

PAOLO OMENETTO (*)

LE INCLUSIONI NEI MINERALI METALLICI

RIASSUNTO. — Seguendo lo schema di H. SCHNEIDERHÖHN (1943), viene tracciato un breve quadro dei vari tipi di inclusioni minerali presenti nei minerali metallici delle rocce e dei giacimenti utili, in rapporto al loro significato genetico e alla loro importanza negli studi microscopici in luce riflessa, ivi compresi quelli applicati ai problemi di trattamento.

ABSTRACT. — Following the classification of H. SCHNEIDERHÖHN (1943), a brief summary is given of the various types of mineral inclusions in ore minerals of the rocks and economic deposits, with regard to their significance in ore genetic interpretation, microscopy and mineral dressing.

Nella classificazione generale delle inclusioni nei minerali proposta da N.P. YERMAKOV (1965, Fig. 1) le inclusioni solide (clastiche e cristalline) comprendono evidentemente anche quelle presenti nei minerali metallici (« Mineral inclusions in ore minerals »; « Mineraleinschlüsse in Erzmineralien »). Di queste inclusioni si è occupato ampiamente H. SCHNEIDERHÖHN (1943), che ne ha proposto uno schema ripreso poi da P. RAMDOHR nelle edizioni in lingua tedesca ed inglese del suo trattato. Scopo di questa nota è perciò quello di sintetizzare e semplificare, con alcuni esempi desunti dalla personale esperienza dello scrivente, la classificazione di SCHNEIDERHÖHN, nell'intento anche di offrire l'opportunità eventuale di un confronto con gli altri tipi di inclusioni nei minerali (ed essenzialmente le inclusioni fluide) che di questa tavola rotonda costituiscono il tema fondamentale.

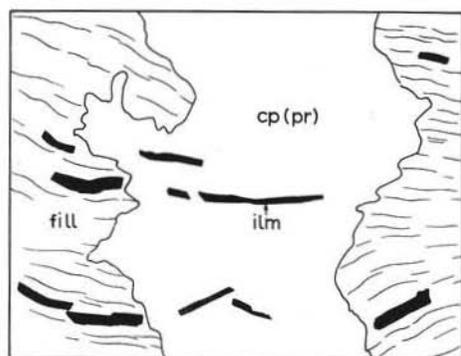
Le inclusioni nei minerali metallici, per le loro caratteristiche mineralogiche, strutturali, geometriche oltre che di abbondanza e di distribuzione, consentono di precisare in modo più completo il contenuto in elementi utili di un deposito metallifero; forniscono non di

(*) Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Padova.

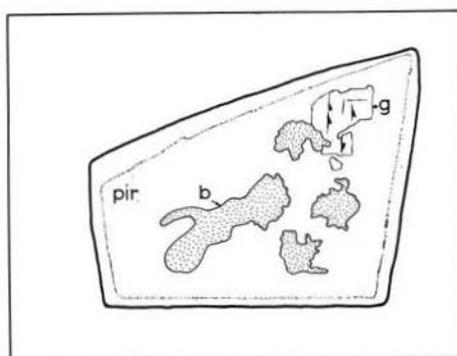
rado indicazioni valide sui rapporti di deposizione successiva che intercorrono fra i costituenti un'associazione paragenetica; in casi particolari possono venir utilizzate come termometri geologici, pur con le precisioni e le cautele che i dati sperimentali più recenti suggeriscono; la loro natura mineralogica e la loro posizione paragenetica debbono venire previamente accertate in un minerale di cui si voglia analizzare il contenuto in elementi minori. Anche nel campo della microscopia applicata al trattamento dei minerali le inclusioni acquistano un significato notevole, non solo per quanto concerne la loro

Fig. 1.

