Mineralogy of brucite bearing marbles, eastern margin of Shirkuh batholith (west of Yazd province)

Kohsari, A.H
Department of Mining, Yazd University, kohsary@yahoo.com

Key words: *skarn-marble, brucite, hydromagnesite.*

Abstract: Igneous bodies in Manshad-Taft fault zone are intruded into Shirkuh granitic batholitic basement. They also cause different skarn-marble mineralization in dolomitized limestones which are covered granitic basement. Skarns are composed of variety of minerals. Marbles consist of various minerals such as brucite, forsterite, diopsid, periclase,talc, calcite, dolomite, and hydromagnesite. Petrographic and geochemical data have revealed that there is several stages during the formation of marble minerals. At the first stage, anhydrous minerals formed, then followed byhydrous assemblage. Generation of brucite occurs at the second stage and is due to late hydrothermal system withlow XCO_2 and high XH_2O fluids. Hydromagnesite deposition is occured by oxidation of brucite.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

مجلهٔ بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نهم، شمارهٔ دو، پائیز و زمستان ۱۳۸۰ از صفحهٔ ۱۱۷ تا ۱۲۵

پژوهشی

کانی شناسی مرمرهای بروسیت دار، حاشیه شرقی باتولیت شیرکوه (غرب استان یزد)

امیر حسین کوهساری

دانشکده مهندسی معدن - دانشگاه یزد

(دریافت مقاله ۱۳۸۰/۹/۱۵ دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۰/۱۱/۲۷)

چکیده: در امتداد زون گسلی موسوم به منشاد - تفت توده‌های نفوذی، پی سنگ گرانیتی باتولیت شیرکوه را در نوردیده‌اند و باعث اسکارن - مرمرسازی متنوعی در واحد آهک دولومیتی بر پی سنگ شده‌اند. اسکارنها تنوع زیادی نشان می‌دهند و در این میان مرمرها نیز با تنوع کانیهایی از قبیل بروسیت، هیدرومنیزیت، فرستریت، دیوپسید، پریکلاز، تالک، کلسیت، و دولومیت مشخص هستند. داده‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی مؤید مراحل چندگانه در شکل‌گیری کانیهاست. در اولین مرحلهٔ شکل‌گیری، کانیهای بی آب و به‌دنبال آن مجموعه‌های آبدار شکل گرفته‌اند. پیدایش بروسیت در مرحله دوم ناشی از یک سیستم گرمایی تأخیری با XCO_2 پایین و XH_2O بالا بوده است. اکسایش تأخیری منجر به نهشت هیدرومنیزیت از منشاء بروسیت شده است.

واژه های کلیدی: مرمر، اسکارن، بروسیت، هیدرومنیزیت، روابط پاراژنتیکی، نمودارعنکبوتی، REE

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

مقدمه

منطقهٔ مورد مطالعه در زون ساختاری ایران مرکزی، در ۳۸ کیلومتری جنوب غرب یزد واقع شده است. سه واحد سنگ‌شناسی عمده سازندهٔ زمین‌شناسی منطقه هستند. الف : پی‌سنگ باتولیتی شیرکوه از جنس گرانیت به سن ژوراسیک میانی، ب : کربناتهای کرتاسه، ج : توده‌های نفوذی پس از کرتاسه. در این میان اسکارنها و مرمرها در اثر نفوذ این توده‌ها در واحدهای کربناته کرتاسه در امتداد زون گسلی حاشیهٔ شرقی با تولیت شکل گرفته‌اند. کوهساری و همکار [۱] نوربهشت و همکاران [۲] سبزه ای و همکاران [۳] داوودی [٤] به بررسیهای کانی‌شناسی این اسکارنها و مرمرها همت گماشته‌اند. این پژوهش منحصراً به مطالعات ژنتیکی مرمرهای بروسیت دار می پردازد.

روش کار

پس از برداشتهای صحرایی، مطالعات میکروسکوپی با استفاده از روشهای کلاسیک انجام شد. از پراش‌سنجی پرتو X برای تأیید مطالعات کانی شناسی استفاده شد. داده های ژئوشیمی نیز از روش فعال کردن نوترونی (NAA) در مرکز تکنولوژی هسته ای اصفهان گرفته شده است.

