

Granat Çatlak Dizininin Kapsadığı Hidrotermal Minerallerin Anatomisi

Ayşe Didem Kılıç

Jeoloji / Mühendislik, Fırat üniversitesi, Türkiye

*(adkilig@firat.edu.tr)

Özet – Magmatik, hidrotermal ve metamorfik kayalarda yaygın olarak bulunan granat (Ca^{2+} , Mn^{2+} , $\text{Fe}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$) $_3\text{Y}(\text{Al}^{3+}$, Fe^{3+} , $\text{Cr}^{3+}/\text{V}^{3+})_2(\text{Si}^{4+})_3\text{O}_{12}$ kimyasal formülü ile en yaygın minerallerden biridir. Granat minerali iki veya daha fazla uç bileşimin katı çözeltilisidir. İzomorfik değişim gösteren granat, alüminyum serisi (Y pozisyonu Al^{3+} iyonu içerir) ve kalsiyum serisi (X pozisyonu Ca^{2+} iyonu içerir) olarak iki seriyi kapsar. Alüminyum serisi, pirop, almandin ve spesartin, kalsiyum serisi ise grossular, andradit ve uvarovit ile temsil edilir. Dünya çapında önemli bir demir, bakır, kurşun, çinko, tungsten, gümüş ve altın kaynağı olan skarn zonlarındaki granatlar, metasomatizma ve hidrotermal değişimi ile oluşabilir. Hidrotermal akışkan çevrimi ve kristal büyümesi, granatın hacim genişlemesi veya küçülmesi ile gerçekleşen değişimleri kapsar. Bu yapısal değişim çatlak dizini oluşturur. Çatlakların dağılımı ve granat çekirdeğine göre yönelimi, akışkan kimyasındaki değişim, zonlanma ve yeni mineral oluşumları petrolojide önemlidir. İnce bantlanma ve zonlanma aynı zamanda dissolusyon ve resorpsiyonu ve kimyasal düzensizliği işaret eder. Kristal içindeki bu izotopik yapı, kristal kimyası, akışkan bileşimi ve fiziksel koşullardaki değişimle ne derece uyumlu olduğunun kanıtıdır. Bu koşullarda granat çatlaklarında farklı minerallerin gelişmesi olağandır. Yaygın olarak görülen magnetit sıcaklığın azalmasıyla akışkan içerisindeki Fe iyonunun çökmesine, diyopsit ise akışkanla kalsiyum getirimine işaret eder. Granat çatlakları boyunca izlenen kalsit, kuvars, epidot, diyopsit, klorit ve magnetitler meteorik yüzey suyu ve hidrotermal akışkanların arasında gelişen karışım sonucu oluştuğu ve karışıma, gerilmeli ortamlarda kristal büyüme sürecindeki sıcaklık değişimi sebep olur. Bu gerilme, çoğunlukla merkezden itibaren farklı yönlü kırıkların oluşumunu sağlarken, radyal kırık dizini granat hacim gelişmesiyle ilgilidir.

Anahtar Kelimeler – Grossular, Andradit, Hydrothermal Köken, Akışkanlar, Skarn Granatlar

I. GİRİŞ

Granat sıcaklık, basınç ve nem koşulları gerektiren anhidroz bir mineraldir. Yüksek yoğunluk ve mükemmel kristal şekline sahip bu mineral silisifikasyon ve dekarbonizasyon süreçlerinden fazlaca etkilenir [1;2;3]. Granatlarda sıcaklık artışıyla doğru orantılı olan hacim artışı 665°C üzerindeki sıcaklıklarda izlenir. Sıcaklık mineral bileşimini homojenleştirirken, basınç kristal yapıda hasara sebep olur [4].

Granatların tipik özelliği zonlanmadır. Zonlanma gelişiminde akışkan kimyası, difüzyon, resorpsiyon gibi süreçler etkindir [5]. Difüzyon olayı, atom veya moleküllerin kristalin duraysız

olan bölgesinden daha duraylı olan kısmına element taşınmasıdır [4;6]. Kristalin büyümesi ve zonlanma türü, elementlerin difüzyon hızına ve suresine bağlıdır. Difüzyon kafes yapısı içinde geliştiği gibi, kristal sınırları etrafında da gelişebilir. Basınç, sıcaklık, nem ve akışkan bileşimi kristal bileşimini ve kırık içerisindeki mineral türünü etkiler [7]. Granat yapısında radyal ve gelişigüzel yönlendirilmiş çatlak/kırık dizini görmek mümkündür. Kırıkların şekli kristalin büyüme sürecinde mi yoksa granat oluşumundan sonraki bir zamanda mı oluştuğunu granatın merkezi ve çatlak yönelimiyle izlenebilmektedir [7].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Raman spektroskopisi, Ankara Üniversitesi YEBİM laboratuvarında Raman spektrometresi kullanılarak gerçekleştirildi. Raman spektrumu, 4 cm^{-1} çözünürlükle $100\text{-}2000 \text{ cm}^{-1}$ aralığında kaydedilmiştir. İz element analizi ACME analitik laboratuvarında, ICP-MS ile GeoLas HD 193 nmPro lazer ablasyon sistemi ile gerçekleştirildi.

