

Misztbánya (Nistru, Románia) rézszulfidos teléreinek piritkristályai

Pyrite crystals in the copper-sulphide veins at Nistru Mine (Romania)

RÉTHY Károly¹

(2 ábra)

Tárgyszavak: ásványtan, piritkristályok, Misztbánya, Románia
Keywords: mineralogy, pyrite crystals, Nistru, Romania

Abstract

Cubic pyrite crystals are present in the deeper copper-sulphide rich portion of the epithermal veins of the Nistru Mine (Misztbánya). At these deeper levels of the mine, the mineral assemblage includes adularia, magnetite, molybdenite and there are higher Sn, Bi and W values. The presence of Ni and detectable Co concentrations in the pyrite crystals indicate higher temperatures, the proximity of magma, and alkaline-neutral pH conditions. Fluid inclusion formation temperatures of 250–275 °C confirm that there were higher temperatures this vein environment. Breakage of crystals of various mineral phases demonstrates ongoing tectonic activity subsequent to mineralization, and the corrosion of these crystals shows that pH conditions changed with subsequent hydrothermal activity. At intermediate levels in the vein system crystals of pyrite commonly have cubic octahedral forms, or combinations of cubic, octahedral and dodecahedral forms. These are coupled with detectable arsenic values in the pyrite. Here the fluid temperatures were lower and pH conditions different than at deeper levels. At the highest levels of the vein system can be found silver-rich galena, bournonite, marcasite, scalenohedral calcite, higher Sb values and Se, Te and Tl contents can be detected in pyrite. Furthermore the predominance of the dodecahedral form of pyrite indicate that the final and coolest epithermal fluids were responsible for mineralization. Sparkly trapezohedral faces appear on pyrite only in this portion of the veins. At the various depths at which copper-sulphide ore bodies occur throughout the mine, the mineral assemblage and the distribution of trace elements suggest that with variable pH and pressure conditions, pyrite crystal morphology follows a zonal pattern.

Összefoglalás

Misztbánya epitermás eredetű Cu-szulfidos teléreinek mélyebb öveiben, hexaéder habitusú piritkristályok voltak jelen. Az itt előforduló paragenézisek és az egyes ásványok, mint az adular, magnetit, molibdenit, illetve a Sn, Bi, és a piritben a Co, Ni nyomelemek jelenléte, nagyobb hőmérsékletű, magma közeli mezotermás ércképződésre, valamint lúgos-semleges pH-viszonyokra utalnak. Ezt jelzi a kvarczárványok 250–275 °C-os képződési hőmérséklete és egyedi mintákban a W jelenléte is. Az egyes formákon látható töredeződések a képződés utáni földtani mozgásokat, a részbeni korrodálódás pedig a fluidum megváltozott pH-viszonyait jelzik. Az alsó öv feletti szinteken, ahol a piritkristályokon az (100) és (111), majd az (100), (111) és (210) formakombinációk alakultak ki, az As jelenléte a piritben, már csökkent hőmérsékletre és megváltozott pH-viszonyra utal. A legfelső övben pedig az ezüstben gazdag galenit, a bournonit, markazit, szkaloenoédres kalcit, a Sb, valamint a piritben a Se, Te és Tl jelenléte, s a felsorolt ásványokkal paragenézisben lévő (210) habitusú piritkristályok már enyhén savas-semleges-lúgos pH-viszonyok mellett, az ércképződés utolsó epitermás fázisáról tanúskodnak. A piritkristályokon, a (211) apró fényes lapok is csak ekkor jelentek meg.

Tehát az itt lévő Cu-szulfidos ércetek különböző mélységi öveiben talált egyes ásványok, ásványparagenézisek és nyomelemek arra utalnak, hogy a piritkristályok kristályformái, formakombinációi, a hőmérséklet, nyomás és pH változásai mellett meghatározott sorrendben követték egymást.

¹ 1046 Budapest, Dunakeszi u. 6, 3/10

Bevezetés

A földtani kutatás során több olyan genetikai és ásványmorfológiai információ halmozódott fel, melyeket a földtani, teleptani és ásványtani kutatásokban ma is jól lehet hasznosítani. Ilyen információhordozók például azok az ásványformák, melyek megbízható ún. földtani hőmérőként alkalmazhatók, míg mások a fluidum pH-értékére utalnak. A belső szerkezet mellett ugyanis, a keletkezési körülmények határozzák meg egy adott ásvány típusát, habitusát (TOKODY 1931). Azonban, még ma is vannak olyan, nem teljesen tisztázott összefüggések, melyek az egyes ásványok habitusának és formakombinációinak kialakulását befolyásolják. Ilyennek mondhatók a hidrotermás ércetekben képződött piritkristályok alakváltozását előidéző genetikai tényezők.

