

The Effect of Some Binders and Their Combinations on the Porosities and Strengths of the Pellets Produced From Magnetite Concentrates

Mustafa Boyrazli

Firat University, Engineering Faculty, Metallurgy and Materials Engineering Department,
23119 Elazig, Turkey, E-mail: mboyrazli@firat.edu.tr

Elif Aranci Ozturk

Firat University, Engineering Faculty, Metallurgy and Materials Engineering Department,
23119 Elazig, Turkey,

Yunus Emre Benkli

Ataturk University, Engineering Faculty, Metallurgy and Materials Engineering Department,
25240, Erzurum, Turkey,

Selcuk Karatas

Firat University, Engineering Faculty, Metallurgy and Materials Engineering Department,
23119, Elazig/Turkey,

Murat Yucesdag

Firat University, Keban Vocational High School, 23700, Elazig/Turkey,

Zeki Cizmecioglu

Istanbul Commerce University, Faculty of Engineering and Design,
Jewellery Engineering Department, 34840, Istanbul/Turkey,

The research is financed by project of MF 13.22(FUBAP- Firat University)

Abstract

In this study, in the pelletizing process of iron ore concentrates in powder form, binding properties of the fly ash, which it is not used pelletizing process of the iron ores currently, and its combination together with various binders were investigated. In this purpose, the strength and porosity of the pellets produced using various binders such as calcium bentonite, sodium bentonite, calcium hydroxide (Ca(OH)₂), olivine, portland cement and zeolite, have been compared with studies used fly ash as a binder. A part of these binders remained under the standards in terms of porosities, despite the fact that they delivered positive results in terms of strength. In experiments in which fly ash as the binder used alone, although not in the strength, it was concluded that to be used with different binders due to the fact that the pellets had the best porosity. In industrial applications, it is desirable to be a minimum of 250 Kg /pellet for the resistance value of a pellet and the porosity of a pellet is between 22-35%.

It were obtained 328 Kg / pellet strengths and 31.26% porosity when 0.75% fly ash was added in the 1% Na-bentonite. These values show that as a combination of binders may be used in the industrial production of pellets.

Keywords: Binders, Na-Bentonite, Ca-Bentonite, Ca(OH)₂, olivine, portland cement, fly ash, zeolite, pelletizing

Manyetit Konsantresinden Üretilen Peletlerin Mukavemet Ve Gözenekliliklerine Bazı Bağlayıcı Ve Kombinasyonlarının Etkisi

Özet

Bu çalışmada, toz halindeki demir cevheri konsantrelerinin peletlenmesi işlemlerinde çeşitli bağlayıcılarla birlikte, halen demir cevherlerinin peletlenmesi işlemlerinde kullanılmayan uçucu kül ve kombinasyonlarının bağlayıcılık özelliği araştırılmıştır. Bu amaçla, kalsiyum bentonit, sodyum bentonit,

kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), olivin, portland çimentosu ve zeolit gibi çeşitli bağlayıcılar kullanılarak üretilen peletlerin mukavemet ve gözeneklilik değerleri, uçucu külün bağlayıcı olarak kullanıldığı çalışmalarla kıyaslanmıştır. Bu bağlayıcıların bir kısmı mukavemet açısından olumlu sonuçlar vermesine rağmen, pelet gözenekliliğinde standartların altında kalmıştır. Uçucu külün bağlayıcı olarak tek başına kullanıldığı deneylerde pelet mukavemetinde olmasa da, pelet gözenekliliğinde gösterdiği olumlu sonuçlardan dolayı, farklı bir bağlayıcı ile birlikte kullanılması gerektiği kanaatine varılmıştır. Endüstriyel uygulamalarda, pelet mukavemetinde minimum 250 Kg/pelet mukavemet değeri, %22-35 arasında porozite değeri istenmektedir. %1 Na-bentonitine, %0,75 uçucu kül ilave edilmesi ile elde edilen 328 Kg/pelet mukavemet değeri ve %31,26 porozite değeri endüstriyel pelet üretiminde kullanılabilir bir kombinasyon olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bağlayıcılar, Na-bentonit, Ca-Bentonit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, olivin, portland çimentosu, uçucu kül, zeolit, peletleme

1.Giriş

Demir cevherlerinin peletlenmesi, ince taneciklerin su, gerektiği takdirde bağlayıcı madde ile toplanarak küresel bir şekil almalarını ve bu yaş peletlerin termik sertleştirme işlemini kapsar. Cevherin veya konsantrelerin peletlenebilmeleri için tane büyüklüklerinin, % 50-80' nin 0,045 mm (325 mesh)' nin altında olması gerekir [1,2].

Cevherden demir üretimi sırasında toz cevherlerin peletlenmesi ve bunu takiben peletlerin yüksek sıcaklıklarda pişirilerek dayanım değerlerinin artırılması işlemi bağlayıcı bir malzeme gerektirir. Demirli malzemenin peletlenmesi işleminde bağlayıcılar iki önemli fonksiyonu yerine getirirler. Bunlardan birincisi, nemli cevhere plastik özellik kazandırarak şekillendirilen peletler içinde kontrollü bir hızla büyüyen çekirdeklerin oluşumunu sağlamak, ikincisi ise kurutma esnasında, nem uzaklaştırılırken aglomeratlar içindeki partikülleri pelet ısıtılıp taneler sinterleninceye kadar bir arada tutmaktır. Bağlayıcının uygunluğu bu fonksiyonların her birini ne derecede iyi taşıdığına bağlıdır[2,3].

Demir cevherlerinin peletlenmesi işlemlerinde en önemli kriterlerin başında, pelet mukavemeti ve pelet gözenekliliği gelmektedir. Endüstriyel uygulamalarda pelet mukavemetinin minimum 250 Kg/pelet, pelet gözenekliliğinin ise %22-35 arasında olması istenmektedir. Literatürde, Na-bentonitin tek başına kullanılması durumunda, bentonit miktarına bağlı olarak kuru pelet dayanımlarında artış olduğu ancak, ham pelet düşme sayısı, yaş pelet mukavemet ve gözeneklilik değerlerinde arzu edilen sonuçların elde edilmediği belirtilmiştir[4].

1.1. Peletleme İşlemlerinde Kullanılan Bazı Bağlayıcı Türleri

Peletleme, ince taneli demir oksit tanelerinin bir arada tutunmaları için bağlayıcı gerektiren bir işlem olup bağlayıcı ilave edilerek üretilen bu aglomeratlar sinterlenerek yüksek gerilimli peletler elde edilmektedir. Bentonit kili en yaygın bağlayıcı türü olarak kullanılsa da, bununla rekabet edebilecek hem organik hem de inorganik birçok bağlayıcı türü bulunmaktadır.

