

KATEDRA GEOLOGIE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITA PALACKÉHO

STRUKTURY A MIKROTEXTURY OPAKNÍCH MINERÁLŮ V ODRAZOVÉM MIKROSKOPU

ZDENĚK DOLNÍČEK

Olomouc 2010

Poděkování

Tento učební materiál je výstupem projektu FRVŠ reg. č. 1301/2010 „Zavedení nového předmětu ‚Odrážová mikroskopie‘“, jemuž patří dík za finanční podporu. Dále bych rád poděkoval p. J. Povolnému (MU Brno) za zhotovení převážné části nábrusů a leštěných výbrusů, které byly využity při kompilaci předloženého učebního materiálu. Část použitých mikroskopických preparátů byla připravena i studenty katedry geologie PřF UP v rámci řešení jejich bakalářských a diplomových prací, jmenovitě šlo o Bc. E. Mastíkovou, Mgr. B. Zmeškalovou/Beranovou, Mgr. T. Urubka, Mgr. K. Kropáče, Ph.C., Bc. T. Potočkovou, Bc. K. Janíčkovou a M. Kováře. Za poskytnutí některých vzorků na zhotovení nábrusů děkuji prof. B. Fojtovi (MU Brno), Mgr. A. Grígelové (UP Olomouc) a dr. K. Malému (Muzeum Vysočiny Jihlava), prvně jmenovanému navíc i podnětné připomínky k finální verzi textu.

Obsah

Úvod	4
1. Struktury vznikající při krystalizaci	7
2. Struktury rozpadu pevných roztoků	20
3. Struktury vznikající při rekrystalizaci gelů	26
4. Struktury vznikající při zatlačování	30
5. Struktury vznikající při deformaci	38
Seznam použité a doporučené literatury	44

Úvod

Studium struktur a mikrotextur pomocí odrazového mikroskopu představuje integrální součást moderního mineralogického či petrologického výzkumu. Získané poznatky přinášejí zásadní informace o genezi studovaných objektů. Studium struktur a mikrotextur navazuje na terénní a laboratorní výzkum texturních znaků, a předchází aplikaci další speciálních metodik, jako je např. elektronová mikrosonda, apod.

Struktura je dána velikostí, tvarem, omezením a vnitřní stavbou (zonálnost, zdvojitelnost) zrn nerostů v minerálních agregátech. Tyto vlastnosti jsou pozorovatelné v mikroskopu.

Mikrotextura je dána charakterem agregace jednotlivých zrn a vzájemnými sukcesními vztahy jednotlivých minerálů, které jsou pozorovatelné v odrazovém mikroskopu.

Textura (či *makrotextura*) hodnotí vývin, tvar, rozmístění a uspořádání minerálních agregátů v prostoru, a je pozorovatelná makroskopicky.

Struktury a mikrotextury rudních minerálů byly v uplynulých desetiletích intenzivně studovány (např. Bastin 1950, Edwards 1954, Vachromejev 1956, Betehtin 1958, 1964, Ramdohr 1980, Smirnov 1983 a další), přesto chybí jednotná klasifikace a všeobecně přijímaná a vyčerpávající nomenklatura. Jistě je tomu tak i z důvodu velké variability pozorovaných staveb, vyskytujících se napříč spektrem genetických prostředí.

Kašpar (1988) uvádí následující přehled hlavních typů struktur rud (primárně podle Vachromejeva (1958), s úpravami Halahykové-Andrusovové (1960) a autora):

Struktury vznikající při krystalizaci	Struktury rozpadu pevných roztoků	Struktury vznikající při rekrystalizaci gelů	Struktury vznikající při zatlačování	Struktury tlakové
panidiomerně zrnitá	smyčková	sférolitická	korozní	rozpadavá
hypidiomorně zrnitá	mřížkovitá	radiálně paprscitá	protínání žilek	tlaková
alotriomorně zrnitá	destičkovitá	granoblastická	zbytková	rekrystalizační
sideronitová	emulzní	porfyroblastická	skeletová	
porfyrovitá		poikiloblastická	grafická	
kryptokrystalická			mřížkovitá	
gelová			cementační	

Smirnov (1983) uvádí následující přehled struktur rud různých genetických typů (v úpravě Kašpara (1983)):

Typ struktury	Morfologická charakteristika struktury	Mg	Pg	Hd	Mm	Zv	Sd
rovnoměrně zrnitá	hypidiomorfně zrnitá	+	+	+	-	-	-
	alotriomorfně zrnitá	+	+	+	-	-	-
	panidiomorfně zrnitá	+	+	+	-	-	-
	xenomorfně zrnitá	+	+	+	-	-	-
	sideronitová	+	-	-	-	-	-
	granoblastická	-	-	-	+	-	-
	homeoblastická	-	-	-	+	-	-
	rohovcovitá	-	-	+	+	-	+
nerovnoměrně zrnitá	intersticiální	+	-	+	-	-	-
	porfyrická	+	-	-	-	-	-
	porfyrová	+	-	+	-	-	-
	poikilitická	+	+	+	-	-	-
	emulzní	+	-	+	-	-	-
	porfyroblastická	-	-	-	+	-	-
laminární	lišťovitá	+	+	+	+	+	-
	ofitická	-	-	+	-	-	-
	lepidoblastická	-	-	-	+	-	-
	foliační	-	-	+	+	-	-
vláknitá	vláknitá	+	-	+	+	+	-
	plstnatá	+	-	+	+	-	-
	snopkovitá	-	-	+	+	-	-
zonální	zonální	-	+	+	-	+	-
	koncentricky zonální	-	-	+	-	+	+
	rytmicky zonální	-	+	+	-	-	-
krystalograficky orientovaná	retikulární	+	+	+	-	+	-
	síťovitá	-	-	+	-	+	-
	orientovaně emulzní	+	-	+	-	-	-
srůstová	grafická	+	+	+	-	+	-
	subgrafická	+	+	+	+	+	-
	eutektická	+	+	+	-	-	-
	mikropegmatitová	+	+	-	-	-	-
	mikropertitická	+	+	-	+	-	-
lemová	lemová	-	-	+	-	+	-
	koronární	-	-	+	-	-	-
náhradová (reliktní)	očkovitá	+	-	+	-	+	-
	zbytková	-	-	+	-	+	-
	kostrovitá	-	-	+	-	+	-
	reliktní	-	-	+	-	+	-
fragmentová	kataklastická	-	-	-	+	-	-
	granoklastická	-	-	-	+	-	-
	porfyroklastická	-	-	-	+	-	-
	prožilková	+	-	+	-	+	-

Typ struktury	Morfologická charakteristika struktury	Mg	Pg	Hd	Mm	Zv	Sd
kolomorfní	kolomorfní (gelová)	-	-	+	-	+	-
	zonální	-	-	+	-	+	-
	koncentricky zonální	-	-	+	-	+	+
	dendritická	-	-	-	-	+	-
sférolitická	perlitová	-	-	+	-	+	-
	sférolitická	+	-	+	-	-	-
	radiálně paprsčitá	+	-	+	-	+	+
	radiálně vláknitá	-	-	+	-	+	-
	cementační	-	-	+	-	+	-
klastická	psefitická	-	-	-	-	-	+
	psamitická	-	-	-	-	-	+
	aleurolitická	-	-	-	-	-	+
	pelitická	-	-	-	-	-	+

Vysvětlivky zkratk: Mg - ložiska magmatického původu, Pg - ložiska pegmatitového původu, Hd - ložiska hydrotermálního původu, Mm - ložiska metamorfního původu, Zv - ložiska zvětrávacího původu, Sd - ložiska sedimentárního původu

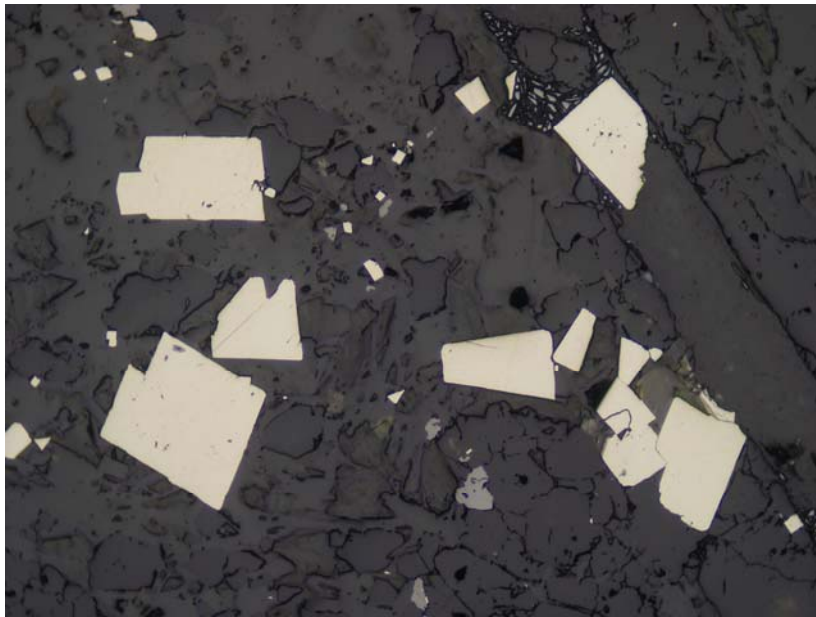
Dále uvedené příklady struktur a mikrotextr, prezentované na fotografiích, jsou rozčleněny do kategorií podle výše uvedeného schématu Vachromejeva (1958), Halahyjevové-Andrusovové (1960) a Kašpara (1983). Uvedený přehled si nečiní nárok na úplnost vzhledem ke skutečnosti, že autor měl k dispozici jen omezený počet preparátů a nechtěl přebírat fotografie odjinud. V tomto směru je nutno pokládat předložený materiál pouze za prvotní verzi, která bude časem doplňována. Není-li uvedeno jinak, jde o fotografie pořízené v rovinně polarizovaném odraženém světle (v PPL, s jedním nikolem) s použitím „suchých“ objektivů. Všechny snímky byly pořízeny na polarizačním mikroskopu Olympus BX-50 pomocí digitálního fotoaparátu Camedia C-7070. S výjimkou obr. 2.8 nebyla prováděna žádná korekce vyváženosti barev.

1. Struktury vznikající při krystalizaci

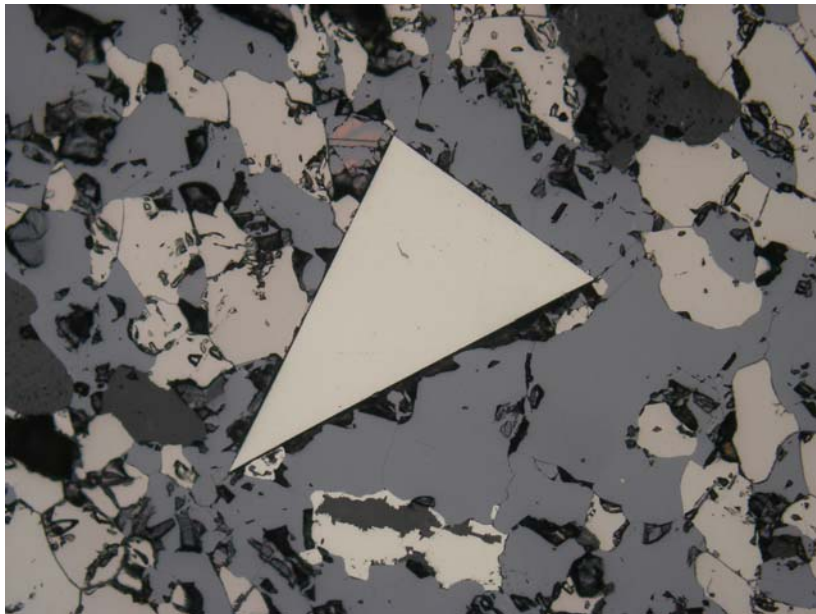
Při krystalizaci dochází k zaplňování prostoru minerálními zrny. Často dochází k zaplňování volného prostoru (např. otevřených puklin) za vzniku rudních žil. Jindy dochází ke krystalizaci (či rekrystalizaci) v pevném prostředí, např. při metamorfóze. Při krystalizaci může docházet i k zatlačování jedné minerální fáze druhou (této problematice je věnována speciální pozornost v kap. 4).

Při studiu struktur a mikrotextr vznikajících při krystalizaci si všímáme jednak charakteristik jednotlivých minerálních zrn (tvar, omezení, uzavřeniny, růstová zonálnost, dvojčatění), jednak charakteru agregace jednotlivých zrn a vzájemných sukcesních vztahů jednotlivých minerálů.

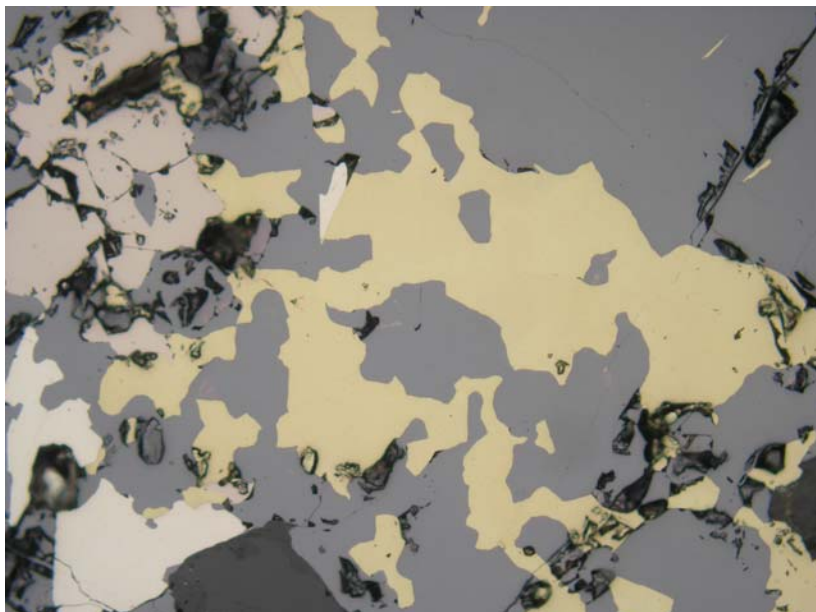
1. Struktury vznikající při krystalizaci



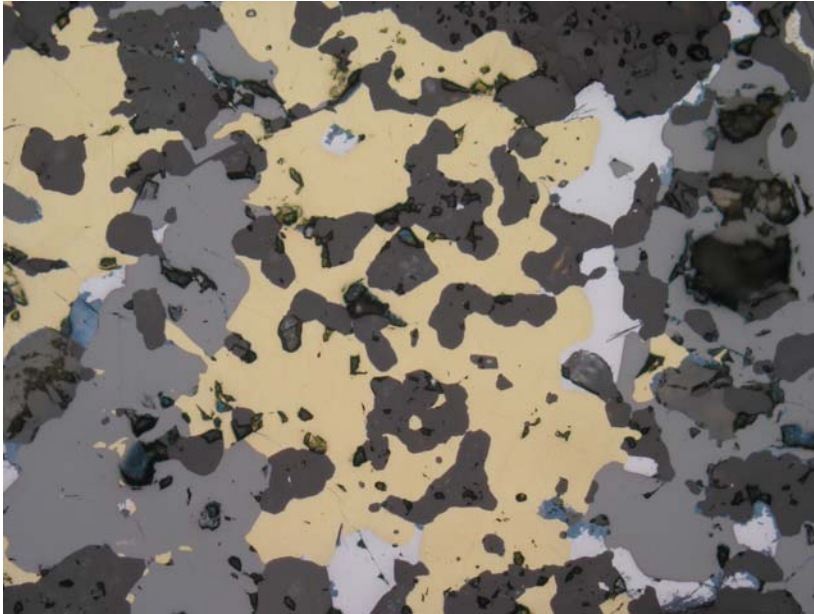
Obr. 1.1: Automorfně omezené krystaly pyritu (světlý) v křemenu (tmavý). Polymetalické ložisko Zlaté Hory. Spodní strana snímku měří 1,44 mm. Příklad panautomorfně zrnité struktury.



Obr. 1.2: Automorfně a xenomorfně omezená zrna pyritu (světle krémový), xenomorfní zrna pyritu (nahnědlý) a křemene (tmavý) obklopené sfaleritem (šedý). Staré Ransko, Zn-ložisko. Spodní strana snímku měří 0,72 mm. Příklad hypautomorfně zrnité struktury.



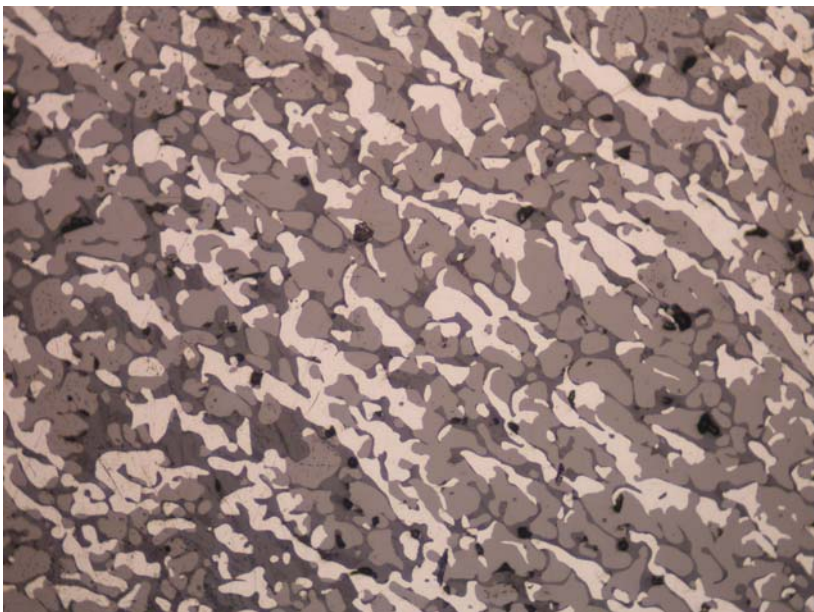
Obr. 1.3: Xenomorfně omezená zrna pyritu (světle krémový), pyritu (nahnědlý), sfaleritu (šedý) a chalkopyritu (žlutý). Staré Ransko, Zn-mineralizace. Spodní strana snímku měří 0,72 mm. Příklad panxenomorfně zrnité struktury.



