

PELLETIZATION OF PYRITE ASH WASTES FOR UTILIZATION IN IRON PRODUCTION INDUSTRY**Nurcan TUĞRUL***, **Emek MÖRÖYDOR DERUN**, **Mehmet Burçin PİŞKİN**,
Sabriye PİŞKİN*Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa - İSTANBUL***Geliş/Received: 03.12.2004 Kabul/Accepted: 08.08.2005****ABSTRACT**

Pyrite ashes are obtained as wastes during the roasting of pyrite ores which is used as a raw material in sulfuric acid production. These wastes are generally landfilled or dumped to the sea. Pyrite ash wastes can be utilized in the iron production industry as a blast furnace feed to prevent environmental pollution and evaluate these wastes, but it is necessary to develop a process for agglomerating it into pellets. Binder must be used for the iron ore pellets production. Experiments were carried out using bentonite. Finally wet-knock, wet-crush and dry-crush tests were carried out for evaluating pellet quality.

Keywords: Pyrite ash, Iron ore, Pelletization, Bentonite, Pellet.

PIRİT KÜLÜ ATIKLARININ PİK DEMİR ÜRETİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE PELETLENMESİ**ÖZET**

Pirit külü sülfürik asit üretimi sırasında hammadde olarak kullanılan pirit cevherinin akışkan yataklarda kavrulması sonucu atık olarak elde edilmektedir. Bu atıklar genellikle çevreye veya denize boşaltılmaktadır. Çevre kirliliğinin önlenmesi ve atıkların değerlendirilmesi amacıyla pirit külü atıkları demir üretiminde yüksek fırın hammaddesi olarak kullanılabilir, ancak küllerin pelet haline getirilmesi gerekmektedir. Demir cevheri peleti üretmek için bağlayıcı kullanılmaktadır. Denemeler bentonit kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son olarak pelet kalitesini ölçmek amacıyla yaş basma, kuru basma ve pişmiş basma dayanımı testleri uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Pirit külü, Demir cevheri, Peletleme, Bentonit, Pelet.

1. GİRİŞ

Sülfürik asit fabrika artığı kalsine piritin doğrudan veya uygulanacak zenginleştirme işlemlerinden sonra demir çelik endüstrisinde hammadde olarak kullanılmasına çalışılmaktadır. Böylece bu atıkların tane boyutunun küçük olması nedeniyle doğal olaylarla çevreye dağılması sonucu meydana gelen toprak ve deniz kirliliği önlenmekte ve sanayide hammadde olarak kullanılması amacıyla geri kazanılması sağlanmaktadır.

Pirit külünün demir cevheri olarak değerlendirilebilmesi için belirli kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekir. Ham demir üretimi yüksek fırınlarda gerçekleştirilmekte ve

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-posta: ntugrul@yildiz.edu.tr, tel: (0212) 449 18 97

Pelletization of Pyrite Ash Wastes for Utilization...

yüksek fırına beslenecek demir cevherlerinin belirli boyutlarda olması için bir aglomerasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir [1-6].

Pirit külleri peletleme işlemi sonucu demir cevheri olarak kullanılabilir hale getirilmektedir.

Pirit külleri bentonit ve su ilavesiyle peletlenmektedir. Elde edilen peletlere yaş basma mukavemeti ve yaş düşme sayısı deneyleri yapılmaktadır. Yaş peletler 105°C’ de kurutulduktan sonra kuru basma mukavemetleri ölçülmektedir. Son olarak kurutulmuş peletler elektrik fırınında 1200°C’ de pişirilmekte ve pişirilmiş peletlere de basma dayanımı testi yapılmaktadır. Pirit külleri peletleme işlemi sonucu demir cevheri olarak kullanılabilir hale getirilmektedir [1-6].

Çalışmanın ileri aşamalarında elde edilen peletlerin pik demir üretiminde hammadde olarak kullanılabilmesi hedeflenmektedir.

