
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

GINO OGNIBEN, G. REVELLO, R. VALENTI

I minerali costituenti gli inclusi di smistamento nella blenda del giacimento di Gadoni (Funtana Raminosa - Sardegna)

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 32 (1962), n.6, p.
965–971.*

Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1962_8_32_6_965_0

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Mineralogia. — *I minerali costituenti gli inclusi di smistamento nella blenda del giacimento di Gadoni (Funtana Raminosa – Sardegna).* Nota di GINO OGNIBEN, G. REVELLO e R. VALENTI, presentata (*) dal Socio A. BIANCHI (**).

Questo studio sugli inclusi di smistamento della blenda fa parte di un ciclo di ricerche sui costituenti accessori delle mineralizzazioni del giacimento di Gadoni. Lo scopo finale di queste ricerche di dettaglio è di completare quanto è già stato detto su queste mineralizzazioni, estremamente complesse per associazioni mineralogiche e genesi.

I risultati già ottenuti, anteriormente a questo lavoro, riguardano il riconoscimento e lo studio di minerali, non segnalati da altri Autori, come bornite e covellina [11], aikinite e « calcocite argentifera » [12].

La blenda del giacimento di Gadoni è per lo più ricchissima di inclusi. I più frequenti sono costituiti da calcopirite, solo in parte però da noi ritenuti inclusi di smistamento. Con sicurezza possono essere considerati come formati per smistamento solo gli inclusi localizzati nelle parti più interne delle plaghe di blenda. Essi hanno dimensioni relativamente maggiori e sono meno fitti rispetto a quelli che riteniamo legati geneticamente alla calcopirite posteriore alla blenda e, non infrequentemente, sono idiomorfi.

In assenza di modificazioni intervenute durante la deposizione successiva di calcopirite, occupano aree fra di loro separate da zone di blenda prive di inclusi. Più spesso però in prossimità di incrostazioni periferiche di calcopirite su blenda, o di estese aree di calcopirite sostituite la blenda, si osserva un'aureola di minutissimi inclusi dovuti a immigrazione della « molecola calcopirite » [13 e 16]. La penetrazione può anche essere giunta alle parti più interne provocando nella blenda un affollamento estremo di inclusi con conseguente grave difficoltà di distinzione fra inclusi di smistamento primari e inclusi di immigrazione.

Per questo studio abbiamo esaminato un gran numero di sezioni lucide, ricavate da campioni provenienti dal cantiere Funtana Raminosa, non ancora in attività all'epoca di precedenti lavori di altri Autori, e dalle gallerie di ricerca di Addiscazzu, relativamente più vecchie. In molti campioni del cantiere Funtana Raminosa abbiamo osservato nella blenda solo inclusi di smistamento di calcopirite. In tutti gli altri campioni, oltre ad inclusi di calco-

(*) Nella seduta del 12 giugno 1962.

(**) Il presente lavoro, eseguito nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia della Università di Padova, rientra nel programma del Gruppo di Ricerca per lo Studio mineralogico, petrografico e giacimentologico della Sardegna, del C.N.R.

Ringraziamo il Sig. Eginio Benvegnù, Direttore della S. p. A. Cuprifera Sarda, per il permesso di pubblicazione accordatoci.

pirite (prevalenti o no), abbiamo notato anche inclusi contenenti calcopirite, pirrotina (fig. 2, Tav. I; fig. 4, Tav. II), cubanite (figg. 1 e 2, Tav. I; figg. 5 e 6, Tav. II) e valleriite (figg. 2 e 3, Tav. I; figg. 4, 5 e 6, Tav. II) in varie combinazioni e proporzioni. In casi meno frequenti sono presenti, insieme ad altri, anche inclusi di sola pirrotina. Solo in campioni raccolti al sottolivello intermedio inferiore II, estremo nord, del cantiere Funtana Rammosa, abbiamo rinvenuto anche calcopirrotina (figg. 1 e 3, Tav. I; fig. 5, Tav. II). Le diverse associazioni mineralogiche degli inclusi sono riassunte nella Tabella I. In essa, con 1, 2, 3, 4 è indicato l'ordine decrescente di abbondanza dei singoli minerali nei differenti tipi di inclusi, e con le lettere *ee*, *e*, *m*, *d*, *dd*, una frequenza, rispettivamente, estremamente elevata, media, debole e debolissima, riferita a tutti i campioni studiati presi complessivamente.

