

HEKİMİHAN-KARAKUZ DEMİR CEVHERİNDEN KONSANTRE ÜRETİMİ

CONCENTRATION OF HEKİMİHAN-KARAKUZ IRON
ORE

Hayrünnisa DİNÇERCİ
Gündüz ATEŞOK(**)
Güven ÖNAL(***)
Nejet ACARKAN(****)

ÖZET

Çalışmada öncelikle, T.D.Ç.I.Hekimhan Madenleri Müessesesi Müdürlüğünden temin edilen cevherin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, çeşitli boyut gruplarına indirilen cevher üzerinde manyetik ve gravite ayırma deneyleri yapılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise, ön deneylerin verdiği sonuçların ışığında en uygun proses akım şemasının tesbiti için, doğrudan sinterlik konsantre veya daha iri boyutlardan başlayarak kademeli konsantre üreten proseslere ait çalışmalar, numunenin tümü üzerinden ve çeşitli boyutlarda yürütülmüştür.

ABSTRACT

In this study, first, mineralogical, chemical and physical properties of Hekimhan-Karakuz Iron Ore sample were determined, obtained from Hekimhan Mines of Turkish Iron and Steel Corporation (TDÇİ).

In the second stage, gravity and magnetic separation tests were carried out on the various size fractions suitable for sintering.

In the final stage, it **was** attempted to find the applicable flow-sheet for the process considering the preliminary and final concentration tests for the production of iron concentrate to be sintered directly. The final concentration tests were done on the whole sample in different size fractions starting from coarse to the fine in order to produce concentrates in stages.

Araş.Gör., 1.T.Ü.Maden Fakültesi, Maden Bölümü, Maslak-İstanbul

Doç.Dr., " » "

Prof.Dr., " » »

****Doç.Dr., " <

1. GİRİŞ

İzabeye elverişli olabilmesi için demir cevherlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması gerekmektedir. Aranılan fiziksel özellikler daha çok cevher tanelerinin boyut ve mukavemetleri ile, kimyasal özellikler ise esas olarak Fe, P ve alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) içerikleri ile bağıntılıdır.

Demir cevherlerinde önem taşıyan Fe, P ve alkali içerikleri için belirlenen limitler, izabe sonrası işlemlerde uygulanan yöntemlerle ilgili olarak değişmektedir.

Fe içeriğinde tespit edilen alt sınır daha çok ekonomik nedenlere dayalıdır. Dünyadaki uygulamalarda %50 olarak belirlenmiştir. Ancak, son yıllarda yüksek Fe içerikli demir konsantreleri ekonomik önem kazanmış olup, %68 ve daha fazla Fe içeren konsantre üretimlerine doğru hızlı bir eğilim görülmektedir.

Fosfor içeriğindeki sınır pik'ten çelik yapımına geçişte uygulanan yöntemle bağlıdır. Ülkemizde uygulanan yöntemler için yüksek fırına beslenen cevher veya konsantrede fosfor içeriğinin %0.1'i geçmemesi gerekmektedir.

Alkali oranı, yüksek fırındaki çalışma koşullarına etkisi yönünden önem taşımakta olup, %0,35'in altında olması istenmektedir.

Cevherler üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda numunenin %1,72 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), %0,1 P ve %41,50 Fe saptanmıştır.

Bu veriler dikkate alındığında ülkemizdeki demir-çelik endüstrisinin koşulları uyarınca Hekimhan-Karakuz yöresi demir cevherini zenginleştirme gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu gereksinimden hareket ederek yapılan ve bu çalışmada yer alan zenginleştirme çalışmalarında bir taraftan cevherin alkali içeriğini %0,35'in altına indirmek, diğer taraftan da Fe içeriğini en az kayıpla en yüksek düzeye çıkarmak amacı güdülmüştür. Tuvenan cevherin P içeriği kabul edilebilir değerlerde olduğu için, çalışmalarımızda değerlendirme dışında bırakılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Deneylerde Kullanılan Materyal

Deneyler, tamamı 100 mm boyutu altında bulunan ve yaklaşık 1 ton civarında olan temsili numune üzerinde yapılmıştır. Deneylere esas olan numunenin tam kimyasal analizi sonuçları ÇİZELGE 1'de verilmiştir.

