

Bogusław MARCINKOWSKI

Przeobrażenia ilmenitu i mineralizacji towarzyszącej w piroksenitach masywu Tajna na przykładzie otworu Tajno IG 4

W otworze wiertniczym Tajno IG 4 usytuowanym w centralnej części ultrazasadowo-alkalicznego masywu Tajna piroksenity stanowią znaczny składnik brekcji kominowej. Mineralizację pierwotną w piroksenitach stanowią: ilmenit, pirotyn i piryt. Cechą charakterystyczną okruszczenia piroksenitów w tym otworze jest brak magnetytu. Ilmenit uległ częściowemu przeobrażeniu w produkt pośredni między ilmenitem i rutylem, określane jako pseudorutyl. Przeobrażenie to jest spowodowane metasomatozą alkaliczno-węglanową oraz oksydacją, powodującymi częściowe usuwanie żelaza z jego struktury. Pirotyn uległ przeobrażeniu w piryt i markasyt, a pierwotny piryt w uwodnione tlenki żelaza typu goethytu-lepidokrokitu. W strefach silnego wpływu metasomatozy alkaliczno-węglanowej, tj. w egzokontaktach żył węglanowych i węglanowo-fluorytowych obserwuje się występowanie tytanitu, proces rozpadu ilmenitu na rutyl i hematyt oraz pojawienie się ilmenitu drugiej generacji, galeny, sfalerytu i molibdenitu.

WSTĘP

Tajeńska intruzja alkaliczno-ultrazasadowa położona jest 70 km na północ od Białegostoku w okolicy Jez. Tajno. Strop jej w ścięciu erozyjnym ma powierzchnię ok. 5 km² i występuje pod kompleksem osadowym na głęb. ok. 600 m (S. Kubicki, W. Ryka, 1987). Skały magmowe reprezentują piroksenity oraz melanokratyczne foiaity, szonkinity i nefelinowe syenity. W masywie nawiercono znacznej grubości brekcję erupcyjną poprzecinaną dajkami mikrosyenitów, lamprofirów i użyleniami karbonatytów. W otoczeniu intruzji od wschodu występują gnejsy lub granitognejsy kompleksu mazowieckiego, a od zachodu kwarcyty kompleksu biebrzańskiego.

Celem niniejszego artykułu było prześledzenie przeobrażeń ilmenitu i towarzyszących mu siarczków w piroksenitach wchodzących w skład brekcji erupcyjnej masywu Tajna.

Opisane zjawiska mają jedynie charakter poznawczy i mogą stanowić uzupełnienie do dalszego rozpoznania problematyki złożowej intruzyjnych formacji północno-wschodniej Polski.

Pierwotną mineralizację w piroksenitach brekcji erupcyjnej nawierconą w otworze Tajno IG 4 stanowią: ilmenit, pirotyn i piryt. Brak jest tytanonośnego magnetytu, który jednakże występuje w piroksenitach w innych otworach. Działanie wielofazowej metasomatozy alkaliczno-wapniowej i utlenienia spowodowało powstanie produktów przeobrażenia ilmenitu, tworzenie się wtórnych minerałów na bazie pirotynu i pirytu, pojawienie się w spękaniach pirytu i chalkopirytu młodszej generacji, a w pojedynczych przypadkach molibdenitu, galeny i sfalerytu. Pierwotne tlenki stanowią pojedyncze, rozproszone ziarna i niewielkich rozmiarów ich zgrupowania, wielkości od setnych części do kilku milimetrów, a siarczki wielkości ziarn setnych i dziesiątych części milimetra występują głównie w postaci impregnacyjnej. W sąsiedztwie żył i iniekcji o charakterze alkalicznym piroksenity uległy znacznemu przeobrażeniu. Spotyka się w nich niewielkie, kilkumilimetrowe skupienia siarczkowe lub siarczkowo-tlenkowe. Dominującymi minerałami są tlenki, lecz lokalnie mogą przeważać siarczki. Objętościowy udział minerałów kruszcowych w piroksenitach wynosi od kilku do kilkunastu procent.

