

AKÜ FEMÜBİD 20 (2020) 025803 (348-355)

AKU J. Sci. Eng. 20 (2020) 025803 (348-355)

DOI: 10.35414/akufemubid.682371

Araştırma Makalesi / Research Article

Nefelin Siyenitten Fe₂O₃+TiO₂ Uzaklaştırılmasında Kuru Manyetik Ayırmanın Etkisi

Mustafa ÇINAR¹¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Çanakkale.e-posta: mcinar@comu.edu.tr, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9553-423X>

Geliş Tarihi: 31.01.2020

Kabul Tarihi: 08.04.2020

Öz

Bu çalışmada, kuru manyetik ayırma yöntemiyle nefelin siyenit cevherinden manyetik minerallerin uzaklaştırılması içerik ve verim açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Manyetik minerallerin uzaklaştırılması için REMS (Rare Earth Magnetic Separator) tipi bantlı yüksek alan şiddetli kuru yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Deneysel aşamalardan elde edilen numuneler kimyasal ve mineralojik olarak analiz edilmiştir. Bant dönüş hızı (100, 200, 300, 400 devir/dk) ve besleme tane boyutu (-2+1, -1+0,425, -0,425+0,250, -0,250+0,150 mm) gibi parametrelerin, nefelin siyenit cevherinden manyetik ayırma ile Fe₂O₃+TiO₂ içeriğindeki değişim ve uzaklaştırma verimleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan mineralojik analizlerde manyetik özelliğe sahip mineral olarak bir mika türü olan siderofillit belirlenmiştir. Bant hızı ve besleme tane boyutu azaldıkça Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimlerinin arttığı görülmüştür. 100 devir/dk bant hızı ve -0,250+0,150 mm besleme tane boyutunda optimum ayırma şartlarında, elde edilen manyetik olmayan numunede toplam Fe₂O₃+TiO₂ oranı %0,06'ya düşürülürken Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimi %97,3 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak cevheri oluşturan alkali kaynakları albit %44'ten %47'ye, Mikroklin %34'ten %41'e ve demir kaynağı mika mineralleri %12'den %7 düşmüştür. Cevherin beyazlık derecesi (L) 54,61'den 84,89'a yükselmiştir.

Anahtar kelimeler

Nefelin siyenit;
Seramik; Kuru
manyetik ayırma;
Zenginleştirme

The Effect of Dry Magnetic Separation on Fe₂O₃+TiO₂ Removal from Nepheline Syenite

Abstract

In this study, magnetic mineral removal from nepheline syenite was researched in terms of recovery and content. REMS (Rare Earth Magnetic Separator) type high intensity dry magnetic separator was used so as to clear magnetic minerals. Chemical and mineralogical analyses were applied to samples that were gained from experimental studies. The effect of belt speed (100, 200, 300, 400 rpm) and feed particle size (-2+1, -1+0.425, -0.425+0.250, -0.250+0.150 mm) on the magnetic separation was investigated based on the Fe₂O₃+TiO₂ removal from nepheline syenite in terms of recovery and content. The magnetic mineral was identified as syderophlliyte with the XRD analyses which was a kind of mica mineral. It was seen that the Fe₂O₃+TiO₂ removal recoveries were affected positively with belt speed and particle size decrement. The nonmagnetic material was gained as 0.06% Fe₂O₃+TiO₂ and, the removal recovery was achieved as 97.3% with the optimum conditions as 100 rpm of belt speed and -0.250+0.150 mm of particle size. As a result, alkaline feldspar minerals as albite and microcline ratios increased from 44% to 47% and from 34% to %41 respectively, while mica minerals as iron source decreased from 12% to 7%. Meanwhile whiteness value (L) of the ore increased from 54.61 to 84.89 after sintering with mineral beneficiation processes.

Keywords

Nepheline syenite;
Ceramic; Dry magnetic
separation;
Beneficiation

1. Giriş

Feldspatik hammaddeler genellikle sodyum, potasyum ve kalsiyum elementlerinden oluşan alüminyum silikatlar olarak tanımlanmaktadır. Feldspatik hammadde olarak nefelin siyenit ise temelde albit (NaAlSi₃O₈), mikroklin (KAlSi₃O₈) ve nefelin (Na₃KAl₄Si₄O₁₆) minerallerinden oluşan bir kayadır ve yapısında safsızlık olarak mika türü mineraller, korund, hornblend, manyetit, kalsit, jips, florit ve demir oksit mineralleri bulunabilmektedir (Bolger 1995, Deniz ve Kadioğlu 2018).

