

ANTİGORİTİN ISIL REAKSİYONU: XRD, DTA-TG ÇALIŞMASI

Gökçe GÜRTEKİN* ve Mustafa ALBAYRAK*

ÖZ.- Serpantinleşmiş peridotitlerden oluşan okyanusal litosferin dahil olduğu jeolojik süreçlerin aydınlatılmasında serpantin minerallerinin duraylılık sınırlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Dalan bir okyanusal litosfer içerisindeki serpantin minerallerinin artan sıcaklık sonucu ısıl reaksiyonlara uğramaları ve meydana gelebilecek yeni mineral oluşumları, dalan levha ile ilişkili jeolojik süreçleri etkilemektedir. Dolayısıyla serpantin minerallerinin ısıl reaksiyonları ve duraylılık sınırlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Konya-Çayırbağı bölgesinden alınan serpantin mineralleri (antigorit) atmosfer basıncı altında artan sıcaklıkla ısıl reaksiyonlara (dehidratasyon ve dehidroksilasyon) uğratılmış, meydana gelen mineralojik değişimler X-ışınları analizleri ve DTA-TG analizleri ile belirlenmiş ve sonuçta antigoritin duraylılık sınırı saptanmıştır. Antigoritte dehidratasyon reaksiyonları yaklaşık 100-150°C'de; dehidroksilasyon reaksiyonları ise yaklaşık 550°C'de başlamış, bu sıcaklıktan sonra antigorit+brusit minerallerinden itibaren forsterit oluşmaya başlamıştır. Antigorit+forsterit birlikteliği yaklaşık 650°C'ye kadar devam etmiş, bu sıcaklıktan itibaren enstatit minerali de oluşmaya başlamıştır. Sabit basınçta gerçekleşen tüm bu reaksiyonlar sırasında talk minerali oluşmazken, bir miktar H₂O ve amorf malzeme (silis) serbest kalmıştır. Sonuçta antigoritte dehidroksilasyon reaksiyonları 550°C ile 690°C arasında gerçekleşmiş ve antigorit 650°C-690°C'ye kadar duraylı kalmıştır.

Anahtar kelimeler: XRD, DTA-TG, Antigorit, Dehidratasyon, Dehidroksilasyon

GİRİŞ

Doğada, kayaç oluşturan serpantin minerallerinin pek çok farklı türüne rastlanmakla birlikte, en yaygın ve sık rastlanılan türleri; lizardit, krizotil ve antigorittir. Bu mineraller Mg₃Si₂O₅(OH)₄ genel kimyasal formülüne sahip ve % 85-95 arasında MgO, SiO₂ ve H₂O içeren trioktaedrik (1:1) tabakalı silikatlar olarak tanımlanırlar.

Serpantin mineralleri, olivin, ortopiroksen ve Mg'ca zengin silikat minerallerinin uygun ortam koşullarında bünyelerine su almaları (hidratasyon) ile serpantinleşme adı verilen bir süreç sonucunda oluşurlar. Lizardit ve krizotil, yeşilşist fasiyesinin alt koşullarında oluşurken, antigorit daha çok yeşilşist-amfibolit fasiyesi koşullarında oluşmaktadır (Evans, 1977).

Serpantin mineralleri üzerine yapılan çalışmalarda, mineraller genel olarak, petrografik uygulamalar ve X-ışınları analizleri yardımıyla ta-

nımlanmakta, oluşum koşulları saptanmakta ve bunlara bağlı olarak kayaçların geçirmiş olduğu süreçler belirlenmektedir (Gürtekin, 2001). Hidratasyona uğramış okyanusal kabuk malzemesi %90'dan fazla serpantin minerallerinden oluşmaktadır. Bu tip litosfer parçalarının dalma-batma hareketi sırasında, serpantin minerallerinde meydana gelen ısıl reaksiyonlar, H₂O'nun açığa çıkmasına neden olmakta ve bu da dalma-batma ile ilişkili volkanik süreçlerde oldukça etkin bir rol oynamaktadır. Tamamen serpantinleşmiş peridotitler büyük oranda (% 13) H₂O içermekte olup, dalma-batma sırasında, reaksiyonlara bağlı olarak açığa çıkan bu H₂O, serpantin minerallerinin duraylı kalabildiği ve yay magmatizmasının da başladığı kabul edilen yüksek sıcaklık-yüksek basınç koşullarının etkin olduğu derinliklere kadar taşınabilmektedir. Dolayısıyla serpantin minerallerinin ısıl reaksiyonları ve bu reaksiyonlara bağlı meydana gelebilecek mineralojik değişimlerin ortaya konması, bazı jeolojik süreçlerin tanımlanmasında büyük önem taşımaktadır.

