

DEVECİ SİDERİT CEVHERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE FARKLI BİR YAKLAŞIM

A NEW APPROACH FOR THE BENEFICIATION OF DEVECİ SIDERITE ORE

G.ATEŞOK

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İstanbul

F. EMRULLAHOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon

A.GÜL, T.PEREK, H.DİNÇER

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZET: Hekimhan Deveci Siderit cevherlerinin pilot ölçekte kalsinasyon deneyleri; 50, 60, 70 ve 80 mm altına kırılmış numunelerle 100 cm çapında ve 8.6 m uzunluğunda, 250 kg/saat kapasiteli döner fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 700 °C, 800 °C ve 900 °C sıcaklıklar ile 15, 30 ve 45 dakikalık kalsinasyon sürelerinde gerçekleştirilen deneylerde optimum kalsinasyon parametreleri saptanmıştır. Pilot ölçekli deneyler sonunda; 800 °C da ve 15 dakikalık kalsinasyon süresinde üretilen ürünlerin Fe içeriğinin yeterli düzeye geldiği saptanmıştır. 80 mm altına kırılan siderit cevherinden 800 °C da ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin tamamının -25 mm' ye kırılmasıyla elde edilen -25+8 mm boyutundaki parça cevherin % 56.10 Fe, % 6.00 Mn, % 6.10 SiO₂ ve % 4.85 CO₂ içerdiği belirlenmiştir. Daha sonra pilot ölçekli döner fırında gerçekleştirilen kalsinasyon sistemi ile T.D.Ç.İ. Genel Müdürlüğü' nce Deveci Siderit Cevheri' ne uygulanan sinterleme sistemlerinin ekonomik değerlendirilmesi yapılarak bir fizibilite çalışması sunulmuştur.

ABSTRACT: The pilot scale tests were carried out with different sample sizes that were crushed below 50, 60, 70 and 80 mm. Calcination experiments were achieved using a 250 kg/h capacity furnace of 100 cm diameter and 8.6 m long. Calcination was affected at temperatures of 700 °C, 800 °C and 900 °C while the test duration was chosen as 15,30 and 45 minutes. At the end of the calcination run at 800 °C and for 15 minutes, iron content of the products were observed to reach an adequate level. The calcinated product of various size groups was crushed below 25 mm and the size fraction -25+8 mm was screened out. The amount of -25+8 mm fraction has iron content with the amount of 56.10 %and it assayed 4.85 CO₂, 6.00 % Mn and 6.10 % SiO₂. After the pilot scale calcination tests; calcination system compared with the sinter system applied to Deveci Siderite ores by the Turkish Iron and Steel Works on the economical bases and a feasibility studies were presented.

1. GİRİŞ

Türkiye, şu anda demir-çelik endüstrisinin ihtiyacı için yaklaşık 4 milyon ton/yıl demir cevheri ithal etmektedir. Gelecekte bu ihtiyaç büyük miktarlarda artacaktır. Türkiye' nin ürettiği çeliğin % 60' ını entegre (kömür ve demir cevherine dayalı) demir-çelik fabrikalarından, % 40' ını hurdaya dayalı ark ocaklı tesislerden ürettiği kabul edilirse. Türkiye' nin 2005 yılında 20 milyon ton/yıl demir cevherine ihtiyacı olacaktır. Bu rakamın 2015 yılında 31 milyon ton/yıl değerine çıkacağı tahmin edilmektedir. [1]

Türkiye direkt şarjlı demir cevheri açısından büyük bir açmaza girmektedir. Türkiye işletilebilir demir cevheri rezervi; 50 milyon tonu Sivas-Divriği sahasında olmak üzere toplam 75 milyon ton' dur.

Bu rezervler toplam 22 yatakta bulunmakta olup, Fe içeriği ortalama % 54 civarındadır. Bugünkü tüketim rakamlarıyla bu rezervin 7-8 sene içerisinde tükeneceği belirtilmektedir [2]. Türkiye' de demir cevheri tüketimi yıllık 9 milyon ton olup, bu tüketimin 5.0 milyon tonu yurt içi kaynaklarından karşılanmaktadır.

Türkiye' nin Özellikle yüksek fırın demir cevheri ihtiyacı sorununu çözmesi, toplam 307 milyon ton rezerve sahip olan sorunlu demir cevherlerinin zenginleştirilmesi ile mümkün olabilecektir. Ortalama % 23 Fe içeren ve toplam 17 yataktan oluşan sorunlu demir cevherlerinin 160 milyon tonu % 19 Fe içeriği ile Hasançelebi ve 50 milyon tonu ise % 37 Fe içeriği ile Deveci yatağında bulunmaktadır [2].

Fe içeriği nedeni ile sorunlu cevher grubuna giren ve 50 milyon ton civarında bir rezerve sahip olan Hekimhan-Deveci yöresi siderit cevheri ($FeCO_3$) halihazırda T.D.Ç.İ' nce sinterde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, siderit cevherinin döner fırında kalsine edilerek ve siderit cevherinin sinterlenmek üzere kullanılması alternatifleri değerlendirilmiş ve bir fizibilite çalışması sunulmuştur [3].

2. NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ

Deneylere esas olan numuneler, Malatya Hekimhan-Deveci Siderit cevherinin fiziksel, kimyasal, mineralojik özelliklerinin saptanması ve kalsinasyon koşullarının belirlenmesinin yanısıra, yüksek fırında kullanılabilme olanaklarının saptanmasına yönelik alınmıştır. İşletme stok sahasından alınan numuneler; 80, 70 , 60 ve 50 mm altına kırılmış ve 50' şer tonluk temsili numuneler hazırlanmıştır. Hekimhan Deveci siderit cevherinin kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 1' de verilmektedir.

Çizelge 1. Deveci Siderit Cevherinin Tam Kimyasal Analiz Sonuçları.

Eleman	%	Eleman	%
Fe	37.70	Na ₂ O	0.33
CO	37.20	K ₂ O	0.04
Mn ²	4.06	TiO ₂	0.44
SiO ₂	4.18	P ₂ O ₅	0.12
MgO	4.32	S	0.05
CaO	3.03	Cr ₂ O ₃	0.033
Al ₂ O ₃	1.32	Kızdırma Kaybı	31.04

Numunelerin mineralojik incelemeleri sonucunda, cevher bileşimindeki minerallerin yaklaşık % 90-95 gibi büyük bir kısmının demir, 'manganez ve magnezyum karbonatlarından oluştuğu saptanmıştır. Ayrıca cevherde düşük oranlarda demir oksit, manganez oksit ve magnezyum oksitleri yanında kuvars, epidot, rutil, klorit ve çeşitli sülfür mineralleri saptanmıştır.

3. KALSİNASYON DENEYLERİ

Pilot ölçekli kalsinasyon deneyleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde bulunan 200 kg/saat kapasiteli 100. cm çapında ve 8.6 m boyunda tecrit edilmiş döner fırında gerçekleştirilmiştir. Pilot Ölçekli ön deneylerden elde edilen verilerin ışığında; pilot Ölçekli

kalsinasyon deneylerinde 15,30 ve 45 dakikalık kalsine etme süreçlerinde 700 °C, 800 °C ve 900 °C sıcaklık değerlerinde kalsinasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

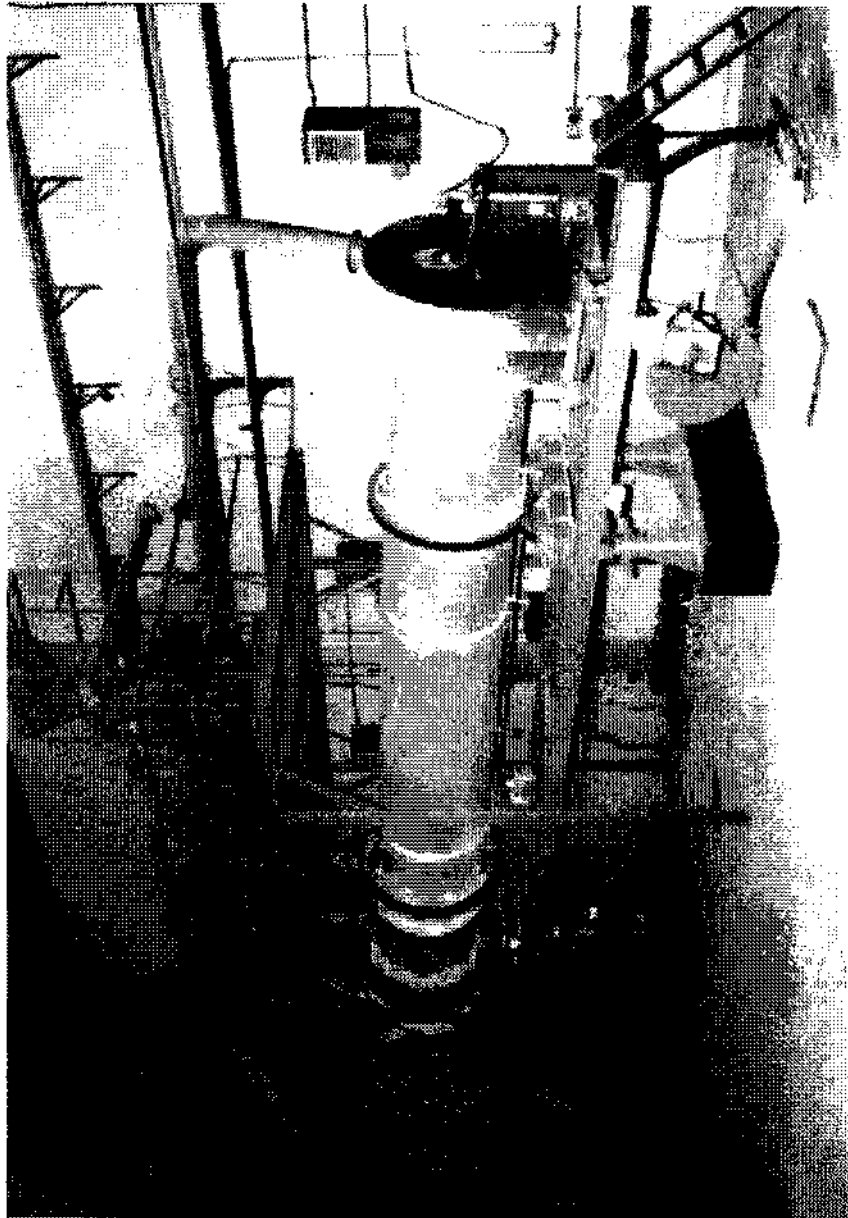
Döner fırının silindir gövdesi 8 m uzunluk ve 100 cm çapında olup 1 cm kalınlığında çelik saçtan yapılmıştır (Fotoğraf 1). 200 kg/saat olan fırın kapasitesini sabit tutabilmek için faydalı hacmi % 5 ile % 20 arasında değiştirilebilmektedir. Fırın İç sıcaklığını ölçmek için gövde boyunca belirli mesafelerde 5 termokapl yerleştirilmiştir. Fırının ısıtılması boşaltma tarafına yerleştirilen bir mazot beki vasıtasıyla yapılmaktadır. Yakıt 2 depo tankından beke gravite ile beslenmekte ve primer hava 780 m³/saat kapasiteli bir fandan temin edilmektedir. Sıcak gazlar besleme tarafından çıkarak bir davlumbaza oradan da borular ile gaz yakama sistemine verilmekte veya by-pass yapılarak atmosfere atılmaktadır.

