# **کانه زایی طلا در پهنههای برشی شکل پذیر-شکنا و شکنای منطقه معدنی** زرترشت، پهنه سنندج-سیرجان، جنوب باختر سبزاوران

نوشته: غلامرضا راستگوی مقدم\*، ابراهیم راستاد\*، نعمت الله رشیدنژاد عمران\* و محمد محجل\* \*بخش زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

## Gold Mineralization in Ductile – Brittle and Brittle Shear Zones, Zartorosht Deposits, Sanandaj-Sirjan Zone, Southwest of Sabzevaran

By: Gh. R. Rastgoo Moghaddam\*, E. Rastad \*, N. Rashid Nejad Omran\* & M. Mohajel\*

\*Department of Geology, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran تاریخ دریافت:۱۳۸۶/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۳۸۶/۱۱/۰۵

#### چکیدہ

کانسار طلای زرترشت در بخش جنوب خاوری پهنه سنندج – سیرجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه که در حد رخساره شیست سبز متوسط تا پایین دگرگون شده اند، شامل مجموعه ای از سنگهای آتشفشانی دگرگون شده با ترکیب مافیک تا حدواسط، واحدهای آتشفشانی – رسوبی دگرگون شده و متا بازیت هستند که دایک های نفوذی بازی تا اسیدی در آنها نفوذ کرده اند. سن این واحدها به پالئوزوییک پسین نسبت داده شده است. توالیهای سنگی، تحت تأثیر فازهای متعدد و شدید دگر شکلی، نظم اولیه خود را از دست داده و فابریک های جدیدی را نشان می دهند. نوع و شدت دگر شکلی یکسان نبوده، بلکه انواع دگر شکلی ها به صورت پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا تا شکنا در منطقه مشاهده می شوند.

کانهزایی طلا در پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا و شکنا روی داده است. کانه زایی طلا در پهنه های گذر از شکل پذیر به شکنا، دارای ژنومتری عدسی شکل و در جهت شیب و امتداد بر گوارگی است. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه های بخش های سیلیسی شده این پهنه ها، میزان طلا را بین ۰/۵ تا ۰/۷ گرم در تن نشان داده است. دگرشکلی در این پهنه ها به صورت فابریک میلونیتی اولیه در حاشیه و بخش میانی پهنه، و فابریک شکنا در مرکز پهنه است. در بهنه های سریسی تیپ شکنا، بیشترین تمرکز طلا، در امتداد گسله های عادی با روند Nv W تا W = 9 و شیب به سمت جنوب است. این تیپ کانهزایی شامل رگه ها و نوارهای سیلیسی- سولفیدی طلادار بوده و به صورت تایبوسته در گستره ای به طول بیش از ۱/۵ کیلومتر مشاهده می شود. نتایج حاصل از تجزیه شیمایی نمونه های از پهنه سیلیسی- سولفیدی، میزان طلا را تا ۱۷/۲ گرم در تن و در مواردی تا ۳۵/۷ گرم در تن نشان داده است. واحدهای سنگی دربر گیرنده کانهزایی در پهنه های برشی، تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند. شدت و نوع دگرسانی در واحدهای مختلف، متفاوت است. از مهم ترین دگرسانی ها، دگرسانی کر بینی، ایدوتی، سریسیتی، کرباتی، ترزیر گیر سیلیسی و سولفیدی هستند. دگرسانی سیلیسی- سولفیدی، بیشترین گسترش را در بخش داخلی بهنه های برشی داشته و مطبق بر پهنه های طلا دار است. ریز شکستگی های موسد از سوی دیگرسانی و زمانی دگرسانی با دگرشکلی است. از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه بندی دگرسانی و دگر شکلی مشخص می شود. از سوی دیگر، فضاهای خالی که در طی دگر شکلی است. از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه بندی دگرسانی و دگر شکلی ریز شکستگی های موجود در پورفور کلاست ها که در طی دگر شکلی شکل پذیر و فرایند میلونیتی شدن همروند با برگوارگی به وجود آمده اند و نیز ریز شکستگی های موجود در پورفور وکلاست ها که در طی دگر شکلی است. نظر مکانی، این ارتباط توسط انا با دگر شکلی و دگر سانی و دیز شکلی و دگر نوی و دریز شکستگی های موجود در پورفیرو کلاست های دگر سانی و در نظر های این که، تغییرات عیار طلا با دگر شکلی و دگر سانی ارتباط نزدیک همزمان پر شده اند که این خود بیانگر همیایی نمونه های سردان تر تر شه ها و تونل ها که همروند و با مرگراگی و دگر سای ارتباط نزدیک شرمان پر شده اند که این خود بیانگر همیستی نمونه های سیلیی و سولفیدی به شدت دگر شکل (میلونیتی و اولتراکات

کانیشناسی ماده معدنی تقریباً ساده بوده و شامل پیریت و پیریت آرسنیکدار و مقادیر بسیار ناچیزی گالن و اسفالریت است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، طلا به صورت آزاد و الکتروم وجود دارد. همچنین، تجزیه میکروپروب الکترونی و میکروسکوپ الکترونی، نشان دهندهٔ حضور طلا در شبکه کانههای سولفیدی است. بر

اساس این مطالعات، طلابا فاز پیریت و پیریت آرسنیک دار مشاهده می شود. همچنین این مطالعهها بیانگر حضور نقره در شبکه سولفیدها و درون باطله سیلیسی است. مطالعات انجام شده در مقیاس های مختلف، عوامل کنترل کننده تمرکز کانهزایی در کانسار زرترشت را پهنههای برشی (شکلپذیر – شکنا و شکنا) و دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی) نشان می دهد. مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار زرترشت با کانسارهای طلای تیپ کوهزایی حاکی از آن است که کانسار زرترشت از نظر ویژگیهای زمین شناسی و کانهزایی، بیشترین شباهت را با این تیپ از کانسارها دارد.

**کلید واژهها:** کانه زایی طلا، پهنه برشی شکلپذیر- شکنا و شکنا، فابریک میلونیت و کاتاکلاسیت، دگرسانی سیلیسی- سولفیدی، زرترشت، سبزواران.

#### Abstract

Archive of SID

Zartorosht gold deposit is located in southeastern part of the Sanandaj-Sirjan zone. Rock units exposed in the area include mafic to intermediate volcanic series, metamorphosed volcano-sedimentary rocks and meta-basites intruded by basic to felsic dikes. These late Paleozoic units have been metamorphosed under lower to medium green-schist facies. Due to several phases of intense deformation, rock sequence indicates new fabrics. The intensity and types of deformation are not the same in the area, so that rock units illustrate ductile-brittle to brittle shear zones.

Gold mineralization occurs in ductile-brittle and brittle shear zones. In ductile-brittle shear zones, gold mineralization occurs parallel to the foliation with lenticular geometry along the strike and dip of the foliation. Analysis of samples from silicified parts of this zone indicates 0.5 to 7.95 ppm Au. In these zones, deformation fabrics can be observed as primary mylonitization in marginal and middle parts, and brittle fabrics in central parts. Gold mineralization in brittle type shear zones has occurred mainly along N70W to E-W and southern dipping normal faults. This type of mineralization includes gold-bearing veins and siliceous-sulfidic bands and can be followed in a 1.5 km long zone. Au grade in samples from siliceous-sulfidic zone is 17.2 ppm and sometimes it reaches up to 35.7 ppm. Mineralized rock units in shear zones indicate different types of alteration including chloritization, epidotization, sericitization, carbonatization, argilization, silicification and sulfidization. Siliceous-sulfidic alteration corresponds to ore-bearing zones within the shear zones.

Studies suggested temporal and spatial relation between alteration and deformation. Spatial relation is explained by overlapping alteration and deformation zones. Foliation parallel open spaces (generated during ductile deformation and mineralization processes) and also micro-fractures in porphyroclasts (generated during grain cataclastic flow) have been filled with hydrothermal - stage quartz and pyrite indicating temporal correlation of alteration and deformation. Au grade changes have close relation with deformation and alteration intensity. This relation has been distinguished by analysis of samples taken from trenches and tunnels perpendicular or parallel to general foliation of rock units. High gold content is related to intensely deformed (mylonitic and ultracataclasite) siliceous and sulfidic parts and Au-bearing siliceous-sulfidic parts coinciding with the inner parts of alteration zones.

Ore-mineral assemblages in the area are relatively simple including pyrite, arsenian-pyrite, rarely galena and sphalerite. Based on microscopic studies, Au occurs as free grains and electrum. Also electron-microprobe and electron-microscope analysis indicate that at least some of Au grains are in sulfide minerals lattice. According to these studies, gold has been observed with both pyrite and arsenian-pyrite phases. Ag has also been detected in sulfide minerals lattice and siliceous gangue.

Controlling parameters for mineral concentration in Zartorosht deposit are shear zones (ductile-brittle and brittle) and alteration

(silicification and sulfidization). Based on the comparison of Zartorosht main characteristics with orogenic gold deposits, Zartorosht has the most similarities with orogenic gold mineralization; therefore, it is considered to be of this type.

Keywords: Gold mineralization, Ductile-brittle and brittle shear zone, Mylonitic and cataclasite fabric, Siliceous-sulfide alteration, Zartorosht, Sabzevaran.

#### مقدمه

کانسارهای طلا که در حین فرایندهای کوهزایی تشکیل می شوند، گستره وسیعی در فانروزوییک دارند (Goldfarb & Crowe, 2000). 2001 (Goldfarb et al., 2001). این گونه کانسارها، که کانسارهای طلای کوهزایی نامیده شده اند (Groves et al., 1998)، نوع اقتصادی و بسیار مهم کانهزایی طلا در کمربندهای دگرگونی هستند(Groves et al.,2003) که بخش قابل توجهی از تولید جهانی را به خود اختصاص داده اند (Foster, 1993).

در ایران، پهنههای کراتونی آرکنن و به طبع طلای تیپ کوهزایی آن نیز گزارش نشده است و در سرزمینهای فانروزوییک نیز فقط کانسارهای طلای موته در بخش مرکزی (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱؛ کوهستانی، ۱۳۸۳)، طرقبه مشهد (باباخانی و کوزه کنانی، ۱۳۸۲)، زرترشت کرمان در منتهیالیه جنوب خاوری (راستگوی مقدم و همکاران، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳)، ناحیه آلوت، باینجوب و تیژتیژ (حسنی پاک، ۱۳۷۷، ۱۳۷۷) و کرویان در بخش شمال باختری (محجل و شمسا، ۱۳۸۰؛ حیدری، ۱۳۸۳)، در استان کردستان، از تیپ طلای کوهزایی گزارش شده است (شکل ۱–الف).

منطقه معدنی طلای زرترشت، در ۷۰ کیلومتری جنوب باختر سبزواران و ۱۳ کیلومتری شمال فاریاب، از بخش های شهرستان کهنوج، واقع است (شکل ۱- ب). آثار و شواهد معدنکاری قدیمی در گستره وسیعی از منطقه کوهستانی زرترشت، میان دو آبادی زهمکان و پاسفید، به فراوانی دیده می شود (شکل ۳). وجود این آثار معدنکاری قدیمی موسوم به کارهای شدادی، به همراه ابزارها و شواهد بر جای مانده از فعالیت های معدنی قدیمی مانند پتک، سندان و دستاس سنگی اولیه، همگی گویای پیشینه کهن معدنکاوی طلا در این منطقه باستانی است. مؤمنزاده (۲۰۰۲)، پیشینه این یافته ها را حتی به هزاره سوم پیش از میلاد منتسب کرده است.

سبزهای، نعمت و مؤمن زاده (۱۳۷۲) از منطقه زرترشت بازدید کرده و کانیسازی طلا در این محدوده را به صورت بروندمی (اگزالاتیو) همزمان با فعالیت آتشفشانی بازی و از تیپ چینه سان- چینه کران دانستهاند. پیرهادی و بلوریان (۱۳۷۵)، در گزارش برنامههای اکتشافی شرکت توسعه علوم زمین، نفوذ تودههای ماگمایی جوان و آزاد شدن سیالهای گرمابی ماگمایی را

۶۸۰ کارکی ایک تابستان۸۷، سال هفدهم، شماره۶۸ سال مفدهم، شماره۶۸ (۱۱۰ میل ۲۹۸) می ایک در می ایک در می ایک در می ا

موجب کانی سازی طلا در این محدوده دانسته و تمرکز طلا را احتمالاً در زونهای برشی و شکستگیها دانستهاند. مطالعات انجام شده در این مقاله، بیانگر وجود پهنههای برشی طلادار از نوع گذر از شکل پذیر به شکنا و نوع شکنا در مجموعه دگر گونی کانسار زر ترشت و ارتباط و انطباق عیارهای بالای طلا با شدت دگر شکلی و دگرسانی در این پهنهها است. با توجه به گسترش این مجموعه دگر گونی در منطقه و همچنین نواحی دیگر پهنه سنندج – سیرجان و حتی دیگر پهنههای مشابه در ایران، بنظر می رسد استفاده از ویژگی های معرفی شده در این تحقیق، برای پهنه های برشی طلادار کانسار زر ترشت بتواند به عنوان الگو برای شناسایی و اکتشاف این تیپ از کانهزایی طلا مؤثر و نتیجه بخش باشد.

