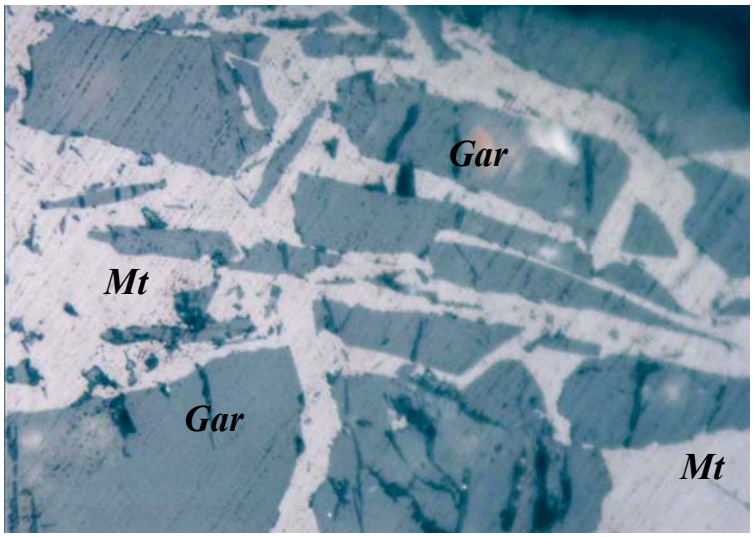
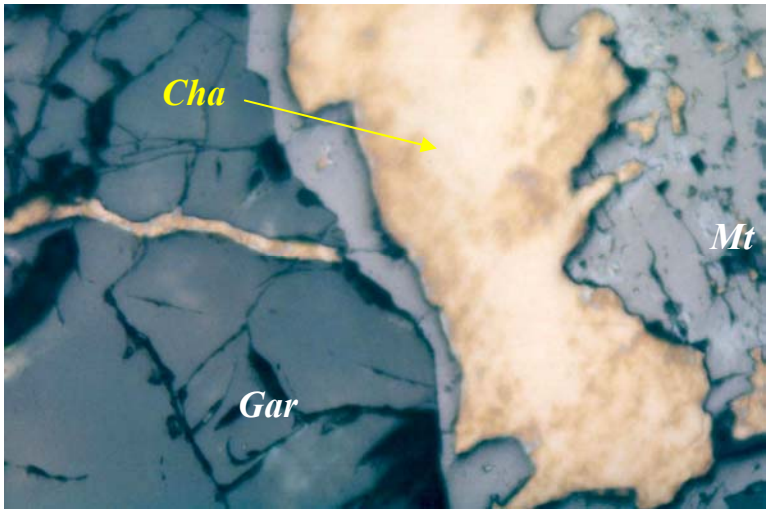
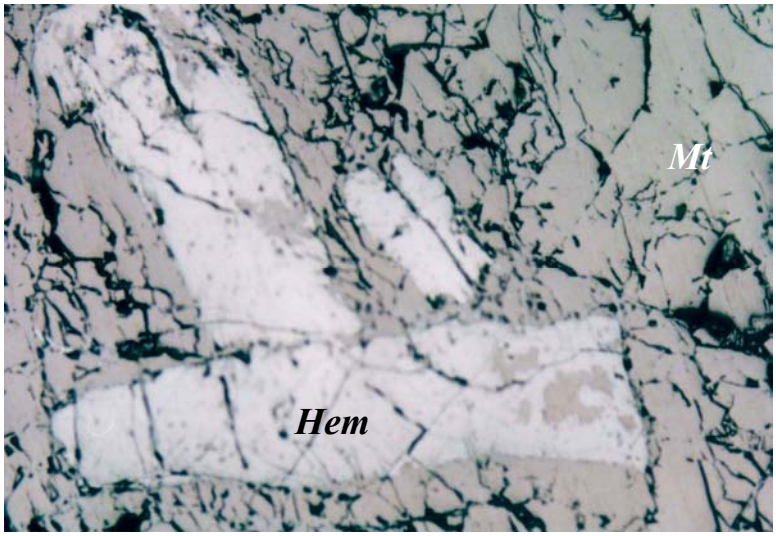


شکل ۳-۲۸- الف- قطع شدگی گارنت های *(Gar)* مرحله اسکارن پیشرونده توسط رگچه های مگنتیتی *(Mt)* مرحله اسکارن پسرونده

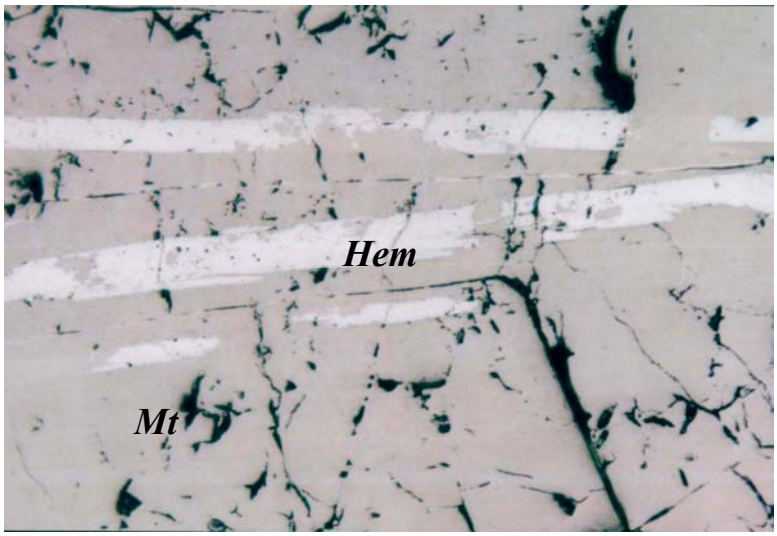


شکل ۳-۲۸-ب- قطع شدگی گارنت توسط کالکوپیریت و نیز قطع شدگی و پر شدگی فضای بین بلوری مگنتیت توسط آن، که نشاندهنده تأخر فازی کالکوپیریت نسبت به بقیه کانه ها و کانیها است

