ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ANNO CCCXVIII. 1921

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXX.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1921

Mineralogia. — Sui cristalli misti stereoisomeri nella serie clinozoisite-epidoto (1). Nota I del Corrispondente FERRUCCIO ZAM-BONINI (2).

In un mio recente lavoro (3), ho avuto occasione di studiare le relazioni che passano fra la composizione chimica ed alcune proprietà ottiche nei cristalli misti della serie clinozoisite-epidoto. In modo speciale io ho richiamato l'attenzione sul fatto che l'asse ottico emergente dalla faccia (001) forma, con la normale alla faccia stessa, un angolo che cresce fortemente col contenuto in ferro-ferrico dei cristalli misti. Fondandomi su misure mie e di altri osservatori, io ho potuto stabilire che la variazione di quell'angolo (da me indicato con ω o con ω', a seconda che viene misurato nell'aria o nell'interno dei cristalli) in funzione della composizione è lineare negli epidoti con 2 $\nabla_{n_p} \le 90^{\circ}$, mentre nelle clinozoisiti con 2 $\nabla_{n_p} > 90^{\circ}$ è molto più rapida e non rappresentabile con una linea retta (4). Lo stesso fatto si

- (1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Torino.
- (2) Presentata all'Accademia il 16 agosto 1921.
- (3) Sulla clinozoisite di Chiampernotto in val d'Ala. Bollettino R. Comitato Geologico d'Italia, XLVII, fasc. 1-4, pag. 65. Il manoscritto fu completato nel giugno 1918, e la tipografia lo compose rapidamente, ma il fascicolo del Bollettino comparve con grande ritardo solo nel 1920. Causa lo stato di guerra, non mi fu possibile aver conoscenza in tempo di un lavoro di M. Goldschlag, Ueber die optischen Eigenschaften der Epidote, pubblicato nel 1917, nel vol. XXXIV delle Tschermak's min. petr. Mitth. pagine 23-60). Il Goldschlag ha ripreso le determinazioni ottiche nel materiale già studiato dal Kehldorfer (cfr. F. Becke, über den Zusammenhang der physikalischen, besonders der optischen Eigenschaften mit der chemischen Zusammensetzung der Silicate. Doelter's Handbuch der Mineralchemie, 1912, II, 24), ma i nuovi valori dati dal Goldschlag per 2 V non si differenziano che di pochissimo da quelli trovati dal Kehldorfer e da me utilizzati, dimodochè i miei risultati non vengono modificati dalle nuove determinazioni del Goldschlag. Per quel che riguarda l'originalità del mio lavoro, è da osservare che il Goldschlag non ha punto insistito sull'importanza delle lamine secondo (001) per la diagnosi dell'epidoto e della clinozoisite, importanza da me posta in luce ed espressa in formule quantitative. Quanto alla variazione di 2 V in funzione della composizione, è sfuggito al Goldschlag il fatto che detta variazione è lineare nei termini epidotici. Ciò dipende dall'avere egli espresso la composizione dei cristalli misti in mole per cento, anzichè, come ho fatto io, in per cento di ferriepidoto. Il Goldschlag non ha nemmeno dato formule che leghino 2 V alla composizione.
 - (4) Le formule da me stabilite sono le seguenti:

 $\begin{array}{l} \omega = -0^{\circ} \, 51 \, , 16' \, x + 41^{\circ} \, 53' \\ \omega' = -0^{\circ} \, 28 \, , 32' \, x + 23^{\circ} \, 12' \end{array} \\ \text{per gli epidoti con } 2 \, \mathbf{V_{n_p}} < 90^{\circ} \\ \omega' = 43^{\circ} \, 24' - 6^{\circ} \, 26' \, x + 0^{\circ} \, 28 \, x^2 \text{ per le clinozoisiti con } 2 \, \mathbf{V_{n_p}} > 90^{\circ}. \end{array}$

Con x si indica il per cento in peso di ferriepidoto $\operatorname{HCa_2Fe_3Si_3O_{13}}$. Basta dividere xper 2.26 per ottenere il contenuto in Fe₂O₃ dei cristalli misti.

osserva, naturalmente, per la variazione di 2 ∇_{n_p} in funzione del contenuto in ferriepidoto (1).

