پیدایش انواع سنگ‌های آذرین در محیط کافت‌های اقیانوسی

دانشگاه شهید بهشتی

و

مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس
(آرین زمین)

دکتر منصور قربانی

پیدایش انواع سنگ‌های آذرین در محیط کافت‌های اقیانوسی

در حالت کلی، از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای می‌توان چهار محیط مختلف را برای سنگ‌های آذرین در نظر گرفت که عبارت اند از:	کافت‌های قاره‌ای
	کافت‌های اقیانوسی
	مناطق برخوردی (فرورانش)
	سنگ‌های آذرین تشکیل شده در داخل صفحات قاره‌ای و اقیانوسی

کافت‌های اقیانوسی

سنگ‌هایی که در محل کافت‌های اقیانوسی (حاشیه‌های سازنده یا واگرا) تشکیل می‌شوند شامل:

پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB)

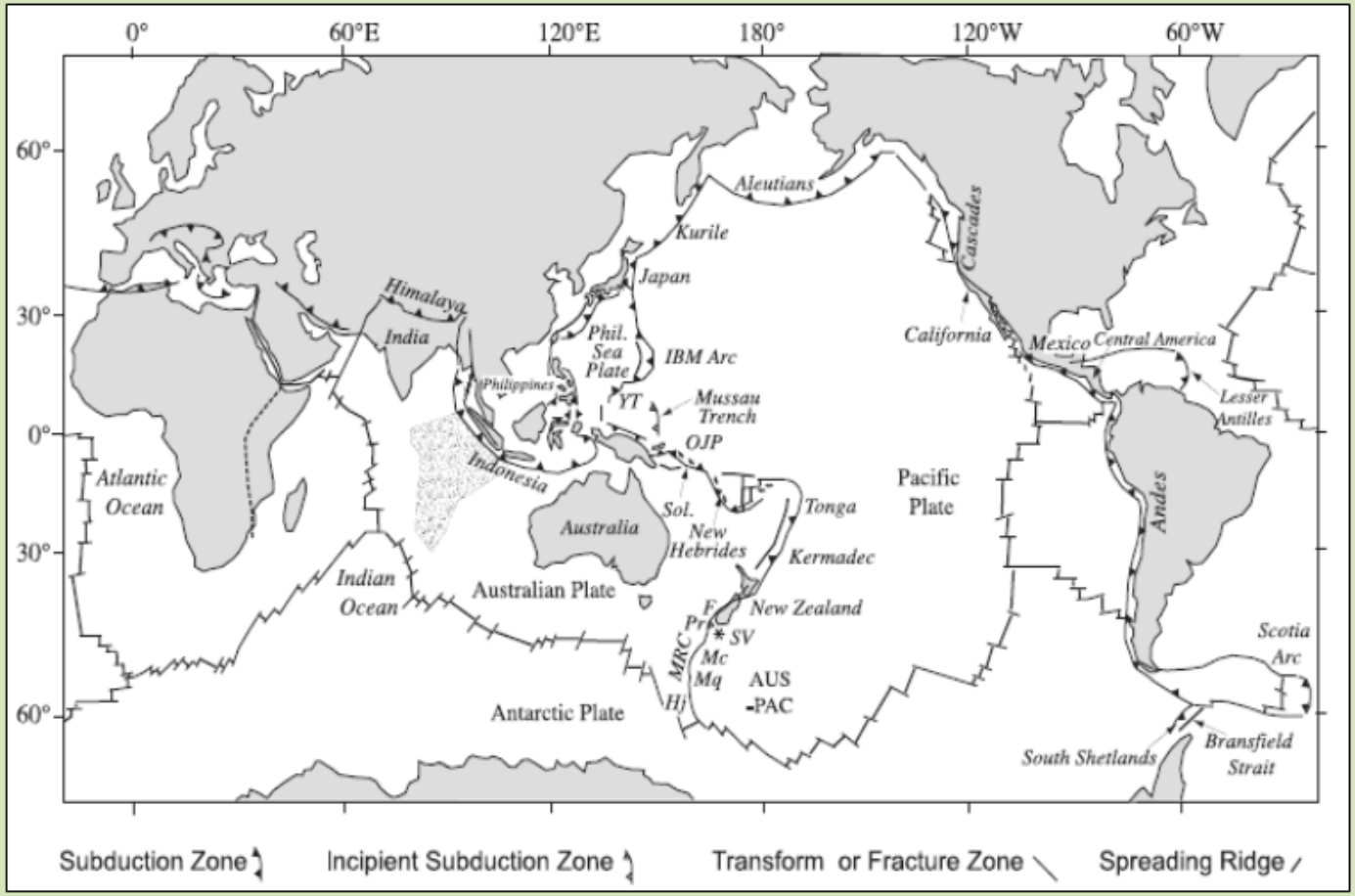
کافت‌های اقیانوسی

پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB)

- پشته‌های میان اقیانوسی در واقع برآمدگی‌هایی در وسط اقیانوس می‌باشند که ارتفاع آنها به‌تدریج و با زاویه بسیار کم، زیاد می‌شود و به‌طور متوسط از کف دریا ۳۰۰ -۱۰۰ متر ارتفاع دارند.
- این پشته‌ها تقریباً در تمام حوضه‌های اقیانوسی در وسط اقیانوس قرار دارند.
- به‌طور کلی این پشته ها دارای طولی حدود ۶۰۰۰۰ کیلومتر می‌باشند.

کافت‌های اقیانوسی

پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB)



نقشه تکتونیک جهانی که توزیع زون‌های گسترشی و فرورانشی را در سطح جهان نشان می‌دهد.

