

## PAYAS BÖLGESİNDEKİ ALÜMİNALI DEMİR CEVHERLERİNİN TEKNOLOJİK ETÜDÜ

M. Hayri ERTEN (x)

önsöz :

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmekte olan MAC— 210 sayılı ve «Payas Bölgesindeki Alüminalı Demir Cevherlerinin Teknolojik Etüdü» isimli araştırma projesinin bir parçasıdır.

Yazar, bu projede Baş Yardımcı Araştırmacı olarak çalışan Sayın Assist. Prof. Dr. Zeki Doğan'a; Yardımcı Araştırmacı Sayın Öğ. Görevlisi Gülhan Özbayoğlu'na; mineralojik etüdü yapan Sayın Prof. Dr. J. H. Bernard'a ve projenin teknoloji müşaviri Sayın Prof. Dr. R. B. Bhappu'ya teşekkürü bir borç bilir.

Bu çalışmada Payas bölgesindeki mevcut olan alüminalı demir cevherlerinin sarsıntılı masa, Humphrys Spirali, flotasyon, kalsinasyon ve manyetik kavurma usulleriyle zenginleştirilmesine çalışılmıştır. Yapılan mikroskopik ve kimyasal etüdü sonunda, bu yatakların 6 ayrı tip cevher ihtiva ettiği tesbit edilmiştir.

İlk deneyler, A tipi diye adlandırılan ve Kuzguncuk ve Arı Dere mevkilerinde bol miktarda bulunan % 50 Fe tenörlü cevher üzerinde yapılmış olup, orijinal cevherden sarsıntılı masa veya manyetik kavurma sonucunda elde edilen konsantrelerde demir tenörünün ancak % 54.5'e yükseldiği görülmüştür.

Sarsıntılı masa ve Humphreys spiralinden alınan konsantrelerin manyetik kavurmağa tâbi tutulması sureti ile de demir tenörü % 58'i bulan konsantreler elde edilmiştir.

### 1. Genel Bilgiler ve Amaç :

Payas Bögesinde, oldukça geniş bir sahayı kaplayan alüminalı demir yatakları, bu muntıkada kurulmakta olan Üçüncü Demir Çelik Fabrikalarına ortalama dört kilometre uzaklıktadır. Kuzey - Güney uzantısında 15 km., Doğu - Batı (1) istikametinde 8 km. takip edilebilmekte olan bu yataklar, Kretase kalkerinde tortusal bir görünüş arz etmekte ve 5-20 metre kalınlık göstermektedir. Bu yataklar için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından verilen rezerv 18-30 milyon ton ise de, bazı tahminlere göre (2) bu rezerv 80 milyon tonun üstündedir.

Payas yataklarının en ciddi etüdü 1957 - 1958 yıllarında Krup firması (3) tarafından yapılmıştır. Bu etüd, cevherin jeolojik yapısının tayini ve zenginleştirilme imkânlarının araştırılması hedeflerini gütmüştür. Krup'un vardığı sonuca göre, cevher içindeki hematit zerreciklerinin çok ince olması nedeniyle, cevherin ocaktan istihsal edildiği haliyle gravimetrik veya manyetik usullerle zenginleştirilmesi mümkün değildir. Ayrıca, doğrudan doğruya izabe (Direct reduction) yönünden yapılan inceleme-

(x) Assoc. Prof. Dr.' O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Başkanı.

lerde alınan sonuçlar da rantabl görülmediğinden, etüdlere tamamen vazgeçilmiştir.

Demire ilâveten, alüminyumun alumina halinde değerlendirilmesi, Krup tarafından dikkat nazarına alınmamıştır.

Bu araştırmanın amacı, son yıllarda cevher zenginleştirme sahasında gelişmiş olan teknoloji muvacehesinde (5), Payas'taki alüminalı demir cevherlerinden ekonomik bir usulle demir konsantresi ve alumina elde edilemeyeceğini tahkik etmektedir. Payas yataklarının Üçüncü Demir ve Çelik Fabrikalarına (6) ve deniz kıyısına çok yakın oluşu, zenginleştirme için yapılacak olan masrafların limiti üzerinde olumlu bir katkıda bulunacaktır. Zenginleştirme konusunda başarılı bir teknoloji geliştirildiği takdirde, Üçüncü Demir ve Çelik Fabrikalarının cevher ihtiyacı uzun yıllar bu kaynaktan karşılanacaktır. Buna ilâveten deniz yoluyla Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarına da bir miktar cevher şevki mümkün görülmektedir.

Bir aramahsülü olarak alumina istihsal edilebildiği takdirde, bunun da dış memleketlere ihracı veya Seydişehir'de kurulmakta olan Alüminyum fabrikasında ham madde olarak kullanılması mümkündür.

Araştırmada uygulanan zenginleştirme usulleri şunlardır : Wülfley sarsıntılı masası, Humpbrys Spirali, flotasyon, kalsinasyon, manyetik kavurma ve Davis tüpü ile sulu manyetik konsantrasyon.

## **2. Etüd Sonuçları :**

### **2.1 — Mineralojik Etüdlere :**

Payas yataklarının değişik görüntü arzeden mostralardan alınan numunelerden birer ince kesit ve parlak kesit numuneleri yapılarak mikroskop altında gereken incelemeler yapıldı. Bu etüdlere sonucunda aşağıda sayılan cevher tipleri tesbit edildi.

#### **2.1.1 — A Tipi (No. 1) :**

Bu numunede fazlaca bulunan hematitin tane büyüklüğü 0.07-0.10 mm. arasındadır. Hematitten başka kuvarz, alüminyum minerali olarak Jibsit (Gibbsite) ve titanyum minerali olarak ta sütun şeklinde kristaller halinde (genişlik 0.003 - 0.006 mm. uzunluk 0.03 - 0.08 mm.) rutil mevcuttur. Matriste çok ince taneler halinde, jibsit içinde hematit ve kuvarz görülmektedir.

Demir bakımından en zengin olan bu cevher Kuzguncuk ve Arı Dere bölgelerinde bol miktarda mevcuttur.

#### **2.1.2 — B. Tipi (No. 2 ve 9) :**

Çok ince taneli matris içinde, büyük taneli ...0.1- 1.5 mm. hematit birikintileri bulunmaktadır. Bu numunede rutil mineraline de rastlanmış, fakat kuvarz görülmemiştir. Çok sert olan bu cevher, demir bakımından «A» tipinden daha fakirdir. Matrisin esas unsuru çok ince hematitle boyanmış alüminyum hidroksitler ve kil mineralleridir. Rutil sütunlarının büyüklüğü 0.005 - 0.05 mm. dir.