A pirit, FeS_2 kristályrácsát 1913–14-ben W. L. BRAGG angol fizikus határozta meg. A piritnek szabályos rendszerű C2 típusú atomrácsa van, melyben a Fe-atomok és a S_2 -gyökök torzult kósó típusú szerkezetet hoznak létre, ahol a S_2 -gyökök S–S távolsága 217 pm. A markazit szerkezete pedig a rutilszerkezetnek egy változata, ahol a S_2 -gyökök S–S távolsága 221 pm (GREENWOOD & EARNSHAW 1999).

A pirit, amely a legközönségesebb ásványok egyike, nagyon változatos körülmények között képződhet, ezért „átfutó” ásványként is említik. A hidrotermás ércetekben minden mélységi övben és képződési szakaszban igen jelentős szerepet tölthet be (KOCH & SZTRÓKAY 1967). Itt az üregekben megjelenő szépen fejlett kristályok is gyakoribbak.

Sokan próbálták már kideríteni azokat az összefüggéseket, melyek a hidrotermás folyamatban, a pirit habitusa és keletkezési körülményei, illetve paragenézise között fennállnak. A hidrotermás eredetű piritkristályok egy ércsten belüli habitusváltozásairól, és a genetikai körülményeik közti összefüggéseiről SUNAGAWA (1957) japán kutató is értekezett. PETRULIAN (1973) szerint a pirit, kedvező hőmérséklet, nyomás és elégséges fluidummenyiség esetén (210) vagy (111) habitussal jelenik meg. Ezen tényezők valamelyikének kedvezőtlen változása esetén a (100) formát veszi fel. Azonban ez a megállapítás, figyelmen kívül hagy más fontos tényezőket, mint a fluidum pH-viszonyának változását, továbbá az oldatban és a könnyen illó anyagokban található atomok, ionok koncentrációját, az érceteket befogadó kőzetek milyenségét, és az ott található anyagok reakcióképességét, melyek az ismert faktorok mellett, a kristályosodás folyamatában szintén fontos szerepet játszhatnak. Ezek azok a tényezők, melyek adott körülmények között meghatározhatják, hogy milyen ásványok, ásványtársulások és kristályhabituskok jönnek létre. Erre keressük mi is a választ a Nagybányához közel fekvő Misztbánya mezo-epitermás Cu-szulfidos teléreiben képződött piritkristályok morfológiája, paragenézise és kristályosodási körülményei közötti összefüggések megfigyelése alapján. E dolgozatban az itt képződött piritkristályok formagazdagságát, paragenízisét és képződési körülményeit mutatjuk be.

A misztbányai Cu-szulfidos telércsoport és ásványai

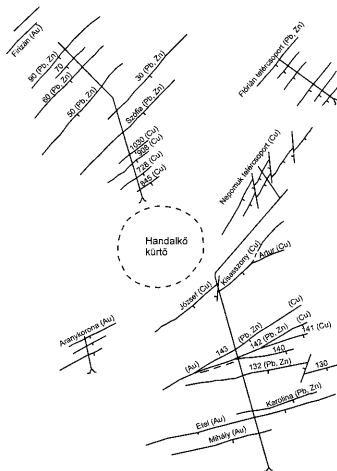
Nagybányától 8 kilométerre északnyugatra, a Handal-kő alatt elnyúló Kisasszony-patak völgyében található Misztbánya főbb Cu-szulfidos érctelerei: a Kisasszony, József-, Arthur- és a Nepomuk (I–IV) telércsoport (1. ábra). Ezek a

neogén vulkanizmushoz kapcsolható ÉK–DNy csapásirányú, 600–1000 m hosszú, és 68–85° közti, DK-i dőlésű ércetek, erős átalakulást (szericites, propilites, agyagásványosodást) mutató piroxénandezitben, valamint felső-badeni és alsó-szarmata üledékes kőzetekben (agyag, márga, agyagmárga) vannak jelen (RÉTHY 1998).

