

تخمین زمان رشد و سرعت هسته بندی میکروولیت های پلاژیوکلاز در بازالت گندم بریان کرمان  
\*رئیس، داوود<sup>۱</sup>، درگاهی، سارا<sup>۲</sup>، معین زاده، سید حسام الدین<sup>۳</sup>، آروین، محسن<sup>۲</sup>، امین پناهی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پترولوژی، بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

۲- عضو هیئت علمی، بخش زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

۳- کارشناسی ارشد زمین شناسی

[davood.raeisi@gmail.com](mailto:davood.raeisi@gmail.com), [s.dargahi@mail.uk.ac.ir](mailto:s.dargahi@mail.uk.ac.ir),  
[hmoeinzade@mail.uk.ac.ir](mailto:hmoeinzade@mail.uk.ac.ir), [arvin@mail.uk.ac.ir](mailto:arvin@mail.uk.ac.ir)

### چکیده:

گندم بریان نوعی سرتخت پوشیده از روانه های گدازه ای بسیار تیره رنگ است. این روانه ها که عموماً از جنس آلکالی الیوین بازالت های تازه و به ندرت دگرسان با سن کواترنری می باشند، دارای بافت میکروولیتیک پورفیری تا گلومروپورفیری با زمینه اینترسرتال تا اینترگرانولار هستند. میکروولیت های پلاژیوکلاز به عنوان کانی غالب این سنگها شناخته می شوند. به منظور تعیین زمان رشد و سرعت هسته بندی بلورهای پلاژیوکلاز، پراکندگی اندازه آنها با استفاده از روش اندازه گیری دوبعدی بلورها انجام شد و سپس نمودار لگاریتم طبیعی چگالی تراکمی ( $n$ ) در برابر اندازه بلور ( $L$ ) رسم گردید. بر طبق این محاسبات، زمان رشد ( $t$ ) و سرعت هسته بندی ( $J$ ) به ترتیب برابر با 3.01 تا 3.05 سال و  $9.49 \times 10^{-9} \text{ mm}^{-3} / \text{s}^{-1}$  تا  $10.17 \times 10^{-9} \text{ mm}^{-3} / \text{s}^{-1}$  برآورد شد. نتایج حاصله با طبیعت ماگماهای آلکالی بازالتی همخوانی کامل دارد.

**واژگان کلیدی:** سرتخت، الیوین بازالت، پلاژیوکلاز، چگالی تراکمی

### Estimation of rate of nucleation and growth time of plagioclase microlites from Quaternary Gandom Beriyan basaltic lava flows, NE of Kerman

#### Abstract:

Gandom Beriyan is a kind of messa which is covered by very dark lava flows. The flows are commonly fresh to rarely altered Quaternary alkali olivine basalts and have microlitic porphyry to glomeroporphyry textures with an intersertal to intergranular groundmass. Plagioclase microlites are recognized as the major silicate phase in these rocks. In order to determination of the growth time and nucleation rate of plagioclase minerals, their crystal size distribution were calculated by using two-dimensional measurement method and then their Ln population density ( $n$ ) versus crystal size ( $L$ ) diagram was drawn. Based on these calculations, growth time ( $t$ ) and rate of nucleation ( $J$ ) were estimated 3.01 to 3.05 years and  $9.49 \times 10^{-9}$  to  $10.17 \times 10^{-9} \text{ mm}^{-3} / \text{s}^{-1}$ , respectively. The results are completely matched with nature of alkali basalt magmas.

**Keywords:** messa, olivine basalts, Plagioclase, population density

#### مقدمه:

تبلور ماگما موضوعی است که به نظر می رسد اولین بار توسط جیمز هال در سال ۱۸۰۵ بر اساس کارهای تجربی روی بافت ها مورد بحث قرار گرفت (کاشمن و مارش، ۱۹۸۸). در اندازه گیری بافتی تکنیکی که بیشتر متداول است CSD می باشد است. این تکنیک یک پنجره حیاتی به فرایندهای ماگمایی باز می کند؛ چرا که پراکندگی اندازه بلور منعکس کننده تاریخ تبلور آن است (هیگینز و رابرج، ۲۰۰۳).