کافت‌های اقیانوسی

منشأ پشته‌های میان‌اقیانوسی و اندیشه گسترش بستر اقیانوس‌ها و نظریه تکتونیک صفحه‌ای

- یک پشته میان‌اقیانوسی (حاشیه سازنده ورقه‌ها) مرزی است بین ورقه‌ها که در آن‌جا لیتوسفر اقیانوسی جدید با ذوب منطقه‌ای گوشته لرزولیتی به‌وجود می‌آید.
- دلیل ذوب منطقه‌ای گوشته، برداشته شدن فشار موجود در منطقه کوچکی از پشته میان اقیانوسی است.
- و در نتیجه ذوب، مواد به‌صورت خمیری بالا می‌آیند.
- این مواد از نوع ماگمای بازالتی است و ولکانیسم سطحی گاهی به‌صورت گدازه‌های بالشی می‌باشد، ولی بیشتر به‌صورت توده‌های بزرگ تا دایک‌های ماگمایی در عمق بیشتر می‌باشند.

کافت‌های اقیانوسی

منشأ پشته‌های میان‌اقیانوسی و اندیشه گسترش بستر اقیانوس‌ها و نظریه تکتونیک صفحه‌ای

کافت‌های اقیانوسی

پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB)

به‌طورکلی پوسته اقیانوسی را به دو بخش اصلی می‌توان تقسیم نمود:

- محیطی که در آن شاهد افزایش در حاشیه ورقه‌ها هستیم (پشته‌های میان‌اقیانوسی) که در این محل پوسته اقیانوسی جدید تولید می‌شود.
- پوسته غیرفعال که بعد از خلق در محور پشته به اطراف حرکت می‌کند.

کافت‌های اقیانوسی

ترکیب شیمیایی پشته های میان اقیانوسی

- ترکیب الیوین تولئیتی با تغییرات کمی از ترکیبات عناصر اصلی.
- این بازالت‌ها حجم‌های بزرگی از ماگماها هستند که بر سطح زمین راه پیدا کرده‌اند و طی یک فرایند تفریق در گوشته بالایی در طول زمان به‌وجود آمده‌اند.
- اشکال مختلف این بازالت‌ها عبارت‌اند از:
  - بازالت‌های زیردریایی
  - بازالت‌های کف اقیانوسی (OFB)
  - بازالت‌های مغاکی
  - بازالت‌های پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB).

کافت‌های اقیانوسی

ترکیب شیمیایی پشته های میان اقیانوسی

- تغییرات عناصر کمیاب مناطق مربوط به MORB نشان‌دهنده منشأ ناهمگن آنها می‌باشد و همچنین بیانگر فرایندهای عمق کم است که در سیستم باز و یکنواخت آشیانه‌های ماگمایی اتفاق می‌افتد.
- استثناء مهم در این مورد، تمرکز Ti و Fe و کم شدن تفریق سیلیس در طول برجستگی شرق اقیانوس آرام، گالاپاگوس، جنوب‌غربی هند و جنوب‌شرقی پشته اقیانوس هند می‌باشد.
- بازالت‌های خارج شده از پشته‌های دارای توپوگرافی نرمال، از نظر ایزوتوپی و عناصر ناچیز با بازالت‌های خارج‌شده از پشته‌های دارای توپوگرافی بلند و یا پلاتفرم‌های همراه با اجزاء موجود در محور پشته‌ها اختلاف دارد (ایسلند، آزور، گالاپاگوس، رینیون، بواوت).

کافت‌های اقیانوسی

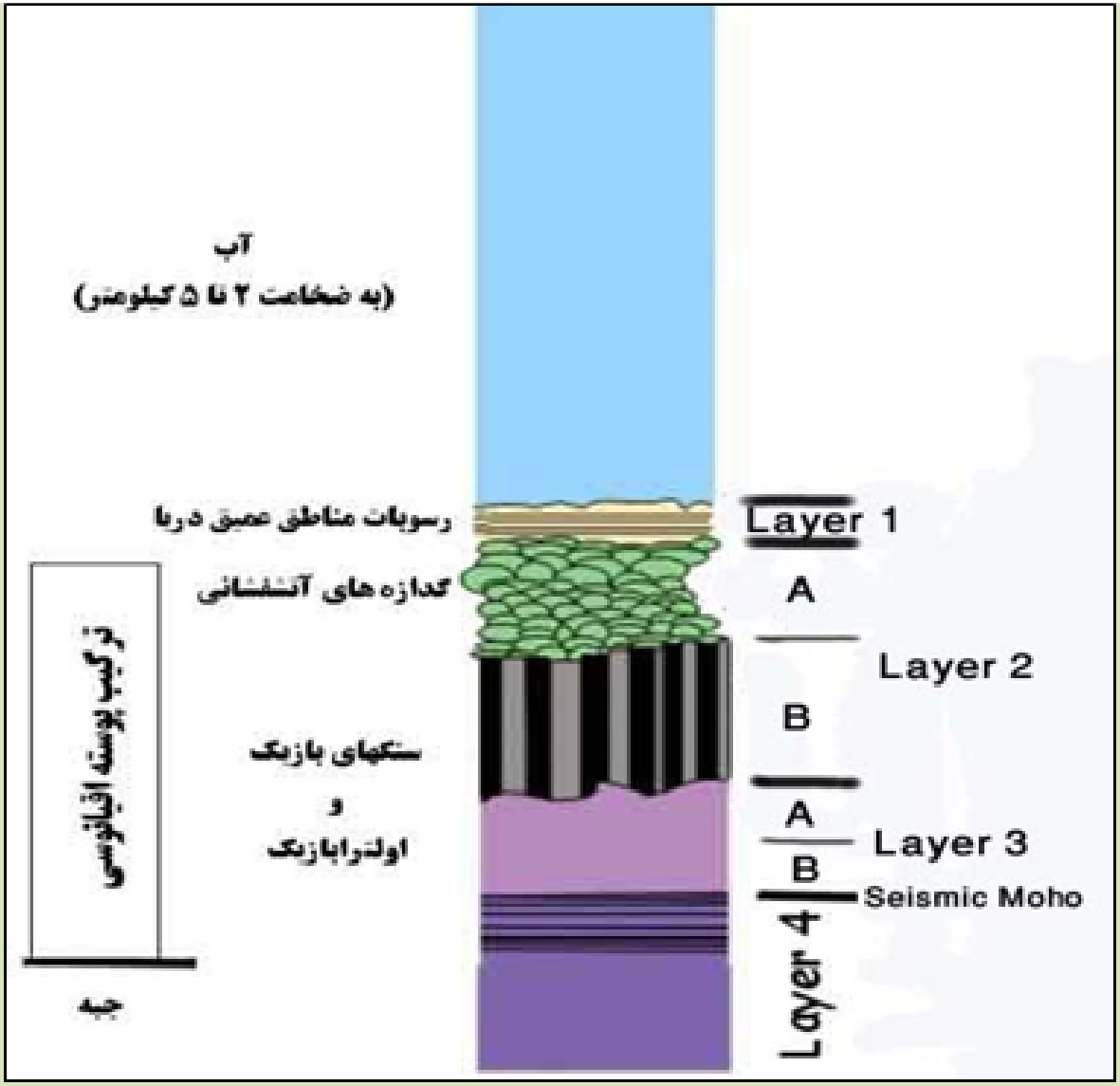
عوامل موثر در ترکیب بازالتهای پشته‌های میان‌اقیانوسی	ترکیب و مینرالوژی گوشته منشأ
	درجه ذوب بخشی گوشته منشأ و تا حدودی چگونگی ذوب بخشی
	عمق جدایش ماگما
	میزان تبلور جزءبه‌جزء و فرایند اختلاط ماگمایی در طی توقف در بخش‌های بالایی آشیانه ماگمایی

