

# MANYETİT KONSANTRELERİNİN PELETLENMESİ İŞLEMLERİNDE BAĞLAYICI OLARAK KEMİK TOZUNUN KULLANILMASI

Elif Arancı ÖZTÜRK  
Bayram BOSTANCI  
Öyküm BAŞGÖZ  
Mustafa BOYRAZLI  
Yunus Emre BENKLİ  
Zeki ÇİZMECİOĞLU

Fırat Üniversitesi  
Fırat Üniversitesi  
Fırat Üniversitesi  
Fırat Üniversitesi  
Atatürk Üniversitesi  
İstanbul Ticaret Üniversitesi

## ÖZET

Soğuk bağlı kompozit peletlerin özelliği hammaddelerin soğukta sertleşen bir bağlayıcı, flaks ve karbon içeren bir redükleyici ile karıştırılarak peletlenmesidir. Klasik pelet üretim tekniklerinde bağlayıcı olarak kullanılan bentonitin dışında, pişirme kademesine gerek kalmadan pelete yeterli mukavemeti kazandıran bağlayıcılar sayesinde pelet maliyeti düşmekte ve işlem süresi kısalmaktadır.

Bu çalışmada, Divriği A kafa manyetit konsantresi, flaks malzemesi olarak  $\text{Ca(OH)}_2$ , indirgeyici olarak kok ve bağlayıcı olarak kemik tozu kullanılarak demir tanesi üretiminin ilk aşaması olan soğukta sertleşebilen kompozit peletlerin üretilmesi amaçlanmıştır.

%5, 10, 20 ve 30 oranında kemik tozu, %1, 2 ve 3 oranında  $\text{Ca(OH)}_2$ , %10, 20 ve 30 oranında ise kokun kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre en yüksek pelet mukavemet değeri %20 kemik tozu + %1  $\text{Ca(OH)}_2$  + %20 kok karışımından üretilen peletlerin 200 °C' de 60 dakika kurutulması sonucu 138 N/pelet olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bağlayıcı, Kemik tozu, Peletleme.

## ABSTRACT

The characteristic of cold bonded composite pellets is the pelletizing of raw materials by mixing with a binder which

gives strength in low temperature, flux and a carbon containing reductant. With the exception of bentonite which is used as binder in classical pellet production techniques, pellet cost and period of the process can be reduced by using the binders that give the pellet adequate strength without the necessity of firing.

In this study, it was aimed to produce cold hardenable composite pellets, which are the first stage of iron grain production, using Divriği A Hill magnetite concentrate,  $\text{Ca(OH)}_2$  as flux, coke as reductant and bone powder as binder.

5, 10, 20, 30% rate of bone powder, 1, 2 and 3% rate of  $\text{Ca(OH)}_2$ , 10, 20 and 30% rate of coke were used in experiments. The highest pellet strength value was determined as 138 N / pellet after 60 minutes of drying at 200 °C of the pellets produced from 20% bone dust + 1%  $\text{Ca(OH)}_2$  + 20% coke mixture.

**Keywords:** Binder, Bone powder, Pelletizing.

## 1. GİRİŞ

Demir-çelik sanayinin gelişmesine paralel olarak, demir aglomerasyon teknolojisi de hızla gelişmiş ve özellikle sinterleme ve peletleme, bu sanayii kolunda önemli bir yer bulmuştur. İnce öğütülmüş cevher konsantrelerinin, katkı maddeleri ile birlikte oluşturulan karışımından, topaklar halinde kütle elde etme işlemi kısaca aglomerasyon olarak tanımlanır. II. Dünya savaşından sonra peletleme teknolojisi, demir-çelik endüstrisine paralel olarak büyük bir gelişme göstermiştir. Toz ve düşük tenörlü cevherlerin değerlendirilmesi amacı ile kurulmuş pelet tesisleri, demir ve çelik üreten tesislerin verimliliğini büyük oranda artırmıştır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte demir cevheri aglomerasyonunun üretim olarak büyük bir bölümünü peletleme oluşturmaktadır [1].