Dal complesso delle ricerche risultava che doveva aversi sensibilmente $2 \text{ V} = 90^{\circ}$ per un tenore in Fe₂O₃ uguale, all'incirca, a 3,4-3,5 °/₀. Questo risultato andava perfettamente d'accordo con le osservazioni di Weinschenk (2), il quale, nell'epidoto del Rothenkopf con 2 V_{n_p} = 89° 16′ (Na) aveva trovato 3,52% Fe2O3, con quelle di Millosevich (3), che aveva riconosciuto come otticamente positivi i cristallini di St. Barthélemy con 3,25 % Fe2O3, e con le mie, in base alle quali dei cristalli di Monte Tovo con $3.01\,{\rm ^o/_o}\,{\rm Fe_2\,O_3}$ presentavano $2\,{\rm V}_{n_p} = 91\,{\rm ^o10'}$, mentre i cristalli rosei di Chiampernotto con 3,18°/o Fe₂O₃ appartenevano pure alla clinozoisite, con 2 $V_{n_p} > 90^{\circ}$. È importante anche il notare, ad ulteriore conferma del notevole grado di esattezza delle mie formule, che, fondandosi su sette epidoti contenenti dal 39 al 19.6 º/o di ferriepidoto, si calcola, per quello del Rothenkopf con $8^{\circ}/_{o}$ di ferriepidoto, $2 V_{n_p} = 89^{\circ}9'$, mentre, come si è visto, Weinschenk ha trovato 89°16'. L'accordo non potrebbe davvero essere desiderato migliore.

Però, per quanto le mie formule si adattassero ad un buon numero di epidoti e di clinozoisiti, non mancai di osservare, nel mio lavoro, che nella letteratura da me consultata vi erano quattro epidoti o clinozoisiti in disaccordo assai netto con i miei risultati, come si scorge dalla tabella seguente:

Località	Autore		erriepidoto per cento	$2 \mathbf{V}_{n_p} (\text{trovato}) \\ \text{(luce del sodio)}$		$2V_{n_p}$ (calcol.)	
Huntington (Mass.) Zillerthal (verde chiaro) Camp-Ras (Ariège) Inverness-shire	Forbes (5) Forbes (5) Ganbert (6) H. H. Thomas (7)		12.8 15.8 13 15.4	87 93	32' 46 31 35	83 85	58′ 58 50 14

(1) Le formule da me date sono le seguenti:

(1)
$$2 V_{n_n} = 94^{\circ} 27' - 0^{\circ} 39.8' x \text{ per gli epidoti}$$

(1)
$$2V_{n_p} = 94.27$$
 6 50.3 pc for (2) $2V_{n_p} = 1149.40' - 59.22' x + 99.17 x^2$ per le clinozoisiti.

Per $2\,\mathrm{V}$ molto prossimo a 90° , la formula (1) dà per x dei valori un po' troppo bassi.

- (2) Ueber Epidot und Zoisit. 1. Der Epidot vom Rothenkopf. Zeitsch. für Kryst., 1896, XXVI, 163.
- (3) Sopra gli epidoti poco ferriferi (clinozoisite-epidoto) di S. Barthélemy in Val d'Aosta. Atti Società Ligustica di Scienze nat. e geogr., 1908, XIX, fasc. 3-4.
 - (4) Il calcolo si è eseguito con la formula $2 V_{n_p} = 94^{\circ} 27' 0^{\circ} 39.8' x$.
- (6) Ueber den Epidot von Huntington, Mass., und über die optischen Eigenschaften des Epidots. Zeitsch. für Kryst. 1896, XXVI, 138.
 - (°) In A. Lacroix, Minéralogie de la France et de ses Colonies, 1910, IV (2°), 710.
 - (7) On an epidote from Inverness-shire. Min. Mag. 1905, XIV, 109.

Le differenze fra i valori calcolati e quelli misurati per $2\,V_{n_p}$ sono molto forti, tanto da giungere, nel caso della clinozoisite di Camp-Ras, a quasi 8° (7° 41′). Inoltre, mentre in base al contenuto in ferro-ferrico i cristalli di tutte e quattro le località dovrebbero appartenere a termini tipici della serie epidoto, con $2\,V_{n_p}$ nettamente inferiore a 90°, ciò si verifica soltanto per l'epidoto verde chiaro della valle di Ziller, mentre i cristalli dell'Inverness-shire sono negativi per la luce del sodio e positivi per quella del tallio, e quelli degli altri due giacimenti risultano positivi per tutto lo spettro visibile.