ÇİZELGE 1. Hekimhan-Karakuz Demir Cevherinin Tam Kimyasal Analiz Sonuçları

Madde	%
Fe	41.50
SiO ₂	23.50
Al ₂ O ₃	7.03
Mn	0.50
MgO	0.18
CaO	0.40
Na ₂ O	0.47
K ₂ O	1.25
P	0.10
S	0.20
TiO ₂	0.10
Kızdırma Kaybı (400°C)	8.60

Tuvenan cevherin parça boyut dağılımı ile boyuta göre Fe dağılım sonuçları ise ÇİZELGE 2'de izlenmektedir.

ÇİZELGE 2. Tuvenan Cevherin **Parça** Boyutu ve Boyuta Göre Fe Dağılım Sonuçları.

Tane Boyutu -mm-	Miktar %	Fe, %	
		İçerik	Dağılım
-100 +50	50,5	46,46	56,5
-50 +30	11,7	44,56	12,6
-30 +19	6,2	44,77	6,7
-19 +9	6,4	44,22	6,8
-9 +6	2,0	44,22	2,1
-6 +3.36	3,0	40,27	3,0
-3.36 +1.68	3,2	37,96	2,9
-1.68	17,0	23,01	9,4
TOPLAM	100,0	41,50	100,0

Deney sonuçlarından görülebileceği üzere, parça .boyutu küçüldükçe, az da olsa Fe içeriği düşmektedir.

Cevher üzerinde yapılan mineralojik incelemeler, ana demir minerallerinin götüt, limonit, hematit, martit ve manyetit olduğunu; gang minerallerinin ise çeşitli silis bileşikleri ile kalsit ve bant'den oluştuğunu göstermiştir. Alkaliler ise albit, mikrolin, muskovit ve sanidin halinde bulunmaktadır.

2.2. Deneylerde Kullanılan Yöntemler

Cevheri oluşturan ana demir minerallerinden hematit 5,3 gr/cm³; manyetit 5,2 gr/cm³, götüt 4,4 gr/cm³ ve limonit 3,8 gr/cm³ özgül ağırlığına sahip olup; bu mineraller ile gang mineralleri arasında önemli düzeyde özgül ağırlık farkı mevcuttur. Ayrıca sözkonusu olan demir minerallerinin manyetik duyarlılıkları diğer minerallere oranla çok yüksektir.

Ayrılması istenen minerallerin gerek özgül ağırlıkları gerekse manyetik duyarlılıkları arasında yeterli ölçüde farklılık bulunuşu, özgül ağırlık farkına göre ayırma, gravite ayırması ve manyetik ayırma yöntemlerinin Karakuz cevheri için uygun olacağını göstermektedir. Yapılan bütün zenginleştirme deneylerinde bu yöntemler esas alınmıştır.

Cevher Hazırlama'da boyut küçültme işlemleri masraflı olduğundan bu işlemlere gerektiği ölçüde başvurulması ekonomik olmaktadır. Bu husus Karakuz cevherlerinin zenginleştirilmesinde de gözönünde tutulmuş, zenginleştirmenin tamamen veya kısmen iri boyutlarda sağlanabilmesi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla gravite ve manyetik ayırma deneylerine 30 mm boyutundan itibaren başlanmış ve çalışmalar gittikçe küçülen tane boyutlarında sürdürülmüştür.

3. UYGULANAN ÖN DENEYLER

Karakuz cevherinin 30 mm'den başlayarak 0,5 mm'ye kadar çeşitli tane boyutlarında yapılan manyetik ve gravite ayırma deneyleri ile uygulanan flotasyon deneylerinden edinilen bilgiler şu şekilde özetlenebilir.

1) Karakuz cevherinden sadece kırma-eleme ile iri boyutlarda bir ön konsantre kazanılması veya temiz, bir artığın atılması mümkün görülmemektedir.