Peletlerde partiküller arası bağların farklı türleri için bağ kuvvetinin büyüklüğü, Van der Waals, manyetik veya elektrostatik kuvvetler, Kapilar kuvvetler, adezyonal ve kohazyonal kuvvetler, mekanik bağlanma, eriyen materyalin sinterlenmesi ve kristalizasyonu ile oluşan katı köprülerden kaynaklandığı düşünülmektedir [2]. Peletleme işlemlerinde kullanılan bazı bağlayıcı türleri aşağıda verilmektedir.

- Bentonit

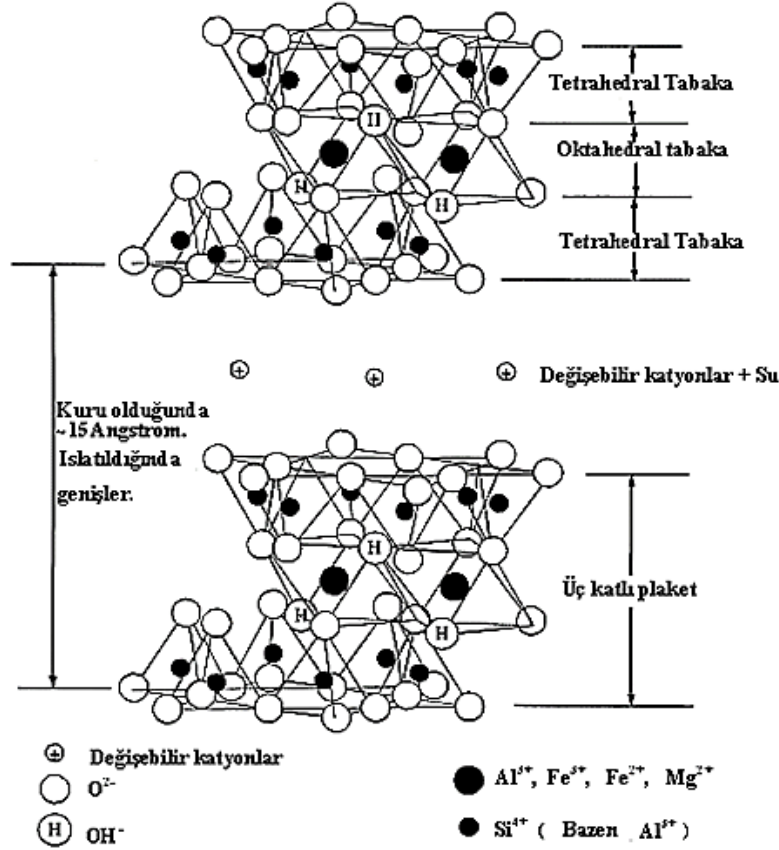
Pelet özelliklerini en çok etkileyen ayrıca bağlayıcı olarak en çok kullanılan kil tipi bentonit killerdir. Kil mineralleri kaolinit smektit ve poligorsit ve sefiollittir. Sodyum bentonit smektit minerallerinden montmorillonitten oluşan bir kildir(şekil 1). Smektit kristal yüzeyindeki negatif potansiyelden dolayı elektrostatik dengesizlik oluştururlar, bu nedenle izomorf bir kimyasal yapıya sahiptirler. Bu adsorbsiyon ve plakalar arasındaki zayıf bağlar suyun tabakalar arasına girmesine izin vermekte ve smektit mineralinin kristal kafesinde genişlemeye neden olmaktadır. Genellikle bentonitler olarak bilinen smektitin değişebilen dominant iyonu kalsiyum ise kalsiyum bentoniti, sodyum ise sodyum bentoniti olarak adlandırılır. Yüksek tabaka şarjı, ince partikül boyutu, zayıf tabakaların değişebilen yüksek katyon kapasitesi ve büyük yüzey alanı birçok endüstriyel uygulamalarda istenilen iyi kimyasal ve fiziksel özellikleri sağlayıcı rol oynamasına neden olur[4,5].

Sodyum bentonit suyla temas ettiğinde kuru hacminin 15-18 katı şişebilme özelliğine sahip olmakla birlikte tüm bentonitler alüminyum oksit, potasyum oksit, magnezyum oksit gibi bileşikler içermektedir.

Sodyum montmorillonitin ince partikül boyutu yüksek tabaka şarjı ve büyük yüzey alanı suda dağıldığında yüksek viskozite ve yüksek tiksotropi ile sonuçlanır [5-8].

- Portland Çimentosu

Suyla temas ettiğinde sertleşip, partikülleri bir arada tutan çimento fazı oluşturur. Normal portland çimentosu tipik olarak CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve diğer bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin çoğu alit (Ca₃SiO₅), belit (Ca₂SiO₄), alüminat (Ca₃Al₂O₆), ferrit (Ca₂AlFeO₅), ve eser miktarda kalsiyum oksit ve alkali sülfatlarında içinde bulunduğu dört ana faz içindedir [2]



Şekil 1. Smektit kristalinin yapısı[2].

- Kireçtaşı (Ca(OH)₂)

Hidrate kireçtaşı suyla karıştırıldığında bir çimento içinde katılaştır, kuruma ve yeniden kristallenmeye izin verir. Silikasız bir son ürün oluşmasına katkıda bulunması, yüksek fırında pelet redüklendiğinde silika flaksının rolünü üstlenmesi ve pelet performansını geliştirmesi, kolayca elde edilebilir olması gibi birçok özelliğe sahip olması nedeniyle pelet üretiminde bağlayıcı olarak kullanımı için çok caziptir [2].

- Uçucu Kül

Kömürle çalışan termik santrallerin bir artığı olarak ortaya çıkan uçucu külün halen demir cevherlerinin aglomerasyonunda kullanım alanı bulunmamaktadır. Uçucu kül bir pozzolan olarak tanımlanabilir. Pozzolanik malzeme, suyun varlığında kireç veya diğer alkalilerle reaksiyona girerek çimentoya benzer bir yapı oluşturan malzemelerdir. Çimento oluşumunda konsantrenin özelliklerini geliştirmek için çimentoya sık sık uçucu kül karışımı ilave edilir. Literatür çalışmaları göstermektedir ki, portland çimentosu reaksiyonlarında kalsiyum aktivatörü uçucu kül aktivasyonunu hızlandıran kimyasalları belirleyici rol oynamaktadır[9,10].