#### ۲-زمین شناسی

مطالعات سنگ شناسی و چینه شناسی در منطقه زر ترشت بیانگر گسترهٔ وسیعی از واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی بازی تا حدواسط دگرگون شده و به شدت دگر شکل با سن دونین بالایی-کربنیفر زیرین (سبزه ای و همکاران، ۱۳۷۳) است که توده های بازی و اسیدی (دایک و سیل) در آنها نفوذ کرده اند (شکل ۳). بررسی های انجام شده (محجل و همکاران، ۱۳۸۱)، نشاندهنده حضور چند مرحله دگر شکلی پیچیده است. محیط اولیه تشکیل نشاندهنده حضور چند مرحله دگر شکلی پیچیده است. محیط اولیه تشکیل کانسار زر ترشت، حوضه کافت درون قاره ای بود (سبزه ای، ۱۳۷۳)، که محیط مناسبی را برای فعالیت آتشفشانی زیردریایی و رسوبگذاری مجموعه های آتشفشانی- رسوبی فراهم کرده است. وجود مقادیر زیادی واحدهای رسوبی دگر گون شده در توالی آتشفشانی- رسوبی منطقه زر ترشت، گویای وجود یک حوضه کافتی است (1909, Scot)

عمده ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده معدنی زرترشت شامل مجموعه های زیر است:

- شیست سبز آتشفشانی (آمفیبول شیست): این واحد با رنگ رخنمون سبز، گستره وسیعی از محدوده مورد مطالعه را در بر دارد (شکل ۲). پاراژنز عمومی این واحد شامل اکتینولیت، کلریت، آلبیت، فلدسپار قلیایی، کوارتز، C

اپیدوت-کلینوزویسیت، کلسیت، اسفن و کانی های کدر است. این مجموعه، در زمینه ریزبلوری از آلبیت، کوارتز، اپیدوت، کلریت، کانی های رسی و کدر قرار گرفته اند. بیوتیت، آپاتیت، لوکوکسن، اکسید و هیدروکسیدهای آهن و گاه پیریت، کم و بیش، در این واحد وجود دارند. از مشخصه های بارز این واحد، دگرشکلی شدید و توسعه بر گوارگی، چین ها و ایجاد رخ موج وارگی (Crenulation)، تبلوردوباره دینامیکی، فابریک S/S برشی و شکل گیری ساختارهای عدسیوار – پورفیروبلاست و همچنین دگرشکلی شکنا است.

- متابازیت: این واحد با رنگ رخنمون سبز تیره تا سیاه، در تناوب با شیست های آتشفشانی و با گستره محدود برونزد دارد. در جنوب گسل اصلی طلادار منطقه (پهنه برشی تونل بزرگ-کسیدون) و در دره ای موسوم به گلی سیاه، بیشترین رخنمون این واحد مشاهده می شود. ترکیب این واحد، بهطورعمده هورنبلند-پیروکسن گابرویی است. این واحد، بر گوارگی بارزی ندارد و تنها میلونیتی شدن ضعیف و لغزش پورفیرهای درشت آمفیبول و پیروکسن سبب نوعی جهت یافتگی خفیف در این سنگها شده است. البته واحد متابازیتی که درون پهنه برشی قرار دارد، به دلیل عملکرد تنش برشی شدید، دارای جهت یافتگی بیشتری است.

- شیست سبز آذرآواری (توف مافیک و توفیت رسی-آهکی): این واحدها، متناوب با شیست آتشفشانی و متابازیت، در ستبرای کمتر از ۱ متر تا چندین متر حضور دارند. تنوع ترکیب اولیه سنگ شناسی- کانی شناسی، از ویژگی شاخص این واحدها است به گونه ای که ترکیب این سنگ ها، گاهی سرشت آتشفشانی دارد و گاه به سوی رسوبی (پلیتی، آرژیلی، ماسهای و کربناتی) تمایل دارد.

- کوار تز - مسکوویت شیست : این واحد در محدوده معدنی، رخنمون محدودی دارد. در حالیکه، در مناطق شمالی و خارج از محدودهٔ کانی سازی طلا، بهفراوانی برونزد یافته است (شکل ۳). این واحدها با رنگ رخنمون خاکستری تا نقره ای، در ستبراهای کمتر از یک متر تا چند متر، به صورت میان لایه، در میان واحدهای آتشفشانی - رسوبی دگر گونی دیده می شوند. وجود کانی های میکایی مانند موسکویت و سریسیت، سبب بر گوار گی کاملاً مشخص در این واحدها گردیده و همین امر، باعث عدم مقاومت آنها در برابر هوازدگی شده است. تغییرات ترکیب اولیه این سنگها، بسته به ژرفای رسوبگذاری، از ماسه سنگ ناخالص تا رسوبات رسی ناهمگن متغیر است. در نتیجهٔ دگر گونی و دگر شکلی، تناوبی از نوارهای کوار تز – فلدسپاتی و نوارهای میکایی – رسی تشکیل شده اند.

-**کالک شیست**- م**تاکربنات:** مرمر ستبر لایه (چند صد متر ستبرا) در جنوب و باختر منطقه معدنی، بلندی های اصلی منطقه از جمله کوه های پاسفید،

اسپیدرز و سهرگل را شکل داده اند (شکل ۲). ولی در محدوده طلادار، واحدهای کربناتی دگرگونی و کالک شیست، بهصورت میان لایه ، با ستبرای بهندرت چند متری برونزد دارند.

Archive of SID

- سنگ های نفوذی: در منطقه زرترشت (بخصوص محدوده طلادار)، تزریق مکرر دایک ها و توده های کوچک گابرودیوریت، دایک های دیاباز و گاهی دایک های با ترکیب اسیدی تر، مجموعه واحدهای دگرگونی را متأثر کرده است (شکل ۳). روند عمومی این سنگ ها، به طور عمده N-S تا NW-SE و ستبرای آنها بین ۱ تا ۳ متر است. البته ستبرای دایک ها در برخی رخنمون ها، به ۱۲ متر نیز می رسد.

## ۳- ساختار و دگرشکلی

بر اساس بررسی های ساختاری انجام شده در منطقه، روندهای عمدهٔ ساختاری در چهار گروه قابل تقسیم است (شکل ۳): الف) روندهای تقریباً خاوری-باختری (E-W تا NV·W) دو گونه سامانه گسلی با ساز و کار متفاوت را در خود جای داده اند. یک سامانه، گسل های رانده و معکوس اصلی است که در نقشه زمین شناسی ساختاری منطقه به خوبی قابل شناسایی می باشند. این ساختار، باعث راندگی واحدهای سنگی منطقه به سوی جنوب- جنوب باختر شده است. سامانه دیگر، گسلش عادی (کششی) است که در یک مقیاس محلی عمل کرده و باعث تشکیل پهنههای برشی شکنا شده است. پهنههای طلادار اصلی (شکل ۳– شماره های ۱، ۲ و ۳) در امتداد همین روند جای گرفتهاند. این گسلش عادی، ساز و کار مجزایی از دگرشکلی های قبلی دارد و در واقع، برگوارگی و دیگر ساختارهای زمین ساختی را قطع کرده است. ب) روندهای تقریباً شمالی- جنوبی (N-S تا N۲۰W) که روند عمومی دایک های دیابازی تا اسیدی منطقه نیزهست. عملکرد گسل های عادی و ایجاد شکستگی های کششی، عمود بر روند راندگی های اصلی (E-W)، سبب تزریق ماگما به داخل این ساختارهای خطی شده است. ج) روند شمال باختری-جنوب خاوری که روند برگوارگی غالب در امتداد سطح محوری چین های خوابیده است. البته به دلیل شدت دگر شکلی در منطقه، روند برگوارگی متغیر است. پهنه های برشی با عملکرد راندگی (Reversed) در این ساختار شکل گرفته اند. پهنه های دگرسانی و کانهزایی تیپ همروند با برگوارگی در این پهنهها رخ نمودهاند. د) روند شمال-خاوری-جنوب باختری که بر روی نقشه ۱/۲۵۰۰۰ زمین شناسی– معدنی و تصویر ماهوارهای منطقه مشخص است و بسیاری از خـط وارههای سـاختـاری و شکستـگی های اصلی در امتـداد ایـن رونـد قرارگرفته اند. روند این گسل ها از N۲۵E تا N۵۰E متغیر بوده و شیب آنها نیز از قائم تا حدود ۵۰ درجه به سمت SE برداشت شده است.

تابستان۸۸، سال هفدهم، شماره۸۶ کارکی کی ۱۱۱

دگرشکلی در مجموعه سنگی منطقه به دو گونه پهنهٔ برشی با ساز و کار متمایز و شدت دگرشکلی متفاوت، عمل کرده است که شامل پهنه های برشی شکنا (Brittle shear zones) و پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا (Ductile-brittle shear zones) است. به دلیل اهمیت بیشتر پهنه های شکنا در تمرکز اقتصادی طلا، این ساختارها با تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار می گیرند:

## ۳-۱-پهنه های برشی شکنا در زر ترشت

گسلها، بارزترین ساختار در منطقه زرترشت هستند. در این محدوده گسلهای با ساز و کار کششی (گسلش عادی) بیشتر نمود یافته اند. این گسلها، در سه روند اصلی قابل برداشت هستند که مهم ترین آنها، از دیدگاه کانهزایی، روند عمومی E-W تا NV۰W است (شکل ۴). پهنه برشی شکنای اصلی منطقه، با روند فوق به طول بیش از ۱/۵ کیلومتر و به صورت ناپیوسته قابل پی گیری است. این ساختار، دیگر روندهای ساختاری قبلی را قطع کرده است.

در یک پهنه برشی شکنا، در نتیجه شکستگی مکانیکی اجزای سنگ در ژرفای کم، محصولات بافتی متنوعی پدید می آید که به دگر شکلی شکنا (Brittle deformation) موسوم است. جریان یافتن کاتاکلاستیکی، بهصورت لغزش و چرخش قطعات خردشدهٔ سنگی، از مشخصه های بارز پهنههای برشی شکنا است (Passchier & Trouw, 1996). در محدوده مورد مطالعه، تحرک شدید گسل عادی، موجب خرد شدگی شدید سنگ ها در مرز حرکتی بلو کهای مجاور و شکل گیری فابریکهای کاتاکلاستیکی- بِرشی متنوع و ایجاد درزه- شکستگی شده است.

بر اساس یک اصل کلی، درجه دگرشکلی در یک پهنه برشی، از حاشیه بهطرف مرکز پهنه افزایش شدید نشان می دهد (Sibson & Scott, 1998; Zhou & Wang, 1999). هرچند در پهنه برشی زرترشت این حالت بهوضوح مشاهده نمی شود، اما شدت دگر شکلی، کم وبیش، از خارج بهسمت داخل، در راستای عمود بر پهنه برشی افزایش می یابد. وجود دو نوع دانه بندی (پورفیروکلاست و زمینه ریزبلور)، از مشخصههای واحدهای دگر شکل شده منطقه در مقیاس میکروسکوپی است که بیانگر دگر شکلی متفاوت در سراسر پهنه برشی است. بر این اساس، هر چه تفاوت اندازه بین پورفیروکلاست و زمینه کمتر گردد، شدت دگر شکلی بیشتر می شود. بنابراین، انواع دگر شکلی در پهنه برشی زر ترشت را می توان بهصورت پروتوکاتاکلاسیت، کاتاکلاسیت و اولتراکاتاکلاسیت از هم تفکیک کرد:

**پروتوکاتاکلاسیت** (Protocataclasite): در یک پهنه شکنا، مرز بین

واحد دگرشکل شده و سنگ دربرگیرندهٔ دگرشکل نشده، یک زون انتقالی است که از بخش داخلی پهنه، با کاهش شدت دگرشکلی شکنا متمایز میشود (Passchier & Trouw,1996). در این بخش حاشیه ای، فابریک عمومی دگرشکلی به صورت پروتو کاتاکلاسیت است. پروتو کاتاکلاسیت، بر اثر خرد شدگی مکانیکی و جریان خفیف کاتاکلاستیکی، در یک پهنه برشی شکل-گرفته و به طور عمده از پروتولیت های کمتر دگرشکل شده تشکیل شده است. این نوع فابریک، در بخش بیرونی پهنه شکنای زرترشت گسترش به نسبت زیادی دارد.

**کاتاکلاسیت (Cataclasite):** کاتاکلاسیت، سنگی است مرکب از قطعات سنگ/کانی که بر اثر خردشدن مکانیکی، بدون پدیده ذوب تشکیل می شود (Passchier & Trouw, 1996). این واحد در پهنه شکنای زرترشت بیشترین گسترش را دارد. در این واحد، نسبت پورفیروکلاست به زمینه تقریباً برابر است که نشانه شدت دگرشکلی بیشتری نسبت به واحد پروتوکاتاکلاسیت است. سازوکار اصلی در تشکیل کاتاکلاسیت، جریان کاتاکلاستیکی بین بلوری و درون بلوری، لغزش مرز بلوری و انحلال بر اثر فشار است (Evans, 1990).

**اولترا کاتا کلاسیت** (Ultracataclasite): اولترا کاتا کلاسیت، بر اثر خرد شدگی بسیار شدید، در داخلی ترین بخش یک پهنه برشی شکنا، شکل می گیرد. این بخش در پهنه شکنای زرترشت، دارای پهنای کم (کمتر از ۵/۰ متر) است و به دلیل ویژگی های بافتی خاص و عدم وجود یا وجود مقادیر ناچیزی از پورفیرو کلاست های درشت بلور، در مقیاس رخنمون و همچنین زیر میکروسکوب به آسانی قابل تشخیص است. از ویژگی های مهم این واحد، درزه- شکستگی و رگه های تزریقی (injection veins) فراوان است که بدون هیچ نظم خاصی سازنده های خردشده و کاتا کلاسیت را احاطه کرده اند (شکل ۵). اولترا کاتا کلاسیت، از نظر بافتی بسیار شبیه به کاتا کلاسیت است، با این تفاوت که به دلیل شدت افزون تر دگر شکلی، ریزشدگی پورفیرو کلاست ها گسترش بیشتری یافته است.