کانی شناسی و روابط پاراژنتیکی کانیها

مطالعات میکروسکپی و XRD مؤید مجموعه کانیهای زیر است:

۱ـ پریکلاز - بروسیت - کلسیت - دولومیت

۲ـ هیدرومنیزیت - کلسیت

۳ـ بروسیت - کلسیت - دولومیت

٤ـ فرستریت - سرپانتین - دولومیت

در مرمرهای بروسیت‌دار، بروسیت به دو گونه یافت می‌شود : الف) بروسیت های پراکنده میکروسکوپی در زمینهٔ گرانوبلاستیک دولومیت - کلسیت (شکل ۱). اینگونه بروسیت‌ها در همیافتی با بازماندهٔ پریکلاز یافت می شوند. ب) بروسیت های رگچه ای که منحصراً شکستگیهای موجود در مرمر را پر می کند (شکل ۲). اینگونه بروسیت ها به صورت ورقه‌های سفید تا سبز - آبی تا پهنای ۱۰cm مشاهده می شوند. فرستریت ها به صورت بلورهای منفرد یا مجتمع در زمینهٔ مرمرها دیده می‌شوند و از بخشی تا کامل به سرپانتین تجزیه شده‌اند. هیدرومنیزیت به‌صورت بلورهای میکروسکوپی منحصراً در شکستگیهای حاوی بروسیت جانشین شده است. این کانی به صورت رشته‌ای با رنگهای تداخلی بالا دیده می‌شود و برای تأیید آن منحصراً از XRD استفاده شده است. (جدول ۱) روابط متقابل کانیها را با در نظر گرفتن ارتباط بافتی آنها نظیر شکل گیری بروسیت و سرپانتین به ترتیب به خرج پریکلاز

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

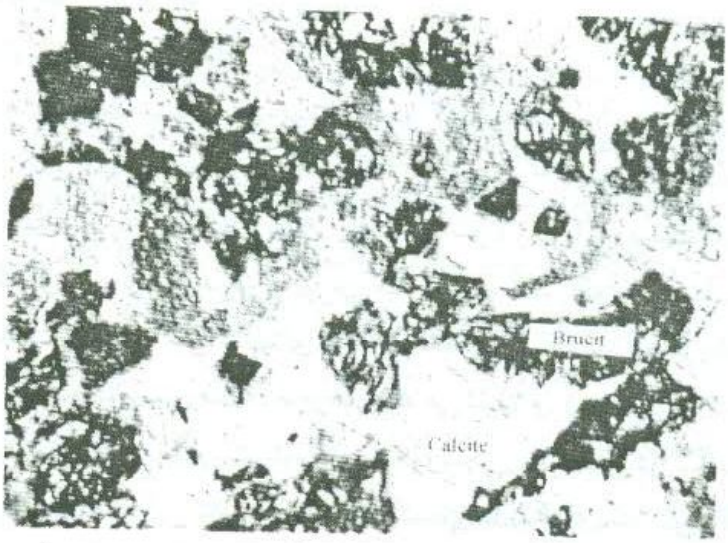
و فرستریت می‌توان به صورت شکل ۳ خلاصه کرد. همانطور که ملاحظه می‌شود شکل‌گیری کانیها در دو مرحلهٔ خشک و آبدار مشخص است.

جدول ۱: داده های XRD هیدرومنیزیت (رگچه خالص)

******** JCPDS POWDER DATA INFORMATION********
JCPDS CARD NO.= 8 -179
FORMULA = $Mg_4(OH)_2(CO_3)_3.3H_2O$
NAME= MAGNESIUM CARBONATE HYDROXIDE HYDRATEHYDROMAGNESITE I /Ic =
3 STRONG LINES (1) 5.790 100 (2) 2.901 90 (3) 2.150 50
D-1 PAIR NUMBER = 39

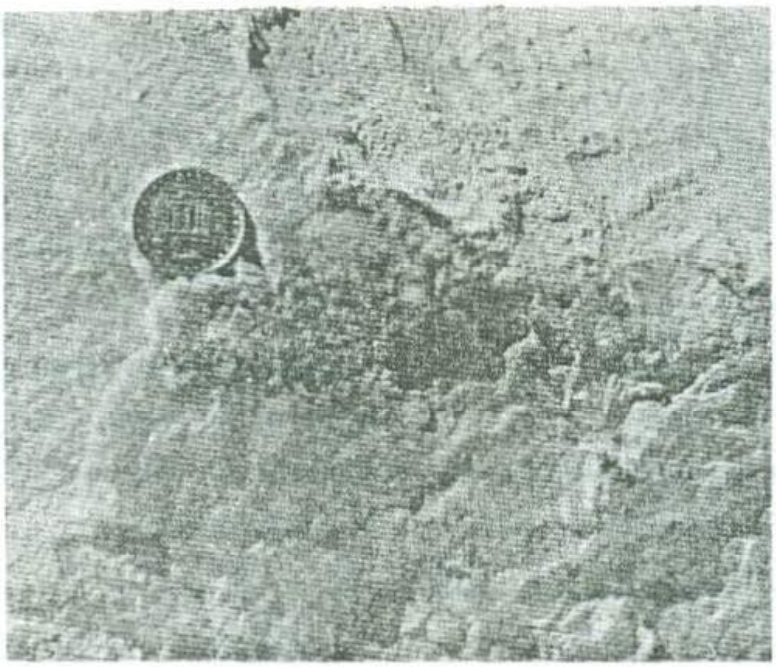
	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
01)	9.186	40	6.444	40	5.790	100	4.581	5	4.471	20
06)	4.211	20	4.051	5	3.811	10	3.501	10	3.310	30
11)	3.211	5	3.151	5	3.090	5	2.901	90	2.840	5
16)	2.870	5	2.691	30	2.630	5	2.500	30	2.420	5
21)	2.350	5	2.300	30	2.200	10	2.150	50	2.090	5
26)	2.030	5	1.990	20	1.966	5	1.930	10	1.900	5
31)	1.860	5	1.840	5	1.820	5	1.756	5	1.740	10
36)	1.670	5	1650	5	1.620	30	1.080			

