

OKSIDNE RUDE SVINČEVIIH IN CINKOVIIH ORUDENENJ GORNO (BERGAMO – ITALIJA)

Stanko Grafenauer

S 6 slikami v prilogi

Med specializacijo v Heidelbergu* mi je kolega ing. F. Gregorač izročil povprečen vzorec zmlate rude iz kraja Gorno v okolici Bergama, da ga pregledam in določim, katere minerale vsebuje. Podatki o mineraloškem sestavu, paragenezi, načinu zraščanja, vškropljenosti, stopnji oksidacije itd. so potrebni za pravilen način oplemenitenja rude.

Splošno o rudišču

Rudišče Gorno severno od Bergama v Italiji pripada hidrotermalnemu metasomatskemu tipu rudišč vzhodnoalpske geosinklinale. Sistematski pregled rudišč in njihovo stratigrafsko zvezo v sklopu te geosinklinale je prikazal Schneider (1957, s. 243). V bergamskih Alpah je bila orudena tudi karnijska in ne le ladinska stopnja, kakor je sicer navadno v ostalih vzhodnoalpskih svinčevih in cinkovih rudiščih. Ruda tega rudišča je izredno močno oksidirana in kaže znake neposrednega nastanka iz sulfidnih rud *in situ*, kakor tudi znake poznejših notranjih premeščanj (regeneracij) in prekristalizacije.

Rudna telesa so zelo nepravilno razporejena v apnencih in dolomitih. Nastopajo v gnezdih, večjih ležiščih in drugih nepravilnih oblikah, mimo tega nahajamo tudi rudne cevi, ki so komplicirano sestavljene, in imajo mnoge razvejitve in odcepe. Mineralna parageniza je zelo preprosta. Poleg mineralov, ki jih je naštel Gregorač (galenit, sfalerit, cerusit, smitsonit, kalamina in vilemit), nastopa še cela vrsta drugih mineralov (anglezit, hidrocinokit, cinokit, bakrena medlica, pirit, markazit, hematit, limonit, getit). Kot jalovi minerali nastopajo kalcit, dolomit, kremen in kalcedon.

Priprava vzorca za halkografsko preiskavo

Pripravo vzorca zmlate rude in izdelavo obruska opisujejo že Cadwell (1959), Cohen (1957), Colbertaldo (1952), Edwards (1955), Schneiderhöhn (1952), Wachromejew (1954) in drugi,

* Avtorju je omogočil delo »Sklad Borisa Kidriča«, ki mu je dodelil maja 1957 štipendijo za strokovno specializacijo v inozemstvu.

vendar sem se držal izključno ustnih Ramdorjevih navodil, ki so le delno objavljena (1955).

Zmleto rudo sem prepariral s pomočjo smole znamke »Araldit Gießharz B«, ki ji je bilo treba dodati strjevalec »Härter 901«. Obročke iz bakelita prečnika 26 mm sem položil na litoželezno ploščo, nekoliko premazano s silikonom, in nasul vanje tanek sloj zmlete rude. Zrna zmlete rude so bila povprečno drobnejša od 3 mm. V posebni posodici sem raztopil smolo pri 120 °C in nato dodal strjevalec ter mešal toliko časa, da so se nehali izločati mehurčki. Za en obrus sem potreboval 6 do 7 g smole in 2 do 2,3 g strjevalca. Navadno sem delal 10 obruskov hkrati. Nato sem vlil smolo v obročke in jo strjeval 14 do 16 ur pri 100 °C. Araldit se je pokazal kot izredno uspešno sredstvo za izdelavo obruskov iz separacijskih produktov, posebej zato, ker čvrsto prilepi zrnca, ki pri poliranju in brušenju sicer rada izpadajo.

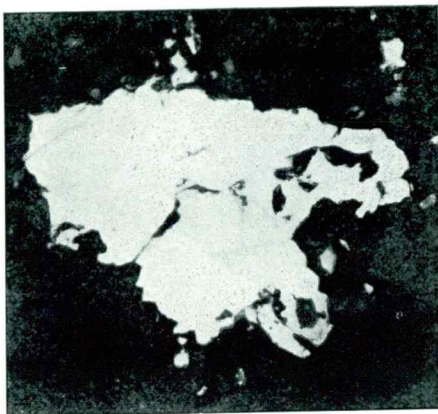
Pri prepariranju lažji delčki lahko uidejo nekoliko navzgor in tako ne bi dobili nikakor pravega povprečja za koncentrat. V tem primeru si pomagamo s centrifugiranjem, s čimer izravnamo razlike v teži. Seveda sme biti pri tem postopku premer obruskov za koncentrat le 16 do največ 20 mm.

