بررسی زون‌های دگرسانی و کانی زایی در کانسار سنگ‌آهن شیطور(شرق بافق)

سعید زکی‌زاده سرابی*، داریوش اسماعیلی[۱]، علی کنعانیان[۲]، شجاع الدین نیرومند[۳]
*دانشجوی کارشناسی ارشد پترولوژی،گروه زمین شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران(saeid.zakizadeh@yahoo.com)
[۱]استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران ایران(esmaili@khayam.ut.ac.ir)
[۲]استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (Kananian@Khayam.ut.ac.ir)
[۳]استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (niroomand@ut.ac.ir)

چکیده

کانسار سنگ‌آهن شیطور در شرق بافق در مجاورت کانسار گزستان بخشی از کمربند سنگ‌آهن ایران مرکزی و زون تکتونیکی کاشمر-کرمان است که با ذخیره‌ای بالغبر ۶۵ میلیون تن از سه توده سنگ‌آهن شرقی (مایل به شمال) و توده سنگ‌آهن مرکزی و همچنین توده سنگ‌آهن غربی (مایل به جنوب) تشکیل‌شده است. کانه زایی عمدتاً به فرم رگه‌ای و توده‌ای در درون متاسوماتیت‌ها و مخصوصاً در محل برخورد توده‌های گرانیتی با این سنگ‌ها روی‌داده است.کانه زایی آهن در کانسار شیطور شامل مجموعه کانی‌های مگنتیت، آپاتیت، پیریت و هیدروکسیدهای Fe-Mn است. توالی ستبری از سنگ‌های آتشفشانی رسوبی سری ریزو متشکل از داسیت، ریولیت، آندزیت و توده‌های نفوذی سنگ میزبان این کانسار را تشکیل می‌دهند. توده‌های ساب‌ولکانیک گرانیتی کالک‌آلکالن به سن کامبرین زیرین، توالی‌های آتشفشانی-رسوبی نفوذ و سبب دگرسانی آن‌ها و تبدیل آن‌ها به سنگ‌های سبز موسوم به متاسوماتیت شده است. بررسی زون‌های دگرسانی این کانسار نشان می‌دهد که سیستم دگرسانی شیطور یکی از مه‌ترین الگوهای دگرسانی را درمیان ذخایر سنگ‌آهن منطقه بافق دارا می‌باشد. سنگ میزبان در این کانسار از توالی منظمی از سنگ‌های سبز موسوم به متاسومیت می‌باشد که از دگرسانی سنگ‌های آتشفشانی و نیمه آتشفشانی تشکیل‌شده است. فرایند دگرسانی بسیار متنوع بوده و یک گذر از دگرسانی سدیک (غنی در آلبیت) در سطوح عمیق‌تر پوسته به دگرسانی پتاسیک (پتاسیم فلدسپار + سرسیت) در سطوح میانی پوسته تا دگرسانی سیلیسی، سرسیتی و تورمالینی در قسمت‌های فوقانی تر کانسار را به نمایش می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: دگرسانی، متاسوماتیت، کانی زایی، شیطور، بافق، کمربند سنگ‌آهن ایران مرکزی

مقدمه

قسمت ایرانی کمربند کوهزایی آلپ-هیمالیا با توجه به موقعیت خاص خود در بین اوراسیا و گندوانا شرایط مناسبی را برای تشکیل و تمرکز مواد معدنی را دارا بوده است (Ghorbani.,2013). وجود هشت ایالت فلز زایی با تنوع گسترده کانی زایی همراه باوجود ذخایر بزرگ مس، سرب و روی و آهن مؤید این ادعا می‌باشد. یکی از مهم‌ترین زون‌های فلز زایی در پوسته ایران کمربند سنگ‌آهن ایران مرکزی می‌باشد که دارای ذخیره‌ای بیش از ۲ میلیارد تن بوده و دربردارنده مهم‌ترین کانسارهای سنگ‌آهن ایران شامل کانسارهای بافق، چغارت، چادرملو، چاه گز، اسفوردی، ناریگان، گزستان و شیطور می‌باشد (Torab., 2008).. یکی از کانسارهای مهم در کمربند سنگ‌آهن ایران مرکزی آنومالی 5A یا VI می‌باشد که دربردارنده دو کانسار آهن- آپاتیت گزستان و مگنتیت شیطور می‌باشد. کانسار آهن شیطور با ذخیره بالغبر ۶۵ میلیون تن یکی از ذخایر مهم در این کمربند می‌باشد که به دلیل عمیق بودن کانه زایی و محدود بودن رخنمون سطحی تاکنون از دیدگاه مطالعات زمین‌شناسی