Yapılan kalsinasyon deneylerinde, B tipi cevherlerin değişik bünye suları ihtiva ettikleri tesbit edildiğinden, Kuzguncuk mahallindeki bu tip cevherlere B, (No. 2) ve Kuzey Tarla adıyla anılan mahaldekilere de B<sub>2</sub> (No. 9) işareti verilmiştir.

### 2.1.3 — C Tipi (No. 7) :

Mikroskop altında A tipine benzeyen bu cevherde hematit hakim olup, matris alüminyum bakımından zengindir. Hematit akümülyasyonları **0.1 - 0.2** mm. boyutundadır. Çok ince hematitle boyanmış olan matriste genellikle diaspor ve jibsit mineraleri görülmektedir. Bu numunelere Sarpdam Kuzey Kömürlük üstü denen mahalde bol miktarda rastlanmıştır.

### 2.1.4 — D Tipi (No. 4) :

Bu numune oolitik bir demir cevheridir. İnce taneli hematit ihtiva eden ve orta kısımlarında gang mineralleri bulunan oolitlerin boyutları 0.07 - 0.5 mm. arasında değişmektedir. Oldukça kompleks olan matriste jibsit, klorit, kuvarz, kalsit, pirit ve rutil minerallerini teşhis etmek mümkün olmuştur. Arazi üzerinde yapılan çalışmada oolitik cevherin Piç maden denilen ve esas Payas yatağının 20 metre kadar üst kısmında bulunan cevher çeşidine uygun düştüğü tesbit edilmiştir.

### 2.1.5 — E Tipi (No. 3) :

Bu numune manyetik olup, oolitik bir yapıya sahiptir. Oolitlerin büyüklükleri 0.07 - 0.5 mm. arasındadır. Oolitlerde bulunan hematit çok küçük tanelidir. Fazla derecede mıknatıslık gösteren cevher parçalarında hematitin büyük bir kısmının manyetite altere olduğu görülmüştür. Manyetit kristallerinin boyutları 0.002 - 0.01 mm. arasında değişmektedir. Matriste genellikle jibsit, kuvarz, klorit, ve çok az mıknatıslanmış hematit bulunmaktadır.

Bu numuneye yatağın bazı kısımlarına yakın yerlerde serpinti halinde rastlanmıştır. Esas yatakla olan ilişkisi kesin olarak tesbit edilememiştir.

### 2.1.6 — F tipi (No. 10) :

B tipi cevhere benzeyen, fakat demir bakımından biraz daha zengin görünen bir numunedir. Matris çok ince taneli hematitle boyanmış olup, bazı yerlerde rutil ve kuvarz tanelerini görmek mümkündür. Numuneler Kuzey Tarla Madeni 2 No. lu Ocaktan alınmıştır.

## 2.2 — Spektral Analizleri :

O.D.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümünde mevcut olan (Hilger and Watts) emisyon kuvarz tipi spektrografta — yarı kantitatif sistemle yapılan analizlerde Tablo 1 de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo : 1 — Spektral Analiz Sonuçları

Konsantrasyon	A Tipi	B Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi	F Tipi
% 5	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si	Fe,Al,Si
% 1-5	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti Si
% 1	—	—	Mg	Mn,Mg	Mg	Ti <sup>1</sup> Ca <sup>1</sup>
% 0.5	Mn,Mg,Cu	Mg	Mn,Cu	—	—	Mn,Mg,Ca
% 0.1	—	Mn,Cu	—	Cu	Mn,Cu	Cu,Cr
% 0.05	Ni, Co	As,Zn	—	Co	Co	V
% 0.01	As,Zn	Ca, Co	As,Ni,Co	Zn,Ni	As,2n,Ni	Zn
% 0.005	Ca,Va	Va,Ni	Ca,Va,Zn	Va	Va	Ni Co
% 0.001	—	—	—	Ca	Ca	Ga

### 2.3 — Özgül Ağırlık Tayinleri :

Laboratuvarlarımızdaki Piknometre aletini kullanmak sureti ile bazı cevher tiplerine ait numunelerin özgül ağırlıkları tayin edilmiş ve şu sonuçlar bulunmuştur.

Numune Cinsi	Özgül Ağırlık
A Tipi	3.96
B 1 Tipi	3.59
B 2 Tipi	3.59
C Tipi	3.83
D Tipi	4.10
F Tipi	4.15

Mikroskopta elde edilen bulgular, özgül ağırlıkları doğrulamaktadır. Demirce en fakir olan B tipi numunelerin özgül ağırlığı 3.59 dur.

### 2.4 — Sarsıntılı Masa Deneyleri :

#### 2.4.1 — A Tipi Cevher :

Demir bakımından en zengin görünen A tipi cevherden alınan numunelerin MTA Enstitüsünde yaptırılan analizlerinde orijinal cevherin % 46 - 52 arasında demir ihtiva ettiği tesbit edilmiştir. Bunlardan aşağıda belirtilen analizlerdeki A tipi numune üzerinde ilk sarsıntılı masa deneyleri yapılmıştır.

% Fe	=	51.66
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	8.61
% TiO <sub>2</sub>	=	1.32
% SiO <sub>2</sub>	=	10.49

Sarsıntılı masada kullanılan cevher, evvela çeneli ve silindirli kırıcılarda —2 mm. ye ufaltılmış ve daha sonra da çubuklu değirmende 15'er dakikalık iki kademede —48 meş'in altına öğütülmüştür. Bu cevherdeki —325 mes inceliğindeki şlam, yaş olarak elenerek, masaya verilecek olan numuneden ayrılmıştır. 325 meş'in üstündeki cevher de kurutulduktan sonra 150 meşlik elekten elenmek suretiyle iki fraksiyona bölünmüştür.