2) Deneylerin yapıldığı tane boyutlarında gravite ayırması ve manyetik ayırma yöntemleri birbirine yakın sonuçlar vermekte ise de, 1 mm altındaki zenginleştirmelerde manyetik ayırmanın metal kazanma verimi açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

3) Gravite ve manyetik ayırma deneyleri neticesinde iri boyutlarda (30 mm ve 6 mm altında) %57-58 Fe içeren ve ince boyutlarda (1 mm ve 0,5 mm altında) %60-62 Fe içeren demir konsantrelerinin kabul edilebilir metal verimleriyle elde

edilebileceği gör÷lmektedir. Kabul edilebilir verimlerle daha yüksek Fe içeriğinde konsantrelerin üretilememesinin nedeni, cevher içindeki demir minerallerinin büyük bir çoğunluğunun götit ve limonit'den oluşmasıdır. Bu durum mineralojik etüdülerden ve 38 mikron altında yapılan zenginleştirilme çalışmalarından saptanmıştır.

4) Cevher üzerinde yapılan flotasyon çalışmalarından olumlu sonuçlar alınamadığı gör÷lmektedir, şlamm bulunuşu flotasyonu menfi yönde etkilemektedir. Deneyler sırasında şlamm kontrol altında tutulması mümkün gör÷lmemiştir. Şlamsız yapılan deneylerde Fe içeriği maksimum %53 civarına çıkarılabilmiş ve Fe metal verimi %15 gibi çok düşük bir değerde kalmıştır. Şlamda demir kaybı çok yüksek olup, %50 civarındadır.

4. KADEMELİ ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Karakuz cevheri ile yapılan ön deneyler, bu cevherden iri boyutlarda da arzu edilen içerikte demir konsantreleri elde edilebileceğini kanıtlamıştır.

Ön deneylerin verdiği sonuçların ışığında, en uygun proses akım şemasının tesbiti için, doğrudan sinterlik konsantre veya daha iri boyutlardan başlayarak kademeli konsantre üreten proseslere ait ön çalışmalar numunenin tümü üzerinde ve çeşitli boyutlarda yapılmıştır.

4.1. Boyutu -6 +0,1 mm Arasında Olan Cevhere Uygulanan Kademeli Zenginleştirme Deneyleri

Doğrudan sinterlik konsantre eldesi olanaklarını araştırmak amacıyla, cevherin boyutu 6 mm'nin altına indirilmiş ve -6 +0,1 mm boyut aralığında kademeli zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

Boyutu 6 mm altında olan cevher 1 mm açıklıklı elekten elenmiş ve -6 +1 mm boyut aralığına jig ile zenginleştirme uygulanmış; konsantre ile artık elde edilmiştir. Daha sonraki aşamada artık merdaneli kırıcıda 1 mm'nin altına indirilerek -6 mm boyutundaki tuvenandan üretilen $\hat{\text{mm}}$ malzeme ile birleştirilmiştir. Boyutu 1 mm altında olan bu malzeme 0,1 mm açıklıklı elekten elenmiş ve -1 +0,1 mm boyut aralığındaki malzeme ile manyetik ayırma deneyleri yapılmıştır.

Laboratuvar tipi jig ve endü silindirli, yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcıda yapılan deneylerin sonuçları ÇİZELGE 3'de verilmiştir. Deney sonuçlarından da görülebileceği gibi, %57,42 Fe içeren konsantre %68 metal kazanma verimiyle üretilebilmektedir. Elde edilen bu sinterlik konsantrenin tam kimyasal analiz sonuçları ÇİZELGE 4'te verilmiştir.

ÇİZELGE 3. Tamamı 6 mm Altına İndirilen Cevherden, Sinterlik Konsantre Üretmeye Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları.

Ayırmaya Giren Numune	Ürünler	Miktar %	Fe, %		Girene Göre	
			İçerik	Verim	Miktar %	Verim %
-6 +1 mm (Jig ile zenginleştirme)	KONSANTRE	57,3	57,01	72,66	38,7	53,54
	ÖN ARTIK	42,7	28,49	27,14	--	--
	TOPLAM	100,0	44,83	100,0	--	--
-1 +0,1 mm boyut grubu ile ön artık numunesi beraberliği (Manyetik Ay.)	KONSANTRE	24,20	59,00	42,01	10,0	14,32
	NİHAİ ARTIK	75,8	26,02	57,99	31,3	19,76
	TOPLAM	100,0	34,00	100,0	--	--
-0,1 mm		--	25,50	--	20,0	12,38
T O P L A M		--	--	--	100,0	100,00

ÇİZELGE 4. Boyutu $-6 +0,1$ mm Arasında Olan Demir Konsantrisinin Tam Kimyasal Analiz Sonuçları.