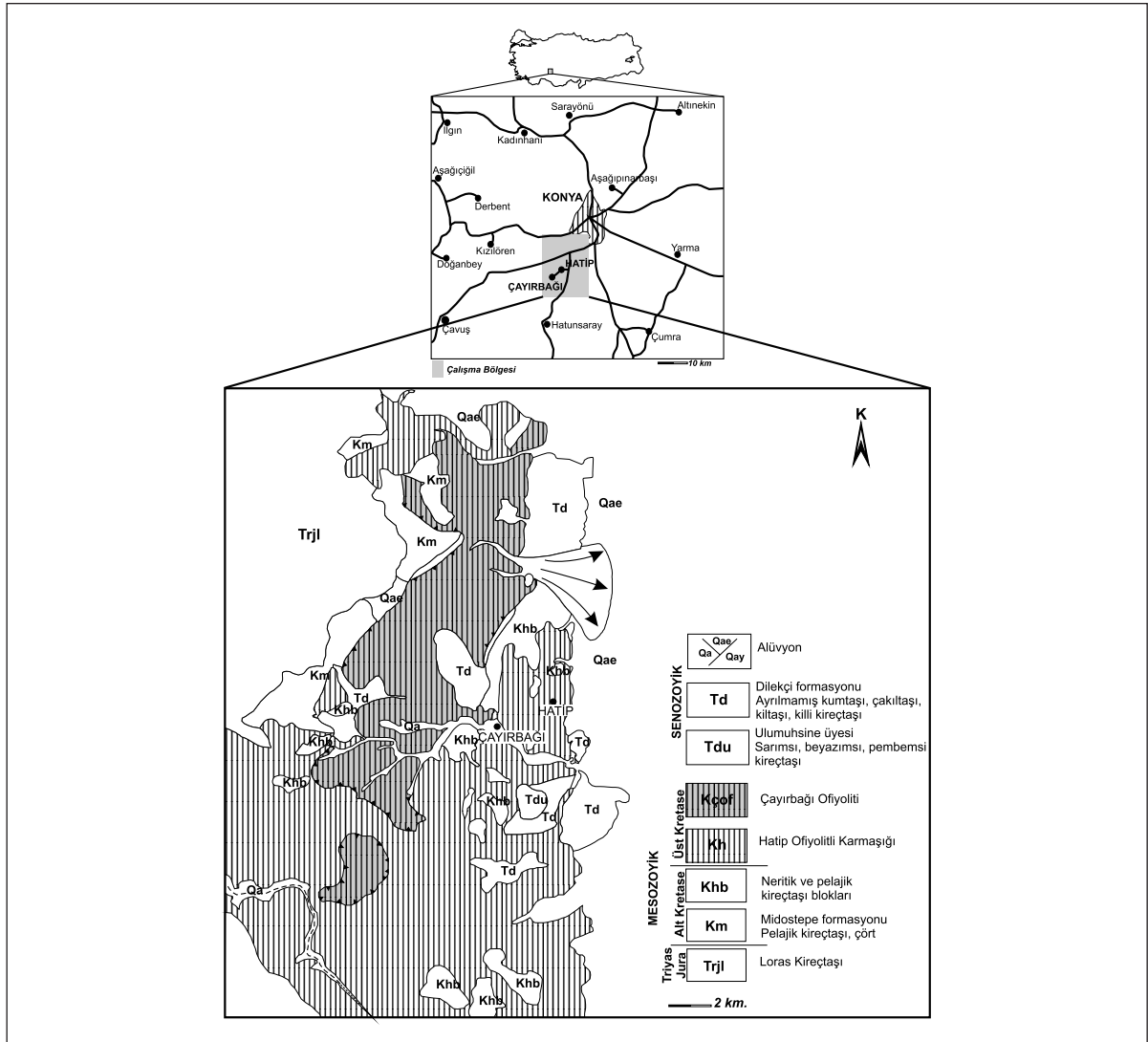
* Maden Tektik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
E-mail: gurtekin@mta.gov.tr

Bu çalışma ile, petrografik, X-ışınları ve DTA-TG yöntemleri kullanılarak serpantin minerallerinin tanımlanması, ısıl reaksiyonlar sırasında meydana gelen mineralojik değişimlerin belirlenmesi ve antigoritin sabit basınç altında duraylılık sınırının saptanması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan örnekler Konya (Çayırbağı-Hatip) bölgesinde (Şekil 1) yüzeyleyen, Çayırbağı Ofiyoliti ile Hatip Ofiyolitli Karmaşığı olarak adlandırılan (Özcan ve diğerleri, 1990) ve ofiyolitik melanj

niteliğindeki kayaç serileri içerisindeki serpantinlerden alınmıştır.

SERPANTİN MİNERALLERİNİN ISIL REAKSİYONU

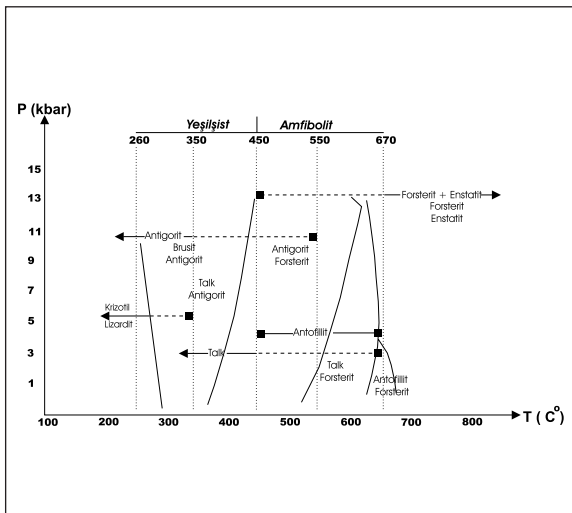
Bir mineralin sıcaklık artışına bağlı olarak bünyesindeki adsorbe suyu (H₂O) kaybetmesine dehidratasyon, kristal yapısında bulunan suyu (OH) kaybetmesine ise dehidroksilasyon adı ver-



