
ERGANİ KONVERTER CURUFUNDAKİ KOBALT DAĞILIMI

Uğur KÖKTÜRK (*)
İlknur CÖCEN (**)
Nehar EROĞLU (***)

ÖZET

Bu çalışmada, Ergani Bakır İşletmesine ait konverter cürufuna ve aynı numunedeki en uygun flotasyon şartlarında elde edilmiş flotasyon ürünlerindeki kobalt dağılımı elektron mikro-prob ve X-ışını aygıtı ile araştırılmıştır.

ABSTRACT

In this study, optimal flotation conditions to obtain flotation products and cobalt distribution from converter slag at Ergani Copper Plant have been studied by electron micro-probs and X-ray.

* Öğr. Gör. Dr., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., İZMİR

** Dr. Müh., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., İZMİR

*** Araş. Gör., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., İZMİR

1. GİRİŞ

Yüksek tenörlü bakır cevherlerinin azalması, buna karşılık bakır kullanımına olan isteğin artması, bakırda işlenebilir limit tenörün düşmesine neden olmuştur. Özellikle konverter cürufunun % 1-5 oranında bakır içermesi nedeniyle konverter cürufunu bir bakır yağı gibi düşünmemiz olasıdır.

Bilindiği gibi konverter cürufu camsı, koyu gri renkli ve oldukça serttir. Esas olarak demir silikatlardan oluşmaktadır. Konverter cürufu içindeki bakır; mat, metalik bakır, bakır oksit ve kimyasal olarak bağlanmış bakır silikat şeklinde bulunmaktadır (5).

Ergani konverter cürufu da % 4.89 bakır içerdiğinden değerlendirilmesi düşünülmüştür. Cevherdeki kobaltın cürufta artış göstermesi nedeniyle konverter cürufundaki kobalt dağılımının araştırılması önem kazanmıştır.

2. DENEMELERE ESAS OLAN NUMUNE

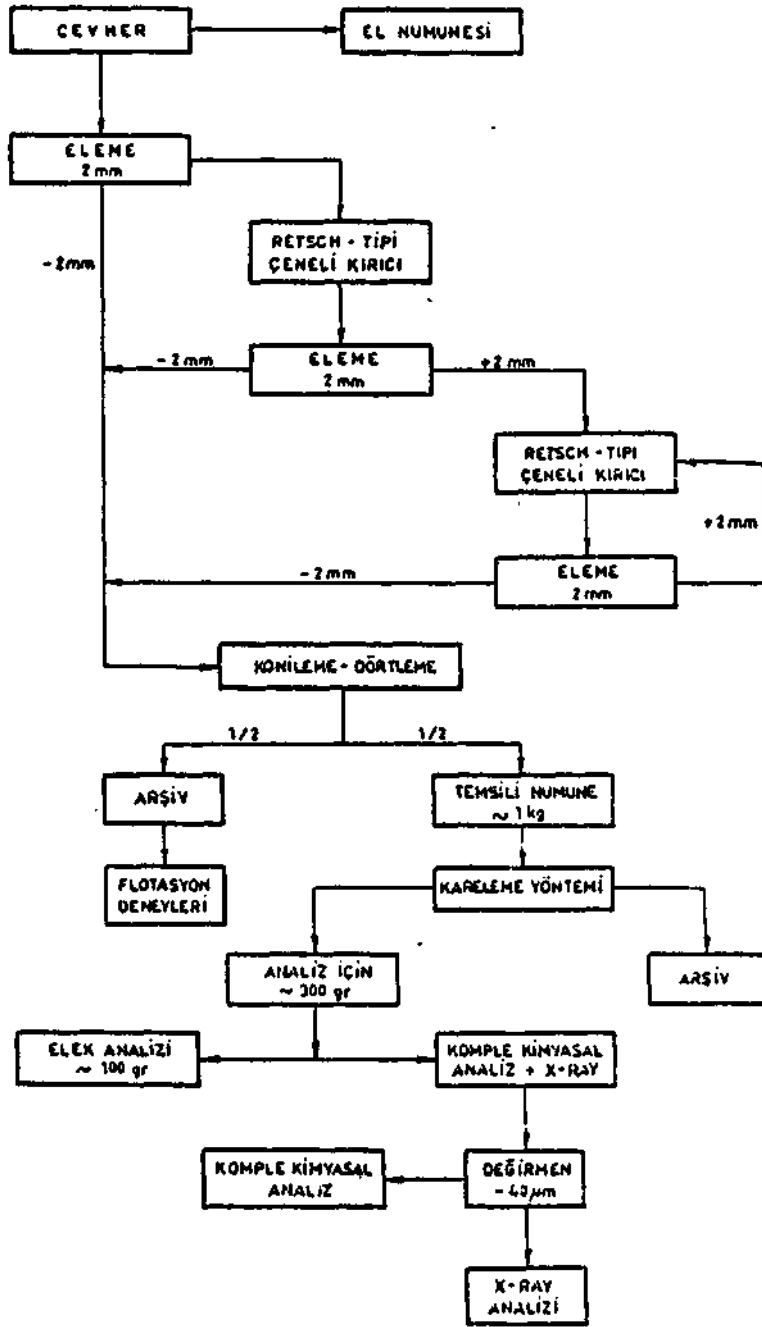
Ergani Bakır İşletmesinin izabe tesisinden deneylerde kullanılmak üzere % 4.49, % 4.83, % 11.08 bakır tenörlü konverter cüruf numunesi getirilmiştir. Numuneler cüruf lann biriktirildiği yığınlardan değişik zamanlarda alınmıştır. Numuneler yukarıdaki sıraya göre KC1, KC2, KC3 olarak isimlendirilmiştir. Konverter cüruf numunesi flotasyon işlemi için Şekil 1'deki gibi hazırlanmıştır.