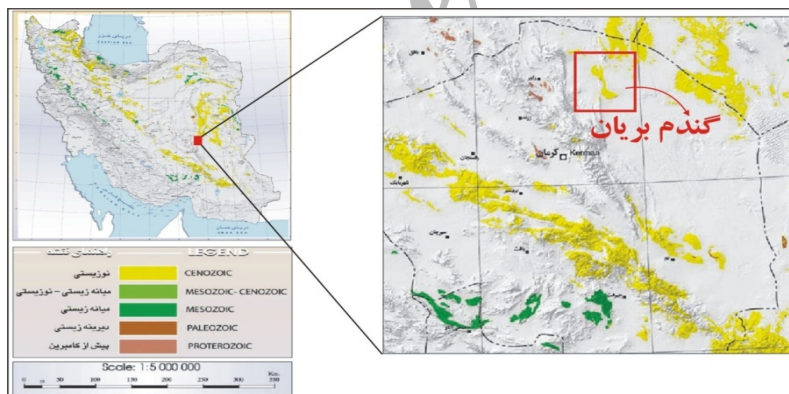
تئوری پراکندگی اندازه بلور یا CSD اولین بار توسط راندولف ولارسن (۱۹۷۱) ارائه شد و اولین کاربرد زمین شناسی این تئوری توسط کاشمن و مارش (۱۹۸۸) در دریاچه گدازه ای ماکوپولی انجام شد (هیگینز، ۱۹۸۸؛ مورگان و جرام، ۲۰۰۶).

برای محاسبه پراکندگی اندازه بلور در سنگ ها مارش (1988) و کاشمن و مارش (۱۹۸۸) تئوری ارائه دادند که لگاریتم طبیعی چگالی تراکمی بلور  $n$  در برابر طول بلور رسم می شود و خط حاصل CSD نامیده می شود (کاسترو و کاشمن، ۲۰۰۳). این روش به طور وسیع در تفسیر فرایندهای ماگمایی از بافت های مشاهده شده در سنگ آذرین درونی و بیرونی مورد استفاده قرار گرفته است. در مقوله سنگهای آذرین، CSD ممکن است اطلاعاتی از تاریخچه سرد شدن، نرخ رشد بلورها و فرایندهای ماگمایی همچون دمای سکونت و هضم بلورها را فراهم کند. همچنین CSD ممکن است برای پی بردن به دینامیک مخزن ماگمایی و جزئیات تاریخچه فوران هم به کار رود. پارامترهای بافتی همچون اندازه غالب بلورها، چگالی بلورها و حجم جزئی بلورها از سیر قهقرایی خط CSD مشتق گرفته می شوند (مارش، ۱۹۹۸؛ کاسترو و کاشمن، ۲۰۰۳؛ هیگینز، ۲۰۰۰؛ کاشمن و مارش، ۱۹۸۸؛ هیگینز، ۱۹۹۴؛ جرام و مک، ۲۰۰۵؛ هیگینز، ۲۰۰۶؛ هیگینز، ۱۹۹۶؛ جرام و مارش، ۲۰۰۷). شناسایی مراحل مجزا سرد شدن ماگما برای مشخص کردن اینکه انجماد ماگما از یک سیستم تبلور منفرد یا سیستم انجماد با دو تبلور متفاوت (اختلاط ماگمایی و...) حاصل شده است نیز با این تکنیک قابل بررسی است (منفردی و مسعودی، ۲۰۰۹).

## بحث:

- زمین شناسی عمومی

گندم بریان نوعی سرتخت (messa) پوشیده از گدازه های بازالتی است. این منطقه بخشی از ولکانیسم درون قاره ای کواترنری ایران است که در قسمت جنوبی کویر لوت در شمال شرق شهر کرمان قرار دارد. ساز و کارهای مختلفی برای ذوب گوشته و ایجاد ماگمای قلیایی این ناحیه می توان ذکر کرد که مهمترین آنها حرکت گسل نای بند به صورت امتداد لغز، ایجاد سیستم کم فشار و کششی و به موجب آن شکستگی عمیق پوسته ای است که خروج سریع مذاب بازی را حاصل کرده است. ماگمای حاصل منطقه ای به وسعت 350 کیلومتر مربع و ضخامت تقریبی 4 متر را در بخش جنوبی کویر لوت می پوشاند (شکل ۱).