2. DENEYSEL

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan pirit külü atıkları Eti Bor A.Ş.’ye ait, Bandırma Bor ve Asit Fabrikalarından temin edilmektedir. Çizelge 1’de kalsinenin tipik analiz değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. Kalsine Tipik Analiz Değerleri

Parametre	Değeri (%)
S (Yanabilen)	0,51
S (Toplam)	1,26
Cu	0,50
Fe	60,20
Si	4,37
As	0,06

Peletleme denemelerinde bağlayıcı olarak kullanılan bentonit ise Bensan firmasından temin edilmiştir. Bentonitin kimyasal kompozisyonu Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Bentonitin Kimyasal Kompozisyonu

Parametre	Değeri (%)
SiO ₂	61.00-63.00
Al ₂ O ₃	17.00-18.00
Fe ₂ O ₃	3.00-4.00
CaO	2.50-3.00
Na ₂ O	1.80-2.60
K ₂ O	0.50-1.00
MgO	4.00-5.00
L.O.I.	6.00-6.50

2.2. Metod

- Pirit külü atıkları laboratuvar tipi 40 cm çaplı, 60°C eğimli ve 20 devir/dak. hızlı peletleme diskinde peletlenmiştir [2-6].
- Yaş peletler, 24 saat boyunca 105°C’ ye ayarlanmış bir etüvde kurutulmuştur [2-6].
- Kurutulmuş peletler 1200°C’ ye ısıtılmış bir elektrik fırınında 30 dakika müddetle pişirilmiştir [2-6].

3. PELETLEME PROSESİ

3.1. Peletleme Prosesinin Tanımı

Peletleme, ince boyutlu demir cevheri veya genellikle konsantrelerin, uygun bir bağlayıcı ve gerekli su katkısı ile özel cihazlarda, belirli boyutlarda yaş küreler haline getirilmesi, ardından dayanıklılık kazandırmak amacıyla 1200-1300°C sıcaklıklarda pişirilmesi işlemini kapsayan bir aglomerasyon yöntemidir. Peletleme işlemi özellikle demir cevherlerine ve bunların dışında krom cevherleri, kurşun cevherleri gibi bazı demir dışı metal cevherlerine de uygulanabilmektedir [1-2].

3.2. Peletleme Yöntemi

Peletleme denemelerinden önce , pirit külleri 100, 200 ve 325 meşlik eleklerden elenmiştir [3-7].

Peletleme şartları sabittir: Tamburun eğimi 60°C ve numune miktarı 1 kg' dır. Bağlayıcı olarak bentonit kullanılmıştır. Pirit külü numunesinin ağırlıkça %0.5, %0.7, %0.9,%1 ve %1.2'si kadar bentonit ilave edilmiştir [2-6].

Pelet hamuru hazırlamak için belli bir elekten elenmiş bulunan 1 kg numuneye, yeterli miktarda su ve bentonit ilave edilmiş ve elde edilen hamur iyice karıştırıldıktan sonra tambura verilmiştir. Toplam 1 kg pelet oluşana kadar peletler tamburdan periyodik olarak alınmaktadır. Peletleme için gerekli zaman 30-60 dakikadır [2-6].

Oluşan yaş peletlerden 10'ar adedi düşme sayısı ve basma dayanımı testleri için ayrılmış, geri kalanlar ise 105°C' de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş peletlerden 10 adedi ürün pelet basma dayanımı testi için ayrılmış, 3'er adedi de pişmiş pelet basma dayanımı testine tabii tutmak amacıyla 1200°de elektrik fırınında pişirilmiştir [1-7].

3.3. Dayanım Testleri

Yaş Pelet Düşme Sayısı Tayini: Bu deney, peletleme tambur ya da disklerinden elde edilen yaş peletin, pişirme işleminin uygulanacağı bölgeye kadar taşınması sırasında kırılmaması için gerekli dayanımda olup olmadığının kontrolü için yapılır. En az 10 adet yaş pelet alınıp parçalanıncaya kadar 45cm'den serbest halde bırakılır ve aynı işlem her pelet için tekrarlanır. Çatlamının oluştuğu sayıya "yaş pelet düşme sayısı" denir [2-7].

Yaş Pelet Basma Dayanımı Tayini: Bu deneyde 10 adet ham pelet basma yüküne tabi tutulur. Izgaraya serilen peletlerin birbirlerinin ağırlıkları ve basınçları altında ezilmemeleri için bu değer önemlidir. Genellikle yaş pelet basma dayanımları 1 kg/peletten fazladır [2-7].