2.1. Numunenin Kimyasal Analizi

Tamamı 2 mm'nin altına indirilmiş olan numunenin kimyasal analizi Çizelge 1'de verilmiştir.

ELEMENT	KC1 (90)	KC2 (90)	KC3 (90)
Cu	4.49	11.08	4.89
Fe	52.51	49.53	48.86
Co	D. 60	0.58	0.79
S	1-BA	4.20	2.76
Zn	1.29	1.24	1.53
Ni	G.D68	0.085	0.104
Ag	0.0046	0.0046	0.0048
Al	0.74	0.52	0.61
Pb	0.0049	0.0049	D.D097
Mg	0.50	0.30	0.37
Ca	1.80	1.73	1.60
SiO ₂	17.44	13.95	21.75

Çizelge 1 — Ergani-Maden konverter cürufu kimyasal analiz sonuçları (6)



Şekil 1 — Numune hazırlama işlem şeması

Ayrıca üç cüruf numunesinin X-ışını spektrometrik analizi yapılmıştır. Spektral analiz diyagramları EK 1'de verilmiştir .

2.2. Numunenin Boyut Dağılımı

Tamamı 2 mm'nin altına indirilmiş olan cüruf numunesinin elek analizi ve her elek aralığındaki bakır, demir, kobalt dağılımı saptanmıştır. (Çizelge 2).

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, tane iriliği incelidikçe bakır tenoru artış göstermektedir. Ancak demir ve kobalt tenörü düzenli bir davranış göstermemektedir. Dağılımlar incelendiğinde, örneğin 0,038 mm'nin altında; bakır % 10,23'lük bir dağılım gösterirken, demir %8,68, kobalt % 8,90'lık bir dağılım göstermiştir. Burada demir ve kobaltın ortak bir davranış göstermesine karşın bakır dağılımıyla ilişkisi bulunmamaktadır. Ayrıca numunenin flotasyon tane iriliğini saptamak amacıyla, numune değişik sürelerde öğütülerek elek analizi ve flotasyon işlemi uygulanmıştır. Çizelge 3'de değişik sürelerde öğütülen temsili numunenin kumulatif (E.A.) tane iriliği dağılımının karşılaştırılması verilmiştir (3, 6).

2.3. Flotasyon Deneyleri

Cürufun bir kısmı bakır ve bakır bileşiklerinden oluşurken, büyük bir kısmı da demir oksitlerden ve demir silikatlarından oluşmaktadır. Dolayısıyla cüruf içindeki metalik bakır doğrudan selektif flotasyonla silikatlardan arındırılmıştır. Selektif flotasyon sonucu kazanılan kaba bakır konsantresi temizleme flotasyonuna, kaba artığa da süpürme flotasyonu uygulanmıştır (1, 2). Bakır izabesinde konverter cüruf flotasyonu endüstriyel çapta bilinen ve uygulanan bir yöntemdir (7, 8, 9, 10). Konverter cüruf için saptanan flotasyon akım şeması Ek 2'de verilmiştir. Yapılan flotasyon deneyleri sonucunda, % 19,20 Cu tenörlü temiz bakır konsantresi % 77,10 bakır flotasyon verimiyle kazanılmıştır.

En uygun flotasyon koşullarında elde edilmiş olan temiz bakır konsantresi ve artığın komple kimyasal analizi Çizelge 4'de verilmiştir.

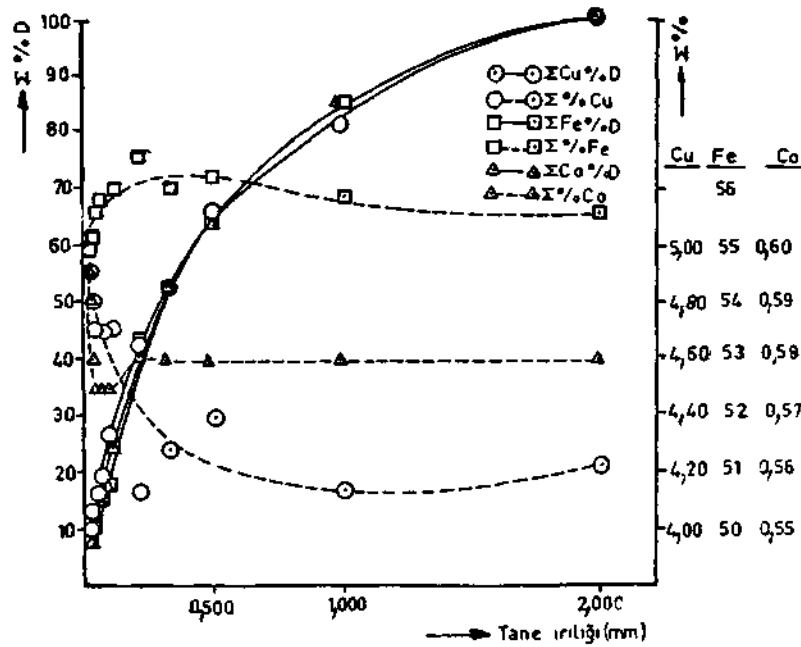
3. KOBALT İLE İLGİLİ MİKRO-PROB ÇALIŞMALARI

Bölüm 2.2'de anlatıldığı gibi Ergani konverter cürufu ile cüruf-tan selektif flotasyon yolu ile kazanılmış olan bakır konsantresi ve artıktan hazırlanan numuneler elektron prob cihazı ile ayrı ayrı incelenmiştir. % 4,89 Cu tenörlü konverter cürufu ve artığın kompozit görüntüleri ile bakır konsantresinin ikincil elektron görüntüsü Resim 1, Resim 13 ve Resim 7'de verilmiştir. Bir doğru boyunca bakır,