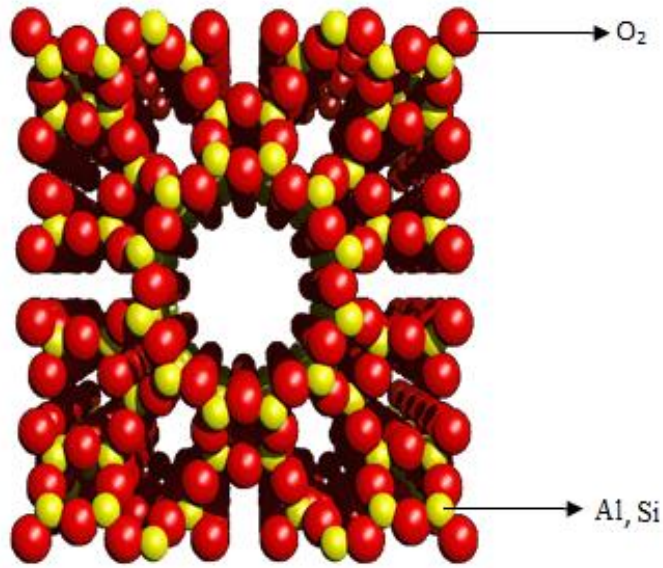
- Olivin

Bileşimi (Mg,Fe)₂SiO₄ olup ortorombik sistemde kristallenmiştir[12]. Magmada ilk önce kristalleşen yapıdır. Olivin yüksek sıcaklık ve silikat mineral grubuna ait, Mg ve Fe iyonlarını içeren, siyahtan yeşile kadar değişebilen renk özelliğine sahip olan bir mineral çeşididir. Sertliği 6,5-7, yoğunluğu 3,3-3,4' tür

[13]. Endüstriyel demir üretiminde olivin yüksek fırınlarda ergitici ve cüruf düzenleyici, sinterleşme derecesini düşüren bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Yüksek fırında katı gaz reaksiyonları ve gaz geçirgenliğinde büyük avantajlara sahip bir malzeme olduğundan, pelet üretiminde bağlayıcı bileşen olarak kullanılabilirliği önemli avantajlarındandır. Düşük reaktivliğe sahip olivin peletleme çalışmasında yaş peletlerin oksidasyonu sırasında yüksek sıcaklıklara çıkılmasına neden olur. Daha önce yapılmış çalışmalarda, peletlerde kaba taneli olivin minerallerinin bulunmasının indirgenmeyi pozitif yönde etkilediği kanıtlanmıştır [14-16].

- Zeolit

Zeolitler, milyonlarca yıl önce oluşan doğal mineraller olup volkanik küllerin su ortamında değişime uğraması sonucunda oluşurlar. Zeolit mineralleri, birbirine oksijen atomlarını paylaşarak bağlanan tetrahedral AlO_4 ve SiO_4 'in sınırsız uzayabilen üç boyutlu ağından oluşan alüminosilikat yapıdadır (Şekil 2). Yapıları bal peteği, kafese benzeyen, değişebilir katyonlar ve su ihtiva eden mikro gözenekli malzemelerdir. Bu özellik zeolitlerin seçimli adsorbsiyon, moleküler elek ve katalitik kullanım alanları gibi uygulamalarda değerlendirilmesini sağlar [2].



Şekil 2. Mikro gözenekli yapısıyla zeolit molekülü [11]

2. Deneysel Çalışmalar

Deneylerde kullanılan, manyetit cevheri konsantresi, Na-bentonit, uçucu kül, Ca-bentonit, zeolit ve olivinin kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan manyetit cevheri, Na-bentonit, uçucu kül, Ca-bentonit, zeolit ve olivinin kimyasal analizleri

	Manyetit Konsantresi	Na-Bentonit	Uçucu Kül	Ca-bentonit	Zeolit	Olivin
Fe	68,50	1,708	6,196	0,56	1,19	4,627
SiO ₂	2,20	57,08	51,45	71,0	71,0	42,00
CaO	0,60	1,41	9,035	0,8	3,4	
MgO	0,58	2,14	4,056	3,0	1,4	47,30
Al ₂ O ₃	0,75	18,88	18,221	13,3	11,8	0,13
Mn	0,10	-	0,083	-	-	-
TiO ₂	-	-	0,767	0,10	0,10	-
P	-	-	0,088	-	-	-
S	0,4	-	0,53	-	-	-
Na ₂ O	0,04	2,97	0,015	0,3	0,4	0,035

K ₂ O	0,07	0,88	0,793	0,7	2,4	-
Pb	0,01	-	0,009	-	-	-
As	-	-	0,013	-	-	-
Cu	0,02	-	0,007	-	-	-
Zn	0,01	-	0,007	-	-	-
Ni	0,20	-	0,066	-	-	0,118
Co	-	-	0,004	-	-	-
Sr	-	-	0,064	-	-	-
Zr	-	-	0,007	-	-	-
V	-	-	0,013	-	-	-
Ba	-	-	0,088	-	-	-

2.1. Yöntem

Konsantreye bağlayıcı ilavesi yapmadan önce gerekli miktarlarda bağlayıcılar tartılıp ayrıldı, bu bağlayıcılar her defasında ayrı ayrı manyetit konsantresi ile birlikte bir karıştırıcıya konuldu. Konsantre ve bağlayıcılar karıştırıcı içerisinde 10 dakika karıştırıldıktan sonra, laboratuvar ölçekli yatayla 45° lik açı yapan eksenli etrafında 35 devir/dakika hızla dönen Multipex Marka peletleme diskinde şekillendirildi. Peletleme diskinde şekillendirilen peletler 105 °C’ de sıcaklıkta 2 saat kurutma işlemine tabi tutuldu. Kurutulmuş peletler seramik bir kroze içerisine konularak, bir tüp fırına kademeli olarak (25-600 °C’ ye 10 dakikada, 600-1280 °C’ ye 10 dakika ve 1280 °C’ de 40 dakika, toplam fırında kalma süresi 1 saat) itilerek hava akımında pişirildi. Pişirilen peletlerin termal şoka uğramamaları için yine kademeli olarak 10 dakika içerisinde fırından alındılar.

Sinterlenmiş (pişirilmiş) peletlerin mukavemet testleri Mohr Bfederhoff AG marka üniversal tip Hidrolik çekme makinesinde yapıldı.

Pelet test standartlarında üretilen ham peletlerin tüm testlerinin en az 20 pelet üzerinde yapılması verilerin doğruluğu açısından çok önemli olduğu vurgulanmaktadır [2].

