

Odrazová mikroskopie, vývin rudních a nerudních minerálů

Z. Losos

Ústav geologických věd PřF MU Brno

2017

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (1)

Automorfní (idiomorfní), hypautomorfní (hypidiomorfní) vývin:

- přímý vztah k energii krystalové mřížky
- relativní vztah ke krystalizační posloupnosti
- „metakrystal“ – automorfní jedinec mladší než matrice, která jej obklopuje /!!!/

Dvojčatné (trojčatné) srůsty: charakteristický a typický jev některých minerálních fází (např. Asp, Cp, Mkz, Ilm, Q, Ž) řízeno krystalografickými zákony

- dvojčatění „růstové“ (bez působení vnějších vlivů)
- dvojčatění „tlakové“ (podmíněno orientovaným silovým polem)

Kritéria k odlišení růstových a tlakem podmíněných lamel. srůstů

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (2)

Kostrovitý vývin: podmíněn rychlejší krystalizací **monokrystalu** v rozích a hranách, než na plochách v důsledku náhlé změny fyzikálně-chemických podmínek (teplota, koncentrace fluid aj.). Zvláštní případ kostrovitého vývinu → „kopinatý růst“ (obvyčně kombinovaný s dvojčatěním); kostrovité „hvězdičky“ Sp v Cp = odmíšeniny (?)

Dendritický (větvičkovitý) vývin: podmínky vzniku obdobné, jde však o **polykrystalické agregáty**

Vývin perimorfóz (obalových pseudomorfóz): mladší minerální fáze vykrytaluje na starší fázi, která je v v dalším vývoji odstraněna (vyluhována, resorbována, nahrazena jinou fází)

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (3)

Plastické deformace: projevy tlakového působení (stresu) během krystalizace jednotlivých minerálních fází (např vznik žilek s žebříčkovitými agregáty Q+Ž, pérovitě vykrytalovaných minerálních shluků v „tlakových stínech“ rigidních komponent; undulózni zhášení)

„Klastické“ deformace: projevy tlakového působení v procesu vývoje systému po jeho konsolidační fázi; obyčejně dochází následně ke krystalizaci další (mladší) minerální asociace, která cementuje a tmelí klasty

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (4)

- Zonální vývin:** a) hypogenních asociací → koncentrické střídání
- shodné fáze = při náhlé změně fyzikálně-chemických podmínek (jednotlivé zóny mívají obyčejně víceméně odlišný chemismus v rámci zákonů diadochie)
 - různé fáze = v následnosti krystalizační posloupnosti (sukcese)
- b) supergenních asociací → zcela obdobné úkazy jako sub a), avšak vzniklé v důsledku hypergeneze
- Poznámka: průvodním jevem zonálního sestavení je radiálně-prsčitý (centripetální) vývin agregátů*

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (5)

Myrmekitické srůsty: podmíněny rychlou krystalizací minerálních fází vznikajících současně v daném systému (sulfidickém, silikátovém aj.)

Emulzní struktury: vznikají a) odmíšením ze společné matrice (roztoku / taveniny) při změně fyzikálně-chemických podmínek (zvláště při poklesu teploty)
b) metasomatickým zatlačováním starší minerální fáze

Kritéria

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (6)

Sideronitické prorůstání: vzniká převážně v podmínkách likvační diferenciace magmatitů (oddělení silikátové a rudní složky)

Úkazy koroze a zatlačování: palasom (starší minerální fáze) je nahrazována metasomem (mladší minerální fáze)
Ojediněle dochází až k úplné resorpci palasomu

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (7)

Mušketovitizace hematitu – přeměna hematitu na magnetit v důsledku fyzikálně-chemických změn krystalizačního prostředí (snížení fugacity kyslíku; redukční systém)

Martitizace magnetitu – přeměna magnetitu na hematit v důsledku

změny fyzikálně-chemických změn krystalizačního prostředí (zvýšení fugacity kyslíku; oxidační systém)

Rutilizace ilmenitu – přeměna způsobená a) metamorfními fluidy
b) metasomatickými procesy (např. v pegmatitech)

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (8)

Pyritizace pyrhotinu – postupná přeměna Po → “meziprodukt” →

Mkz → Py v supergenních i hypogenních podmínkách

vznik textur „ptačích očí“

vznik „mladších“ agregátů Py

- a) deficit síry v metamorfogenních fluidech při degazaci systému
- b) změna koncentrace železa supergenních roztoků, podílejících se na rozkladu Po
- c) změny pH/Eh hypergenních roztoků kontrolující migraci $\text{Fe}^{\text{III}}/\text{Fe}^{\text{II}}$

Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (9)

Srůsty strukturně (nebo chemicky) blízkých minerálů: magnetit x hematit; ilmenit x magnetit; pyrit x markazit

Společná krystalizace minerálů v nerovnovážných fyzikálně-chemických podmínkách, popřípadě při jejich náhlé změně:
např. pyrit \Leftrightarrow magnetit

Globulární a atolový vývin (vznik kolomorfních agregátů): krystalizace z koloidních (nepravých), nebo nízce koncentrovaných roztoků při nízké teplotě

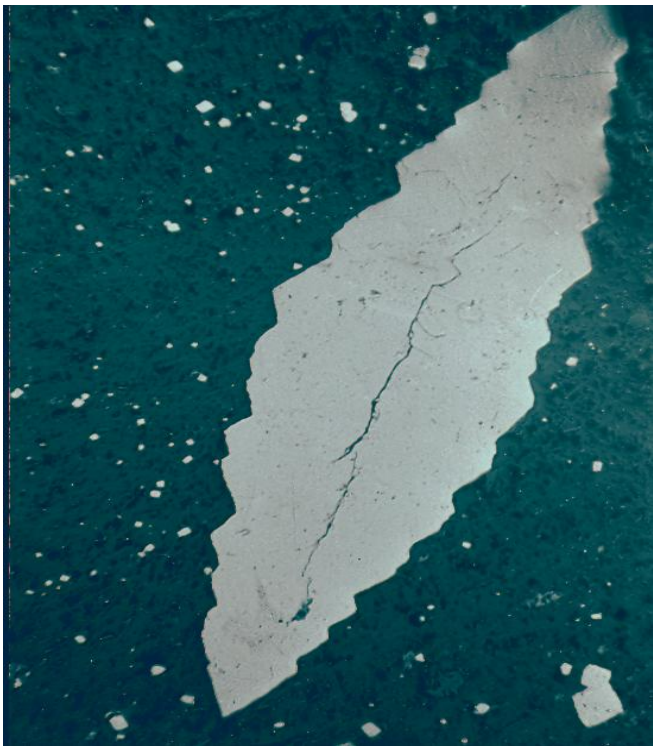
Vývin rudních (i nerudních) minerálů – přehled (10)

„Trojné body“ (triple junction) srůstu minerálů. Vznik při granoblasteze (metamorfní rekrystalizaci)

Granoblastické srůsty – dlažební textury mono- i polyminerální podmíněné metamorfní rekrystalizací

Syndeformační a postdeformační krystalizace v *s-plochách* metamorfitů

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (1)

