

GIULIANO PERNA

UNA NUOVA APPARECCHIATURA  
PER LO STUDIO DELLA DECREPITAZIONE (1)

RIASSUNTO. — Nel Trentino-Alto Adige vi è una serie di giacimenti meso-epiternali a galena, blenda, fluorite, barite, quarzo, calcite, incassati nelle rocce metamorfiche, intrusive ed effusive.

Il problema della determinazione della esatta temperatura di formazione di questi giacimenti è di notevole importanza; è stato perciò tentato il metodo della omogeneizzazione delle inclusioni liquido-gassose.

Purtroppo solo raramente i minerali sono trasparenti, per cui si è dovuto ripiegare sullo studio decrepitolometrico. Dopo alcune prove con apparecchio semplificato, è stato costruito uno strumento di elevata precisione con cui vengono registrati simultaneamente sia la temperatura che gli scoppi.

Viene descritto lo strumento, le prove effettuate su minerali provenienti dalla miniera di Corvara, e si discute sulle possibilità di applicazione dello strumento nel campo della geotermometria.

SUMMARY. — In Trentino-Alto Adige, in the Alpine area of northeastern Italy, there are many meso-epithermal mineralized veins in metamorphic, intrusive and extrusive rocks.

According to the most recent literature, the origin of these veins has to be referred either to the hercynian magmatism or to the Alpine magmatic cycle. The most frequent ores and minerals are galena, sphalerite, fluorite, quartz, barite and calcite.

In order to assess the temperature of formation of these mineral deposits, we have examined fluid inclusions by the homogenization method.

In two mines, Corvara (*Rabenstein* near Bolzano) and Vignola (near Trento), we have found transparent minerals with gas-liquid inclusions.

In other veins there are no transparent minerals, or if there are, their fluid inclusions are too small. For this reason, we have resorted to the decrepitation method. At first we have used a simple decrepitation apparatus, then, with the financial assistance of *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (National Research Council), a new decrepitation amplifier-recorder has been constructed.

Plate III shows the complete equipment; on the left side is the decrepitation apparatus and on right side the homogenization apparatus: the latter is composed of a Leitz microscope with heating stage and thermocouple.

---

(1) Lavoro eseguito con il contributo del CNR, presso il Laboratorio Geominerario della Regione Trentino-Alto Adige.

Plates IV and V show in detail the complete decrepitation amplifier-recorder. The following are the component parts:

- 1) Feeder and stabilizer.
- 2) Variable transformer.
- 3) 220 to 24 volt transformer.
- 4) Interchangeable furnace for the decrepitation of the samples.
- 5) Piezoelectric microphone.
- 6) Preamplifier and tape recorder.
- 7) Reference thermocouples in Dewar vessel.
- 8) Change-over switch and thermocouple connectors.
- 9) Electrometer and amplifier.
- 10) Two channels recorder.
- 11) Photomultiplier high voltage supply.
- 12) Interchangeable furnace for thermoluminescence tests.
- 13) Photomultiplier.
- 14) Electronic decade counter.
- 15) Calibration potentiometer.

We have made a set of 66 runs with optical fluorite from Corvara, the homogenization temperature of which is 150°C, changing size and weight of the sample and the heating speed.

Size varied from 4 to 1,25 millimeters, heating speed from 100° to 25°C per minute, and weight from 1 to 3 grams.

Significant differences were not found: decrepitation temperature was  $240 \pm 20^\circ\text{C}$ . The excess coefficient due to the mechanical strength of fluorite was 90°C.

Plates I and II show two typical decrepitation records (fluorite from Corvara). The curve T crossing the diagrams represents the temperature. The interval between two vertical heavy lines is about 50°, the chart speed is 1 inch for minute.  $D_1$  is the first decrepitation,  $D_2$  is the second decrepitation,  $D_3$  is the last one;  $D_1$ , which is due to secondary inclusions, does not always appear. R is a noise due to the traffic on the road. N in the number of decrepitations (1 steep = 10 decrepitations), the  $D_n$  curve corresponds to their integral.

The experiments made up-to-date, are not sufficient for a complete acquaintance with the decrepitemetric method. Therefore further investigations are necessary. Already at the present stage, however, a few remarks about the equipment and its use are possible.

- 1° The choice of the instruments and their setup are very important.
- 2° The sample must be placed exactly in the center of the furnace, and the thermocouple in the middle of the sample. This is necessary, because there may be some differences in temperature between different points of the sample.
- 3° The grain size does not affect the recorded temperature; bigger sizes produce stronger decrepitations.
- 4° The weight of the sample does not affect the recorded temperature: the larger is the quantity, the more frequent are decrepitations.

- 5° Heating speed does not affect beginning of the decrepitation. Whith higer heating speeds stronger decrpitations are recorded. For this reason high speeds have to be preferred.
- 6° The correction coefficient, which is required when comparing homogeneization and decrepitation temperatures, probably is not the same for different instruments: a preventive calibration must be done.
- 7° The correction coefficient is not the same for all minerals.
- 8° The reproducibility is  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ .
- 9° Many determinations have to be made to obtain a mean value.
- 10° Some supergenic minerals decrepitate too. For this reason the genesis of a mineral usually cannot be detected by this method.
- 11° Microscopic studies of the sample are always necessary. Only if primary inclusions are present, the decrepitation temperatures may be related to temperature of formation of the mineral.
- 12° Important are not only the temperature at which decrepitation begins, but also the highest temperature at which there are still decrepitations; furthermore their intensity, number, etc.

### 1. - Premessa.

Negli ultimi anni, per merito soprattutto dell'Ente Regione, gli studi sui giacimenti minerari del Trentino-Alto Adige hanno avuto un notevole potenziamento, portando a risultati di grande interesse.

Vogliamo qui ricordare la pubblicazione dei due volumi dedicati a *L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige* e i quattro volumi degli *Atti del Smposium Internazionale sui Giacimenti Minerari delle Alpi*. Oltre agli studi monografici sui singoli giacimenti, sono state promosse anche ricerche spettrografiche (DESSAU G. - PERNA G., 1968) ed isotopiche (in corso), ed è stato ora istituito un Laboratorio Geominerario che, tra l'altro, inizierà studi geochimici a vasto respiro e la redazione della Carta Mineraria della Regione (PERNA G., 1968b).