Nefelin siyenit özellikle seramik ve cam endüstrisinde önemli miktarlarda olmak üzere birçok sektörde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Nefelin siyenitin yüksek alkali ve alüminyum içeriği cam ve seramik sektörlerinde ergime işlemini kolaylaştırması ve aynı zamanda bünyeye de mukavemet kazandırması onun avantajlı yönleri olarak gösterilmektedir (Mclemore 2006, Kunduracı vd. 2016). Diğer yandan plastik sektöründe ekonomik ve iyi bir dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. İnce öğütülmüş nefelin siyenit ise boyalarda yüksek beyazlık ve boya içerisinde iyi dağılması gibi nedenlerle tercih edilmektedir (Guillet 1994). Ancak nefelin siyenitin yapısında bulunan safsızlıklar ürün kalitesinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Seramik bünye kompozisyonlarında demir ve titanyum içeren safsızlıklar ürün renginde koyulaşmaya neden olduğundan istenmemektedir (Cuillo, 1996, Burat vd. 2005, Çelik ve Denizhan 2016, Çınar ve Durgut 2019, Yıldız vd. 2019, Deniz ve Kadioğlu, 2019). Nefelin siyenitin özellikle seramik ve cam sanayinde etkin bir şekilde kullanılabilmesi için yapısından gelen demir ve titanyum içeren safsızlıkların TS 11325 standardında belirtilen değerlerin altına (I.sınıf için Fe₂O₃+TiO₂< %0,25, II.sınıf için Fe₂O₃+TiO₂< %0,5, I.sınıf için Fe₂O₃+TiO₂< %0,9) düşürülebilmesi için uzaklaştırılması gerekmektedir. Feldspat cevherlerinde olduğu gibi nefelin siyenit cevherlerinde de renkli minerallerin uzaklaştırılmasında manyetik zenginleştirme ve flotasyon yöntemleri en çok tercih edilen

yöntemlerdir (Karagüzel, vd. 2006, Gülgönül vd. 2008, Çınar ve Durgut 2019).

Doğada hammaddeler genellikle saf olarak bulunmamaktadır. Hammaddelerin ocaktan çıkarıldıktan sonra kullanılacağı alanlara göre bir takım cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinden geçirilerek safsızlıklarından arındırılmaları teknolojik bir zorunluluktur. Demirli minerallerin endüstriyel minerallerden uzaklaştırılmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biri manyetik ayırma yöntemidir. Manyetik ayırma yöntemleri ise minerallerin serbestleşme boyutuna göre yaş veya kuru olarak uygulanabilmektedir. İri boyutta serbestleşen minerallerde kuru manyetik ayırma tercih edilirken, ince boyutta serbestleşen cevherlerde tanelerin topaklanmasını engellemek için sulu ortamlarda yaş manyetik ayırma yöntemi tercih edilmektedir. Yaş manyetik ayırmanın, ayırma verimi açısından kuru manyetik ayırmaya göre daha verimli olduğu bilinmesine rağmen, boyut küçültme ve zenginleştirme sonrası kurutma maliyetleri ekonomik anlamda olumsuzluk yaratmaktadır. Diğer yandan minerallerin manyetiklik özelliklerine göre de yüksek veya düşük alan şiddetli ayırıcılar da kullanılabilir. Yüksek alan şiddetli manyetik ayırmada temel olarak manyetik çekim kuvveti, merkezkaç ve yerçekimi kuvvetleri etkin rol oynamaktadır. REMS tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılarda bant hızı, besleme hızı, besleme tane boyutu gibi parametrelere manyetik çekim, merkezkaç ve yerçekimi kuvvetleri etki ederek ayırma verimini değiştirebilmektedir (Wills ve Finch, 2016, Zong vd. 2018). Nefelin siyenit hammaddesinden demirli ve titanlı safsızlıkların uzaklaştırılmasında özellikle yüksek alan şiddetli yaş ve kuru manyetik ayırma yöntemleri kullanılmaktadır (Bayhan ve Girgin, 1993, İbrahim vd. 2002).