Çizelge 2 — mm.nin altına ufanmış numunenin elek analizi ve bakır, demir, kobalt dağılımı (3, 6)

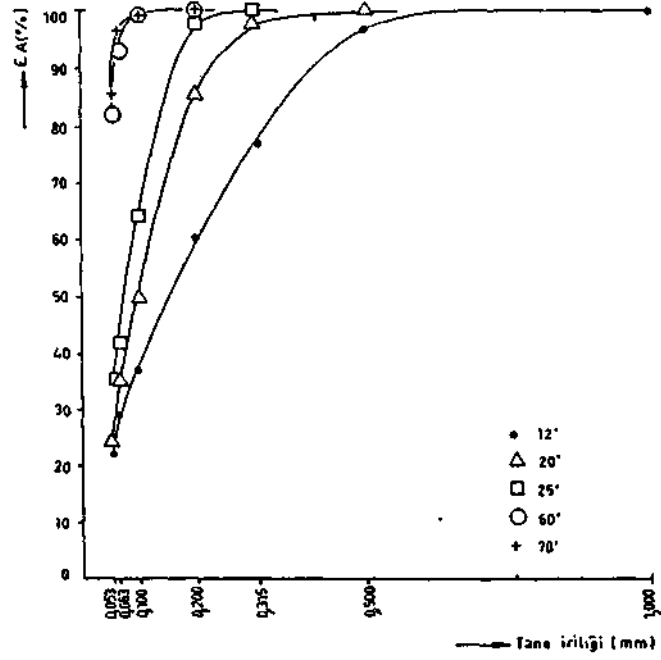
2 mm altına ufanmış numunenin elek analizi ve bakır, demir, kobalt dağılımı (3, 6)

Tane İriliği (mm)	Ağır (%)	K u m u l a t ı f		E l e k		A l t ı (%)		
		E.A	ΣCu	ΣCuD.	ΣFe	ΣFeD	ΣCo	ΣCoD
0.000-1.000	15.01	100.00	4.22	100.00	55.55	100.00	0.58	100.00
1.000-0.500	20.85	84.99	4.12	83.20	55.85	85.45	0.58	84.99
0.500-0.315	12.01	64.14	4.38	66.74	56.19	64.89	0.58	64.52
0.315-0.200	9.05	52.13	4.28	52.90	56.04	52.60	0.58	52.53
0.200-0.100	19.12	43.08	4.13	42.26	56.55	43.86	0.58	43.48
0.100-0.075	6.35	23.96	4.71	26.76	55.99	24.16	0.57	23.71
0.075-0.063	2.59	17.61	4.70	19.65	55.87	17.71	0.57	17.47
0.063-0.045	4.09	15.02	4.71	16.78	55.72	15.07	0.57	14.97
0.045-0.038	2.16	10.93	4.81	12.47	55.20	10.86	0.58	11.02
0.038-0.000	8.77	8.77	4.92	10.23	54.97	8.68	0.59	8.90
Toplam (Hesapla)	100.00		4.22		55.55		0.58	



Çizelge 3 — Değişik sürelerde öğütülen KC3 temsili numunesinin kümülatif (E.A.) tane iriliği dağılımının karşılaştırılması

Tane iriliği (mm)	0	ğ	ü	t	m	e	s	u	r	e	s	i
	12	20	25	60	70							
1.000 - 0.500	100.00	-	-	-	-							
0.500 - 0.315	96.90	100.00	-	-	-							
0.315 - 0.200	77.35	97.72	100.00	-	-							
0.200 - 0.100	60.55	85.21*	97.53	100.00	100.00							
0.100 - 0.063	37.20	1*9.42	53.74	99.63	99.67							
0.063 - 0.053	29.34	34.30	41.34	92.78	96.32							
0.053 - 0.000	22.16	29.64	35.69	83.02	85.35							



Element	Bakır Konsantre (%)	Artık (%)
Cu	19.20	0.95
Fe	41.19	51.80
S	9.17	0.72
Co	0.75	0.87
Zn	0.53	0.59
Ca	1.91	1.29
Mg	0.24	0.39
Al	0.23	0.27
Ni	0.19	0.08
Pb	0.02	0.012
Ag	0.0071	0.0075
SiO ₂	13.40	22.16

Çizelge 4 — Ergani-Maden konverter cürufundan en uygun koşullarda elde edilen konsantre ve artığın kimyasal analizi (6)

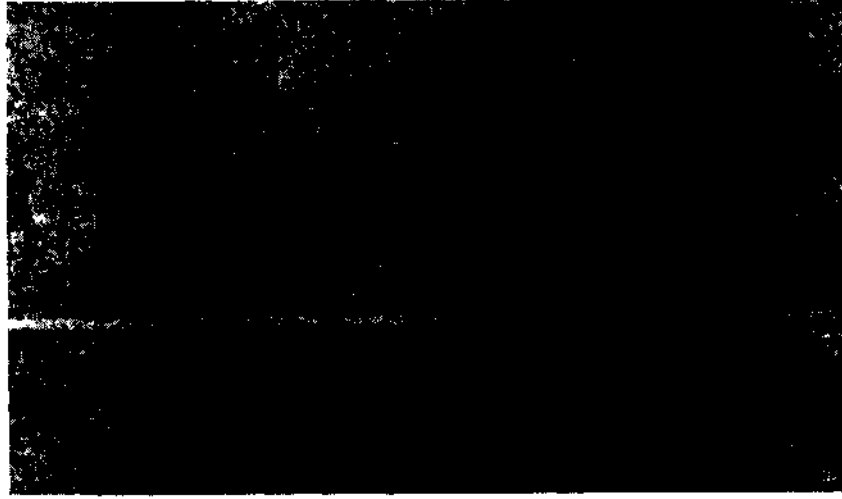
demir, kobalt ve silisin konsantrasyon değişimleri de Resim 14, Resim 3 ve Resim 2'de görülmektedir. Yine kobalt, bakır, demir ve silis elementlerinin noktasal dağılımını veren X-ışını görüntüleri de Resim (3, 4, 5, 6), Resim (9, 10, 11, 12) ve Resim (15, 16, 17, 18)'de verilmiştir.