Şekil 1- Çalışma bölgesi jeoloji ve yer bulduru haritası (Özcan ve diğerleri 1986'dan düzenlenmiştir)

ilmektedir. Gerileyen serpantinleşme ise, serpantin minerallerinde ısıl reaksiyonların (dehidrasyon ve dehidroksilasyon) geliştiği ve serpantin minerallerinden itibaren olivin±piroksen±talk±klorit gibi bünyelerinde su içermeyen veya az miktarda su içeren minerallerin oluştuğu süreçtir (O'Hanley, 1996). Gerileyen serpantinleşme, serpantinleşmenin tam tersi bir süreç olarak kabul edilmemektedir. Çünkü serpantinleşme sırasında olivinden itibaren ilk oluşan mineral sadece lizarditten, gerileyen serpantinleşme sırasındaki olivin oluşumu çoğunlukla antigorit ve daha az oranlarda lizarditten itibaren meydana gelmektedir.

Genel olarak bakıldığında gerileyen serpantinleşme sırasında antigoritteki ısıl reaksiyonlar, antigorit+brusit±olivin+H₂O veya antigorit±olivin±talk+H₂O şeklinde olup, yeni minerallerin oluşumları yaklaşık olarak 500-690°C arasında gerçekleşmektedir (Evans, 1977). Serpantin minerallerinin duraylılık sınırlarına bakıldığında (Şekil 2), lizardit ve krizotil yeşilşist fasiyesinin alt koşullarında bulunurken, antigoritin daha geniş bir aralıkta yani, alt yeşilşist-amfibolit fasiyesi arasındaki koşullarda duraylı kalabildiği görülmektedir.



Şekil 2- Serpantin minerallerinin duraylılık sınırları (Bucher ve Frey, 1994)

ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Bu çalışma, ağırlıklı olarak X-ışınları analizleri ve DTA-TG analizleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Ancak, X-ışınları ve DTA-TG analizleri öncesinde, serpantinlerin dokusal özelliklerini, mineral parajenezlerini ve köken kayaların türlerini belirlemek amacıyla petrografik çalışmalar yapılmıştır. Petrografik çalışmalarda mineral parajenezleri ve kayaların sahip olduğu dokusal özellikler tanımlanırken, ilk kez Wicks ve Whittaker (1977) tarafından kullanılan ve daha sonra O'Hanley (1991, 1996) tarafından geliştirilen sınıflama kullanılmıştır.

Çalışma bölgesinden seçilen beş adet örneğin X-ışınları analizleri MTA Genel Müdürlüğünde bulunan Rigaku Geigerflex marka X-ışınları difraktometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler laboratuvar ortamında sabit basınçta, sıcaklık artışı ile ısıl işleme tabi tutulmuş ve bu sırada meydana gelen mineralojik değişimler X-ışınları analizleri ile izlenmiştir. Ana pik değerlerinin birbirlerine yakın olması nedeniyle, serpantin minerallerinin tanımlanmalarında önem kazanan tali piklerin değerlendirilebilmesi için çekimler 0-70° arasında yapılmıştır. Laboratuvar sıcaklığında gerçekleştirilen normal çekimlerden sonra, öğütülerek toz haline getirilmiş örnekler, önce saf su ile karıştırılarak süspansiyon oluşturulmuş daha sonra örnekler cam lameller üzerine konularak kurumaya bırakılmıştır. Kuru örnekler sırasıyla 200°C, 400°C, 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C ve 1100°C'de fırında bir saat bekletilmiş ve sonrasında X-ışınları analizleri gerçekleştirilmiştir. Cam lamellerin erimesini önlemek amacıyla; 900°C, 1000°C ve 1100°C'de yapılan ısıtma işlemlerinde porselen krozeler kullanılmıştır.

DTA-TG analizleri, sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen faz değişimlerinin, tam sıcaklıklarının ve kütle azalma miktarlarının belirlenmesine yönelik olarak MTA Genel Müdürlüğünde Rigaku Thermoflex TG 8110 marka cihazda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar sıcaklığı (or-

talama 18.7°C) ile 1100°C arasında yapılan analizlerde, sıcaklık artışı dakikada 20°C olacak şekilde ayarlanmış ve analizler sırasında 100 mg örnek kullanılmıştır.

Petrografi

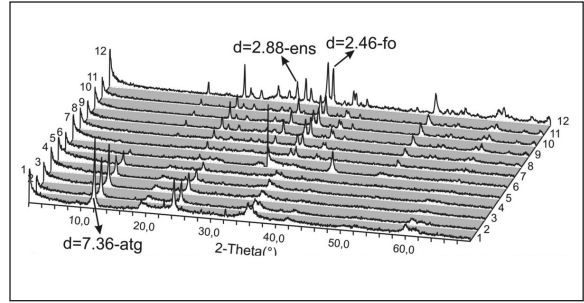
Yapılan petrografik çalışmalarda, serpantinitlerin köken kayalarının harzburjit olduğu belirlenmiştir. Tamamen serpantinleşmiş ağsı dokuya (psödormorfik doku) sahip kayalarda, serpantin±talk±manyetit mineral parajenezleri görülürken, köken kayaca ait olivin (forsterit) ve ortopiroksen (enstatit) minerallerinin bulunmadığı belirlenmiş olmakla birlikte, yer yer dış şekilleri ile tanınabilen, plastik deformasyona uğramış serpantinleşmiş (bastılaşmış) ortopiroksen kalıntılarına rastlanmıştır. Wicks ve Whittaker (1977) ve O'Hanley (1991, 1996)'in mikroskop altındaki dokusal özellikleri dikkate alarak yapmış olduğu sınıflamaya göre, ağsı dokulu kayalarda, serpantin minerallerinden antigorit±lizardit ve damarlar şeklinde krizotilin bulunduğu saptanmıştır.