Deneyler sırasında döner fırın yakıldıktan sonra ve istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra cevher beslenmeye başlanmış ve beslemeler genellikle 3 saat sürmüştür. Bir sonraki deneye fırın tamamen boşaldıktan sonra başlanmış dolayısıyla deneyler malzeme boyutu ve fırında kalış süresine bağlı olarak 4-12 saat arasında zamanlarda tamamlanmıştır. Kalsinasyon sırasında malzemenin fırında kalış süresi cevherin fırına giriş ve çıkışı arasındaki süre olmayıp, fırın çıkışındaki (alev bölgesi:yaklaşık 2 m) son 2 termokapl bölgesinin geçiş süresidir. Çeşitli sıcaklık ve sürelerde olmak üzere tamamı 50, 60, 70 ve 80 mm altında olan siderit cevherinden 1" er ton fırına beslenmiştir.

3.1. Kalsinasyon Deney Sonuçları

Tamamı 50, 60, 70 ve 80 mm altında olan siderit cevheriyle çeşitli sıcaklık ve kalsinasyon sürelerinde yapılan kalsinasyon deney sonuçları Çizelge 2 ve 3' de verilmiştir.

Çizelgelerden görülebileceği gibi, 800 °C de ve 15 dakikalık kalsinasyon süresinde üretilen kalsine ürünlerin Fe içerikleri yeterli düzeye gelmektedir. Fırına beslenen tane boyutuna bağlı olarak; ağırlık kayıpları % 32.70 ile % 36.10 arasında değişirken, kalsinelerdeki Fe içeriği ise % 56.02 ile % 59.00 arasında olmaktadır. Tamamı 80 mm altında olan cevherle 800 °C de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde Üretilen kalsinelerin Fe içeriği % 56 civarındadır. Fe içerikleri kalsinasyon sıcaklığı ve süreye bağlı olarak artmaktadır. 900 °C* de ve 45 dakikalık kalsinasyon süresinde elde edilen kalsinelerin Fe içerikleri % 60 civarına ulaşmaktadır



3.2 Kalsinasyon Ürünlerinin Fiziksel ve Kimyasal özelliklerinin Saptanması

Optimum kalsinasyon koşullarında üretilen ve çeşitli boyut gruplarında bulunan kalsine ürünlerin yüksek

fırın koşulları da göz önün de bulundurulurarak parça cevher bazında özellikleri saptanmıştır. Yüksek fırında kullanılacak malzemenin kalsine ürün olması nedeni ile ideal yüksek fırın cevher boyutu olarak -25+8 mm boyut grubu kabul edilmiştir.

Çizelge 2. Tamamı 50 mm ve 60 mm Altına Kırılan Cevherlerle Çeşitli Sıcaklık ve Sürelerde Yapılan Kalsinasyon Denev Sonuçları

Denev Süresi (dk)	- 50 mm Siderit Cevheri						- 60 mm Siderit Cevheri					
	Ağırlık Kaybı %			Fe içeriği %			Ağırlık Kaybı %			Fe içeriği %		
	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C
15		36.10			59.00			34.32			57.40	
30		36.45			59.31			34.60			57.64	
45	35.69	36.91	37.55	58.62	59.76	60.37	34.68	35.56	36.11	57.72	58.50	59.00

Çizelge 3. Tamamı 70 mm ve 80 mm Altına Kırılan Cevherlerle Çeşitli Sıcaklık ve Sürelerde Yapılan Kalsinasyon Denev Sonuçları