**********END OF INFORMATION **********



شکل ۱-تجمع بلورهای بروسیت به‌صورت پراکنده در زمینهٔ کلسیت (نور پلاریزه و بزرگنمایی X100).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]



شکل ۲ - ورقه های بروسیت چسبیده به سطح سنگ مرمر، که در حقیقت به صورت رگچه‌ای شکستگیها را پر کرده‌اند.

مرحله / کانی	دگرگونی مجاورتی I	هیدروترمال تأخیری II	اکسیداسیون III
کلسیت	———	———	———
دولومیت	———	———	———
فرستریت			
پریکلاز	پریکلاز		
	———		
بروسیت		بروسیت	
		———	
هیدرومنیزیت			هیدرومنیزیت
			———

شکل ۳ - روابط پاراژنتیکی کانیها در مرمرهای بروسیت دار.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

واکنشهای دگرگونی

در منطقهٔ مورد مطالعه نخست سنگ آهک سازند تفت به طور نامنظم دولومیتی شده است. این دولومیتی شدن به طور کلی در حاشیهٔ شرقی شیرکوه و حتی بدور از نواحی ماگماتیسم صورت گرفته است. به نظر می رسد شاره‌های گرمایی حاوی Mg^{+2} منجر به دولومیتی شدن بر اساس واکنش زیر شده‌اند.

$$2CaCO3+Mg^{+2}(aq)===CaMg(CO_3)_2+Ca^{+2}(aq)$$

برای تشکیل دیوپسید و فرستریت و پریکلاز در مرمرها با افزایش گرما می‌توان واکنشهای زیر را در نظر گرفت [۵].

$$Dolomite + 2Quartz === Diopside+2CO_2$$
$$Diopside+3Dolomite === 4Calcite + 2Forsterite +2CO_2$$
$$Dolomite === Calcite + Periclase+2CO_2$$

علاوه بر آن تشکیل فرستریت از واکنش دولومیت با کوارتز نیز محتمل است.

$$2CaMg(CO_3)_2+SiO_2=== Mg_2SiO_4+2CaCO_3+2CO_2$$

برای شکل گیری بروسیت تأثیر آبهای گرم بر پریکلاز را در نظر می گیریم.

$$MgO+H2O ---> Mg(OH)2$$

همچنین بروسیت به‌طور مستقل می‌تواند از تأثیر آبهای گرم بر دولومیت شکل گیرد.

$$CaMg(CO_3)_2+H_2O ---> CaCO_3+Mg(OH)_2+CO_2$$

همراهی بروسیت - سرپانتین نیز با واکنش زیر [٦] قابل توجه است.

$$2Mg_2SiO_4+3H_2O === Mg_3Si_2O_5(OH)_4+Mg(OH)_2$$

دولومیتی شدن از نوع تدفینی [۷] در طول حرکت و نفوذ شاره‌های گرم به داخل سنگهای کربناتهٔ پیش از دگرگونی مجاورتی رخ داده است. توجیه رخداد توأم هیدرومنیزیت و کلسیت که مشاهدات میکروسکوپی و XRD تأیید کرده‌اند را می‌توان به صورت واکنشهای زیر در نظر گرفت.