I cristalli in questione si differenziano nettamente dagli altri, ben più numerosi ed accuratamente studiati della serie clinozoisite-epidoto, che possiamo chiamare tipica, ed io mostrai, con ragioni plausibili, come fosse lecito il lasciarli provvisoriamente da parte nella discussione delle relazioni che passano fra le proprietà ottiche e la composizione chimica nella serie clinozoisite-epidoto. I cristalli dei quattro giacimenti ricordati non potevano, infatti, annullare quanto risultava evidente dallo studio accurato, eseguito su materiale assai adatto, di cristalli con composizione variabile entro limiti molto estesi. E che io ben mi apponessi, risulta chiaro dalle determinazioni ottiche che U. Grubenmann (1) ha fatto conoscere degli epidoti della Val Maigels. T. Woyno, infatti, nella varietà grigia con 13.1 % di ferriepidoto, ha trovato $2 V_{n_p} = 85^{\circ}$, mentre dalla mia formula si calcola 85º 46' (2). Lo stesso Woyno, in un cristallo della varietà bruno-verdiccia contenente 16.6°/o di ferriepidoto, ha trovato, con misure approssimative, $2\,\rm V_{n_p}\!=\!81^{\rm o}\pm1^{\rm 1/2^{\rm o}}\!:$ ora, dalla mia formola si calcola $2\,\rm V_{n_p}\!=\!83^{\rm o}\,26'$ e l'accordo si può considerare ancora come sufficiente, data l'incertezza delle misure e la variabilità di composizione, evidente già per la variazione del colore (3), sicchè appare probabile che il cristallo nel quale fu determinato 2 V non possedesse esattamente la composizione media risultante dall'analisi di altri cristalli.

Prescindendo da quest'ultimo epidoto più ferrifero, noi abbiamo che i cristalli grigi della val Maigels, quelli, pure grigi, di Huntington, e quelli di Camp-Ras possiedono, praticamente, la stessa quantità di Fe₂O₃ (5.79, 5.67 e $5.75\,^{\circ}/_{\circ}$ rispettivamente), ma, ciò non ostante, dànno per $2\,\mathrm{V}_{n_p}$ dei valori differentissimi (85°, 90°32′ e 93°31′). Si tratta di divergenze così forti, che si resta dubbiosi sulla possibilità di spiegarle con una differenza

⁽¹⁾ Der Granat aus dem Maigelstal im Bündneroberland und seine Begleitmineralien. Festschrift Universität Zürich, 1914.

⁽²⁾ Dalla mia formula, in base al valore misurato di 2 V, si calcola Fe $_2$ O $_3$ 6,3 °/ $_6$ (trovato 5,8 %).

⁽³⁾ Grubenmann scrive che i cristalli sono « grünlichbraun von wechselnder Far bentiefe ».

di composizione fra il materiale analizzato e quello sottomesso ad indagini ottiche, con la presenza di lamelle di geminazione, ecc.

Ad ogni modo, fino a qualche tempo fa, pur essendomi apparsa degna di attenzione un'altra spiegazione del tutto nuova e più convincente, mi era sembrato prudente il non avanzarla, limitandomi a porre da lato gli epidoti anomali come bisognosi di un più attento esame. Continuando i miei studî sui minerali di Val d'Ala, ho incontrato dei termini della serie epidoto-clinozoisite che mi hanno permesso di stabilire, con tutta certezza, che nella serie in questione è possibile riscontrare dei cristalli misti nei quali ad una identità quasi perfetta di composizione fa riscontro una differenza notevole nelle proprietà ottiche, ed altri, al contrario, nei quali le proprietà ottiche sono molto vicine, mentre diversa, invece, appare la composizione chimica. Si tratta, sicuramente, di un risultato a prima vista paradossale, in contrasto con quanto di solito si pensa intorno alle relazioni fra composizione chimica e proprietà fisiche nei cristalli misti, ma, come vedremo, la spiegazione del fenomeno è semplice.

È da Monte Tovo in Val d'Ala che provengono i cristalli da me studiati. Nei giacimenti minerali di quella importante località, scoperta, si può dire, già da molti anni, dal Collega ed amico prof. G. Boeris, il quale con grande liberalità ha messo a mia disposizione una parte, assai interessante, del materiale da lui raccolto, si trovano varî termini della serie clinozoisite-epidoto. Alcuni di essi appartengono a termini tipici epidotici, e non è il caso di descriverli qui: il loro studio troverà posto adatto in una Memoria alla quale attendo da tempo intorno ai minerali di Val d'Ala. Altri cristalli, invece, meno frequenti, per $2 \nabla_{n_p} > 90^{\circ}$, per la posizione di n_p nell'angolo ottuso eta, per la debole birifrangenza, per i bassi valori degli indici di rifrazione, per il grande angolo che l'asse ottico emergente dalla base forma con la normale a detta faccia, non si esita a riferire alla clinozoisite, nel senso di Weinschenk (1). Procedendo alle analisi chimiche, si trovano, però, in alcuni casi, dei valori relativamente alti per il tenore in ferro-ferrico, in pieno contrasto con quelli che si dedurrebbero dalle proprietà ottiche.