Denev Süresi (dk)	- 70 mm Siderit Cevheri						- 80 mm Siderit Cevheri					
	Ağırlık Kaybı %			Fe içeriği %			Ağırlık Kaybı %			Fe İçeriği %		
	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C	700 °C	800 °C	900 °C
15		32.92			56.20			32.70			56.02	
30		34.26			57.35			33.14			56.38	
45	35.00	34.82	36.58	58.00	57.84	59.44	35.81	34.89	37.49	58.73	57.90	60.31

Çeşitli boyut gruplarında bulunan kalsine Ürünlerin 25 mm altına kırılması ve 8 mm' den elenmesi sonucunda, tamamı 80 mm altında olan siderit cevherinin kalsinasyonu sonucunda -25+8 mm boyut grubunda % 68, tamamı 50 mm altında olan siderit cevherinin kalsinasyonu sonucunda da % 52 civarında parça cevher üretilbildiği saptanmıştır. Çizelge 4' de ise -25+8 mm boyut grubunda bulunan parça cevherlerin Fe ve CO₂ içerikleri İle kalsinasyon yüzdeleri verilmektedir.

Çizelge 4. Kalsine Ürünlerin -25+8 m Boyut Grubundaki Fe ve CO₂ Analizleri

Analiz	Çeşitli Tane Boyutlarında Bulunan Kalsine Ürünler			
	(Uygulanan Test Boyutu: -25+8 mm)			
	-50 mm	-60 mm	-70 mm	-80 mm
Fe%	59.60	58.00	56.85	56.10
CO ₂ %	0.87	3.63	3.95	4.25
Kals.%	97.7	90.3	89.4	88.6

Parça cevher miktarı en büyük değere (%68) sahip olan -80 mm malzemenin kalsine ürününde kalsinasyon % 90 civarında olup. kalsinasyon sonrası -25+8 mm boyut grubu, % 56.1 Fe ve % 4.25 CO₂ içermektedir. Çizelge 5' de tamamı 80 mm altında olan siderit cevherinin 800 °C de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin

tam kimyasal analizleri. Çizelge 6' da ise çeşitli tane boyutlarında bulunan siderit cevherinin 800 °C de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin tamamının -25 mm* ye kırıldıktan sonra elde edilen -25+8 mm parça cevher grubuna uygulanan çeşitli test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5. Kalsine Ürünlerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Element %	Kalsine Ürün -80 mm	Tamamı-25 mm' ye Kırıldıktan Sonra	
		Kalsine Ürün -25+8 mm	Kalsine Ürün -8 mm
Fe	56.02	56.10	55.80
Mn	6.01	6.00	6.01
SiO ₂	6.15	6.10	6.22
Al ₂ O ₃	1.63	1.50	1.70
CaO	4.40	4.10	4.55
MgO	4.05	4.00	4.00
S	0.004	0.004	0.0004
Na ₂ O+K ₂ O	0.52	0.43	0.54
CO ₂	4.25	4.85	3.80

Çizelge 6' dan görüldüğü gibi: -25+8 mm parça cevher boyut grubunda bulunan kalsine siderit cevherinin; gözenekliliği % 42.1 ile % 37.7,

indirgenebildiği % 73.20 ile % 86.21, büzülme indeksi % 3.70 ile % 6.24, ufalanma indeksi(+6.35 mm) % 56.45 ile % 63.48 ve aşınma indeksi de (-0.5 mm) % 16.33 ile % 11.83 değerleri arasında değişmektedir. Tamamı 80 mm altında olan siderit

cevheri ile 800 °C de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin tamamının -25 mm' ye kırıldıktan sonra elde edilen -25+8 mm parça cevher boyut grubunun; gözenekliliği % 37.7,

Cizelge 6. Kalsine Ürünlerin Fiziksel Analiz Sonuçları

Test Cinsi	Çeşitli Tane Boyutlarındaki Kalsine Ürünler (Uygulanan Tests Boyutu: -25+8 mm)				
	-50 mm	-60 mm	-70 mm	-80 mm	
Gözeneklilik (%)	42.1	39.0	38.2	37.7	
İndirgeme (%) TS 8501	73.20	80.56	85.00	86.21	
Şişme ve Büzülme	Şişme (%)	—	—	—	
	TS 2502 Büzülme (%)	3.70	4.75	5.40	6.24
Tambur Mukavemet	Ufalanma indeksi +6.35 mm	56.45	60.53	59.22	63.48
	TS 2502 Aşınma İndeksi +0.5 mm	16.33	15.40	13.70	1.83
Nem (%)	0.7	0.6	0.5	0.4	

Nem testleri, çeşitli boyut gruplarında yapılan kalsinasyon deneyleri sonucunda üretilen kalsinelerin orijinal boyutunda gerçekleştirilmiştir.

indirgenebiliriği % 86.21, büzülme indeksi % 6.24, ufalanma indeksi % 63.48 ve aşınma indeksi % 11.83 olarak saptanmıştır. Bu değerler yüksek fırın cevheri için kabul edilir sınırlar içerisinde. Ufalanma indeksinin % 64 civarında olması kalsine ürün içindeki parça cevherlerin en fazla % 36 oranında tozlanmasının olacağını göstermektedir.

4. FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

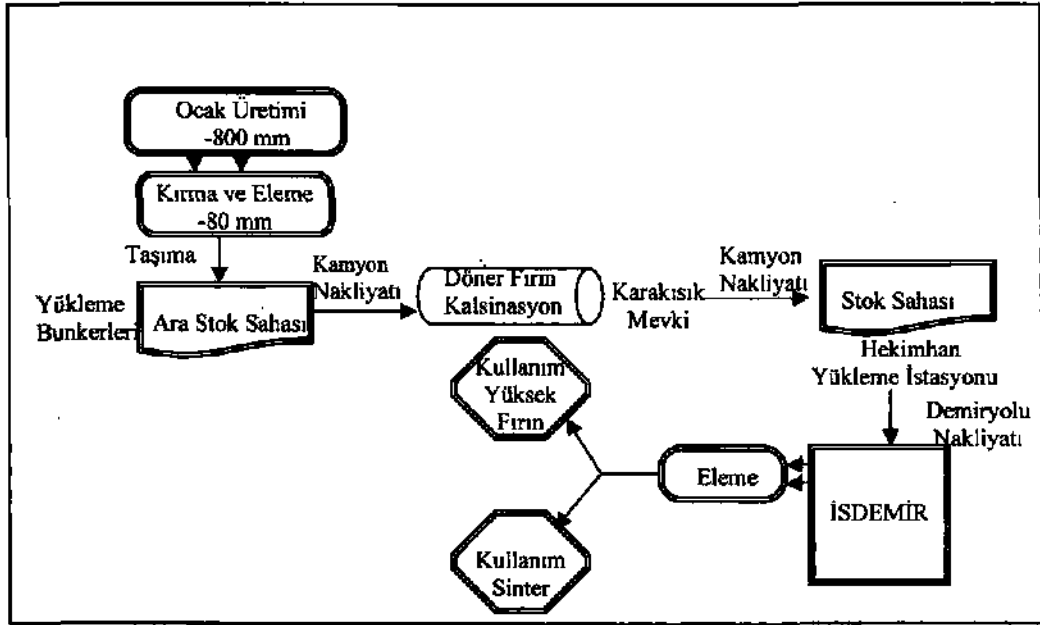
Yapılan fizibilite çalışmasında; Devceci siderit cevherlerinin döner fırında gerçekleştirilen pilot ölçekli kalsinasyon sonuçları göz önüne alınarak halen bu cevherlere T.D.Ç.İ. Genel Müdürlüğü'nce uygulanan sinterleme sistemlerinin ekonomik bazda karşılaştın İması amaç edinilmiştir. Bu amaçla kalsinasyon ve sinterlemeye göre siderit cevherinin İsdemir teslim nihai İşletme maliyetleri 1 ton kalsine ve 1 ton sinter cevher için tesbit edilmiştir. Siderit cevherinin döner fırında kalsine edilerek ve sinterlenmek üzere kullanımı ile ilgili olarak kabul edilen yerleşim ve çalışma düzenleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Şekil 1' den izleneceği gibi; kalsinasyon sisteminde, üretilen -800 mm tuvenan cevher, kırma ve eleme tesisinde -80 mm'ye kırılacaktır. -80 mm'e kırıldıktan sonra kamyon yükleme bunkerleri ile ara stok sahasına taşınacaktır. Ara stok sahasından kamyonlarla Karakısıık mevkiinde bulunan kalsinasyon tesisine getirilen cevher döner fırında kalsine edildikten sonra cevherler Hekimhan yükleme istasyonun nakledilerek stok sahasında stoklanacaktır. Yükleme istasyonundan demiryolu

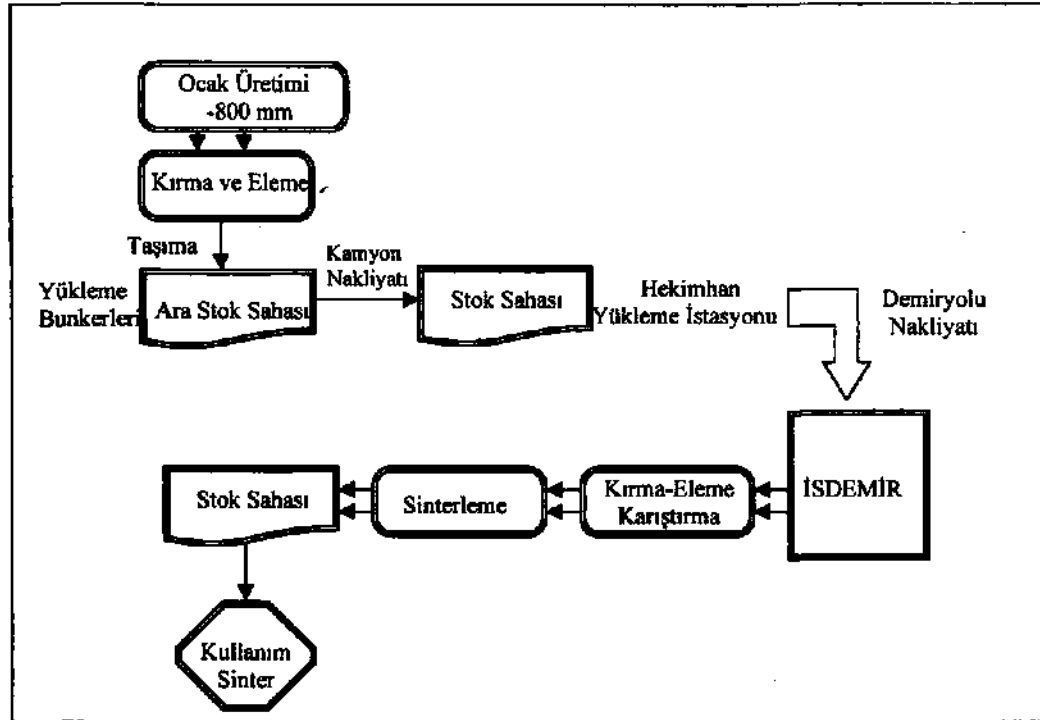
nakliyatı ile İsdemir'e taşınan kalsine cevher burada elenerek kullanım için stoklanacaktır.