ILMENIT I FAZY POŚREDNIE

Najbardziej rozpowszechnionym minerałem w piroksenitach jest ilmenit, który tworzy ksenomorficzne ziarna i niewielkich rozmiarów zgrupowania zbudowane z hipautomorficznych i ksenomorficznych ziarn. Spotykane były także automorficzne tabliczki lub ich zgrupowania (ilmenit drugiej generacji), przeważnie w sąsiedztwie iniekcji syenitowych i żył węglanowych. W piroksenitach przeważają ziarna lub fragmenty ziarn o bardzo nieregularnych kształtach (tabl. I, fig. 2), silnie skorodowane. Niekiedy zachowane są tylko ich relikty, jako pozostałość po absorpcji przez minerały płonne. Większość ziarn ilmenitu ulega przeobrażeniu we wtórne agregaty rutyłopodobne, które w zależności od składu chemicznego (TiO_2 , FeO , Fe_2O_3) i stopnia przeobrażenia określane są przez różnych autorów odmiennymi terminami. Według L.E. Lynda (1960) dla prawidłowego określenia fazy przeobrażenia ilmenitu istotne jest poznanie jego składu chemicznego (TiO_2 , FeO , Fe_2O_3) oraz używanie nazwy ilmenit z odpowiednim przymiotnikiem, określającym charakter przeobrażenia, zaś według H.G. Goldinga (1961) stosowanie kryteriów petrograficznych. Termin leukoksen powinien być używany jedynie dla końcowego produktu przeobrażenia, który ma zwykle żółtą lub białą barwę. Chemicznie jest on czystym TiO_2 , z małą ilością żelaza lub zupełnie jego pozbawiony i być może mikroskopijnymi kryształkami rutyłu. Obserwacje mikroskopowe próbek piroksenitów z otworu Tajno IG 4 pozwoliły prześledzić kilka etapów przeobrażenia ilmenitu. W początkowym etapie ziarna ilmenitu mają cienką obwódkę fazy mineralnej o zdolności refleksyjnej niższej od ilmeni-

Tabela 1

Zależności barwy przeobrażonego ilmenitu od składu chemicznego według A. K. Temple'a (1966)

TiO ₂ %	Fe %	Barwa
52—63	37—26	ciemnoszara
63—68	26—21	czerwonoszara
68—75	21—16	czerwonobrazowa
75—80	16—13	żółtobrazowa
80—85	13—9	pomarańczowożółta
85—90	9—6	żółtawoszara
90—95	6—3	żółtawobiała
95—100	3—0	biała

tu. Barwa ich jest szara z wyraźnym dwójdobiciem i silną anizotropią (tabl. I, fig. 2, 3). Przeobrażenie ilmenitu sprowadza się do utlenienia i stopniowego usuwania żelaza z jego struktury, dając rezydualny produkt określany terminem pseudorutyl. Przeobrażenie jest zapoczątkowane wzdłuż granic ziarn i stopniowo postępuje zgodnie ze strukturalnymi nieciągłościami wewnątrz ziarn. W produkcie przeobrażenia, w fazie zakończonego utlenienia pierwotnego żelaza, stwierdzono za pomocą analiz chemicznych 65—70% TiO₂. Dla porównania jego zawartość w ilmenicie wynosi 52% (A.K. Temple, 1966). Rezultatem całkowitego usunięcia żelaza z pseudorutylu są ziarna składające się z TiO₂ o postaci rutylu. W świetle odbitym różnice między ilmenitem a fazami przejściowymi (od ilmenitu do rutylu) są wyraźne. Ilmenit jest biały, z nieznacznie różowawobrunatnym odcieniem, wyraźnym dwójdobiciem i silną anizotropią. Produkty przeobrażenia ilmenitu w początkowym etapie są szare, o niższej od ilmenitu zdolności refleksyjnej, słabo dwójdobijające i bardzo silnie anizotropowe. Zdolność refleksyjna ilmenitu zwiększa się w miarę wzrostu stopnia jego przeobrażenia. Sukcesywne usuwanie żelaza z jego struktury powoduje procentowy wzrost zawartości TiO₂, przy czym staje się on białoszary, żółtawobiały, a przy zawartości TiO₂ w produkcie utlenienia od 95 do 100% — biały. Badania ilmenitu z West Titan (A. K. Temple, 1966) wykazały zależność barwy bezpośrednich faz przeobrażonego ilmenitu od składu chemicznego. Zmiany przy stopniowym usuwaniu żelaza ze struktury ilmenitu podczas procesu przeobrażania obrazuje tabl. 1. W badanych koncentracjach ilmenitowych stwierdzono wzrost zawartości TiO₂ do 80%, natomiast w ilmenicie do 52%. Wzrost procentowy TiO₂ jest związany generalnie ze zmniejszaniem procentowo sumarycznego żelaza i wzrostem stosunku Fe₂O₃:FeO. Zależność między procentową zawartością Fe a TiO₂ w procesie rozkładu ilmenitu przedstawia fig. 1.

