



KOYULHİSAR Pb-Cu-Zn CEVHERİNİN GUM ARABIC İLE OPTİMUM SELEKTİF FLOTASYON KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

(*DETERMINATION OF OPTIMUM SELECTIVE FLOTATION CONDITIONS OF KOYULHISAR Pb-Cu-Zn ORE BY GUM ARABIC*)

Y. CEBECİ*, N. ASLAN*, İ. SÖNMEZ *, A. A. KUVVETLİ *

ÖZET / ABSTRACT

Bu çalışmada, Sivas-Koyulhisar yöresinden temin edilen Pb-Cu-Zn kompleks cevherinin gang bastırıcı olarak Gum Arabic kullanılarak selektif flotasyonla zenginleştirilmesinde optimum flotasyon koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Deneylerde kullanılan Koyulhisar Pb-Cu-Zn kompleks cevherinin %6.54 Pb, %1.45 Cu ve %7.47 Zn tenörlü olduğu kimyasal analiz ile tespit edilmiştir. Selektif flotasyonun ilk kademesinde Pb, ikinci kademesinde Cu ve üçüncü kademesinde ise Zn kaba konsantresi eldesinde en uygun flotasyon koşulları belirlenmiştir. Elde edilen kaba konsantreler daha sonra temizleme flotasyonlarına tabi tutulmuştur. Selektif flotasyonla kazanılan Pb, Cu ve Zn kaba konsantrelerinin tenör değerleri sırasıyla; %24.33 Pb, %15.10 Cu ve %41.43 Zn, konsantre verim değerleri ise sırasıyla %93.45, %78.52 ve %89.57'dir.

Deneyler sonucunda bu cevherin selektif flotasyonu için belirlenen optimum koşullar:

Pb kaba flotasyonu için; pH=8, 600 gr/ton Gum Arabic, 40 gr/ton NaCN, 600 gr/ton ZnSO₄, 120 gr/ton KAX, 90 gr/ton 2 Etil Hekzanol, köpük alma süresi 5 dakika, Cu kaba flotasyonu için; pH=8, 400 gr/ton Gum Arabic, 20 gr/ton NaCN, 800 gr/ton ZnSO₄, 100 gr/ton Na₂Cr₂O₇, 60 gr/ton KAX, 40 gr/ton 2 Etil Hekzanol, köpük alma süresi 5 dakika, Zn kaba flotasyonu için; pH=11, 400 gr/ton Gum Arabic, 60 gr/ton NaCN, 80 gr/ton Na₂Cr₂O₇, 250 gr/ton CuSO₄, 100 gr/ton KAX, 90 gr/ton 2 Etil Hekzanol, köpük alma süresi 5 dakika, olarak bulunmuştur. Kaba konsantrelerin temizleme flotasyonuna tabi tutulmasıyla elde edilen Pb, Cu ve Zn nihai konsantrelerinin tenörleri sırasıyla; %69.26 Pb, %29.52 Cu ve %58.14 Zn, konsantre verim değerleri ise %72.33, %66.16 ve %75.65'dir.

In this study, optimum flotation conditions for Koyulhisar Pb-Cu-Zn ore was determined using by Gum Arabic as depressant. Ore sample's grade is 6.54% Pb, 1.45% Cu and 7.47% Zn from chemical analysis. The most suitable conditions were fixed for Pb, Cu, and Zn rough flotation in first, second and third stage respectively and cleaning experiments were carried out for each of these concentrates. The grade of Pb, Cu and Zn rough concentrates are 24.33% Pb, 15.10% Cu and 41.43% Zn were obtained with recoveries 93.45%, 78.52% and 89.57% respectively. The optimum conditions for selective flotation are below:

Pb rough flotation: pH=8, 600 gr/ton Gum Arabic, 40 gr/ton NaCN, 600 gr/ton ZnSO₄, 120 gr/ton KAX, 90 gr/ton 2 Etil Hekzanol, flotation time 5 min. Cu rough flotation: pH=8, 400 gr/ton Gum Arabic, 20 gr/ton NaCN, 800 gr/ton ZnSO₄, 100 gr/ton Na₂Cr₂O₇, 60 gr/ton KAX, 40 gr/ton 2 Etil Hekzanol, flotation time 5 min.

Zn rough flotation: pH=11, 400 gr/ton Gum Arabic, 60 gr/ton NaCN, 80 gr/ton Na₂Cr₂O₇, 250 gr/ton CuSO₄, 100 gr/ton KAX, 90 gr/ton 2 Etil Hekzanol, flotation time 5 min. The grades of concentrates after cleaning flotation 69.26% Pb, 29.52% Cu and 58.14% Zn were obtained with recoveries 72.33%, 66.16% and 75.65% respectively.