Si è potuto constatare la notevole varietà delle mineralizzazioni, sia per genesi che età. Molti problemi sono stati risolti, ma, come avviene spesso nel campo scientifico, ne sono sorti di nuovi che richiedono ulteriori ricerche.

Tra questi è certamente quello dell'età dei giacimenti filoniani meso-epitermali a fluorite, barite, quarzo, calcite con galena e blenda subordinate, incassati nella formazione delle vulcaniti atesine.

Secondo alcuni autori (FUGANTI A., MORTEANI G., VUILLERMIN F., GIUSSANI A., LEONARDELLI A.) essi sarebbero legati al ciclo alpino, mentre altri (DI COLBERTALDO D., DESSAU G., PERNA G.) li collegano al

magmatismo ercinico che ha dato i plutoni granitici e le effusioni della piattaforma porfirica atesina <sup>(2)</sup>.

Altro problema di notevole interesse, in parte connesso al primo, è quello della temperatura di questi giacimenti e di quelli analoghi nella sottostante formazione delle metamorfiti (Paleozoico inferiore o forse Prepaleozoico).

Si tratta di un notevole complesso di filoni coltivabili o coltivati; nelle metamorfiti si hanno: Vignola, Valar, Cima d'Orno, Cinquevalli, Corvara, ecc.; nelle vulcaniti: Prestavel, Vallarsa di Laives, Case a Prato, Terlano, Nogarè, Quadrate, Marigole, Valcornera, ecc.

Più spesso si tratta di filoncelli od indizi di nessuna importanza mineraria ma che, permettendo correlazioni, completano il quadro delle mineralizzazioni e forniscono interessanti dati giacimentologici.

La termalità di alcuni di questi giacimenti è nel complesso definita ma rimane aperto il problema della determinazione dell'esatta temperatura di formazione dei singoli minerali, dei gradienti e delle differenze tra le varie mineralizzazioni.

E' stato tentato il metodo della omogeneizzazione delle inclusioni liquido-gassose, per il quale si richiedono tuttavia minerali trasparenti, che si rinvencono però raramente. Solo per due miniere, quelle di Corvara in Val Sarentina e Vignola in Valsugana, si sono potute fare determinazioni, ottenendo i seguenti risultati:

Fluorite ottica di Corvara	150°
Blenda di Corvara	145 ÷ 150° (Newhouse, 1933)
Barite di Vignola	145°

Anche dalla zona di Cinquevalli sono noti bei cristalli cubici di fluorite, per quanto ormai, essendo abbandonata da anni, sia stata già spogliata dei migliori esemplari. Recentemente si è trovato qualche campione di fluorite cubica trasparente anche in altri giacimenti nelle vulcaniti ma nel complesso i dati ottenibili sarebbero comunque molto scarsi, in confronto all'elevato numero di mineralizzazioni note, le quali in genere non forniscono minerali sufficientemente trasparenti, o con inclusioni abbastanza grandi.

---

<sup>(2)</sup> Vedere in proposito i lavori presentati al Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari delle Alpi e riportati negli Atti.

E' noto che riscaldando un cristallo contenente inclusioni liquido-gassose, ad una certa temperatura scompare una delle due fasi (*omogeneizzazione*). Innalzando ancora la temperatura, aumenta bruscamente la pressione del fluido sulle pareti della cavità ed il cristallo in breve scoppia (*decrepitazione*).

Apportando opportune correzioni, si passa dalla temperatura di decrepitazione a quella di omogeneizzazione, assunta come temperatura minima di formazione, a meno di ulteriori piccole correzioni per la pressione esistente al momento della formazione.

Si sono iniziate dapprima prove con il decrepitolometro ad olio di DEICHA (1965), che si presta però solo per determinazioni isolate. In seguito ne è stato costruito uno a secco a riscaldamento elettrico, nel quale il cristallo viene posato sopra una coppia termoelettrica (PERNA, 1968a). Questo strumento è più pratico e permette determinazioni più accurate ed agevoli ma è anch'esso insufficiente per uno studio sistematico. E' basato infatti sul controllo visivo, si può impiegare solo un frammento o pochi frammenti per volta, e si rendono indispensabili numerosissime misure, che richiedono grande attenzione e molto tempo, pur dando indicazioni di cui è difficile giudicare l'attendibilità.

## 2. - Descrizione del decrepitolografo.

Si è pensato pertanto di costruire uno strumento registratore ed ottenuti i fondi dal C.N.R. per interessamento del Prof. Angelo Bianchi, allora presidente del Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie, si è passati alla fase di progettazione e realizzazione.

Di questi strumenti ne sono già stati costruiti e descritti alcuni (YERMAKOV et Al., 1965; SCOTT, 1948, ecc.), ma si basano sempre su un intervento diretto e soggettivo dell'operatore che rileva la temperatura, o il numero ed intensità delle decrepitazioni. E' invece importante poter disporre di un apparecchio che registri obiettivamente tutte le indicazioni possibili: temperatura, numero ed intensità degli scoppi, in modo da poter archiviare i dati per i successivi studi e confronti.

L'apparecchiatura completa comprende un decrepitolografo ed un microscopio con tavolino riscaldante (tav. III).

Quest'ultimo viene utilizzato per la determinazione della temperatura di omogeneizzazione dei cristalli trasparenti e consiste di un microscopio Ortholux Leitz ed obiettivi speciali UM 32 e H 32 a grande

distanza frontale e tavolino riscaldante 350 Leitz, a cui è stato sostituito il termometro con una termocoppia. Le letture vengono fatte con un potenziometro (a destra, tav. III). Dalla bibliografia è noto che il termometro di cui è dotato normalmente lo strumento, non dà indicazioni accurate, ottenendosi letture in eccesso anche di 20° (SAWKINS, 1964, pag. 899; ROEDDER-HEYL-CREEL, 1968, pag. 341). Ciò perchè il termometro ha il bulbo in un punto diverso da quello ove è collocato il minerale e pertanto si possono ottenere risultati precisi solo quando il riscaldamento sia sufficientemente lento.

