

ERZMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG DER MACKINAWITFÜHRENDEN KERNPROBEN VON KANGAL-YELLiCE

Ahmet ÇAĞATAY

Mineral Research and Exploration Institute of Turkey

ZUSAMMENFASSUNG. — Die Kernproben der vom M.T.A. Institut bei Sivas (Landkreis Kangal, Amtsbezirk Çetinkaya, Dorf Yellice) auf Eisen niedergebrachte Bohrungen (Abb.1) wurden in der Abteilung für Mineralogie und Petrographie des genannten Instituts grosstenteils als Serpentin bestimmt; man hat festgestellt, dass diese Proben neber Magnetit, dem Hauptmineral des Eisenerzes, zahlreiche andere sulfidische und oxydische Erzminerale aber in sehr geringer Menge enthalten. Die sulfidischen Erzminerale in den Proben sind ihrer Menge nach: Pyrrhotin, Mackinawit, Pyrit, Pentlandit, Millerit, Molybdaenit, Kupferkies, Bravoi, Antimonit, Sphalerit und Bleiglanz (Galenit); die oxydischen und hydroxydischen Erzminerale sind der Reihe nach: Magnetit, Chromit+Spinell, Rutil+Leukoxen, Haematit und Limonit. Über die Entstehung dieser Minerale wurden ausführlichere Angaben erteilt.

EINLEITUNG

Die Kernproben der im Rahmen des Eisenprojekts von Yellice Köyü (Abb.1) abgeteufte Aufschlussbohrungen wurden der Unterabteilung für Mineralogie und Petrographie zur Determination geschickt und die Fachleute haben den grossen Teil dieser Proben als Serpentin bestimmt. Die Serpentinproben enthalten Maschentextur zeigende Serpentinminerale, Klinopyroxenrelikte, Bastitreliekte (Pseudomorphosen nach Orthopyroxen), Chrysotiladern und -äederchen, feinblättrigen Chlorit und Phlogopit, als sekundäre Minerale Opal, Calcit und opake Minerale. Eine andere Probe wurde als Aktinolithfels bestimmt und diese Probe hat in Form von langen Stäbchen und Fasern Aktinolithkristalle ($ZAC = 15^\circ$), in Form von strahligen Blättern Chlorit, Calcit, Chalzedon und Erzminerale gezeigt.

Die Bestimmung des Erzminerals Mackinawit ist auf der ganzen Welt erst neu; dieses Mineral wurde in der Türkei zum ersten Mal bestimmt und es war möglich, nur in einem der uns zur Verfügung stehenden Referenzbüchern (P. Ramdohr 1969, s. 673) Angaben über Mackinawit zu finden. Mackinawit ist früher in verschiedenen Proben in Spurenmenge festgestellt worden; weil diese Mackinawite aber in Form von Mikrobildungen auftraten, konnten sie nicht getrennt und durch die Röntgenaufnahme bestimmt werden. Mackinawit befand sich aber in den Kernproben von Yellice in reicherer Menge und zum Teil als Bildungen von makroskopischer Grösse; so ermöglichte diese Tatsache, den Mackinawit mittels eines Taschenmessers und einer Nadel von den Proben sowie Anschliffen herauszunehmen und Präparate für das Röntgengerät herzustellen bzw. seine Bestimmung durchzuführen. Die Röntgenaufnahme des Mackinawits wurde in den Laboratorien des M.T.A. Instituts und in der Abteilung für Erdkunde der Hacettepe Universität über einigen Proben vorgenommen und alle diese Bestimmungen haben die Werte von 5.07; 3.00; 2.34 ergeben, die den Mackinawitwerten von 5.03; 100; 2.97; 80; 2.31 nahe liegen (Abb.2).

In Anbetracht der in betreffender Literatur vorhandenen Angaben und Abbildungen über die in einigen Bereichen der Welt gefundenen Mackinawite stellen die in Yellice vorkommenden