$$Mg(OH)_2+3MgCa(CO_3)_2+3H_2O === Mg_4(OH)_2(CO_3)_3.3H_2O +CaCO_3$$

پیدایش هیدرومنیزیت به طور مستقل از طریق جانشینی در رگچه‌های خالص بروسیت (pseudomorph) نیز امکان‌پذیر است. می‌توان گفت که نفوذ CO_2 فعال از بخشهای عمیق‌تر در امتداد شکستگیها، یا هجوم شکل گیری هیدرومنیزیت به خرج بروسیتها به شکل زیر صورت گرفته است:

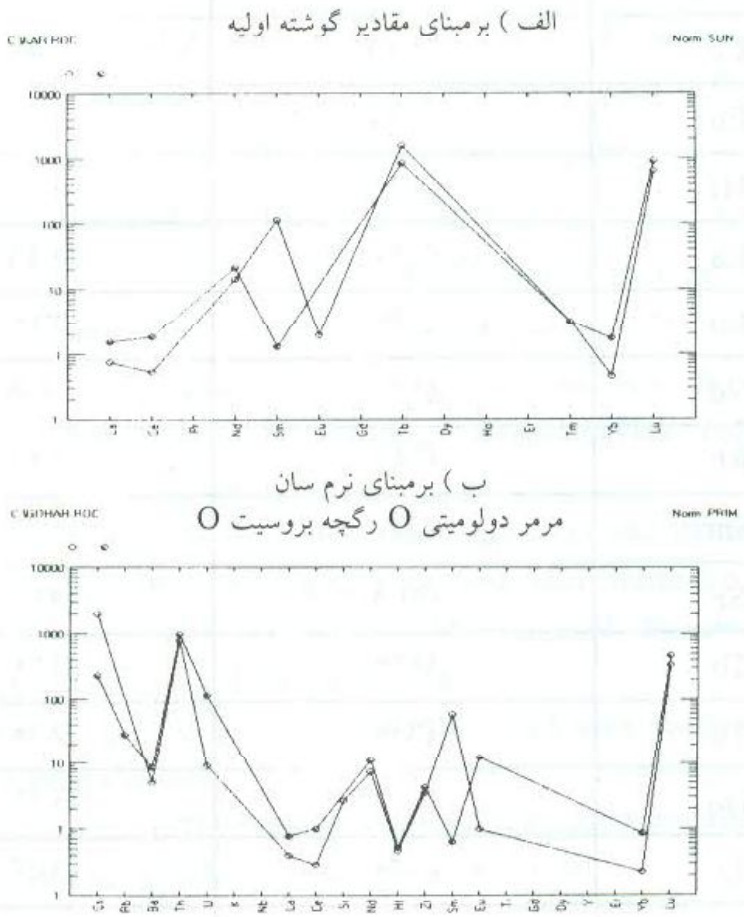
$$4Mg(OH)_2+3O_2+3H_2O+1/2O2=== Mg_4(OH)_2(CO_3)_3.3H_2O$$

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

همـانطور کـه مشاهده می شود این واکنش اکسیژن گیر است. احتمالاً آبهای سرشار از اکسیژن موجـود در کارستها که اندکی پس از ضربهٔ گرمایی به صورت همرفت در آمده‌اند و در پیشبرد ایـن واکـنش مؤثـر بـوده‌انـد و یـا آبهـای گـاز کربنیک‌دار در شرایط اکسایش عمل کرده‌اند. کینزمـن [۸] نـیز شـکل‌گـیری هونتیت و هیدرومنیزیت در اثر هوازدگی به صورت رگچه‌هایی باریک در شکافهای موجود در بروسیت را یادآور شده است.

داده های ژئوشیمی

بـرای بررسـی ژنتیکـی رگچـه هـای بروسیت و ارتباط آنها با سنگ میزبان از داده های عناصر نادرخاکـی و عناصـر کمـیاب (جـدول ۲) اسـتفاده شـد. بـه ایـن مـنظور مقادیر این عناصر را درمرمـرهای دولومیتـی و رگـهٔ بروسـیتی نسبت به ترکیب گوشتهٔ اولیه (Pirm) و سان (Sun) بهـنجار کـردیم (شکل ٤). با وجود پیچیده بودن نمودار همان طور که دیده می شود همگام با افـزایش عـدد اتمـی La بـه Lu وجـود یک روند مثبت بیانگر تهی شدگی تدریجی از عناصر



شکل ٤ - نمودار عنکبوتی عناصر فرعی، کمیاب و نادر خاکی برای سنگهای مرمر دولومیتی و رگچه بروسیت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

خاکی نادر سبک (LREE) است و مقدار La و Ce در رگهٔ بروسیت کمتر از سنگ میزبان است، زیرا این دو عنصر قادرند در ساختمان کلسیت جانشین شوند. بنابراین تمرکز این دو عنصر در سنگ میزبان دولومیتی بیشتر شده است. علاوه بر این وجود نابهنجاری منفی Eu در رگچه‌های بروسیتی نشان می دهد که در زمان شکل گیری رگچه ها، شاره‌ها حاوی فوگاسیته اکسیژن بالایی بوده‌اند. در نهایت الگوهای مشابه نشان دهندهٔ این واقعیت است که منشاء سازه های رگچه های بروسیت از همان سنگ میزبان دولومیتی است. در حقیقت می‌توان گفت که از شستشوی داخلی به وسیلهٔ یک سیستم گرمابی پس از مرحله اصلی دگرگونی شکل گرفته‌اند.