Sinterleme sisteminde ise, -800 mm olarak üretilen tuvenan cevher ocak yakınına kurulacak kırma ve eleme tesisinde -150 mm'e kırılacaktır. -150 mm'e kırıldıktan sonra ara stok sahasına (kamyon yükleme bunkerleri) taşınacaktır. Buradan kamyonlarla Hekimhan yükleme İstasyonundaki stok sahasına stoklanacaktır. Yükleme istasyonundan demiryolu nakliyatı ile İsdemir'e taşınan tuvenan cevher burada kırma-eleme-kanştırma işlemlerinden sonra sinterleme ünitesine verilecektir. Sinterlenen siderit kullanım için stoklanacaktır (Şekil 2).

Her iki sistem içinde İsdemir kalsine ve sinter siderit teslim nihai İşletme maliyetleri Çizelge 7'de verilmiştir. Nihai İşletme maliyetlerinin hesaplanmasında; sinterleme maliyetleri ve taşıma maliyetleri İle ilgili bilgiler T.D.Ç.İ.' den sağlanmıştır. Kalsinasyon sistemi için nihai İşletme maliyetlerinin hesaplanmasında, optimum boyut olarak kabul edilen ve tamamı 80 mm altında olan siderit cevherinin 800 °C'de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde pilot ölçekli döner fırında elde edilen kalsinasyon verileri esas alınmıştır. Bunun yanı sıra 1990 tarihinde TUSTAŞ Sınai Tesisler A.Ş. tarafından T.D.Ç.İ. adına yapılan "Hekimhan-Devceci Siderit Cevheri Fizibilite Etüdü" raporu verilerinden de yararlanılmıştır. Pilot ölçekli döner fırın kullanılarak tamamı 80 mm altında bulunan cevherden Üretilen kalsinenin nem İçeriği % 0.4 olarak saptandığından, fizibilite hesaplannda kalsinenin nem içeriği "sıfır" olarak kabul edilmiştir.



Şekil 1. Siderit Cevherinin Kalsine Edilerek Kullanımı İle İlgili Akış Diyagramı



Şekil 2. Siderit Cevherinin Sinterlenerek Kullanımı İle İlgili Akış Diyagramı

Çizelge 7. Sistemlere Göre İsdemir Teslim Nihai İşletme Maliyetleri

Maliyet Cinsi	Girdiler (1 ton Siderit için)	Ton Başına Tüketim	Birim Maliyeti	Sistem	
				Kalsinasyon \$	Sinterleme \$
Madencilik Maliyeti O	Cevher Üretimi (Dekapaj dahil)	1 ton	7.89	10.57	10.57
	Ocak-Hekimhan Cevher Nakli	1 ton	1.68	2.25	2.25
	Kırma-Elemente	ton	0.25	0.34	0.34
(A) TOPLAM				13.16	13.16
Kalsinasyon Maliyeti	Yükleme+boşaltma+kırma+ eleme+karıştırma+stoklama	1 ton	6.00	8.04	
	Amortisman+tamir + yedek parça+faiz	1 ton	1.77	2.59	14.73
	İşçilik	1 ton	0.61	0.89	
	Elektrik	8.24 KWh	0.62	0.91	
	Fuel-Oil	40 kg	6.74	9.87	
(B) TOPLAM				22.30	14.73
(A)-HB) TOPLAMI				35.46	27.89
e	Altyapı Yatırım ve Genel Gider Payı C= % 20 x (A+B)			7.09	5.58
ARA TOPLAM				42.55	33.47
o	Madencilik Fonu % 3			1.27	1.00
Nakliye Maliyeti 0	Demiryolu Nakliyesi (İsdemir-Yakacık)		8.00	8.00	11.71
O	e + o + e TOPLAM			51.82	46.18
9	KDV 0x0.10			5.18	4.62
☞	Fabrika İstasyon Fiatt			57.00	50.80