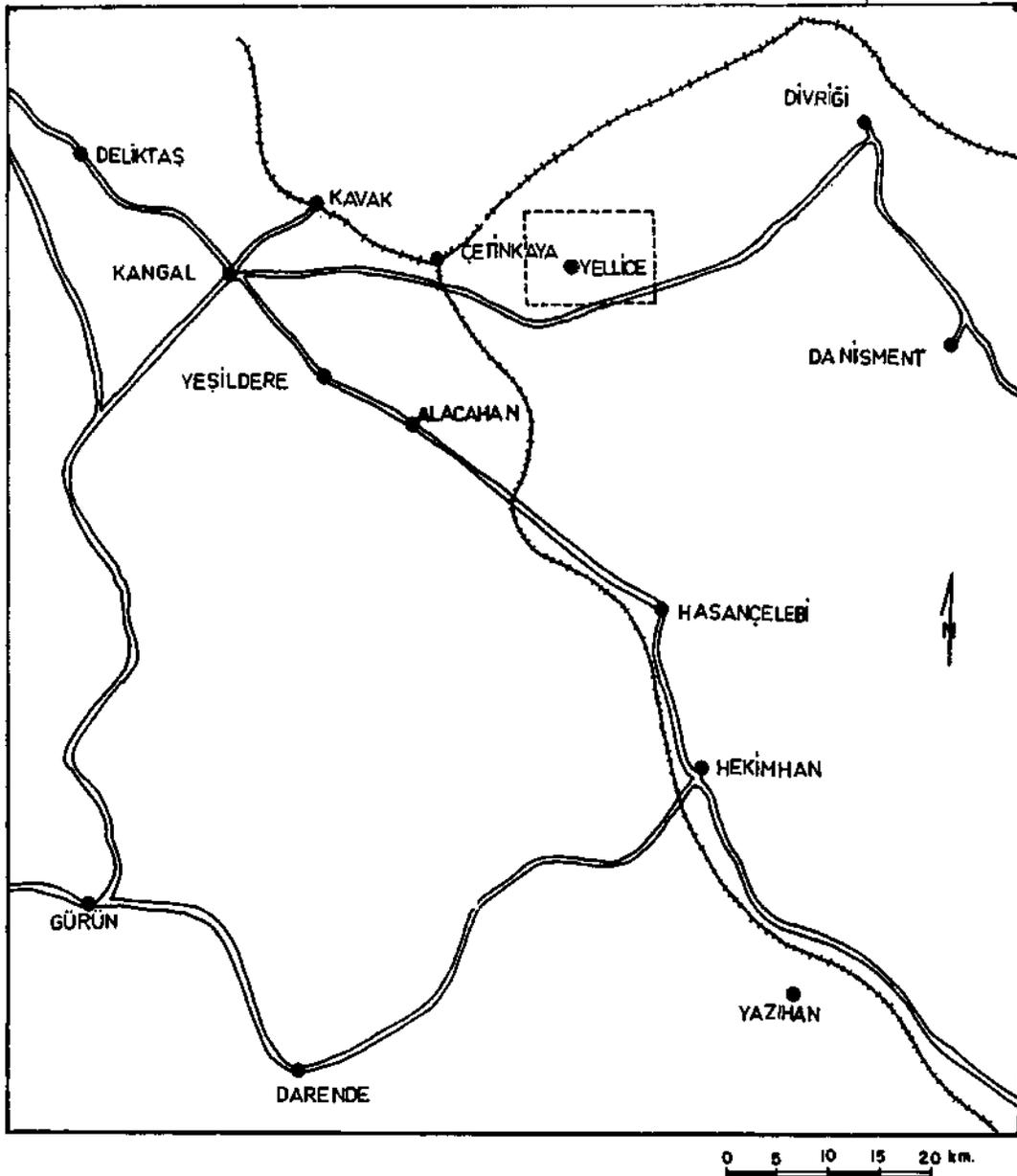


Abb. - Übersichtskarte die Grenzen des Bohrungsgebiets wurden auf der Karte (mit gestrichelten Linien) annähernd gezeichnet.

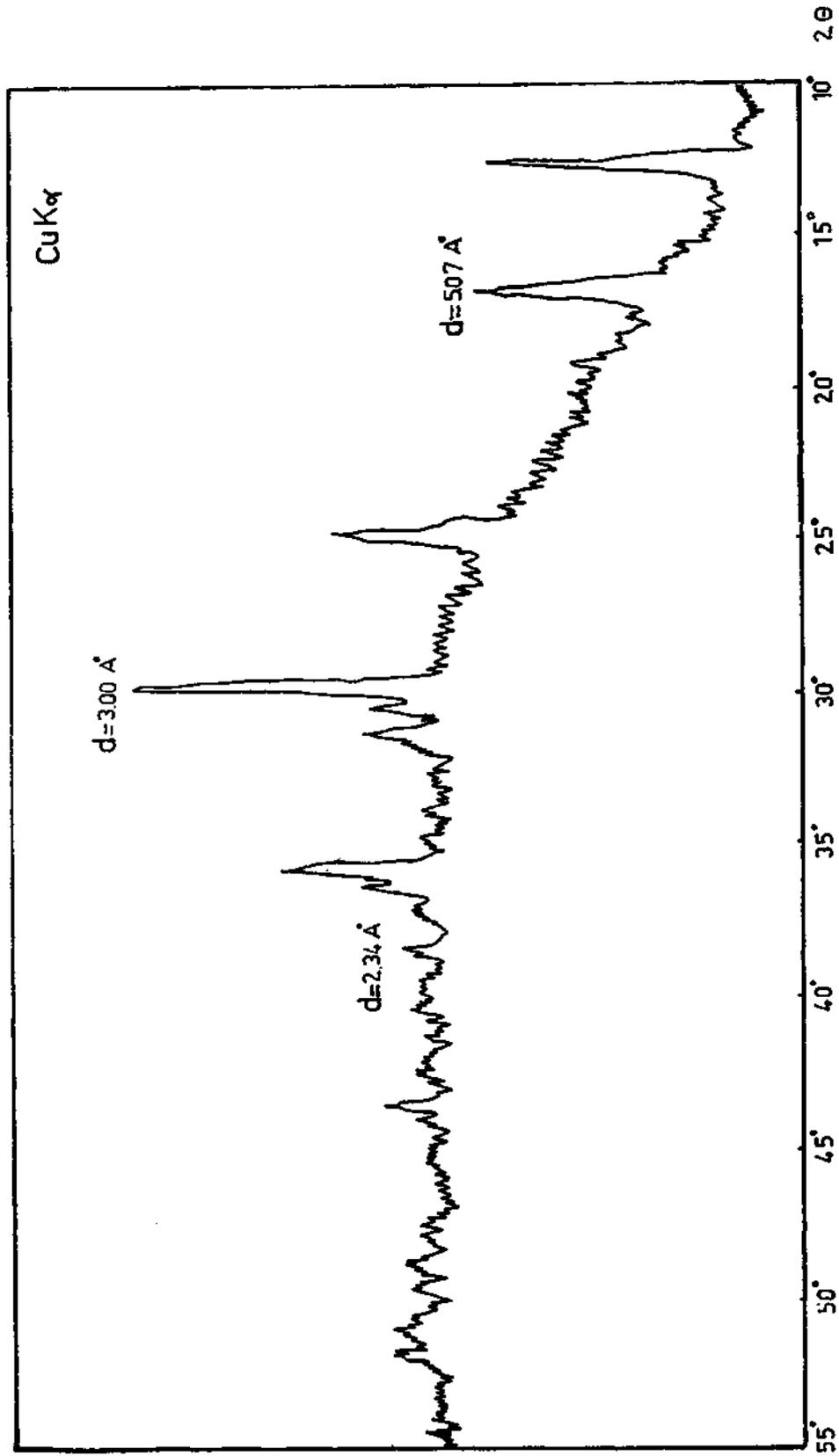


Abb. 2 - Charakteristische Werte von der Röntgenaufnahme des Minerals Mackinawit. Diejenigen ohne Wertangabe gehören den Mineralen Magnetit und Antigorit.

Mackinawite in jeder Hinsicht viel schönere Bildungen als diejenigen dar, die bis heute in anderen Gebietsteilen der Welt getroffen wurden. Diese Arbeit wurde in der Überzeugung durchgeführt, dass sie von grossem Nutzen sein wird, den in verschiedenen Gebieten unseres Landes sehr oft getroffenen Mackinawit bekanntzumachen, die Mengen- und Entstehungsfragen verschiedener Erzminerale in der zur Zeit auf Eisen untersuchten Umgebung von Yellice zu erläutern und die technologischen Probleme der Zukunft zu beleuchten.

Die zueinander Aehnlichen der Mackinawitführenden, charakteristischen acht Proben von Yellice wurden zu gleichen Mengen gemischt und die so entstandenen vier Proben wurden in den Laboratorien des M.T.A. Instituts auf Sb-As-Mo-Cr-Ti-Fe-Ni-Co-Cu-Pb-Zn-Elemente der halbquantitativen Spektralanalyse unterworfen (Film: 520, Reihe: 17-18-19-20), die folgendes ergab:

Probe - Nr.	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Mo	Cr	Ti	Fe
1 80829,80830 80831,80832	0.15	0.01	0.0015	—	—	0.04	0.1 <	0.01	0.15	0.002	In allen Proben über % 10
2 74663	0.07	0.03	0.2	—	0.04 <	—	—	—	0.004	0.0075	
3 78453	0.01	0.0015	0.0007	—	—	0.02	—	—	0.1	0.007	
4 74653,74654	0.15	0.003	0.001	—	—	0.07	—	—	0.3	0.015	

Die Probe Nr. 1 wurde ferner im Laboratorium für analytische Chemie des M.T.A. Instituts analysiert und diese Analyse hat 0.16 % Ni und 0.13 % Co ergeben.