Bu çalışmanın amacı, nefelin siyenit cevherinde bulunan demir ve titanyum içeren safsızlıkların yüksek alan şiddetli REMS tipi kuru manyetik ayırıcı kullanılarak uzaklaştırılması ve ayırma veriminde

önemli rol oynayan bant hızı ve besleme tane boyutunun etkisinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Deneylerde kullanılan Kırşehir bölgesinden elde edilen nefelin siyem nit numunesi ocaktan çıkarıldıktan sonra çeneli ve merdaneli kırıcı ile boyutu -2 mm altına kırıldıktan sonra kuru eleme işlemi ile -2+1, -1+0,425, -0,425+0,250 ve -0,250+0,150 mm boyut gruplarında sınıflandırılmıştır (Çizelge 1). Her bir boyutta yapılan kimyasal analizlerde X-Ray Spektrofotometre (PANALYTICAL Marka AXIOS MAX model) cihazı kullanılırken manyetik zenginleştirme sonrası elde edilen manyetik ve manyetik olmayan ürünlerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemelerin mineralojik analizlerinde ise X'PERT PRO MPD Difraktometre (PANALYTICAL Marka) cihazı kullanılmıştır. Çizelge 1'de -2+1, -1+0,425, -0,425+0,250 ve -0,250+0,150 mm boyut gruplarına sınıflandırılan cevherin kimyasal analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 1. Boyut küçültme ve sınıflandırma sonrası boyut gruplarının miktar ve kimyasal analizi.

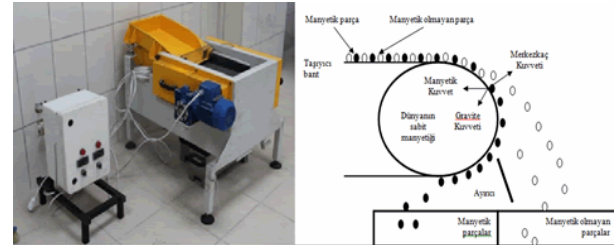
Boyut (mm)	M %	K.K.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
-2+1	38,7	2,1	61,4	21,4	0,3	1,0	1,4	4,2	7,6
-1+0,425	33,1	3,0	60,4	20,9	0,3	1,3	2,1	3,8	7,4
-0,425+0,250	16,9	3,7	58,0	22,0	0,3	1,8	2,7	3,7	6,8
-0,250+0,150	11,3	4,9	56,2	22,9	0,4	2,1	3,0	3,5	6,1
Besleme	100	2,9	59,9	21,6	0,3	1,3	2,1	3,9	7,3

*K.K.: kızdırma kaybı, M: miktar

2.2. Metot

Kuru manyetik ayırma deneyleri 18000 Gauss manyetik alan şiddetine sahip REMS tipi bantlı yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı ile yapılmıştır. Malzeme manyetik ayırıcının bandına tek tabaka halinde yayılması için titreşimli bir besleyiciyle beslenmiştir. Cevher manyetik tamburun üzerinden geçerken ayırmada etkin olan kuvvetlerin bileşkesi altında hareket etmektedir. Manyetik olan malzeme tambura yapışarak hareket ederken, manyetik olmayan ürün parabolik bir hareket yaparak manyetik alandan çıkmaktadır. Ayırmaya etki eden kuvvetlerin etkisi altında

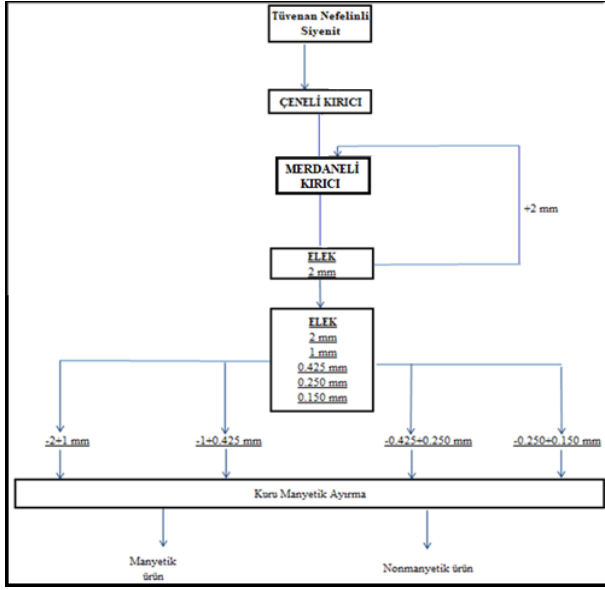
hareket eden tanecikler manyetik ayırıcının bıçağının açısının değiştirilmesi ile farklı bölgelerden alınmaktadır. Deneylerde kullanılan manyetik ayırıcının (Şekil 1) besleme hızı, bant hızı ve bıçak açısı gibi parametreleri değiştirilebilmektedir (Horasan 2010, Arol ve Hiçyılmaz 2014, Wills ve Finch 2016).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan yüksek alan şiddetli REMS tipi kuru manyetik ayırıcı ve ayırma prensibinin gösterimi.