Preparat sem nadalje poliral in brusil na Rehwalдовem stroju. Lahko pa se dela tudi ročno. Z »diamantno« ploščo odrezan kos rude ali pa prepariran neobdelan obrus v obročku brusimo najprej na okrogli plošči iz litega bazalta premera 40 cm. Plošča je sestavljena iz ovalnih avgitnih kristalov in se pri brušenju približno dvajsetkrat bolj počasi obrabi kot druge plošče. Najprej brusimo ročno s karborundom No. 1400 (približno 280 minutni karborund) najmanj 5 minut. Nato brusimo strojno z istim karborundom na plošči za brušenje in poliranje, ki ima premer okroglo 20 cm in se obrača 400 do 800-krat na minuto okrog svoje osi; prevlečena je z biljardnim suknom ali pa dobro tkanim tankim nylonskim blagom. To brušenje traja najmanj 15 minut. Po brušenju poliramo obrusek najmanj 5 minut na blagu z zelenim kromoksidom. Seveda ta oksid ni za pretrde minerale. Končno poliramo z magnezijo usto največ 1 minuto. Zelo važna je pri brušenju in poliranju največja čistoča in izpiranje med posameznimi stopnjami.

Mineraloški sestav in struktura rude

Pri finoizrnatem zraščanju anglezita, cerusita in smitsonita je diagnoza teh prozornih mineralov v rudnem obrusku precej težavna. Za diagnozo teh mineralov se je zelo dobro obnesel Vujanovićev (1955) način strukturnega jedkanja. Poleg navadno uporabljenega jedkanja je Vujanović uvedel tudi jedkanje s parami. Ponašanje mineralov napram tekočinam ali param je prikazal v dveh tabelah.

Galenit je v povprečnem vzorcu izredno redek. Nastopa v osnovi, zelo redko pa v zrnih. Jedkanje robov kaže, da je rekristaliziran. Zrnca imajo večinoma premer izpod 70 μ . Zraslost galenita s sfaleritom in produkti njegove oksidacije gredo navzdol celo do 1 μ . Galenit je nekoliko srebronosen in vsebuje včasih kot primes bakreno medlico (te-

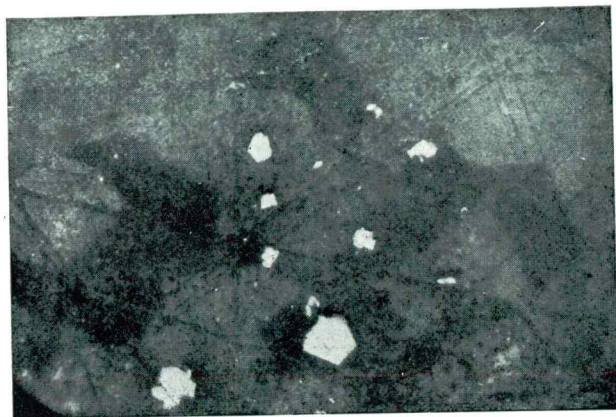


1. slika

Galenit, tenantit, sfalerit, pirit, smitsonit v Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba, 1 nikol, olje, 450 $\times$. Galenit (bel) vsebuje tenantit (za odtenek temnejši od galenita). Svetlobela zrnca so pirit, sivkasta zrna sfalerit in temnosiva smitsonit.

Abb. 1.

Bleiglanz, Tennantit, Zinkblende, Pyrit, Smithsonit von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Ölimmersion, 450 $\times$. Bleiglanz (weiß) enthält (etwas dunkler) Tennantit. Hellweiße Körner sind Pyrit, grau Zinkblende und dunkelgrau Smithsonit.