ERZMINERALIEN

SULFIDISCHE MINERALIEN

Pyrrhotin

Pyrrhotin ist das häufigst getroffene, sulfidische Erzmineral und besitzt verschiedene Korngrößen. Neben den grobkörnigen Pyrrhotinen findet man mittelkörnige und vielmehr feinkörnige Aggregatanhaufungen von ungefähr 100 Mikron Grösse. Die feinkörnigen Pyrrhotine verwachsen in den mittelkörnigen Pyrrhotinen mit Pentlanditkörnchen. So erkennt man es klar, dass die z.T. kataklastische Textur zeigenden und sich in einer bestimmten Richtung verlaengernden Pyrrhotine einer Deformation ausgesetzt sind. Die kataklastischen Risse des Pyrrhotins sind mit Gangmineralien und Mackinawit, manchmal mit Limonit gefüllt. Andererseits füllt Pyrrhotin in Form von kleinen Gängen die kataklastischen Risse sowie Zwischenräume des Magnetits, die kataklastischen Risse und Spalten des sehr schon gespaltenen Pyrits und Pentlandits. Ferner werden die sehr schöne Spaltbarkeit aufweisenden Pyrite von Mackinawit umschlossen.

Im Pyrrhotin wurden neben den dünnen Magnetitgängen und kleinen hypidiomorphen Magnetitkristallen auch zahlreiche kleine Pentlanditausscheidungen und in Spurenmenge vorhandene Sphalerit—sowie Kupferkieskörnchen festgestellt. Grobkörnige Pentlandite werden im Pyrrhotin selten beobachtet.

Pyrrhotin ist laengs seiner kataklastischen Risse und Kanten zu Pyrit, Pyrit-Magnetit und ferner in grosserem Masse zu Mackinawit umgewandelt.

Mackinawit

Die Formel von Mackinawit ist $(\text{Fe, Ni-Co} \dots \dots)$ S und dieses Mineral befindet sich in den Proben von Yellice in reicher Menge.

Allgemeines

Die Mackinawit enthaltenden Serpentinproben sind dunkelgrau-schwarz. Mackinawit wird im Serpentin z.T. als makroskopische, im allgemeinen aber als mikroskopische Bildungen festgestellt; die mit blossem Auge sichtbaren Mackinawite sind dunkelbraun und gleichen sehr dem Graphit. Wie Graphit faerbt auch Mackinawit die Hand und man kann auch mit Mackinawit auf Papier schreiben. Sein Strich ist schwarz.

Die Untersuchung der Anschliffe unter dem Auflichtmikroskop zeigt, dass sowohl makroskopische als auch mikroskopische Mackinawitbildungen in den Proben aus feinstkornigen Aggregatanhaeuungen bestehen. Daher ist die Messung der Vickershaerte von Mackinawit ziemlich schwer. Obleich auch Mackinawit wie Graphit die Hand faerbt und auf Papier einen Strich hinterlaesst, soll seine Haerte höher als diejenige des Graphits sein, weil er als Einzelaggregat sehr gut zu schleifen ist. Mackinawit macht den Eindruck, als ob seine Haerte gering waere, weil er aus feinstkornigen Aggregaten zusammengesetzt ist. Mackinawit sieht im Dünnschliff opak aus.

Faehigkeit zum Schleifen

Weil die Mackinawite in den Proben aus feinstkornigen Aggregaten zusammengesetzt sind, wird die beim Einzelaggregat erkennbare Faehigkeit zum guten Schleifen in der Aggregatanhaeuung nicht beobachtet. Insbesondere die von Pentlanditen umgewandelten Mackinawite konnen auf den parallel zur Aggregatenschichtung streichenden Anschliffsflaechen sehr gut geschliffen werden; dagegen ist die Schleifensmoglichkeit auf den quer zur Schichtung streichenden Anschliffsflaechen nicht gut.

Reflexionseigenschaften

Die Reflexionseigenschaften sind in Mackinawiten in verschiedenen Bildungen und Schliffen unterschiedlich, die Untersuchung unter dem Auflichtmetallmikroskop zeigt aber, dass Mackinawit im Öl einen viel höheren Glanz als Vallerüt und Graphit besitzt, obwohl er in der Luft ihnen sehr aehnlich ist. Sein Reflexionspleochroismus ist sehr stark. Beim Gebrauch der gekreuzten Nicols (Analysator) zeigt Mackinawit in der Luft und im Öl eine sehr starke Anisotropie und ist sogar staerker anisotrop als Graphit und Molybdaenit, die eine sehr hohe Anisotropie besitzen.

Die mikroskopische Untersuchung der Kernproben von Kangal-Yellice hat Mackinawite verschiedener Eigenschaften ergeben.

1. Der im Serpentin festgestellte Mackinawit. — In den Dünnschliffen der grosstenteils aus Olivinen gebildeten Serpentine wird Mackinawit als opakes Mineral beobachtet. Mackinawit tritt in den vollig antigoritisierten, serpentinierten Olivinen, manchmal gerade in ihrem Kern als kleine, blaetterige Bildungen auf (Foto 1) und zum Teil fuellt die Zwischenraeume der aus Olivinen gebildeten Antigoritserpentine (Foto 2). Derartige Mackinawite zeigen eine glaenzendere und gelblichere Farbe als andere Mackinawite. Im Serpentin befinden sich auch dünne

Mackinawitgaengchen (Foto 3). Diese Gaengchen gleichen in ihrer Gestalt den'in Gesteinen getroffenen Limonitgaengchen sehr und manchmal koanen einige Mackinawitgaengchen zusammen und annaehrend parallel auftreten.

Andererseits füllt Mackinawit teilweise die Spalten und Risse der aus Pyroxenen gebildeten pseudomorphen Serpentine (Bastite) und umschliesst sie. Die parallele Spalten der Bastite füllende Mackinawit zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung der An- und Dunnschliffe eine polysynthetische Form wie Albitzwillinge.

Ferner sind opake Mineralien wie Magnetit, Pentlandit, Pyrit im Serpentin zuweilen mit einem dünnen Mackinawitband umschlossen und die Spalten sowie kataklastische Risse derselben mit Mackinawit gefüllt.

2. Der in Calcitgaengen beobachtete Mackinawit.— Die im Serpentin z.T. makroskopisch, z.T. mikroskopisch erkennbaren Calcitgaengchen von verschiedener Dicke sind dadurch charakteristisch, dass sie in ihren Grenzteilen mit Serpentin und manchmal auch in sich sehr dünne Mackinawitnaedelchen enthalten, die den Rutil oder Milleritnaedelchen gleichen. Diese kleinen Nadeln sind eins oder einige Mikron dick und ihre maximale Laenge betraegt ungefaehr 40-50 Mikron. Die Mackinawitnaedelchen sind im Calcit meistens parallel angeordnet und selten zeigen sie eine radialstrahlige Textur. Diese kleinen Nadeln zeigen manchmal auch Biegungen und Krümmungen.