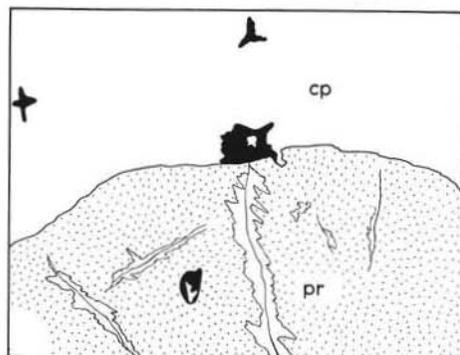
- a) Venetta di calcopirite (*cp*) e subordinata pirrotina (*pr*) che attraversa in discordanza un frammento di fillade (*fill*). Si può osservare come le lamine di ilmenite (*ilm*), facenti parte della paragenesi della fillade, vengano inglobate nella calcopirite senza perdere l'idiomorfismo nè la posizione originaria parallela alla *s* della metamorfite. Giacimento della Pamera, Valsugana - sezione lucida, N //, 155 ×.
- b) Metaeristallo zonato di pirite (*pir*) contenente resti di sostituzione di blenda (*b*) e galena (*g*). Giacimento di Quadrate, Pinè (Trentino) - sezione lucida, N //, 85 ×.
- c) Pirrotina (*pr*) con incipiente alterazione in «prodotti intermedi» lungo le fratture, che sostituisce calcopirite (*cp*) contenente inclusi scheletrici di blenda. L'incluso al centro della figura presenta un nucleo di calcopirite dalla forma tipicamente stellare, il cui contorno richiama quello esterno dell'incluso stesso. La plaghetta di blenda in pirrotina in basso nella figura è interpretabile anch'essa, grazie alla presenza di un nucleo analogo, come una stella ereditata da calcopirite e già in uno stato avanzato di sostituzione. Giacimento della Pamera, Valsugana - sezione lucida, N //, immersione in olio, 475 ×.
- d) Calcopirite (*cp*) con inclusioni stellari di blenda ereditate in successione paragenetica successiva da pirite (*pir*) e tennantite (*ten*). In nero pieno: ganga (quarzo - clorite) e cavità. Manifestazione a blenda ferrifera e pirite dei Trentini (Alpi vicentine) - sezione lucida, N //, immersione in olio, 740 ×.
- e) Inclusione, in pirite ricristallizzata (*pir*), costituita da un'associazione di calcopirite (*cp*), cubanite (*cb*), mackinawite (*m*), pirrotina (*pr*) e calcopirrotina (*cp*). Giacimento di Alagna Valsesia, Piemonte - sezione lucida, N //, immersione in olio, 450 ×.
- f) Valleriite (*va*) che riempie fratture e cavità nella magnetite (*ma*). White Horse, Yukon - sezione lucida, N //, 180 ×.



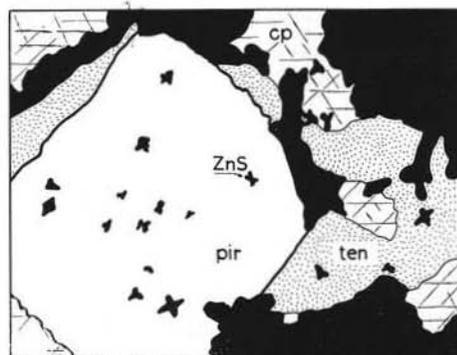
a)



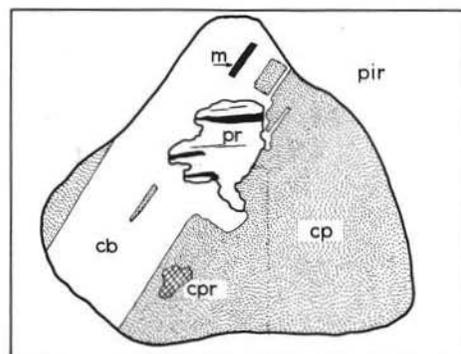
b)



c)



d)



e)



f)

Fig. 1.

classificazione geometrica (REHWALD, 1966) ma anche per la natura e la quantità degli elementi che le compongono (AMSTUTZ, 1961). Già nel 1928 H. SCHNEIDERHÖHN attirava l'attenzione sull'importanza degli inclusi nei minerali metallici nella pratica del trattamento e soprattutto nei riguardi dei processi di flottazione, osservando che la conoscenza dettagliata delle caratteristiche mineralogiche di un « rinfuso » fornisce al lavatore precise indicazioni sulla scelta dei reagenti di flottazione ed è agli effetti di quest'ultima di importanza spesso decisiva. Dal punto di vista tecnico non è sempre facile decidere se si tratti di inclusioni di un minerale in un altro o di concrescimenti dei due, soprattutto quando le inclusioni siano di dimensioni tali da poter facilmente venir liberate durante il trattamento (REHWALD, 1966). E' chiaro però che, nel caso piuttosto frequente di una blenda che contenga inclusioni di calcopirite tanto fitte e minute da rendere il loro grado di liberazione molto basso, il concentrato zincifero sarà alla fine inquinato da un certo contenuto in rame. Casi positivi saranno invece quelli in cui le inclusioni siano rappresentate da metalli (o composti di metalli) nobili (oro, argento, platino in solfuri ed arseniuri), tanto da costituire spesso l'unica ragione per la quale determinati depositi vengono coltivati e sottoposti a processi di trattamento e concentrazione.

La classificazione genetica delle inclusioni minerali nei minerali metallici è la seguente (SCHNEIDERHÖHN, 1943):

I) *Inclusioni estranee più vecchie*

1) Inclusioni primarie:

- a) inclusioni idiomorfe;
- b) resti di sostituzione;
- c) inclusioni goccioliformi.

2) Inclusioni ereditate:

- a) senza alterazione di forma (e natura mineralogica);
- b) parzialmente sostituite durante il passaggio in eredità;
- c) completamente disciolte ma di nuovo segregate in seno al minerale ospitante durante il passaggio in eredità;
- d) completamente disciolte durante il passaggio in eredità.

