بررسی مهم ترین انواع بافت وساخت کانسارهای کرومیت درمناطق گفت وفرومد سبزوار

نوشته: حمیدرضاوطن پور* و دکترعلیجان آفتابی**

TEXTURAL AND STUCTURAL INVESTIGATION ON THE CHROMITE DEPOSITS IN GAFT AND FOROMAD AREAS , SABZEHVAR

BY: H.R.VATAN POUR * AND Dr.A.AFTABI**

Abstract

This paper deals with on the most important kind of stuctures and textures of the chromite deposits in Goft and Foromad areas of Sebzehvar for the first time. The area under investigation is situated in the most westerly part of Sebehvar Ophiolitic Belt and north- west of the town of Sebzehvar. It consists of several pencil-shaped, lenticular and layerd chromite deposits, with varying dimensions, in serpentinized ultrabasic rocks, most of which are sepentinized harzburgite.

With regards to the results obtained from this investigation, the structure and texture present in the area may be divided into two principal groups:

1. Initial textures and structures.

2. Secondary textures and structures.

Among the most important initial structures and textures, one may hint at, their scattered, reacting, accumulating, inter - accumulating, reticulate, vermicular, nodular, skeletal, massive, dense, banded and cross-bedded properties. Whereas, the secondary textures and structures constiutes various types of strains,cataclastics,mylonitization, brecciation, folding and faulting and ultimately supergene and island-like.

The initial textures and structures, all are resulted from crystallization, accumulation and precipitation of chromite accompanied with silicates of olivine and pyroxene, at various stages of crystallization and basaltic magma. While the secondary ones are formed from deformation and contortion caused by tectonic and non-tectonic phenomena.

Thus, the above-mentioned points are of utmost importance in exploration and exploitation of chromites.

* Ministry of Education, District One, Mashhad

** Department of Geology, University of Shahid Bahonar, Kerman

* آموزش و پرورش ناحیهٔیک مشهد.

** بخش زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

چکیده

این مقاله برای نخستین بار به بررسی مهم‌ترین انواع بافت و ساخت در کانسارهای کرومیت مناطق گفت و فرومد سبزوار می‌پردازد. مناطق معدنی مورد بررسی در باختری‌ترین بخش رشته افیولیتی سبزوار و در شمال باختری شهرستان سبزوار واقع است و شامل تعداد زیادی از کانسارهای کرومیت لایه‌ای، عدسی و مدادی شکل با ابعاد متفاوت در سنگهای فوق بازیک سرپانتینی شده (بیشتر هارزبورژیت سرپانتینی شده) می‌باشند.

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، بافت و ساختهای موجود در منطقه را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم کرد:

۱- بافت و ساختهای نخستین ۲- بافت و ساختهای دومین

از مهم‌ترین بافت و ساختهای نخستین می‌توان به انواع پراکنده، واکنشی، تجمعی و بهن تجمعی، مشبک، کرمی‌شکل، همرویشی، دودولار، اسکلتی، توده‌ای و متراکم، نواری و لایه‌بندی متقاطع و از بافت و ساختهای دومین به انواع کششی، کاتاکلاستیکی، میلونیتی، برشی، چین‌خورده و گسلیده و نهایتاً سوپرژن و جزیره‌ای اشاره کرد.

بافت و ساختهای نخستین همه حاصل تبلور، تجمع و ته‌نشینی کرومیت همراه با سیلیکاتهای اولیوین و پیروکسن در مراحل مختلف تبلور، ماگمای بازالتی و انواع دومین از تغییر شکل و درهم‌ریختگی آن‌ها زیر اثر پدیده‌های تکتونیکی و غیر تکتونیکی بوجود می‌آیند. این امر در اکتشاف و استخراج کرومیتها دارای اهمیت بسیار است.

مقدمه

تا کنون بررسی کامل و جامعی در باره بافت و ساخت موجود کانسارهای کرومیت ایران و از جمله منطقه مورد نظر صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت این مطالعات در ارائه مدل تشکیل کانسارهای کرومیت و کاربرد آن در اکتشاف و استخراج منابع کرومیت، در این مقاله به بررسی و معرفی مهم‌ترین بافت و ساخت‌های موجود در کانسارهای کرومیت منطقه سبزوار می‌پردازیم.

موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد بررسی به وسعت ۶۲۰ کیلومتر مربع در شمال استان خراسان و شمال باختری شهرستان سبزوار به مختصات جغرافیایی ۴۰° ۵۶ و ′ ۰۲ °۵۷ طول خاوری و ′ ۳۰ °۳۶ و ′ ۴۰ °۳۶ عرض شمالی واقع است. بلندی متوسط منطقه از سطح دریا حدود ۱۸۰۰ متر بوده و ناحیه به‌طور کامل کوهستانی می‌باشد که از شمال و جنوب به دو دشت وسیع محدود است (شکل ۱).

موقعیت زمین‌شناسی

رشته افیولیتی سبزوار در شمال شهرستان سبزوار به‌طول تقریبی ۲۰۰ کیلومتر و عرض متوسط ۲۵ کیلومتر در خاور زون سبزوار (زون کویر) و منطقه مورد مطالعه در باختری‌ترین بخش این رشته در ناحیه گفت و فرومد جای دارد (شکل ۱).

شکل ۱- پراکندگی مجموعه های افیولیتی و مهمترین کانسارهای کرومیت ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه (وطن پور ۱۳۷۰)

◎ معادن فعال

○ پتانسیل های کرومیت

✱ منطقه مورد مطالعه

زمین‌شناسی واحدها و مناطق کرومیت‌دار

از عمده‌ترین و قدیمی‌ترین واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه، واحدهای مربوط به‌سری افیولیتی با سن کرتاسه بالا است که از نظر سنگ‌شناسی شامل دونیت و پریدوتیت‌های (هارزبورگیت) سرپانتینی شده، گابرو همراه با دایکهایی از میکروگابرو با آثار دگرگونی، دایکهای دیابازی، سنگهای آتش‌فشانی زیردریایی دگرسان شده و در پاره‌ای نقاط همراه با آهکهای چرتی دارای گلوبوتورنکانا پوشیده شده با آهکهای نومولیتدار ائوسن می‌باشند (Bernardt, 1983, Alavi Tehrani, 1977).

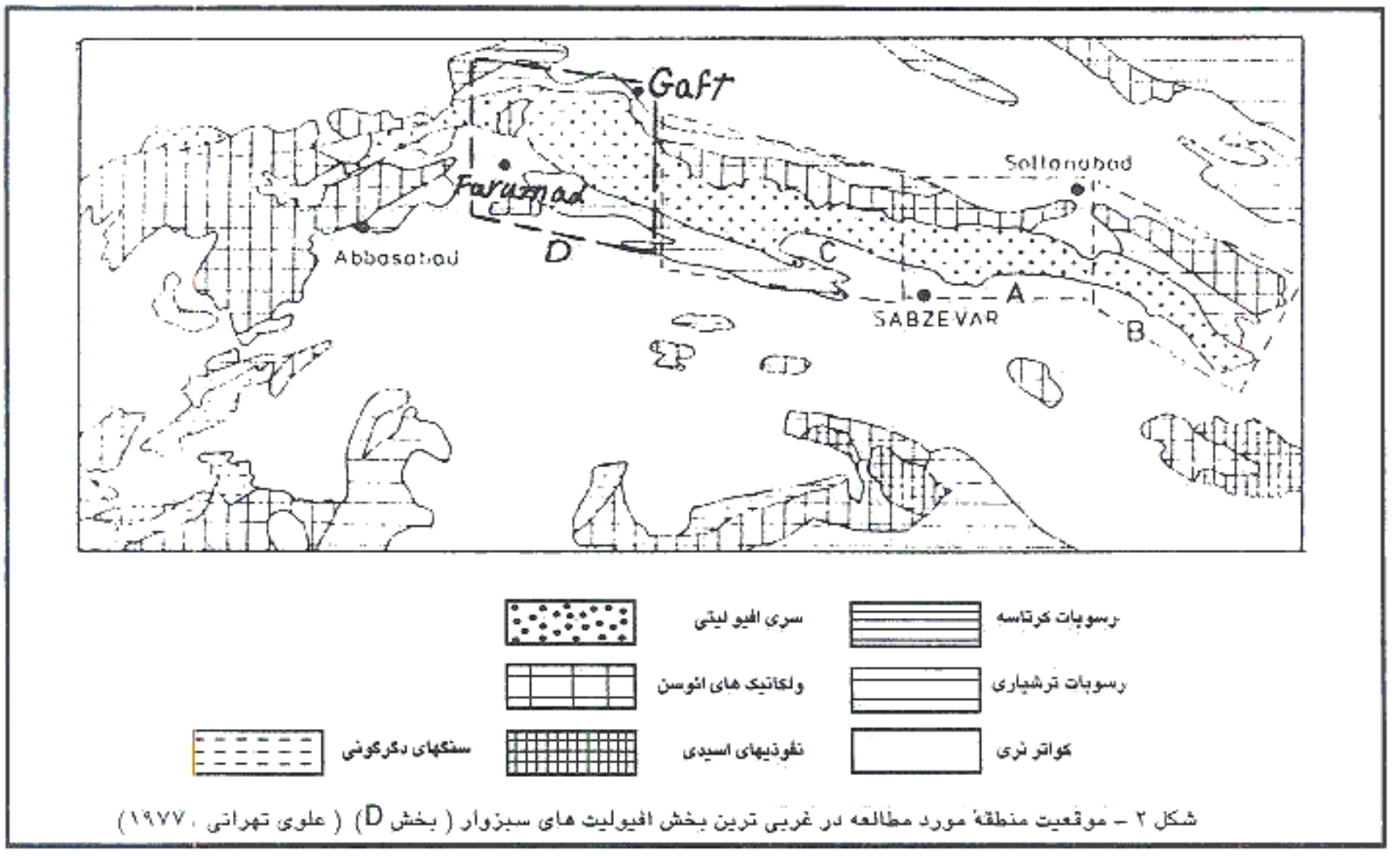
مجموعهٔافیولیتی در برخی مناطق توسط کنگلومرای قرمز رنگ شامل قطعاتی از سنگهای افیولیتی و آهکهای نومولیتدار با سن ائوسن پوشیده شده است. ضخامت زیادی از سنگهای ولکانیکی رسوبی مربوط به پالئوژن در بخش‌هایی از شمال منطقه (ناحیهٔگفت) همراه با مارن و سنگ‌آهکهایی با اثرات دگرگونی برجا دیده می‌شود. گنبدهای ولکانیکی، تیمه ولکانیکی با ترکیب داسیتی و آندزیتی حاصل فعالیتهای ولکانیکی در تمام منطقه بویژه بخش‌های جنوبی پراکنده‌اند.

همبری میان سنگهای مجموعه افیولیتی با واحدهای جوان‌تر ولکانیکی- رسوبی بیشتر گسله‌های با روند خاوری- باختری بوده و در امتداد این گسله‌ها ملانژهای تکتونیکی تشکیل شده‌اند. از آنجا که در میان ملانژها قطعاتی از کنگلومرای قرمزرنگ و آهکهای نومولیتدار یافت می‌شود سن آن‌ها حداکثر تا اوائل ائوسن ذکر شده است (Baroz et al., 1983 و Alavi Tehrani, 1977). افزون بر این گسله‌هایی با امتداد تقریبی شمالی- جنوبی نیز وجود دارند که سبب تشکیل آبراهه‌هایی در همین امتداد و جابجایی توده‌های کرومیت شده‌اند. (شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد).