اقتصادی موردمطالعه قرار نگرفته است. در این راستا و به‌منظور هدف این نوشتار بررسی زون‌ها دگرسانی و کانه زایی در کانسار سنگ‌آهن شیطور با استفاده از مطالعات سنگ‌نگاری و نتایج به‌دست‌آمده از پراش اشعه ایکس می‌باشد.

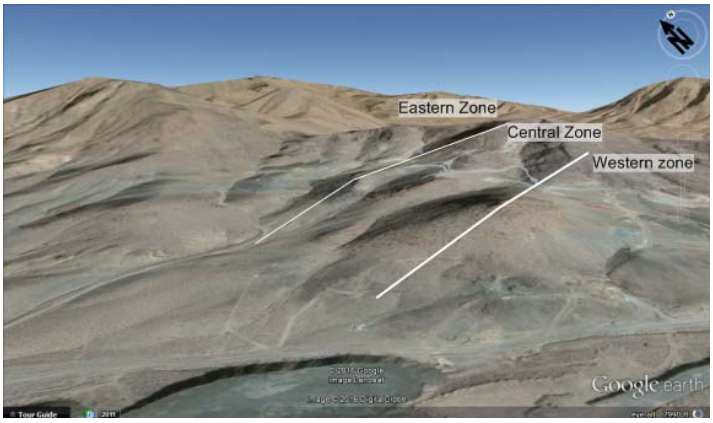
جایگاه زمین‌شناسی

کانسار سنگ‌آهن شیطور در ۷۸ کیلومتری خاور شهرستان بافق و ۷۵ کیلومتری معدن سنگ‌آهن چغارت در محدوده طول جغرافیایی ۵۵ ۵۶ تا ۵۵ ۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ ۳۸ تا ۳۱ ۴۰ شمالی ، بخشی از بلوک پشت بادام در ایران مرکزی می‌باشد که در قسمت خاوری زون تکتونیکی کاشمر-کرمان واقع‌شده است. بر اساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ راور (Huckriede and Kursten 1962) بخش عمده این کانسار از مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی-آتشفشانی متعلق به سری ریزو و دزو و شامل سنگ‌های آتشفشانی، توده‌های نفوذی، توف همراه با سنگ‌های متاسوماتیتی شده، ماسه‌سنگ، آهک، دولومیت و رسوبات آبرفتی جوان تشکیل‌شده است.

