

7.4. Sulfidy

Sulfidy jsou sloučeniny S^{2-} s kovy (jedním nebo více). Do skupiny sulfidů řadíme i takové minerály, kde síra je zčásti nebo úplně zastoupena As (arzenidy), Se (selenidy), Te (teluridy), zřídka též Sb a Bi.

Sulfidy mají velký ekonomický význam jako hlavní suroviny většiny kovů. Geneze sulfidů je především hydrotermální (žilná a metasomatická ložiska).

Chemické vazby v sulfidech jsou převážně kovalentní nebo kovové, často smíšené.

Většina sulfidů má kovový lesk. Na rozdíl od kovů nejsou většinou kujné, ale jsou křehké (kruché). Sulfidy mají vesměs vysokou hustotu.

System sulfidů

Starší učebnice (např. Slavík et al. 1974) řadí sulfidy podle klesajícího poměru kov : síra (Ag_2S , PbS , Sb_2S_3).

Běžné je dělení na sulfidy kovů (kov + S) a sulfosoli (kov + polokov /As, Sb/), který obsazuje některé z pozic kovů ve struktuře/ + S)

Dnes převažuje přirozenější krystalochemická klasifikace sulfidů, kdy vyčleňujeme následující skupiny:

- sulfidy s tetraedrickou strukturou
- sulfidy s oktaedrickou strukturou
- kombinované tetraedrické + oktaedrické struktury sulfidů
- struktury sulfidů s jiným uspořádáním
- sulfidy s komplexními strukturami

Struktury sulfidů (kromě komplexních) si můžeme představit jako nejtěsnější uspořádání velkých atomů S, kationty (kovy) obsazují různým způsobem existující dutiny v takovém skeletu.

7.4.1. Sulfidy s tetraedrickou strukturou (sfalerit, wurtzit, chalkopyrit, bornit), dále greenockit, hawleyit

7.4.1.1. Sfalerit – ZnS

Sfalerit obvykle obsahuje příměs Fe v množství až několik %, typickými minoritními prvky jsou Cd, Mn, In a Ge).

Sfalerit krystaluje v soustavě krychlové, krystalovým tvarem je nejčastěji spojka tetraedru a rombického dodekaedru (obr.74_1). Agregáty jsou zrnité, s dobře viditelnou výbornou štěpností.

Pozn. hexagonální modifikace ZnS je minerál wurtzit, makroskopicky dosti podobný sfaleritu.

Sfalerit je izostrukturální s diamantem. Ve struktuře (obr.74_2) je 1/2 tetraedrických dutin obsazena kovem, vazby jsou kovalentní.

Fyzikální vlastnosti sfaleritu jsou ovlivněny konkrétním chemismem: zbarvení se mění s přibýváním Fe od žluté – oranžové – medové po hnědou až černou (obr.74_3 a, b,c). Černá varieta sfaleritu s vysokým obsahem Fe se nazývá „marmatit“.

Štěpnost sfaleritu je výborná podle rovin rombického dodekaedru – (110) (6 rovin štěpnosti!). Tvrdost 4, hustota asi 4 g/cm³. Typický je u sfaleritu polokovový lesk.

Geneze a výskyt:

Sfalerit je typickým minerálem hydrotermálních rudních žil (nejčastěji v asociaci s galenitem) – ložiska Příbram, Kutná Hora, Jihlava, Banská Štiavnica.

Je také běžný na metasomatických Pb -Zn ložiskách – Mežica (Slovinsko) a polymetalických sulfidických ložiskách jiné geneze (Zlaté Hory).

Při zvětrávání sfaleritu vznikají typické sekundární minerály - smithsonit (ZnCO₃), dále hydrozinkit, hemimorfit a j.

Sfalerit je nejrozšířenějším minerálem Zn a základní průmyslovou surovinou Zn, Cd a In.

7.4.1.2. Chalkopyrit – CuFeS₂

Chalkopyrit krystaluje v soustavě tetragonální v poloplochých tvarech (tetragonální disfenoid a skalenoedr) (viz obr.74_4). Agregáty jsou masivní (obr.74_5, běžná jsou vtroušená zrna v rudách.