کانسارهای کرومیت بیشتر به شکل لایه‌های ناپیوسته، عدسی و مدادی شکل بوده و بیشتر دارای امتدادی موافق با روند عمومی ناحیه (خاوری- باختری) می‌باشد. این کانسارها در واحدهای فوق بازی سرپانتینی شده مربوط به مجموعه افیولیتی (هارزبورگیت‌های سرپانتینی شده) قرار دارند.

سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی واحدهای کرومیت‌دار

کانسارهای کرومیت بیشتر در واحدهای سنگی فوق بازی



شکل ۲ – موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در غربی ترین بخش افیولیت های سبزوار (بخش D) (علوی تهرانی ، ۱۹۷۷)

سنگ و کانی های اولیه	کانیهای موجود	ماگمایی	دگر سانی	دگرگونی	هوازدگی
	کرومیت				
هارزبورگیت	فریت کرومیت				
اولیوین ۷۰-۹۰ درصد	اولیوین				
ارتوپیروکسن ۳۰-۲۵ درصد	ارتوپیروکسن				
کلینو پیروکسن ۳۵ درصد	سرپانتینین :				
کرومیت ۱۰-۵ درصد	آنتی گویت				
دونیت:	لیزاردیت				
اولیوین ۱۰۰-۶۵ درصد	کریزوتیل				
ارتوپیروکسن ۵-۲ درصد	کلریت				
کرومیت	تالک				
	کلسیت				
	منیزیت				
	مگنتیت				
	هماتیت				
	لیمونیت				

جدول ۱ – پاراژنز و ترکیب کانی شناسی اولیه و کانی های حاصل از دگرسانی ، دگرگونی و هوازدگی در سنگ های فوق بازی منطقه

سرپانتینی شده مربوط به مجموعه افیولیتی قرار دارند. این واحدها به‌طور اساسی شامل دونیت و هارزبورگیت بوده و کانی‌های نخستین آن‌ها (اولیوین و پیروکسن) زیر تاثیر دگرسانی، دگرگونی و هوازدگی کانی‌های دومین را تشکیل داده‌اند. (جدول ۱ ترکیب کانی‌شناسی این واحدها را نشان می‌دهد).

بافت و ساخت کرومیت‌ها در منطقه

ذخایر کرومیت بیشتر خاستگاه ماگمایی داشته و با فرآیندهای تبلور و ته‌نشینی ماگما در پیوند مستقیم می‌باشند. وجود بافت و ساخت‌های نخستین ماگمایی همان‌گونه که در سنگ‌های آذرین یافت می‌شوند، در چنین ذخایری بسیار معمول و متداول است. لکن از آنجا که ذخایر کرومیت و به‌ویژه ذخایری که خاستگاه آن‌ها پوسته‌های اقیانوسی و به عبارتی مجموعه‌های افیولیتی می‌باشند، بعد از تشکیل دستخوش تغییر و تحولات و جابجاشدگی تکتونیکی و غیرتکتونیکی می‌گردند بسیاری از بافت‌ها و ساخت‌های نخستین آن‌ها تغییر یافته و از میان می‌روند و بافت و ساخت‌های جدیدی که حاصل این تحولات است در آن‌ها ظاهر می‌شود. در منطقه مورد بررسی شواهد آشکار و کاملی از هر دو نوع بافت و ساخت یاد شده وجود دارد که در این بخش به بررسی و پیوند آن‌ها با یکدیگر می‌پردازیم.

بافت و ساخت‌های نخستین ماگمایی

۱- بافت افشان

این بافت به فراوانی مشاهده می‌شود و در آن دانه‌های کرومیت به شکل تک و یا اجتماعی از چند بلور شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار توسط کانی‌های سیلیکاته همچون اولیوین و پیروکسن و بیشتر توسط فراورده‌هایی از دگرسانی آن‌ها مانند سرپانتین از نوع لیزاردیت و کریزوتیل کاملاً در برگرفته شده‌اند. اندازه دانه‌های کرومیت و فراوانی آن‌ها، بسیار متفاوت است و از اندازه‌های غیرقابل مشاهده در نمونه دستی تا دانه‌های ۳ میلی‌متری در زمینه‌ای از کانی‌های سیلیکاتی وجود دارند. فراوانی دانه‌ها از ۰/۱ تا ۲۰ درصد سنگ تغییر می‌کند. این بافت نیز توسط Duke (1990) در کانسارهای کرومیت مناطق دیگر دنیا گزارش شده است.

دانه‌های تک کرومیت بیشتر در بین دانه‌های درشت پیروکسن و اولیوین دگرسان شده جای دارند و ذرات بسیار ریز کرومیت بیشتر در زمینه کانی‌های بزرگتر سیلیکاتی پخش است. در بسیاری موارد کرومیت در سطوح رخ پیروکسن‌ها جایگزین شده است و به موازات این سطوح نیز جهت‌گیری نشان می‌دهد. هم‌چنین کرومیت به شکل پویکی‌لیتی در زمینه‌ای از کانی‌های سیلیکاتی نیز به چشم می‌خورد است.

در بیشتر نمونه‌ها بافت افشان به همراه سایر بافت‌ها یافت می‌شود و در بعضی موارد تنها بافت موجود است. کانی‌های عمده‌ای که کرومیت را همراهی می‌کنند لیزاردیت، کریزوتیل، تالک و بقایایی از اولیوین و ارتوپیروکسن می‌باشند.

بررسی بافت افشان و ارتباط بلورهای کرومیت و سیلیکاته‌ها نشان‌دهنده تبلور هم‌زمان این کانی‌ها در نخستین مراحل تبلور ماگما، زمانی که ترکیب ماگما بر روی خط کتکتیک (catectic line) اولیوین–کرومیت حرکت می‌کند، می‌باشد. در ضمن ادامه فرآیند تفکیک و تبلور، کانی‌های سیلیکاتی و کرومیت رشد یافته و بزرگتر می‌شوند. وجود کرومیت در میان رخ‌های پیروکسن‌ها نیز گواه بر هم‌زمانی تشکیل این دو کانی می‌باشد. در صورتی که هسته‌های نخستین کرومیت تشکیل شده کم و فاصله آن‌ها از یکدیگر زیاد باشد و این هسته‌ها فرصت ته‌نشینی و تجمع در کف انبار ماگمایی و یا هم‌گرایی و تشکیل بلورهای بزرگتر را نداشته باشند و ماگما در همین حالت سرد و منجمد گردد، بافت سنگ حاصل

به‌صورت پراکنده خواهد بود. هم‌چنین دانه‌های بسیار ریز کرومیت که همزمان با بلورهای اولیوین و پیروکسن تبلور می‌یابند در داخل این فازهای جامد به دام افتاده و همزمان با آن‌ها نیز ته‌نشین می‌شوند. از این رو همراه با یک بافت تجمعی یا ته‌نشینی بافت افشان نیز در دانه‌های سیلیکاتی مشاهده می‌شود (وطن‌پور، ۱۳۷۵).

احتمال تشکیل بافت افشان در مراحل پایانی تبلور ماگمای بازالتی در حالی که ماگما از نظر کروم کم مایه است بیشتر می‌باشد؛ بنابراین در صورتی که این بافت در مجاورت بافتهای متراکم و نودولار یافت شود در شرایطی که در لایه‌ها در هم‌ریختگی اتفاق نیافتاده باشد بیشتر در بخش‌های بالایی این بافتها می‌باشد و در این صورت به دنبال توده‌های متراکم کرومیت می‌توان انتظار وجود این نوع کرومیتها را داشت. این کرومیتها به علت فراوانی کانی‌های سیلیکاتی دارای عیار متوسط پایین بوده و ارزش اقتصادی زیادی ندارند (شکل ۲). Greenbaum (1977) بافتهای مشابه‌ای را در کمپلکس افیولیتی قبرس گزارش نموده است.

۲- بافت واکنشی

تغییر شرایط فشار، دما و نیز ترکیب شیمیایی ماگما با پیشرفت فرآیند تفریق باعث عدم تعادل بین بلورهای تشکیل شده نخستین و ماگما می‌شود که این امر سبب شکل گرفتن هاله‌ای با ترکیب شیمیایی متفاوت در اطراف بلورهای قبلی و بافت واکنشی می‌گردد. شکل ۴ چنین حاشیه‌هایی را در اطراف بلورهای نخستین و سالم کرومیت نشان می‌دهد. از آنجا که ترکیب شیمیایی ماگما با پیشرفت فرآیند تفریق و تشکیل و تفکیک بلورهای کرومیت از دیدگاه وجود کروم کم مایه و از نظر آهن و تیتان پرمایه‌تر می‌شود، انتظار می‌رود این حاشیه‌ها کرومیتهایی پرمایه از آهن سه‌ظرفیتی (فریک کرومیت) و دارای مقداری تیتان باشند (مایع + فریک کرومیت <-- (Fe^{+3}) مایع + کرومیت). هرچند بررسی میکروسکپی و بررسی خواص حاشیه‌ها در نور انعکاسی موید چنین ترکیبی برای آن‌ها می‌باشد لکن تجزیه شیمیایی به روش میکروپروب برای حصول اطمینان از این امر لازم است. مطالعه هالهٔ احاطه کننده دانه‌های کرومیت و نتایج حاصل از میکروپروب (Lindsley, et al., 1976) موید ترکیب شیمیایی بالا در اغلب این دانه‌ها می‌باشد. مشابه این‌گونه حاشیه‌های واکنشی در دیواره ترک‌ها و شکاف‌های موجود در دانه‌های کرومیت در بسیاری موارد نیز مشاهده می‌شوند. باید توجه داشت که تشکیل حاشیه‌ها در درز و شکاف‌های بلور طی فرآیندهای دومین و پس از گسیختگی دانه‌ها بوده، و از آنرو زیر عنوان «بافت سوپرژن» در قسمت بافتهای دومین بررسی خواهند شد.

۳- ساخت و بافت تجمعی- لایه‌ای و بین تجمعی

این بافت از تبلور بلورهای به نسبت ریز کرومیت در بین بلورهای سیلیکاتی (اولیوین، ارتوپیروکسن) پس از تشکیل و رشد یافتن آن‌ها، در به‌هنگام سقوط و ته‌نشینی بلورها و یا حتی پس از ته‌نشین شدن آن‌ها، از ماگمای باقی‌مانده که فازهای سیلیکاتی جامد را دربر می‌گیرد، حاصل می‌شود. بدین ترتیب بلورهای سیلیکاتی منظم تا نیمه‌منظم رشد یافته‌ای خواهیم داشت که توسط دانه‌های ریز کرومیت به‌طور کامل احاطه شده‌اند. درصورتی که قرارگیری آن‌ها به شکل منظمی باشد حالت آجرهایی را دارند که توسط یک سیمان به هم متصل شده‌اند. (شکل ۵ یک نمونه بسیار جالب از این نوع بافت را نشان می‌دهد). بررسی ماکروسکوپی و میکروسکوپی این نمونه نشان می‌دهد که دو نوع کرومیت با زمان تبلور متفاوت وجود دارد، یکی کرومیتهای بسیار دانه‌ریز که در زمینه کانی‌های سیلیکاتی (بیشتر اولیوین‌های به‌شدت سرپانتینی شده) کاملاً پراکنده شده و بطور دقیق همزمان با تبلور فاز سیلیکاتی متبلور گشته و دیگر کرومیتهایی که در بین فازهای جامد سیلیکاتی وجود دارند و نقش سیمان را ایفا می‌کنند (بین تجمعی). این نوع کرومیتها کمی بعد از تشکیل بلورهای سیلیکاتی و رشد یافتن آن‌ها، ضمن ته‌نشینی و بعد از آن بوجود آمده‌اند. بخش‌های سیلیکاتی حالت ساخت و بافت منطقه‌ای (zoning) و رشد بعدی را نشان می‌دهند. این نمونه بیانگر تبلور همزمان کرومیت و اولیوین، ته‌نشینی ماگمایی و تبلور مایع باقی مانده و تغییر شرایط ماگما برای متبلور ساختن فاز سیلیکاتی و اکسیدی می‌باشد. نکتهٔ جالب دیگر در این نمونه تاثیر بسیار کم عوامل تغییر شکل دهندهٔ بافتهای نخستین است، به‌طوری که به جز سرپانتینی‌شدن سیلیکاتها و کمی فشردگی که در کناره دانه‌ها دیده می‌شود، ساخت تکتونیکی دیگری به چشم نمی‌خورد.