La determinazione potenziometrica della temperatura offre il notevole vantaggio di una maggiore precisione (1/10°C) e facilità di lettura.

Le figure di tav. IV e V mostrano il decrepitografo: nella parte superiore a destra vi è il forno (n. 4), intercambiabile per permettere determinazioni successive senza dover attendere il completo raffreddamento che richiede più di un'ora.

E' costituito da una candela di ceramica, su cui è avvolta una resistenza che viene alimentata attraverso un trasformatore a bassa tensione; la regolazione della temperatura è ottenuta mediante trasformatore variabile (n. 2).

Con una determinata potenza si ottiene una certa velocità di riscaldamento, aumentando la prima si aumenta anche la seconda. La curva ha un andamento parabolico: inizialmente, dopo un lieve ritardo dovuto alla inerzia del forno, la temperatura cresce con velocità maggiore; dopo un certo tempo la funzione temperatura-tempo diviene praticamente lineare; è opportuno che le decrepitazioni avvengano in questo campo.

Si è rinunciato ad inserire un programmatore di temperatura (del tipo di quelli di cui sono dotati, ad esempio, i gascromatografi) perchè si è notato che non è necessario, anzi un riscaldamento iniziale più rapido è vantaggioso.

Al centro della candela viene posta una provetta di vetro contenente il campione da studiare ridotto in frammenti. Il campione viene frantumato in mortaio e vagliato attraverso due setacci con dimensioni delle maglie molto vicine in modo da ottenere una granulometria uniforme, sui 2 mm. Se il campione è scarso si può utilizzare tutto il materiale, fino e grosso frammisto, ma è ben difficile che non si disponga almeno di una ventina di grammi di minerale, quantità sufficiente per eseguire numerose determinazioni.

L'asse della provetta e quella della candela di ceramica devono coincidere ed è stato realizzato pertanto un semplice dispositivo per il centramento perfetto.

Una coppia termoelettrica chromel-constantana viene collocata nella provetta in modo che la giunzione (non rivestita per ottenere un responso più pronto) sia esattamente al centro del campione di minerale.

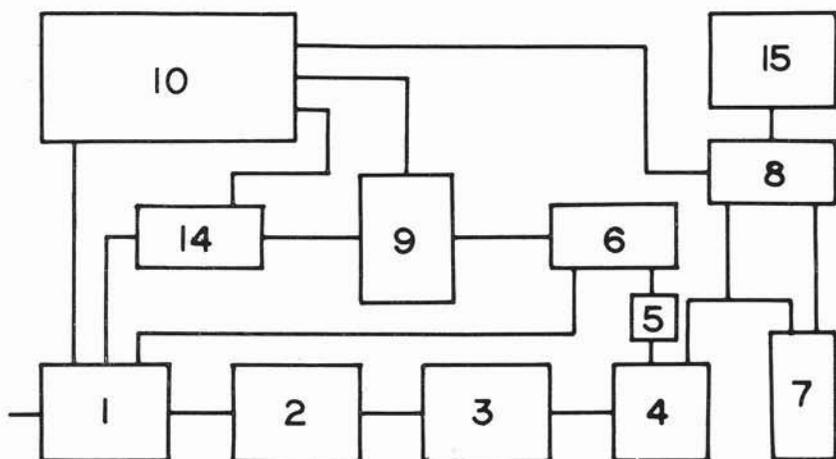


Fig. 1. — Schema dello strumento per la registrazione delle decrepitazioni (decrepítőgrafo).

- 1) Alimentatore e stabilizzatore. - 2) Trasformatore variabile. - 3) Trasformatore a bassa tensione (da 220 a 24 Volt). - 4) Forno intercambiabile. - 5) Microfono piezoelettrico. - 6) Preamplificatore e registratore magnetico. - 7) Termocoppie di riferimento in vaso di Dewar. - 8) Commutatore. - 9) Elettrometro. - 10) Registratore grafico. - 14) Contatore elettronico a decadi. - 15) Potenzimetro di taratura.

Come è noto, le coppie termoelettriche forniscono una differenza di potenziale che è funzione della differenza di temperatura tra il giunto caldo e quello freddo: normalmente quest'ultimo è costituito dalle giunzioni nello strumento di misura. Per evitare variazioni di temperatura del giunto freddo durante l'esperimento, sono state collocate in un vaso di Dewar riempito di paraffina (n. 7) le coppie di riferimento. L'inerzia termica del sistema è tale che la temperatura (rilevata mediante un termometro a mercurio con divisione  $1/10^{\circ}\text{C}$ ) si mantiene assolutamente costante per molte ore.

Sopra la provetta vi è un microfono piezoelettrico (n. 5) per raccogliere il rumore prodotto dalle decrepitazioni. Queste variano di intensità da un campione all'altro, ma sono sempre perfettamente rilevabili. Per dare un'idea della intensità, si dirà che il suono è analogo a quello prodotto da un *Anobium* (tarlo, od oriole della morte) in un vecchio mobile: un colpo secco e deciso.

Il microfono è collegato ad un registratore magnetico (n. 6) che dà la possibilità di un eventuale controllo e ha inoltre la funzione di preamplificatore. E' collegato ad un elettrometro (n. 9), che amplifica i segnali da inviare ad un registratore grafico (n. 10). Quest'ultimo è del tipo  $X_1$ ,  $X_2$  e consente la contemporanea registrazione delle decrepitazioni e della temperatura.

Un pennino registra la temperatura, da 0 a 500°C (riferita alla temperatura ambiente), il secondo pennino registra il rumore. Le decrepitazioni vengono indicate (tav. I e II) con brevi segmenti orizzontali, di lunghezza proporzionale all'intensità dello scoppio. Se due o più scoppi avvengono quasi contemporaneamente, l'elettrometro effettua una integrazione e viene tracciato un solo segmento, di lunghezza circa pari alla somma dei singoli.

E' stato introdotto anche un dispositivo che numera gli scoppi, e comanda il pennino ausiliario ogni dieci scoppi; in seguito il dispositivo sarà automatizzato. La curva che si può così costruire (integrale del numero degli scoppi) è molto rappresentativa del fenomeno e non potrebbe essere ricavata in altro modo.