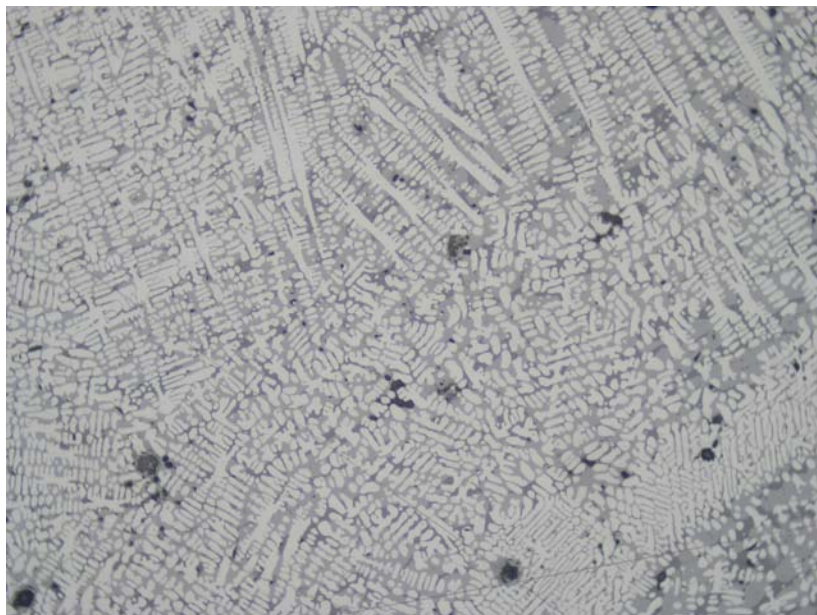
Obr. 1.4: Xenomorfně omezené rudní minerály (chalkopyrit - žlutý, sfalerit - šedý) poikiliticky uzavírající hlušinu (křemen a karbonát, šedočerné). Ve vedlejším množství též přítomen galenit (bílý) a covellín (modrý). Zlaté hory. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



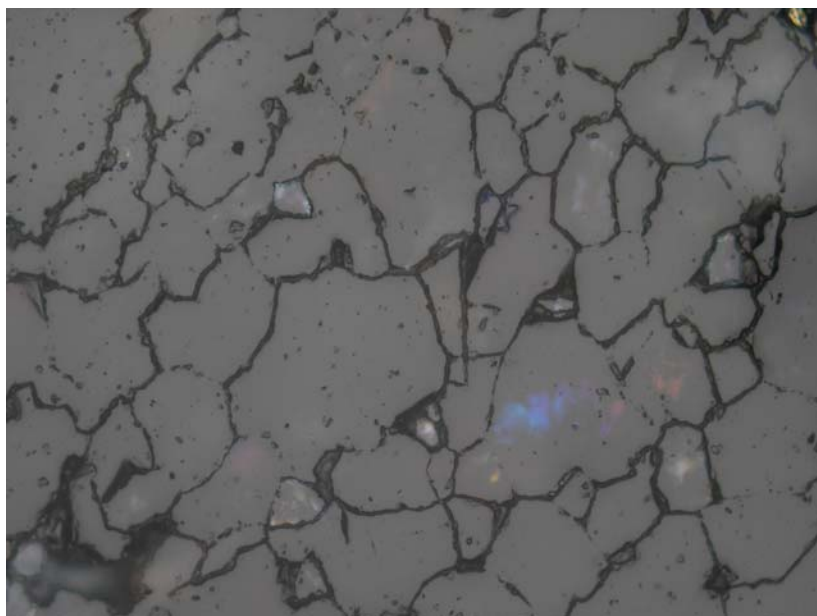
Obr. 1.5: Eutektické srůsty fayalitu (šedý) a wüstitu (nejsvětlejší). Tmavošedé – sklo, černé – drobné póry. Železářská struska, středověk. Stříbrné Hory. Příklad eutektické struktury. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.6: Eutektické srůsty železa (bílý) a wüstitu (šedý). Tmavošedé – sklo, černé – póry. Železářská struska z kujní výhně, 18. století. Komárno u Rajnochovic. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 1.7: Eutektické srůsty fayalitu (šedý) a wüstitu (bílý). Tmavošedé – sklo. Železářská struska, středověk. Stříbrné Hory. Příklad krystalograficky orientované eutektické struktury. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 1.8: Granoblastická struktura křemene. Zlaté Hory, mineralizace tzv. „Zlatého sloupu“. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

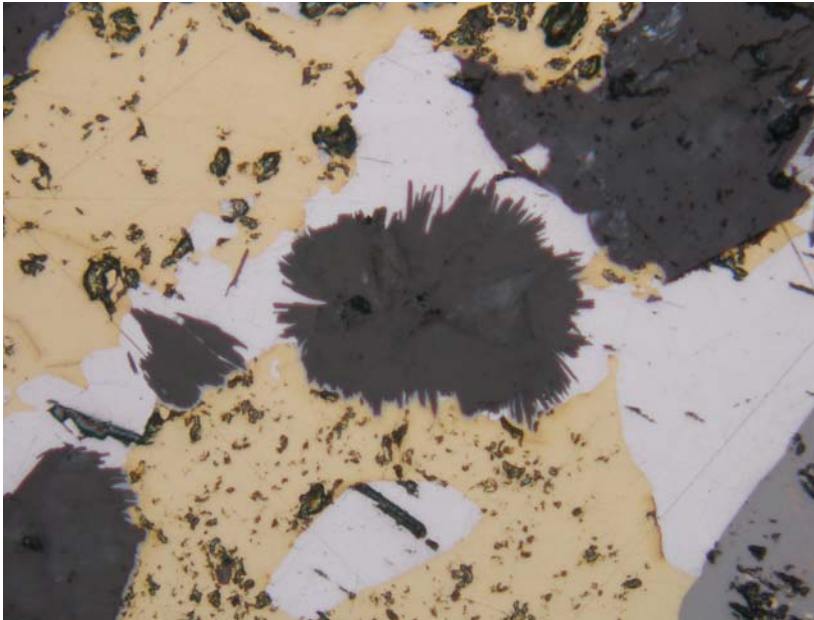


Obr. 1.9: Lepidoblastická struktura grafitu (světlý). Dobře je patrné detailní provrásnění grafitu. Vpravo nahoře izometrické zrno pyritu změněného v „limonit“ (šedé). Ketkovice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

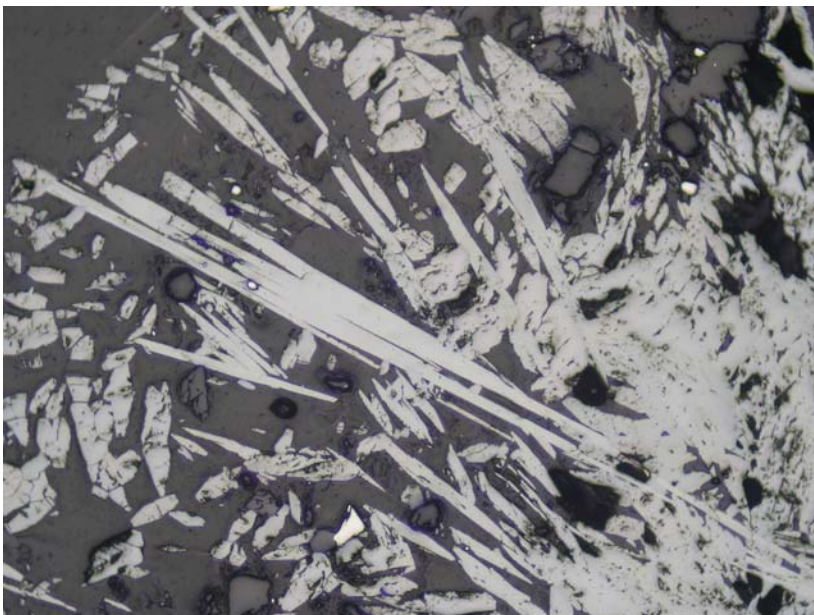
1. Struktury vznikající při krystalizaci



Obr. 1.10: Lepidoblastická struktura covellínu (modrý, silný dvojdraz) v agregátu supergenních fází zatlačujících primární sulfidy. Polymetalické ložisko Jasenie, Nízke Tatry. Spodní strana snímku měří 0,20 mm.



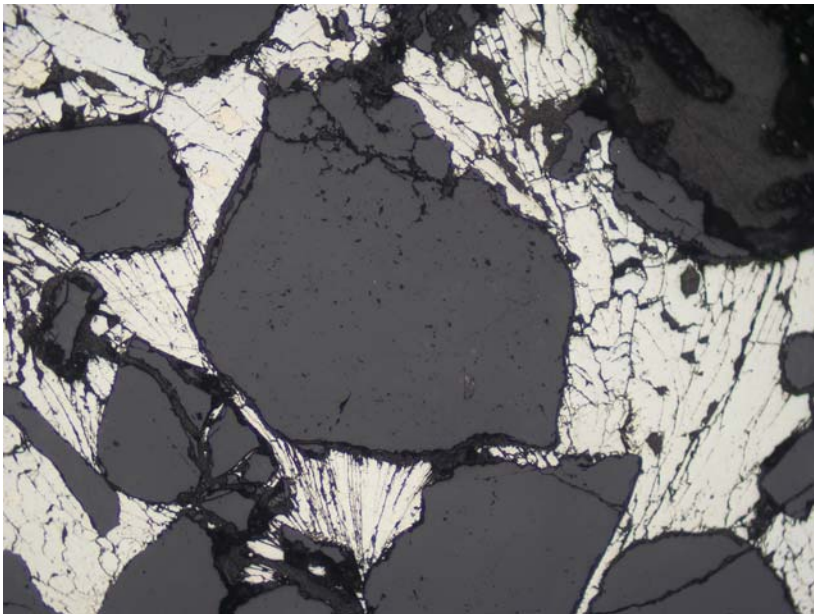
Obr. 1.11: Lepisférický agregát muskovitu (šedočerný) uzavíraný spolu s křemenem (šedočerný vpravo nahoře) v chalkopyritu (žlutý) a arzenopyritu (bílý). Na kontaktu s chalkopyritem je muskovit lemován tenkou obrubou chalkozínu (šedý). Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled. Spodní strana snímku měří 0,33 mm.



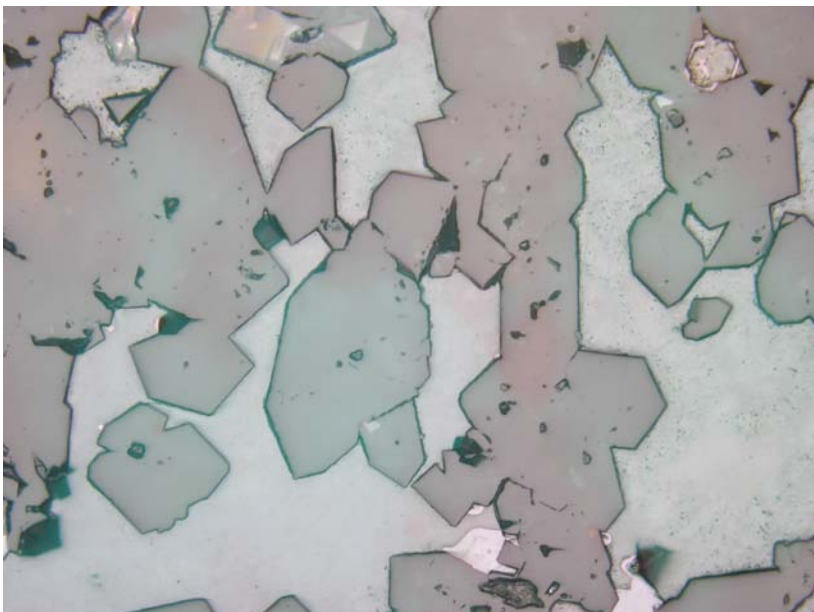
Obr. 1.12: Jehlicovitý agregát automorfních individuí kermezitu (světle šedý, podélné, kosé i příčné řezy) v křemeni (tmavošedý). Ojedinelá bílá zrnka patří pyritu. Sbložisko Pezinok. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



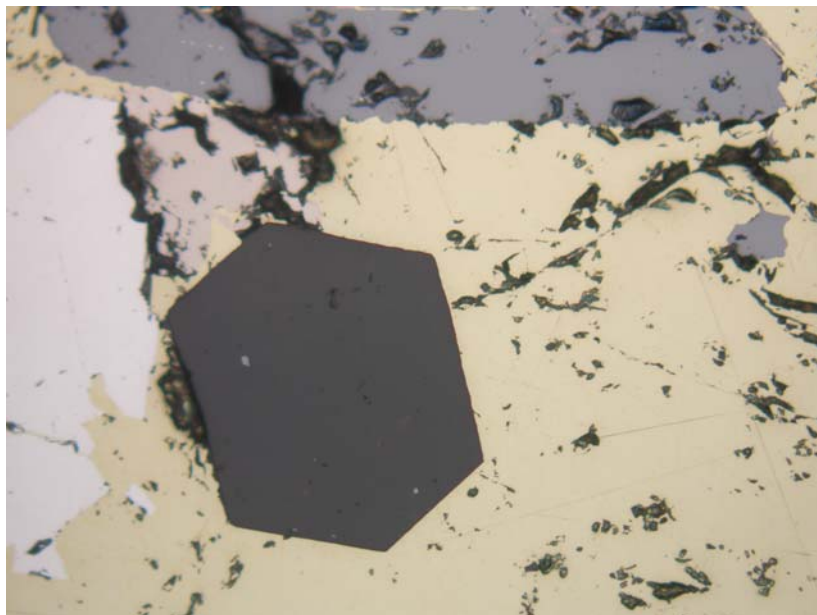
Obr. 1.13: Radiálně paprscitý agregát jehlicovitých krystalů coffinitu (šedý a nehomogenní vzhledem k variabilnímu chemismu a hydrataci). Tmavošedé – kalcit a křemen, světle šedý – uraninit. U-ložisko Zálesí u Javorníka. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



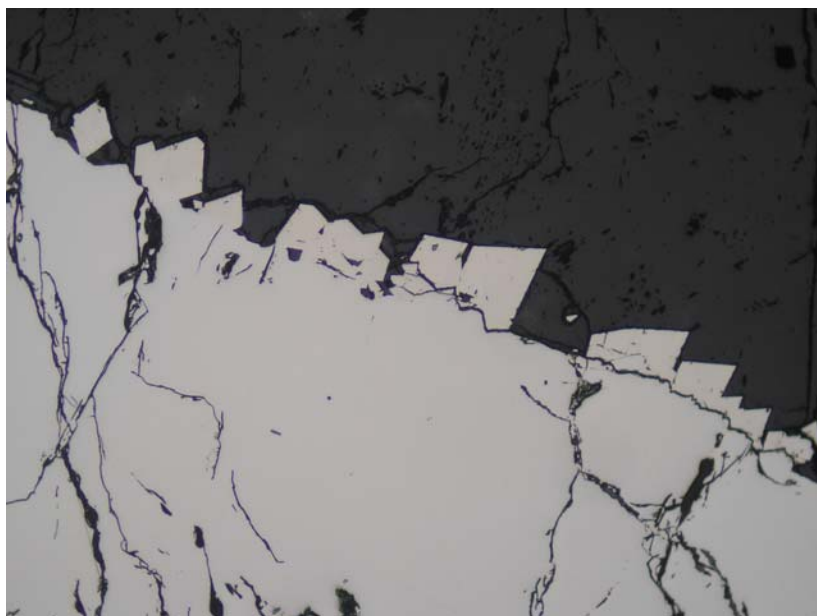
Obr. 1.14: Paprscitý agregát silně protažených individuí markazitu (bílý), uzavírajícího místy izometrická zrna pyritu (krémový). Oba rudní minerály tmelí křemenná zrnka. Markazitová konkrce, uhelný lom Bílina. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



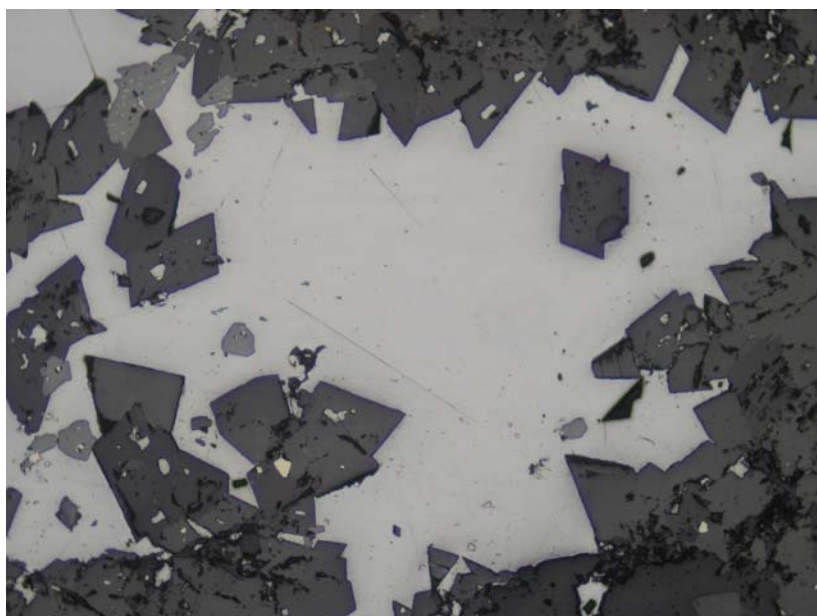
Obr. 1.15: Xenomorfně omezený malachit (světlý) vyplňuje volné prostory mezi automorfně omezenými krystaly křemene (tmavošedý). Cu-mineralizace štoly Mír, Borovec u Štěpánova. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



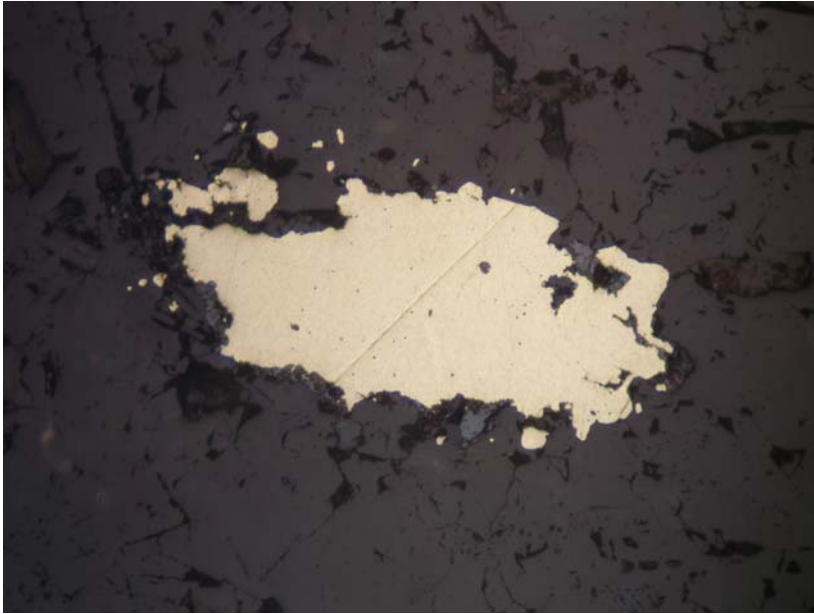
Obr. 1.16: Automorfně omezený krystal křemene (černý) uzavřený v masivní rudnině tvořené chalkopyritem (žlutý), sfaleritem (šedý), arzenopyritem (bílý) a pyrrhotinem (hnědý). Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



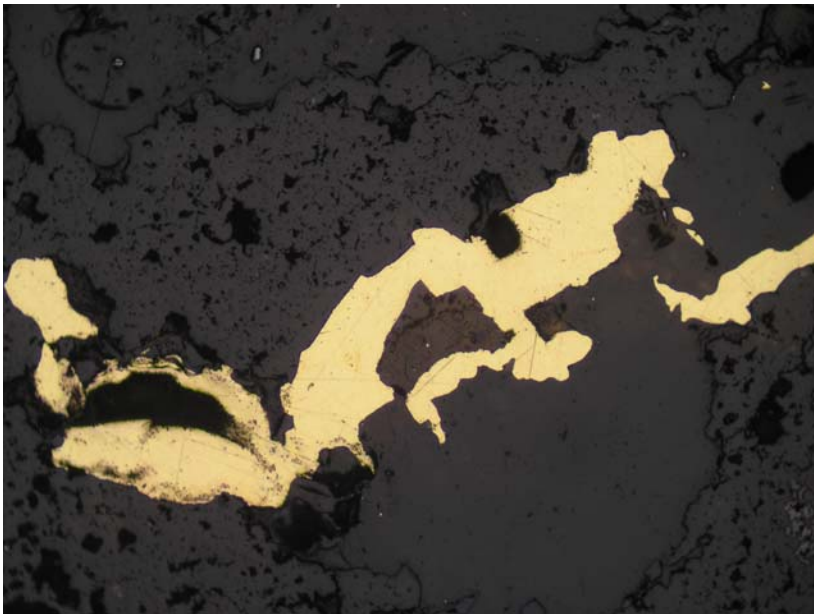
Obr. 1.17: Hypautomorfně omezené krystalky arzenopyritu (světle krémový) drúzovitě narůstající na masivní löllingit (bílý). Černý – křemen. Pegmatitové ložisko Hatě, Dolní Bory. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