Ham pelet düşme sayısı, bir peletin 45 cm’ den çelik bir yüzey üzerine düşürülerek kırıldığı ana kadar tekrarlanmıştır. Bu deney her defasında 20 pelet numunesi üzerinde yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Sodyum bentonit ve kalsiyum bentonitin bağlayıcı olarak kullanıldığı peletlerin dayanımları 9-10 düşme/45 cm olurken, diğer bağlayıcılarda bu değer ortalama olarak 4-5 düşme/45 cm olarak ölçülmüştür. Etüvde 105 °C’ de sıcaklıkta 120 dakika yapılan kurutma işleminden sonra peletlerin mukavemetlerine bakıldığında, Ca(OH)₂’ in bağlayıcı olarak kullanıldığı numunelerin mukavemetleri 2,8-3,0 Kg/Pelet olarak okunurken, diğerleri 2,4-2,6 Kg/Pelet olarak ölçülmüştür. Uçucu kül ile Na-bentonit kombinasyonunda ise, ham pelet düşme sayısında, 34-36 düşme/45cm, kurutma işleminden sonra pelet mukavemet değerlerinde 16-18 Kg/pelet değerlerine ulaşılmıştır.

Peletlerin gözeneklilikleri Ocak 1985 tarihli TS 4380 standardına göre suda kaynatma metodu uygulanarak yapıldı. 1280 °C’ de pişirilmiş peletlerden 5 adet alınıp kuru olarak tartımları yapıldıktan sonra içinde 100 ml saf su bulunan behere konularak, bir hot plate üzerinde kaynatmaya kadar ısıtıldı. Kaynama başladıktan 20 dakika sonra hot plate üzerinden alınan su dolu beherler oda sıcaklığında soğutulduktan sonra içinden alınan peletlerin yüzeyindeki ıslaklık giderilerek tartıldı, yaş ağırlıkları kayıt edildi. Suyun içinde askıda tartılarak ağırlıkları belirlendi ve aşağıdaki bağıntıya göre pelet gözenekliliği hesaplandı.

$$\% \text{ Gözeneklilik} = (W - D)/(W - S) \times 100$$

Burada,

W = Peletlerin Yaş Ağırlıkları

D = Peletlerin Kuru Ağırlıkları

S = Peletlerin Askıdaki Ağırlıkları

2.2. Deneysel Çalışma Sonuçları

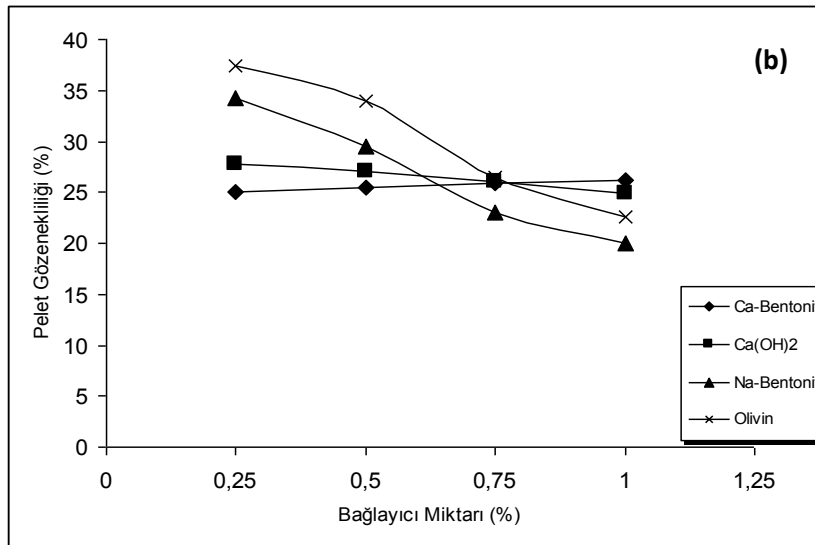
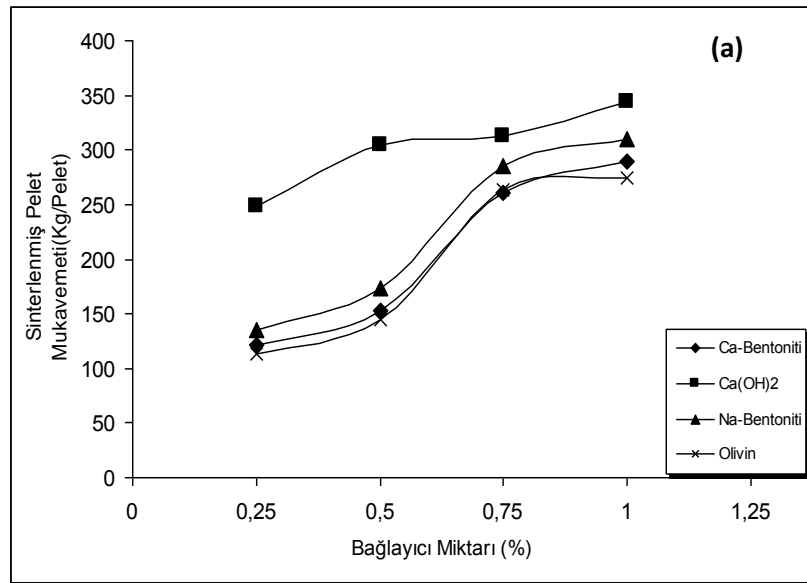
Kalsiyum bentonit, sodyum bentonit, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), olivin, portland çimentosu, zeolit ve Bursa Orhaneli Termik Santrali’nden temin edilmiş olan uçucu kül gibi bağlayıcılar ile manyetit konsantresinden hazırlanmış pelet numunelerinin sinterlenmesi sonucu mukavemet değerlerine ve

porozitelerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla, % 0,25-1 arasında değişen oranlarda bağlayıcı ilavesi yapılmış ve 1280 °C' de 1 saat boyunca hava akımında sinterlendikten sonra pelet mukavemetleri (Şekil 3 (a)) ve pelet gözeneklilikleri (Şekil 3 (b)) incelenmiştir.

Endüstriyel uygulamalarda en fazla kullanılan bağlayıcı türü olan sodyum bentonit miktarına bağlı olarak sinterlenmiş pelet mukavemetinde artışın olması beklenmelidir. Na-bentonit miktarının % 0,25-1 arasında kullanıldığı çalışmalarda, bentonit oranına bağlı olarak pelet mukavemetinde, 135-310 Kg/pelet arasında sürekli bir artış görülmüştür.

Kalsiyum bentonit, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) ve olivinin bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde, en iyi mukavemet değeri kalsiyum hidroksitli numunelerde elde edilirken, en iyi pelet gözenekliliğine ise olivinle yapılan çalışmalarda ulaşılmıştır.