کافت‌های اقیانوسی

داده‌های لرزه انکساری

- مطالعات لرزه انکساری نشان داده است که به‌سمت اعماق بیشتر، شاهد سرعت‌های متفاوتی در پوسته اقیانوسی می‌باشیم. بر این اساس، پوسته اقیانوسی به سه لایه اصلی تقسیم می‌شود.
- لایه ۱: شامل یک لایه نازک رسوبات اقیانوسی می‌باشد.
- لایه ۲: ترکیبی بازالتی دارد و شامل دو زیر لایه فرعی 2A و 2B می‌شود.
- لایه ۳ : مطالعات پترولوژیکی به‌همراه مطالعه برروی افیولیت‌ها، ترکیب این لایه را گابرو و سنگ‌های الترامافیک کومولیت (توده‌ای) تعیین‌کرده‌اند. این لایه هم همانند لایه ۲ به دو بخش فرعی تقسیم می‌شود که قسمت بالایی 3A و قسمت پایینی 3B نامیده می‌شود. ضخامت لایه 3B نیز با دور شدن از محور پشته افزایش می‌یابد. محققان عقیده دارند که این سنگ‌ها در قسمت‌های بالایی آشیانه ماگمایی تشکیل شده است.

پشته‌های میان‌اقیانوسی (MORB)



ساختمان لایه‌ای در پوسته اقیانوسی

کافت‌های اقیانوسی

پشته میان اقیانوس اطلس (MARB) یک مثال شاخص از پشته‌های دارای گسترش آرام است (حدود ۲-۱سانتیمتر در سال).

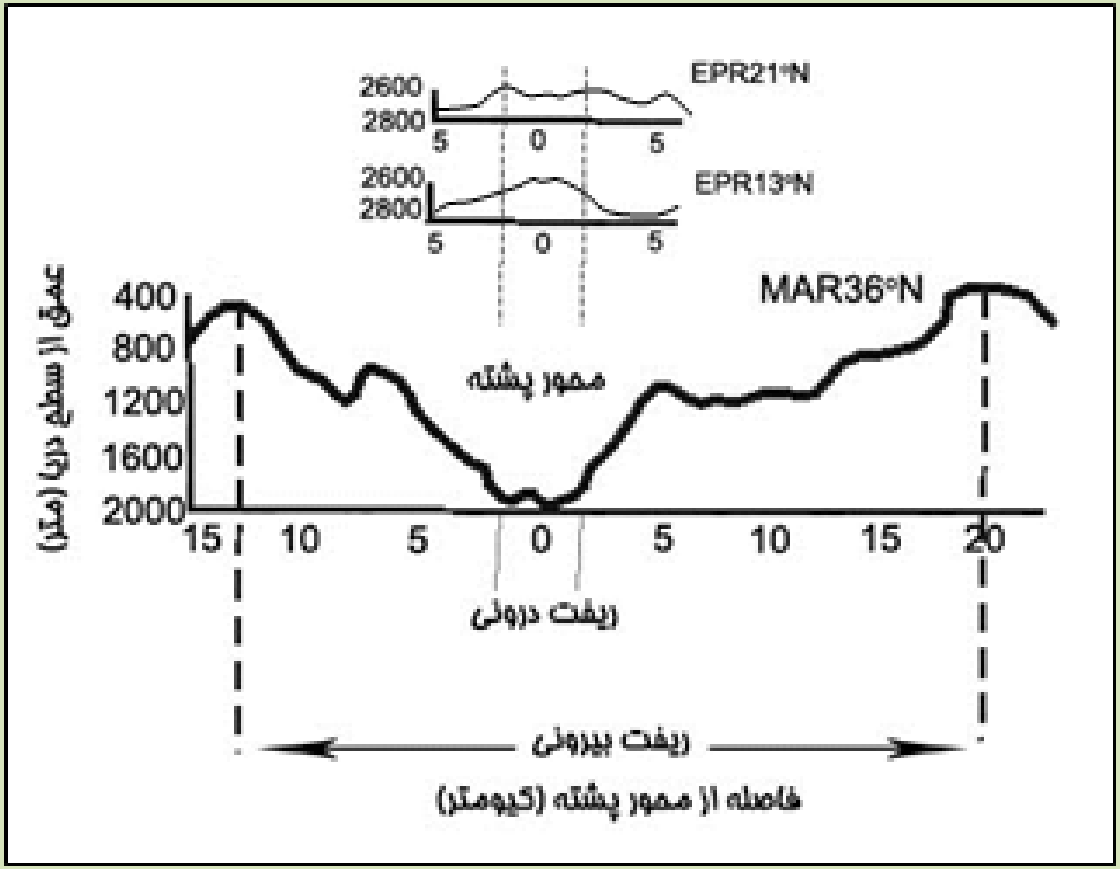
مطالعات عمق‌سنجی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی در بخشی از سنگ‌های آتشفشانی قله پشته میان‌اقیانوسی اطلس، عرضی حدود ۳۰- ۲۵ کیلومتر دارد و در محور دره قرار می‌گیرد و به‌وسیله کوه‌های کافتی محدود شده است.