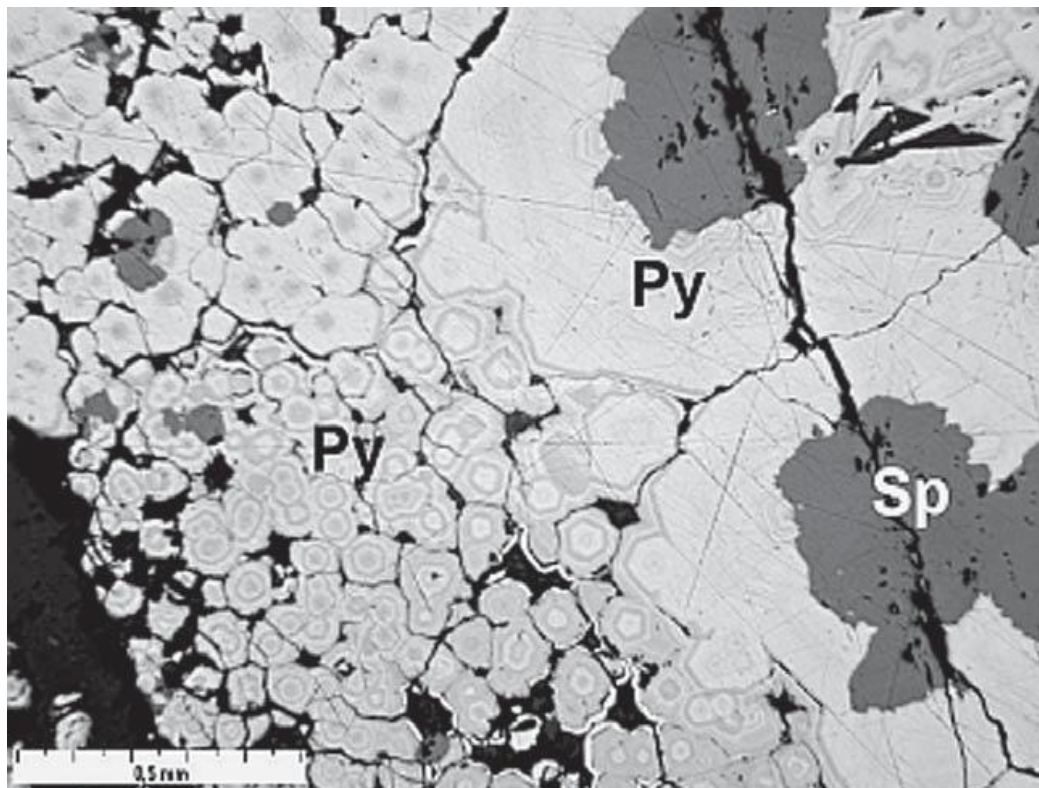


Kopinatý krystal arzenopyritu
Horní Město u Rýmařova



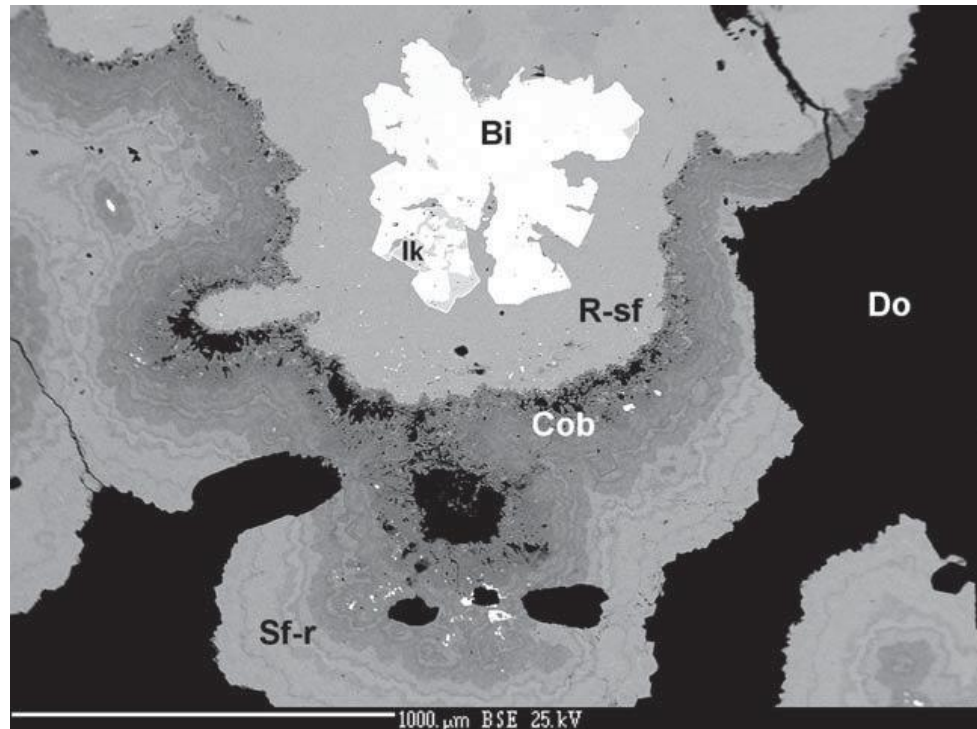
Myrmekitický srůst galenitu
(bílý) s proustitem (nahnědlý)
Horní Město u Rýmařova

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (2)