X-ışınları Analizleri (XRD)

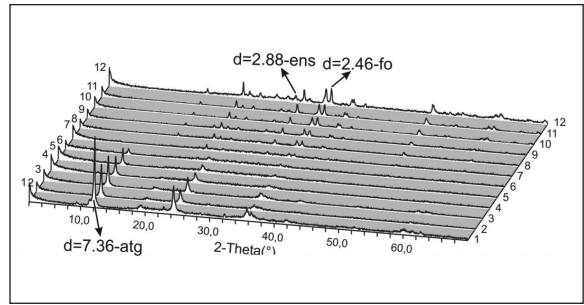
Isıl reaksiyonlar sonucu meydana gelen mineralojik değişimlerin belirlenmesi amacıyla, belli sıcaklıklarda ısıtılan örnekler üzerinde X-ışınları analizleri gerçekleştirilmiştir. Mineralojik değişimlerin kolay görülebilmesi için Jade (6.5.1-XRD Pattern Processing) programı kullanılarak hazırlanan ve bütün sıcaklarda yapılan çekimlerin beraber bulunduğu blok diyagramlar Şekil 3, 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Yapılan normal çekim sonuçları, petrografik sonuçlarla uyumluluk göstermiş olup, ağırlıklı olarak antigorit mineralleri belirlenmiştir. Petrografik olarak tanımlanan krizotil ise miktarca az olması nedeniyle (%2-3) X-ışınları analizlerinde saptanamamıştır.

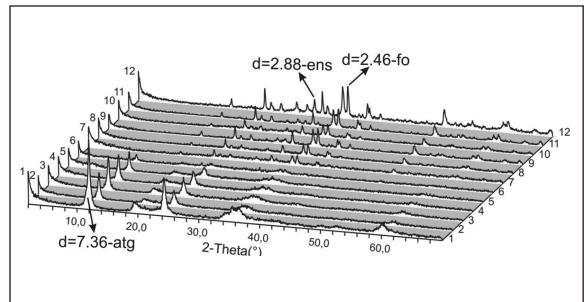
Örneklerin tümünde, 200°C, 400°C ve 500°C'de yapılan çekimlerde mineralojik olarak herhangi bir değişiklik gözlenmemiş olup, sıcaklık ar-



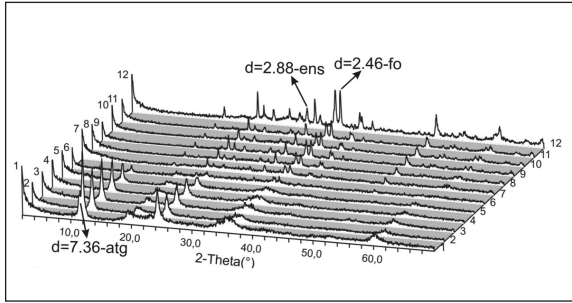
Şekil 3- 1 numaralı örneğe ait X-RD blok diyagramı. 1:normal, 2:200 C°, 3:400 C°, 4:500 C°, 5:550 C°, 6:600 C°, 7:650 C°, 8:700 C°, 9:800 C°, 10:900 C°, 11:1000 C°, 12:1100 C°'de yapılan çekimleri göstermektedir (atg: antigorit, fo: forsterit, ens:enstatit)



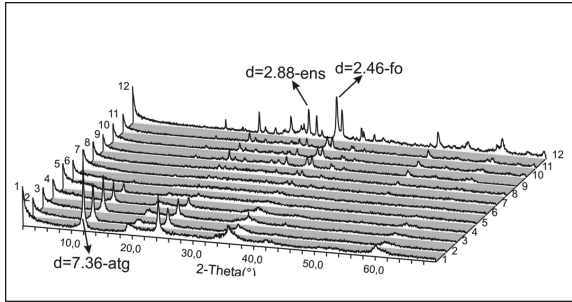
Şekil 4- 6 numaralı örneğe ait X-RD blok diyagramı. 1:normal, 2:200 C°, 3:400 C°, 4:500 C°, 5:550 C°, 6:600 C°, 7:650 C°, 8:700 C°, 9:800 C°, 10:900 C°, 11:1000 C°, 12:1100 C°'de yapılan çekimleri göstermektedir (atg: antigorit, fo: forsterit, ens:enstatit)



Şekil 5- 11B numaralı örneğe ait X-RD blok diyagramı. 1:normal, 2:200 C°, 3:400 C°, 4:500 C°, 5:550 C°, 6:600 C°, 7:650 C°, 8:700 C°, 9:800 C°, 10:900 C°, 11:1000 C°, 12:1100 C°'de yapılan çekimleri göstermektedir (atg: antigorit, fo: forsterit, ens:enstatit)