Struktura chalkopyritu je blíže příbuzná sfaleritu ([obr.74_6](#)). 1/2 tetraedrických dutin je obsazena kovem - střídavě Fe, Cu, souměrnost je proto snížena z kubické na tetragonální.

Fyzikální vlastnosti: barva kovově žlutá (s odstínem do zelena). Vzhledem k pyritu je chalkopyrit sytější žlutý, vzhledem ke zlatu bledší se zelenavým odstínem. Chalkopyrit na povrchu často pestře nabíhá – modrofialově (povlak covellinu). Je neštěpný, tvrdost a hustota asi 4.5, charakteristický je silný kovový lesk.

Geneze:

Nejčastěji se chalkopyrit vyskytuje na hydrotermálních rudních žilách (samostatně nebo v asociaci s pyritem, sfaleritem) – Kutná Hora, Ludvíkov u Vrbna, Borovec u Štěpánova, Banská Štiavnica. Je součástí rud polymetalických sulfidických ložisek jiné geneze (Zlaté Hory).

Sekundární minerály po zvětrání chalkopyritu jsou v oxidační zóně zejména malachit, azurit a limonit; v zóně cementační ryzí Cu, covellin a chalkozín.

Chalkopyrit je nejvýznamnějším průmyslovým zdrojem Cu.

7.4.1.3. Bornit – Cu_5FeS_4

Bornit krystaluje v soustavě krychlové, krystaly řídké, obvykle je kusový (vytváří masivní agregáty) – viz [obr.74_7](#)). Struktura bornitu je znázorněna na [obr.74_8](#)).

Fyzikální vlastnosti: barva bornitu je za čerstva kovově červenofialová, na povrchu rychle nabíhá pestrými barvami a postupně se stává fialový až hnědý. Je neštěpný, tvrdost 3, hustota 5 g/cm^3 , má výrazný kovový lesk.

Geneze:

Bornit se vyskytuje na hydrotermálních rudních žilách s dalšími sulfidy Cu. Ve Vrančicích u Příbrami vystupoval v asociaci s chalkozínem.

Je komponentou polymetalických sulfidických ložisek jiné geneze (Zlaté Hory) – v asociaci s chalkopyritem, sfaleritem, galenitem, pyritem.

Bornit je významným sulfidem sedimentárních Cu-rud (Vernéřovice), kde se nachází v asociaci s chalkopyritem, chalkozínem a covellinem.

Bornit je na některých ložiskách významnou rudou Cu.

7.4.1.4. Greenockit a hawleyit

Tyto minerály představují 2 modifikace CdS.

Greenockit ("grínokit") je hexagonální minerál, se strukturou typu wurtzitu. Obvykle má podobu práškovitých agregátů žluté barvy.

Z hlediska geneze jde o supergenní nerost, který vzniká zvětráváním sfaleritu (Příbram, Nová Ves u Rýmařova).

Hawleyit ("houlejit") je velmi vzácný kubický minerál, izostrukturní se sfaleritem.

Práškovité povlaky hawleyitu žluté barvy na trhlinách sfaleritu byly nalezeny na lokalitě Komňa u Uherského Brodu.

7.4.2. Sulfidy s oktaedrickou strukturou (galenit, pyrrhotin, nikelin)

Struktury této skupiny sulfidů lze charakterizovat nejtěsnějším uspořádání atomů síry v se symetrií krychlovou či hexagonální. Atomy kovů obsazují v tomto skeletu jen oktaedrické dutiny, ve většině případů jsou všechny oktaedrické dutiny obsazeny.

7.4.2.1. Galenit – PbS

V galenitu je typickou izomorfní příměsí Ag v množství 0.X - 1 %).

Galenit krystaluje v soustavě krychlové, krystalovým tvarem je krychle a oktaedr, rombický dodekaedr (viz obr.74_9 a, b). Agregáty jsou zrnité, s dobře viditelnou výbornou štěpností podle rovin krychle (obr.74_10).