In nessuno dei lavori che hanno finora trattato delle mineralizzazioni del giacimento di Gadoni, anche nei più importanti e accurati, come quelli di G. Dessau [5] e di F. Ippolito e L. Vighi [6], vi è notizia che calcopirrotina e valleriite siano presenti negli inclusi di smistamento della blenda.

Per trovare l'unica segnalazione della presenza di cubanite insieme a calcopirite e pirrotina fra gli inclusi di smistamento della blenda, bisogna risalire ad un lavoro di carattere generale sulla cubanite di P. Ramdohr [14]. Questo autore la riconobbe in campioni provenienti dalla galleria Romana e dal cantiere Mariano. Dessau, invece, osservò solo inclusi di smistamento di calcopirite e pirrotina, come pure Ippolito e Vighi che accennano solo in forma dubitativa (cubanite o pirrotina ?) alla presenza di cubanite in calcopirite (galleria Brebegargiu).

Sia Dessau che Ippolito e Vighi avevano già osservato che in molti punti del giacimento l'unico minerale smistatosi nella blenda è la calcopirite. Ippolito e Vighi riferiscono anche sulla presenza di soli inclusi di pirrotina in campioni raccolti nella galleria Romana.

In base alle nostre osservazioni possiamo distinguere quattro casi diversi nelle associazioni degli inclusi di smistamento nella blenda. 1° presenza di sola calcopirite; 2° presenza di calcopirite e di poca cubanite e poca valleriite; 3° presenza di calcopirite, (calcopirrotina), pirrotina, cubanite e valleriite; 4° presenza di pirrotina, calcopirite, (calcopirrotina), e valleriite.

In tutti i casi la blenda ha riflessi interni rossi o rosso-cupi e va considerata perciò sempre ferrifera. Non riteniamo perciò che le differenze di contenuto in ferro nella blenda abbiano potuto essere tali da determinare diversità nei prodotti di smistamento. Alcune considerazioni ci hanno portato a proporre un'altra spiegazione. L'elevata solubilità di FeS in ZnS [10] è funzione della temperatura di formazione dei cristalli misti [15 e 8] e perciò deve essere in rapporto anche con l'assestamento della struttura della blenda a nuove condizioni di temperatura, sempreché la mobilità ionica lo consenta. Gli inclusi di smistamento sono, in genere, decisamente più piccoli nei punti dove la calcopirite è sola rispetto ai punti dove vi sono solfuri misti e, specialmente, rispetto ai punti dove sia presente anche pirrotina. Inoltre, mentre

il tenore in Fe della blenda può conservarsi notevole anche a temperatura ambiente, l'eventuale Cu sciolto in ZnS ad alta temperatura deve necessariamente smistarsi durante il raffreddamento. Date queste premesse, pensiamo che, con raffreddamento molto rapido, si sia smistata solo calcopirite, e con raffreddamento relativamente più lento, cristalli misti del sistema CuFeS_2 —FeS.

TABELLA I.

Quadro sinottico della composizione mineralogica attuale degli inclusi di smistamento nella blenda.