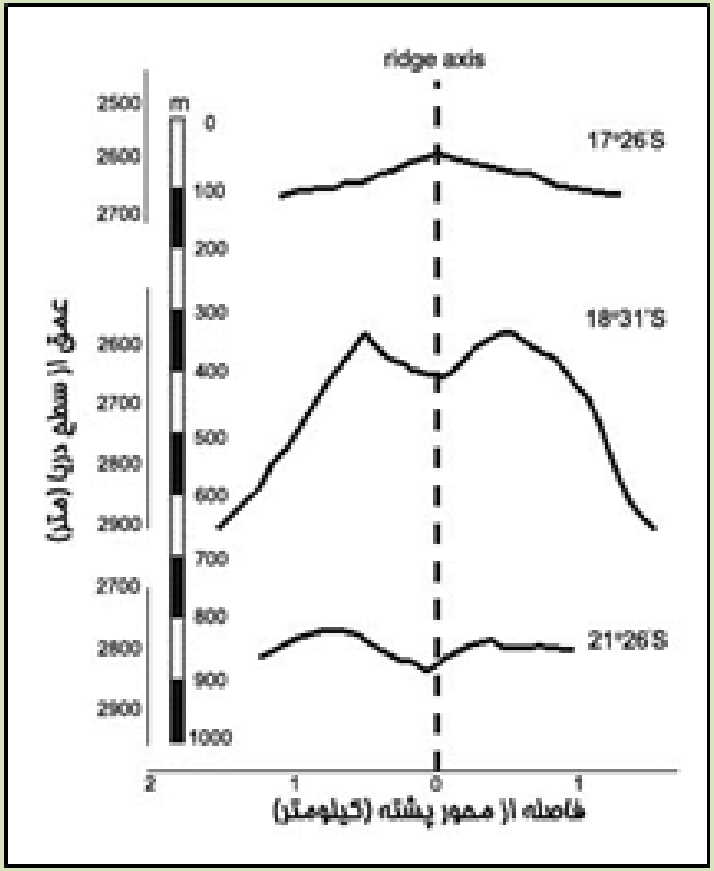
در داخل این دره عریض، یک دره باریک‌تر وجود دارد که پهنای آن ۹-۳ کیلومتر می‌باشد و به‌نظر می‌رسد فعالیت‌های آتشفشانی عهدحاضر در داخل آن تمرکز یافته است. دامنه‌های این کافت درونی به‌وسیله گسل‌هایی کنترل می‌شود و لایه‌ای از دیواره‌های دره سرچشمه گرفته و به‌طرف داخل و به‌سوی محور کافت جریان دارد.

تپه‌های منفرد و کوچک ولکانیک با بلندی کم‌تر از ۳۰۰ متر، به‌عنوان مرکز اصلی فعالیت‌ها معرفی می‌شوند که در داخل کافت درونی قرار دارند.

به‌طور معمول بیشتر بازالت‌های قدیمی (حاوی MgOبالا Ni وCr) با تپه‌های آتشفشانی قدیمی اجتماع حاصل کرده‌اند. در صورتی‌که بیشتر بازالت‌های فوران کرده با انفجارات و فوران‌های حاشیه کافت‌ها تجمع می‌یابند. چنین اختلاف ترکیباتی دلیلی بر رخداد تبلور جزءبه‌جزء در فشار کم می‌باشد و می‌تواند حاکی از وجود توده‌های ماگمایی در زیر محور کافت مرکزی باشد.

کافت‌های اقیانوسی





بررسی‌های عمق‌سنجی انجام‌شده برروی سنگ‌های ولکانیکی بخشی از قله پشته میان‌اقیانوسی اطلس

کافت‌های اقیانوسی

گسترش تند پشته‌ها

پشته‌های دارای گسترش سریع، بیشتر از اقیانوس آرام و به‌ویژه برآمدگی شرق اقیانوس آرام در آزیموت ۲۱۰ درجه نسبت به شمال و کافت گالاپاگوس حاصل شده است.

میزان گسترش آنها ۷-۶ سانتیمتر در سال می‌باشد.

برخلاف پشته میان اقیانوس اطلس، پشته اقیانوس آرام نسبت به کناره‌های خشکی، دارای تقارن نیست و بیشتر پشته‌ها در عرض‌های جنوبی و در قسمت‌های شرقی حوضه اقیانوسی قرار دارند.

میزان بازشدگی قسمت‌های شرقی اقیانوس آرام حدود ۹-۸ سانتیمتر در سال بوده است که بیشتر از سایر نقاط دنیا می‌باشد.

کافت‌های اقیانوسی

اختلاف اساسی پشته‌های دارای گسترش تند با پشته‌های دارای گسترش کند، در مورفولوژی و عدم وجود دره کافتی مرکزی در گسترش سریع می‌باشد.

در گسترش سریع شاهد دشت‌های گدازه‌های هستیم که مورفولوژی ملایم داشته و پستی‌ها را به‌وجود می‌آورند. این دشت‌های گدازه‌ای عامل اصلی ایجاد اختلافات مورفولوژیکی اساسی بین پشته‌های دارای گسترش تند و کند هستند. تشکیل این دشت‌ها نمایانگر خروج مقادیر نسبتاً بالای ولکانیک‌ها و خروجی‌ها می‌باشد.

مطالعات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی در این سنگ‌ها نشان‌دهنده حضور انواع مختلف ماگمای بازالتی می‌باشد و سنگ‌های معمول نمونه‌گیری شده از برآمدگی شرق اقیانوس آرام، اغلب نمایانگر بازالت‌های جزءبه‌جزء شده می‌باشند، که احتمالاً با آشیانه ماگمایی زیر پشته ارتباط دارند.

