

KOYULHISAR (SİVAS) BAKIR-KURŞUN ÇİNKO KOMPLEKS CEVHERİNİN SELEKTİF FLOTASYONUNDA BASTIRICI OLARAK GUM ARABIC'İN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yakup CEBECİ¹, İbrahim SÖNMEZ¹

ÖZET : Bu çalışmada Sivas-Koyulhisar bölgesinden temin edilen Pb-Cu-Zn kompleks cevherinin selektif flotasyonunda bastırıcı olarak Gum Arabic'in etkisi incelenmiştir. Kimyasal analiz sonucunda Koyulhisar Pb-Cu-Zn kompleks cevherinin %6.54 Pb, %1.45 Cu ve %7.47 Zn tenörlü olduğu tesbit edilmiştir.

Ön deney bulgularından yararlanılarak yapılan selektif flotasyonun birinci kademesinde Pb, ikinci kademesinde Cu ve üçüncü kademesinde Zn kaba konsantreleri kazanılmıştır. Gum Arabic ve diğer parametrelerin optimum koşullarında elde edilen Pb ve Cu kaba konsantrelerine iki kademeli, Zn kaba konsantrisine ise tek kademeli temizleme flotasyonu uygulanmıştır. Temizleme flotasyonu sonucu elde edilen Pb, Cu ve Zn nihai konsantrelerinin tenör değerleri sırasıyla %69.26, %29.52 ve %58.14; konsantrelerin verim değerleri ise sırasıyla %72.33, %66.16 ve %75.65'dir.

ANAHTAR KELİMELELER : Kompleks Cevher, Selektif Flotasyon, Bastırıcılar, Gum Arabic

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü
58140 SIVAS

**THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GUM ARABIC
ON SELECTIVE FLOTATION OF KOYULHİSAR (SİVAS)
Pb-Cu-Zn COMPLEX ORE AS A DEPRESSANT**

ABSTRACT : *In this study, effect of Gum Arabic as a depressant on Koyulhisar (Sivas) Pb-Cu-Zn complex ore was investigated. The grade of ore sample is 6.54% Pb, 1.45% Cu and 7.47% Zn from chemical analysis.*

Pb, Cu and Zn rough concentrates were obtained from first, second and third stages of selective flotation, respectively. Cleaning experiments were carried out for each of Pb, Cu and Zn concentrates that obtained with optimum conditions of Gum Arabic and other parameters. The grades of concentrates after cleaning flotation 69.26%, 29.52% and 58.14% were obtained with recoveries 72.33%, 66.16% and 75.65% respectively.

KEY WORDS : *Complex Ore, Selective Flotation, Depressants, Gum Arabic*

I. 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 yapılu cevherlerin zenginleştirilmesine imkan sağlayan flotasyon yönteminin önemini artırmaktadır [1].

Pb-Cu-Zn cevherlerinin zenginleştirilmesinde uygun flotasyon yöntemini belirlemede, cevher minerolojisi ve izabe koşulları birinci derecede önemli olmaktadır. Bu nedenle kollektif, selektif ya da kollektif+selektif flotasyon yöntemi uygulanmaktadır [2-3-4].

Flotasyonla ilgili olarak yapılan çalışmaların çoğu sülfür mineralleriyle ilgili olup, flotasyon özellikleri geniş bir şekilde araştırılmıştır. Sülfür minerallerinin flotasyonunda yaygın biçimde çeşitli ticari isimlerde satılan ksantat tipi toplayıcılar, alkol tipi köpürtücüler, değişik inorganik ve organik türde düzenleyici reaktifler kullanılmaktadır [5-6-7-8].

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 artırmaktadır. Sülfürlü cevherler için selektif düzenleyici özelliğe sahip, çevresel olarak kabul edilen polisakkaridler gibi doğal, bio-bozunabilir, toksik olmayan düzenleyicilerin önemi artmaktadır. Temel yapıları D-Glikoz olan nişasta ve selüloz en önemli polisakkaridlerdir [9-10].

Polisakkaridler mineral endüstrisinde 60 yıldan fazla bir süredir grafit, talk, kömür gibi doğal hidrofobik özellik gösteren minerallerin flotasyonunda bastırıcı olarak kullanılmaktadır [11-12-13-14].

Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda ise, dekstrin, nişasta, "Gum Arabic" ve Guar Gum'ın sülfürlü minerallerin ve çoğu cevher yataklarında önemli miktarlarda bulunan kalsit, silis ve dolomit gibi minerallerin bastırılmasında etkileri detaylıca incelenmiştir [15-16-17-18-19].

Guar Gum'ın bakır-kurşun selektif flotasyonunda pH 4'te galeni bastırmada oldukça etkili olduğu ve endüstriyel olarak uygulandığı belirlenmiştir [15].

Steenberg ve Harris [16]'in araştırmalarında ise Karboksi Metil Selüloz (CMC)'un bakır ve nikel sülfürlerin flotasyonunda silisli gang bastırmada önemli rolü olduğu görülmüştür. Bir başka araştırmada ise, uygun miktarda dekstrin kullanımının bakır sülfür-galen flotasyonunda galeni bastırdığı, ancak fazla miktarda kullanıldığında bakır sülfür minerallerinin de etkilendiği görülmüştür. Yapılan laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalar, dekstrinin krom tuzlarına göre hem daha ekonomik, hem de çevre açısından daha uygun olduğunu göstermiştir [17].

Sentemova [18] çalışmalarında, silisli minerallerin aminle flotasyonunda nişastanın bastırıcı etkisini belirlemiştir. Gum Arabic'in ise kalsit ve dolomitin bastırılmasında oldukça önemli rol oynadığı belirlenmiştir [19].

Polisakkaridlerin bastırıcı mekanizmaları, özellikle dekstrin kullanarak farklı mineral sistemlerinde incelenmiştir. Buna göre, dekstrinin mineral yüzeylerine adsorbsiyonu hidrojen bağından çok, dekstrinle metal hidroksit arasındaki kimyasal adsorbsiyonla açıklanmaktadır. Galen-dekstrin adsorbsiyon testleri, adsorbsiyonun Pb-hidroksitin iso-elektrik noktasında maksimum ve kimyasal nitelikte olduğunu ortaya koymuştur [11].

Bir başka araştırmaya göre, Gum Arabic molekülleri mineral yüzeylerine hidrojen bağıyla adsorblanarak onları bastırmaktadır [7].

Bu çalışmada, bastırıcı olarak zenginleştirmeye etkisinin incelendiği Gum Arabic, Senegal ve Afrika bölgesindeki Akasya'lardan elde edilen akasya sakızının ticari adıdır. İnce tabaka, toz, granül veya köşeli parçalardan meydana gelen, beyaz veya yeşilimsi beyaz renklere, kokusuz, erimiş zank görünümünde, alkolde çözünmezken suda tamamen çözünerek viskoz bir çözelti oluşturan, moleköl ağırlığı 250.000-300.000 gr/mol arasında, merkez çekirdeği D-galaktos ve D-glikronik asit olan kompleks ve çok dallı bir karbonhidrat polimeridir [20].

II. MALZEME VE YÖNTEM

II.1. Malzeme

Bu çalışmada Koyulhisar'dan temin edilen Pb-Cu-Zn cevheri kullanılmıştır. Deneylede kullanılan cevherin mineralojik analizi sonucunda, değerli mineraller olarak galen, sfalerit ve kalkopirit; gang mineralleri olarak da kuvars, kalsit, pirit ve hematit tesbit edilmiştir [21-22].

Deneylede kullanılan numunelerin kimyasal analizi Atomik Adsorpsiyon Spektrometresinde (A. A. S.) yapılmış ve bulgular Çizelge 1'de verilmiştir [21].

