

BURSA-ULUDAĞ SKARN ve MANYETİTLİ ŞELİT CEVHERLERİNİN LABORATUVAR ve TESİS PİLOT ÇAPTA MANYETİK SEPERASYONU OPTİMAL KOŞULLARININ SAPTANMASI

Ali AKAR (*)

Ümit CÖCEN (**)

ÖZET

Bursa - Uludağ skarn ve manyetiteli şelit cevherlerinin laboratuvar ve pilot çapta, yüksek alan şiddetli kuru manyetik separatörlerle ön ve son zenginleştirme optimal koşulları araştırılmıştır.

Çalışmaya esas teşkil eden cevher örnekleri, ETİBANK Volfram Tesis Müdürlüğüne sağlanmış ve yöntemine uygun biçimde kırma, öğütme ile sınıflandırma işlemine tabi tutularak; tane fraksiyonları, kompozit ve karma kompozit numuneleri şeklinde hazırlanmıştır.

Öncelikle tane iriliğinin zenginleştirme başarısına etkisi laboratuvar çapta araştırılmıştır. Skarn cevherin en verimli (— 1, 0+0,1) mm. tane fraksiyonunda ve en verimsiz olarak ta —0,1 mm. ile

(*) Dr. Maden Y. Müh; Makina Fak. Maden Müh. Böl. E.Ü. İZMİR.

(**) Maden Y. Mühendisi, Makina Fak. Maden Müh. Böl.; E. Ü. İZMİR.

—0,040 mm. tane fraksiyonlarında zenginleşebildiği saptanmıştır. Manyetikli şelit cevherinin ise kuru manyetik seperasyonla —1,0 mm. tane iriliği altındaki tüm fraksiyonlarda çok verimsiz zenginleşebildiği ortaya çıkmıştır.

Tesisçe hazırlanmış olan 2 tonluk skarn ham cevher (1,2 mm) laboratuvar uygulamaları verilerinin ışığı altında, tesiste pilot çapta zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Öncelikle tesisin performans testleri sırasında yapılan denemelerle manyetik seperatörlerin sıyırıcı ayarları ile besleme malı tane dağılımının optimum değerlerde olmadığı saptanmıştır. Böylece skarn ham cevherin, —0,1 mm. tan^f; iriliği oranının minimum değerlerde olması gerektiği ve bunun için de koruyucu öğütmenin gerekliliği kanıtlanmıştır. Bundan sonra skarn devre manyetik seperatörlerin amper - volt değerleri ve sıyırıcı konumları deneylerle saptanmıştır.

Optimal koşullarda skarn manyetik devrenin bir düşey manyetik seperatör biriminde 1,0 tonluk skarn cevherin (—1,2 mm) zenginleştirilmesi sonucunda; % 30,0 ağırlık oranında % 2,10 wo₃ tenörlü ve % 91,8 wo₃ verimli «Şelit Konsantre» kazanılabilmektedir.

Tesis son devresi manyetik seperatörlerinin optimal koşulları sağlanarak, tesisçe pirit flotasyonu yapıldığı ileri sürülen 5,0 tonluk ön konsantre, anılan devreden geçirilerek sonuçta % 28,8 ağırlık oranında, % 42,91 wo₃ tenörlü ve % 87,0 wo₃ verimli «Şelit Konsantre» üretilebilmiştir.

Son devredeki bu tür olumsuzlukların, başlıca pirit flotasyonunda şelitin piritten selektif olarak arındırılmaması ve skarn ham cevherin % 72,6 sini oluşturan granatların daha skarn kuru manyetik devrede ortamda uzaklaşmamasından kaynaklandığı izlenmiştir. Ayrıca şelitin son devreye gelinceye kadar aşırı ufalanmamasının ön koşul olduğu saptanmıştır. Skarn devrede atılmayan granatların bu aşısı ufalanmayı kolaylaştırdığı gibi sonuçta % 2,04 wo₃ tenörlü ve % 12,6 wo₃ kaybına yol açan bir ara ürün (Gamet) oluşturduğu belirlenmiştir.

Tüm deney verileri irdelenerek sonuçta öneriler üretilmiştir.

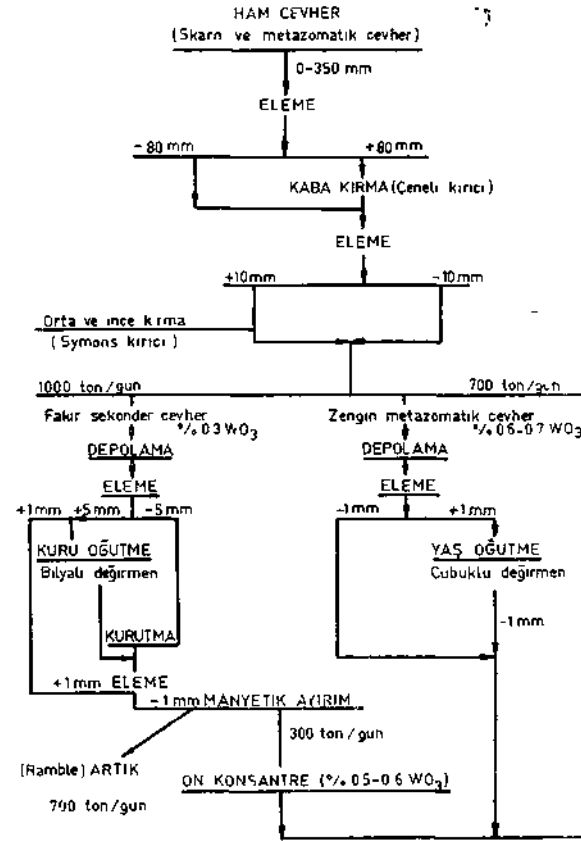
1. GİRİŞ

Türkiye'nin ve dünyanın en önemli volfram cevher oluşumlarından biri olan Bursa - Uludağ yatağı 1950 yılında bulunmuş, ilk teknolojik araştırması TOLUN (5) tarafından 1956 yılında yapılmış, tesisin kuruluşuna esas olan ayrıntılı çalışmalar ise M.T.A. Enstitüsü Cevher Hazırlama Laboratuvarlarında YAZAN (7) tarafından 1970-1971 yıllarında yürütülmüştür. Bu çalışma ile tesis girdi ham cevherinin mineralojik tanımı, kırma - öğütme, gravimetrik ve manyetik seperasyon ile pirit flotasyonu optimal koşulları saptanmış ve bu değerler üzerine Batı Alman SALZGITTER firmasının yapmış olduğu ek araştırma çalışmaları da eklenerek ETİBANK ve SALZGITTER firması arasında yapılan anlaşmalarla cevher zenginleştirme tesisinin detay projelendirilmesi ile kurulması SALZGITTER firmasına verilmiştir. Tesis kuruluşuna 1974 yılında başlanmış, ancak çeşitli zorluklardan sonra 1977 yılında tesisin kuruluşu tamamlanmıştır (Şekil - 1). 1977-1979 döneminde performans testlerine geçilmiştir. Tüm bu çalışmalarla tesisi çeşitli nedenlerden dolayı tam kapasiteyle (1700 ton tüvenan cevher/gün) üretime geçirmek olanaklı olmamıştır. Kurucu firmanın anahtar teslimi yapmayı ve bu işin tesiste kurulan yeni kadroya bırakılışı, tesiste yapılan proje içi ve dışı mekanik ve teknik yanlışlar üretimin bugüne dek gecikmesine başlıca neden olmuştur.

Temmuz 1978'den başlayarak tesisin devre sorunlarını saptama ve optimal koşullara ayarlama çalışmalarına gidilmiştir. Aşağıda sunulan «Skarn ve Manyetli Şelit Cevherlerinin laboratuvar ve tesis pilot çapında manyetik seperasyon optimal çalışma koşullarının saptanması» konulu çalışma Tesis Müdürlüğü'nün istemi üzerine 1978 yılı ortasında tarafımızdan tesis laboratuvarı ve işletme devresinde uygulanıp, değerlendirilmiştir (1).

2. NUMUNELER VE HAZIRLANMASI

Çalışmaya esas teşkil eden skarn cevher numunesi Tesis Müdürlüğü'nce cevher yatağından temsili olarak alınıp, 350 kg. 1 Ege üniversitesi Makina Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü cevher hazırlama laboratuvarlarına gönderilmiştir. Geri kalan yaklaşık 2 ton ham skarn cevher tesiste %95'i -1,0 mm.'ye öğütülmüş



Şekil. 1 — Etibank Tarafından Projede Öngörülen Sadeleştirilmiş Genel Akım Şeması.

ve fırında kurutulularak tesis çapta skarn devre denemeleri için hazırlanmıştır.

Bu arada maden yatağında varlığı saptanmış manyetiteli şelit cevherinden de temsili olarak alınan 150 kg.'lık numune aynı şekilde E.ü. Makina Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne gönderilmiştir.