شکل (۱) نقشه پراکندگی سنگ آتش فشانی بر پایه سن

## - سنگ شناسی:

به طور کلی جریانهای گدازه ای گندم بریان عموماً دارای الیوین و فاقد فلدسپار پتاسیم و حاشیه واکنشی از جنس ارتوپیروکسن به دور بلور الیوین هستند که این مسئله مبین قلیایی و تحت اشباع از سیلس بودن این روانه ها می باشد. بافت کلی سنگها عمدتاً میکروولیتیک پورفیری و گلوپورفیری با زمینه اینترسرتال است.

کانی غالب نمونه ها، میکروولیت های پلاژیوکلاز می باشند که در برخی مقاطع، یک منطقه بندی ضعیف در آنها قابل مشاهده است. بلورهای الیوین نیز به صورت خودشکل تا گرد شده همراه با بافتهای خلیجی و اسکلتی دیده می شوند. کریستال های الیوین بر خلاف میکروولیت های پلاژیوکلاز دارای تعداد کمتر و اندازه بزرگتر هستند که این مسئله به علت سرعت رشد بالاتر بلورهای

الیوین در قیاس با سرعت هسته بندی آنهاست. فاز کانیاپی متداول دیگر کلینوپروکسن است که ندرتا دارای منطقه بندی ساعت شنی است. این حالت معمولا در سنگ ها یی متداول است که سریع سرد شده اند (ورنون، ۲۰۰۴).

## - روش مطالعه:

برای تعیین سن دو روش به کار گرفته شد:

روش اول: با استفاده از اندازه گیری دوبعدی بلور (اقتباس از مارش، ۱۹۸۸)

برای تعیین میانگین زمان اقامت بلور در سیستم (t)، بعد از تهیه عکس دیجیتالی، میکرولیت ها به طور مجزا رسم و اندازه گیری شدند. تعداد بلورهای اندازه گیری شده ۵۱۹ عدد می باشد. با توجه به اطلاعات به دست آمده از شکل، فراوانی و اندازه بلورها، نمودار لگاریتم طبیعی چگالی تراکمی (Population density) در برابر محور بلند بلور ترسیم شد. واحد اندازه گیری بلورها (mm) و  $\ln(\text{mm}^{-4})$  برابر می باشد (شکل).

$$n = n_0 \exp(-L/Gt)$$

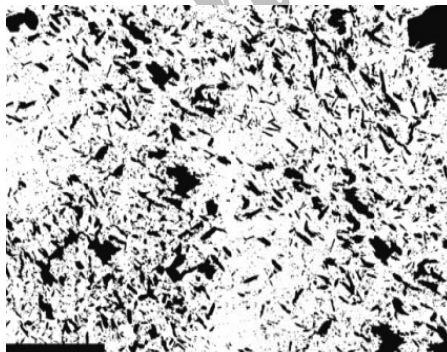
معادله کلی چگالی تراکمی بلور برابر است با:

G میانگین نرخ رشد خطی و (t) میانگین زمان اقامت بلور در سیستم است.

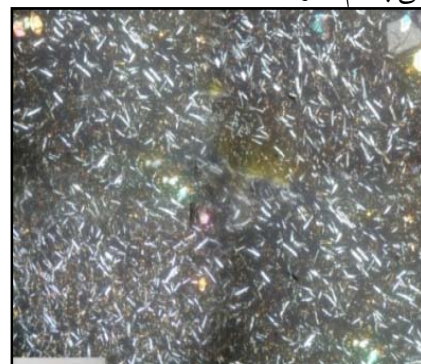
بر اساس فراوانی رده های مختلف و تراکم بلورها، نمودار لگاریتم طبیعی چگالی تراکمی (n) در برابر اندازه بلور (L) رسم می شود. شیب این نمودار مساوی با  $\frac{-1}{Gt}$  است و نقطه تقاطع آن با محور چگالی جمععی، با چگالی هسته بندی ( $n_0$ ) که یک کمیت ثابت است برابر می باشد. در اینجا  $L=0$  است و می توان معادله سرعت هسته بندی (J) در لحظه توقف بلور را مشخص کرد که J از معادله  $J=n_0/G$  حاصل می شود.

