sina-pub.ir

سیر تکامل ساختاری کانسار World-Class : کانسار Martha Hill، Waihi، نیوزلند

چکیده

ما یک ساختار پیچیده در بالاترین سطح کانسار طلا – نقره Martha Hill در شبه جزیرهCoromandel با سنگ میزبان آندزیتی میوسن را توصیف کردیم. محصول طلا کاملا از رگه‌های کوارتزی بوده و کانی‌سازی در پیشینه زمین شناسی زیر جای گرفته‌است. 1- کانی‌سازی با سنگ میزبان سنگ‌های ولکانیکی 2- شکستگی‌های تکتونیکی اولیه 3- نفوذ دایک‌ها و سیل‌ها 4- شروع دگرسانی‌های هیدروترمال 5- فاز اصلی گسلش 6- فاز اصلی رگه دار شدن 7- فرسایش و اکسیداسیون عمیق 11-8- ته‌نشست بعدی مواد ولکانیکی شامل ریولیت و ساختار توپوگرافی موجود. رگه‌ها در شکستگی‌ها تشکیل می‌شوند اما از یک شبکه قبلی پیروی می‌کنند. دایک‌های کلاستیکی ماسه‌سنگ کربن دار، طی فاز گسلش نفوذ کرده‌اند. سنگ‌های گسله عمدتا کاتاکلاست‌ها یا برش‌های شکننده هستند. اکثر رگه‌ها در چندین گسل نفوذ کرده‌اند. رگه های استوک‌ورک از یک ترکیب مشبک با دو مجموعه متعامد تشکیل شده‌اند؛ رگه‌های با جهت شمال‌شرقی – جنوب غربی و شمال‌غربی – جنوب شرقی و دیگری رگه‌های با جهت شمالی – جنوبی و شرقی – غربی. توزیع رگه‌ها و بافت‌های برشی نشان می‌دهد که ساختارهای تکراری بازشدگی رگه‌ها را کنترل می‌کنند که در ارتباط با تغییرات شرایط فیزیکی و شیمیایی سیالات کانی‌ساز هستند.

معرفی

این مقاله سوابق ساختاری معدن Martha Hill با تولید بیش از 7 میلیون اونس طلا را تا سال 1994 توصیف می‌کند. ساختارهای مرتبط با گسل‌ها و الگوهای رگه‌ای و ارتباط بین این دو و همچنین بافت رگه‌ها بحث خواهد شد. سپس اهمیت این خصوصیات به منظور مطالعه پیشینه ساختاری و کنترل سیستم‌های رگه‌ای به طور جزئی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نهایت با برخی از کانسارهای Hauraki Goldfield مقایسه می‌شوند.

زمین شناسی منطقه‌ای و محلی

sina-pub.ir

معدن Martha Hill بخشی از Hauraki Goldfield در شبه جزیره Coromandel در شمال نیوزلند می-باشد. سنگ میزبان ولکانیکی این منطقه به دو دسته آندزیت‌های قدیمی مجموعه Coromandel و ریولیت‌های جوان منطقه Whitianga تقسیم می‌شوند. سنگ بستر شامل متاگریوک‌های مزوزوئیک است که توسط سکانس زغالی، کربناتی، گلسنگ و ماسه‌سنگی پالئوسن و میوسن پوشیده شده‌اند. سنگ بستر در شمال شبه جزیره بالا آمده در حالیکه در جنوب و جنوب‌شرقی تا زیر سطح آب پایین آمده‌است. گسل‌های شمال‌شرقی، شمال – شمال-غربی و بعضی از گسل‌های شمالی – جنوبی با جابه‌جایی‌های نرمال در سراسر شبه جزیره گسترش دارند. محدوده غربی Hauraki Goldfield توسط ریفت شمالی جنوبی Hauraki که یک گرابن نامتقارن و یک ترکیب تکتونیکی فعال در منطقه بوده‌است، تشکیل شده‌اند. ریفتینگ 10 تا 7 میلیون سال پیش شروع شده‌است. 3 تا 4 میلیون سال پیش گراول‌ها با رگه کوارتزی Hauraki Goldfield در بخش غربی ریفت Hauraki اتفاق افتاده-است.

