

Ryzí kovy

Měď Cu

Měď může obsahovat příměsi Ag, As nebo Bi.

Krystaly

Měď krystaluje v kubické soustavě. $D = 8.95$, $H = 3$.

Nábrus

Ryzí měď je jasně kovově růžová, ale rychle nabíhá, ztrácí lesk a tmavne. Odraznost $R \approx 75\%$, je izotropní, ale s neúplným zhášením. Jemné škrábance mohou způsobit falešnou anizotropii. $VHN = 80-100$.

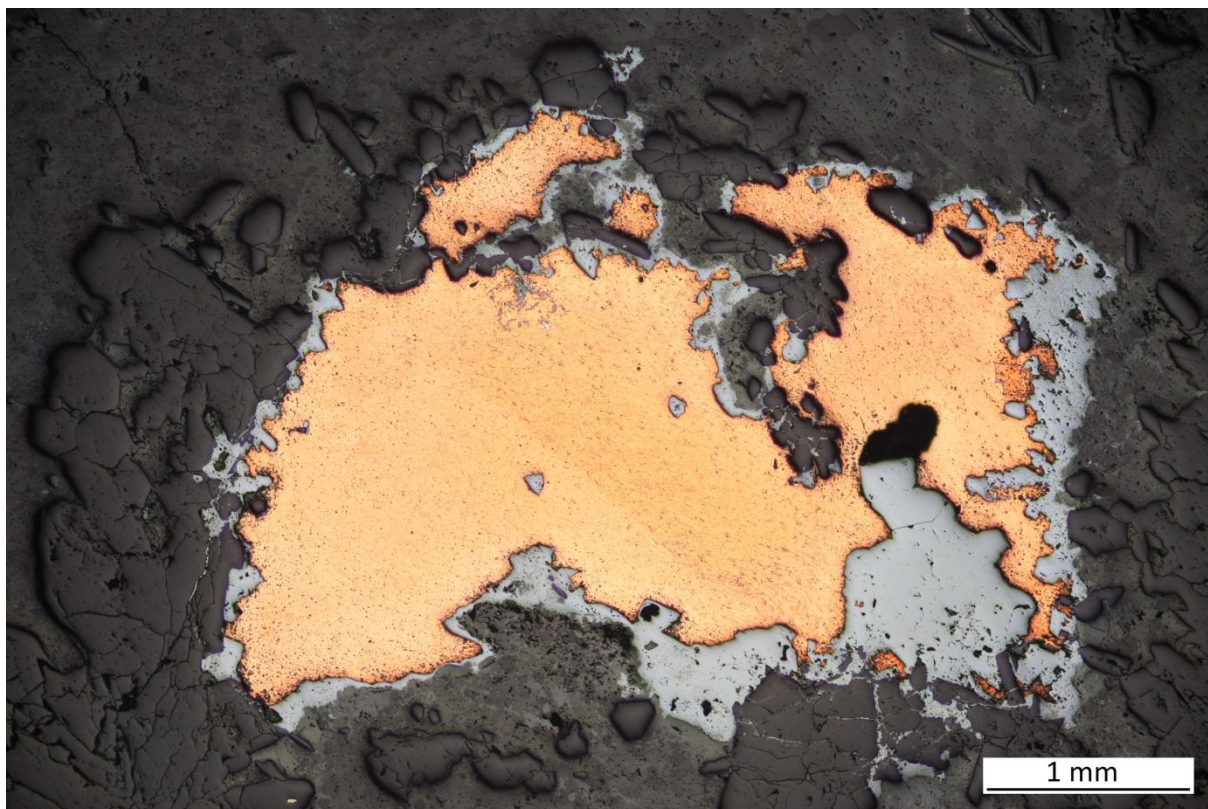
Výskyt

Měď se vyskytuje jako malé plíšky, zrnité agregáty, porézní hmoty nebo dendrity. Zonální struktura je vzácná, leptáním může být odhaleno lamelární dvojčatění.

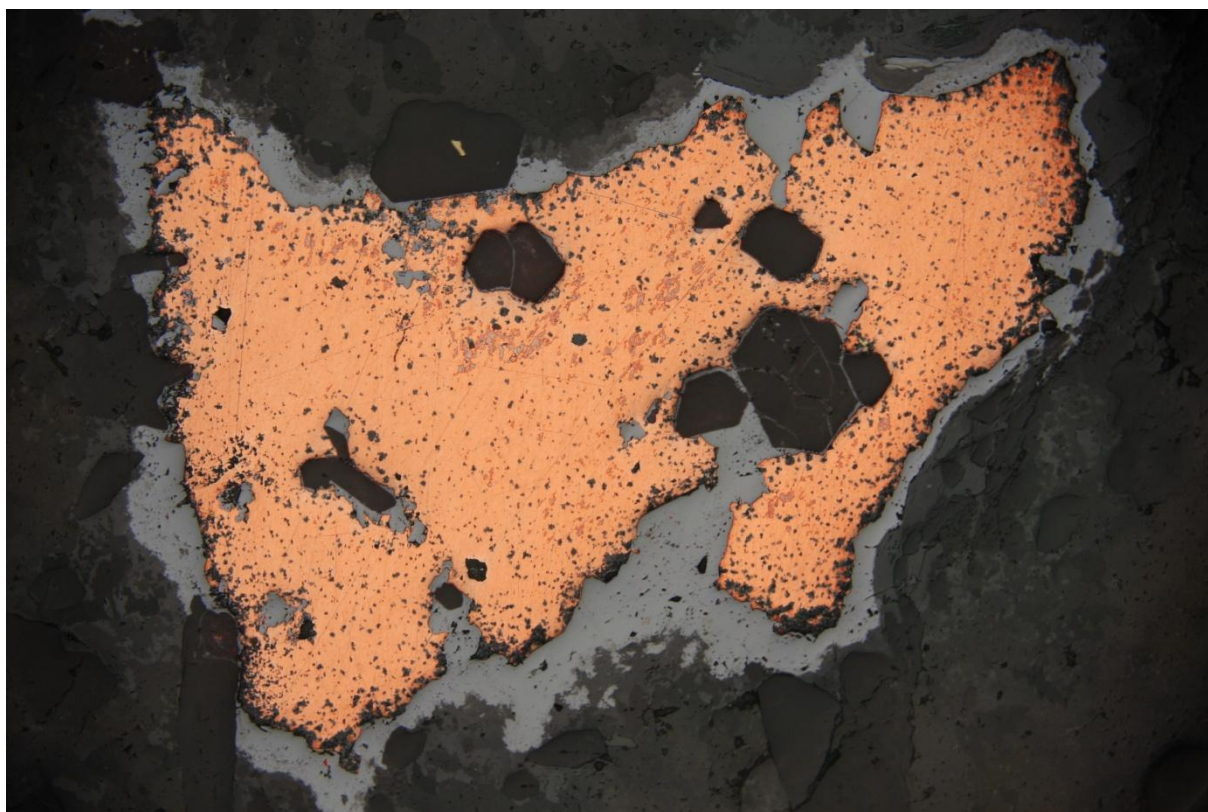
Měď nacházíme v asociaci s kupritem Cu_2O a $Cu + Fe + S$ minerály, často na ložiskách vázaných na bazická extruzíva. Měď je běžná v oxidační zóně ložisek, kde je výsledkem oxidace Cu-sulfidů.

Diagnostické znaky

Ve srovnání s mědí je zlato jasnější a žluté nebo žlutobílé barvy.



Obr. 1. Měď (růžově-oranžová), obklopená kupřitem (šedý), vz. Borovec u Štěpánova, PPL



Obr. 2. Měď (růžově-oranžová), obklopená kupřitem (šedý), vz. Borovec u Štěpánova, PPL

Zlato Au

Zlato může obsahovat příměs Ag, Cu, Pd nebo Rh. Elektrum (Au, Ag) je slitina obou kovů, která obsahuje 30-45% Ag.

Krystaly

Zlato krystaluje v soustavě kubické a může vzácně vytvářet krystaly s tvary krychle, dodekaedru nebo oktaedru. Opakované dvojčatění zlata podle {111} často dává vznik mřížovitým a dendritickým agregátům. $D = 19.3$, $H = 2$.

Nábrus

Zlato je jasně žluté. Stříbrnaté zlato je bělejší a měděné zlato je růžové. $R \approx 76\%$, což činí zlato mnohem jasnější než pyrit a chalkopyrit. Elektrum je jasnější ($R \approx 85\%$) a bělejší, než ryzí zlato. Zlato je izotropní, ale s neúplným zhášením, kdy je pozorována nazelenalá barva. Zlato se neznečistí, ale velké zrna se snadno poškrábou a může být obtížné je naleštit.

Zlato se vyskytuje jako nepravidelná zrna, v podobě plíšků nebo žilek, často uzavřených v sulfidech jako jsou pyrit nebo arzenopyrit. Různé formy zlata jsou často navzájem prorostlé nebo srůstají s minerály Au + Bi + Te a Sb + As. Zlato se může vyskytovat jako velmi jemné povlaky, které se při leštění snadno ztratí. $VHN = 30-35$.

Výskyt

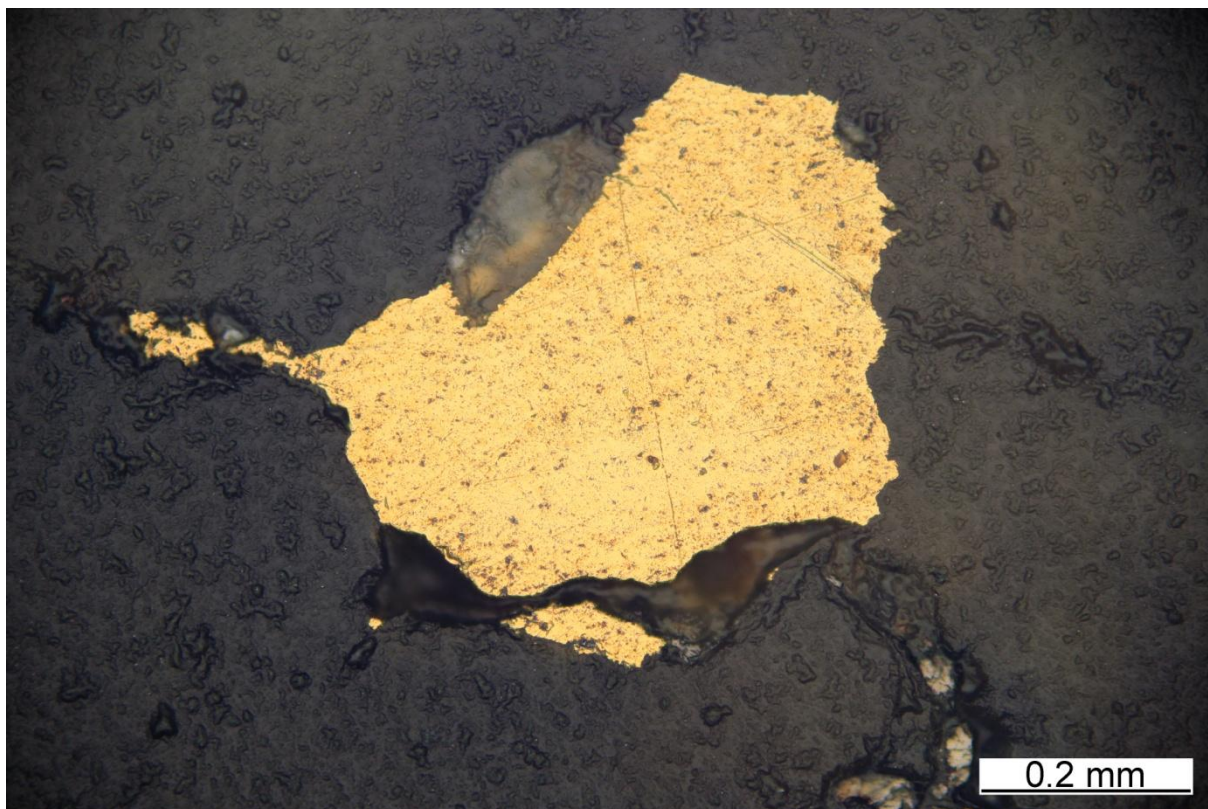
Zlato se vyskytuje v hydrotermálních ložiskách, která jsou často spojena s vyvřelými horninami; ve zlatonosných křemenných žilách. Zdá se, že zlato je přítomno v celém teplotním rozsahu mineralizace žil.

V rozsypových ložiskách je pravděpodobné, že je zlato chemicky mobilní, což vede k růstu nuggetů.

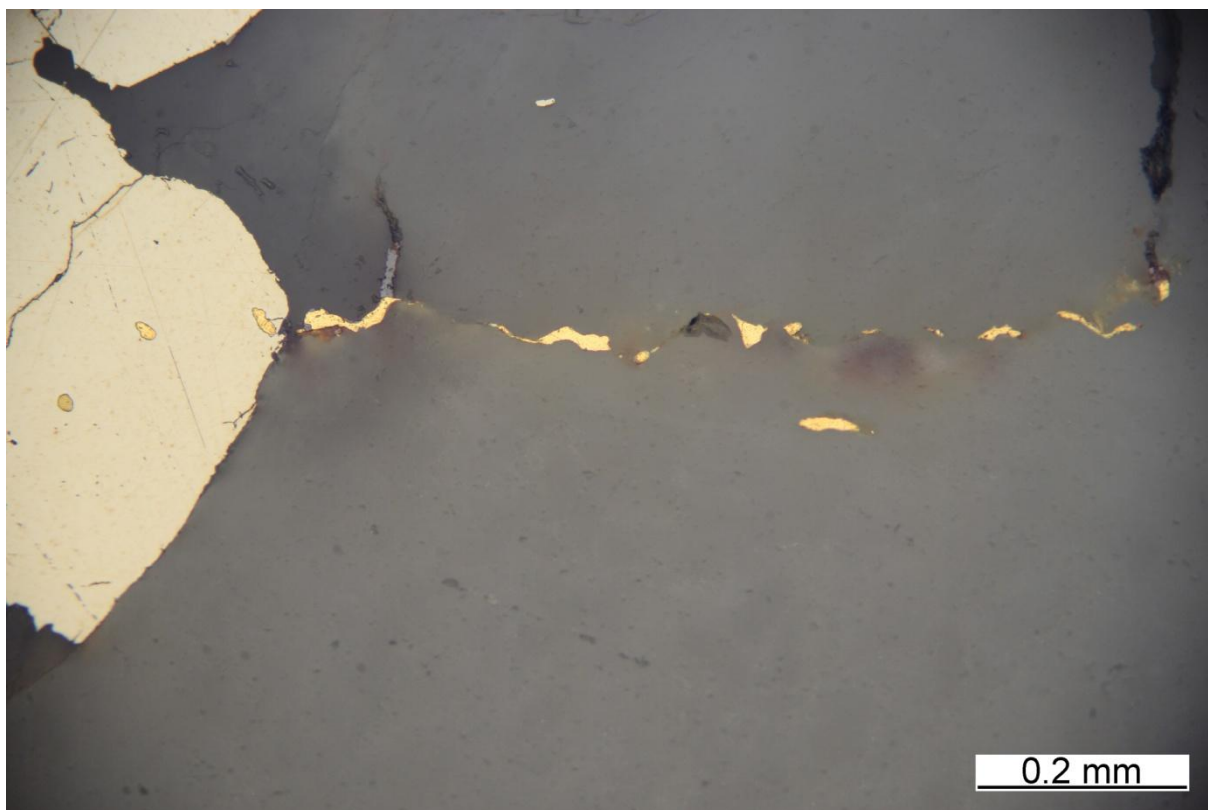
Zlato se často vyskytuje jako velmi malá zrna, dokonce i v ekonomicky významných zlatých ložiskách.

Diagnostické znaky

Ve srovnání se zlatem: chalkopyrit je méně žlutý, tmavší a slabě anizotropní.



Obr. 3. Zlato, vzorek Zlatý chlum, PPL



Obr. 4. Zlato (žluté) v pyritu (žlutobílý) a křemenu, vz. Suchá Rudná, PPL

Stříbro Ag

Stříbro může obsahovat malá množství Au, Hg, As, Sb, Pt, Ni, Pb nebo Fe.

Krystaly

Stříbro krystaluje v soustavě kubické. $D = 10.5$, $H = 2,5$.

Nábrus

Stříbro je bílé, ale brzy tmavne a ztrácí lesk. Je mnohem jasnější ($R \approx 95\%$) než běžné rudní minerály. Stříbro je izotropní, ale falešná anizotropie může být vyvolána jemnými škrábanci.

Stříbro se vyskytuje v dendritických nebo nepravidelných masách a jako inkluze. Často bývá ve stříbronosných sulfidech nebo i hlušínových minerálech. VHN = 46-118.

Výskyt

Stříbro se nalézá v asociaci s Ar + Ni + Fe arzenidy, tyto mineralizace jsou obvykle vázané na bazické magmatické horniny. Objevuje se také v zónách oxidace žil obsahujících galenit.

Mnoho žil zaznamenaných jako "stříbrné žíly" jsou ve skutečnosti žíly se stříbrnosným galenitem. Stříbro bývá asociováno s ryzí mědí a často s karbonáty.

Diagnostické znaky

Ve srovnání se stříbrem: zlato je méně jasné a sytě žluté.

Sulfidy

Ve struktuře sulfidických minerálů jsou atomy kovů (např. Cu, Zn nebo Fe) nebo atomy polokovů (Sb, As nebo Bi) obklopeny atomy síry. Chemická vazba je obvykle považována za kovalentní. Ačkoliv síra preferuje čtyřnásobnou tetraedrickou koordinaci, vyskytuje se v množství různých koordinačních polyedrů, které mohou být relativně asymetrické.

Typickou vlastností mnoha struktur sulfidů je nestechiometrie, tj. variabilní poměr kovů vs. síry, obzvláště za vysokých teplot; komplexní uspořádání může mít za následek při ochlazení nestechiometrických fází vznik fází s pouze mírně odlišným chemickým složením avšak s jinou krystalovou strukturou. Dobrým příkladem tohoto jevu je vysoko teplotní kubický minerál digenit, Cu_{2-x}S ($x \leq 0.2$), který je za nízkých teplot reprezentován ortorombickým chalkozímem Cu_2S , ortorombickým djurleitem $\text{Cu}_{1.97}\text{S}$ a kubickým digenitem $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$.

Ve struktuře některých sulfidů se dále vyskytují vazby síra-síra, například dvojice S_2^{2-} v pyritu FeS_2 a existují také struktury, které jsou považované za výsledek nahrazení poloviny síry v těchto párech polokovem, např. v arsenopyritu (FeAsS).

Většina sulfidů je opakních, avšak některé (např. čistý ZnS sfalerit) mohou být transparentní. Některé jsou transparentní pro červené světlo (např. pyrargyrit Ag_3SbS_3) nebo pouze pro infračervené světlo (např. antimonit Sb_2S_3). Některé sulfidy jsou polovodiče (jsou vodivé pro elektrický proud pouze za vysokých teplot). Struktury sulfidů mohou být klasifikovány, stejně jako silikáty, na základě řetězců, vrstev, sítí aj. Avšak tato klasifikace má menší význam, než u silikátů. Struktury hrají u některých sulfidů roli při pochopení morfologie krystalů, rovin štěpnosti atd. Současná klasifikace sulfidů je založena na poměru kovů (polokovů) k síře.

Sulfosole jsou skupinou sulfidů, které jsou chemicky i strukturně velmi rozmanité. Sulfosole obsahují ve svých strukturách rovněž polokovy, kovy a síru; polokovy jsou typicky vázány na síru v trigonálně pyramidální koordinaci, avšak nevyskytují se zde vazby polokovy – kovy jako např. v arsenopyritu FeAsS. Dvěma příklady relativně běžných sulfosolů jsou pyrargyrit Ag_3SbS_3 a tetraedrit $(\text{Cu,Ag})_{10}(\text{Zn,Fe})_2(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}$.

Užitečné shrnutí mineralogie sulfidů podávají např. Gribble a Hall (1992), Vaughan a Craig (1978), Ribbe (1974) a Nickless (1968).

Arzenopyrit (FeAsS)

Arzenopyrit je obvykle nestechiometrický, Fe může být nahrazováno minoritně Co.

Krystaly

Pseudo-ortorombické (monoklinické) s osními poměry $a:b:c = 1.6833:1:1.1400$. Krystaly jsou obvykle prizmatické [001] s dvojčatěním podle {100} a {001} (pseudo-ortorombické krystaly; {101} (penetrační dvojčata); nebo {012} (křížová dvojčata). Štěpnost podle {101}. Hustota = 6.1, tvrdost = 6.

Nábrus

Arzenopyrit je bílý, $R \approx 52\%$ (přibližně stejná jako u pyritu). Slabá bireflexe, anisotropie je však obvykle zřetelná, barvy tmavě modré a hnědé, zhášení slabé. Anisotropie je snadno pozorovatelná, avšak slabší než u markazitu. Zrna jsou často idiomorfni, typické jsou kosočtverečné průřezy zrn nebo častěji protažené skeletální porfyroblasty. Běžná je zonalita zhášení, častá se vyskytují jednoduchá dvojčata nebo tvary přesýpacích hodin. Popisováno je i lamelární dvojčatění. VHN = 1048-1127.