2.1. SKARN CEVHER

Uludağ cevher oluşumunda skarn cevher tipi önemli bir potansiyel oluşturur. Tesisin günlük kapasitesinin 100 ton'unu skarn cevher tipi oluşturur. Genellikle skarn cevher kireç taşları içersinde düzensiz şelit birikimleridir. Yantaş oldukça sert olan granat ve epidotlardan yer yer de sülfür minerallerinden oluşmuştur (6).

Tesis Müdürlüğünce yataktan temsili olarak alınmış ve bölümümüz laboratuvarlarımıza iletilmiş bulunan 350 kg.lık —100 mm. tane boyutlu skarn cevher Şekil. 2'deki akım şemasına göre hazırlanmıştır (2).

1,0 mm. altına indirilmiş skarn cevherden alınan temsili numunenin elek analizi sonuçları ve fraksiyonların WO₃ tenörleri ile dağılımları aşağıdaki Tablo 1 de sunulmuştur.

Tablo. 1 — -1,0 mm. Skarn Cevher Elek - Metal Bilançosu

Tane iriliği (mm)	Ağırlık (%)	WO ₃ (%)	WO* Dağılımı (%)
— 1,0 +0,5	31,48	0,14	14,51
— 0,5 +0,315	17,26	0,28	15,89
— 0,315 + 0,100	25,06	0,38	32,56
— 0,100 + 0,040	19,70	0,42	27,20
— 0,040	6,50	0,46	9,84
Toplam :	100,00	0,30	100,00

Tablo 1 de belirlenen tane yapısı ve metal içeriğindeki skarn ham cevherin tane iriliğine bağlı laboratuvar çapta manyetik seperasyon deneyleri yukarıda anılan tane fraksiyonlarına uygulanmıştır.

2.1.1. Kompozit Numuneler

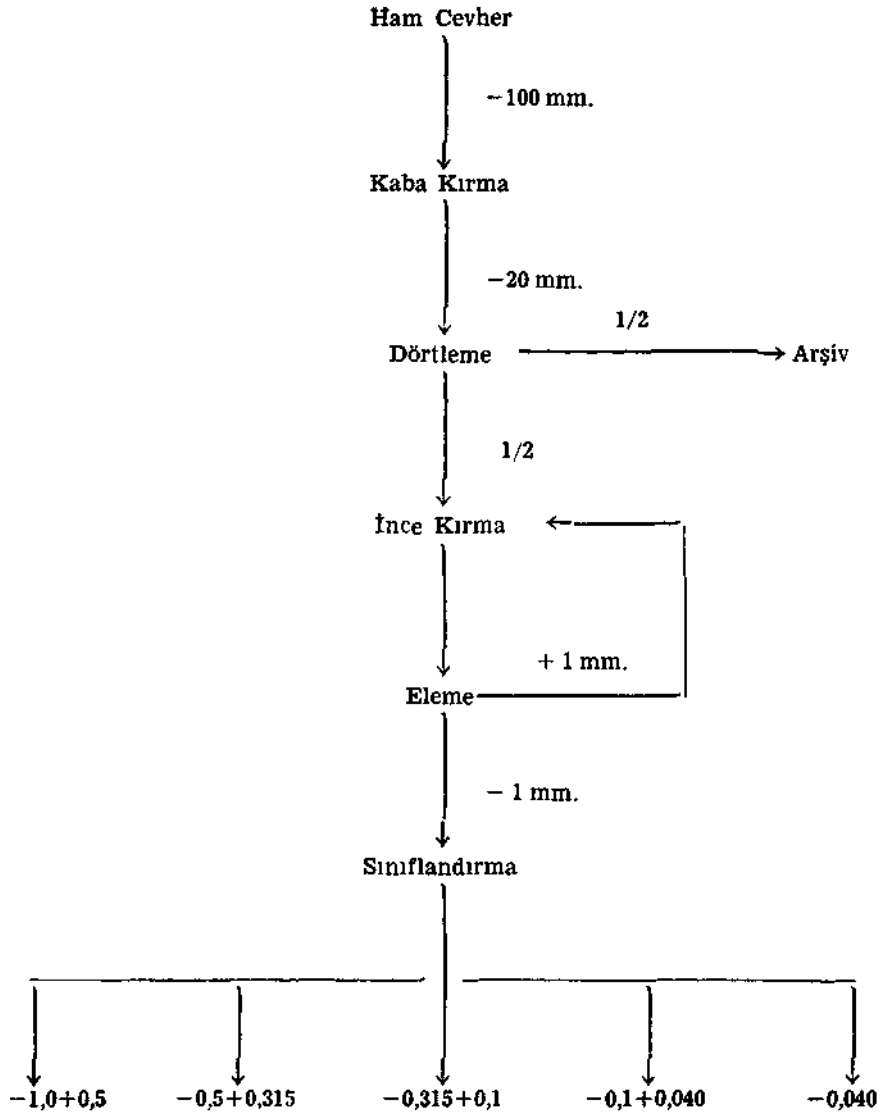
Laboratuvar çapta uygulanan manyetik seperasyonun bazı fraksiyonların deney dışı bırakılması koşulunda yapılan deneyler için, tane fraksiyon yapıları Tablo. 2 de belirtilen kompozit numuneler hazırlanmıştır.

Tablo. 2 — Kompozit Numunelerin Tane iriliği' Dağılımı

Tane İriğiği (mm)	Kompozit 1		Kompozit 2		Kompozit 3		Kompozit 4	
	Ağırlık (%)	E.Ü. E-(%)	Ağırlık (%)	E.Ü. Z-(%)	Ağırlık (%)	E.Ü. 2-(%)	Ağırlık (%)	E.Ü. 2>(%)
-1,0+0,500	31,48	31,48	42,67	42,67	33,72	33,72	—	—
-0,500+0,315	17,26	48,74	23,33	66,00	18,20	51,92	24,82	24,32
-0,315+0,100	25,06	73,80	34,00	100,00	26,98	78,90	36,79	61,61
-0,100+0,040	19,70	93,50	—	—	21,10	100,00	28,87	90,48
-0.040	6,50	100,00	—	—	—	—	9,52	100,00
T o p l a m	100,00		100,00		100,00		100,00	

2.2. MAYETİTLİ CEVHER

Tesisin kuruluşuna esas teşkil eden ilk teknolojik çalışmalar aşamasında manyetiteli cevher varlığı henüz bilinmemekteydi. Yeraltı madenciliğinin ileri aşamasında yatakta manyetiteli şelit cevher potansiyeli önemli ölçüde ortaya çıkınca, mevcut manyetik seperatörlerdeki zenginleşebilirlik derecesini saptama amacıyla tesis müdürlüğünce yataktan alınmış temsili 150 kg. lık numune, zenginleştirme etütleri yapılmak üzere bölümümüze iletilmiştir. Gelen cevherin makroskobik ve kuvars lambası altındaki kalitatif analizi ile bu tip cevherin, ince şelit dağılımlı zengin cevher olduğu görülmüştür. Bu cevher tipinin ana kütlesini manyetit, yer yer zengin pirit ve ince yapılı oldukça zengin şelit mineralleri oluşturmaktadır.



Şekil. 2 — Skarn Cevher ve Manyetitti Cevher Numune Hazırlama Akım Şeması.

Bölümümüze iletilen -100 mm tane boyutlu manyetiteli cevher, skarn cevher gibi Şekil. 2'deki akım şemasına göre hazırlanmıştır (2). 1 mm. altına indirilen numune sınıflandırılarak Tablo. 3'de gösterilen elek metal dağılımlı fraksiyonlara ayrılmıştır.

Tablo. 3—1,0 mm. Manyetitli Cevher Elek - Metal Bilançosu

Tane iriliği (mm)	Ağırlık (%)	W ₀ ₃	
		Tenor (%)	Dağılım (%)
-1,0 + 0,5	25,62	0,23	16,00
-0,5 + 0,315	16,39	0,25	11,12
-0,315 + 0,100	28,19	0,36	27,55
-0,100 + 0,040	21,43	0,49	28,50
-0,040	8,37	0,74	16,83
TOPLAM:	100,00	0,37	100,00

2.3. KARMA KOMPOZİT NUMUNELER

Aşağıda karışım oranları belirtilen (manyetitli cevher + skarn cevher) karma kompozit numuneler hazırlanmış ve laboratuvar çapta manyetik seperasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Yukarıda belirtilen skarn cevher ile manyetitli cevher tane irilik dağılımları yaklaşık değerlerde uyum göstermektedir.

	Skarn cevher Ağırlık (%)	Manyetik cevher Ağırlık (%)
Karma kompozit 1	90	10
Karma kompozit 2	80	20
Karma kompozit 3	70	30

2.4. TESİSTE HAZIRLANAN NUMUNE

Tesis Müdürlüğüne cevher yatağından temsili alınan yaklaşık 2 ton skarn ham cevher, kırma - sınıflandırma ile %95'i -1,0 mm. tane iriliğine indirilmiş, fırında kurutularak (% 1 - 2 nem) 50 şer kg. lık torbalarda skarn devre manyetik seperasyon denemeleri için hazırlanmıştır. Bu numuneden alınan temsili küçük miktardaki numunenin elek analizi aşağıdaki Tablo-4 de sunulmuştur.