Şekil 6- 11S numaralı örneğe ait X-RD blok diyagramı. 1:normal, 2:200 C°, 3:400 C°, 4:500 C°, 5:550 C°, 6:600 C°, 7:650 C°, 8:700 C°, 9:800 C°, 10:900 C°, 11:1000 C°, 12:1100 C° de yapılan çekimleri göstermektedir (atg: antigorit, fo: forsterit, ens:enstatit)



Şekil 7- 29A numaralı örneğe ait X-RD blok diyagramı. 1:normal, 2:200 C°, 3:400 C°, 4:500 C°, 5:550 C°, 6:600 C°, 7:650 C°, 8:700 C°, 9:800 C°, 10:900 C°, 11:1000 C°, 12:1100 C° de yapılan çekimleri göstermektedir (atg: antigorit, fo: forsterit, ens:enstatit)

tışıyla birlikte sadece antigoritte miktarca bir azalmanın olduğu saptanmıştır. 550°C'de yapılan çekimlerde antigoritin miktarca azalmaya devam ettiği, bunun yanı sıra olivin (forsterit) kristallenmeye başladığı belirlenmiştir. 600°C'de yapılan çekimde antigoritin miktarca belirgin şekilde azaldığı, forsteritin ise kristallenmeye devam ettiği ve miktarca artmaya başladığı görülmektedir. 650°C'de yapılan çekimde ise antigoritin büyük ölçüde ortadan kaybolduğu, forsteritin kristallenmesine devam ettiği ve bu sıcaklıktan itibaren enstatitin oluşmaya başladığı belirlenmiştir. 700°C'den sonra yapılan çekimlerde ise forsteritin ve enstatitin kristallenmesine devam ede-

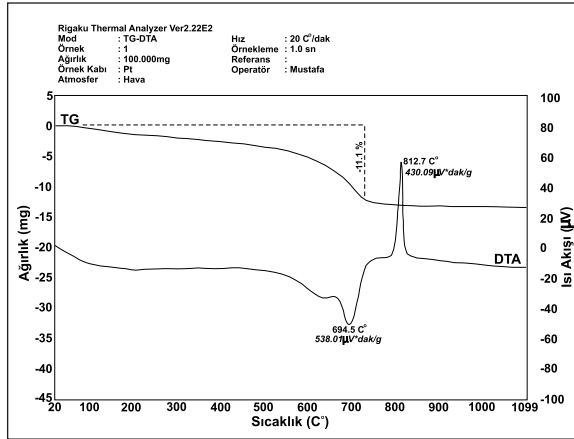
rek,miktarca giderek arttıkları görülmüştür. 550°C, 600°C ve 650°C'de yapılan çekimlere bakıldığında, 11S ve 29A numaralı örneklerde belirgin olan ve diğer örneklerde de görülen bir amorflaşmanın olduğu saptanmıştır (Şekil 8).

DTA-TG Analizleri

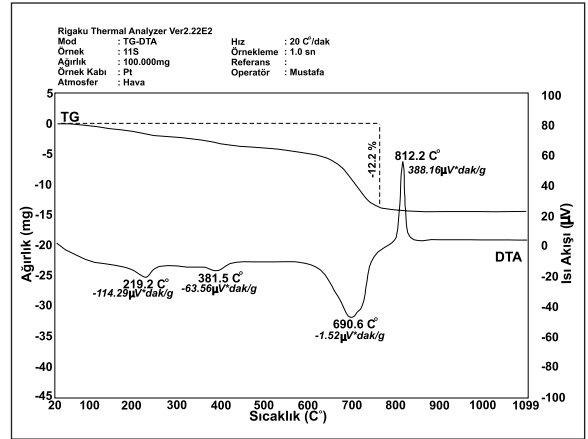
DTA analiz sonuçlarına göre, 1 ve 29A numaralı örneklerin 695°C'de endotermik ve 810°C'de ekzotermik bir pik verdikleri görülmektedir. 6, 11B ve 11 S numaralı örneklerin ise, benzer özellik gösterdiği; 210°C, 380°C ve 690°C'de üç tane endotermik ve 810°C'de ise bir tane ekzotermik pik verdikleri görülmektedir (Şekil 9, 10, 11, 12, 13).

Antigoritte ısıl reaksiyonlar sıcaklık artışına bağlı olarak gelişmekte ve 100°C sıcaklık seviyesinde, öncelikle dehidratasyon sonucu örneklerdeki serbest su ve yüzeyde adsorplanmış olan su kaybolmaktadır. DTA ve TG eğrilerine bakıldığında örneklerin tümünde, sözü geçen sıcaklık seviyesinde bir değişimin meydana geldiği görülmektedir. 6, 11B ve 11S numaralı örneklerde yaklaşık 210°C ve 380°C'de görülen endotermik piklere, serpantin mineralleri içerisinde bulunan ve miktarca az olmaları nedeniyle X-ışınları analizlerinde saptanamayan kil mineralleri ve brusit mineralleri sebep olmaktadır. Mackenzie (1970)'ye göre, montmorillonit grubu kil mineralleri 125-260°C ve 625-750°C sıcaklık aralıklarında iki endotermik pik verirken, brusit 356-455°C sıcaklık aralığında bir tane endotermik pik vermektedir. DTA diyagramlarına bakıldığında, yaklaşık 210°C'de kil minerallerine, 380°C'de ise brusite ait endotermik piklerin olduğu görülmektedir. Kil minerallerinin 625°C ile 750°C arasında görülmesi beklenen endotermik pik ise antigoritin endotermik piki ile çakışmaktadır.