۴- بافت مشبک

در این بافت دانه‌های کم و بیش ریز و کوچک کرومیتهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار به طور بخشی یا کلی فضای بین دانه‌های درشت و رشد یافته سیلیکاتی (بیشتر سرپانتین‌های حاصل از اولیوین) را پر می‌کنند. در بعضی از نمونه‌ها احاطه سیلیکاتها به طور کامل صورت گرفته و در مقاطع صیقلی شکل لانه‌زنبوری مشاهده می‌شود که دیوارهٔ کاوکها را کرومیتهای دانه‌ریز و میان آن‌ها را سیلیکاتهای دگرسان شده تشکیل می‌دهند. در مواردی احاطه سیلیکاتها کامل نبوده و این دانه‌ها به یکدیگر اتصال دارند. دانه‌های سیلیکاتی بیشتر گرد شده‌اند که احتمالاً نتیجه واکنش‌های بعد از تشکیل بلور با ماگمای باقی‌مانده و گهگاه نیز حاصل

پدیده سرپانتینی شدن می‌باشد. حضور چنین بافتی گواه بر ته‌نشین شدن همزمان سیلیکاتهای دانه درشت انباشتی و کرومیتهای کوچکتر در شرایط گرانشی بوده که البته با رشد بعدی این بلورها نیز همراه است.

در اغلب نمونه‌ها بافت مشبک با بلورهای بزرگتر و پراکنده کرومیت که حالتی پورفیری دارند و در زمینه‌ای از سرپانتین واقع‌اند همراه می‌باشد (شکل ۶).

۵- بافت (کرمی شکل) یوتکتیکی میرمکیتی

این بافت را از این جهت بدین نام می‌خوانیم که کرومیتها در بین دانه‌های سیلیکاتی شکل کرمی به خود می‌گیرند و از نظر ژنتیکی و نحوه تشکیل با بافت میرمکیتی در سنگهای آذرین کمی متفاوت است. در واقع این بافت یک بافت مشبک بسیار ناقص است و کرومیت تنها در نقاطی که فاصله بیشتری بین دانه‌های سیلیکاتی وجود دارد تمرکز یافته و چنین ظاهری به سنگ داده است. در این حال نسبت سیلیکاتها به کرومیت بسیار زیاد است.

این بافت در نمونه دستی مشاهده نمی‌شود و تنها بر مقاطع میکروسکوپی به چشم می‌خورد. تصویر میکروسکوپی در شکل ۷ نمایشی از این بافت می‌باشد. همان‌طور که در مورد بافتهای قبلی گفته شد، این بافت نیز نخستین بوده و حاصل همزمانی تشکیل کرومیت و سیلیکاتها در ماگمای بازالتی است، لکن مقدار کرومیت ته‌نشین شده کمتر از نوع مشبک بوده و تمام اطراف دانه‌های سیلیکاتی را اشغال نکرده است. این بافت می‌تواند نشانه‌ای از نقطه یوتکتیک کرومیت- الیوین یا کرومیت- ارتوپیروکسن باشد.

۶- بافت همرویشی نودولار

هنگامی که تعداد هسته‌های کرومیت تشکیل شده در ماگمای در حال تبلور زیاد شود، در اثر کاهش دما، افزایش مواد فرار و آب در ماگما، هسته‌ها گرد هم آمده و بلورهای ریزتر تشکیل یک بلور بزرگتر شامل چندین بلور کرومیت را می‌دهند. دانه‌های بزرگ از دو یا چند بلور کرومیت تشکیل می‌شوند و حالتی مانند بافت گلومروپورفیری در سنگهای آذرین بوجود می‌آید. دانه‌های کرومیت جزیره مانند در میان سیلیکاتها که بیشتر سرپانتین هستند احاطه شده‌اند. از آنجا که اجتماع بلورهای ریزتر هنوز تشکیل نودولهای کامل را نداده‌اند، بافت حاصل را نودولار همرویشی می‌نامیم Leblanc and Ceuleneer (1992) و Deifenbach (1988) بافت همرویشی را در کانسارهای کرومیتی عمان و ایران ذکر نموده‌اند.

در صورتی که فرآیند تجمع و رشد بعدی بلورها در ماگمای پرمایه از کروم ادامه یابد، این بافت خواهد توانست تبدیل به بافت نودولار کامل گردد و در صورتی که ماگما در این حالت تبلور یابد، حاصل کانه‌هایی با بافت نیمه نودولار خواهد بود که درصد سیلیکاتهای آن نسبتاً زیاد است (شکل ۸).

۷- بافت نودولار

کرومیتهای نودولار شامل بیضوی‌های پرمایه از کروم، گرد شده تا کمی زاویه‌دار در زمینه‌ای از سرپانتین و باقی مانده‌های اولیوین و پیروکسن و چیزی شبیه قطعات موجود در یک کنگلومرا می‌باشند. نودولهای کرومیت کم و بیش شکل کروی تا بیضوی و تخم‌مرغی دارند که از لحاظ اندازه بسیار گوناگون می‌باشند. بیشترین قطر آنها از ۳ میلی‌متر تا حدود ۲ سانتی‌متر متغیر است (شکل ۹). با وجود این که نودولها در اندازه‌های متفاوت در منطقه یافت می‌شوند ولی در آنها درجه‌بندی مانند سنگهای رسوبی مشاهده نمی‌شود. گاهی در بعضی نمونه‌ها، جهت‌گیری ضعیفی از نودولها نمایان است که احتمالاً در نتیجه فشارهای یک جانبه می‌باشد. فاصله بین نودولها متفاوت است ولی در بیشتر نمونه‌ها نودولها حداقل از یک طرف با هم تماس دارند و در محل تماس، مرز آنها فرورفتگی و برآمدگی نشان می‌دهد که این حالت بیانگر شکل‌پذیری و نرم‌بودن نودولها هنگام سقوط و ته‌نشینی می‌باشد. نودولها اغلب به‌شکل توده‌ای و متراکم با رنگ سیاه ظاهر می‌شوند ولی بعضی اوقات دارای هسته‌هایی از کانی‌های سیلیکاتی و یا محصولات دگرسان شده آنها می‌باشند. همچنین هنگام سرپانتینی شدن سنگ، زیر نفوذ سرپانتین قرار گرفته و شاخه‌ها و انشعابات سرپانتینی در آن نفوذ کرده‌اند که برخی از آنها افزایش حجم و در نهایت تلاشی دانه را باعث شده‌اند. اینچنین حالتی در اثر سرپانتینی شدن سیلیکاتهای موجود در نودولها نیز اتفاق می‌افتد. در مقیاس نمونه دستی مرز بین دانه‌ها و سیلیکاتهای در برگیرنده تیز و مشخص است، در مقیاس میکروسکپی این نودولها از اجتماع تعداد زیادی بلورهای کوچکتر کرومیت شکل‌دار و یا نیمه شکل‌دار و بی‌شکل تشکیل شده‌اند.

با این آگاهی که سیستم تبلور کرومیت کوبیک و هشت وجهی (اکتائدرون) می‌باشد و در مقاطع طولی به شکل لوزی ظاهر می‌شود، می‌توان چنین اظهار کرد که نودولها حاصل رویش یک بلور نخستین کرومیت در ماگمای بازالتی تولئیتی و الحاق بلورهای ریزتر در امتداد

سطوح کریستالی است (شکل ۱۰). به طوری که ابتدا یک هشت وجهی بزرگتر حاصل می‌آید و این هشت وجهی‌ها ضمن حرکت و سقوط در ماگما با آن وارد واکنش می‌شوند تا به تعادلی نسبی برسند. در اثر این واکنش‌ها هشت وجهی‌ها مخصوصاً از گوشه‌ها و زوایا گردشدگی پیدا می‌کنند و بالطبع شکلی بیضوی و صاف شده به خود می‌گیرند. میزان کشیدگی نودول‌ها ابتدا کم است لکن با ته‌نشینی در کف اتاق ماگمایی در حالت شکل‌پذیر میزان پخ‌شدگی افزایش می‌یابد و کشیدگی بیشتری نشان می‌دهد. نودول‌هایی که در بخش‌های پایین‌تر واقع‌اند شکل دیسکی به خود می‌گیرند. در صورتی که نودول‌ها فرصت لازم برای ته‌نشینی کامل پیدا کنند و ماگما از آرامش نسبی برخوردار شود، بر روی هم تجمع می‌یابند و در قسمت‌های زیرین انبار ماگمایی و بر روی فازهای جامد قبلی لایه‌های متراکم و غنی از کرومیت را بوجود می‌آورند. در صورتی که جنبشهای ماگما و جریانهای درونی آن توان نگهداری نودول‌ها را به حالت معلق داشته باشند از ته‌نشینی آن‌ها ممانعت می‌کنند. در چنین حالتی اگر ماگما سرد و منجمد گردد بافت حاصل دونولار کامل خواهد بود. در صورتی که هسته‌های نخستین در ماگما به نسبت فراوان و فاصله آن‌ها از هم زیاد باشد احتمال تشکیل نودول‌ها بسیار کم خواهد بود و بلورهای کوچک کرومیت در نهایت با فراهم شدن شرایط لازم ته‌نشین شده و لایه‌ای نازک از کرومیت را تشکیل می‌دهند. تکرار این عمل منجر به تشکیل بافت دواری می‌شود که به بررسی آن خواهیم پرداخت:

علت فراهم آمدن و هم‌گرایی و به عبارتی رویش بلورهای نخستین کرومیت را می‌توان با همان عواملی که باعث رشد و نمو بلورها در سنگ‌های آذرین درونی می‌گردد توضیح داد. شاید وجود بعضی عناصر خاص در محیط در رشد بعضی از کانی‌ها موثر باشد که این امر احتیاج به بررسیهای بیشتری دارد. نودول‌ها اغلب زیر تاثیر نیروهای فشاری و کششی قرار گرفته و بلورهای تشکیل دهنده آن‌ها بافتهای کاتاکلاستیکی، کششی و گاهی در زون‌های برشی بافت میلونیتی و برشی نشان می‌دهند. عمل سرپانتینی‌شدن نیز در بسیاری موارد باعث کشیدگی نودول‌ها و درنهایت از هم‌پاشیدگی آن‌ها شده است.