Sowohl im Serpentin als auch in Calcitgaengen getroffene Mackinawite sind infolge der Serpentinisierung gebildet.

Das Magnesium in der Formel von Olivin (Mg, Fe_2, SiO_4) wird zum Teil diadoch durch Ni ersetzt, weil bekanntlich ihre Atomdurchmesser sehr nahe sind. Waehrend der Serpentinisierung haben sich die Fe- und Ni-Elemente des Olivins mit Schwefel verbindet und den Mackinawit gebildet, dessen Formel (Fe, Ni, Co, \dots) S ist. Das Entstehen des waehrend der Serpentinisierung unter hydrothermalen Bedingungen gebildeten Mackinawits aus Olivin zeigt grosse Aehnlichkeit mit der Opakisierung einiger an Eisen reichen Mineralien (wie Biotit, Hornblende) in der Oxydationszone. Dass Mackinawit gewoehnlich mit den in Calcitgaengchen der Proben festgestellten und Magnetiteinschlüsse enthaltenden Pyriten zusammen auftritt, weist darauf hin, dass der Schwefel in der Formel des Mackinawits mit Calcit gekommen ist.

3. Der aus Pentlandit gebildete Mackinawit.— In der Umgebung von grob- und feinkornigen Pentlanditen im Serpentin sind manchmal Mackinawite vorhanden, die sogar mit blossem Auge erkannt werden koennen. Dieser Mackinawit ist aus dünnen, lamellaren Bildungen zusammengesetzt und besitzt eine filzartige Flaechentextur. Im Unterschied zu den oben erwaehten, im Serpentin vorkommenden Mackinawiten ist hier anstatt des gelben Farbtones die braune Farbe vorherrschend. Dieser unterschiedliche Farbton der Mackinawite ergibt sich z.T. aus ihren chemischen Eigenschaften, z.T. aus submikroskopischen Fremdmineralien zwischen den geschichteten Mackinawitaggregaten und aus den schichtigen Gangmineralien.

Dass im Mackinawit manchmal in Reliktenform Anhaeufungen der sehr kleinen Pentlanditkornen von 1 oder einige Mikron Grosse vorkommen (Foto 4) und dass manchmal deutlich idiomorph-hypidiomorphe Pentlandite teilweise zu Mackinawit umwandeln (pseudomorph), zeigen klar, dass derartige Mackinawite aus Pentlandit entstanden sind. Ferner wurde beobachtet, dass die Pentlandite laengs ihrer Risse und Spalten in Form von eins oder einige Mikron breiten Gaengchen zu Mackinawit umgewandelt sind. Der durch die erwaehte Umwandlung gebildete Mackinawit wird mehr in den im Pyrrhotin vorkommenden, grobkornigen Pentlanditen und in ihren Rissen sowie Spalten als in den im Serpentin vorhandenen, grobkornigen Pentlanditen getrof-

fen (Foto 5). Derartige wurmförmige Mackinawite sind in der Regel auf die gleiche Richtung gerichtet. Die Pentlanditausscheidungen im Pyrrhotin befinden sich manchmal mit Mackinawit nebeneinander. Der letztgenannte, längs der Rissen- und Spalten der Pentlandite sowie innerhalb derselben vorkommende Mackinawit gleicht in seinen mikroskopischen Eigenschaften dem Vallerit sehr.

4. Der rings um den Pyrrhotin und in seinen Rissen festgestellte Mackinawit. — Gewöhnlich im Kontakt der den Pyrrhotin als kleine Gänge durchsetzenden Calcit mit Pyrrhotin wurde das Mackinawitmineral in makroskopisch erkennbarer Menge festgestellt. Die Untersuchung des Anschliffes unter dem Auflichtmikroskop hat gezeigt, dass Mackinawit aus feinstkörnigen, blätterigen Bildungsanhäufungen besteht und ein filzartiges Flächenaussehen besitzt. In solchem Mackinawit werden Pyrrhotinrelikte getroffen; in diesem Falle ist es klar, dass Mackinawit von Pyrrhotin umgewandelt ist. In dem von Pentlanditausscheidungen enthaltenen Pyrrhotin umgewandelten Mackinawit werden spurenweise 50-60 Mikron grosse Magnetitkörner getroffen; gleich grosse Magnetitbildungen sind auch im Pyrrhotin vorhanden. In diesem Falle können wir annehmen, dass die Magnetitbildungen im Mackinawit vom während der Umwandlung des Pyrrhotins zu Mackinawit keine Änderung erlittenen Pyrrhotin herkommen. Diese Tatsache bekräftigt die Ansicht, dass Mackinawit infolge der Umwandlung des Pyrrhotins entstanden ist. Man nimmt an, dass der als Pseudomorphose des Pyrrhotins gebildete Mackinawit in sehr geringster Menge Ni enthält, weil er auch die im Pyrrhotin enthaltenen Pentlanditausscheidungen in sich genommen hat.

Von den an Mackinawit reichen Teilen verschiedener Bohrung-Kernproben wurden mittels eines Taschenmessers zwei Proben für das X-Ray-Diffraktionsgerät herausgenommen. Die Röntgenaufnahmeergebnisse dieser beiden Proben stimmen mit den A S T M 15-37-Karten in den Laboratorien des M.T.A. Instituts vollkommen überein. Die chemische Analyse derselben Proben hat 0.32 % Ni und 0.27 % Co ergeben.

Pyrit

Pyrit wird in den untersuchten Proben in sehr geringer Menge festgestellt und befindet sich im allgemeinen mit Pyrrhotin zusammen. In den Gangmineralien ist Pyrit selten vorhanden.

Der im Pyrrhotin auftretende Pyrit zeigt sehr schöne Spaltbarkeit und die Zwischenräume seiner Spalten sind z. T. mit Pyrrhotin z. T. mit Mackinawit gefüllt (Foto 6). Die längs der Kanten und Risse des Pyrrhotins umgewandelten Pyrite zeigen eine mit Magnetit verwachsene, myrmekitische Textur (P. Ramdohr, 1960 s. 196a). Ferner sind die Magnetiteinschlüsse enthaltenden und in Calcitgängen vorkommenden Pyrite mit grosser Wahrscheinlichkeit von Magnetit umgewandelt. Man nimmt an, dass derartige Bildung des Pyrits, die als Pyritisierung bezeichnet wird, unter hydrothermalen Bedingungen entstanden ist. Die im Gestein festgestellten Pyrite sind xenomorphe Bildungen. Ferner werden im Pentlandit, in Rissen und Zwischenräumen des Magnetits spurenweise kleine Pyritkörner beobachtet.