Kuru manyetik ayırma yönteminde beslenen malzemenin tane boyutu ayırma işleminin başarısını doğrudan etkilemektedir. Çok ince boyutlu taneler nispeten daha iri boyutlu tanelerin yüzeylerini kaplayarak ayırma işlemini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebepten dolayı kuru manyetik ayırma işleminden önce ince tane boyut grubunun uzaklaştırılması gerekmektedir (Gülsoy vd. 2004, Arol ve Hiçyılmaz 2014, Wills ve Finch 2016). Yüksek alan şiddetli REMS tipi manyetik ayırıcıyla yapılan zenginleştirme işlemlerinde manyetik, yerçekimi, sürtünme ve merkezkaç kuvvetleri önemli rol oynamaktadır. Bu kuvvetlerle birlikte manyetik alan şiddeti, tane boyutu ve bant hızı minerallerin ayırma verimine birlikte etki etmektedirler (Özdemir vd. 2016). Bir yandan yüksek manyetik özellik gösteren yakın tane boyutlu parçacıklar manyetik ve yerçekimi kuvvetlerinin etkisiyle tambura yapışarak veya tambura yakın mesafeden terk ederken düşük manyetik özellik gösteren mineraller ise sadece yerçekimi kuvvetinin etkisiyle parabolik hareketle tamburdan uzaklaşmaktadır. Kuru manyetik ayırma deneyleri seramik üretiminde iğne deliği ve renk problemlerine neden olan demir ve titan içeriğini azaltmak amacıyla yapılmıştır. Ocaktan alınan numune kırma işlemi sonrası kuru elemeyle -2+1, -1+0,425, -0,425+0,250 ve -0,250+0,150 mm boyut aralıklarına getirilmiş ve kuru manyetik ayırma

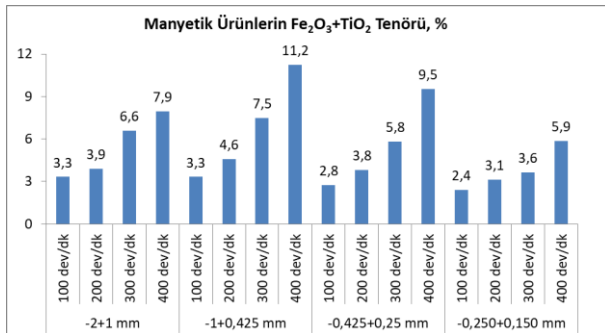
deneyleri yapılmıştır. Şekil 2’de kuru manyetik ayırma deneylerinin akım şeması gösterilmektedir.



Şekil 2. Kuru manyetik ayırma deneyleri akım şeması.

3. Bulgular ve Tartışma

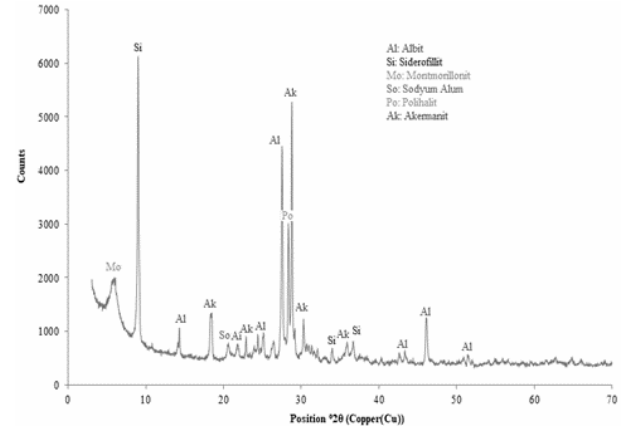
Kuru manyetik ayırma deneylerinde boyut grupları ayrı ayrı beslenerek elde edilen numunelerdeki $Fe_2O_3+TiO_2$ içerikleri kimyasal analizleri yapılarak belirlenmiştir. Şekil 3’te farklı bant hızı ve besleme tane boyut gruplarıyla yapılan kuru manyetik ayırma deneylerinden elde edilen manyetik ürünlerin % $Fe_2O_3+TiO_2$ içerikleri verilmiştir. Görüldüğü üzere bant devir hızı arttıkça manyetik ürüne gelen $Fe_2O_3+TiO_2$ içeriği artmaktadır. -1+0,425 mm besleme boyut grubuyla 400 devir/dk bant hızıyla yapılan deney sonucunda en yüksek $Fe_2O_3+TiO_2$ içeriğine %11,2 olarak ulaşılmıştır.



Şekil 3. Kuru manyetik ayırma deneylerinden elde edilen manyetik ürünlerin $Fe_2O_3+TiO_2$ içerikleri.