میزان ماگمای تولید شده در برآمدگی شرق اقیانوس آرام بسیار زیاد است که این مسئله می‌تواند بر وجود یک مخزن بزرگ ماگما در زیر محور پشته، جایی که تبلور جزءبه‌جزء رخ می‌دهد، دلالت کند.

کافت‌های اقیانوسی

گسل‌های ترانسفورم و زون‌های شکستگی

کف اقیانوس‌ها در هنگام گسترش، الگویی از خطوط مغناطیسی را نشان می‌دهند که انعکاسی از مرکز گسترش پشته میان‌اقیانوسی در زمان شکل‌گیری پوسته اقیانوسی بوده است. این الگوی آنومالی مغناطیسی به‌وسیله گسل‌های ترانسفورم (زون‌های شکستگی) جابه‌جا شده است.

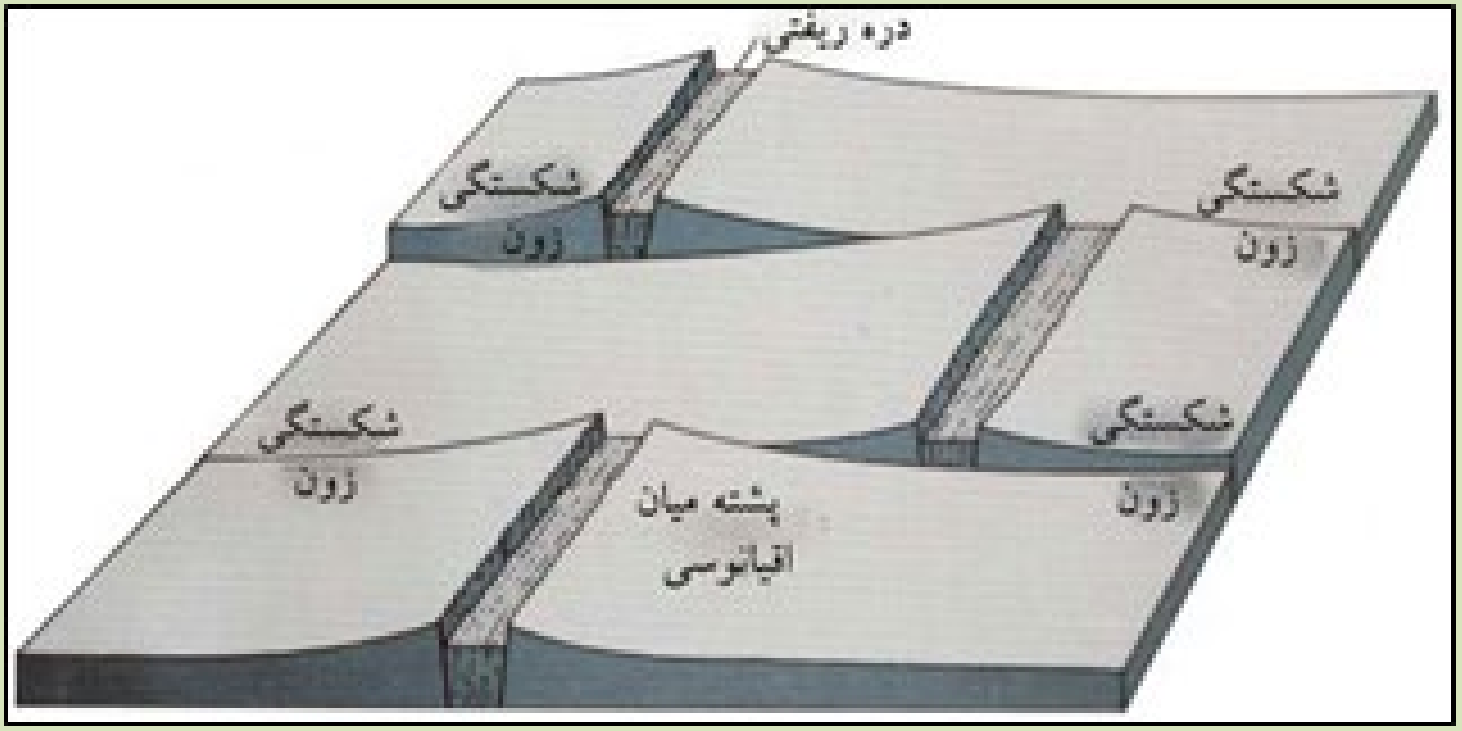
بیشتر این گسل‌ها اغلب به‌صورت تقریباً نیمه‌موازی با جهت گسترش می‌باشند.

زون‌های شکستگی به‌صورت طرح‌های ممتدی هستند که در مسافت طولانی در عرض پشته ایجاد می‌شوند و گاهی اوقات گسترش آنها آن‌قدر زیاد است که تمام کف اقیانوس را فراگرفته و حتی به حوضه‌های قاره‌ای هم می‌رسند.

بازالت‌های نمونه‌گیری‌شده از گسل‌های ترانسفورم، تفریق یافته‌تر از متوسط بازالت‌های پشته‌های اقیانوسی می‌باشند. در آنها تفریق بازالت‌های آهن‌دار می‌تواند به‌خوبی دیده شود.

کافت‌های اقیانوسی

گسل‌های ترانسفورم و زون‌های شکستگی



کافت‌های اقیانوسی

پشته‌های انتقالی

پشته‌های انتقالی، حالت ویژه‌ای از تقاطع پشته- ترانسفورم می‌باشند. به‌صورتی‌که در این پشته‌های انتقالی یک قسمت از پشته شروع به انتقال و پیشرفت به داخل لیتوسفر قدیمی‌تر نزدیک ترانسفورم می‌کند. این مراکز با نوع خاص ماگمای فورانی خود مشخص می‌شوند. این ماگما دارای ترکیبی از نوع بازالت تا ریوداسیت می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تفریق در آن است، به این ترتیب پشته‌های انتقالی می‌توانند از مراکز گسترش اقیانوسی متمایز شوند.