La precisione con cui può essere letta la temperatura sul nastro di carta è circa 2°C, la riproducibilità nelle misure decrepitometriche è risultata di ordine nettamente inferiore:  $\pm 20^\circ\text{C}$ .

Per il suono vi è ovviamente la possibilità di variare la sensibilità entro larghissimi limiti. In pratica si fa corrispondere una decrepitazione debole con una o due divisioni della carta. Lo strumento è in grado di avvertire il ticchettio di una macchina da scrivere posta nella stanza accanto. Naturalmente i rumori esterni costituiscono un serio inconveniente, per cui è opportuno mantenere l'amplificazione a valori piuttosto bassi.

Da notare che per la omogeneizzazione si ha una riproducibilità decisamente superiore:  $\pm 1^\circ\text{C}$ : riscaldando un minerale sino alla temperatura di omogeneizzazione, raffreddandolo e ripetendo il ciclo, le

letture di temperatura sono in pratica identiche. Se ci si riferisce a bolle diverse di uno stesso campione si scende a valori nell'ambito di  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

Concludendo, al momento attuale la riproducibilità è di  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  per la decrepitazione  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  per la omogeneizzazione; valori ambedue più che sufficienti nel campo giacimentologico.

Si deve tuttavia tener presente che per la omogeneizzazione in genere si raggiungono precisioni superiori, il che permette ad esempio di determinare i gradienti in un singolo giacimento o tra il centro e la periferia di uno stesso cristallo. Analogamente è probabile che anche con la decrepitazione sia possibile, affinando il metodo, pervenire a risultati migliori.

Una parte dei componenti è stata costruita direttamente: alimentatore con stabilizzatore, trasformatore, forni, commutatore. E' stato di valido aiuto il p.m. Giulio Agnoli, che ha realizzato le connessioni. L'elettrometro, il registratore, il potenziometro sono stati acquistati scegliendoli tra quelli analoghi reperibili sul mercato, tenendo conto delle prestazioni e dell'uso a cui erano destinati.

Lo strumento è costruito con componenti di elevate caratteristiche e si può eseguire la taratura ed il controllo in qualsiasi momento. In effetti sarebbe stato possibile qualche semplificazione: ad esempio al posto dell'elettrometro si poteva impiegare un amplificatore operativo. Il risparmio sarebbe stato modesto e ne sarebbe scapitata la versatilità: nella sua versione attuale è possibile lo studio e la registrazione di una vasta gamma di fenomeni fisici; in particolare è già predisposto il fototubo, con relativo alimentatore, per lo studio dei fenomeni di termoluminescenza, fosforescenza e fluorescenza dei minerali di ganga (n. 11-12-13 di tav. IV e V).

### 3. - Taratura.

E' stato utilizzato un campione di fluorite ottica (limpida, incolore) di Corvara, prelevata nel fondo del pozzo a quota — 52 dal livello Rosa (livello S. Barbara) in occasione della riapertura della miniera, il cui primo lavoro (eduzione dell'acqua dei livelli inferiori) ha dimostrato, come si era supposto, la continuità del filone verso il basso.

Il campione di circa 800 grammi, frantumato in mortaio, è stato suddiviso in 6 classi di granulometria uniforme da 4 mm a 1,25. Su

alcuni grani si è determinata la temperatura di omogeneizzazione, che è risultata di 150°C (3).

Si è collaudato poi lo strumento, e ciò ha richiesto l'effettuazione di circa 20 diagrammi. Il problema più delicato è stato quello della messa a punto del complesso del forno e del sistema microfono-amplificatore.

Si sono quindi iniziate le prove vere e proprie effettuando 66 diagrammi con la fluorite ottica di Corvara, variando la velocità di riscaldamento, la dimensione dei granuli ed il peso del minerale introdotto.

I risultati che si sono ottenuti sono i seguenti:

a) *Granulometria*. La frantumazione del minerale ha certamente una influenza sulla decrepitazione, in quanto si producono delle inclusionsi che faciliteranno lo scoppio e d'altronde i piani contenenti molte inclusioni sono piani di minor resistenza; si avrà perciò una maggiore dispersione dei risultati.

D'altra parte non è facile frantumare il minerale in modo meno energetico: un tentativo di tagliare i frammenti con un tronchesino ha dimostrato la estrema laboriosità del metodo.

Le prove eseguite con le diverse granulometrie (combinata con la variazione degli altri fattori) ha dimostrato che non vi è una relazione tra dimensioni dei granuli e temperatura di decrepitazione. Si è osservato invece che con granuli più grossi le decrepitazioni erano più forti, il che è abbastanza ovvio.

b) *Velocità di riscaldamento*. Nemmeno la variazione di velocità di riscaldamento influisce sui risultati, nonostante si siano usate velocità da 25° a 100°C/minuto primo.

Significative alcune prove in cui si è spento il forno in modo che la temperatura raggiungesse quasi la temperatura di decrepitazione, riaccendendolo dopo qualche minuto: non si sono ottenute variazioni.

Si sono inoltre riscaldati a 80°C campioni di fluorite in un forno per 48 ore, eseguendo poi i diagrammi decrepitolometrici; in un'altra prova si è preriscaldato il minerale a 100°C per 8 ore, non ottenendosi variazioni. In questo ultimo caso si è successivamente riscaldato la provetta a 500°C per 30 primi: si è poi valutato il peso del fluido delle inclusioni, che raggiunge, nella fluorite ottica di Corvara il 0,6‰ (1,6‰ del volume).

---

(3) Il potenziometro ha mostrato irregolarità di funzionamento per cui il dato è suscettibile di correzioni.

c) *Peso del campione.* Sono state eseguite determinazioni con quantità variabili di minerale da 1 a 3 grammi.

L'unica influenza che ha il peso del campione è sul numero complessivo di scoppi, che risultano più frequenti quando aumenta la quantità di materiale introdotto nel forno.