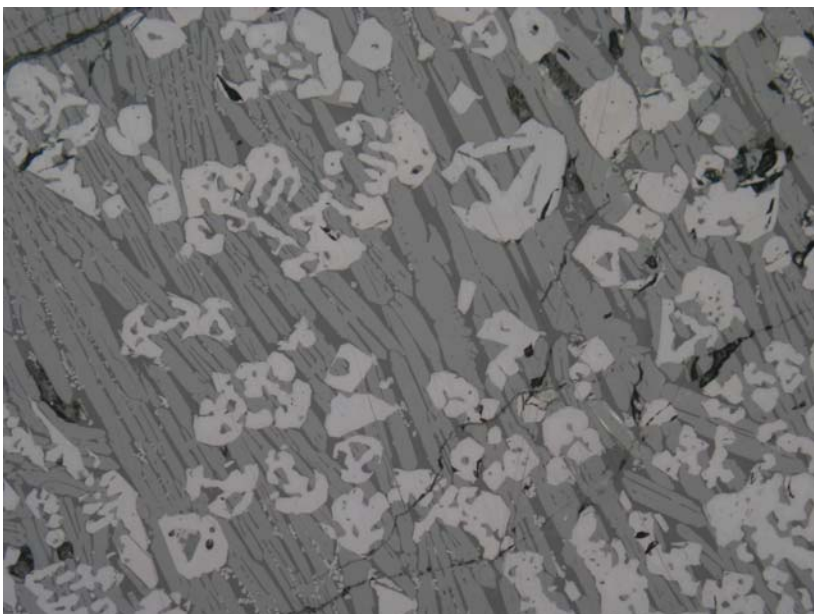
Obr. 1.18: Galenit (bílý) vyplňující spolu s ojedinělým sfaleritem (šedý) drúzovou dutinku v karbonátu (tmavošedý). Zn-Pb ložisko Nová Ves u Rýmařova. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



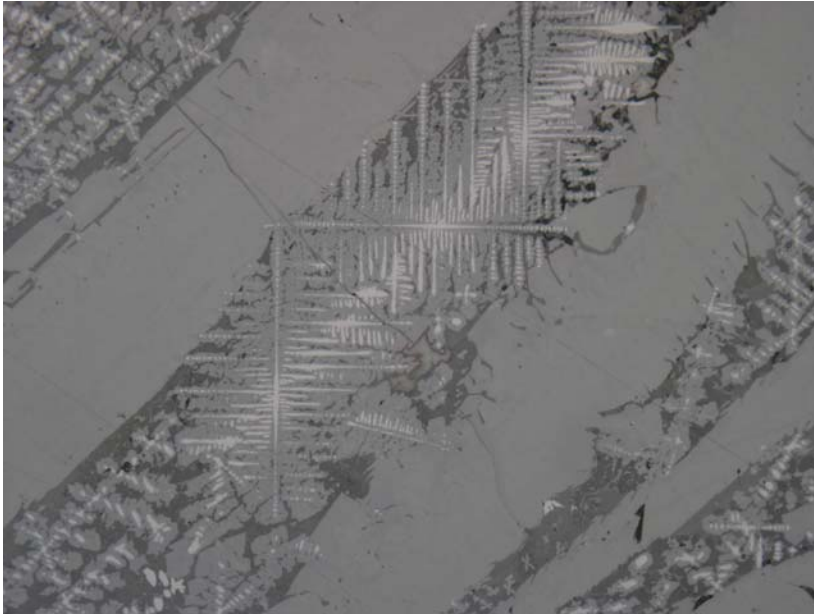
Obr. 1.19: Xenomorfně omezená zrna elektra (světle žluté) uzavřená v křemeni (šedočerný). Žilná Au-mineralizace, Hory u Předína. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.20: Kostrovitý vývin zlata (pravá část obrázku), sledující krystalonomické směry. Zlato je uzavřeno v limonitickém křemeni (šedočerný). Lokalita neznámá. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



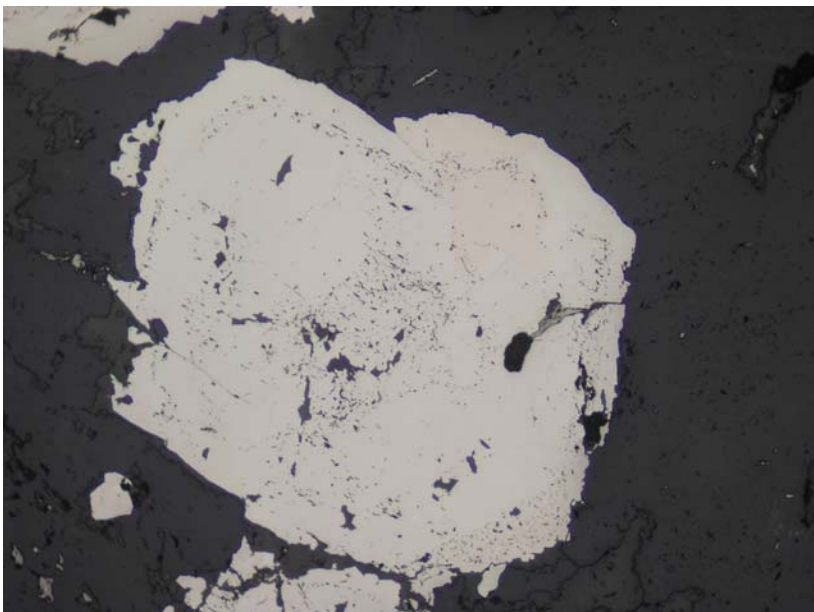
Obr. 1.21: Kostrovité krystalky magnetitu (nejsvětější) obrůstané lištovitými individui fayalitu (šedý). Mezní tmavošedá hmota – sklo. Železářská struska, středověk. Stříbrné Hory. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



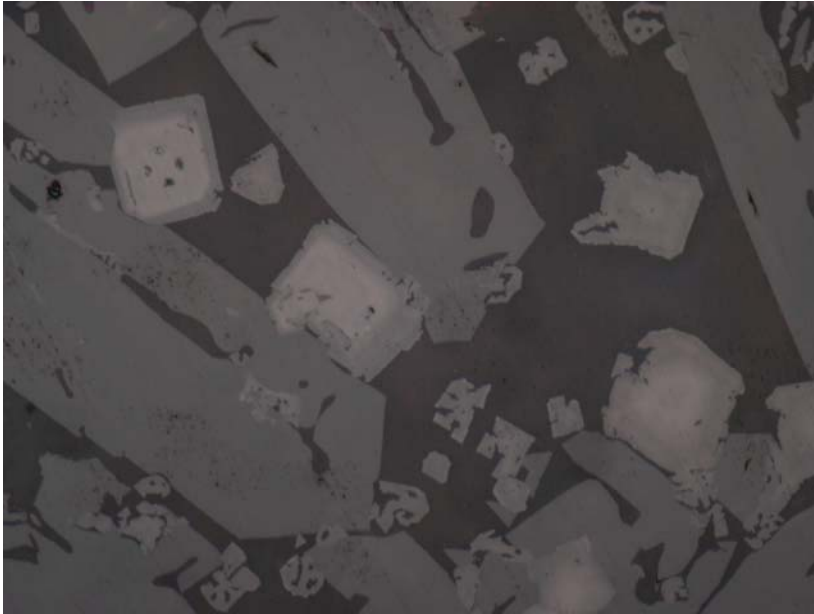
Obr. 1.22: Dendritické krystalky wüstitu (bílý) sloužily jako krystalizační základ pro fayalit druhé generace (šedý) v mezerách mezi velkými lištami fayalitu první generace. Mezerní tmavošedá hmota – sklo. Železářská struska, středověk. Stříbrné Hory. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.23: Zonální stavba pyritu. V centru je minerál porézní a špatně leštitelný, při okrajích neporézní a dobře leštitelný. Pyrit uzavírá inkluze křemene (šedočerný) a sfaleritu (šedý). Polymetalické ložisko Zlaté Hory. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



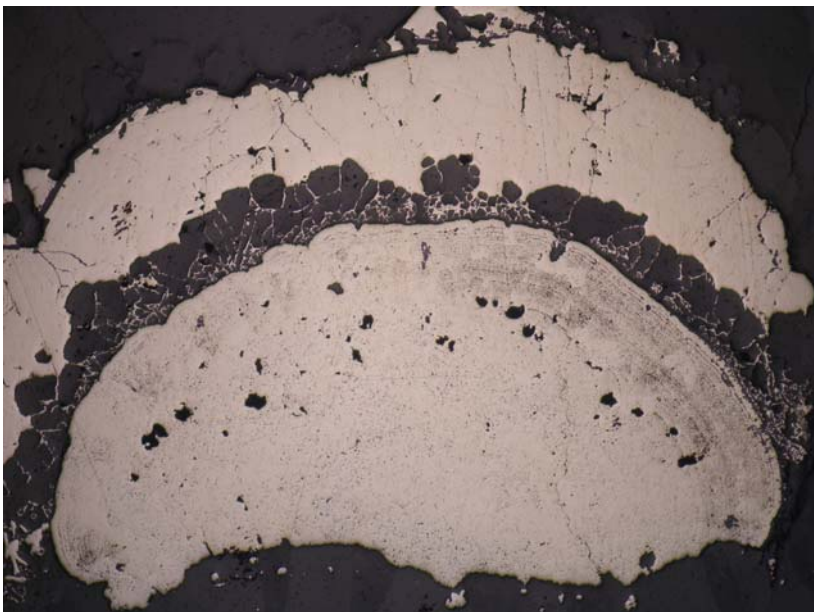
Obr. 1.24: Růstová zonálnost pyritu uzavřeného v křemeni. Určité přírůstkové zóny jsou více porézní. Sb-výskyt Kuchyňa, Malé Karpaty. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



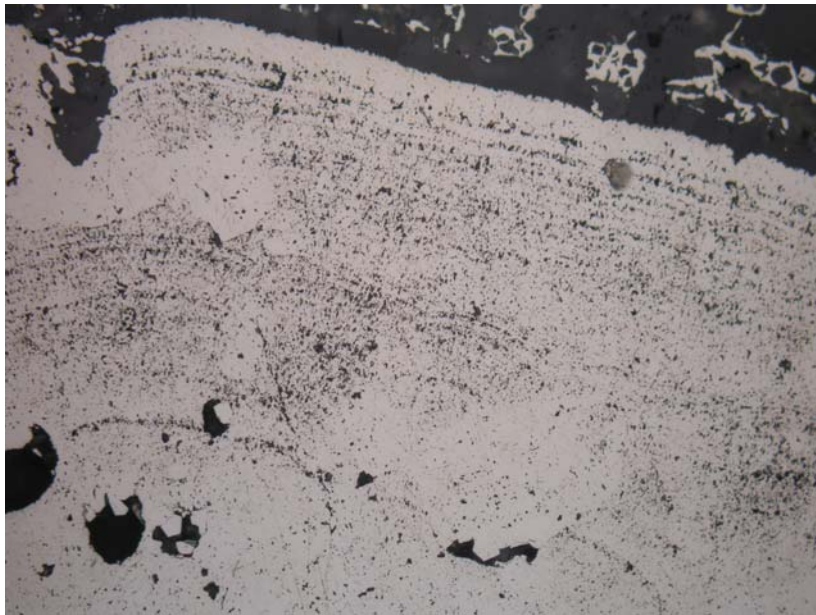
Obr. 1.25: Růstová zonálnost krystalků spinelidů. Růstové zóny se liší chemismem a v důsledku toho i odrazností. V okolí lištovité krystaly fayalitu (šedé) a sklo (šedočerné). Železářská struska, středověk. Stříbrné Hory. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



Obr. 1.26: Růstová zonálnost sulfidů. Zrno chalkopyritu (žlutý) je částečně zatlačováno covellínem (modrý, zřetelný dvojodraz) a následně obrůstáno tenkou zónou galenitu (bílý). Agregát rudních minerálů je v drobné dutince v křemenu (šedočerný), zbylý prostor dutinky vyplnil dolomit (světle šedý). Zlatý důl u Hluboček. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



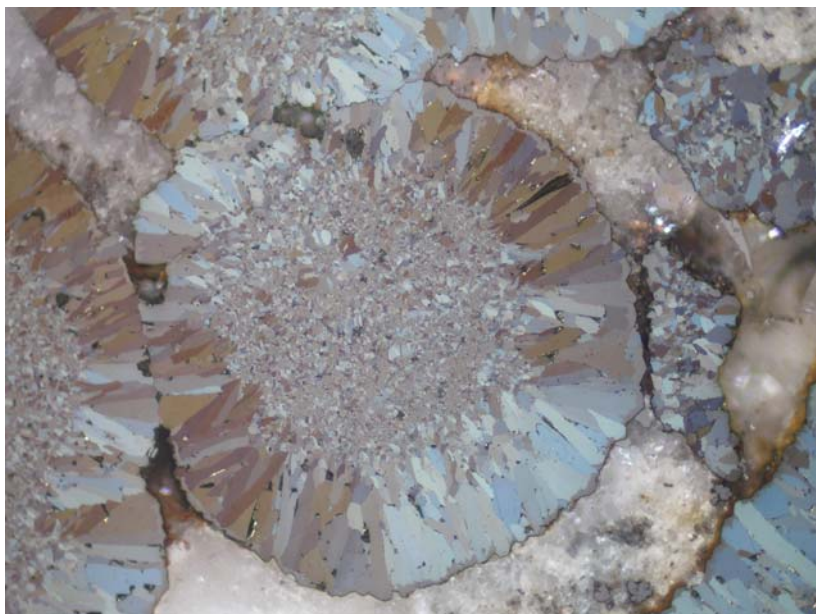
Obr. 1.27: Růstová zonálnost polokulovitěho agregátu pyritu. Starší část agregátu je zřetelně zonální (pravá část) a je oddělena od mladší růstové zóny tenkou interpozicí karbonátu (šedočerný), který pyritový agregát i obklopuje. Kalcit-pyritová žíla v pikritu, lokalita Baška - peřeje. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



Obr. 1.28: Detail růstové zonálnosti starší části polokulovitěho agregátu pyritu z Bašky (obr. 1.27). Detailní zonálnost je zapříčiněna rozdílnou porozitou. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.29: Kulovité agregáty markazitu (bílý s patrným dvojdrazem) uzavírané v kalcitu (šedočerný). Kalcit-pyrit-markazitová žilná mineralizace z lomu Hrabůvka. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



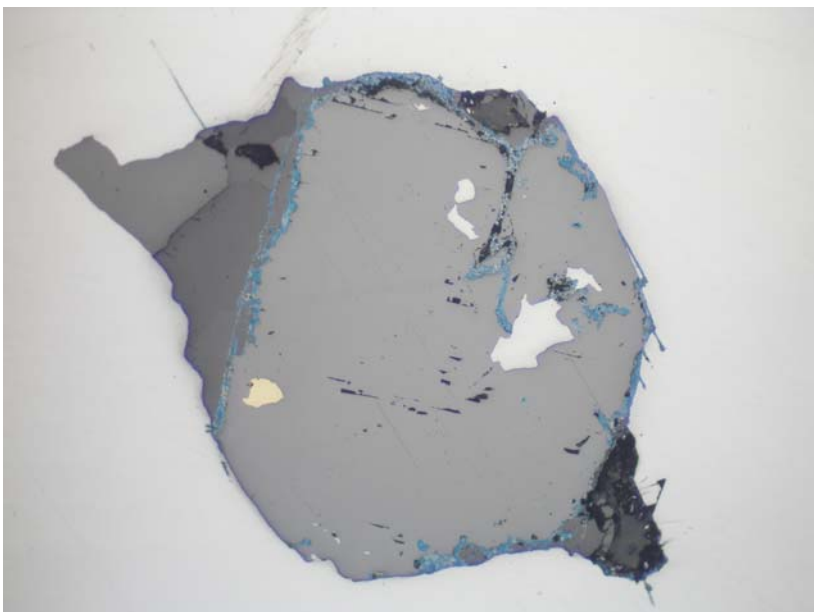
Obr. 1.30: Kulovité agregáty markazitu z lomu Hrabůvka (obr. 1.29) se zřetelnou zonální stavbou. Vnitřní část agregátu je tvořena jemnozrnným markazitem, vnější zóna pak radiálně paprscitě uspořádanými protaženými hrubými individui markazitu. XPL, mírně rozkřížené nikoly. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



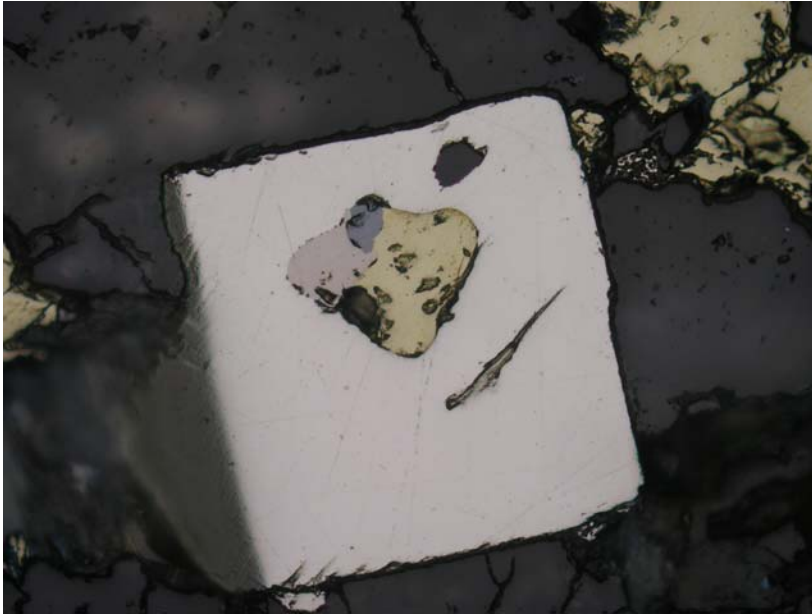
Obr. 1.31: Růstově zonální agregát sulfidů s rytmicky se střídajícími zónami pyritu (světle krémový) a markazitu (bílý). Kalcit-pyrit-markazitová žilná mineralizace z lomu Hrabůvka. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 1.32: Rytmické střídání růstových zón pyritu (izotropní, šedivý) a markazitu (silně anizotropní, modré až hnědé polarizační barvy) v sulfidickém agregátu z lomu Hrabůvka (obr. 1.31). XPL, mírně rozkřížené nikoly. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



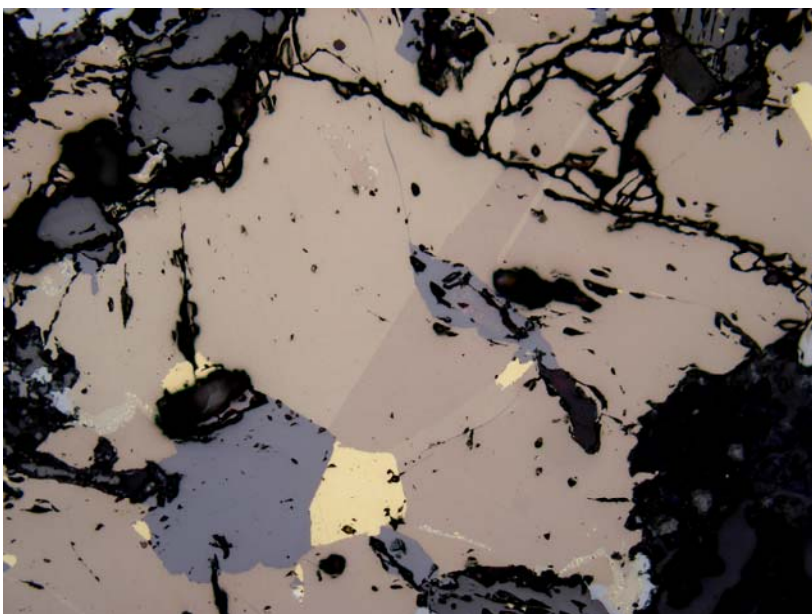
Obr. 1.33: Oválné zrno sfaleritu (šedý) v dutině galenitu (bílý). Sfalerit je lemován a pronikán covellínem (modrý) a uzavírá inkluze galenitu (bílý) a chalkopyritu (žlutý). Zbylé prostory v dutince jsou vyplněny kalcitem (šedý, zřetelný dvojodraz). Kalcit-barytová mineralizace z Květnice, Hlavní žíla, štola č. 1. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 1.34: Idiomorfnní zrn
pyritu (bílý) v křemeni
(šedý), uzavírající inkluzi
tvořenou pyrhotinem
(hnědý), chalkopyritem
(žlutý) a sfaleritem (šedý).
Příklad vrostlice. Zlaté Hory,
„zlatý sloup“. Spodní strana
snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.35: Dvojčatné lamely
v ilmenitu. Lamely jsou
průběžné, nestejně mocné.
Pegmatitové ložisko Hatě,
Dolní Bory. Spodní strana
snímku měří 0,72 mm.