W procesie usuwania żelaza ze struktury ilmenitu ważną rolę mogła odegrać woda. Żelazo utlenione mogło być uwodnione podczas przeobrażania i usuwane jako mobilny, uwodniony tlenek (V. K. Gevorkyan, N. V. Tananayev, 1964). Stopień rozprzestrzenienia przeobrażania w poszczególnych ziarnach w badanych próbkach jest różny. Spotykano ziarna z cienką otoczką fazy pośredniej barwy szarej, w innych ziarnach procesy przeobrażenia występują w szerszym zakresie, tj. prawie całe ziarna są przeobrażone w fazę

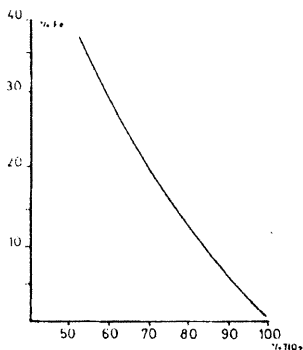


Fig. 1. Wyniki analizy ilościowej w mikroobszarze wybranych ziarn ilmenitu z West Titan i Trail Ridge (krzywa uśredniona)

Results of quantitative analysis in the microarea of selected ilmenite grains from West Titan and Trail Ridge (average curve)

pośrednią, z nielicznymi relikdami ilmenitu o kształtach kulistych, zaokrąglonych, groniasztych itp. Bardzo rzadko spotyka się małe agregaty zbudowane z igiełkowych minerałów TiO₂ (rutyl), różnie zorientowanych, niekiedy o promienistym ułożeniu, barwy białej i najwyższej zdolności refleksyjnej spośród obserwowanych faz. Można przypuszczać, że w takich skupieniach występujących wewnątrz ziarn ilmenitu zawartość TiO₂ osiąga 95–100%. Duża część ziarn ilmenitu w różnym stopniu przeobrażona ulega resorpcji przez minerały płonne. W wyniku tych przeobrażeń pozostają tylko reliktowe fragmenty, skorodowane i "porozrywane". Niekiedy zachowują one pierwotne zarysy kształtu ziarn (wewnętrzne części ziarn wyparte lub poprzerastane minerałami płonnymi). Z ilmenitem w piroksenitach niekiedy związany jest hematyt, który tworzy mikroskopijne kuliste, soczewkowe i groniaste odmieszania. Hematyt na tle ziarn ilmenitu charakteryzuje się niebieskawoszarą barwą, nieznacznie wyższą zdolnością refleksyjną i wysoką twardością. Ilmenit poddany sztucznemu utlenianiu w warunkach podniesionej temperatury dał produkt zawierający hematyt, pseudobrockit i rutyl. Ilmenit utleniany w temperaturze powyżej 800–900°C rozpada się na rutyl i hematyt, zaś w temperaturze wyższej powstaje pseudobrockit (A.K. Temple, 1966). Produktem przeobrażenia ilmenitu w piroksenitach jest także tytanit, który zawiera liczne, drobne relikty ilmenitu. Wykształcony jest on w postaci osobników o przekrojach kopertowych (tabl. II, fig. 4), klinowych i wydłużonych o piramidalnym zakończeniu. Większe nagromadzenie tytanitu obserwuje się w piroksenitach przeobrażanych metasomatycznie. Część ziarn ulega resorpcji przez minerały płonne, lecz nawet w tych przypadkach zachowane są pierwotne zarysy kształtu ziarn. Według A. Dziedzic i W. Ryki (1983) tytanit obecny w piroksenitach powstał z przeobrażenia tytanomagnetytu w zmetasomatygowanych skałach zaliczanych do fenitów maficznych. W zmienionych i zbrekcjowanych piroksenitach oraz skałach piroksenowo-skaleniovych (foiaity, melanokratyczne szonkinity) ilmenit zanika, a pojawia się tytanit (S. Kubicki, J. Siemiątkowski, 1973).