یک مهاجرت پیوسته از کمان واحد Northland تا زون ولکانیکی Taupo وجود دارد. Brathwaite و Skinner برخورد Northland با کمان Coromandel را بیان می‌کنند. زون Colville و Northland هر دو تحت تاثیر ولکانیسم Coromandel بوده‌اند. در کانسارهای اپی‌ترمال منطقه Hauraki Goldfield طلا در رگه‌های کوارتزی محدود شده‌است. مقدار زیادی از محصول طلا از رگه‌های شمال‌شرقی می‌باشد. Christie و همکاران تعدادی مجرای ساختاری با تمرکز کانی‌سازی و دگرسانی تشخیص داده‌اند که یکی از آن‌ها معدن Martha Hill می‌باشد. کانسارهای طلا – نقره به سه گروه تقسیم می‌شوند: 1- در گروه شمالی بسیاری از سیستم‌های رگه‌ای جهت شمالی جنوبی تا شمالی – شمال‌غربی دارند و تنها منطقه‌ای است که کانی‌سازی در یک سنگ بستر گریوک قرار دارد. 2- کانسارهای گروه شرقی، عمدتا داری سنگ میزبان ریولیت‌های گروه Whitianga هستند و بعضی از آن‌ها در ارتباط با ساختار کالدرا هستند. 3- معدن Martha Hill متعلق به گروه جنوبی است که با رگه‌های شمالی – شمال‌شرقی تا شمال‌شرقی نشان داده می‌شوند و شامل بزرگ‌ترین محصولات طلا در منطقه هستند.

sina-pub.ir

کانسارهای طلا – نقره اپی‌ترمال در ایالت شمالی سن 14/1 تا 10 میلیون سال پیش دارند و در یک کمان تحت تاثیر ولکانیسم آندزیتی تشکیل شده‌اند درحالیکه در ایالت شرقی و جنوبی، کانسارها در ارتباط با ولکانیسم آندزیت – ریولیت bimodal هستند و سن 7/1 تا 5/7 میلیون سال پیش دارند. معدن Martha Hill در همان توده-سنگ‌های دگرسان شده کانسارهای Union، Amaranth، Gladstone و Favona قرار دارد که تمامی این کانسارها از سیستم رگه‌ای Waihi با جهت غربی-شمال‌غربی- شرقی- جنوب‌شرقی هستند. از سال 1988 معدن Martha Hill به صورت یک معدن روباز کار خود را آغاز کرد و تولید کلی آن از معدن‌کاری زیرزمینی و روباز در سال 2009 مقدار 210944 کیلوگرم طلا و 1299893 کیلوگرم نقره بوده‌است. در سال 2006 این معدن 69 درصد طلای استخراج شده از Hauraki Goldfield را تولید کرده‌است.

در محل معدن Martha Hill، سنگ میزبان توسط سکانسی از ایگنیمبریت‌های پلیوسن پایانی تا کواترنری پوشیده شده‌است. گسل‌های منطقه‌ای در سطح دیده نمی‌شوند. بنابراین فرض می‌شود یک گرابن زیر منطقه Waihi وجود دارد. در معدن Martha Hill طلا در دانه‌های کوچک الکتروم با کوارتز یا در سولفیدها اتفاق می‌افتد. در رگه‌ها یک سکانس از کلسیت پهن، کوارتز، پریت و آدولاریا وجود دارد. ماده معدنی در ارتباط با کوارتز کراستیفرم می‌باشد. سنگ‌ها متحمل دگرسانی‌های پتاسیک، پروپلیتیک و آرژیلیک قرار گرفته‌اند. از $\frac{Ar^{40}}{Ar^{39}}$ آدولاریای رگه کوارتزی سن معدن $6/16 \pm 0/06$ به دست آمد. مطالعات سیال درگیر نشان می‌دهد که مرحله اصلی ته‌نشینی کوارتز در دمای 189 تا 273 درجه سانتیگراد با یک جوشش دوره‌ای اتفاق افتاده است.

متدها و منابع داده

سه دسته اطلاعات ساختاری موجود است: 1- نقشه‌ها و اندازه‌گیری‌های ساختاری رگه‌ها 2- مسیر رگه‌ها، گسل‌ها و محل اتصال آن‌ها 3- لاگ‌های ساختارهای مورب. از این متدها برای تعیین جهت بردار slip گسل‌ها استفاده شده‌است که به طور مستقیم با بیضی تنش مرتبط بوده‌است. σ_1 بزرگترین، σ_2 متوسط و σ_3 کوچک‌ترین محورهای تنش بوده‌اند. استفاده از تنش‌ها محدود به مشاهدات نقطه‌ای در گسل‌های سطحی است.