Çizelge 7den izleneceği üzere; 1 ton kalsine siderit'in İsdemir teslim İşletme maliyeti 57.00 \$ iken, 1 ton sinter siderit'in İsdemir teslim işletme maliyeti 50.80 \$ olarak saptanmıştır. Maliyet değerleri açısından, sinter siderit kalsine siderite nazaran 6.20 \$/ton'luk bir avantaja sahiptir. Ancak 1 ton kalsine siderit ile 1 ton sinter siderit'in parasal değeri gözönüne alındığında bu fark küçülmektedir. Şöyle ki;

18.11.1997 tarihi itibarıyla T.D.Ç.İ.'nin ithal cevher fiatları baz alınarak; % 64 Fe içeren parça cevher ve toz cevher fiatları sırasıyla 40.61 cent/ünite ve 32.80 cent/ünite olarak kabul edilirse;

% 68'i parça ve % 32'si toz cevher olan ve % 56 Fe içeren 1 ton kalsine siderit'in fiatı;

1 ton parça cevher fiatı : $40.61 \times 56 \times 0.68 = 15.46$ \$

1 ton toz cevher fiatı : $32.80 \times 56 \times 0.32 = 5.88$ \$

$15.46 + 5.88 = 21.34$ \$/ton olarak bulunur.

1 ton kalsine siderit'in isdemir maliyeti 57.00 \$ olduğuna göre, ton başına zarar 35.66 \$'dır.

1 ton sinter siderit'in değeri ise; $2.80 \times 56 = 18.37$ \$ olmasına rağmen, 1 ton sinter siderit'in İsdemir maliyeti 50.80 \$ olduğundan, ton başına zarar 32.43 \$ olarak gerçekleşmektedir. Kalsine ve sinter siderit'in ton başına maliyetlerinin yanısıra ürün olarak da değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlara göre sinter siderit kalsine siderite nazaran 3.23 \$/ton'luk bir avantaja sahiptir. Sonuçlar toplu halde Çizelge 8' de verilmiştir.

Çizelge 8. Ton Kalsine Siderit İle 1 Ton Sinter Siderit'in Ekonomik Değerlendirme Sonuçları

	Kalsine Siderit (1 Ton) S	Sinter Siderit (1 Ton) S
Maliyet	57.00	50.80
Parasal Değeri	21.34	18.37
Fark	-35.66	-32.43
Sonuç	3.23 \$/Ton	Sinter Lehine

5. SONUÇLAR ve İRDELEME

% 37.70 Fe içeren Hekimhan Deveci Siderit cevherinin pilot ölçekli kalsinasyon deneyleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde bulunan 200 kg/saat kapasiteli 100 cm çapında ve 8.6 m boyunda tecrit edilmiş döner fırında gerçekleştirilmiştir.

Tamamı 50,60,70 ve 80 mm altında olan siderit cevheriyle çeşitli sıcaklık ve kalsinasyon sürelerinde yapılan kalsinasyon deneylerinde; 800 °C* da ve 15 dakikalık kalsinasyon süresinde üretilen kalsine ürünlerin Fe içeriğinin yeterli düzeye geldiği saptanmıştır. Fırına beslenen tane boyutuna bağlı olarak ağırlık kaybı % 32.70 ile % 36.10 değerleri arasında değişirken, kalsinelerdeki Fe içeriği ise % 56.02 ile % 59.00 arasında olmaktadır.

Tamamı 50,60,70 ve 80 mm altında olan kalsine ürünlerin tamamının 25 mm altına kırıldıktan sonra yapılan elek analizlerinde; -25+8 mm parça cevher analizlerinde, -25+8 mm parça cevher miktarı sırası ile % 52.0, 60.1, 65.3 ve 68.0 olarak tesbit edilmiştir. Fe içerikleri % 59.60 ile % 56.10 arasında değişmektedir. Parça cevherlerdeki kalsinasyon yüzdesi % 97.7 ile % 88.6 arasında değişmekte olup, CO₂ içerikleri ise % 0.87 ile % 4.25 arasında değişim göstermektedir. Parça cevher (-25+8 mm boyutu) miktarı olarak en büyük değere sahip olan -80 mm malzemenin kalsine ürününde kalsinasyon % 90 civarında olup, Fe % 56.10 ve CO₂ % 4.25 değerindedir. Kalsine parça cevher ile toz cevher (-8 mm) arasında da kimyasal içerikler açısından bir fark tesbit edilememiştir.

Optimum kalsinasyon boyutu olarak saptanan -80 mm siderit cevheri ile 800 °C de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin içindeki parça cevherlerin; gözenekliliği % 37.7, indirgenebilirliği % 86.21, büzülme indeksi % 6.24, ufalanma İndeksi % 63.48 ve aşınma İndeksi % 11.83 olarak belirlenmiştir.

Yapılan fizibilite çalışmasında; Deveci siderit cevherlerinin döner fırında gerçekleştirilen pilot ölçekli kalsinasyon sonuçları göz önüne alınarak halen bu cevherlere T.D.Ç.İ. Genel Müdürlüğü'nce uygulanan sinterleme sistemlerinin ekonomik bazda karşılaştırılması amaç edinilmiştir. Bu amaçla kalsinasyon ve sinterlemeye göre siderit cevherinin İsdemir teslim nihai işletme maliyetleri 1 ton kalsine ve 1 ton sinter cevher için tesbit edilmiştir.