3.1. Konverter Curufundaki Kobalt Dağılımı

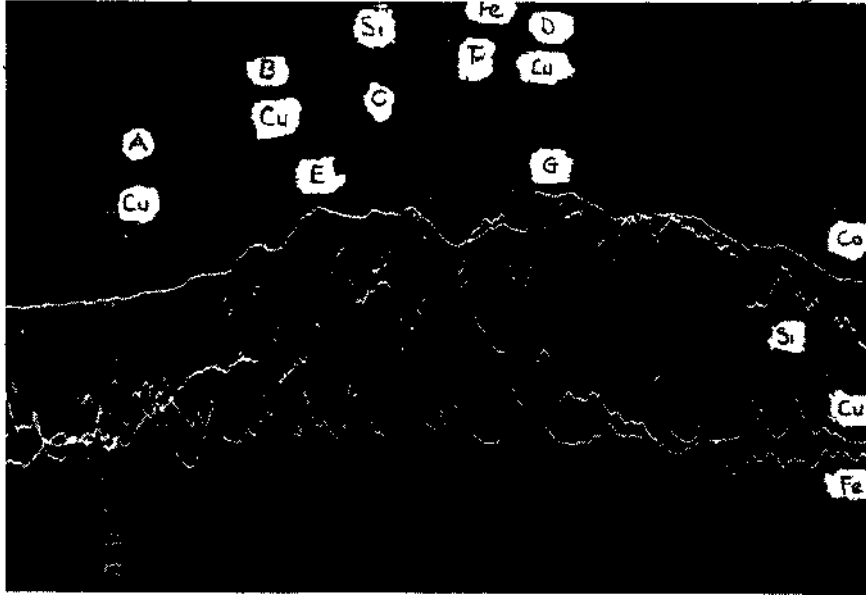
Resim 1'de konverter cürufunun kompozit görüntüsü verilmiştir. Resim 1'deki çizgi boyunca bakır, demir, kobalt ve silisin konsantrasyon değişim eğrileri Resim 2'de görülmektedir. Bu resimde bakır konsantrasyon eğrisinin ani yükselmeler gösterdiği A ve D noktalarında kobalt, demir ve silisin konsantrasyon eğrileri düşme göstermektedir. Bu düşüşler A ve D noktalarında bir bakır birikiminin olduğunu göstermektedir. A noktasında bakır konsantrasyonunun azalma gösterdiği yer ile B ve E noktalarında silisin artış göstermesi ve demir konsantrasyonunun çok az olması bu noktalardaki bakırın bakır silikat şeklinde bulunduğunu belirtmektedir. Bazı noktalarda bakır eğrisiyle birlikte demir ve kobalt konsantrasyon eğrileri kısmen de olsa artış göstermiştir. Resimde silis konsantrasyonunun yüksek olduğu C noktasında bakır ve demir konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Bu da bu noktada hem demir silikat hem de bakır silikatın varlığını gösterir. Sadece bakır konsantrasyonunun yüksek ol-

duğu A ve D noktalarında ise metalik bakırın var olduğu anlaşılmaktadır. Resimde silis konsantrasyonunun ani yükselme gösterdiği E ve C noktalarında bakır ve demir konsantrasyonları da artış göstermektedir ki bu da bu noktalarda bakır ve demirin silikatlarının varlığını ortaya koymaktadır. Demir konsantrasyonunun ani yükselme gösterdiği F noktasında demir, bakır ve silis konsantrasyonlarının düşmesi bu noktadaki demirin manyetit halinde olduğunu gösterir. Esasında cüruf içindeki bakırın büyük bir kısmı metalik bir halde, demirin büyük çoğunluğu ise demir silikat ve manyetit olarak bulunmaktadır. Resim 2'de bakırın ani yükseldiği noktalarda kobalt konsantrasyonunun düşmesi, kobalt konsantrasyonunun arttığı G noktasında bakır konsantrasyonunun düşmesi kobaltın bakır ile ilişkili olmadığını göstermektedir.

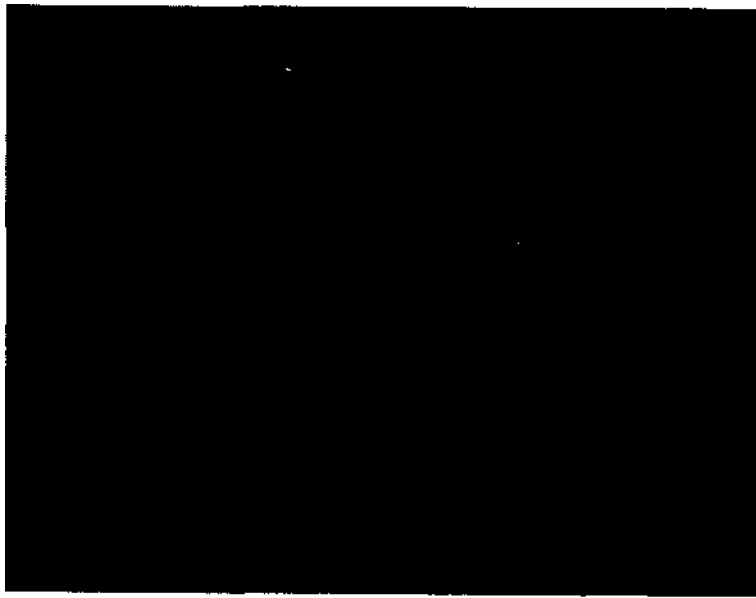
Resim 3'de kobaltın X-ışını görüntüsü, Resim 4'de bakırın X-ışını görüntüsü, Resim 5'de demirin X-ışını görüntüsü, Resim 6'da silisin X-ışını görüntüsü verilmiştir. Resim 4'de beyaz olan noktaların yoğun olduğu bölgelerin Resim 3 ve 5'de siyah noktalar halinde olması bakırın demir ve kobalt ile ilişkili olmadığını, Resim 3'de kobaltın bir izomorf dağılımına sahip olduğunu göstermektedir.