Pentlandit

Pentlandit; wird in Form von wenigen, aber auf Anschliffsflächen mit blossen Auge leicht erkennbaren Einzelkristallen zum Teil zwischen den Magnetiten im Serpentin, seltener im Pyrrhotin getroffen; ferner ist Pentlandit im Pyrrhotin als sehr kleine, mikrokristalline Bildungen vorhanden. In der Regel zeigen die groben Kristalle im Serpentin eine sehr schöne, der (111) parallele Spaltbarkeit und eine sichtbare, kataklastische Textur. Die kataklastischen Risse und die Spalten sind mit Mineralien wie Magnetit, Serpentin, Hämatit, Pyrrhotin, Mackinawit

und Bravoit gefüllt. Die kataklastische Textur weist klar darauf hin, dass die Pentlandite einer Deformation ausgesetzt sind.

Die im Pyrrhotin in grosser Anzahl vorhandenen, feinkornigen Pentlandite zeigen eine maximale Korngrösse von 100 Mikron (mit Ausnahme von selten gefundenen, bis 0.5 mm grossen Pentlanditen), besitzen im allgemeinen eine xenomorphe Gestalt und treten selten im Form von Flaemmchen auf. Diese feinkornigen Pentlandite befinden sich im Pyrrhotin teilweise als nebeneinander liegende Anhaeuungen, zum Teil sind sie unregelmässig verteilt. Die Pentlanditkornanhaeuungen im Pyrrhotin sind z.T. als kleine Gaenge nebeneinander angeordnet. An einer Stelle haben sich die feinkornigen Pentlandite im Pyrrhotin in zwei verschiedenen Richtungen angeordnet und im Pyrrhotin eine Rhomboederform gebildet. In diesem Falle kann man sagen, dass die Kornchen parallel der (0001)-Fläche des Pyrrhotins angeordnet sind. Ferner wurden auch im Pyrit einige, kleine Pentlanditkorn festgestellt. Es ist zu denken, dass die Pentlandit enthaltenden Pyrite von Pyrrhotin umgewandelt sind. Auch manche im Pyrrhotin beobachteten, feinkornigen Pentlandite sind wie einige grobkornige Pentlandite z.T. zu Mackinawit umgewandelt.

Millerit

Millerit wurde im allgemeinen innerhalb und in Randteilen des Pentlandits in Spurenmenge, umgewandelt vom Pentlandit, in Form von aneinander angeordneten, allotriomorphen Kornanhaeuungen mit maximaler Korngrösse von 20-30 Mikron festgestellt. Das in dieser Form vorkommende Milleritaggregat durchsetzt manchmal den Pentlanditkristall, in dem es enthalten ist, in Form von einem max. 50-60 Mikron dicken Gaengchen. Ferner wurde Millerit zum Teil in Gangmineralien (vor allem in Calcit eins Foto 7) als ems oder einige Mikron dicke und bis 40-50 Mikron lange Naedelchen beobachtet.

Molybdaenit

Molybdaenit ist in sehr geringster Menge vorhanden und tritt im Serpentin in Form von max. 150 Mikron langen Aggregaten bestehend aus dünnen und bis 40-50 Mikron langen Plaettchen auf (Foto 8). Diese Plaettchen zeigen manchmal strahlige, manchmal parallele Anordnung und selten beobachtet man bei ihnen Krümmungen.

Es wird angenommen, dass Molybdaenit hier infolge der Metamorphose durch hydrothermale Mobilisation entstanden ist. In gleicher Menge und Gestalt auftretende Molybdaenite werden in den Chloriten in Liegendteilen der Kupferlagerstaetten von Ergani getroffen.

Kupferkies

Kupferkies wurde zwischen den kataklastische Textur aufweisenden Magnetiten zusammen mit Pentlandit und Pyrrhotin, seltener im Pyrrhotin und Magnetit festgestellt.

Bravoit

Insbesondere die grobkornigen Pentlandite sind laengs mrrer Risse und Spalten als sehr dlinne Baendchen zu Bravoit umgewandelt. Die Bravoitgaengchen besitzen unterschiedliche Dicke und in der Regel überschreitet sie nicht 3-10 Mikron. Die laengs der Spaltung der Pentlandite gebildeten Bravoite werden zuweilen im Pentlandit in Form von Wurmchen beobachtet.

Antimonit

Antimonit wurde zusammen mit dem in \pm grosser Menge auftretenden Sphalerit und Galenit rings um die Pentlandite festgestellt. Hier ist Antimonit mit einem gleich breiten Galenitgiirtel umschlossen.

Sphalerit

Sphalerit wird in sehr geringster Menge beobachtet. Im allgemeinen umgibt Sphalerit als 10-15 Mikron breite Gürtel rings um manche Pentlandite, seltener tritt er im Pyrrhotin in Form von max. 50 Mikron grossen Kornchen auf. Sphalerit enthaelt teilweise sehr dünne Kupferkiesauscheidungen. Zwischen den die Pentlandite umschliessenden Sphaleriten und Pentlanditen sind manchmal ein sehr dünnes Zaum eines dem Galenit aehnlichen, isotropen Minerals und Mackinawit vorhanden.

Galenit

Galenit wurde zusammen mit dem in \pm grosser Menge auftretenden Sphalerit und Antimonit in Form von die Pentlandite umschliessenden Gürtelchen beobachtet.

OXYDISCHE UND HYDROXYDISCHE MINERALIEN

Magnetit

Magnetit stellt das in Kernproben von Yellice haeufigst vorkommende Erzmineral dar und hier wurden Magnetite verschiedener Form und Genese festgestellt.

Die in sich Chromitrelikte enthaltenden Magnetite treten als rundliche, kataklastische Zerbrechung und Zertrümmerung zeigende Bildungen auf. Die Umwandlung von Chromit zu Magnetit (Magnetitisierung) ist rings um den Chromit, in seinen Rissen und seltener parallel zu der (III)-Spaltsflaechen erfolgt (Foto 9). Die auf diese Weise entstandenen Magnetite zeigen z.T. eine sichtbare Plaettung und ihre Zwischenraeume sind mit Mineralien wie Pyrrhotin, Pentlandit, Kupferkies gefüllt. Die Magnetite sind infolge der Tektonik und Metamorphose durch Umwandlung der Chromite entstanden.

Ferner werden im Serpentin vereinzelte, unregelmässig verteilte, klenie, xenomorphe Magnetitbildungen festgestellt. Diese Magnetite bilden manchmal in der Bohr-Kernprobe und auf der Anschliffsflaechen makroskopisch leicht erkennbare, dünne, gangformige Anreihungen. Derartige Magnetite, in denen keine Chromitrelikte vorkommen, sind z.T. waehrend der Serpantinisierung, z.T. infolge der Metamorphose durch hydrothermale Mobilisation entstanden.