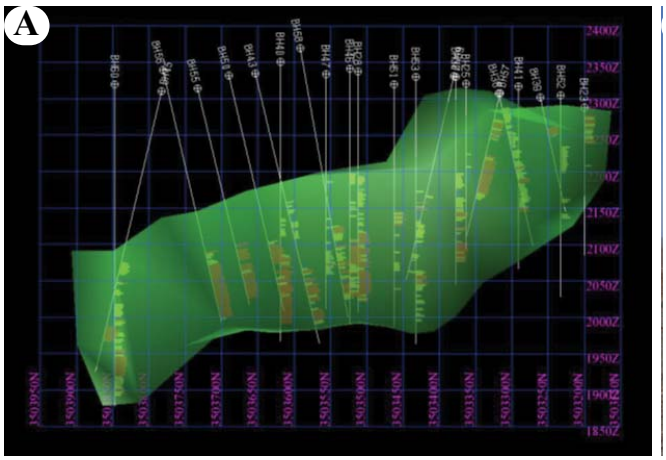
کانه زایی

کانی‌سازی در کانسار سنگ‌آهن شیطور شامل اکسیدهای آهن به فرم مگنتیت و هماتیت همراه با کانی‌های آپاتیت، پیریت، کلسیت، کوارتز و کلریت می‌باشد. این کانسار با ذخیره‌ای بالغبر ۶۵ میلیون تن بر اساس رخنمون ماده معدنی از سه توده سنگ‌آهن شرقی (مایل به شمال) و توده سنگ‌آهن مرکزی و همچنین توده سنگ‌آهن غربی (مایل به جنوب) تشکیل‌شده است (شکل ۳-۱) امتداد هر سه توده، NW-SE می‌باشد. سنگ‌های متاسوماتیتی سبزرنگ به‌عنوان میزبان کانی زایی سنگ‌آهن در کانسار شیطور می‌باشند.

نتایج به‌دست‌آمده از حفاری گمانه‌های اکتشافی در پروفایل منظم نشانگر پیکره اصلی ماده معدنی در زون مرکزی به فرم توده پاکت مانند با امتداد NW-SE و با شیب متمایل جنوب غرب می‌باشد (شکل ۳-۲). پیکره ماده معدنی اصلی عمدتاً از مگنتیت توده‌ای همراه با بلورهای آپاتیت تشکیل‌شده و ضخامت کل زون آهن‌دار در گمانه SH-60 به ۱۰۸ متر می‌رسد وجود گسل‌هایی با روندهای مختلف و بخصوص با روند NW-SE سبب افتادگی و جابجایی‌های مختلف در واحدهای سنگی منطقه شده است. همچنین به نظر می‌رسد که وجود گسل‌های دارای روند NW-SE تأثیر زیادی در شکل‌گیری کانسار داشته باشند. مطالعات لاگ های حفاری‌شده نشان می‌دهند که سنگ میزبان کانی زایی سنگ‌های دگرسان شده موسوم به متاسوماتیت ها می‌باشند(شکل۳-۴). کانه زایی در مرز بین سنگ‌های آتشفشانی دگرسان شده سری ریزو موسوم به متاسوماتیت و توده‌های نفوذی گرانیتی رخ‌داده است. بررسی توالی عمودی لاگ ها مخصوصاً گمانه SH-60 نشان می‌دهد که در تمامی لاگ ها در عمق بیش از ۴۵۰ متری زون متاسوماتیت باکانی سازی جزئی و درنهایت به متاسوماتیت بدون کانی زایی تبدیل می‌شوند (شکل۳-۴). زون‌های کانی زایی شده به‌صورت لایه‌های مگنتیت –هماتیتی همراه با آپاتیت، مگنتیت توده‌ای، مگنیت کم‌عیار تقسیم می‌شوند. کانسنگ بر اساس وجود آپاتیت و مقدار آن به دو نوع کانسنگ مگنتیتی و کانسنگ مگنتیت-آپاتیتی تقسیم می‌شود. ازنظر شکل و فرم کانه زایی انواع مختلف کانه زایی شامل کانی‌سازی توده‌ای، برشی و استوک‌ورک می‌باشد.