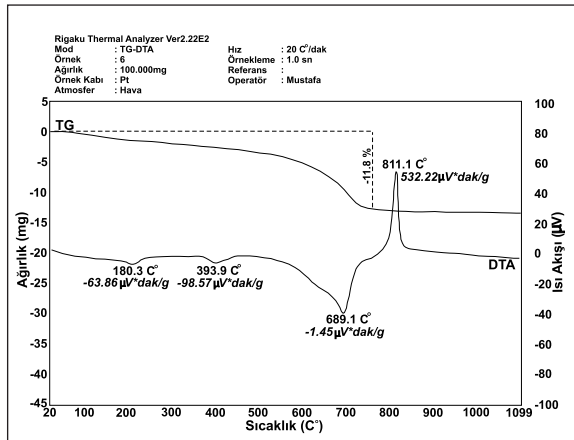
Tüm örneklerde, antigorit mineraline ait pikler, 690°C'de endotermik ve 810°C'de ekzotermik pik olarak gözlenmiştir. DTA eğrilerinde görüldüğü gibi antigoritte dehidroksilasyon yaklaşık 550°C ile 690°C arasında gerçekleşmiştir. X-ışınları



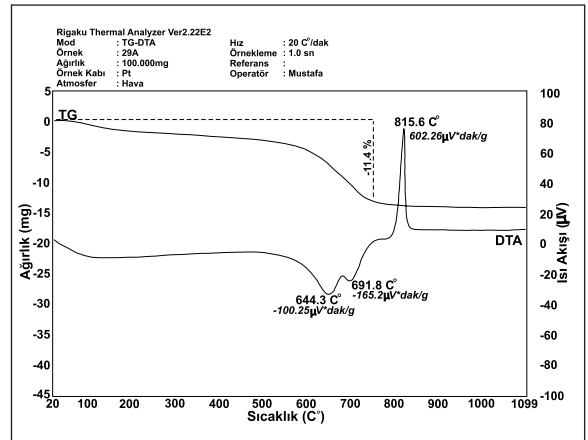
Şekil 9- 1 numaralı örneğe ait DTA-TG eğrisi



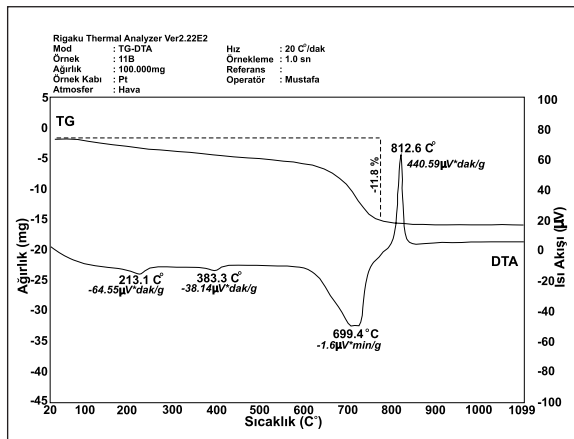
Şekil 12- 11S numaralı örneğe ait DTA-TG eğrisi



Şekil 10- 6 numaralı örneğe ait DTA-TG eğrisi



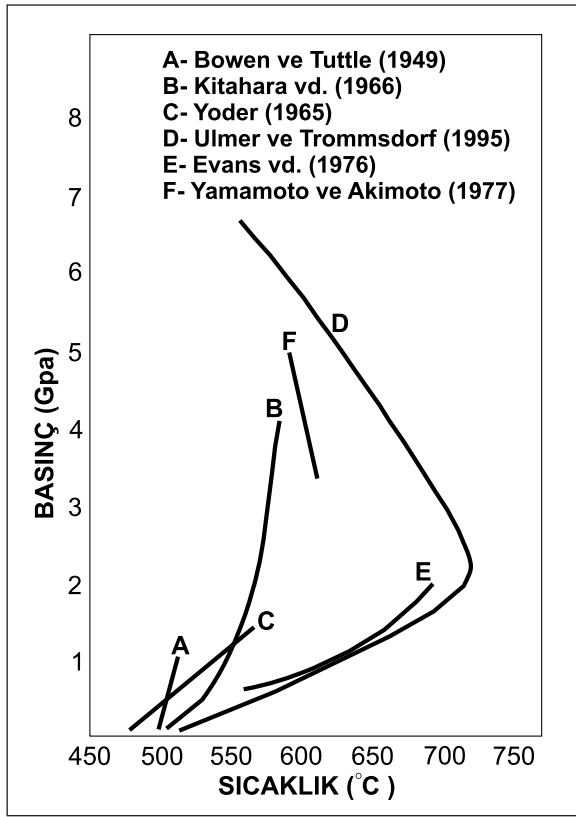
Şekil 13- 29A numaralı örneğe ait DTA-TG eğrisi