Az ércetek átlagos vastagsága 1,4 méter, de helyenként az 5–6 métert is elérték, réztartalmuk pedig 2–4%. A kitermelt érc átlagosan 1,5 g/t aranyat és 60–70 g/t ezüstöt is tartalmazott. Az ÉK-i részeken, főképp a József- és Nepomuktelércsoportnál, ahol a korábban kialakult ércetekben túlnyomásos övezetekre jellemző breccsás zóna alakult ki, és a breccsásodott ércet itt-ott galenit-, szfaleritfészkek, -erek, valamint nemesfémekben (Au, Ag) gazdag kvarcerek sűrű hálózata szőtte át, az arany és ezüstdúsulás sokkal nagyobb volt. Itt a pirit 4–5 g/t aranyat és 28 g/t ezüstöt, míg a kalkopirit 5 g/t aranyat és 133 g/t ezüstöt tartalmazott (MEZŐSI 1949). Ezekben a tektonikai mozgásoktól töredezett és diagonális diszkordáns vetők által felszabdalt ércetekben, több ütemben képződött ásványtársulások figyelhetők meg. Képződésükben jelentős szerepe volt az ércesedés idején fel-felújuló tektonikai mozgásoknak.

Az itteni érceteknek a felső, aranyban gazdag részeit, a felszíntől 20–30 méter mélységig, valamikor az ókorban vagy a középkorban termelték ki.

Ezekben a teléreken a legközönségesebb, legelterjedtebb ásvány a pirit, kalkopirit, kvarc és a kalcit. A felszínhez közeli régiókban, kisebb mennyiségben, fészkekben, hintett vagy érhálós formában jelen volt még: az adular, magnetit, molibdenit, galenit, szfalerit, tetraedrit, digenit, pirrotin, covellin, kalkozin, bornit, bouronit, markazit, barit, arany, ezüst, gipsz és kaolinit. MIHÁLKA I. 171 ércmintán emissziós színképelemzéssel végzett geokémiai vizsgálatai, melyet a nagybányai bányászati kutató és tervező intézet (Institut de Cercetare și Proiectare pentru Mineruri Neferoase – ICPMMN) laboratóriumában végzett, ppm-ben az alábbi nyomelem mennyiségeket mutatta ki: As (726), Sb (154), Sn (62), Bi (40), Ga (37), Se (36), Te (28), Ni (15), Co (13), In (13), Cd (11), Mo (8), Tl (6) és Ge (2). Egyes mintákban kimutatható volt még a Ti, V és W is. A 17 piritmintában kimutatott nyomelemek megjelenési gyakorisága %-os arányban, a következő volt: Ni (100), Co (100), Se (100), As (96), Te (23). A Tl csak egyes mintákban és a markazitban volt kimutatható (RÉTHY et al. 2006).



1. ábra. A Cu-szulfidos teléreinek helyzete a vulkáni kúrtóhoz viszonyítva

Fig. 1 The position of Cu-sulfide veins in compared to the volcanic crater

Az ásványtani és geokémiai vizsgálatok azt mutatják, hogy ezeknek az érceteknek a kialakulása 100–275 °C hőmérsékletű hidrotermás folyamatokhoz kapcsolódik. A hagyományos hidrotermális szemlélet szerint, fellelhetők mind a mezo-, mind az epitermális fázis nyomai. Amely a korszerű szakirodalmi terminológia szerint a felszínközeli teresztikus, az ún. „alacsony szulfidizációs fokú epitermális rendszerbe” tartozik (MOLNÁR 1997). Magasabb hőmérsékletű ércképződésre és a fluidum semleges, enyhén savas voltára utal, az ércben található adular, magnetit, molibdenit, Sn, Bi és a piritben a Ni, Co jelenléte. Ezt támasztja alá az egyes mintákban megjelenő W. Erre utal a kvarczárványok 250–275 °C-os képződési hőmérséklete is (POMARLEANU 1961). A felső régiókban, As jelenléte a piritben, amely 2500 ppm átlagértékkel a legtöbb piritmintában kimutatható volt, már csökkent hőmérsékletre és a fluidum enyhén savas-semleges-lúgos voltára utal (KOCH & SZTRÓKAY 1967). Az itt található ásványok egy része, mint a kis mennyiségben fellelhető ezüstben gazdag galenit, bournonit, valamint a markazit, kaolinit, a szkalenoéderes kalcit, a Sb, és a piritben a Se, Te és a Tl jelenléte szintén enyhén savas-semleges pH-viszonyokat, és késői alacsony képződési hőmérsékletet jelez. A keletkezési hőmérséklet csökkenésével a Se és Te mennyisége is csökkenő tendenciát mutatott.