در بسیاری از پهنه های برشی، به علت تحرکات مکرر و یا مستمر، چندین ف از دگر شکلی در امتداد یک گسل مشاهده می شود (Passchier et al., 1990; Nuguyen et al., 1998). فابریک های موجود در پهنه های برشی شکنای زرترشت، حداقل دو مرحله دگر شکلی را نشان می دهند که طی فعالیت های متناوب گسل اصلی، رونقش شده اند. در بیشتر موارد، فابریک های دگر شکلی رژیم شکل پذیر، به دلیل قرار گیری در شرایط سطحی- مانند حرکت بلوک سنگی دگر شکل شده، به سمت بالا در طی حرکت معکوس گسل و یا بالازدگی ناحیه ای -توسط فابریک های خاص محیط شکنا پوشیده می شوند. در زرترشت نیز عملکرد پهنه برشی در C

گویای نوعی از دگرشکلی شکل پذیر-شکنا است. تشکیل درزه-شکستگی کششی، که بهصورت زاویه دار نسبت بهسوی برش قرار می گیرند، از دیگر ساختارهای موجود در این پهنه ها است. انواع فابریکهای موجود در پهنه برشی گذر از شکل پذیر به شکنای زرترشت را می توان بهصورت زیر از هم تفکیک کرد:

میلونیت - پرو تومیلونیت: میلونیت، فابریک د گرشکلی در شرایط شکل پذیر است که با بر گوارگی صفحه ای، خط واره کششی/کانیایی و نشانه هایی از Tairگ کرنش بالا مانند روبان شدگی کوار تز مشخص می شود (Hanmer Passchier,1991 &). در پهنه های همروند با بر گوارگی منطقه زر ترشت، فابریک میلونیتی خفیف، به صورت زون های باریک چند سانتی متر تا ۲ متر، در میان واحدهای د گرگونی و چین خورده گسترش دارند. در این پهنه ها، بر گوارگی میلونیتی شکل گرفته در طی تشکیل پهنه های برشی، با بر گوارگی غالب ایجاد شده در واحدهای د گرگونی هم امتداد است.

در این بخش از پهنه ها، میزان پورفیرو کلاست نسبت به زمینه، بیش از ۵۰ درصد و بهندرت بین ۳۰ تا ۵۰ درصد است که بهنظر (1977) Sibson شدت دگرشکلی پایین و فابریک پروتومیلونیت تا میلونیت را نشان می دهد. دگرشکلی شکل پذیر، موجب شکل گیری فابریک ها و ریز ساختارهای متنوع شده است. از آن جمله، می توان به ساختارهای سیگموییدی و شکل گیری پورفیرو کلاست های پوششی، خمش دوقلویی در بلورهای فلدسپار، توسعهٔ نوارهای برشی و ... اشاره کرد.

**اولترا کاتا کلاسیت - کاتا کلاسیت:** این واحد در بخش درونی پهنه های برشی هم روند با بر گوارگی منطقه زر ترشت، با پهنای ۲۰/۵ تا ۱ متر گسترش یافته است. بالاآمدگی منطقه زر ترشت و قرارگیری در شرایط نزدیک به سطح، سبب حرکت دوباره در سطوح ضعف، بویژه بخش داخلی پهنه های برشی شده است. نتیجه آن، شکل گیری فابریک های شکنا در این پهنه ها است. این پهنه ها بسیار باریک بوده و به همین دلیل، مرز میان اولتراکاتا کلاسیت و کاتاکلاسیت به سادگی تمیز داده نمی شود.

مطالعه پتروفابریکی کوارتز و پلاژیوکلاز، در نمونه های پهنه های همروند با بر گوارگی زرترشت، درجات بالاتر دگرشکلی رانسبت به پهنه های برشی شکنای منطقه نشان می دهد که با شرایط محیط گذر از شکل پذیر به شکنا مطابقت دارد.

#### 4-دگرسانی

بررسی های انجام گرفته نشان می دهد که تقریباً تمامی واحدهای دگرگونی منطقه در پهنه های برشی همروند با برگوارگی و پهنه های شکنا تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند. ولی نوع و شدت دگرسانی بهطور کامل متفاوت است. از مهمترین دگرسانی ها می توان به دگرسانی کلریتی-اپیدوتی،

تابستان۸۷، سال هفدهم، شماره۶۸ ) () ()

شرایط ژرف پوسته و تحت رژیم شکل پذیر، موجب رفتار پلاستیک سنگها شده و در این شرایط، فابریک میلونیتی فراگیر، جهت یافتگی اجزای سنگ، ساختار سیگموییدی، فابریک های C/S، روبان شدگی و ریز شدن بلورهای کوارتز رخ نموده اند. پس از آن، حرکت معکوس گسل، موجب بالاآمدن این سنگها شده و در مراحل پایانی تکامل پهنه برشی، گسلش عادی باعث ظهور دگر شکلی رژیم شکنا شده اند. وجود قطعه های اولتر امیلونیت اولیه، که توسط کوارتز خرد شده و کاتاکلاستیکی محصور شده اند، می تواند گویای این پدیده باشد.

۲-۳-پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنای زر ترشت

در محدوده زرترشت، پهنه های برشی باریک با سازو کار راندگی، به پهنای ۱ تا ۳ متر و طول کمتر از ۲۰۰ متر، گسترش جالب توجه داشته و نوع حرکت معکوس مورب را (بلوک جنوب باختری روی شمال خاوری لغزیده است) نشان مي دهند. مشخصات برگوارگي درون اين پهنه ها بهطورعمده ۲۰/۱۹۰ است و خط وارگی به سمتSW میل دارد. این پهنه ها با دگر شکلی مرحله اول و تکوین چین های خوابیده همزمان بوده (محجل و همکاران، ۱۳۸۱) و در واقع، در یال همین چین ها بهصورت مورب لغز عمل کردهاند (شکل ۶). پهنه های فوق، از دیدگاه تمرکز اقتصادی طلا نسبت به پهنه های شکنا اهمیت کمتری دارند. در واقع، این پهنه های برشی همروند با برگوارگی را می توان بهعنوان یک کنترل کننده کانهزایی اولیه، برای کانی سازی اصلی طلا، در پهنه های برشی شکنا درنظرگرفت (Kishida et al., 1991). برگواره خفیف میلونیتی (شکل ۷)، در بخش بیرونی پهنه، از جهت یافتگی ترجیهی کانی های سنگ درونگیر، از جمله آمفیبول، پیروکسن، پلاژیوکلاز، کلریت و اپیدوت تشکیل شده است. درحالیکه برگوارگی، در بخش درونی پهنه، مرهون کانی های فلسیک بخصوص کوارتز و آلبیت است. در مطالعه میکروسکوپی و پتروفابریکی نمونه های این پهنهها، فابریکهای رژیم شکلپذیر مانند تبلور دوباره دینامیکی (Dynamic recrystallisation)، تبلوردوباره مهاجرت مرز دانه ای در بلور کوار تز (Grain boundary migration recrystallisation)، تشکیل دوقولوی(ماکل) مکانیکی و پدیدهٔ ایجاد شکنج (Kinking) در آلبیت، تغییر در زاویه و نوع سامانه رخ بلورهای کلسیت و دولومیت تبلور دوباره یافته، خرد شدن(subgraining) کوارتز (شکل ۸)، دور زدن بلورهای میکایی پیرامون پورفیروکلاست ها و. . . مشاهده می شود. در این پهنه ها علاوه بر فابریک های شکل پذیر فوق، فابریک های یک رژیم شکنا نیز دیده می شود که مبین عملکرد دوباره این پهنه ها در طی بالاآمدگی منطقه است. وجود فابریکهای شکنا، همراه با فابریک های ضعیف دگرشکلی شکل پذیر،

است که توسط شکستگی های اصلی موجود در پهنه های برشی، کنترل می شود(Zhang et al., 2003). در منطقه زرترشت، دگرسانی سیلیسی مهمترین دگرسانی گرمابی همراه طلا است که بیشترین شدت آن در داخلي ترين بخش يهنه هاي برشي مشاهده مي شود. در يهنه هاي شکنا، بخش بهشدت سیلیسی، با ستبرای حدود ۰/۵ تا ۲ متر، بهصورت برونزد سخت و برجسته دیده می شود که همروند با امتداد پهنه برشی(N<sup>v</sup>·W) شکل گرفته است. ژئومتری این بخش، اغلب نواری تا عدسی های نامنظم است. بهدلیل همراهی سولفیدها با دگرسانی سیلیسی و هوازدگی آنها، رخنمون این بخش اغلب با رنگ ظاهری زرد- خاکستری تا قهوه ای مشخص می شود. در پهنههای شکنا، زون سیلیسی، گسترش و پهنای بیشتری نسبت به پهنه های برشی همروند با برگوارگی دارد. بافت بخش سیلیسی، بویژه در پهنه های شکنا، بهشدت خردشده و کاتاکلاستیکی و بهطورمعمول با پیریت همراه است. در پهنه های گذر از شکل پذیر به شکنا، بخش به شدت سیلیسی، با ستبرای ۰/۵ تا ۱/۵ متر و بهصورت عدسی های ناپیوسته، هم خواب با برگوارگی غالب سنگ دربر گیرنده و در امتداد یهنه برشی (یا صفحههای برش) تشکیل شده است (شکل ۹). این عدسی ها در جهت شیب صفحههای برش تا ژرفای محدودی وجود داشته و بسته شدهاند. کارهای معدنی قدیمی بر روی همین بخش ها انجام گرفته، بهطوری که با بسته شدن عدسی های سیلیسی-سولفیدی، معدنکاری نیز متوقف شده است.

بخشی از دگرسانی سیلیسی منطقه، بهصورت سیلیسی شدن بخش هایی از سنگ دیواره است. این نوع دگرسانی یا بهصورت جانشینی سنگ دیواره توسط سیلیس بههمراه سولفید است که در اثر اکسیدشدن سولفید به رنگ سرخ و زرد دیده می شود و یا این که در اثر پرشدگی درزهها و شکستگیهایی است که روند خاصی نداشته و به سنگ بافت شبکهای داده است.

## دگرسانی سولفیدی

دگرسانی سولفیدی، در هر دو تیپ پهنه های برشی طلادار منطقه، بخشی از پهنه دگرسانی و منطبق بر بیشترین شدت دگرسانی سیلیسی و بالاترین عیارهای طلا است. دگرسانی شدید سولفیدی، بهصورت دانه پراکنده، در بخش درونی پهنه دگرسانی حضور دارد. بخش سولفیدی، در بررسی های صحرایی، با رنگ ظاهری زرد تا قهوه ای – سرخ، حاصل از هوازدگی سولفیدها و تبدیل شدن به اکسید و هیدروکسید آهن (لیمونیت، هماتیت، گوتیت، لیدوکروسیت) مشخص می شود. در بخش بیرونی پهنه دگرسانی نیز سولفیدها، در میان درزه – شکستگی ها، یا بهصورت دانه پراکنده در زمینه سنگ مشاهده می شوند.

مطالعات میکروسکوپی نشان داده است که تقریباً در تمامی نمونه های بخش



سریسیتی، آرژیلی، کربناتی، سیلیسی و سولفیدی اشاره کرد. دگرسانی گرمابی طلادار، منطبق بر پهنههای برشی و در زونهای باریک رخ داده است. پهنای این زونها، از ۳ تا ۳۰ متر متغیر بوده و اغلب به فرم عدسی شکل تا نواری مشاهده می شوند. هاله دگرسانی، در پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا و پهنه های برشی شکنای زرترشت تقریباً مشابه است. با این تفاوت که در پهنه های برشی شکنا، شدت و گسترش بیشتری نسبت به پهنههای برشی گذر از شکل پذیر به شکنا دارد.

دگرسانی های کلریتی-اپیدوتی و سریسیتی، به طور عمده در تمامی واحدهای سنگی و در بخش بیرونی پهنه های برشی گسترش دارند، لذا از توضیح آنها خودداری کرده و تنها به دگرسانی های کربناتی-آرژیلی (در بخش میانی پهنه ها) و سیلیسی- سولفیدی (در بخش داخلی پهنه ها)، که در ارتباط با کانهزایی طلا هستند، اشاره خواهد شد.

## دگرسانی آرژیلی

در هاله دگرسانی طلادار پیرامون پهنه های برشی زرترشت، دگرسانی آرژیلی گسترش محدودی دارد. اما همبستگی مثبتی میان دگرسانی کربناتی با دگرسانی آرژیلی، در بخش میانی پهنه های دگرسانی منطقه قابل تشخیص است. تجزیه نمونه های مختلف به روش XRD و مطالعات میکروسکوپی، نشان داده است که کانی های رسی موجود در پهنه ها بهطورعمده شامل مونتموریلونیت، تالک، سوداییت (کانی غنی از Mg و Al از گروه کلریت)، کلینو کلر و بهندرت ایلیت، جیسموندیت و زینوالدیت است که اغلب به همراه آنکریت و گوتیت مشاهده می شوند.

#### دگرسانی کربناتی

در پهنه های دگرسانی طلادار زرترشت، دگرسانی کربناتی گسترش بسیار قابل توجهی دارد. کلسیت، عمومی ترین کانی کربناتی است و در بیشتر نمونه ها، بههمراه دگرسانی سیلیسی مشاهده می شود. بهدلیل آهنگ بالای هسته زایی و تبلور کربنات ها، انتشار کانی های کربناته درون پهنه دگرسانی تصادفی است(Rimstidt, 1997). به همین دلیل، نمی توان در یک پهنه دگرسانی، محدوده مشخصی را بهعنوان زون کربناتی معین کرد. کانی کلسیت، در بیشتر نمونه ها، بویژه نمونه های بخش میانی پهنه دگرسانی، دومین یا سومین جزو سازنده سنگ پس از کوارتز یا کوارتز+آلبیت است. دولومیت و آنکریت در مقادیر بهمراتب کمتر آشکار شدهاند.

**دگرسانی سیلیسی** سیلیسی شدن، عمومی ترین دگرسانی گرمابی در نهشته های طلای کوهزایی

۲۱۱۴ کا کو ترکی تابستان۸۷، سال هفدهم، شماره۶ www.SID.i

سولفیدی، پیریت، کانی سولفیدی اصلی (بیش از ۹۸ درصد فاز سولفیدی) است و گالن، اسفالریت و کلکوپیریت، تنها بهصورت فرعی و پراکنده حضور دارند.