ANAHTAR KELİMELELER / KEY WORDS

Gum Arabic, Selektif Flotasyon, Kaba Konsantre, Tenör, Verim
Gum Arabic, Selective Flotation, Rough Concentrate, Grade, Recovery

1. GİRİŞ

Yüksek tenörlü Pb-Cu-Zn cevher yataklarının hızla azalması ve hammadde ihtiyacının artması nedeniyle düşük tenörlü kompleks cevherlerin değerlendirilmesi zorunlu olmuştur. Bu durum cevher hazırlama sürecinin gelişmesini ve özellikle de gravite yöntemleriyle zenginleştirilemeyen düşük tenörlü kompleks yapıları cevherlerin zenginleştirilmesine imkan sağlayan flotasyon yönteminin önemini artırmaktadır (Bayraktar vd, 1996).

Pb-Cu-Zn cevherlerinin zenginleştirilmesinde uygun flotasyon yöntemini belirlemede, cevher mineralojisi ve izabe koşulları birinci derecede önemli olmaktadır. Bu nedenle kollektif, selektif ya da kollektif+selektif flotasyon yöntemi uygulanmaktadır.

Flotasyonla ilgili olarak yapılan çalışmaların çoğu sülfür mineralleriyle ilgili olup, flotasyon özellikleri geniş bir şekilde çalışılmıştır. Sülfür minerallerinin flotasyonunda yaygın biçimde çeşitli ticari isimlerde satılan ksantat tipi toplayıcılar, alkol tipi köpürtücüler, değişik inorganik ve organik türde düzenleyici reaktifler kullanılmaktadır (Atak, 1990; Leja, 1982; Arbiter, 1985; Wills, 1988).

Düşük tenörlü kompleks cevherlerin zenginleştirilebilmesi için yüksek selektiviteli flotasyon düzenleyicilerinin kullanılması gerekmektedir. Dikromatlar, siyanürler, sülfidler, hidrosülfidler ve hipokloritler gibi klasik inorganik düzenleyiciler bu ihtiyacı karşılamakta, fakat bunların kullanımı çevre kaygılarını arttırmaktadır. Sülfürlü cevherler için selektif düzenleyici özelliğe sahip, çevresel olarak kabul edilen polisakkaridler gibi doğal, biyobozunabilir, non-toksik düzenleyicilerin önemi artmaktadır. Temel yapıları D-Glikoz olan Nişasta ve selüloz en önemli polisakkaridlerdir.. (Laskowski vd, 1993; Liu vd, 1989a;)

Polisakkaridler mineral endüstrisinde 60 yıldan fazla zamandır;

-Demir oksitlerin silikatlardan kazanılmasında dağıtıcı/flokülant olarak,

-Tuz tipi minerallerin flotasyonunda selektif düzenleyici olarak ,

-Doğal hidrofobik minerallerin bastırılmasında kullanılmaktadır. (Laskowski vd, 1991; Liu vd, 1989b; Liu vd, 1989c; Araujo vd, 1988)

Bu çalışmada bastırıcı olarak zenginleştirmeye etkisinin incelendiği Gum Arabic, Senegal ve Afrika bölgesindeki Akasya'lerden elde edilen akasya sakızının ticari adıdır. İnce tabaka, toz, granül veya köşeli parçalardan meydana gelen, beyaz veya yeşilimsi beyaz renklere, kokusuz, erimiş zambak görünümünde, alkolde çözünmezken suda tamamen çözünerek viskoz bir çözelti oluşturan, molekül ağırlığı 250.000-300.000 arasında, merkez çekirdeği D-galaktos ve D-glikronik asit olan kompleks ve çok dallı bir karbonhidrat polimeridir (Rose vd, 1966).

Bu çalışmada, Koyulhisar-Sivas Pb-Cu-Zn cevherinin gang bastırıcı olarak Gum Arabic kullanarak selektif flotasyonla zenginleştirilmesinde optimum koşulların belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Bu çalışmada Koyulhisar'dan temin edilen Pb-Cu-Zn cevheri kullanılmıştır. Deneyleerde kullanılan cevherin mineralojik analizi sonucunda, değerli mineraller olarak galen, sfalerit ve kalkopirit; gang mineralleri olarak da kuvars, kalsit, pirit ve hematit tespit edilmiştir (Gökçe vd, 1988).

Deneyleerde kullanılan numunelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Kimyasal Analiz Sonuçları

Element	Miktar, %
Pb	6.54
Cu	1.45
Zn	7.47

Yapılan ön deneyler ve mikroskobik incelemeler sonucunda tane serbestleşmesinin 75 μm 'nin altında sağlandığı tespit edilmiş ve cevherin %80' i 75 μm 'nin altına öğütülmüştür.

2.2. Yöntem

Zenginleştirme deneyleri 500 gramlık cevher numuneleriyle Şekil 1'de verilen akım şemasına göre önce Pb, Cu ve Zn kaba konsantrlerinin selektif flotasyonla kazanılmasında optimum zenginleştirme koşulları belirlenmiştir. Daha sonra, elde edilen kaba konsantrlerle, temizleme flotasyon deneyleri yapılmıştır.