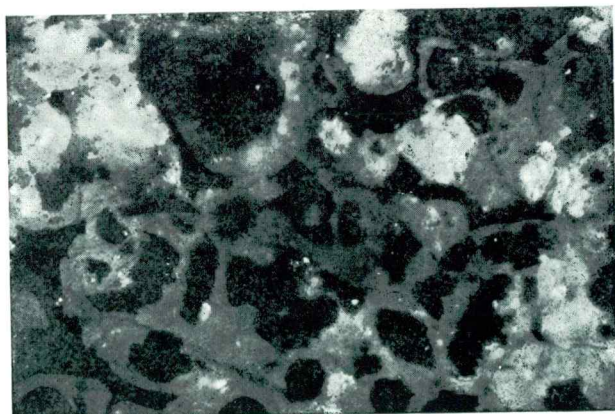


2. slika

Cerussit, pirit, goetit v Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba 1 nikol, olje, 170 $\times$. Cerussitna zrna (svetlo in temneje siva) so močno pleohroična in vsebujejo zrnca pirita, ki se po razpokah izpreminjajo v goetit (temnosiv v belih zrnih pirita).

Abb. 2.

Cerussit, Pyrit, Nadeleisenerz von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Öl, 170 $\times$. Cerussitkörner (hell und dunkelgrau) sind stark pleochroitisch und enthalten Pyritkörner, welche längst Spalten in Nadeleisenerz (dunkelgrau in weißen Pyritkörnern) verändert sind.

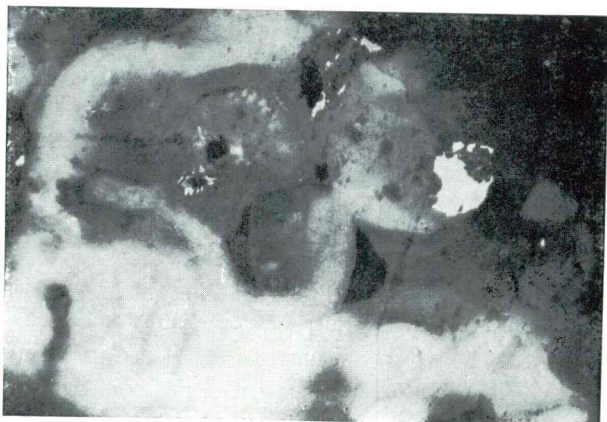


3. slika

Smitsonit in cinkit s kremenom v Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba, 1 nikol, olje, 170 $\times$. Kremenova zrna so obkrožena s sivimi zrni smitsonita in drobnimi svetlejšimi zrnci cinkita.

Abb. 3.

Smithsonit und Zinkit mit Quarz von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Öl, 170 $\times$. Die Quarzkörner (schwarz) sind mit Smithsonit (grau) und feinkörnigen Zinkitkörnern (heller) umrandet.

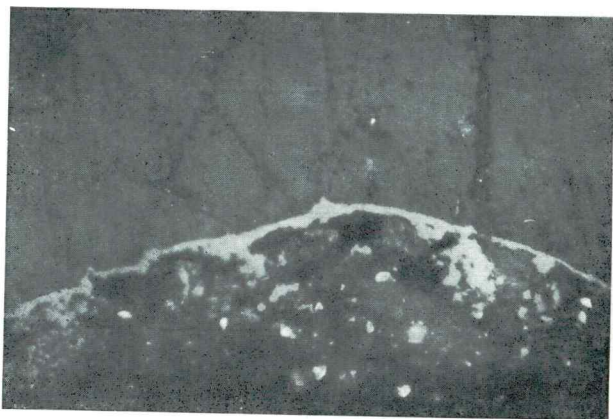


4. slika

»Galmaj«, Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba, 1 nikol, olje, 150×. Sfalerit (bel), izpremenjen v smitsonit (siv) in conarni hidro-cinkit in kalamino (ki se ne ločita med seboj v fotografiji, sicer ju je možno ločiti le po anizotropiji).

Abb. 4.

Galmei von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Öl, 150×. Zinkblende (weiß) verändert in Smithsonit (grau) und Zonargefüge von Hydrozinkit und Calamin (in Abbildung nicht unterscheidbar).