#### 4. - Considerazioni sui risultati ottenuti.

Le temperature di decrepitazione ottenute non mostrano una distribuzione gaussiana, si ha tuttavia un massimo assoluto a 240°C, che è anche il valore centrale tra tutti quelli ottenuti (mediana). Il fattore di correzione per la resistenza del minerale risulta pertanto di 90°C.

Alcuni diagrammi decrepitemetrici con fluorite verdolina, sempre di Corvara e raccolta allo stesso livello, hanno dato un valore di 255°C (tav. II), cioè di 15°C superiore a quello della fluorite ottica; ciò corrisponde a quanto si osserva in miniera, dato che quest'ultima segue la prima nella serie paragenetica.

Si è rilevata spesso la comparsa di decrepitazioni a temperatura inferiore, a 190 ÷ 210°C nella fluorite ottica, dovute verosimilmente ad inclusioni secondarie, che dimostrano una seconda fase di circolazione di fluidi idrotermali a 100 ÷ 110°C (4).

Le prime decrepitazioni, corrispondenti alle inclusioni secondarie, non sempre compaiono e sono inoltre influenzate dalla velocità di riscaldamento: con velocità di riscaldamento superiori a 70°C/minuto primo vi è probabilità doppia di ottenerle, di quando la velocità di riscaldamento è inferiore.

Sono stati eseguiti altri 70 diagrammi con minerali vari, ottenendo risultati promettenti ma naturalmente si richiedono molte altre determinazioni, perché ogni tipo di minerale pone problemi nuovi.

Così ad esempio si ha decrepitazione anche con barite supergenica e la temperatura è superiore a quella possibile di formazione: evidentemente la temperatura di decrepitazione, che è comunque ben definita, non sempre è in relazione con la temperatura di formazione; rimane da chiarire il significato della temperatura di decrepitazione.

---

(4) Potrebbe però trattarsi semplicemente di acqua freatica penetrata in piani di clivaggio, sono tuttavia necessarie ulteriori ricerche per stabilire la causa del fenomeno.

Questa nota si propone di illustrare l'apparecchio registratore per la decrepitazione, perciò i dati ottenuti non sono stati sottoposti a valutazioni o rielaborazioni per evitare di introdurre elementi di giudizio arbitrari. E' probabile che con una maggior conoscenza dei fenomeni si possano reinterpretare alcuni diagrammi che si discostano troppo dalla media, diminuendo così la dispersione dei risultati e rendendo più sicure le determinazioni.

Altri problemi attendono una soluzione prima di poter impiegare in modo estensivo lo strumento, tuttavia sembra lecito trarre sino da ora alcune considerazioni sul suo funzionamento:

1) La scelta dei componenti e la messa a punto dell'intera apparecchiatura è molto importante.

2) Il campione deve essere posto esattamente al centro del forno e la termocoppia nel mezzo del campione. Infatti vi sono differenze di temperatura tra i diversi punti del campione.

3) La grandezza dei grani non influisce sulla temperatura di decrepitazione: con grani maggiori si hanno scoppi più forti.

4) Il peso del campione non influisce sulla temperatura di decrepitazione: con quantità maggiori si hanno scoppi più frequenti.

5) La velocità di riscaldamento non influisce sulla temperatura di decrepitazione: con velocità più alte si hanno scoppi più forti e netti. Inoltre con velocità di riscaldamento maggiori di 70°/minuto primo si ha probabilità doppia che compaiano anche gli scoppi dovuti alle inclusioni secondarie di quando tale velocità è inferiore ai 70°/minuto primo.

6) Il coefficiente di correzione tra decrepitazione ed omogeneizzazione varia presumibilmente da uno strumento all'altro, perciò si rende indispensabile una taratura preventiva.

7) Il coefficiente di correzione varia da un minerale all'altro.

8) La riproducibilità è di  $\pm 20^\circ\text{C}$ .

9) E' indispensabile eseguire molte registrazioni per ottenere un valore medio.

10) Anche certi minerali supergenici decrepitano e perciò questo metodo non può essere utilizzato in genere per stabilire se un giacimento è sedimentario od idrotermale o supergenico.

11) E' indispensabile uno studio microscopico del minerale perchè solo se sono presenti inclusioni primarie, la temperatura di scoppio

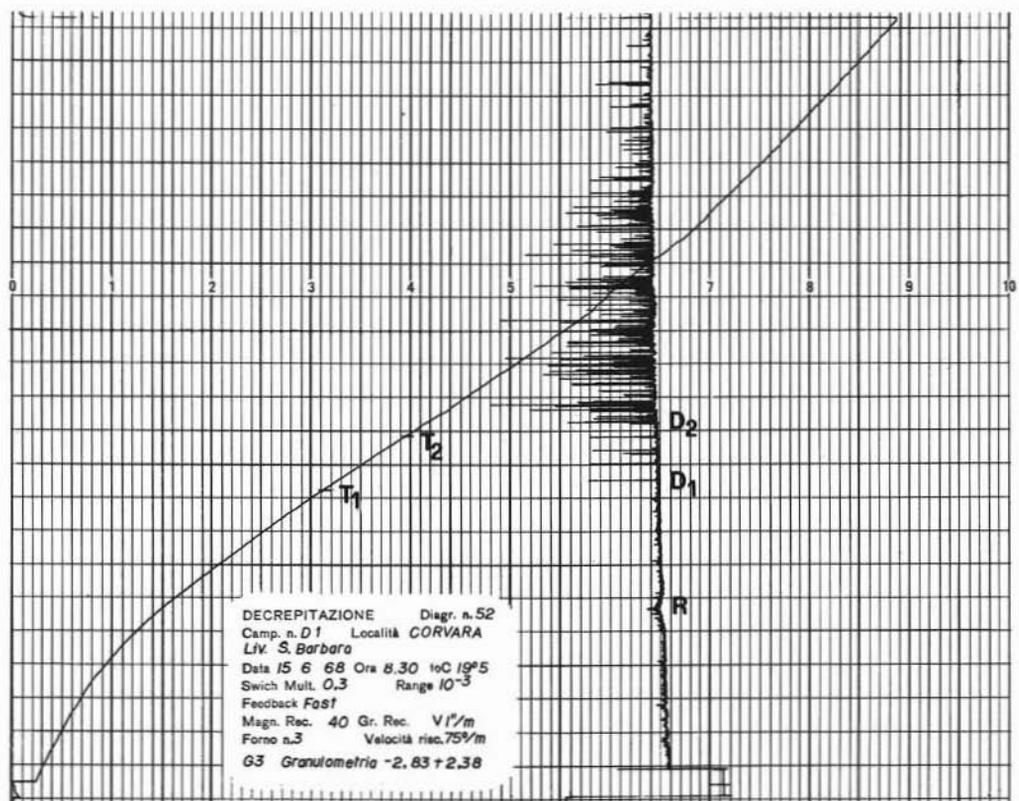
può essere messa eventualmente in relazione con quella di formazione. Inoltre bisogna disporre di tutti i dati geologici e giacimentologici, per una esatta interpretazione del fenomeno.