نمونه *S-88A*: این نمونه از زون گارنتی (اندو اسکارن) معدن مس انجرد برداشت گردیده که بر طبق مطالعات میکروسکوپی، عمدتا حاوی بلورهای شکل دار و نیمه شکل دار مگنتیت بوده که بلورهای مگنتیت توسط فرآیند اکسیداسیون در حال تبدیل شدن به هماتیت های ثانویه می باشد (مارتیتیزاسیون) (اشکال ۳-۲۹).

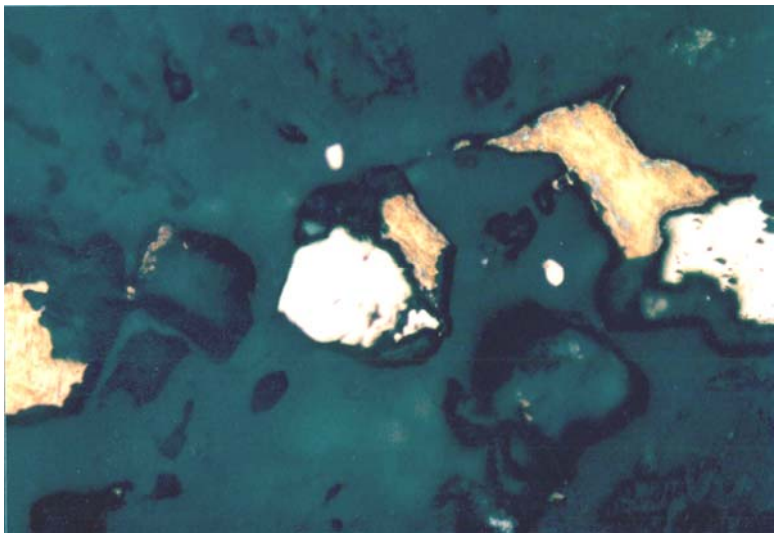


شکل ۳-۲۹- الف- جانشینی مگنتیت توسط هماتیت ثانویه

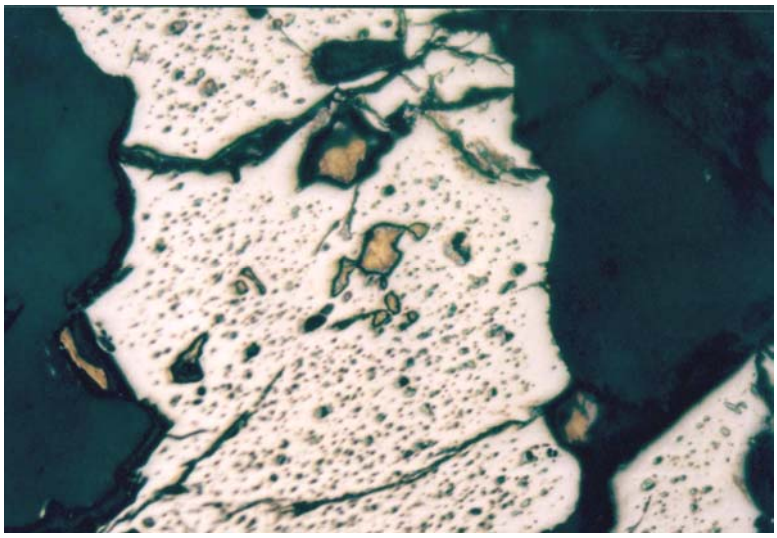


شکل ۳-۲۹-ب- مگنتیت های مارتیتی شده

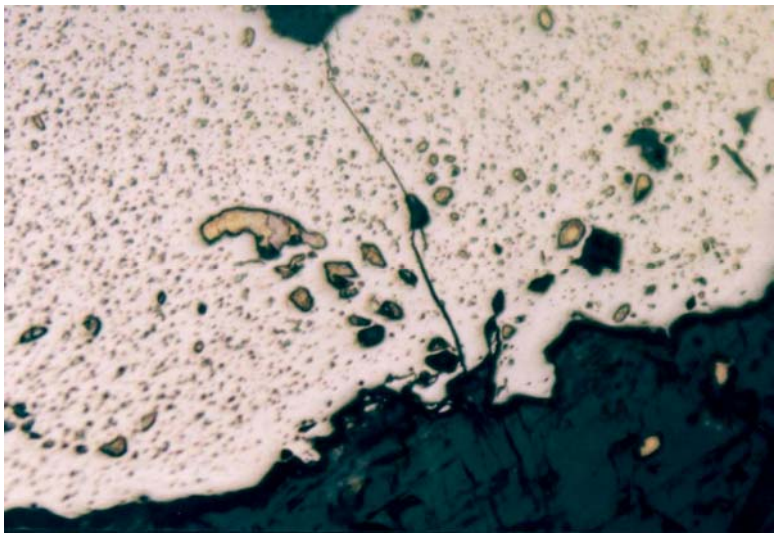
نمونه *S-89*: این نمونه از زون اگزو اسکارن (هورنفلس) انجرد برداشت گردیده که در مطالعات ماکروسکوپی شامل سیلیس با مقداری بلورهای شکل دار پیریت بوده است. در مطالعات میکروسکوپی (مقاطع صیقلی) این نمونه کانه های پیریت و کالکوپیریت مشاهده گردید (شکل ۳-۳۰- الف). کالکوپیریت هم در متن سنگ و هم بصورت انکلوزیون در داخل پیریت ها تشکیل شده است. این حالت نشانگر بافت امولسیون بوده که در اثر پدیده عدم آمیزش بوجود آمده است (اشکال ۳-۳۰- ب و ج).