فرایند این توسعه منجر به از بین رفتن کافت می‌شود که این از بین رفتن کافت به‌وسیله گسل ترانسفورم جبران می‌شود و یک زوج V شکل ناشی از آنومالی ماگماتیکی و جابه‌جایی افقی گسل تشکیل می‌شود که شبه گسل نام دارد. شبه گسل مذکور نسبت به مراکز گسترش پشته به‌طور مایل قرار می‌گیرد.

کافت‌های اقیانوسی

پشته‌های بدون زلزله

پشته‌های بدون زلزله ساختمان‌های خطی آتشفشانی هستند که از کف اقیانوس حدود ۴۰۰۰-۲۰۰۰ متر ارتفاع دارند و دارای عرضی حدود ۴۰۰-۲۵۰ کیلومتر و طولی از ۷۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلومتر می‌باشد (هاکینین، ۱۹۸۲).

این پشته‌ها تقریباً ۲۵ درصد کف اقیانوس‌ها را دربرمی‌گیرند، اما بسیار سطحی نمونه‌برداری شده‌اند و اطلاعات جامعی از آنها در دسترس نمی‌باشد. این پشته‌ها به‌صورت یک رشته جزایر ولکانیک یا تپه‌های آتشفشان دریایی می‌باشند که در طی تکامل خود کم کم نشست کرده‌اند.

کافت‌های اقیانوسی

سیستم‌های همرفتی در حاشیه سازنده صفحات

توافق کلی برروی این مسئله است که ماگمای بازالتی در حاشیه‌های سازنده صفحات به‌وجود می‌آید و تولید ماگما پاسخی است به بالا آمدن خمیری مواد داغ گوشته بالایی که در آن ذوب بخشی به‌خاطر برداشته شدن فشار به‌وجود آمده است.

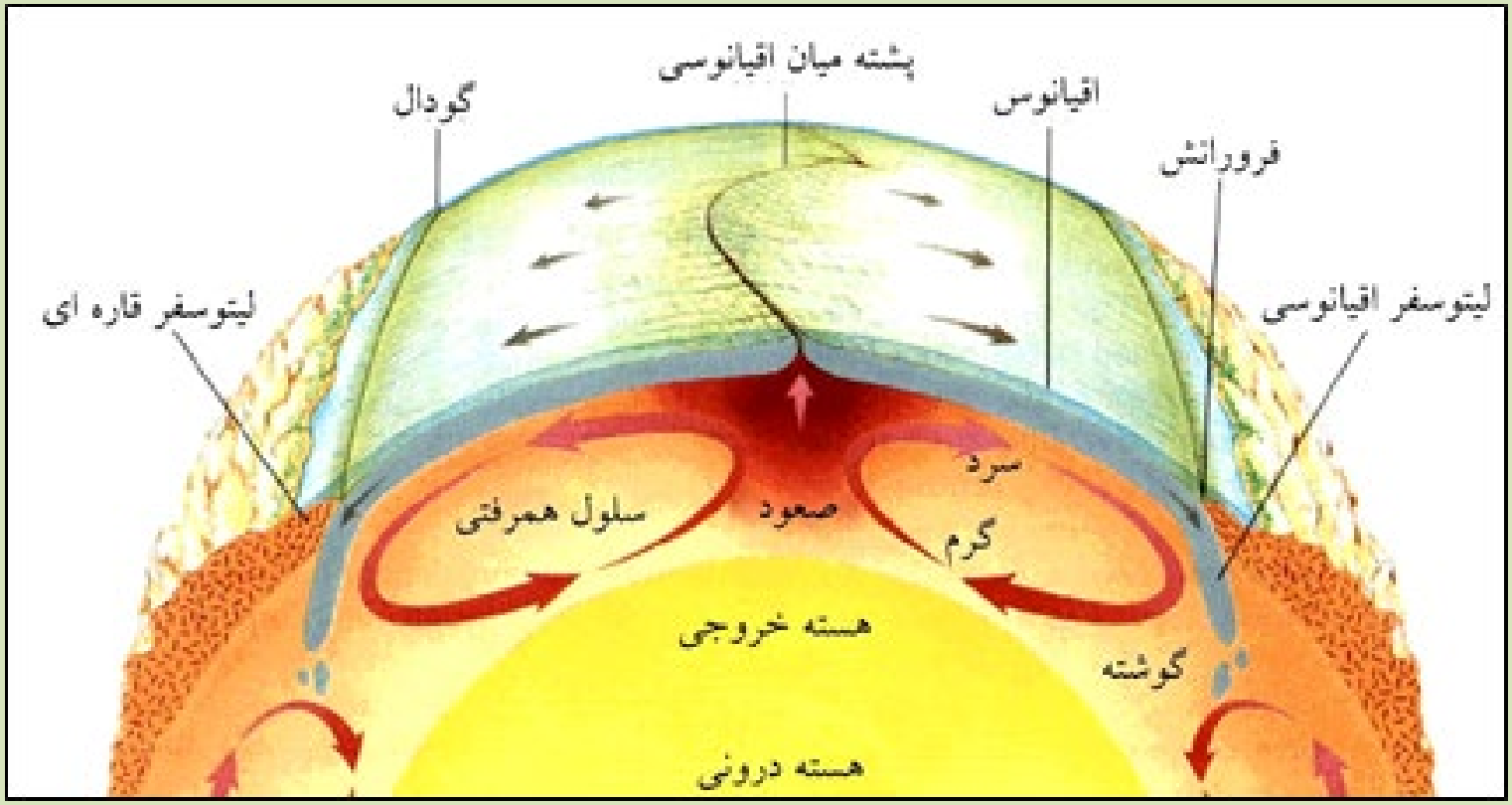
به‌طور معمول فرض بر این است که این صعود خمیری ماگما حاصل جریان همرفتی بزرگ مقیاس آستنوسفر است.