روش دوم: پس از تعیین شکل سه بعدی بلور، (با استفاده از روش مدل سازی عددی) با نرم افزار (csd corrections 1.39)، نمودار رسم و میانگین زمان اقامت بلور در سیستم مشخص می شود.

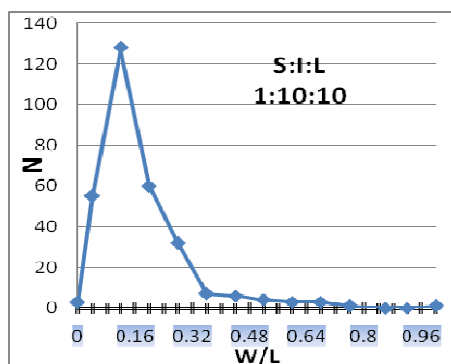
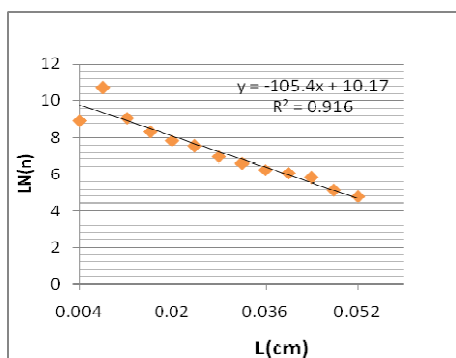
بر طبق این محاسبات، زمان رشد (t) و سرعت هسته بندی (J) برای بازالت های گندم بریان به ترتیب برابر با  $3.01 \text{ سال}^{-1}$  و  $10.17 \times 10^{-9} \text{ mm}^{-3}$  بر اساس روش اول و  $9.49 \times 10^{-9} \text{ mm}^{-3} / \text{s}^{-1}$  بر اساس روش دوم برآورد شد که تفاوت چندانی با هم ندارند.



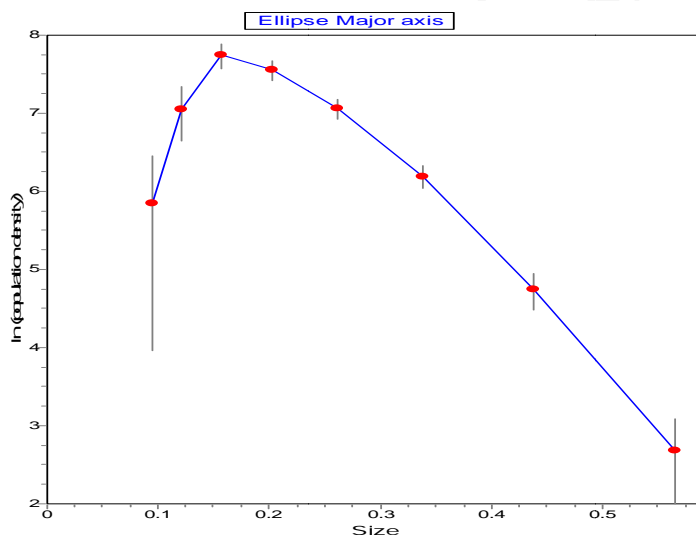
شکل (۳) تصویر پردازش شده



شکل (۲) نمونه الیوین بازالت در نور پلاریزه



شکل (۴) تخمین ابعاد بلورها (محور کوتاه، متوسط، بلند) شکل (۵) نمودار چگالی تراکمی بلور (n) در برابر طول بلور (L)



شکل (۶) نمودار حاصل از نرم افزار (csd correction 1.39)

روش	شیب	عرض از مبدا	زمان رشد (t)	سرعت هسته بندی (J=mm <sup>-3</sup> /s <sup>-1</sup> )	سرعت رشد (mm/s <sup>-1</sup> )
اول	-105.4	10.17	3.01 سال	10.17 × 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup> cm/s-1
دوم	-10.4	9.49	3.05 سال	9.49 × 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> mm/s <sup>-1</sup>