Výskyt

Arzenopyrit je považován za typický minerál relativně vysoko-teplotních hydrotermálních žil často v asociaci s kasiteritem, wolframitem, chalkopyritem, pyrhotinem a zlatem. Nachází se také na mnoha typech sulfidických ložisek.

Diagnostické znaky

Srovnání s arzenopyritem: pyrit je žlutý s kubickou morfologií; markazit je více anizotropní.

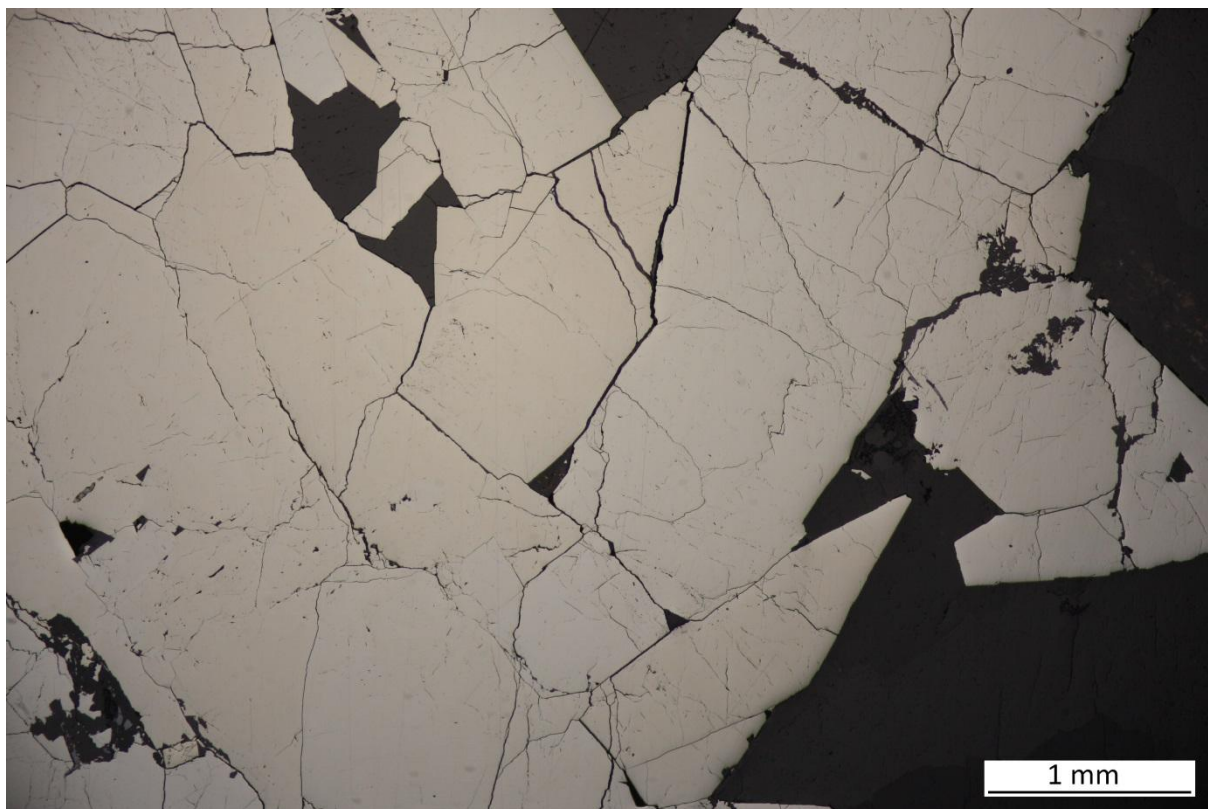


Fig. 5. Agregát arzenopyritu (žluto-bílý) se slabě znatelnou bireflexí, vz. 8, PPL

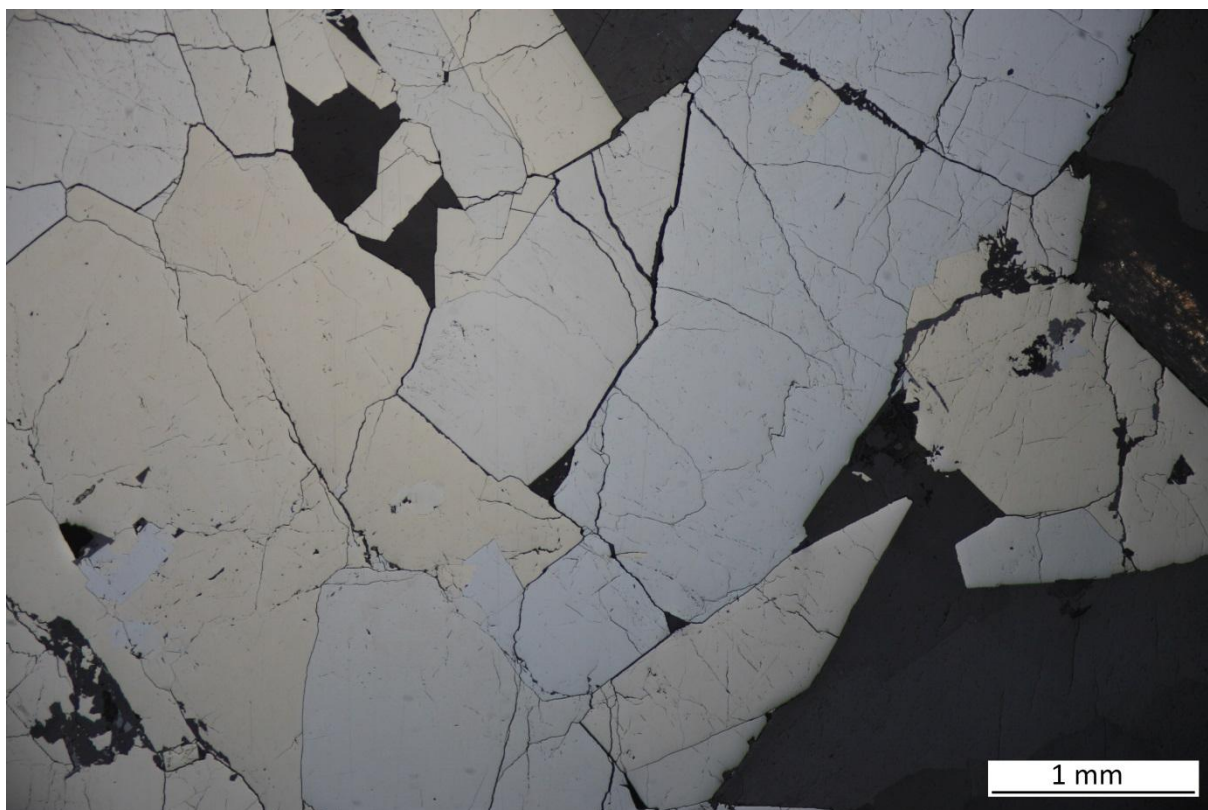
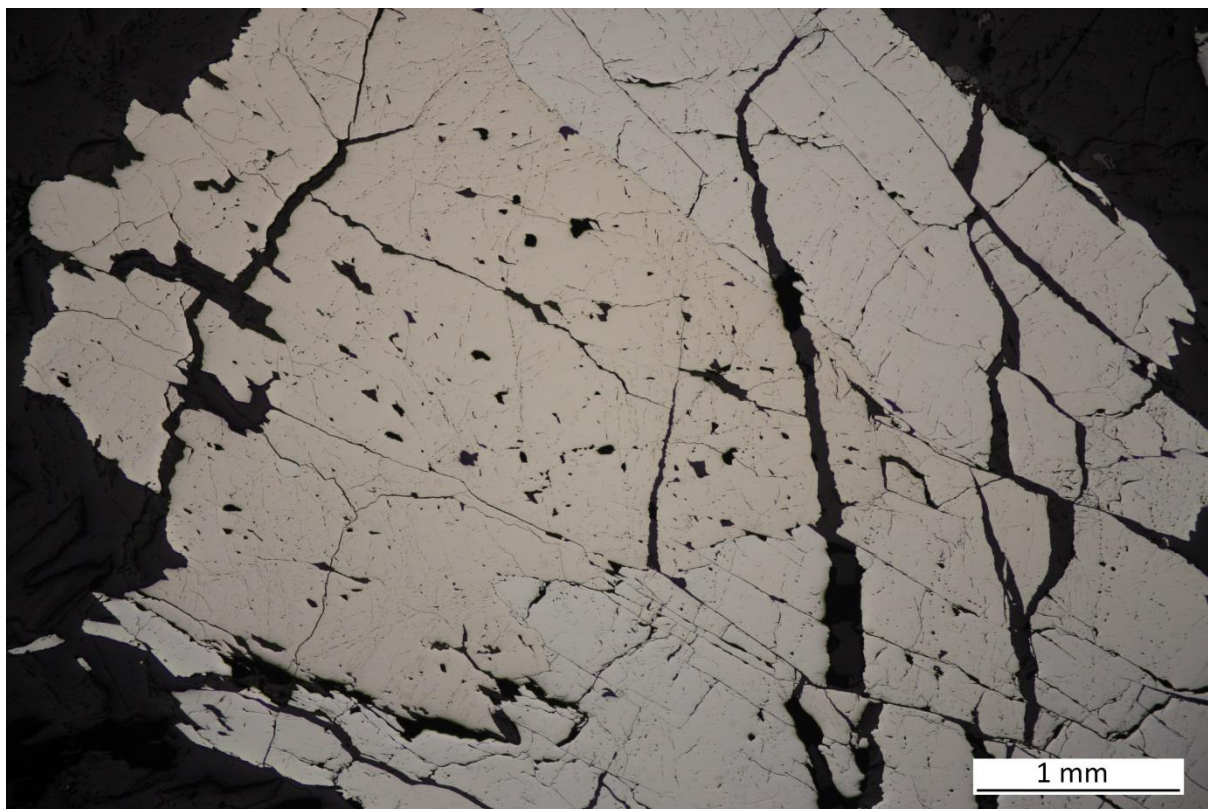
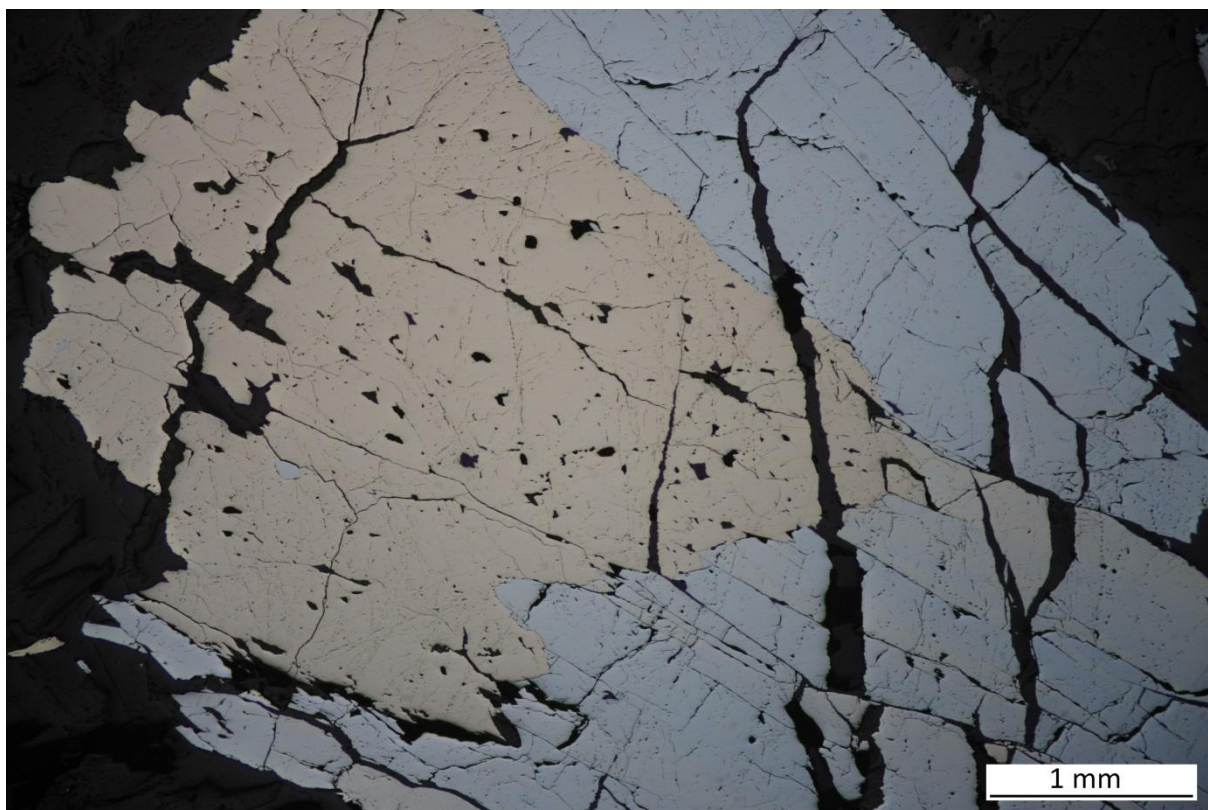


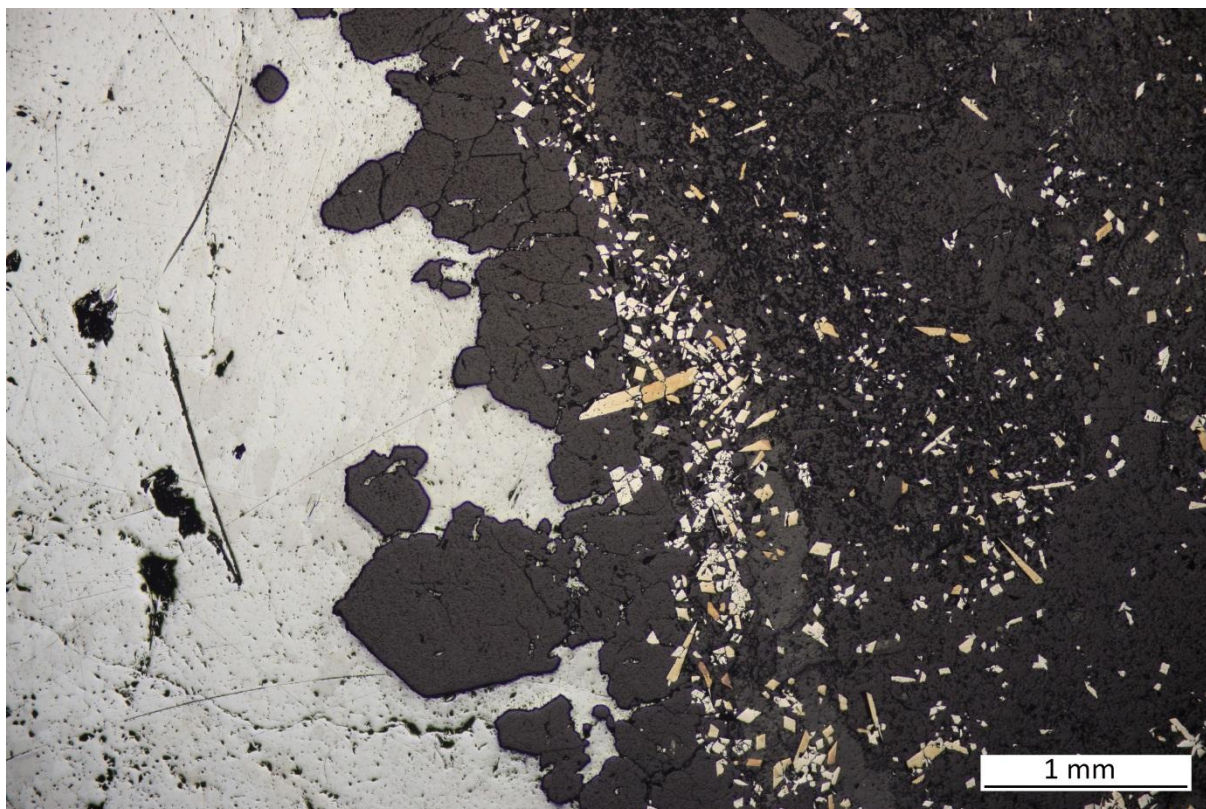
Fig. 6. Agregát arzenopyritu (žluto-bílý) se zřetelnou anizotropií, vz. 8, XPL



Obr. 7. Arzenopyrit (žluto-bílý), vz. 8, PPL



Obr. 8. Arzenopyrit se zřetelnou anizotropií, vz. 8, XPL



Obr. 9. Automorfní rombocké průřezy krystalků arzenopyritu (žluto-bílý, nabíhající), s antimonitem (šedobílý s bireflexí), vz. Hynčice pod Sušinou, PPL

Bornit Cu_5FeS_4

Krystaly

Bornit je tetragonální (pseudo-kubický). Krystaly jsou vzácně kubické, dodekaedrické nebo oktaedrické. Dvojčatění podle $\{111\}$ (často vede k penetračnímu dvojčatění). Štěpnost podle $\{111\}$. Hustota = 5.1, tvrdost = 3.

Nábrus

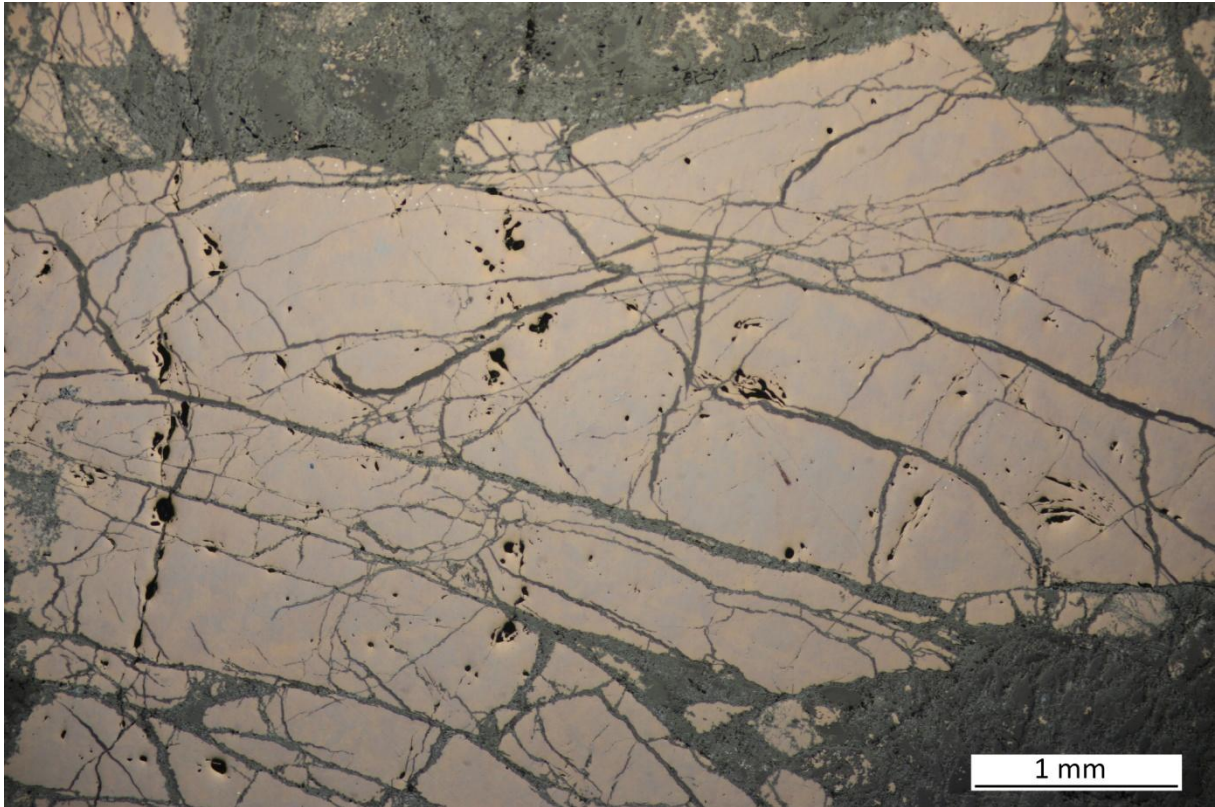
Bornit je na čerstvém lomu růžovo-hnědý, postupně nabíhá do purpurové nebo pestře modré. S $R \approx 22\%$ je světlejší než sfalerit. Slabá bireflexe i anizotropie s tmavě hnědým a šedým odstínem. Jemné zrnité agregáty se jeví izotropně. Častá je barevná variabilita a zonalita způsobená náběhovými barvami. Běžná je štěpnost ve dvou směrech a známé je i vícenásobné dvojčatění. Časté jsou lamely a myrmekitické srůsty bornitu s chalkopyritem. Chalkopyrit se také často vyskytuje podél trhlin v bornitu, jako produkt jeho rozpadu. Bornit se obvykle vyskytuje v podobě zrnitých agregátů, ale časté je prorůstání s jinými Cu + Fe + S minerály. VHN = 97-105.