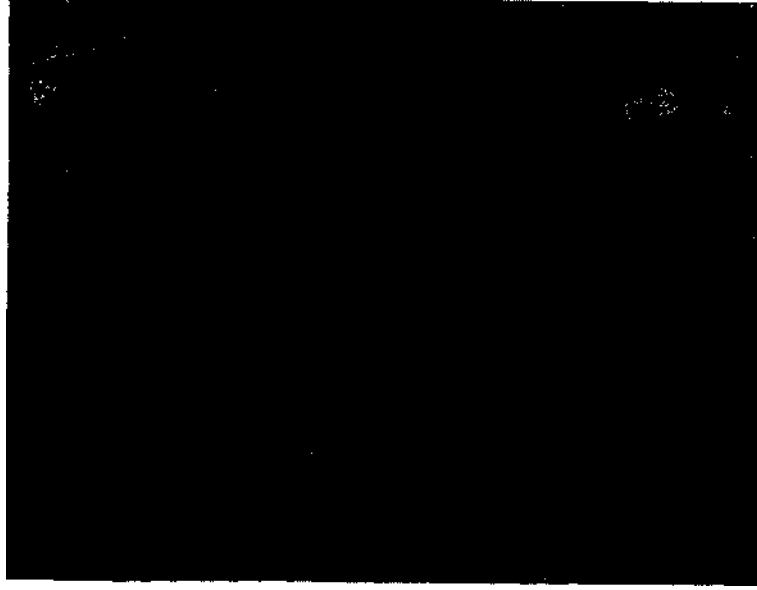
Besim 1 — Konverter cürufun kompozit görüntüsü, büyütme 400x



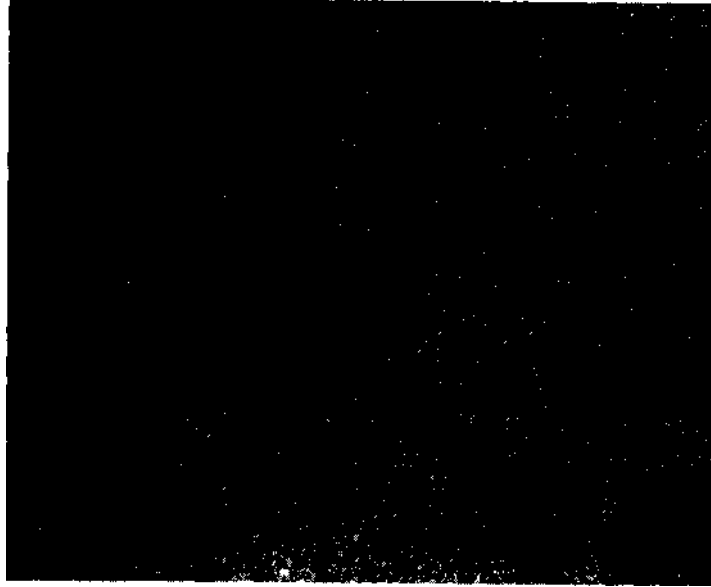
Resim 2 — Resim 1'deki çizgi doğrultusunda bakır, demir, kobalt ve silis elementlerinin dağılımları, büyütme 400x



Resim 3 — Kobalt X-ışım görüntüsü, büyütme 400x



Resim 4 — Bakırın X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



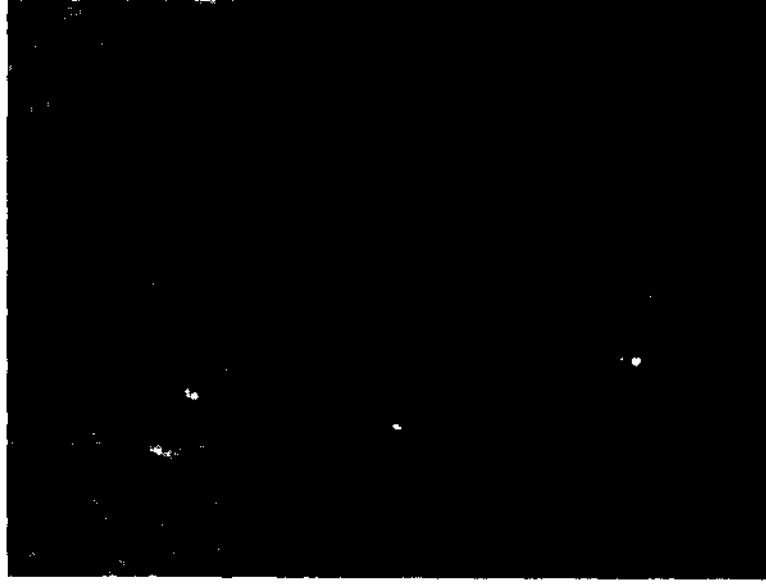
Resim 5 — Demirin X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