۸- بافت اسکلتی

در بررسی میکروسکوپی بافت دونولار، گاهی مشاهده می‌شود که بلورهای تشکیل دهنده این نودول‌ها رشدی ناقص داشته و دیواره‌های بلوری آن‌ها به طرز ناموزونی تکامل یافته و حالتی اسکلتی و استخوانی به کرومیت داده است. به این دلیل بافت مذکور را که عموماً همراه با نودول‌ها یافت می‌شود، به این نام می‌خوانیم. رشد سریع بلورها در دمای پایین و غلظت بالا می‌تواند سبب بوجود آمدن این نوع بافت باشد (شکل ۱۱).

۹- بافت توده‌ای و متراکم

از فراوان‌ترین بافتهای نخستین در منطقه مورد بررسی بافت متراکم کرومیت‌ها است. این بافت تجمعی از دانه‌های کم و بیش درشت کرومیت است که مقادیر کمی سیلیکاتهای نخستین و دومین را نیز در خود جای داده است. ته‌نشین شدن بلورهای کرومیت زمانی که این کانی تنها کانی متبلور شده در ماگما باشد، می‌تواند لایه‌هایی از کرومیت به نسبت خالص و ممکن با عیار بالا را تشکیل دهد که در این صورت عنوان کرومیتیت که یک سنگ فوق بازی است را به سنگ می‌دهند. همچنین همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد فراهم آمدن نودول‌های تشکیل شده در محیط ماگمایی بر روی یکدیگر و خروج مایع باقی مانده از بین دانه‌ها اتصال و پیوستگی نودول‌ها را سبب می‌شود. به طوری که در قسمت‌های زیرین این فراهم آمدگیها تشخیص نودول‌ها تقریباً ممکن نیست و تدریج به بافت متراکم و توده‌ای بدل می‌شوند. برای اتصال و به هم پیوستن نودول‌ها و تشکیل بافت توده‌ای وجود فشار تکتونیکی و یا عوامل دیگر ضرورتی ندارد. این نودول‌ها می‌توانند تنها در اثر فراهم آمدن گرانشی و فشار بلورهای بالائی بافت متراکم را تشکیل دهند. بهزادی (۱۲۷۰) بر این باور است که مرزهای منحنی‌شکل بین نودول‌ها و خروج سرپانتین از بین دانه‌ها در حالت جامد در اثر فشارهای وارده بوده و این پدیده بیشتر در زون‌های فعال تکتونیکی مانند زون‌های برشی اتفاق می‌افتد. لکن شواهد بافتی مانند تبدیل تدریجی بافت نودولار به متراکم و عدم مشاهده حاشیه‌های درهم‌رفته ناشی از فشار و گهگاه سالم بودن دانه‌های کرومیت تشکیل دهنده بافت توده‌ای و همراهی آن با بافتهای نخستین ماگمایی این نظر را تایید نمی‌کند، چرا که براساس خصوصیات بافتی، وزن حاصل از بلورهای کرومیت (نودول‌ها) می‌تواند در زمان انجماد قسمتی از مایع بین سیلیکاتی را در قسمت‌های پایین انبار ماگمایی خارج نموده و بافت متراکم یا سنگهای تک کانی کرومیتیت یا دونیت را بوجود آورد. هرچند فشار می‌تواند به عنوان عامل متراکم کننده نقشی موثر داشته باشد، ولی در تشکیل نخستین این بافت وجود آن ضروری نیست. در تمامی مناطق در حال بهره‌برداری منطقه مورد بررسی کرومیت‌های توده‌ای اصلی‌ترین و مهم‌ترین محصول محسوب می‌شوند و به علت عیار بالاتر و همراهی بسیار کم با سیلیکاتها بیشتر مورد توجه می‌باشند. این کرومیت‌ها نیز مانند سایر واحدهای منطقه زیر تاثیر جنبشها و فشارهای تکتونیکی و

غیرتکتونیکی تغییرات بافتی را متحمل شده‌اند. بافت‌های کاتاکلاستیکی، برشی و میلونیتی نتیجه این تغییرات می‌باشند که در بافت‌های دومین مورد بحث خواهند بود. شکل ۱۲ نمایی از این بافت را در نمونه دستی نشان می‌دهد.

۱۰- بافت و ساخت نواری و لایه‌بندی متقاطع

تکرار لایه‌های کرومیتی و سیلیکاتی در مقیاس‌های میکروسکوپی و بسیار بزرگتر در تعدادی از مناطق مورد بررسی به کانه کرومیت حالتی نواری و گنایس مانند داده است که در آن نوارها و لایه‌های کرومیت با ضخامت‌های متفاوت از قطر یک دانه کرومیت تا چند سانتی‌متر و با رنگی تیره به طور متوالی با لایه‌ای سیلیکاتی (بیشتر سرپانتین) به رنگ سبز روشن با ضخامت‌هایی معمولاً بیشتر از کرومیت قرار گرفته‌اند. در این ساخت فاز اکسیدی و سیلیکاتی از یکدیگر تفکیک شده و تشکیل لایه‌ای مجزا را داده‌اند. فضای بین لایه‌های کرومیت در بیشتر موارد دارای بافت پراکنده بوده و دانه‌های ریز کرومیت در زمینه‌ای از سرپانتین پخش شده‌اند. تشکیل بافت و ساخت نواری در مقیاس‌های متفاوت هنگامی میسر است که برای مدت زمانی کوتاه یا طولانی شرایط لازم برای تشکیل و ته‌نشینی بلورهای کرومیت به‌طور مستقل و به تنهایی فراهم آید. این شرایط همان‌طور که قبلاً عنوان شد می‌تواند تغییر گریزابی (فوگاسیتی) اکسیژن، ترکیب شیمیایی در اثر اختلاط ماگمایی، دما و غیره باشد. با برطرف شدن این عوامل تبلور و ته‌نشینی در ماگما سیر طبیعی و عادی خود را از سر می‌گیرد و به این ترتیب پس از شکل‌گیری لایه‌ای از کرومیت خالص، بر روی آن لایه‌ای از سیلیکات‌ها و عموماً همراه با دانه‌های پراکنده کرومیت تشکیل می‌شود. تکرار این عمل باعث ایجاد بافت و یا ساخت نواری می‌گردد. تعداد لایه‌ها در ضخامتی معین متفاوت است ولی به طور متوسط در ضخامتی حدود ۱۵ سانتی‌متر تعداد ۷ لایه کرومیت و ۸ لایه سیلیکاتی مشاهده می‌شود که سیلیکات‌ها حجم بیشتری را اشغال کرده‌اند (شکل ۱۲).

اگرچه گاهی وجود ساخت و بافت نواری به‌ویژه در لایه‌های نازک حاصل فشارهای یک طرفه و جهت‌گیری دانه‌های کرومیت به همان‌گونه که در سنگ‌های دگرگونی مطرح است می‌باشد اما حضور این بافت و ساخت در کنار بافت‌های پراکنده و همچنین دانه‌های سالم کرومیت در برخی از نمونه‌ها تاییدکننده دگرگونی نبوده و به‌نظر می‌رسد این ساخت نیز به‌طور کامل حالت نخستین داشته و حاصل پدیده تفریق بلورها در مخلوط بلورین باشد. این که چرا بلورهای اولیهٔ تشکیل شده در بعضی موارد به‌هم متصل می‌شوند و تشکیل تودول می‌دهند ولی در بافت نواری این بلورها ته‌نشین شده و لایه‌های کرومیتی را بوجود می‌آورند که کمتر حالت تودولی دارند، پدیده‌ای است که باید مورد توجه قرار گیرد.

از بررسی این ساخت چنین برمی‌آید که هنگامی که تعداد بلورهای نخستین کمتر و فاصلهٔ آن‌ها از هم بیشتر و غلظت فعّال کروم در ماگما کم باشد و احتمالاً شرایط دیگر لازمهٔ به‌هم پیوستن دانه‌ها وجود نداشته باشد، بلورهای نخستین با ته‌نشینی آرام خود لایه‌های کرومیت را می‌سازند و در صورتی که تعداد هسته‌های اولیه زیاد و فاصله آن‌ها از هم کم باشد یکدیگر را جذب کرده و با رشد بعدی نیز تشکیل تودول‌های بزرگتر را می‌دهند. هم‌چنین به احتمال قوی دمای نخستین ماگما و زمان معلق ماندن بلورهای نخستین کرومیت در این امر موثر است، به‌طوری که در دماهای بالاتر فرصت تشکیل تودول‌ها و تجمع دانه‌های کرومیت بیشتر می‌باشد، ولی در دماهای پایین‌تر دانه‌ها فرصت کمتری برای این امر دارند. احتمال تفاوت چگالی نخستین بین دانه‌های کرومیت و فاز سیلیکاتی و حضور یا عدم‌حضور بعضی عناصر خاص نیز از موضوعاتی است که بایستی مورد توجه بیشتر قرار گیرند.

در برخی نمونه‌ها لایه‌های کرومیتی لایه‌بندی متقاطع را نشان می‌دهند و شیب لایه‌های بالا از لایه‌های زیرین متفاوت است. احتمالاً این ساخت به‌صورت اولیه نتیجه از فرآیندهای تبلور و ته‌نشینی جریان‌های ماگمایی بوده و هم‌زمان با تغییر شیب کف انبار ماگمایی اتفاق افتاده است.

بافت و ساخت‌های دومین

۱- بافت و ساخت کشسی

یکی از فراوان‌ترین بافت‌هایی که در کرومیت‌های پراکنده مشاهده می‌شود بافت کشسی است. تبدیل کانی‌های نخستین سیلیکاتی احاطه‌کننده بلورهای کرومیت به کانی‌های ثانویه‌ای مانند سرپانتین در ضمن عمل سرپانتینی شدن باعث کاهش چگالی و افزایش حجم محیط اطراف دانه‌های کرومیت می‌شود. این امر سبب کاهش فشار و ایجاد حالت انبساطی در اطراف بلورهای کرومیت شده و باعث کشیده شدن این بلورها، تشکیل ترک‌ها و شکاف‌های ناشی از کشش نفوذ سرپانتین در ترک‌ها و سرانجام قطعه قطعه‌شدن دانه‌های کرومیت می‌گردد (شکل ۱۴). در مقیاس بزرگتر نیز این پدیده سبب تشکیل ساخت‌های کشسی و حالت بودین در لایه‌های کرومیت می‌شود.

ایجاد ترک‌های کشسی در بلورهای کرومیت همواره در اثر

سرپانتینی‌شدن سیلیکات‌های احاطه‌کننده نیست بلکه گاه این امر مربوط به پدیده سرپانتینی‌شدن سیلیکات‌های مخبوس در دانه‌های کرومیت می‌شود و این سیلیکات‌ها با افزایش حجم خود سبب گسیختگی در دانه‌ها و از هم‌پاشی آن‌ها شده و بافت مش در بلورهای کرومیت بوجود می‌آید. اگرچه بافت کششی در این دو حالت شبیه یکدیگر می‌باشند لکن وجود برخی از دانه‌های سالم و فاقد شکاف و ترک‌های کششی در کنار دانه‌های ترکدار در یک زمینه سرپانتینی یکسان دلیل بر نقش مکانیسم دوم در تشکیل چنین بافتی می‌باشد. در اثر سرپانتینی‌شدن که با افزایش حجم و کاهش وزن مخصوص (از ۳/۲ به ۲/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) همراه است لایه‌های کرومیتی درون سرپانتینیت‌ها به صورت کششی، کاتاکلاستیک و گسلیده از یکدیگر جدا شده و یا به سمت بالا حرکت می‌نمایند.