Tablo. 4 — Tesiste Hazırlanan 2 Tonluk Skarn Cevher Numunesinin Elek Analizi.

Tane iriliği (mm)	Ağırlık (%)
-1,2 + 0,5	28,50
-0,5 + 0,315	18,40
-0,315 + 0,100	28,10
-0,100 + 0,040	15,40
- 0,040	9,60
Toplam	100,00

3 . DENEY UYGULAMALARI VE SONUÇLARI

Yukarıda belirtildiği şekilde hazırlanan numunelerden tane aralıklarına sınıflandırılmış numuneler, Etibank Bursa Uludağ Volfram Tesisleri cevher hazırlama laboratuvarında var olan SALZ GİTTER tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperatörde laboratuvar çapta zenginleştirmek üzere manyetik ayırma tabi tutulmuştur.

Tesiste hazırlanmış olan iki tane yakın skarn cevher numunesi ise tesis skarn devre manyetik seperatörlerinden (2.25-2.27) ilk düşey devrede pilot çapta manyetik ayırma tabi tutulmuştur. (3,4).

Ayrıca tesis sallantılı masa ve flotasyon işlemleri ile kazanılan şelit ön konsantrenin içerdiği manyetik ürünleri elimine ederek son şelit konsantresi kazanmak üzere, şelit ön konsantre, manyetik seperatör (5.16 - 5.17 - 5.18) (4) devrelerinde zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Aşağıdaki bölümlerde her üç çalışma aşaması ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Tüm deneylerin sonunda kazanılan ürünlerden temsili olarak duyarlı bir şekilde dörtleme yöntemiyle dört numune alınıp torbalanmıştır. Bu numunelerden birincisi İşletme Müessese Müdürlüğüne, ikincisi işletme Kimya Laboratuvarına, üçüncüsü M.T.A.'da yapılan analizler için, dördüncüsü ise E.ü. Maden Mühendisliği

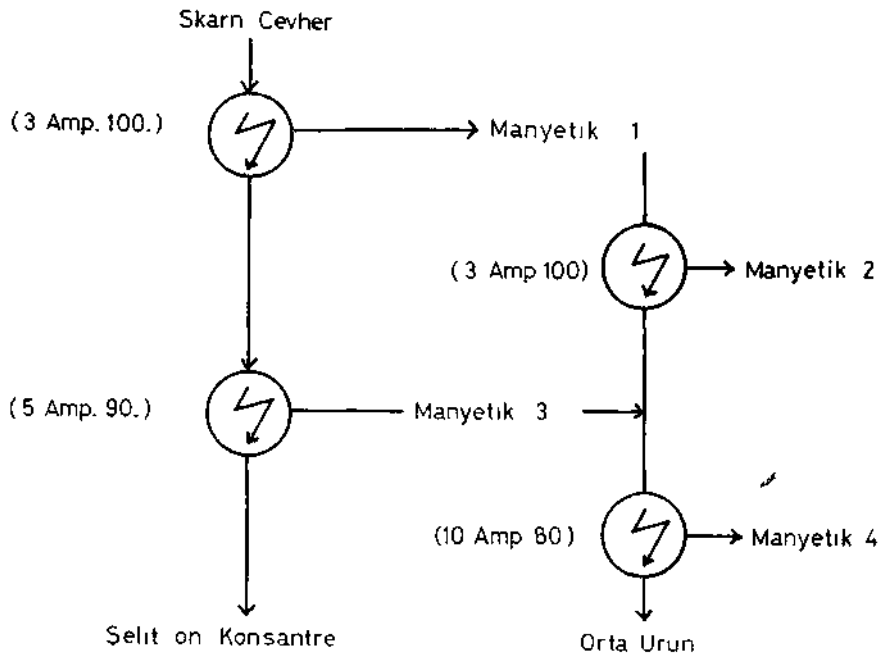
Bölümü'ndeki çalışmalar için şahit numune olarak hazırlanmıştır. Tesis kimya laboratuvarında yapılan kimyasal analizler ile M.T.A. Enstitüsü Kimya Laboratuvarlarında yapılan analiz değerleri arasında belirli sapmaların olduğu görülmüştür. M.T.A. Enstitüsünde yapılan analizlerin daha sağlıklı olması nedeniyle, metal bilançoları ve sonuçların değerlendirilmesinde, M.T.A. analiz değerleri esas alınmıştır.

3.1. LABORATUVAR ÇAPTA DENEMELER

Laboratuvar çapta manyetik seperasyonun 1. aşamasında tane iriliğinin şelit zenginleştirilmesindeki etkisi araştırılmıştır. Bunun için daha önce belirtildiği gibi hazırlanan skarn cevher (-1,0+0,5) mm, (-0,5+0,315) mm, (-0,315+0,100) mm, (-0,100+0,040) mm ve -0,040 mm tane aralıklarındaki numuneler Şekil. 3 ve 4'te verilen akım şemalarına uygun olarak manyetik seperatör zenginleştirme deneylerine tabi tutulmuştur. Ancak uygun alan şiddetine eşdeğer amper değerleri ile kapasite parametresi olan tromel devir sayısı ve sıyırıcı konumu ayarlamaları ön deneylerle araştırılmış ve esas deneylerde Şekil. 3'te verildiği değerlerde sabit tutulmuştur. Tablo — 5 de; tane fraksiyonlarının manyetik seperasyonunda kazanılan şelit ön konsantrelerin ağırlık yüzdeleri, WO₃ tenörleri ile verimleri özetlenmiştir.

Tablo. 5 — Tane Fraksiyonlarının Manyetik Seperasyonundan Kazanılan Şelit ön Konsantrelerin WO* Bilançosu

Tane fraksiyonu (mm)	Ürün	Ağırlık (%)	WO _j	
			Tenor (%)	Verim (%)
-1,0 + 0,5	şelit ön	18,38	0,48	79,96
-0,5 + 0,315	konsant.	15,18	2,20	91,69
-0,315 + 0,100	»	14,19	2,80	89,40
-0,100 + 0,040	»	6,31	3,24	41,26
-0,040	»	1,30	1,66	4,64

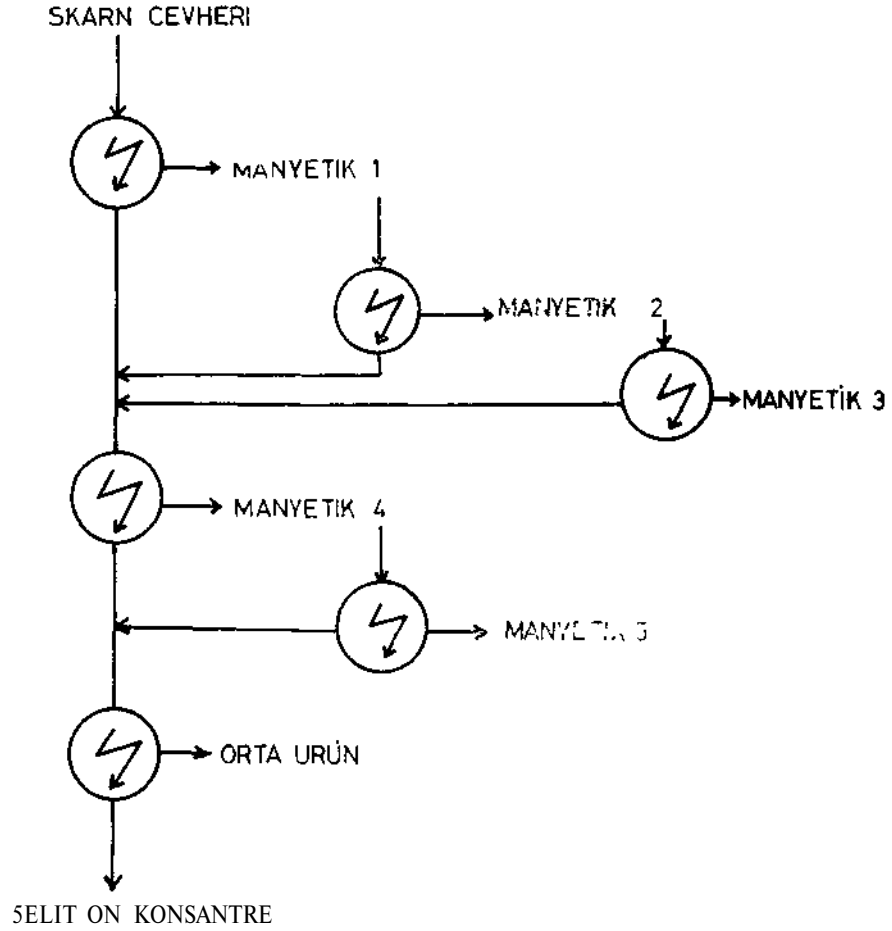


Şekil. 3 — Laboratuvar deneyleri £(-1,0+0,5), (-0,5+0,315), (-0,315+0,100!, (-0100¹-0,040) mm.] Tane fraksiyonları manyetik seperasyon şema 1.