Kalsiyum hidroksitin cüraf ergiyik miktarını artırması dolayısıyla sinterlenmiş pelet mukavemetinde yüksek değerler elde edilirken, pelet gözenekliliğinde ortalama % 26,5' lik bir değer elde edilmiştir. Literatürde mevcut çalışmayı destekleyen çalışmalar, alınan sonuçların güvenilirliğini desteklemektedir[2].



Şekil 3. Bağlayıcı olarak kullanılan Ca-bentonit, Ca(OH)_2 , Na-bentonit ve olivinin (a) Sinterlenmiş pelet mukavemetine (b) Pelet gözenekliliğine etkileri.

Olivinin değişebilir katyonu daha çok magnezyumdur ve çok az su absorbe edebilir. Bu nedenle olivinin bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde diğer bağlayıcılara nazaran, sinterlenmiş pelet dayanımında kabul edilebilir değerlere ulaşamamıştır. Yapılan çalışmalarda %1 olivin ilavesinin sinterlenmiş pelet dayanımında 275 Kg/pelet bir değer elde edilmesine, ancak daha düşük oranlarda olivin ilavesinin diğer bağlayıcılara kıyasla daha düşük mukavemet değerleri elde edilmesine neden olduğu görülmüştür. Endüstriyel uygulamalarda pelet gözenekliliğinde % 22-35 arasında, sinterlenmiş pelet mukavemetinin ise minimum 250 Kg/pelet değerinde olması istenmektedir. % 0,75 olivin ilavesinin bu şartları sağladığı görülmektedir.

Kalsiyum bentonitinin %1'lik dozajda bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde sinterlenmiş pelet mukavemetinde 290 Kg/pelet, pelet gözenekliliğinde ise % 26,2 gibi bir değer elde edilmiştir. Sinterlenmiş pelet mukavemetinde 310 Kg/pelet, pelet gözenekliliğinde ise % 19,93 değere ulaşılan sodyum bentonitli deneylerle kalsiyum bentonitli çalışmalar karşılaştırıldığında mukavemet bakımından sodyum bentonitinin daha etkin olduğu görülmektedir.

Sinterlenmiş pelette mukavemetin yanı sıra gözenekliliğinde kabul edilebilir değerlerde olması istenir. Pelet mukavemetindeki iyileşme, silikat bağlarından kaynaklanmakta ve gözeneklilik değerlerinin kabul edilebilir sınırların altında kalmasına neden olmaktadır. Peletlerden beklenen temel özelliklerden birisi olan redüklenebilirlik ve katı-gaz reaksiyonlarının en iyi verimle yüksek fırında gerçekleşmesi için peletin mukavemetinin de göz önünde bulundurularak porozitesinin optimize edilerek % 22 ile % 35 arasında olması gerekmektedir. Her iki parametrenin de standartları yakalayabilmesi amacıyla portland çimentosu, zeolit ve uçucu kül gibi bağlayıcılar ile konsantrenin peletlenmesi çalışmalarına devam edilmiştir.

Sinterlenmiş pelet mukavemetleri göz önüne alındığında en iyi sonuçların portland çimentosunda elde edildiği, uçucu külün tek başına kullanılması durumunda ise kabul edilebilir mukavemet standartlarının çok altında değerlerin elde edildiği şekil 4 (a)' da görülmektedir. Gözeneklilik değerlerinde (şekil 4 (b)) ise uçucu külün artan miktarıyla % 35,56 değerine ulaşılmıştır. Ancak peletlerin yaş mukavemetlerinde, portland çimentosu, sodyum bentonit ve kalsiyum bentonit ile hazırlanmış pelet numunelerinin ortalama 9-10 düşme/45 cm' den sonra kırıldığı gözlenirken diğer bağlayıcılarda bu değer 4-5 düşme/45 cm olarak ölçülmüştür.

Pelet gözenekliliğinde olumlu sonuçların elde edilmesi, uçucu külün mukavemeti artırıcı rol oynayabilecek başka bir bağlayıcı ile kombinasyonunun denenmesi gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Yapılan çalışmaların ilk kısmında, Ca-bentonit ile uçucu kül kombinasyonu, ikinci kısmında ise Na-bentonit ile uçucu kül kombinasyonu denenmiştir. Yapılan çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Ca-bentonit miktarı % 0,75 olarak alınıp buna, % 0,25-0,50 ve 0,75 oranında uçucu kül ilavesi yapılmış (Şekil 5. (a));

Ca-bentonit miktarı % 1 olarak alınıp buna, % 0,25-0,50 ve 0,75 oranında uçucu kül ilavesi yapılmıştır. (Şekil 5. (b)).

Aynı çalışma Na-bentonit için de yapılmıştır.