۲- بافت جریانی (شلیرن)

به‌دنبال پدیده سرپانتینی‌شدن، وجود فشارهای یک جانبه سبب جهت یافتگی بیشتر کانی‌های سیلیکاتی دومین و ایجاد فولیاسیون مشخص همراه با بافت‌های چشمی در سرپانتینیت‌ها شده است. همراه با ایجاد فولیاسیون در سرپانتینیت‌ها کرومیت‌های احاطه‌کننده دانه‌های سیلیکاتی نیز از حالت نخستین خارج شده و جهت‌یافتگی نشان می‌دهند، به‌طوری که دانه‌های موجود در سطوح بالایی و پایینی سیلیکات‌ها در سطحی افقی و دانه‌های دربرگیرنده سطوح جانبی سیلیکات‌ها به‌صورتی مورب با گروه اول نظم یافته‌اند و بافت جریانی را در سنگ تولید کرده‌اند (شکل ۱۵). Nicolas et at., (1981) نیز به چنین بافتی در کانسارهای کرومیتی کالدونی جدید اشاره نموده‌اند.

۳- بافت و ساخت چین‌خورده

از جالب‌ترین ساخت‌های موجود در منطقه ساخت چین‌خورده کرومیت‌ها است که در مناطق افیولیتی و کانسارهای کرومیتی جهان کمتر به چشم می‌خورد و یا حداقل کمتر به عنوان یک ساخت در کرومیت‌ها مدنظر قرار گرفته است. همان‌طور که از نام این ساخت پیداست، شامل نوارهای چین‌خورده کرومیت می‌باشد. با توجه به تفاوت خواص فیزیکی کرومیت و سنگ‌های دربرگیرنده آن که بیشتر سرپانتینیت می‌باشد، تاثیر فشارهای جهت‌دار بر کل توده‌ها در لایه‌های کرومیت بسیار نمایان‌تر از سرپانتینیت‌ها می‌باشد. این فشارها باعث چین‌خوردن لایه کرومیت و احتمالاً ایجاد برگدارگی (فولیاسیون) در سنگ‌های دربرگیرنده آن می‌شوند. عموماً چین‌خوردگی‌ها با گسله‌های کوچک و بزرگی همراه‌اند. چین‌خوردن لایه‌ها و سپس گسلش متعدد و پیاپی در بال‌های چین کرومیتی باعث قطعه قطعه شدن لایه چین‌خورده و تغییر راستا و جهت هریک از قطعات نسبت به امتداد عمومی ساخت‌های موجود در سنگ‌های دربرگیرنده همانند فولیاسیون‌ها و لینیاسیون‌ها می‌گردد. از آنجا که سرپانتینیت‌ها قابلیت شکل‌پذیری دارند قطعات سخت کرومیت توانایی جنبشهای مختلف در این زمینه را داشته‌اند (شکل ۱۶).

محور چین‌ها و امتداد گسله‌های موجود در آن‌ها به‌طور عموم شمالی- جنوبی و کشیدگی چین‌ها در جهت خاور- باختر می‌باشد. هرچند در برخی موارد این موضوع صادق نیست و درهم‌ریختگی منطقه تشخیص امتداد ساخت‌ها را غیرممکن و یا مشکل ساخته است.

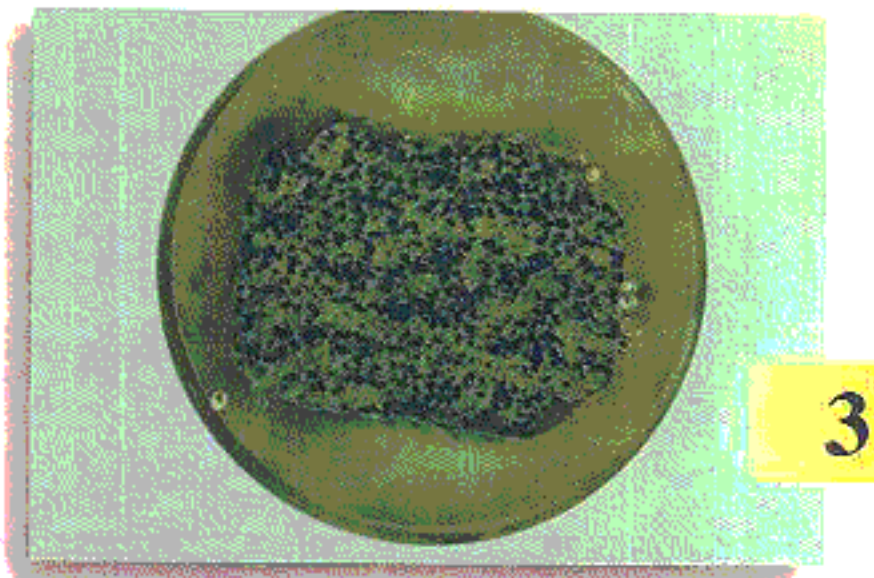
چین‌خوردن کرومیت‌ها و گسلشهای متعدد در بال‌های چین در مقاطع میکروسکوپی به خوبی نمایان می‌باشد و به‌همان‌گونه که در مقیاس بزرگتر مشاهده می‌شود، در مقاطع میکروسکوپی به چین‌های کوچکی برمی‌خوریم که به طور ثانوی گسلیده و قطعات نسبت به هم جابجا شده یا از هم فاصله گرفته‌اند. فشارهایی که چین‌خوردن و گسله‌های موجود را باعث شده‌اند ظاهراً بر روی سنگ‌های در برگیرنده اثر کمتری داشته‌اند و این سنگ‌ها تغییر شکل کمتری نشان می‌دهند. در برخی موارد اثرات دگرگونی به‌صورت فولیاسیون و لینیاسیون و تغییر ترکیب کانی‌ها نمایان است.

بدین ترتیب می‌توان گفت آنچه در حال حاضر به عنوان عدسی‌های کرومیت مورد بهره‌برداری می‌باشد احتمالاً قطعاتی از یک یا چند لایه کرومیتی بوده که ابتدا چین‌خورده و سپس گسله‌ها آن را قطعه قطعه کرده‌اند و هرقطعه در حال حاضر بسته به این که در کجای چین واقع بوده و چه میزان جابجا شدگی در اثر گسلش داشته است نسبت به روند عمومی ساخت‌های سنگ‌های دربرگیرنده خود اختلاف نشان می‌دهد.

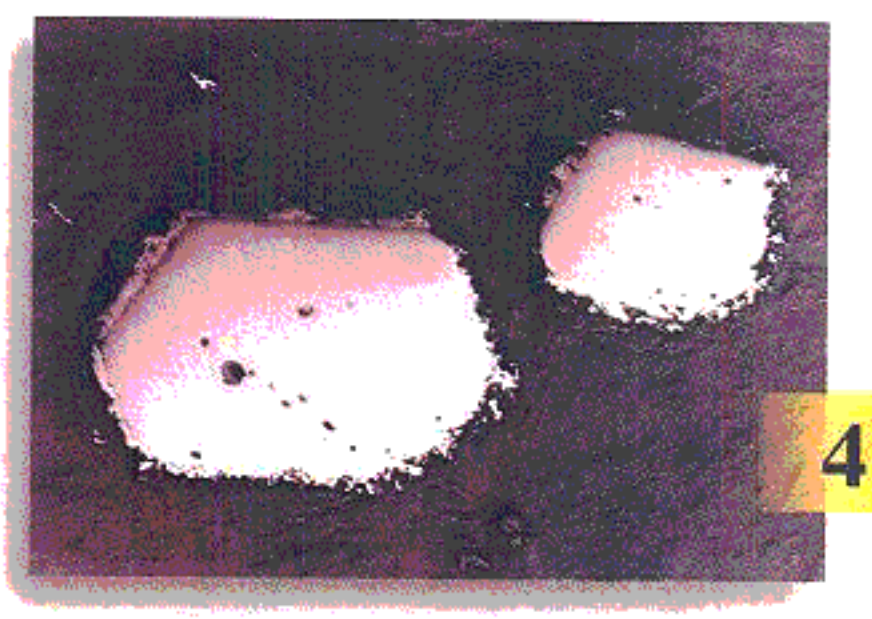
قطعاتی که در محل محور چین و در بالاترین بخش آن واقع بوده‌اند مقدار فشار و کشش بیشتری را نسبت به قطعات موجود در بال‌ها متحمل شده‌اند و از آنرو انتظار می‌رود در بعضی از قطعات مقدار شکستگی‌ها و بافت‌های کششی فراوان‌تر باشد، که چنین نیز است.

Thayer (1964) معتقد است پدیده‌های تکتونیکی مانند چین‌خوردگی و گسلش‌های بعدی از مهم‌ترین مسائلی است که پی‌جویی و اکتشاف کانسارهای کرومیت آلپی را بغرنج می‌سازد. او پی‌جویی چنین کانسارهایی را به علت تاثیر پدیده‌های تکتونیکی، خردشدگی، تغییر موقعیت، برشی شدن و غیره، خانمان‌سوز عنوان می‌کند.

شکل ۲ ـ بافت پراکنده با جهت یابی ضعیف بلورهای کرومیت ـ طول تصویر ۴ سانتی متر .



شکل ۳ ـ بافت واکنشی و احاطه شدن بلورهای نخستین کرومیت توسط کرومیت های غنی از آهن سه ظرفیتی (فریت کرومیت) ـ نور انعکاسی ـ طول تصویر ۷۵٪ میلی متر .



شکل ۴ ـ بافت واکنشی و احاطه شدن بلورهای نخستین کرومیت توسط کرومیت های غنی از آهن سه ظرفیتی (فریت کرومیت) ـ نور انعکاسی ـ طول تصویر ۷۵٪ میلی متر .

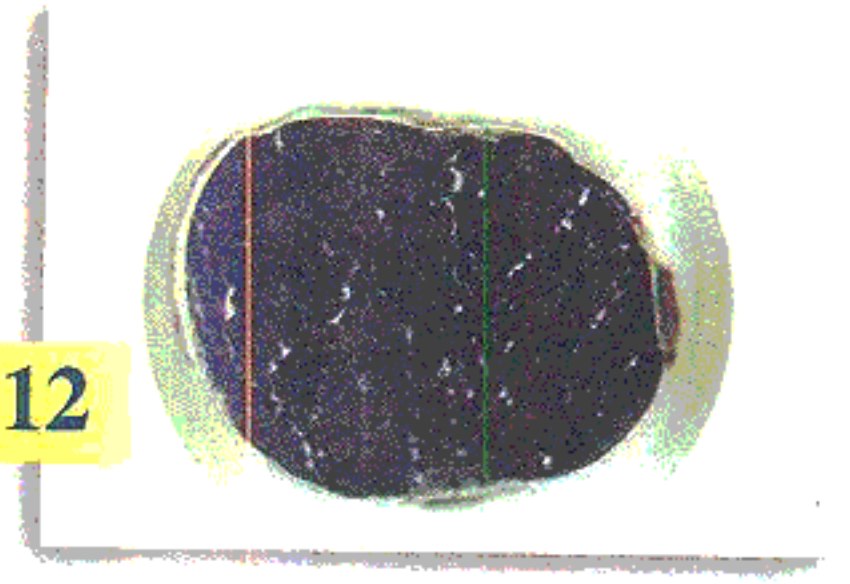
شکل ۵ ـ ساخت و بافت تجمعی (آجری) ـ اندازه طبیعی

شکل ۶ ـ بافت مشبک همراه با بلورهای پراکنده کرومیت ـ بلورهای پراکنده کرومیت سیلیکات ها (بیشتر اولیون های سرپانتینی شده) را احاطه کرده اند ـ نور انعکاسی ـ طول تصویر ۱/۵ میلی متر .