## ۵- ارتباط زمانی- مکانی دگرسانی و دگرشکلی

در بررسی چگونگی تشکیل کانسارهای طلا، فهم ارتباط زمانی و مکانی فرایندهای زمین شناختی مؤثر در شکل گیری این کانسارها بسیار با اهمیت است (Foster et al., 1998). به طور کلی، کانی سازی طلای کوهزایی، توسط پهنه برشی که با دگرسانی گرمابی شدید همراه است، کنترل می شود (Zhang et al., 2003). در واقع، دگرسانی گرمابی از نظر زمانی و مکانی با توسعه پهنه های برشی ارتباط ویژه ای دارد. بررسی های میدانی و میکروسکویی در کانسار زرترشت، مبین ارتباط مکانی و زمانی دگرسانی گرمابی با درجات دگرشکلی پهنه های برشی است (راستگویمقدم و همكاران، ۱۳۸۳). از نظر مكاني، اين ارتباط بهواسطهٔ انطباق پهنهبندي دگرسانی با دگرشکلی بهخوبی نمایان می شود. در بخش داخلی پهنه ها، شدیدترین درجه دگرشکلی (کاتاکلاسیت-اولتراکاتاکلاسیت) با بیشترین حجم فعالیت سیالهای گرمابی منطبق است. بنابراین، شدت بالای دگرسانی های سیلیسی و سولفیدی، در بخش داخلی پهنه برشی، نشانگر بیشترین فعالیت دگرسانی گرمابی در این بخش است. درحالی که در بخش بيروني پهنه ، دگرساني هاي سريسيتي، کلريتي و اييدوتي گسترش يافته اند. این تغییرها، همروند با کاهش حجمی سیال گرمابی و در نتیجه تحول ضعیف شيميايي سنگ ديواره پديد مي آيد.

از نظر زمانی نیز، در پهنه های طلادار زرترشت، ارتباط آشکاری میان دگرسانی گرمابی و دگرشکلی مشاهده می شود. در طی دگرشکلی پهنههای برشی منطقه، جریان کاتاکلاستیکی، لغزش دانه ها و خردشدگی آنها، فضاهای خالی مناسب و کم فشاری را برای مهاجرت و ته نشست سیال گرمابی ایجاد نموده است. این فضاهای خالی به موازات صفحه های برش شکل گرفته و درون این فضاها، محصولات اصلی دگرسانی گرمابی (کوارتز و پیریت) جای گرفته اند. از سوی دیگر، توسعه ریزشکستگی در پورفیرو کلاست ها، طی خرد شدگی مکانیکی، و پرشدن آنها توسط محصولات دگرسانی (به شکل۳۱-ب مراجعه شود)، گویای همزمانی نهشت محصولات دگرسانی گرمابی با دگرشکلی است (Zhou&Wang, 1999).

با توجه به شواهد فوق، به نظر می رسد که در پهنههای برشی منطقه زرترشت، فرایندهای دگرسانی گرمابی تحت کنترل دگرشکلی است. بهعبارت دیگر، می توان گفت که در پهنههای دگرشکل شدهٔ طلادار، انطباق زمانی و مکانی مثبتی میان دگرشکلی و دگرسانی گرمابی دیده می شود.

## 6-کانه زایی

نام زرترشت یا زردُرشت به معنای خرد کردن و آسیاب ذرات زر (طلا)، از پیشینه معدنکاری طلا در این منطقه حکایت دارد. در محدوده مورد مطالعه، آثار کانی سازی طلا و معدنکاری قدیمی، به طورعمده در دو محدوده متمرکز است (شکل ۳). محدوده اصلی یا منطقه معدنی زرترشت که در خاور ارتفاعات مرمری اسپیدرز قرار دارد و محدوده معدنی دودران که در باختر قدیمی، به دو صورت، یکی حفریات بزرگ و ژرف قطع کننده بر گوارگی و در جهت گسله های عادی و دیگری، کنده کاری های عدسی شکل (به طورعمده ۱ متر پهنا و ۲ متر درازا) دیده می شوند. تمام حفریات و کنده مم امتداد با یکدیگر، در جهت شیب صفحات بر گوارگی و با ابعاد کوچک (به طورعمده ۱ متر پهنا و ۲ متر درازا) دیده می شوند. تمام حفریات و کنده هم امتداد و چه قطع کننده بر گوارگی) انجام گرفته و تنها به بخش بسیار پرعیار پهنه های دگرسانی محدود شده است. این شواهد، همگی حاکی از فعالیت های گسترده معدنی، طی گذشته های بسیار دور، در این منطقه باستانی است.

## تیپ های کانه زایی طلا

کانهزایی طلا، در کانسار زرترشت با توجه به بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی و موقعیت زمین شناختی و ساختاری، به دو تیپ قابل تفکیک است: الف- کانهزایی تیپ گذر از شکل پذیر به شکنا: در طی فرایندهای دگرگونی و دگر شکلی، بویژه تشکیل چین های خوابیده، پهنه های برشی-لغزشی (Shear-slice zones) فعال می شوند. این امر سبب تشکیل مناطق برشی و فابریکهای خاص آن میشود. این پهنههای برشی بهطورعمده همخواب با برگوارگی غالب و بهموازات سطح محوری چین خوابیده واقع می شوند (Goscombe & Trouw,1999) (شكل۶–ب). در منطقه زرترشت، دستهای از پهنه های کانهدار، تحت تأثیر این گونه گسل های برشی- لغزشی (Shear-slice faults) تشکیل شده اند. این نوع از کانی سازی، با توجه به درجه دگرشکلی و ژئومتری آن نسبت به سنگ میزبان، با عنوان پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا یا پهنه های برشی همروند با برگوارگی نامیده شده است. گرچه، ممکن است که این پهنه های دگرسانی تا چند متر یهنا داشته باشند، اما بخش سیلیسی- برشی شده و غنی از طلا، بهطورمعمول بین چند دسی متر تا ۲ متر ستبرا دارد. شواهد صحرایی و نمونهبرداری از برخي پهنههاي دگرساني، نشان داده است که رويداد مذکور، بهصورت يک سامانه موازی، ولی با شدت و ضعف، در چند تراز حادث شده و موجب گردیده که در بخش هایی از زون دگرسانی، مقدار طلا به چند گرم در تن برسد. معدنكاري قديمي طلا در اين پهنهها، در بخشي كه عيار طلا بالا بوده،

www.SID.ir

تابستان۸۸، سال هفدهم، شماره۶۸ 🛛 刘

خاوری محدوده های مورد اشاره تشخیص داد. حجم عمده حفاری ها و کندو کاوهای قدیمی، در امتداد همین ساختار گسلی انجام شده است. این پهنه ها را می توان، براساس نوع و شدت دگرسانی، از بیرون بهسمت داخل، بهترتیب به سه زیرپهنه تقسیم کرد: ۱) پهنه دگرسانی سریسیتی-كلريتي – اپيدوتي (زون بيروني)، ۲) پهنه دگرساني كربناتي– سيليسي (زون میانی)، ۳) پهنه دگرسانی بهشدت سیلیسی- سولفیدی طلادار (زون داخلی). دگرسانی سیلیسی- سولفیدی، در بخش درونی پهنه ها، شدیدتر است. این بخش با بافت برشی-کاتاکلاستیکی مشخص، رگه- رگچه های سیلیسی- سولفیدی فراوان و رنگ ظاهری زرد- قهوه ای تا سرخ (حاصل دگرسانی سولفیدها) در مقیاس رخنمون به خوبی قابل تشخیص است. نتایج حاصل از تجزیه نمونه های این بخش از پهنه های شکنا در محدوده های مختلف، بیشترین مقادیر طلای کانسار (۲/۲ تا ۳۵/۷ گرم در تن) را نشان داده است. بهطوری که عیار طلا در بخش به شدت سیلیسی- سولفیدی پهنه برشی تونل بزرگ تا ۱۶/۱ گرم در تن، در یهنه کسیدون تا ۱۷/۲ گرم در تن، در پهنه خاور تونل بزرگ تا ۱۳/۷ گرم در تن و در پهنه دهنه خرسی (در محدوده دودران) تا ۳۵/۷ گرم در تن می رسد. در عین حال، در بخش بیرونی این پهنه ها که شدت دگرشکلی و دگرسانی کاهش می یابد، عیار طلا نیز کاهش چشمگیری را نشان می دهد (برای مثال پهنه خاور تونلبزرگ، شکل ۱۰-الف). این امر بیانگر ارتباط قوی میان عیارهای بالای طلا با بخش به شدت دگر شکل (تا حد اولتراکاتاکلاسیت) و دگرسان شده (سیلیسی-سولفیدی)، در این پهنه ها است.

### ۷-کانی شناسی

مطالعات میکروسکوپی و نتایج تجزیه دستگاهی نمونه ها نشانگر کانیشناسی بهنسبت ساده در پهنه های برشی کانه دار منطقه است. پاراژنز کانی ها در پهنههای دگرسان شده کانهدار بهصورت زیر است:

۲-۱-کانی ها

کوار تز، مهم ترین کانی سنگ ساز کانسار طلای زر ترشت است. مطالعات میکروسکوپی، سه نوع کوار تز را تفکیک کرده است که به تر تیب شامل کوار تز پیش از دگرشکلی، کوار تز مرحله اول گرمابی و کوار تز گرمابی تأخیری است. کوار تز پیش از دگرشکلی (نسل اول)، حاصل دگر سانی نبوده، بلکه پیش از دگرشکلی و دگر سانی در سنگ وجود داشته است. این نسل از کوار تز با ابعاد تا ۲ میلی متر، در زیر میکرو سکوپ با ظاهری کثیف، خاموشی موجی و تبلور دوباره (شکل ۸) شناخته می شود. کوار تز مرحله اول گرمابی (نسل دوم)، ظاهری روشن و شفاف دارد (شکل ۱۱) و در رگچه ها و پیرامون کوار تز پیش از دگرشکلی، دیده می شود. این کوار تزها، به طور معمول تو سط



نمونه برداری از بخش های مختلف این پهنه ها گویای افزایش عیارهای طلا، در بخش کاتاکلاستیکی به شدت سیلیسی – سولفیدی است (شکل ۱۰ – ب و جدول پیوست ۱). کانسنگ طلادار، به شکل عدسی های سیلیسی – سولفیدی با بافت کاتاکلاستیکی – برشی و حاوی کوارتز ریزبلور خاکستری – آبی فراوان و پورفیروکلاست های کوارتز است که به صورت موازی با بر گواره واحدهای دگر گونی قرار گرفته اند. بخش پرعیار، تنها به ۱۵ متر در پهنه پایینی پهنه مختص بوده و عیار طلا در آنها از ۲۰۵ گرم در تن (در پهنه پایینی طلادار خاور بن نخود، شکل ۹ – ب) تا ۲۹۸ گرم در تن (پهنه بالایی طلادار منطقه ای موسوم به دره کلکاشک (شکل ۳) و شمال آن، پهنه های متعددی از این دست دیده می شوند که نمونه برداری از بخش به شدت سیلیسی – سولفیدی یکی از این پهنه ها، عیار طلا تا ۶/۶ گرم در تن (برای پهنای ۵ متر) را نشان داده است. مقادیر طلا در بخش های بیرونی این پهنههای دگرسانی، چندان قابل توجه نیست (شکل ۱۰ – ب).

ب-کانهزایی تیپ شکنا: در منطقه زرترشت، بیشترین تمرکز کانهزایی طلا، درون پهنههای برشی شکنا و در امتداد گسلهای عادی رخ داده است. این پهنههای برشی، به شکل رگه سیلیسی سولفید دار با حاشیه دگرسانی محدود، روند غالب برگوارگی واحد شیست سبز میزبان را قطع کرده اند (شکل ۴). این پدیده، بیانگر تشکیل پهنههای شکنا، پس از دگرشکلی ناحیه ای و ایجاد برگوارگی غالب است. بر این اساس، می توان رگه های طلادار فوق را به مراحل دگر شکلی و بالآمدگی جوان تر منتسب کرد.

بررسی های میدانی و مطالعات انجام گرفته، مؤید وجود پهنه های برشی شکنای کانه دار در گستره ای به طول بیش از ۱/۵ کیلومتر، به طور ناپیوسته و با ابعاد مختلف، در راستای یک گسل عادی، با روند تقریباً خاوری – باختری است که تا نزدیکی بلندی های اسپیدرز (در باختر منطقه) قابل پی گیری است. در این امتداد، پهنه های برشی طلادار اصلی تونل بزرگ، کسیدون و خاور تونل بزرگ، با ابعاد قابل توجه مشاهده می شوند (شکل ۳). البته، برونزدهای کوچک تری از این پهنه های گسلی طلا دار را می توان در ادامه باختری و

www.SID.ir

ر گچه ها و شکستگی های تأخیری، به طور عمده سیلیسی و سولفیددار، قطع می شوند که دلیلی بر تشکیل آنها پیش از کوار تزهای مرحله تأخیری گرمابی است. فابریک های دگر شکلی، بویژه خاموشی موجی، در این نسل از کوار تز نیز به چشم می خورد که نسبت به کوار تز نسل اول گستر ش کمتری دارد. این کوار تزها در شرایط تبلور دوباره دینامیکی، از طریق مهاجرت مرز دانه و چرخش خرددانه ها(subgrain) تشکیل می شوند (2003) مار دانه کوار تزهای گرمابی تأخیری (کوار تز نسل سوم) همراه با سولفید با ابعاد بسیار ریزبلور (کمتر از ۲۰۰ میکرون، شکل ۱۲)، در مراحل نهایی فعالیت مرحله اول گرمابی (شکل ۲۱ – الف) و داخل ریز شکستگی آنها قرار دارند. زمینهٔ کانسنگی طلادار، در هر دو نوع پهنه برشی کانسار زر ترشت، از همین کوار تزهای ریزبلور خاکستری – آبی به همراه کربنات ها (به طور عمده کلسیت) و سولفیدها (پیریت، پیریت آرسنیک دار، گالن و اسفالریت) تشکیل شده است.