جدول ۲: داده‌های ژئوشیمیایی رگچه بروسیت و سنگ دولومیت میزبان * (مقادیر به ppb)

عنصر	رگچه بروسیت ppm	مرمردولومیتی ppm
Ba	⟨۳۱٫۲	۵۳
Ce	⟨۰٫٤٦	۱٫۵۸
Eu	⟨۰٫۱۵	⟨۱٫۸۹
Hf	⟨۰٫۱۳	⟨۰٫۱۵
La	⟨۰٫۲۵	⟨۰٫٤۹
Lu	⟨۲۲*	⟨۳۱*
Nd	⟨۸٫۹۱	⟨۱۳٫۵
Rb	⟨۱۵٫۷	⟨٤٫٤۲
Sm	۲۳	⟨۰٫۲٦
Sr	⟨۵۰٫۹	⟨۵۱٫۲
Tb	⟨۸۱*	⟨٤۳*
Th	⟨٦۸*	⟨۸٦*
Tm	⟨۰٫۱۱	⟨۰٫۱۱
U	⟨۰٫۲۰	⟨۲٫۵۳
Yb	⟨۰٫۱۰	⟨۰٫۳۸
Zr	⟨۳٤٫۱	⟨٤۱٫٤

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]

برداشت

تکوین مرمرهای بروسیت دار شرق شیرکوه در طی مراحل سه گانه و مستقل رخ داده است. در این خصوص می توان این مرمرها را به عنوان مرمرهای چندزادی یا پلی ژنیک در نظر گرفت. الگوی داده های ژئوشیمیایی بر این مسئله تأکید دارد که مرحلهٔ بروسیت‌زایی رگه ای در یک سیستم شستشوی داخلی گرمایی در محیط داخلی مرمرهای پریکلاز دار، به صورت ناچیزی انجام گرفته است، و در نهایت جانشینی هیدرومنیزیت به جای بروسیت در زون اکسیدان و درشرایط سوپرژن بوقوع پیوسته است.

مراجع

۱ـ کوهساری، امیرحسین، و مکی‌زاده، محمدعلی، (۱۳۷۳)، کانی‌شناسی اسکارنهای حاشیه شرق باتولیت شیرکوه، چکیده مقالات دومین سمینار بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، صفحه٦.

۲ـ نوربهشت، ایرج، مکی‌زاده، محمدعلی، و شرافت، شهرزاد، (۱۳۷٤)، معرفی کانی‌شناسی اسکارن کوه دُر با تأکید برکانی کمیاب کلینتوتیت، کوهستان شیرکوه - یزد، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال چهارم شماره ۱ و ۲ صفحه ٤۷-۳۷.

۳ ـ سبزه‌ای، مسیب، و علایی مهابادی، سلیمان، (۱۳٦٥)، گزارش مقدماتی مطالعات زمین شناختی و سنگ شناختی مرمرها و اسکارنهای منطقه ده بالا، یزد، مدیریت زمین شناسی منطقه جنوب خاوری مرکز کرمان ۳٥ صفحه.

٤ ـ داوودی، فریبا، (۱۳۷۷)، پژوهش های سنگ شناختی اسکارنهای منطقه شیرکوه، استان یزد (ده بالا، باقی آباد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۲۹٦ صفحه.

5 - Turner F. (1968) Metamorphic Petrology . Mineralogyical, field and tectonic aspect. Mcgraw-Hill, 403pp

6 - Tracy R.J and Frost B. R. (1991) Phase equilibria and thermobarometry of calcareous, ultramafic and mafic roks, and iron formation. In contact Metamorphism (Kerrick, D. M.,ed.) Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy Vol. 26. pp. 207-289

7 - Tucker M. E., and Wright, P. V. , (1990), Carbonate sedimentology, Black Well Publishing Co., 482p.

8 - Kinsman D.J.J. (1976) Huntite from a Carbonate-Evaporite environment. American Mineralogist. Vol. 52 (9-10), pp 1332-1340

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-13]