Yaş peletin fiziksel kalitesini belirleyen en önemli iki faktör düşme sayısı ve basma dayanımıdır. Kullanılan katkı maddeleri, bağlayıcılar, cevher tozu nemi, özgül yüzey alanı, peletleme koşulları ve karıştırma, düşme sayısını ve basma dayanımını doğrudan etkiler [2-7].

Ürün Pelet Basma Dayanımı Tayini: Bu deney, peletin taşınma, stoklanma ve yüksek fırında şarj ağırlığı altında ezilip kırılmaması için gereklidir. Basma dayanımı için alınan peletler 105°C' de nemi alınıp oda sıcaklığına soğutulur. Bu peletlerden 10 adetinin basma dayanımları, hızı 10 mm/dak olan biri sabit diğeri hareketli düz yüzeyli preste ölçülüp ortalaması alınır. Bu ortalamayı alırken çok düşük ve yüksek çıkan basma dayanımları değerlendirilmez [2-7].

Pişmiş Pelet Basma Dayanımı Tayini: 105°C' de kurutulmuş olan peletlerden üçer adet 1200°C' de 30 dakika müddetle pişirilmiş ve oda sıcaklığına soğutulduktan sonra basınç mukavemetleri ölçülmüştür. Peletlerin çatlamalarını önlemek amacıyla 650°C' deki bir elektrik fırınında ön ısıtma yapılmıştır [2-7].

4. SONUÇLAR

Farklı elek aralıklarından elenmiş ve farklı oranlarda bentonit ilave edilmiş olan pirit külü numunelerinin mukavemetlerini ölçebilmek amacıyla yaş pelet düşme sayısı, yaş pelet basma

Pelletization of Pyrite Ash Wastes for Utilization...

dayanımı, ürün pelet basma dayanımı ve pişmiş pelet basma dayanımı testleri yapılmıştır. Ürün pelet basma dayanımı inorganik bağlayıcıların kalitesini gösteren en önemli değerdir. Endüstriyel olarak kabul edilebilen ürün pelet basma dayanımı değeri 1-3 kg'dır. Çizelge 3'te elde edilen deneysel sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 3. Peletleme Deneyleri Sonuçları

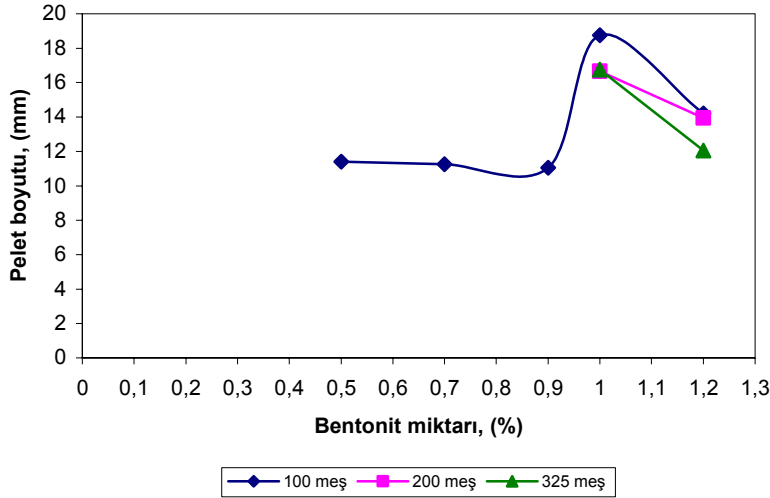
Elek aralığı, Meş	Bentonit miktarı, (%)	Pelet boyutu, (mm)	Yaş Pelet Düşme Sayısı	Yaş Pelet B. Dayanımı, (gr)	Ürün Pelet B. Dayanımı, (gr)	Pişmiş Pelet B. Dayanımı, (gr)
100	0.5	11.40	1.6	236	1633	32667
100	0.7	11.25	1.8	228	1815	30000
100	0.9	11.05	1.8	222	2422	16000
100	1	18.75	2	362	2508	42667
100	1.2	14.2	2.4	370	3412	13166
200	1	16.65	2.1	359	1565	21833
200	1.2	13.95	2.4	399	4873	28666
325	1	16.75	2	450	11280	34666
325	1.2	12.05	2	232	3976	5667

4.1. Bentonit Miktarı Değişiminin Pelet Boyutuna Etkisi

Farklı elek aralıklarından elenmiş pirit külü numunelerine farklı oranlarda bentonit ve su ilave edilerek yapılan peletleme denemeleri sonuçları Çizelge 3'te verilmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda Şekil 1 çizilmiştir.