Kuru manyetik ayırma deneylerinden manyetik ürünün içerdiği mineralleri tespit etmeye yönelik olarak mineralojik analiz yapılmıştır. Şekil 4’te görüldüğü gibi manyetik ürünün bir biyotit türü olan

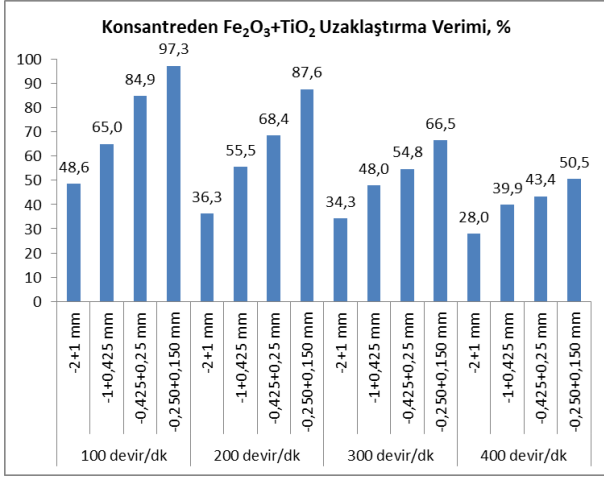
demir içeren siderofillit ($KFe_{22}+Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$) minerali olduğu tespit edilmiştir. Manyetik ürünün XRD grafiğinden (Çizelge 2) siderofillit dışında demir kaynağı mineral görülmemekle beraber, manyetik ayırma ile uzaklaştırılan muhtemel diğer demir kaynaklarını amfiboller, demir oksitler (hematit, limonit) oluşturmaktadır. Tüvanan cevherde manyetik zenginleştirme sonrası TiO_2 içeriğinin %0,4’ten %0,2’ye düşmesi cevherin içerdiği mika minerallerinin uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Feldispatik cevherlerde birincil titan kaynağı rutil ve sfendir. Fakat albit cevherlerinin içerdiği muskovit ve biyotit türü mika mineralleri kristal kafeslerinde Ti^{+4} ihtiva etmektedir. Bazı cevherlerde titanyumun önemli miktarı mikalar içinde yer almakta ve bu değer muskovit için %0,8 biyotit için %4 TiO_2 gibi değerlere kadar yükselebilmektedir (Roger, 1994, Bayraktar vd. 1999). Manyetik olmayan üründe TiO_2 içeriğindeki düşüşün istenilen seviyelerde olmaması muhtemelen muskovit kaynaklı ya da miktarı az olduğu için XRD ile belirlenememekle beraber, rutil ve sfen kaynaklı olabilir. Cevherdeki TiO_2 içeriği ancak manyetik ayırma takiben yapılacak flotasyonla zenginleştirme işlemi sonrası miktarsal olarak daha da düşürülebilir.



Şekil 4. Manyetik ürün kalitatif mineralojik analizi.

Şekil 5’te farklı tane boyut ve bant hızları için $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimleri verilmiştir. 400 devir/dk bant hızında -2+1 mm tane boyutu için $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimi %28,0 iken 100 devir/dk bant hızı ve -0,250+0,150 mm besleme boyutu için uzaklaştırma verimi %97,3 olarak bulunmuştur. Açıkça görülmektedir ki tane boyutu ve bant hızı arttıkça $Fe_2O_3+TiO_2$ uzaklaştırma verimi azalmaktadır. Kuru manyetik ayırma deneyleri daha

temiz manyetik olmayan ürün elde etmek için besleme tane boyutunun ince ve bant hızının düşük olması gerektiğini göstermiştir. Bu durum tane boyutundaki azalma ile beraber serbestleşme derecesindeki artıştan kaynaklanmaktadır. REMS tipi bantlı manyetik ayırıcıda düşük manyetik duyarlılığa sahip olan renkli safsızlıkların ayrılmasında bant hızının önemli bir ayırma parametresi olduğu Şekil 5 ve 6'dan açık bir şekilde görülmektedir. Manyetik ayırıcının bant hızı arttığında artan merkezkaç kuvvetinin manyetik ve yerçekimi kuvvetine göre artması nedeniyle, manyetik alandan kurtularak merkezkaç kuvveti yönünde hareket eden düşük manyetik duyarlılığa sahip demirli minerallerin manyetik olmayan ürüne kaçarak Fe₂O₃+TiO₂ ayırma verimini düşürmektedir. Fakat daha temiz manyetik ürün alınmasına neden olmaktadır. Elde edilen manyetik olmayan üründe Fe₂O₃+TiO₂ içeriğinin düşük olması göstermiştir ki, içerik yönünden düşük bant hızlarında ve küçük tane boyutlarında çalışılması bir zorunluluk haline gelmektedir.



