

PIETRO NATALE (1)

SULL'IMPIEGO DELL'ATTACCO DI STRUTTURA
NELLO STUDIO MINEROGRAFICO DELLA PIRITE

ABSTRACT. — The author emphasizes the particular availability of the texture etching in the microscopic study of pyrite, especially with regard to polygenetic, e. g. sedimentary-diagenetic and metamorphic, pyrites. In fact, in several cases the etching technique is able to reveal in the sulphide many textural and structural features which otherwise can not be observed. Moreover it assumes a particular importance because this mineral — perhaps much better than any other opaque mineral — may retain in itself textural and structural evidences of its minerogenetic history. It seems therefore that the study of pyrite by texture etching deserves, on the whole, much attention than generally it received in the past.

RIASSUNTO. — Si segnala la particolare utilità dell'attacco di struttura nello studio minerografico della pirite, soprattutto nel caso di piriti poligenetiche, come ad esempio quelle sedimentarie-diagenetiche e quelle metamorfiche. In molti casi questa tecnica consente infatti di riconoscere nel solfuro varie caratteristiche tessiturali e strutturali altrimenti non osservabili. Essa assume poi un'importanza particolare in quanto la pirite — forse più di qualsiasi altro minerale metallico — può conservare in sé testimonianze tessiturali e strutturali della sua storia minerogenetica. Per queste ragioni lo studio della pirite mediante attacco di struttura merita in complesso maggior considerazione di quanta in genere ne abbia avuta in passato.

Com'è noto, la tecnica dell'attacco chimico di struttura, che è nata per lo studio dei metalli e delle leghe metalliche e che trova tuttora corrente impiego in metallografia, è stata da tempo introdotta anche nello studio dei minerali e degli aggregati metalliferi in sezione lucida.

In genere si ricorre ad essa per rendere palesi sulla superficie lucida caratteristiche strutturali che non risultano direttamente osserva-

(1) Assistente di Giacimenti Minerari presso l'Istituto di Mineralogia, Geologia e Giacimenti Minerari del Politecnico di Torino.

bili in quanto non sono evidenziate dai caratteri ottici normali dei materiali in studio (potere riflettente e biriflettanza, colore e pleocroismo, anisotropia a polarizzatori incrociati, ecc.). Ciò si verifica generalmente, come è ovvio, per tutte le fasi cristalline otticamente isotrope e in particolare per i numerosi minerali metalliferi del sistema cubico.

L'attacco chimico, eseguito con opportuni reagenti ed eventualmente per via elettrolitica, può risultare selettivo rispetto alle diverse

Fig. 1. — Questa e le successive figure 2 e 3 illustrano alcuni esempi di tessiture e strutture messe in evidenza nella pirite dall'attacco (attacco elettrolitico anodico con CH_3COOH). Tutte le osservazioni sono state fatte al microscopio in luce riflessa e a solo polarizzatore. Ove non indicato, l'ingrandimento complessivo è di circa $165 \times$.

a - Mosaico cristalloblastico nella pirite della mineralizzazione metamorfica stratiforme di Prali-Viafiorecia (Val Chisone). I singoli individui mostrano una debole e poco regolare zonatura analoga a quella indicata in Fig. 1 *h*.

b - Tessitura di aggregato di probabile origine diagenetica: gli individui pentagonododecaedrici mostrano una debole, ma regolare, zonatura idiomorfa. In alto a destra tracce di rieristallizzazione metamorfica (vedasi anche la Fig. 3 *a*). Pirite in lenticelle nei calcescisti mesozoici del vallone di Rochemolles (alta Valle di Susa).

c - Nucleo di bassa cristallinità con tessitura a coecarda e corona di pirite ben cristallina meno sensibile all'attacco della precedente. Il nucleo è fratturato ed infiltrato da pirite successiva e da blenda (grigia). Pirite del giacimento di Libiola (Genova).

d - Pirite con tessitura framboidale e corona di pirite euedrale, debolmente zonata. Giacimento di Libiola.

e - Individui a netta zonatura cubica nella pirite del giacimento di Gavrorano (Grosseto); $56 \times$.

f - Microconcrezione di pirite con tessitura raggiata e zonatura dovuta a variazioni di cristallinità (le zone più scure, più attaccate, hanno cristallinità minore). Parziale sostituzione da parte di blenda con evidente controllo zonare. Pirite della mineralizzazione stratiforme di Candiazzus (Cagliari).

g - Struttura zonare con ritmica alternanza di pirite ben cristallina cubica con pirite più o meno colloforme alquanto più ossidata della prima. Tracce di corrosione ed infiltrazione da parte di una pirite cristallina di natura metamorfica. Mineralizzazione metamorfica stratiforme di Salbertrand (Valle di Susa).

h - Cristalloblasto cubico subedrale di pirite con zonatura debole ed alquanto irregolare, tipica di una pirite metamorfica. Giacimento metamorfico stratiforme di Alagna (Val Sesia).