Obr. 1.36: Růstové
dvojčatění stanoiditu
(bronzově hnědý). V okolí
stanoiditu tennantit
(nejsvětleji šedý), sfalerit
(šedý), topaz (tmavošedý),
chalkopyrit (žlutý) a křemen
(šedočerný). Sn-W ložisko
Horní Slavkov, sulfidický
greisen, Huberův peň.
Spodní strana snímku měří
0,72 mm.

2. Struktury rozpadu pevných roztoků

Většina rudních minerálů vzniká za zvýšených teplot. S rostoucí teplotou roste i vzájemná rozpustnost minerálů, schopných vytvářet tzv. tuhé roztoky. Při ochlazení takového směsného krystalu pak může dojít v důsledku snížení vzájemné mísivosti k rozpadu tuhého roztoku na krajní složky za vzniku často velmi specifických struktur. Tvar odmišenin může být velmi variabilní a tomu také odpovídá rozvětvené a nejednotné používané názvosloví pro popis takových objektů. K nejběžnějším výrazům patří: destičkovitá, lamelovitá, emulzní, síťovitá, plamenovitá či myrmekitová struktura rozpadu tuhého roztoku. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny nejběžnější příklady rozpadu tuhých roztoků a jejich obvyklá morfologická forma:

Hostitelský minerál	Odmišený minerál	Forma rozpadu
stibarzén	arzén nebo antimon	myrmekitová
arzén nebo antimon	stibarzén	myrmekitová
bornit	chalkopyrit	mřížový systém
bornit	chalkozín - digenit	hrubá nepravidelná síť
galenit	matildit	destičky
hematit	ilmenit	čočkovité destičky
chalkopyrit	cubanit	destičky
chalkopyrit	sfalerit	hvězdičky, kříže
chalkopyrit	mackinawit	destičky, provazcovité tvary
chalkopyrit	bornit	mřížový systém
ilmenit	hematit	čočkovité destičky
kamacit	plessit	destičky v trojúhelník. systému
magnetit	ilmenit	destičky v trojúhelník. systému
magnetit	ulvöspinel	destičky v trojúhelník. systému
Pb-Sb a Pb-Bi sulfosoli	Pb-Sb a Pb-Bi sulfosoli	destičky
pyrhotin	pentlandit	destičky nebo plamenovité tvary
sfalerit	chalkopyrit	okrouhlé tvary (často vrostlice!)
sfalerit	pyrhotin	okrouhlé tvary
sfalerit	stanin	roztrošené inkluze
stanin	chalkopyrit	destičky v trojúhelník. systému
stříbro	dyskrazit	destičky

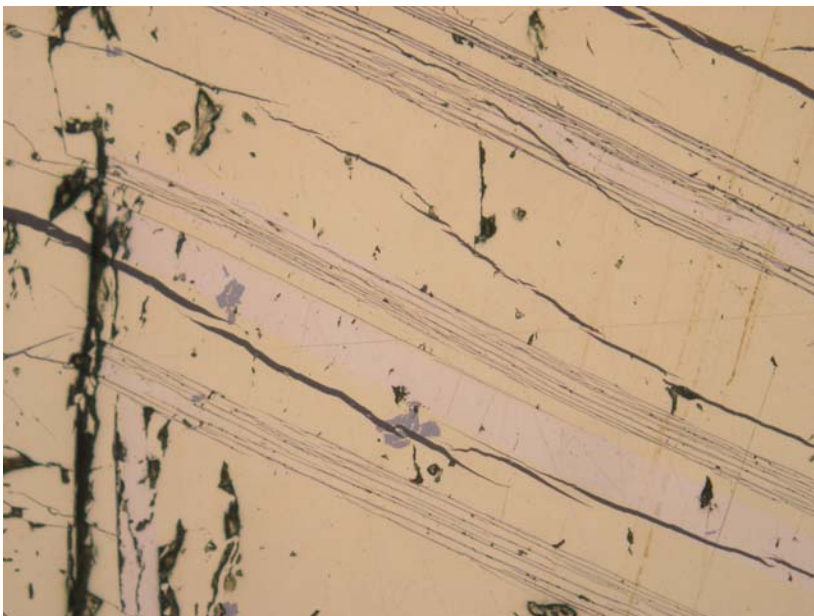
V mnoha případech morfologie pozorovaných minerálních inkluzí sice upomíná na struktury rozpadu pevného roztoku, ale je nutno je považovat za náhodné či orientované vrostlice, neboť vzájemná rozpustnost jednotlivých složek neodpovídá podmínkám vzniku studované minerální asociace. Příklady těchto jevů jsou pro srovnání rovněž uvedeny v obrazové části.



Obr. 2.1: Odmíšeniny chalkopyritu (světlé) v bornitu (načervenalý). Příklad mřížovité struktury rozpadu pevného roztoku. Od okrajů a po puklinách jsou sulfidy zatlačovány limonitem (šedý). Alpská paragenese, lom Markovice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 2.2: Detail mřížovitého systému odmíšenin chalkopyritu v bornitu z Markovic (z obr. 2.1). Spodní strana snímku měří 0,29 mm.

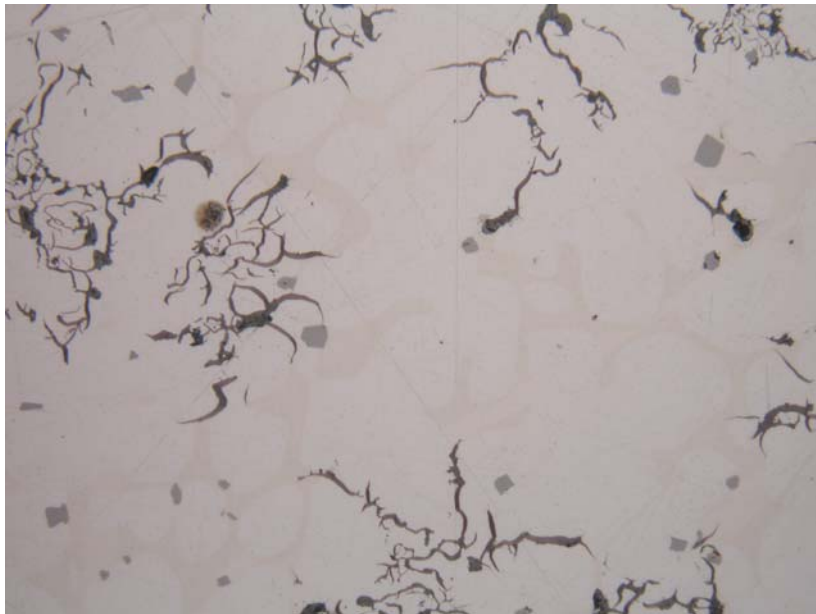


Obr. 2.3: Hvězdičkovité odmíšeniny sfaleritu (šedé) v chalkopyritu (žlutý) obsahujícím subparalelní lamely pyrotinu (hnědavé). Zrudnělý troktolit, Staré Ransko. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

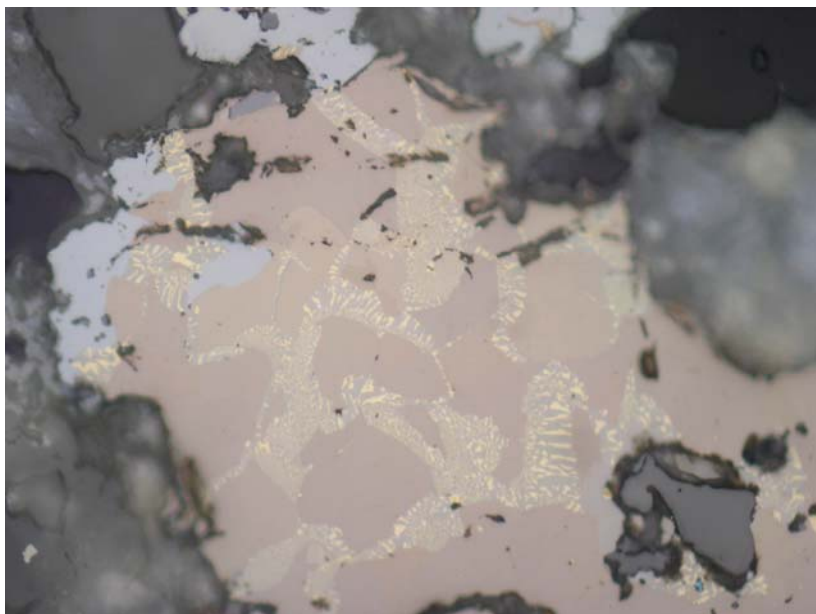
2. Struktury rozpadu pevných roztoků



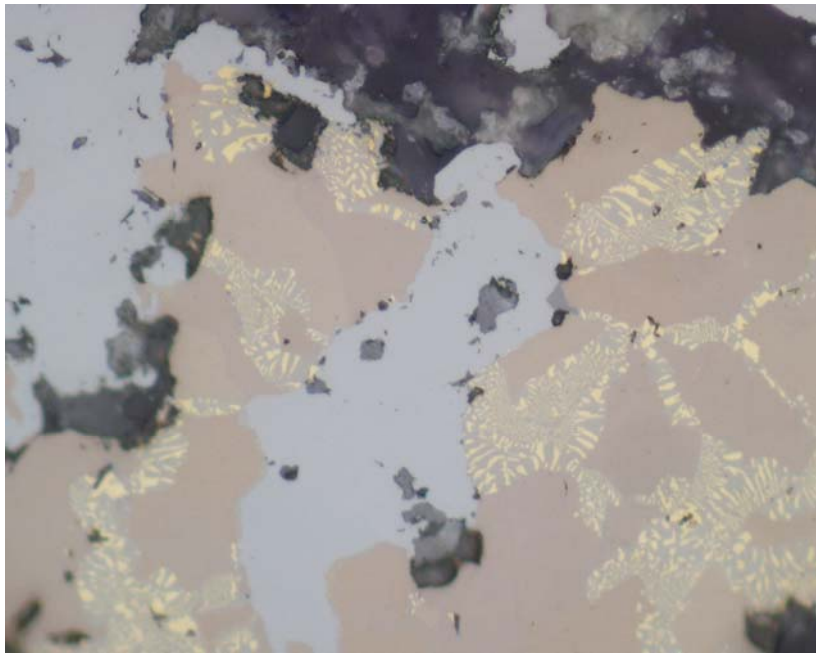
Obr. 2.4: Odmíšeniny wüstitu (bílé) v leucitu (nejtmavší). Nejsvětlejší šedá - fayalit, středně šedá mezerní hmota - sklo. Fayalit v sobě uzavírá velká individua wüstitu starší generace. Železářská struska, středověk, lokalita Stříbrné hory. Příklad myrmekitové struktury. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



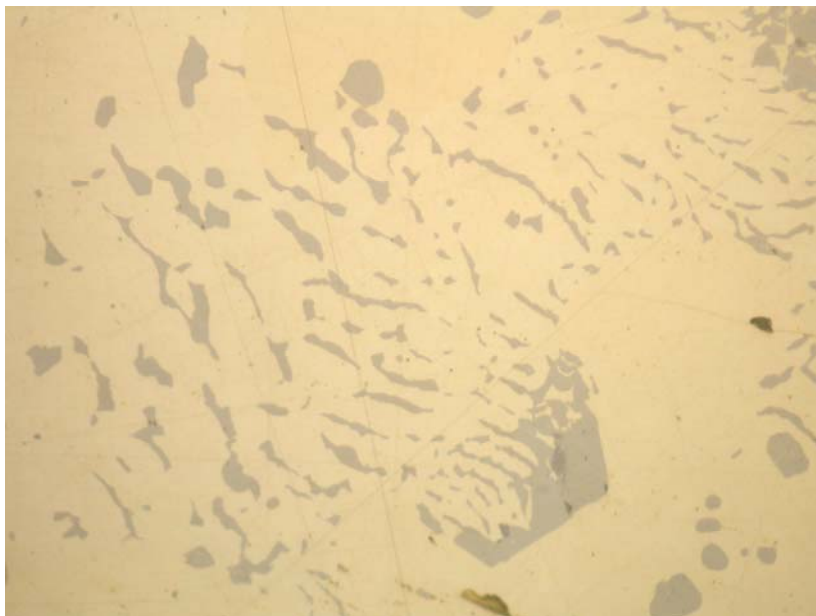
Obr. 2.5: Odmíšení fosforem bohaté fáze (lehce krémová) od nízkofosforové litiny (bílá) při tuhnutí. Šedé - krystalky Mn-Fe-sulfidu. Historické surové železo z nepřímé výroby, 18. století, Rajnochovice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



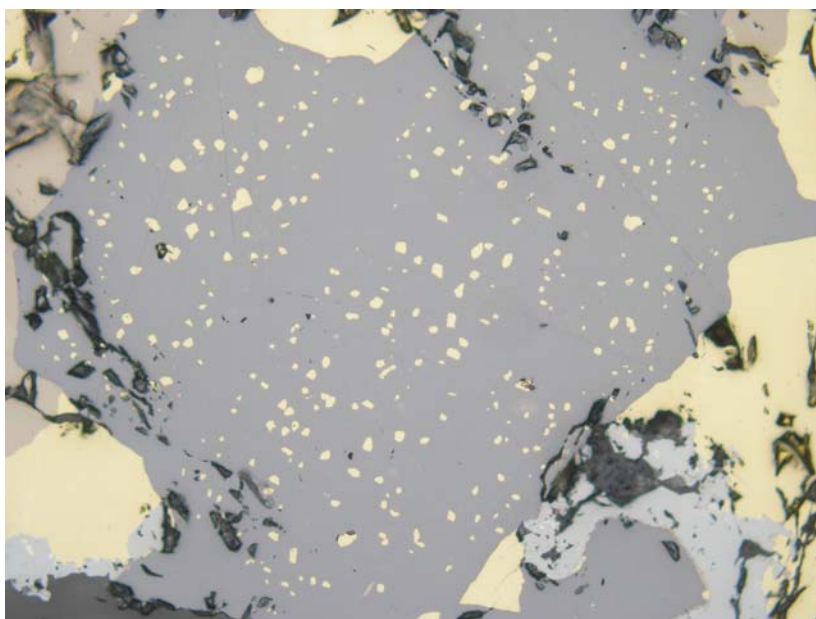
Obr. 2.6: Zrno stanoiditu (běžové) uzavírající nepravidelné domény tvořené myrmekity chalkopyritu (žlutý) ve staninu (běžově modrošedý). V okolí topaz, křemen (oba šedočerné) a tennantit (světle šedý). Sn-W ložisko Horní Slavkov, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



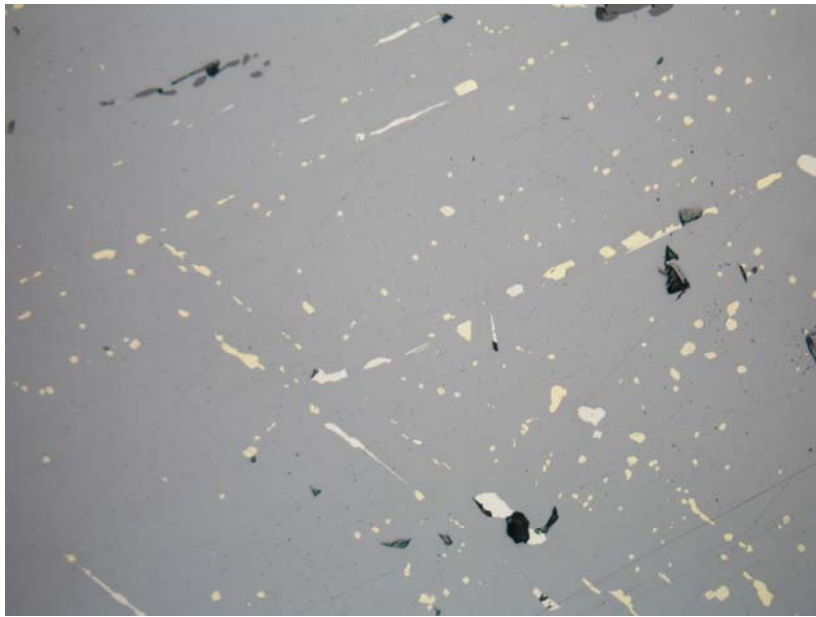
Obr. 2.7: Detail myrmekitů chalkopyritu (žlutý) ve staninu (béžově modrošedý). V okolí stanoidit (béžový) a tennantit (světle šedý). Sn-W ložisko Horní Slavkov, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,20 mm.



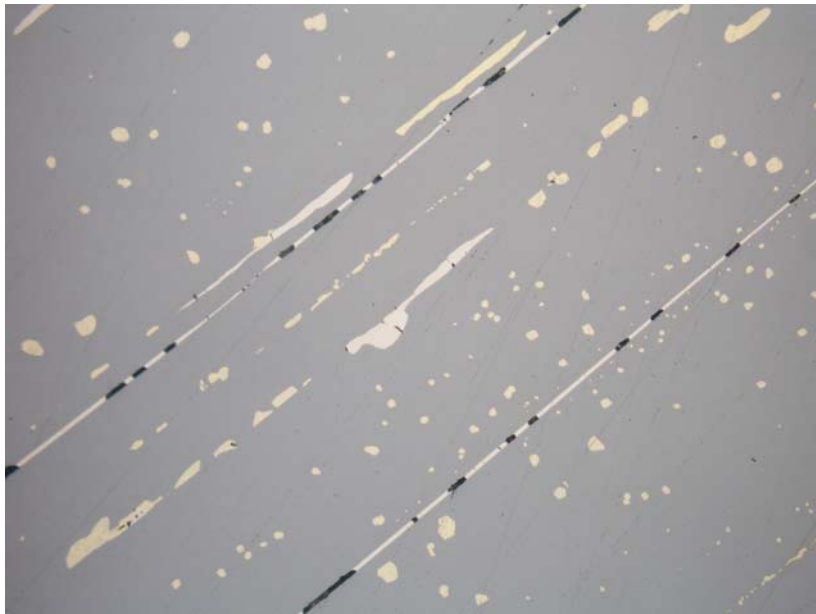
Obr. 2.8: Inkluze staninu (šedohnědý) v chalkopyritu (žlutý). Spíše však jde o rostlice než odmíšeniny (podle mikrosondových analýz mají partie chalkopyritu bez staninových inkluzí příliš malý obsah cínu na to, aby se z nich mohlo odmístit takové množství staninových inkluzí). Sn-W ložisko Horní Slavkov, žilná mineralizace, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



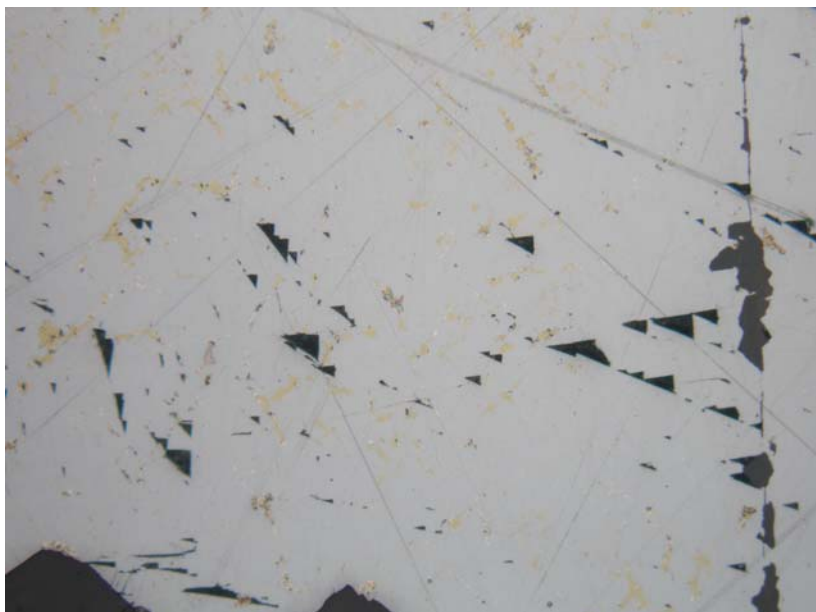
Obr. 2.8: Inkluze chalkopyritu (žlutý) ve sfaleritu (šedý). Tzv. „chalkopyritová infekce“ sfaleritu. Spíše však jde o rostlice než odmíšeniny. V okolí chalkopyrit (zlatožlutý), tennantit (šedobílý) a stanin (nahnědlý). Sn-W ložisko Horní Slavkov, sulfidický greisen, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