Tablo 5 ile Şekil. 5'deki grafikten de görüleceği gibi şelit ön konsantre ağırlık verimi iri tane fraksiyonundan ince tane fraksiyonuna doğru önemli bir düşüş göstermektedir. Şelit ön konsantre tenörleri ise $-0,040$ mm. fraksiyonu hariç, iri fraksiyondan ince fraksiyona doğru bir artış göstermektedir. W_0 verimleri ise iri tane fraksiyonlarda yüksek değerlerde (% 80 - 92) olurken 0,1 mm'nin altındaki fraksiyonlarda ise %41—5 değerlerine düşmüştür.

Orta ürünlerin, şelit ön konsantreyle birleşik olarak düşünülmesi halinde konsantrelerin ağırlık verimi W_0 tenörü ile verimleri Tablo. 6 daki değerlerde olacaktır.

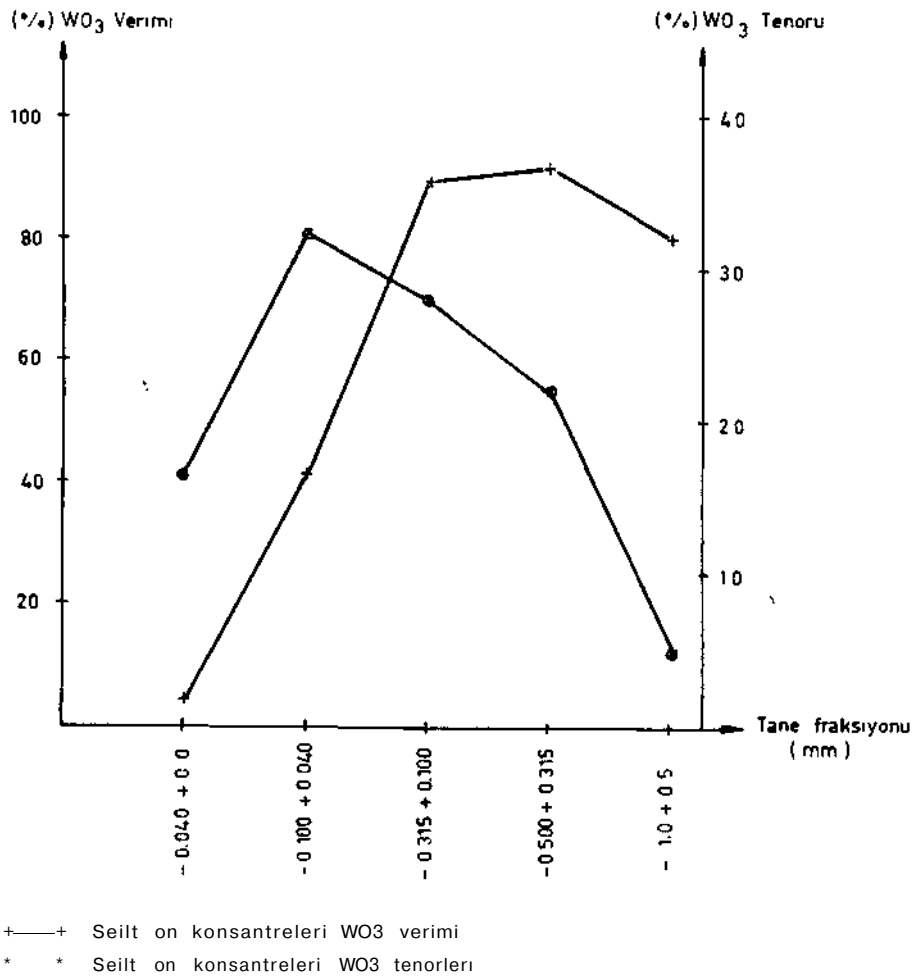
Skarn ham cevherin tane fraksiyonlarının manyetik seperasyon deneylerinden sonra, önce tesiste hazırlanmış bulunan 2 tonluk numuneden alınan temsili numune Şekil. 3 teki akım şemasına göre manyetik seperasyon deneyine tabi tutulmuştur (3, 4)



Şekil. 4—(-0,040) mm tane fraksiyonu manyetik seperasyon akım şeması.

Aynı şekilde bölüm 2.1.1 de belirtildiği üzere hazırlardan skarn cevher kompozit numunelerine Şekil. 6 da verilen akım şemasına uygun olarak manyetik seperasyonla zenginleştirme deneyleri uygulanmıştır. Kompozit numuneler ile tesis numunesinin manyetik seperasyonundan sağlanan şelit konsantrelerinin ağırlık yüzdeleri W_0 tenor ile verimleri Tablo 7 de sunulmuştur.

Tesis numunesi Şekil. 3 teki akım şemasına göre uygulandığından elde edilen orta ürünün, konsantre ile birlikte düşürülmesi ge-



Şekil. 5 — Tane fraksiyonlarının manyetik seperasyonunda kazanılan Şelit ön konsantrelerin WO_3 tenor ve verimlerinin değişimi.

rekir. Böylece ağırlık verimi % 24, 65, WO_3 tenörü % 2.03 ile verimi % 94, 09 olan bir şelit ön konsantre kazanılması olasıdır.

Bölüm 2.3 te belirtildiği gibi belirli oranda skarn cevher ile manyetiteli cevherden hazırlanan karma kompozit numunelere Şekil. 6 daki akım şemasına göre manyetik seperasyon deneyleri uygulanmıştır. Manyetik ayırım sonunda kazanılan konsantrelerin ağırlık verimi, WO_3 tenörü ile verimleri Tablo. 8 de görülmektedir.

Tablo. 6 — Tane Fraksiyonları Manyetik Seperasyonu ile Kazanılan Şelit ön Konsantreleri ile Orta ürünlerinin Birleştirilmiş WO_3 Bilançosu.

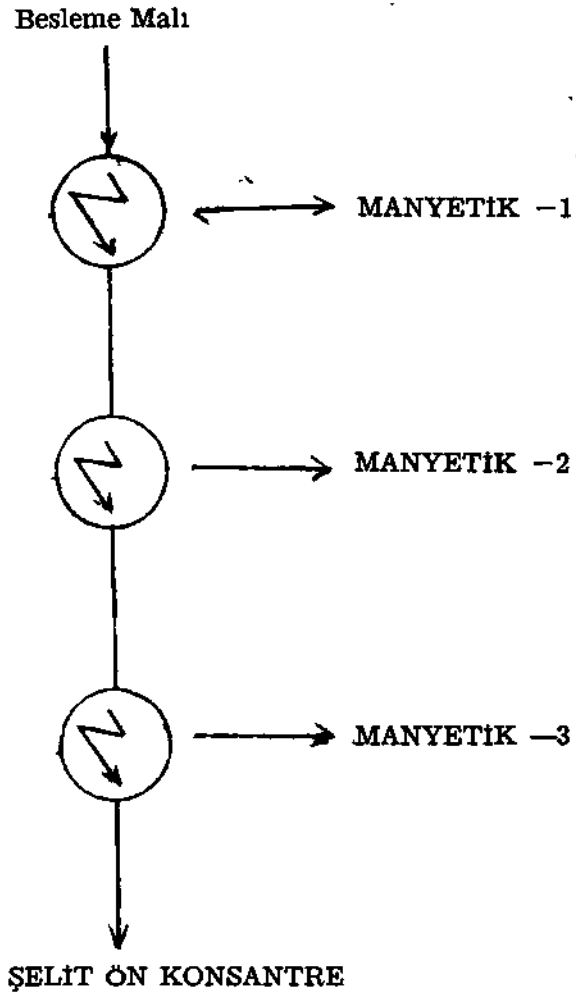
Tane iriliği mm	Ürün	Ağırlık (%)	WO_3	
			Tenor (%)	Verim (%)
—1,0 + 0,5	Orta ürün + S.Ö.K.	22,58	0,42	86,03
-0,5 + 0,315	» »	20,12	1,75	96,85
-0,315 + 0,100	» »	16,73	2,59	97,41
-0,100 + 0,040	» »	9,82	3,14	62,30
+ 0,040	» »	7,95	0,92	15,64

Tablo. 7 — Tesis Numunesi ve Kompozit Numunelerin Manyetik Seperasyonundan Kazanılan Şelit ön Konsantrelerin WO_3 Bilançosu

Numune	Ürün	Ağırlık (%)	WO_3	
			Tenor (%)	Verim (%)
Tesis numunesi	Şelit ön Kons.	18,05	2,62	88,76
Kompozit 1	» » »	17,17	1,80	87,45
Kompozit 2	» » »	24,31	1,16	96,91
Kompozit 3	» » »	20,11	1,20	91,37
Kompozit 4	» » »	12,39	2,52	80,66

Tablo. 8 — Manyetiteli Cevher ve Karma Kompozit Numunelerin, Manyetik Seperasyonundan Kazanılan Şelit ön Konsantrelerin WO_3 Bilançosu.