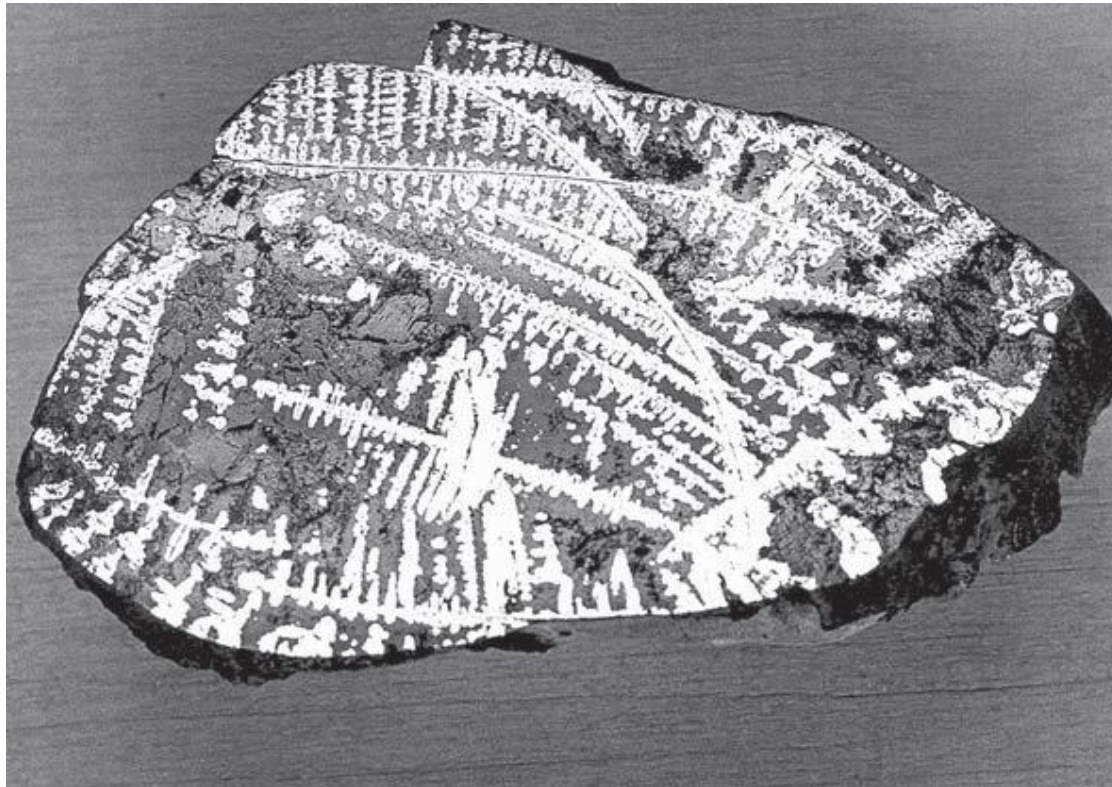
Zonální vývin Ni-pyritu (Py) kolem sfaleritu (Sp)

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (3)



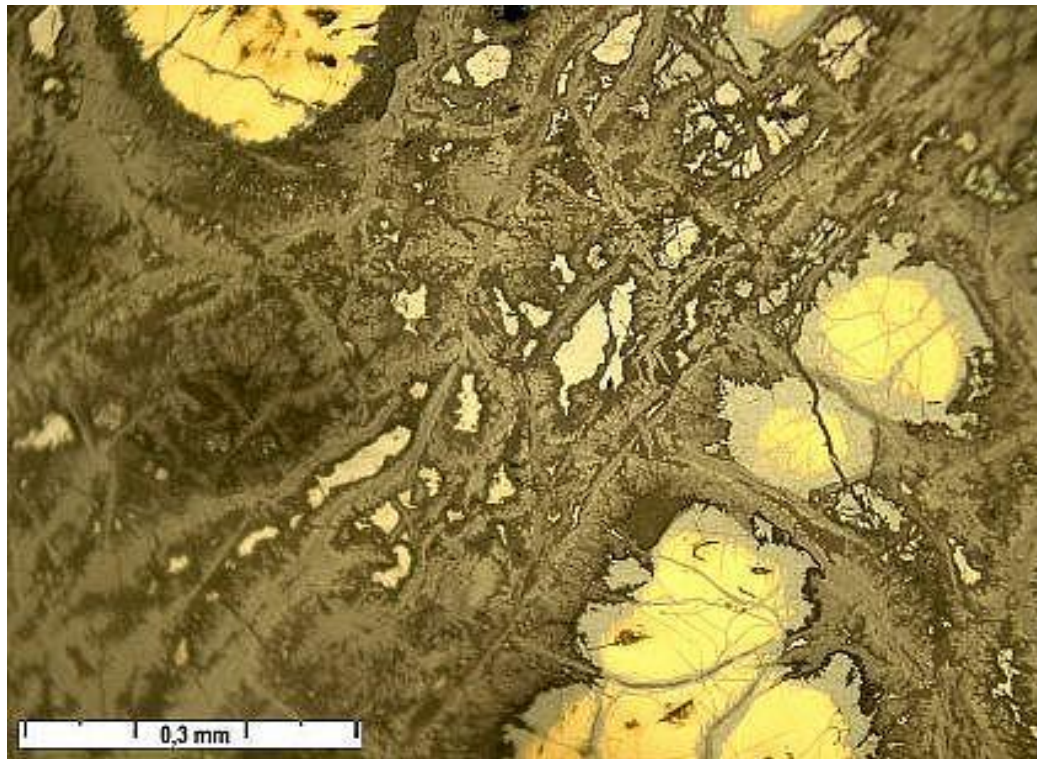
Kostrovitý vývin bismutu v zonálním sestavení sulfoarzenidů Ni a Co.
Zálesí u Javorníku ve Slezsku