شکل ۷ ـ بافت مش مکیتی (کرمی شکل) حاصل احاطه شدن سیلیکات ها توسط کرومیت ـ گوشه بالا سمت راست بلور پیروکسن و راقم شدن سیلیکات ها در سطوح رخ ـ طول تصویر ۲ میلی متر ـ نور پلاریزه ـ زمینه سرپانتین و بقایای ارتوپیروکسن ها .

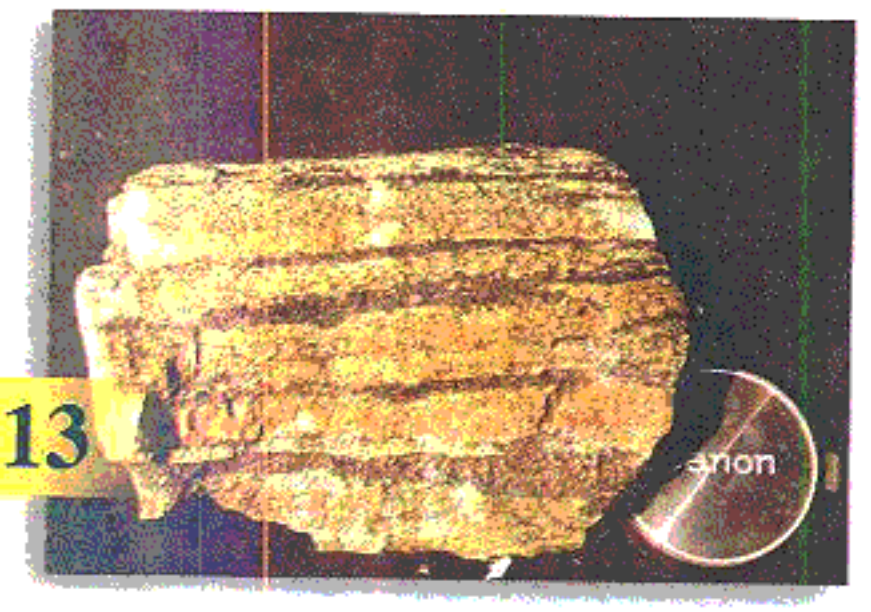
شکل ۸ ـ بافت ندولار هم رشدی ـ شکل گیری یک نودول بزرگتر حاصل از تجمع بلورهای کوچک کرومیت ـ طول تصویر ۲ سانتی متر .

شکل ۹ – بافت نودولار با نودول های ۵/ تا ۱ سانتی متری – به تحدب مرز نودول ها دقت شود – طول تصویر ۴ سانتی متر



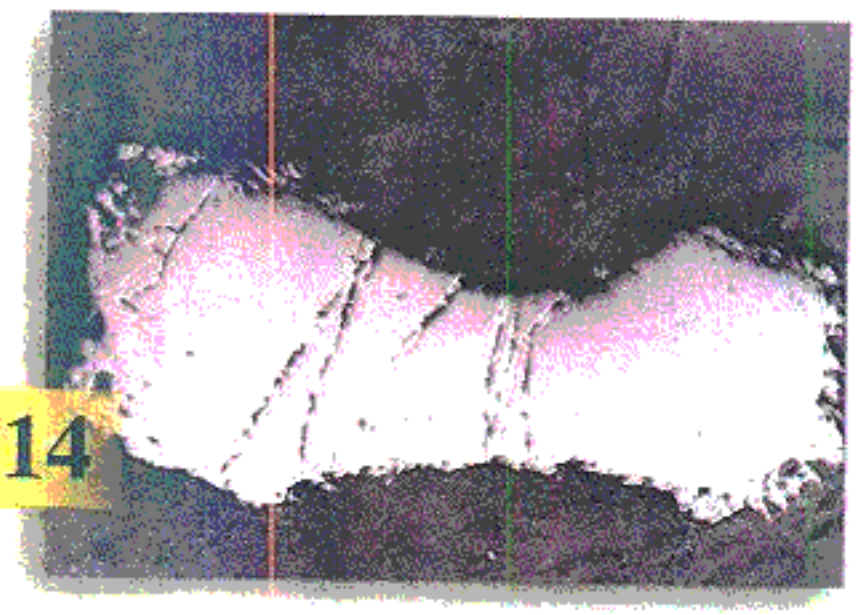
شکل ۱۲ – بافت متراکم – مقدار کمی سیلیکات (سفید) در بین دانه ها باقی مانده است – قطر مقطع ۲ سانتی متر .

شکل ۱۰ – مراحل تکوین نودول ها – نودول هایی با مقطع لوزی در بالا و نودول های دیسکی شکل در قسمت های پایین تر .

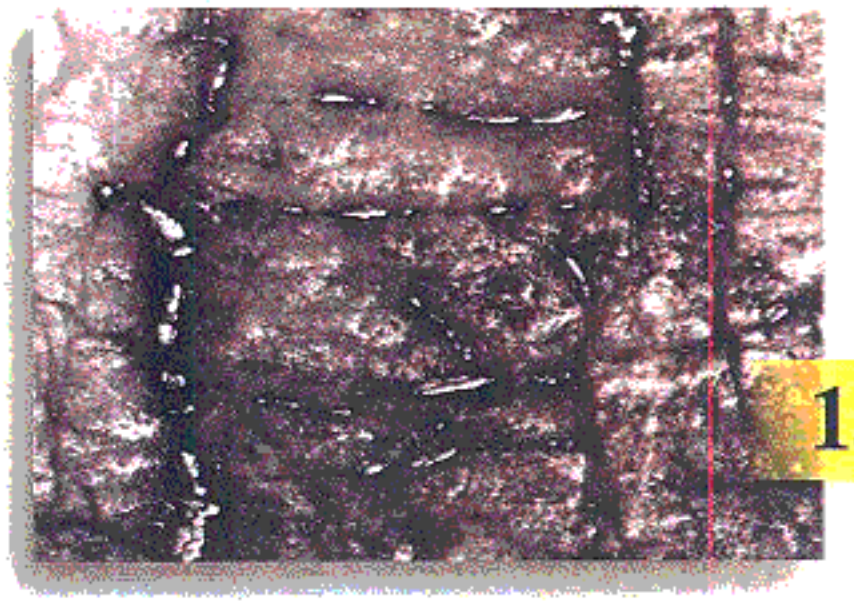


شکل ۱۳ – ساخت نواری با ضخامت های متغیر از لایه های کرومیت (سیاه)

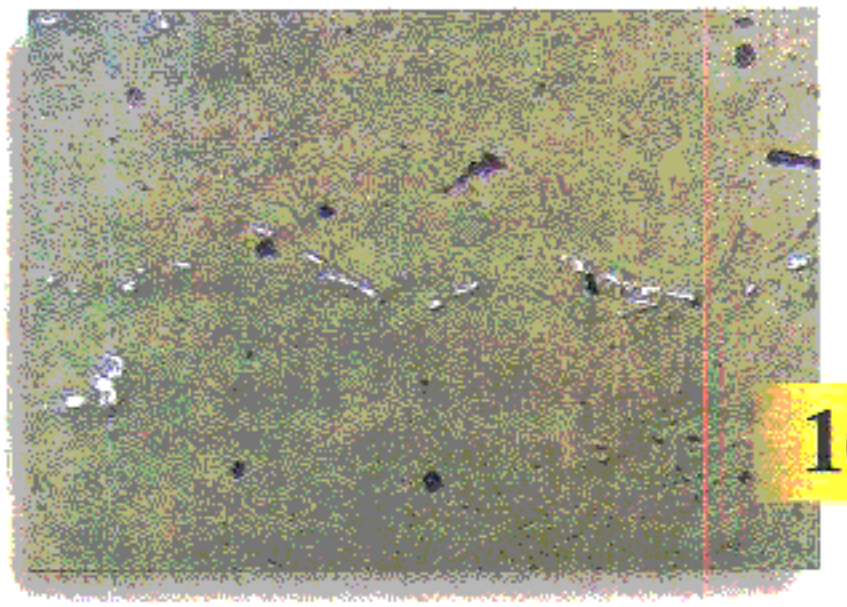
شکل ۱۱ – بافت اسکلتی و دیواره ناقص بلور ها همراه با بافت واکنشی – نور انعکاسی – طول تصویر ۷۵/ میلی متر .



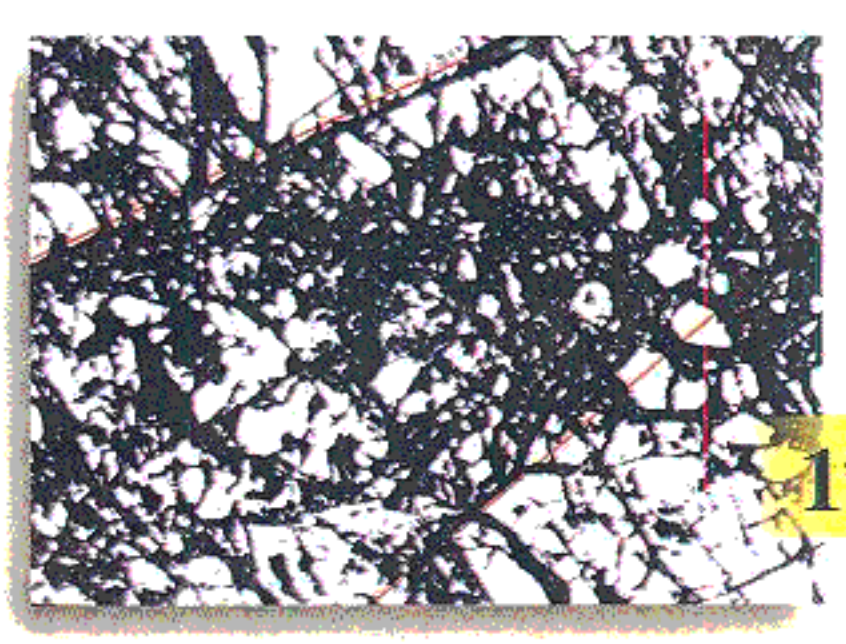
شکل ۱۴ – بافت کششی و ایجاد حالت دنباله در بلورهای کرومیت همراه با بافت‌واکنشی در اطراف بلور و غنی شدگی در شکاف های کششی – طول تصویر ۲۰/ میلی متر .



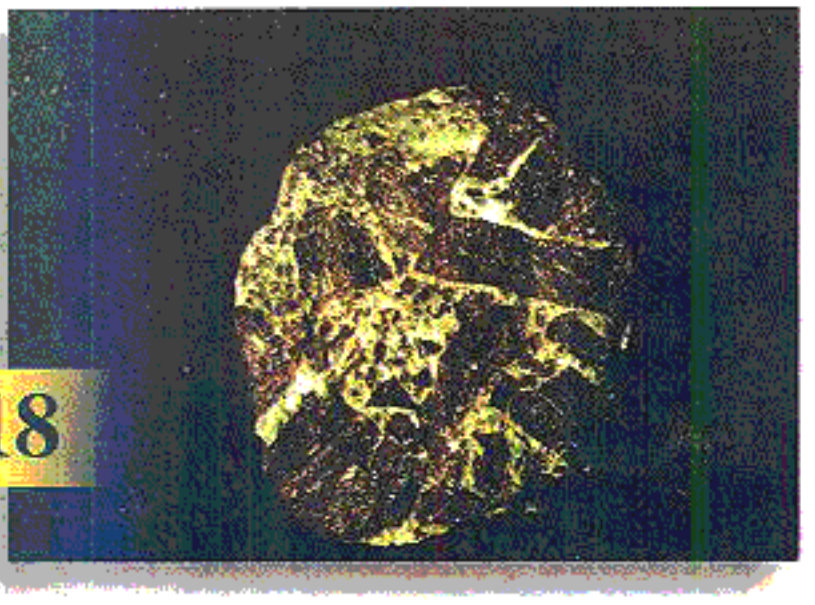
شکل ۱۵ـ بافت جریانی (شلیرن) نوارهای سفید رنگ کرومیت و زمینه سر پانتین‌است ـ نور انعکاسی ـ طول تصویر ۳ میلی متر .