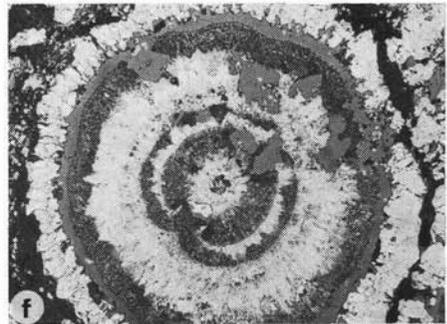
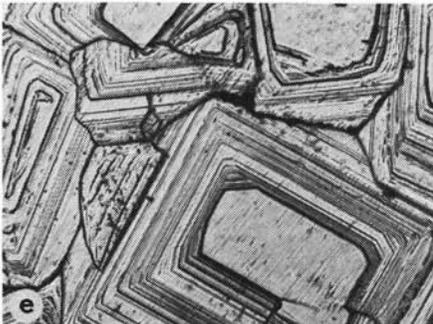
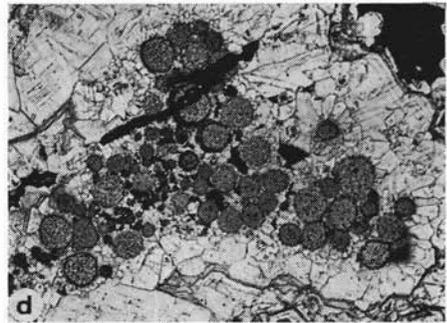
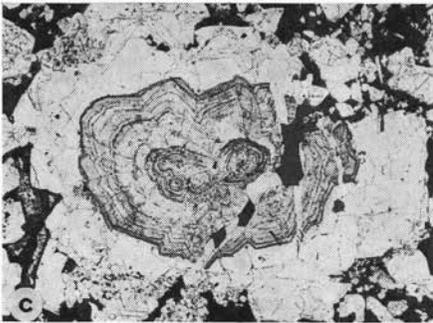
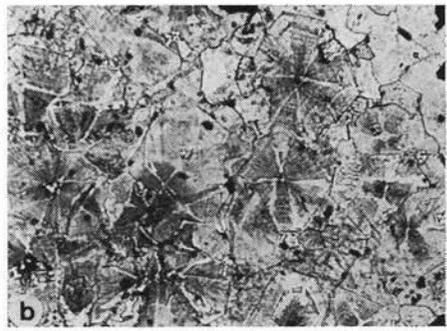
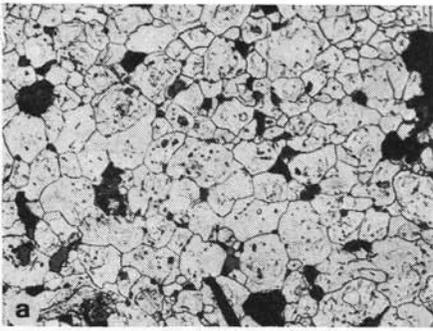


Fig. 1.

configurazioni strutturali con cui la fase in studio si presenta sulla superficie della sezione lucida. Esso procede in tal caso in modo diverso, in pratica con diversa velocità, sulle varie porzioni della stessa. Così in genere l'attacco si sviluppa più rapidamente in corrispondenza dei limiti intergranulari fra i grani di uno stesso minerale (luoghi di discontinuità reticolare e di perturbazione dei reticoli cristallini adiacenti); procede con velocità diversa su grani diversamente orientati, oppure sulle zone di accrescimento di ogni singolo individuo cristallino, se fra le stesse esistono differenze di chimismo o di altro genere. Naturalmente l'attacco può risultare selettivo anche nei confronti di