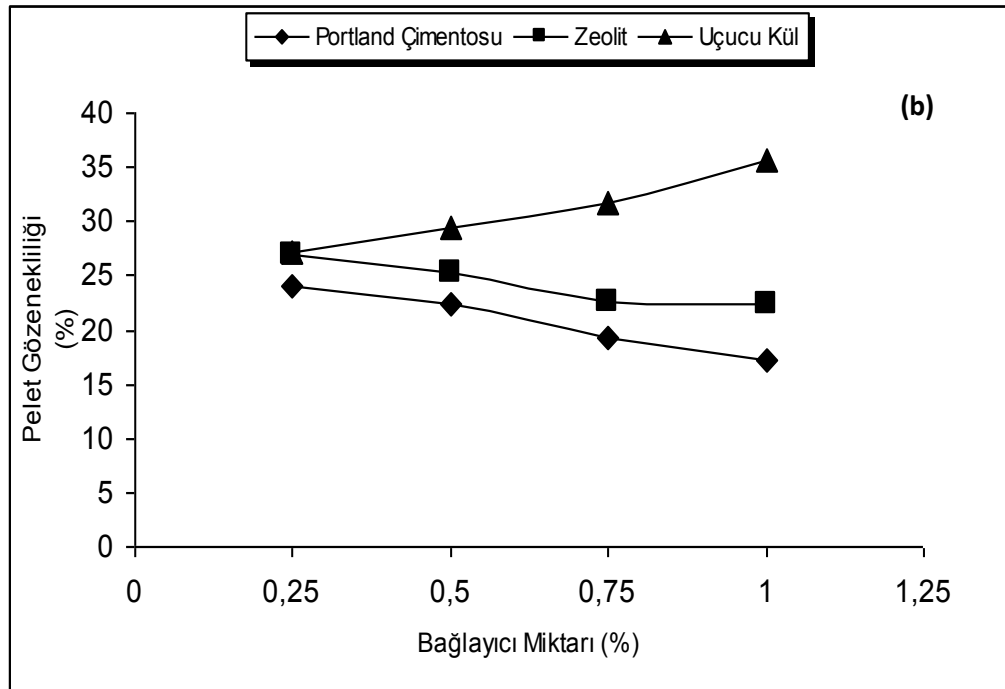
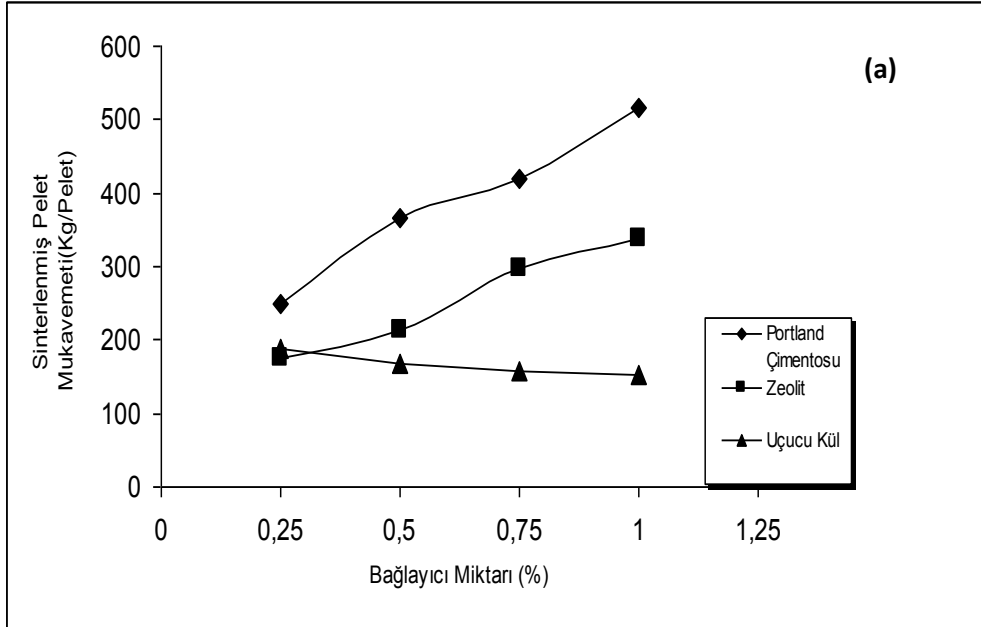
Na-bentonit miktarı % 0,75 olarak alınıp buna, % 0,25-0,50 ve 0,75 oranında uçucu kül ilavesi yapılmış (Şekil 6. (a));

Na-bentonit miktarı % 1 olarak alınıp buna, % 0,25-0,50 ve 0,75 oranında uçucu kül ilavesi yapılmıştır. (Şekil 6. (b))

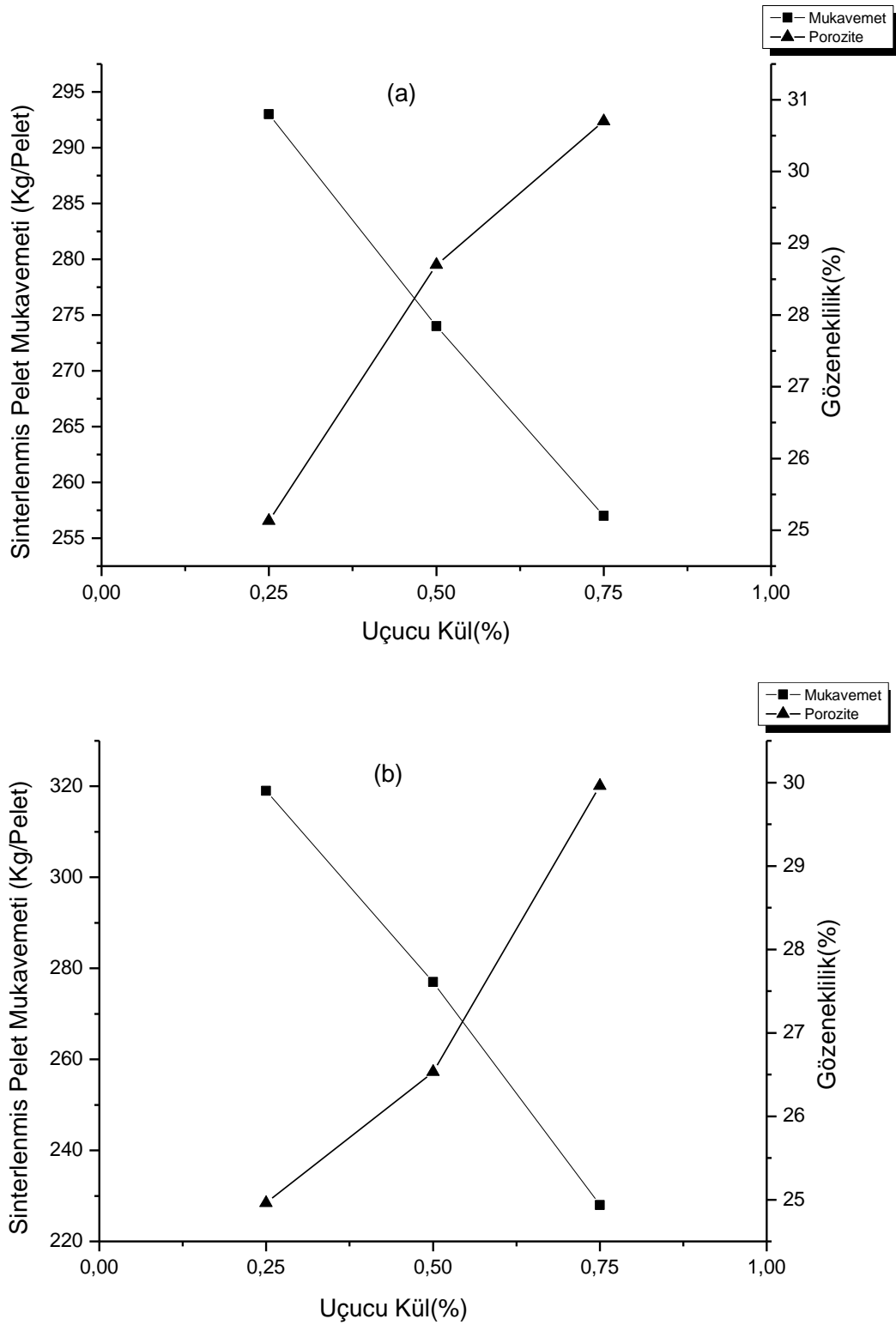
% 0,75 Ca-bentonitine, % 0,25, % 0,50 ve % 0,75 oranlarında ilave edilen uçucu kül miktarına bağlı olarak sinterlenmiş pelet dayanımında sırasıyla, 293, 274 ve 257 Kg/pelet değerler elde edilirken pelet gözenekliliğinde % 25,13, % 28,70 ve % 30,7 gibi değerler elde edilmiştir. Ancak % 1 Ca-bentonitine ilave edilen uçucu külün miktarındaki artışa bağlı olarak sinterlenmiş pelet dayanımında sırasıyla, 319, 277 ve 228 Kg/pelet elde edilmesi, pelet gözenekliliğinde % 24,96, % 26,53 ve % 29,96 değerlere ulaşılması, artan uçucu kül miktarının sinterlenmiş pelet dayanımına olumsuz yönde bir etkisini olduğunu göstermektedir. % 0,50 uçucu külün, % 0,75 Ca-bentonit ilave edilmesi durumunda, pelet gözenekliliğinde ve sinterlenmiş pelet dayanımında makul değerler elde edilmesini sağlamaktadır.