Calcopirrotina	Calcopirite	Pirrotina	Cubanite	Valleriite	Frequenza
× ₁	× ₂				dd
	×				ee
× ₂	× ₁				d
× ₃	× ₁	× ₂			dd
× ₃	× ₁		× ₂		dd
× ₂	× ₁			× ₃	dd
× ₃	× ₁		× ₂	× ₄	dd
	× ₁	× ₂			m
	× ₁	× ₂	× ₃		dd
	× ₁	× ₂		× ₃	dd
	× ₁	× ₃	× ₂	× ₄	dd
	× ₁		× ₂		m
	× ₁		× ₂	× ₃	d
	× ₁			× ₂	e
		×			d
	× ₂	× ₁			m
	× ₂	× ₁	× ₃		dd
		× ₁		× ₂	dd
	× ₂		× ₁		d
	× ₂	× ₃	× ₁		dd
	× ₃	× ₂	× ₁		dd
	× ₂		× ₁	× ₃	dd
	× ₂			× ₁	dd

Per delineare un quadro della genesi delle singole associazioni mineralogiche osservate negli inclusi di smistamento abbiamo trovato un validissimo punto di partenza nei dati sperimentali di H. Borchert [3] sul sistema Cu—Fe—S.

È logico che possano esservi differenze fra le temperature trovate sperimentalmente e le temperature di un sistema naturale. Fattori che possono aver influenzato il nostro sistema e che, difficilmente, possono essere valutati in uno studio sperimentale, sono l'influenza di fluidi circolanti in pori e fessure, specialmente durante fasi successive di deposizione, possibili variazioni di pressione e salti bruschi di temperatura, causati, ad esempio, dalla formazione di fratture o dall'effetto dell'arrivo di nuovi convogli mineralizzanti. In linea di massima però abbiamo constatato l'applicabilità delle conclusioni di Borchert alla spiegazione di processi genetici naturali.

I quattro casi nei quali abbiamo distinto le associazioni degli inclusi di smistamento della blenda possono venire così inquadrati nel seguente schema genetico.

1. – *Con raffreddamento molto rapido* l'unico prodotto di smistamento sarebbe stata la calcopirite.

2. – *Con raffreddamento rapido* si sarebbero smistati nella blenda cristalli misti di calcopirite–calcopirrotina. Al di sopra di 255°C sarebbero avvenuti smistamenti di piccole inclusioni di calcopirrotina in calcopirite di alta temperatura [4]. Sotto 235°C si sarebbero smistate in calcopirite lamelle di cubanite e, sotto 225°C avrebbe avuto luogo la trasformazione di calcopirrotina in valleriite.

3. – *Con raffreddamento lento* sarebbe avvenuto inizialmente nella blenda uno smistamento di calcopirrotina (cristalli misti di calcopirrotina–calcopirite secondo Borchert). Col procedere del raffreddamento, sopra 255°C, si sarebbero separate calcopirite di alta temperatura e calcopirrotina smistatasi ulteriormente a formare associazioni di calcopirite a. t.–calcopirrotina e calcopirrotina–calcopirite a. t. Sotto 255°C la calcopirrotina si sarebbe dissociata solo parzialmente in calcopirite e pirrotina. Sotto 235°C, nella calcopirite ancor ricca di FeS, si sarebbero smistate lamelle di cubanite. Sotto 255°C sarebbe avvenuta una trasformazione più o meno completa di calcopirrotina in valleriite, calcopirrotina inizialmente inclusa solo in calcopirite e, riteniamo, poi in parte ereditata dalla cubanite (figg. 5, Tav. II).

4. – *Con raffreddamento molto lento* i prodotti iniziali di smistamento nella blenda dovrebbero essere stati calcopirrotina (cristalli misti di calcopirrotina–pirrotina secondo Borchert) e cristalli misti di pirrotina–calcopirrotina. Da queste soluzioni solide si sarebbero separate, sopra 255°C, pirrotina contenente un po' di rame e calcopirrotina. Sotto 255°C la calcopirrotina si sarebbe dissociata, per lo più completamente, in pirrotina e calcopirite. La rara calcopirrotina, ancora non dissociata e inclusa in pirrotina, si sarebbe trasformata sotto 225°C in valleriite smistando pirrotina.

Nella formazione della cubanite riteniamo non siano intervenute né calcopirrotina né pirrotina. Ambedue questi minerali, geneticamente anteriori

alla cubanite, risultano, dalle strutture osservate, essere rimasti passivamente inclusi nella cubanite (figg. 1 e 2, Tav. I).