4 Kg. lık orijinal cevherden bu şekilde elde edilen fraksiyonlar şunlardır :

		% Ağırlık	
— 48+150 meş	=	1826 gr.	45.65
—150+325 meş	=	787 gr.	19.67
—325 meş	=	<u>1387 gr.</u>	34.68
Toplam	-=	4000 gr.	100.00

—325 meş dışındaki fraksiyonların sarsıntılı masada zenginleştirilmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur :

— **48+150 meslik fraksiyon :**

		% Fe	
Konsantre	=	1570 gr.	54.15
Artık	=	242 gr.	40.92

— 150+325 meşlik fraksiyon :

		% Fe
Konsantre	= 575 gr.	55.31
Artık	= 242 gr.	42.68

— 325 Meşlik fraksiyon yaş olarak sarsıntılı masaya verilmiş ve ancak 100 gramlık % 51.66 Fe ihtiva eden bir konsantre elde edilmiştir.

Yalnız konsantreler gözönünde tutulmak suretiyle bu deneydeki randımanlar şöyledir :

	% Ağırlık	% Fe	% Fe randımanı
Beslenen cevher	100.00	51.66	100.00
— 48+150 Konsantre	39.55	54.15	41.40
— 150+325 Konsantre	15.80	55.31	16.90
— 325 Konsantre	3.50	51.66	3.50

Sırf — 48+150 ve — 150+325 meşlik konsantreleri hesaba katılırsa, demir randımanının % 58.3 ve tenörün de % 54.5 olduğu görülecektir. Aynı cevherden alınan 4 Kg. lık başka bir numune, — 48+100, — 100+325 ve — 325 meşlik fraksiyonlara ayrıldıktan sonra tekrar masada yıkanmağa tâbi tutulunca şu sonuçlar bulunmuştur.

	% Ağırlık	% Fe	% Fe randımanı
Beslenen cevher	100.00	51.66	100.00
— 48+100 Konsantre	31.80	53.64	33.50
— 100+325 Konsantre	32.50	54.53	34.00

Bu iki konsantre beraber alındısı takdirde, demir randımanının % 67.50 ve tenörün de % 54.5 olduğu hesaba bulunacaktır.

— 48+100 ve — 100+325 meş fraksiyonların konsantrasyon artıklarının demir tenörleri % 34.27 ve % 34.62 olarak bulunmuştur. — 325 meş fraksiyonunun demir tenörü ise % 45.80 dir.

#### 2.4.2 — Diğer Cevherler :

Bunlar üzerinde yapılan sarsıntılı masa deneylerinden elde edilen konsantreler % 45 - 50 civarında bir demir tenörü gösterdiklerinden, burada ayrıntılı bilgi verilmemiştir.

#### 2.5 — Humphreys Spiral Deneyleri :

##### 2.5.1 — A Tipi Cevher :

6 Kg. lık A tipi cevher, sarsıntılı masa deneyinde olduğu gibi — 48 meş öğütüldü ve — 325 meşlik fraksiyon sulu olarak elendi.

— 48—h 325 meş numuneye 20 litre su katmak suretiyle meydana getirilen karışım, cihazın haznesine boşaltıldı ve tulumba çalıştırılmağa başlandı. Gereken ayar-

lar yapıldıktan sonra, 10 saniye süreli numuneler alınarak konsantrenin hepsinin toplanmasına çalışıldı. Deney sonuçları şöyledir :

		<b>% Ağırlık</b>	<b>% Fe</b>
Beslenen cevher	3980 gr.	<b>100.00</b>	<b>51.65</b>
Konsantre	3312 gr.	<b>83.20</b>	<b>51.78</b>
Artık	492 gr.	<b>12.40</b>	<b>45.00</b>
Şlam	176 gr.	<b>4.4</b>	<b>48.76</b>

Yukarıda görüleceği üzere Humphreys konsantrasyon deneyi olumlu bir sonuç vermemiştir.

Ancak, bu cihazdan elde edilen konsantre — 48/+100 ve —100/+ 325 meşlik fraksiyonlara ayrılarak tekrar sarsıntılı masada yıkanmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

	<b>% Ağırlık</b>	<b>% Fe</b>	<b>% Fe randımanı</b>
— 48+325 Humphreys Kons.	100.00	51.65	100.00
— 48+100 Masa Konsantresi	55.20	52.80	50.8
—100+325 Masa Konsantresi	22.20	54.95	31.2

Buradaki demir randımanı % 82.0 olmakla beraber ortalama demir tenörü % 53.4 tür. Bu sonucun da henüz piyasa şartlarına uygun olmadığı görülmektedir.

Yukarıdaki iki konsantreden en yüksek demir tenörü gösteren —100+325 meşlik masa fraksiyonu, bu kere MTA Enstitüsünde bulunan «Super-panner» cihazından geçirilmiş ve teorik olarak gravite yoluyla hangi demir tenörüne yükseltmenin mümkün olabileceği tahkik edilmiştir. Bu deney sonunda alınan konsantrenin analizi şöyledir :

% Fe	= 59.60
% SiO <sub>2</sub>	= 6.74
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 6.33
% TiO <sub>2</sub>	= Eser

2.5.2 — Humphreys Spiralinde A tipi cevher üzerinde olumlu bir sonuç alınmadığı nedeniyle bu deney daha düşük tenörlü olan diğer cevherlere şimdilik uygulanmamıştır.

## 2.6 — Kalsinasyon Deneyleri :

Çeşitli cevherler üzerinde değişik sıcaklıklarda yapılan kalsinasyon deneyleri sonuçları Tablo 2 de gösterilmiştir.

TABLO 2 — KALSİNASYON DENEYLERİ SONUÇLARI

<b>Cevher Tipi</b>	<b>No.su</b>	<b>110° C de Kayıp %</b>	<b>400° C de Kayıp %</b>	<b>600° C de Kayıp %</b>	<b>1100 °C de Kayıp %</b>
A	1	1,5	1,5	4,7	4,7
B,	2	0,7	1,5	6,2	6,0
B,	9	1,0	1,0	10,5	10,6
C	7	0,5	1,0	5,3	6,0
F	10	0,5	1,5	3,8	4,6

Kalsinasyon kayıplarının 600°C nin üstünde vukua gelmesi, bu cevherlerdeki alüminyum minerallerinin bir miktar kristalizasyon suyu ihtiva ettiğini göstermektedir, özellikle B<sub>2</sub> tipi diye anılan 9 No. lu numuneyi sırf 600°C ye ısıtmakla tönöründ'e % 10 kadar bir artış, sağlamak mümkündür. Nitekim, böyle bir cevherin değişik sıcaklıklara ısıtıldıktan sonra yapılan kimyasal analizler sonundaki demir tenörleri Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3 — B<sub>2</sub> Cevherinin Demir Tenörleri

Cevher Tipi	No su	110°C de % Fe	600°C de % Fe	1110°C de % Fe
B	9	19.45	21.20	24.16

Kalsinasyona tâbi tutulan cevherlerde su kaybıyla orantılı olarak bir renk değişikliği de meydana gelmektedir. Başlangıçta koyu kahverengi olan renk, kalsinasyondan sonra kızıl kahverengiye dönmektedir. Kanaatımızca bu renk değişikliği, su kaybı esnasında matriste bulunan çok ince taneli hematitin serbest hale gelmesi nedeniyle meydana gelmektedir. Bu değişikliğin demir ve alüminyumun konsantrasyon durumlarına olan etkisi halen etüd edilmektedir.