## ۲-۲-کانی های سولفیدی

مجموعه کانیهای سولفیدی شامل پیریت، پیریت آرسنیکدار، گاهی گالن، اسفالریت و بهندرت کلکوپیریت، کوولیت و دیژنیت است. این کانی ها بهصورت دانه پراکنده و بهندرت برای یافته مشاهده می شوند.

## - پیریت و پیریت آرسنیک دار

پیریت، فراوان ترین کانه سولفیدی موجود در پهنه های دگرسان شده و کانهدار زرترشت است و بیش از ۹۵ درصد سولفیدها را تشکیل مى دهد. نتايج تجزيه مايكروپروب الكترونى پيريت منطقه زرترشت (جدول پیوست ۲) نشان داده است که برخی از بلورهای پیریت (بویژه پیریت ريزبلور) حاوى ميزان زيادي آرسنيك (تا wt) (۱/۳۳ هستند (جدول پيوست ۲-۴) که می توان به آنها عنوان پیریت آرسنیکدار اطلاق کرد. بر اساس مطالعههای انجام شده در مقیاس میکروسکوپ نوری و الکترونی و بر مبنای روابط بافتی، می توان پیریت موجود در واحدهای دگرسان شده را به دو نسل تفکیک کرد: الف- پیریت و پیریت آرسنیک دار نسل اول گرمابی که بهصورت بلورهای درشت و خودشکل (شکل۱۱– الف) و در ابعاد چند صد میکرون تا ۲ میلیمتر، در هر دو تیپ پهنه های برشی منطقه مشاهده می شوند. این نوع پیریت ، در پهنه های همروند با برگوارگی، به شکل دانه پراکنده در زمینه سنگ، رگه- رگچهای و یا پیریت کشیده و تغییر شکل یافته در روند برگواره میلونیتی حضور دارد. در پهنههای شکنا نیز پیریت نسل اول گرمابی، بهصورت دانه پراکنده و یا در شکستگی ها متمرکز شده است. در این پهنه ها، پیریت درشت بلور نسل اول تحت تأثیر دگرشکلی، به دلیل ویژگی شکنندگی و سختی بالا (Evans, 1993)، اغلب خرد و شکسته شده و توسط سیمانی از کوارتز، کلسیت، آنکریت و سولفید ریزبلور نسل دوم گرمایی دربرگرفته

یا کامل از حاشیه و محل شکستگی های درون بلوری اکسیده شده است. حضور پیریت و پیریت آرسنیک دار درشت بلور از اغلب کانسارهای طلای دارای پاراژنز سولفیدی مشابه با زرترشت گزارش شده است Christie and Brathwaite, 2003; Haeberlin et al., 2002;) Belkabir et al., 2004; Hinchey et al., 2003). تحقيقات صورت گرفته نشان داده است که در کانسارهای طلای تیپ کوهزایی، میزان طلا در شبکه سولفیدهای درشتبلور، برخلاف سولفیدهای ریزبلور، بسیار پایین است و یا حضور ندارد. نتایج تجزیه انجام گرفته بر روی نمونه های سولفیدی زرترشت نیز عدم وجود طلا در شبکه پیریت درشت بلور را (برخلاف سولفیدهای ریزبلور) نشان داده است (جدولهای پیوست ۲–۱ و ۲–۷). میزان As در پیریت درشت بلور پهنه های تیپ همروند با برگوارگی، حدودwt ٪ ۰/۱۵ و در تیپ شکنا حدود wt /۲۶٪ است (جدول های پیوست ۲–۱ و ۲–۷). ب- پیریت و پیریت آرسنیک دار نسل دوم گرمابی، بهصورت بلورهای خودشکل تا تقریباً بی شکل و ریزبلور است که ابعاد آنها اغلب کمتر از ۳۰ میکرون بوده و بهندرت از ۱۰۰ میکرون فراتر میرود. این سولفیدها، بیشتر بهصورت دانه یراکنده (شکل ۱۳– الف) و رگچه های بسیار باریک (شکل ۱۳-ب)، به حالت همرشد با کوارتزهای نسل سوم یافت می شوند. نتایج تجزيه مايكروپروب الكتروني نشان داد كه همانند پيريت نسل اول، آرسنيك فراوان ترین عنصر فرعی این کانی است. با این تفاوت که پیریت ریزبلور در هر دو تيپ کانهزايي، نسبت به ييريت درشت بلور نسل اول، آرسنيک بیشتری دارد و حتی در یک بلور پیریت ریزبلور تیپ شکنا، میزان آرسنیک به wt ٪ ۱/۳۳ نیز می رسد (جدول ۲-۴). اندازه بلوری این نسل از پیریت،

این نسل از پیریت ، همزمان با تغییر شکل تشکیل شده ، بهطوری که تحت تأثیر

تنش های اعمالی، در پیرامون آنها و در جهت عمود بر راستای بیشترین محور تنش، کوارتز فیبری ریزبلور و همچنین کلریت بهصورت سایه واتنشی و یدیده

Strain fringes (شکل ۱۲)، تشکیل شده اند. این نسل پیریت ، اغلب دارای

سطحي مجوف و حاوى ميانبارهايي از كوارتز و كلريت بوده و بهطور بخشي

به tw ٪ ۱/۳۳ نیز می رسد (جدول ۲-۴). اندازه بلوری این نسل از پیریت، تابعی از فضایی است که امکان رشد بلوری را برای آنها میسر کرده است. همین امر باعث شده که در بعضی از شکستگی ها، که فضای کافی برای رشد پیریت ها مهیا بوده، بیشتر رشد نموده و خودشکل شده اند. نبود نشانه های دگر شکلی در این پیریت ها نشانگر عدم تأثیر دگر شکلی تأخیری تر، پس از نهشت این کانی ها است که در واقع می تواند گویای آخرین فاز گرمابی باشد. - **تالن** 

گالن، بهصورت دانه پراکنده و نیمه شکل دار تا بی شکل، با ابعاد کمتر از ۱۰۰میکرون (شکل ۱۴)، در مقادیر ناچیز همراه با پیریت ریزبلور و اسفالریت،

شده است.

در زمینهای از کوارتز ریزبلور نسل سوم مشاهده می شود. حضور گالن ریزبلور، به صورت بی شکل، با توجه به درجه خود شکلی بالای این کانی، می تواند نشان دهنده تأخیری بودن و تشکیل آن به صورت پر کننده فضاهای خالی در زمینه سنگ باشد. در بسیاری از کانسارهای طلای تیپ کوهزایی، گالن به صورت یک کانه سولفیدی فرعی در مجموعه پاراژنزی همراه طلا گزارش شده است (2002, اه طولفیدی فرعی در مجموعه پاراژنزی همراه طلا گزارش منده است (2002, مقادیر ناچیزی از عناصر ۷۹، ۲۵ کالن به روش مایکروپروب الکترونی، مقادیر ناچیزی از عناصر ۷۹، ۲۵ کان به روش موران نقره در این کانی به تلک را نشان داده است (جدول های پیوست میزان نقره در این کانی به ۲۰ ٪ ۱۸۰ (جدول پیوست ۲–۷) نیز می رسد. بقیه عناصر نامبرده، میزان حضور بسیار پایین و در حد هزارم و صدم درصد دارند. در هیچ یک از تجزیههای نقطه ای کانی گالن، طلا آشکار نشده است. – **اسفالویت** 

اسفالریت، در کانسار زرترشت، بهطور کامل بی شکل، دانه ریز و با ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرون به همراه دیگر سولفیدهای ریزبلور (گالن و پیریت)، در زمینه کوارتز ریزبلور نسل سوم قرار گرفته است (شکل ۱۴). این حالت بیانگر تشکیل همزمان این سولفیدها در مراحل پایانی فاز گرمابی طلادار است. نکته قابل توجه در بررسی طیف EDS این نمونه ها، حضور طیف مشخصی از آهن است. در اسفالریت طبیعی، جانشینی بسیار شدیدی میان عناصر روی و آهن و جانشینی محدودی با کادمیم اتفاق میافتد عناصر روی و آهن و جانشینی محدودی با کادمیم اتفاق میافتد آهن به میزان Mi (Klein & Hurlbut, 1985). گاه این جانشینی تا حدی پیش می رود که آهن به میزان Mi (ترترشت (جدولهای پیوست ۲–۱ و ۲–۶) نشان داد که میزان آهن در این کانی بین Wt تا ۷/۳ ۲ تا ۲۰ (منی ماست. نتایج تجزیه نقطه ای بهنسبت شدید آهن در شبکه بلوری اسفالریت هاست. نتایج تجزیه نقطه ای اسفالریت، بیانگر حضور مقادیر ناچیزی از عناصر Ag, As, Cu, Ta شبکه بلوری این کانی است. نقره، فراوان ترین عنصر فرعی این کانی است.

در نمونه های میکروسکوپی مطالعه شده، بویژه تیپ همروند با بر گوارگی منطقه، کلکوپیریت در مقادیر بسیار ناچیز و بهندرت همراه با کوارتز ریزبلور و دیگر فازهای سولفیدی دیده می شود. در بررسی های میکروسکوپی، این کانی با حجم ناچیز، بهصورت بلورهای ریز و خودشکل با ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرون، که از حاشیه به کوولیت و دیژنیت دگرسان شده اند، دیده شده است. - **کوولیت و دیژنیت** 

کوولیت و دیژنیت حاصل دگرسانی کانه های سولفیدی مس دار مانند کلکوپیریت بوده، در طول حاشیهها و شکستگیهای آنها جانشین شدهاند.

## ۷-۳-نقره

نقره، بهصورت آلیاژ با طلا (الکتروم) در زمینه ای از کوارتز ریزبلور نسل سوم و همچنین درگیر در شبکه کانه های سولفیدی از جمله گالن، پیریت (هر دو نسل) و بهطور فرعی اسفالریت حضور دارد. مقادیر نقره در الکتروم به حدی است که طیف EDS این کانی، طیف بسیار مشخص نقره را نمایان می سازد. میزان نقرهٔ درون الکتروم، در پهنههای تیپ گذر از شکلپذیر به شکنا (همروند با برگوارگی) تا wt (جدول پیوست ۲–۲) و این میزان در یهنه های تیپ شکنا تا حدود wt ، ۲۰/۵ می رسد (جدول پیوست ۲-۵). این مطلب، با عیارهای به دست آمده در مطالعههای تجزیه شیمیایی کانسنگ ها، که نشانگر مقادیر بالاتر نقره در بخش پرعیار پهنه های برشی شکنا است، بهطور کامل تطابق دارد. نقره، در تمامی فازهای سولفیدی، کم و بیش موجود است. بیشترین میزان آن مربوط به کانی گالن (هر دو تیپ كانهزايي) و پس از آن اسفالريت (در دو تيپ كانهزايي)، پيريت ريزبلور تيپ شکنا، پیریت ریزبلور تیپ همروند با بر گوارگی و سپس پیریت درشت بلور تیپ شکنا است. بهطوری که کانی گالن تا wt ٪ ۱۵/۰ و اسفالریت آهن دار تا wt٪ ۰/۰۸ نقره در شبکه خود دارند. میزان نقره در بلور پیریت ریزدانه تا wt»، ۰/۰۷ می رسد و پیریت درشت بلور بهطورعمده فاقد نقره است و تنها در یک تجزیه از پیریت های درشت بلور تیپ شکنا (جدول پیوست ۲-۷)، میزان بسیار پایینی از نقره بهدست آمده است. در مطالعات کانه نگاری و تجزیه -مايكرويروب الكتروني، نقره بهصورت عنصر آزاد و خالص آشكار نشده است.

#### ХЬ-4-V

بر پایه مطالعات کانهنگاری، میکروسکوپ الکترونی و میکروپروب الکترونی، طلا در کانسار زرترشت به دو صورت قابل شناسایی است:

الف – طلای آزاد در زمینه ای از کوارتز ریزبلور: طلای آزاد، با ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرون به صورت دانه پراکنده و بی شکل، در زمینه ای از کوارتز ریزبلور خاکستری – آبی (کوارتز نسل سوم) مشاهده شده است (شکل ۱۵). بررسی طیف EDS ذرات طلا نشان داده که این ذرات ریز به طور عمده آلیاژی از عناصر طلا و نقره، به صورت الکتروم است. تجزیه نقطه ای این الکتروم نشان داد که مقادیر نقره بین wt ٪ ۸/۸ تا wt ٪ ۲۰/۵ و میزان طلا بین tw ٪ ۷۹ تا wt داد که مقادیر نقره بین tw . ۵/۸ تا wt رعیار پهنه های تیپ بیشترین عیار طلا، در ذرات الکتروم، مربوط به بخش پرعیار پهنه های تیپ ناچیز، در تجزیه این نمونه ها آشکار شده است. در این میان، آرسنیک و جیوه فراوان ترین عناصر موجود در الکتروم را تشکیل می دهند.

ب-طلا در شبکه سولفيدها: تجزيه سولفيدها، به روش ميکروپروب الکتروني،

C

نشان داده است که طلا، علاوه بر پیدایش به شکل طلای آزاد و آلیاژ طلا-نقره (الکتروم)، بهصورت میانبار در شبکه بلوری پیریت ها نیز وجود دارد (جدولهای پیوست ۲-۴ و ۲-۶). لذا، پیریت ریزبلور (نسل دوم گرمابی)، حمل کننده اصلی طلا در کانسار زرترشت است. بخش عمده ای از طلای موجود در کانسار زرترشت به صورت ذرات ریز در مجاورت پیریت های اکسیده و خردشده قرار گرفته اند که می تواند بیانگر آزاد شدن آنها از شبکه بلوری پیریت ها در طی فرایندهای سوپرژن باشد. همراهی پیریت (و پیریت اکسیده) با طلای آزاد، در اغلب موارد، همچنین حضور پیریت ریزبلور به صورت میانبار درون ذرات طلا، که به وسیله میکروسکوب الکترونی و طیف سنجی EDS تشخیص داده شده (شکل ۱۵- ج) و حضور ذرات ریز طلا به صورت میانبار در شبکه پیریت ریزبلور (شکل ۱۵- ب)، همگی نشان دهنده تشکیل طلا همزمان با پیریت ریزبلور (سکل ۱۵ – ب)، همگی نشان

در نمونه های زرترشت، طلا بیشتر در شبکه بلوری پیریت آرسنیک دار ریزبلور تشکیل شده است. بیشترین میزان طلا (تا wt (۲۰/۰۸) در شبکه بلوری این پیریت ها مشخص شده است (جدول پیوست ۲-۴). مقادیر طلا، همروند با افزایش میزان آرسنیک در شبکه پیریت ها افزایش می یابد. از سوی دیگر، میزان طلای موجود در واحدهای پرعیار، رابطه مستقیمی با میزان فراوانی سولفیدهای ریزبلور دارد. به طوری که، عیار طلا در نمونه های غنی از پیریت ریزبلور پهنه های شکنا، برابر با ۱۷/۲ گرم در تن و نمونه های غنی از پیریت ریزبلور پهنه های گذر از شکل پذیر به شکنا، برابر با ۷/۹۵ گرم در تن به دست آمده است. میزان عیار طلا، در نمونه هایی که حاوی حجم بیشتری از پیریت درشت بلور بوده و درصد پیریت ریزبلور در آنها ناچیز است، حداکثر به ۱ گرم در تن می رسد.