Klasik pelet üretimi işlemlerine alternatif olarak geliştirilen soğukta sertleşebilen pelet üretimi son zamanlarda büyük öneme sahip olmuştur. Geleneksel demir çelik üretiminde kullanılan peletler genellikle 1200-1300 °C' de işlem gördükten sonra fırına beslenirken, soğukta sertleştirilen peletler, kullanılan bağlayıcı türüne de bağlı olarak şekillendirildikten sonra çok daha düşük sıcaklıklarda işleme tabi tutularak, özellikle sünger demir üretim proseslerinde kullanılabilirler.

Kompozit peletler, çeşitli bağlayıcı ve flaks kombinasyonları ile kok tozu ve demir cevheri konsantresi kullanılarak

üretilmekte ve klasik peletlerde bağlayıcı olarak kullanılan bentonitin aksine pişirme kademesine gerek kalmadan düşük sıcaklıklarda bağlayıcının fizikokimyasal değişikliğe uğraması ile de sertleştirilebilmektedirler. Kok tozları, redüksiyon aşamasında peletin redüklenmesini sağlamaktadır. Böylece pelet üretim maliyeti düşmekte ve işlem süresi kısalmaktadır [2,3].

Bu çalışmada, kemik tozu,  $\text{Ca(OH)}_2$ , ve kok tozları kullanılarak kompozit peletler üretilmiş, kemik tozunun bağlayıcılık vasfı, pelet mukavemeti açısından ele alınmıştır.

## 2. KULLANILAN HAMMADDELER

Deneylerde demirli hammadde olarak Tablo 1’de kimyasal analizi verilen Divriği A Kafa manyetit konsantresi kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Deneylerde Kullanılan Manyetit Konsantresinin (Pelet Keki) Kimyasal Analizi.

Element / Bileşik	%	Element / Bileşik	%
Fe	68,50	$\text{Na}_2\text{O}$	0,04
$\text{SiO}_2$	2,20	$\text{K}_2\text{O}$	0,06
CaO	0,60	Pb	0,01
S	0,4		

**Tablo 2.** Deneylerde Kullanılan Kokun Kimyasal Analizi.

Element/ Bileşik	%
C	88,17
Nem	3,52
$\text{SiO}_2$	4,35
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,59
CaO	0,005
MgO	0,0018
S	1,05
Fe	0,005

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kasaptan elde edilen atık kemiklerin, 4 saat suda kaynatılarak et, yağ ve kırırdak dokularından ayrılması sağlandı. 5 saat  $110\text{ }^\circ\text{C}$ ’de kurutulan kemikler oda sıcaklığına getirildikten sonra 24 saat süreyle öğütüldü.

–75 mikron seviyesine getirilen kemik tozları bu çalışmada bağlayıcı olarak kullanıldı.

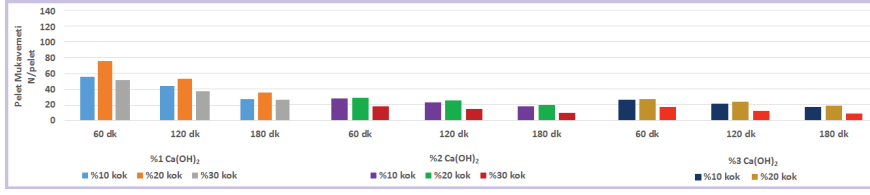
Konsantreye bağlayıcı ilavesi yapılmadan önce gerekli miktarlarda bağlayıcılar tartılıp ayrıldı, bu bağlayıcılar her defasında ayrı ayrı manyetit konsantresi ile birlikte bir karıştırıcıya konuldu. Deneylerde 325 meshlik elekten geçirilen pelet keki kullanılmıştır. Konsantre önce bağlayıcı ilave edilmeksizin, bir karıştırıcı kullanılarak yaklaşık 5 dakika kadar karıştırılıp topaklaşmaların oluşması önlenmiştir. Kemik tozunun tek başına bağlayıcı olarak kullanıldığı deneylerde, 2-5 N/pelet gibi mukavemet değerleri elde edilmiş olup değerler kemik tozunun tek başına bağlayıcılık vasfı taşıyamayacağını göstermektedir. Bu nedenle kemik tozunun  $\text{Ca(OH)}_2$  ve kok tozuyla harmanlandığında ne tür bir etkileşim göstereceğini görmek amacıyla farklı oranlarda  $\text{Ca(OH)}_2$  ve kok tozuyla karıştırılarak deneyler sürdürülmüştür.