Numune	Ürün	Ağırlık (%)	WO_3	
			Tenor (%)	Verim (%)
Karma kompozit 1	Şelit Kons.	18,29	1,18	75,27
Karma kompozit 2	»	20,35	1,29	76,70
Karma kompozit 3	»	18,85	1,75	76,74
Manyetiteli ham cev.	»	14,04	1,43	26,10

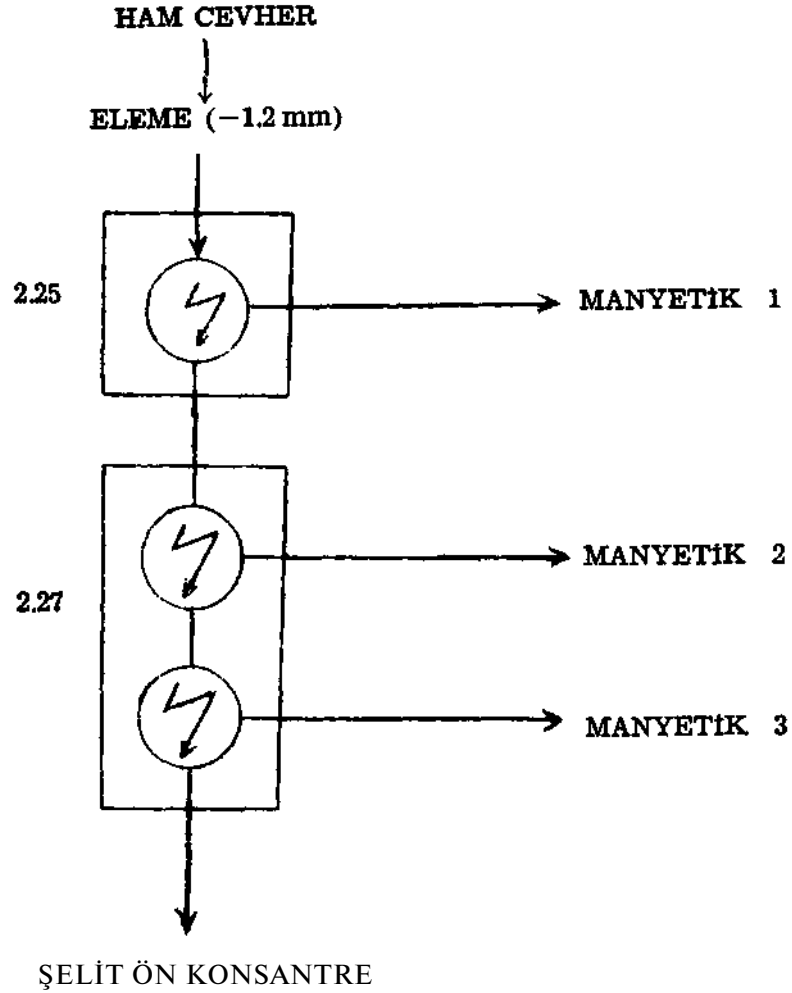


Şekil. 6 — Kompozit ve karma kompozit numuneleri Lab. manyetik seperasyon akım şeması.

Karma kompozitlerin içeriğinde bulunan manyetit, seperasyonun 1. aşamasında (Manyetik 1) manyetik flokülasyon nedeniyle W_{O_3} kaybına neden olmaktadır. Aynı zamanda Tablo 8 den de görüleceği üzere skarn cevher manyetitli cevher oranının değişmesi verim yönünden bir yükseltme sağlamazken tenor bakımından az bir fark göstermektedir. Manyetitli ham cevherin kuru manyetik ayırımında W_{O_3} verimi önemli bir ölçüde düşmekte ve ancak %26,10 civarında olmaktadır.

3.2. TESİS SKARN DEVRE MANYETİK SEPERASYON DENEYLERİ

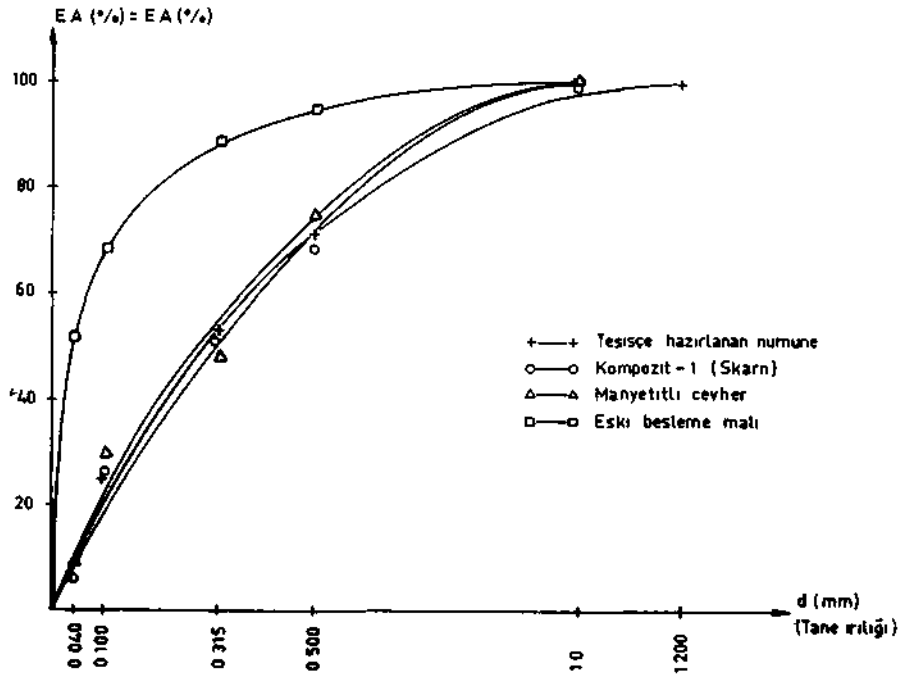
Skarn ham cevherin manyetik seperasyonu tesis kapasitesi açısından önemli bir yer tutar. Skarn devre manyetik seperasyonla, skarn devreye gelen 1000 ton/gün'lük ham cevherin %70'i diğer bir deyişle 1700 ton/gün tesis tam kapasitesinin ise %41,2 sini atmak, ardıl zenginleştirme aşaması olan sallantılı masa kapasitesinde önemli bir optimum sağlanması için gereklidir.



Şekil. 7 —Skarn cevher manyetik seperasyon devresi bir düşey tam devre birimi akım seması.

Bursa - Uludağ Tesis laboratuvarındaki skarn cevher manyetik seperasyon sonuçlarının olumlu gelişmesi üzerine tesisin skarn manyetik seperasyon devresinden bir düşey tam birimi, pilot deneyler için öngörülmüştür. Bu amaçla Şekil 7 de sunulan devredeki manyetik seperatörlerin optimal manyetik alan şiddetleri (amper - volt), besleme ve sıyınıcı ayarları ön deneylerle saptanmaya çalışılmıştır. Ancak bundan sonra 1 ton'luk ham cevher, ayarlanan ünitelerden geçirilerek tam devre deneyi uygulanmıştır (3,4).

Düşey devre birimi hazırlanırken eski ayarların saptanması yönünde manyetik seperatör - 2 ve manyetik seperatör - 3'e beslenen daha önceki eski numunelerden siloda kalan oldukça nemli (% 6) ve ince yapılı malzemeden alınan temsili numunenin elek analizi sonuçları Şekil 8 de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere manyetik seperatörlere, $-0,1$ mm. tane iriliğindeki ağırlık oranı %68,82 olan, toz olarak nitelenebilecek malzeme verildiği saptan-



Şekil. 8 — Skarn devre manyetik seperatörlere beslenen numuneler ile eski besleme malının tane dağılım grafiği.

mıştır. Buna karşın —0,1 mm. tane aralığı ağırlık oranı, bu araştırmaya konu olan skarn cevher (kompozit -1) numunesinde %26,C, manyetiteli cevherde %29,8 ve tesis numunesinde (2 tonluk) % 25 değerlerinde olmuştur.

Ayrıca manyetik seperatörlerdeki sıyırıcı eski ayarlarında herhangi bir değişiklik yapmadan deney yapılmıştır. Manyetik seperatör - I (2.25) in eski sıyırıcı ayarında değişik olan şiddetlerinde (amper ve volt) yapılan seperasyon deneylerinden elde edilen ürünlerin WO_3 yüzdeleri Tablo. 9 da sunulmuştur.

Tablo. 9 — 2.25 Separatörü Eski Sıyırıcı Ayarında ve Değişik Alan Şiddetlerinde Uygulanan Deney Ürünlerindeki WO_3 Yüzdeleri.