شکل اساسی انتقال گرما از قسمت‌های داخلی زمین به‌صورت جریان همرفتی می‌باشد.

گرمای ایجاد شده در داخل زمین، نتیجه واکنش‌های رادیواکتیویته است و اکنون تئوری تکتونیک صفحه‌ای آن را علت حرکات صفحات لیتوسفر می‌داند. به‌هرحال هنوز شکل این جریان‌ها نامشخص است و سرعت و چگونگی حرکات صفحات برروی این سلول‌های همرفتی معلوم نشده است.

کافت‌های اقیانوسی

سیستم‌های همرفتی در حاشیه سازنده صفحات



نمایی از جریان های همرفتی موجود در گوشته زمین

کافت‌های اقیانوسی

پتروگرافی بازالت‌های پشته‌های میان‌اقیانوسی	ساختارهای مشاهده شده در این سنگ‌ها نشان‌دهنده سرد شدن سریع ماگمای بیرون ریخته شده در محیط زیر دریایی در حرارتی نزدیک به درجه حرارت لیکوئیدوس می‌باشد. اندازه دانه‌ها متغیر بوده و از شیشه تا پورفیری تغییر می‌کند. گاهی فنوکریست‌ها می‌توانند ۳۰-۲۰ درصد سنگ را تشکیل دهند. بازالت‌های پورفیریک معمول‌تر از بقیه می‌باشند و برخی تیپ‌های پورفیریک قابل تجمع در منشأ می‌باشند. بیشترین فنوکریست‌های معمولی مجموعه‌ها عبارت‌اند از:	الیوین، اسپینل منیزیم و کروم‌دار پلاژیوکلاز، الیوین، اسپینل منیزیم و کروم‌دار پلاژیوکلاز، الیوین، اوژیت

کافت‌های اقیانوسی

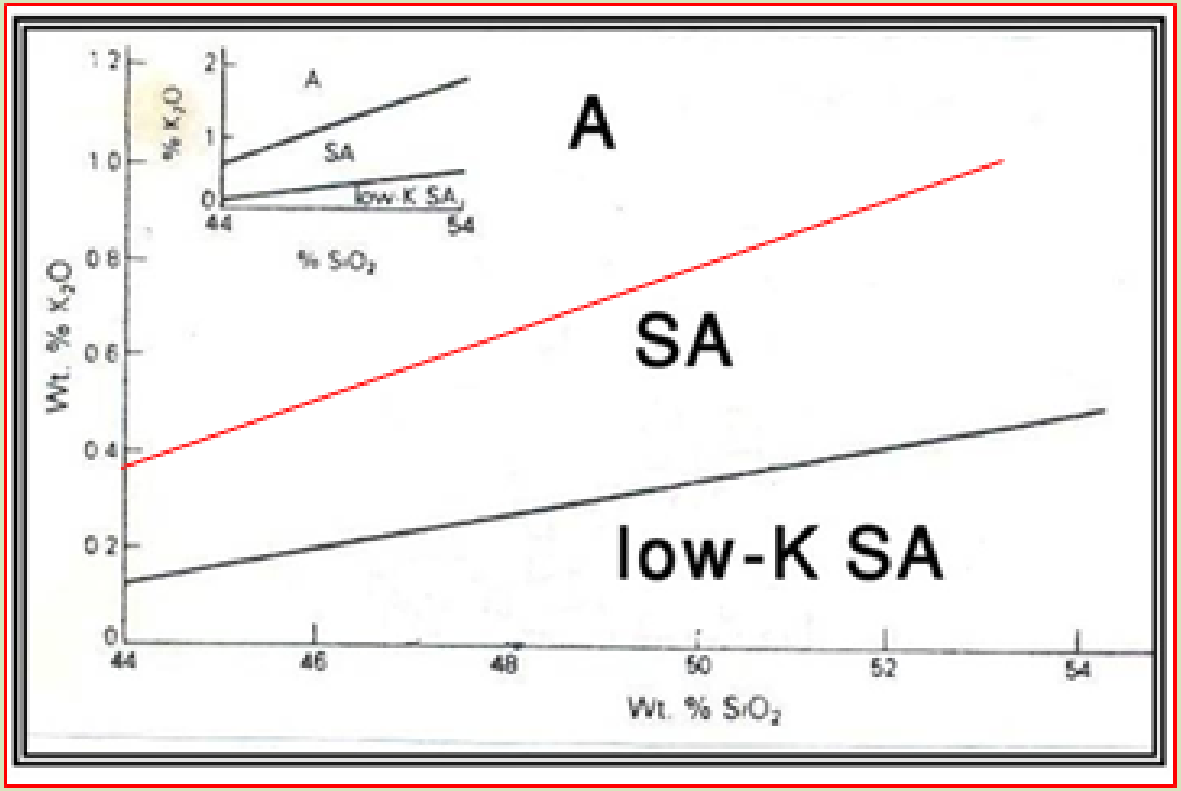
مشخصات سری‌های ماگمایی پشته‌های میان‌اقیانوسی

اکثر بازالت‌های پشته‌های میان‌اقیانوسی MORB، ساب‌آلکالن و تولئیت می‌باشند. بازالت‌های آلکالن و تحولی به‌ندرت دیده می‌شوند که در صورت وجود همراه کوه‌های زیردریایی، پشته‌های غیر لرزه‌ای و زون‌های شکستگی می‌باشند.

عناصر شیمیایی اصلی MORB مشابه تولئیت‌های جزایر اقیانوسی تولئیت‌های جزایر قوسی و تولئیت‌های جلگه‌ای قاره‌ای می‌باشند.