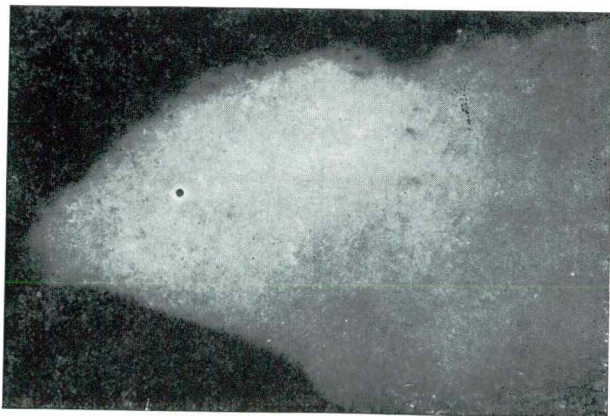


5. slika

Smitsonit s hematitno skorjico, Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba, 1 nikol, olje, 400×. Siv smitsonit obdaja svetlosiv hematit in nato mu sledi navzven temnosiv limonit. V smitsonitu vidimo nekaj iskric pirita.

Abb. 5.

Smithsonit mit Hämatitkruste von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Öl, 400×. Um Smithsonit (grau) zuerst eine Hämatitkruste (hellgrau) und dann Brauneisen (dunkelgrau). Man sieht auch einige Pyritfünkchen.



6. slika

Vilemit, Gorno, Bergamo. Odsevna svetloba, 1 nikol, olje, 140×. Izredno drobnoprnat agregat s številnimi notranjimi refleksi. Sem in tja v njem svetle pikice (sfalerit in pirit).

Abb. 6.

Willemit von Gorno-Bergamo. Auflicht, 1 Nikol, Öl, 140×. Außerordentlich feinkörniger Aggregat mit vielen Innenreflexen. Hier und da sieht man auch helle Zinkblende- und Pyritfünkchen.

nantit), ki se pod mikroskopom v olju lepo loči od galenita (1. slika); je nekoliko temnejša, trša in ima zelenkast odtenek v svetlo sivkastobeli barvi. V tenantitu je bakru vedno izomorfno primešano srebro, arzeno pa antimon.

Z galenitom so ob robovih izredno drobno prerasli pirit, markazit in sfalerit. Bakrena medlica se drži vedno bolj ob robovih in razpokah galenita. Pri tem je videti, da je starejšo medlico izrinil mlajši galenit. Nosilec srebra v rudi je torej medlica. Ker se drži bolj ob robovih galenita z drugimi minerali, pri drobljenju lahko prehaja v precejšnji količini v jalovino.

Galenit je povečini močno oksidiran in se izpreminja v zelo redek anglezit in cerusit. Oba minerala tvorita ali fino zrnat agregat ali pa kristale. Zrna cerusita so navadno nekoliko večja od 120 do 140 μ in kažejo tipične, za cerusit značilne oblike (2. slika). Fino zrnati cerusit nastaja pravzaprav iz anglezita, ki ga izriva proti robovom galenitne osnovne mase. Kot opisuje Vujanović (1955) za Seddas Moddizis, gradi žveplo, ki se osvobaja na ta način, kakor tudi žveplo, nastalo pri razpadanju sulfidov, sekundarni galenit. Na ta način nastali galenit se izloča povečini ob robovih primarnega galenita, je zelo disperzen in vedno prerasel z anglezitom ali s cerusitom ali pa z obema.

Galenit oksidira navadno ob robovih, redkeje v notranjosti. Prav tako vidimo, da včasih razpadajo kristali ob robovih, včasih pa tudi v smereh razpok cepljivosti. Redkeje opazujemo indikacije razpadanja v conah. Anglezit in cerusit izrivata včasih osnovno maso v žilicah.

Sekundarni galenit izriva anglezit in cerusit, vidimo celo potiskanje smitsonita. Prav tako kot opisuje to Vujanović (1955), nastopa tudi v našem primeru večkrat disperzna mešanica galenita z enako disperznim anglezitom in cerusitom, kar kaže na skoraj istočasno ali pa celo istočasno izločanje vseh treh mineralov.

Bivši pirit in markazit, ki sta bila vrasla v galenit, sta močno izpremenjena v hematit, limonit in getit.

Sfalerit nastopa v zelo podrejeni količini, deloma v zelo velikih zrnih celo preko $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Je zelo siromašen z železom, kar vidimo po njegovih svetlih notranjih refleksih. Vurcita in grinokita v vzorcu nisem opazil, tudi ne kakih značilnih conarnih struktur sfalerita in grinokita. Sfalerit je zelo razjeden in oksidiran. Preraslost s smitsonitom gre od 10 do 20 μ (3. slika). V njem nastopajo včasih številna vrasla zrna pirit, ki so povprečno zelo drobna (do 3 μ).