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (4)



Perimorfózy Ni/Co diarzenidů kolem dendritického stříbra

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (5)



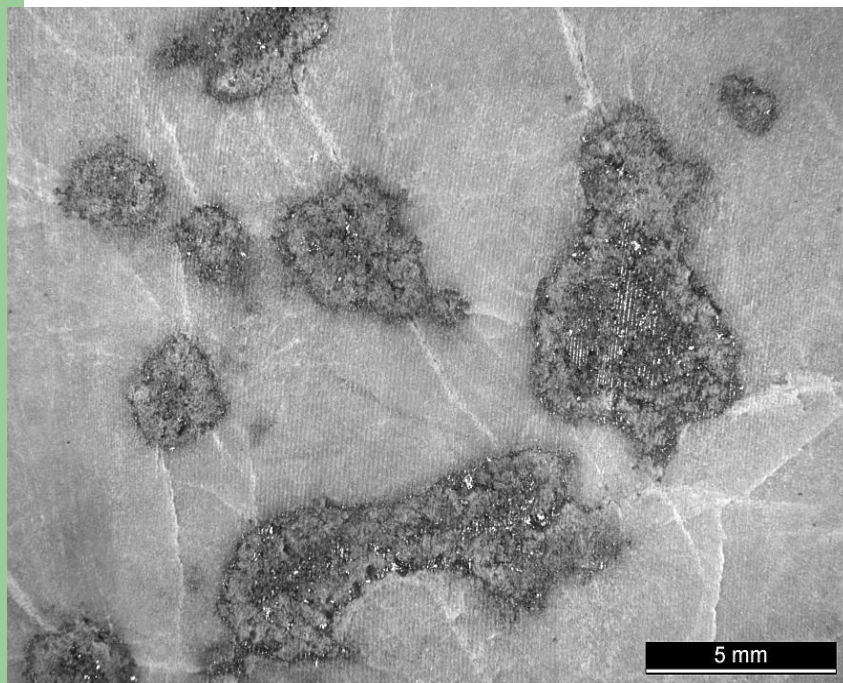
Reliktní textura: chalkopyrit s digenitem v „limonitu“ s malachitem. Smrčník (Horní Lipová).

Dokumentace vývinu rudních i nerudních minerálů – příklady (6)

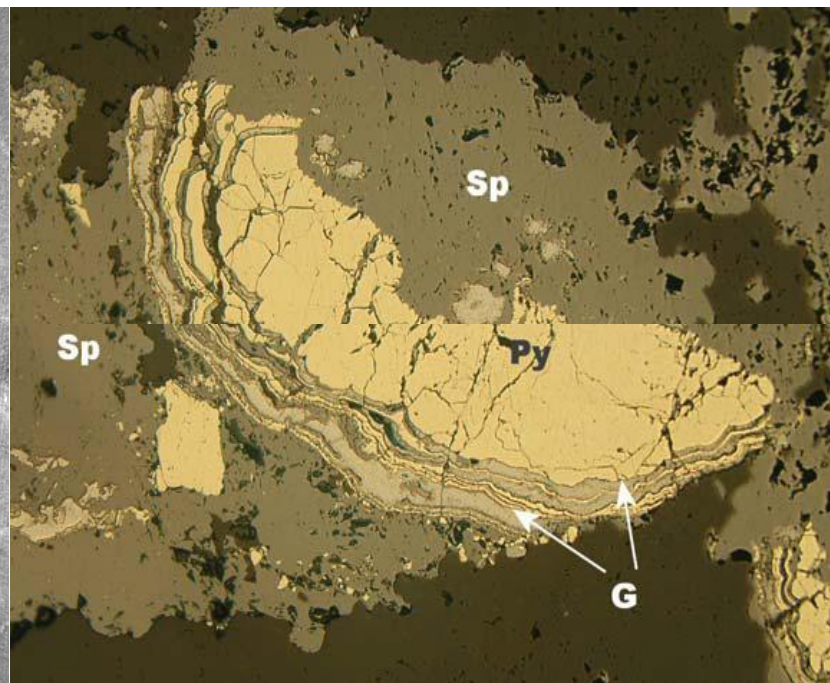


. Automorfní křemen v xenomorfně vykrystalovaném zlatě
Kamenná hora u Ferdinandova