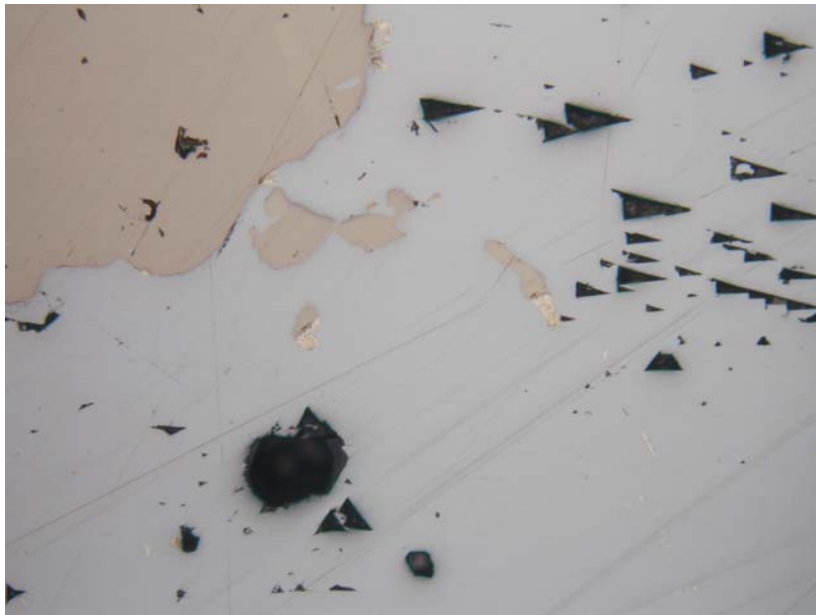
Obr. 2.9: Krystalograficky orientované inkluze chalkopyritu (žlutý) a pyrhotinu (nahnědlý) ve sfaleritu (šedý). Spíše však jde o vrostlice či mladší žilky, než odmišenininy. Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 2.10: Krystalograficky orientované inkluze chalkopyritu (žlutý) a pyrhotinu (nahnědlý) ve sfaleritu (šedý). V případě žilkovitých útvarů jde bezpečně o mladší žilky pronikající po štěpnosti sfaleritu, neboť obsahují i křemen (černý). Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 2.11: Nepravidelné inkluze chalkopyritu (žlutý) a ryzího bismutu (bílý) v galenitu (bíložedý). Pravděpodobně jde o vrostlice. Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 2.12: Nepravidelné inkluze pyrotinu (hnědý) a ryzího bismutu (narůžovělý) v galenitu (bílošedý). Jde o heterogenní vrostlice. Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 2.13: Nepravidelné až pentlicovité inkluze galenitu (bílý) v pyrotinu (hnědý). Jde o heterogenní vrostlice. Na snímku dále chalkopyrit (zlatožlutý) a křemen (šedočerný). Polymetalické zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

3. Struktury vznikající při rekrytalizaci gelů

Gely představují v některých případech prvotní produkt při vylučování pevných látek z vodního prostředí. Jejich vznik je obvykle omezen na velmi nízké teploty. Představují složitý konglomerát polymerních pevných látek a vody. Postupem času u nich dochází ke „zrání“, které se projevuje jak změnami chemického složení (ztráta vody a „nekompatibilních“ složek), tak změnami strukturního uspořádání. Důsledkem těchto změn je samozřejmě i postupná transformace mineralogického a mikrostrukturního obrazu, pozorovatelná mikroskopicky.

Rekrytalizace gelů vede ke vzniku specifických struktur, jako je struktura koncentricky zonální, radiálně paprscitá, sférolitická, globulární, nebo gelová. Gely rovněž, vzhledem k povaze svého vzniku, mohou účinně impregnovat porézní či organické látky, a přispět tak k jejich zachování v geologickém záznamu.

3. Struktury vznikající při rekrystalizaci gelů



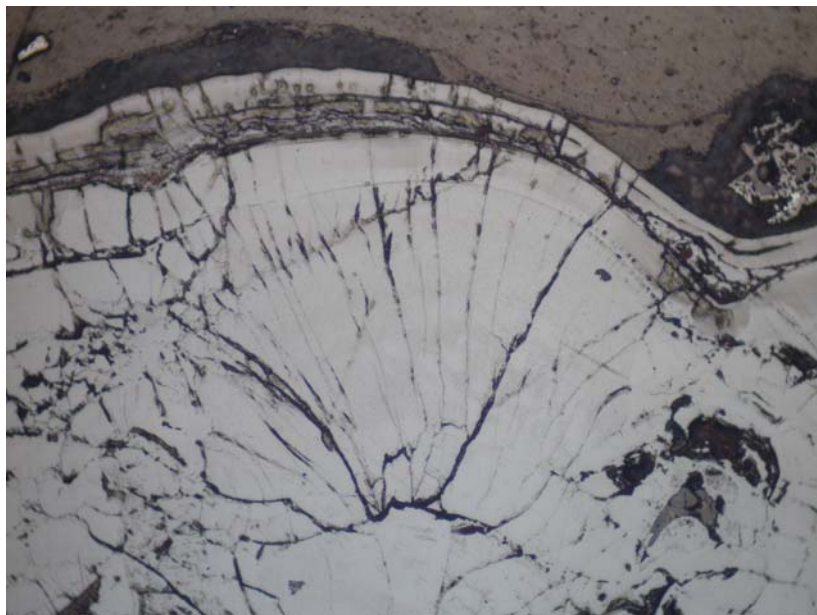
Obr. 3.1: Růstová zonálnost oolitu ze sedimentární limonitické železné rudy. Jednotlivé zóny se liší chemicky a proto i odrazností. Lokalita neznámá. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



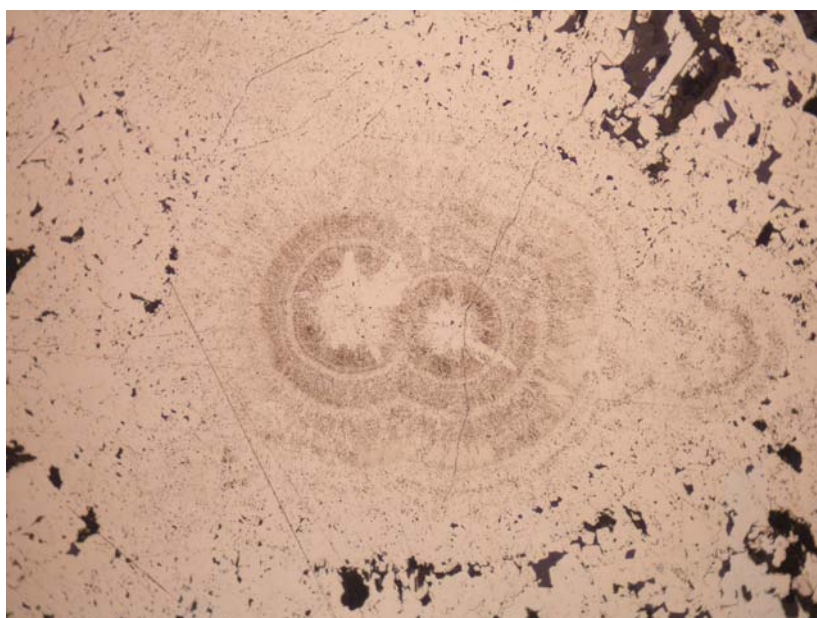
Obr. 3.2: Oscilační růstová zonálnost konkrerce Mn-oxidů z jílových sedimentů magurského flyše. Jednotlivé zóny se liší porozitou a proto i leštitelností. Lokalita Obřany u Bystřice p. Hostýnem. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



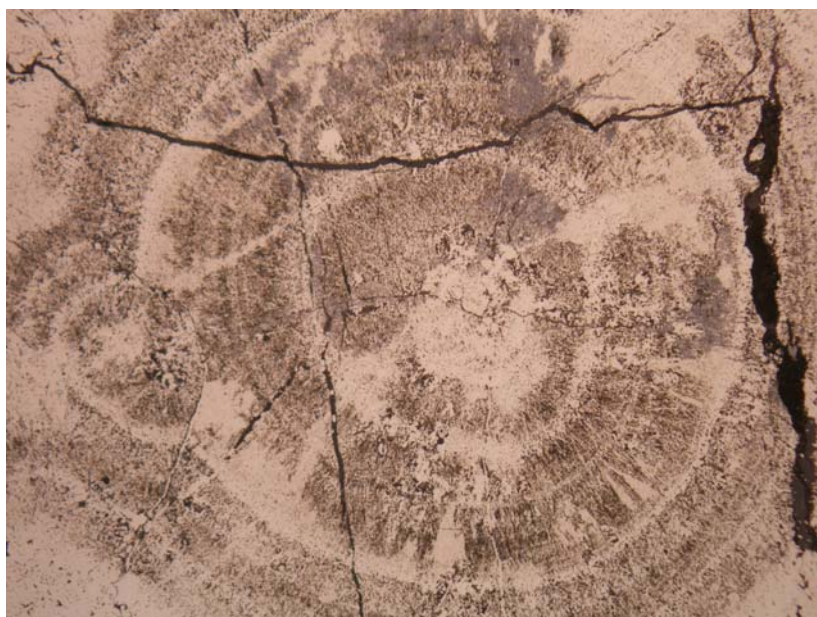
Obr. 3.3: Zonální stavba produktů oxidace železářské strusky. 18. století. Jednotlivé zóny se liší zejména stupněm hydratace. Lokalita Rajnochovice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 3.4: Radiálně paprscitá stavba růstově zonálního agregátu oxyhydroxidů železa. Oxidační lem historické železářské strusky, 18. století. Rajnochovice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

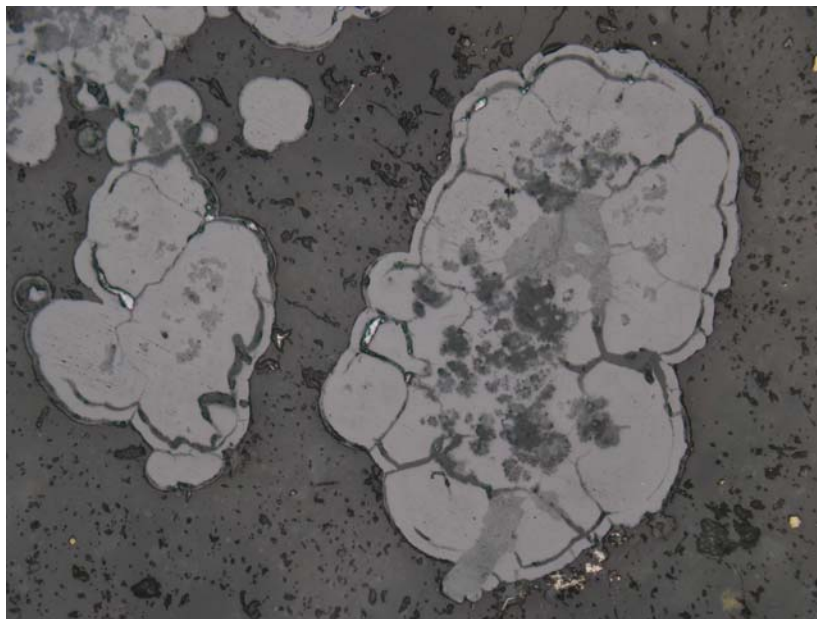


Obr. 3.5: Kolomorfní stavba jádra pyritového agregátu. Tmavé uzavřeniny patří kalcitu. Kalcit-pyritová žíla v těšínitu, Stříbrník u Ostravice. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.

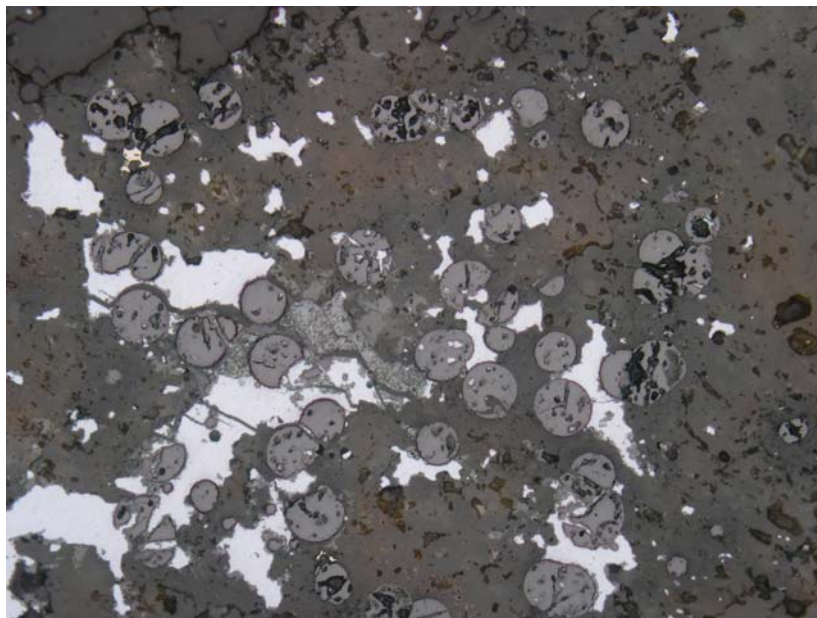


Obr. 3.6: Kolomorfní stavba jádra pyritového agregátu. Kalcit-pyritová žíla v těšínitu, Stříbrník u Ostravice. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

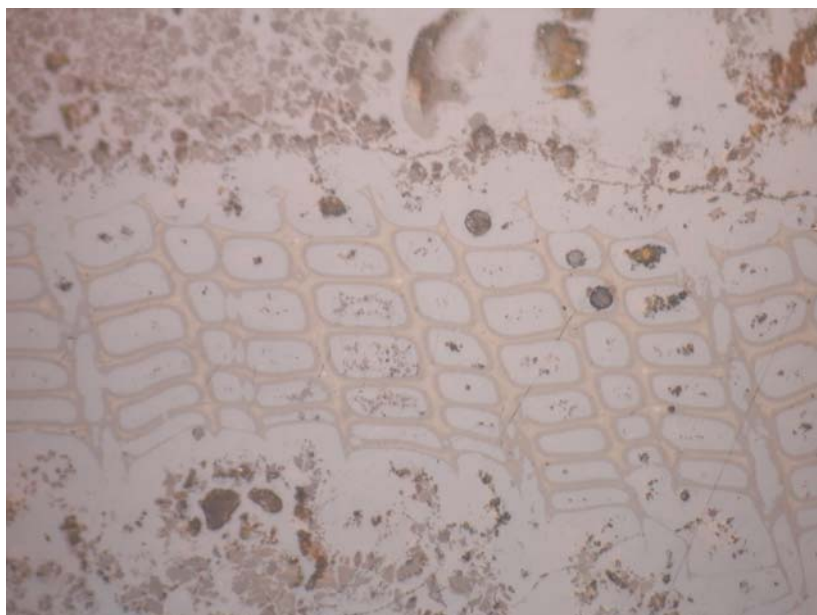
3. Struktury vznikající při rekrystalizaci gelů



Obr. 3.7: Kolomorfní agregáty uraninitu (světle šedý) se zřetelnými synerzními trhlinami (trhlinami vysýchání). Uraninit je zčásti nahrazován coffinitem s variabilním složením (různé odstíny tmavěji šedé). Vše uloženo v kalcitu (šedočerný). Ložisko Zálesí u Javorníka, halda. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 3.8: Globulární agregáty uraninitu (šedý) v kalcitové žilovině (šedočerná). Bílý - clausthalit. Ložisko Zálesí u Javorníka, halda. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 3.9: Oxihydroxidy železa (světle šedé) impregnující částici dřevěného uhlí. Buněčná struktura dřeva je zřetelně patrná. Redukční struska z dřevouhelné pece, 18. století. Lokalita Rajnochovice. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.

4. Struktury vznikající při zatlačování

Zatlačování jednoho minerálu druhým je charakteristické pro řadu typů rudních paragenezí. Může k němu docházet jak při hypogenním stádiu tvorby mineralizací, tak (velmi často) při supergenezi. Kritériem pro identifikaci zatlačování je přítomnost reliktnů staršího (zatlačovaného) minerálu v nově vznikající (zatlačující) fázi, a/nebo zdědění morfologie či dalších charakteristických znaků (např. štěpnost) staršího minerálu. Nejlépe lze zatlačování identifikovat, pokud jsou ve vzorku zachovány různé fáze tohoto procesu. Lze rozlišit tři typy zatlačování:

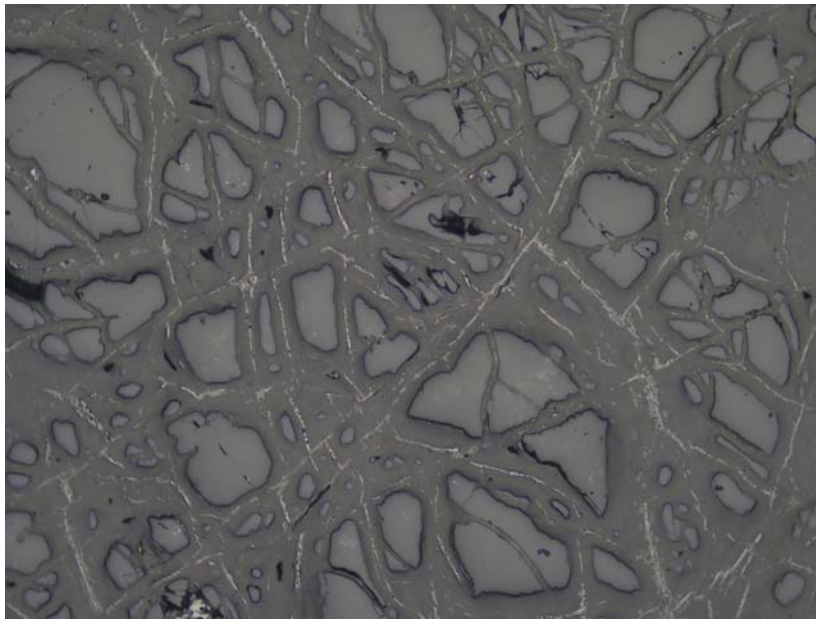
1) Zatlačování po hranici zrn. Zatlačující minerál postupuje po hranicích zrn zatlačovaného minerálu. Hranice zrn představují diskontinuity ve hmotě, které zatlačující minerál využívá. Jsou to rovněž místa, po kterých může nejspíše docházet k výměně/přínosu/odnosu stavebních částic prostřednictvím fluid.

2) Zatlačování po štěpnosti, odlučnosti či trhlinách. Zatlačující minerál postupuje podél dalších diskontinuit - ploch štěpnosti, odlučnosti, či podél puklin.

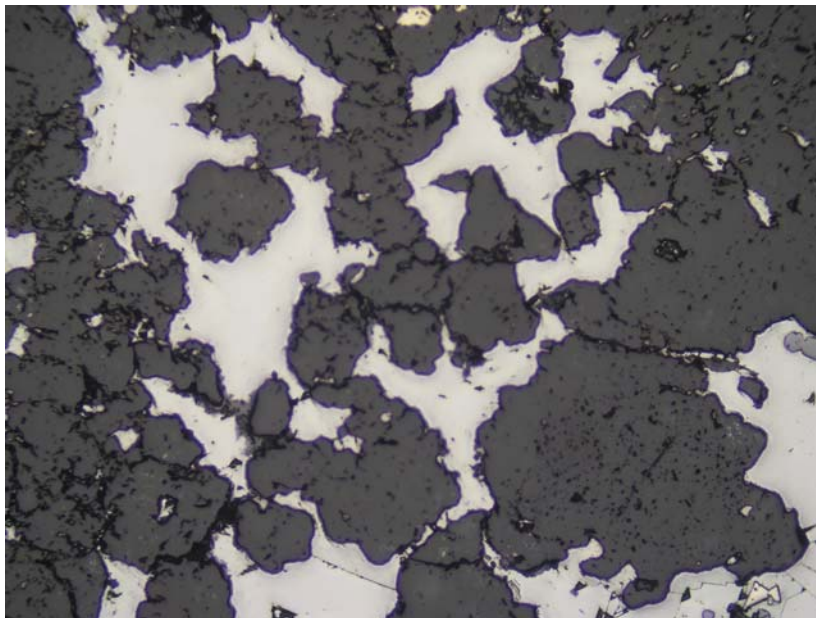
3) Selektivní zatlačování. Proces zatlačování postihuje přednostně určitou minerální fázi, nebo určitou růstovou zónu/zóny téhož minerálu (u minerálů s variabilním chemismem). Dochází-li k selektivnímu zatlačování od středu zrna, vznikají tzv. atolové struktury (střed je tvořen mladším minerálem, okraj starším minerálem).