Fig. 2 a. — Relitto di pirite con zonatura idiomorfa cubica e con curiose particolarità di creseita, circondato da pirite ben cristallina, poco attaccata. Mineralizzazione di Salbertrand.

b - Grano di pirite intensamente fratturato e ricementato da una pirite apparentemente più sensibile all'attacco (in leggero rilievo negativo). Lenticelle di pirite nelle filladi paleozoiche di Paola (Cosenza).

c - In questo granoblasto di pirite un debole attacco — insufficiente a mettere in luce la struttura di accrescimento — ha evidenziato un fascio di microdiaciasi cicatrizzate che non sono rilevabili prima dell'attacco. Pirite del giacimento metamorfico di Degtiarka (Urali).

d - Questa tessitura laminata, che può ricordare una tessitura sedimentaria (vedansi in particolare le apparenti impronte gravitative) è in realtà di natura tettonica. Le lamine più scure sono costituite da fasci di framboidi fortemente appiattiti e lenticolari. La rimanente pirite è poligenetica, in parte colloforme, tettonizzata e relitta, in parte ben cristallina e legata probabilmente a fenomeni di rieristallizzazione metamorfica. Pirite del giacimento di Rio Tinto (Huelva, Spagna); 56 ×.

e, f - Si osservano qui tre distinte generazioni di pirite: una fase più antica, ben cristallina e pentagonododecaedrica, una successiva fase fortemente zonata ed in parte colloforme, una terza fase ben cristallina (associata qua e là a plaghette di blenda che sostituisce la pirite zonata). Soprattutto nel secondo esempio è evidente la corrosione della fase più antica da parte di quella successiva. Pirite del giacimento di Candiazus.

g - Individuo relitto di pirite colloforme, in parte a struttura fibroso-raggiata, corrosivo e incluso in un cristalloblasto cubico. Giacimento di Alagna.

h - Pirite relitta finemente zonata, sostituita con chiaro controllo zonare dalla pirite metamorfica (meno attaccata). Mineralizzazione di Salbertrand; 550 ×.

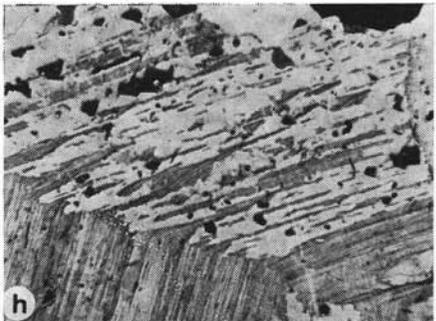
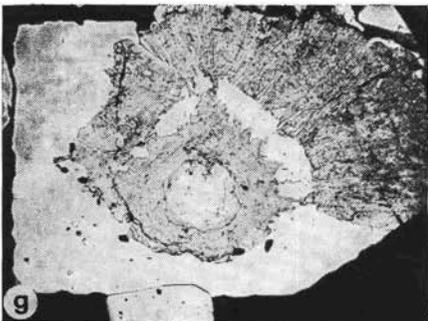
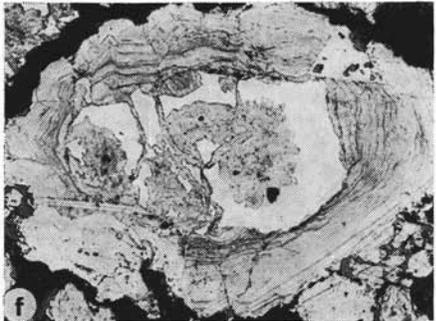
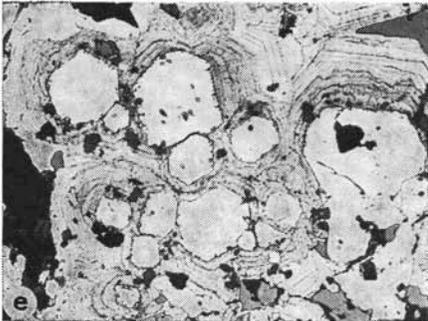
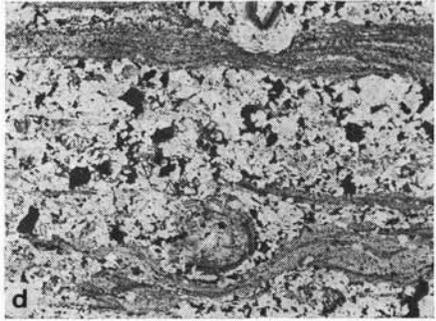
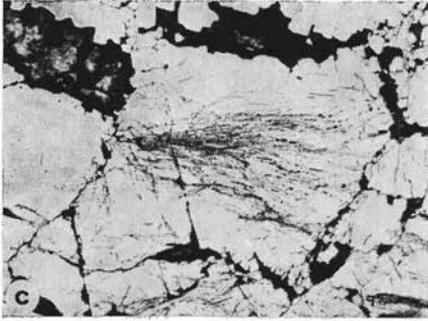
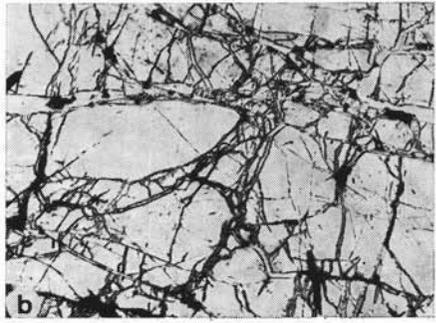