Şalter No.	Manyetik Ortam Koşulu		Manyetik olan WO_3 (%)	Manyetik olmayan WO_3 (%)
	Amper	Volt		
1			0,44	0,12
2			0,47	0,15
3			0,47	0,16
4	22	35	0,51	0,12
5	24	36	0,49	0,15

Tablo. 9 dan da görüleceği üzere eski sıyırıcı ayarının tamamen yanlış ayarda bulunması nedeniyle manyetik olan ürünlerdeki WO_3 yüzdeleri, manyetik olmayan ürünlerdeki WO_3 yüzdelerinden enaz 3 katı fazla değerde olduğu saptanmıştır. Bu nedenle önce 2.25 seperatörünün uygun sıyırıcı ayarı yapılarak, değişik alan şiddetlerinde seperasyon deneyleri yapıp, optimal alan şiddeti saptanmıştır (3,4).

Tablo. 10 da 2.25 seperatörünün uygun sıyırıcı ayarı ve fark'ı alan şiddetlerinde (amper ve volt) yapılan deneylerden sağlanan manyetik olmayan ürünün WO_3 yüzdeleri gösterilmiştir.

Tablo. 10 — Uygun Sıyırıcı Ayarında 2.25 Seperatöründe Çeşitli Alan Şiddetlerinde Yapılan Deneylerden Manyetik Olmayan ürünlerin WO₃ Yüzdeleri.

Şalter No.	Manyetik Ortam Koşulu Amper	Koşulu Volt	Manyetik olmayan WO ₃ (%)
1			0,31
2			0,30
3			0,33
4	22	35	0,32
5	24	36	0,30
6			0,28
7			0,24
8			0,33

Böylece uygun alan şiddetinin 22 amper - 35 volta eşdeğer olduğu saptanmıştır. Bundan böyle tam devrede 2.25 seperatörü için bu değerler sabit tutulmuştur.

Aynı şekilde manyetik seperatör 2 ve 3 (2.27) ün eski sıyırıcı ayarında farklı alan şiddetlerinde yürütülen manyetik deney ürünlerinin WO₃ yüzde değerleri Tablo. 11 de verilmiştir.

Tablo. 11 — 2.27 Seperatörlerinin Eski Sıyırıcı Ayarında Çeşitli Alan Şiddetlerinde Elde Edilen ürünlerin WO* Yüzdeleri

Manyetik Ortam Koşulu Şalter No.	amper	Volt	WO _a %			
			Manyetik -1	Manyetik -2	Manyetik -3	ŞlitÖnK.
3	132	97	0,09	1,13	0,25	2,04
4	146	108	0,09	1,55-	0,23	1,58
5	155	119	0,11	1,54	0,27	2,42
6	165	129	0,11	1,03	0,17	1,28

2.25 seperatörü yeni uygun sıyırıcı ayarına ve alan şiddeti 22 Amper - 35 volta eşdeğer olarak sabit tutulmuş, 2.27 seperatörü ise aynı şekilde yeni uygun sıyırıcı ayarına getirilerek çeşitli alan şiddetlerinde manyetik tam devre deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyler sonucunda kazanılan toplam şelit ön konsantre ağırlık veriminin, WO₃ tenörü ile veriminin alan şiddetine bağlı değişimi Tablo. 12 de verilmiştir.

Tablo. 12 — 2.27 Seperatörlerinin Yeni Sıyırıcı Ayarında Çeşitli Manyetik Alan Şiddetlerinde Elde Edilen ürünün WO₃ Bilançosu.

2.27 Seperatörünün Manyetik Ortam Koşulu				Şelit Ön Konsantre		
Deney No.	Şalter No.	Amper	Volt	Ağırlık %	Tenor %	Verim %
1	7	145	115	18,5	2,79	88,2C
2	8	158	125	22,4	3,80	92,62
3	9	170	145	16,2	2,65	85,54
4	6	138	112	22,4	2,04	89,60
5	5	130	105	26,1	2,45	89,90

Tablo. 12 den de izleneceği gibi optimum sayılabilecek WO₃ ağırlık oranının %26,1 değeriyle, Deney no 5 de, şalter no 5 (130 amper - 105 volt) de sağlanabileceği ve bu değerde kazanılan şelit ön konsantrenin %2,45 WO₃ tenörüyle %89,90 WO₃ veriminde sağlanabileceği saptanmıştır.

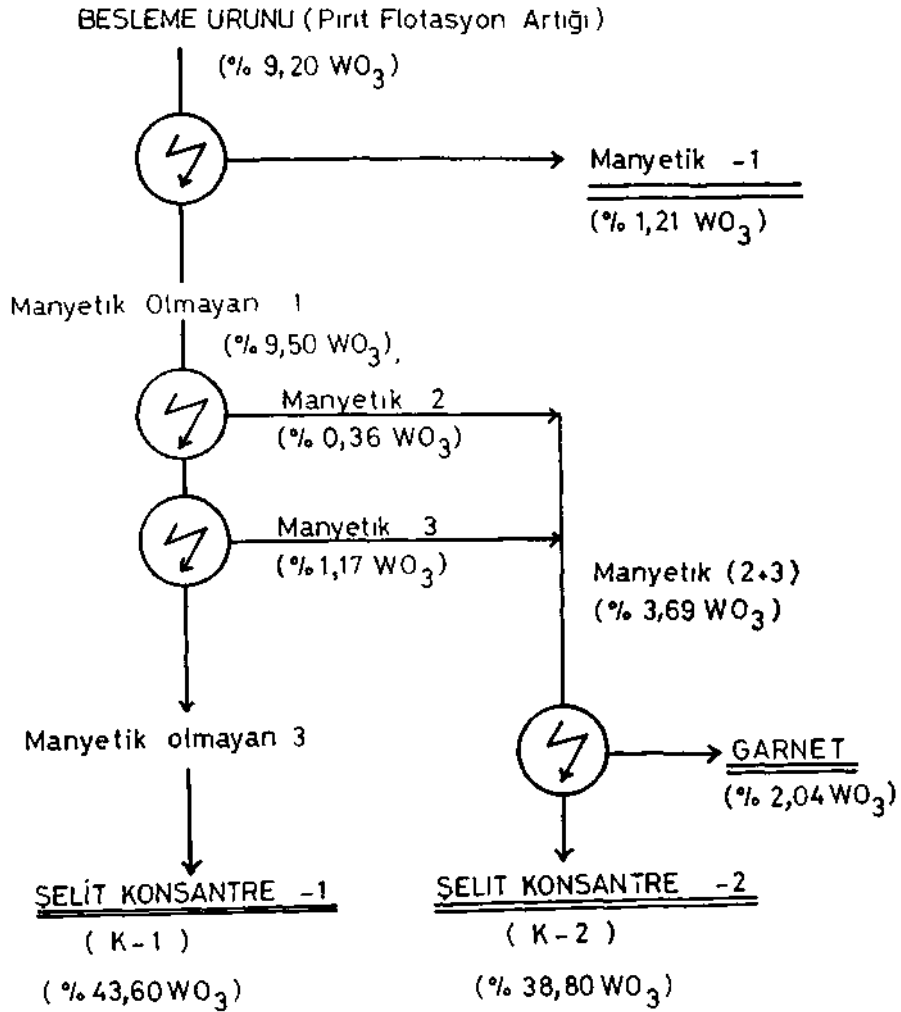
Bu deneylerin sonunda 2.25 manyetik seperatörü şalter no : 4 (22 amper - 35 volt) e, 2.27 seperatörü ise şalter no : 5 (130 amper - 105 volt) e ayarlanarak %30,0 ağırlık verimini sağlayabilecek ayarlama yapılarak 1 ton tesis numunesi pilot devreden geçirilmiştir. Elde edilen manyetik seperasyon şelit ön konsantre'sinin %2,10 WO₃ manyetik olan artığının ise %0,08 WO₃ tenörü değerlerinde bulunduğu saptanmıştır. Kazanılan «Şelit ön Konsantre»nin WO₃ verimi %91,8 olurken artıktaki WO₃ kaybı %8,2 değerinde bulunmuştur. (Bak. Tablo. 13).

Tablo. 13 — Ayarlanmış Skarn Cevher Pilot Tam Devrede 1 Ton Tesis Numunesinin Manyetik Seperasyon Deney ürünleri WO₃ Bilançosu.

ürün	Ağırlık (%)	Tenor (%)	WO ₃ içerik	Verim (%)
Selit ön konsantre	30,0	2,10	63,00	91,8
Manyetik artık	70,0	0,08	5,60	8,2
Besleme malı (Tesis numunesi)	100,0	0,69	68,60	100,0

3.3. TESİS SON DEVRE MANYETİK SEPERASYON DENEYLERİ

5.16; 5.17 (çift aşamalı) ve 5.18 manyetik seperatörlerden oluşan son devrede; skarn devreden kaçan granatlar, granitik cevherden gelen tüm manyetik komponentler ile flotasyon öğütme devresinde aşınmadan oluşan demir talaşların elimine edilmesi sağlanmış olur.



Şekil. 9 — Son devre manyetik seperasyon düşey akım şeması.