SIARCZKI ŻELAZA I ICH PRZEOBRAŻENIE

Do minerałów pierwotnych genetycznie związanych z piroksenitami należą piryt i pirotyn, które w następstwie przeobrażeń są źródłem wtórnych minerałów. Piryt występuje w postaci rozproszonej, o ksenomorficznych, rzadziej automorficznych ziarnach, wielkości setnych i dziesiątych części milimetra. Może on także tworzyć niewielkie zgrupowania kilkumilimetrowej wielkości, szczególnie w strefach piroksenitów przeobrażonych (w sąsiedztwie żył węglanowych i iniekcji o charakterze alkalicznym). Piryt tworzy struktury korozyjne, szkieletowe, sitowe, koronkowe i rozkruszenia, które są wynikiem silnej absorpcji i przerostów przez minerały płonne (tabl. III, fig. 6, 7). Do minerałów wypierających w tego typu procesach należą: biotyt, amfibol i chloryt (S. Kubicki, J. Siemiątkowski, 1979). Piryt często ulega wtórnym procesom przeobrażenia we wtórne tlenki żelaza typu goethytu-lepidokrokitu. Pojedyncze ziarna pirytu na bokach zastępowane są wtórnymi tlenkami żelaza, a w przypadku ich skupień tlenki żelaza występują między ostrokrawędzistymi ziarnami pirytu, tworząc rodzaj spoiwa. Spękane ziarna ulegają silniej procesom przeobrażenia i w takich przypadkach obserwuje się agregaty pirytowo-goethytowe. Niekiedy zastępowanie ziarn pirytu tlenkami żelaza zachodzi od środka ziarn, dając obraz niebieskawoszarych wrostków.

Pirotyn w piroksenitach tworzy niewielkich rozmiarów pojedyncze, automorficzne ziarna, a także zgrupowania hipautomorficznych ziarn. Ulega on w niewielkim stopniu przeobrażeniu w piryt i rzadziej w markasyt. Przeobrażenie ziarn pirotynu może przebiegać w dwóch kierunkach. Pierwszy polega na tworzeniu się cienkich otoczek markasytu wokół ziarn pirotynu. Następnie markasyt pojawia się w postaci zaokrąglonych, soczewkowych i kulistych form wewnątrz ziarn pirotynu i stopniowo rozprzestrzenia się na całe ziarna. Drugi kierunek to przeobrażenie ziarn pirotynu w piryt, z którego następnie tworzą się na zewnątrz ziarn lamelkowe formy markasytu.

MINERALIZACJA ZWIĄZANA Z METASOMATOZĄ ALKALICZNĄ

W piroksenitach dość licznie występują żyły węglanowe oraz cienkie iniekcje alkaliczne, z którymi związana jest dość powszechnie siarczkowo-tlenkowa mineralizacja. Część tych minerałów gromadzi się w egzokontaktach utworów metasomatycznych, tj. w piroksenitach. Należą do nich pojedyncze, bezładnie ułożone tabliczki i listewki ilmenitu oraz skupienia (zlepy) tabliczek ilmenitu, przerastające się z ksenomorficznymi zgrupowaniami pirytu (tabl. II, fig. 5). Ten typ ilmenitu tylko w małym stopniu ulega przeobrażeniu, lecz jest korodowany przez minerały płonne. W świetle odbitym jest on różowawobrunatny, wyraźnie różni od ilmenitu pierwszej generacji genetycznie związanej z piroksenitami. Tak wykształcony ilmenit określany jest jako powstający w głównym i późnym stadium karbonatytacji, podczas gdy we wczesnym stadium minerał ten jest ksenomorficzny (A. Dziedzic, W. Ryka, 1983).

W egzokontaktach utworów alkalicznych sporadycznie notowano chalkopiryt, galenę, sfaleryt i molibdenit w postaci pojedynczych ziarn. Nie ulegają one wtórnym zmianom, a źródłem ich jest także metasomatoza alkaliczno-węglanowa.

Siarczki najmłodszej generacji w postaci żyłek, strzałek i soczewkopodobnych form wypełniają spękania i szczelinki w piroksenitach.