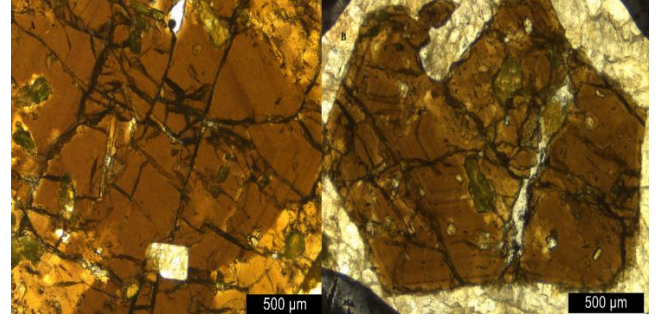
III. BULGULAR

A. Granat Morfolojisi

Mikroskop incelemelerinde tane boyutu 1 cm 'den $3\text{-}3.5 \text{ cm}$ 'ye kadar değişen idiomorf özellikteki kristaller grossüler ve andradit bileşimlidir.

Mineraller arası reaksiyonlar, kristal içi kırıklar zonlanmayı etkiler. Kristal içi düzensiz kırıklarda klorit, kuvars, kordiyerit gibi silis mineralleri granat porfiroblastlarının tamamında yaygın olarak izlenir. Boyutları birbirinden farklı olan granat tanelerinde kırıklar genellikle iri boyutlu olan tanelerde yüksektir. Küçük taneler daha homojen bir görünüm sergilemektedir. Kapantı mineralleri, bileşim olarak da çeşitlidir. Kırıklarda serizit, muskovit ve epidot gibi kojenetik mineral fazlarının bulunması ve yoğun çatlak dizini, birimin yükselmesi sırasında kristal yapıya akışkan girmesine sebep olur. Ortamda varolan farklı bileşime sahip akışkanlar ve granat çevresindeki mineral alterasyonları HNTE (hafif nadir toprak elementleri) oranları artmaktadır [8,9]. Ayrıca, çatlaklarda Ca artışı bileşimin daha grossüler olmasına sebep olurken, sıcaklık artışı bileşimi andradite yöneltmiştir. Granatlarda Mg# artışı sıcaklık artışıyla orantılıdır.

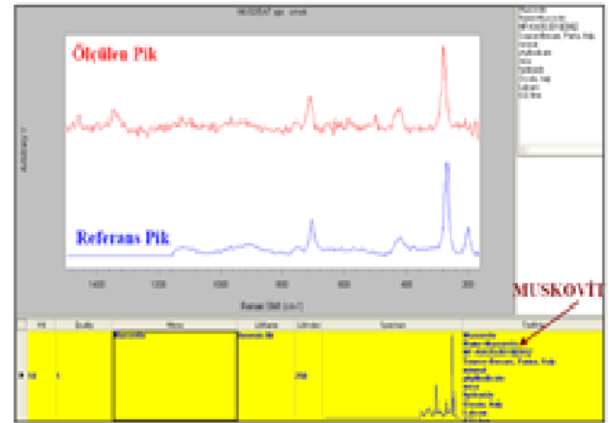
Granatların TIMS analizi, granat bileşiminin kısmen homojen olmadığını özellikle çatlak dizini içerisinde bulunan minerallerin çeşitliliğinin kimyasal bileşimi etkilediğini göstermektedir. Granat kristalinin kenarlarından itibaren gelişen radyal çatlaklar, metamorfizmada sıcaklığın pik yaptığı koşullarda kristalin kırılmasına ve bu kırıklar boyunca katyonların rezorpsiyon ve distrupsiyon işlevleriyle minerallerin gelişmesine sebep olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Granat çatlaklarının mikroskop görünümü ve zonlanma

B. Spektroskopi incelemeleri

Granatların Raman spektrası, kristal yapılarındaki SiO_4 tetralarının katyonlarla bağlanma şekli, katyonun konumuna göre farklılık göstermektedir (Mingsheng ve diğ.,1994). Granat çatlaklarındaki muskovit mineralinin Raman spektrometresi 270 cm^{-1} , 419 cm^{-1} ve $711\text{-}753 \text{ cm}^{-1}$ de güçlü Raman kaymaları görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Muskovitlerin Raman spektrası