Yapılan fizibilite çalışmaları, 1 ton kalsine siderit'in İsdemir teslim işletme maliyetinin 57.00 \$, 1 ton sinter siderit'in İsdemir teslim işletme maliyeti ise 50.80 \$ olduğunu göstermiştir. Maliyet değerleri açısından sinter siderit kalsine siderit'e nazaran ton

başına 6.20 \$'lık bir avantaja sahiptir. Ancak 1 ton kalsine siderit ile 1 ton sinter siderit'in parasal değeride göz önüne alındığında (Hesaplamlarda TDÇİ'nin 18.11.1997 tarihli ithal cevherlere uyguladığı ünite fiyatları baz alınmıştır); ton başına sinter siderit lehine olan 6.20 \$'lık fark, 3.23 \$'a düşmektedir.

Döner fırınlarda kalsine siderit üretiminde maliyeti etkileyen en önemli gider, yakıt gideri olmaktadır. Ton başına yaklaşık 10 \$ civarında olan yakıt giderinin, döner fırında kalsinasyon sırasında çıkan ve CO₂ açısından oldukça yoğun olan sıcak havanın temizlenerek tekrar döner fırında kullanılması, yakıt sarfiyatını önemli ölçüde düşürecektir. Ayrıca kalsinasyonun yüksek kapasiteli döner fırınlarda yapılması da (Örneğin 50-60 m uzunluk ve 4-5 m çapında) yakıt sarfiyatını büyük oranda azaltacaktır. Döner fırınlarda yakıt sarfiyatının azaltılabilmesi ile, 1 ton sinter siderit başına 3.23 \$'lık avantaj büyük bir olasılıkla kalsine sinter lehine bozulacaktır.

Tamamı 80 mm altında olan siderit cevheri ile 800 °C'de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde (optimum kalsinasyon şartları) üretilen kalsinelerin tamamının -25 mm'e kırıldıktan sonra elde edilen -25+8 mm parça cevher boyut grubunun ufalanma İndeksi % 63.48 olarak tesbit edildiğinden; kalsine ürün içindeki parça cevherlerin % 36 oranına kadar bir tozlanmaya maruz kalabileceği bir gerçektir. Kalsinasyon prosesinin Hekimhan'da yapılıp, kalsine ürünlerin demiryolu nakliyatı ile kullanılmak üzere İsdemir'e taşınması göz önüne alındığında, kalsine Ürün içindeki parça cevherlerin tozlanması söz konusudur. Bu konunun da göz ardı edilmemesi gerekir. Ancak kalsine ürünün elenmeden tozu ile beraber taşınması tozlanmayı bir dereceye kadar azaltacaktır. Yapılan fizibilite hesaplarında bu konu değerlendirilmeye alınmamıştır. Ortam şartlarına bağlı olarak değişen bu tozlanma oranının da belli bir oranda fizibiliteye dahil edilmesi, fizibilitenin daha gerçekçi olmasını sağlayacaktır. Bu tozlanmadan gelecek olan değer, sinter siderit lehine olacaktır.

Yüksek fırında kullanılan ideal parça cevher boyutu olarak kabul edilen -25+8 mm boyut grubunun üst boyutunu 30 mm olarak alınabilmesini, parça cevherler üzerinde yapılan fiziksel testler olası olduğunu göstermektedir. Zira, tambur mukavemet testlerinde +6.35 mm boyutu üzerindeki malzeme miktarını veren ufalanma indeksi % 63.48'dir (Optimum kalsinasyon deney sonucu). Yüksek fırın şartlarında, yüksek fırına şarj edilen parça cevherlerin ufalanma indeksinin minimum % 60-65 civarında olması istendiğinden, parça cevher

boyutunun üst değerinin 30 mm olarak alınması bir problem yaratmayacaktır.

Tamamı 80 mm altında olan siderit cevheri ile 800 °C'de ve 15 dakika kalsinasyon süresinde üretilen kalsinelerin tamamının -25 mm'e yerine -30 mm'ye kınılması ile üretilecek -30+8 mm boyutlu parça cevher miktarı % 68 yerine yaklaşık % 10-12'lik bir artışla % 80 civarına gelecektir. Fizibilite hesaplarında bu artış kalsine siderit prosesi lehine üstünlük sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Türk Cumhuriyeti ve Akıaba Ülkelerde Ticaret-Müteahhitlik-Yatırım İmkanları, T.C. Devlet Bakanlığı Raporu, Ankara, 1999
2. VII. 5 Yıllık Kalkınma Planı Demir Cevheri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, (1993), Ankara
3. Malatya Hekimhan-Deveci Siderit Cevherlerinin Kalsinasyon Özelliklerinin Saptanması ve Yüksek Fırında Kullanılabilirliğinin Tesbiti İle İlgili Teknolojik Araştırma Projesi, (1997), İ.T.Ü. Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama-Araştırma Merkezi, İstanbul