شکل ۳-۳۰- الف- کانه زایی پیریت و کالکوپیریت در قسمت اگزو اسکارن

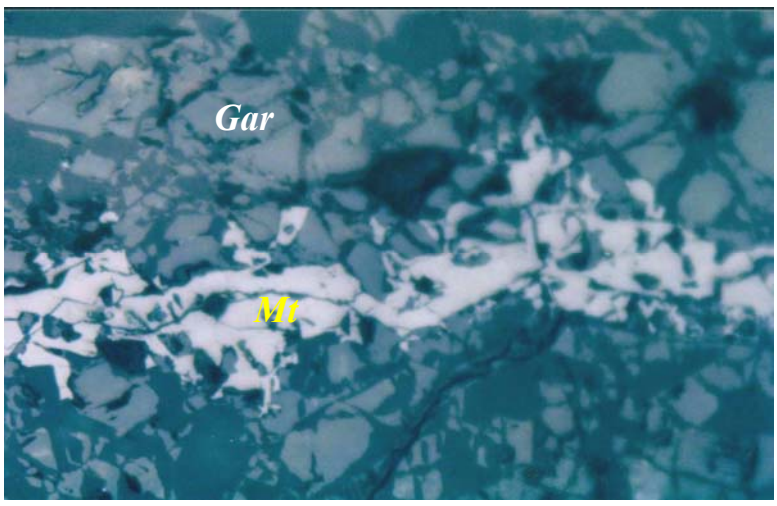


شکل ۳-۳۰- ب- بافت امولسیون که نشانگر پدیده عدم آمیزش است



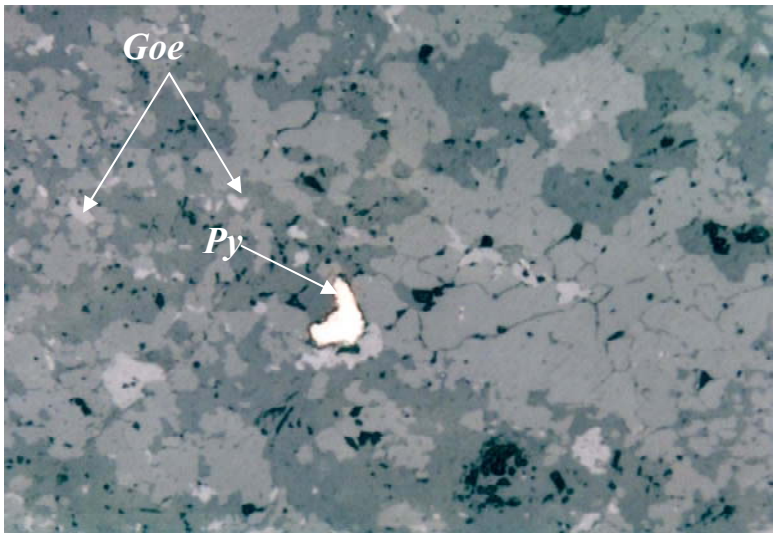
شکل ۳-۳۰- ج- کالکوپیریت بصورت انکلوزیون در داخل پیریت که نشانگر پدیده عدم آمیزش است

نمونه *S-88*: این نمونه از زون گارنتی اسکارن (قسمت اندو اسکارن) انجرد برداشت گردیده و عمدتا از بلورهای شکل دار گارنت تشکیل شده که توسط رگچه های مگنتیتی که در مرحله اسکارن پسرونده تشکیل شده اند، قطع گردیده است (شکل ۳-۳۱).

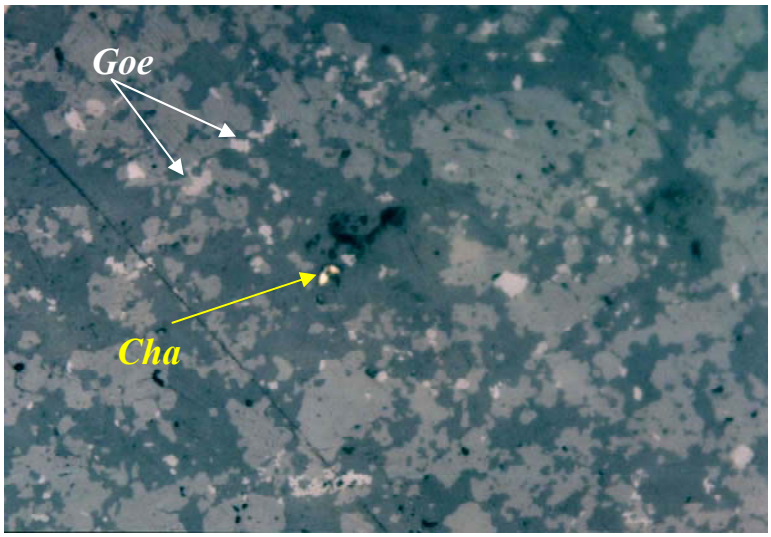


شکل ۳-۳۱- قطع شدگی گارنت های تشکیل شده در مرحله اسکارن پیشرونده توسط رگچه های مگنتیتی تشکیل شده در مرحله اسکارن پسرونده