شکل ۲– نمایی از موقعیت زون‌های کانه دار در کانسار شیطور



شکل ۳- A–مدل سه‌بعدی از پیکره کانه دار اصلی در محدوده زون آهن دار مرکزی در کانسار شیطور . B– نمایی از زون آهن‌دار غربی و راندگی لایه‌های آهکی بر روی رخنمون مگنتیتی و متاسوماتیت‌ها

دگرسانی در کانسار شیطور

دگرسانی در کانسار شیطور وسعت زیادی داشته و سنگ‌های دربرگیرنده و کانسنگ را به‌شدت تغییر داده است. در سنگ‌های اطراف کانسار اثرات دگرسانی‌های بسیار شدید و متنوعی دیده می‌شود به‌طوری‌که تشخیص نوع سنگ و کانی‌های اولیه را مشکل می‌سازد. به این سنگ‌های به‌شدت دگرسان شده متاسوماتیت گفته می‌شود. سنگ‌هایی که عمل متاسوماتیسم بر روی آن‌ها انجام‌گرفته شامل سنگ‌های آذرین (گرانیت پورفیر تا آندزیت) می‌باشند. از کانی‌های مهم حاصل از متاسوماتیسم می‌توان به آلبیت با ماکل شطرنجی، اپیدوت، تورمالین، کلریت، اکتینولیت، بیوتیت سبز، کلسیت، آپاتیت و کوارتز اشاره کرد. کربناتی شدن، سیلیسی شدن و تورمالینی شدن، تشکیل آپاتیت مهم ترین متاسوماتیسم در منطقه می‌باشد. سنگ‌های آذرین میزبان کانسنگ، تحت تأثیر چند نوع متاسوماتیسم قرارگرفته‌اند، که مهم‌ترین آن‌ها متاسوماتیسم سدیمی (آلبیتی) و کلسیمی (اکتینولیتی) است. ارتباط بین متاسوماتیزم و کانه زایی آهن در شیطور موضوع بحث‌برانگیزی است. شواهد صحرایی و مطالعات سنگ‌شناسی نشان می‌دهند که نخست متاسوماتیسم سدیمی (آلبیتی) رخ‌داده و در ادامه، با ورود سیالی غنی از

کلسیم و آهن، متاسوماتیسم اکتینولیتی پدید آمده است. وجود بافت‌های هم رشدی اکتینولیت- اکسید آهن، و نیز قطع‌شدگی کانی‌های آلبیت و اکتینولیت به‌وسیله اکسیدهای آهن (اغلب مگنتیت) نشان می‌دهد که کانه زایی آهن، هم‌زمان با متاسوماتیسم اکتینولیتی و پس‌ازآن رخ‌داده است. طی این مراحل و در اعماق کمتر، دگرسانی‌های کربناتی و سیلیسی را مشاهده می‌کنیم، که نسبت به دو دگرسانی دیگر از شدت و وسعت کمتری برخوردار هستند. به‌طورکلی با توجه به بررسی‌های صحرایی و مطالعات میکروسکوپی سه نوع دگرسانی در کانسار قابل‌مشاهده است. ۱- دگرسانی اولیه (آلبیتی شدن)، ۲- دگرسانی اصلی (فلوگوپیتی و آمفیبولی شدن) و ۳- دگرسانی تأخیری (سرسیتی و سرپانتینی شدن). این دگرسانی‌ها را می‌توان از عمق به سطح به ترتیب زیر مشاهده کرد: ۱- دگرسانی سدیمی (آلبیتی)- کلسیمی (اکتینولیتی) در مناطق عمیق، ۲- دگرسانی پتاسیمی در مناطق میانی ۳- دگرسانی سرسیتی در مناطق سطحی که در بخش‌های بسیار سطحی سیلیسی شدن هم دیده می‌شود. این الگوی دگرسانی با دگرسانی‌های مشاهده‌شده در ذخایر IOCG و کایرونا (Hitzman etal,1992) مطابقت دارد. به‌طورکلی دگرسانی‌های زیر در کانسار شیطور قابل‌مشاهده هستند.