Şekil 5. Bant devir hızı ve besleme tane boyut grubunun Fe₂O₃+TiO₂ ayırma verimine olan etkisi.

Manyetik ayırma deneyleri sonrası manyetik olmayan ürünlerin birleştirilmesi sonrası elde edilen ürünün beslenen ürüne göre (tüvanan) Fe₂O₃+TiO₂ içeriğinin %1,2'den %0,6'yadüştüğü buna karşılık alkali (Na₂O+K₂O) içeriğinin ise %12,5'ten %13,0'e çıktığı görülmektedir (Çizelge 2). Tüvanan cevherdeki potasyum kaynaklarından biri olan siderofillit (KFe₂₂+Al(Al₂Si₂O₁₀)(OH)₂) manyetik zenginleştirmeyle önemli miktarda uzaklaştırılmasına rağmen manyetik olmayan üründe alkali içeriği, K₂O içeriğindeki artış (%7,7'den

%8,3'e) nedeniyle artmıştır. Manyetik olmayan üründeki alkali içeriğindeki artış, cevheri oluşturan albit (44'ten 47'e) ve mikroklin (34'ten 41'e) yüzde miktarlarındaki artışla da açıkça görülmektedir.

Çizelge 3'de tüvanan cevherden ve manyetik zenginleştirme işlemi sonrası her bir boyuttan elde edilen manyetik olmayan ürünlerin birleştirilmesiyle elde edilen konsantrenin (-2+0,150 mm) renk değişimini gözlemlemek için renk analizi yapılarak L, a ve b değerleri belirlenmiştir. L beyazlık değeri tüvanan cevher için 54,61'den zenginleştirme işlemi sonrası elde edilen konsantrede (manyetik olmayan ürün) 84,89 değerine artarken, a kırmızılık değeri ve b sarılık değerinin ise tüvanan cevher ve konsantre için sırasıyla 3,69'dan 5,03'e ve 5,86'dan 9,05 çıktığı görülmektedir. Bilindiği üzere ürünlerin içerdiği demir ve titan gibi metal oksit içeriklerinin artması beyazlık derecesinin azalmasına buna karşılık kırmızılık ve sarılık değerlerinin artmasına neden olmaktadır (Chandrasekhar ve Ramaswamy 2002, Chandrasekhar ve Ramaswamy 2006, Tatar 2012). Manyetik zenginleştirme sonrası elde edilen manyetik olmayan üründe renkli safsızlıkların uzaklaştırılması ile beyazlık derecesi önemli derecede artarken kırmızılık (a) ve (b) sarılık değerlerinin bir miktar artması cevherin kimyasal ve mineralojik yapısından ileri gelmektedir.

Çizelge 2. Tüvanan ve -2+0,150 mm manyetik olmayan ürünün kimyasal ve mineralojik analizi.

	Numune Bilgisi	Tüvanan	Manyetik
		nefelinli siyenit	olmayan ürün -2+0,150 mm
KİMYASAL ANALİZ	K.K.	2,1	0,9
	SiO ₂	61,3	63,2
	Al ₂ O ₃	20,6	21,0
	TiO ₂	0,4	0,2
	Fe ₂ O ₃	0,8	0,4
	CaO	1,6	0,7
	MgO	0,3	0,2
	Na ₂ O	4,8	4,7
	K ₂ O	7,7	8,3
	MİNİRALOJİK ANALİZ	Albit	44
Mikroklin		34	41
Mika		12	-
Muskovit		-	7
Kuvars		9	4
Diğer		2	1

Nefelinli siyenit cevherinin her bir boyut için manyetik zenginleştirme sonrası elde edilen

manyetik olmayan ürünlerin miktar ve kimyasal içeriği Çizelge 4'te, mineralojik analizi ise Çizelge 2 ve Şekil 6'da görülmektedir. Tüvanan cevherden toplamda %64,4 oranında manyetik olmayan ürün elde edilmektedir (Çizelge 4). Bu ürün kimyasal olarak yaklaşık %0,6 Fe₂O₃+TiO₂ ve %13 oranında alkali içermekte (Na₂O+K₂O) ve bu haliyle TS 11325 standardına göre ikinci kalite bir ürün olarak değerlendirilebilir.