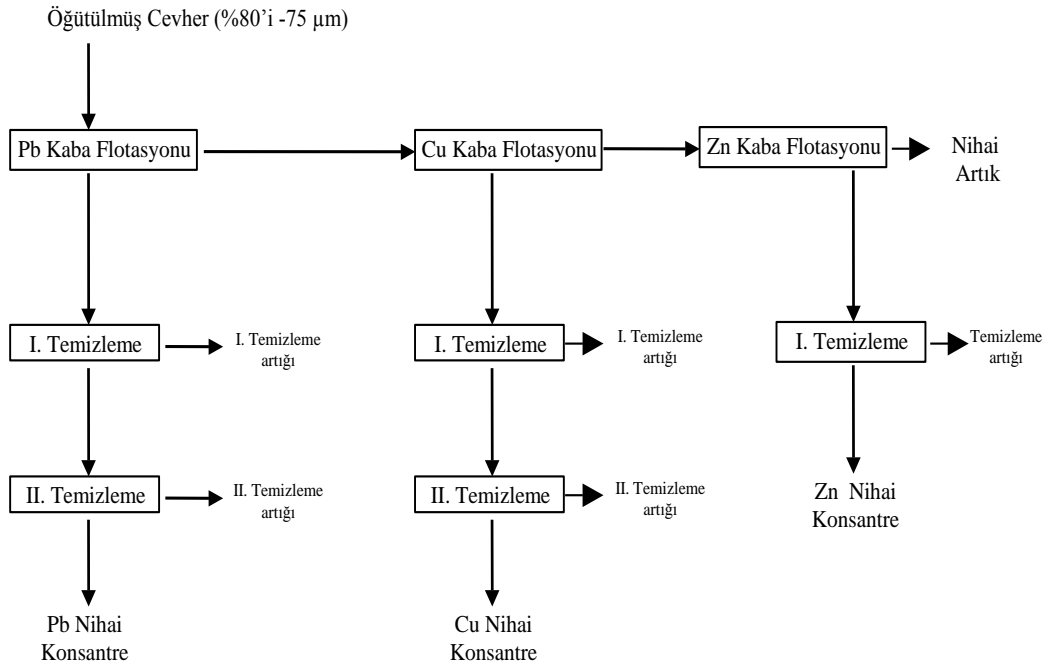
Yapılan ön deneyler sonucunda katı oranı %20, kondisyon ve köpük alma süreleri 5 dakika olarak belirlenmiş ve bütün deneyler bu koşullarda yapılmıştır.

Optimum pH'ı belirlemek için yapılan deneyler Çizelge 2. de verilen koşullarda yapılmış, bundan sonraki deneyler yapılırken, yapılan deneyden önce belirlenen optimum koşullar dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Deney Koşulları

Deney Koşulları	Kaba Flotasyon		
	Pb	Cu	Zn
PH	8	8	11
Gum Arabic, gr/ton	600	600	600
ZnSO ₄ , gr/ton	600	600	-
NaCN, gr/ton	60	20	60
Na ₂ Cr ₂ O ₇ , gr/ton	-	200	80
CuSO ₄ , gr/ton	-	-	250
KAX, gr/ton	100	60	100
2Etil Hekzanol, gr/ton	120	40	120

Deneylerde pH ayarlamak için Ca(OH)₂ ve Na₂CO₃, gang minerallerini bastırmak için Gum Arabic; sfaleriti bastırmak için ZnSO₄; pirit ve kalkopiriti bastırmak için NaCN; galeni bastırmak için Na₂Cr₂O₇; sfaleriti canlandırmak için CuSO₄; toplayıcı olarak KAX; köpürtücü olarak da 2 Etil Hekzanol kullanılmıştır.

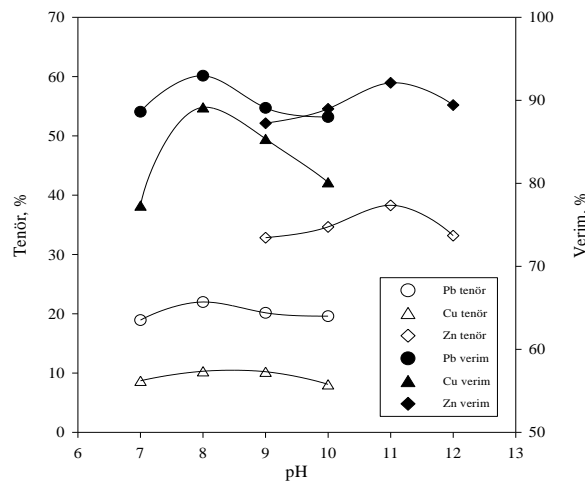


Şekil 1. Deneysel akım şeması

3. BULGULAR

3.1. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum pH'nin Belirlenmesi

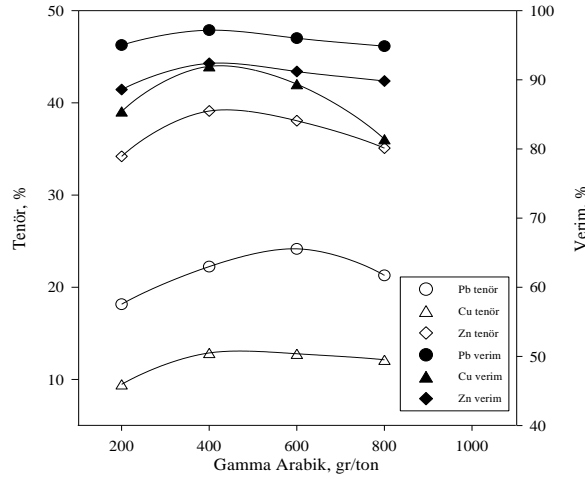
Şekil 2'nin incelenmesinden görüldüğü gibi; Pb ve Cu kaba flotasyonunda en yüksek konsantre tenör ve verim değerlerine pH 8'de, Zn kaba flotasyonunda ise pH 11'de ulaşılmıştır. Bu nedenle, Pb ve Cu kaba flotasyonunda optimum pH 8, Zn kaba flotasyonunda ise pH 11 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda pH'nin etkisi