A piritkristályok formái, formakombinációi, paragenezise és képződési körülményei

A különböző mélységekből származó fennőtt piritkristályok formái, formakombinációi, paragenezise és geokémiai jellege arra utal, hogy a kristályok formája és képződési körülményei között szoros összefüggés van. A változó genetikai körülményeket, változó ásványtársulások és a piritkristályok változó formái, formakombinációi jelzik. Ez tapasztalható a misztbányai hidrotermás eredetű Cu-szulfidos telérek esetében is.

A Cu-szulfidos telérekben előforduló piritkristályok leggyakoribb megjelenési formái: az (100), (111) és (210) (2. ábra). A szépen fejlett kristályokon az uralkodó és legnagyobb lapok az (100) és (210). A lapok megjelenése finoman vagy erősen rostozott, néha élénk fényű, máskor kevésbé fénylő. A nagyobb (100) és (111) lapok felülete többé-kevésbé fénytelen és kimart. Legtöbbször a (210) lapok is fénytelenek ugyanúgy, mint a (211) formák keskeny lapjai (TOKODY 1944). De a kisebb kristályok lapjai ragyogóan fényesek és simák.

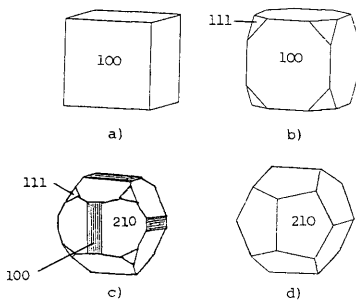
A legmélyebb övezetben (a 177 m alatti szinteken), ahol a pirit jelenléte uralkodó, a piritkristályok a vaskos piritre, kvarcra telepedve kalkopirit, kvarc és alapromboéder lapokkal határolt kalcitkristályok társaságában voltak jelen. Ezek a piritkristályokon, ugyanúgy, mint a teléreket befogadó vulkáni kőzetekben képződött piritkristályokon, egyedüli forma a finom rostozottságú vagy sima felületű (100) hexaéder (2. ábra, a). Az itt található 3–4 cm nagyságú kristályok felületén, sok esetben törések és korrodálódott részek voltak láthatók. Ez későbbi hőmérséklet- és nyomásemelkedésre, valamint a fluidum megváltozott pH-jára utaló jelnek tekinthető, amely a tektonikai mozgásokkal párhuzamosan, vagy azok következtében mentek végbe.

Az északkeleti részen a felszíni zónában, vagyis a Cimpurele (327 m) szint fölött, ahol a telérekben elszórtan galenit-, szfaleriterek, -fészkek, és érhalós formában aranyban gazdag kvarc volt jelen, az üregekben „dár-dakovand” típusú markazitkristályokkal és szkalenoédere kalcittal társulva a pentagondodekaédere habitusú piritkristályok a legelterjedtebbek (2 ábra, d). Ez csökkent hőmérsékleti és nyomásviszonyokra, valamint a fluidum enyhén savas-semleges-lúgos pH-jára utal. A (210) formájú, 10–15 milliméter nagyságú piritkristályok a korábban képződött ásványokra (kalkopirit, szfalerit, galenit) telepedtek. Lapjaik kevésbé fénylők és finoman rostozottak. Ezzel szemben, a tetraedritre telepedett kisebb (5–6 milliméteres) piritkristályok ragyogó fényű sima lapokkal határoltak, és ezeken ritkán apró bournonit ül.

Magyarországon apró pentagondodekaédere piritkristályok csak Rudabányán és Telkibányán találhatóak (KOCH 1966), valamint a gyöngyöSOROSZI epitermás-polimetallikus érctestekből ismertek (SZAKÁLL & GATTER 1993). Az utóbbiak, szintén alacsony képződési hőmérsékletre és nyomásra utalnak.