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (7)

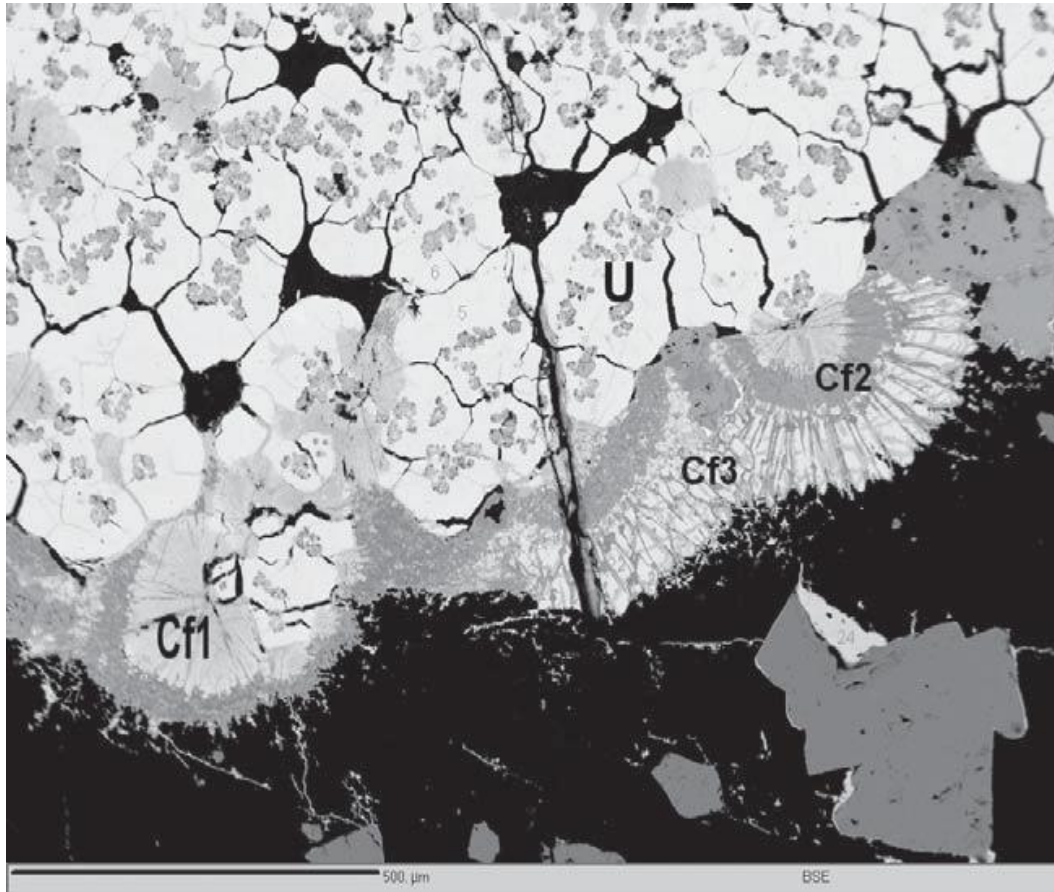


Zonální vývin (tzv. kroužková ruda“)
– galenit v křemenno-živcové
matrici. Horní Benešov



Zonální vývin pyritu (Py) s
galenitem (G), Sp – sfalerit. Rudní
klast Horní Benešov