Şekil 11- 11B numaralı örneğe ait DTA-TG eğrisi

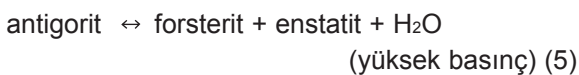
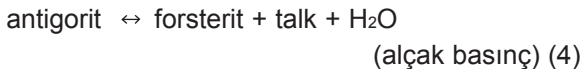
- antigorit ↔ talk + forsterit + H₂O
 (15 kbar, 640 °C) (1)
- antigorit ↔ forsterit + klinoenstatit + H₂O
 (77 kbar, 680 °C) (2)
- antigorit ↔ klinoenstatit + brusit + H₂O
 (>77 kbar, >680 °C) (3)

Ulmer ve Trommsdorf (1995)'e göre ise, antigoritin yanında bir miktar brusitin bulunduğu durumda, alçak sıcaklıklarda antigorit ile brusit reaksiyona girerek (antigorit + brusit ↔ forsterit + H₂O) forsteriti oluşturmakta ve yaklaşık % 3.5

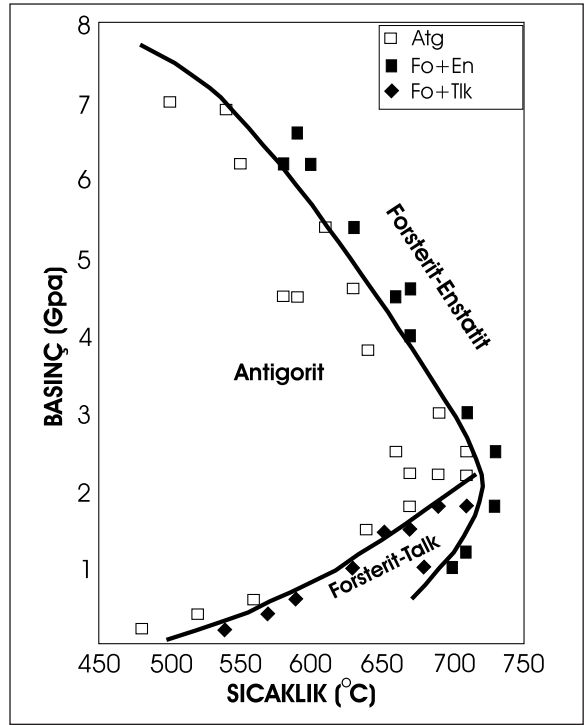


Şekil 14- Antigoritin duraylılık sınırına ait önceki deneysel çalışmalar (Wunder ve Schreyer, 1997)

oranında H₂O serbest kalmaktadır. Sıcaklık ve basıncın daha da artmasıyla brusit tamamen ortadan kalkmakta ve basınç değerine bağlı olarak reaksiyon 4 ve 5'de görüldüğü gibi farklı mineraller oluşmaktadır. Belirtilen bu reaksiyonlar sırasında antigoritin duraylılık sınırını gösteren diyagram Şekil 15'te sunulmuştur.



Yapılan bu çalışmada ise sabit basınç altında (laboratuvar koşullarında) antigorit mineralleri ısı işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem sırasında mey-



Şekil 15-Antigoritin duraylılık sınırı (Ulmer ve Trommsdorf, 1995)

dana gelen mineralojik değişimler X-ışınları ve DTA-TG analizleri kullanılarak saptanmış olup, ve buna bağlı olarak da sabit atmosfer basıncı altında antigorit mineralinin duraylılık sınırı belirlenmiştir.

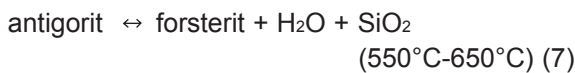
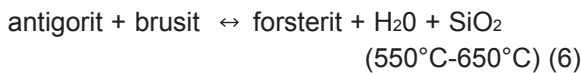
Seçilen örneklerin tamamı büyük ölçüde antigoritten oluşmaktadır. Ancak DTA analiz sonuçlarına göre, 6, 11B ve 11S numaralı örneklerde, antigorit dışında az miktarlarda montmorillonit grubu kil minerallerinin ve brusitin de bulunduğu belirlenmiştir.

X-ışınları analiz sonuçları dikkate alındığında, antigoritin yaklaşık 650°C-690°C'ye kadar duraylı kaldığı, ancak sıcaklık artışına bağlı olarak gelişen reaksiyonlar sırasında miktarca azaldığı görülmüştür. Antigorit miktarındaki bu azalma, X-ışınları analizlerinden elde edilen diyagramlardaki pik uzunlukları (şiddetleri) dikkate alınarak belirlenmiştir. 550°C'den sonraki çökimlerde anti-

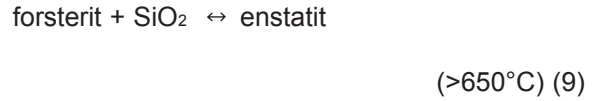
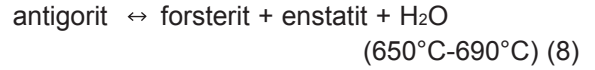
goritin miktarı iyice azalmış ve bu sıcaklıktan itibaren forsterit oluşmaya başlamıştır. 550°C'den sonra görülen antigorit+forsterit birlikteliği yaklaşık 650°C-690°C'ye kadar devam etmiş, bu sıcaklık aralığından sonra ise antigorit minerali tamamen tükenmiştir. DTA analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında da, X-ışınları ile uyumlu olarak antigoritte dehidroksilasyon reaksiyonlarının yaklaşık 550°C'de başladığı ve 690°C'ye kadar da devam ettiği görülmektedir.