Magnetit wurde ferner in geringster Menge im Pyrrhotin als kleine Körner festgestellt. Dieser Magnetit, der infolge der Umwandlung des Pyrrhotins zu Pyrit entstanden ist und manchmal mit Pyrit eine schdne myrmekitische Textur zeigt, wurde in den an Pyrrhotin ziemlich reichen Proben beobachtet. Die genannte myrmekitische Textur ist in der Naehel vom Grundwasserspiegel unter Einwirkung der von der Erdoberflaechen hinabsickernden, starksaurehaltigen Lösungen im Rahmen der Reaktion $6\text{FeS} + 4\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 3\text{FeS}_2$ entstanden (P. Ramdohr, 1960 s. 559).

Eine Oktaederflaechen des auf diese Weise entstandenen Magnetits faellt mit der (0001)-Flaechen des Pyrrhotins auf gleiche Richtung,

Ferner tritt Magnetit innerhalb des Pyrrhotins und Pentlandits sowie in ihren Rissen und Spalten als dünne Gaengchen auf.

Die Magnetite sind laengs ihrer Kanten und Risse spurenweise zu Haematit umgewandelt (Martitisierung). Die Martitisierung wird auch in den in Spalten und Rissen der Pentlandite vorhandenen Magnetiten gesehen.

Ferner wurden Magnetiteinschlüsse in den in Calcitgaengchen befindlichen Pyritens festgestellt.

Chromit+ Fe-Cr-Spinell

Dieses Mineral stammt von ultrabasischem Gestein und wurde in sehr geringer Menge in Magnetiten als max. 0.4 mm grosse Relikte, grosstenteils unigewandelt zu Magnetit gefunden. Die Magnetitisierung verwirklicht sich im allgemeinen laengs der Kanten und Risse des Chromits und seltener folgt sie den (111)-Spalten.

Wenn auch nicht immer befindet sich manchmal zwischen dem Chromitrelikt und Magnetit ein sehr dünnes, im Verhaeltnis zu Chromit hellergraues Band; man nimmt an, dass dieses Mineral waehrend der Magnetitisierung als ein Zwischenmineral entstanden ist und mit grösster Wahrscheinlichkeit den Fe-Cr-Spinell darstellt. Der Spinell kann an den Stellen, wo er in reicherer Menge vorhanden ist, verschiedene, hellere und dunklere Farben aufweisen.

Rutil + Leukoxen

Dieses Mineral befindet sich im Serpentin in sehr geringster Menge und in Form von max. 40-50 Mikron grossen, xenomorphen Körnchen. Die Rutil sind mit einem Band des in Gangmineralien feinst verteilten (submikroskopischen) Leukoxen umschlossen. Ferner wurden Leukoxene gesehen, in denen kein Rutil enthalten ist. Man nimmt an, dass Rutil und Leukoxen infolge der Metamorphose von den Ilmeniten und Ti-enhaltenden Silikaten entstanden sind, die sich im den Serpentin bildenden, ultrabasischen Gestein befinden sollen.

Haematit

Haematit wird in Spurenmenge z.T. in Form von 1 oder einige Mikron dicken Gaengchen zwischen den kataklastischen Magnetiten in den Rissen und Spalten der Pentlandite beobachtet, seltener tritt er in Form von 3-5 Mikron breiten Baendern an den Grenzen der im Serpentin vorhandenen Calcitgaenge und in Form von sehr kleinen Körnern im Calcit auf. Die in den Rissen der kataklastischen Magnetite und im Pentlandit vorkommenden Haematite sind von Magnetit umgewandelt (Martitisierung). Auf einem Anschliff wurde die Grösse des von Magnetit umgewandelten Haematits als 10 Mikron gemessen.

Limonit

Limonit wurde in den Rissen des Pyrrhotins als Füllungsmeterial in sehr geringster Menge beobachtet.

SCHLUSS

Die Lagerstaettenabteilung des M.T.A. Instituts hat der Unterabteilung für Mineralogie-Petrographie die Kernproben von Yellice Köyü geschickt. Die Erzminerale in diesen Proben wurden hier ausführlich untersucht und über die Genese der meisten, opaken Mineralien wurden umfassendere Erlaeuterungen gegeben.

Wir können die Erzminerale in den Proben von Yellice aufgrund ihrer Genese in 3 Gruppen einteilen:

- 1 - Von dem Hauptgestein des Serpentin, dem ultrabasischen Gestein, herkommende Erzminerale: Chromit und vielleicht auch ein Teil des Pentlandits.

- 2 - Infolge der Serpentinisierung und Metamorphose durch hydrothermale Mobilisation und Umwandlung gebildete Erzminerale: Pyrrhotin+Pentlandit, Magnetit, Mackinawit, Pyrit, Millerit, Molybdaenit, Kupferkies, Antimonit, Sphalerit, Galenit, Spinell, Rutil und Leukoxen.
- 3 - Durch Oxydation gebildete Erzminerale: Limonit, Haematit und Bravoit (vielleicht auch hydrothermal).

Ich glaube, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung für die im Gelaende arbeitenden Geologen von grossem Nutzen sein werden, weil sie erforderliche Einzelheiten über die Vererzung enthalten.

Zum Schluss mochte ich allen Mitarbeitern der Laboratorienabteilung des M.T.A. Instituts für ihre Mühewaltung in dieser Arbeit verbindlichst danken.

Manuscript received 24 May, 1974

Übersetzt von Zerrin BENGİ

LITERATURVERZEICHNIS

- ANTUN, P.; EL GORESSY, A. & RAMDOHR, P. (1966): Ein neuartiger Typ «hydrothermaler» Cu-Ni-Lagerstätten (mit Bemerkungen über die Mineralien: Vallerit, Mackinawit, Oregonit). *Mineralium Deposita*, Bd. 1, Nr. 2, S. 113-132.
- ASLANER, G. (1970): Türkiye kromitlerinden bazılarında izlenen karışım kristal yapısının ve çeşitli etkenlerle meydana gelen sekonder oluşların maden mikroskopik incelenmesi. *M.T.A. Derg.*, no. 74, Ankara.
- BORCHERT, H. (1934): Über Entmischungen im System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung als «geologische Thermometer». *Chemie d. Erde*, 9, 145-172.
- BUERGER, M.J. (1928): The plastic deformation of ore minerals *Amer. Min.*, 13, 1-17, 35-51.
- CISSARZ, A. (1956): Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien. *Min. Serv. Geol. Serbie*, 6, 152 s.
- ÇAĞATAY, A. (1968): Erzmikroskopische Untersuchung des Weiss-Vorkommens bei Ergani Maden, Türkei, und genetische Deutung der Kupfererzlagerstätten von Ergani Maden. *N. Jb. Miner. Abh.*, 109, 131-155, Stuttgart.
- DONATH, M. (1930): Geologisch-mineralogische Studien an serbischen Chromitlagerstätten. *Diss.*, Freiberg.
- EDWARDS, A.B. (1938): Some ilmenite micro-structures and their interpretation. *Austral. Inst. Min. Met. Proc.*, N.S., 110, 39-58.
- EHRENBERG, H. (1932): Orientierte Verwachsungen von Magnetkies und Pentlandit. *Z. Krist.* 82, 309-315.
- FORSTER, I.F. & GRAFENAUER, S. (1958): Diskussion zur Arbeit von Krause, Erzmikroskopische Untersuchungen an türkischen Chromiten. *N. Jahrb. Mineral. Abh.*, 92, 171-183.
- HAWLEY, J.E. & HAW. W.A. (1957): Intergrowths of pentlandite and pyrrhotite. *Econ. Geol.* 52, 132-139.
- HELKE, A. (1955): Beobachtungen an türkischen Minerallagerstätten *N. Jb. Miner. Abh.*, 88, 55-224, Stuttgart.
- (1964): Die Kupfererzlagerstätte Ergani Maden in der Türkei. (Eine geologisch-erzmikroskopische Untersuchung.) *N. Jb. Miner. Abh.*, 101, 3, 233-270-Stuttgart.
- KRAUSE, H. (1958): Erzmikroskopische Untersuchungen an türkischen Chromiten. *Neues Jb. Min. Abh.*, 90, 305.
- NODOP, G. (1956): Beitrag zur Kenntnis von Anatas, Rutil und Zinnstein. *Festschrift. Hermann Rose*, Berlin (Bornträger) 239-284.
- RAMDOHR, P. (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. *Akademie-Verlag*, Berlin.
- (1969): The ore minerals and their intergrowths. *Braunschweig*.