V vsem vzorcu prevladujejo produkti oksidacije sfalerita. Sfalerit razpada skoraj popolnoma enako kakor galenit; razlika je le, da proces zavzema povečini vso maso, pri galenitu pa bolj robove in razpoke. V začetni fazi razpadanja se tvorijo smitsonitna zrnca ob kontaktih sfaleritnih zrn. V tej fazi je videti smitsonit kot nepopoln cement. Nadaljnje razpadanje povzroči nadaljnje izrivanje sfalerita, tako da ga najdemo čez nekaj časa le še kot fino zrnat agregat v smitsonitni osnovni masi.

Na mestih, kjer je nastopal sfalerit, je večkrat nastala interesantna reliktna struktura. Bivši kristali kalcita so psevdomorfno nadomeščeni s kremenom premera 30 do 100 μ , sfalerit pa, ki je prej obkrožal medprostore, tvori sedaj smitsonitne skorjice. Zraslost gre navzdol od 10 do 20 μ (3. slika). Mlajši kremen in kalcedon (včasih tudi galenit) izrivata sfalerit čisto po robovih in tvorita na ta način neke vrste psevdostрук-turo razpadanja sfalerita. Taka ali podobna preraščanja so tudi V u j a - n o v i č u otežkočala raziskave oksidnih rud. Posebno neugodna so preraščanja sfalerita s cerusitom in anglezitom, če sta ta dva minerala nastala iz galenita, ki je nadomestil sfalerit po robovih. Raziskave so še posebej otežkočene, če nastopa ob kontaktih teh mineralov s sfaleritom še nekaj smitsonita.

S smitsonitom nastopajo zelo redko tudi zelo drobna zrnca cinkita (z rdečkastimi notranjimi refleksi).

Precejšnja količina kremenja je morda vodila do napačnih podatkov za separacijo podjetja Gorno; sklepali so na večje količine kalamine in vilemita. Oba minerala pa sta relativno redka, kalamina nastopa v glavnem skupaj s hidrocinokitom in vilemitom na mestih oksidacije, kjer je bila na razpolago kremenica. Pri tem nastopajo tipične oksidacijske conarne strukture, posebno tipične za hidrocinokit in kalamino (4. slika). Hidrocinokit je izredno drobnozrnat in ga ločimo od kalamine po birefleksiji pri večji povečavi. Razlika v trdoti, jedkanje itd. se ne morejo uporabiti za diagnozo, ker so zrna premajhna. Poleg nastopa tudi limonit in včasih hematit, ki sta produkt oksidacije pirita in markazita v sfaleritu. Včasih nastopa kot ostanek še drobnozrnat pirit.

Smitsonit je obkrožen včasih s tanko skorjico hematita in dalje z limonitom (5. slika). Nastopajo tudi conarni smitsoniti, katerih cone so izgrajene iz smitsonita in limonita. Limonitne cone so nastale morda iz izločenega železa iz conarnega smitsonita. Ta pojav skorjice hematita in limonita okrog smitsonita vsekakor otežkoča flotiranje smitsonita.

Vilemit nastopa deloma v zelo drobnih zrnih skupaj z ostalimi cinkovimi minerali v »galmaju«, kjer ga je izredno težko ločiti od kalamine, v glavnem le delno po obliki, delno po karakteristični barvi in notranjih refleksih. Da je prisoten tudi v večjih koščkih, sem ugotovil s pomočjo fluorescentne žarnice (minerallight). Zrnca vilemita namreč močno fluorescirajo. Večji skupki vilemita imajo dimenzije 140 do 700 $\times$ 60 do 300 μ^2 in so sestavljeni iz izredno drobnih zrn (6. slika); vsebujejo še drobna zrnca preostalih sulfidov (sfalerit, pirit itd.).

Zrnca relativno pogostnega pirita so po razpokah izpremenjena v hematit, limonit in getit in imajo velikost 20 do 35 μ ; mnogokrat so zdrobljena in imajo premer izpod 10 μ . Izpreminjanje pirita v hematit vidimo na 2. sliki. Največja piritna zrna imajo celo do 70 μ ; pod veliko povečavo lahko opazimo, da se vzdolž lamel (101) in (011) izpreminjajo v 1 μ debele markazitne lističe s karakterističnimi pleohroičnimi barvami.