Örnekler üzerinde yürütülen X-ışınları analizlerinde, 650°C'den sonraki çekimlerden elde edilen sonuçlara göre, forsteritin yanında enstatit mineralinin oluşmaya başladığı ve artan sıcaklıkla beraber her iki mineralin miktarca arttığı belirlenmiştir. DTA analiz sonuçlarına göre ise, 690°C'de sona eren dehidroksilasyon sonrasında 810°C'de görülen endotermik pik, forsterit ve enstatit minerallerinin oluşumlarını göstermektedir. Ancak X-ışınları analiz sonuçlarına göre enstatit forsterite göre daha sonra (650°C'den sonra) oluşmaya başlamıştır.

Antigorit dışında çok az miktarda brusitin bulunduğu 6, 11B ve 11S no'lu örneklerde, antigorit ve brusit mineralleri reaksiyona girerek forsteriti oluşturmakta ve bir miktar H₂O serbest kalmaktadır. Brusit içermeyen örneklerde ise (1 ve 29A) antigoritten itibaren forsterit oluşmakta ve aynı şekilde bir miktar H₂O açığa çıkmaktadır. 550°C, 600°C ve 650°C'de yapılan X-ışınları analizlerine bakıldığında, tüm örneklerde görülen ancak, 1 ve 29A no'lu örneklerde belirgin olan bir amorflaşmanın varlığı göze çarpmaktadır. Bu amorflaşmanın ısı reaksiyonları sırasında açığa çıkan silisten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum dikkate alındığında, antigorit ısı reaksiyonu sırasında ilk önce aşağıda verilen reaksiyonlar gerçekleşmiştir.



X-ışınları analiz sonuçlarına göre, antigorit ısı reaksiyonu sırasında, enstatitin forsteritten sonra (650°C) oluşmaya başladığı ve enstatit oluşumu sırasında aşağıdaki reaksiyonların gerçekleştiği söylenebilir.



Genel olarak değerlendirildiğinde, 550°C-690°C arasında meydana gelen dehidroksilasyon reaksiyonları sonucunda antigoritten itibaren ilk önce forsteritin oluştuğu belirlenmiştir. X-ışınları analizleri ile saptanan ve dehidratasyon reaksiyonları ile kristallenme reaksiyonları arasında görülen amorflaşma, bu reaksiyonlar sırasında H₂O'nun yanı sıra bir miktar silisin de açığa çıktığını göstermektedir. 650°C sıcaklık seviyesinden sonra ise forsteritin yanında enstatit mineralinin de oluştuğu saptanmıştır.

Tüm bu veriler doğrultusunda, atmosfer basıncı altında ısı işleme tabi tutulan antigorit yaklaşık 650°C ile 690°C sıcaklık seviyelerine kadar duraylı kaldığı saptanmıştır. Dehidroksilasyon sırasında ise yaklaşık 550°C'den sonra antigorit+forsterit birlikteliği görülmüş olup 650°C'den sonra forsteritin yanında enstatit oluşmaya başlamıştır. 690°C'den itibaren ise forsterit+enstatit birlikteliği görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, analizlerin yapılması için laboratuvarların kullanımına imkan sağlayan MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Mineraloji-Petrografi Koordinatörlüğü yöneticilerine, ayrıca katkılarından dolayı Dr. Kıvanç Zorlu'ya (Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

Bucher, K. ve Frey, M., 1994, Petrogenesis of Metamorphic Rocks, 6th Edition, 318 pp.

Evans, B.W., 1977, Metamorphism of Alpine peridotites and serpentinites, Annual Review Earth Planetary Science, 5, 397-448

Gürtekin, G., 2001, Çayırbağı (Konya) ofiyolitlerine ait serpantinlerdeki mineralizasyon evreleri, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, 93 s (yayımlanmamış)

Mackenzie, R. C., 1970, Differential Thermal Analysis, Volume 1, Fundamental Aspects, Academic Press Inc. (London) LTD. 775 pp.

O'Hanley, D.S., 1991, Fault-Related phenomena associated with hydration and serpentine recrystallization during serpentization, Canadian Mineralogist, 29, 21-35

_____, 1996, Serpentinities-Records of Tectonic and Petrological History, Oxford Monographs on Geology and Geophysics No.34

Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K. C. ve Uysal, Ş., 1990, Konya-Altınekin-Kadınhanı ve Ilgın dolayının temel jeolojisi MTA Rapor No: 9535 (yayımlanmamış).

Ulmer, P. ve Trommsdorff, V., 1995, Serpentine stability to mantle depths and subduction-related magmatism, Science, 268, 858-861

Wicks, F.J. ve Whittaker, E.J.W., 1977, Serpentine textures and serpentization, Canadian Mineralogist, 15, 459-488

Wunder, B. ve Schreyer, W., 1997, Antigorite: High-pressure stability in the system MgO-SiO₂-H₂O (MSH), Lithos, 41, 213-227