12) E' importante non solo la temperatura di inizio della decrepitazione ma anche quella finale, l'intensità, il numero, ecc. Pertanto solo uno strumento registratore può fornire risultati espressivi.

#### NOTA BIBLIOGRAFICA (\*)

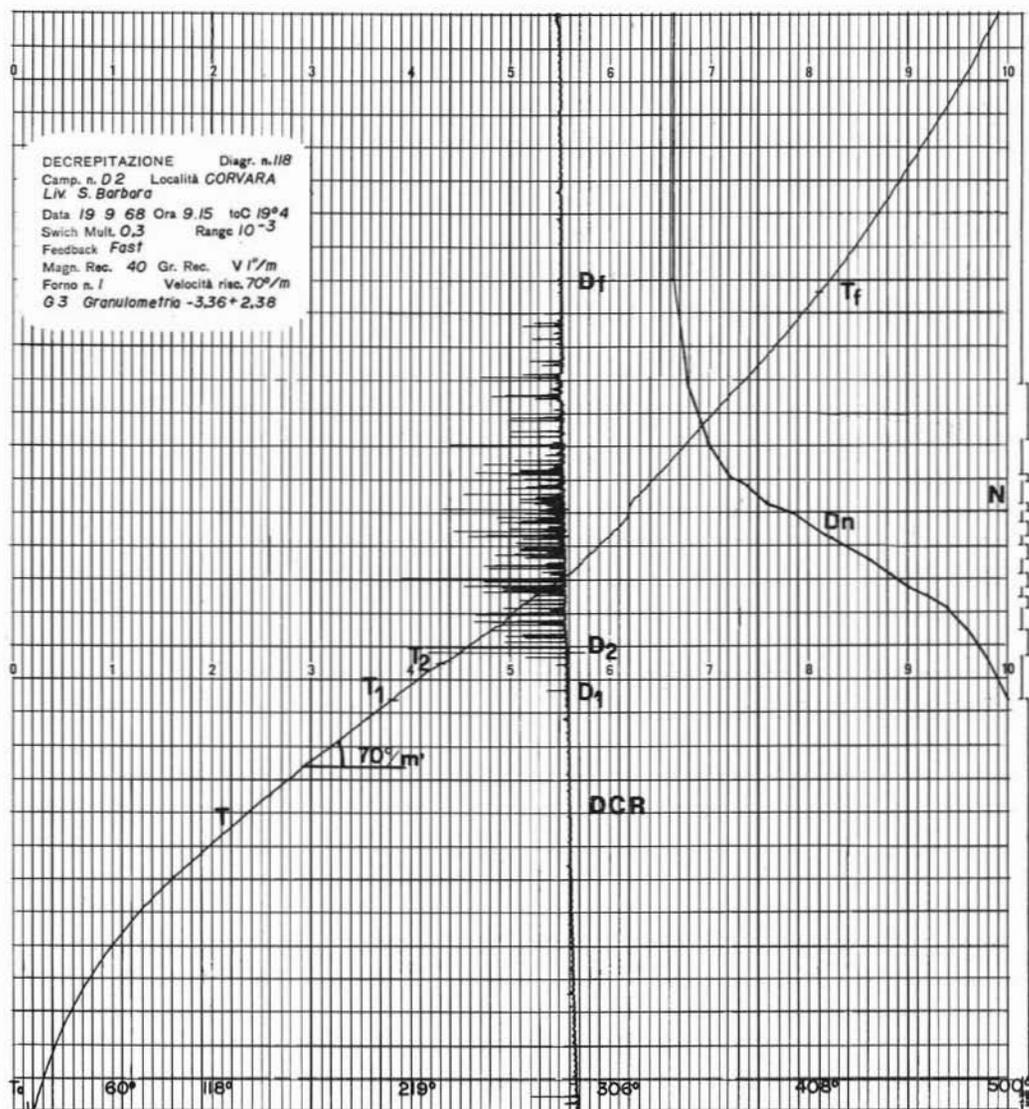
- DEICHA G., 1955 - *Les Lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides*. In 8°, Masson et Cie, Paris.
- DESSAU G., PERNA G., 1968 - *Le mineralizzazioni a galena e blenda del Trentino-Alto Adige e loro contenuto in elementi accessori*. Symp. Int. Giac. Min. Alpi, Trento-Mendola, 11-18 sett. 1966, pp. 587-687, figg. 20, 1 tav. f. t.
- NEWHOUSE W. H., 1933 - *The temperature of formation of the Mississippi Valley lead-zinc deposits*. Economic Geology, vol. 28, pp. 744-750.
- PERNA G., 1968 a - *Geotermometria dei minerali di ganga dei giacimenti minerari (Nota preliminare)*. Symp. Int. Giac. Min. Alpi, Trento-Mendola 11-18 sett. 1966, pp. 989-1003, figg. 10.
- PERNA G., 1968 b - *Gli interventi della Regione Trentino-Alto Adige nel settore minerario. Proposta di una carta mineraria delle Alpi Centro-Orientali*. Giornata di Studi Geominerari, Agordo, 7 ottobre 1967 (in stampa).
- ROEDDER E., HEYL A. V., CREEL J. P., 1968 - *Environment of ore deposition at the Mex-Tex deposits, Hansonburg District, New Mexico, from studies of fluid inclusions*. Economic Geology, vol. 63, n. 4, pp. 336-348, figg. 16.
- SAWKINS F. J., 1964 - *Lead-zinc ore deposition in the light of fluid inclusion studies, Providencia mine, Zacatecas, Mexico*. Economic Geology, vol. 59, n. 5, pp. 883-919, figg. 16.
- SCOTT H. S., 1948 - *The decrepitation method applied to minerals with fluid inclusions*. Economic Geology, vol. 43, n. 8, pp. 637-654, fig. 7.
- YERMAKOV N. P. et. Al., 1965 - *Research on the nature of mineral forming solutions*. In 8°, Pergamon Press, Oxford, London, ecc.
- L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*. In 4°, Vol. I (Economia Trentina, 1964, n. 1-2, 4-5), Vol. II (Economia Trentina, 1965, n. 5-6).
- Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari delle Alpi Trento-Mendola, 11-18 sett. 1966*; 4 voll. in 4°, Trento, 1968.