Kalcitna in dolomitna zrna so delno rekristalizirana in imajo lepe dvojčične lamele v ogromnih kristalih, povečini pa so dimenzije 100 do 500 μ . V njih je pirit vrasel v drobnih zrnih, celo drobnejših od 1,5 μ .

Iz opisanih podatkov o posameznih mineralih vidimo, da je za razklop pri flotaciji potrebno rudo iz Gorna drobiti izpod $100\ \mu$ za razklop kalcita, izpod $30\ \mu$ za razklop kremenca od rude in izpod $10\ \mu$ za razklop galenita od sfalerita. Istih dimenzij se je potrebno držati za razklop oksidnih od sulfidnih mineralov. Seveda gre zraslost galenita in sfalerita deloma navzdol do $1\ \mu$ in je potrebno empirično ugotoviti optimalno ločenje in razklop.

Našteval sem v glavnem povprečja, ki sem jih dobil na osnovi vzorca. Na vsak način bi se z mikroskopskim opazovanjem posameznih drobljenih frakcij izredno hitro in učinkovito dala ugotoviti razklopitev (Grafenauer, 1948, Grafenauer-Zorc, 1948).

Zaključek

Kot je že pisal Agricola leta 1550, je potrebno pri rudarskem delu posvetiti čim večjo pažnjo raziskavam rudnega materiala. Na osnovi mikroskopske preiskave rudnega vzorca zlahka ugotovimo sestav rude in način njenega oplemenitenja. Ruda kraja Gorno predstavlja produkt močnih oksidacijskih procesov po orudenju. V oksidnih rudah nastopajo sulfidni ostanki. Oksidne rude kažejo makro- in mikroskopsko conarne znake neposrednega postanka iz sulfidnih rud *in situ*, kakor tudi znake poznejšega premeščanja in rekristalizacije.

Pri finozičnem zraščanju prozornih mineralov je diagnoza anglezita, cerusita in smitsonita precej težavna. Vujanović je prav zato izdelal nov način jedkanja za diagnozo teh mineralov.

DIE OXYDATIONSERZE DER BLEI-ZINKLAGERSTÄTTE GORNO BEI BERGAMO (ITALIEN)

Die Lagerstätte Gorno nördlich von Bergamo (Italien) gehört zum Typus der hydrothermalen Verdrängungsbleizinklagerstätten in triassischen Karbonatgesteinen der ostalpinen Geosynklinale. Eine systematische Übersicht dieser Lagerstätte gab Schneider (1957, S. 243). Die Blei- und Zinkerze sind stark oxydiert und zeigen die Anzeichen von späteren internen Umlagerungen.

Die Vorbereitung von Muster für die mikroskopische Arbeit wurde nach der Anleitung von Professor Ramdohr vollgezogen. Zerkleinertes Erz wurde in das Gießharz Araldit B eingebettet und mit Härter 901 gehärtet. Die Bakelitringe mit dem 20 mm Durchmesser wurden auf eine mit Silikon gefettete Gußplatte gelegt in welche eine dünne Schicht von Erzkörnchen gelegt wurde. Das Gießkarz wurde bei 120°C in einer Schale geschmolzen, Härter zugegeben und alles bis Blasenbefreiung gut umgerührt. Für einen Anschliff braucht man 6 bis 7 g Araldit und 2 bis 2,3 g Härter. Gießharz wird dann in die Bakelitringe eingegossen und bei 100°C 14 bis 16 Stunden ausgehärtet. Dann folgt Schleifung und Polierung auf der Rehwaldmaschine.

Bei der diagnostischen Arbeit der oxydischen Pb-Zn-Erzminerale habe ich die Vujanović Methode erfolgreich angewendet. Seine Tabellen 1. und 2. zeigen das Verhalten oxydischer Blei-Zinkerze gegen flüssige und dampfförmige Ätzmittel.

Im Erz treten Bleiglanz, Zinkblende, Cerussit, Anglesit, Smithsonit, Calamin (Hemimorphit + Smithsonit), Willemit, Pyrit, Markasit, Hämatit, Brauneisen, Nadeleisenerz, Fahlerz, Hydrozinkit, Zinkit, Quarz, Chalcedon, Calcit und Dolomit auf.