سکانس رویدادها

sina-pub.ir

ما مشاهدات را بر اساس سکانس رویدادهای ساده شده زیر پیشنهاد می‌کنیم. 1- کانی‌سازی و آرایش اولیه ساختارها، محل اتصال‌ها و گسل‌ها 2- نفوذ کلاستیکی 3- گسلش مداوم 4- توسعه رگه کوارتز اصلی و کانی‌سازی 5- گسلش فرعی

ساختارهای اولیه: محل اتصال‌ها

محل اتصال‌ها می‌تواند یک محیط مهم برای جریان سیال در سنگ‌های با نفوذپذیری پایین می‌باشد و بعضی از این الگوها پیچیده هستند اما بعضی دیگر بسیار منظم هستند. آندزیت‌ها تمایل دارند که محل اتصال‌های فراگیر بیشتری نسبت به برش‌های ولکانیکی نزدیک داشته باشند.

نفوذ کلاستیکی

گرانولار تخته‌ای سیاه تا خاکستری 1 تا 40 سانتی‌متر پهنا دارند و گسترش جانبی آن‌ها چندین متر است و به عنوان نفوذی‌های کلاستیکی تفسیر شده و اکثرا مسطح هستند. اندازه دانه‌های مواد پرکننده محدوده‌ای از ماسه خوب دانه‌بندی شده تا تا پبل دارند. کلاست‌های رسوبی از سکانس سنگ بستر، کوارتز، ماسه سنگ کربن‌دار و گلسنگ ناشی می‌شوند. نفوذی‌های کلاستیکی بافت توده‌ای تا دایک‌های با لایه‌بندی موازی دارند و نزدیک سکانس تشکیل می‌شوند. اکثریت آن‌ها قبل از رگه‌دار شدن بوده و تعدادی از آن‌ها تحت تاثیر موقعیت و جهت‌یابی گسل‌ها و رگه‌ها می‌باشند.

گسل‌ها

گسل‌ها ساختارهای مهم کنترل کننده کانی‌سازی هستند و عمدتا میزبان رگه‌های اصلی می‌باشند. اطلاعات جدول 1 عمدتا از گسل‌های باقیمانده بین رگه‌ها می‌باشند. بزرگترین گسل بیشتر از 400 متر طول دارد و سایر گسل‌ها اکثرا کوچکند. گسل‌ها ب 3 دسته تقسیم بندی می‌شوند. 1-گسل‌های نرمال dip-slip با گسترش شرقی – غربی 2- گسل‌های نرمال dip-slip و گسل‌های strike-slip با گسترش شمال‌غربی – جنوب‌شرقی 3- گسل‌های نرمال dip-slip و گسل‌های strike-slip با گسترش شمالی – جنوبی