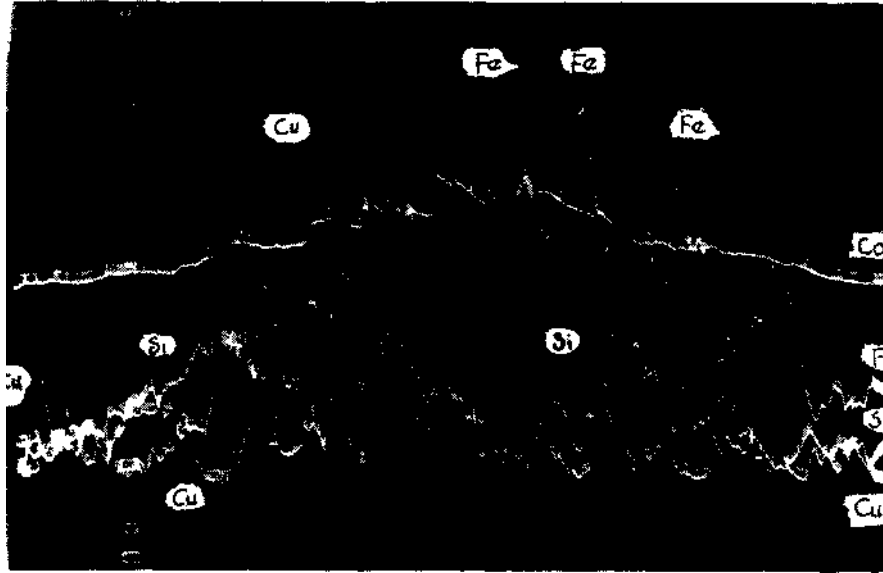
Resim 6 — Silisin X-ışını görüntüsü, büyütme 400x

3.2. Bakır Konsantrindeki Kobalt Dağılımı

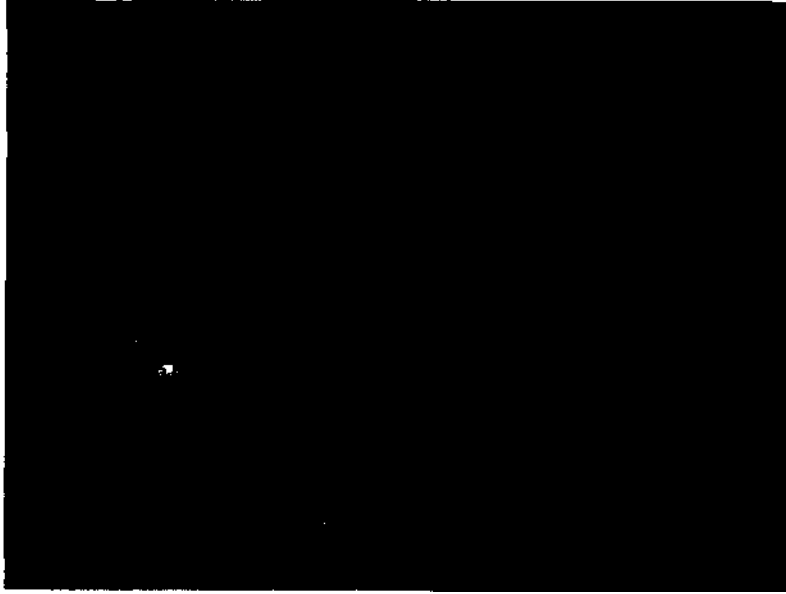
Resim 7'de bakır konsantrinden hazırlanmış olan numunenin ikincil elektron görüntüsü verilmiştir. Resim 7'deki çizgi boyunca bakır, demir, kobalt ve silisin konsantrasyon değişim eğrileri Resim 8'de görülmektedir. Bu resimde bakır konsantrasyon eğrisinin yer yer ani yükselmeler gösterdiği noktalarda demir konsantrasyon değişim eğrisi düşme göstermektedir ki bu da metalik bakırın varlığını ortaya koymaktadır. Bazı noktalar ise bakır konsantrasyon değişim eğrisi ile birlikte kobalt ve demir konsantrasyon değişim eğrileri az da olsa artış göstermektedir. Resim 9'da kobaltın X-ışını görüntüsü, Resim 10'da bakırın X-ışını görüntüsü, Resim 11'de demirin X-ışını görüntüsü, Resim 12'de de silisin X-ışını görüntüsü verilmiştir. Resim 10'da beyaz noktaların yoğun olduğu bölgelerin Resim 11 ve 12'de siyah bölgeler halinde olması bakırın metalik halde olduğunu göstermektedir. Resim 9'da kobaltın yine izomorf bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir.



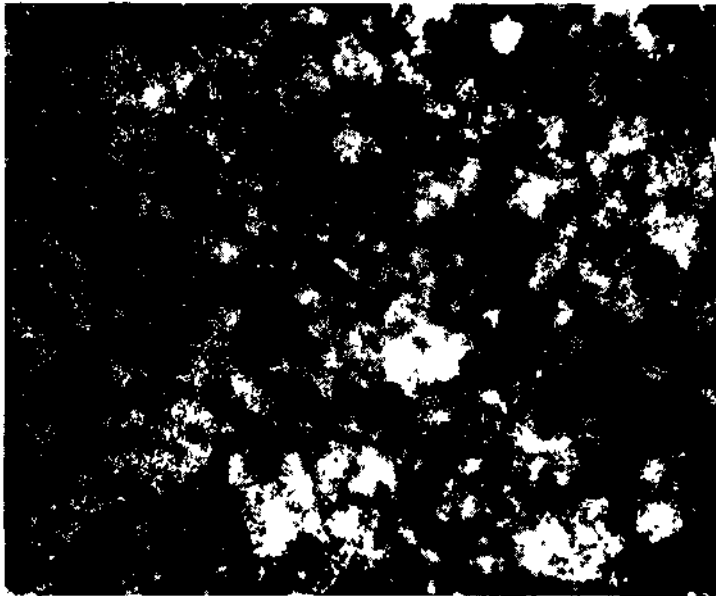
Resim 7 — Konverter cürufun konsantresinin ikincil elektron görüntüsü, büyütme 400x



