

MARIO BERTOLANI

LE RELAZIONI TRA I MINERALI ACCESSORI OPACHI
E GLI ATTI METAMORFICI
NELLE ROCCE DELLA VAL BAGNOLA (VALSESIA)

Riassunto. — Esame microscopico a luce riflessa dei costituenti minori opachi di rocce della Val Bagnola (Valsesia), appartenenti alla cosiddetta « Formazione Dioritico-Kinzigitica ». Considerazioni sull'apporto fornito dai risultati ottenuti alla identificazione e ricostruzione degli atti metamorfici nei vari tipi di roccia.

Summary. — Microscopic examination with reflected light of the minor opaque rock components of the Bagnola Valley (Valsesia), belonging to the so-called « Dioritic-Kinzigitic Formation ». Considerations on the contribution furnished by the results obtained on identification and reconstruction of metamorphic acts in the various types of rock.

In un mio recente lavoro petrografico sulla Val Bagnola (Valsesia) (1), inteso soprattutto a porre in evidenza la successione degli atti metamorfici avvenuti nella zona, ho eseguito, a completamento delle indagini microscopiche su sezioni sottili, osservazioni a luce riflessa.

Dei risultati di tali osservazioni ho dato sommaria notizia nella citata pubblicazione, riservandomi però di ritornare sull'argomento in una nota a parte, perchè il dilungarmi sui minerali opachi avrebbe turbato l'equilibrio del lavoro senza porre in sufficiente risalto le ricerche a luce riflessa, che, in alcuni casi, possono assumere una preminente importanza.

Si tratta di osservazioni non solo diagnostiche, ma eseguite col particolare intendimento di controllare gli effetti di azioni metamorfiche di diverso tipo e intensità sui minerali accessori opachi di cam-

(1) BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta Formazione Dioritico-Kinzigitica: Le azioni metamorfiche nelle rocce della Val Bagnola (Valsesia)*. « Rend. Soc. Miner. Ital. », 14, 1958.

pioni precedentemente studiati per via normale, quindi noti dai punti di vista mineralogico e petrologico.

Rimando quindi per tutte le notizie in proposito al citato lavoro petrologico sulla val Bagnola, riportando qui solo alcune generalità sulla zona studiata:

Si tratta di un territorio situato a NE di Varallo Sesia, compreso tra la formazione basica Ivrea-Verbano e la formazione kinzigitica. La prima compare con un lembo modesto, nella parte NO, costituito da rocce di tipo prevalentemente gabbriico, e con numerosi filoni, lenti e banchi, sempre di rocce gabbriiche, intercalati nelle rocce kinzigitiche.

La formazione metamorfica, indicata generalmente come kinzigitica, presenta gneiss polimetamorfici e calcefiri, sui quali ho potuto riscontrare le seguenti azioni di metamorfismo:

a) metamorfismo tettonico di catazona su sedimenti argillosi o argilloso-arenacei o calcarei.

b) metamorfismo d'iniezione più o meno pronunciato, che ha determinato la formazione di gneiss metatectici (gneiss kinzigitici) e gneiss diatectici (kinzigiti).

c) secondo metamorfismo tettonico di zona superiore, di poco precedente o quasi coincidente con l'intrusione magmatica basica, quindi successivo al metamorfismo d'iniezione. Tale atto metamorfico ha portato all'attuale assetto tettonico, provocato fenomeni di retrocessione metamorfica, di blastesi, di albitizzazione.

d) intrusione magmatica basica con azioni di metamorfismo di contatto tra rocce eruttive e rocce metamorfiche.

e) venuta magmatica acida in filoni pegmatitici e microgranitici, sia nella formazione eruttiva basica, sia in quella metamorfica, con fenomeni di sintesi, ossia di assimilazione e più o meno completa digestione di lembi di roccia incassante.

f) azioni di milonisi su tutte le rocce e in particolare sui filoni pegmatitici.