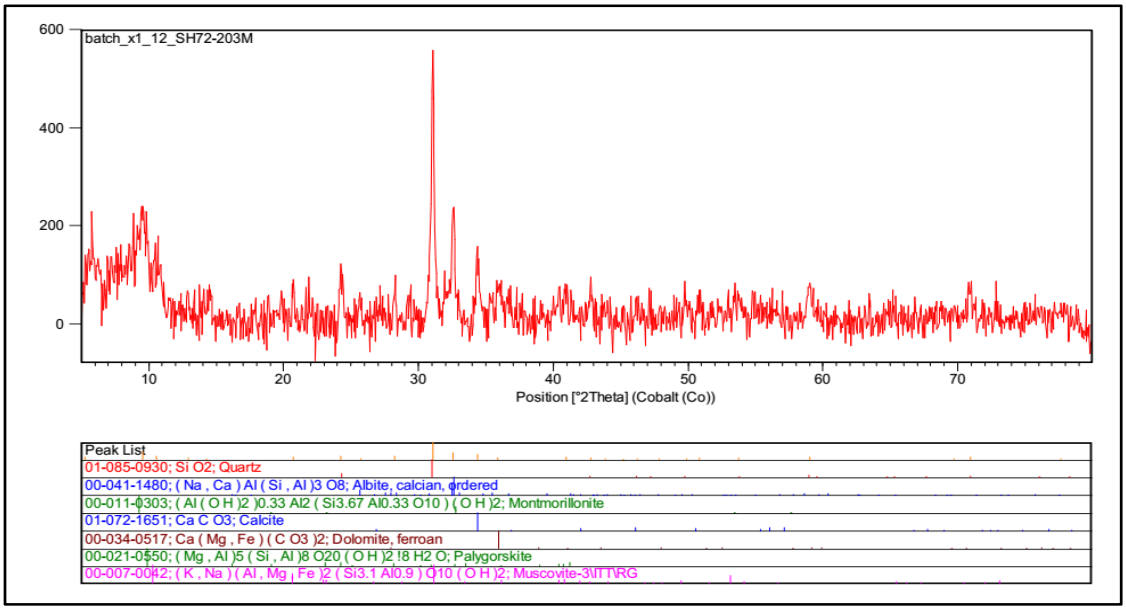
interval	Lithology	Lithology
0-4		alluvium
4-92		green Tuff
92-165.3		limestone
165.3-180.3		altered sandstone and breccia
180.5-195.5		breccia zone
195.5-218.5		altered tuff and metasomatited
218.5-242		metasomatite
242-244		low grade magnetite in metasomatite
244-301		Tuff with limestone
301-316		low grade magnetite zone with Phosphate
316-322		low grade magnetite in metasomatite
322-328		magnetite with Phosphate
328-343		Metasomatite with minor magnetite
343-364		low grade magnetite
364-427		high grade Magnetite and hematite with Phosphate
427-440.6		Metasomatite with minor magnetite

شکل۴- ستون چینه‌شناسی عمقی کانسار شیطور بر اساس گمانه شماره SH-60 . ضخامت لایه آهن‌دار زیرین به بیش از ۸۴ متر می‌رسد.

دگرسانی سدیک

سنگ‌های سبز موسوم به متاسوماتیت سنگ میزبان اصلی کانسار شیطور را تشکیل می‌دهند. مطالعه ترکیب کانی‌شناسی این سنگ‌ها با استفاده از روش پراش اشعه ایکس (XRD) نشان می‌دهد که این سنگ‌ها از مجموعه‌ای کانی‌ها شامل آلبیت، کلریت مگنتیت و کانی‌های رسی تشکیل‌شده است (شکل ۵). به‌طورکلی رخداد دگرسانی سدیک با رخداد آلبیت±مگنتیت در سنگ‌های مجاور زون کانه دار و همچنین بصورت بلورهای آلبیت شطرنجی در سنگ‌های نیمه نفوذی یافت می‌شوند پلاژیوکلاز در سنگ‌های آتشفشانی به آلبتیت نیز تبدیل‌شده

است (شکلA۶). بارتون و جکسون[1] (۱۹۹۶) پیشنهاد کردند که چرخش شورابه های نمک‌دار مشتق از لایه‌های تبخیری نقش مهم را در جدایش آهن و فلزات پایه از سنگ میزبان و توسعه دگرسانی سدیک و سدیک-کلسیک دارند. دگرسانی سدیک معمولاً در ترازهای عمیق کانسارهای اکسید آهن ظاهر می‌گردد. این دگرسانی غنی از آلبیت است. نوع و شدن دگرسانی و پاراژنز کانی‌های همراه بستگی به ترکیب اولیه سنگ دیواره و عمق کانسار دارد (Hitzman et al.,1992).