Quanto alla valleriite, la cui presenza appare essere del tutto normale in giacimenti di rame di alta termalità [16]⁽¹⁾, pensiamo si sia formata essenzialmente dalla calcopirrotina, sia pure con possibile intervento di una reazione con calcopirite (fig. 3, Tav. I). Dato che le nostre osservazioni fanno ritenere probabile che la valleriite si sia formata dalla calcopirrotina con intervento di calcopirite dove questo minerale era presente e con smistamento di pirrotina in assenza di calcopirite, riteniamo sia molto poco probabile che possa avere composizioni estreme sul tipo di quella di Loolekop, con un rapporto Cu : Fe : S quasi esattamente di 1 : 1 : 2 [16] e di quella di Mackinaw [9 e 2] essenzialmente composta da FeS con meno del 5 % di rame. Logicamente, è ancor meno probabile che sia un solfuro di ferro con caratteri ottici estremamente simili a quelli della valleriite [7].

BIBLIOGRAFIA.

- [1] M. BERTOLANI, *I giacimenti cupriferi nelle ofioliti di Sestri Levante (Liguria)*, « Per. Min. », 21, 149-170 (1952).
- [2] L. S. BIRKS, E. J. BROOKS., I. ADLER and C. MILTON, *Electron probe analysis of minute inclusions of a copper-iron mineral*, « Am. Min. », 44, 974-978 (1959).
- [3] H. BORCHERT, *Über Entmischungen im System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung als « geologische Thermometer »*, « Chemie d. Erde », 9, 145-172 (1934).
- [4] N. W. BUEGER and M. J. BUEGER, *Crystallographic relations between cubanite segregation plates, chalcopyrite matrix, and secondary chalcopyrite twins*, « Am. Min. », 19, 289-303 (1934).
- [5] G. DESSAU, *Studi sulla miniera di Fontana Raminosa (Sardegna)*, « Per. Min. », 8, 177-216, Roma (1937).
- [6] F. IPPOLITO e L. VIGHI, *Sul giacimento di Funtana Raminosa, in Sardegna*, « Mem. e Note Ist. Geol. Appl. », 2, 75-103, Napoli (1949).
- [7] O. KOUVO e Y. VUORELAINEN, *Valleriitista*, « Geologi », 11, 32-33 (1959); « Min. Abstr. », 14, 162 (1960).
- [8] G. KULLERUD, *The FeS-ZnS System. A Geological Thermometer*, « Norsk. Geologisk Tidsskrift. », 32, 61-147 (1953).
- [9] C. MILTON and D. J. MILTON, *Nickel-gold ore of the Mackinaw mine, Snohomish County, Washington*, « Econ. Geol. », 53, 426-447 (1958).
- [10] O. OELSNER, *Beiträge zur Kenntnis der kiesigen Bleiformation Freibergs*, Diss. Freiberg, pp. 49 (1929).
- [11] G. OGNIBEN, *La presenza di bornite e covellina a Funtana Raminosa (Sardegna)*, « Per. Min. », 26, 331-337 (1957).
- [12] G. OGNIBEN, S. QUARENI, G. REVELLO, *Il « portatore di argento » della calcopirite di Funtana Raminosa (Sardegna)*, « Per. Min. », 31, 22 (1962).
- [13] P. RAMDOHR, *Beobachtungen an opaken Erzen*, « Arch. Lagerstättenk. », 34, 30 (1924).

(1) In Italia, per quanto a noi noto, la valleriite è stata trovata da M. Bertolani nei giacimenti cupriferi delle ofioliti di Sestri Levante [1].

- [14] P. RAMDOHR, *Neue mikroskopische Beobachtungen am Cubanit (Chalmersit) und Ueberlegungen ueber seine lagerstättenkundliche Stellung*, «Zs. f. prakt. Geol.», 36, 169-178, Halle (Saale) (1928).
- [15] P. RAMDOHR, *Neue Beobachtungen über die Verwendbarkeit opaker Erze als geologische Thermometer*, «Zs. f. prakt. Geol.», 39 (1931).
- [16] P. RAMDOHR, *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Akademie Verlag, Berlin 1960.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I E II

TAVOLA I.