Galenit je izostrukturní s halitem (viz struktura na obr.).

Fyzikální vlastnosti galenitu: barva stříbrobílá (čerstvý) se silným kovovým leskem, časem šedne a tmavne, ztrácí lesk – pokrývá se vrstvičkou Ag_2S . Štěpnost je výborná dle krychle, tvrdost 2.5, je velmi křehký. Nápadná je vysoká hustota 7.5 g/cm^3 .

Geneze:

Galenit je hojným sulfidem na hydrotermálních rudních žilách (nejčastěji v asociaci se sfaleritem) – ložiska Příbram, Kutná Hora, Jihlava, Stříbro, Nová Ves u Rýmařova, Oloví, Banská Štiavnica.

Je typický na metasomatických Pb -Zn ložiskách – Mežica (Slovinsko), polymetalických sulfidických ložiskách jiné geneze (Zlaté Hory, Horní Benešov, Horní Město u Rýmařova).

Při zvětrávání galenitu vznikají sekundární minerály Pb. V oxidační zóně především anglesit, cerusit a pyromorfit, v cementační zóně ryzí Ag a akantit.

Galenit je nejdůležitější rudou Pb a Ag

7.4.2.2. Pyrhotin – FeS

Běžně uváděný vzorec pyrhotinu (FeS) je pouze přibližný, přesněji jde o sloučeninu Fe_{1-x}S , kde $x = 0.05-0.17$. Stechiometrický FeS – je minerál troilit, který známe z některých meteoritů.

Struktura pyrhotinu je oktaedrická, vrstevní (obr.74_12 a, b). Nejtěsnější uspořádání atomů síry je hexagonálního typu. Pyrhotin krystaluje v soustavě hexagonální, má však díky vrstevní struktuře více polytypů (i monoklinické).

Pyrhotin vzácně vytváří krystaly, tabulkovité dle báze (obr.74_13), většinou bývá kusový („litá ruda“) nebo tvoří zrnité agregáty (obr.74_14).

Fyzikální vlastnosti pyrhotinu: velmi typická bronzově hnědá barva (čerstvý stříbrohnědý). Nápadný kovový lesk časem ztrácí na intenzitě, pyrhotin tmavne – hnědne. Je neštěpný, tvrdost 3.5, křehký, hustota 4 g/cm^3 . Od ostatních běžných sulfidů se odlišuje magnetismem.

Geneze a výskyt:

Pyrhotin je hojným sulfidem v sulfidických rudách různé geneze, je také významným opakním akcesorickým minerálem některých hornin (amfibolity, bazalty, mramory, ...). Hydrotermální výšeteplotní rudní žíly obsahují pyrhotin nejčastěji v asociaci se sfaleritem (ložisko Kutná Hora). Pyrhotin je hlavním sulfidem likvačních ložisek v bazických intruzívech (parageneze pyrhotin – chalkopyrit- pentlandit) – Staré Ransko, Sudbury v Kanadě.

Pyrhotin je také komponentou metamorfovaných sulfidických ložisek jiné geneze (Zlaté Hory).

Pyrhotin snadno podléhá zvětrávání, na jeho úkor se tvoří limonit, případně některé vodnaté sulfáty Fe a Ca.

V současnosti nemá pyrhotin ekonomický význam, dříve byl využíván pro výrobu kyseliny sírové a železa.

7.4.2.3. Nikelín – NiAs

Krystaluje v soustavě hexagonální, vzácně tvoří krystaly, většinou je však kusový - masivní („litá ruda“)- obr.74_15. Nikelín je izostrukturální s pyrhotinem (viz obr.74_).

Fyzikální vlastnosti nikelínu: velmi typická barva světle kovově červená (čerstvý), kovový lesk, časem tmavne, ztrácí lesk. Je neštěpný.

Z genetického hlediska jde výhradně o hydrotermální minerál. Vyskytuje se především na rudních žilách pětiprvkové formace (Ag-Co-As-Ni-Bi) ložisek Jáchymov a Zálesí u Javorníka. Vzácný a lokální byl v Příbrami.