Výskyt

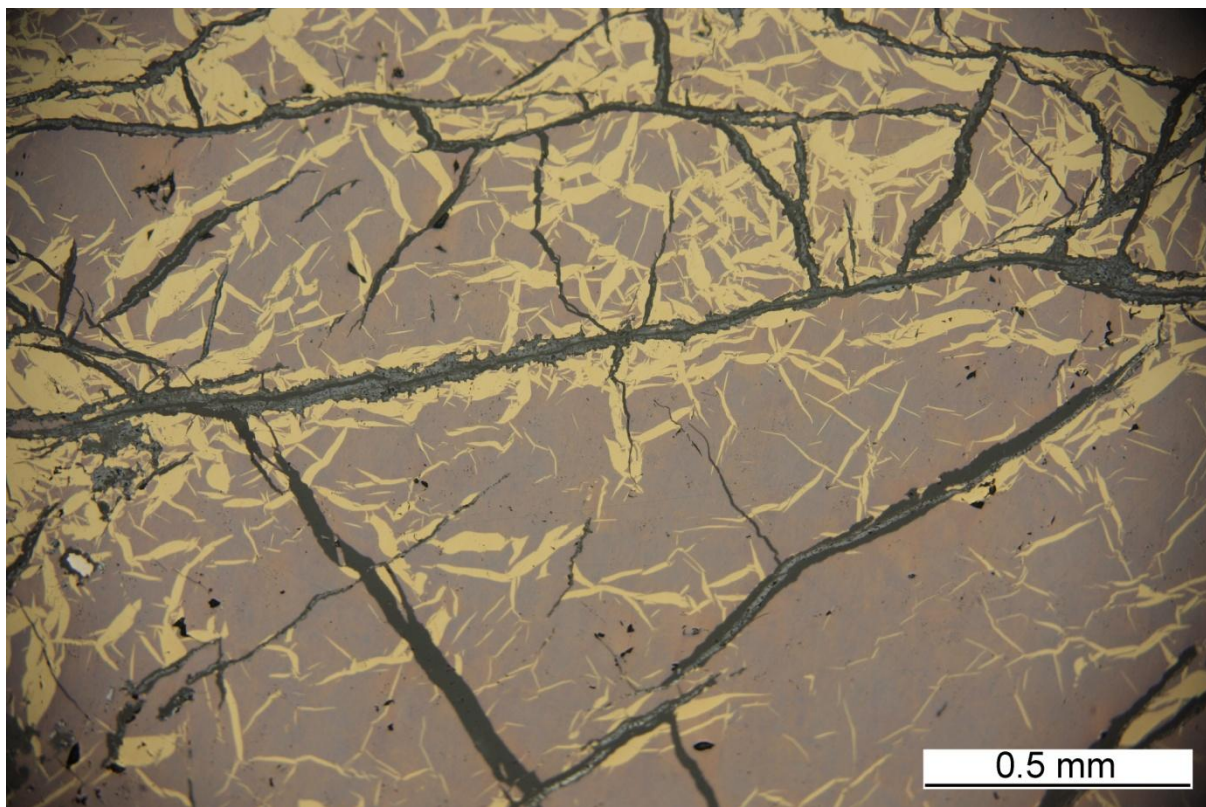
Bornit se často vyskytuje v asociaci s ostatními Cu + Fe + S minerály v „sekundárním prostředí“. Může vznikat výsledkem nemísivosti vysoko-teplotních Cu + Fe + S pevných roztoků během ochlazování.

Diagnostické znaky

Srovnání s bornitem: pyrrhotin je světleji hnědý a výrazněji anizotropní, jejich společný výskyt je vzácný.



Obr. 10. Bornit, vz. 10 - Rybice (PL), PPL



Obr. 11. Bornit s chalkopyritem, vzniklým jeho rozpadem, vz. 10 – Rybice (PL), PPL

Chalkozín Cu_2S a digenit (Cu_9S_5)

Ramdohr (1969) uvádí „co bylo dosud považováno za chalkozín se vzorcem Cu_2S je ve skutečnosti velké množství částečně nezávislých minerálů a pevných roztoků, jejichž vzájemné vztahy doposud nejsou zcela pochopeny a pro které existují rozmanité interpretace“. Při zkoumání vzorků obsahujících chalkozín je tedy zapotřebí dbát zvýšené opatrnosti.

Krystaly

Chalkozín je ortorombický, $a:b:c = 0.5822:1:0.9701$. Digenit je kubický. Oba minerály jsou obvykle masivní. Hustota = 5.77, tvrdost = 2.5.

Nábrus

Chalkozín je modravě světle šedý s $R \approx 33\%$, zatímco digenit je světle šedý až modravě světle šedý s $R \approx 21\%$. Chalkozín je slabě anizotropní s narůžovělým, zelenavě šedým nebo hnědavým nádechem. Digenit je izotropní.

Oba minerály se vyskytují v podobě zrnitých agregátů, a obvykle jsou prorůstány ostatními $\text{Cu} + \text{Fe} + \text{S}$ minerály. Kopinaté inverzní dvojčatění indikuje zchlazení z vysokoteplotního

hexagonálního polymorfu a přechod při 103°C do ortorombického polymorfu. Pozorovatelné jsou stopy štěpnosti, které se stávají intenzivnější během zvětrávání. VHN = 80-90 (chalkozín), 80-110 (digenit).

Výskyt

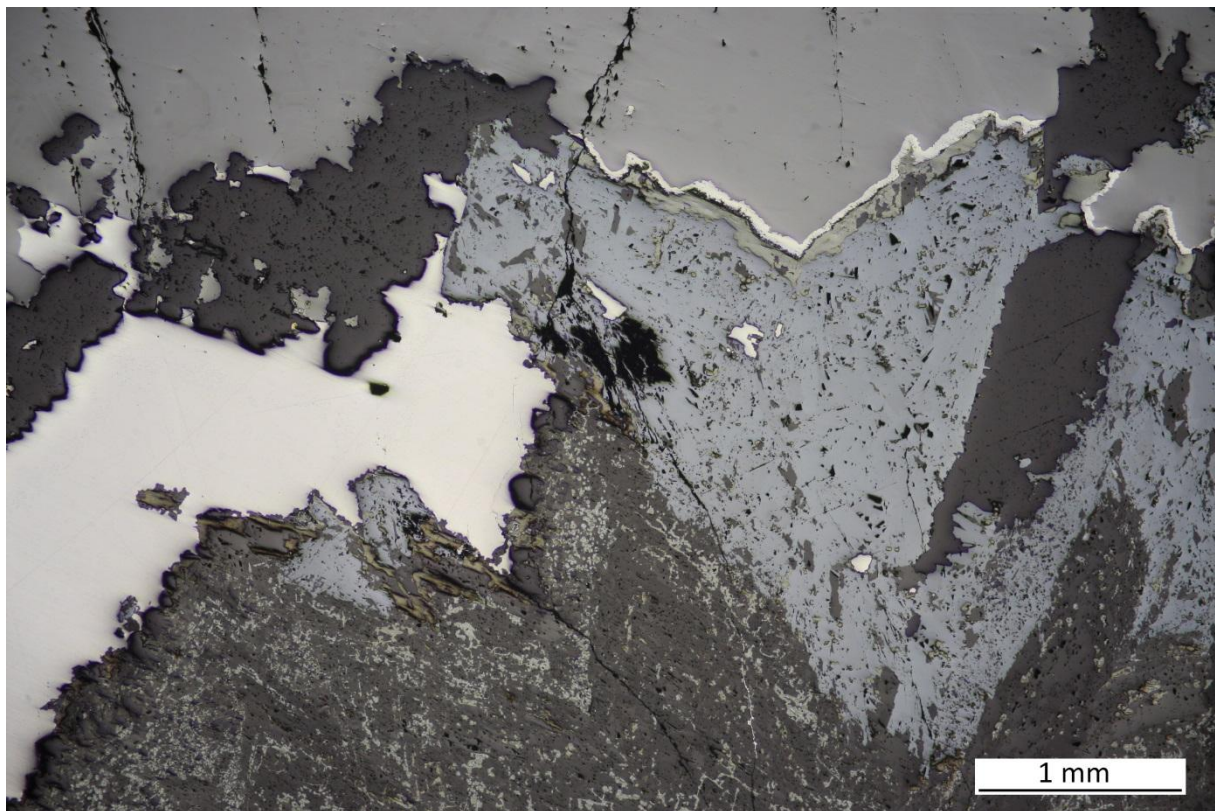
Digenit je indikátor vyšších teplot a vyšší aktivity síry než chalkozín. Oba minerály bývají v asociaci s ostatními Cu a Fe sulfidy, hlavně covellínem, v nízkoteplotních hydrotermálních žilách a v sekundárních zónách. Vyskytují se také na měděných, sedimentárních ložiskách typu red-bed a často nahrazují jiné minerály.

Diagnostické znaky

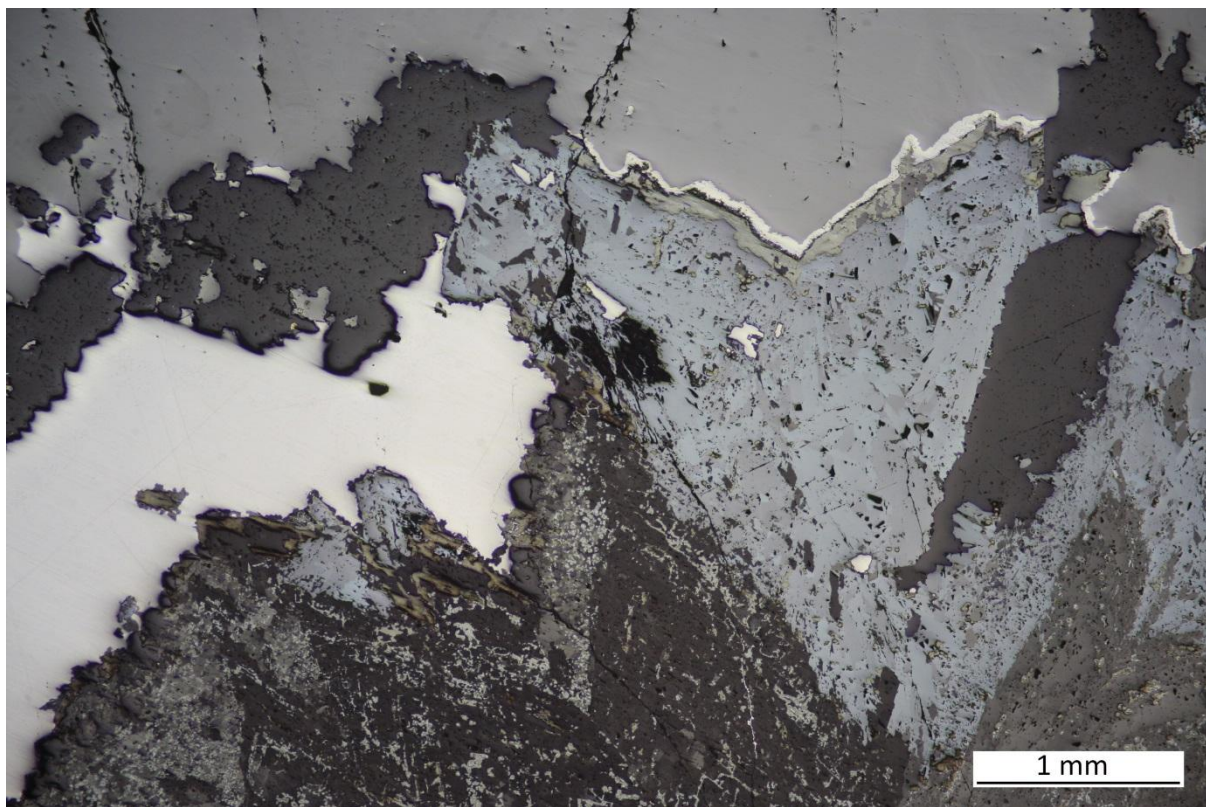
Srovnání s chalkozímem: velmi podobný je djurleit $\text{Cu}_{1,96}\text{S}$ (ortorombický); sfalerit je tmavší, izotropní a často vykazuje vnitřní reflexy; tetradrit je méně modrý, tvrdší a izotropní.

Poznámky

Cu-sulfidické minerály jsou složité díky variabilitě krystalografických a optických vlastností s mírnými rozdíly v poměru Cu:S. Jejich barva se velmi snadno mění díky povrchovým deformacím během leštění a rychlému nabíhání.



Obr. 12. Agregát chalkozínu (modravě-šedý), sfalerit (tmavěji šedý) a galenit (bílý), vz. 6, PPL



Obr. 13. Agregát chalkozínu (modravě-šedý se zřetelnou anizotropií), sfalerit (tmavěji šedý) a galenit (bílý), vz. 6, XPL

Chalkopyrit CuFeS_2

V chalkopyritu jsou známé minoritní příměsi jiných prvků (např. Ni, Zn nebo Sn). Nemísivost během chladnutí vede ke vzniku inkluzí jiných fází (např. staninu) v chalkopyritu.

Krystaly

Chalkopyrit je tetragonální, $a:c = 1:1.9705$. Krystaly jsou obvykle skalenoedrického nebo tetraedrického vzhledu. Běžné je dvojčatění podle $\{112\}$ a $\{012\}$, štěpnost podle $\{011\}$. Hustota = 4.28, tvrdost = 4.

Výbrus

Chalkopyrit je opakní, alterace však vede k modro zeleným náběhům nebo ke vzniku modrých a zelených sekundárních hydratovaných karbonátů mědi.

Nábrus

Chalkopyrit je žlutý a nabíhá do hnědo-žluté barvy. $R \approx 44-46\%$ (nepatrně méně než pyrit a stejně jako galenit). Slabá anizotropie s tmavě hnědým a zeleno šedým nádechem (často nepozorovatelná). Chalkopyrit se často vyskytuje v podobě nepravidelných a oblých zrn.

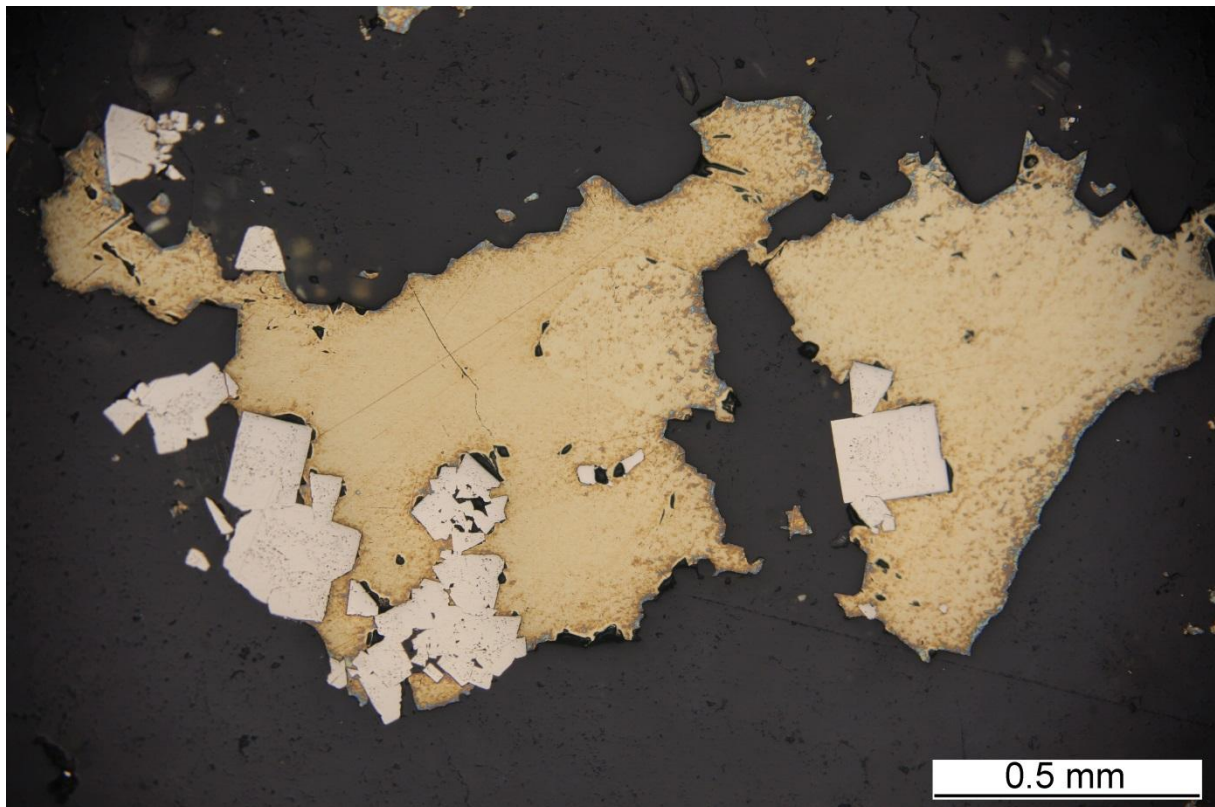
Chalkopyrit se běžně vyskytuje v podobě kulatých inkluzí nebo na trhlinách v ostatních sulfidech, převážně pyritu a sfaleritu. Známé jsou i jeho kolomorfní masy. Běžné je jednoduché i vícenásobné dvojčatění, občas jsou pozorovány stopy štěpnosti. Lamely nebo hvězdice (např. sfaleritu) indikují vysokoteplotní podmínky vzniku. VHN 180-200.

Výskyt

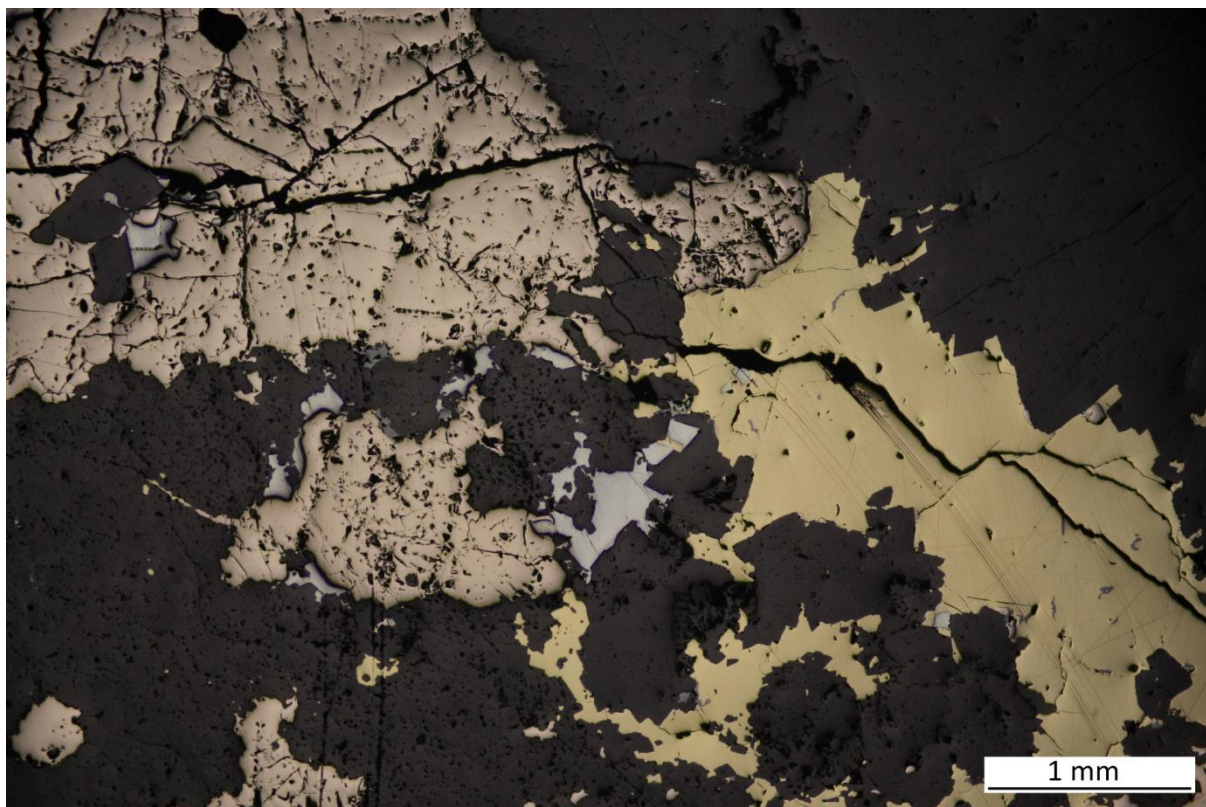
Chalkopyrit je běžný akcesorický minerál přítomný na mnoha typech rudních ložisek, ale i ve vyvřelých a metamorfovaných horninách. Chalkopyrit je hlavním primárním Cu minerálem na porfyrických Cu ložiskách. Spolu s bornitem je součástí stratiformních sulfidických ložisek „měděného pásu“. Chalkopyrit je na rudních ložiskách relativně mobilním minerálem, běžně nahrazuje ostatní minerály, převážně pyrit.