Fig. 2.

generazioni diverse di uno stesso minerale e cioè di fasi formatesi in tempi diversi e in differenti condizioni minerogenetiche.

Il diverso procedere dell'attacco sulle varie zone del minerale porta in definitiva alla possibilità di distinguere le zone stesse, che risultano in vario grado alterate rispetto al loro stato primitivo e cioè più o meno profondamente corrose ed eventualmente inscurite dalle patine dei prodotti di alterazione.

Il più comune esempio di minerale sul quale l'attacco consente di riconoscere caratteristiche strutturali altrimenti non osservabili è fornito senza dubbio dalla pirite. Ciò è noto da tempo e da tempo si conoscono vari tipi di attacco, sia diagnostico che di struttura, applli-

Fig. 3 a. — I cristalli pentagonododecaedrici debolmente zonati e di probabile origine diagenetica già osservati in Fig. 1 b, sono qui inclusi in cristalli cubici poco attaccati di probabile origine metamorfica. Pirite in lenticelle nei calcescisti del vallone di Rochemolles (alta Valle di Susa).

b - Aggregato di pirite fortemente zonata e in parte colloforme (ben visibile altrove nella sezione) interessato da una debole fratturazione e ricristallizzazione (orli e venule di pirite poco attaccata). Giacimento di Rio Tinto (Huelva, Spagna); 200 ×. Così come si verifica in numerosi altri casi, anche nella pirite di questo importante e ben noto giacimento l'attacco mette in evidenza un'interessante fisionomia strutturale che, per quanto risulta all'autore, non è descritta nella pertinente letteratura.

c - Tipica tessitura di ricristallizzazione metamorfica: sparsi relitti di pirite zonata, in parte colloforme, racchiusi nel mosaico cristalloblastico, costituito da pirite a struttura piuttosto omogenea e poco sensibile all'attacco. Mineralizzazione di Salbertrand; 200 ×.

d - In questo caso l'attacco risolve la tessitura framboidale della pirite che riempie la cavità di un probabile resto organico (anello di sostanza carboniosa?). Pirite in lenticelle negli scisti neri gotlandiani di Goni (Gerrei); 1200 ×.

e - Resto fossile di dubbia natura (spicula di spugna?), messo in luce dall'attacco. Lenticelle di pirite negli scisti neri cretacei di Borso del Grappa (Treviso); 600 ×.

f - Resto di probabile tallo d'alga (*Dasycladacee?*) nella pirite degli scisti neri di Borso del Grappa; 200 ×.

g, h - Due altri esempi di microfossili, probabilmente foraminiferi, messi in luce dall'attacco nella pirite (*Globigerinide?*, *Gumbelina?*). In entrambi i casi le camere del microorganismo sono riempite dallo stesso tipo di pirite diagenetica visto nelle Figg. 1 b e 3 a, e contengono sparsi framboidi. Pirite in lenticelle nei calcescisti mesozoici del vallone di Rochemolles (alta Valle di Susa); 440 ×.