Aynı şekilde % 0,75 Na-bentonitine, % 0,25, % 0,50 ve % 0,75 oranlarında ilave edilen uçucu kül miktarına bağlı olarak sinterlenmiş pelet dayanımında sırasıyla, 315, 290 ve 263 Kg/pelet değerler elde edilirken pelet gözenekliliğinde % 24,32, % 27,15 ve % 29,23 gibi değerler elde edilmiştir. % 1 Na-bentonitine ilave edilen uçucu külün miktarındaki artışa bağlı olarak sinterlenmiş pelet dayanımında sırasıyla, 328, 302 ve 275 Kg/pelet elde edilmiş, pelet gözenekliliğinde ise % 23,15, % 24,02 ve % 31,26 değerlere ulaşılmıştır.

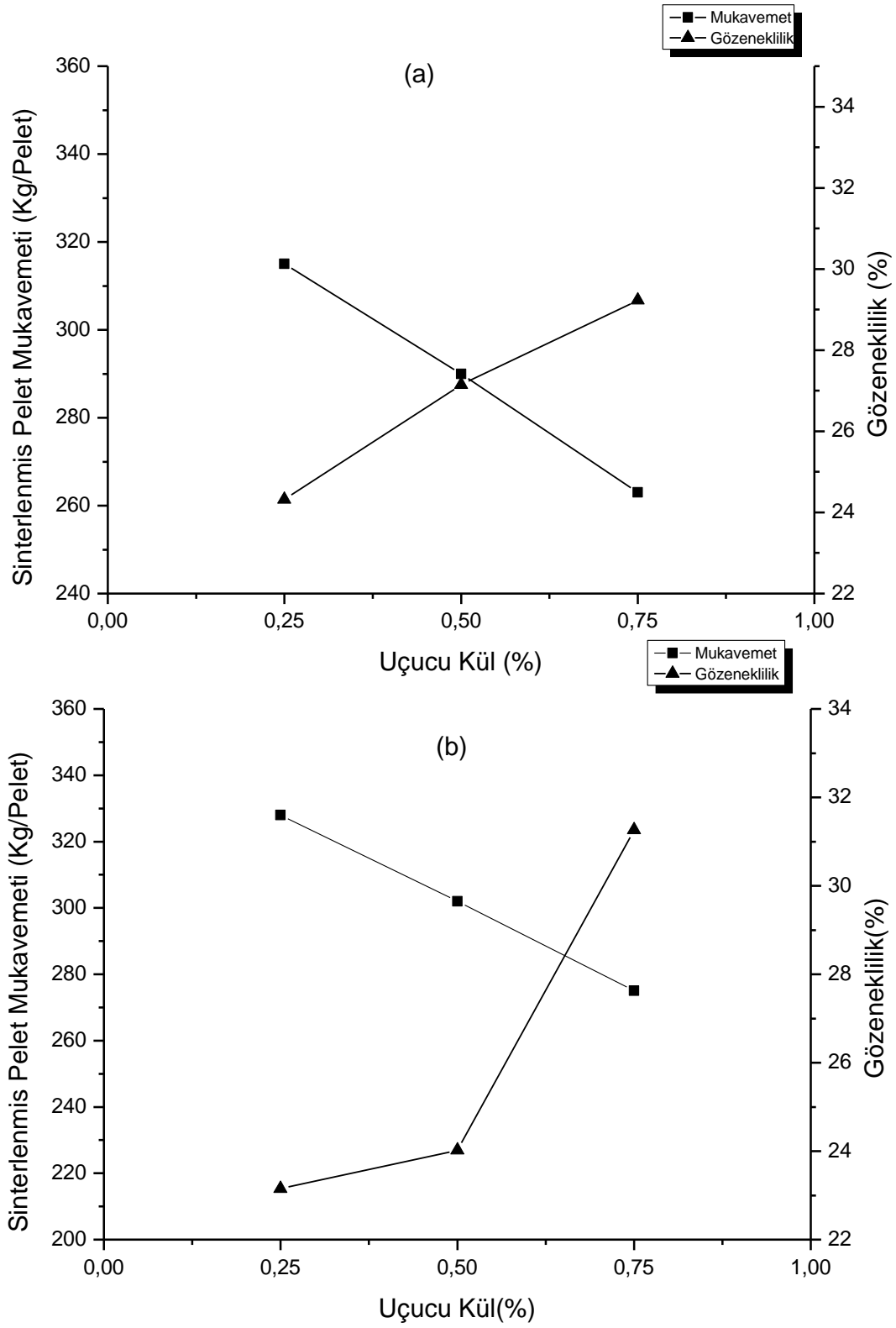
%1 Na-bentonitine%0,75 uçucu kül ilave edilmesi ile elde edilen 328 Kg/pelet mukavemet değeri ve %31,26 porozite değeri endüstriyel pelet üretiminde kullanılabilir bir kombinasyon olarak görülmektedir. Uçucu külün pozolanik bir artık olduğu göz önüne alındığında, sodyum bentoniti ile belirli oranlarda kullanılması durumunda hem pelet mukavemetinde hem de pelet gözenekliliğinde olumlu sonuçlar vermesinden dolayı demirli malzemelerin peletlenmesinde bağlayıcı olarak değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Bağlayıcı olarak kullanılan portland çimentosu, zeolit ve uçucu külün, (a) Sinterlenmiş pelet mukavemetine (b) Pelet gözenekliliğine etkileri.



Şekil 5. % 0,25, % 0,50 ve % 0,75 oranında uçucu külün (a) % 0,75 Ca-bentonitine,(b) % 1 Ca-bentonitineilave edilmesinin sinterlenmiş pelet mukavemetine ve pelet gözenekliliğine olan etkisi.