- & ÖDMAN, O. (1932): Valleriit (=«unbekantes Nickelerz»==fragliches pleochritisches Mineral). *Gal. Foren. Forn.Stocholm*, 54, 1-10.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1955): Die Erzlagerstaetten. Kurzvorlesungen, zui Einführung und zur Wiederholung. Stuttgart.
- & RAMDOHR, P. (1933): Lehrbuch der Erzmikroskopie. Bd. 2, Berlin Bd. 1,
- TAKENO, SETUO (1965) : A note on mackinawite (so called valleriite) from the Kawayama Mine. *Japan Geo. Rept. Hiroshima University*, 14.
- UYTENBOGAARDT, W. (1971): Tables for microscopic identification of ore minerals.
- WIJKERSLOOTH, P. de (1942): Türk krom cevherindeki istihaleler. *M.T.A. Mecm.*, no.2/27, Ankara.
- (1946): Anadolu krom cevherlerinin istihalesi ve bunların magmatik oluşlarla ilgisi. *M.T.A. Yayınl.*, seri B. no. 10, Ankara.



Foto 1 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). In antigoritisierten, serpentinierten Olivinen gebildeter Mackinawit (hellgrau). Gangmineral ist Antigoritserpentin (schwarz).

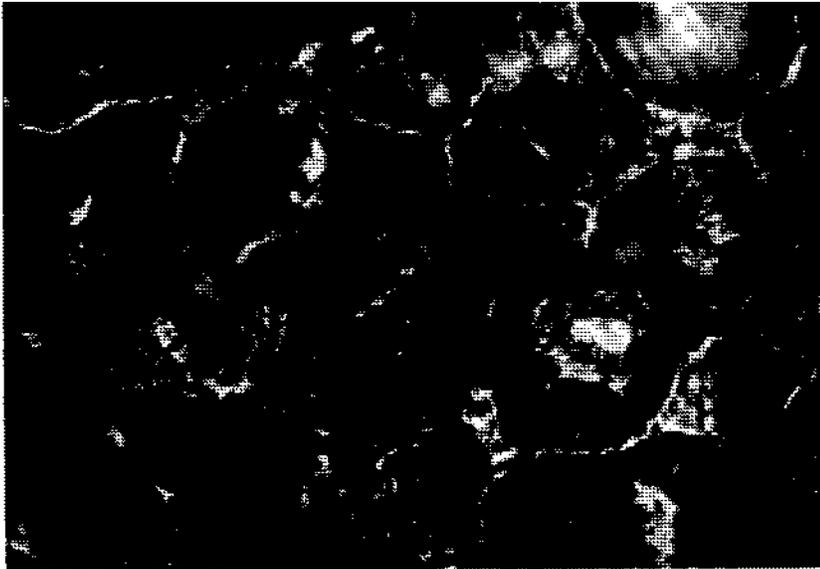


Foto 2 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Mackinawit (hellgrau), der die Zwischenraeume des von Olivinen gebildeten Antigoritserpentin füllt. Gangmineral (schwarz).

AhmetÇAĞATAY



Foto 3 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Parallele Mackinawitgengchen (hellgrau) im Serpentin. Innenreflexe (hellgrau-grau) im Gangmineral (schwarz).

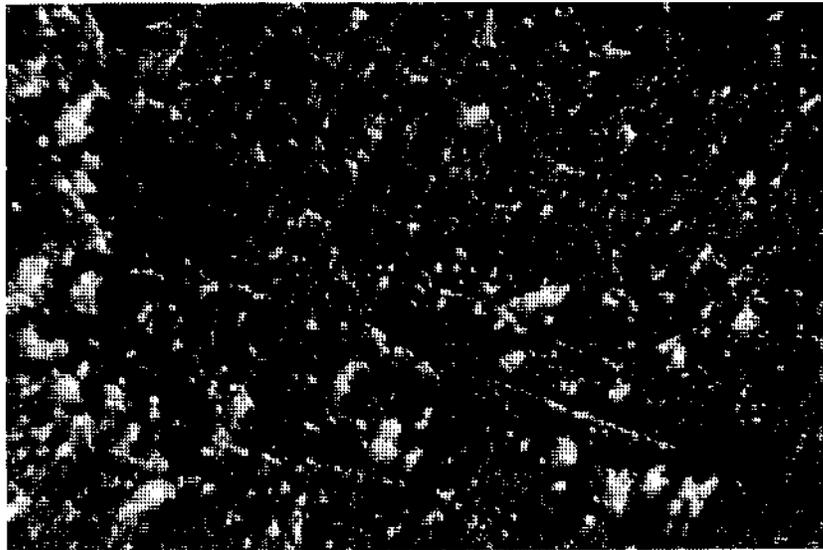


Foto 4 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Feinstkörnige Pentlanditrelikte (weiss) im Mackinawit. Rabenschwarze Farben zeigen Gangminerale und Löcher.