Quindi sei tra azioni metamorfiche e milonitiche, che, a volte, si sono sovrapposte su un stessa roccia.

Le associazioni di minerali non opachi dei tipi più comuni sono le seguenti:

Rocce eruttive basiche della formazione principale: pirosseno monoclinico, pirosseno rombico, orneblenda, biotite, plagioclasio, quarzo, tra i costituenti principali; apatite, zircono, clorite, tra gli accessori.

Rocce eruttive basiche in lenti e filoni: pirosseno monoclinico, orneblenda, plagioclasio, tra i costituenti principali; biotite, quarzo, apatite, zircono, epidoto, clorite, titanite, tra gli accessori.

Gneiss metatectici, diatectici e misti: biotite, sillimanite, granato, plagioclasio, ortoclasio, quarzo, tra i costituenti principali; rutilo, apatite, zircono, epidoto, muscovite, clorite, tra gli accessori. E' da notare però che negli gneiss diatectici tendono a diminuire, rispetto a quelli metatectici, fino alla scomparsa: granato e sillimanite. I tipi soggetti ad azioni di metamorfismo retrogrado si arricchiscono invece di clorite, sericite, epidoto, a spese della biotite, della sillimanite, dei feldspati ed anche del granato.

Calcefiri: calcite, pirosseno monoclinico, tremolite, muscovite, ortoclasio, quarzo, titanite, di cui alcuni, come pirosseno, tremolite, titanite, di probabile genesi pneumatolitica, altri, come ortoclasio, quarzo, muscovite, per inglobamento meccanico di brandelli di filoni acidi.

Filoni pegmatitici e microgranitici: biotite, muscovite, plagioclasio, ortoclasio, quarzo, tra i componenti principali; apatite, zircono, tormalina, clorite, epidoto tra gli accessori.

Rocce di contatto: pirosseno monoclinico, orneblenda, biotite, epidoto, quarzo, titanite, tra i componenti principali; muscovite, plagioclasio, calcite, apatite, zircono, granato tra gli accessori.

* * *

L'esame microscopico a luce riflessa su 70 campioni ha mostrato l'esistenza in 67 di essi (3 sono risultati privi di minerali opachi) di sole otto specie minerali non trasparenti o poco trasparenti: *ilmenite*, *pirrotina*, *pirite*, *marcasite*, *calcopirite*, *limonite*, *titanite*, *grafite*, suddivise, nei campioni studiati, come appare dalla seguente tabella, dove è data anche un'indicazione quantitativa valutata a vista e riferita alla proporzione dei singoli minerali opachi.

La tabella non deve far credere che si tratti di rocce contenenti quantità eccezionali di minerali opachi; si è sempre osservata invece una proporzione che si può ritenere normale, e che è chiaramente indicata nelle misure volumetriche quantitative eseguite su dieci campioni dalla Sig.na Edda Cantarini e che qui riporto a scopo esemplificativo. Per ciascun campione figurano il per cento dei minerali opachi rispetto al totale dei minerali componenti e le proporzioni dei singoli minerali opachi, portando a 100 la somma di essi:

TABELLA II

Campione	% miner. opachi	Proporzioni dei singoli minerali opachi							
		Ilmenite	Pirrotina	Pirite	Marcasite	Calcopirite	Limonite	Titanite	Grafite
1	0,3	28,8	—	61,4	—	tr	9,8	—	—
6	5,6	—	—	—	2,7	3,1	0,3	9,3	84,6
14	0,3	46	8	—	—	—	4,6	—	—
18	0,2	33,3	50	—	—	—	16,7	—	—
26	2,3	98,3	0,2	—	—	—	1,5	—	—
80	0,5	35	3,2	—	—	tr	4,5	57,3	—
53	1,1	6,8	—	0,3	—	—	0,7	—	92,2
46	0,3	91,7	—	tr	—	—	—	—	8,3
19	0,3	8,7	—	tr	—	—	—	—	91,3
70	1	—	0,8	38,7	—	tr	3,6	38,6	18,3