Madde	İçerik (%)
Fe	57,20
SiO₂	9,43
Al₂O₃	2,55
CaO	0,11
Mn	Eser
MgO	0,31
TiO₂	0,08
S	0,36
Na₂O	0,22
K₂O	0,11
P	0,07
Kızdırma Kaybı	4,80

4.2. Boyutu -30 mm Altında Olan Cevhere Uygulanan Kademe-
li Zenginleştirme Deneyleri

Boyutu 30 mm'nin altına indirilen cevher, 6 mm, 1 mm ve 0,1 mm açıklıklı eleklerden elendikten sonra $-30 +6$ mm boyut aralığına ağır ortam ile zenginleştirme, $-6 +1$ mm boyut aralığına jig ile zenginleştirme, $-1 +0,1$ mm boyut aralığına da yüksek alan şiddetli manyetik ayırma ile zenginleştirme uygulanmıştır. Bu uygulama sırasında elde edilen ırık artıklar bir alt boyutun altına indirilmiş ve tuvenandan elde edilen malzemelerle birleştirilerek zenginleştirilmeye tabi tutulmuşlardır. ($-30 +6$ mm boyut aralığında üretilen atık, 6 mm'nin altına kırıldıktan sonra $-6 +1$ mm boyut aralığındaki tuvenan ile birlikte jige beslenmiştir).

En son aşamada, $-0,1$ mm tuvenan ile boyutu 0,1 mm altına indirilen manyetik olmayan ürün (artık) birleştirilerek 0,044 mm altına öğütülmüş ve yüksek alan şiddetli yaş manye-

tik ayırıcı ümanyetik ayırma deneyi yapılmıştır. Bu ayırmadan elde edilen artık ise nihai artık olarak değerlendirilmiştir.

Yukarıda belirtilen kademeli zenginleştirme deneylerine ait sonuçlar ÇİZELGE 5'de verilmiştir.

ÇİZELGE 5. Tamamı 30 mm Altına indirilen Cevherden Kademeli Konsantre Üretmeye Yönelik Yapılan Deneylerin Sonuçları.

Ayrılmaya Giren Numune	Ürünler	Miktar %	Fe, %		Girene Göre	
			içerik	Verim	Miktar %	Verim %
-30 +6 mm , (Ağır Ortam İle Zenginleştirme)	KONSANTRE	33,0	57,80	41,25	24,80	33,69
	ARTIK 1	67,0	40,55	58,75	--	--
	TOPLAM	100,0	46,24	100,00	--	--
-6 +1 mm (Jig ile Zenginleştirme)	KONSANTRE	24,9	58,20	35,78	12,60	17,23
	ARTIK 2	75,1	34,63	64,22	--	--
	TOPLAM	100,0	40,50	100,00	--	--
-1 +0,1 mm (Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme)	KONSANTRE	18,09	60,15	30,91	8,50	12,02
	ARTIK 3	81,91	29,69	69,09	--	--
	TOPLAM	100,00	35,20	100,00	--	--
-0,004 mm (Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme)	KONSANTRE	15,16	63,50	33,03	8,20	12,24
	NİHAİ ARTIK	84,84	23,01	66,97	45,90	24,82
	TOPLAM	100,00	29,15	100,00	100,00	100,00

Tamamı 30 mm altına indirilmiş cevherden kademeli konsantre üretmeye yönelik yapılan deneyler sonucunda, -30 +6 mm boyut aralığında %57,80 Fe içeren konsantre %33,7 metal kazanma verimiyle, -6 +0,1 mm boyut aralığında %59 Fe içeren konsantre %29,25 metal kazanma verimiyle ve -0,044 mm boyu-

tunda %63,5 Fe içeren konsantre %12,24 metal kazanma verimiyle üretilmektedir.

Elde edilen konsantrelerdeki alkali içeriği ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) genellikle %0,25'in altında bulunmaktadır.