II) *Inclusioni familiari*

- 1) di concrescimento (orientato);
- 2) di smistamento;
- 3) di reazione;
- 4) di devettrificazione.

III) *Inclusioni di trasformazione*

- 1) nella zona di contatto termico;
- 2) in altre zone di raffreddamento e di riscaldamento;
- 3) in zone metamorfiche;
- 4) nella zona di ossidazione.

IV) *Inclusioni immigrate recenti*

- 1) nel campo delle soluzioni ascendenti;
- 2) nella zona di cementazione;
- 3) nella zona più profonda dell'alterazione superficiale e nel campo delle soluzioni discendenti (supergeniche).

I. - **Inclusioni estranee più vecchie.**

Rientrano fra le inclusioni di questo gruppo quelle esistenti come cristalli o sostanze fuse prima della formazione del cristallo ospitante e non presentano con quest'ultimo, nel caso limite, alcuna affinità di natura chimica, strutturalistica o di forza di legame. Si distinguono in inclusioni primarie ed ereditate.

1. - **INCLUSIONI PRIMARIE:** in pratica si dividono in inclusioni primarie a) idiomorfe e b) xenomorfe, e in inclusioni goccioliformi (di originarie sostanze fuse).

a) *Inclusioni primarie idiomorfe:* in microscopia non sono sempre facili da definire. E' noto che l'idiomorfismo non è criterio di anteriorità di deposizione: molti dei cristalli idiomorfi osservabili entro un minerale ospitante qualsiasi sono infatti classificabili come meta-cristalli di genesi più recente, in base a criteri ben definiti (HAK, 1963). Bisogna pertanto modificare sia il concetto di RAMDOHR (1969) che giudica così numerose le inclusioni primarie idiomorfe da non aver bisogno di enumerarne gli esempi, sia quello di SCHNEIDERHÖHN (1943)

che riteneva invece le inclusioni di questo tipo poco frequenti, limitando le più comuni ai cristalli idiomorfi « più vecchi » di pirite, arsenopirite, cassiterite entro minerali di ganga (quarzo) e minerali metallici più giovani come galena e tetraedrite. Proprio pirite ed arsenopirite formano infatti spesso metaacristalli. Bisogna pertanto riferirsi ai soli casi sicuri, come quello di Fig. 1 a, ove le lamine idiomorfe di ilmenite, singenetiche entro un frammento filladico attraversato da una vena di calcopirite e pirrotina, vengono ereditate « tal quali » da quest'ultime, risultandone così del tutto estranee e più vecchie.

b) *Inclusioni primarie xenomorfe*: rappresentano il caso di gran lunga più frequente di inclusioni primarie. Si tratta di inclusioni sottoposte in maggiore o minore misura ad un processo di corrosione da parte dell'ospitante, nel quale si osservano attualmente in forma di *resti di sostituzione* (Fig. 2). Anche in questo caso bisogna adottare criteri sicuri, quali, ad esempio, la continuità ottica fra i vari frammenti di un cristallo sostituito (non applicabile però ai cristalli isotropi e nei casi di crescita contemporanea, riconoscibili attraverso le strutture « a limiti reciproci » del concrescimento ospite-ospitante). Un caso indubbio è invece quello dei metaacristalli che inglobano resti di sostituzione di un'associazione paragenetica più vecchia (Fig. 1 b).

c) *Inclusioni goccioliformi*: si tratta di inclusioni che si ritengono originate per incapsulamento allo stato fuso entro un minerale ospitante in fase di cristallizzazione, e che cristallizzano poi a loro volta più tardivamente. Le più comuni sono quelle che si osservano nei silicati di rocce magmatiche e di giacimenti liquido-magmatici (essenzialmente pirrotina, pirrotina + calcopirite, pirrotina + calcopirite + pentlandite). Bornite, calcocite e covellina sono più rare e si rinvencono soprattutto entro ossidi quali la magnetite. Magnetite e suoi accompagnatori nelle paragenesi liquido-magmatiche (ilmenite, ematite etc.) sono più rari, in ragione forse delle più alte temperature di cristallizzazione (si vedano i valori termometrici, dell'ordine di 600°C e più, per alcune strutture di smistamento nelle magnetiti titanifere). E' quindi comprensibile che solfuri come la pirrotina formino, a causa della loro più bassa temperatura di cristallizzazione e della maggiore influenza su quest'ultima da parte di sostanze volatili, « gocce » come quelle visibili in una magnetite titanifera non smistata in Fig. 3. Nel caso di metalli a composizione chimica nota e i cui punti