Zvětráváním nikelín přechází na supergenní minerál annabergit (zelené práškové povlaky).

Nikelín je důležitou rudou Ni.

7.4.3. Sulfidy s kombinovanou tetraedrickou a oktaedrickou strukturou

Ve struktuře této skupiny sulfidů obsazují atomy kovů jak tetraedrické i oktaedrické dutiny ve skeletu, tvořeném atomy síry.

7.4.3.1. Pentlandit – $(\text{Fe, Ni})_9 \text{S}_8$

Pentlandit krystaluje v soustavě krychlové, krystaly tvoří vzácně, většinou vystupuje v podobě drobných zrn a agregátů v hostitelských horninách (obr.74_16).

Struktura je tvořena tetraedry $[\text{Fe, Ni}]_4 \text{S}_4$ a oktaedry $[\text{Fe, Ni}]_6 \text{S}_6$.

Makroskopicky je pentlandit velmi podobný pyrhotinu, je však nemagnetický.

Geneze:

Společně s pyrhotinem a chalkopyritem je významným sulfidem na likvačních ložiskách v bazických a ultrabazických intruzivních horninách (Staré Ransko, Sudbury v Kanadě), v těchto horninách je na jiných lokalitách pouze akcesorickým opakním minerálem.

Pentlandit je nejdůležitější rudou Ni.

7.4.4. Sulfidy s jiným uspořádáním struktury

Sulfidy této skupiny mají různé typy struktur, které nelze zařadit mezi ostatní vyčleněné skupiny. Patří sem především argentit – akantit, molybdenit, cinabarit, covellin a chalkozín.

7.4.4.1. Argentit - akantit Ag_2S

Kubický argentit je stabilní modifikací Ag_2S za teploty nad 179°C , jednoklonný (pseudokubický) akantit vzniká za teplot nižších než 179°C .

Krystalovými tvary argentitu je krychle a osmistěn (obr.74_18). Akantit (ev. též argentit) však nejčastěji tvoří dendrity, celistvé hmoty nebo povlaky a pseudomorfuje drátky stříbra (obr.74_19 a, b).

Fyzikální vlastnosti argentitu: je černošedý, na čerstvém povrchu má silný kovový lesk, rychle však tmavne a černá. Je kujný . $T= 2-2.5$, $h= 7.3 \text{ g/cm}^3$.

Geneze a výskyt:

Argentit je pozdním hydrotermálním minerálem (Pb-Zn-Ag žilná formace) a minerálem cementačních procesů. Asociuje s galenitem a Ag-minerály (pyrargyritem, proustitem, stefanitem). Lokality: Příbram, menší krystaly ve Staré Vožici a Ratibořických Horách. Na Slovensku je znám z Hodruše (v paragenezi Ag-minerálů) a Banské Štiavnice (krystaly až 3 cm velké).

Typický je argentit pro pětiprvkovou formaci rudních žil. V Jáchymově se vyskytoval v drúzách krystalů a kusech o hmotnosti až několika kg, často v asociaci s proustitem. V Ag-Co-Ni asociaci je znám z Andreasbergu (Harc, Německo) a Kongsbergu (Norsko).

Akantit je běžným supergenním minerálem na ložiskách Ag-rud.

Argentit je významnou rudou Ag.

7.4.4.2. Molybdenit MoS_2

Molybdenit pravidelně obsahuje stopové množství Re (max. 0.3 %).

Jde o hexagonální minerál, vytváří však několik polytypů (zejména 2H - hexagonální, 3R - trigonální). Struktura je výrazně vrstevního typu ([obr.74_20](#)).

Molybdenit vytváří tabulkovité krystalky s hexagonálním obrysem, většinou s nedokonale vyvinutými krystalovými plochami ([obr.74_21](#)). Agregáty jsou šupinkaté až lupenité, někdy růžicovité (s radiálním uspořádáním lupínek) - ([obr.74_22](#)).