sina-pub.ir

TABLE 1. Slip Lines (mostly striations) on 30 Faults in Martha Hill Mine

Fault strike + dip	Striation plunge + bearing	Striation pitch	Shear sense	Fault Group (see Fig. 10)
003/64 W	48/216	56 S	Normal/sinistral	A
006/64 W	53/219	60 S	Normal d.s.	A
172/74 E	54/016	58 N	Normal /dextral	A
160/30 W	29/264	79 NW	No steps, d.s.	A?
164/62 E	56/035	70 N	No steps, d.s.	A?
140/65 SW	60/263	74 NW	Normal d.s.	A
148/74 W	70/273	78 NW	No steps, d.s.	A?
141/48 NE	47/067	80 SE	No steps, d.s.	A?
005/70 NW	54/335	57 N	No steps, d.s./s.s.	B?
013/58 NW	65/313	70 NE	No steps, d.s.	B?
024/86 NW	64/016	64 NE	Normal d.s.	B
032/61 NW	38/006	46 NE	Normal /dextral	B
050/30 NW	29/304	76 NE	No steps, d.s.	B?
012/83 SE	49/020	49 NE	No steps, d.s/s.s.	B?
027/80 SE	44/037	45 NE	Normal /dextral	B
031/67 SE	54/067	62 NE	No steps, d.s.	B?
042/65 SE	59/171	70 SW	No steps, d.s.	B?
011/19 W	16/312	60 N	No steps, d.s./s.s.	B?
014/30 NW	24/324	54 N	No steps, d.s./s.s	B?
004/17 W	10/330	36 N	Dextral/normal	B
080/66 S	48/230	55 W	Reverse / dextral	B
085/vertical	70/265	70 W	No steps, d.s.	B?
049/83 SE	71/208	72 SW	Reverse d.s.	B
122/85 SW	10/123	10 SW	Sinistral s.s.	C
138/50 SW	08/311	08 NW	No steps, s.s.	C?
130/48 SW	05/305	08 NW	Sinistral s.s.	C
095/69 S	68/169	84 E	Normal d.s.	C
082/60 S	20/251	24 W	Dextral s.s.	C
080/60 N	31/280	36 W	No steps s.s./d.s.	C?
070/66 NW	18/257	19 NE	No steps, s.s.	C?

Measurements are in degrees; d.s. = dip-slip, s.s. = strike-slip, dominant mode listed first where applicable; also see stereonet in Fig. 4D

رگه‌ها

کانی‌شناسی رگه‌ها

رگه‌ها شامل کوارتز و به مقدار کمتر کلسدونی همراه با آدولاریا، کربنات، اینسیت، پیریت، آکانتیت و الکترم می‌باشند. سکانس کانی‌شناسی به 3 مرحله اولیه، اصلی، نهایی تقسیم‌بندی می‌شود که کوارتز در هر 3 مرحله وجود دارد. کلسیت در مرحله اولیه و آدولاریا و کانی‌های سولفیدی در مراحل اولیه و اصلی دیده می‌شوند. الکتروم و آکانتیت تنها در مرحله اصلی ته‌نشین می‌شوند درحالیکه اینسیت و کوارتز ارغوانی در مرحله نهایی هستند.

بافت رگه‌ها

بافت رگه‌ها ناشی از ناپایداری ترکیب سیال کانی‌ساز می‌باشد. فشار، نرخ جریان، آشفتگی و مسیر جریان ممکن است در ارتباط با کنترل‌های ساختاری بازشدگی رگه‌ها باشد. بافت‌های کوارتز شانه‌ای، کراستیفرم، کوارتز پهن، کوارتز چرتی و کوارتز ارغوانی، کوارتز سلولی و برش در این منطقه مشخص شده‌اند. تنوع در بافت نشان می‌دهد که تغییرات پی‌درپی شرایط فیزیکی و شیمیایی سیالات کانه‌ساز، باز و بسته شدن رگه‌ها را همراهی کرده‌است.

sina-pub.ir

بحث

کلیه مشاهدات در شکل 1 جمع آوری شده‌است. پیشینه زمین شناسی در بخش فوقانی معدن، گسلش، نفوذ کلاستیکی و رگه‌دار شدن بحث می‌شود.