(\*) Per una bibliografia più completa, si veda in DEICHA, PERNA, YERMAKOV.



Esempio di registrazione delle decrepitazioni di fluorite ottica di Corvara (decrepigramma).

La curva che attraversa diagonalmente il diagramma rappresenta la temperatura, fondo scala 500°C. La curva della temperatura ha talvolta un andamento irregolare: ciò avviene in corrispondenza alle decrepitazioni più intense ed è dovuto al raffreddamento per l'espansione dei gas (gradini verticali) ed al rimescolamento dei granuli prossimi alla parete della provetta, più caldi, con quelli al centro, ove è collocata la termocoppia (gradini orizzontali). La scala della temperatura non è proporzionale perchè non è lineare la funzione tra millivolt erogati e temperatura, la differenza, nel campo tra 150° e 250° è praticamente costante ed ammonta a 18 ÷ 19°C. La velocità di avanzamento della carta è di un pollice al minuto (distanza tra due linee orizzontali marcate). Per la lettura della registrazione si deve tener presente che il pennino della temperatura sopravanza l'altro di tre millimetri (un terzo della distanza tra due linee orizzontali); va infine aggiunta la temperatura ambiente. La linea verticale con picchi è la registrazione del rumore: ogni tratto orizzontale rappresenta uno scoppio. Le linee più lunghe corrispondono a scoppi più intensi od a due o più scoppi quasi contemporanei, infatti l'elettrometro esegue una integrazione degli impulsi, quando questi sono molto vicini. D<sub>1</sub> è l'inizio dei primi scoppi a 195°, D<sub>2</sub> dei secondi (235°).

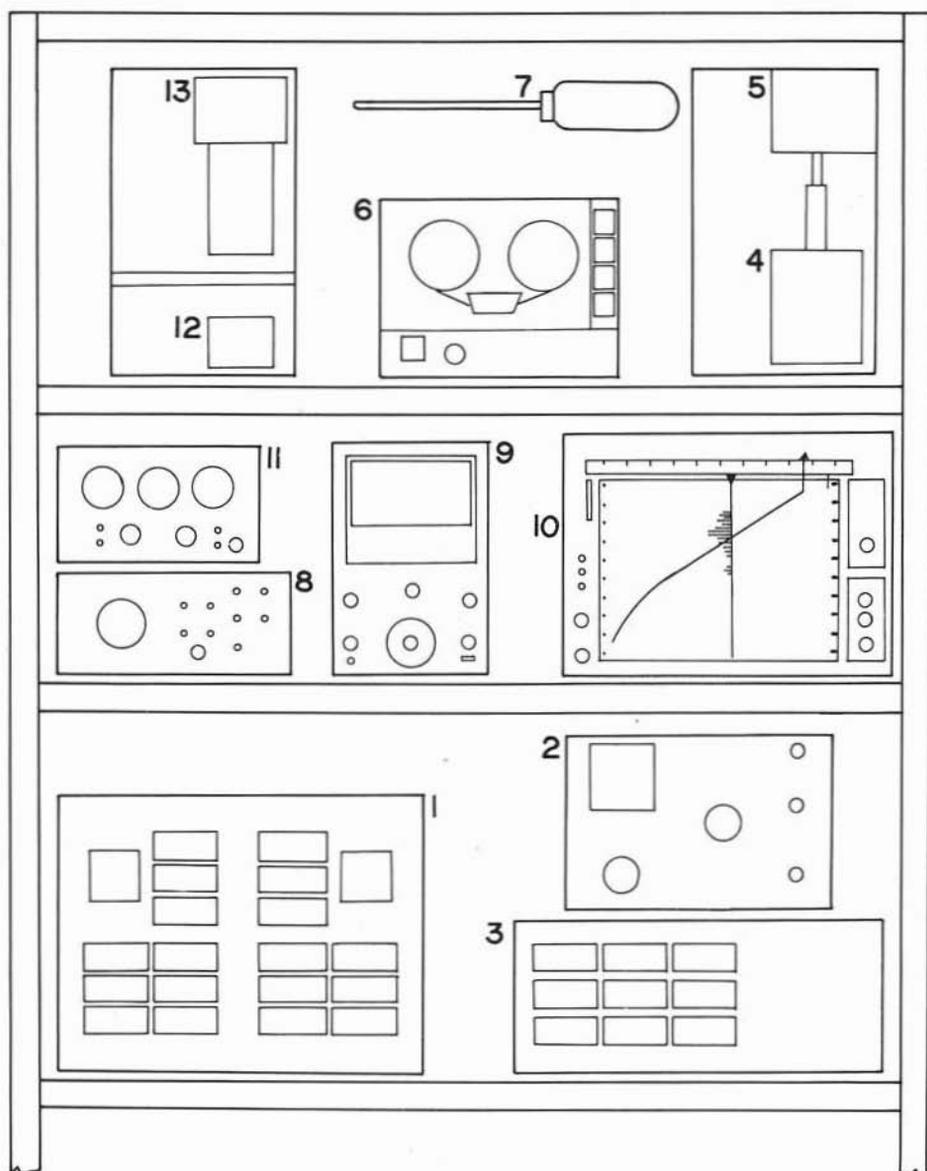


Esempio di registrazione delle decrepitazioni di fluorite verdolina di Corvara (decrepigramma).