Bu amaçla kompozit pelet üretiminde pelet keki, %5, %10, %20 ve %30 oranlarında kemik tozu ile %1, %2 ve %3 oranlarında  $\text{Ca(OH)}_2$ , ve %10, %20 ve %30 oranlarında kok ilave edilerek 20 dakika karıştırılmıştır.

Ham peletlere uygulanan mukavemet testleri en az 10 pelet üzerinde yapılmıştır. Üretilen peletlerin yaş dayanımları 45 cm’den çelik bir yüzey üzerine düşürülerek çatladığı sayıya kadar tekrarlanmıştır. Bu deney her defasında 10 pelet numunesi üzerinde yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Değerler ortalama olarak 4-5 düşme/45 cm olarak ölçülmüştür.

Literatürde organik bağlayıcıların kullanıldığı çalışmalarda,  $200\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda, organik malzemenin yapısının bozulduğu ve bağlayıcılık vasfını yitirdiğinden bahsedilmektedir [6-9]. Melas, jöle gibi organik bağlayıcılarla yapılan çalışmalarda peletlerin sertleştirilmesi için  $200\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklığın en ideal sıcaklık olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada sıcaklık sabit olarak alınmış ve bağlayıcı miktarı, kok ve  $\text{Ca(OH)}_2$  gibi malzemelerin oranları değiştirilmiştir. Peletleme diskinde şekillendirilen kompozit peletler  $200\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 60, 90 ve 120 dk kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Kurutulan peletlerin basma dayanımlarının tespitinde her bir grup pelet türünden 12-14 mm çapa sahip olan rastgele 10 numune seçilmiş ve bunların basma dayanımları ölçülerek ortalamaları alınmıştır.

## 4. DENEY SONUÇLARI



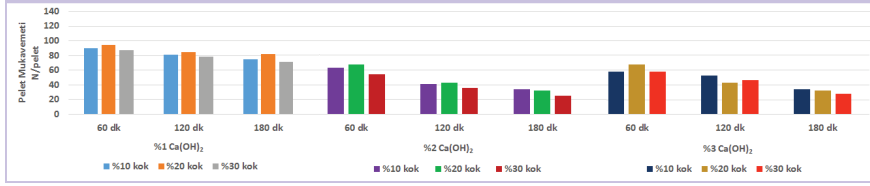
Şekil 1. %5 kemik tozunun değişen Ca(OH)<sub>2</sub> ve kok oranıyla 200 °C' de çeşitli sürelerde kurutulmasının pelet mukavemetine etkisi.

Sönmemiş kirecin higroskopik özelliği sonucu suyla olan kontrollü reaksiyonu neticesinde sönmüş kuru toz kireç elde edilir. Reaksiyon aşağıdaki gibi gelişmektedir [4].



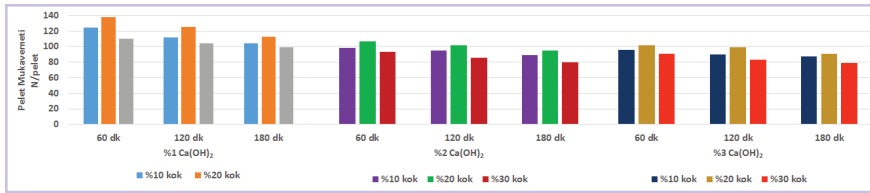
Sönmüş kirecin tekrar su kaybederek CaO haline dönüşmesi mümkündür. Bu nedenle su miktarını iyi ayarlamak suretiyle, sıcaklığın 100 °C civarında tutulması sağlanmalıdır [5].