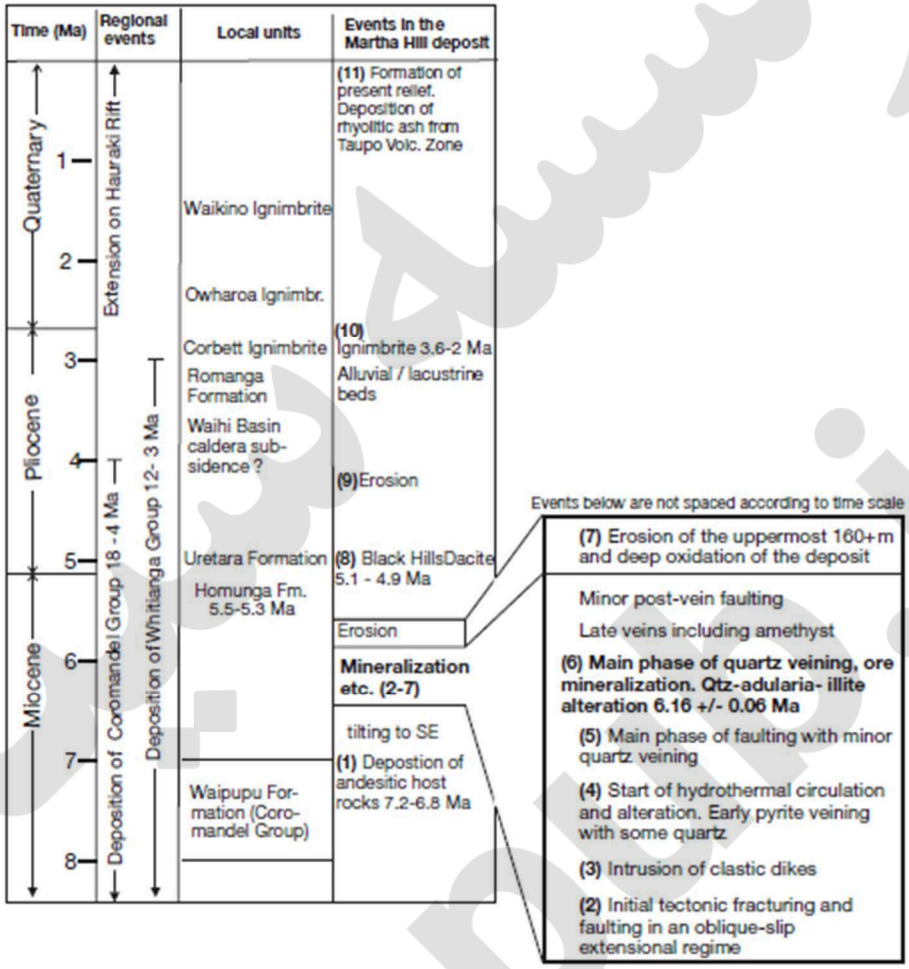

FIG. 1 Sequence of events in the Martha Hill mine in relation to regional geology, after Brathwaite et al. (1986), Brathwaite and Faure (2002), Smith et al. (2006), Christie et al., (2007), and Mauk et al. (2011). Bracketed numbers in the third column correspond to sequence numbers in the Conclusions section.

سکانس فراگیر رویدادها

رویدادها در معدن Martha Hill بین ته‌نشینی سنگ میزبان آندزیتی Waipupu Formation حدود 7 میلیون سال پیش و داسیتی Black Hills حدود 5 میلیون سال پیش طبقه‌بندی می‌شوند. رگه‌های کوارتز – پیریتی، نفوذ کلاستیکی و گسلش اصلی از کانی‌سازی اپی‌ترمال مقدم‌ترند و در $6/16 \pm 0/06$ اتفاق افتاده‌اند.

گسل‌ها

sina-pub.ir

اکثر گسل‌ها مابین نفوذ کلاستیکی و رگه‌دار شدن و برخی از آن‌ها بعد از رگه‌دار شدن اتفاق افتاده‌اند. بنابراین بخش اصلی گسلش باید مقدم بر کانی‌سازی بوده باشد. در معدن Martha Hill هیچ مدرکی برای گسلش در مقیاس بزرگ strike-slip وجود ندارد. گسل شمالی – شمال‌شرقی در شرق معدن قبل از سیستم رگه‌ای رخ داده است. گسل‌های dip-slip بسیار متداول‌تر (77٪) از رگه‌های strike-slip (23٪) هستند. بنابراین رگه‌های معدن Martha Hill در منطقه‌ای که تحت تاثیر کشش شمال‌غربی – جنوب‌شرقی با دگردیسی dip-slip بوده‌اند، تشکیل شده‌اند.

رگه‌ها

زون رگه‌دار در معدن Martha Hill حدود 75 درجه به طرف جنوب‌شرق شیب دارد. شیب لایه‌بندی زون ولکانیکی Coromandel نیز در حدود 40 درجه به سمت جنوب‌شرق می‌باشد. بنابراین سیستم رگه‌دار در جهت‌یابی موجود خود بعد از چرخش سنگ میزبان ولکانیکی تشکیل شده‌است.

رگه‌های با جهت شمال‌شرقی، رگه‌های اصلی منطقه هستند که با فراوانی، ضخامت، گسترش جانبی و عمودی و اهمیت آن‌ها در تولید طلا نشان داده می‌شوند.