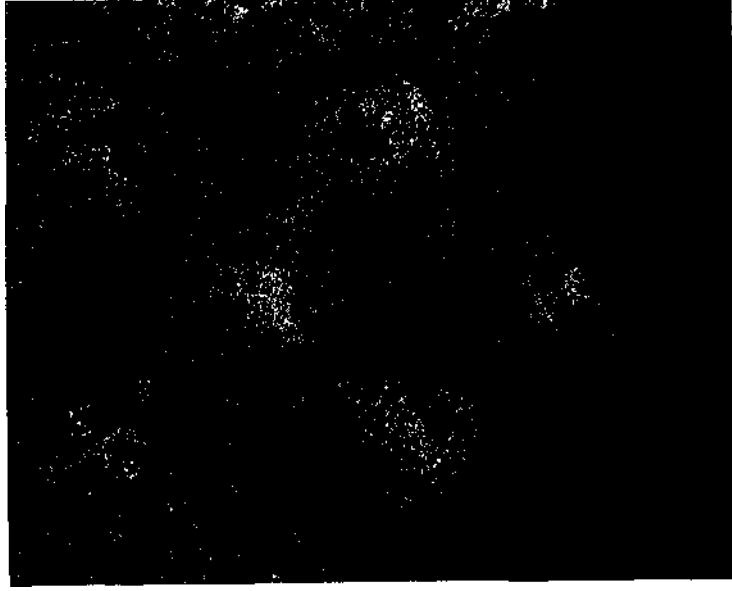
Resim 8 — Resim 7'deki çizgi doğrultusunda bakır, demir, kobalt ve silis elementlerinin dağılımları, büyütme 400x



Resim 9 — Kobalt X-ışım görüntüsü, büyütme 400x



Resim 10 — Bakır X-ışım görüntüsü, büyütme 400x



Resim 11 — Demir X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



Resim 12 — Silis X-ışını görüntüsü, görüntüsü 400x

3.3. Konverter Curuf Artığında Kobalt Dağılımı

Konverter curuf artığının kompozit görüntüsü Resim 13'de verilmiştir. Resim 13'deki çizgi boyunca bakır, demir, kobalt ve silisin konsantrasyon değişim eğrileri Resim 14'de verilmiştir. Resim 14'de bakır konsantrasyon eğrisinin ani yükselme gösterdiği A noktasında diğer elementlerin konsantrasyon eğrilerinde değişim olmamakta, B noktasında demir konsantrasyonu ile birlikte silis konsantrasyonu azalmakta, C noktasında ise demir konsantrasyonu azalmakta kobalt silis konsantrasyon eğrisinde değişim olmamaktadır. Buradan A ve C noktalarında bakırın metalik halde bulunduğu, B noktasında ise bakırın silis ile bileşik oluşturduğu anlaşılmaktadır. Demir elementinin konsantrasyon değişim eğrisinin yükselme gösterdiği D ve E noktalarında diğer elementlerin konsantrasyon eğrilerinde değişim olmamaktadır. Buradan bu noktalardaki demirin manyetit halinde olduğu anlaşılmaktadır. Bazı noktalarda ise demir ile birlikte silis ve bazen de kobalt konsantrasyon eğrileri artış göstermektedir. Bu noktalarda demirin silikat halinde olup kobalt içerdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunu bakır, demir, kobalt ve silisin X-ışını görüntüleri de doğrulamaktadır (Resim 15, 16, 17, 18). Resim 15'de görülen kobalt X-ışını incelendiğinde kobaltın bir birikim halinde olmadığı, Resim 17 ve 18'de de görüldüğü gibi genelde demir silikatlarla birlikte olduğu anlaşılmıştır.



Resim 13 — Konverter curuf artığının kompozit görüntüsü, büyütme 400x



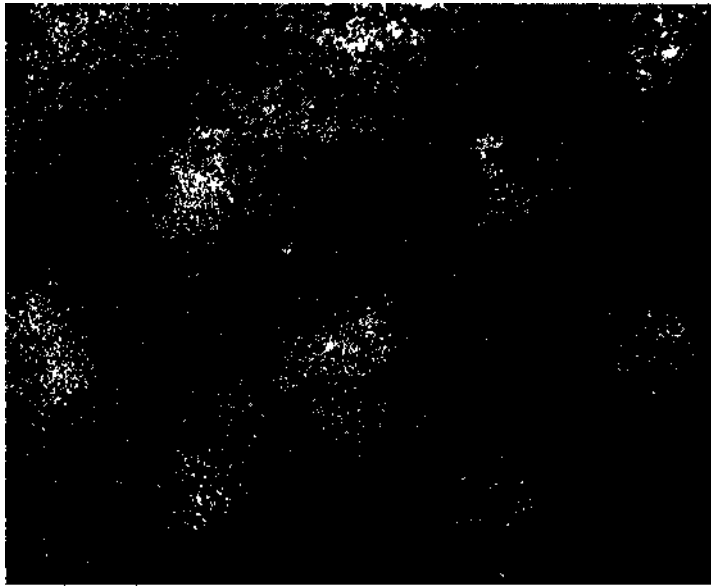
Resim 14 — Resim 13'deki çizgi doğrultusunda bakır, demir, kobalt ve silis elementlerinin dağılımları, büyütme 400x



Resim 15 — Kobalt X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



Resim 16 — Bakır X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



Resim 17 — Demir X-ışını görüntüsü, büyütme 400x



Resim 18 — Silis X-ışım görüntüsü, büyütme 400x

4. SONUÇ

Konverter cürufunda yapılan kimyasal analizler, X-ışını spektral analizleri ve mikro-prob çalışmaları sonucunda;

