alexander (222—235)	3,60	2,40	1,20	33,4	
16	Filipus (249)	3,60	2,77	0,83	23,1	
17	Traianus	2,54	1,45	1,09	42,7	
18	Pautalia Caracalla	3,68	3,10	0,58	16,7	
19	Gallienus Prov. Dacia	3,20	2,30	0,90	28,2	
20	Caracalla	1,81	1,225	0,585	32,2	
21	Brutus Denar suberat	1,405	0,60	0,805	57,05	

Din datele tabelului 2 rezultă deci că aceste comprimări ale monedelor, obținute prin batere, oscilează între 1/5 și 2/3 din grosimea inițială a metalelor.

Conform curbelor de comprimare ale argintului și bronzului, vizibile în fig. 1, forța întrebuițată la baterea monedelor de argint ar fi oscilat între 6,2 și 20 tone pe cm² și între 8,3 și 20 tone pentru monedele de bronz, la temperatura camerei.

Aceste valori sînt prea mari pentru ca ele să fi putut fi realizate și aplicate, în antichitate, la baterea monedelor.

⁵ E. Stoicovici, în *SCN*, 4, 1968, p. 343—354; idem, în *ActaMN*, IX, 1972, p. 375—382.

Cum însă capacitatea de comprimare a metalelor în discuție crește spectaculos cu temperatura, forțele aplicate efectiv pentru obținerea fețelor monedelor de argint și de bronz au fost de 10 ori mai mici. Atingerea acestor valori cu un ordin de mărime mai scăzut nu mai putea forma o problemă pentru experimentatele monetării ale antichității.

Rezultă astfel ca o consecință logică, utilizarea rondelilor și a matrițelor încălzite pentru confecționarea monedelor din antichitate, atât la daci, cit și la romani.

Grosimile medii maxime și minime ale monedelor prezentate în tabelele 1 și 2 au fost măsurate cu un sferometru Zeiss la care se citește exact sutimea de mm.

În ceea ce privește unele păreri⁶, după care recunoașterea pe cale microscopică a tehnicii turnării nu ar fi concludentă, să ne fie îngăduit să considerăm la rîndul nostru că aceste păreri nu sînt suficient de bine fundamentate experimental.

EUGEN STOICOVICI

EFFETS STRUCTURAUX DANS LA TEXTURE DES MONNAIES ANTIQUES OBTENUES PAR LA FRAPPE

(Résumé)

Les méthodes métallographiques permettent d'induire les procédés en usage pour le coulage et la frappe des monnaies d'argent et de bronze, émises par les Daces et le Romains. Pour ce faire, on doit considérer les données structurales de la texture (mises en lumière par la microphotographie), ainsi que les courbes de la contraction de l'argent et du bronze (voir les fig. 1—7).

⁶ M. Sulișteanu, în *SCN*, 5, 1971, p. 251—253; C. Preda, în *SCN*, 4, 1968, p. 62, 66; idem, *Monedele geto-dacilor*, București, 1973, p. 374—376.