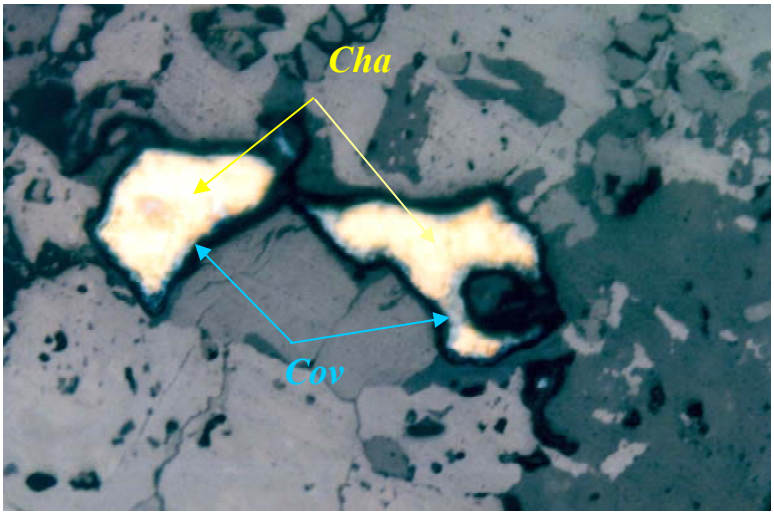
نمونه *S-81*: این نمونه از اسکارن مس انجرد برداشت گردیده که شامل کالکوپیریت، پیریت و گوتیت می باشد. گوتیت اکثرا بصورت پسودومورف و بفرم دیسیمینه در متن سنگ حضور داشته که احتمالا از تجزیه پیریت ها حاصل شده اند و کالکوپیریت بعضا از حواشی در حال تبدیل شدن به کوولیت می باشند (اشکال ۳-۳۲).



شکل ۳-۳۲- الف- پیریت های دیسیمینه که در اثر فرآیندهای سوپرژن به گوتیت تبدیل شده اند