Fyzikální vlastnosti: molybdenit je modravě stříbrošedý, má silný kovový lesk. Vykazuje dokonalou štěpnost dle báze. Je ohebný, dá se krájet a dobře vede elektřinu. Tvrdost 1, hustota 5 g/cm^3 .

Geneze a výskyt:

Molybdenit je vysokoteplotním hydrotermálním minerálem greisenů a s nimi spjatých křemenných žil (ložiska Cínovec, Horní Slavkov, Krupka).

Lokálně je běžný na puklinách granitoidů a pegmatitů (Černá Voda u Žulové, Stachlovice). Molybdenit je komponentou Cu-Mo porfyrových rud.

Molybdenit je jedinou rudou Mo a vzácného Re.

7.4.4.3. Cinabarit HgS

Cinabarit („rumělka“) krystaluje v trigonální soustavě. Krystaly bývají hojnoploché, čočkovité (obr.74_23). Běžnější jsou agregáty kusové, zrnité i práškovité (obr.74_24).

Struktura cinabaritu je uvedena na obr.74_25.

Fyzikální vlastnosti: krystaly cinabaritu jsou vínově červené barvy s diamantovým leskem, agregáty bývají světlejší. Tvrdost 3, nápadná je vysoká hustota 8 g/cm³.

Geneze a výskyt:

Cinabarit je typickým nízkoteplotním hydrotermálním minerálem žil (Dědova hora u Hořovic, Merník u Prešova, Nižná Slaná, Idria – Slovinsko).

Druhotně se koncentruje v náplavech, díky své vysoké hustotě a odolnosti vůči zvětrávání.

Cinabarit je významnou rudou Hg.

7.4.4.4. Covellin CuS

Covellin krystaluje v hexagonální soustavě, struktura je vrstevního typu (obr.74_26).

Většinou tvoří jen tenké povlaky na jiných sulfidech mědi (chalkopyritu, bornitu), vzácněji je kusový – celistvý (obr.74_27)

Fyzikální vlastnosti: barva je tmavě modrá až tmavě červená, nápadný je kovový lesk.

Tvrdost covellinu se pohybuje kolem 3, hustota 8 g/cm³.

Geneze a výskyt:

Covellin najdeme na Cu-ložiskách různé geneze. Většinou je zde sekundární (drobné výskyty ve Zlatých Horách, Horní Rokytnici), vzácněji primární (ložisko Bor v Srbsku – ruda Cu).

7.4.4.5. Chalkozín Cu_2S

Chalkozín krystaluje v rombické soustavě, krystaly jsou tlustě tabulkovité a pseudohexagonální (obr.74_28). Agregáty chalkozínu mohou být kusové, jemnozrnné až celistvé.

Struktura chalkozínu je uvedena na obr.74_29.

Fyzikální vlastnosti: barva kovově černošedá, kovový lesk Tvrdost 3, hustota 6 g/cm^3 .

Geneze:

Chalkozín se nachází na hydrotermálních žilných ložiskách (Vrančice u Příbrami) a v sedimentárních Cu-rudách (drobné výskyty ve Verněřovicích u Trutnova, ložiska u Mansfeldu v Německu)

Chalkozín je rudou Cu.

7.4.5. Sulfidy s komplexními strukturami

Mezi komplexní sulfidy jsou podle učebnice Zoltaje a Stouta (1999) řazeny:

- skupina pyritu (pyrit, markazit, arzenopyrit a vzácnější fáze)
- antimonit
- skupina sulfosolí (boulangerit, jamesonit, tetraedrit, proustit, pyrargyrit)
- realgar a auripigment

7.4.5.1. Skupina pyritu

Do skupiny pyritu řadíme sulfidy Fe, odvozené od vzorce FeS_2 . Kromě pyritu a markazitu je důležitým zástupcem arzenopyrit. Vzácnější sulfoarzenidy a arzenidy jsou uvedeny pro informaci.

V krychlové soustavě krystalují :

Pyrit	FeS_2
Hauerit	MnS_2
Gersdorfit	NiAsS
Kobaltin	CoAsS

V rombické soustavě krystalují:

Markazit	FeS_2
Arzenopyrit	FeAsS
Löllingit	FeAs_2
Rammelsbergit	NiAs_2

Pyrit - FeS_2

Pyrit je nejhojnější minerál ze skupiny sulfidů.