Rozlišovací znaky

V porovnání s chalkopyritem: pyrit je bílý, s vyšší tvrdostí a běžně idiomorfní; zlato je světlejší a může být intenzivněji žluté či bělejší (elektrum). Drobná izolovaná zrna pyritu a chalkopyritu se mohou jevit velmi podobně.



Obr. 14. Chalkopyrit (žlutý, nabíhající), uzavírající automorfní krychlový pyrit (bílý), vz. 64, zvětšení 10x, PPL



Obr. 15. Chalkopyrit (žlutý), pyrrhotin (růžově hnědý) a galenit (bílý), vz. Zlaté Hory, PPL

Cinabarit HgS

Krystaly

Cinabarit je trigonální, základní poměr parametrů $a:c = 1:2.2905$. Vyskytuje se v podobě tabulovitých $\{0001\}$ nebo prizmatických $[10-11]$ krystalů. Dvojčatění podle $\{0001\}$, velmi dobrá štěpnost $\{10-11\}$. Hustota = 8.09, tvrdost = 2.5.

Výbrus

Cinabarit je tmavě červený, hodnoty indexu lomu (při $\lambda = 598$ nm) $n_o = 2.905$ a $n_e = 3.256$.

Nábrus

Cinabarit je světle šedý až namodrale světle šedý, slabě pleochroický, $R_o = 24\%$ a $R_e = 29\%$. Mírná anizotropie se zelenošedým odstínem, často se vyznačuje tmavě červenými vnitřními reflexy. Cinabarit tvoří zrnité agregáty a idiomorfnní krystaly s občasou přítomností vícenásobného deformačního dvojčatění. Zrnité agregáty se díky rozdílné tvrdosti v různých směrech mohou po naleštění jevit na první pohled jako prorostlice dvou fází.

Výskyt

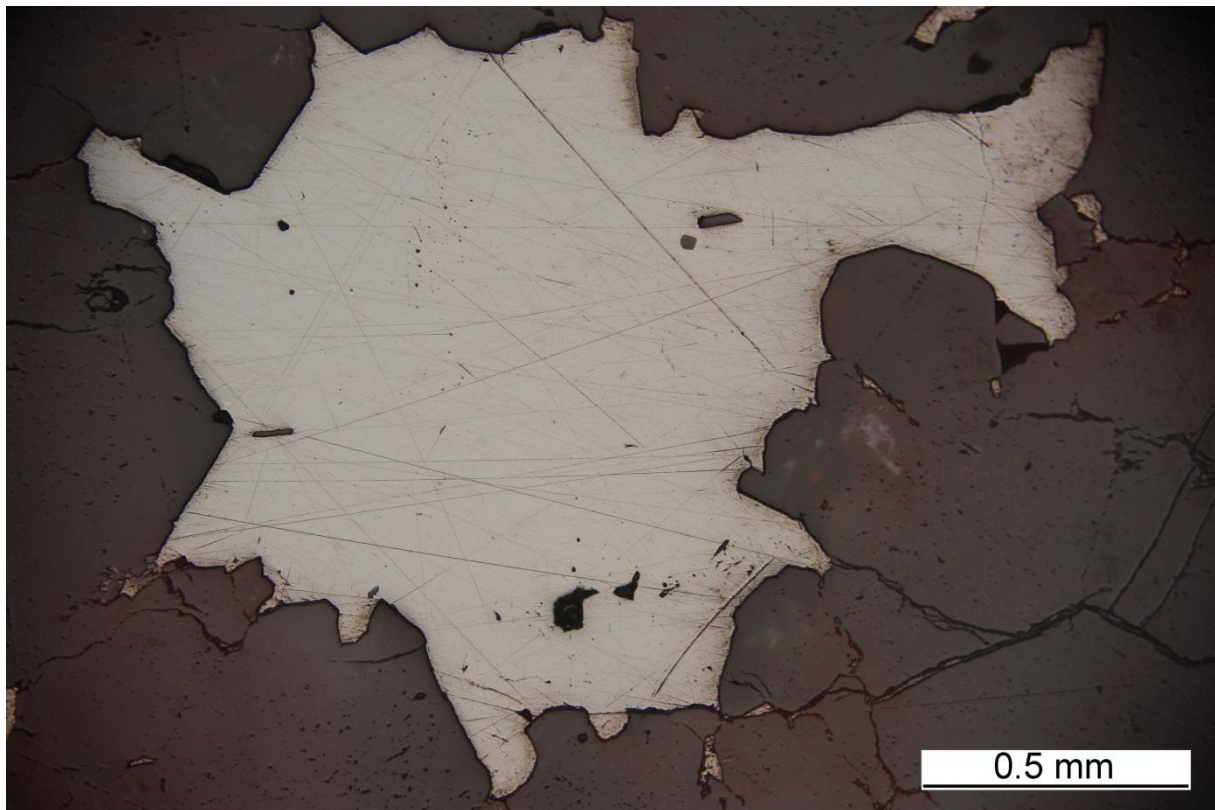
Cinabarit se vyskytuje vzácně, převážně na nízkoteplotních hydrotermálních žilách, impregnacích a metasomatických ložiskách. Výskyt je často spjatý s vulkanickou činností. Často nahrazuje křemen a sulfidy a vyskytuje se v asociaci s ryzí rtuť, Hg-tetraedritem-tennantitem, antimonitem, pyritem a markazitem v křemenných žilách. VHN = 80-160.

Diagnostické znaky

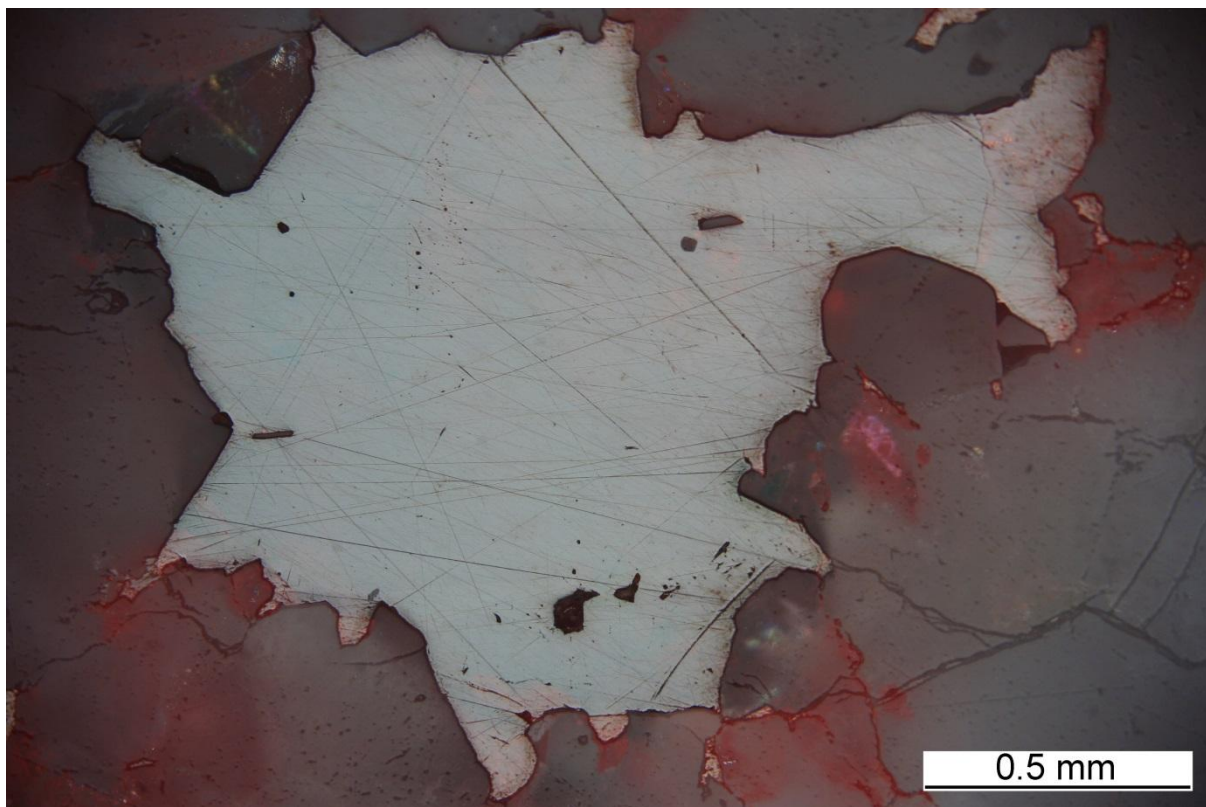
V porovnání s cinabaritem: hematit je světlejší, tvrdší a jen velmi vzácně vykazuje vnitřní reflexy; velmi podobný je pyrargyrit, který však má slabší interní reflexy; kuprit je modravě šedý, tvrdší a obvykle v asociaci s ryzí mědí.

Poznámky

Metacinabarit je vysokoteplotní kubický polymorf HgS. Vyskytuje se v podobě zrn uvnitř cinabaritu a je mírně tmavší, izotropní, interní reflexy jsou vzácnější a má nižší tvrdost než cinabarit.



Obr. 16. Cinabarit, vz. 65, PPL



Obr. 17. Cinabarit s charakteristickými vnitřními reflexy červené barvy, vz. 65, XPL

Kobaltin CoAsS

Kobaltin může obsahovat významné obsahy Fe a Ni.

Krystaly

Kobaltin je ortorombický (pseudo-kubický). Obvykle tvoří krychle a pentagondodekaedry („pyritovary“), ale může být i oktaedrický. Výborná štěpnost podle $\{001\}$. Hustota = 6.0-6.3, tvrdost = 6.5.

Nábrus

Kobaltin je narůžověle bílý s $R \approx 51\%$ (o něco méně než pyrit). Slabá bireflexe i anizotropie s hnědavým až namodralým odstínem. Kobaltin je často idiomorfni a „kubického“ tvaru. Může být zrnitý či kostrovitý. Pozorovat lze barevnou zonalitu a komplexní lamelární dvojčatění s občasnými znaky štěpných stop. VHN = 1100-1350.

Výskyt

Často v asociaci s Cu + Fe + S a Co + Ni + As minerály na středně- až vysoko-teplotních ložiskách, v žilách a vtroušený v jejich okolí.

Rozlišovací znaky

Ve srovnání s kobaltinem: pyrit je žlutý a tvrdší.

Covellin CuS

Krystaly

Covellin je hexahonální, $a:c = 1:1.43026$. Vyskytuje se v podobě tabulkovitých {0001} krystalů s velmi dobrou {0001} bazální štěpností. Hustota = 4.6, tvrdost = 2.

Výbrus

Ve velmi tenkých šupinách je covellin nazelenalý.

Nábrus

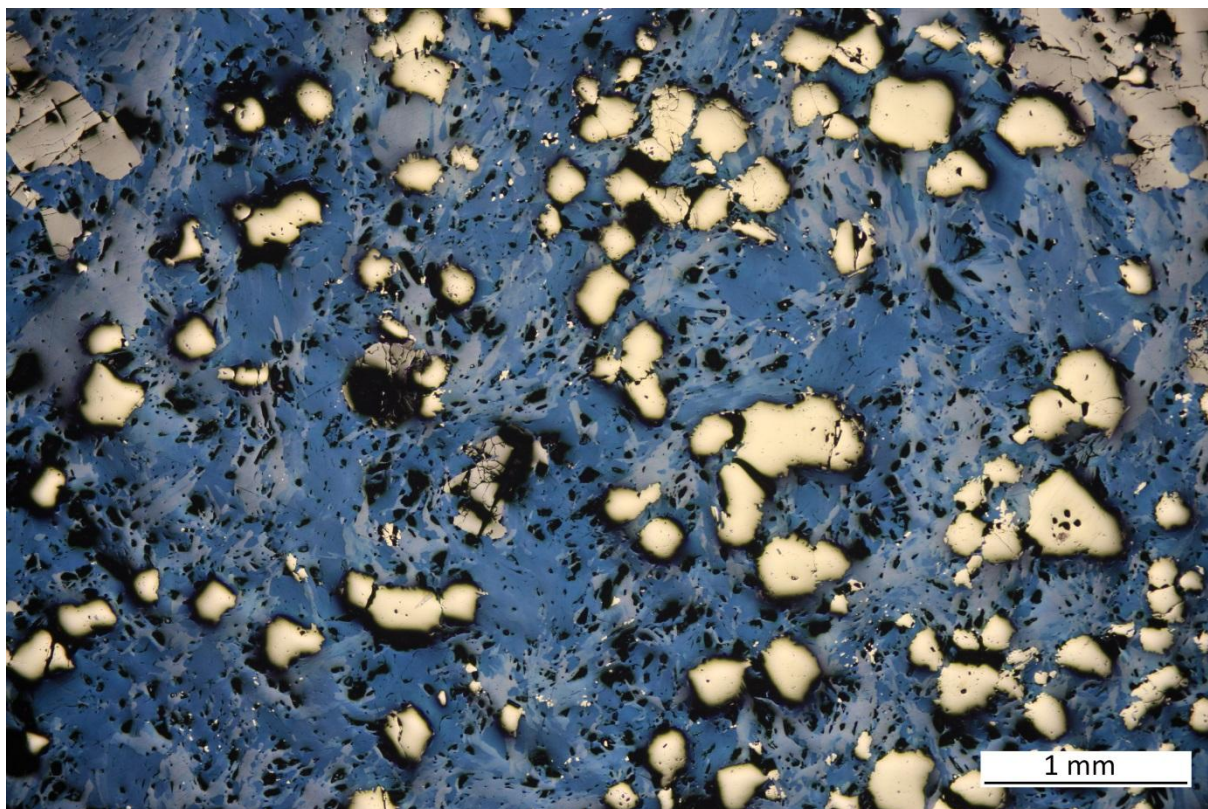
Modrý a silně pleochroický od modré do namodrale světle šedé, kromě bazálních řezů, které jsou vždy modré. $R_o = 7\%$ a $R_e = 24\%$. Velmi silná anizotropie s jasnou „ohnivou“ oranžovou barvou. Covellin se vyskytuje v podobě idiomorfních plochých krystalů a šupin až „slídových“ agregátů. Bazální štěpnost, paralelní s délkou individua, je často deformována. VHN = 50-140.

Výskyt

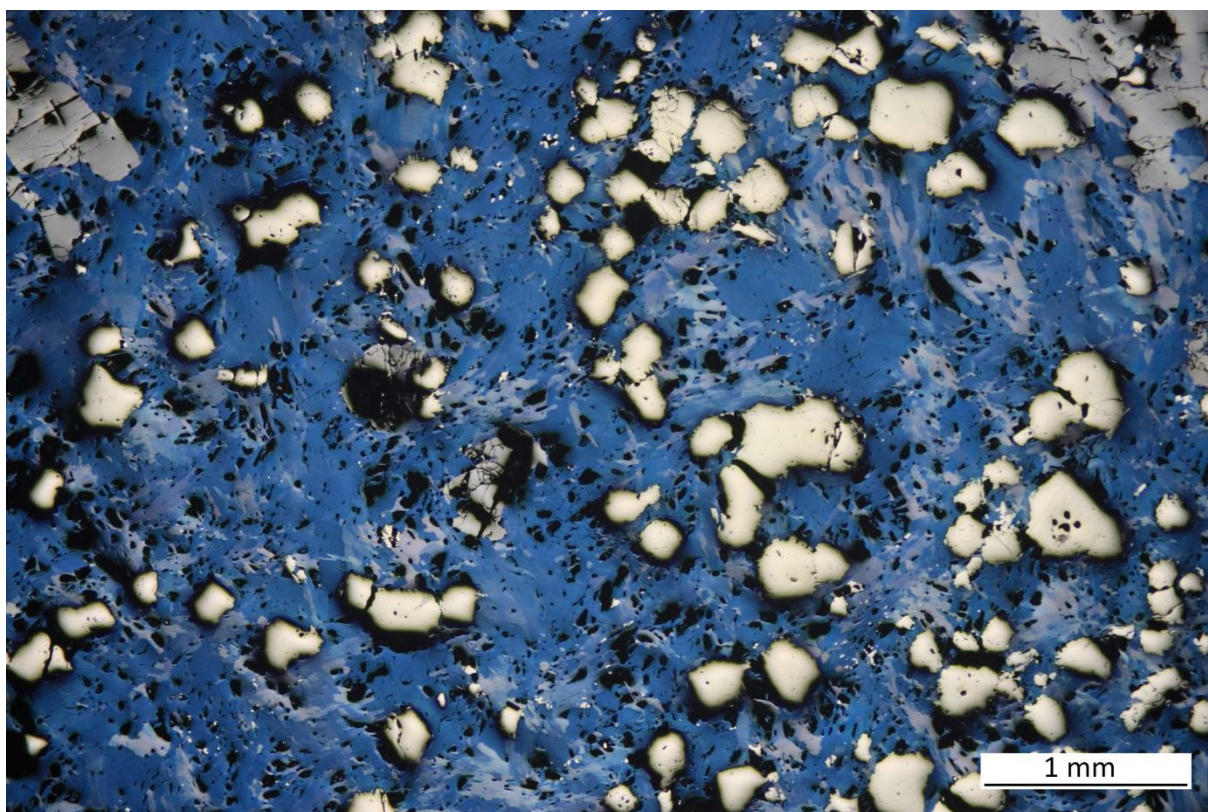
Covellin se často vyskytuje jako sekundární minerál po Cu + Fe + S minerálech, často v zónách sekundárního nabožení (cementační zóny).

Diagnostické znaky

Covellin je snadné identifikovat; digenit je modrý, ale není pleochroický ani anizotropní.



Obr. 18. Covellin (modrý a silně pleochroický, modrá až namodrale světle-šedá) s pyritem (žluto-bílý) a bornitem (růžově hnědý), vz. Bor, PPL



Obr. 19. Covellin (modrý a silně anizotropní, modrá až namodrale světle-šedá) s pyritem (žluto-bílý) a bornitem (růžově hnědý), vz. Bor, XPL

Galenit PbS

Galenit může obsahovat Se, Te, **Ag**, Sb, Bi nebo As, většinou však jen stopové množství.

Krystaly

Galenit má kubickou symetrii, krystaly jsou obvykle krychlové, kubo-oktaedrické a méně často oktaedrické. Běžné je dvojčatění podle {111}, vyskytuje se i lamelární dvojčatění podle {114}. Galenit má velmi dobrou štěpnost podle {001}. Hustota = 7.58, tvrdost = 2.

Nábrus

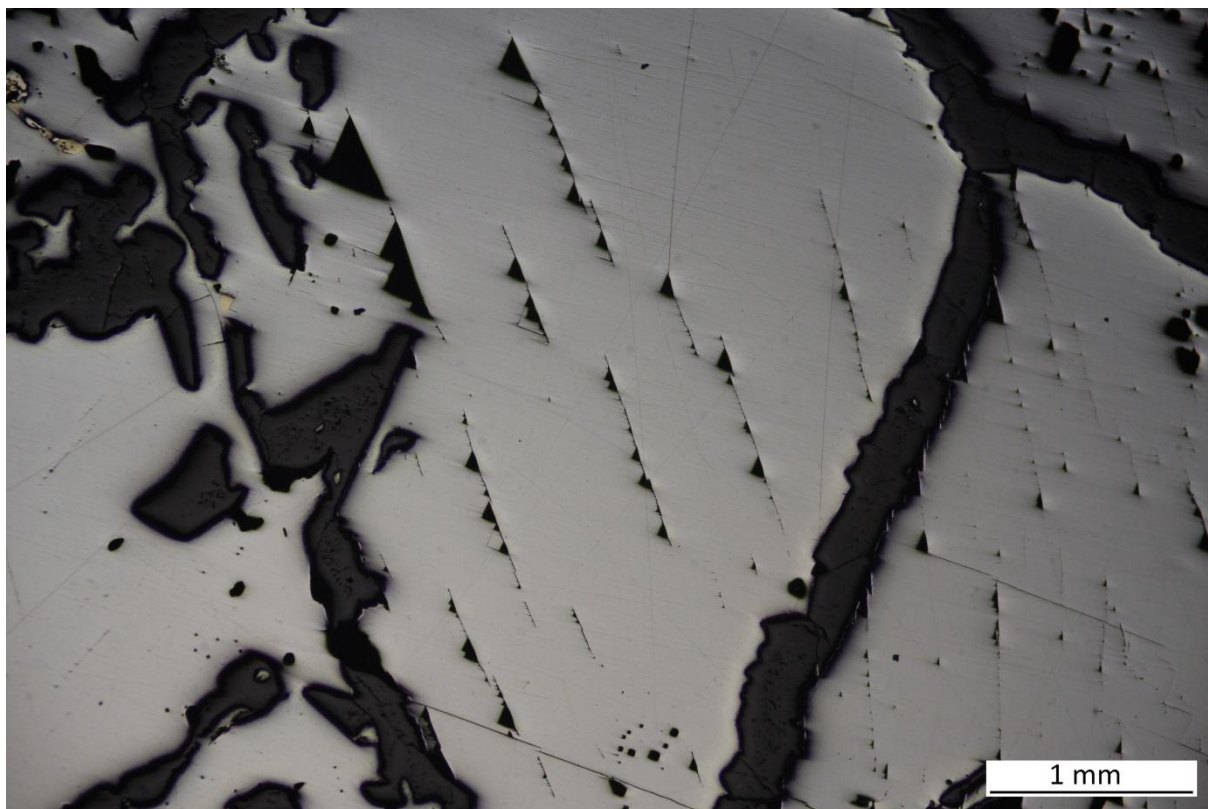
Galenit je bílý, občas s velmi slabým namodralým odstínem. $R=43\%$ (díky tomu je nepatrně tmavší než pyrit). Galenit je izotropní, ale občas vykazuje velmi slabou anizotropii. Obvykle má kubickou morfologii a nalézá se na žilách nebo v metasomatických partiích ložisek. Je často intersticiální v asociaci s ostatními sulfidy a vyskytuje se v mikrotrhlinách. Nadměrným leštěním jsou zvýrazněny vnitřní hranice zrn v zrnitých agregátech. Obvyklé jsou broušením vznikající vyštípnuté díry trojúhelníkovitého tvaru. Časté jsou alterace podél štěpných stop a inkluze jiných minerálů, převážně sulfosolů Pb, Ag, Sb nebo As. VHN = 60-100.