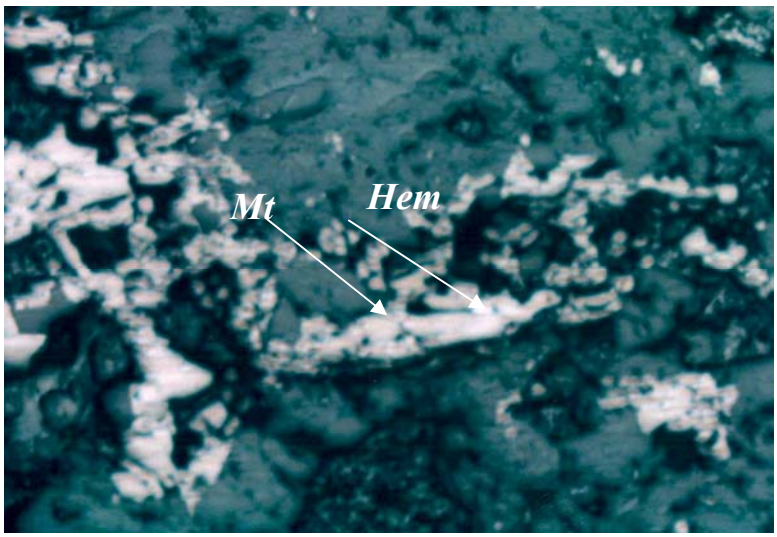


شکل ۳-۳۲-ب- گوتیت های دیسیمینه ناشی از فرآیندهای سوپرژن

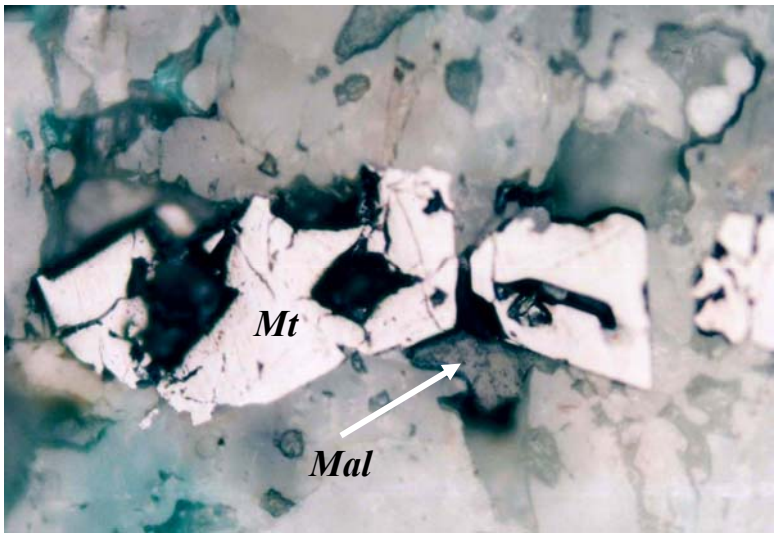


شکل ۳-۳۲-ج- کالکوپیریت های در حال تبدیل به کوولیت در اثر هوازدگی

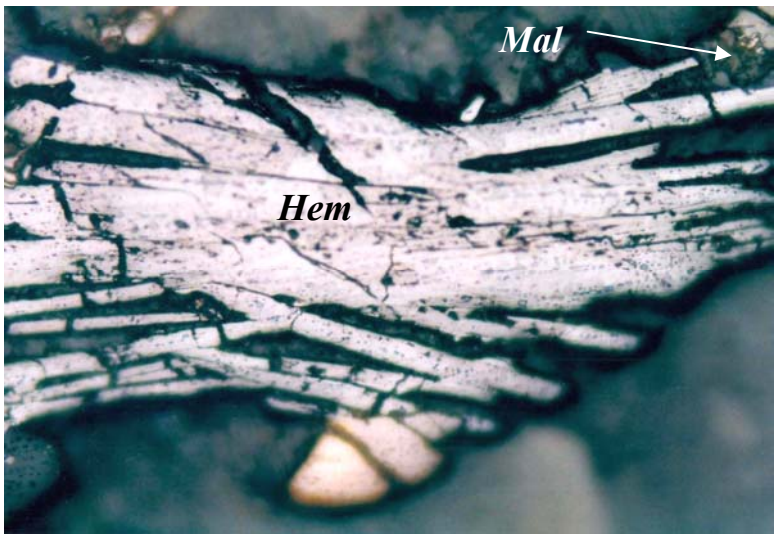
نمونه *S-82*: این نمونه نیز از اسکارن مس انجرد برداشت گردیده که این نمونه حاوی کانیهای رسی و کوارتز بهمراه مگنتیت، هماتیت و مالاکیت می باشد. در مطالعات مقاطع صیقلی این نمونه شامل رگچه های مگنتیت شکل دار و هماتیت های تیغه ای بوده که شکستگیها و حفرات آن توسط مالاکیت پر شده است (اشکال ۳-۳۳).



شکل ۳-۳۳- الف- رگچه های مگنتیتی و هماتیتی

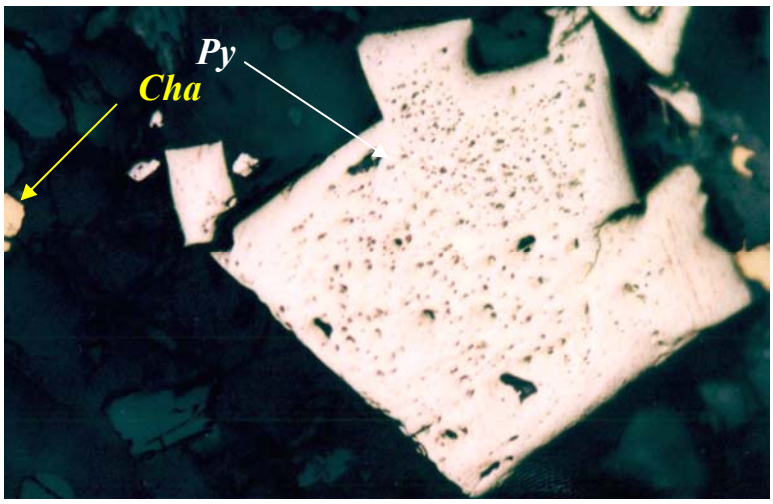


شکل ۳-۳۳-ب- بلورهای شکل دار مگنتیتی بفرم رگچه ای و مالاکیت پرکننده حفرات



شکل ۳-۳۳-ج- هماتیت های تیغه ای بهمراه مالاکیت ثانویه

نمونه *S-90*: این نمونه نیز از زون هورنفلس (اگزو اسکارن) اسکارن مس انجرد برداشت گردیده که شامل پیریت های شکل دار با آثار کالکوپیریت در گانگ سیلیسی می باشد (شکل ۳-۳۴).