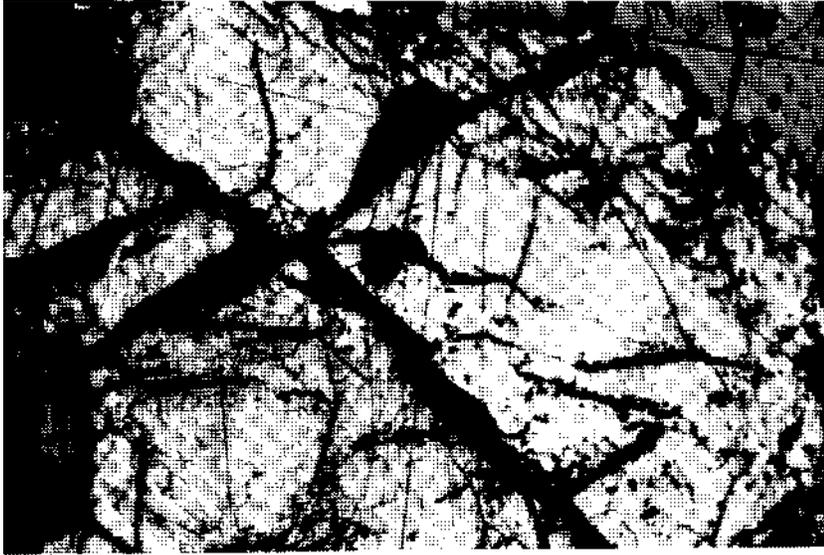


Foto 5 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Pentlandit (weiss) ist in kataklastischen Rissen sowie Blätterungen und im inneren Teil zu Mackinawit (grau) umgewandelt. In den Randteilen Pyrrhotin (dunkelgrau). Gangminerale, Löcher und Risse sehen schwarz aus.



Foto 6 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Sehr schöne Blätterung zeigender Pyrit (weiss), laengs seiner Blätterung zum Teil mit Pyrrhotin (grau), zum Teil mit Mackinawit (schwarz) gefüllt.

AhmetÇAĞATAY

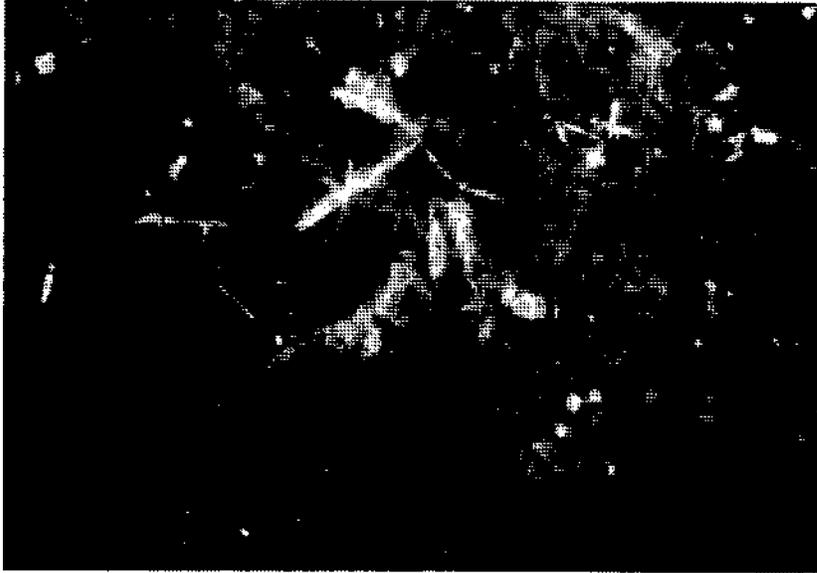


Foto 7 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Milleritnadelchen (weiss) im Kalzit (grau). Serpentin (schwarz).

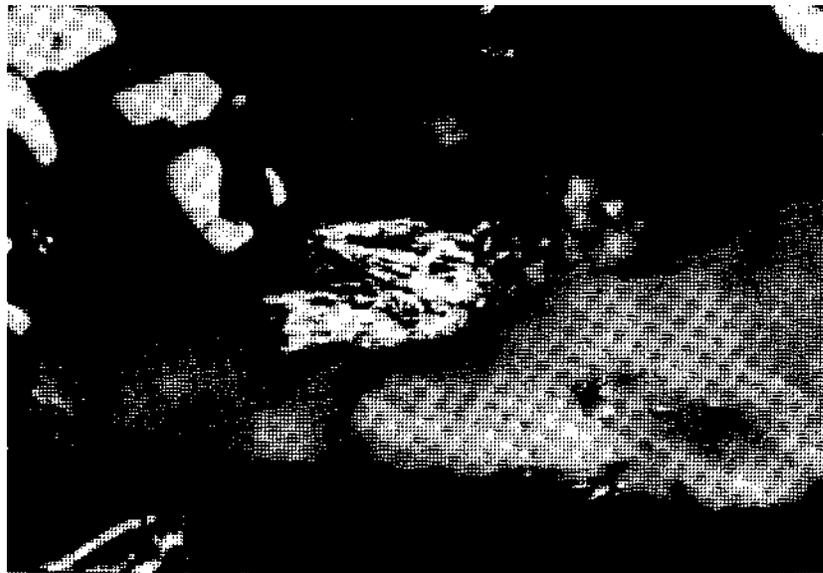


Foto 8 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Kalzit (wegen der Innereflexe grau-dunkelgrau), im Serpentin (schwarz) kleine Molybdaenitlamellen (in der Mitte) und Magnetit (weiss).

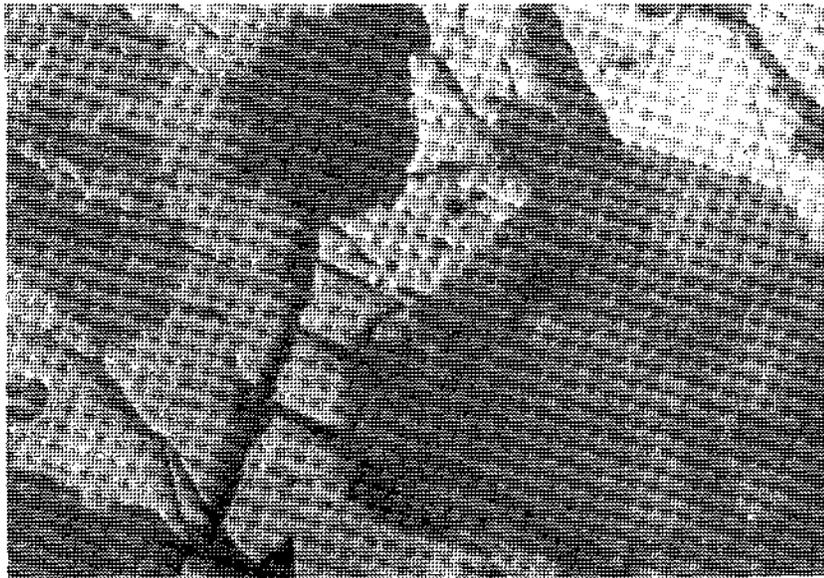


Foto 9 - Vergrößerung 25×10 (im Immersionsöl). Chromit (dunkelgrau) zu Magnetit (grau) umgewandelt. Risse und Löcher sind zum Teil mit Gang gefüllt (schwarz).