5. KARAKUZ DEMİR CEVHERİNE UYGULANABİLECEK ZENGİNLEŞTİRME PROSESLERİ

Cevhere farklı iki boyutun altında kademeli zenginleştirme uygulanması sonucu elde edilen verilerin ışığı altında Karakuz demir cevheri için iki farklı zenginleştirme prosesi önerilebilir. Bu prosesler hakkında kesin verilerin elde edilmesi, ancak pilot çapta deneyler ile mümkün olabilecektir.

Karakuz cevherine ait Şekil 1'de verilen akım şemasında, direkt olarak sinterlik konsantre üretimi (-6+0.1 mm boyut aralığında) hedef alınmıştır. Şekil 2'de ise, kademeli olarak konsantre üretimi hedeflenmiştir.

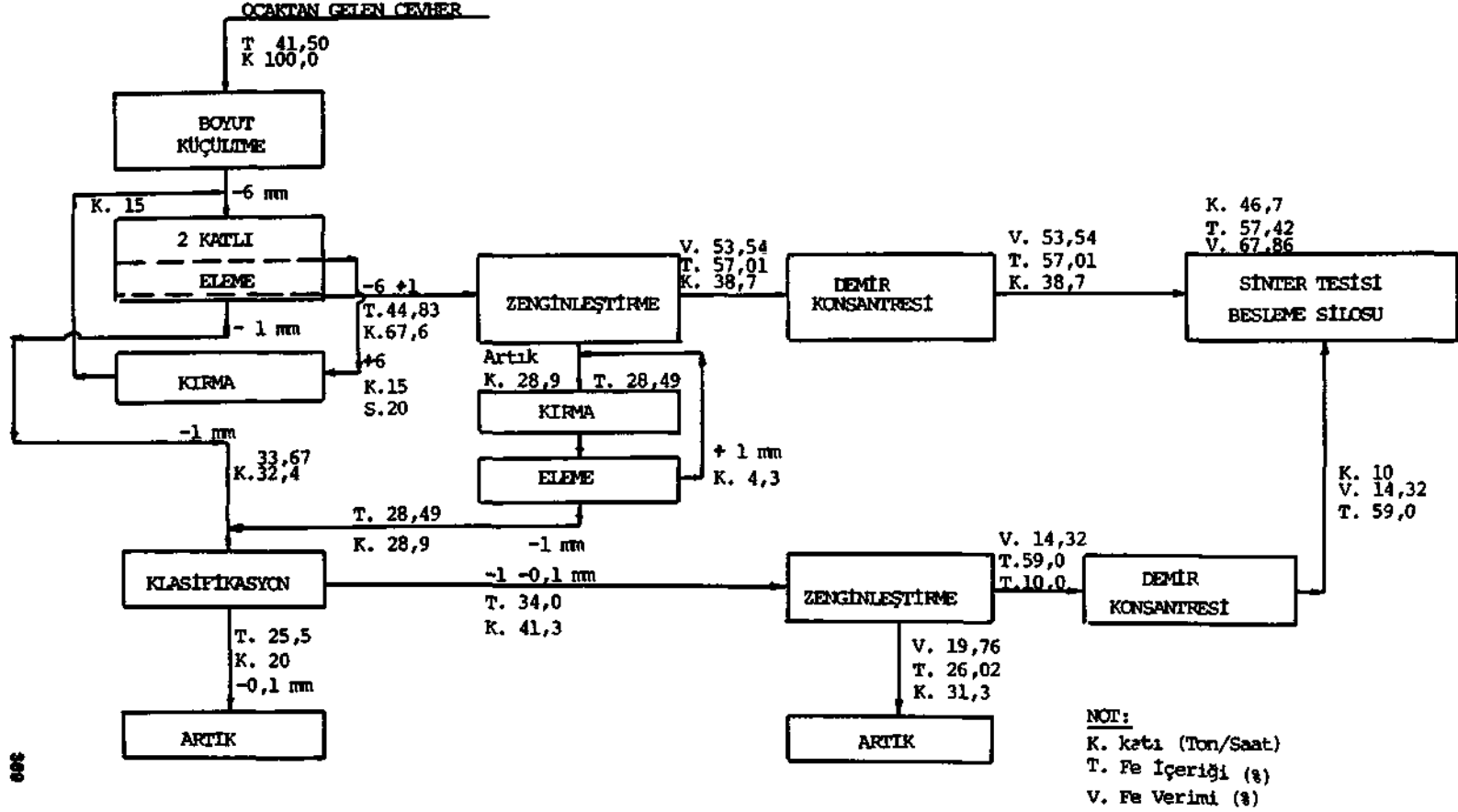
6. GENEL SONUÇLAR

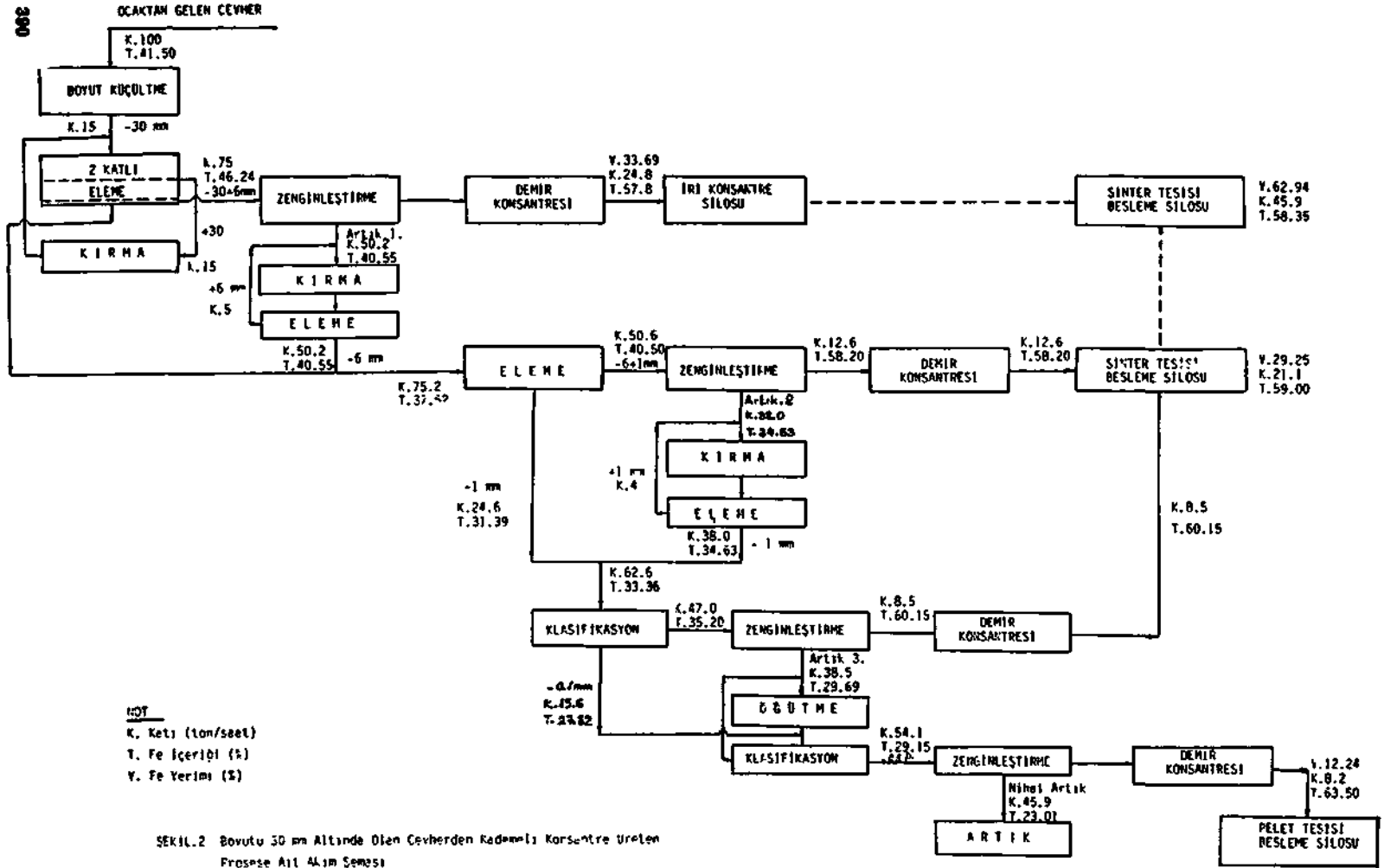
Hekimhan-Karakuz demir cevheri ile yapılan laboratuvar zenginleştirme deneylerinden edinilen bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

1. Tamamı 6 mm altına indirilmiş Karakuz demir cevherinden -6 +0,1 mm boyut aralığında sinterlik konsantre üretmeye yönelik olarak yapılan deneyler sonucunda, %57,42 Fe içeren konsantrenin %68 metal kazanma verimiyle üretilebileceği anlaşılmıştır.