A Misztbányai Cu-szulfidos telérekben a 227 m szint környékén, az említett két alaptípus közötti átmenetet a kombinált piritkristályformák képezték, ahol legtöbb esetben az (111) kristálylapok is kifejlődtek. Az enyhén rostozott hexaéder lapokhoz gyakorta nagyobb fakó, vagy kisebb csillogó felületű oktaéder lapok társultak (2 ábra, b). Ezek néha majdnem (100) – (111) közép-kristály kombinációt alkottak, mely típust korábbi vizsgálatai során TOKODY is jelzett. Az oktaéder formájú (0,5 mm nagyságú) piritkristályok csak ritkán fordulnak elő, lapjaik kimartak és fénytelenek (TOKODY 1944). A Cimpurele (327 m-es) és a 277 m-es szint közötti övben, már a (210), (111) és (100) keskeny rostozott lapokkal megjelenő hármas kombináció a leggyakoribb forma (2 ábra, c).

A Misztbányán tanulmányozott gazdag vizsgálati anyagban, néha egy-egy vas-kereszt-ikerkristály is felbukkant (TOKODY 1944). A tapasztalatok szerint az érctesteken belüli pirit kristályforma-változása, nem nagy mélységi határok között, 200–250 méteren belül ment végbe



2. ábra. A pirit kristályosodási formái megjelenésének sorrendje a genetikai körülmények változásának függvényében Misztbányán

Fig. 2. Sequence of crystal forms of pyrite as function of the variation of genetic relations in Nistru Mine

Következtetések

Misztbányán, a vizsgált érctestekben képződött piritkristályok habitusváltozása, formakombinációja, a különböző ásványparagenezise, és a geokémiai folyamatok vizsgálatainak eredményei arra utalnak, hogy a mélységben, magasabb hőmér-

séklet, nyomás és a fluidum lúgos-semleges pH-viszonyai következményeként az (100) kristálylapok jelennek meg. A felszín felé haladva, ezen tényezők változásával, a hexaéder lapjai mellett az (111) kristálylapok jelennek meg. Ezt követően pedig a (210) majd a (211) kristálylapok képződése figyelhető meg, amely már az ércképződés utolsó, alacsony hőmérsékletű és nyomású szakaszára esik, enyhén savas-semleges-lúgos pH-viszonyok mellett.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton mond köszönetet MOLNÁR Ferenc és KÁKAY SZABÓ Orsolya lektoroknak, a kézirat áttekintéséért, észrevételeikért, valamint VICZIÁN Istvánnak a kézirrattal kapcsolatos megjegyzéseier, tanácsaiért.

Irodalom – References

- GREENWOOD, N. N. & EARNSHAW, A. 1999: Az elemek kémiája. I–III. köt. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1834 p.
- KOCH S. 1966: Magyarország ásványai. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 94–243.
- KOCH S. & SZTRÓKAY K. I. 1967: Ásványtan. I–II. – Tankönyvkiadó, Budapest. 936 p.
- MEZŐSI J. 1949: A misztbányai (Nistru) Kisasszonypatak völgyi telércsoport geológiai helyzete és felépítése. – *Acta Min. Petr., Szeged.* 3, 48–55.
- MOLNÁR F. 1997: Epitermás aranyércesedések kialakulásának modellezése ásványtani-genetikai vizsgálatok alapján. – *Földt. Kut.* 34/1, 8–12.
- PETRULIAN, N. 1973: Zăcăminte de minerale utile. – Edit. Tehn. București, 503 p.
- POMARLEANU, V. 1961: Cercetări geotermometrice asupra zăcămantului metalifer din bazinul văii Nistrului, regiunea Baia Mare. – *Anal. Univ. Iași, Ser. șt. Naț.* 8/1, 1–3.
- RÉTHY K. 1998: Lápos és Misztbánya teleptani viszonyai. – *Földt. Kut.* 35/4, 6–12.
- RÉTHY K., MIHÁLKA I. & GÓTZ E. 2006: Adatok Miszt-Láposbánya (Románia) hidrotermális ércesedéseinek teleptani, ásványtani és geokémiai ismeretéhez. – www.foldtanikutatas.hu/fk063/rethy/rethy.htm
- SUNAGAWA, J. 1957: Variation in crystal habit of pyrite. – *Geol. Survey of Japan Report* 175, 1–47.
- SZAKÁLL S. & GATTER I. 1993: Magyarországi ásványfajok. – Fair System Kft. Miskolc, 85–87.
- TOKODY L. 1931: A pirit morfológiája. – *Mat. és Term. tud. Ért.* 48, 782–799.
- TOKODY L. 1944: Kristálytani vizsgálatok magyarországi piriteken (Kisasszonybánya). – *Mat. és Term. tud. Közl.* 40/1, 13–14.

Kézirat beérkezett: 2006. 01. 18.