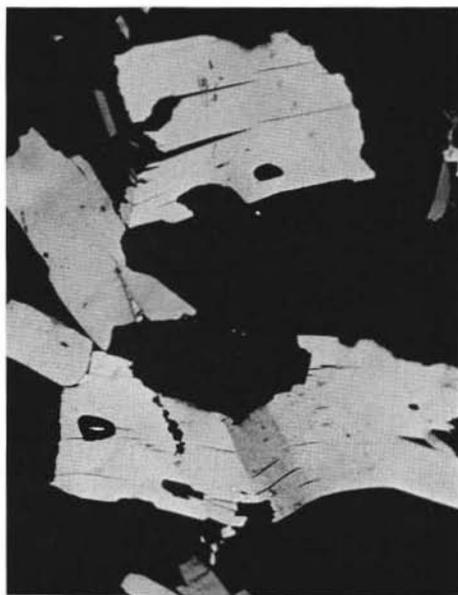
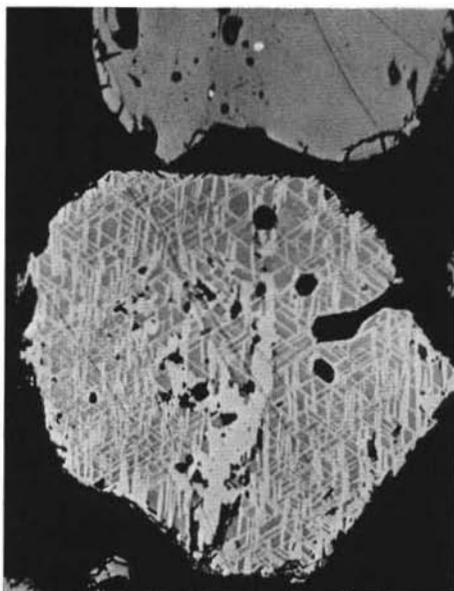


Fig. 2. — Lamelle di molibdenite, leggermente deformate, parzialmente sostituite e penetrate da minerali di ganga (seuri). Bastnäs - Feld, Svezia - sezione lucida (solo polarizzatore; ingr. lin. 120).

Fig. 3. — In basso: granulo di magnetite con smistamenti di ematite lungo le direzioni cristallografiche. Si nota, a partire dal bordo inferiore del granulo e in corrispondenza all'addensarsi di piccole cavità (nere) un processo parziale, tardivo, di martitizzazione. In alto: parte di un granulo di magnetite titanifera, non smistata, contenente due inclusioni « goccioliformi » di pirrotina (bianca). Nero: araldite. Concentrato di minerali opachi da rocce vulcaniche del Vulture - sezione lucida (solo polarizzatore, immersione in olio; ingr. lin. 295).



di fusione non siano ridotti dalla presenza di sostanze volatili, le inclusioni goccioliformi possono venir utilizzate come termometri geologici. Questa possibilità appare però discutibile sotto diversi aspetti. Il platino, ad esempio, si rinviene sovente in gocce (caso frequente nelle rocce platinifere del Bushveld). La corrispondenza, come giustamente osserva anche RAMDOHR (1969), è però soltanto formale, in quanto il platino nativo, anche se costituente una lega naturale con alta percentuale di ferro, cristallizza a temperature molto superiori a quelle massime per i silicati. Assai diffuse sono anche le gocce di bismuto nativo, che solidifica invece a temperatura relativamente bassa (280°C) e quindi si presterebbe bene a questa spiegazione. In molti casi però i « corpi rotondi » di bismuto nativo sono interpretabili diversamente, ad esempio come resti di sostituzione, come si è potuto dimostrare per le gocce di bismuto entro la pirite nella mineralizzazione a magnetite del giacimento della Pamera presso Roncegno, in Valsugana (OMENETTO, 1968, Tav. II, Fig. 1).

2. - INCLUSIONI EREDITATE:

a) *senza alterazione di forma e natura mineralogica*: si tratta di inclusioni che, in casi particolari e ben definiti, testimoniano dell'avvenuta sostituzione di un minerale più vecchio da parte di uno più giovane, il quale eredita le inclusioni tal quali e nella loro posizione originaria. L'esempio più tipico è quello delle *stelle di blenda*, inclusioni scheletriche di dimensioni e forme variabili (RAMDOHR, 1969, p. 527-529) che si ritengono originate per smistamento o cristallizzazione contemporanea in calcopirrotina o comunque in calcopirite di alta temperatura. Le stelle di blenda si osservano spesso ereditate tal quali sia dai minerali di trasformazione a più bassa temperatura dell'originaria calcopirrotina (come la cubanite) sia da minerali più giovani che sostituiscono la calcopirite (come la pirite o il quarzo sviluppati in meta cristalli). Di notevole interesse può essere considerato il caso di Fig. 1 d, osservato dallo scrivente in una mineralizzazione a blenda ferrifera, pirite, calcopirite e tennantite della zona di Torrebvicino (Alpi vicentine), in cui la presenza di inclusioni stellari di ZnS in pirite e tennantite, oltre che in calcopirite, ha permesso di stabilire con precisione la successione paragenetica (calcopirite → pirite → tennantite);