L'*ilmenite* è tra i minerali opachi più diffusi; la ritroviamo in tutti i sei gruppi di rocce, con particolare abbondanza nelle rocce eruttive basiche. In tali rocce presenta spesso uno spiccato idiomorfismo, che dimostra la sua genesi magmatica e la indica tra i primi minerali formatisi (tav. I, fig. 1). Si notano spesso fenomeni di trasformazione, che portano a un minuto aggregato di tipo leucoxenico o alla formazione di cristalli di titanite. Tale trasformazione avviene dalla periferia al centro (tav. I, fig. 2) ed è in rapporto con analoghe trasformazioni di minerali, trasparenti: biotite, orneblenda e pirosseno in clorite, pirosseno in anfibolo, plagioclasio in sericite, biotite in musco-

vite ed epidoto, ecc., processi che indicano, specialmente nelle lenti e filoni tra le rocce metamorfiche, processi veri e propri di metamorfismo di epi-mesozona.

Nelle rocce filoniane di tipo pegmatitico o microgranitico, assai povere di minerali opachi, l'imenite è scarsa e spesso di cristallizzazione non primaria, ma derivata dall'alterazione della poca biotite.

Nelle rocce metamorfiche l'ilmenite è, come la grafite, il minerale opaco più comune. I numerosi idioblasti, presenti nei campioni che meno hanno risentito di azioni metamorfiche successive a quella tettonica di catazona, rivelano una notevole energia di cristallizzazione. La presenza di ilmenite, sia pur corrosa e semiriassorbita, nel neosoma degli gneiss metatectici, dimostra una buona resistenza di questo minerale alla distruzione nei processi di granitizzazione; resistenza che può essere posta quasi alla pari di quella del granato o della grafite, superiore a quella della sillimanite. Il secondo metamorfismo tettonico provoca spesso l'appiattimento e l'isorientamento dei cristalli d'ilmenite (tav. II fig. 1), alla stessa guisa di quelli di granato; spesso tali azioni sono accompagnate da processi di leucoxenizzazione, dipendenti dalla zona superiore di metamorfismo. Ulteriori azioni dinamiche possono portare alla fratturazione dei cristalli o a deformazioni rivelate dall'incurvamento delle lamelle di geminazione.

Nei calcefiri l'ilmenite scompare quasi completamente, sostituita da un altro minerale di titanio: la titanite, che potrebbe derivare dal primo, ma di tale fenomeno di trasformazione non esistono prove microscopiche. Nelle rocce metamorfiche di contatto invece questa trasformazione è resa evidente da numerosi termini di passaggio.

La *pirrotina* è presente in tutti i tipi di rocce in masserelle isolate, aggregati, cristalli. Non presenta, tranne che in alcune rocce di contatto, dove compare una fitta geminazione, fenomeni di ricristallizzazione o di struttura orientata. Frequenti invece i casi di trasformazione in marcasite e soprattutto in limonite. Queste trasformazioni sono da porre in relazione coi processi di alterazione leucoxenica e titanitica dell'ilmenite, dato che si presentano con analoga intensità negli stessi campioni. La produzione di marcasite avviene agli orli e lungo i piani di sfaldatura o di frattura. Anche la limonitizzazione segue questo andamento fino a raggiungere una trasformazione totale (tav. II, fig. 2).

La *pirite* è più scarsa della pirrotina, anch'essa non sembra intensamente tettonizzata, ma, come la pirrotina, ha subito un processo di

limonizzazione, che può essere anche totale. La trasformazione avviene però all'orlo e lungo linee di frattura, quindi in modo molto più irregolare che nella pirrotina (tav. III, fig. 1).

La *marcasite*, presente solo in un campione di roccia migmatitica, in un calcefiro e nella maggior parte delle rocce di contatto, è, come si è visto, derivata dalla pirrotina. Può trasformarsi però a sua volta in limonite, con processi analoghi a quelli della pirite.