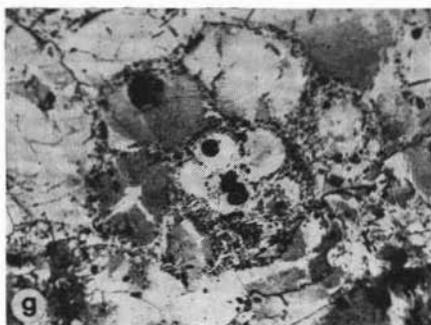
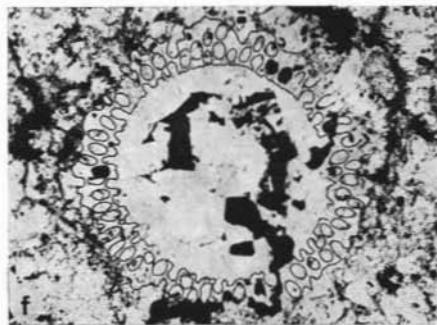
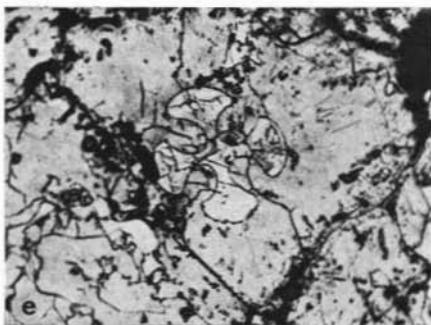
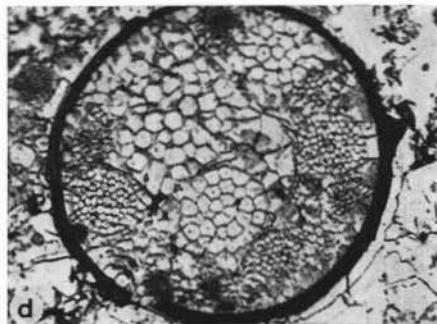
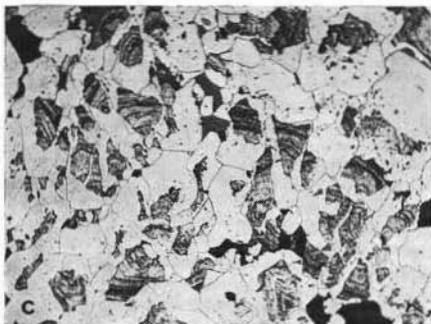
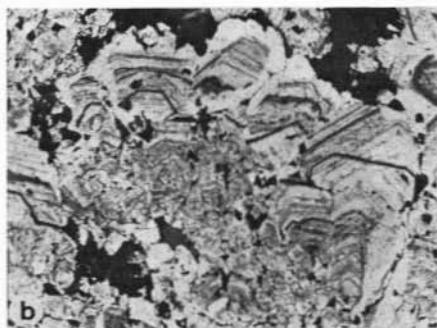
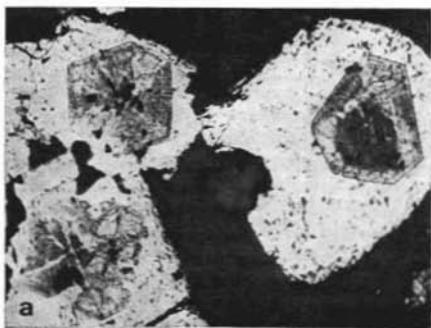


Fig. 3.

cabili a questo minerale ⁽²⁾. Tuttavia, in conseguenza forse del relativamente poco diffuso impiego di questo metodo di studio, non sembra adeguatamente conosciuta la particolare utilità che proprio nel caso della pirite lo stesso può assumere.

Il particolare comportamento minerogenetico di questo solfuro infatti, fa sì che in molti casi le osservazioni rese possibili su di esso dall'attacco di struttura rivestano un considerevole interesse interpretativo.

E' noto che in diversi processi minerogenetici la pirite mostra di possedere una notevole inerzia cristallografica, in particolare una spiccata resistenza alle trasformazioni ⁽³⁾. Questa stabilità sembra caratterizzare il minerale anche per quanto riguarda i processi di diffusione, e in particolare di omogeneizzazione, allo stato solido: processi che possono essere all'origine di una più o meno completa obliterazione di interessanti eterogeneità strutturali, come ad esempio la zonatura di accrescimento.

Ne consegue che questo solfuro, forse più di qualsiasi altro minerale metallico, può conservare in sé durevoli testimonianze della sua storia minerogenetica.