3.2. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum Gum Arabic Miktarının Belirlenmesi

Şekil 3’de görüldüğü gibi; Pb kaba flotasyonunda Gum Arabic miktarı arttıkça tenör artarak 600 gr/ton miktarında maksimum olmakta, ancak konsantre verimi 400 gr/ton Gum Arabic miktarından sonra azalmaktadır. Cu ve Zn kaba flotasyonunda Gum Arabic miktarı 400 gr/ton iken konsantre tenör ve verim değerleri maksimuma ulaşmaktadır. Bu nedenle optimum Gum Arabic miktarı; Pb kaba flotasyonunda 600 gr/ton, Cu ve Zn kaba flotasyonunda ise 400 gr/ton olarak tespit edilmiştir.

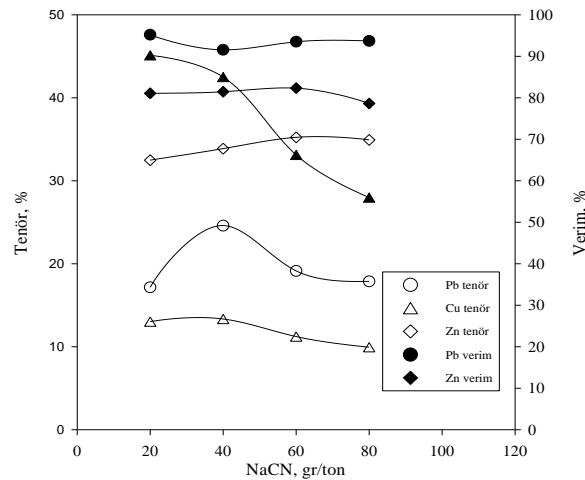


Şekil 3. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda Gum Arabic miktarının etkisi

3.3. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum NaCN Miktarının Belirlenmesi

Pb kaba flotasyonunda NaCN miktarı 40 gr/ton’da konsantre verimi çok düşük oranda azalmasına rağmen, konsantre tenörü maksimuma ulaşmaktadır. Cu kaba flotasyonunda 20 gr/ton NaCN miktarında, Zn kaba flotasyonunda ise 60 gr/ton NaCN miktarında konsantre tenör ve verim değerleri maksimuma ulaşmaktadır. Bu nedenle optimum NaCN miktarı; Pb kaba flotasyonu için 40 gr/ton, Cu kaba flotasyonu için 20 gr/ton, Zn kaba flotasyonu için ise 60 gr/ton olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

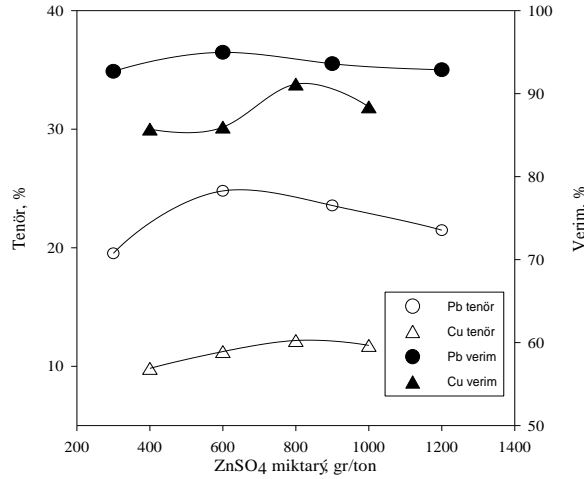
Kullanılan siyanür miktarının yüksek oluşu ortamda bulunan metal katyonlarının piriti aktifleştirilmesine dayandırılmıştır.



Şekil 4. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda NaCN miktarının etkisi