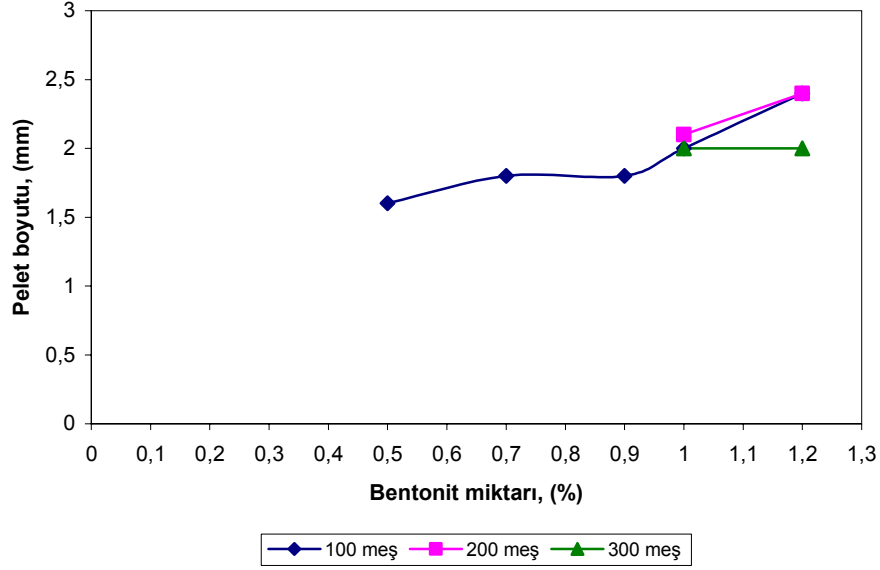
Şekil 1 incelendiğinde ağırlıkça % 0.5-0.9 arası bentonit ilavesinin 100 meşlik numunelerin pelet boyutunu fazla değiştirmedeği, ancak bir miktar küçülme olduğu, bentonit oranı %1'e çıkartıldığında ise pelet boyutunun %41 oranında arttığı, ve daha sonra da %1.2 bentonit ilave edildiğinde pelet boyutunun tekrar küçülmeye başladığı görülmektedir.

200 ve 325 meş elek aralığında ise pelet boyutunun bentonit miktarıyla ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Yani bentonit miktarı arttıkça pelet boyutu küçülmektedir.



Şekil 1. Bentonit miktarı değişiminin pelet boyutuna etkisi

4.2. Bentonit Miktarı Değişiminin Yaş Peletlerin Özelliklerine Etkisi



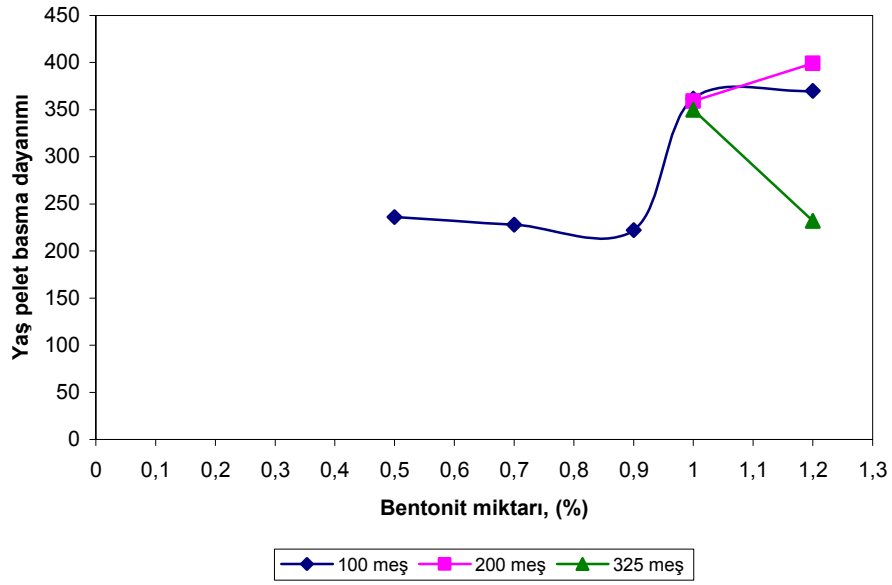
Şekil 2. Bentonit miktarı değişiminin yaş pelet düşme sayısına etkisi