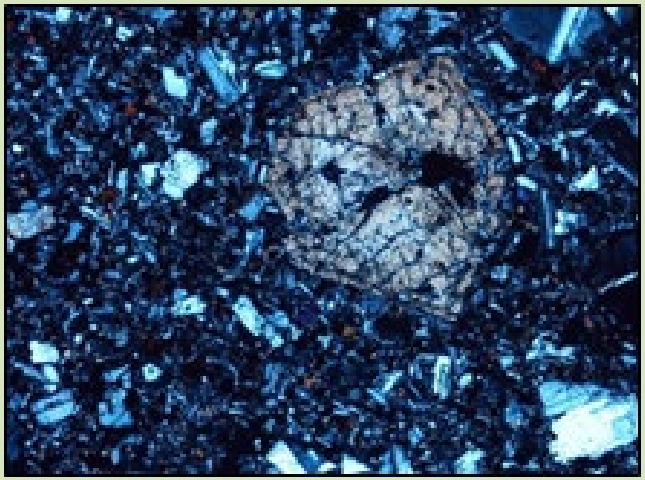
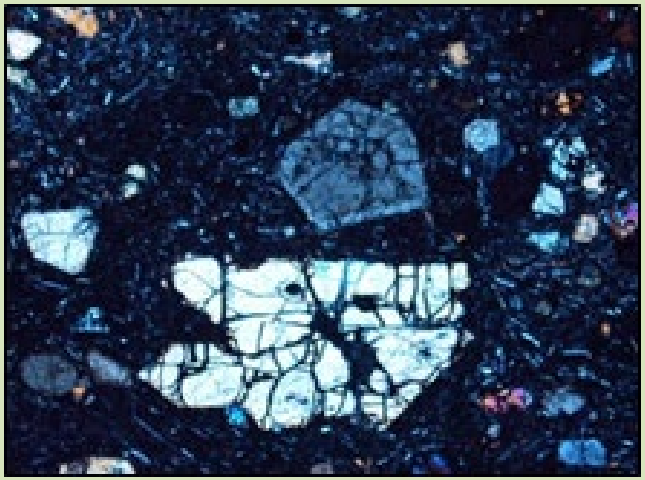
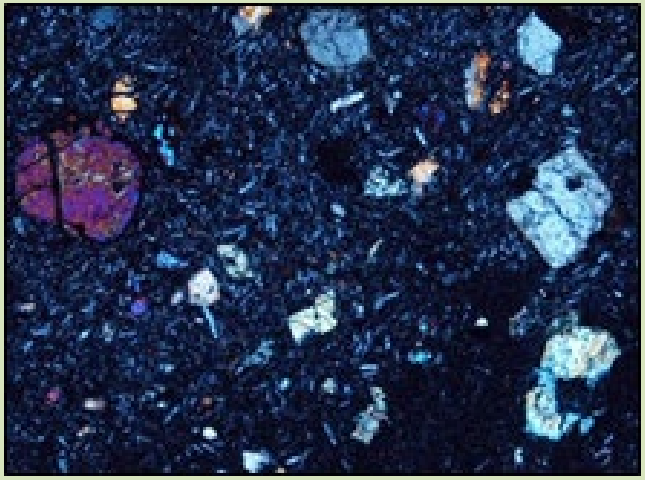
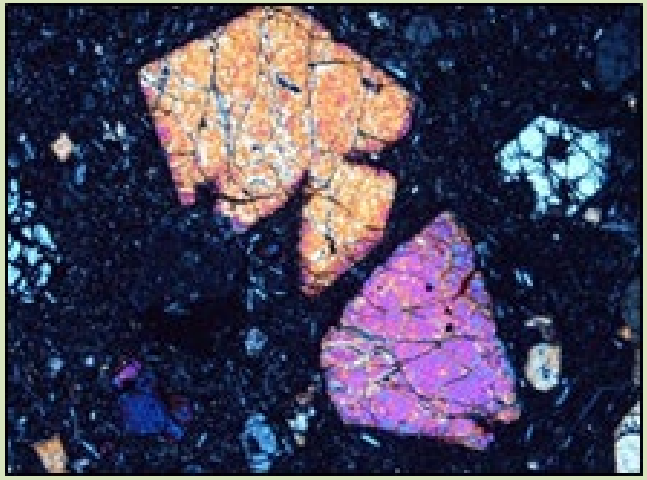
در مقابل این بازالت‌ها، تمرکز پایین از عناصر ناسازگار از جمله LIL, Rb, K, P, Ti, Ba را نشان می‌دهند. مقادیر پایین K2O در این بازالت‌ها تفاوت قابل‌توجهی را بین MORB و دیگر بازالت‌های ایجاد شده در سایر موقعیت‌های تکتونیکی به‌وجود می‌آورد.

کافت‌های اقیانوسی



نمودار اکسیدهای اصلی را در بازالت‌های کافت‌های اقیانوسی

کافت‌های اقیانوسی

تصاویری از مقاطع میکروسکوپی سنگ‌های کافت‌های اقیانوسی

کافت‌های اقیانوسی

	مورب			تولئیت‌های جزایر اقیانوسی	تولئیت‌های جزایر قوسی	تولئیت‌های جلگه‌ای قاره‌ای
	پشته اقیانوس اطلس	پشته اقیانوس آرام	پشته اقیانوس هند			
SiO_2	50.68	50.19	93.50	50.51	50.90	50.01
$Ti\ O_2$	1.49	1.77	1.19	2.63	0.80	1.00
Al_2O_3	15.60	14.86	15.15	13.45	16.00	17.08
FeO	9.85	11.33	10.32	9.59	9.56	10.1
Fe_2O_3	-	-	-	1.78	-	-
MnO	-	-	-	0.17	0.17	0.14
MgO	7.69	7.10	7.69	7.41	6.77	7.84
CaO	11.44	11.44	11.84	11.18	11.80	11.01
Na_2O	2.66	2.66	2.32	2.28	2.42	2.44
K_2O	0.17	0.16	0.14	0.49	0.44	0.27
P_2O_5	0.12	0.14	0.10	0.28	0.11	0.19

مقایسه عناصر شیمیایی اصلی مورب‌ها با تولئیت‌های جزایر اقیانوسی، تولئیت‌های جزایر قوسی و تولئیت‌های جلگه‌ای قاره‌ای. داده‌ها از ملسون و همکاران (۱۹۷۶)، طرح مطالعه ولکانیسم بازالتی، جکس و وایت (۱۹۷۲).

با سپاس