3.4. Pb ve Cu Kaba Flotasyonunda Optimum $ZnSO_4$ Miktarının Belirlenmesi

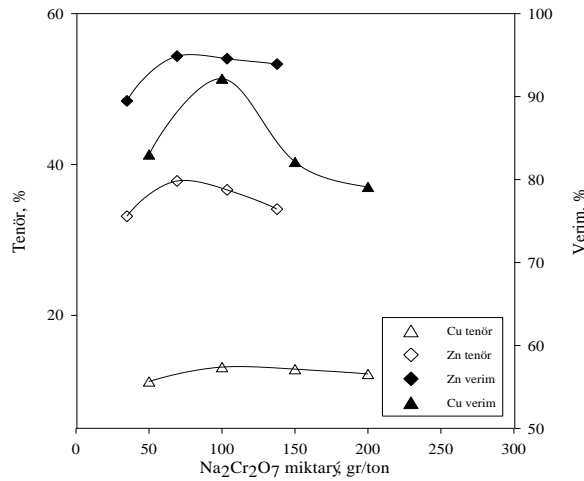
Pb ve Cu kaba flotasyonunda, sfalerit mineralini seçimli olarak bastırmak için $ZnSO_4$ kullanılmıştır. Şekil 5'den görüldüğü gibi 600 gr/ton $ZnSO_4$ miktarında konsantre tenör ve verim değeri maksimuma ulaşmaktadır. Cu kaba flotasyonunda ise artan $ZnSO_4$ miktarıyla genel olarak konsantre tenörü ve verimi artmakta, ancak 800 gr/ton miktarından sonra her iki değerde azalma görülmektedir. Bu nedenle optimum $ZnSO_4$ miktarı; Pb kaba flotasyonu için 600 gr/ton Cu kaba flotasyonu için 800 gr/ton olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Pb ve Cu kaba flotasyonunda $ZnSO_4$ miktarının etkisi

3.5. Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum $Na_2Cr_2O_7$ Miktarının Belirlenmesi

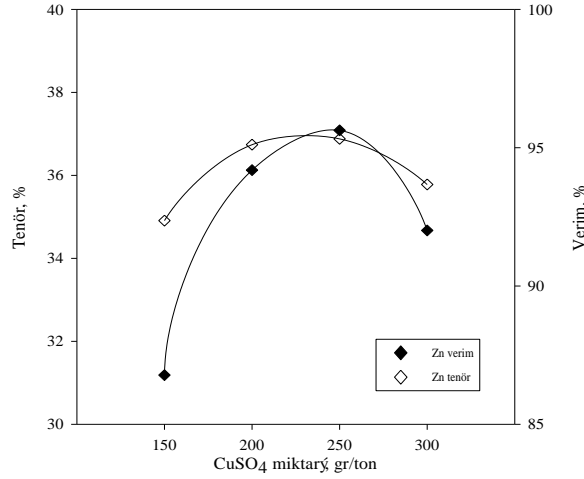
Cu ve Zn kaba flotasyonunda galen mineralini seçimli olarak bastırmak için $Na_2Cr_2O_7$ kullanılmıştır. Şekil 6'dan görüldüğü gibi maksimum konsantre tenör ve verim değerlerine, Cu kaba flotasyonunda 100 gr/ton ve Zn kaba flotasyonunda ise 80 gr/ton $Na_2Cr_2O_7$ miktarında ulaşılmaktadır. Bu nedenle optimum $Na_2Cr_2O_7$ miktarı; Cu ve Zn kaba flotasyonu için sırasıyla 100 ve 80 gr/ton olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6. Cu ve Zn kaba flotasyonunda $Na_2Cr_2O_7$ miktarının etkisi

3.6. Zn Kaba Flotasyonunda Optimum CuSO_4 Miktarının Belirlenmesi

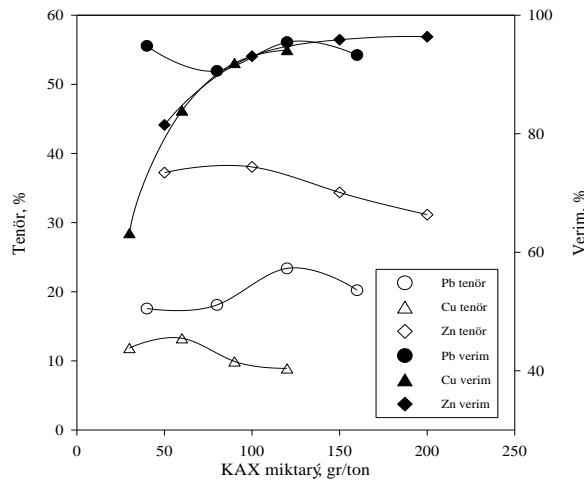
Zn kaba flotasyonunda sfalerit mineralini canlandırmak için CuSO_4 kullanılmıştır. Şekil 7'den görüldüğü gibi, 250 gr/ton CuSO_4 miktarında konsantre verimi ve tenörü maksimuma ulaşmaktadır. Bu nedenle optimum CuSO_4 miktarı 250 gr/ton olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Zn kaba flotasyonunda CuSO_4 miktarının etkisi

3.7. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum KAX Miktarının Belirlenmesi