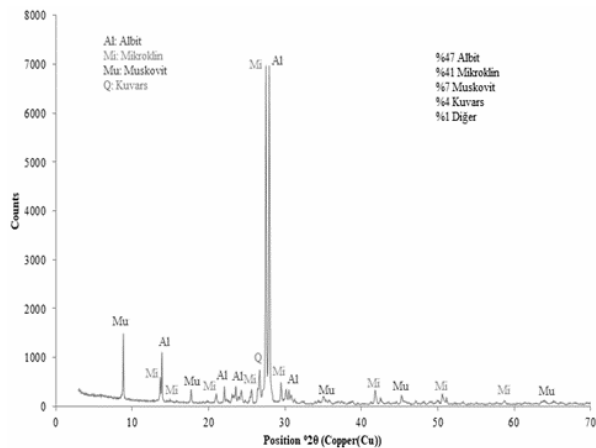
Çizelge 3. Tüvanan cevher ve -2+0,150 mm manyetik olmayan ürünlerin şekillendirilip yer karosu pişme şartlarında sinterlenerek pişirilmesi sonrası renk değerlerindeki değişim.

Numune Bilgisi / Sinterleme Şartları ve Sonuçlar	Pres Basıncı: 360 kg/cm ² Fırın Maksimum Sıcaklığı: 1170°C Fırın Süresi: 48 dk.		
	Renk Değerleri		
	L	a	b
Tüvanan nefelinli siyenit	54,61	3,69	5,86
Manyetik olmayan ürün -2+0,150 mm	84,89	5,03	9,05

Çizelge 4. Manyetik zenginleştirme sonrası her bir boyut için elde edilen manyetik olmayan ürünlerin miktar ve kimyasal içerikleri.

Tane Boyutu (mm)	BGM (%)	K.K.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
-2+1	34,6	0,8	63,2	21,0	0,2	0,4	0,6	4,7	8,6
-1+0,425	18,6	0,9	63,7	21,0	0,3	0,3	0,7	4,6	8,0
-0,425+0,250	8,7	1,4	62,7	20,9	0,2	0,4	1,2	4,9	7,9
-0,250+0,150	2,5	1,8	62,0	20,4	0,2	0,5	1,6	5,4	7,5
Toplam (-2+0,150)	64,4	0,9	63,2	21,0	0,2	0,4	0,7	4,7	8,3

*K.K.: kızdırma kaybı, BGM: beslemeye göre miktar



Şekil 6. Manyetik zenginleştirme deneyleri sonrası elde edilen konsantrelerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemenin XRD Grafiği.

4. Sonuç

Bu çalışmada Kırşehir nefelin siyenit numunesinden demirli ve titanlı safsızlıkların REMS tipi kuru manyetik ayırıcıyla uzaklaştırılmasında bant hızı ve besleme tane boyutunun tenör ve verim üzerine etkileri araştırılmıştır. Öncelikle nefelin siyenit içerisinde bulunan ve ürün kalitesine olumsuz etkileri olan manyetik mineraller yüksek alan şiddetli REMS tipi kuru manyetik ayırıcıyla uzaklaştırılmaya çalışılmış ve içerisindeki Fe₂O₃+TiO₂ içeriği -0,250+0,150 mm boyut grubunda 100 devir/dk bant hızıyla %2,50'den %0,06'ya %97,3 uzaklaştırma verimiyle düşürülmüştür. Bu durum merkezkaç kuvvetinin aynı manyetik alan şiddeti ve tane boyut dağılımı için bant hızı artışından diğer kuvvetlere göre daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Düşük manyetik özellik gösteren taneler manyetik alandan kurtularak merkezkaç kuvveti etkisinde hareket edecektir. Böylece manyetik olmayan ürünlerdeki demir ve titan içeriği artacaktır. Dolayısıyla düşük manyetik özellik gösteren tanelerin manyetik ürüne gitmesi için bant hızına bağlı besleme miktarı düşük tutulmalıdır. Bu çalışmayla REMS tipi bantlı kuru manyetik zenginleştirmede bant hızı ve besleme tane boyut artışının Fe₂O₃+TiO₂ uzaklaştırma verimini olumsuz etkilediği görülmüştür. Manyetik zenginleştirme sonucu elde edilen manyetik olmayan ürünlerin birleştirilmesiyle elde edilen ürünün TS 11325 standardına göre ikinci sınıf bir ürün olduğu görülmektedir.

5. Kaynaklar

Arol, A.İ., ve Hiçyılmaz, C., 2014, Manyetik ayırma, Cevher Hazırlama El Kitabı. Editörler; Önal, G., Ateşok, G., Perek, K.T., Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı, İstanbul.

Bayhan H., Girgin İ., 1993. Bayındır - Akpınar (Kaman) nefelin siyenitlerinin zenginleştirilmesi. *Madencilik*, **32(2)**, 19-26.

- Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z. Can, N.M., 1999. Temel seramik ve cam hammaddelerimizdeki (feldispat, kuvars ve kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir, 22- 33.
- Bolger, R., 1995. Feldspar and nepheline syenite, *Industrial Minerals*, **332**, 25-45.
- Burat, F., Kangal, O., Önal, G., 2005. An alternative mineral in the glass and ceramic industry: nepheline syenite. *Minerals Engineering*, **19**, 370-371.
- Chandrasekhar, S. and Ramaswamy, S., 2002. Influence of mineral impurities on the properties of kaolin and its thermally treated products. *Applied Clay Science*, **21**, 133-142.
- Chandrasekhar, S. and Ramaswamy, S., 2006. Iron minerals and their influence on the optical properties of two Indian kaolins. *Applied Clay Science*, **33**, 269-277.
- Ciullo, P.A. 1996. *Industrial Minerals and Their Uses: A Handbook and Formulary*, Noyes Publications, NJ, USA.
- Çelik, M.Y. ve Denizhan, T., 2016, Kınık-Dinar (Afyonkarahisar) traktitlerinin K-feldspat potansiyelinin incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **16**, 747-758.
- Çınar, M. and Durgut, E., 2019. Mineral beneficiation of nepheline syenite with combination of dry magnetic separation and flotation methods. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, **55(5)**, 1227-1238.
- Deniz, K., Kadioğlu, Y.K., 2018. Nefelin siyenitlerin seramik sanayinde kullanılma potansiyeli: Buzlukdağ örneği, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **24(6)**, 1209-1219.
- Deniz, K. ve Kadioğlu, Y.K., 2019. Investigation of feldspar raw material potential of alkali feldspar granites and alkali feldspar syenites within Central Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, **158**, 265-289.
- Guillet, R.G., 1994. Nepheline syenite beneficiation for different industrial applications. *Industrial Minerals and Rocks*, 6th Edition, (Senior Editor Carr D.D.), Society of Mining, Metallurgy & Exploration. Inc.
- Gülgönül, I., Karagüzel, C., Çelik, M.S., 2008. Surface vs. bulk analyses of various feldspars and their significance to flotation. *International Journal Mineral Processing*, **86**, 68–74.
- Gülsoy, Ö.Y., Orhan, E.C., Can, N.M., 2004. Feldspar production from Bursa-Orhaneli syenites. *Madencilik*, **43(4)**, 17-28.
- Horasan, Ü., 2010. Düşük sıcaklık koklaştırması ve manyetik zenginleştirme ile linyitlerden kül ve kükürdün uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 110.
- Ibrahim, S.S., Mohamed, H.A., Boulos, T.R., 2002. Dry magnetic separation of nepheline syenite ores. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, **36**, 173-183.
- Karaguzel, C., Gulgonul, I., Demir, C., Cinar, M., Celik, M. S., 2006. Concentration of K-feldspar from a pegmatitic feldspar ore by flotation. *International Journal Mineral Processing*, **81**, 122-132.
- Kunduraci, N., Aydin, T., Akbay, A., 2016. The effect of nepheline syenite addition on the sintering behaviour of sanitaryware bodies. *Journal of the Australian Ceramic Society*, **52(2)**, 82-86.
- McLemore, V.T., 2006. Nepheline Syenite, (editor: J.E. Kogel, N.C. Trivedi, J.M. Barker, S.T. Krukowski), *Industrial Minerals & Rocks* (7th Edition), Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado, 653-670.
- Özdemir, O., Gupta, V., Çınar, M., Çelik, M., Miller, J., 2011. Production Of trona concentrates using high-intensity dry magnetic separation followed by flotation. *Minerals & Metallurgical Processing*, **28**, 55-61.
- Roger, A.K., ve Van Dyk D. 1994. Feldspar, *Industrial Minerals and Rocks* (sixth edition). Editor Donald D. Carr, 473-481.
- Tatar, İ., 2012. Alunitli kaolinlerden değişik zenginleştirme yöntemleriyle elde edilen ürünlerin

kullanım alanlarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 201.

TS11325, Türk Standartları, 1994, Feldspat Seramik Sanayinde Kullanılan, TSE, Ankara.

Wills, B.A., Finch, J.A., 2016. Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery (eighth edition), Elsevier Science & Technology Books, Oxford, pp. 381–397.

Yıldız, A., Ersoy, B., Başar, H., Başaran, C., Bağcı, M., 2019. Buldan (Denizli) İlçesi Feldispatlarının Seramik Sektöründe Kullanımına Yönelik Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **8**, 47-53.

Zong, Q.X., Fu, L.Z., Bo, L., 2018. Variables and applications on dry magnetic separator, E3S Web of Conferences 53, 02019, 1-9.