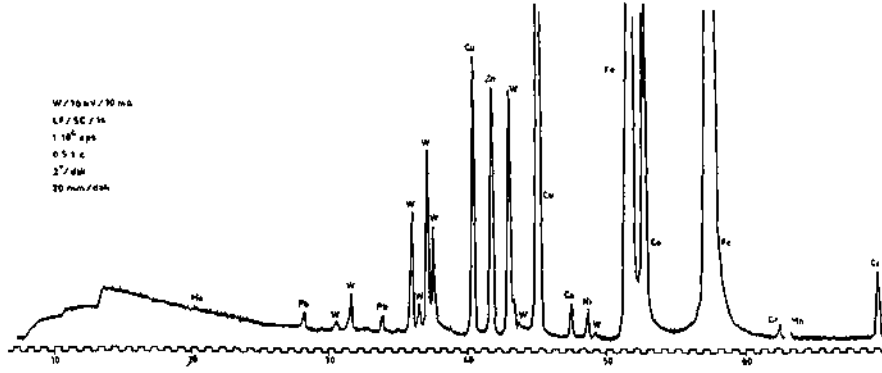
- Bakırın çoğunluğunun nispeten segregе olmuş metalik halde az bir kısmının silikatlar halinde,
- Demirin bir kısmının manyetit bir kısmının demir silikat halinde,
- Kobaltın bir birikim halinde olmadığı demir silikatlarla bileşik halinde

olduğu anlaşılmıştır.

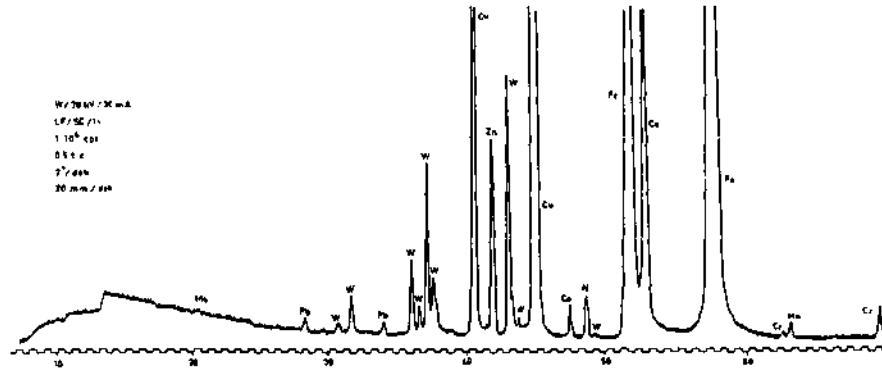
KAYNAKLAR

1. ATAK S. Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İ.T.Ü. Yayınları, No. 101. İstanbul. 1974
2. AYTEKİN, Y., Flotasyon Ders Notları, İzmir, 1983
3. AYTEKİN, Y., CÖCEN, i., Ergani Bakır İşletmesine Ait Konverter Cürufun Optimal Flotasyon Şartlarının Tesbiti, D.E.Ü. Maden Müh. Böl., İzmir. 1985
4. BALDAN. A., Elektron-Prob Mikroanaliz TÜBİTAK, MAG-8, Metalürji Sempozyumu, İstanbul, 1984
5. CANKUT. S., Bakır Ekstraktif Metalürji Uygulaması, İstanbul, 1973
6. CÖCEN, İ., Ergani Bakırlı Pirit Cevheri ile Konverter Cürufunun Optimal Flotasyon Şartlarının ve Kobalt Dağılımının Araştırılması, D.E.Ü Maden Müh. Böl., Doktora Tezi, İzmir, 1986
7. ITAKURA, K., NAGANO, T., SASAKURA, J., Converter Slag Flotation Its Effect on Copper Reverberatory Smelting Process, Journal of Metals, July, 1969
8. Maden Müh. Odası, Bakır Özel Sayısı, Ankara, 1974
9. ORAN, B., E.B.İ. Konverter Cüruflarının Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi
10. WHYTE, R.M., ORJANS, J.R., HARRIS, G.B., THOMAS, J.A., Development of a Process for the Recovery of Electrolytic Copper and Cobalt from Rokana Converter Slag, Advances in Extractive Metallurgy, The Institution of Mining and Metallurgy, 1977

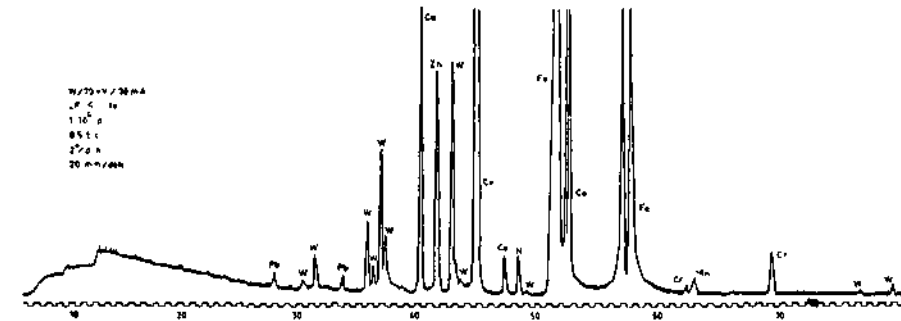
EK 1 — Spektre analiz diyagramları



KC1 Numunesi X Işını spektrometrik kalitatif analizi



YC2 Numunesi X Işını spektrometrik kalitatif analizi



YC3 Numunesi X Işını spektrometrik kalitatif analizi

Ek 2 — Etibank Ergani-Maden konverter cürufu flotasyon prensib akım şeması