Com'è logico, tale circostanza acquista un particolare interesse per quanto concerne i giacimenti poligenetici e soprattutto quelli che hanno subito un'evoluzione diagenetica o metamorfica. In molte mineralizzazioni del genere infatti la pirite è il solo minerale che conserva in sé sicure testimonianze della sua configurazione strutturale premetamorfica e della sua evoluzione (McDONALD, 1967).

Ora se si considera l'interesse che in generale presenta lo studio minerografico di questo così comune e diffuso minerale e se si tien conto che spesso il solo mezzo per riconoscerne le caratteristiche tessuturali e strutturali è appunto l'attacco, è facile capire, dopo quanto si è detto, che questo tipo di ricerca è degno della massima considerazione.

⁽²⁾ I più comuni reagenti per l'attacco chimico ed elettrolitico della pirite risultano ben conosciuti, ad esempio, nel noto manuale *Lehrbuch der Erzmikroskopie* di Schneiderhöhn e Ramdohr (Vol. II, pag. 159), che risale al 1931.

⁽³⁾ Tale circostanza ha il suo corrispondente sperimentale nella lentezza con cui, specialmente se a temperature non molto elevate, questa fase cristallina partecipa a molte reazioni chimiche che la coinvolgono (YUND e KULLERUD, 1966 e altri lavori).

Qualche buon esempio di impiego di questa tecnica per lo studio della pirite si può trovare nella letteratura. Meritano un cenno, ad esempio, gli studi a scala macroscopica del SUZUKI su numerose piriti giapponesi, i quali hanno messo in evidenza differenze strutturali abbastanza sistematiche, fra le piriti idrotermali formatesi per deposizione entro cavità, piriti metasomatiche e piriti cristalloblastiche; così come le interessanti ricerche di IVANOV e di altri autori sulle piriti degli Urali centrali e meridionali: ricerche che hanno portato un fondamentale contributo alla conoscenza genetica di quelle importanti mineralizzazioni (ZAVARITSKY, 1950; GRIGOR'EV, 1965).

Se si esamina però la letteratura giacimentologica dei Paesi Occidentali, si constata un disinteresse pressochè generale per questo tipo d'indagine, in particolar modo nello studio di giacimenti relativamente ai quali l'impiego dello stesso può risultare di notevole utilità. E basti citare, a mo' d'esempio, la vasta letteratura europea ed americana che concerne i giacimenti piritosi, in vario grado metamorfosati, legati al vulcanismo di geosinclinale (4).

Per questa ragione, dopo aver già in precedenza mostrato l'utilità di questo tipo di ricerca in un caso particolare e precisamente nello studio di alcuni giacimenti metamorfici alpini (NATALE, 1966 e 1969), lo scrivente ha creduto opportuno spendere qualche altra parola sull'argomento, considerato ora in termini più generali, e mostrare alcuni esempi dei principali tipi di osservazione che l'attacco rende possibili sulla pirite.

A tal fine si sono riportate a pagg. 281, 283 e 285 varie figure di attacco ottenute dall'autore su piriti di diversa natura e provenienza, mediante un attacco elettrolitico ossidante le cui modalità sono state descritte in uno dei lavori sopra citati (NATALE, 1966) (5).

In primo luogo l'attacco mette in evidenza nella pirite la tessitura di aggregato, che in genere nelle piriti massicce non risulta direttamente riconoscibile in sezione lucida. Alcuni tipi di tessitura di aggre-

(4) Alcuni di questi studi sono ricordati in alcuni dei lavori in elenco bibliografico.

(5) Va comunque osservato che in diversi casi non è indispensabile ricorrere ad un attacco elettrolitico. Buone figure, anche se in genere di minor nitidezza, si ottengono, non di rado, con un semplice attacco chimico, impiegando ad esempio la miscela H_2SO_4 conc. + $KMnO_4$, 50% (1:1).

gato: granulari allotriomorfe, granoblastiche, concrezionari, colloformi, fibrose, framboidali, ecc., sono ad esempio illustrate nelle figg. 1 a, b, c, d, e, f.

Ben riconoscibili risultano poi le tessiture e le strutture che sono in qualche modo legate a fenomeni di deformazione e in particolare di clastesi, anche se «obliterate» da una successiva cicatrizzazione o cementazione (figg. 2 b, c, 3 b).