#### 2.7 — Redükleyici Kavurma Deneylei :

A, B, C, ve F tipi cevherlerin orijinaleri üzerinde yapılan redükleyici kavurma deneylei hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

##### 2.7.1. — • A Tipi (1 No. lu) Cevher :

—200 meşe öğütülen cevher, % 0.5, % 1, % 1.5, ve % 2 oranlarında mangal kömürüyle karıştırılmış ve grafit bir potada bir saat süreyle 850°C de ısıtıldıktan sonra âni olarak suda soğutulmuştur. Başlangıçta koyu kahverengi olan cevher, şimdi siyah bir renk almış ve manyetik özelliği bulunan bir duruma gelmiştir. Aynı işlem, kömür karıştırılmadan tekrar edildiğinde veya kömür karıştırıldığı halde soğutma âni olarak suda yapılmadığı takdirde, yukarıda sayılan değişikliklerin meydana gelmediği tesbit edilmiştir.

Kavurma deneylei sonucunda elde edilen Manyetik Cevher, MTA Enstitüsündeki «Davis» tüpte yıkanmış ve manyetik kısımlar, manyetik olmiyan artıktan ayrılmıştır.

Yapılan bir çok deneylei sonunda, % 1 kömürün manyetik kavurma için yeterli bulunduğu, ancak A tipi orijinal cevherden bu işlem sonucunda elde edilen konsantredeki demir tenorunun % 54 5'i geçmediği anlaşılmıştır. Bu tenöre göre demir kurtarma randımanı % 43 dir.

Demir tenörü bakımından sarsıntılı masa konsantresiyle manyetik kavurma konsantresi arasında bir fark olmadığına göre, bu tenörle yetinildiği takdirde sarsıntılı masayı tercih etmek daha ekonomiktir.

Diğer taraftan, daha önce sarsıntılı masada veya Humphrys Spiralinde A tipi cevherden elde edilen konsantrelerin % 1 kömürle karıştırıldıktan sonra manyetik kavurmağa tâbi tutulması düşünülmüş ve yapılan ilk deneyleide % 65 randımanla % 58 civarında bir konsantre elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Bu deneyleiler halen devam etmekte olup, alumina, silis ve titan bakımından gereken tahkikler yapılmaktadır.

### 2.7.2 — Diğer Cevherler :

B, C ve F tipi cevherlerin orijinal numunelerinin manyetik kavurmağa tâbi tutulmasıyla elde edilen konsantreler % 50 civarında demir ihtiva etmişse de bu sonuçlar henüz bizi tatmin etmemiş olup, deneyler devam etmektedir.

### 2.8 — Flotasyon Deneyleri :

Bu deneylerden şimdiye kadar olumlu bir sonuç alınamamıştır.

### 3 — Sonuç ve Tavsiyeler :

3.1 — A tipi cevherin —48—h 100 ve —100—+325 meş fraksiyonlara ayrılması suretiyle sarsıntılı masada yıkanması sonucunda % 67.50 randımanla, % 54.5 Fe ihtiva eden bir konsantre elde etmenin mümkün olduğu sarsıntılı masa deneylerinden anlaşılmıştır. Bu suretle elde edilen konsantre, manyetik kavurmağa tabi tutulduğunda ve «Davis» tüpte yıkandığında, yeni konsantrenin % 58 civarında demir ihtiva ettiği ve randımanın % 65 olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumda orijinal cevhere göre demir randımanı % 44 dür.

3.2 — A tipi orijinal cevherin manyetik kavrulması sonucunda elde edilen konsantrenin demir tenörü bakımından sarsıntılı masaya üstünlüğü görülmemiş ve tenor % 54.5 in üzerine çıkmamıştır.

3.3 — B, C ve F tipi cevherler, sarsıntılı masa veya manyetik kavurma deneylerinde olumlu sonuçlar vermemiştir.

3.4 — Humphrys Spirali ve flotasyon cihazlarında yapılan deneylerden de olumlu sonuçlar alınamamıştır.

3.5 — Şimdiki halde, % 58 Fe tenörüne ulaşan konsantredeki silis, alumina ve titan miktarlarının tesbitine çalışılmaktadır.

Ayrıca, orijinal cevherler yerine, kalsinasyona veya manyetik kavurmağa tâbi tutulan numunelerin sarsıntılı masada yıkanmasıyla elde edilen konsantreler de etüd edilmektedir.

3.6 — Projenin ilk çalışmalarında bütün gayretler demir tenorunu yükseltmek amacına yönelmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda alumina üzerinde de durulacaktır.

3.6 — Projenin ilk çalışmalarında bütün gayretler demir tenorunu yükseltmek amacına yönelmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda alumina üzerinde de durulacaktır.

3.7 — Projenin fizibilite etüdü ancak kesin bir zenginleştirme metodu tavsiye edilebildikten sonra yapılacaktır.

### Bibliyografik Tanıtım :

- 1 — M.T.A. Rapor 118 «Türkiye Demir Cevheri Yatakları, Ankara 1964, Sayfa 48.
- 2 — «Symposium on Iron Ore» Held in Isphahan, Iran, Oct. 2 - 5, 1963 Cento Yayını Sayfa 65.
- 3 — H. Riedl et Coll., «Untersuchung Eisenerzvorkommen Turkey.» Abschlussbericht einer Kruppechen Experten gruppe 1957 - 1958, Essen **1959**.
- 4 — W. E. Petraschek, «Die Bauxitischen Eisenerze von Payas bei İskenderun» Bull. M.T.A., No. 65, pp. 22 - 26, 1965.
- 5 — W. A. Calhoun and T. E. Hill, Jr., «Metallurgical Testing of Hawaiian Ferruginous Bauxites». Bureau of Mines, RI 6944, 1967.
- 6 — M. Hayri Erten, «Üçüncü Demir-Çelik Sanayii» Madencilik Dergisi, Cilt VU, Ağustos 1968, Sayı 3, Sayfa 133 - 140.