## ۸- نتیجه گیری

کانهزایی در کانسار زرترشت در طی دو مرحلهٔ گرمابی صورت گرفته است: مرحله نخست: این مرحله از کانهزایی شامل کوارتز متوسط بلور و پیریت (±آرسنیک، نقره) درشت بلور است. در این مرحله، سولفیدزایی نسل اول بدون مقور ملموس طلا روی داده است؛ البته نقره و دیگر عناصر همراه طلا، در مقادیر پایین، در شبکه سولفیدها حضور دارند (جدولهای پیوست ۲-۱ و ۲-۷). مرحله دوم: این مرحله، با دگرسانی سولفیدی گسترده (نسل دوم گرمابی) و دگرسانی سیلیسی (کوارتز نسل سوم) مشخص می شود. کانهزایی شامل طلای آزاد و الکتروم (طلا و نقره)، کوارتز، پیریت (± طلا و آرسنیک)، گالن (±نقره)، اسفالریت (±نقره) و کلکو پیریت است. کوارتز در این مرحله ریزبلور و سولفیدها بسیار ریزبلور هستند. این مرحله، فاز اصلی کانهزایی طلا

دگرشکلی و دگرسانی تشکیل شدهاند. به همین دلیل، جانشینی و ته نشست طلا به عنوان بخشی از حادثه دگرسانی گرمابی (مرحله تأخیری گرمابی)، از نوع سیلیسی- سولفیدی محسوب شده است. لذا، بر اساس مطالعه های انجام شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی، میکروسکوپی و همچنین نتایج تجزیه میکروپروب الکترونی و میکروسکوب الکترونی، توالی پاراژنتیک کانیها و کانه های کانسار طلای زرترشت با توجه به ارتباط دگرشکلی، دگرسانی و کانه زایی در سه مرحله پیش از دگرشکلی (Pre-deformation)، گرمابی و هوازدگی رسم و در شکل ۱۶ ارائه شده است.

ارتباط نسبی میان کانهزایی طلا، دگرسانی و دگرشکلی برای کانسارهای طلای کوهزایی در کمربنـــدهای دگرگونی، پذیرفته شــده است Colvine et al., 1988; Phillips & Myers, 1989; Barley &) Groves, 1992; Groves, 1993; Wyman et al., 1999). با توجه به بررسی ها و شواهد صحرایی، مطالعههای میکروسکوپی و آزمایشگاهی، همچنین نتایج تجزیه نمونهها، می توان میان تغییرات تمرکز طلا در بخشهای مختلف یهنه های برشی منطقه، با شدت دگرشکلی و نوع و حجم دگرسانی ار تباط نزدیکی را تشخیص داد. در پهنههای تیپ گذر از شکل پذیر به شکنا، بیشترین تمرکز طلا (تا ۷/۹۵ گرم در تن)، هم امتداد با بر گوار گی میلونیتی، در راستای برش صورت گرفته است. در پهنههای برشی شکنا نیز بیشترین تمرکز طلا (تا ۳۵/۷ گرم در تن)، در امتداد گسل کششی عادی با روند N<sup>۷</sup>۰W تا E-W رخ داده است. از سوی دیگر، افزایش مقادیر طلای کانسنگ، بهطور مستقيم به درجه توسعه، اندازه و شدت تغييرشكل پهنه برشي وابسته است (Cox & Ruming, 2004). این مطلب از مطالعه نمونه های برداشت شده از نیمرخ عمود بر راستای پهنه برشی شکنای خاور تونل بزرگ (شکل ۳، شماره ۲) و پهنه برشی گذر از شکل پذیر به شکنای تونل انجیر (شکل ۳، شماره ۴) بهخوبي مشخص مي شود (شکل ۱۰ وجدول پيوست ۱). ارتباط ميان تغییرات عیار طلا با شدت دگرشکلی و نوع دگرسانی در پهنه های برشی شکنا (شکل۱۰-الف) و پهنههای برشی شکل پذیر- شکنا (شکل۱۰-ب) به خوبی نشان داده شده است. این شواهد، بیانگر ارتباط فضایی و زمانی کانهزایی با دگرشکلی است.

دگرسانی شدید در پهنههای برشی، دلالت بر حرکت سیالها، همزمان با رویداد دگرشکلی در این پهنهها دارد (Worku, 1996). کانهزایی طلا نیز نتیجه مستقیم دگرسانی گرمابی شدید، درون شکستگی های زمین ساختی اصلی است (Kishida et al., 1991). همچنین، نوع دگرسانی و کانهزایی همراه آن، خود توسط دگرشکلی و ویژگیهای سیال، در طی فرایندهای کوهـزایی، کنترل می شود (et al., 1989; Kerrich & Wyman, 1990). این

بیشتر کانسارهای طلای کوهزایی گزارش شده (;Groves et al.,1995)، با عیارهای بالای طلا، در بخشهای سیلیسی و سولفیدی (Kerrich, 1999)، با عیارهای بالای طلا، در بخشهای سیلیسی و سولفیدی پهنههای برشی منطقه زرترشت، مطابقت دارد (شکل ۱۰).

ویژگی اصلی بخش اولتراکاتاکلاسیتی پهنههای طلادار زرترشت، فراوانی مجموعه های سولفیدی بسیار ریزبلور (در حد چند میکرون) است که توسط کوارتزهای ریزبلور دربرگرفته شده اند. نتایج تجزیه این سولفیدها بهروش میکروپروب الکترونی، وجود مقادیر بالایی از طلا در این نمونه ها را به اثبات رسانده است (جداول پیوست ۲–۴ و ۲–۴). این واقعیت، ارتباط آشکار میان کانه زایی طلا را با شدت دگرشکلی و نوع و شدت دگرسانی به خوبی نشان می دهد. مقایسه ویژگیهای ساختاری، نوع سنگ میزبان، دگرسانیها، پاراژنز و مشخصات کانه سازی کانسار زرترشت با کانسارهای

طلای کوهزایی (Groves et al.,1998, 2003;Kerrich et al.,2000) بیانگر بیشترین شباهت کانسار زرترشت با کانسارهای این تیپ است.

## سپاسگزاری

بدین وسیله بر خود لازم میدانیم تا از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند، همچنین مسئولان و کارکنان محترم شرکت توسعه علوم زمین که در فراهم آوردن امکانات تجزیه آزمایشگاهی یاری رسانمان بوده اند و مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران که امکان تجزیه طلا و سولفیدها را به روش میکروپروب الکترونی فراهم نمودهاند، تشکر و قدردانی نماییم.



شکل ۱- الف) موقعیت کانسارهای طلای زرترشت، موته و کرویان در پهنه سنندج- سیرجان. ب) موقعیت جغرافیایی محدوده معدنی زرترشت بین دو روستای پاسفید و زهمکان در جنوب باختر سبزواران



شکل ۲- نمای عمومی از رخنمون واحدهای سنگی منطقه معدنی زرترشت: ۱- مرمر و شیست (بخش سفید- خاکستری عقب تصویر)، ۲- توالی واحدهای رسوبی-آتشفشانی دگرگونی (بخش خاکستری- سبز روشن در میانه تصویر)، ۳- واحدهای آتشفشانی مافیک دگرگونی، بهطورعمده آمفیبول شیست (تیره رنگ و دارای ریختشناسی سخت، بخش عمده تصویر). محدوده های مشخص شده (درون خطوط سفیدرنگ)، پهنههای دگرسانی-کانه زایی میباشند که در واحد آتشفشانی دگرگونی (بخش عمده تصویر).

۶۸۵ مال هفدهم، شماره ۱۲۰ کارک کو سال مفدهم، شماره ۱۲۰ www.SID.ir



Archive of SID

شکل۳- نقشه زمین شناسی زرترشت بر مبنای نقشه ساختاری منطقه (شفیعی، ۱۳۸۴، در دست تهیه). موقعیت دو محدوده طلادار زرترشت (محدوده مربع) و دودران (محدوده مستطیل) و آثار معدنکاری قدیمی، در مرکز نقشه، مشخص است. موقعیت آثار معدنکاری طلادار منطقه عبارتند از: ۱- پهنه برشی شکنای تونل بزرگ ۲- پهنه برشی شکنای خاور تونل بزرگ ۳- پهنه برشی شکنای کَسیدون ۴- پهنه همروند با بر گوارگی تونل انجیر ۵- پهنه های همروند با بر گوارگی موسوم به خاور بن نخود (دو افق همروند) ۶- پهنه برشی شکنای دهنه خرسی ۷- پهنه برشی شکنای دهنه دودران. پهنه دگرسانی طلادار کلکاشک (Ka) در جنوب این محدوده ها مشخص شده است.

#### جدول پيوست ١

توضیح: نتایج تجزیه شیمیایی طلای نمونه های سنگی برداشت شده از نیمرخ عمود بر راستای پهنه برشی شکنای خاور تونل بزرگ (ردیف ۱ تا ۱۷) و پهنه برشی گذر از شکل پذیر به شکنای تونل انجیر (ردیف ۱۸ تا ۳۲) و ویژگی های آنها. لازم به ذکر است که چگونگی تغییرات عیار طلا (ارائه شده در جدول پیوست) و ارتباط آن با دگر شکلی و دگرسانی، در شکل ۱۰ ارائه شده است.

طلا (ppm)	پهنای نمونه–برداری (m)	موقعيت و مشخصات نمونه	شماره نمونه	رديف
+/17	0	پهنه خاور تونل بزرگ –کمر پایین با دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، کربناتی متوسط، سریسیتی متوسط (برگواره اولیه)	Z-222	١
+/11	•/£	پهنه خاور تونل بزرگن- زون کلریتی، سریسیتی، کربناتی و سیلیسی ضعیف (برگواره اولیه)	Z-223	٢
•/1٨	٢	پهنه خاور تونل بزرگ-زون سریسیتی-کربناتی شدید، آرزیلی متوسط، سیلیسی-سولفیدی ضعیف (پروتوکاتاکلاسیت با آثاری از برگواره اولیه)	Z-224	٣
٠/٣	•/£	پهنه خاور تونل بزرگ-زون کربناتی-سریسیتی شدید، آرژیلی متوسط، سیلیسی-سولفیدی ضعیف (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-221	٤
٠/٣	,	پهنه خاور تونل بزرگ- زون سریسیتی، آرژیلی شدید، سیلیسی-کربناتی متوسط، سولفیدی ضعیف (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-226	٥
٠/٣١	+/o	پهنه خاور تونل بزرگ- زون سیلیسی-سولفیدی متوسط، آرژیلی شدید (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-227	٦
۲/۸۸	٠/٣	پهنه خاور تونل بزرگ-زون سیلیسی-سولفیدی شدید، کربناتی متوسط، آرژیلی ضعیف (کاتاکلاسیت)	Z-228	۲
٣/٧	٤	پهنه خاور تونل بزر"ک– زون سیلیسی-سولفیدی شدید، کربناتی متوسط ('کاتاکلاسیت)	Z-124	*
٢/٦٨	•/0	پهنه خاور تونل بزرگن- زون سیلیسی-سولفیدی شدید، کربناتی-سریسیتی (کاتاکلاسیت)	Z-229	٩
+/£A	•/Y	پهنه خاور تونل بزرگ- زون کربناتی شدید، آرژیلی متوسط، سیلیسی-سولفیدی ضعیف (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-230	1+
1/9£	0	پهنه خاور تونل بزرگ- زون سیلیسی شدید، سولفیدی-کربناتی-سریسیتی متوسط (پروتو کاتا کلاسیت تا کاتا کلاسیت)	Z-231	11
0/Y	ź	پهنه خاور تونل بزر <sup>م</sup> ك-زون سیلیسی-سولفیدی بسیار شدید، كربناتی ضعیف (کاتاكلاسیت)	Z-125	١٢
+/££	1/0	پهنه خاور تونل بزر "ک- زون سیلیسی-سولفیدی متوسط، کربناتی شدید (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-232	١٣
٣/٣	1	پهنه خاور تونل بزر "ک-زون "سلی سیلیسی-سولفیدی شدید، 'کربناتی متوسط ('کاتا کلاسیت)	Z-126	١٤
177	,	پهنه خاور تونل بزرگف- زون گسلی به شدت سیلیسی-سولفیدی (اولتراکاتاکلاسیت تا کاتاکلاسیت)	Z-114	10
0/17	٤	پهنه خاور تونل بزر <sup>ی</sup> ی(کف دره)-زون سیلیسی-سولفیدی بسیار شدید، کربناتی-سریسیتی متوسط (کاتاکلاسیت)	Z-123	17
٠/٠٤	0	پهنه خاور تونل بزرگن-کمر بالا با دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، سریسیتی، کربناتی، سیلیسی ضعیف (پروتوکاتاکلاسیت)	Z-111	١٧
•/••¥	0	پهنه تونل انجیر (تیپ همروند)- کمر بالا با دګرسانی کلریتی-اپیدوتی، سریسیتی ضعیف (برګواره اولیه)	Z-175	14
+/18	۲	پهنه تونل انجیر- زون کربناتی-سریسیتی، سیلیسی-سولفیدی ضعیف (پروتومیلونیت)	Z-214	۱٩
+/10	٣	پهنه تونل انجیر - زون کربناتی-سریسیتی شدید، سیلیسی-سولفیدی متوسط (پروتومیلونیت تا میلونیت)	Z-113	۲.
+/1£	•/0	پهنه تونل انجیر- زون سیلیسی-سولفیدی متوسط، کربناتی شدید، سریسیتی متوسط (میلونیت)	Z-213	۳۱
٤/٣١	•/0	پهنه تونل انجیر- زون سیلیسی-سولفیدی شدید، کربناتی متوسط (کاتاکلاسیت)	Z-201	۲۲
٤/٩	-/Y	پهنه تونل انجیر – زون سیلیسی–سولفیدی شدید، کربناتی ضعیف (کاتاکلاسیت)	Z-133	۲۳
•/0	•/£	پهنه تونل انجیر- زون کربناتی شدید، سیلیسی-سولفیدی متوسط (کاتاکلاسیت تا پروتوکاتاکلاسیت)	Z-211	٣٤
٠/٩٦	۰/٣	پهنه تونل انجیر- زون سیلیسی-سولفیدی-کربناتی متوسط، آرژیلی شدید، سریسیتی ضعیف (کاتاکلاسیت)	Z-210	٢٥
• /YA	•/£	پهنه تونل انجیر- زون سیلیسی-کربناتی متوسط، سولفیدی ضعیف، آرژیلی شدید (پروتوکاتاکلاسیت تا کاتاکلاسیت)	Z-209	٢٦
1/YZ	•/£	پهنه تونل انجیر- زون سیلیسی-سولفیدی شدید، آرژیلی متوسط (کاتاکلاسیت)	Z-208	۲۷
•/£	+/£	پهنه تونل انجیر – زون آرژیلی، سریسیتی، سیلیسی-سولفیدی ضعیف (میلونیت)	Z-206	۲۸
•/£A	-/٣	پهنه تونل انجیر – زون آرژیلی شدید، سیلیسی – کربناتی متوسط، سوافیدی ضعیف (میلونیت تا پروتومیلونیت)	Z-205	۲۹
+/1	-/10	یهنه تونل انجیر - زون سیلیسی شدید، کربناتی-سریسیتی متوسط، سولفیدی ضعیف (پروتومیلونیت)	Z-204	۳۰
٤/٣	,	پهنه تونل انجیر – زون سیلیسی – سولفیدی شدید، سر یسیتی – کلریتی متوسط (کاتاکلاسیت)	Z-202	۳۱
٠/١٦	-/٣	یهنه تونل انجیر - کمر پایین با د گرسانی کربناتی، سریسیتی، کلریتی، آرژیلی (پروتومیلونیت)	Z-203	۳۲