شکل۵-. الگوهای XRD برای نمونه‌های متاسومتیتی کانسار شیطور نمونه اولی مربوط به عمق گمانه SH-72 و عمق لاگ می‌باشد

دگرسانی سدیک-کلسیک

دگرسانی سدیک- کلسیک با رخداد وسیع آمفیبول و کلریت در سنگ دیواره کانسار شیطور و به‌صورت محدودی مشاهده می‌گردد. در کانسار شیطور دگرسانی سدیک- کلسیک به‌وسیله جانشینی آلبیت±اپیدوت±اکتینولیت± هماتیت و تیتانیت پرکننده فضاهای خالی در بین زون کانی زایی آهن یافت می‌شوند (شکلB۶). اکتینولیت به‌صورت فیبری، دانه‌ریز و شعاعی وبه طور محلی همراه با آلبیت یافت می‌شوند. دگرسانی سدیک-کلسیک در سطوح عمیق‌تر کانسار روی‌داده و گسترش آن نسبت به دگرسانی سدیک محدود هست. اکتینولیت علاوه بر این به‌صورت پچ هایی یا پیکره‌های توده‌ای در سنگ‌های کربناته (مخصوصاً دولومیت‌ها) و در اثر متاسوماتیزم هیدروترمال یافت می‌شود. بر اساس مطالعات پتروگرافی مجموعه کانی‌های آمفیبول، آلبیت، اپیدوت، هماتیت، کلریت و کلسیت، مهم‌ترین پاراژنز کانی‌های ناشی از دگرسانی سدیک- کلسیک در کانسار شیطور محسوب می‌شوند. آمفیبول، رایج‌ترین کانی سیلیکاته است که به‌صورت شکل دار تا نیمه شکل دار، همراه با آپاتیت - مگنتیت و یا به‌صورت ادخال‌های سوزنی درون کلسیت و کوارتزهای تأخیری، مشاهده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که در زون دگرسانی سدیک سیال ازلحاظ عناصر فلزی فرو شارژ می‌شود درحالی‌که در نقاطی که دگرسانی سدیک-کلسیک با ماتریکسی برشی از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن همراه است، سیال ازلحاظ

[1] Barton and Jackson

عناصر فلزی تخلیه می‌گردد (Barton and Jackson. , 2004). این امر در کانسار شیطور هم به‌وضوح قابل‌رؤیت است که آمفیبول های نوع اکتینولیت در درون ماده معدنی مشاهده می‌شوند.

دگرسانی سرسیتی شدن

سریسیتی شدن یکی از گسترده‌ترین انواع دگرسانی در کانسار شیطور می‌باشد. سرسیت به‌صورت غباری بر روی کانی پلاژیوکلاز دیده می‌شود (شکل۶C). در برخی از قسمت‌ها سرسیت به‌صورت بخشی و گاهی به‌صورت کامل جانشین پلاژیوکلاز شده است . تبلور مجدد سرسیت نشان‌دهنده تأثیر محلول‌های گرمابی بر سنگ میزبان می‌باشد.