2. Tamamı 30 mm altına indirilmiş Karakuz demir cevherinden kademeli konsantre üretmeye yönelik olarak yapılan deneyler sonucunda, -30 +6 mm boyut aralığında %57,80 Fe içeren konsantre %33,70 metal kazanma verimiyle, -6 +0,1 mm

ŞEKİL 1. Sinterlik Konsantre Üreten Proses Akım Şeması.





SEKİL.2 Boyutu 30 mm Altında Diken Cevherden Kadımlı Konsantre Üreten
Prosesin Ail Alım Sırası

boyut aralığında %59 Fe içeren konsantre, %29,25 metal kazanma verimiyle ve -0,044 mm boyutunda %63,5 Fe içeren konsantre %12,24 metal kazanma verimiyle üretilebileceği anlaşılmaktadır.

-30 +6 mm boyut aralığında elde edilen konsantre sinterlik konsantre olarak kabul edilecek olursa, -30 +0,1 mm boyut aralığında %58,35 Fe içeren sinterlik konsantre %63 metal kurtarma verimiyle üretilebilecektir.

-30 +0,1 mm boyut aralığında üretilen sinterlik konsantre ile -0,044 mm boyutunda üretilen peletlik konsantre beraber değerlendirilecek olursa, prosesin toplam metal kazanma verimi %75 civarında olmaktadır.

3. Karakuz cevherine uygulanan ön zenginleştirme deneyleri ile ön deneylerden ortaya çıkan iki ayrı prosese ait çalışmalarından , Karakuz cevherinden süper konsantre özelliğinde bir konsantre üretiminin mümkün olmadığı ortaya çıkmaktadır. Ortalama %57-58 Fe içeren sinterlik konsantreler elde edilebilmektedir. 44 mikron altında yapılan ve peletlik konsantre niteliğinde konsantre üretimini hedef alan deneylerde ise, %63,5 Fe içeren konsantre üretilebilmektedir. Bu Fe içeriğindeki konsantre, peletleme için uygun nitelikte değildir.

Cevherin ana demir minerallerinin götit ve limonit olması, süper konsantre niteliğinde yüksek Fe içerikli konsantrelerin üretilmesini engellemektedir.

4. %57 dolayında demir içeren zengin cevher ile de yapılan zenginleştirme deneylerinde de ancak %62-63 Fe içeren konsantreler, ortalama %50 metal kazanma verimiyle elde edilebilmiştir.

Bu veriler, % 41.50 Fe içeren fakir cevherden elde edilen bulgularını doğrular mahiyettedir.

5. Zenginleştirme deneyleri sonucunda elde edilen konsantrelerdeki Fe içeriğinin 500 °C da uygulanan ısı işlem ile % 2 civarında arttığı saptanmıştır.

6. Karakuz cevherinde ortalama % 1.72 olan alkali içeriği (Na+ICO) üretilen konsantrelerde % 0.2-0.25 civarına düşürülmektedir. Bu alkali içeriği, yüksek fırındaki çalışma koşullarına etkisi yönünden kabul edilebilir bir değerdir.

KAYNAKLAR

1.1988 ; "Hekimhan Karakuz Demir Yataklarının Değerlendirilmesi, Aramaların Yönlendirilmesi ve ön teknolojinin İncelenmesi Projesi ", 1.T.Ü Rektörlüğü, Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi (Yayınlanmış Rapor).
2. ATEŞOK G., ve YALÇIN T., 1979 ; "Demir Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ". Madencilik Dergisi, S.20-32
3.1975 ; Engineering and Mining Journal, S.79
4. FURSTENAU M.C., 1967 ; "Selective Flotation of Iron Oxide " Trans, AIME, June. S.200
5., 1978 ; Mining Engineering, March, S.242