Yaş pelet düşme sayısı tayini deneyinde 45cm'den serbest halde bırakılan peletlerin parçalanıncaya kadarki düşme sayısı tespit edilir. Çatlamanın olduğu sayıya "yaş pelet düşme sayısı" denir.

Şekil 2 incelendiğinde, 100 meş ve 200 meş elek aralığından elenmiş numunelerde bentonit miktarının artırılmasıyla yaş peletlerin düşme sayısı değerinin de arttığı olduğu görülmektedir. 325 meş elek aralığından elenmiş numunelerde ise %1-1.2 aralığında bentonit miktarı değişimi yaş pelet düşme sayısı miktarını değiştirmemiştir.

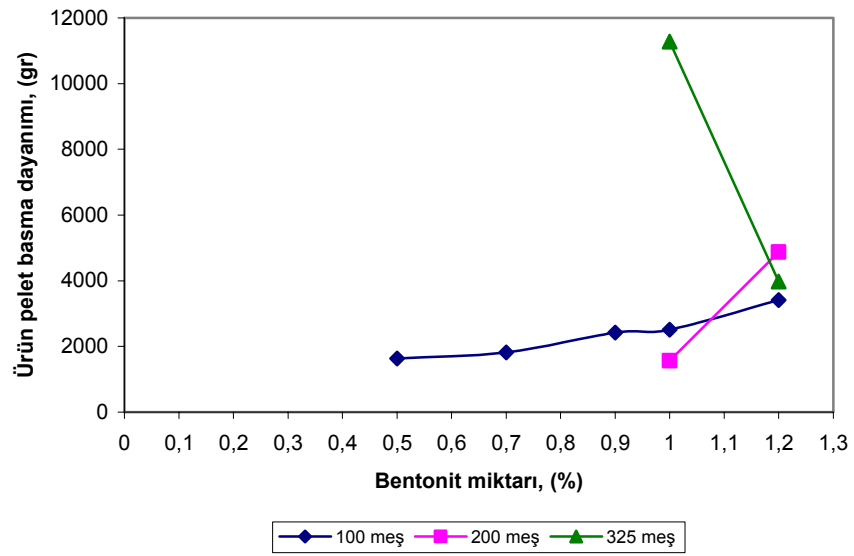
Bentonit miktarı değişiminin yaş peletlerin basma mukavemetine etkisini incelemek amacıyla bir seri peletleme denemesi yapılmıştır. Peletleme şartları sabittir: Tamburun eğimi 60°C ve numune miktarı 1 kg' dır. Numunelerin elek boyutu değişmektedir: 100, 200 ve 325 meş. 100 meşlik numunelere ağırlıkça %0.5, %0.7, %0.9, %1 ve %1.2 oranında, 200 ve 325 meşlik numunelere ise %1 ve %1.2 oranında bentonit ilave edilmiştir.

Şekil 3 incelendiğinde, %0,5-0,9 aralığında bentonit ilavesinin 100 meş elek aralığından elenmiş numunelerin yaş pelet basma mukavemetini düşürdüğü, %1-1,2 oranında bentonit ilave edildiğinde ise mukavemet değerinin %39 oranında bir artış gösterdiği görülmektedir. 200 meş elek aralığından elenmiş numunelerin yaş pelet basma mukavemeti bentonit ilavesiyle artarken, 325 meş elek aralığından elenmiş numunelerin basma mukavemeti bentonit ilavesiyle azalmaktadır.