Se zatlačováním souvisí i vznik metakrystalů. Metakrystaly vznikají metasomatickým nahrazováním v pevném prostředí a mají výrazné idiomorfnní omezení. Je nutno je odlišit od nejstarších, rovněž automorfnně omezených produktů krystalizace. Metakrystaly často obsahují drobné inkluze (relikty) minerálů, jimiž je tvořeno jejich okolí. Metakrystaly vytváří zejména tzv. krystalizačně silné minerály, jako je např. křemen, minerály ze skupiny pyritu, arzenopyrit, löllingit, kobaltin, někdy i karbonáty.

4. Struktury vznikající při zatlačování



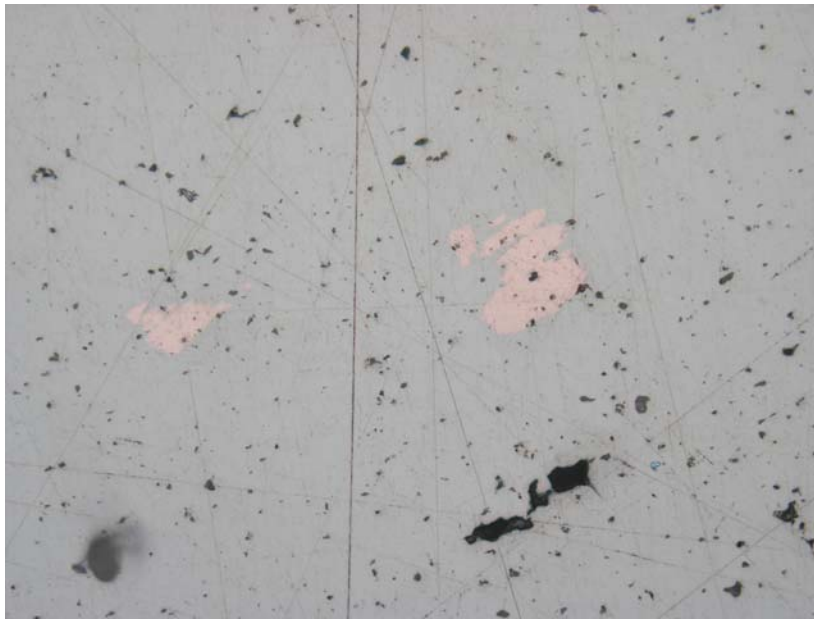
Obr. 4.1: Relikty olivínu (světle šedý), zatlačované podél trhlin minerály serpentínové skupiny (tmavošedé) a magnetitem (téměř bílý). Zrudnělý troktolit, Staré Ransko. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



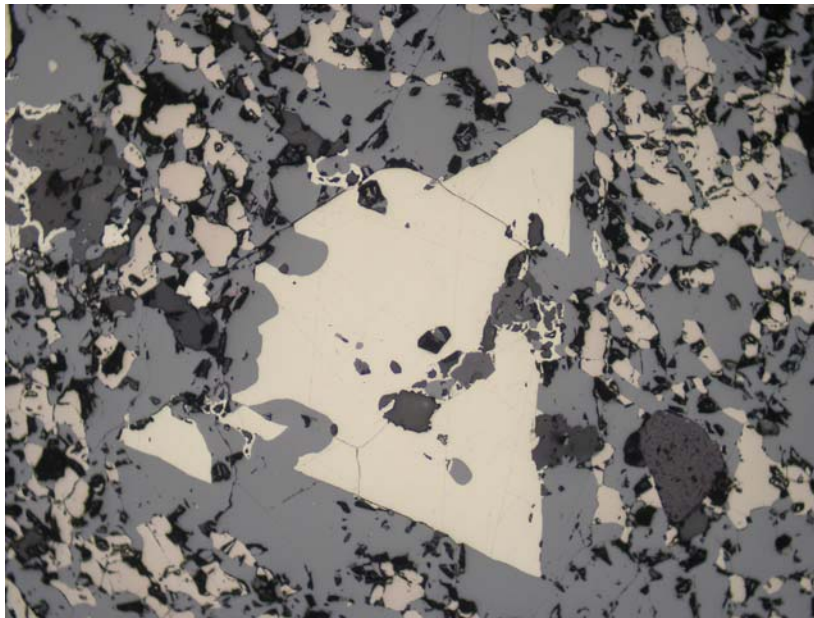
Obr. 4.2: Galenit (bílý) zatlačuje po intergranulárách zrna křemene (šedočerný). Polymetalické ložisko Jasenie, Nízke Tatry. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 4.3: Zatlačování pyritu (krémový) galenitem (bílý). Polymetalické ložisko Jasenie, Nízke Tatry. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 4.4: Korodované reliktky bornitu (načervenalý) v berzelianitu (šedý). Kalcit-selenidová mineralizace, Bukov. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

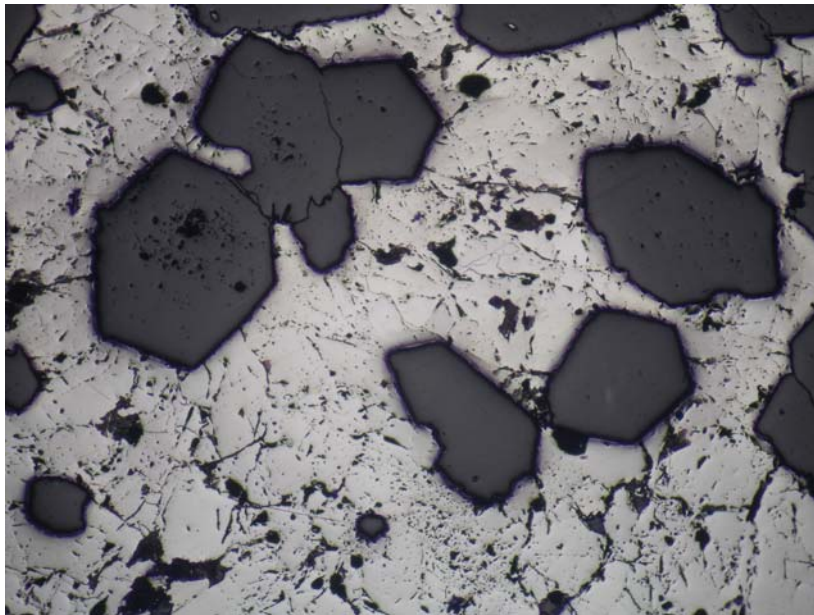


Obr. 4.5: Vnik metakrystalu pyritu (krémový). Při růstu do sebe uzavírá drobné inkluze minerálů z okolního prostředí - sfaleritu (šedý) a horninotvorných silikátů (černošedé). Nahnědlý - pyrhotin. Staré Ransko, Zn-zrudnění. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.

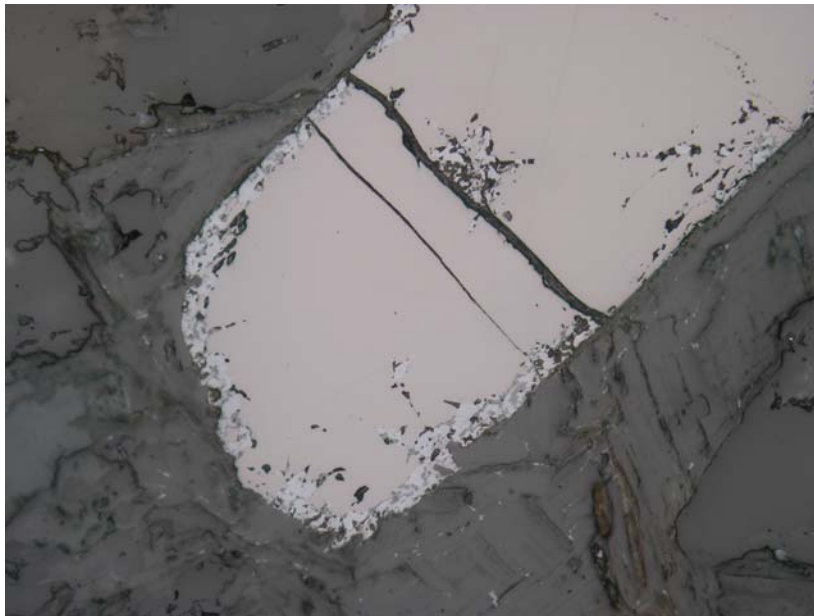


Obr. 4.6: Automorfně omezený metakrystal pyritu (světlý) v rudnině tvořené chalkopyritem (zlatožlutý) a křemenem (šedočerný). Pyrit obsahuje ojedinělé inkluze chalkopyritu. Polymetalické ložisko Zlaté Hory. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

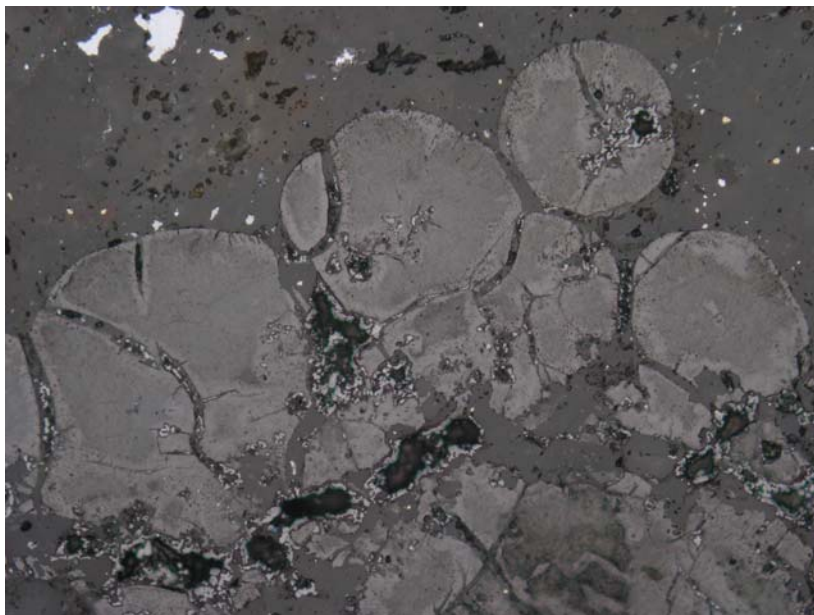
4. Struktury vznikající při zatlačování



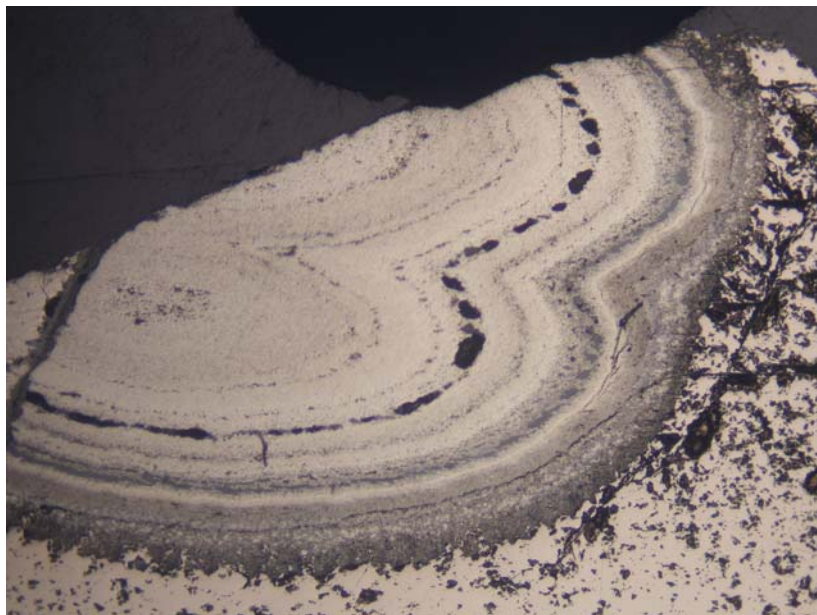
Obr. 4.7: Metakrystaly křemene (šedočerný) v berthieritu (bílý). Žilná Sb-mineralizace, Vlastějovice. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



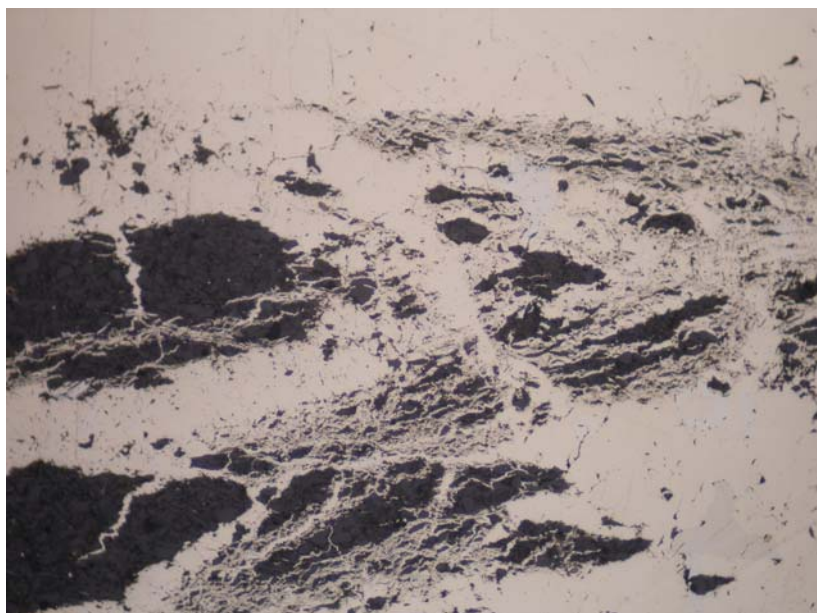
Obr. 4.8: Zatlačování tabulky ilmenitu (hnědošedý) rutilem (šedý) od okrajů. Pegmatitové ložisko Hatě, Dolní Bory. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



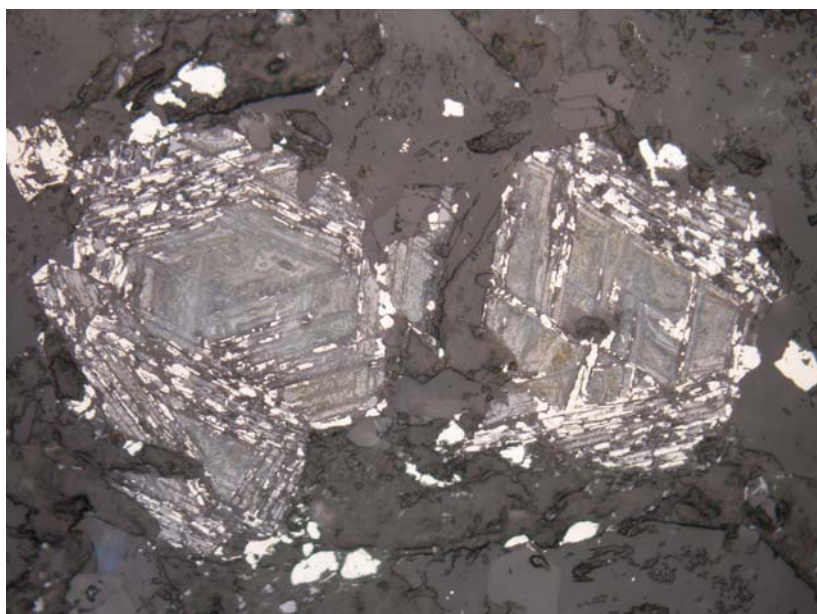
Obr. 4.9: Pseudomorfozy coffinitu (šedý, silně nehomogenní vzhledem ke kolísajícímu chemismu) po globulárních agregátech uraninitu v kalcitové žilovině (šedočerná). Bílý - clausenthalit. Ložisko Zálesí u Javorníka, halda. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



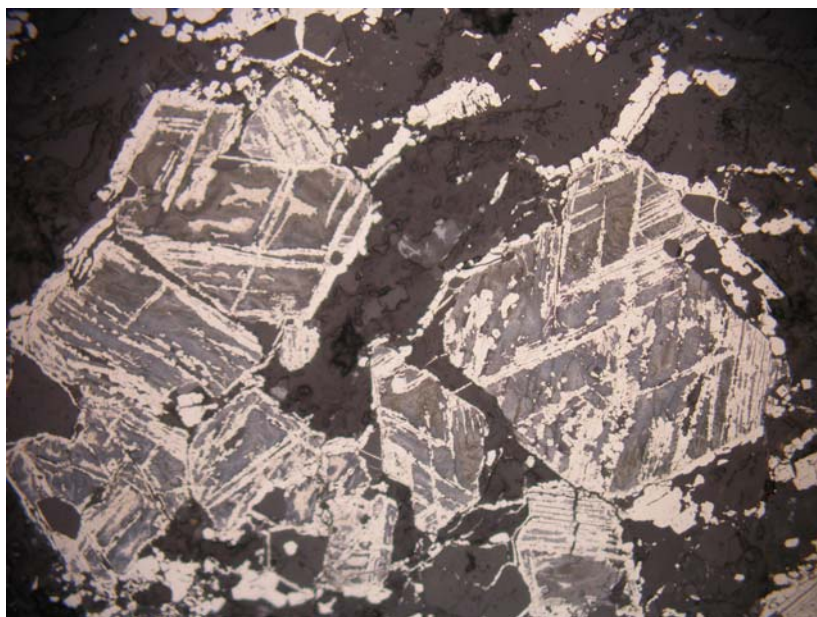
Obr. 4.10: Přeměna pyrrhotinu (béžový) v pyrit (nažloutlý, se zřetelnou zonálností) za vzniku tzv. struktury „ptačích očí“. Zn-Pb zrudnění kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



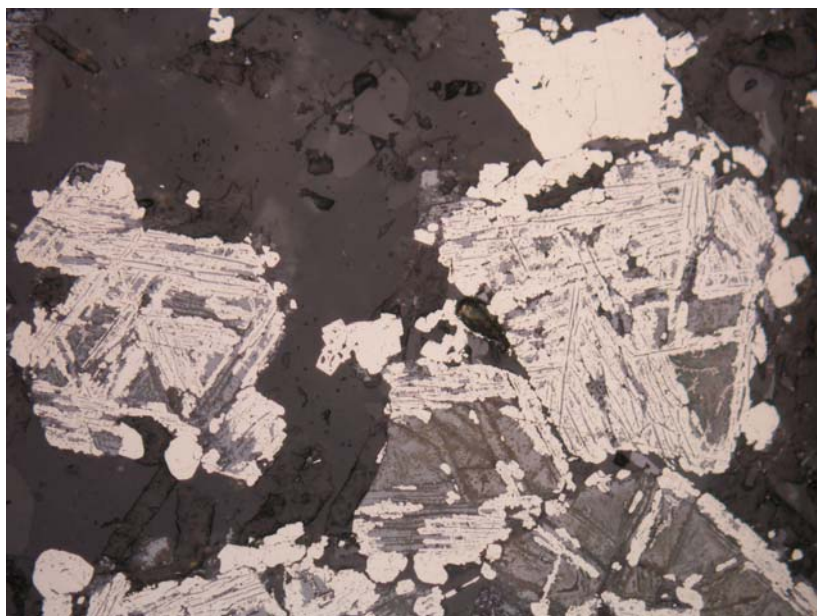
Obr. 4.11: Zatlačování jílovce (černý) pyritem (nažloutlý) při pyritizaci. Světlejší zrna se zřetelným dvojdrazem patří markazitu. Žilná pyrit-dolomitová mineralizace, Bohučovice. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