Výskyt

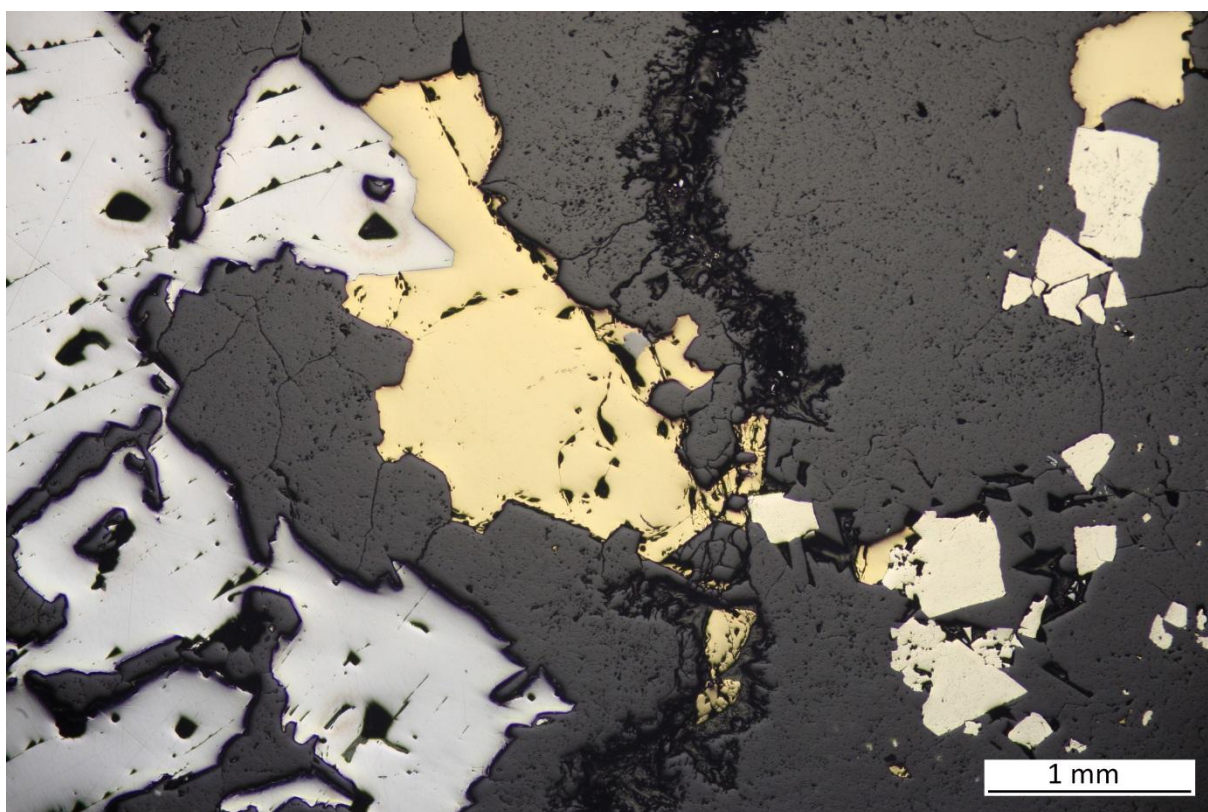
Galenit je běžný na hydrotermálních žilách a metasomatických ložiskách v mnoha horninových typech, obzvláště vápencích. Rovněž je obvyklý na některých proterozoických a fanerozoických stratiformních masivních sulfidických ložiskách. Běžně se vyskytuje v asociaci se sfaleritem.

Diagnostické znaky

Ve srovnání s galenitem: některé Pb + Sb + S minerály jsou velmi podobné, jsou ale většinou zřetelně anizotropní.



Obr. 20. Galenit s typickými vyštipnutými trojúhelníčky – štěpnost podle krychle, vz. 64, PPL



Obr. 21. Galenit (bílý) s chalkopyritem (žlutý) a automorfním pyritem (žluto-bílý), vz. 64, PPL

Markazit FeS₂

Krystaly

Markazit je ortorombický, $a:b:c = 0.8914:1:0.6245$. Často vytváří tabulkovité prizmatické krystaly {010}, ale může být i dipyramidální. Někdy tvoří krápníkovité či kulovité agregáty s radiálně paprscitou stavbou. Běžné je dvojčatění podle {101}, často tvoří hřebenovité pseudohexagonální tvary. Výrazná štěpnost podle {101}. Hustota = 4.88, tvrdost = 6.5.

Výbrus

Markazit je opakní, avšak díky snadné oxidaci jsou často přítomné hnědé skvrny tvořené limonitem.

Nábrus

Markazit je bílý nebo slabě nažloutlý se slabým pleochroizmem $\parallel a$ narůžověle bílý, $\parallel b$ a $\parallel c$ nažloutle bílý. $R = 49-55\%$, velmi blízká pyritu. Jedním z necharakterističtějších znaků markazitu je silná anizotropie jasně modré, zeleno-šedé a hnědé barvy.

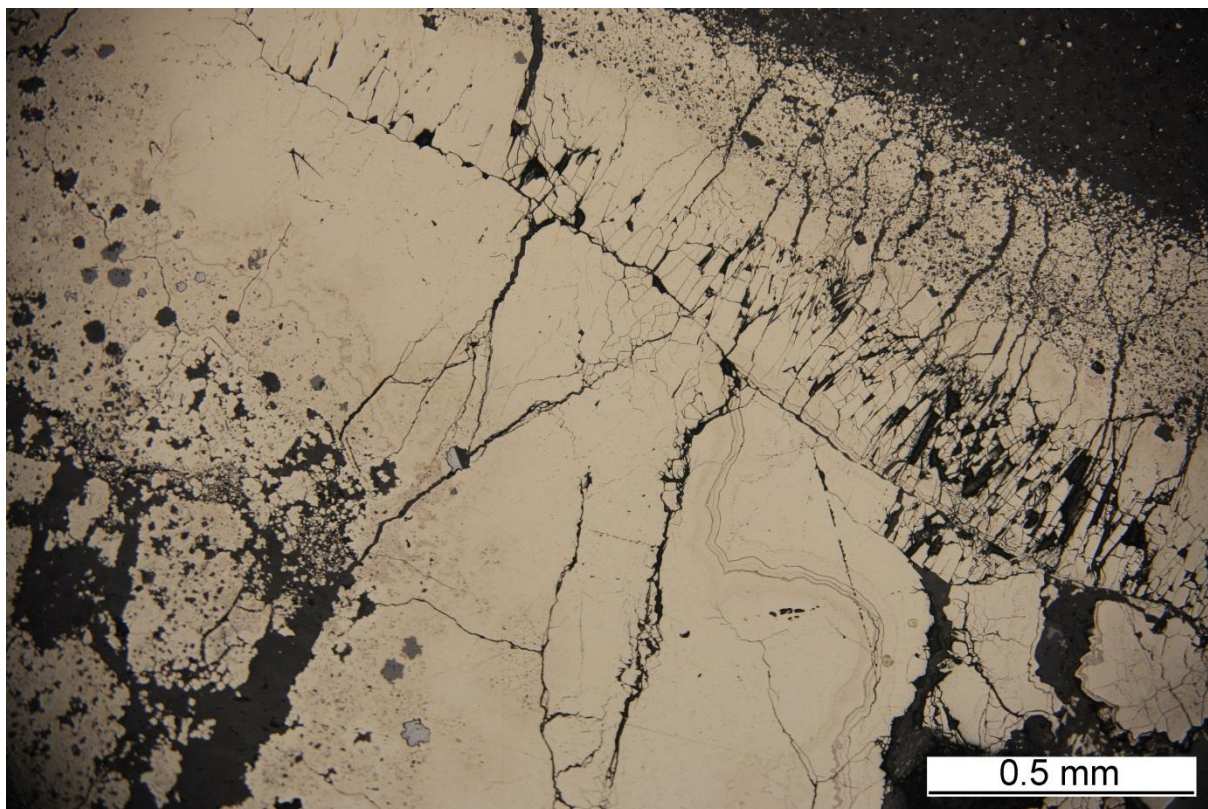
Výskyt

Markazit často tvoří paprscité agregáty lištovitých krystalů. Běžné jsou kolomorfní agregáty s pyritem. Občas lze pozorovat lamelární dvojčatění. VHN = 901-1100.

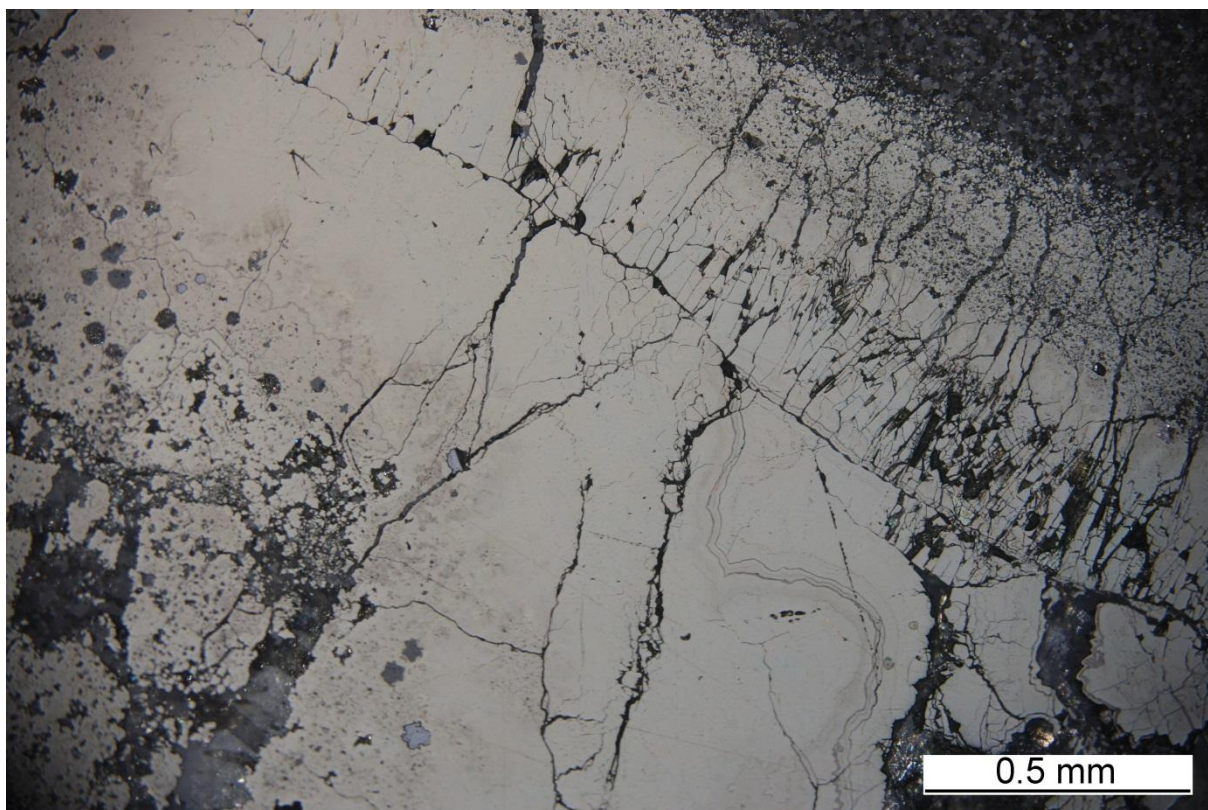
Diagnostické znaky

Markazit se často vyskytuje v podobě konkrécií v sedimentárních horninách. Obvykle v asociaci s pyritem na nízkoteplotních sulfidických ložiskách.

V porovnání s markazitem: pyrit je výrazněji žlutý, má větší tvrdost a je izotropní; pyrhotin je tmavší, nahnědlý, má nižší tvrdost a slabší anizotropii; arzenopyrit je více bílý, světlejší a má slabší anizotropii.



Obr. 22. Kolomorfní agregát markazitu (žluto-bílý), vz. 104, PPL



Obr. 23. Kolomorfní agregát markazitu, vz. 104, XPL

Molybdenit MoS₂

Molybdenit může obsahovat Rh

Krystaly

Molybdenit je hexagonální, $a:c = 1:3.815$ s vrstevní strukturou. Často tvoří hexagonální tabulovité nebo krátce soudečkovité prizmatické krystaly. Má velmi dobrou bazální štěpnost $\{0001\}$. Hustota = 4.7, tvrdost = 1.5.

Výbrus

Molybdenit je opakní v normálním světle, ale transparentní a jednoosý negativní v infračerveném světle.

Nábrus

Molybdenit je bireflexní. $R_o = 39\%$ (bílý, méně jasný než galenit). $R_e = 19\%$ (podobně jako u sfaleritu). Velmi silná anizotropie se slabě narůžověle bílým odstínem. Zhášení paralelně se štěpností, díky deformacím často undulózní.

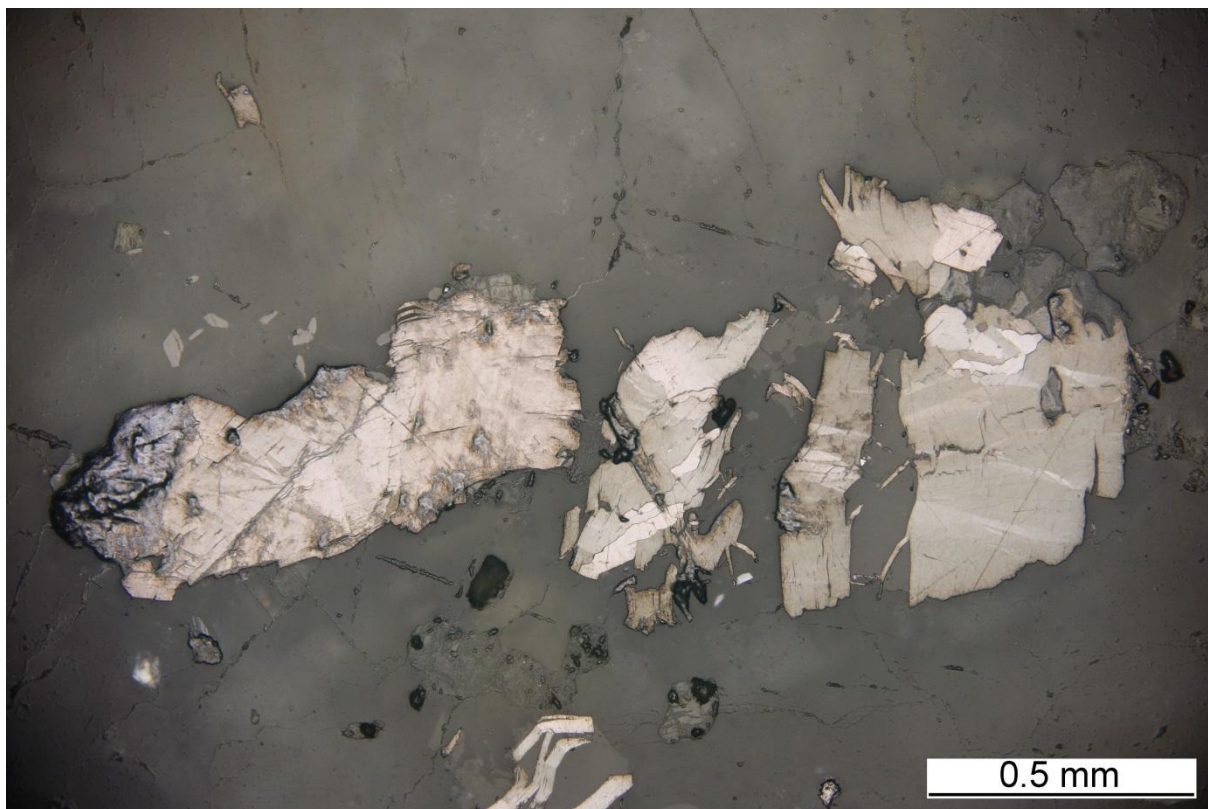
Molybdenit se vyskytuje v podobě šupin s hexagonální bází. Dobře vyvinutá bazální štěpnost často vede ke špatnému naleštění, speciálně u zrn, které mají plochy štěpnosti paralelní s povrchem nábrusu. VHN = 16-19 (kolmo na štěpnost), 21-28 (\parallel se štěpností).

Výskyt

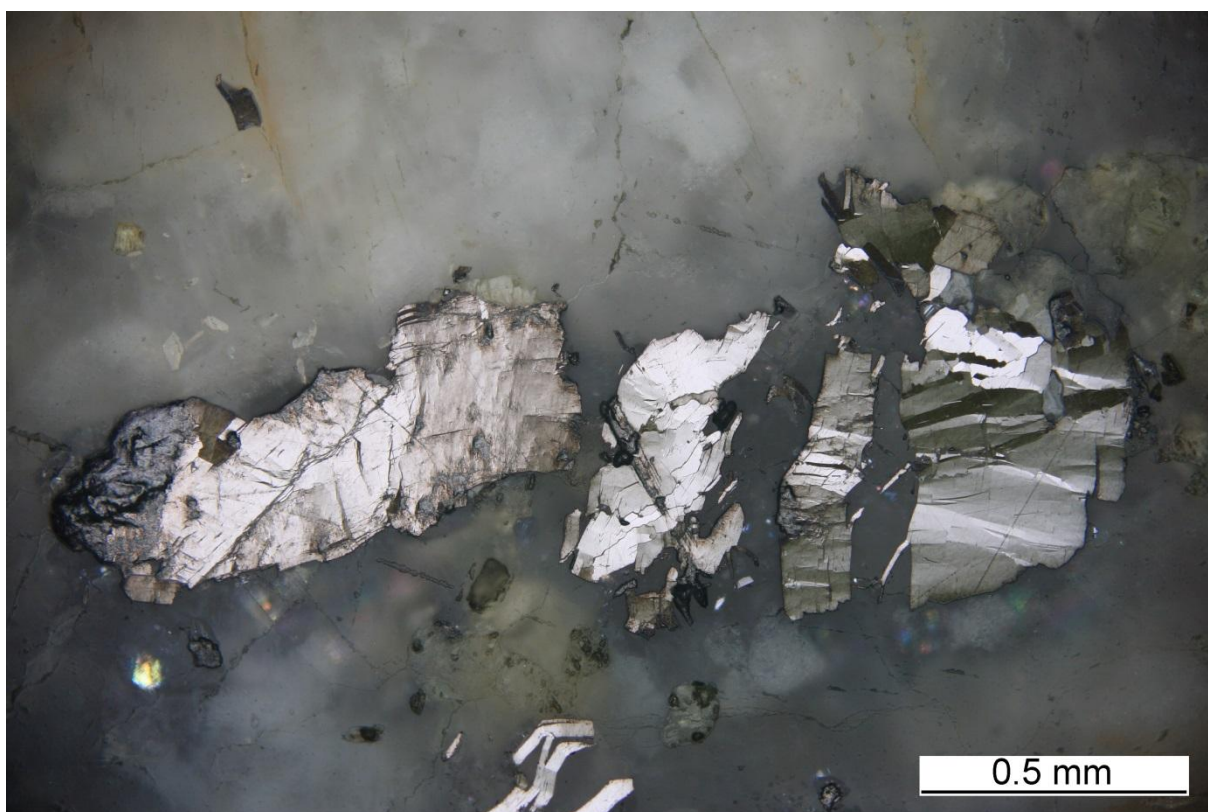
Molybdenit se vyskytuje na vysokoteplotních hydrotermálních žilách a v křemenných pegmatitech s Bi, Te, Au, Sn a W minerály. Vyskytuje se také na porfyrických měděných ložiskách. Jako akcesorický minerál je přítomen v kyselých vyvřelých horninách. Občas se vyskytuje jako detritický minerál.