**نتیجه گیری:**

کاشمن نرخ رشد پلاژیوکلاز در ماگمای بازالتی را بررسی کرد و متوجه شد نرخ سرد شدن متغیر و برای یک نرخ سرد شدن ۳ ساله، نرخ رشد  $10^{-9} \text{ mm/s}$  و برای سرد شدن ۳۰۰ ساله، نرخ رشد  $10^{-10} \text{ mm/s}^{-1}$  می باشد. نتایج حاصل از محاسبات انجام شده بر روی پلاژیوکلزهای موجود در بازالت‌های گندم بریان نیز با این مسئله مطابقت دارد. به طور کلی ماگماهایی که چسبندگی بالاتر دارند نرخ انتشار کمتری خواهند داشت. زمان سکونت حاصل از روش اول در این جا به دلیل برابر بودن محور متوسط و محور بلند، تفاوت زیادی با زمان سکونت به دست آمده از نرم افزار csd correction ندارد. لازم به ذکر است که میکروولیت‌ها عمدتاً فرم تخته ای دارند و به ندرت در اندازه بزرگ و منشوری می باشند؛ اما در حقیقت اندازه سه بعدی بلور بایستی بر اساس مطالعات پتروفابریکی به دست آید تا تخمین نزدیکتری برای زمان سرد شدن و تبلور بلورها فراهم شود. علت اصلی پرشیب بودن منحنی، سرعت زیاد سرد شدن ماگمای بازالتی می باشد که به تشکیل میکروولیت‌های کوچک منجر شده است. با توجه به آنکه ماگماهایی که چسبندگی کمتر دارند نرخ انتشار بیشتر دارند؛ لذا در بازالت‌های گندم بریان با توجه به چسبندگی کم آنها، قابلیت هسته بندی زیاد بوده است؛ اما بلورها رشد کمی حاصل کرده اند. به عبارتی سرعت رشد بلورهای آنها از سرعت هسته بندی شان بیشتر است.

**Reference:**

- Cashman, K.V., Marsh, B.D., 1988. Crystal size distribution (CSD) in rocks and the kinetics and dynamics of crystallisation II. Makaopuhi Lava Lake. Contributions to Mineralogy and Petrology, 99, 292–305.
- Evans, S.H., Nash. W.P., 1979. Petrogenesis of xenolith-bearing basalts from southeastern Arizona. American Mineralogist, 64, pages 249-267.
- Higgins, M.D., 1994. Numerical modeling of crystal shapes in thin sections: estimation of crystal habit and true size. American Mineralogist, 79, 113–119.
- Higgins, M.D., 1994. Determination of crystal morphology and size from bulk measurements on thin sections: numerical modeling. American Mineralogist, 79, 113–119.
- Higgins, M.D., 1996. Magma dynamics beneath Kameni Volcano Thera Greece, as revealed by crystal size and shape measurements. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 70, 37-48.
- Higgins, M.D., 2000. Measurement of crystal size distributions. American Mineralogist, 85, 1105- 1116 .
- Higgins, M.D., Roberge, J., 2003. Crystal size distribution (CSD) of plagioclase and amphibole from Soufriere Hills volcano, Montserrat: evidence for dynamic crystallization textural coarsening cycles. Journal of Petrology, 44, 1401-1411.
- Higgins, M.D., 2006. Quantitative textural measurement in igneous and metamorphic petrology. Cambridge university press, 265pp.
- Marsh, B., 1988. Crystal size distribution (CSD) in rocks and the kinetics and dynamics of crystallization I. Theory Contributions to Mineralogy and Petrology, 99, 277–291.
- Marsh, B.D., 1988. On the Interpretation of Crystal Size Distributions in Magmatic Systems. Journal of Petrology, 39, 553–599.



- 
- Mock, A., **Jerram**, D.A., 2005. Crystal Size Distributions (**CSD**) in Three Dimensions: Insights from the 3D Reconstruction of a Highly Porphyritic Rhyolite. *Journal of Petrology*, 46, 1-17.
- Monfaredi, B., Masoudi, F., Tabbakh, A.A., 2009. Magmatic Interaction as Recorded in Texture and Composition of Plagioclase Phenocrysts from the Sirjan Area, Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 20, 243-251.
- Morgan, D.J., Jerram, D.A., 2006. On estimating crystal shape for crystal size distribution analysis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 154, 1-7.
- Vernon, A.H., 2004. *A Practical Guide to Rock Microstructure*. Cambridge University Press, 579pp.

Archive of SID