La *calcopirite* è abbastanza diffusa, manca infatti solo nelle rocce filoniane acide, ma è molto scarsa. Si presenta, come la pirrotina, e la pirite, in granuli, masserelle e aggregati, non orientati, sempre molto minuti, tranne che nei calcefiri. Anche la calcopirite è soggetta a trasformazione in limonite, con un processo simile a quello che si verifica nella pirrotina.

La *limonite*, come si è visto, può derivare da pirrotina, da pirite, da marcasite e da calcopirite, ma i prodotti finali non si differenziano tra loro e presentano quasi sempre i due minerali più caratteristici della limonite: la lepidocrocite e la goetite, spesso ben distinguibili al microscopio per il diverso potere riflettente.

La *titanite* è spesso il prodotto finale di una trasformazione legata a processi di metamorfismo retrogrado, sia di tipo tettonico, sia di contatto. In quest'ultimo caso però, invece di avere passaggi graduali da ilmenite a titanite, spesso con produzione intermedia di minuti aggregati leucogenici, la titanite appare come il prodotto di una totale ricristallizzazione, di modo che è ben raro trovare relitti del primitivo minerale di titanio e mancano completamente gli aggregati leucogenici. E' questo il caso di parecchie rocce di contatto vere e proprie e dei calcefiri.

La *grafite* è il minerale opaco caratteristico delle rocce metamorfiche. La sua predominante abbondanza nel paleosoma lo indica come generato nel primo metamorfismo tettonico. Il metamorfismo d'iniezione tende invece a distruggere la grafite, che oppone tuttavia notevolissima resistenza. Si notano spesso infatti lamine di grafite nel neosoma, sporgenti dal paleosoma (tav. III, fig. 2). Mentre le nuove venute granitizzanti hanno sostituito la maggior parte dei minerali dello gneiss di catazona, la grafite è solo parzialmente riassorbita e, come spesso accade al granato e in parte alla sillimanite, resta circondata dal neosoma feldspatico.

Le azioni sintectiche, ossia di assimilazione da parte di magmi acidi o basici agisce nello stesso modo del metamorfismo d'iniezione propriamente detto. Anche in questo caso assai spesso la grafite resiste, come il granato, qualche volta la sillimanite e pochi altri minerali, all'azione di assimilazione ed omogeneizzazione del magma. E' così che possiamo spesso trovare filoni gabbrici o pegmatitici con granato e grafite, come i campioni 7,21,61,30. In queste rocce i relitti di grafite non assumono particolari orientazioni, per il tipo di metamorfismo non direzionale, cui sono stati sottoposti.

* * *

In base alle osservazioni sopra esposte e tenendo presente le indicazioni di Ramdohr (1) possiamo così ricostruire l'evoluzione dei minerali accessori opachi nelle rocce della val Bagnola: come minerale primario in tutte le rocce, con qualche dubbio per i calcefiri, possiamo considerare l'ilmenite. S'intendono nel nostro caso come primari i minerali formatisi per cristallizzazione da un magma nelle rocce eruttive e per cristalloblastesi nel primo metamorfismo tettonico di catazona delle rocce metamorfiche. All'ilmenite si aggiunge, nelle rocce metamorfiche, la grafite. Problematica è la genesi, nella fase di metamorfismo tettonico di catazona, di parte della pirite.

I processi di granitizzazione, legati al metamorfismo d'iniezione, hanno in parte distrutto, nelle rocce metamorfiche, il primitivo corredo d'ilmenite e di grafite.

Le venute magmatiche basiche hanno, in qualche caso, distrutto, con fenomeni di assimilazione di metamorfiti, la grafite dei lembi inglobati, sovrapponendovi la citata mineralizzazione a ilmenite; in altri casi invece hanno favorito, con fenomeni di metamorfismo di contatto, la produzione di nuova grafite.