در شبکه رگه‌ای پیچیده معدن Martha Hill رگه‌هایی با جهت شمال‌غربی در مقیاس بزرگ‌تر نفوذ داشته‌اند اما رگه‌های استوک‌ورکمقیاس کوچک چندین جهت مختلف نشان می‌دهند. جهت‌یابی به دو آرایش رگه‌ای متعامد گروه‌بندی می‌شود. گروه‌اول رگه‌های شمال شرقی – جنوب‌غربی و رگه های شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و گروه دوم رگه‌های شرقی – غربی و شمالی – جنوبی. بیشتریم مقدار بازشدگی و کانی‌سازی در رگه‌های با جهت شمال‌شرقی اتفاق می‌افتد.

کنترل‌های ساختاری محلی Hauraki Goldfield

آرایش رگه معدن Martha Hill پیچیده‌تر از سایر سیستم‌های رگه ای کانی‌سازی شده در جنوب Hauraki Goldfield است. تاکنون فقط دو کانسار با استوک‌ورک‌های اقتصادی در Goldfield شناسایی شده‌است: Martha Hill و Golden Cross. کانسار Golden Cross شامل یک رگه اصلی در ارتباط با رگه‌های

sina-pub.ir

footwall است که 50 درجه به جنوب‌شرق چرخیده‌اند. در مقابل استوک‌ورک در Martha Hill شامل مخلوطی از رگه‌های اصلی و فرعی می‌باشد که کم و بیش همزمان تشکیل شده‌اند؛ تمامی رگه‌ها در معدن Martha Hill احتمالا بعد از چرخش تشکیل شده‌اند.

اکثر کانسارهای شمال Hauraki Goldfield هندسه ساده‌ای دارند، برای مثال در Favona کانی‌سازی توسط رگه‌ای با عرض 1 تا 3 متری که بیشتر از 100 متر گسترش افقی و بیش از 400 متر گسترش قائم دارند تشکیل شده‌است. شمال Hauraki Goldfield عمدتا منعکس کننده کانسارهای 2-D strain می‌باشد، اما 3-D strain نیز وجود دارد.

کنترل‌های ساختاری منطقه‌ای برای معدن Martha Hill

تاکنون هیچ مدرکی برای گسل‌های strike-slip در شبه جزیره Coromandel وجود ندارد و کانی‌سازی Hauraki Goldfield در یک محیط کششی خنثی تا متوسط در یک کمان حاشیه قاره تشکیل شده‌است. بنابراین کانی‌سازی با تشکیلات مجدد کمان‌های ولکانیکی اصلی از کمان Northland به کمان Colville همزمان بوده‌است.کاهش سن رگه‌های کانی‌سازی شده در جنوب و تفاوت در جهت رگه‌ها به طور مستقیم به این مهاجرت ربط داده‌می‌شود.

کانی‌سازی در معدن Martha و در تعدادی از سایر کانسارها در این منطقه، توسط گسل‌های shear-mode مشخص می‌شود که به رگه‌های opening-mode تغییر می‌یابد که یک افزایش منطقه‌ای در کشش افقی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

یک شبکه پیچیده از گسل‌هایی با جابه‌جایی کم تشکیل شده‌است. جابه‌جایی‌های عمده کشش‌های نرمال dip-slip، شمال‌غرب – جنوب‌شرق، شمالی – جنوبی و شرقی – غربی بودند که بیانگر مجموعه 3-D strain می‌باشند. در بلوک کانی‌سازی شده از معدن Martha Hill، رگه‌های استوک‌ورک مقیاس کوچک پیچیده هستند که شبکه‌ای مرکب از 2 آرایش رگه‌ای ارتوگونال هستند. برخی از کانی‌سازی‌ها در طول گسلش اتفاق افتاده‌است.

sina-pub.ir

در استوک‌ورک، سکانس تشکیل رگه با رگه‌های شمال‌شرقی شروع شده‌است و با رگه‌های شمال‌شرقی تا شرقی – غربی و شمالی – جنوبی ادامه پیدا کرده‌است. در نتیجه ارتباط سنی حاکم بین گسل‌ها و رگه‌ها در کانسار معدن Martha Hill نشان می‌دهد بعضی از رگه ها توسط یک تغییر از گسل‌های shear-mode به شکستگی‌ها یا بازشدگی‌های کششی تشکیل می‌شوند.