تابستان۸۷، سال هفدهم، شماره۸۶

111 10/07

جدولهای پیوست ۲- نتایج تجزیه شیمیایی برخی نمونه های طلا و سولفید به روش میکروپروب الکترونی. (نمونه Zt-102 از بخش پرعیار بهشدت سیلیسی-سولفیدی در پهنه شکل پذیر-شکنای کلکاشک و نمونه های Zt-108 و Zt-130 از پهنه سیلیسی-سولفیدی پرعیار پهنه برشی شکنای کسیدون انتخاب شده است).

Column Conditions: 20keV 20nA

DataSet/ Point	s	Fe	Со	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	W	Au	Hg	Pb	Та	Total	х	Y	Z
1/1.	13.67616	0.10996	0.0038	0	0	0.00759	0	0	0.02612	0.02178	0	0.10911	86.3797	0	100.3342	-7392	-33863	572
2/1.	13.58001	0.12657	0	0	0	0.03668	0	0.00529	0.05599	0	0	0	84.59906	0.02439	98.42799	-7396	-33869	572
3 / 1 .	53.67066	46.95672	0	0	0.01492	0	0.15495	0	0	0	0	0	0	0	100.7973	-5911	-32265	567
4/1.	33.77368	7.35904	0	0	0.04929	56.03576	0.00078	0.03802	0	0	0	0	0	0.11293	99.36949	-5001	-33150	567

۲-۱- نمونه Zt-102: نمونه سولفيدي پرعيار (۶/۶۵ ppm) از پهنه برشي تيپ شکل پذير-شکنا: ۱- گالن ۲- گالن ۳-مرکز پيريت درشت بلور ۴- اسفالريت آهن دار

Signal(s) Used: As Ka, Ag La, Au Ma, Hg La Column Conditions : 15keV 12nA

Beam Size : 0 µm

DataSet/ Point	As	Ag	Au	Hg	Total	х	Y	Z	
1/1.	0.4401	8.51918	92.1882	0	100.9475	-9543	-35053	573	
2/1.	0	8.96649	89.35628	0.64088	98.96365	-9394	-35534	573	
3/1.	0.26573	8.3809	89.87985	0.73544	99.26192	-9169	-34806	573	
۲-۳-نمونه Zt-102: ۱ و ۲و ۳-ذرات طلای آزاد به ابعاد ۶۵ میکرون									

Signal(s) Used: As Ka, Ag La, Au Ma, Hg La Column Conditions : 15keV 15nA

Beam Size : 0 um

DataSet/ Point	As	Ag	Au	Hg	Total	Х	Y	Z
1/1.	0	9.42604	92.24203	0	101.6681	-9380	-34882	573

۲-۲-نمونه Zt-102: ۱-ذره طلای آزاد به ابعاد ۹۰ میکرون

(شماره ۱)، ۳۰ میکرون (شماره ۲) و ۵۵ میکرون.

Signal(c) Used · S Ka Fa Ka Cu Ka Zn Ka															
Signal(S) USCU. S Ka, I'C Ka, Cu Ka, Zii Ka,	DataSet/	S	Fe	Cu	Zn	As	Ασ	Sh	A11	Hσ	Ph	Total	x	v	7
As La, Ag La, Sb La, Au Ma, Hg Ma, Pb Ma	Point	5		cu	2			50			10	roun	~		~
Column Conditions : 30keV 20nA	1/1.	52.72912	46.73904	0	0.01163	1.32872	0	0	0.08214	0	0	100.8085	-9380	-28744	555
Beam Size : 2 µm															
۲+۴–۲ نمونه Zt-108: نمونه سولفیدی بر عبار (۱۷/۲ ppm) از بهنه بر شی شکنای کسیدون: ۱– پیریت ریزیلو ر															

·····			. 5	04.2	11	· · · ·		~		
Signal(s) Used : As Ka, Ag La, Au Ma, Hg La Column Conditions : 15keV 12nA	DataSet/ Point	As	Ag	Au	Hg	Total	Х	Y	Z	
Beam Size : 0 µm	1/1.	0	16.58824	82.80432	0	99.39256	12235	34366	403	
	2/1.	0	20.49393	79.32932	0	99.82325	12222	34373	403	

## ۲-۵-نمونه 2t-130: نمونه سولفیدی پرعیار(۱۶/۱ ppm) از پهنه شکنای کسیدون: دو ذره ریز الکتروم طلا-نقره

Signal(s) Used : S Ka, Fe Ka, Cu Ka, Zn Ka,	DataSet/	S	Fe	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Au	Hg	Pb	Total	Х	Y	Z
As La, Ag La, Sb La, Au La, Hg La, Pb Ma	Point														
Column Conditions: 20keV 30nA	1/1.	52.64799	46.75481	0.02852	0.0649	1.02264	0.02267	0	0.06126	0.11492	0	100.71772	-9401	-28735	550
Beam Size: 0 µm	2/1.	53.48706	46.43673	0	0.02635	0.44763	0	0	0.06646	0	0	99.46423	2225	-38854	559
	3/1.	32.17932	7.52005	0.22028	57.9337	0.03041	0	0	0	0	0	98.88377	1386	-38654	559

#### ۲-۹-نمونه Zt-108: شماره های ۱ و۲- پیریت ریز دانه، ۳- اسفالریت آهن دار

DataSet/ Point	S	Fe	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Au	Hg	Pb	Total	Х	Y	Z
1/1.	13.62082	0.04827	0.01433	0.03268	0	0.14458	0.04371	0	0	86.04541	99.9498	2026	21491	279
2/1.	52.88457	46.18946	0	0.00213	0.26051	0.00888	0	0	0	0	99.34556	-9590	30818	206



شکل ۴- الف) گسل عادی در پهنه طلادار تیپ شکنا در تونل بزرگ (دید به سمت باختر). شکل ب، حرکت بلوک های سنگی را (در شکل الف) که گویای یک گسل عادی است، نشان میدهد. (Sch: شیست های سبز آتشفشانی)







الف



شکل ۵- اولتراکاتاکلاسیت. خرد شدگی شدید کوارتزهای اولیه در پهنههای برشی شکناکه توسط رگچه های تزریقی حاوی سیلیس، سریسیت، کربنات های آهن (آنکریت) و سولفید مورد هجوم قرار گرفته اند. بقایای پورفیروکلاست کوارتز در این تصویر مشاهده می شود. بزرگنمایی،10/0.25x





versed shear sense overturned limb

شکل ۶- الف) نمای عمومی از چین های خوابیدهٔ بزرگ مقیاس

(دید به سمت جنوب). ب)نحوه شکل گیری پهنه های برشی با عملکرد

راندگی در یال های چین خوابیده و به موازات سطح محوری چین

.(Goscombe &Trouw, 1999)

Archive of SID

الف

شکل ۷- الف) فابریک ضعیف میلونیتی در پهنه های برشی همروند با برگوارگی (تصویر میکروسکوپی، ۶ برابر اندازه طبیعی). ب) برگواره میلونیتی. پورفیروکلاست های پلاژیوکلاز سریسیتی شده، ساختار سیگموییدی نشان می دهند. کلریت های آبی بهموازات صفحات C'، کشیدگی یافته و رشد کرده اند. نور پلاریزه متقاطع،(فلدسپار Kf: ،پیریت :Py ،کوارتز :Qz ،کلریت (Chl) .



شکل ۸- الف) خاموشی موجی و توسعهٔ دیواره های ریزدانه در پورفیروکلاست کوارتز. نورپلاریزه متقاطع، 10/0.25x. ب) پورفیروکلاست اولیه کوارتز به رنگ خاکستری تیره که از حاشیه و مرکز به کوارتزهای ریزدانه تبدیل شده است. این ساختارها، در پهنه های برشی گذر از شکل پذیر به شکنا مشاهده می شوند. نور پلاریزه متقاطع، 10/0.25x



الف

:11



شکل ۹- پهنه های برشی همروند با برگوارگی. الف) دو افق کانهزایی شده که بهموازات یکدیگر و با مشخصات ۲۰/۱۹۰ قرارگرفته اند. ب) افق پایینی با پهنه دگرسانی زرد رنگ و ریختشناسی نرم قابل تشخیص است. فلشهای سفید، محل پهنههای کانهدار و معدنکاری قدیمی آنها را نشان می دهد. ج) یکی از کنده کاری های قدیمی از نمای نزدیک تر (به همروندی کنده کاری معدنکاری قدیمی با برگوارگی توجه شود).



شکل ۱۰-الف) نمایی از ارتباط میان تغییرات عبار طلا با شدت دگرشکلی، نوع و حجم دگرسانی و سنگ شناسی سنگ درونگیر، براساس نمونه های برداشت شده از نیمرخ عمود بر راستای پهنه برشی شکنای خاور تونل بزرگ. پهنای نمونه برداری ۳۷ متر و نمونه برداری (شماره های ۲ تا ۱۷) به ترتیب از کمر پایین تا کمر بالای پهنه صورت گرفته است. شماره های ۲ تا ۶ در نمودار بالا (دریف ۲ تا ۶، جدول پیوست ۱)، از سنگ درونگیر (کمر پایین پهنه) تا واحدهای کمی دگرسان و دارای شدت دگر شکلی پایین می باشند که عبارهای طلای پایینی را نشان می دهند. بیشترین عبارهای طلا (شماره های ۲ تا ۶ نمودار فوق، ردیف ۲ تا ۱۶ در جدول پیوست ۱) به طور کامل بر بخش های به شدت دگر شکل شده (اولتراکاتاکلاسیت تا کاتاکلاسیت) و دگرسانی سیلیسی- سولفیدی منطبق است. شماره ۱۷ (دریف ۲۷ جدول پیوست ۱)، سنگ دگرسان نشدهٔ کمر بالای پهنه طلادار است (F: بر گوارگی اولیه، PC۲) پروتو کاتاکلاسیت، عن کاکاتاکلاسیت، ا شکل ۱۰ – ب) نمایی از ار تباط میان تغییرات عبار طلا با شدت دگر شکلی، نوع و حجم دگرسانی و سنگ شناسی سندی درونگیر، بر اساس نمونه های برداشت شده بروست ۱)، سنگ دگرسان نشدهٔ کمر بالای پهنه طلادار است (F: بر گوارگی اولیه، PC۲) پروتو کاتاکلاسیت، عند و نمونه برداری (شماره های ۲ تا کال الاسیت). شکل ۲۰ – ب) نمایی از ار تباط میان تغییرات عبار طلا با شدت دگر شکلی، نوع و حجم دگرسانی و سنگ شناسی سنگ درونگیر، بر اساس نمونه های برداشت شده مرکل ۲۰ – ب) نمایی از ار تباط میان تغییرات عبار طلا با شدت دگر شکلی، نوع و حجم دگرسانی و سنگ شناسی سنگ درونگیر، بر اساس نمونه های برداشت شده از یک نیمرخ عمود بر راستای پهنه برشی گذر از شکل پذیر به شکنای تونل انجیر. پهنای نمونه برداری (شماره های ۱ تا ۱۵)، به ترتیب از کمر بالا تا کمر پایین پهنه صورت گرفته است. شماره های ۱ تا ۲ در نمودار بالا (ردیف ۲۵ تا ۲۱ در و و می در مین و می باین برمای می دونگیر را سان می دهند. بیشترین عباره ای طلا (شماره های ۲ تا ۱۵، به ترتیب بخش های کمی دگر سان و دارای شدت دگر شکلی پاین است که عبارهای بایین را نشان می دهند. بیشترین عبارهای طلا (شماره های ۲ تا ۱۰ درون و در دیور را تا ۲۰ در نمودار دور کلای پینی با ۲ در مولی پیس تا ۲۰ در درون و درونگی (کمر بایی پین عارهای بایسی سازی می دود. و درون و درین و تا ۱۰ درون و در تا ۲۰ تا ۱۰ در درون و دری و تا در کرشک



شکل ۱۱– ارتباط بافتی میان پیریت مرحله اول گرمابی و کوارتز دربرگیرنده آنها. الف) پیریت خودشکل مرحله اول گرمابی (Py) به صورت دانه پراکنده، در زمینه ای از کوارتز متوسط بلور و شفاف (Qz) و کوارتز ریزبلور (Qz،)، نور پلاریزه متقاطع، 6.3/0.20k. ب) تشکیل پیریت مرحله اول گرمابی در مرز کوارتز قبل از دگرشکلی (Qz) و کوارتز نسل دوم (Qz). نور پلاریزه ساده، 2.5/0.08k.