Im Bleiglanz sind Silber Spuren und zwar im Fahlerz als Silberträger (Abb. 1). Bleiglanz ist an den Rändern mit Pyrit, Markasit und Zinkblende verwachsen. Bleiglanz ist stark oxydiert und verändert sich in Cerussit (Abb. 2) und selten in Anglesit. Neben dem ursprünglichen Bleiglanz kommt auch der stark dispergierte mit Anglesit und Cerussit (bis zu 1μ) verwachsen vor.

Zinkblende kommt sehr untergeordnet vor und meistens stark oder ganz in Smithsonit verändert. In ihr sieht man verwachsene, weiter in Hämatit, Nadeleisenerz und Brauneisen veränderte Pyritkörner. Auf den Stellen der früheren Zinkblende findet man mehrmals eine schöne Reliktstruktur (Abb. 3). Primäre Calcitkriställchen sind pseudomorph durch Quarz verdrängt, Zinkblende in Zwischenräumen bildet dagegen schöne Smithsonitkrusten. Zusammen mit Smithsonit treten selten auch winzige Zinkitkörner auf. Willemit und Calamin sind sehr selten. Daneben findet man Hydrozinkit, wobei sich manchmal typische oxydische Zonarstrukturen zeigen (Abb. 4). Smithsonit ist manchmal in eine Hämatitkruste und weiter Brauneisenringe eingehüllt (Abb. 5). Diese Erscheinung von Hämatit um Smithsonit erschwert ziemlich die Smithsonitflotierung.

Willemit kommt in außerordentlich feinen Körnchen vor, die größere Aggregaten bilden (Abb. 6) und auch winzige Körnchen von Restsulfiden (Zinkblende, Pyrit usw.) enthalten.

Die relativ häufige Pyritkörner sind längst Spalten in Hämatit. Brauneisen und Nadeleisenerz verwandelt.

Gefüge und Ausmaß von Körnern fordern für eine gute Aufschließung eine Zerkleinerung unter 10μ . Die Zinkblende und Bleiglanzverwachsung geht sogar bis 1μ und es ist notwendig den optimalen Grad und die Güte der Zerkleinerung erfahrungsgemäß festzustellen und die Aufschließung mit Mikroskop weiter zu überwachen.

LITERATURA

- Agricola, A., 1550, De re metallica, 1. knjiga, Basileae.
Cadwell, E. P., 1959, Color microscopy for the mill man, Eng. and Min. Journal, Vol. 160, No. 1.
Cissarz, A., 1958, Charakteristik jugoslawischer Blei-Zink-Erzlagerstätten, Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Essen (Poročilo).
Cohen, E., 1957, Simple microscopy for plant control in mineral dressing. Int. min. dressing congress, VIII. Stockholm.

Colbertaldo di, D., 1952, Le preparazioni delle sezioni lucide e sottili di minerali e di sabbie. Ind. mineraria, Roma.

Edwards, A. B., 1955, Textures of ore minerals, Melbourne.

Grafenauer, S., 1948, Nekaj iz flotacijske prakse. Ind. Vestnik, št. 9, Ljubljana.

Grafenauer, S. in Zorc, A., 1948, Poročilo o mrežnih in mikroskopskih analizah flotacijskih produktov z dne 21. V. do 4. VI. in od 11. VI. do 23. VI. 1948, Mežica (Poročilo).

Ramdohr, P., 1955, Die Erzminerallien und ihre Verwachsungen, Berlin.

Schneider, H. J., 1957, 1959, Diskussion, Diskussionstagung über das Thema »Entstehung von Blei-Zinkerzlagertstätten in Karbonatgesteinen«, München 1956. Berg. u. Hüttenmännische Mh., H. 9, 1957, in dalje ista diskusija: Diskussionstagung in Bleiberg zum Thema »Die Entstehung von Blei-Zinkerzlagertstätten in Karbonatgesteinen«. Erzmetall, H. 5, 1959.

Schneiderhöhn, H., 1952, Erzmikroskopisches Praktikum, Stuttgart.

Vujanović, V., 1955, Die Oxydationserze der metasomatischen Blei-Zinkerzlagertstätte Seddas Moddizzis (Sardinien) und ihre erzmikroskopischen Identifizierungsmethoden, N. Jahrb. Mineral. Abh., Mh., 89, Stuttgart.

Wachromejew, S. A., 1954, Erzmikroskopie, Berlin.