دگرسانی کربناتی شدن

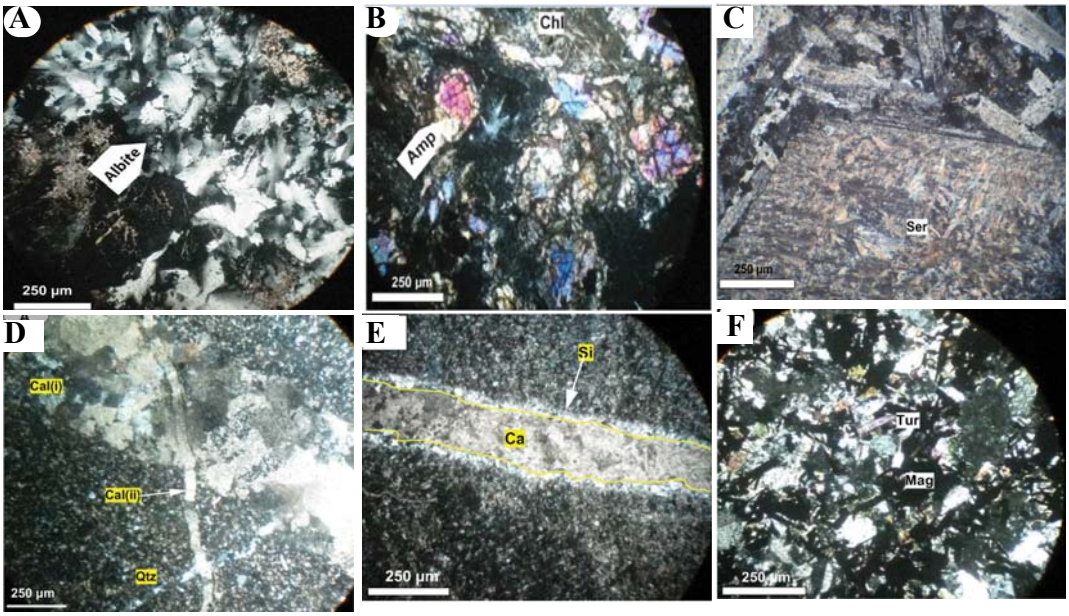
این نوع دگرسانی به‌طور گسترده در یک مرحله تأخیری در کانسنگ و سنگ میزبان به شکل پراکنده، رگه‌ای و رگچه‌ای و فراگیر در منطقه عملکرد داشته است (D۶). معمولاً مجموعه کربناتی، سنگ میزبان و کانسنگ را پوشانده و در برگرفته است. شدت کربناتی شدن به سمت کانی زایی افزایش می‌یابد. این دگرسانی در برخی از موارد بافت سنگ‌های آتشفشانی و نیمه آتشفشانی و کانسنگ را پوشانده به‌طوری‌که فقط آثاری از کانی اولیه باقی‌مانده است. در برخی از قسمت‌ها تحت تأثیر دگرسانی کربناتی آپاتیت ها تحت واکنش زیر به کلسیت تبدیل‌شده‌اند.

دگرسانی سیلیسی شدن

دگرسانی سیلیسی شدن از دیگر آلتراسیون‌های هست که واحدهای سنگی کانسار شیطور را تحت تأثیر قرار داده است. این دگرسانی و در اکثر سنگ‌های میزبان و کانسنگ مشاهده می‌شود (شکل E۶). دگرسانی سیلیسی شدن به‌صورت رگه –رگچه ای و پرکننده حفرات و یا تجمعات سیلیسی رخ‌داده است. مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی مانند قطع‌شدگی رگه‌های کربناته و ماده معدنی توسط رگه‌های سیلیسی حاکی از آن است که فرایند دگرسانی سیلیسی شدن بعد از دگرسانی کربناته شدن روی‌داده است. در بعضی از مقاطع سیلیس در پیرامون رگه‌های کلسیتی تشکیل‌شده است (شکل E۶).

دگرسانی تورمالینی شدن

این دگرسانی به‌صورت بیشتر به شکل نیمه‌شکلدار، ستونی (متوسط تا ریزبلور،) مستطیلی شکل و شعاعی در سنگ‌های اسیدی دیده می‌شود(شکل F۶). تورمالینی‌شدن با سیلیسی شدن ارتباط و نزدیکی خاصی داشته و معمولاً به شکل پراکنده در فضاهای خالی سنگ و همراه با رگچه‌های سیلیسی دیده می‌شود.