Krystaluje v krychlové soustavě, krystalovým tvarem je nejčastěji krychle a pentagon-dodekaedr (obr.74_30). Krystalové plochy jmenovaných tvarů bývají jemně rovnoběžně rýhovány. Agregáty pyritu jsou kusové, zrnité i celistvé (obr.74_31).

Strukturu pyritu (obr.74_32) můžeme odvodit od struktury halitu. Tzv. komplexy vytvářejí ve struktuře molekuly S_2 , které jsou rozmístěny dle jedné kubické mřížky, plošně centrované. Do ní je zasunuta stejná mřížka obsazená atomy Fe.

Fyzikální vlastnosti: pyrit má mosazně žlutou barvu s výrazným kovovým leskem, někdy vykazuje náběhové barvy. Tvrdost 6, hustota 5 g/cm^3 . Není štěpný. Pyrit snadno zvětrává za uvolnění kyseliny sírové (druhotně vzniká limonit a sírany).

Geneze a výskyt:

Geneze pyritu je velmi rozmanitá. Běžný je především na sulfidických ložiskách různé geneze, především hydrotermálních (Kutná Hora, Nová Ves u Rýmařova, Banská Štiavnica), metamorfických a metamorfovaných typech ložisek (Zlaté Hory, Smolník - Slovensko). Je součástí sedimentárních hornin (černé uhlí, konkrce v jílech) – Kladno, Oslavany. Pyrit je běžným akcesorickým opakním minerálem v horninách.

V současnosti pyrit nemá ekonomický význam, dříve byl využíván k výrobě kyseliny sírové a železa.

Markazit - FeS_2

Druhou a méně rozšířenou modifikací FeS_2 je markazit.

Krystaluje v romboické soustavě, krystaly jsou sloupcovité a tabulkovité, agregáty stébelnaté, tabulkovité, zrnité (obr.74_33).

Ve struktuře markazitu (obr.74_34) nalezneme opět molekuly (komplexy) S_2 .

Fyzikální vlastnosti: barva markazitu je také mosazná, ale bledší než u pyritu. Kovový lesk, typický pro čerstvé krystaly se navětráním ztrácí, někdy má markazit náběhové barvy.

Tvrdost 5, hustota 5 g/cm^3 . Markazit není štěpný. Velmi rychle zvětrává za uvolnění kyseliny sírové (druhotně vzniká limonit a sírany).

Geneze:

Většinou jde o druhotný minerál v horních partiích sulfidických ložisek (Zlaté Hory).

Primární markazit bývá sedimentární geneze (hnědé uhlí, konkrce v jílech) – SHR.

Arzenopyrit - Fe As S

Krystaluje v romboické soustavě, krystaly jsou krátce sloupcovité, plochy rýhované (obr.74_35). Agregáty arzenopyritu jsou zrnité.

Struktura je typu markazitu (obr.74_36).

Fyzikální vlastnosti: barva kovově šedobílá a výrazný kovový lesk jsou typické pro čerstvý arzenopyrit. Postupně tmavne, kovový lesk se navětráním ztrácí. Tvrdost 6, hustota 6 g/cm^3 . Není štěpný.

Geneze a výskyt:

Arzenopyrit je typický nerost hydrotermálních žil (Příbram, Jáchymov, Kutná Hora) a greisenů (Horní Slavkov).

Hauerit - MnS_2

Tvoří oktaedry, spojky s krychlí nebo agregáty. Barva haueritu je hnědá až černá, lesk proměnlivý (diamantový až matný) - (obr.74_37). Je izostrukturální s pyritem. Geneze je sedimentární, nalézá se v jílech bohatých na síru (Víglašská Huta u Zvolena, ložiska síry na Sicílii).

7.4.5.2. Antimonit – Sb_2S_3

Krystaluje v romboické soustavě. Krystaly jsou dlouze sloupcovité, prizmatického habitu (obr.74_38). Plochy prizmatu bývají vertikálně rýhované (obr.74_39). Agregáty jsou zrnité.