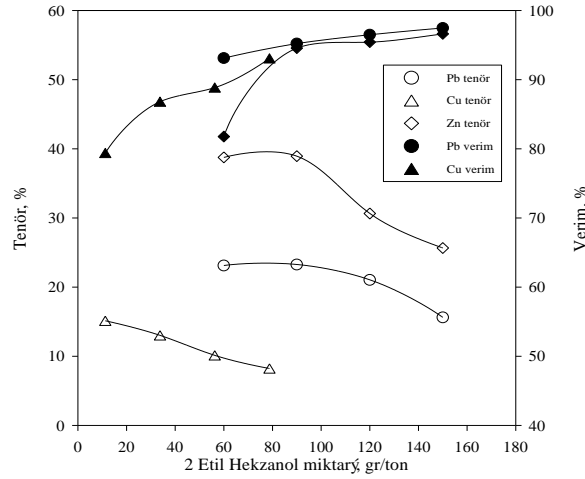
Pb ve Zn kaba flotasyonunda Şekil 8'den görüldüğü gibi Pb kaba flotasyonunda 120 gr/ton KAX miktarında konsantre tenör ve verim değerleri maksimum değere ulaşmaktadır. Cu ve Zn kaba flotasyonunda KAX miktarı arttıkça konsantre verimi artmaya devam etmekte ancak Cu konsantre tenörü 60 gr/ton KAX miktarında, Zn konsantre tenörü 100 gr/ton KAX miktarında maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Bu nedenle optimum KAX miktarı Pb kaba flotasyonunda 120 gr/ton, Cu kaba flotasyonunda 60 gr/ton ve Zn kaba flotasyonunda 100 gr/ton alınmıştır.



Şekil 8. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda KAX miktarının etkisi

3.8. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum 2 Etil Hekzanol Miktarının Belirlenmesi

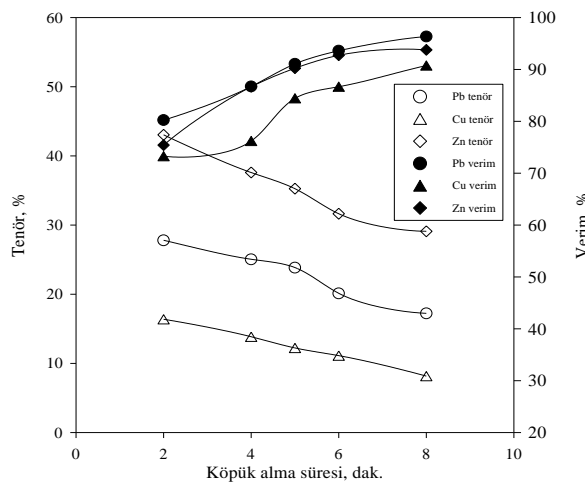
Köpürtücü olarak 2 Etil Hekzanol'un kullanıldığı deneylerde; genel bir eğilim olarak artan köpürtücü miktarıyla konsantre verimleri belirli bir noktaya kadar hızla artmakta, bu noktadan sonra artış azalmakta ve konsantre tenörü ise artan köpürtücü miktarıyla azalmaktadır. Şekil 9'un değerlendirilmesinden en uygun 2 Etil Hekzanol miktarı; Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonu için sırasıyla 90, 40 ve 90 gr/ton olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda 2 Etil Hekzanol miktarının etkisi

3.9. Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyonunda Optimum Köpük Alma Süresinin Belirlenmesi

Şekil 10'dan görüldüğü gibi, köpük alma süresi arttıkça konsantre verimleri artmakta, ancak konsantre tenörleri azalmaktadır. Bu nedenle, istenilen konsantre tenör ve verim değerleri göz önüne alınarak optimum köpük alma süresi; Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda 5 dakika olarak belirlenmiştir.



Şekil 10. Pb, Cu ve Zn kaba flotasyonunda köpük alma süresinin etkisi

3.10. Optimum Koşullarda Yapılan Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyon Deneyleri

Belirlenen optimum koşullarda yapılan flotasyon deneylerinden elde edilen zenginleştirme sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Optimum Koşullarda Yapılan Pb, Cu ve Zn Kaba Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Kaba Konsantre	Tenör, %			Verim, %
	Pb	Cu	Zn	
Pb	24.33	0.40	2.46	93.45
Cu	0.71	15.10	0.96	78.52
Zn	0.52	0.40	41.43	89.57

3.11. Temizleme Flotasyon Deneyleri

Ön deneylerle belirlenen Çizelge 4'te verilen optimum koşullarda; Pb, Cu ve Zn kaba konsantreleriyle temizleme flotasyon deneyleri yapılmış olup, Çizelge 5'teki zenginleştirme sonuçları elde edilmiştir.

Çizelge 4. Deney Koşulları

	Temizleme Flotasyonu				
	Pb		Cu		Zn
<u>Deney Koşulları</u>	<u>I.</u>	<u>II.</u>	<u>I.</u>	<u>II.</u>	<u>I.</u>
PH	8	8	8.5	8.5	10.5
Gum Arabic , gr/ton	120	30	80	40	100
ZnSO ₄ , gr/ton	100	25	50	20	-
NaCN, gr/ton	10	-	-	-	-
Na ₂ Cr ₂ O ₇ , gr/ton	-	-	20	-	-
CuSO ₄ , gr/ton	-	-	-	-	100
KAX, gr/ton	30	10	30	20	60
2 Etil Hekzanol, gr/ton	20	10	20	10	40

Çizelge 5. Temizleme Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Temizleme Flotasyonu	Nihai Konsantre	Tenör, %			Verim, %
		Pb	Cu	Zn	
I.	Pb	42.05	0.32	1.26	79.60
II.		69.26	0.18	0.54	72.33
I.	Cu	0.51	20.13	0.58	71.35
II.		0.34	29.52	0.41	66.16
I.	Zn	0.41	0.26	58.14	75.65

4. SONUÇLAR

Optimum serbestleşme tane boyutu, cevherin %80'i 75 µm olacak şekilde öğütülmesiyle sağlanmıştır.