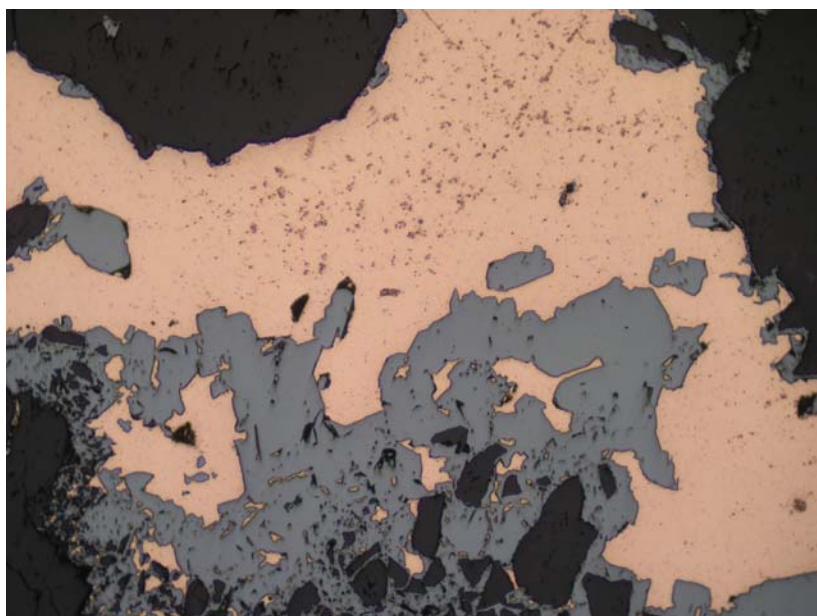
Obr. 4.12: Iničiální stádium zatlačování alterovaného magnetitu (šedý, nehomogenní) pyritem (bílý). Pyrit začíná pronikat v podobě nesouvislých protáhlých inkluzí podél určitých přírůstkových zón ve vnější části krystalu a po štěpných trhlinách. Vyvěřelina těšínové asociace, Žilina u Nového Jičína. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 4.13: Další stádium zatlačování alterovaného magnetitu pyritem. Pyrit začíná vytvářet průběžné a souvislé „lamely“ podél přírůstkových zón či po štěpnosti. Vyvřelina těšínitové asociace, Žilina u Nového Jičína. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 4.14: Pokročilé stádium zatlačování alterovaného magnetitu pyritem. Pyritové proniky se výrazně rozšiřují a z původního minerálu zbývají už jen drobné relikty. Vyvřelina těšínitové asociace, Žilina u Nového Jičína. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

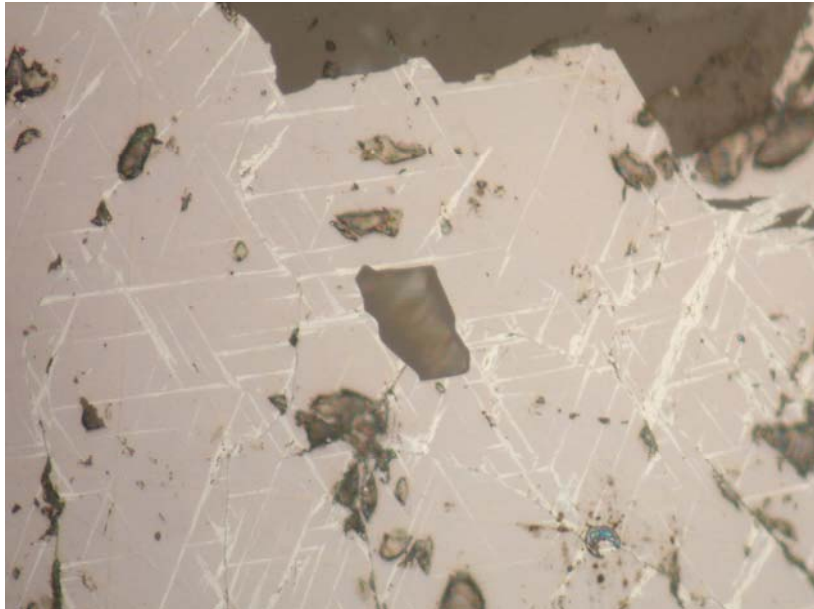


Obr. 4.15: Zatlačování ryzí mědi (načervenalá) chalkozínem (modrošedý) od okrajů agregátu. Černý - křemen. Cu-mineralizace z Borovce u Štěpánova n. Svratkou. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.

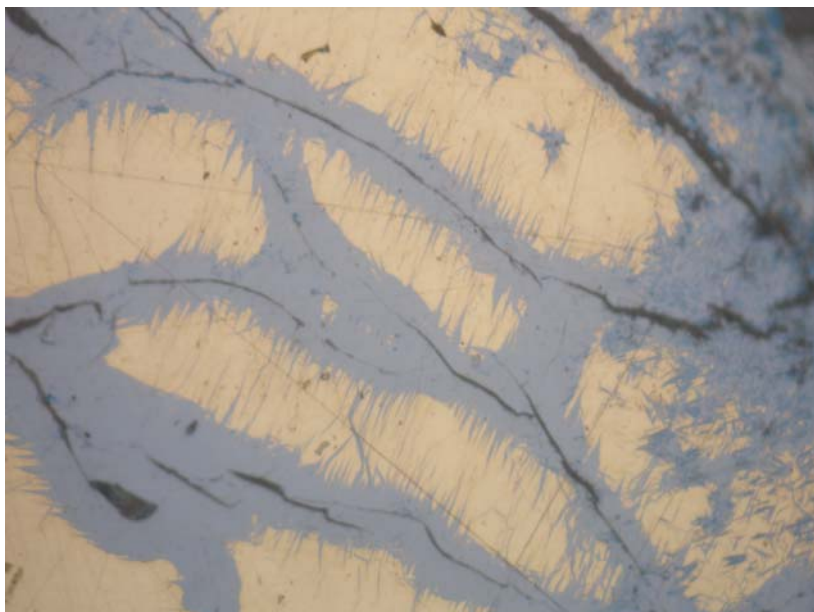
4. Struktury vznikající při zatlačování



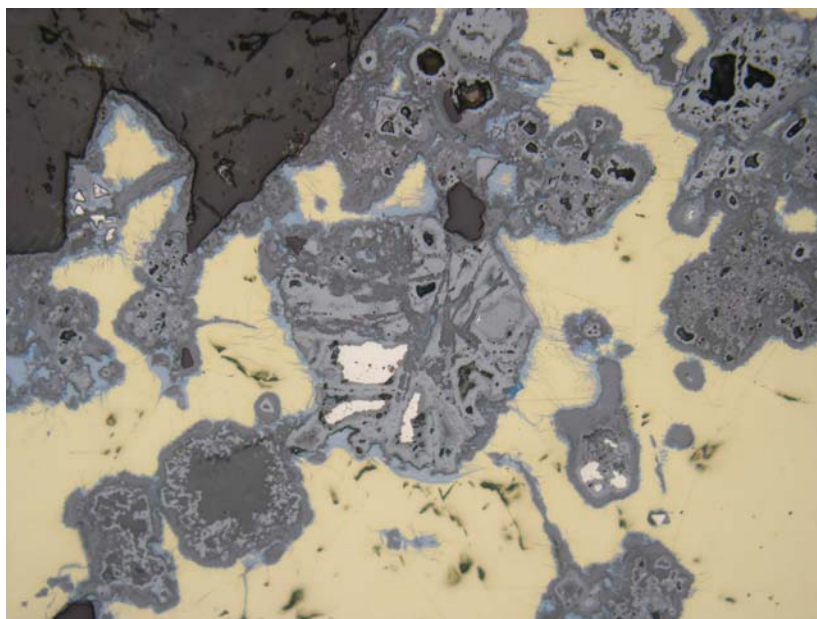
Obr. 4.15: Zatlačování galenitu (bílý) zonálním agregátem supergenních minerálů: šedý - cerusit, modrošedý - chalkozín, sytě modrý - covellín. Šedočerný - křemen. Pb-Zn ložisko Jasenie, Nízke Tatry. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



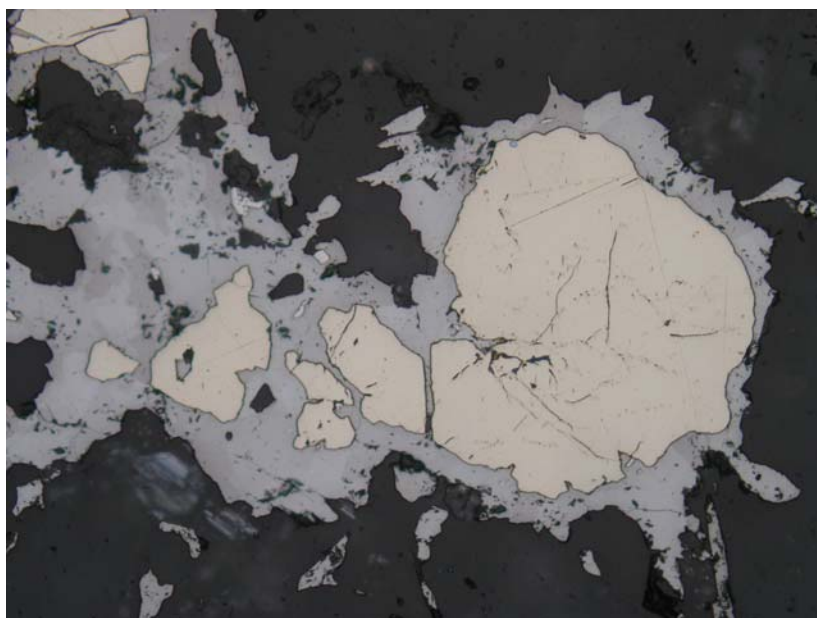
Obr. 4.16: Supergenní přeměna magnetitu (nahnědlý) na hematit (bílý) po jeho štěpnosti. Tzv. martitizace magnetitu. Tmavý - křemen. Železná ruda typu BIF, Vernířovice, Jelení hřbet. Spodní strana snímku měří 0,20 mm.



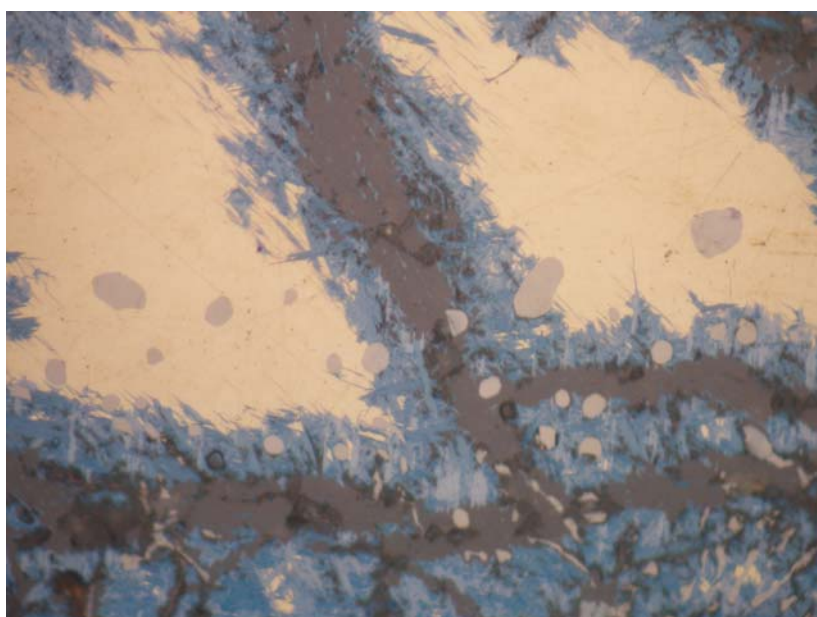
Obr. 4.17: Zatlačování chalkopyritu (žlutý) chalkozínem (modrošedý) od okrajů trhlin a po štěpnosti. Sytě modré partie - covellín. Sn-W ložisko Horní Slavkov, žilná mineralizace, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.



Obr. 4.18: Selektivní zatlačování idiomorfních krystalů pyritu (krémové relikty) uzavíraných v chalkopyritu (žlutý) supergenními produkty, reprezentovanými limonitem (různé odstíny šedé) a covellínem (modrý). Žilná Cu-mineralizace, Borovec, štola Mír. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 4.19: Zatlačování pyritu (krémový) antimonitem (světle šedý, zřetelný dvojdraz). Šedočerný - křemen. Sb-mineralizace, Kuchyňa, Malé Karpaty. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.

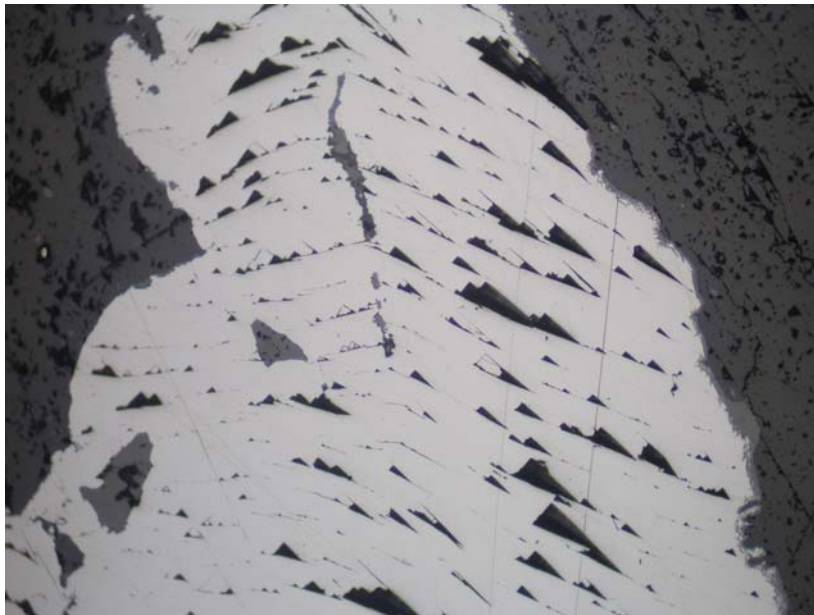


Obr. 4.20: Selektivní zatlačování chalkopyritu (žlutý) supergenním covellínem (modrý, zřetelný dvojdraz). Chalkopyrit podléhá přeměně, kdežto okrouhlé inkluze staninu (hnědý) zůstávají beze změn. Sn-W ložisko Horní Slavkov, žilná mineralizace, Huberův peň. Spodní strana snímku měří 0,29 mm.

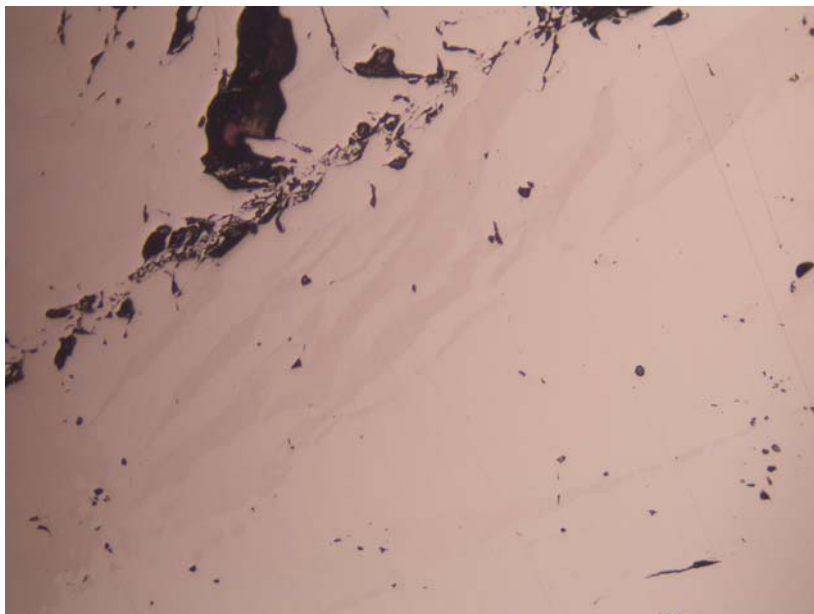
5. Struktury vznikající při deformaci

Deformační struktury vznikají při působení orientovaného tlaku (stresu) na již vykrystalizované minerální fáze. V mikroskopickém měřítku se působení tlaku může projevit následujícími způsoby:

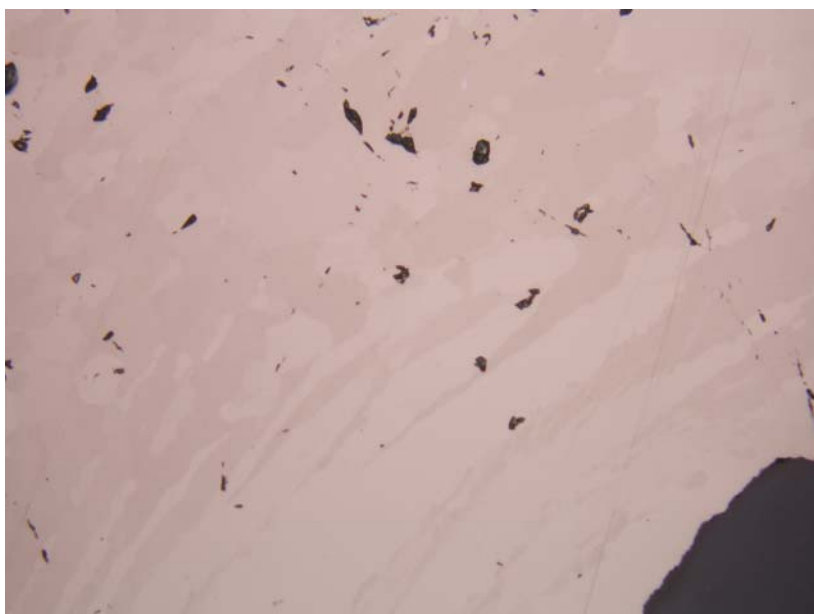
- 1) Vznikem undulozního zhášení u anizotropních minerálních fází. To je vnějším projevem deformace struktury minerálu („ohnutí mřížky“) a může k němu docházet již při velmi slabých tlacích.
- 2) Vznikem deformačního dvojčatění. Opět je nejlépe patrné u anizotropních fází. Projevuje se vznikem dvojčatných lamel, jejichž orientace či zakřivení často odráží reologické poměry v deformované zóně.
- 3) Křehkým porušením minerálního zrna, které se projevuje jeho rozpadem na drobnější individua nebo vznikem puklin. Volný prostor bývá často následně zaplněn mladšími minerálními fázemi za vzniku žilkovitých a brekciovitých staveb.