Şekil 3. Bentonit miktarı değişiminin yaş pelet basma mukavemetine etkisi

4.3. Bentonit Miktarı Değişiminin Ürün Peletlerin Özelliklerine Etkisi



Şekil 4. Bentonit miktarı değişiminin ürün pelet basma mukavemetine etkisi

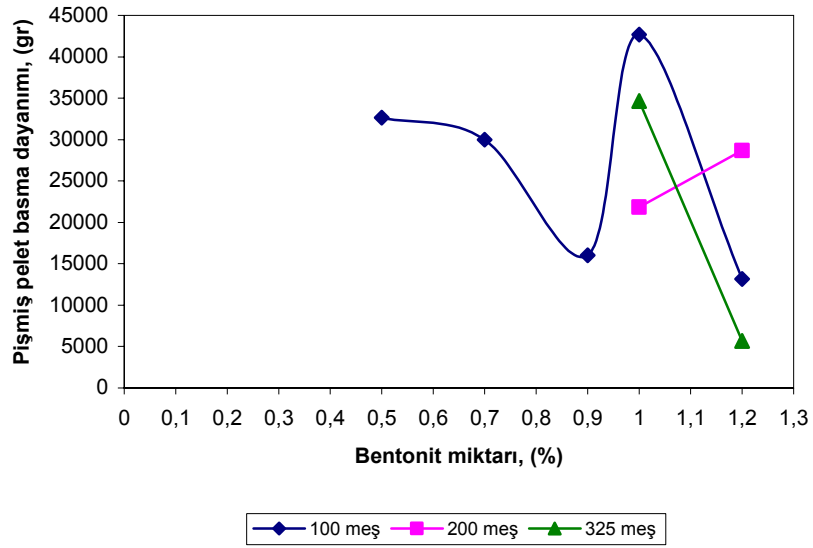
Şekil 4 incelendiğinde, 100 ve 200 meş elek aralığından elenmiş numunelerin ürün pelet basma mukavemetinin, ilave edilen bentonit miktarının artışıyla doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 325 meş elek aralığından elenmiş numunelerin ürün pelet basma mukavemeti ise bentonit miktarı artışıyla azalmaktadır. Yani bu elek aralığındaki numunelerin ürün pelet basma dayanımı bentonit miktarı artışıyla ters orantılıdır.

4.4. Bentonit Miktarı Değişiminin Pişmiş Peletlerin Özelliklerine Etkisi

105°C' de kurutulmuş olan ürün peletler son olarak 1200°C' de 30 dakika müddetle pişirilmiş ve oda sıcaklığına soğutulduktan sonra basınç mukavemetleri ölçülmüştür. Pişmiş peletlere uygulanan basınç mukavemeti denemelerinin sonuçları Şekil 5' de verilmiştir.

Şekil 5 incelendiğinde, 100 meş elek aralığından elenmiş numunelerin pişirildikten sonraki basınç mukavemetinin %0,5-0,9 aralığında bentonit ilavesiyle azaldığı, %1 bentonit ilave edildiğinde birdenbire arttığı, %1,2 bentonit ilave edildiğinde ise mukavemetin tekrar oldukça düştüğü görülmektedir. Bu durumda 100 meş elek aralığından elenmiş numuneler için ilave edilecek ideal % bentonit miktarının %1 olduğu görülmektedir.

200 ve 325 meş elek aralığından elenmiş numunelere 1200°C' de pişirildikten sonra basınç mukavemeti deneyi uygulandığında ise, numunelere ilave edilen bentonit miktarı arttıkça 200 meşlik numunelerin basma mukavemetinin arttığı, 325 meşlik numunelerin ise basma mukavemetinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 5. Bentonit miktarı değişiminin pişmiş pelet basma mukavemetine etkisi

5. DEĞERLENDİRME

Peletleme denemeleri sonunda elde edilen sonuçlar, peletleme prosesi sırasında pirit külü numunelerine ilave edilen bentonit miktarının, elde edilen peletlerin mukavemetini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Pelletization of Pyrite Ash Wastes for Utilization...