Rozlišovací znaky

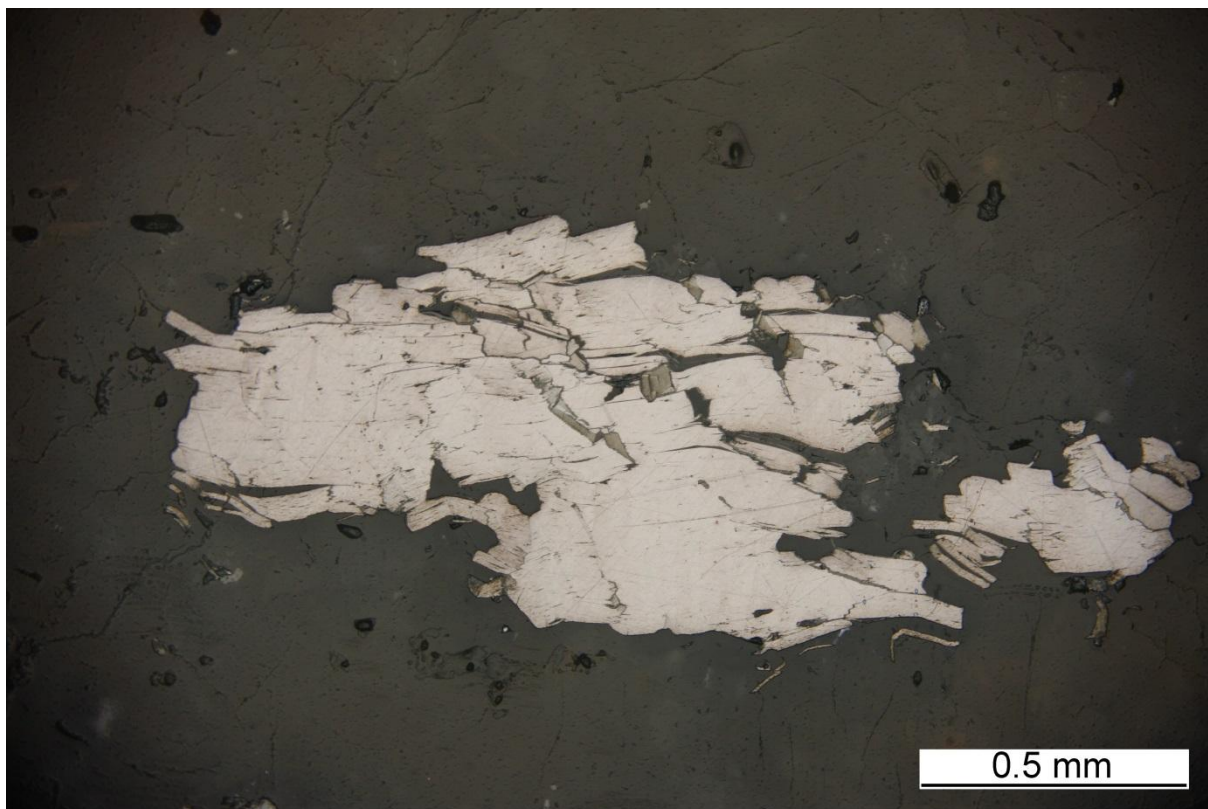
V porovnání s molybdenitem: velmi podobný je tungstenit WS₂; morfologicky podobný je i grafit, který je tmavší; a tetradymit, který je světlejší. Molybdenit je špatně leštitelný kvůli měkkosti a otíratelnosti podle báze.



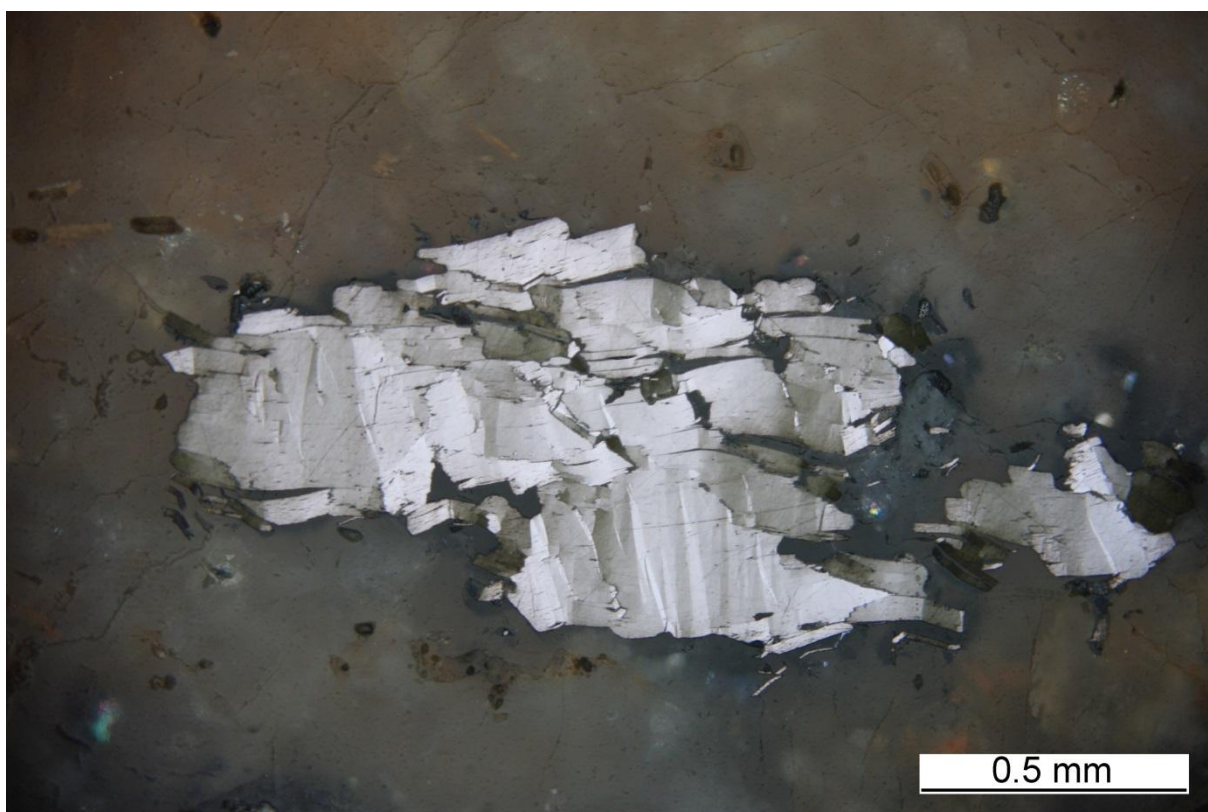
Obr. 24. Molybdenit (šedo-bílý) se silnou bireflexí, vz.16, PPL



Obr. 25. Molybdenit (šedo-bílý) s velmi silnou anizotropií, s nápadnými tlakovými dvojčatnými lamelami, vz.16, XPL



Obr. 26. Molybdenit (šedo-bílý) se silnou bireflexí, vz.16, PPL



Obr. 27. Molybdenit (šedo-bílý) s velmi silnou anizotropií, vz.16, XPL

Pentlandit (Fe, Ni)₉S₈

Pentlandit obvykle obsahuje stejný poměr Fe a Ni. Časté jsou i minoritní obsahy Co a někdy také Cu nebo Ag.

Krystaly

Pentlandit je kubický, avšak pouze vzácně se vyskytuje v dobře omezených krystalech. Není štěpný, má však odlučnost podle {111}. Hustota = 5.0, tvrdost = 4.

Nábrus

Pentlandit je velmi slabě nažloutle bílý (krémový) s $R = 47\%$. Je izotropní. Obvykle tvoří „plamínkovité“ lamely v pyrotinu a žíly nebo xenomorfní zrna v asociaci s pyrotinem. Často bývá dobře vyvinuta oktaedrická odlučnost {111}, která má za následek vznik trojúhelníkových děr v povrchu nábrusu. Podél této odlučnosti je častá alterace. VHN = 270-290.

Výskyt

Pentlandit se obvykle vyskytuje v asociaci s pyrotinem a jinými Cu + Ni + Fe + S fázemi. Obvyklý je v mafických vyvřelých horninách, např. noritech, a na některých masivních sulfidických ložiskách.

Rozlišovací znaky

V porovnání s pentlanditem: pyrit je nažloutlý a má vyšší tvrdost; pyrotin je tmavší, nahnědlý, anizotropní a mírně tvrdší.

Pyrrargyrit Ag₃SbS₃ a proustit Ag₃AsS₃

Pyrrargyrit a proustit jsou známé pod staršími názvy „temnorudek“ a „jasnorudek“, díky své průsvitnosti s intenzivně červenou barvou. Mezi těmito minerály existuje široká mísivost.

Krystaly

Pyrrargyrit je trigonální, $a:c = 1:0.8039$. Oba minerály jsou běžně prizmatické [0001], časté je dvojčatění, někdy i vícenásobné, podle {10-14}. Zřetelná je štěpnost {10-11}. Hustota = 5.85, tvrdost = 2.5.

Výbrus

Oba minerály jsou tmavě červené, jednoosé negativní.

Nábrus

Oba minerály jsou světle šedé, často slabě namodralé. $R = 28-30\%$ (pyrargyrit) a $R = 25-28\%$ proustit, což je činí podobně světlé jako tetraedrit. Zřetelná bireflexe, silná anizotropie šedé barvy. Běžné jsou silné červené vnitřní reflexy (hojnější u proustitu).

Oba minerály tvoří izolované krystaly a jsou běžné jako inkluze v galenitu. Obvyklé je i jednoduché či vícenásobné dvojčatění. VHN: pyrargyrit 50-97 (kolmo na štěpnost) a 97-126 (\parallel se štěpností); proustit 70-110.

Výskyt

Pyrargyrit je běžnější než proustit. Vyskytují se v asociaci dalších sulfosolí, hlavně s tetraedritem-tennantitem, v nízkoteplotní Pb + Zn mineralizaci a na Ag + Ni + Co žilách. Proustit, pyrargyrit a podobné Ag minerály mohou tvořit významnou část Ag rudy na ložiscích.

Diagnostické znaky

Existuje několik vzácných komplexních sulfidů, které se podobají proustitu a pyrargyritu. Cinabarit je relativně podobný, ale odstíny anizotropie jsou zelenavě šedé.

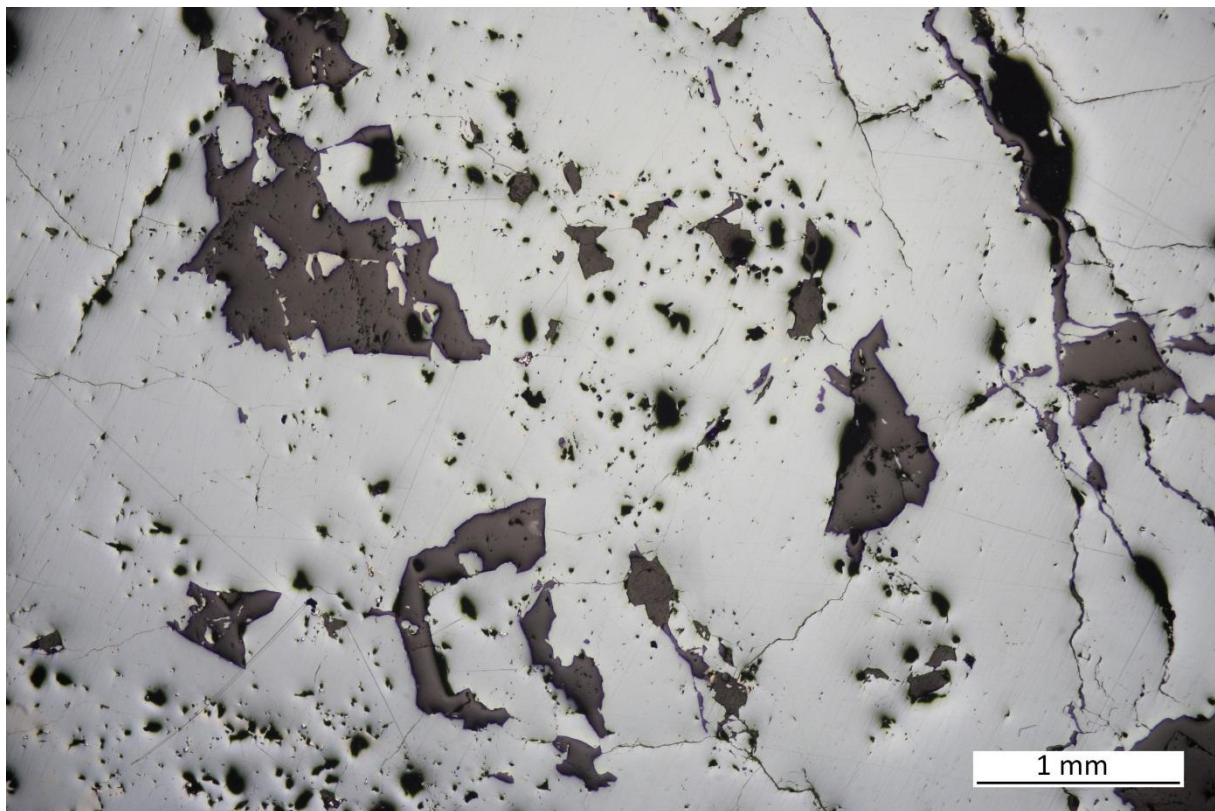


Fig. 28. Proustit (světle šedý), vz. Měděnec, PPL

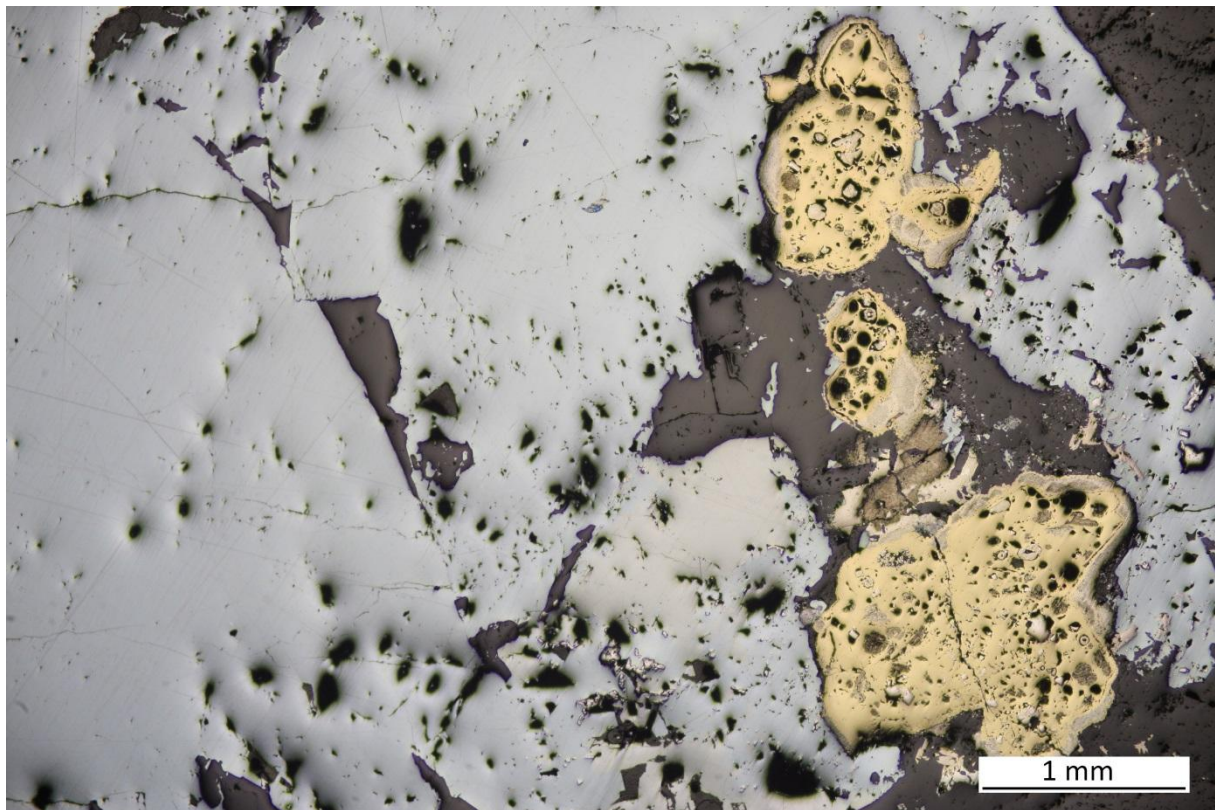


Fig. 29. Proustit (světle šedý) s agregáty pyritu s markazitem (žluté), vz. Měděnec, PPL

Pyrit FeS_2

Pyrit může obsahovat stopy Ni nebo Co. Zlatonosný pyrit pravděpodobně obsahuje inkluze zlata, mědinosný pyrit pak obsahuje inkluze chalkopyritu.

Krystaly

Pyrit je kubický, krystaly bývají běžně jako různé řezy krychlí. Rovina dvojčatění je $\{011\}$ a osa dvojčatění $[001]$, utváří penetrační dvojčata. Slabá štěpnost podle $\{011\}$. Hustota = 5.01, tvrdost = 6.5.

Výbrus

Pyrit je opakní, často tvoří euhedrální krystaly nebo agregáty malých oblých zrn. Počínající alterace na limonit má za následek nahnědlé nebo načervenalé lemy nebo hnědé zbarvení.

Nábrus

Pyrit je bílý, často se slabě nažloutlým nádechem, hlavně u menších zrn. $R = 54\%$ (pyrit je obvykle velmi jasný). Ideálně izotropní je pouze v (111) sekci; běžná je anomální slabá anizotropie velmi tmavě zelené a hnědé barvy (je obvykle patrná na velmi dobře naleštěných zrnech). Pyrit je obvykle idiomorfni, občas však tvoří prorostlice s ostatními sulfidy, např.

sfaleritem. Zrna jsou často kataklazována. Framboidální pyrit je běžný v sedimentárních horninách. Růstové zóny v pyritu lze zvýraznit naleptáním. Běžná je zonalita inkluzí. Typické jsou inkluze ostatních sulfidů (např. chalkopyrit, pyrhotin, galenit). Tyto sulfidy často vyplňují trhliny v pyritu. VHN = 1000-2000.

Výskyt

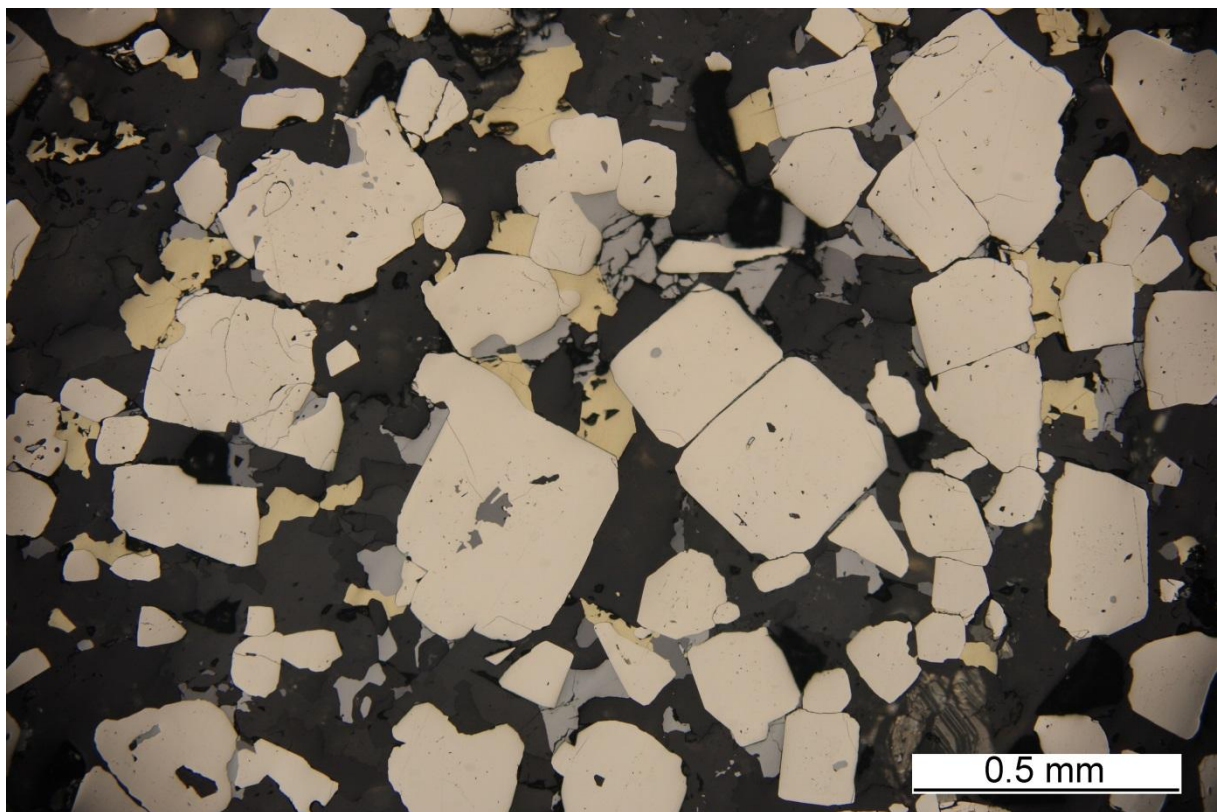
Pyrit je běžný sulfid, vyskytující se v mnoha typech hornin a na různých typech ložisek. Pyrit často snadno nahrazuje organický materiál, karbonáty a křemen.