Anki-epimetamorfik kloritlerin $270\text{-}400^\circ\text{C}$ arasında, yüksek pik değerleri verdiği görülmektedir. Kloritlerin spektraları 320 cm^{-1} ve 593 cm^{-1} aralığında değişmektedir. Petrografik analizler ve elde edilen Raman spektrometre verileri uyumludur. Granat grossularitlerde 320 cm^{-1} granat andraditlerde 298 cm^{-1} 'dir [10]. Jamtveit ve diğerleri (1993) [8], hidrotermal sistemlerde sıvı akış dönemleri ile yaygın olarak ilişkilendirilen kaynamanın, daha yüksek $f\text{O}_2$ ve Fe^{3+} seviyelerine ve buna bağlı andradit içeriğine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Kaynama sona erdiğinde, sıvı ile tane arasındaki etkileşim, sıvıyı yerel olarak Fe^{2+} içeren silikatlardan tamponlanmış bir $f\text{O}_2$ değerine geri döndürmeye ve grossular granatın oluşmasına

neden olur [11,12]. Mikroskop incelemelerinde de görülebilen çatlaklar, kaynamadan sonra hidrokrıkların bir göstergesi olabilir [12].

IV. SONUÇLAR

Grossüler ve Andradit bileşimli granatlar, hidrotermal çözeltilerin etkisiyle çatlak dizinlerinde farklı hidrotermal minerallerin oluşması meydana gelir. Granatların bileşimindeki hızlı değişim, büyüme ve fiziksel koşullardaki değişim, granatta hacim artışı veya küçülmeye sebep olur. Granatların raman pikleri 290-320 cm^{-1} arasında olup grossüler olarak belirlenmiştir. Andradit granatlar, 1033.6 cm^{-1} -1000.2 cm^{-1} pik vermektedir. Hidroksil absorpsiyonu işareti olan bu yüksek pik değerleri, çatlak dizini içerisindeki hidrotermal mineral bileşimlerinden kaynaklanmaktadır.

Sonuçlarımız, önceki çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, granat örneklerindeki nadir toprak elementlerinin olasılıkla magmatik hidrotermal akışkanlardan geldiğini ve klor2 komplekslerinin bu taşıma sürecinde belirli bir rol oynadığını göstermektedir. Seçilen granatların, yüksek H_2O oranı ve yüksek oksijen fuğasitesi içeren bir oluşum ortamında infiltrasyon metasomatizması sonucu oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. Granatın hidrotermal sıvının ürünü olduğu ve sonraki magnetit çökmesi için koşullar sağladığı tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Z. F. Van Zeggren and S. H. Storey). *The Computation of Chemical Equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.
- [2] F.S. Spear. *The Gibbs method and Duhem's theorem: the quantitative relationships among P, T, chemical potential, phase composition and reaction progress in igneous and metamorphic systems*, Contributions to Mineralogy and Petrology 99, 249-256, 1988a.
- [3] A. D. Kılıç ve G. Arslan, *Ca- Fe- Si granatlarda raman spektroskopisi uygulaması, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri*. DÜMF Mühendislik Dergisi 9:1, 291-299, 2018.
- [4] B. Yardley, C. Rochelle, A. Barnicoat, G. Lloyd. *Oscillatory zoning in metamorphic minerals: An indicator of infiltration metasomatism*, Mineral. Mag. 55, 357-365, 1991.
- [5] J R. J. Tracy. *Compositional zoning and inclusions in metamorphic minerals*. In: JM Ferry, ed, *Characterization of metamorphism through Mineral Equilibria*. Mineral Soc Am Rev in Mineral 10, 355-397, 1982.
- [6] A. D. Kılıç. *Petrographical and geochemical properties of plagiogranites and gabbros in Guleman ophiolite*, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 139, 33-49, 2009.
- [7] G. E. Bebout. *Metamorphic chemical geodynamics of subduction zones*, Earth and Planetary Science Letters 260, 373-393, 2007.
- [8] B. Jamtveit, R. A. Wogelius, D. G. Fraser. *Zonation Patterns of Skarn Garnets—Records of Hydrothermal System Evolution*. Geology, 21, 113-116, 1993.
- [9] M. Gaspar, C. Knaack, L. D. Meinert, R. Moretti. REE in skarn systems: A LA-ICP-MS study of garnets from the Crown Jewel gold deposit. Geochim. Cosmochim. Acta, 72, 185-205, 2008.
- [10] Y. Demir, İ. Uysal, R. Kandemir, A. Jauss. *Geochemistry, fluid inclusion and stable isotope constraints (C and O) of the Sivrikaya Fe-skarn mineralization (Rize, NE Turkey)*, Ore Geol. Rev. 2017, 91, 153-172.
- [11] G. Amthauer, G.R. Rossman. *The hydrous component in andradite garnet*. Am. Mineral. 83, 835-840, 1998.
- [12] B. Scheibner, G. Wörner, L. Civetta, H. G. Stosch, K. Simon, A. Kronz. *Rare earth element fractionation in magmatic Ca-rich garnets*, Contrib. Mineral. Petrol. 2007, 154, 55-74.