WNIOSKI

1. Pierwotne okruszczowanie piroksenitów pochodzenia magmowego w postaci ilmenitu, pirotynu i piryty ulega przeobrażeniu pod wpływem metasomatozy alkaliczno-węglanowej, resorpcji przez minerały płonne i oksydacji.

2. W wyniku przeobrażeń ilmenitu tworzą się rutylopodobne fazy pośrednie, a następnie rezidualny produkt nazywany pseudorutylem. W silnie zmetasomatyзовanych piroksenitach z ilmenitu tworzy się tytanit.

3. Pojawienie się w ilmenicie mikroskopijnych odmieszkań hematytu może być wynikiem podniesienia temperatury związanej z oddziaływaniem magmy alkalicznej.

4. Przeobrażenie ilmenitu najsilniejsze jest w sąsiedztwie żył węglanowo-fluorytowych i skaleniowych. Wraz z oddalaniem się od nich przeobrażenie stopniowo zanika.

5. Współwystępujące z ilmenitem siarczki żelaza pochodzenia magmowego także ulegają przeobrażeniom w minerały wtórne. Wokół ziarn pirotynu tworzą się otoczki markasytu lub pirotytu, z którego następnie tworzą się lamelkowe formy markasytu.

6. Z pierwotnego piryty tworzą się uwodnione tlenki żelaza typu goethytu-lepidokrokitu.

Zakład Geologii Złóż Rud Metali
Państwowego Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 20 marca 1990 r.

PIŚMIENNICTWO

DZIEDZIC A., RYKA W. (1983) — Carbonatites in the Tajno intrusion (NE Poland). *Arch. Miner.*, **38**, p. 4—34, z.2.

GEVORKYAN V. K., TANANAYEV N.V. (1964) — Some data on the initial stages of leukoxenization of ilmenite from the sedimentary deposits of the northern Azov area. *Dopovidi Akad. Nauk. Ukr. RSRR*, **10**, p. 1366—1369.

GOLDING H.G. (1961) — Leukoxene terminology and genesis. *Econ. Geol.*, **56**, p. 1138—1149.

KUBICKI S., RYKA W. (1987) — Carbonatites of the alkaline-ultramafic intrusion of Tajno. *Proceedings of the first seminar on carbonatites and alkaline rocks of the Bohemian massif and ambient regions*, p. 11—21. Prague.

- KUBICKI S., SIEMIĄTKOWSKI J. (1973) — Uwagi o okruszcowaniu. W: Skaly platformy prekambryjskiej w Polsce. cz. I. Podłoże krystaliczne. Pr. Inst. Geol., **68**, p. 120—123.
- KUBICKI S., SIEMIĄTKOWSKI J. (1979) — Mineralizacja kruszcowa suwalskiego masywu zasadowego. Biul. Inst. Geol., **316**, p. 5—128.
- LYND L.E. (1960) — Alteration of ilmenite. Econ. Geol., **55**, p. 1064—1068, nr 4.
- TEMPLE A.K. (1966) — Alteration of ilmenite. Econ. Geol., **61**, nr 4.

Bogusław MARCINKOWSKI

**PROCESSES OF ILMENITE METAMORPHOSIS AND MINERALIZATION ACCOMPANIED IN
PYROXENITES IN THE TAJNO MASSIF EXAMPLIFIELD
IN THE TAJNO IG 4 BOREHOLE**

S u m m a r y

Pyroxenites are a major component of chimney breccia in the Tajno IG 4 borehole situated in the central part of the ultrabasic-alkaline Tajno Massif. Primary mineralization in pyroxenites consists of ilmenite, pyrrhotite and pyrite. Lack of magnetite is characteristic feature of pyroxenite mineralization in this borehole.

Ilmenite was partly metamorphosed and a product of it has feature intermediate between ilmenite and rutile — called pseudorutile. This mineralization is caused by alkaline-carbonate metasomatism and oxidation removing partially iron from ilmenite structure. Pyrrhotite was metamorphosed into pyrite and marcasite, and primary pyrite into hydrated iron oxides of goethite-lepidocrocite type.

Within surroundings of carbonate-fluorite veins were found: titanite, secondary ilmenite, galena, sphalerite, molybdenite and decomposition process of ilmenite to rutile and haematite.