%5 kemik tozunun bağlayıcı olarak alındığı numune içerisinde farklı oranlarda ilave edilen Ca(OH)<sub>2</sub> ve kok tozunun pelet mukavemetine etkisinin incelendiği numunelerde (Şekil 1), kok tozunun pelet mukavemetine olumlu yönde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. Ca(OH)<sub>2</sub> miktarının artmasıyla mukavemet değerlerinde bir artış olacağı düşünülse de, 200 °C sıcaklıkta, Ca(OH)<sub>2</sub>'nin buharlaşmaya başlaması neticesinde, meydana gelen iç basınç pelet içerisinde çatlamalara neden olmakta ve mukavemeti düşürmektedir. Kurutma süresinin uzaması buharlaşmanın artmasına paralel olarak pelet mukavemetinde önemli oranda düşüşe neden olmaktadır.

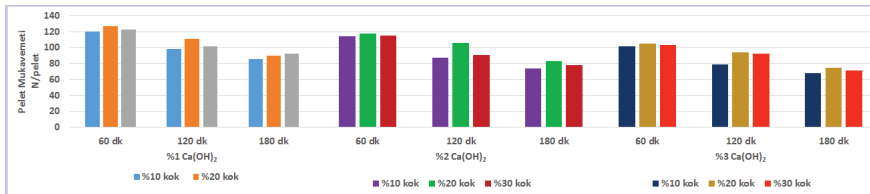


Şekil 2. %10 kemik tozunun değişen Ca(OH)<sub>2</sub> ve kok oranıyla 200 °C' de çeşitli sürelerde kurutulmasının pelet mukavemetine etkisi.

%10 kemik tozunun kullanıldığı numunelerde, 60 dk kurutma işlemleri neticesinde elde edilen 94 N/pelet'lik mukavemet değerleri 180 dk kurutma işlemleri sonucunda 25 N/pelet değerine düşmüştür (Şekil 2).



Şekil 3. %20 kemik tozunun değişen Ca(OH)<sub>2</sub> ve kok oranıyla 200 °C' de çeşitli sürelerde kurutulmasının pelet mukavemetine etkisi.



Şekil 4. %30 kemik tozunun değişen Ca(OH)<sub>2</sub> ve kok oranıyla 200 °C' de çeşitli sürelerde kurutulmasının pelet mukavemetine etkisi.

Benzer şekilde kemik tozunun %20 ve %30 olarak bağlayıcı olarak kullanıldığı numunelerde ilave edilen kok tozu ve  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Şekil 1 ve Şekil 2' deki benzer şekilde artan süreye bağlı olarak mukavemet değerlerinde bir düşüşe neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda optimal mukavemet değerlerinin %20 kemik tozu+%1  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  +%20 kok kullanılarak üretilen kompozit peletlerin 60 dakika 200 °C sıcaklıkta işlem görmesi neticesinde 138 N/pelet olarak elde edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Son yıllarda gerek demir cevheri ve hurda fiyatlarındaki yükselmeler gerekse taşıma maliyetlerinin oldukça artması ülkeleri kendi kaynaklarını kullanmaya zorlamaktadır. Yıllardır ülkemiz için düşünülen ancak proje çalışmalarından öteye gidemeyen yerli kaynaklar kullanılarak sünger demir üretimi çalışmaları atıl durumda bulunan yerli cevher yataklarımızın işletmeye alınması ve elde edilecek yerli cevher ya da konsantrelerin hem sünger demir üretiminde hem de yüksek fırında kullanılması ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Bu projenin önündeki engellerden biri de düşük tenörlü cevherlerin çeşitli aglomerasyon işlemlerinden geçirildikten sonra kullanılabilir hal almasıdır.

Hem pelet maliyetini düşürmek hem de işlem süresini kısaltmak ve pişirme kademesine gerek kalmadan pelete yeterli mukavemeti kazandırmak için klasik pelet üretim tekniklerinde kullanılan bentonite alternatif bağlayıcılar araştırılmaktadır.