Azioni pneumatolitico-idrotermali, forse appartenenti allo stesso ciclo magmatico basico, hanno arricchito di pirite, pirrotina e calcopirite tutte le rocce della zona, ad eccezione dei filoni eruttivi acidi di probabile età più recente.

(1) RAMDOHR P., *Die Erzminerale der gewöhnlichen magmatischen Gesteinen*. « Preuss. Ak. d. Wiss. », Abh., Mat. Nat. Kl., Berlin, 1940.

Gli effetti di un successivo metamorfismo retrogrado di epi-meso-zona, fenomeni di metamorfismo di contatto e, in qualche caso, azioni di semplice alterazione superficiale, avvenuti a più riprese, hanno determinato la formazione di marcasite, titanite e limonite.

Come si è visto, attraverso l'esame dei processi di riassorbimento dei minerali opachi, non si notano differenze significative tra le azioni neosomiche nel metamorfismo d'iniezione e i fenomeni di assimilazione di origine chiaramente magmatica. In entrambi i casi è possibile stabilire il seguente elenco di minerali, sia trasparenti, sia opachi, con decrescente resistenza all'assimilazione: granato, grafite, ilmenite, sillimanite, biotite.

L'indagine microscopica a luce riflessa non si deve quindi considerare il mezzo che da solo può risolvere problemi di petrogenesi nel complesso campo delle migmatiti; rappresenta tuttavia un'utilissima integrazione allo studio generale delle rocce, specialmente di tipo metamorfico, formando spesso una necessaria conferma a quanto avevano indicato altri metodi, in particolare quello microscopico in sezione sottile.

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Modena. 1 ottobre 1958.

TAVOLA I

Fig. 1. — Diechi gabbriici nelle rocce metamorfiche a Val di Mengo (39 B). Ilmenite primaria in cristalli e secondaria in vene.

Luce riflessa, solo polarizzatore, 120 ingr.

Fig. 2. — Filoni gabbriici nelle rocce metamorfiche alla Massa del Turlo (55 B). Cristallo di titanite derivato da ilmenite, di cui resta un nucleo centrale.

Luce riflessa, solo polarizzatore, 65 ingr.