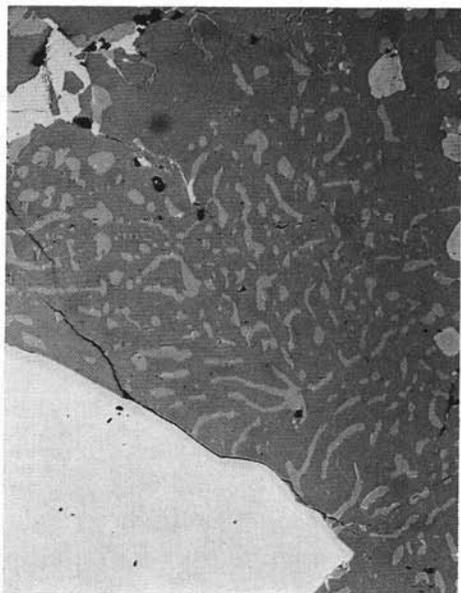
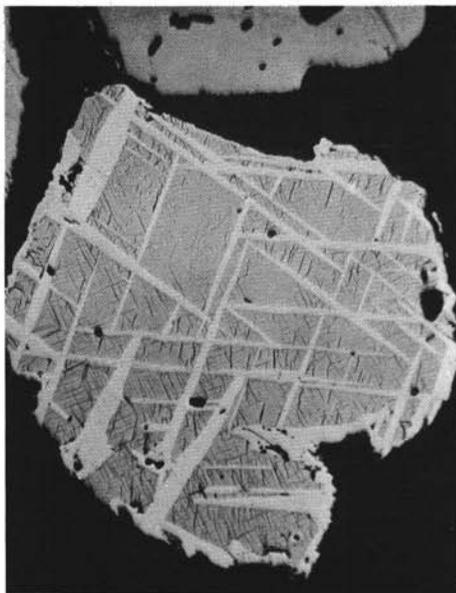


Fig. 4. — Concrescimento mirmechitico fra blenda (grigia) e galilite (CuGaS_2 , grigio chiara). Si notano anche alcune plaghette di renierite ($(\text{Cu, Fe, Ge, Zn})\text{S}$, grigio bianca), accompagnata da germanite (leggermente più scura). Le plaghette bianche in alto a sinistra nella fotografia sono di tennantite. In basso a sinistra, granulo di pirite (bianca splendente, in rilievo). Miniera di Tsumeb, SW - Africa - sezione lucida (solo polarizzatore; ingr. lin. 135).

Fig. 5. — Magnetite titanifera, con smistamenti finissimi di ilmenite e maggiori di ematite lungo le direzioni cristallografiche. In alto nella fotografia, compaiono parzialmente altri due granuli di magnetite titanifera non smistata, di cui si nota la diminuzione del potere di riflessione rispetto alla precedente. Nero: araldite. Concentrato di minerali opachi da rocce vulcaniche del Vulture - sezione lucida (solo polarizzatore, immersione in olio; ingr. lin. 290).



b) *parzialmente sostituite durante il passaggio in eredità*: il modello può essere ancora fornito dalle stelle di blenda, ed in particolare quelle ereditate da pirrotina (Fig. 1 c). L'esempio raffigurato, osservato nella mineralizzazione a pirrotina del giacimento della Pamera (OMENETTO, 1968), è indicativo in quanto la presenza di un « nucleo stellare » di calcopirite negli scheletri di blenda parzialmente sostituiti dimostra che quest'ultimi hanno perso la forma primitiva ma non sono stati spostati dalla loro posizione originaria;

c) *completamente disciolte ma di nuovo segregate in seno al minerale ospitante durante il passaggio in eredità*: si tratta di inclusioni la cui definizione è quasi sempre problematica. Come esempio tipo, potremmo citare i « corpi rotondi » di blenda in pirrotina, nel caso particolare in cui quest'ultima appaia sicuramente sostituire una calcopirite contenente inclusioni stellari di ZnS;

d) *completamente disciolte durante il passaggio in eredità*: sono inclusioni la cui presenza e natura mineralogica vanno evidentemente ricercate e definite in seno al minerale in via di sostituzione, e la cui scomparsa nel minerale sostituito deve apparire in accordo con le caratteristiche chimiche e/o strutturali di quest'ultimo. SCHNEIDERHÖHN (1943) cita in proposito il caso da egli stesso osservato nelle mineralizzazioni manganeseferre di Postmarburg in Sudafrica, ove le inclusioni di ematite in braunite, $3 (\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$, vengono incorporate completamente nel reticolo della sitaparite, $(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$, durante il processo di sostituzione esercitato da quest'ultima sulla braunite.