Translated by W. Sekuracki

TABLICA I

Fig. 2. Ilmenit (ilm) z otoczką fazy pośredniej — pseudorutylem (pru) o korozyjnym charakterze zastępowania. W górze ziarno pirytu (py); pow. 83 x

Ilmenite grain (ilm) and pseudorutile rimphase (pru) with corrosional contact. At the top — pyrite grain (py); x 83

Fig. 3. Ilmenit (ilm) otoczony fazą pośrednią — pseudorutylem (pru) o ostrym kontakcie zastępowania; pow. 83 x

Ilmenite (ilm) sharply rimed with pseudorutile (pru); x 83

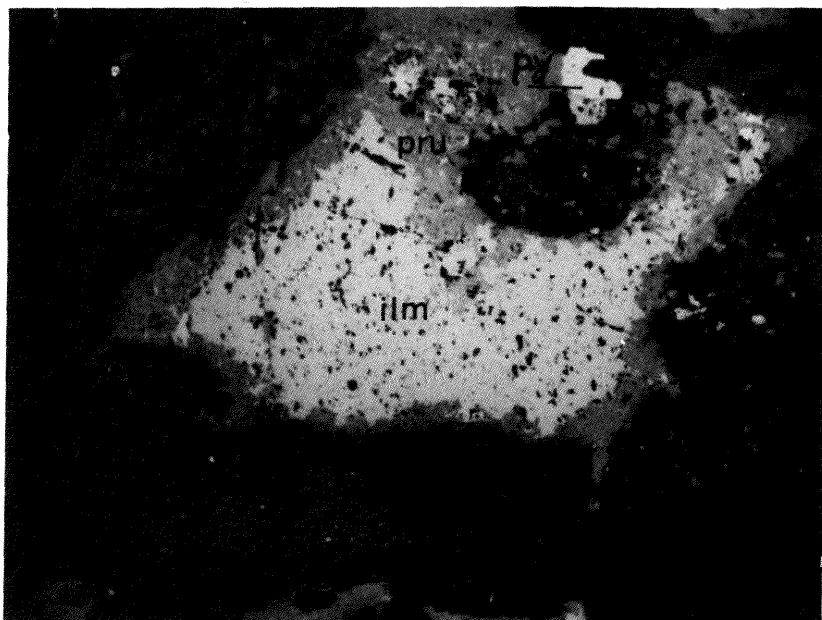


Fig. 2

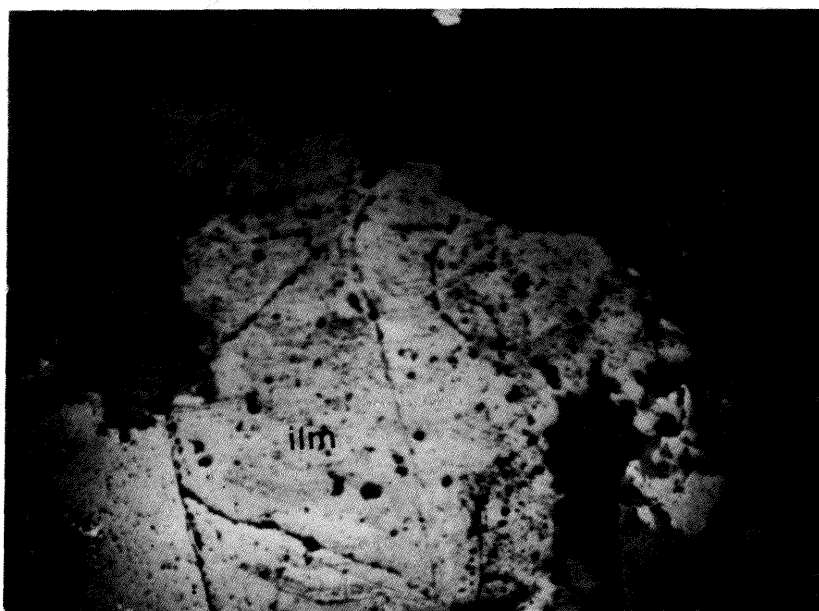


Fig. 3

Bogusław MARCINKOWSKI — Przeobrażenia ilmenitu i mineralizacji towarzyszącej w piroksenitach Tajna na przykładzie otworu Tajno IG 4