Anyonik karakterli bir bastırıcı olan Gum Arabic molekülleri gang minerallerinin yüzeyine hidrojen bağı ile adsorplanarak, onları bastırmaktadır (Arbiter, 1985).

Her bir mineral için belirlenen optimum koşullar;

Pb kaba flotasyonu için; pH: 8, Gum Arabic: 600 gr/ton, NaCN: 40 gr/ton, ZnSO₄: 600 gr/ton, KAX: 120 gr/ton, 2 Etil Hekzanol: 90 gr/ton, köpük alma süresi: 5 dakika;

Cu kaba flotasyonu için; pH: 8, Gum Arabic: 400 gr/ton, NaCN: 20 gr/ton, ZnSO₄: 800 gr/ton, Na₂Cr₂O₇: 100 gr/ton, KAX: 60 gr/ton, 2 Etil Hekzanol: 40 gr/ton, köpük alma süresi: 5 dakika;

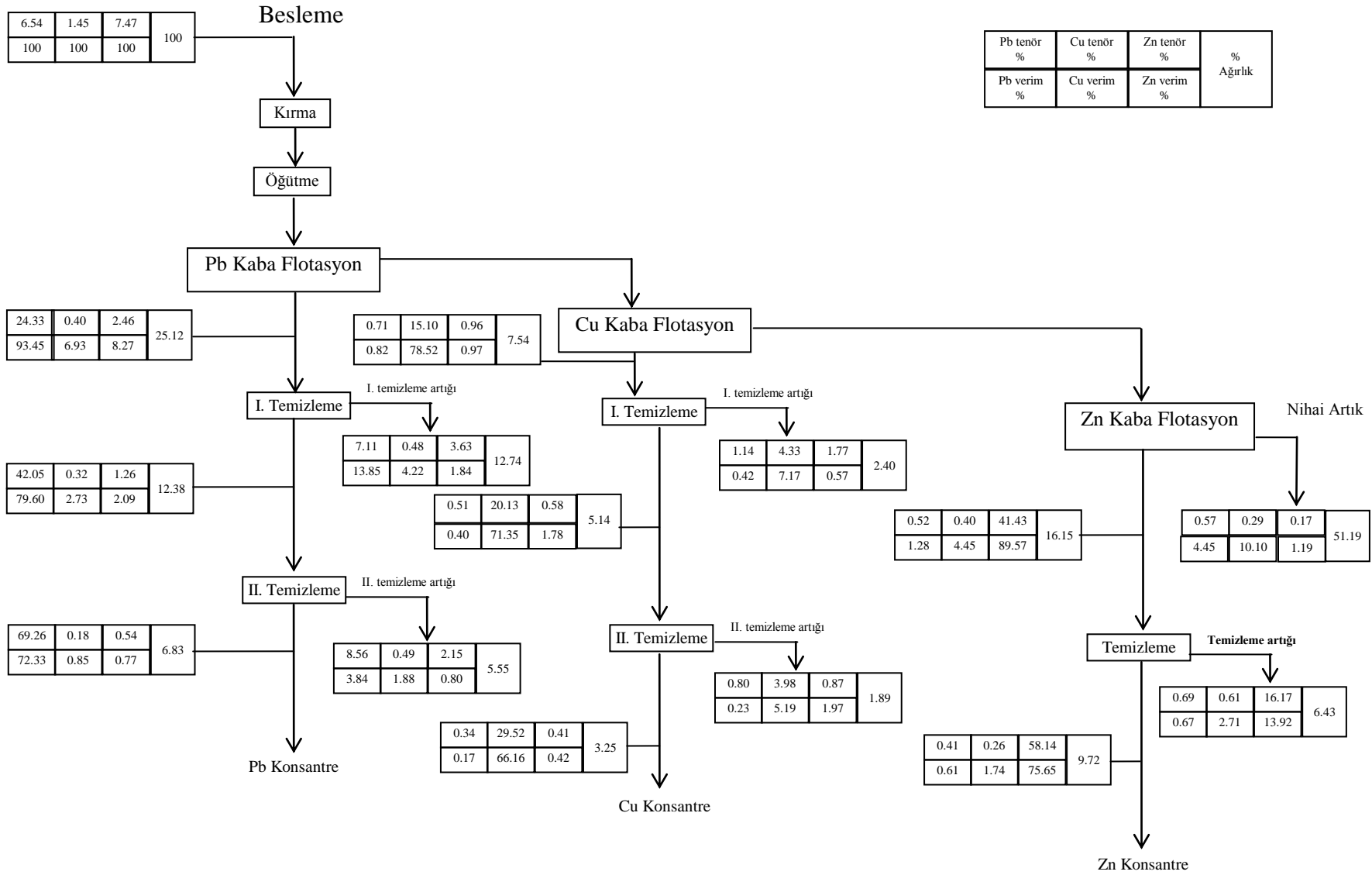
Zn kaba flotasyonu için; pH: 11, Gum Arabic: 400 gr/ton, NaCN: 60 gr/ton, Na₂Cr₂O₇: 80 gr/ton, CuSO₄: 250 gr/ton, KAX: 100 gr/ton, 2 Etil Hekzanol: 90 gr/ton, köpük alma süresi: 5 dakika olarak bulunmuştur.