شکل ۳-۳۴- پیریت و کالکوپیریت دیسیمینه در زون هورنفلسی

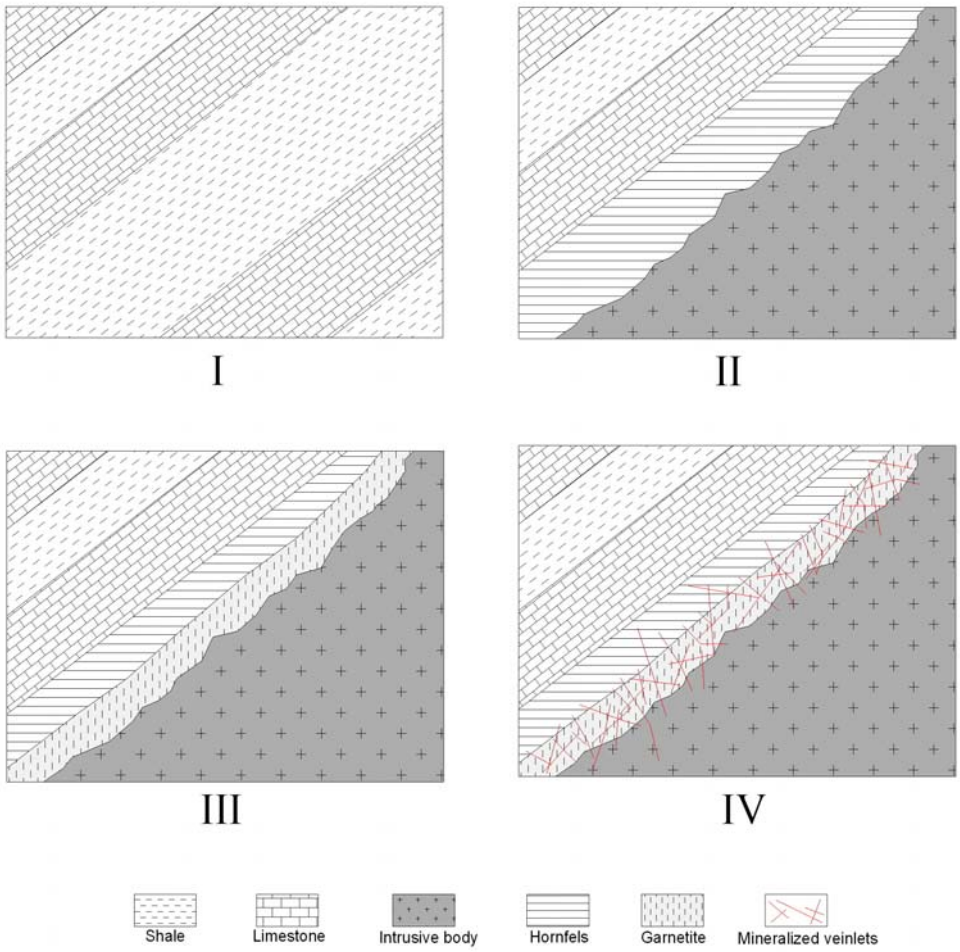
۳-۳-۱-۳- ژنز کانسار مس انجرد

در مورد ژنز کانسار اسکارنی مس انجرد باید گفت که کنتاکت توده نفوذی شیور داغ با واحدهای رسوبی (آهک، شیل و سیلتستون) کرتاسه سبب تشکیل این کانسار گردیده است. این اسکارن دارای اندو و اگزواسکارن بوده که بخش اندو اسکارن از زون گارنتیتی تشکیل شده و در داخل و حاشیه کنتاکتی توده نفوذی قرار گرفته است. بیشترین تمرکز کانه زایی نیز در این بخش رخ داده است. بخش اگزو اسکارن در واحدهای شیل و سیلتستون تشکیل شده و آنها را به هورنفلس تبدیل نموده است. میزان کانه زایی در اگزواسکارن بمراتب کمتر بوده و تنها در بعضی قسمتها با وجود کربنات مس (مالاکیت) مشخص می شود.

همچنین در این کانسار دو مرحله اسکارن پیشرونده و پسرونده بطور کامل انجام گرفته، بطوریکه مرحله پیشرونده با تشکیل زون گارنتیتی و هورنفلس همراه بوده و مرحله اسکارن پسرونده که در

مرحله بعدی و بصورت رگچه های سولفیدی و اکسیدی حادث گردیده، اندو اسکارن و اگزواسکارن را قطع نموده است. در واقع مرحله اصلی کانه زایی مرتبط با اسکارن پسرونده بوده است. این رگچه ها بیشتر از کالکوپیریت، پیریت، مگنتیت و هماتیت همراه با گانگ کلسیت و کوارتز تشکیل شده است. مراحل مختلف تشکیل این زون اسکارنی به صورت شماتیک به شرح زیر می باشد.

- ترسیب واحدهای آهکی، شیلی و سیلتستون در زمان کرتاسه (شکل ۲-۳۵- *I*)
- نفوذ توده مونزونیت کوارتز دار - گرانیت شیور داغ در زمان الیگوسن و ایجاد زون هورنفلسی در داخل واحدهای رسوبی (تبادلات حرارتی بین توده نفوذی و واحدهای رسوبی) (شکل ۲-۳۵- *II*)
- تبادلات عنصری بین توده نفوذی و واحدهای رسوبی و در نتیجه ایجاد اسکارن پیشرونده با تشکیل کانیهای بدون آب (زون گارنتیت) (شکل ۲-۳۵-*III*)
- تشکیل کانیهای آبدار و کانه های اکسیدی و سولفیدی و قطع نمودن کانیهای تشکیل شده در مرحله قبلی توسط آنها، در نتیجه غالب شدن سیالات جوی کم عمق (اسکارن پسرونده) (شکل ۲-۳۵- *IV*)



شکل ۳-۳۵- مراحل کانه زایی در کانسار مس اسکارنی انجرد

۳-۳-۲- کانه زایی مرتبط با زون دگرسانی

این نوع کانه زایی در خاور روستای انجرد و تقریبا در مرکز منطقه مطالعاتی واقع شده است. مهمترین سنگهای مشاهده شده در این منطقه، شامل ولکانیکها و آگلومراهای ائوسن بوده که بعضا بافت پرفیری و مگاپرفیری در آنها دیده می شود. کلیه ولکانیکهای این محدوده تحت تأثیر دگرسانی گرمابی قرار گرفته و در حد آرژیلیک دگرسان شده اند (اشکال۳-۳۶). دگرسانی در این

محدوده در جهت قائم و افقی از یک الگوی مشخص تبعیت می نماید، بطوریکه در مقطع قائم و افقی چهار زون دگرسانی مشخص قابل تفکیک است. از این اندیس نمونه های زیر برداشت گردیده که مشخصات ماکروسکوپی و جغرافیایی نمونه ها و نوع آنالیز مربوطه به شرح زیر است:

جدول ۳-۵- مختصات و مشخصات نمونه های برداشت شده از زون دگرسانی انجرد

نام نمونه	XRF	XRD	ICP	صیقلی	نازک	توضیحات	مشخصات
S26		•	•			سنگ ولکانیک مالاکیت دار	۳۸S ۶۶۶۳۴۳ ۴۲۷۹۲۱۰
S27			•			سنگ ولکانیک مالاکیت دار	۳۸S ۶۶۶۳۶۶ ۴۲۷۹۱۶۵
S28			•	•		سیلیس حاوی پیریت و کالکوپیریت	۳۸S ۶۶۶۳۴۱ ۴۲۷۹۱۱۳
S28A		•	•			سنگ ولکانیک مینرالیزه حاوی آزوریت	۳۸S ۶۶۶۳۴۱ ۴۲۷۹۱۱۳
S29		•	•	•		سنگ ولکانیک آلتره پیریت دار	۳۸S ۶۶۶۳۴۲ ۴۲۷۸۹۵۰
S30			•			مینرالیزه و آلتره حاوی اکسیدهای آهن و مالاکیت	۳۸S ۶۶۶۳۵۱ ۴۲۷۸۹۵۰
S30A			•			برشی اپیدوت و پیریت دار	۳۸S ۶۶۶۳۵۱ ۴۲۷۸۹۵۰
S31		•	•	•			۳۸S ۶۶۶۳۱۳ ۴۲۷۸۸۷۲
S31A			•			سنگ ولکانیک مالاکیت دار	۳۸S ۶۶۶۳۱۳ ۴۲۷۸۸۷۲
S32			•	•	•	سنگ ولکانیکی پیریت دار و آلتره	۳۸S ۶۶۶۲۴۸ ۴۲۷۸۶۶۵
S34A		•	•	•		نمونه از رگه مینرالیزه	۳۸S ۶۶۶۰۵۶ ۴۲۷۸۳۱۳
S66		•	•			سنگ آلتره حاوی سیلیس و مالاکیت	۳۸S ۶۶۶۲۸۳ ۴۲۷۹۲۷۳
S67			•			ولکانیک های آلتره	۳۸S ۶۶۶۲۱۴ ۴۲۷۹۲۱۷
S91			•			سنگ ولکانیک مالاکیت دار	۳۸S ۶۶۶۳۵۷ ۴۲۷۹۰۴۵
S92			•				
S93A		•	•			سنگ ولکانیک مالاکیت دار	۳۸S ۶۶۶۲۸۹ ۴۲۷۸۸۱۰
S94			•			هماتیت + لیمونیت – تراس رودخانه ای	۳۸S ۶۶۶۲۴۵ ۴۲۷۸۶۶۶
S94A			•			هماتیت + لیمونیت – تراس رودخانه ای	۳۸S ۶۶۶۲۴۵ ۴۲۷۸۶۶۶
S95		•	•			سنگ ولکانیک التره پیریت دار	

الف - زون سیلیسی

کلیه سنگهای ولکانیکی این زون که در بالاترین افق واقع شده است، تحت تأثیر سیالات اشباع از سیلیس قرار گرفته و یا اینکه اکثر کاتیونها شسته شده و از محیط خارج شده اند و سیلیس باقی مانده است. از ویژگیهای مهم زون مذکور می توان به وجود کلاهکهای سیلیسی اشاره نمود که بدلیل مقاومت بالا نسبت به سنگهای دگرسان شده اطراف، کمتر تحت تأثیر فرسایش قرار گرفته و اغلب بصورت نقاط برجسته نسبت به سنگهای اطراف نمایان هستند (اشکال۳-۳۷). ضخامت این زون متغیر بوده و از ۱ تا ۱۰ متر در تغییر است. این کلاهک سیلیسی اغلب در ارتفاعات شمالی دره علی جواد دیده شده و پیریت های اکسیده اغلب بصورت رگچه های ریز در متن مشاهده می شود.

ب- زون آرژیلیکی

این زون در زیر کلاهک سیلیسی واقع شده و بیشتر با کانیهای رسی نظیر مونت موریلونیت و بعضا کائولینیت مشخص می شود. با وجود اینکه اکثر سنگهای ولکانیکی زون مذکور در حد آرژیلیک دگرسان شده اند، اما بعضا بافت اولیه آنها بخصوص در مگا پرفیریها، بخوبی قابل تشخیص است. همچنین در این سنگها، کانیهای سولفیدی بخصوص پیریت، بصورت جزئی یافت می شوند. در بعضی قسمتهای این زون، عملکرد فرآیندهای سوپرژن باعث تجزیه پیریت ها و تشکیل هیدروکسیدهای آهن بویژه لیمونیت شده است (شکل۳-۳۸). بطوریکه گستره هیدروکسیدی مزبور از فواصل دور به رنگ های سفید و قهوه ای، نسبت به سنگهای مجاور مشخص می باشد. لازم بذکر است به سبب رخداد دگرسانی شدید و وجود کانیهای رسی فراوان، این زون مستعد لغزش بوده، بطوریکه در خاور روستای انجرد پدیده زمین لغزش اتفاق افتاده است (شکل ۳-۳۹). ضخامت زون مورد بحث قابل توجه بوده و از ۱۰ تا ۴۰ متر در تغییر می باشد.

ج- زون پیریتی

این زون در پایین ترین بخش منطقه قرار گرفته است. کلیه سنگهای ولکانیکی در زون مذکور به شدت خرد و تکتونیزه بوده و اکثرا حاوی پیریت می باشند (در بعضی قسمتها، میزان پیریت حتی به ۳۰ درصد حجمی سنگ نیز می رسد). پیریت به دو صورت دیسیمینه در متن سنگ و بفرم رگچه ای قابل مشاهده است (اشکال۳-۴۰). در بعضی مواقع رگچه های کوارتزی نیز حاوی مقادیری پیریت می باشند.