Sorunun tanımlamasında pirit flotasyonu artığı, şelit ön konsantresinin son manyetik devrede doğrudan doğruya denenmesi Etibank tarafından istenmiştir. Bu nedenle tesisçe pirit flotasyonu yapılan flotasyon artığı son devreden geçirilmiştir. Bu sırada manyetik seperatörlerin yanlış konumdaki sıyırıcı ayarları düzeltilmiş optimal amper ve volt ayarlamaları yapıp besleme ürünü, Şekil. 9 da gösterilen devreden geçirilmiştir. Alınan numuneler kimyasal analize tabi tutulmuş ve kimyasal analiz sonuçları Tablo. 14 de verilmiştir.

Tablo. 14 — Son Devre Manyetik Seperasyon ürünleri WO* Yüzde-leri.

ürünler	WO, (%)
Besleme ürünü (pirit flotasyon artığı)	9,20
Manyetik 1	1,21
Manyetik olmayan 1	9,50
Manyetik 2	0,36
Manyetik 3	1,17
Şelit konsantre 1	43,60
Şelit konsantre 2	38,80
Garnet	2,04

Böylece kazanılan son devre ürünlerinin WO₃ bilançosu hesaplanarak topluca Tablo. 15 te sunulmuştur.

Tablo. 15 — Son Devre Manyetik Seperasyon Sonuç Ürünlerinin WO* Bilançosu.

Ürünler	Ağırlık %	Tenor %	WO, Verim %
Manyetik 1	3,6	1,21	
K - 1	20,4	43,60	75,8
K - 2	3,4	38,80	11,2
Garnet	72,6	2,04	12,6
Besleme ürünü	100,0	11,73	100,0

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ

Skarn hamcevherin elek-metal analiz değerleri (bk. Tablo. 1), ham cevherin ince tane fraksiyonlarına doğru WO_3 tenörlerinin arttığını, buna karşın sert granat gurubu minerallerin yığılım gösterdiği iri fraksiyonlarda WO_3 tenörlerinin düştüğünü göstermiştir. Manyetiteli cevherde de tane aralığı, ağırlık ve WO_3 tenor dağılımının skarn cevherdeki değerlerde olduğu izlenmiştir (bk. Tablo. 3).

Laboratuvar çaptaki manyetik seperasyon deneyleri başlıca üç tip numune üzerinden yürütülmüştür. Bunlar;

- Tane fraksiyonları ve kompozit numuneler,
- Karma kompozit ve manyetiteli cevher numuneleri,
- Tesis numunesidir.

Skarn cevher tane iriliğinin yüksek alan şiddetli kuru manyetik zenginleştirme başarısına etkinliği araştırmaya yönelik laboratuvar deneyleri sonucunda, kazanılan «Şelit ön konsantrenin», tane iriliği azaldıkça,

- Ağırlık veriminin azaldığı,
- WO_3 tenorunun arttığı, ancak $-0,040$ mm. fraksiyonunda tenorun düştüğü,
- WO_3 veriminin, $(-0,5+0,1)$ mm tane aralığında maksimum değer gösterdiği ve $-0,1$ mm. tane iriliğinde ise küçük değerlere düştüğü saptanmıştır (bk. Tablo. 5).

Ayrıca $+0.5$ mm., -0.1 mm ve -0.040 mm. tane fraksiyonları katılmaksızın hazırlanan kompozit numunelerin yüksek alan şiddetli kuru manyetik seperasyonundan kazanılan «Şelit ön konsantrelerin,

- $+0.5$ mm. tane fraksiyonunun hariç tutulmasında WO_3 tenöründe yükselme, veriminde de düşme olduğu,
- -0.1 mm. veya -0.040 mm. tane fraksiyonlarının ayrı ayrı hariç tutulmasında da WO_3 tenöründe düşme, veriminde ise bir artma izlenmiştir (bk. Tablo. 7).

Buradan görüleceği üzere ince tane iriliğinde (-0.1 mm.), yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırım; özellikle nem ve manyetik flokülasyon ile ortamın dinamik kuvvetlerinin olumsuz etkinliği nedeniyle verimsiz olmaktadır. Ayrıca Şelit minerallerinin, gang minerallerine karşı (-0.5+0.1) mm. arasında serbestlik gösterdiği düşünülürse ham cevheri, -0.1 mm. tane iriliğine kadar öğütmenin gerek olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle skarn cevherin manyetik ayırımında ham cevherin koruyucu öğütme ile (-1.0+0.1) mm. tane aralığında hazırlanması zenginleştirme başarısı açısından gereklidir.

Nitekim, tesisin önceki çalışmalarında manyetik seperatörlere tane dağılımı %68.8 i 0,1 mm. nin altında olan cevherin beslenmesi sonucunda manyetik zenginleştirme başarısız olmuş ve proses akışını engelleyen tıkanmalar meydana gelmiş, bu olgu da tesisle manyetik seperatörlerin devre dışı bırakılmasının başlıca nedenlerinden biri olmuştur.

Ayrıca, laboratuvar çapta direkt manyetitli cevherin ve yanı sıra belirli (%10, %20, %30) oranda manyetitli cevherin skarn cevherle birleşik karma kompozit numunelerinin manyetik seperasyonunda genellikle W_0 , veriminde manyetik flokülasyondan dolayı bir düşüş görülmüş, tenörlerde ise bir artış görülmemiştir. Bunun için direkt manyetitli cevherin kuru manyetik seperasyonunda neticeler verim ve tenor açısından tatmin edici değerlerin çok çok altında kalmıştır.

Laboratuvar çalışmalarının ardı sıra, tesiste seçilen bir düzey tam devre manyetik seperatör biriminde yapılan pilot çaptaki deneyler sonucunda; tesisin eski çalışma düzenindeki ayarlamaların yerinde olmadığı, yukarıda da belirtildiği gibi beslenen ürünün gerekli optimal tane dağılımında bulunmadığı, aşırı öğütmeden ötürü toz haline gelmiş cevherin manyetik seperasyonunun olanaksal olamayacağı görülmüştür (bk. Tablo. 9 ve 11). özellikle eski sıyırıcı ayarlarının son derece yanlış konumda olduğu Tablo. 9 da görülmektedir. Gerek yanlış sıyırıcı ayarları gerekse tozlastırılmış ham cevherden besleme yapma, tesisin önceki başarım (performans) çalışmalarındaki başarısızlığına başlıca neden olmuştur.

Tesisçe hazırlanan 2 tonluk numune ile gerçekleştirilen manyetik seperatörlerin, optimal sıyırıcı ayarları, amper ve volt değerlerinin saptanmasına ilişkin pilot çaptaki deneylerin sonucunda;

2.25 manyetik seperatörünün uygun sıyırıcı konumunda 22 amper ve 35 voltta, 2.27 manyetik seperatör gurubunun ise 130 amper ve 105 voltta en iyi sonuç verdiği saptanmıştır (bk. Tablo. 10 ve 12). Böylece yeni ayarlamalar yapılarak, 2.25 ve 2.27 düşey manyetik seperatör biriminden 1 ton tesis numunesi geçirilerek, %30,0 ağırlık verimiyle %2,10 W_3 tenörlü bir «Şelit ön Konsantre», %91,8 W_3 verimiyle kazanılırken, %0,08 W_3 tenörüyle ve %8.2 W_3 kaybıyla bir manyetik artık atılmıştır.

Tesiste son ürün olan «Şelit Konsantre»nin kazanıldığı 5.16, 5.17 ve 5.18 manyetik seperatörlerinden oluşan son (nihai) devreden, tesis elemanlarınca pirit flotasyonu yapılmış pirit flotasyon artığı, geçirilerek, önce tüm mekanik ve amper - volt ayarlamaları yapılmıştır. Böylece, elde edilen ürünlerin kimyasal analiz sonuçları Tablo. 14 de görülmektedir. Sonuçta %23,8 ağırlık verimiyle %42,91 ortalama W_3 tenörü ile %87,0 W_3 verimli bir «Şelit Konsantre» kazanılmıştır. Kazanılan «Şelit konsantre»nin düşük W_3 tenörü (%42,91) pirit flotasyonunda şelitin, piritten tamamen temizlenememesinden ileri gelmektedir. Oysa, son (nihai) devreye beslenen pirit flotasyon artığından alman temsili numunenin laboratuvar çaptaki flotasyonunda piritin (ağırlıkça %30) elimine edilmesi ve artığının manyetik seperasyona tabi tutulması sonucunda kazanılan «Şelit Konsantrenin» %65 W_3 tenorunu aşar derecede olduğu kalitatif olarak saptanmıştır.

Özet olarak tesis son (nihai) devresinden başarılı bir şekilde «Şelit Konsantre» kazanılmasının ön koşulları aşağıdaki şekilde irdelenebilir :

- Mekanik ve fiziksel ayarlamaların yapılması,
- Pirit flotasyonunun başarılı yapılmış olması,
- Skarn manyetik devrede, granatların %70 oranında atılması,
- Besleme ürününün uygun derecede kurutulması ve topaklaşmanın giderilmiş olması,
- Besleme ürününün şelit serbestleşme derecesini aşar derecede aşırı öğütülmemesi,
- Beslemenin kapasiteyi zorlar şekilde yapılmamasıdır.