شکل ۱۶ ـ بافت چین خورده کرومیت (سفید) نور انعکاسی ، طول تصویر ۳ میلی‌متر.



شکل ۱۷ـ بافت میلو نیتی در روزن های برشی ، نور انعکاسی ،طول تصویر ۳ میلی‌متر .



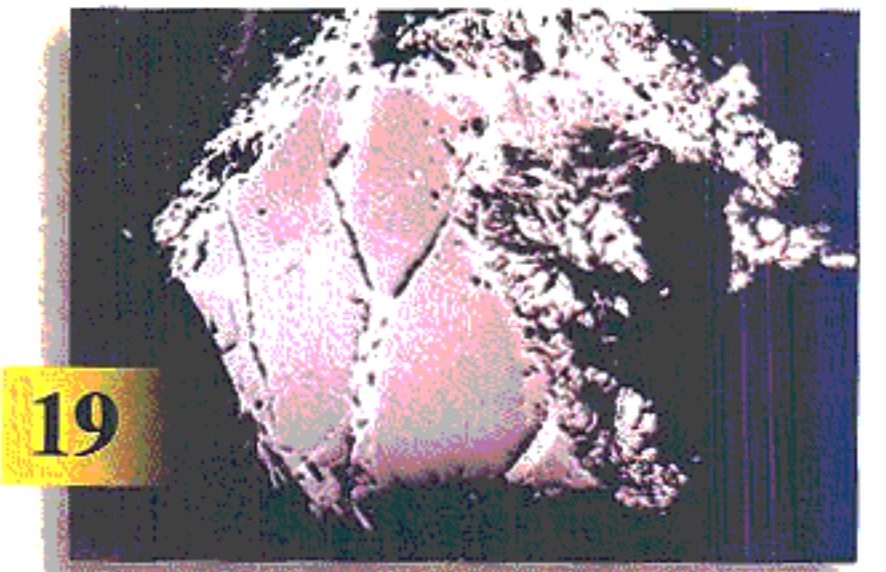
شکل ۱۸ ـ ساخت برشی با قطعات مکعب ـ مستطیل شکل قطر بزرگ نمونه ۱۲ سانتی‌متر .

۴- بافت کاتاکلاستیکی

این بافت که در بسیاری از کرومیت‌های منطقه مشاهده می‌شود شامل دانه‌های خرد شده و ترکدار با شکستگی‌های فراوان در سطح دانه می‌باشد. حرکت و جابجا شدگی پس از سخت شدن کامل ماگما و وارد آمدن فشار بر دانه‌های کرومیت و همچنین سائیده شدن دانه‌ها به‌یکدیگر در ضمن این گونه جنبشها سبب شکستگی، خردشدگی و گردشدن دانه‌های کرومیت شده و درون رگه‌ها و شکستگی‌های حاصل با محصولات دومین سیلیکاتها و یا مواد پرکننده نیز اشغال شده است. در بعضی از نمونه‌ها تعداد این شکستگی‌ها کمتر و در بعضی بسیار زیاد است. Ramdohr (1980) بر این باور است که بافت کاتاکلاستیکی می‌تواند در اثر سرپانتینی‌شدن حاصل شود.

۵- بافت میلونیتی

هنگامی که کانه‌های کرومیت در زون‌های بسیار فعال تکتونیکی مانند زون‌های برشی و گسلی قرار می‌گیرند با افزایش فشارها و نیروهای وارده بر کانی‌ها بافت کاتاکلاستیک تبدیل به بافت میلونیتی می‌گردد که در آن دانه‌های درشت کرومیت در زون برشی خردشده و به قطعات ریزتر و بی‌شکل با فراوانی زیاد تبدیل می‌شوند. این قطعات توسط سیلیکاتها به هم متصل‌اند و حالتی برشی نشان می‌دهند که آنرا می‌توان میکروبرش نیز نامید (شکل ۱۷).



شکل ۱۹ ـ بافت سوبرژن در بلور های کرومیت و تشکیل بافت جزیره‌ای : کانی‌های سفید رنگ احتمالاً فریت کرومیت است . نور انعکاسی . طول تصویر ۲ میلی متر .

۶- بافت و ساخت برشی

در بسیاری از نقاط منطقه مورد بررسی بویژه در قسمت‌های بالایی معدن نصرتی به توده‌های کرومیتی برخورد می‌کنیم که شامل قطعاتی بزرگ و کوچک با شکل زاویه‌دار از کرومیت‌هایی با بافت مختلف و قطعاتی از سنگ‌های دربرگیرنده بوده و توسط سیمانی که عموماً سرپانتینی و یا کلسیت و تالک و یا مخلوط می‌باشد به هم متصل‌اند. آشکارا مشخص است که قطعات حاصل از درهم شکستن و خردشدن لایه‌های کرومیت در اثر فشارهای وارده و اتصال بعدی آن‌ها توسط یک سیمان می‌باشد. در بین این قطعات، کرومیت‌های توده‌ای سیاه‌رنگ و کرومیت‌های پراکنده و نودولار در کنار هم یافت می‌شوند. اندازه قطعات بسیار متغیر است و از حد چند سانتی‌متر در یک نمونه دستی گرفته تا قطعات حدود نیم‌متر و بیشتر تغییر می‌کند (شکل ۱۸).

شکل قطعات در بعضی نمونه‌ها مثلث و برخی حالت مستطیلی دارند که این شکل به عملکرد سیستم‌های برشی وابسته است. قطعات تشکیل دهنده خودشان گاهی یک قطعه برشی قبلی بوده و نشان دهنده برشی‌شدن مجدد می‌باشد.

همان‌طور که در بافت میلونیتی توضیح داده شد در مقیاس میکروسکوپی نیز بافت برشی قابل مشاهده است و قطعات بسیار کوچک زاویه‌دار تا قطعات کمی بزرگتر (از ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر) در کنار هم مخصوصاً در زون‌های برشی سیمان شده‌اند و یک میکروبرش را تشکیل داده‌اند. شکل‌پذیری سرپانتین باعث شده است که سیمان مناسبی برای اتصال قطعات به یکدیگر باشد (شکل ۱۸).

۷- بافت سوبرژن (برمایه شدگی)

همان‌گونه که در بافت واکنشی عنوان شد، کناره‌های واکنشی همانندی در اطراف بلورهای سالم کرومیت، و نیز در دیواره درز و شکاف‌های موجود در بلورهای گسیخته شده کرومیت مشاهده می‌شود، اما برخلاف کناره‌های واکنشی که در مراحل نخستین و در اثر واکنش بلورهای نخستین با ماگمای باقی‌مانده تشکیل می‌شوند، این‌گونه کناره‌ها در طی پدیده سرپانتینی‌شدن و زیر تاثیر محلول‌های گرمابی و آب‌های نفوذی در دیواره ترک‌ها و شکستگی‌های بلورها شکل می‌گیرند. بدین‌گونه که محلول‌های بالا سبب برمایه شدگی کرومیت‌ها در حاشیه، از یون‌های سه‌ظرفیتی مانند آهن و تیتان که قابلیت جانشینی کروم را دارا می‌باشند، می‌گردند و بافت برمایه را تشکیل می‌دهند.

پیشرفت پدیده سرپانتینی‌شدن و نفوذ بیشتر محلول‌ها در میان درز و شکاف‌های موجود ضمن تغییر ترکیب شیمیایی بلورهای کرومیت در حاشیه‌ها، باعث فروپاشی تدریجی بلور و ایجاد بافت جزیره‌ای در اطراف دانه، شامل قطعات کوچک جدا شده از بلور نخستین به طور مجزا از هم در یک زمینه سیلیکاته می‌شود (شکل ۱۹). لایه‌های قرمزرنگ اکسیدآهن در سطح و قلوه‌هایی از اکسید آهن در میان سرپانتین‌ها که به فراوانی در منطقه مشاهده می‌شود نیز حاصل عملکرد چنین محلول‌هایی است.

نتیجه و ارائه مدل بافتی- ساختی

جدول ۲ مهم‌ترین بافت و ساخت‌های منطقه را به اختصار نشان می‌دهد. با بررسی بافت و ساخت‌های توده‌های کرومیت در منطقه مورد بررسی می‌توان مدل زیر را جهت پیدایش بافتی و ساختی ارائه نمود. باید توجه داشت که مدل ارائه شده بخشی از مدل تشکیل کانسارهای کرومیت منطقه بوده و تنها تشکیل انواع بافت و ساخت را در یک لایه توضیح می‌دهد. لازم به ذکر است که انجماد و سردشدن ماگما در هریک از مراحل پیدایش بافت و ساخت می‌تواند روند تکامل را متوقف ساخته و از تشکیل بافت‌های بعدی جلوگیری کند. این مدل در چنین مرحله تکامل بافت‌ها و ساخت‌ها را به‌طور خلاصه به شرح زیر ارائه می‌کند:

۱- تشکیل هسته‌های نخستین کرومیت در یک ماگمای بازالت

تولئیتی همراه با بلورهای سیلیکاتی اولیوین و پیروکسن در بخش‌های بالائی گوشته (Mantle) و قسمت‌های زیرین پوسته اقیانوسی و قرار گرفتن ذرات ریز کرومیت در داخل سیلیکاتها و یا دانه‌های درشتتر کرومیت در بین سیلیکاتها و تشکیل بافت پراکنده و مشبک (شکل ۲۰ شماره ۱و۲).

۲- ایجاد شرایط لازم جهت تشکیل هسته‌های کرومیتی بیشتر و رشد بلورهای تشکیل شده در ماگما. نزدیک شدن و یا وارد شدن ترکیب ماگمایی به محدوده تبلور کرومیت می‌تواند این شرط را ایجاد کند (شکل ۲۰ شماره ۳).

۱-۲- نزدیک شدن بلورهای کرومیت به‌هم و الحاق و اتصال آن‌ها به یکدیگر و تشکیل دانه‌های درشتتر. این دانه‌ها در ابتدا حالت هشت وجهی (اکتائدر) دارند ولی ضمن حرکت در محیط ماگمایی و ایجاد تعادل با ماگما

جدول ۲ ـ طرحی از مهمترین بافت و ساخت های منطقه

بافت و ساخت های اولیه	بافت و ساخت های ثانویه
انتشاری	عشتی
واعشی	جریانی
تجمعی و بین تجمعی	چین خورده
مشبک	کاتا کلاستیکی
عرمی شکل	میلونیتی
نودو لار کم رشدی	برشی
نودولار	سوپرژن
اسکلتی	
توده ای و متراکم	
لایه ای و متقاطع	

بر گوشه‌ها و زوایا گردشدگی می‌یابند و در اطراف آن‌ها نیز لایه‌هایی از کرومیت رشد کرده نودول‌های بیضوی تشکیل می‌دهند (شکل ۲۰ شماره ۴، ۵ و ۶).