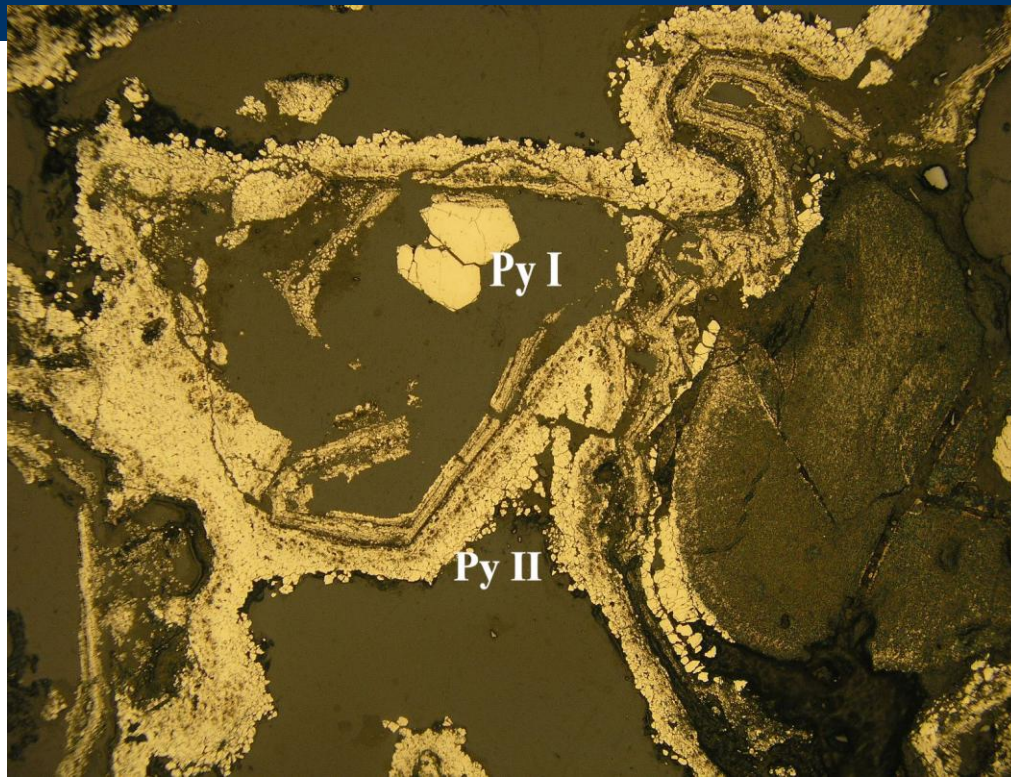
Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (8)



Radiálně-
paprsčitý coffinit
(Cf) narůstající
na uraninit (U)

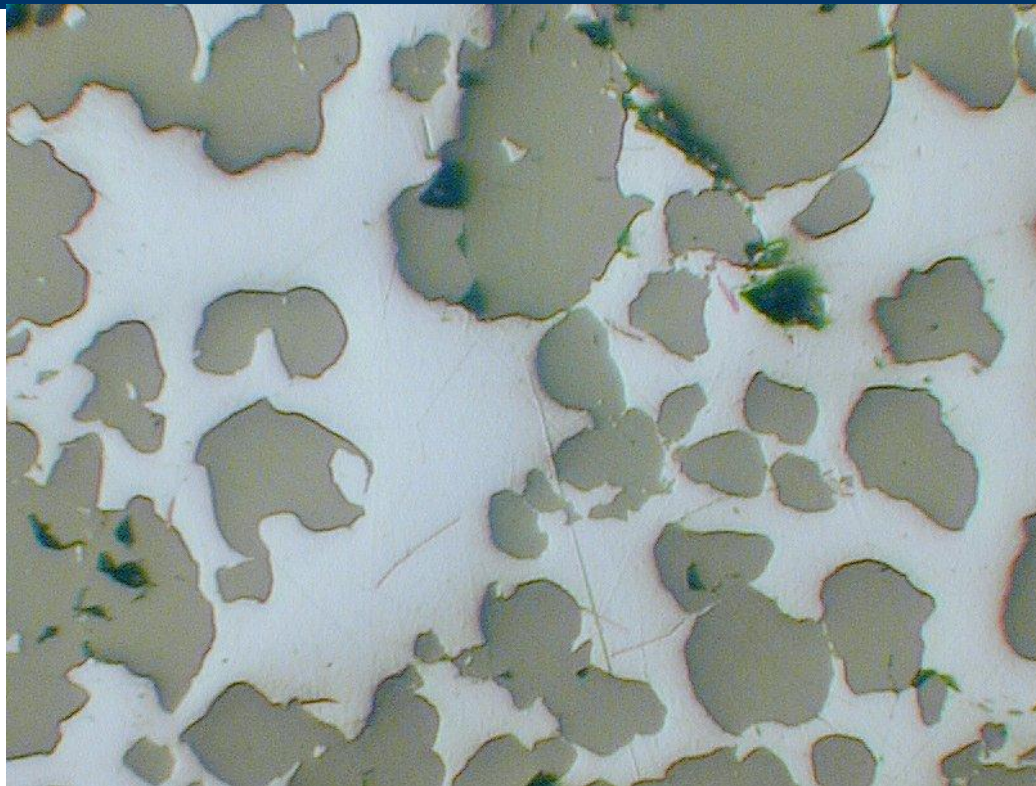
Zálesí u
Javorníku

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (9)