Şekil 6. % 0,25, % 0,50 ve % 0,75 oranında uçucu külün (a) % 0,75 Na-bentonitine,(b) % 1 Na-bentonitineilave edilmesinin sinterlenmiş pelet mukavemetine ve pelet gözenekliliğine olan etkisi.

3. Tartışma

Manyetit konsantrinesine, % 0,25-1 oranında Na-bentonit, Ca-Bentonit, Ca(OH)₂, olivin, portland çimentosu, uçucu kül ve zeolit gibi bağlayıcılar ayrı ayrı ilave edilerek küresel peletler üretilmiş olup bu bağlayıcıların sağlamış oldukları mukavemet ve gözeneklilik değerleri incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan uçucu kül, kömürle çalışan termik santrallerin bir artığı olarak ortaya çıkmakta ve halen demir cevherlerinin aglomerasyonunda kullanılmamaktadır.

Sodyum bentonit ve kalsiyum bentonitinin bağlayıcı olarak kullanıldığı peletlerde ham pelet düşme sayısı, 9-10 düşme/45 cm olurken, diğer bağlayıcılarda bu değer ortalama olarak 4-5 düşme/45cm olarak ölçülmüştür. Kurutma işleminden sonra peletlerin mukavemetlerine bakıldığında, Ca(OH)₂' in bağlayıcı olarak kullanıldığı numunelerin mukavemetleri 2,8-3,0 Kg/Pelet olarak okunurken, diğerleri 2,4-2,6 Kg/Pelet olarak ölçülmüştür. Uçucu kül ile Na-bentonit kombinasyonunda ise, ham pelet düşme sayısında, 34-36 düşme/45cm, kurutma işleminden sonra pelet mukavemet değerlerinde 16-18 Kg/pelet değerlerine ulaşılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarla kıyaslandığında bu değerlerin makul değerler olduğu anlaşılmaktadır.

Ancak uçucu külün bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde, uçucu kül miktarı arttırıldıkça, sinterlenmiş pelet mukavemet değerlerinde düşüş olduğu gözlenirken, gözeneklilik değerlerinde bir artış olduğu görülmüştür. Bu durumun, uçucu külün bünyesinde bulunan ve sinterlenme sıcaklıklarında gaz halinde pelet bünyesinden ayrılan maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sinterlenmiş pelet gözeneklilik değerlerinde olumlu sonuçların elde edilmesi, uçucu külün mukavemeti arttırıcı rol oynayabilecek başka bir bağlayıcı ile kombinasyonunun denenmesi gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Yapılan çalışmaların ilk kısmında, Ca-bentonit ile uçucu kül kombinasyonu, ikinci kısmında ise Na-bentonit ile uçucu kül kombinasyonu denenmiştir. Yapılan çalışmalarda, % 0,75 uçucu külün, % 1 Na-bentonitine ilave edilmesi sonucu, sinterlenmiş pelet dayanımında 328 Kg/pelet, pelet gözenekliliğinde ise %31,26 değerine ulaşılmıştır. Bu sonuç, endüstriyel pelet üretiminde kullanılabilir bir kombinasyon olarak görülmektedir. Uçucu külün pozolanik bir artık olduğu göz önüne alındığında, sodyum bentoniti ile belirli oranlarda kullanılması durumunda pelet mukavemet ve gözeneklilik değerlerinde olumlu sonuçlar vermesinden dolayı demirli malzemelerin peletlenmesinde bağlayıcı olarak değerlendirilebileceği ve çevre kirliliği oluşturmasının önüne geçilebileceği anlaşılmaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] Boyrazlı, M., 2008, "Demir Cevheri İçerisindeki Safsızlıkların Olumsuz Etkilerinin Giderilme Yollarının Araştırılması" Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Eisele T. C., Kawatra S. K., 2003, "A Review of Binders in Iron Ore Pelletization", Mineral Processing & Extractive Metall. Rev., 24: 1-90.
- [3] Meech, A. J., Paterson, J.G., 1984, "Agglomeration of Iron Ores and Concentrates", United States Patent, August, 14, 1984, Patent No: 4 465 510.
- [4] http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/7f0d2b95c60161b_ek.pdf
- [5] Murray H. H., 2000, "Traditional and new Applications for Kaolin, .Smectite, and Palygorskite: a General Overview", Applied Clay Science 17_2000.207-221
- [6] Rausell-Colom, J.A., Serratos, J.M., 1987, "Reactions of Clays with Organic Substances" In: Newman, A.C.D._Ed., Chemistry of Clays and Clay Minerals. Mineralogical Society, London.
- [7] Pekin, B., 1983, "Biyokimya Mühendisliği (Biyoteknoloji), 2. Kitap, Ege Üniversitesi Kimya Fakültesi Yayınları, 409 s., İzmir.
- [8] James, M.C. ve James, M.L., 1998, "Drill Hole Plugging Method Utilizing Sodium Bentonite Nodules", United States Patent, September, 22,1998, Patent No: 5 810 085.
- [9] Jayson, S. R. ve Kawatra, S. K., 2002, "A Novel Application of High-Carbon Fly- Ash as an Industrial Binder" for Presentation at the 2002 Conference on Unburned Carbon in Utility Fly ash, Pittsburgh, PA.
- [10] Kawatra S. K, Eisele T. C, Ripke S. J., vd. 1999, "High-Carbon Fly-Ash as a Binder for Iron Ore Pellets", U.S. Department of Energy Federal Energy Technology Center Contractor Reports Receipt Coordinator, M/S F07 3610 Collins Ferry Road P.O. Box 880 Morgantown, WV 26507-0880.
- [11] <http://z-fresh.webnode.sk/about-zeolite/> (14 Nisan 2015)
- [12] Birle, J. D., Gibbs, G.V., Moore, P. B. ve Smith J. V., 1968, "Crystal Structures of Natural Olivines" The

American Mineralogist, VOL 53, May_June, 1968.

[13] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Olivin> (14 Nisan 2015)

[14] Ellenbaum, F. H., ve Ciesco R., 1990, "Agglomerates Containing Olivine for Use in Blast Furnace" United States Patent, Oct. 16, 1990, Patent No:4963185.

[15] Erten M. H., 1975, "Kolemanit Flotasyon Konsantrelerinin Briketleme Yoluyla Aglomerasyonu" Maden Tetkik ve Arama Dergisi Yıl:1976, Sayı:87.

[16] Forsmo, S,P.E. ve Hägglund, A., 2003 "Influence of the Olivine Additive Fineness on the Oxidation of Magnetite Pellets", International Journal of Mineral. Processing 70.