۲-۳- در صورتی که تعداد هسته‌های نخستین زیاد نباشد و فاصله آن‌ها از یکدیگر کم باشد و به‌هر علتی بلورهای نخستین به یکدیگر متصل و ملحق نشوند، این دانه‌ها به سبب اختلاف چگالی که با سیلیکاتها دارند ته‌نشینی گرادشی می‌یابند و تشکیل لایه‌هایی با ضخامت متفاوت از کرومیت را می‌دهند. تکرار این عمل به تشکیل ساخت نواری می‌انجامد. هم‌چنین سقوط آن‌ها همراه با سیلیکاتهای رشد یافته و در بین آن‌ها بافت تجمعی و بین تجمعی را بوجود می‌آورد.

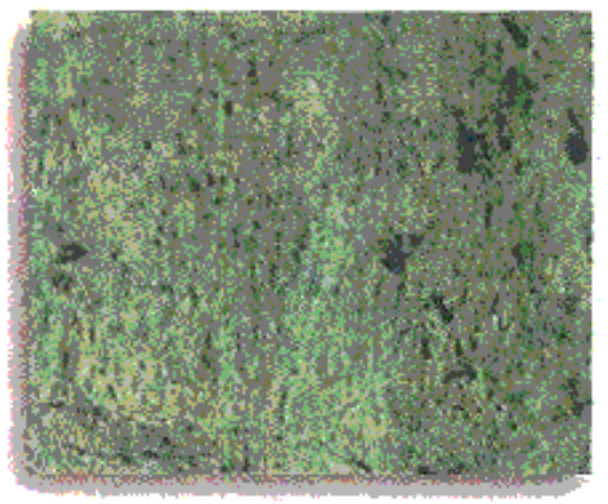
۴- نودول‌های تشکیل شده به‌علت سنگینی که دارند قادر به معلق ماندن در ماگمای باقی‌مانده نبوده و به قسمت‌های پایین‌تر سقوط کرده و بر روی هم انباشته می‌شوند. از آنجا که در هنگام انباشت هنوز نرم و شکل‌پذیرند، شکل آن‌ها در اثر وزن خودشان و دانه‌های بعدی نیمکی و پهن شد و به راحتی به یکدیگر متصل می‌شوند. ماگمای باقی‌مانده بیشتر از بین نودول‌ها خارج می‌شود (شکل ۲۰ شماره ۷ و ۸).

۵- تشکیل لایه‌ای از بافت توده‌ای و متراکم کرومیت در اثر به‌هم پیوستن و انباشته‌شدن نودول‌ها، بسته به میزان فاز سیلیکاتی محصور شده در بین نودول‌ها و یا خروج آن‌ها از بین دانه‌ها شدت تراکم کرومیت متفاوت خواهد بود.

یک لایه کرومیتی می‌تواند نمایش‌دهنده تمامی مراحل بالا و یا تنها یک یا تعدادی از آن‌ها باشد. حضور همه بافت‌های یاد شده در کنار هم ضروری نیست. مراحل بالا مولد بافت‌های اولیه ماگمایی در کرومیت‌ها هستند و پس از تشکیل این لایه‌ها و طی مراحل بعدی، بافت و ساخت‌های ثانویه حاصل می‌شوند.

۶- دگرسانی سنگ‌های دربرگیرنده و پدیده سرپانتینی‌شدن، این پدیده ایجاد فولیاسیون اولیه در سنگها کرده و هم‌چنین با کاهش چگالی ناشی از تبدیل سیلیکاتهای نخستین به سرپانتین در سنگ‌های فوق بازی و لایه کرومیتی سبب تشکیل بافت‌های کششی (کاتاکلاستیکی) و در بعضی موارد لایه‌های کرومیتی را به‌صورت عدسی‌های کشیده به سمت بالا حرکت دهد.

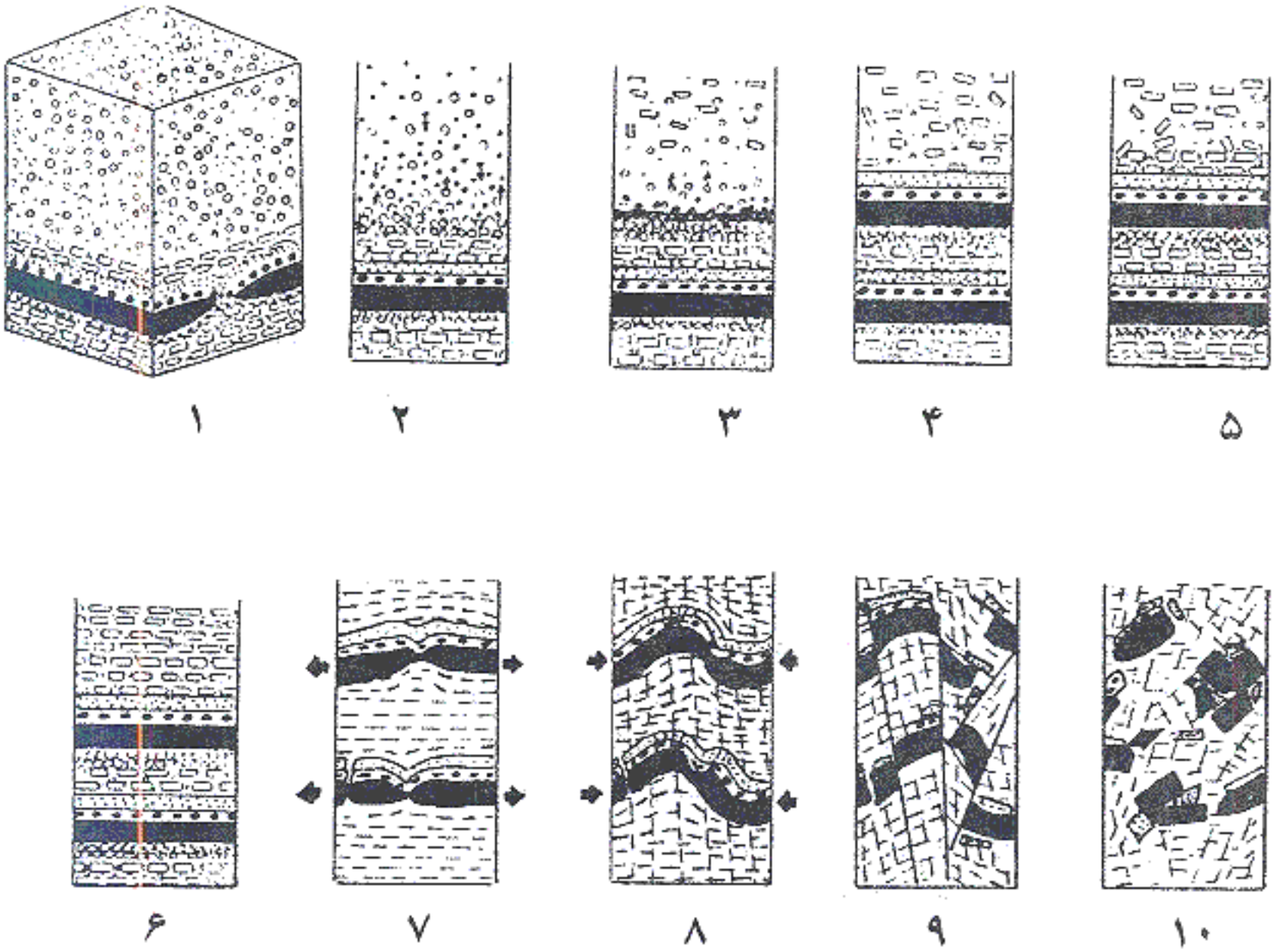
۷- گسلش لایه چین‌خورده، قطعه قطعه شدن این لایه و حرکت هر قطعه به‌طور مستقل در یک زمینه نرم و شکل‌پذیر، از سرپانتین و تغییر روند ساخت و بافتهای موجود در قطعه کرومیت نسبت به این روند، در سنگ‌های دربرگیرنده با افزایش فشارهای وارده و ایجاد بافت میلونیتی همراه می‌باشد.



شکل ۲۰ – طرح مراحل تشکیل بافت های نخستین در منطقه مورد بررسی .

۸- درهم‌ریختگی و از هم‌گسیختگی بیشتر لایه‌ها با روند رو به‌افزایش فشار و سپس نزدیک شدن اتصال این قطعات زاویه‌دار توسط یک سیمان، که بیشتر از همان تودههای سرپانتینی می‌باشد، به یکدیگر و پیدایش ساخت برشی. این فرآیند در مقیاس میکروسکوپی نیز بافت برشی را بوجود خواهد آورد.

یادآور می‌شویم که وجود تمامی مراحل یاد شده در یک کانسار حتمی نبوده و معمولاً نیز چنین نمی‌باشد بلکه اغلب تنها تعدادی از این مراحل همراه با هم قابل مشاهده‌اند، به‌طوری که می‌توان مدل ناحیه‌ای تشکیل کانسار را به صورت شکل ۲۱ نشان داد.



شکل ۲۱ ـ مدل احتمالی تشکیل کانسارهای کرومیت درمنطقه مورد بررسی .

کتاب‌نگاری

بهزادی، حشمت، ۱۳۷۱– بررسی مکانیسم تشکیل و جایگزینی ذخایر کرومیت انبانی موجود در آمیزه افیولیتی بافت، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۲۰ صفحه.

وطن‌پور، حمیدرضا، ۱۳۷۲– افیولیت و جایگزینی با نگرش خاص بر افیولیت‌های ایران، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۷ صفحه.

وطن‌پور، حمیدرضا، ۱۳۷۵– ویژگی‌های ژئوشیمیایی، بافت، ساخت و پیدایش کانسارهای کرومیت در مناطق گفت و فرومد سبزوار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۶۰ صفحه.

References

Alavi Tehrani, N., 1977- Geology and petrography in the Ophiolite range NW of Sabzevar (Khorassan/Iran), with special regard to metamorphism and genetic relations in an ophiolite suite, (Ph. D. thesis), Geological Survey of Iran, Report No. 43, 156p.

Baroz, F., et al., 1983, Ophiolites and related formations in the central part of the Sabzevar range (Iran) and possible geotectonic reconstructions: Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran, Report No. 51, Geological Survey of Iran, 205-238.

Bernardt, U., 1983- Middle- Tertiary volcanic rocks from the Southern Sabzevar Zone, Khorassan (NE Iran): Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran, Geological Survey of Iran, 277-284.

Delfenbach, K. W., 1988- Chromite mineralization, genesis and exploration; Second Mining Symposium, Kerman- Iran, 16-35.

Duke, J. M., 1990- Magmatic segregation deposits of chromite: Ore deposite models, Geological Association of Canada Publications, 133-144.

Green baum, D., 1977- The chromitiferous rocks of the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus: Economic Geology, 72(7), 1175-1194.

Leblanc, M., and Ceuleneer, G., 1992- Chromite crystallization in a multicellular magma flow: Evidence from a chromitite dike in the Oman Ophilite: Lithos, 27, Elsevier Science Publishers, 231-257.

Lendsley, D. H., Rumble, D., Haggerty, S., Goresy, A., and Huebner, J., 1976 Oxide minerals: Mineralogical Society of America, Short Course Notes, vol.3, Southern Printing Company, p. Hg 101- Hg 279.

Nicolas, A., et al., 1981- Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonia: Economic Geology, 76(4), 805-831.

Ramdohr, p. 1980- The ore minerals and their intergrowth: Sec. edition, English translation of the 4th. edition, Pergamon press, 946-955.

Thayer, T. P. 1964, Prinicipal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman, Turkey: Econ. Geol. vol. 59, 1497-1524.