Bu çalışmada, Divriği A kafa manyetit konsantresi, flaks malzemesi olarak  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , indirgeyici olarak kok ve bağlayıcı olarak kemik tozu kullanılarak demir tanesi üretiminin ilk aşaması olan soğukta sertleşebilen kompozit peletlerin üretilmesi amaçlanmıştır.

%5, 10, 20 ve 30 oranında kemik tozu, %1, 2 ve 3 oranında  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , %10, 20 ve 30 oranında ise kokun kullanıldığı deneylerden elde edilen sonuçlara göre en yüksek pelet mukavemet değeri %20 kemik tozu + %1  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  + %20 kok karışımından üretilen peletlerin 200 °C' de 60 dakika kurutulması sonucu 138 N/pelet olarak belirlenmiştir. Literatürde soğukta sertleştirilen kompozit peletlerin 250-300 N/pelet mukavemet değerlerine sahip olması istenmektedir. Kemik tozunun yeterli mukavemet değerlerine ulaşamadığı görülmektedir.

Kemik tozunun bağlayıcılık vasfına kok tozunun olumlu yönde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  miktarının artmasıyla mukavemet değerlerinde bir artış

olacağı düşünülse de, 200 °C sıcaklıkta,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'nin buharlaşmaya başlaması neticesinde, pelet içerisinde meydana gelen iç basınç bünyede çatlamalara neden olmakta ve pelet mukavemetini düşürmektedir. Sıcaklığın 100 °C civarında tutulması durumunda sönmüş kirecin tekrar su kaybederek CaO haline dönüşmesinin mümkün olduğu literatürde bildirilmektedir. Kurutma süresinin uzaması, su buharı çıkışının artmasına neden olmakla birlikte pelet mukavemetinde önemli oranda düşüşe neden olmaktadır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma FÜBAP tarafından desteklenen MF.13.22 nolu "İNDİRGEN OLARAK ÇAY TESİS ATIĞI KARBONİZASYON ÜRÜNÜ KULLANILARAK MANYETİT CEVHERLERİNDEN DEMİR TANESİ ÜRETİMİ" adlı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı FÜBAP' a teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- [1] Yıldız, N., 1990, "Demir Cevherlerinin Peletlenmesi", Madencilik Dergisi, 29. Cilt, Sayı 1, 17-32.
- [2] Boyrazlı, M., 2008, "Demir Cevheri İçerisindeki Safsızlıkların Olumsuz Etkilerinin Giderilme Yollarının Araştırılması" Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Eisele T. C., Kawatra S. K., 2003, "A Review of Binders in Iron Ore Pelletization", Mineral Processing & Extractive Metall. Rev., 24: 1-90.
- [4] Parlakyıldız, M., 2008, "Hammadde Olarak Kireçtaşı ve Üretilen Kirecin Standartlara Uygunluğunun Araştırılması", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [5] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kire%C3%A7>
- [6] Boyrazlı, M., Arancı Öztürk, E., Benkli, Y.E., Çizmeciöğlü, Z., 2015, "Soğukta Sertleşen Pelet Üretiminde Pelet Mukavemetine Na-Bentonit ve Organik Bağlayıcıların Etkilerinin Karşılaştırılması", Metal Dünyası, Sayı: 262, 90-97.
- [7] Benkli, Y.E., Boyrazlı, M., Artır, R., Çizmeciöğlü, Z., 2009, "Soğukta Sertleşen Kompozit Pelet Üretiminde Bağlayıcı Olarak Jöle İlavasının Araştırılması", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük.
- [8] Benkli, Y.E., Boyrazlı, M., Artır, R., Çizmeciöğlü, Z., 2012, "Soğuk Bağlı Kompozit Demir Peletlerde Farklı Bağlayıcıların Basma Dayanımı Üzerine Etkilerinin Araştırılması", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt:9, No:2, 15-26.
- [9] Benkli, Y.E., Boyrazlı, M., Artır, R., Avdallar, V., Çizmeciöğlü, Z., 2008, "Organik Esaslı Bağlayıcı ile Soğukta Sertleşen Kompozit Pelet Üretimine Araştırılması", 14th International Metallurgy Materials Congress, IMMC 2008, İstanbul.