Yazar Hakkında Bilgiler



## TOZ DEMİR CEVHERLERİNİN SİNERLEME YOLU İLE AGLOMERASYONU

Nazmi ŞENAKAY (x)

### Ö z e t :

Ereğli Demir Çelik tesislerinde kullanılmakta olan yurdumuzun çeşitli bölgelerine ait demir cevherlerinin ocaklarda ve tesiste birikmiş bulunan ve yüksek fırında direkt olarak gerek fiziksel, gerekse kimyasal yanılan sebebiyle değerlendirilemeyen toz kısımları üzerinde sinterlenebilme şartlarını tesbit etmek gayesiyle bir seri sinterleme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen optimum şartlara dayanarak 450.000 ton/sene kapasiteli bir sinter tesisinde sinterleme maliyetleri takribi olarak hesaplanmıştır.

### 1. Giriş :

Yurdumuzun Eğinır, Çetinkaya, Akdağ, Devci ve Karamadaı böğelerine ait demir cevherlerinden ocaklarda olduğu gibi, değerlendirildikleri tesiste de Ereğli Demir Çelik İşletmelerinin verdiği rakamlara göre senede ortalama olarak 500.000 ton kadar toz cevher birikmekte olup, bu toz kısımlar yüksek fırın evsafına uygun olmadıkları için değerlendirilememektedir.

Bu çalışmanın ana gayesi de; her sene birikmekte olan bu toz cevherlerin, yüksek fırının istediği evsafı vermek maksadiyle, sinterlenebilmelerinde lüzumlu olan optimum şartları tesbit etmek idi.

### 2. Sinterlemenin Gayesi ve Sinterleme Özellikleri :

Sinterlemenin ilk gayesi toz cevherleri aglomere ederek cevhere yüksek fırının istediği parça iriliğini, mukavemeti ve gaz geçirgenliğini vermektir. Sinterleme esnasında cevherin kimyasal yapısında mevcut olan ve zararlı miktarlarda bulunan bazı elementleri (S ve As gibi) bertaraf etmek te, sinterlemenin diğer bir amacıdır. Cevherlerin sinterlenerek şarj edilmesi halinde, yüksek fırının ham demir kapasitesinde bir artma temin edildiği gib, kok sarfiyatında, teşekkül edecek olan cüruf ve baca tozlarının miktarlarında bir azalma görölmektedir (1). Meselâ The Republic Corporation tarafından 1000 tonluk bir yüksek fırında 4 sene müddetle yapılan tecrübeler neticesinde yüksek fırına yapılan şarjdaki sinter miktarını % 45'e kadar çıkardıklarında, fırının ham demir veriminde % 14 bir artmaya karşılık, kok sarfiyatında % 16 bir düşme tesbit etmişlerdir. 1200 ton/gün kapasiteli bir sinter tesisinin, —ki bu günde 500 - 550 ton çeliğe tekabül etmektedir— kuruluş maliyeti amerikalıların verdikleri rakamlara göre aynı miktarda çeliği üretebilecek yüksek fırın tesisi maliyetinin % 5 ini teşkil etmektedir.

Genellikle demir izabe tesislerinde yüksek fırınlarda değerlendirilemeyen, gerek istihsal gerekse tesis içindeki nakliye esnasında meydana gelen 0 - 30 mm lik **önemli**

(x) Metalürji Y. Müh., M.T.A. Enstitüsü,

miktarlarda kok tozu birikmektedir. Bu miktar Ereğli Demir Çelik İşletmelerinde senede ortalama olarak 35-40 bin ton kadardır. Sinterlemede bu kok tozunun değerlendirilmesini de sinterlemenin diğer önemli faydalarından biri olarak gösterebiliriz.

Sinterleme olayını 3 safhada toplamak mümkündür :

1. Safha : Sinter şarjının ateşlemeye kadar olan hazırlanma ve sinter ızgarasına yerleştirme safhasıdır. Bu safhada sinter şarjında herhangi bir termik değişme vuku bulmamaktadır.
2. Safha : Sinter yatağının ateşlenmesi ile başlayarak, gittikçe artan sıcaklık neticesinde yatağın tamamen kurumasına kadar devam eden safhadır.
3. Safha : Sinter yatağının tamamen kuruduktan sonra şarj içindeki yakıtın yanması neticesinde artan sıcaklıkla yatağın kısmi erimesi, yakıtın tamamen yanıp sıcaklığın tekrar düşmesi ile donması ve soğuması safhasıdır. Erime ile donma arasında geçen zaman ne kadar kısa ise sinterleme sürati de o kadar hızlı demektir.

Bu safhalardan görülebileceği gibi sinterleme süratine, dolayısıyla kapasiteye tesir eden en büyük faktör sinterlenecek olan yatağın gaz geçirgenliğidir. Yatağın geçirgenliğinin ne çok yüksek ne de çok düşük olması lâzımdır. Yüksek gaz geçirgenliği sıcak gazlardan cevher taneciklerine olan ısı nakli için lüzumlu zamanı kısaltmış, düşük gaz geçirgenliği ise şarj içindeki yakıt maddesinin yanmasını frenlemiş olur.