5. SONUÇ

Kurucu firma SALZGİTTER tarafından Etibank Bursa - Uludağ Volfram Tesis'i'nde monte edilmiş bulunan ve halen devre dışı olan skarn devre ile kısmen değerlendirilen son devre manyetik seperatörlerinin optimal çalışma koşullarının saptanması amacıyla, yukarıda ayrıntısı ve sonuçlarının irdelenmesi sunulan bu çalışma tesis laboratuvar ve devrelerinde gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar çapta tane iriliğine bağlı olarak yapılan manyetik seperasyon deneylerinde ayırımın, $-0,1$ mm. özellikle $-0,040$ mm. tane fraksiyonlarında olumsuz, ancak $(-1,0 + 0,1)$ mm. tane aralığında ise olumlu sonuç verdiği saptanmıştır. Kompozit numunelerin manyetik seperasyonu sonuçları da bu saptamayı doğrulamıştır, örneğin, $-0,1$ mm. fraksiyonunun numune dışı tutulduğu Kompozit - 2 Şelit ön Konsantre ağırlık verimi %24,31 olurken, W_3 tenoru %1,16 ve W_3 verimi %96,91 olmuştur. Tesis numunesinin manyetik seperasyonunda kazanılan Şelit ön Konsantre ağırlığı %18,05, W_3 tenoru %2,62 ve W_3 verimi %88,76 olarak saptanmıştır.

Manyetitle cevherin direkt kuru manyetik ayırımı veya skarn cevherle belirli oranda karışımı ile hazırlanan numunelerin manyetik seperasyonunda olumlu sonuç alınamamış, örneğin Karma Kompozit - 3'ün Şelit ön Konsantre ağırlık oranı %18,85 W_3 tenoru %1,75, verimi ise % 76,74 değerlerinde saptanmıştır. Bu nedenle manyetitle cevherin, skarn cevherle birlikte manyetik seperasyona tabi tutulması sakıncalıdır.

2.25 ve 2.27 manyetik seperatör guruplarından oluşan bir düzey tam devre biriminde yapılan seri pilot çaptaki deneyler sonucunda; uygun sınırlı ayarlarında 2.25 seperatörü için 22 amper - 35 volt ve 2.27 seperatör gurubu için de 130 amper - 105 volt optimal değerler olarak bulunmuştur. Bu ayarlamalar sonunda alınan devreden 1 tonluk tesis numunesinin manyetik seperasyonunda kazanılan «Şelit ön Konsantre»nin, ağırlık oranı %30,0 olurken W_3 tenörü %2,10 ve verimi de %91,8 değerinde saptanmıştır. %70,0 ağırlık oranında atılan toplam manyetik artık ise %0,08 W_3 tenöründe ve %8,2 W_3 kaybına getirmektedir.

Tesis son (nihai) devresinde optimal amper - volt değerleri ve mekanik ayarlan saptanarak yapılan manyetik seperasyon sonu-

cunda %28,8 ağırlık oranında kazanılan «Şelit Konsantre»nin ortalama W_3 tenörü %42,91 olurken W_3 verimi %87,0 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Manyetik - 1 ürünü %3,6 ağırlık oranıyla %1,21 W_3 içerirken %0,4 W_3 kaybını getirmektedir. Esas ağırlığın %72,6 sini ve skarn devrede atılamayan granatların oluşturduğu «Garnet» ise %2,04 W_3 tenörüyle %12,6 W_3 kaybına neden olmaktadır.

6. ÖNERİLER

Yukarıda ayrıntısı, irdelenmesi ve sonuçları sunulan çalışmanın verileri ışığı altında; toplam tesis kapasitesinin %41,2 sini teşkil eden skarn devre manyetik artığının atılarak sonraki zenginleştirme işlemleri kapasitesinde bir optimum sağlanması ve aynı zamanda kurulu tesis kapasitesinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla skarn manyetik seperasyon devresinin işletmeye açılması için aşağıdaki konular tüm ilgililerin bilgilerine sunulur :

— Skarn ve son (nihai) manyetik seperasyon devrelerinin başarılı çalışması amacıyla besleme ürünlerinin, koruyucu öğütme ile optimal tane iriliğinde hazırlanması ve %1 nem oranı civarında tutulmasının sağlanması,

— Skarn ve son manyetik devre besleme, sıyırıcı ayarlarının, amper ve voltun optimal değerlerde titizlikle durağan tutulması,

— Optimal pirit flotasyonu koşullarının araştırılması ve işletmede başarı ile uygulanmasının gerçekleştirilmesi,

— Cevher yatağındaki manyetitli cevher rezervinin kesin saptanması halinde manyetitli cevherin ayrı küçük bir devrede yaş manyetik ayırımla değerlendirilmesi, veya manyetit minerallerinin pirit flotasyonu artığında yaş manyetik ayırımla son devre öncesi elimine edilmesinin son devre başarısını olumlulaştırması açısından sağlanması,

— Manyetitli cevher kütlesinin goz ardı edilebilmesi koşulunda, son manyetik seperasyon sonucunda oluşan Manyetik - l'in küçük kapasiteli düşük alan şiddetli tamburlu yaş manyetik seperatörden geçirilerek Şelit'in kurtarılmasının sağlanması,

— Kuru devrede ortaya çıkan toz sorununu çözümlenme ve uygun çalışma ortamı yaratmak amacıyla gerek seperatörlerin ve

gerekse toz tutucu boru hattının yalıtımının ve buralardaki aspiratörlerin çalışma süresince yeterli çalışmalarının sağlanması,

— Granatlardan oluşan ve son devre sonunda ortaya çıkan «Garnet»in orta ürün olarak ayrı bir devrede değerlendirilmesi ve ayrıca bu ürünün aşındırıcı malzeme olarak değerlendirme olanaklarının araştırılması,

— Tesiste var olan cevher hazırlama, kimya ve X - Ray laboratuvarlarının tesisin başarılı çalışmasına katkıda bulunacak şekilde yönlendirilmesi, tesisi kontrol edecek ve tesise veri üretecek bir konuma kavuşturulması,

— özelde skarn ve son manyetik seperasyon devrelerinde ve genelde tüm işletmede devingen, deneyimli mühendis ve işçilerden oluşan bir kadronun sürekli çalıştırılmasının sağlanması.

— Genelde; maden yatağına, tesis sorunlarına ve volframın ileri teknolojik sorunlarını çözümlenmede endüstri üniversiteler işbirliğinin geliştirilmesi, hatta ülkemizin tüm ilgili bilimsel ve teknik olanaklarının bu soruna yoğun bir biçimde yönlendirilmesi, şeltin volframın ileri teknolojik ilkelerine göre işlenmesi ve sonuç ürünlerinin Ülkemiz ile toplumumuzun çıkarları doğrultusunda değerlendirilmesi zorunludur.

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince yakın ilgi ve yardımlarını gördüğümüz ETİBANK Bursa - Uludağ Volfram işletmesi mühendis ve çalışanlarına ve özellikle bu çalışmaya uygulama aşamasındaki katkılarından dolayı Bölümümüz elemanlarından Sayın Ömer K. OZALP'a içtenlikle teşekkür etmeyi görev sayarız.

KAYNAKÇA

1 — AKAR, A., CÖCEN, Ü., ÖZALP, O.K. : Bursa - Uludağ skarn ve manyetiteli şelit cevherlerinin laboratuvar ve tesis pilot çamnda manyetik seperasyonu optimum çalışma koşullarının saptanması.

Etibank Uludağ Volfram Madeni Tesis Müdürlüğü, 1979, Bursa (yayınlanmamış rapor).

- 2 – AKAR, A., ÇİLİNGİR, Y. : Cevher hazırlama laboratuvar ders notu, E.Ü. Makina Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova - 1980.
- 3 – DERKATSCH, V.G. : Die magnetische Aufbereitung schwach-magnetischer Erze.
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig - 1959.
- 4 – SCHUBERT, H. : Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe. Band II.
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig - 1967.
- 5 – TOLUN, R.: Uludağ volfram cevherine ait konsantrasyon tecrübeleri ve kıymetlendirme etüdü.
M.T.A. Enstitüsü Dergisi, sayı 48, Nisan - 1956, s. III -132, Ankara.
- 6 – UZKUT, İ. : Volfram, Hammadde Yatakları No. 12
E.Ü. Makina Fak. Maden Müh. Bölümü, Ders notu, 37 sayfa, Bornova - 1980.
- 7 – YAZAN, H.A. : Uludağ volfram cevherinin zenginleştirme etüdü.
M.T.A. Teknoloji Şubesi, Cevher Zenginleştirme Servisi, 1972 - Ankara (yayınlanmamış rapor).