شکل ۶- A- نمایی از تصویر میکروسکوپی از رشد مجدد بلور آلبت در سنگ‌های آتشفشانی B- تصویری از بلورهای آمفیبول از نوع ترمولیت-اکتینولیت در درون ماده معدنی C- تصویری میکروسکوپی از دگرسانی سرسیتی در سنگ های آتشفشانی. D- تصویری میکروسکوپی از دگرسانی کربناتی در نمونه‌های کانسار شیطور با توجه تصویر دو فاز کربناتی شدن قابل‌مشاهده است.E - رگه کربناته سیلیسی در نمونه‌های کانسار شیطور. F- تصویری میکروسکوپی از دگرسانی تورمالینی در نمونه‌های کانسار شیطور.

نتیجه‌گیری

کانسار شیطور با ذخیره‌ای بالغبر ۶۵ میلیون تن از سه توده سنگ‌آهن شرقی (مایل به شمال) و توده سنگ‌آهن مرکزی و همچنین توده سنگ‌آهن غربی (مایل به جنوب) تشکیل‌شده است امتداد هر سه توده، NW-SE هست. کانه زایی عمدتاً به فرم رگه‌ای و توده‌ای در درون متاسوماتیت‌ها و مخصوصاً در محل برخورد توده‌های گرانیتی با این سنگ‌ها روی‌داده است. توالی ستبری از سنگ‌های آتشفشانی رسوبی سری ریزو متشکل از داسیت، ریولیت، آندزیت و توده‌های نفوذی سنگ میزبان این کانسار را تشکیل می‌دهند. توده‌های ساب‌ولکانیک گرانیتی کالک‌آلکالن به سن کامبرین زیرین، توالی‌های آتشفشانی -رسوبی نفوذ و سبب دگرسانی آن‌ها و تبدیل آن‌ها به سنگ‌های سبز موسوم به متاسوماتیت شده است. بررسی زون‌های دگرسانی این کانسار نشان می‌دهد که سیستم دگرسانی شیطور یکی از مهم‌ترین الگوهای دگرسانی را درمیان ذخایر سنگ‌آهن منطقه بافق دارا می‌باشد. سنگ میزبان در این کانسار از توالی منظمی از سنگ‌های سبز موسوم به متاسوماتیت می‌باشد که از دگرسانی سنگ‌های آتشفشانی و نیمه آتشفشانی تشکیل‌شده است. فرایند دگرسانی بسیار متنوع بوده و یک گذر از دگرسانی سدیک (غنی در آلبیت) در سطوح عمیق‌تر پوسته به دگرسانی پتاسیک (پتاسیم فلدسپار + سرسیت) در سطوح میانی پوسته تا دگرسانی سیلیسی، سرسیتی و تورمالینی در قسمت‌های فوقانی تر کانسار را به نمایش می‌گذارد

منابع:

Barton, M. D., and Johnson, D. A., 1996, Evaporitic-source model for igneous-related Fe oxide-(REE-Cu-
Au-U) mineralization: Geology (Boulder), v. 24, p. 259-262
Huckriede,R. and kurestan ,M. ,1962,Zur geologie des Gebetes Zwichen kerman and saghand(Iran),Geol.Jahrb.Beif51,197p.

Hitzman W.M, Oreskes N., Einaudi M.T.,"geological characteristics and tectonic setting of protrozoic Iron Oxide (Cu-U-Au-REE) deposits",precamb. Res., 58,(1992), 241-287
Ghorbani, M., 2013, The Economic Geology of Iran (Mineral Deposits and Natural Resources).Springer, Netherlands, 569p
Torab, F.M.,2008, Geochemistry and metallogeny of magnetite-apatite of Bafq mining districts, Central Iran, PhD thesis in Clausthal universty of technology.