Sinterlemede önemli rol oynayan yatağın gaz geçirgenliğine tesir eden faktörler çeşitlidir. Bunlar;

- a) **Cevherin tane iriliği** : İnce taneli cevherin gaz geçirgenliği iri taneli cevhere göre daha düşüktür.
- b) **Şarjın rutubet miktarı** : İnce taneli cevherlere gaz geçirgenliğini arttırmak için belli miktarlarda su ilâve edilerek, ince tanelerin iri taneler haline gelmesi temin edilir. Bu arada yatağın çamur haline gelmemesine dikkat etmek lâzımdır.
- c) **Yakıt maddesinin tane iriliği** : Yapılan deneylerde en iyi gaz geçirgenliği tane iriliği 3 - 5 mm arasında olan kok tozu ile elde edilmiştir (2).
- d) **İlâve edilen sinter ufağı** : Bilhassa ince taneli cevherlerde 8 mm altındaki sinter ufağının şarja ilâvesi gaz geçirgenliğine pozitif yönden tesir etmektedir. Yalnız ilâve edilen sinter ufağı sinter kapasitesini negatif yönden etkileyeceğinden, istenilen gaz geçirgenliğinin başka yönlerden temin edilmesine gitmek daha yerinde olur.
- e) **Cevherin kimyasal yapısı** : Kolay eriyen, kimyasal yapıları icabı «uzun cüruflar» teşkil eden cevherlerin gaz geçirgenlikleri oldukça düşüktür. Bilhassa yüksek silisli cevherlerde kolayca eriyebilen demir silikatlar meydana gelerek gaz geçirgenliği azalır. Buna mani olmak için şarja kireç taşı veya sönmüş kireç ilâve etmek icap eder.
- f) **Homojen karışım** : Homojen olmıyan sinter yatağında kanallar meydana gelerek yatağın bünyesinde farklı gaz geçirgenliği elde edilir, bu da elde edilen sinterin farklı kalitelere olmasına sebep olur.

- g) Basınç farkı : Yatak altında elde edilen basınç düşmesi yatağın gaz geçiriliğine, dolayısıyla sinter kapasitesine tesir etmektedir. Basınç farkının artması ile kapasite de artar, fakat bu artış yüksek basınç farklarında gittikçe azalır.

### 3. Sinterleme Deneyleri :

Sinterleme deneyleri, Ereğli Demir Çelik İşletmelerinden temin edilmiş olan Eğmir, Çetinkaya, Akdağ, Deveci ve Karamadazı toz demir cevherleri üzerinde ayrı ayrı yapıldığı gibi, bu cevherlerin birikme oranlarına göre karıştırılarak elde edilen karışım cevher üzerinde de yapılmıştır. Kullanılan cevherlerin kimyasal yapısı Tablo 1, elek analizleri Tablo 2 de verilmiştir.

Cevherler hiçbir kuma ve öğütmeye tabi tutulmadan, kok ve kireç taşı 5 mm nin altına kırıldıktan sonra sinterlemeye tabi tutulmuştur.  $CaO+MgO/SiO_2+Al_2O_3$  oranı birden küçük olan bütün cevherlere, bu oranı bir yapacak miktarlarda  $CaCO_3$  ilâve edilerek elde edilen sinterler kendinden fondalı (self flux) hale getirilmiştir.

Tablo 1 : Sinterlemede Kullanılan Toz Demir Cevherlerinin Kimyasal Analizleri

Cevherin Adı	%						
	Fe	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	As
Eğmir	52,71	0,09	0,10	14,91	3,43	0,12	0,16
Karamadazı	57,41	4,50	1,54	6,90	0,89	0,80	0,02
Çetinkaya	53,50	2,54	0,58	9,01	3,08	0,02	0,045
Akdağ	47,23	3,16	0,90	11,97	3,81	0,02	0,067
Deveci	49,00	1,36	4,80	5,93	3,98	0,02	0,015
Karışım Cevher	55,30	2,87	1,30	9,93	3,03	0,20	0,073

Tablo 2 : Sinterlemede Kullanılan Toz Demir Cevherlerinin Elek Analizleri

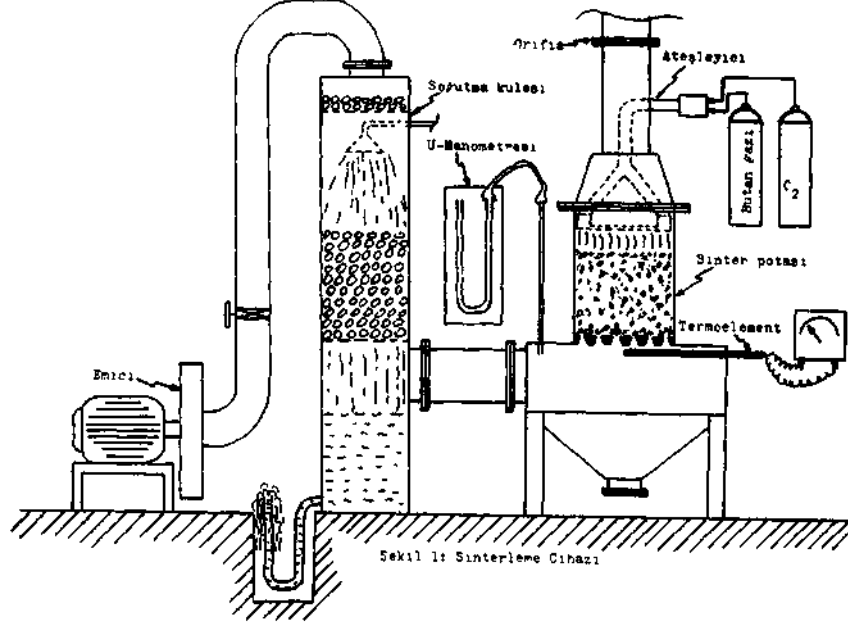
Elek Açıklığı (mm)	%						
	Eğmir	Çetinkaya	Karamadazı	Akdağ	Deveci	Kar.	Cevher
+ 26,67	1,79	—	—	—	0,78	—	—
+ 18,85	1,02	—	0,82	3,99	1,33	—	2,7
+ 13,33	6,80	—	1,54	3,94	2,73	—	2,8
+ 9,423	12,42	23,70	6,34	6,19	7,68	—	5,4
+ 6,68	9,03	17,50	8,77	6,45	12,90	—	9,7
+ 4,699	9,32	12,90	9,68	6,93	13,80	—	9,7
+ 3,327	8,14	8,90	9,22	6,94	13,05	—	8,5
+ 2,362	6,54	6,30	7,46	6,22	9,64	—	9,4
+ 1,651	6,02	5,40	6,55	6,52	7,90	—	9,1
+ 1,168	5,75	4,50	6,96	7,98	8,00	—	8,2
+ 0,833	5,97	4,10	7,58	4,78	6,08	—	7,4
— 0,833	27,20	16,70	35,08	40,06	16,10	—	27,1

### 3.1 Sinterleme Cihazı :

Sinterleme deneylerinin yapıldığı cihaz toplu olarak Şekil 1 de görülmektedir.