Demir cevheri peletlenmesinde, literatürde öngörülen ideal pelet boyut aralığı 8-20 mm'dir. Yapılan denemeler sonucunda, farklı elek aralıklarından elenerek ve farklı oranlarda bentonit ilave edilerek elde edilmiş olan bütün peletlerin bu boyut aralığına uyduğu ve bütün numuneler için ilave edilecek ideal % bentonit miktarının %1 olduğu görülmüştür.

Yaş peletlere uygulanan düşme sayısı tayini denemeleri sonunda maksimum düşme sayısı 2.4 olarak bulunmuş, bu da 100 ve 200 meş elek aralığından elenmiş numunelere %1.2 bentonit ilave edilerek elde edilmiştir. 325 meşlik numunelerle yapılan denemelerde elde edilen maksimum değer ise 2'dir.

Yaş pelet basma dayanımı denemeleri sonucunda ise, en yüksek yaş basma dayanımı 100 ve 200 meş elek aralığından elenmiş numunelere %1.2 oranında, 325 meş elek aralığından elenmiş numunelere ise %1 oranında bentonit ilave edildiğinde elde edilmiştir.

Ürün pelet basma dayanımı denemeleri sonunda ise, maksimum basma dayanımı değerleri, aynı yaş basma dayanımında olduğu gibi, 100 ve 200 meş elek aralığından elenmiş olan numunelere %1.2, 325 meş elek aralığından elenmiş olan numunelere ise %1 oranında bentonit ilave edildiğinde elde edilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar bize yaş peletler ve ürün peletler için ulaşılan neticelerin birbiriyle uyumlu olduğunu, yani 100 ve 200 meşlik numunelere ilave edilmesi gereken ideal bentonit yüzdesi miktarının %1.2, 325 meşlik numunelere ilave edilmesi gereken ideal bentonit yüzdesi miktarının ise %1 olduğunu göstermiştir.

Ürün peletlere son olarak 1200°C sıcaklıkta pişirildikten sonra basma dayanımı denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda ise, maksimum basma mukavemeti değerleri 100 ve 325 meş elek aralığından elenmiş numunelere %1 oranında, 200 meş elek aralığından elenmiş numunelere ise % 1.2 oranında bentonit ilave edildiğinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar bize 100 ve 325 meş elek aralığından elenmiş numunelerle elde edilen peletlerin, bu sıcaklıkta pişirildikten önce ve sonraki basma dayanımı değerlerinin birbirlerinden farklı olduğunu (100 meş için pişirilmeden önceki ideal oran %1.2 iken, pişirildikten sonraki ideal oran %1 olmuş, 325 meş içinse pişirilmeden önceki ideal oran %1 iken, pişirildikten sonraki ideal oran %1.2 olmuştur.) göstermektedir. Bu da bize yüksek sıcaklıklarda peletlerin mukavemet değerlerinin değiştiğini göstermektedir.

Pirit külü atıkları peletlenmesinde ideal oranların bulunup, maksimum mukavemet değerlerine ulaşabilmek için çalışmalarımız devam etmektedir. Çalışmanın ileri aşamalarında elde edilen peletlerin pik demir üretiminde hammadde olarak kullanılabilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Yıldız N. "Demir cevherinin peletlenmesi" Madencilik, 1, 1990.
- [2] Mohammed O.A., Shalabi M.E.H., El-Hussiny N.A., et.al., "The role of normal and activated bentonite on the pelletization of barite iron ore concentrate and the quality of pellets", Powder technology, 130,277-282, 2003.
- [3] Ripke S.J., Kawatra S.K. "Can fly-ash extend bentonite binder for iron ore agglomeration?" International journal of mineral processing, 60, 181-198, 2000.
- [4] Kawatra S.K., Ripke S.J. "Pelletizing steel mill desulfurization slag" International journal of mineral processing, 65, 165-175, 2002.
- [5] Kawatra S.K., Ripke S.J. "Effects of bentonite fiber formation in iron ore pelletization" International journal of mineral processing, 65, 141-149, 2002.
- [6] Kawatra S.K., Ripke S.J. "Developping and understanding the bentonite fiber bonding mechanism" Minerals Engineering, 14, , 647-659, 2001.
- [7] "Demir cevheri peletleri basma dayanımlarının tayini", TS 2026 Türk standartları enstitüsü, Birinci baskı, 1975.