- Fig. 1. - Luce verde polarizzata. Ingr. 1600 $\times$. Immersione in olio. Al centro si vede un incluso in blenda (nera) formato da calcopirite (bianca) contenente due lamelle di cubanite a limiti netti (grigio-chiara) e due cordicelle di calcopirrotina (grigia) inclinate rispetto alle lamine di cubanite. Nella successione paragenetica la calcopirrotina rappresenta un atto di smistamento in calcopirite anteriore a quello della cubanite. Questo quadro, secondo la nostra interpretazione, indica che la calcopirrotina è stata estranea alla genesi della cubanite in calcopirite.
- Fig. 2. - Luce verde polarizzata. Ingr. 1600 $\times$. Immersione in olio. Incluso in blenda (nera) di calcopirite (bianca) con lamelle di cubanite a struttura pseudoesagonale (grigio-chiare e grigie per differenza di orientazione e perciò di assorbimento), pirrotina (grigia) irregolare con un incluso di calcopirite (bianca) e due cavità (nere), e valleriite (grigia) in alto e, a sinistra, in basso, un po' nella calcopirite ed un po' nella cubanite. Come nel caso precedentemente illustrato la calcopirrotina, in questo la pirrotina mostra di essere stata estranea alla genesi di cubanite in calcopirite. L'incluso incompleto, in basso verso sinistra, è di calcopirite.
- Fig. 3. - Luce verde polarizzata. Ingr. 1600 $\times$. Immersione in olio. Inclusi di smistamento di calcopirite (bianca) in blenda (nera). Nell'incluso maggiore si osserva della calcopirrotina ameboide (grigia) parzialmente trasformata in valleriite (nera, in posizione di massimo assorbimento) nella parte più interna ricca di calcopirite. La figura nera quasi triangolare, nella calcopirite, è una cavità. Questo quadro oltre ad avvalorare l'ipotesi della derivazione della valleriite dalla calcopirrotina, fa pensare anche all'intervento di una reazione calcopirrotina-calcopirite nella genesi della valleriite.

TAVOLA II.

- Fig. 4. - Luce verde polarizzata. Ingr. 1600 $\times$. Immersione in olio. L'incluso maggiore è formato da due cristalli di pirrotina (grigio-chiara), il cui limite è ben visibile al centro della figura, contenenti un fittissimo aggregato di valleriite fibrosa (nera) e pirrotina. Le fibre di valleriite sono orientate ed hanno orientazione diversa nei due cristalli di pirrotina. Bianca appare la calcopirite, quasi nera la blenda.
- Fig. 5. - Luce verde polarizzata. N + . Ingr. 1600 $\times$. Immersione in olio. Inclusi in blenda (nera) di cubanite prevalente (grigia) e calcopirite subordinata (bianco-grigia). Nella cubanite sono disseminati numerosi inclusi di valleriite (bianca) isorientati in posizione di massima luminosità, in piccola parte passanti a calcopirrotina. Nella calcopirite si nota qualche incluso di calcopirrotina (grigia) con la stessa orientazione degli inclusi localizzati nella cubanite. Riteniamo che gli inclusi di calcopirrotina localizzati nella cubanite siano stati ereditati dalla calcopirite. Di essi solo una parte è rimasta inalterata, i più appaiono trasformati in valleriite.