II. - Inclusioni familiari.

Questo gruppo di inclusioni è caratterizzato da affinità cristallochimica e strutturale con il minerale metallico ospitante (II 1, II 2) o, quando ospite ed ospitante siano precipitati come colloidali, da affinità di condizioni di precipitazione (II 4). L'ospite cresce con e nell'ospitante, venendo definitivamente inglobato durante la successiva crescita di quest'ultimo (II 1); oppure, con il progressivo diminuire della temperatura, l'ospite si smista quale seconda fase solida da un cristallo che a temperatura più elevata costituiva una soluzione solida omogenea (II 2). Esempi di questo tipo di inclusioni (ad eccezione

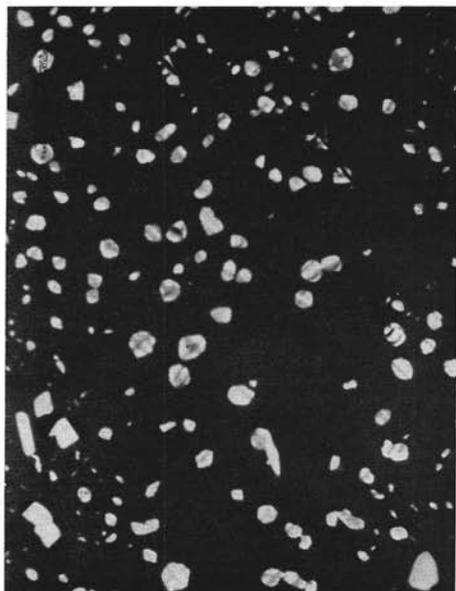


Fig. 6. — Blenda (nera) con smistamenti «complessi» costituiti essenzialmente da calcopirite (bianca) + mackinawite (varie tonalità di grigio a causa del pleocroismo). In questo caso i corpi di smistamento si sono separati dapprima come prodotti complessi, non stechiometrici, trasformati poi più tardi per «sub-smistamento». Argentario, Toscana - sezione lucida (solo polarizzatore, immersione in olio; ingr. lin. 805).

Fig. 7. — «Tetradimite» (Sescosalite?) costituente la plaga allungata bianco grigia al centro nella fotografia, trasformata perifericamente in una finissima mirmechite di galena (grigia) + bismuto nativo (bianco). Si associano calcopirite (grigio chiara) con inclusioni di cubanite (più scura, pleocroica). Nell'angolo in basso a sinistra, pirrotina (grigia) con inclusioni di Bi nativo. Nero: quarzo. Boliden, Svezia - sezione lucida (solo polarizzatore, immersione in olio; ingr. lin. 290).



del sottogruppo II 3, la cui definizione secondo SCHNEIDERHÖHN, 1943, p. 11-12, ci appare troppo generica) sono innumerevoli e ben conosciuti (Figg. 3, 4, 5, 6). Vogliamo solo richiamare l'attenzione sulla convergenza formale di alcune strutture con quelle di smistamento (ad esempio, le inclusioni di « corpi argentiferi » e di solfosali in genere nella galena). Anche taluni concrescimenti osservabili in giacimenti formati a bassa temperatura (ad esempio, i concrescimenti fra galena e solfosali di Sb-As dei depositi piombo-zinciferi legati agli strati carbonatici) nonchè alcune associazioni tipiche delle zone affioranti (cappellacci) dei giacimenti a solfuri (ad esempio oro e argento nativi in limonite o cerussite) sono meglio interpretabili come dovuti ad un processo di cristallizzazione collettiva (Sammelkristallisation) per « devetrificazione » di geli misti.

III. - Inclusioni di trasformazione.

Nel senso stretto del termine, si tratta di inclusioni che derivano dalla trasformazione mineralogica, senza apporto di sostanza, del cristallo ospitante a partire da determinati nuclei. La trasformazione è causata da un cambiamento delle condizioni ambientali (pressione, temperatura, contenuto in ossigeno) e determina la formazione di nuovi minerali ai margini o all'interno del cristallo ospitante. Le strutture che ne derivano corrispondono spesso, dal punto di vista formale, a quelle che si realizzano per smistamento e per concrescimento (Fig. 7). Le inclusioni di trasformazione si generano:

1) *nella zona di contatto termico* e 2) *in altre zone di raffreddamento e di riscaldamento*: RAMDOHR (1969) cita quale esempio tipico per 1) il caso dei filoni di siderite del Siegerland attraversati da camini basaltici terziari. In questi filoni, per uno spessore di 10-20 cm, la siderite appare calcinata in magnetite in granuli finissimi, lungo limiti intergranulari, fratture e tracce di sfaldatura. Un caso del tutto analogo è stato osservato dallo scrivente in una mineralizzazione a siderite e solfuri attraversata da un filone porfiriteico nel basamento cristallino della zona di Forno d'Allione (Val Camonica). Altro caso piuttosto frequente è quello della trasformazione dell'ematite lamellare in magnetite (mushketovite), ove le inclusioni di magnetite in Fe_2O_3 indicano soltanto l'inizio di un processo che il più delle volte è avanzato