T è la registrazione della temperatura (velocità di riscaldamento, in corrispondenza all'inizio delle decrepitazioni, 70°C/minuto primo). DCR è la registrazione delle decrepitazioni: D<sub>1</sub> primi scoppi (230°), D<sub>2</sub> secondi scoppi (255°), D<sub>3</sub> ultimi scoppi (435°). A destra nel diagramma si nota una linea greca N, che è tracciata da un pennino ausiliario: ogni 10 decrepitazioni, di qualsivoglia intensità, il pennino ha uno scatto. Per il momento il comando è manuale ma è in progetto un automatismo basato su un contatore elettronico a deadi. D<sub>n</sub> è la corrispondente curva integrale, disegnata sulla base di N.

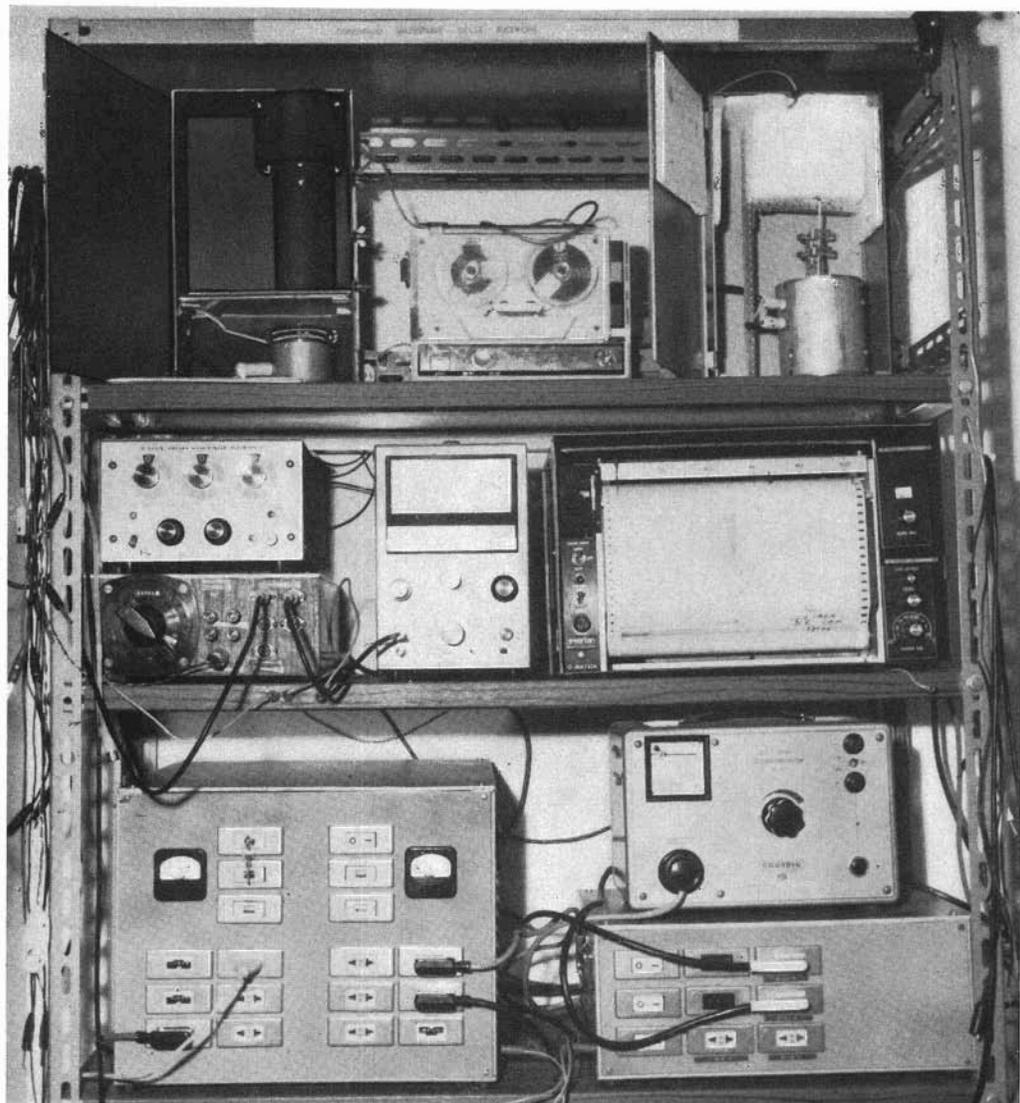


Complesso degli strumenti per lo studio geotermometrico dei minerali di ganga con il metodo delle inclusioni liquido-gassose. A destra il microscopio Ortholux Leitz con tavolino riscaldante 350 ed ottica speciale a grande distanza frontale. La determinazione della temperatura viene fatta con una termocoppia ed un potenziometro di precisione, quest'ultimo utilizzato anche per la taratura del registratore grafico. A sinistra apparecchiatura di registrazione delle decrepitazioni (vedere tav. IV e V).



*GEOTERM, strumento per lo studio della decrepitazione e termoluminescenza.*

- 1) Alimentatore e stabilizzatore.
- 2) Trasformatore variabile.
- 3) Trasformatore a bassa tensione (da 220 e 24 volt).
- 4) Forno intercambiabile per decrepitazione.
- 5) Microfono piezoelettrico.
- 6) Preamplificatore e registratore magnetico.
- 7) Termocoppie di riferimento in vaso di Dewar (posto dietro il registratore 6).



- 8) Commutatore e connessioni.
- 9) Elettrometro ed amplificatore.
- 10) Registratore grafico a due canali.
- 11) Alimentatore ad alta tensione per il fototubo.
- 12) Forno intereambiabile per termoluminescenza.
- 13) Fototubo.

Non sono rappresentati il contatore elettronico a decadi (attualmente in costruzione) ed il potenziometro, che normalmente è collegato al tavolino riscaldante del microscopio. E' prevista infine una unità di congelamento per la determinazione delle concentrazioni saline nelle inclusioni.