Rozlišovací znaky

V porovnání s pyritem: markazit je více bílý a silně anizotropní; chalkopyrit je zřetelně žlutý a má nižší tvrdost; arzenopyrit je více bílý a má tendenci tvořit kosočtverečné průřezy; pentlandit je více bílý, s nižší tvrdostí a často vykazuje alteraci podél trhlinek oktaedrické odlučnosti.

Poznámky

Melnikovit je směs kolomorfních Fe-sulfidů hnědé barvy, složených převážně z FeS_2 a hydratovaných FeS . Velmi rychle matní. Bravoit je Ni-bohatý pyrit $(\text{Fe,Ni})\text{S}_2$, často s obsahy Co. Je podobný pyritu, ale je nahnědlý, trochu tmavší a anizotropní. Obvykle se vyskytuje jako idiomorfni centra nebo zóny v zonálním pyritu. U obou fází se v současné době nejedná o platný minerální druh.



Obr. 30. Automorfni pyrit – průřezy krychlemi (žluto-bílý) s chalkopyritem (žlutý) a tennantitem (šedý), vz. 59, zvětšení 10x, PPL

Pyrhotin $Fe_{1-x}S$

Pyrhotin může obsahovat příměsi Ni, Co nebo Mn. Je kationtově deficitní v porovnání s meteorickým troiletem (FeS). Niklonosný pyrhotin pravděpodobně obsahuje inkluze pentlanditu.

Krystaly

Pyrhotin se vyskytuje v monoklinické i hexagonální symetrii, $a:c = 1:1.6502$, obě modifikace často tvoří prorostlice. Krystaly jsou běžně tabulovité, zdvojitětlé podle {10-12}. Chybí štěpnost. Hustota = 4.6, tvrdost = 4.5.

Nábrus

Pyrhotin je nahnědle nebo narůžověle bílý, se slabým, ale obvykle pozorovatelným pleochroizmem. $R = 35-40\%$ s R_o tmavším a R_e světlejším v případě hexagonálního pyrhotinu. Silná anizotropie s nažloutlým, nazelenalým nebo namodrale šedým nádechem. Pyrhotin je obvykle xenomorfní, často se vyskytuje jako polykrystalické agregáty nebo jako inkluze v pyritu. Běžné je vícenásobné dvojčatění, často vřetenovitých („plamínkovitých“) tvarů (způsobených deformací). Běžné jsou lamely bílého pentlanditu. VHN = 370-410.

Výskyt

Pyrhotin je běžný ve vyvřelých horninách, metamorfitech a na stratiformních Cu + Fe + S ložiscích. Vzniká reakcí



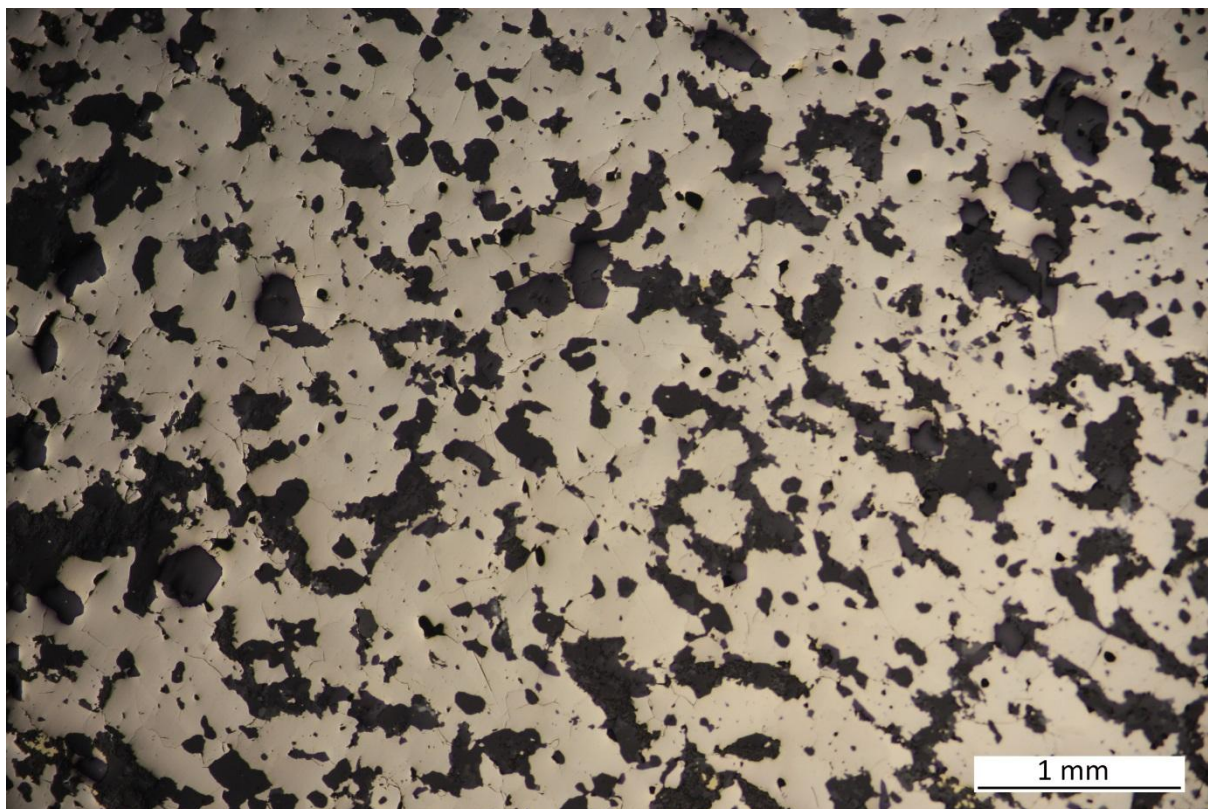
v kontaktně metamorfních aureolách. V žilách je považován za indikátor relativně vysokoteplotních, kyselých, redukčních roztoků.

Diagnostické znaky

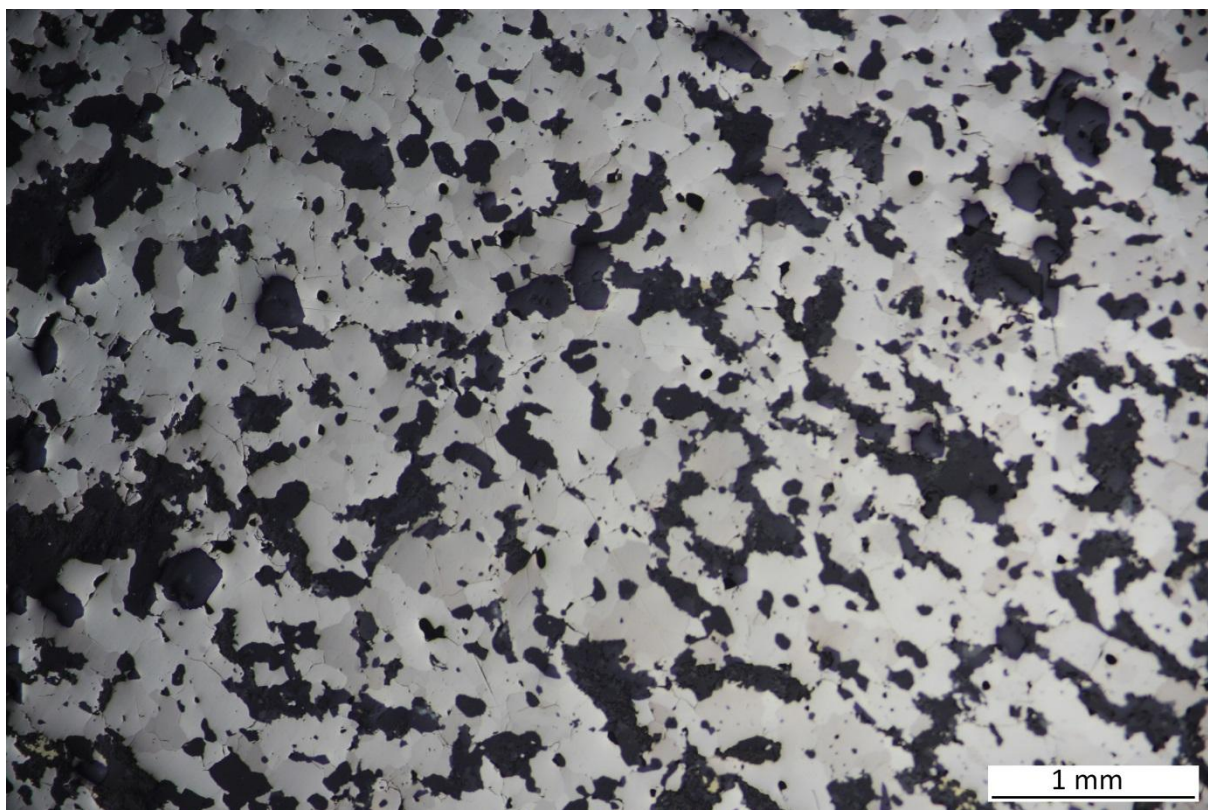
Hexagonální a monoklinický pyrhotin není v nábrusu jednoduché rozlišit. Ve srovnání s pyrhotinem: ilmenit je tmavší s vyšší tvrdostí; bornit je více hnědý a izotropní; vzácný kubanit (chalkopyrhotin) je izotropní a více hnědý než pyrhotin.

Poznámky

Pyrhotin často alteruje podél nepravidelných trhlin do směsi Fe minerálů, zahrnující markazit, pyrit, magnetit a limonit. Ačkoliv je vzácný v sedimentárních horninách a běžný v jejich metamorfních ekvivalentech, hlavně na stratiformních sulfidických ložiskách, pyrhotin nemusí být nutně metamorfní minerál vzniklý rozpadem pyritu. Může mít hydrotermální či exhalační vznik, a může být uchován v sedimentech na mořském dně.



Obr. 31. Zrnitý agregát pyrotinu (hnědavě-narůžovělý), vz. 67, zvětšení 4x, PPL



Obr. 32. Zrnitý agregát pyrotinu s viditelnou anizotropií, vz. 67, zvětšení 4x, XPL

Sfalerit ZnS

Sfalerit obvykle obsahuje příměs Fe a občas minoritně Cd, Mn nebo Hg. V nábrusu je sfaleritu velmi podobný wurtzit (hexagonální ZnS), který je však vzácný.

Krystaly

Sfalerit je kubický se strukturou typu diamantu, která je ale velmi složitá, jelikož existuje mnoho polytypů. Krystaly jsou obvykle tetraedrické a dodekaedrické. Dvojčatění podle osy [111] vede ke vniku jednoduchých i vícenásobných dvojčat. Velmi dobrá štěpnost je podle rovin romboického dodekaedru {011}. Hustota = 3.9, tvrdost = 4.

Výbrus

Čistý ZnS je průhledný a bezbarvý, avšak sfalerit bohatý na Fe je opakní a skoro černý. Sfalerit má velmi vysoký reliéf a obvykle žlutou nebo nahnědlou barvu s tmavými pásy, způsobenými zonalitou Fe. Oxidace Fe bohatých variet sfaleritu vede k jeho hnědnutí, především na trhlinách. Sfalerit je izotropní, občas však může být anomálně anizotropní, což odráží jemné lamelární dvojčatění. Při $\lambda = 589 \text{ nm}$, $n = 2.369$ (čistý ZnS), 2.40 (5.46% Fe), 2.43 (10.8% Fe) a 2.47 (17.06% Fe).

Nábrus

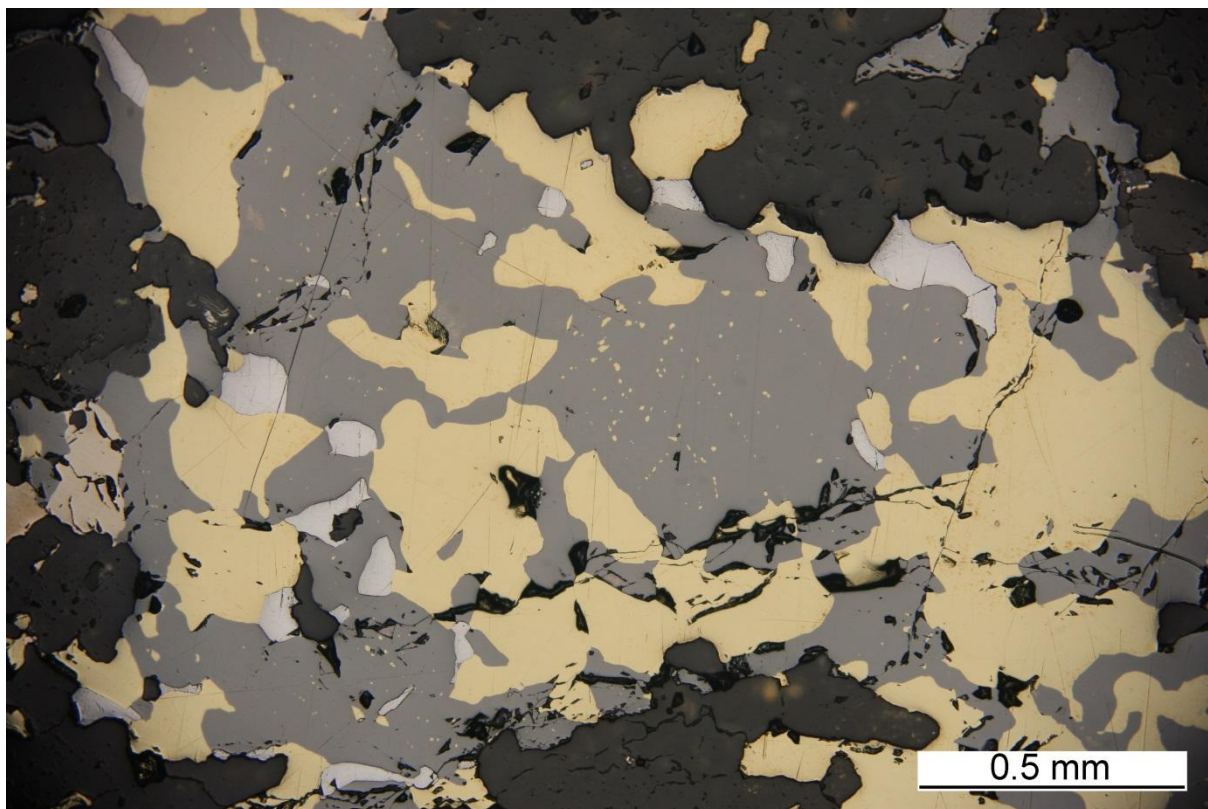
Sfalerit je šedý, $R = 17\%$. Je tmavší než většina rudních minerálů, ale světlejší než nerudní žilné minerály. Sfalerit je izotropní. Čistý ZnS má bohaté vnitřní reflexy, ale s rostoucím obsahem Fe narůstá opaknost a vnitřní reflexy slábnou a mají hnědou nebo červenou barvu. Sfalerit je vzácně idiomorfni. Obvykle se vyskytuje v podobě agregátů zaoblených zrn. Tvoří však také zóny v kolomorfních masách. Běžné jsou nepravidelné trhliny, štěpnost má často za následek vznik velkých děr. Často pozorovatelné je vícenásobné dvojčatění. V procházejícím světle se zonalita Fe projevuje jako hnědé pásy. Sfalerit běžně obsahuje inkluze, hlavně chalkopyritu nebo pyrhotinu, v podobě zrn nebo lamel. VHN = 200-220.

Výskyt

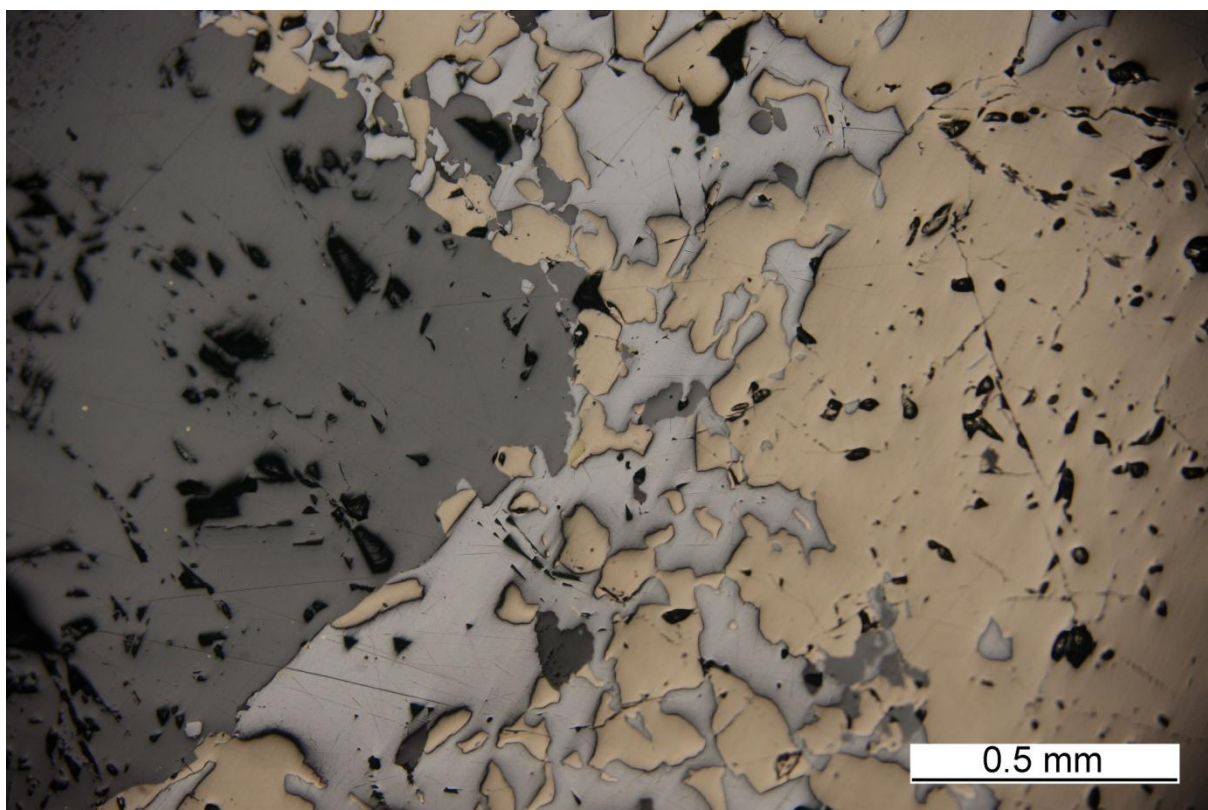
Sfalerit je běžný na stratabound ložiskách, v žilách a na masivních sulfidických ložiskách. Sfalerit, s nízkým obsahem Fe, se také vyskytuje v asociaci s galenitem, pyritem, chalkopyritem ve vápnatých nodulích nebo žilách (pravděpodobně diagenetického vzniku). Fe-bohaté sfalerity se často vyskytují v asociaci s pyrhotinem. Obsah Fe ve sfaleritu řídí spíše aktivita FeS než nadbytek Fe. Sfalerit se velmi často vyskytuje s galenitem.

Diagnostické znaky

V porovnání se sfaleritem: magnetit je často narůžovělý, tvrdší a nemá vnitřní reflexy; limonit je namodrale šedý, obvykle s červenými vnitřními reflexy a obvykle nahrazuje Fe minerály; tetradrit je světlejší, nazelenale nebo namodrale šedý a jen vzácně vykazuje interní reflexy.



Obr. 33. Sfalerit (šedý) s chalkopyritem (žlutý), galenitem (bílý) a zrnem pyrotinu (krémový, nahnědlý), vz. 21, zvětšení 10x, PPL



Obr. 34. Sfalerit (tmavě šedý) s galenitem (bílý) a pyrhotinem (krémový, nahnědlý), vz. 21, PPL

Antimonit Sb_2S_3

Krystaly

Ortorombický, $a:b:c = 0.9926:1:0.3393$. Krystaly jsou obvykle prizmatické [001], často tenké, protáhlé až jehlicovité. Vzácné je dvojčatění podle {130}. Velmi dobrá štěpnost je podle {010}, nedokonalá podle {100} a {110}. Hustota = 4.63, tvrdost = 2.5.

Výbrus

Antimonit je opakní. Avšak při použití infračerveného procházejícího světla je transparentní.