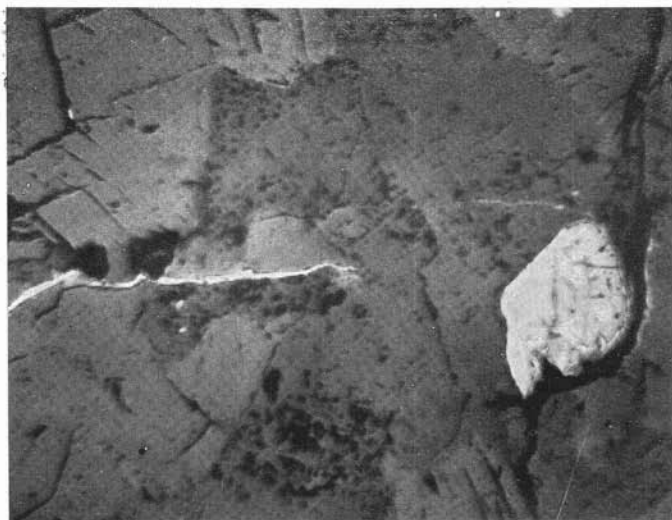


Fig. 1

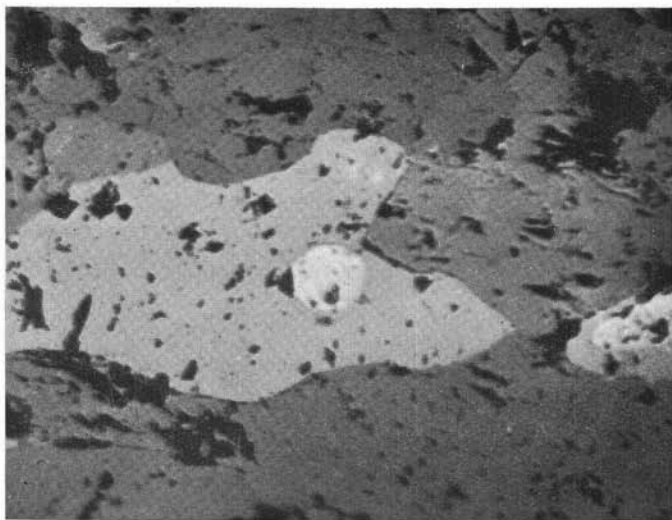


Fig. 2

TAVOLA II

Fig. 1. — Gneiss metatectici di Cervarolo (31 B). Ilmenite in aggregati appiattiti e disposti lungo i piani di scistosità

Luce riflessa, solo polarizzatore, 65 ingr.

Fig. 2. — Roccia di contatto a Val di Mengo (37 B). Pirrotina in via di trasformazione in limonite. La trasformazione avviene all'orlo e lungo i piani di sfaldatura.

Luce riflessa, solo polarizzatore, 130 ingr.



Fig. 1



Fig. 2

TAVOLA III

Fig. 1. — Gneiss metatectico di Cervarolo (31 B). Pirite in via di trasformazione in limonite. La trasformazione avviene lungo le fratture.

Luce riflessa, solo polarizzatore, 65 ingr.

Fig. 2. — Gneiss metatectici all'alpe del Corte (35 B). Lamina di grafite, che sporge dal paleosoma biotitico-sillimanitico (in alto a sinistra) nel neosoma feldispatico.

Luce riflessa, solo polarizzatore, 130 ingr.

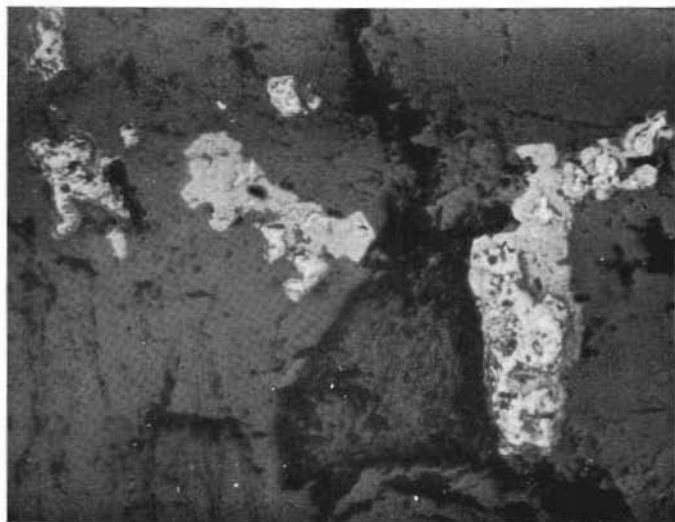


Fig. 1

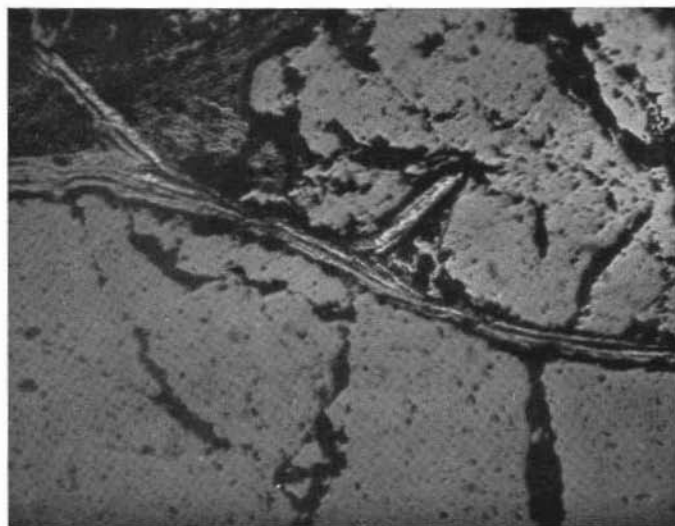


Fig. 2