Talune delle « clinozoisiti » studiate di Monte Tovo sono sensibilmente normali: le loro proprietà ottiche vanno d'accordo, cioè, con la composizione chimica, secondo quanto risulta dalle ricerche eseguite dal Weinschenk, dal Kehldorfer e dal Goldschlag intorno ad altre clinozoisiti tipiche od a termini epidotici ad esse assai prossimi. Si tratta di cristalli per lo più poveri di forme, tabulari secondo la base, di colore giallo molto chiaro, nei

⁽¹⁾ Weinschenk intende indicare con "clinozoisite" tutti i termini monoclini del gruppo zoisite-epidoto, che si avvicinano per la loro composizione chimica alla zoisite rombica, che sono otticamente positivi e possiedono una rifrangenza ed una birifrazione più deboli degli epidoti propriamente detti.

quali io ho trovato, per la luce del sodio, $2\,V_{n_p}=91^\circ\,10'$. La loro composizione chimica è risultata la seguente:

SiO $_2$ 39.16 Al $_2$ O $_3$ 31.12 Fe $_2$ O $_3$ 3.01 Fe O 0.64 Mn O 0.02 Ca O 24.28 Mg O 0.10 H $_2$ O - 0.13 H $_2$ O + 2.00 Sa = 100.46.

I cristalli analizzati contengono $6.8\,^\circ/_\circ$ di ferriepidoto, ed in base alla mia formula per le clinozoisiti si calcola $2\,{\rm V}_{n_p}=91^\circ\,13'$. Si ha a che fare, perciò, con una clinozoisite normale, per quel che riguarda il valore dell'angolo degli assi ottici.

Molto più interessanti sono dei piccoli cristalli, di colore giallo pallidissimo, dotati di un vivissimo splendore quasi adamantino, caratterizzati dal fatto di essere pochissimo estesi nella direzione dell'asse b, sicchè appaiono, di solito, piuttosto tozzi. Nella zona [010] le forme dominanti sono $\}$ 001 $\{e \mid 100\}$, per lo più con grandezza poco diversa nei cristalli unici (¹): tra le forme laterali, la più estesa è $\{\bar{1}11\}$. In complesso, i cristalli in questione sono poveri di forme: io ho osservato soltanto le seguenti: $M\}$ 001 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 102 $\{f\}$ 201 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 100 $\{f\}$ 101 $\{f\}$ 101

Per le ricerche ottiche, io ho adoperato esclusivamente i cristallini unici, tozzi, con i due pinacoidi \ 001 \ e \ 100 \ presso a poco ugualmente estesi, i quali all'esame microscopico risultano dotati di proprietà ottiche abbastanza uniformi (2), senza quelle strutture zonate pronunciate, a proprietà anche variabilissime, così frequenti nell'epidoto. Il pleocroismo è pressochè insensibile, anche in lamine dello spessore di 1,5 mm.

Le proprietà ottiche di questi cristalli sono quelle caratteristiche della clinozoisite. L'asse n_p dell'indicatrice ottica giace nell'angolo ottuso β : in una nitida sezione parallela a (010), io ho misurato, per la luce del sodio, $c:n_p=6^{\circ}32'$; in una plaga ristretta verso l'esterno si aveva $c:n_p=3^{\circ}37'$ soltanto, sempre nell'angolo ottuso β (3). È notevole, però, che, contrariamente a quanto si verifica nelle clinozoisiti tipiche, l'estinzione avviene perfettamente anche in luce bianca.

⁽¹⁾ Rari sono i cristalli unici tabulari secondo {100}.

⁽²⁾ Come verrà mostrato nella Memoria sui minerali di val d'Ala, fra i cristalli unici tabulari secondo la base o {100} non ne mancano di quelli le proprietà ottiche dei quali variano abbastanza notevolmente da un punto all'altro dello stesso cristallo.

^(*) Valori vicini a 6° per $c:n_p$ si sono ottenuti anche in altre sezioni. Che n_p debba essere sensibilmente inclinato su c risulta senz'altro già dal fatto che la bisettrice emergente da (100) è nettamente inclinata sulla normale a quella faccia.