Izgara yüzeyi 30x30 cm. boyutlarında olan sinterleme potası 45 cm. kalınlığında şarj edilebilecek kapasitededir. Sinterleme olayı esnasında emiciye giden sıcak gazları soğutmak için sinterleme potası ile emici arasına bir soğutma kulesi konulmuştur.

Sinter yatağında basınç farkı elde etmekte kullanılan emirici hiçbir dirence maruz kalmadığı takdirde 950 mm. SS basınç düzmesi temin etmekte ve 750 m<sup>3</sup>/h hava emebilmektedir. Elde edilen basınç farkı izgara altı ile atmosfer arasındaki basınç farkı olup bir U—manometresi ile ölçülmüştür.



Sinter yatağından geçen hava miktarı sinter potası üzerine sıkıca kapatılabilen kapağa yerleştirilmiş orifis vasıtasıyla tesbit edilmiştir. Baca gazlarının sıcaklığını ölçmek için sinter ızgarasının hemen altına bir Ni/Ni - Cr termoelementi takılmıştır. Sinter yatağı bütan gazı + oksijen karışımı ile ateşlenmiştir.

### 3.2 Sinterleme Metodu :

110°C de 8 saat kurutulmuş sinter ham maddeleri 50x50x70 cm. boyutlarındaki ve bir köşegeni etrafında dönebilen dikdörtgenler prizması şeklindeki karıştırıcıya konarak homojen bir şekilde karıştırılmış, elde edilen karışıma sinter şarjına istenilen ıslaklığı verebilecek miktarda su ilâve edilerek terar karıştırılmıştır.

Tartılmış olan ıslak şarj, ızgarasının üstü 10 - 30 mm. çapındaki ve m2 izgara yüzeyine 32 - 36 kg tekabül edecek şekilde 2 - 3 cm. kalınlığında sinter tabakası ile örtülmüş olan sinter potasına istenilen yatak kalınlığında dökülmüştür. Geri kalan karışım tartılarak şarj miktarı tesbit edilmiştir.

Pota şarj edildikten sonra, kapak ile örtülmüş, emici çalıştırılarak yatağın gaz geçirgenliği tesbit edilmiştir. Bundan sonra ateşleme esnasında yataktan 32 - 37 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dak. hava geçecek şekilde emici vanası kapatılmış, kapak kaldırılarak şarj bir dakika süre ile ateşlenmiştir. Ateşlemenin bitiminde pota kapak ile tekrar kapanmıştır.

Alttan emmeli sinterlemede, sinterleme ateşleme ile başlayarak şarj içindeki kok kömürünün üst tabakalardan gelen sıcak gazlarla yanması ile yukarıdan aşağıya doğru devam eder ve baca gazı sıcaklığı maksimum değerine ulaştığı zaman ızgara seviyesine gelmiş olur. Bundan sonra sinter yatağından yatağın soğuması için bir süre daha hava emdirilir.

Sinterlemenin bitişi baca gazı sıcaklığının ölçülmesi ile takip edilmiştir. Sıcaklığın maksimum değerine ulaşıp tekrar 100°, 200° ve 250°C ye düştüğü anlarda sinterlemeye son verilmiş, 100 ve 200°C lerd e sinterin tamamen soğuk olduğu, 250°C de ise ızgara seviyesinden itibaren 3-4 cm. lik bir sinter tabaksının ılık, diğer kısımlarının ise tamamen soğuk olduğu görülmüştür. Bu sebepten baca gazı sıcaklığının maksimum değerine ulaşıp tekrar 250°C ye düşmesine kadar geçen zaman Sinterleme müddeti olarak kabul edilmiştir. 1,0 m2 ızgara yüzeyinin 24 saat içinde sinterleyebileceği ham cevherin ton cinsinden değeri de Sinter Kapasitesidir.

### 3.3 Sinter Kalite Tayini :

Sinterlemenin bitiminde potadan alınan sinter, kalite tayini için Test Tamburu na konulmuştur. Kalite tayininde kullanılan tambur ASTM standardına göre kok testinde kullanılan tamburun eşidir (3;).

Tambur içine konulan sinter 24+1 devir/dak. hızla 200 defa döndürüldükten sonra Majör ve Minör indeksleri tayin etmek için 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", 1/8" ve 20 meş lik eleklerle elek analizine tabi tutulmuştur. Majör indeks sinterin zahiri ortalama tane çapının (apparent mean partide diameter) mm. cinsinden değeri, Minör indeks ise —20 meş in % sidir, iyi bir sinterde majör indeksin 8,0 mm. nin üstünde, minör indeksin % 12 nin altında olması lâzımdır.

### 4. Sinterleme sonuçları :

Çeşitli cevherlerle yapılan sinterleme deneylerinde sinter kalitesi bakımından en iyi olanlar Tablo 3 te toplu olarak verilmiştir. Her cevherin optimum sinterlenebilme şartlarını tesbit edebilmek maksadiyle bir seri sinterleme deneyleri yapılmış ise de tabloda bunlardan hem sinter kalitesi, hemde kapasite bakımından en iyileri gösterilmiştir. Orijinal Deveci cevherini tek başına sinterleyebilmek mümkün olamamıştır. Bu cevhere % 25 oranında Karamadazı cevherinin ilâvesi ile sinterleme imkânı temin edilmiştir. Ayrıca 1500 t—cevher/gün kapasiteli bir sinter bandındaki takribi sinterleme maliyetleri hesaplanmıştır. (Tablo 4). Hesaplamalarda bir sinter **bandının Şekil 2** deki ısı enerjisi denge diyagramından istifade edilmiştir.

Tablo 3 ve Tablo 4 tetkik edildiklerinde sinterlemeye en müsait cevherin Çe-tinkaya cevheri olduğu görülür. As ve S tenörleri yüksek olan Eğmir, Akdağ, Karamadazı ve Karışım cevher, bu tenörlerin sinterleme sonucunda müsaade edilen **maksimum değerlerin** (As=max. % 0,04, S= max. % 0,1) altına düşmesiyle, kimyasal yapıları bakımında istifade edilir hale gelmişlerdir.