Struktura antimonitu je uvedena na obr.74_40.

Fyzikální vlastnosti: ocelově šedá barva a kovový lesk, tvrdost pouze 2, hustota 4.6 g/cm^3 . Antimonit je lehce tavitelný – již v plameni svíčky. Má výbornou štěpnost podle roviny 010.

Geneze:

Antimonit je typickým sulfidem nízkoteplotních hydrotermálních žil (samostatná Sb-formace s křemenem a stopy Au) – ložisko Krásná Hora u Milešova, Magurka a Dúbrava (Slovensko). Vzácný byl na některých příbramských žilách.

7.4.5.3. Komplexní sulfidy s As, Sb a Bi – „Sulfosoli“

Tato relativně početná skupina fází zahrnuje vzácné minerály, které se vyskytují na nízkoteplotních hydrotermálních žilách (Příbram, Jáchymov).

Sulfosoli mohou být považovány za podvojně sulfidy.

V některých případech jsou důležitými rudami především Ag.

Nejrozšířenější jsou:

Boulangerit - $5.\text{PbS} \cdot 2 \text{Sb}_2\text{S}_3$

Jamesonit - $4.\text{PbS} \cdot \text{FeS} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$

Tzv. „plstnaté rudy“ (tvoří vláknité - vlasovité agregáty - [obr.74_41](#)). Mají kovově šedou barvu.

Bournonit - CuPbSbS_3

Šedý, kovově lesklý minerál. Krystaluje kosočtverečně a tvoří tabulkovité krystaly ([obr.74_42](#)). Klasický vzácný minerál dutin příbramských žil.

Proustit - Ag_3AsS_3

Pyrrargyrit - Ag_3SbS_3

Trigonálně krystalující sulfosoli Ag. Proustit je světle červený ([obr.74_43](#)), pyrrargyrit tmavě červený ([obr.74_44](#)). Diamantový lesk krystalů přechází v polokovový. Na vzduchu a světle se stávají ocelově šedé s kovovým leskem.

Proustit byl významnou rudou Ag na ložisku Jáchymov, pyrrargyrit je znám z Příbrami a dalších Pb-Zn-Ag žilných ložisek.

Tetraedit – $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Tennantit - $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$

Jde o izostrukturální fáze, tvořící kompletní pevný roztok. Oba minerály mají často značnou příměs Ag (varieta freibergit) nebo Hg (varieta schwazit), a to v množství několika hm.%.

Krystalují v soustavě krychlové, na krystalech převládá tetraedr a tvary odvozené od tetraedru ([obr.74_45](#)). Agregáty jsou masivní.

Struktura je uvedena na [obr.74_46](#).

Barva tetraeditu a tennantitu je kovově šedá, nápadný je kovový lesk. Některé tetraedity časem tmavnou. Tvrdost a hustota asi 4, nejsou štěpné, ale velmi křehké.

Geneze

Sulfosoli řady tetraedit – tennantit jsou typickými minerály hydrotermálních žil (Příbram, Ratibořice, Rožňava, Slovinky, Rudňany).

Tetraedit a tennantit jsou důležitými rudami několika kovů (Cu, Sb, Ag, Hg).

7.4.5.4. Realgar a auripigment

Jde o sulfidy polokovu (As).

Realgar - As_2S_2

Auripigment - As_2S_3

Oba minerály jsou jednoklonné, na krystalech s diamantovým leskem. Realgar je oranžový až červený, bez štěpnosti ([obr.74_47](#)). Auripigment je temně žlutý, dokonale štěpný podle /010/ - [obr.74_48](#).

Struktury jsou uvedeny na [obr.74_49 a, b](#).

Realgar i auripigment představují z hlediska geneze převážně druhotné fáze, vzniklé rozkladem arzenopyritu na jeho ložiskách (Jáchymov, Tajov u Banské Bystrice).

Jde o vzácnější minerály, většinou bez ekonomického významu.