TABLICA II

Fig. 4. Kopertowy przekrój ziarna tytanitu (sph) z relikdami ilmenitu (ilm) korodowanymi przez minerały płonne; pow. 86 x

Envelope section of titanite grain (sph) with corroded ilmenite relicts (ilm); x 86

Fig. 5. Agregat pirytowo-ilmenitowy. Przerosty tabliczek i listewek ilmenitu (ilm) drugiej generacji z pirytem (py); pow. 48 x

Pyrite-ilmenite aggregate. Intergrowths of plates and strips of secondary generation ilmenite (ilm) and pyrite (py); x 48

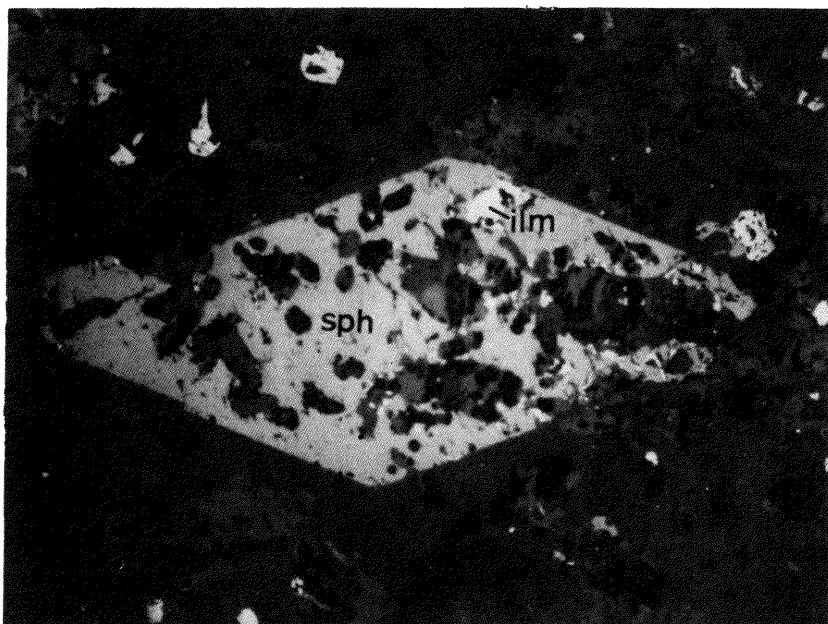


Fig. 4

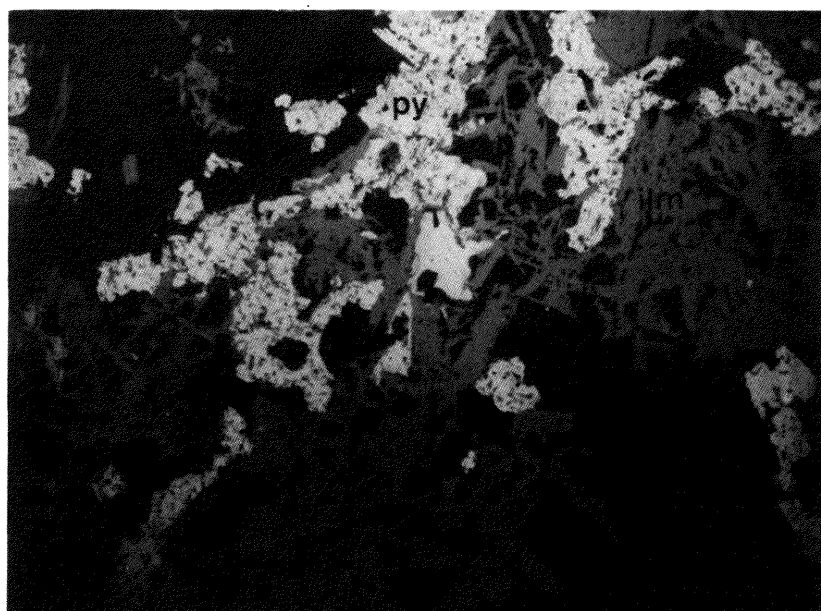


Fig. 5

Bogusław MARCINKOWSKI — Przeobrażenia ilmenitu i mineralizacji towarzyszącej w piroksenitach masywu Tajna na przykładzie otworu Tajno IG 4