Nábrus

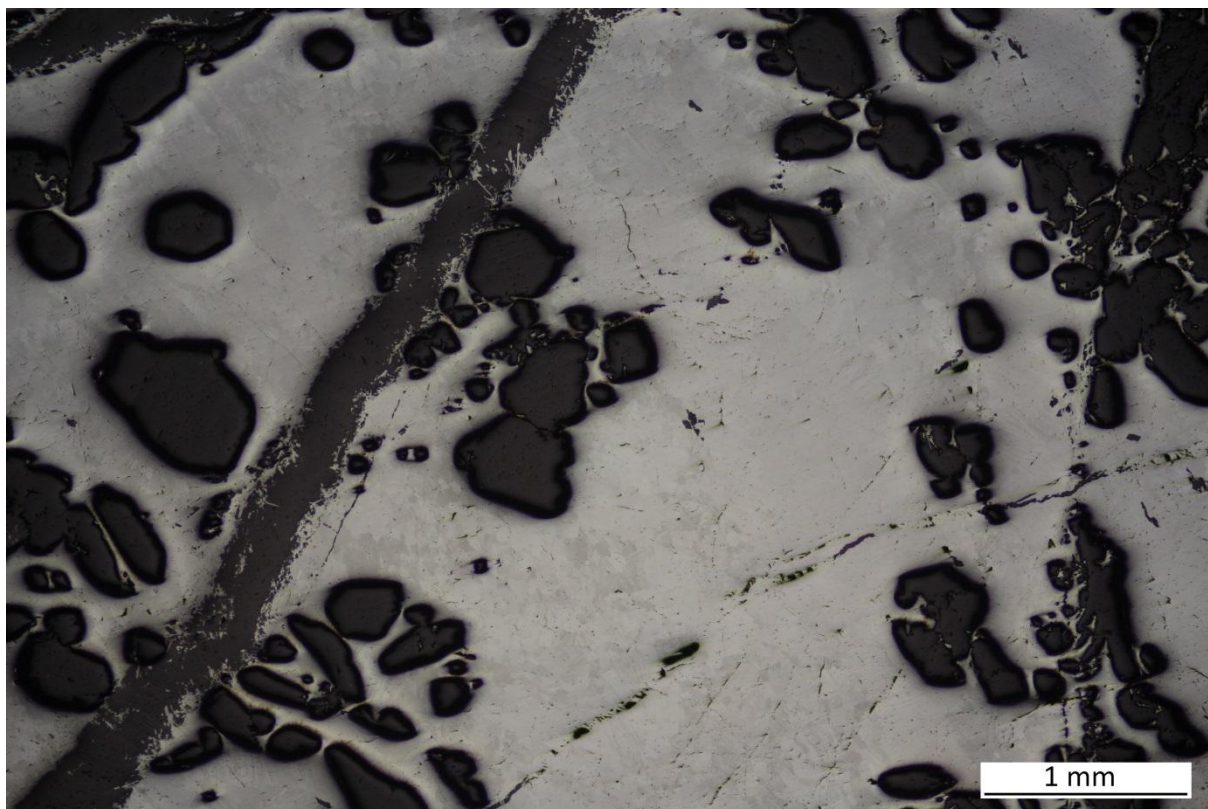
Antimonit má výraznou bireflexi. $R = 30-47\%$. Je světle šedý rovnoběžně s a , nahnědle světle šedý rovnoběžně s b a bílý rovnoběžně s c . Typická je velmi silná anizotropie se světle modrými až hnědými odstíny. Antimonit vykazuje přímé zhášení. Často se vyskytuje jako jehlicovité krystaly nebo zrnité agregáty. Obvykle dobře vyvinuté štěpné stopy bývají deformovány, časté je i deformační dvojčatění. VHN = 70-90.

Výskyt

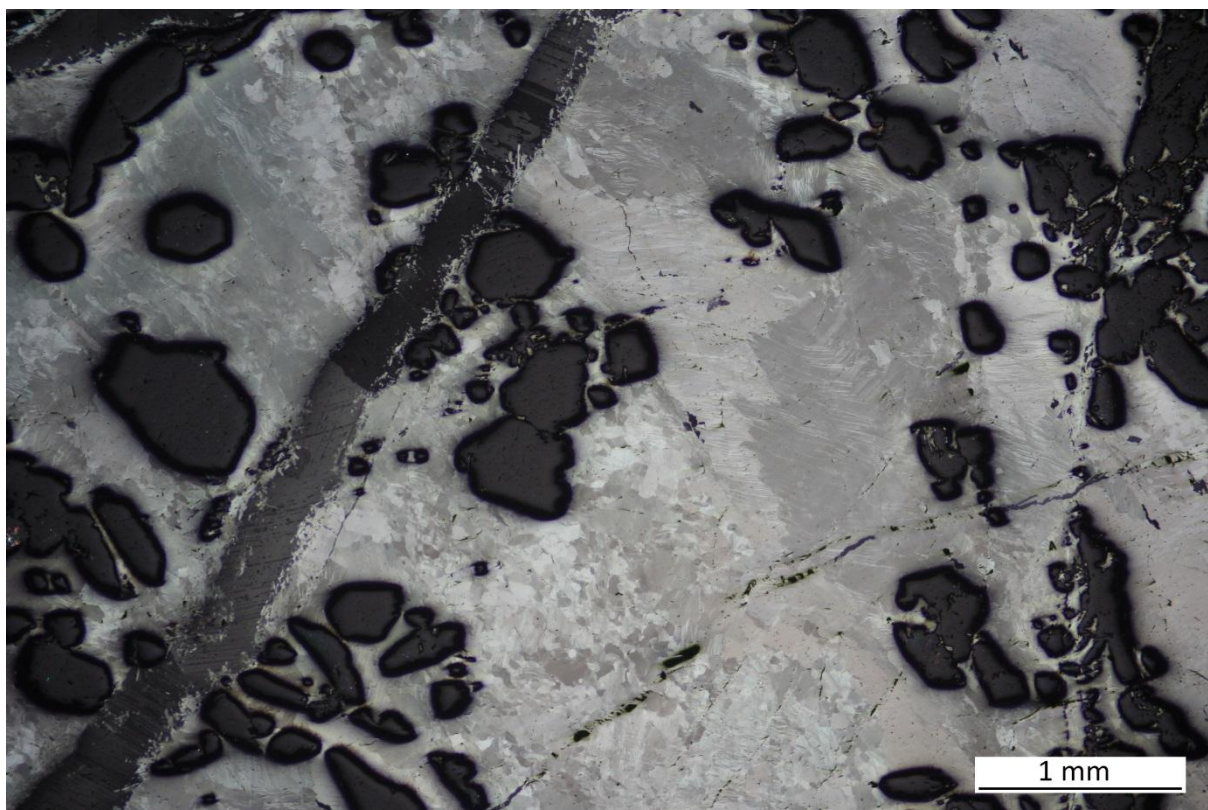
Antimonit se vyskytuje na nízkoteplotních hydrotermálních žilách, obvykle s křemenem. Často se vyskytuje v asociaci s komplexními Sb a As sulfidy, pyritem, zlatem a rtuť.

Rozlišovací znaky

V porovnání s antimonitem: hematit má menší bireflexi, slabší anizotropii, vyšší tvrdost a špatnou štěpnost. Antimonitu mohou být podobné některé Pb-Sb sulfidy.



Obr. 35. Agregát antimonitu se zřetelným dvojdrazem, vz. 18, PPL



Obr. 36. Agregát antimonitu s velmi silnou anizotropií, vz. 18, XPL

Tetraedrit $\text{Cu}_{10}(\text{Zn,Fe})_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Tetraedrit vykazuje rozsáhlou chemickou substitucí s častými obsahy Ag, Hg a As a vzácněji Cd, Bi a Pb. As koncový člen je tennantit $\text{Cu}_{10}(\text{Zn,Fe})_2\text{As}_4\text{S}_{13}$. Ag bohatý člen je freibergit $\text{Ag}_6(\text{Cu}_4\text{Fe}_2)\text{Sb}_4\text{S}_{13-x}$.

Krystaly

Tetraedrit je kubický, vyskytuje se v podobě tetraedrů. Časté je opakování dvojčatění podle osy [111]. Tvoří také penetrační dvojčata. Není štěpný. Hustota = 5, tvrdost = 4.5.

Výbrus

Tetraedrit je obvykle opakní, ale variety bez Fe a As-bohaté propouštějí červené světlo.

Nábrus

Tetraedrit je světle šedý, občas se jeví slabě nazelenalý, namodralý nebo nahnědlý. $R = 32\%$, je tmavší než galenit, ale světlejší než sfalerit. Obvykle je izotropní, může však být i velmi slabě anizotropní. Pro tennantit jsou uváděny velmi vzácné červené vnitřní reflexy. Tetraedrit je vzácně idiomorfni. Obvykle ve formě oblých zrn tvořících polykrystalické agregáty. Tvoří myrmekitické srůsty s ostatními sulfidy, např. galenitem nebo chalkopyritem. Mikroanalýzou je běžně detekována zonalita Sb/As a Fe/Zn, která však není pozorovatelná v nábrusu. Běžné jsou nepravidelné trhliny. Časté jsou inkluze, hlavně chalkopyritu. VHN = 240-370.

Výskyt

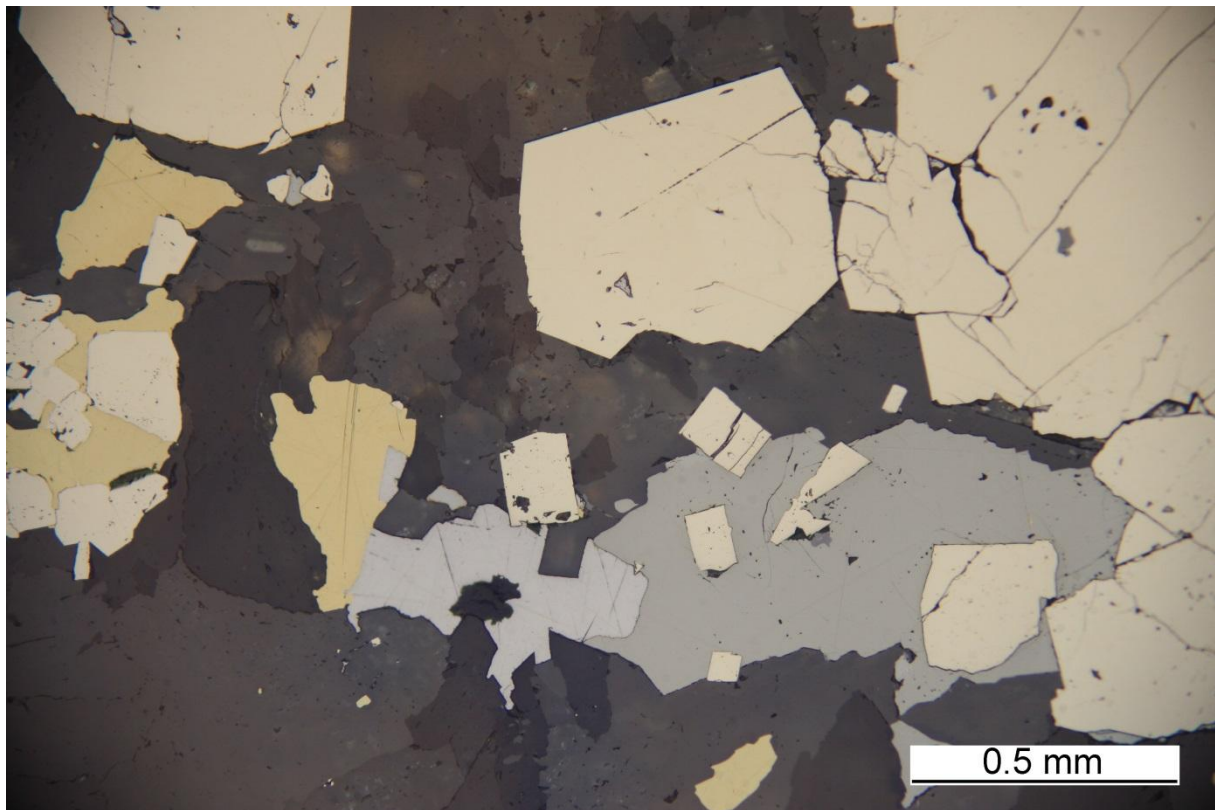
Tetraedrit se běžně vyskytuje v asociaci s galenitem na Pb-Zn ložiskách (na některých je hojný, na některých však zcela chybí). Tennantit je běžný na Cu-porfyrových ložiskách.

Rozlišovací znaky

V porovnání s tetraedritem: sfalerit je tmavší, tvrdší a má dobrou štěpnost a obvykle vykazuje vnitřní reflexy. Mnoho komplexních sulfidů je na první pohled podobných tetraedritu, ale většina z nich je anizotropní.

Poznámky

Širokou chemickou variabilitu tetraedritu nelze v nábrusu s jistotou identifikovat bez použití mikroanalýzy.



Obr. 37. Automorfní pyrit (žluto-bílý), obklopený mladším tetradritem (šedý), galenitem (bílý) a chalkopyritem (žlutý), vz. 22, zvětšení 20x, PPL

Arzenidy

Nikelín NiAs

Nikelín může obsahovat příměs Fe nebo Co.

Krystaly

Nikelín krystaluje v hexagonální soustavě, $a:c = 1 : 1.3972$. Krystaly jsou vzácné, obvykle je masivní, se sloupcovou stavbou. Objevuje se opakované dvojčatění podle $\{10\cdot11\}$, není štěpný. $D = 7.8$, $H = 4.5$.

Nábrus

Nikelín je růžový nebo oranžově bílý s výrazným pleochroismem, s $R_o = 52\%$ (světlejší, oranžový nebo nažloutlý) a $R_e = 48\%$ (tmavší, růžový). Odraznost je podobná pyritu. Anizotropie je velmi silná, tóny jsou jasně modravé a zelenkavě šedé.

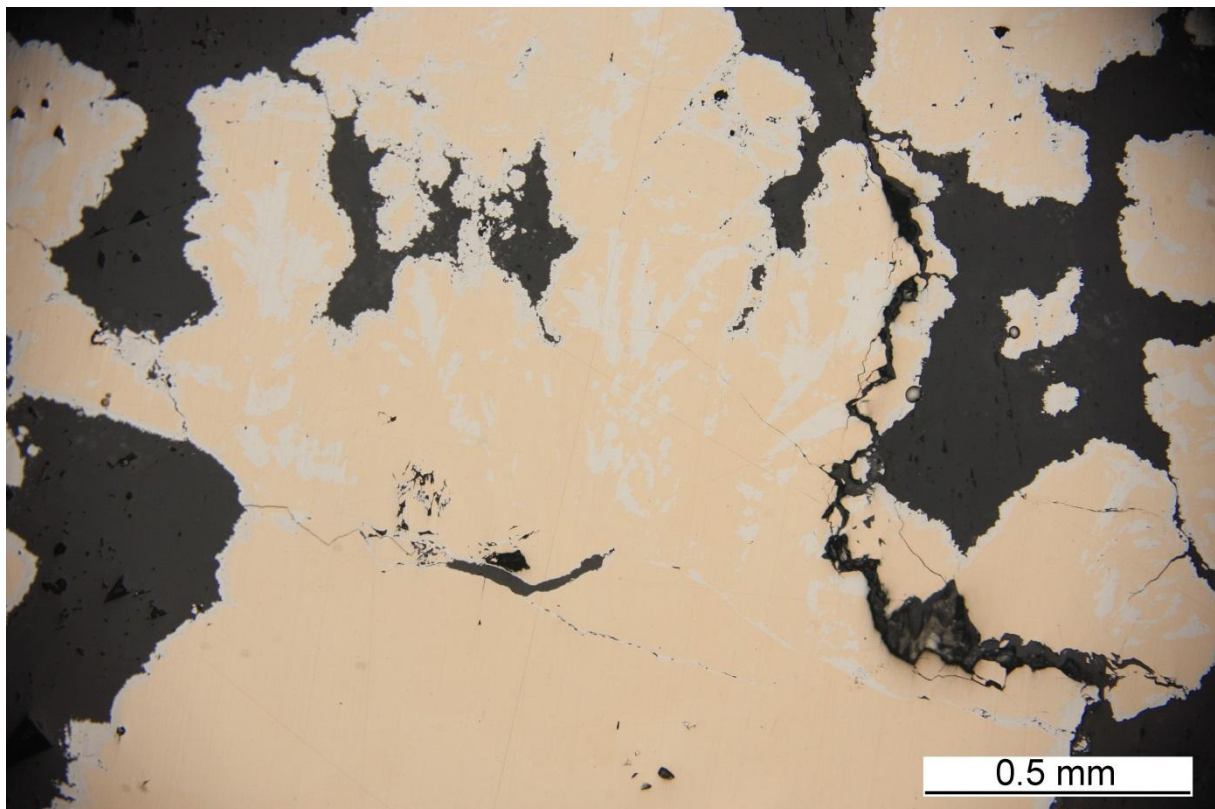
Nikelín se obvykle vyskytuje v xenomorfních nebo koncentrických, botryoidálních masách s jinými minerály $Co + Ni + As + S$. Zrna jsou často kataklazována. Růstová zonalita je běžná a botryoidální hmoty často obsahují radiálně uspořádané nepravidelné lamely. VHN = 328-455.

Výskyt

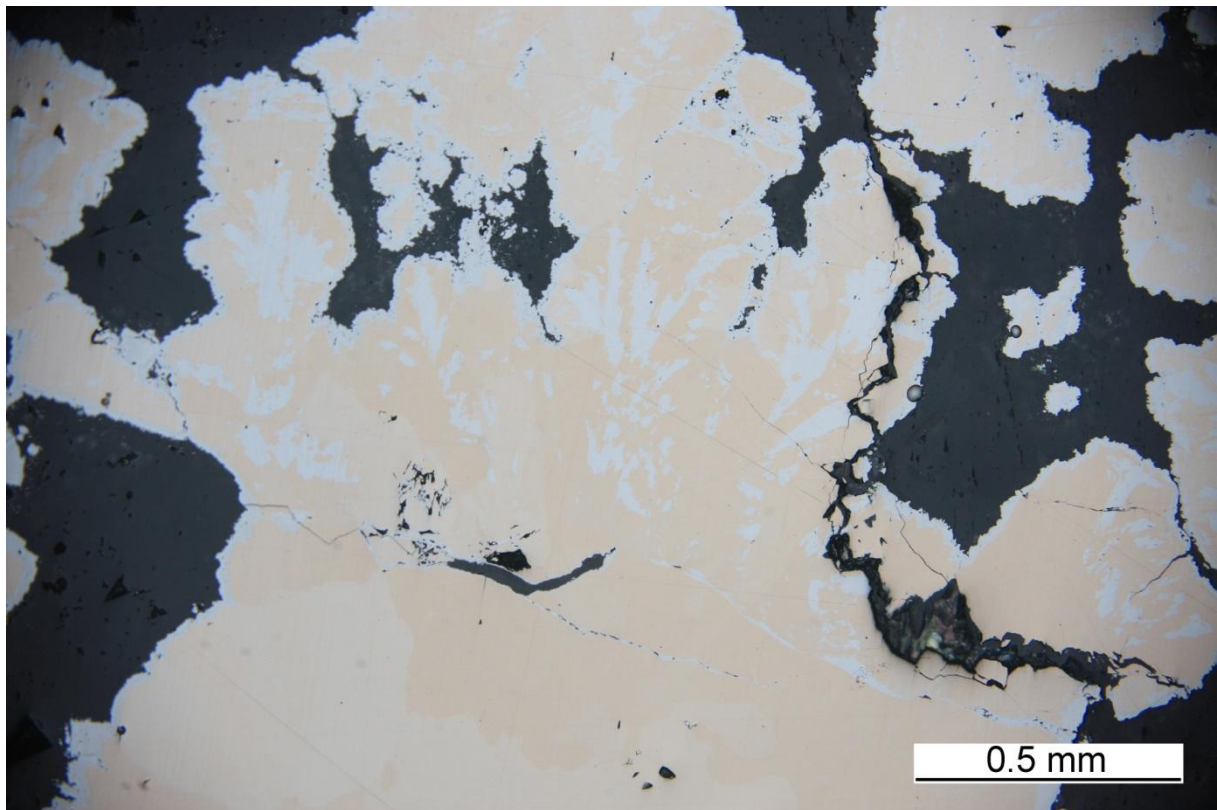
Nikelín se vyskytuje na ložiskách $Ni + Co + Ag + As + U$ minerálů, která jsou tvořena pravděpodobně nízkoteplotními hydrotermálními žílami a metasomatická. Taková ložiska jsou často spojena s bazickými magmatickými horninami a sedimentárními horninami bohatými na organické látky.

Rozlišovací znaky

Ve srovnání s nikelínem: markazit je bělejší a arzenopyrit je bělejší a má slabší anizotropii.



Obr. 38. Nikelín (narůžovělý až oranžový), obklopen dalšími arzenidy (bílý), vz. Zálesí u Javorníka, PPL



Obr. 39. Nikelín (narůžovělý až oranžový), obklopen dalšími arzenidy (bílé), vz. Zálesí u Javorníka, XPL