شکل ۱۲– کوارتز رشتهای، به صورت فابریک Strain fringes در پیرامون یک پیریت نسل اول و در جهت بیشترین کشش تشکیل شده است. کوارتز مرحله تأخیری گرمابی با ابعاد بسیار ریزبلور در زمینه سنگ دیده می شود. (نور پلاریزه متقاطع، 6.3/0.20x)





شکل ۱۳– الف) پیریت ریزبلور (Py<sub>2</sub>) با بافت دانه پراکنده در زمینه کوارتز ریزبلور نسل سوم (Qz<sub>3</sub>)، نور بازتابی بدون تجزیه کننده(آنالیزور)، 20x/0.40 Oil؛ ب) ریزشکستگی های ایجاد شده در پورفیروکلاست کوارتز (Qz) که توسط پیریت ریز بلور و خودشکل (Py<sub>2</sub>) پرشدهاند، نور پلاریزه متقاطع، 10/0.25x





شکل ۱۴- مجموعه بلورهای ریز و بی شکل اسفالریت (Sph)، به همراه پیریت ریزبلور و نیمه شکل دار و گالن نیمه شکل دار. این بافت، بیانگر تشکیل همزمان این مجموعه سولفیدی ریزبلور است. الف) نور بازتابی، 20x/0.40 Oil، ب) تصویر BSE از اسفالریت و گالن در زمینه کوارتز.



www.SID.ir



شکل ۱۵- الف) تصویر BSE از مجموعه ذرات طلا (ذرات ریز فراوان به رنگ سفید) در مجاورت با پیریت اکسیده (به رنگ خاکستری). محدودههای گرد سرخ رنگ، موقعیت تصاویر ب و ج را نشان می دهد. ب)مجموعه ذرات طلا به همراه پیریت ریزبلوری که بهطور کامل اکسیده شده اند. ذرات ریز طلا به صورت میانبار در شبکه پیریت قابل تشخیص اند، نور بازتابی بدون تجزیه کننده، 20x/0.40 Cl ج) طلای آزاد به ابعاد ۹۰ میکرون و پیریت ریزبلور به صورت میانبار در آن.

N	linerals	Pre-deformation	Hydro	thermal	Weathering
			Stage I	Stage II	i cumo mg
	Type I			•	
Pyrite	Type II			< >	
	Galena			<	
S	halerite			-	
Ch	alcopyrite				
(	Covellite				
I	)igenite				
	Gold			¢	
	Silver				
F	e-Oxides				I
Malach	nite & Azurite				
	Type I				
Ouartz	Type II		~ <b>~~</b> >		
<b>Q</b>	Type III			$\frown$	
F	'eldspar				
C	arbonate				
Phy	llosilicates				
]	Epidote				
Clay	y Minerals				l
	Disseminated				
Textures	Banded			>	
	Vein & Veinlet Type			<>	

شکل ۱۶– توالی پاراژنتیک کانی ها و کانه ها و بافت ماده معدنی در کانسار طلای زرترشت.



#### کتابنگاری

- حیدری، س. م، ۱۳۸۳، کانی شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانهزایی طلا در پهنه برشی خمیری منطقه کرویان (جنوب باختر سقز، استان کردستان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- حیدری،س.م،راستاد،ا،محجل،م،نبیان،ا،۱۳۸۱-رخداد کانهزایی طلادرپهنهبرشی دگرسان کرویان.بیست و یکمین گردهمایی علومزمین،سازمانزمین شناسی واکتشافات معدنی کشور. راستگوی مقدم، غ. ر.، راستاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن.، محجل، م.، ۱۳۸۳- دگر شکلی، دگرسانی و ارتباط آن با کانه زایی طلا در پهنه های برشی منطقه معدنی زرتر شت (جنوب باختر سبز واران). بیست و سومین گر دهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- راستگوی مقدم، غ. ر، رشیدنژاد عمران، ن.، راستاد، ا.، برنا، ب.، ۱۳۸۲– کانهزایی طلا در پهنه های برشی منطقه معدنی زرترشت در زون سنندج-سیرجان (جنوب باختر سبزواران). بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۱– پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های متاولکانو-سدیمنتری و پلوتونیک منطقه موته (جنوب دلیجان) با نگرشی ویژه به خاستگاه و کانیسازی طلا. رساله دکتری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۴۰۴ ص.
- سبزه ای، م.، مؤمن زاده، م.، نعمت، ل.، ۱۳۷۳- گزارش مقدماتی درباره کانی سازی طلای زرترشت (جنوب باختر سبزواران). سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت توسعه علوم زمین، گزارش داخلی.
- کوهستانی، ح.، ۱۳۸۳، زمین شناسی، کانیشناسی، ژئوشیمی و فابریک کانهزایی طلا در پهنه-های برشی ناحیه چاه باغ در منطقه معدنی موته (جنوب باختر دلیجان، استان اصفهان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۲۲ص.
- محجل، م.، رشیدنژاد عمران، ن.، برنا، ب.، ۱۳۸۱- گزارش بازدید و بررسی اجمالی منطقه معدنی طلای زرترشت (جنوب باختر سبزواران). سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت توسعه علوم زمین، گزارش داخلی.

#### References

- Barley, M. E., Eisenlohr, B. N., Groves, D. I, Perring, C. S., Vearncombe, J. R., 1989- Late Archean convergent margin tectonics and gold mineralization: A new look at the Norseman-Wiluna belt, Western Australia. Geology, 17: 826-829.
- Barley, M. E., Groves, D. I., 1992- Supercontinent cycles and the distribution of metal deposits through time. Geology, 20: 291-294
  Belkabir, A., Hubert, C. and Hoy, L. D., 2004- Gold emplacement and haydrothermal alteration in metabasic rocks at the Mouska Mine, Bousquet district, Abitibi, Quebec, Canada. The Can. Minr., 42: 1079-1096.
- Bierlein, F. P., Crowe, D. E., 2000- Phanerozoic Orogenic lode gold deposits. Rev. Econ. Geol., 13: 103-139.
- Christie, A. B., Brathwaite, R. L., 2003- Hydrothermal alteration in metasedimentary rock hosted orogenic gold deposits, Reefton goldfield, south island, New Zealand. Min. Dep., 38: 87-107.
- Colvine, A. C., Fyon, J. A., Heather, K. B., Marmont, S., Smith, P. M., Troop, D. G., 1988- Archean lode gold deposits in Ontario, Miscellaneous Paper 139, Ontario Geol. Surv., 136 p.
- Cox, S. F., Ruming, K., 2004- The St Ives mesothermal gold system, Western Australia-a case of golden aftershocks. J. Struc. Geol., 26: 1109-1125.
- Evans, J.P., 1990- Textures, deformation mechanisms and the role of fluids in the cataclastic deformation of granite rocks, Spec. Publ., Geol. Soc. Lond, 54: 29-39.
- Evans, A. M., 1993- Ore geology and industrial minerals. Blackwell, Sci. Pub. 389 p.
- Foster, R. P. (ed.), 1993- Gold Metallogeny and exploration. Blackie and Son, Glasgow, 432 pp.
- Foster, D. A., Gray, D. R., Kwak, T. A. P., Bucher, M., 1998- Chronology and Orogenic framework of turbidite hosted gold deposits in the Western Lachlan Fold Belt, Victoria: 40Ar/39Ar results. Ore Geol. Rev., 13: 229-250.

Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Gardoll, S., 2001- Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. Ore Geol. Rev. 18: 1-75.

- Groves, D. I., 1993- The crustal continuum model for late-Archean lode gold deposits of the Yilgarn Block, Western Australia. Min. Dep., 28: 366-374.
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G. Robert, F., 1998- Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geol. Rev., 13: 7-27
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert, F., Hart, C. Jr., 2003- Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance. Econ. Geol., 98: 1-29.
- Groves, D. I., Ridley, J. R., Bloem, E. M. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G., Hronsky, J. M. A., Knight, J. T., McNaughton, N. J., Ojala, J., Vielreicher, R. M., McCuaig, T. C., Holyland, P. W., 1995- Lode gold deposits of the Yilgarn Block: products of late Archean crustal scale overpressured hydrothermal systems In: Coward, M. P., Rics, A. C. (ed.) Early Precambrian processes. Special Publication, 95. Geol. Soc. of London, London, pp. 155-172.
- Haeberlin, Y., Moritz, R., Fontbote, L., 2002- Paleozoic Orogenic gold deposits in eastern Central Andes and its foreland, South America. Ore Geol. Rev., 22: 41-59.
- Hanmer, S., Passchier, C. W., 1991- Shear sense indicators: a review. Geol. Surv. Can. Pap., 90: 1-71.
- Hinchey, J. G., Wilton, D. H. C. and Tubrett, M. N., 2003- ALAM-ICP-MS study of the distribution of gold in Arsenopyrite from the Lodestar prospect, The Can. Minr., 41(2): 353-364.
- Kerrich, R., 1999- Nature's gold factory. Science, 284: 2101-2102.
- Kerrich, R., Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Garwin, 2000- The geodynamic of world-class gold deposits: characteristics, space-time distribution and origins. In: Hagemann, S. G., Brown, P.E., (ed.), Gold in 2000, Rev. in Econ. Geol., 13: 501-551.
- Kerrich, R., Wyman, D. A., 1990- The trace element systematizes of igneous rocks in mineral exploration: an overview. Geol. Assoc. Can., Geol. Short Course Notes 12, pp. 1-50.
- Kishida, A., Sena, F. O., Dasilva, F.C.A., 1991- Rio Itapicuru greenstone belt: geology and mineralization. In: Ladeira, E. A. (ed.) Brazil Gold'91. Balkema, Rotterdam, pp. 49-61.
- Klein, C., Hurlbut, C. S., 1985- Manual og mineralogy, 21st edition, Wiley, New York.
- Kolb, J., Kisters, A. F. M., Meyer, F. M., Siemes, H., 2003- Polyphase deformation of mylonites from the Renco gold mine (Zimbabwe): identified by crystallographic preferred orientation of quartz. J. Struc. Geol., 25: 253-262.
- Momenzadeh, M., 2002- Mining archaeology in Iran I: An ancient gold mining site of Zartorosht (SW-Jiroft, SE-Iran), Metalla (Bochum), 9: 47-53.
- Nuguyen, P. T., Cox, S. F., Harris, L. B., Powell, C. M., 1998- Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia. J. Struc. Geol., 20: 1625-1640.
- Passchier, C. W., Hoek, J. D., Bekendam, R. F., de Boorder, H., 1990- Ductile reactivation of Proterozoic brittle fault rocks: an example from the Vestfold Hills. East Antarctica Prec. Res., 47: 3-16.
- Passchier, C. W., Trouw, R. A. J., 1996- Micro-tectonics: Springer-Verlag New York, Berlin Heidelberg Editions, 289 p.
- Phillips, G. N., Myers, R. E., 1989- The Witwatersrand gold fields: part II: An origin for Witwatersrand gold during metamorphism and associated alteration. Econ. Geol. Mono., 6: 598-608.
- Rimstidt, J.D., 1997- Gangue mineral transport and deposition, In Barnes H.L. (Ed.), Geochemistry of hydrothermal ore



deposits, John Wiley & Sons, p. 487-516.

Archive of SID

- Sibson, R. H., 1977- Fault rocks and fault mechanisms. Geol. Soc. London, 133: 191-213.
- Sibson, R. H., Scott, J., 1998- Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska, Victoria, Australia and Otago, New Zealand. Ore Geol. Rev., 13: 293-306.
- Worku, H., 1996- Structural control and metamorphic setting of the shear zone-related Au vein mineralization of the Adola Belt (southern Ethiopia) and its tectono-genetic development. J. African. Earth Sci., 23: 383-409.
- Wyman, D., Kerrich, R., 1988- Alkaline magmatism, major structures and gold deposits: implications for greenstone belt gold Metallogeny. Econ. Geol., 83: 451-458.
- Wyman, D. A., Kerrich, R., Groves, D. I., 1999- Lode gold deposits and Archean mantle plume-island arc interaction, Abitibi Sub-province, Canada. J. of Geology, 107: 715-725.
- Zhang, L., Shen, Y., Ji, J., 2003- Characteristics and genesis of Kanggur gold deposit in the eastern Tianshan mountains, NW China: evidence from geology, isotope distribution and chronology. Ore Geol. Rev., 23: 71-90.
- Zhou, Y., Wang, Z., 1999- Altered ductile shear zone host type of gold deposits from south China: a case study. J. Geoscience. of China, 1: 23-38.