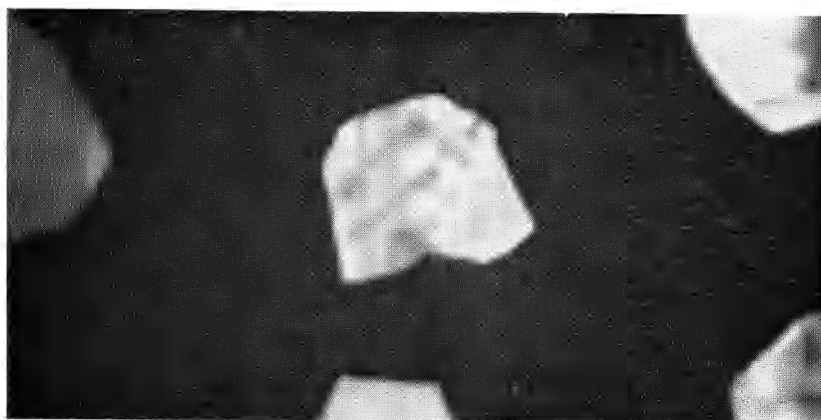


Fig. 1.

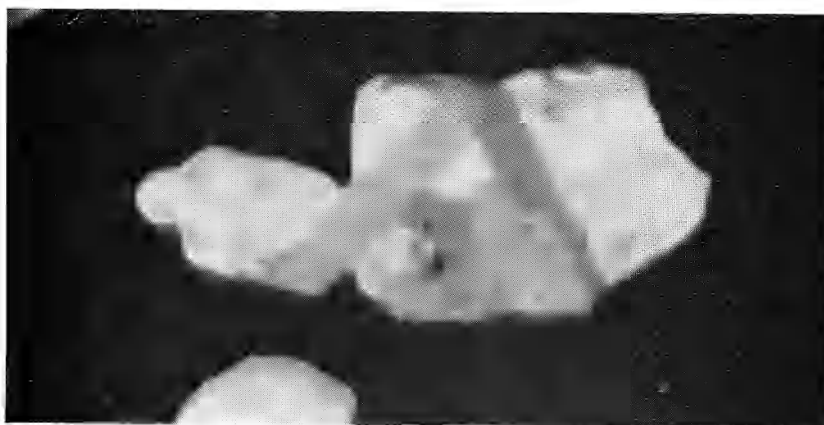


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

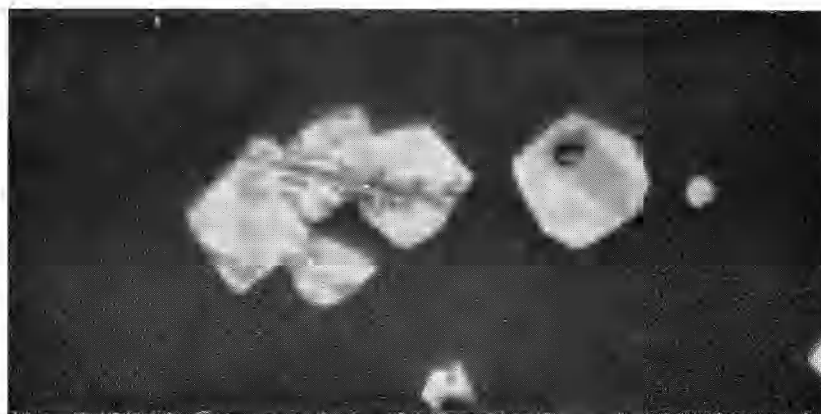


Fig. 6.

La piccola figura in basso a destra illustra lo stesso quadro della figura maggiore. Rappresenta una fotografia eseguita a N+, ingr. 400×, immersione in olio. È stata inserita per mettere in evidenza come siano appariscenti gli effetti di anisotropia della valleriite con una migliore polarizzazione della luce.

Fig. 6. — Luce polarizzata. Ingr. 1500 ×. Immersione in olio. Includi di calcopirite in blenda (nera). L'incluso maggiore è formato da due cristalli di calcopirite, uno decisamente bianco, l'altro un po' grigio, con piano di unione orizzontale nella fotografia. In ognuno dei due cristalli è contenuto uno scheletro di valleriite con orientazione diversa messa in evidenza dalla differenza di assorbimento (grigio-chiaro e grigio-scuro). L'incluso di calcopirite a destra di quello maggiore contiene una lamina, a limiti un po' irregolari, di cubanite (grigia). Nella cubanite si nota una cavità.