Tablo 3 : TOZ DEMİR CEVHERLERİNİ SİNTERLEME ŞARTLARI

Cevherin Adı	Eğmir		Çetinkaya		Akdağ		Deveci (x)		Karamadazı		Karışım Cevher	
	d)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)	(D)	(2)
Sinterlenen Cevher (kg)	21,2	24,9	37,9	36,5	27,7	28,7	26,0	36,0	28,3	21,9	30,2	29,3
Kok (%)	8,5	8,0	6,0	6,0	8,5	7,5	7,5	7,0	8,3	8,5	9,5	9,0
Rutubet (%)	7,5	7,5	9,0	11,0	7,3	7,3	10,0	10,0	7,5	7,5	10,0	9,5
Sinter ufağı (%)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Yatak kalınlığı (cm)	30	35	40	40	30	30	30	40	25	20	40	40
Ateşlemeden önceki basınç farkı (mm SS)	475	555	565	620	625	580	510	550	645	590	540	590
Ortalama hava geçirgenliği (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /dak.)	57,8	52,0	48,2	46,0	53,3	56,6	56,0	55,0	55,6	54,0	45,0	44,3
max. Baca gazı temp. (°C)	305	290	287	288	232	262	301	338	252	225	255	255
Sinterleme müddeti (dak.)	13,2	15,2	17,7	20,0	18,0	18,3	13,5	19,2	31,7	25,0	18,7	18,7
Kapasite (t/m <sup>2</sup> /gün)	25,8	26,3	34,2	29,2	24,6	25,0	30,6	30,0	14,3	14,1	26,0	25,1
Majör indeks (mm)	8,29	8,76	8,54	8,12	8,99	8,62	8,04	8,15	11,7	10,4	8,4	8,3
Minör indeks (%)	7,63	8,02	9,31	8,30	7,84	10,4	6,15	5,38	8,9	9,7	6,1	5,8
Cevher As (%)	0,16	0,16	0,03	0,03	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,07
Sinterde As (%)	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	eser	eser	eser	eser	0,02	0,02
Cevherde S (%)	0,12	0,12	0,07	0,07	0,02	0,02	0,21	0,21	0,8	0,8	0,21	0,21
Sinterde S (%)	0,04	0,07	0,03	0,03	—	—	0,05	0,05	0,06	0,06	0,02	0,02

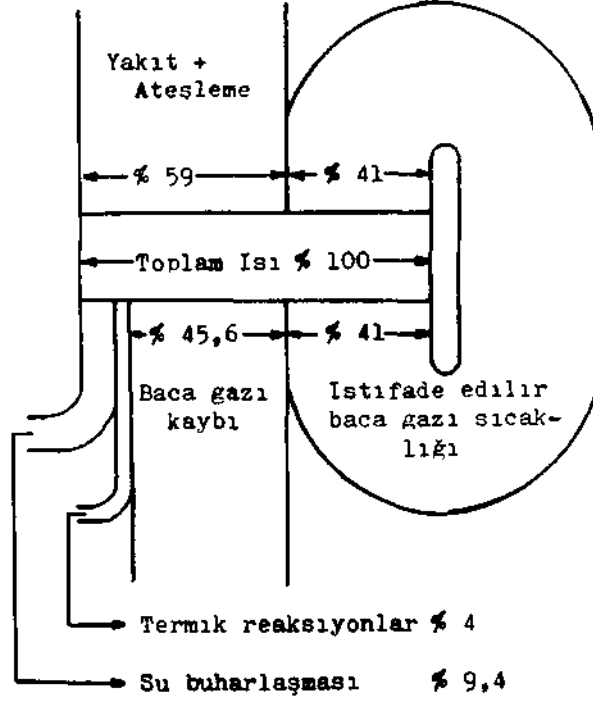
(x) Deveci cevherine % 25 oranında Karamadazı cevheri ilâve edilmiştir.

**Tablo 4 : 450000 t—CEVHER/SENE (1500 t/GÜN) KAPASİTELİ  
SINTER TESİSİNDE 1,0 TON CEVHERİ SINTERLEME MALİYETİ**

Sinter	Koktozu Kg	Kokgazı (Nm3)	Su (m3)	Elektrik Enerjisi (KWh)	İşçilik İşçi/gün)	Sinterband (m2)	Maliyet (TL/t—cevher)
Eğmir (2)	80	7,60	0,127	21,00	25	58	23,0
Çetinkaya (2)	60	10,10	0,129	16,14	25	44	18,0
Akdağ (1)	85	5,70	0,115	22,50	25	61	24,0
Deveci (2)	70	4,13	0,138	18,40	25	50	20,0
Karamadazi (1)	85	2,22	0,100	38,50	35	105	34,5
Karışım Cevher (2)	90	3,44	0,145	22,00	25	60	23,0

**Not :**

- 1 — Koktozu fiyatı = 65 TL/t, Kalorisi = 6000 Kcal/kg
- 2 — Kokgazı fiyat = 0,11 TL/Nm3, Kalorisi = 4300 Kcal/Nm3
- 3 — Elektrik fiyatı = 0,20 TL/KWh
- 4 — Su fiyatı = 0,90 TL/m3
- 5 — Amortisman = % 10
- 6 — Bakım + Yedek parça = Amortisman payının % 35'i
- 7 — Sinter maliyetine kırma masrafı dahil edilmemiştir.



Şekil 2: Sinter bandının  
ısı dengesini diyagramı

### 5.Sonuç i

Fiziksel ve kimyasal yapıları sebebiyle değerlendirilemeyen demir cevherlerimizi sinterleme yolu ile kıymetlendirmek imkân dahilindedir. Diğer taraftan memleketimizde kendisini gösteren demir cevheri dar boğazı sebebiyle, yurdumuzda miktarı 300 milyon tonu bulan düşük tenörlü cevherlerimizin zenginleştirilmesi neticesinde elde edilecek konsantrelerin aglotnerasyonu için yapılacak olan yatırım masraflarının, tesislerimizde elde edilecek randıman artması, kok tasarrufu gibi nedenlerle ham demir maliyetindeki kârdan dolayı ham cevher ve konsantre cevher maliyetleri arasındaki farklılara rağmen, kısa zamanda amorti edileceğine bir defa daha değinmek yerinde olur.

### Bibliyografik Tamam :

- (1) Grethe, K. Leistungssteigerung der Hochöfen durch Erhöhung des Sinteranteils, Stahl u. Eisen; 63. Jahrgang S. 240 (1943).
- (2) Wittenberg, H und K. Meyer, Saugzugsintening von Eisenerzen, Stahl u. Eisen; 63. Jahrgang S. 817 (1943).
- (3) Standard method of Tumbler Test for Coke; ASTM Designation D 294 - 64.