Dvojitý vývin pyritu: Py I – hypogenní,
PyII – supergenní. Vysoká hora

Dokumentace vývinu rudních minerálů – příklady (10)



Globulární sfalerit (šedý) v rekrystalovaném galenitu (bílý). Zlaté Hory-východ

Genetické hodnocení minerálních asociací (1)

Kritéria k posouzení krystalizační posloupnosti:

- 1) Automorfni vývin (energie krystalové mřížky; metakrystaly)
- 2) Vzájemné hranice, obklopování
- 3) Reakční lemy, koroze, metasomatické zatlačování
- 4) **Žilkovité proniky**
- 5) **Úkazy zonality (texturní kritérium)**

Genetické hodnocení hydrotermálních (s.s.) minerálních asociací – hlavní pojmy (2)

Vývojové stádium je časový úsek ve vývoji určité agregace minerálů při němž minerály, za definovatelných fyzikálně-chemických podmínek, vznikaly.

Pojem bývá někdy nahrazován synonymem: „Etapa vývoje“, „Přínosová perioda“, „Mineralizační perioda“.

Generací minerálu rozumíme množství nerostu, které je výsledkem jeho nepřerušené krystalizace. Vznikl-li jeden a tentýž minerál v několika údobích vzniku určité agregace minerálů, říkáme, že je přítomen v několika generacích.

Další dílčí pojmy: generace *jednoduchá*, *repetiční*, *rytmická*

Příklad grafu minerální sukcese (1)

Přibližné schéma krystalizační posloupnosti

	Hypogenní stádium			Superg. stádium
	1mp.	2a. mp.	2b. mp.	3mp.
pyrit	—			
baryt	—			
křemen	—	—	—	
Fe-dolomit	—			
chalkopyrit		—	—	
sfalerit			—	
galenit			—	
kalцит				—
covellín				—
chalkozín				—
anglesit				—
"stilpnosiderit"				—
malachit				—
cerusit				—
chrysokol				—
limonit				—

Příklad grafu minerální sukcese (2)

Fig. 4 Generalized paragenetic sequence of primary mineral phases of the Zálesí deposit. Note that products of local remobilization and/or recrystallization are not included

	Uraninite stage	Arsenide stage	Sulphide stage
Quartz	■	■	■
Fluorite	■		
Uraninite	■		
Hematite	■	■	
Clausthalite (± Bi ₄ Se ₃)	■		
Calcite	■		■
Sphalerite		■	■
Chalcopyrite (± bornite, anilite)		■	■
Pyrite (± marcasite)		■	■
Native Ag/Bi (± ikonolite-laitakarite)		■	
Nickeline		■	
Rammelsbergite-safflorite		■	
Ni-cobaltine, glaucodote		■	
Skutterudite		■	
Löllingite (± arsenopyrite)		■	■
Dolomite		■	
Ni-pyrite, bravoite			■
Galena			■
Tetrahedrite (± bourmonite)			■

Minerální asociace x minerální parageneze

Minerální asociace představuje společenství minerálů, které vznikají během jednoho, nebo i více rozdílných mineralizačních aktů.

(Pojmu se může použít zcela obecně, bez nároků na přesné vymezení geneze)

Minerální parageneze je taková minerální asociace, která vznikla zákonitě v průběhu jednoho časově, prostorově a fyzikálně-chemicky ohraničeného procesu. Pojem parageneze může být analogicky rozšířen i na prvky a izotopy

Rudní minerály – horninové akcesorie (příklady)

Vtroušeniny v granitoidech: Cp + Po (Žulová)

Vtroušeniny v bazitech a metabazitech: Py, Ilm, /leukoxen/ Po, Tit (Korouhvice, Kronfelzov, Ludvíkov, Vrbno, Vernířovice, Říp, Jeseník)

Vtroušeniny ve svorech: Ru, Ilm, Sp (Petrov n.Desnou)

Vtroušeniny v rulách: Mt + Ilm (Červenohorské sedlo)