Evidente diventa dopo attacco anche la zonatura di accrescimento dei singoli cristalli, che è presente in molte piriti e che può essere di tipo assai vario (figg. 1 b, e, g, h, 2 a, e, f, h, 3 b, c). In modo analogo possono essere evidenziate successioni paragenetiche di piriti aventi caratteristiche strutturali diverse e quindi un diverso comportamento nei confronti dell'attacco. Come si può vedere soprattutto nelle figg. 2 e, f, g, h, 3 a, b, c, risultano anche ben studiabili, in casi del genere, i rapporti strutturali fra le diverse generazioni del solfuro, in particolare le eventuali strutture di sostituzione.

Situazioni tessiturali e strutturali complesse, legate a fenomeni di deformazione e di successiva più o meno avanzata ricristallizzazione, appaiono dopo attacco molto evidenti (figg. 3 b, c). Quadri minerogenetici di questo tipo, già illustrati nei lavori citati in precedenza per quanto riguarda, ad esempio, le piriti dei giacimenti piritoso-cupriferi stratiformi delle Alpi Occidentali, sono stati osservati dallo scrivente in numerose piriti metamorfiche italiane e straniere.

Tessiture e strutture particolari e caratteristiche sono state infine osservate dall'autore su piriti di sicura o probabile origine sedimentaria. Nei materiali di questo genere fino ad ora esaminati, mentre in qualche caso compaiono chiare tessiture microstratificate, evidente risulta in genere lo sviluppo della cristallizzazione diagenetica, la quale appare seguita non di rado da una più o meno progredita cristallizzazione e rielaborazione metamorfica (fig. 3 a).

Il comune ritrovamento in questi materiali, di resti fossili, piritizzati probabilmente in fase di diagenesi iniziale (figg. 3 e, f, g, h), presenta anche un potenziale interesse da un punto di vista paleontologico e stratigrafico. Può verificarsi infatti, come appunto in qualcuno dei casi presi in esame, che mentre nella pirite sono conservate tracce abbastanza chiare di microfossili, nelle circostanti rocce sedimentarie il metamorfismo, anche se relativamente leggero, ha in pratica cancellato ogni testimonianza del genere.

* * *

Da questa sia pur breve rassegna dovrebbe, in conclusione, risultare sufficientemente chiaro come in molte piriti, dietro un'apparente anodina somiglianza possono nascondersi fisionomie strutturali alquanto caratteristiche e non di rado altamente significative dal punto di vista minerogenetico.

Si può affermare pertanto che lo studio della pirite mediante attacco di struttura è un tipo di ricerca che merita in complesso maggior considerazione di quanta in genere ne abbia avuta in passato e rappresenta, specialmente nello studio di alcuni tipi di giacimenti, un completamento non trascurabile dell'indagine minerografica.

Istituto di Mineralogia, Geologia e Giacimenti Minerari del Politecnico di Torino.

BIBLIOGRAFIA

- GRIGOR'EV D. P. (1965), *Ontogeny of minerals*. IPST, Jerusalem.
- MCDONALD J. A. (1967), *Metamorphism and its effects on sulphide assemblages*. Min. Dep., 2, 200-220.
- NATALE P. (1966), *Sulla pirite di alcuni giacimenti piritoso-cupriferi stratiformi delle Alpi Occidentali*. Boll. Ass. Min. Subalpina, III, 3-4, 355-363.
- NATALE P. (1969), *Recrystallization and remobilization in some stratiform pyrite deposits of the Western Alps* (in corso di stampa su Proc. Meeting on remobilization of ores and minerals, Cagliari, 1969).
- SCHNEIDERHOHN H. e RAMDOHR P. (1931), *Lehrbuch der Erzmikroskopie*. P. II, Borntraeger, Berlin.
- SUZUKI T. (1962), *On the internal structure of pyrite*. Sci. Rep. Tohoku Univ., 3 ser., 1, 69-136.
- YUND R. A. e KULLERUD G. (1966), *Thermal stability of assemblages in the Cu-Fe-S system*. J. Petrol., 7, 454-488.
- ZAVARITSKY A. N. (1950), *Metasomatism and metamorphism in the pyrite deposits of the Urals*. XVIII Int. Geol. Cong., London 1948, Sect. B, P. III, 102-108.