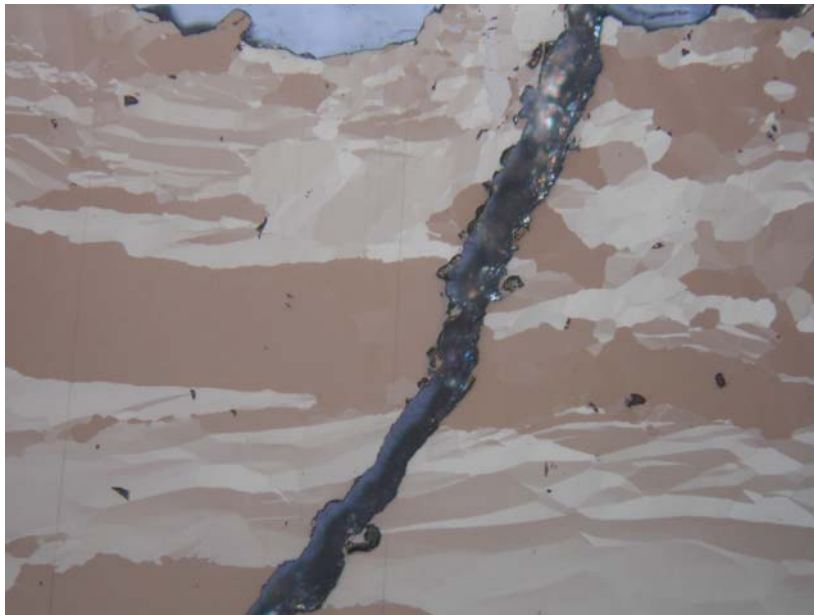
Obr. 5.1: Zprohýbané linie trojúhelníkových vyštípnutí v galenitu (bílý) svědčí o tlakovém postižení galenitu. V okolí galenitu je baryt (šedočerný). Žilná kalcit-barytová mineralizace, Květnice u Tišnova, Hlavní žíla, štola č. 1. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



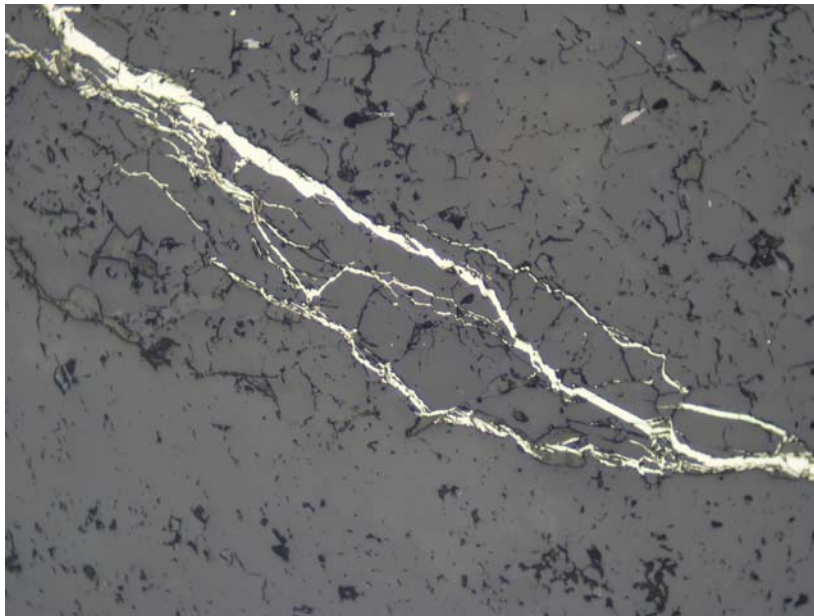
Obr. 5.2: Pentlicovité deformační lamely v pyrhotinu (nahnědlý). Žilná Zn-Pb mineralizace kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



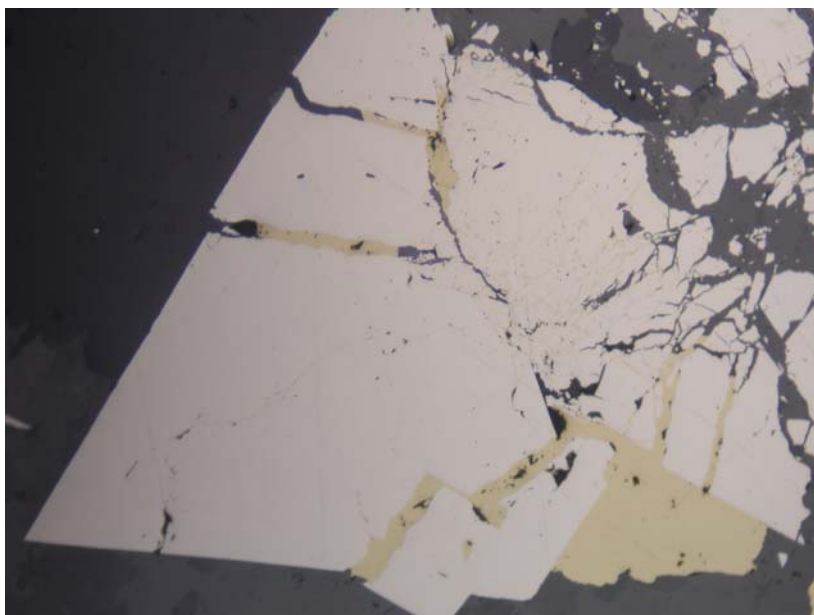
Obr. 5.3: Deformační lamely v pyrhotinu (nahnědlý), vyvinuté subparalelně s morfologií uzavřeniny nekompetentního křemene (černý). Žilná Zn-Pb mineralizace kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



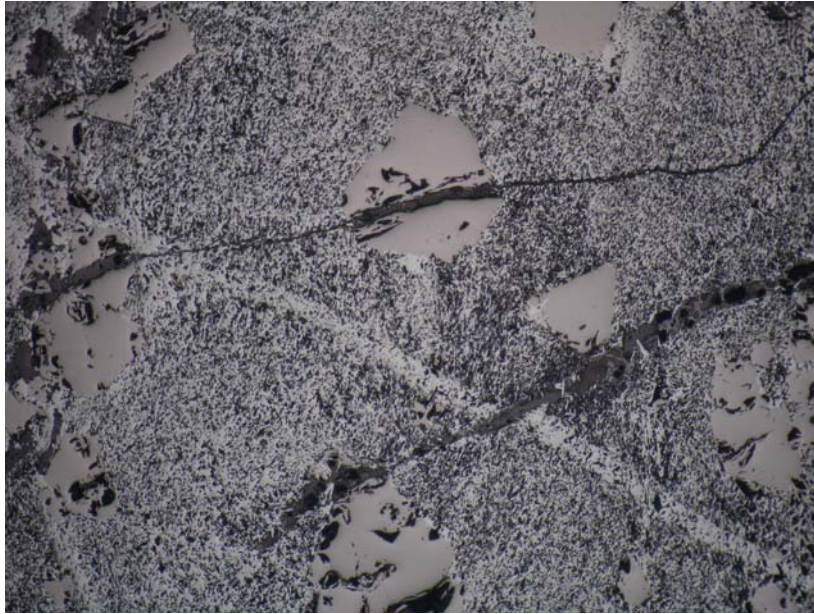
Obr. 5.4: Diskontinuitní zóny deformace v pyritinu charakterizované intenzivní granulací. Některá dlouze protažená individua vykazují i undulózní zhášení. Světle modrošedý - křemen, tmavá - prázdná trhlina. XPL, mírně rozkřížené nikoly. Žilná Zn-Pb mineralizace kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



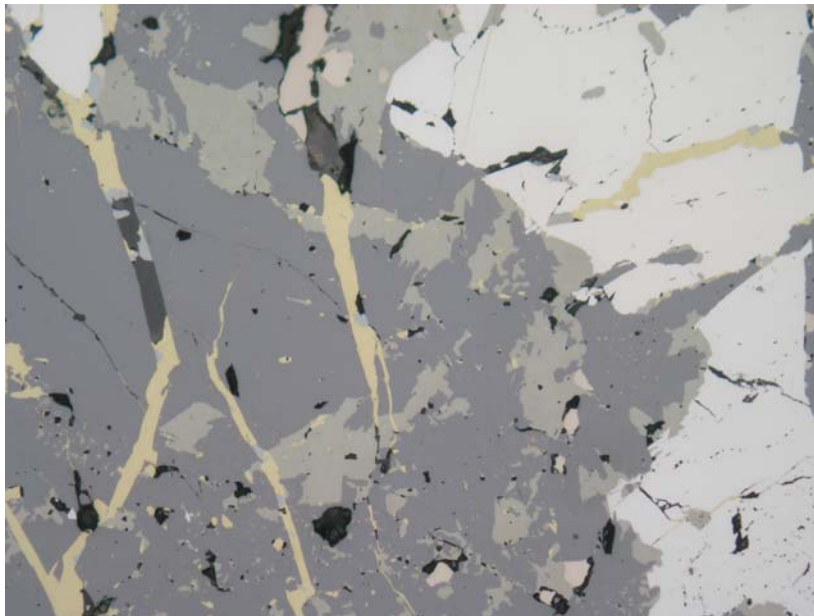
Obr. 5.5: Žilky pyritu (krémový) v křemeni (šedočerný). Polymetalické ložisko Zlaté Hory. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



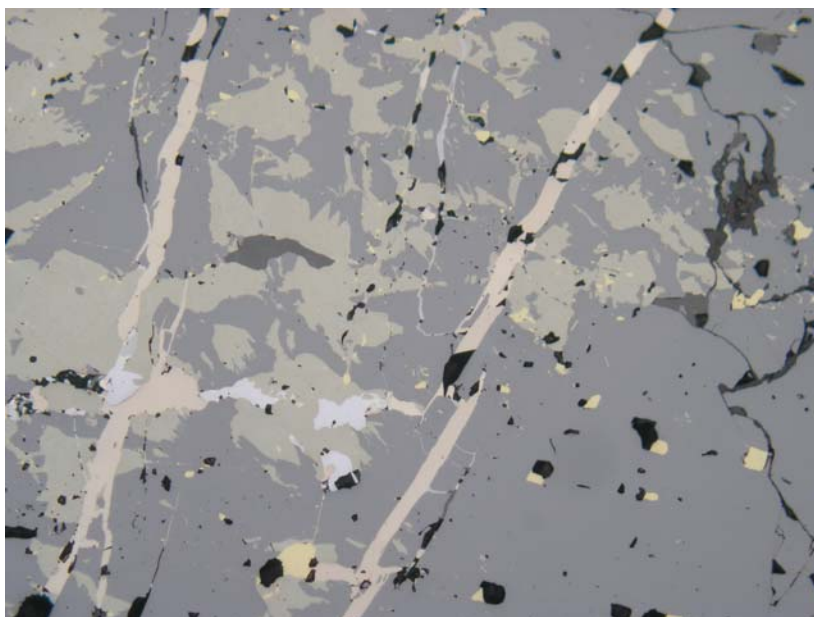
Obr. 5.6: Křehce deformovaný automorfní krystal arzenopyritu (bílý) Praskliny jsou vyhojeny chalkopyritem (zlatožlutý) a kalcitem (šedočerný, zřetelný dvojodraz). Žilná Zn-Pb mineralizace kutnohorského typu, lom Pohled u Příbyslavi. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 5.7: Dvě generace žilek protínající železnou rudu tvořenou křemenem (šedočerný), hematitem (bílý) a velkými individuální magnetitu (nahnědlý). Křemenné žilky jsou mladší, než křemen-hematitová žilka. Železná ruda typu Lahn-Dill, Javorový vrch u Malé Morávky. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



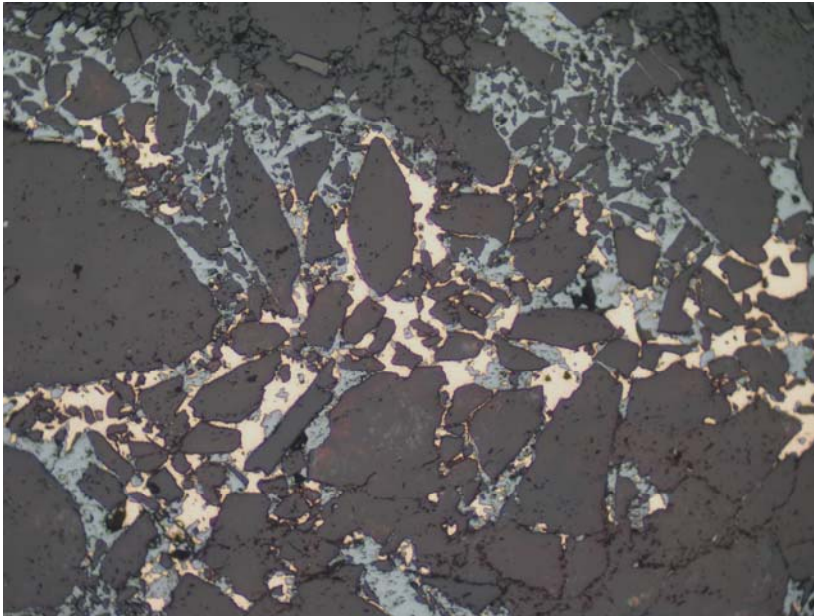
Obr. 5.8: Rudnina tvořená sfaleritem (šedý), bournonitem (šedozelený) a arzenopyritem (bílý) je protínána polyminerálními žilkami tvořenými chalkopyritem (žlutý), pyrrhotinem (hnědý), galenitem (světle šedý), a křemenem (černý). Žilné Zn-Pb zrudnění, Kutná Hora. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



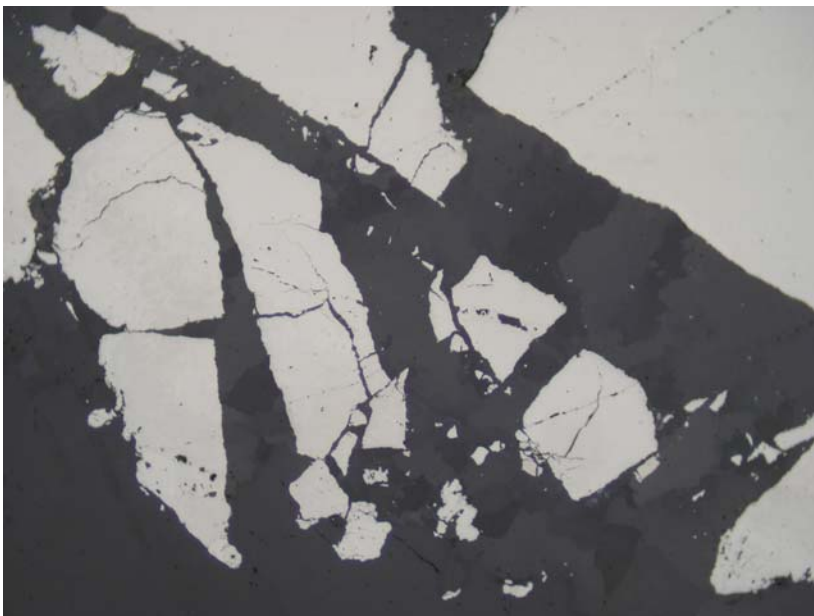
Obr. 5.9: Rudnina tvořená sfaleritem (šedý), bournonitem (šedozelený), arzenopyritem (bílý) a chalkopyritem (žlutý) je protínána žilkami tvořenými pyrrhotinem (hnědý) a křemenem (černý). Žilné Zn-Pb zrudnění, Kutná Hora. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 5.10: Iniciální stádium křehké deformace, spojené se vznikem žilek „se sobě odpovídajícími stěnami“. Postiženým minerálem je markazit (bílý), výplň žilek tvoří kalcit (šedočerný). Markazitová kongrece z jurského vápence, Kurovice. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



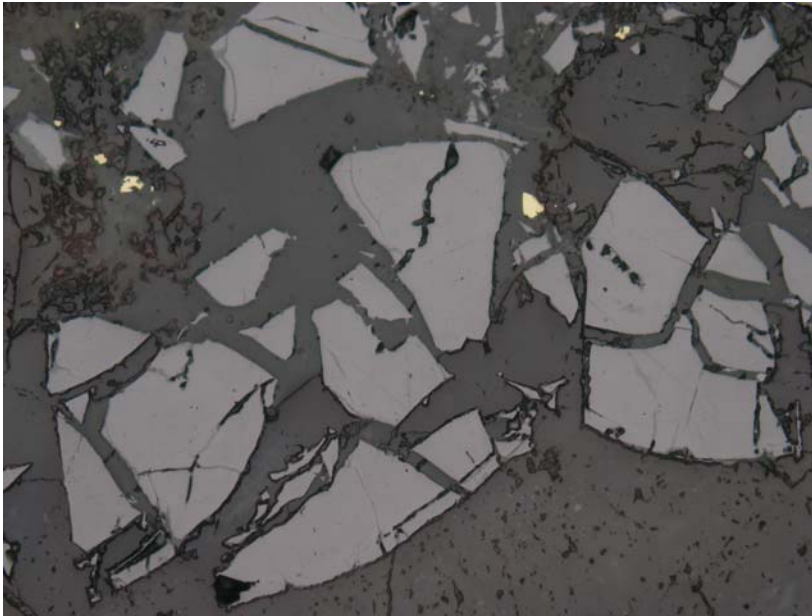
Obr. 5.11: Drť křemene (šedočerný), tmelená ryzí mědí (narůžovělá), zčásti zatlačovanou chalkozínem (modrošedý). Žilná Cu-mineralizace, Borovec. Spodní strana snímku měří 3,6 mm.



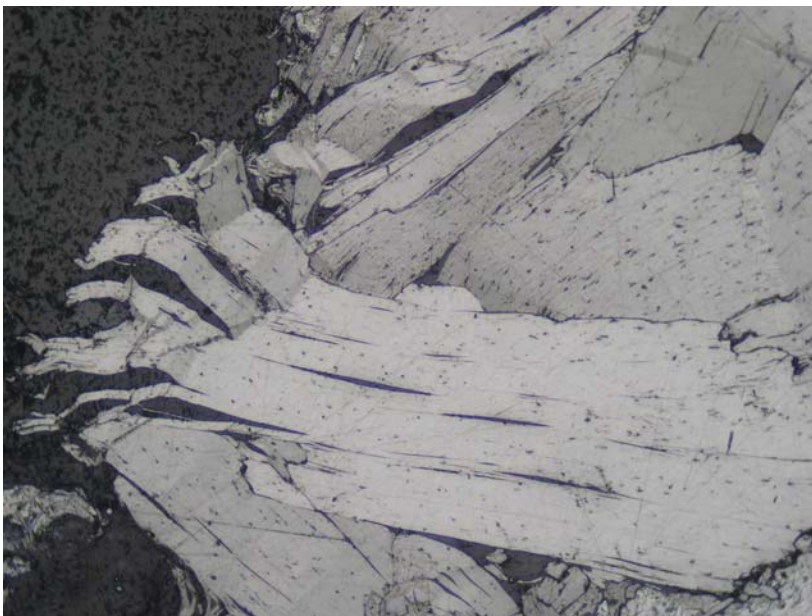
Obr. 5.12: Drcený gersdorffit (bílý), tmelený (a nezatlačovaný) karbonátem (šedočerný, zřetelný dvojodraz). Dobšiná. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 5.13: Drť křemene (šedočerný), tmelená jemnozrnným hematitem (světle šedý). Brekciace křemene a krystalizace hematitu proběhly po vzniku velkých individuí pyroluzitu (bílý) ve spodní části obrázku. Žilná Fe-Mn mineralizace, Horní Blatná. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.



Obr. 5.14: Drť globulárních forem uraninitu (šedý), tmelená kalcitem (šedočerný) s ojedinělými zrnky chalkopyritu (žlutý). Černý - křemen. Žilná uranová mineralizace, ložisko Zálesí u Javorníka. Spodní strana snímku měří 0,72 mm.



Obr. 5.15: Roztřepené konce tabulek molybdenitu (bílý, silně dvojdrázný) čnějící volně do epoxidové pryskyřice (šedočerná). Artefakt uměle vyrobený při zhotovování nábrusu. Křemen-molybdenitová žilná mineralizace, Černá Voda u Žulové. Spodní strana snímku měří 1,44 mm.

Seznam použité a doporučené literatury

- Bastin E.S. (1950): Interpretation of ore textures. Geol. Soc. Amer. Mem., 45, Washington.
- Betehtin A.G. (1958): Tekstury i struktury rud. Gosgeoltechizdat, Moskva.
- Betehtin A.G. (1964): Strukturno-teksturnyje osobennosti endogennykh rud. Gosgeoltechizdat, Moskva.
- Craig J.R., Vaughan D.J. (1981): Ore microscopy and ore petrography. J. Wiley and Sons, New York.
- Edwards A.B. (1954): Textures of the ore minerals and their significance, 2. vyd. Austral. Inst. Min. Met., Melbourne.
- Halahyiová-Andrusovová G. (1960): Problémy štúdia textúr a štruktúr rúd. - Geol. sbor., 11, 283-291. Bratislava.
- Kašpar P. (1983): Rudní mikroskopie. Academia, Praha.
- Pracejus B. (2008): The ore minerals under the microscope, an optical guide. Elsevier, Amsterdam, etc.
- Ramdohr P. (1975): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 4. vyd. Akademie-Verlag, Berlin.
- Smirnov V.I. (1983): Geologie ložisek nerostných surovin. Stát. nakl. tech. lit., Praha.
- Vachromejev S.A. (1956): Rukovodstvo po mineragrafii, 2. vyd. Irkutsk.