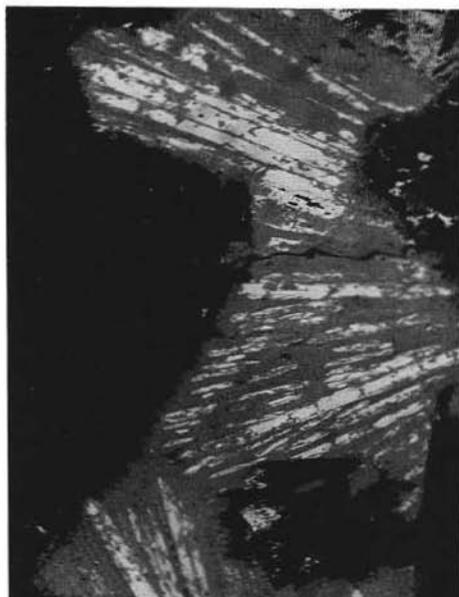


Fig. 8. — Magnetite (mushketovite) che sostituisce pseudomorficamente ematite (bianca). Nero: ganga silicea. Niccioleta, Toscana - sezione lucida (solo polarizzatore; ingr. lin. 115).

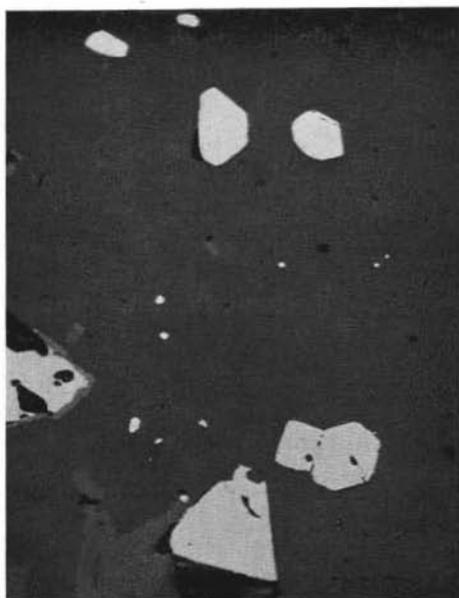


Fig. 9. — Cristallini di magnetite (grigio chiara, in basso e a sinistra nella fotografia) e di martite (bianca, parte superiore della fotografia). Grigio scura: ganga quarzoso - silicea. Sträsås, Svezia - sezione lucida (solo polarizzatore; ingr. lin. 210).

sino a pseudomorfosi completa (Fig. 8). Inversamente, altrettanto tipica è la formazione di martite, cioè la trasformazione progressiva della magnetite in ematite sino a pseudomorfosi totale (Fig. 9). Si distingue una martitizzazione per raffreddamento e una per riscaldamento, la seconda apparendo in genere più intensa della prima e contraddistinta da un notevole apporto di ossigeno;

3) *in zone metamorfiche*: o, più precisamente, in zone caratterizzate da metamorfismo regionale. Nel senso restrittivo in cui viene inteso da SCHNEIDERHÖHN (1943) e RAMDOHR (1969) questo tipo di inclusioni, generale nei silicati delle rocce sottoposte a metamorfismo dinamico (ad esempio, orneblenda in augite) sarebbe stato solo raramente descritto per i minerali metallici (ad esempio, neoformazione di rutilo in ilmenite in condizioni epizonali). Vorremmo tuttavia considerare qui il termine « inclusioni di trasformazione » in senso più ampio, corrispondente cioè al processo metamorfico nel suo insieme, e agli effetti che sui minerali metallici hanno avuto i fenomeni di deformazione, ricristallizzazione e mobilizzazione differenziale. Allo stato attuale degli studi e delle conoscenze sulle mineralizzazioni che hanno subito metamorfismo regionale, si può affermare che le strutture e tessiture che ne derivano comportano la presenza di tutti i tipi di inclusioni sinora menzionati. Citeremo in questa sede, per le loro caratteristiche particolari, le inclusioni originate durante il metamorfismo entro la pirite cristalloblastica, costituite soprattutto da minerali del sistema Cu-Fe-S (calcopirite, cubanite, pirrotina, mackinawite, calcopirrotina, digenite, bornite): si tratta di inclusi (Fig. 1e) assai frequenti nei giacimenti piritoso-cupriferi stratiformi metamorfosati legati alle serie ofiolitifere (OMENETTO, 1969);

4) *nella zona di ossidazione*: è ben noto che nella zona di ossidazione (o di dissoluzione) dei giacimenti primari i solfuri divengono instabili e si trasformano, attraverso una complessa serie di reazioni, in carbonati, solfati, ossidi ed idrossidi. La trasformazione avviene preferenzialmente a partire da superfici di discontinuità di varia natura (limiti intergranulari, fratture, sfaldature) ma spesso anche in forma di sferule « free-floating » entro il minerale ospitante. Gli esempi sono innumerevoli, ed è chiaro che questo tipo di inclusi di trasformazione sarà riconoscibile solo quando l'alterazione del minerale metallico primario sia ancora in uno stadio poco avanzato.