TABLICA III

Fig. 6. Szkieletowe struktury zbudowane z pirytu (jaśniejszy) i goethytu (ciemniejszy) na granicy piroksenitu i żyłki mikrosyenitu; pow. 42 x

Skeletal structures made of pyrite (light) and goethite (dark) at the boundaries of pyroxenite, and microsyenite veinlets; x 42

Fig. 7. Koronkowe struktury pirytu na granicy piroksenitu i żyłki węglanowej; pow. 42 x

Lace structures of pyrite at the boundaries of pyroxenite, and carbonate veinlets; x 42

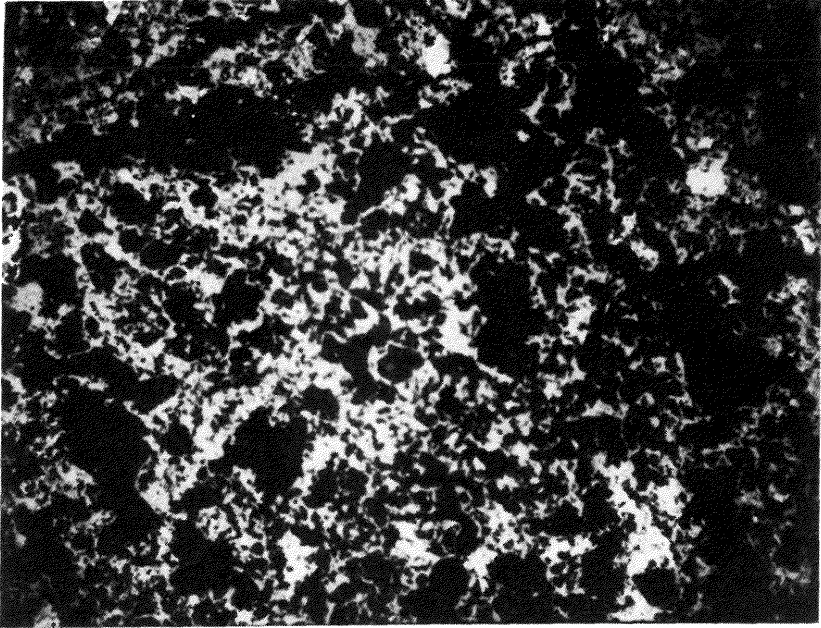


Fig. 6

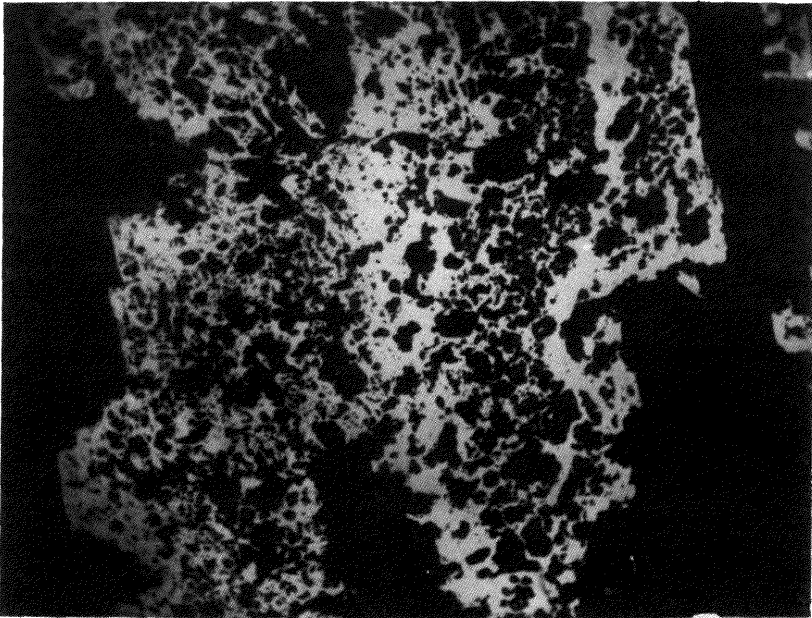


Fig. 7

Bogusław MARCINKOWSKI — Przeobrażenia ilmenitu i mineralizacji towarzyszącej w piroksenitach masywu Tajna na przykładzie otworu Tajno IG 4