از کانیهای دیگر این زون، می توان به آلونیت، کالکو آلونیت (آلونیت مس دار)، جاروسیت و ژیپس اشاره نمود که گسترش قابل توجهی داشته و احتمالا تحت تاثیر پدیده های سطحی تشکیل یافته اند (اشکال ۳-۴۱). ضخامت این زون از ۵ تا ۱۵ متر در رخنمون های سطحی در تغییر می باشد.

د- زون مینرالیزه مالاکیتی

زون کانه دار مالاکیتی در مجاورت زون پیریتی و در کف دره واقع شده است. از ویژگیهای مهم این زون می توان به گسترش کربناتهای ثانویه مس (مالاکیت - آزوریت) در تمام قسمتهای سنگهای ولکانیکی دگرسان اشاره نمود (اشکال ۳-۴۲). گفتنی است در بسیاری از مواقع، کانه زایی مس در ارتباط با رگچه های سیلیسی می باشد (شکل۳-۴۳).

گمان میرود، عامل اصلی کانه زایی در ولکانیکهای زون مزبور، شیرابه های سیلیسی مس دار باشند. بطوریکه کانه های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) بصورت رگچه ای و نیز بهمراه رگچه های سیلیسی دیده می شوند. میزان مالاکیت در این زون قابل توجه بوده و حاکی از غنی بودن مس در این منطقه می باشد، بطوریکه در یک نقطه به ابعاد ۵۰ × ۵۰ متر، مالاکیت پس از حمل و نقل بصورت ثانویه در تراس آبراهه ای به ضخامت ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر تشکیل

شده است (شکل۳-۴۴). نحوه گسترش زونهای دگرسانی (کلاهک سیلیسی، آرژیلیک و هاله پیریتی) و همچنین توسعه زون اکسیدان (زون مالاکیتی)، کانه زایی تیپ پرفیری را در این منطقه تقویت می نماید. وجود زون مالاکیتی و کلاهک سیلیسی نشان می دهند که فقط بخش فوقانی این کانسار، آنهم به مقدار کم رخنمون یافته و به احتمال زیاد کانه زایی عمده در بخش زیرین واقع شده و از فرسایش مصون مانده است. این زون در جهت شمال باختر - جنوب خاور گسترش یافته و ابعاد رخنمون سطحی آن تقریبا ۲۰۰ × ۱۰۰ متر می باشد. در ذیل مختصات جغرافیایی مرکز زون مذکور بصورت UTM آورده شده است.

X = ۶۶۶۳۴۱

Y = ۴۲۷۹۱۱۳

۵- زون سوپرژن

گستردگی زون های دگرسانی سیلیسی، آرژیلیکی، پیریتی و رخنمون سطحی قابل توجه آنها سبب شده که این زونها تحت تأثیر فرآیندهای جوی قرار گیرند. عملکرد فرآیندهای جوی سبب تشکیل کانیهای سولفاتی ثانویه در مرز زون آرژیلیک و پیریتی گشته است. از مهمترین کانیهای سولفاتی این منطقه می توان به آلونیت، کالکوآلونیت، جاروسیت، ژیپس و بعضا ملانتریت اشاره نمود. همچنین سولفیدهای اولیه (پیریت و کالکوپیریت) به گوتیت و لیمونیت تبدیل شده اند، بطوریکه رنگ قهوه ای و قرمز قهوه ای به مجموعه زونهای دگرسانی منطقه داده است.

بعضا قطعات سنگهای ولکانیکی و دگرسان در خمیره ای از هیدروکسیدهای ثانویه آهن (گوتیت و لیمونیت) بصورت کنگلومرایی با قطعات زاویه دار تشکیل شده است. این کنگلومراها در طرفین آبراهه اصلی دره علی جواد (زون دگرسان اصلی) واقع شده اند که ضخامت آنها بین ۲ تا ۷ متر در تغییر است. زاویه دار بودن قطعات حاکی از حمل و نقل کم آنها می باشد.

یک کانی به رنگ آبی کم رنگ مایل به سورمه ای بصورت آغشتگی و پر کننده شکاف سنگها در بخش های سطحی دیده می شود که پس از آنالیز مشخص گردید نمونه نسبت به عناصر بور (۱۹۴ *ppm*) و گوگرد (۳۰۴۶ *ppm*) غنی شدگی نشان می دهد (اشکال ۳- ۴۵).

شکل ۳-۳۶-الف- ولکانیک های ائوسن دگرسان شده در دره علی جواد

شکل۳-۳۶-ب- دگرسانی آرژیلیک در منطقه مورد مطالعه (خاور روستای انجرد)

شکل ۳-۳۷-الف- کلاهک سیلیسی

شکل ۳-۳۷-ب- کلاهک سیلیسی با ریختار خشن، واقع در بالای زون آرژیلیکی و مالاکیتی

شکل۳-۳۸- زون دگرسانی آرژیلیک در منطقه که بر اثر فرآیند های سوپرژن پوشش اکسیدی و هیدروکسیدی آهن آن را فرا گرفته است

شکل ۳-۳۹- زون آرژیلیک منطقه که دچار لغزش شده است

شکل ۳-۴۰-الف- ولکانیک های تکتونیزه منطقه حاوی پیریت افشان و رگچه ای

شکل ۳-۴۰-ب- ولکانیک های تکتونیزه منطقه حاوی پیریت افشان و رگچه ای