IV. - Inclusioni immigrate recenti.

Questo gruppo comprende, nello schema di SCHNEIDERHÖHN, quelle inclusioni che si originano nelle fasi precoci del processo di sostituzione, quando un nuovo minerale ospite (il « metasoma ») prende parzialmente il posto dell'ospitante (« palasoma ») all'interno di quest'ultimo. In un certo senso apparterrebbero a questo gruppo anche le inclusioni di trasformazione del paragrafo precedente, soprattutto quelle del sottogruppo III 4. Tuttavia, il meccanismo di formazione di questi ultimi inclusi comporta sostanzialmente una *manca di apporto*: si tratta cioè di un processo condizionato in modo essenziale dal mutare delle condizioni chimico-fisiche d'ambiente. Le inclusioni immigrate recenti riflettono invece un apporto tardivo di sostanza, sia nel campo delle soluzioni ascendenti, sia nella zona di cementazione, sia nella zona più profonda dell'alterazione superficiale e nel campo delle soluzioni discendenti (supergeniche):

1) *nel campo delle soluzioni ascendenti*: si tratta delle inclusioni che si formano durante la generalmente complessa e ripetuta sequenza di sostituzioni e trasformazioni interne che portano la maggior parte dei giacimenti metalliferi di origine magmatica alla caratterizzazione geometrica e paragenetica che presentano attualmente. Proprio per questo, non sono inclusioni sempre facili a definirsi come tali, distinguendole, ad esempio, dai resti di sostituzione o dalle strutture di concrecimento. Il caso più tipico è rappresentato dai *metacristalli* (che possono venir confusi con le inclusioni primarie idiomorfe). Si consideri inoltre l'associazione di Fig. 1 f, ove la magnetite appare di genesi chiaramente anteriore alla valleriite che la invade seguendone le direzioni cristallografiche: è chiaro che anche gli apparenti « resti di sostituzione » di valleriite (indicati in parte dalle frecce) debbono essere considerati degli immigrati recenti;

2, 3) *nella zona di cementazione, nella zona più profonda dell'alterazione superficiale e nel campo delle soluzioni discendenti (supergeniche)*: nella zona di cementazione dei giacimenti primari, ove il deposito degli elementi disciolti nella zona di ossidazione e trasportati verso il basso dalle soluzioni solfatiche diviene importante, i solfuri primari appaiono generalmente macchiettati da inclusioni di solfuri secondari (tipici quelli di rame, come calcocite, covellina e bornite).

Nel campo delle soluzioni discendenti (supergeniche) *lato sensu*, infine, il problema delle inclusioni immigrate recenti si pone negli stessi termini formali propri al sottogruppo IV 1. Esse si trovano infatti in mineralizzazioni (essenzialmente quelle « legate agli strati ») che presentano assai di sovente, se non altro dal punto di vista microscopico, caratteristiche paragenetiche e strutturali del tutto simili a quelle provocate da processi metallogenici che vengono considerati di sicura origine magmatica.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- AMSTUTZ G. C. (1961) - *Microscopy applied to mineral dressing*. 50th Anniv. of Froth Flotation in the U.S.A, Quart. Colorado School of Mines, 56, 3, 443-481.
- HAK J. (1963) - *On the question of criteria for the recognition of metacrysts of minerals (Comprehensive report)*. Symposium: Problems of Postmagmatic Ore Deposition, Praga 1963.
- OMENETTO P. (1968) - *Il giacimento ferrifero della Pamera presso Roncegno (Valsugana)*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 26, 3-38.
- OMENETTO P. (1969) - *The significance of the inclusions in pyrite of two conformable cupriferous pyrite deposits, Alagna and Petit Monde, NW-Italy (with regard to metamorphic mobilisation of ores)*. Meeting on Remobilization of ores and minerals, P. Zuffardi Ed., 149-158, Cagliari.
- RAMDOHR P. (1969) - *The ore minerals and their intergrowths*. 1174 p., Pergamon Press.
- REHWALD G. (1966) - *The application of ore-microscopy in beneficiation of ores of the precious metals and of the nonferrous metals*. In: Applied Ore Microscopy (H. Freund Ed.), 441-537.
- SCHNEIDERHÖHN H. (1943) - *Mineraleinschlüsse in Erzmineraleien*. N. Jb. Min. Mh., A, 1, 1-22.
- YERMAKOV N. P. (and others) (1965) - *Research on the nature of mineralforming solutions*. E. Roedder Ed., 743 p., Pergamon Press.