Deneyler sonucunda Pb kaba konsantresi %24.33 Pb tenörü ve %93.45 Pb verimi, Cu kaba konsantresi %15.10 Cu tenörü ve %78.52 Cu verimi, Zn kaba konsantresi %41.43 Zn tenörü ve %89.57 Zn verimi ile kazanılmıştır.

Kaba konsantrelerin temizlenmesiyle Pb nihai konsantresi %69.26 Pb tenörü ve %72.33 Pb verimi, Cu nihai konsantresi %29.52 Cu tenörü %66.16 Cu verimi, Zn nihai konsantresi 58.14 Zn tenörü ve %75.65 Zn verimi ile üretilmiştir.

Nihai konsantre verim değerleri, temizleme flotasyonu artıklarının tekrar zenginleştirilmesiyle artırılabilir.

Deney sonuçlarına bağlı olarak önerilen akım şeması Şekil 11' de verilmiştir.



Şekil 11. Koyulhisar Pb-Cu-Zn Cevherinin Gum Arabic ile Optimum Selektif Flotasyon Akım Şeması

5. KAYNAKLAR

- AKAR, A.; ÇEVİK MEN, Y.B. (1996): Elimination of Depressants in Flotation of Lead-Zinc Sulfides Using Cationic Resins. "Proceedings of the 6th International Mineral Processing Symposium", Kuşadası, Turkey, Changing Scopes in Mineral Processing, pp. 235-240
- ARAUJO, A.C.; POLING, G.W. (1988): The Adsorption of Starch on Apatite. "II. Int. Mineral Processing Symposium", İzmir, Turkey, pp. 427-439
- ARBITER, N. (Section Editor), (1985): "Flotation". SME Mineral Processing Handbook', Volume I, Section 5, New York.
- ATAK, S. (1990): "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması", İstanbul.
- BAYRAKTAR, İ.; ALTUN, Y. (1996): Kompleks Bakır-Çinko-Kurşun Cevherlerinin Özellikleri, Ekonomik Değeri ve Zenginleştirilmesi. "Madencilik Dergisi", Cilt XXXV, Sayı 1, s. 11-21.
- CEBECİ, Y.; SEZENLER, H.; CANBAZOĞLU, M. (1992): Koyulhisar Cu-Pb-Zn Cevherlerinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi Araştırmaları. "VII. Mühendislik Haftası", Isparta.
- GÖKÇE, Y.; ÖZGÜNEYLİOĞLU, A. (1988): Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Cu-Zn Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni. "C.Ü. Müh. Fak. Dergisi", Seri A Yerbilimleri, Cilt 5, Sayı 1.
- KUVVETLİ, A.A. (1996): Koyulhisar Bakır-Kurşun-Çinko Kompleks Cevherinin Selektif Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması. "Yüksek Lisans Tezi", C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 134 s.
- LASKOWSKI, J.S.; LIU, Q; BOLIN, N.J. (1991): Polysaccharides in Flotation of Sulfides. Part I. Adsorption of Polysaccharides onto Mineral Surfaces. "Int. Journal of Mineral Processing". Vol. 33, pp. 223-234
- LASKOWSKI, J.S.; SUBRAMANIAN, S.; and NYAMEKYA, G.A. (1993): Polysaccharides-Emerging Non-Toxic Modifiers for Differential Flotation of Sulphides. "XVIII Int. Mineral Processing Congress", Sydney, pp. 593-600
- LEJA, L. (1982): "Surface Chemistry of Froth Flotation", Plenum Press, New York.
- LIU, Q; LASKOWSKI, J.S. (1989a): The Role of Metal Hydroxides at Mineral Surfaces in Dextrin Adsorption, II. Chalcopyrite-Galena Separations in the Presence of Dextrin. "Int. Journal of Mineral Processing", Vol. 27, pp. 147-155
- LIU, Q; LASKOWSKI, J.S. (1989b): The Interactions Between Dextrin and Metal Hydroxides in Aqueous Solution. "Journal of Colloid and Interface Science", Vol. 130, pp. 101-111
- LIU, Q; LASKOWSKI, J.S. (1989c): The Role of Metal Hydroxides at Mineral Surfaces in Dextrin Adsorption, I. Studies on Modified Quartz Sample. "Int. Journal of Mineral Processing", Vol. 26, pp. 297-316
- MORDOĞAN, H. (1985): Karadeniz Bölgesi Kompleks Bakırlı Cevherlerden Bazı Metallerin Kazanılmasında Optimum Koşulların Saptanması. "Doktora Tezi", E.Ü. Fen Fakültesi, İzmir
- ROSE, A.; ROSE, E. (1966): "The Condensed Chemical Dictionary", Seventh Edition, Reinhold Publishing Co., New York
- WILLS, B.A. (1988): "Mineral Processing Technology", Fourth Edition.