Çizelge 1. Kimyasal analiz sonuçları

Element	Miktar, %
Pb	6.54
Cu	1.45
Zn	7.47

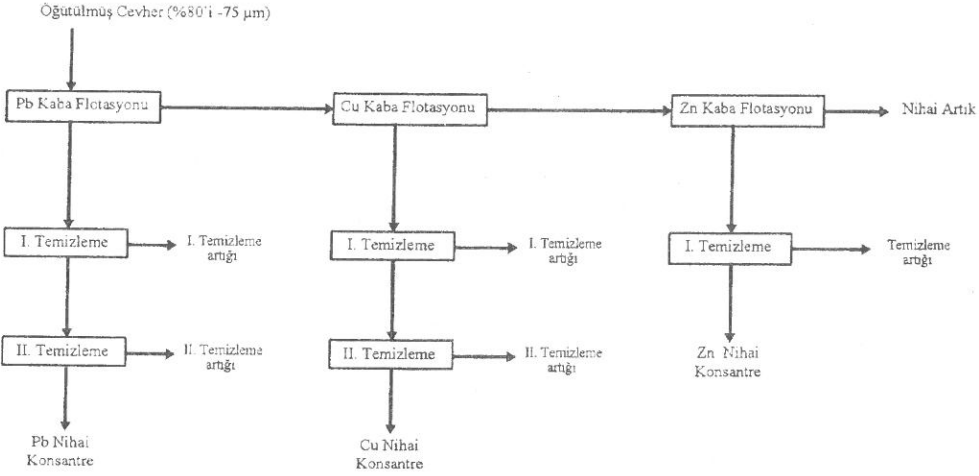
Yapılan ön deneyler ve mikroskobik incelemeler sonucunda, tane serbestleşmesinin, cevherin %80'nin -75 μm 'ye öğütülmesiyle sağlandığı belirlenmiş ve bu durumda serbestleşme derecesi %80'nin üzerindedir.

II.2. Yöntem

Zenginleştirme deneyleri 500 gramlık cevher numuneleriyle Şekil 1'de verilen akım şemasına göre, önce Pb, Cu ve Zn kaba konsantreleri selektif flotasyonla kazanılmıştır. Daha sonra, Gum Arabic ve diğer parametrelerin optimum koşullarında selektif flotasyon deneyleri yapılarak elde edilen kaba konsantrelere temizleme flotasyonu uygulanarak nihai konsantreler kazanılmıştır.

Deneylede pH ayarlamak için $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve Na_2CO_3 ; gang minerallerini bastırmak için Gum Arabic; sfaleriti bastırmak için ZnSO_4 ; pirit ve kalkopiriti bastırmak için NaCN ; Cu ve Zn kaba ve temizleme devrelerinde galeni bastırmak için $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; sfaleriti

canlandırmak için CuSO_4 ; toplayıcı olarak KAX; köpürtücü olarak da 2-Etil Hekzanol kullanılmıştır.



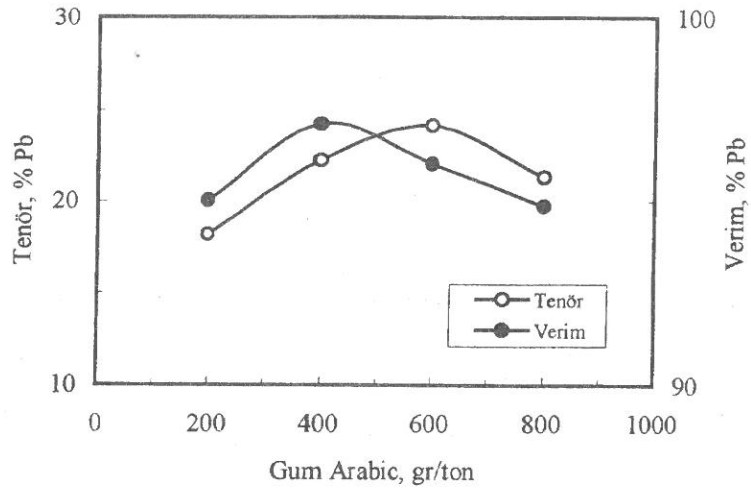
Şekil 1. Deneylerde izlenen akım şeması.

III. BULGULAR

PbS, CuFeS_2 ve ZnS kaba flotasyon deneylerindeki koşullar ön flotasyon deneyleri yapılarak belirlenmiş ve bütün deneylerde katı oranı %20, kondisyon süresi 5 dakika ve köpük alma süresi 5 dakika olarak alınmıştır.

III.1. Galenit Flotasyonu

Selektif flotasyonun birinci kademesinde Gum Arabic'in galenit zenginleştirmesine etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerinden elde edilen PbS kaba konsantresinin tenör ve verim değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Gum Arabic ve diğer değişkenlerin optimum koşullarında üretilen kaba konsantrenin temizlenmesiyle ulaşılan tenör ve verim değerleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Gum Arabic'in PbS flotasyonuna etkisi (pH: 8, ZnSO₄: 600 gr/ton, NaCN: 60 gr/ton, KAX: 100 gr/ton, 2-Etil Hekzanol: 120 gr/ton).

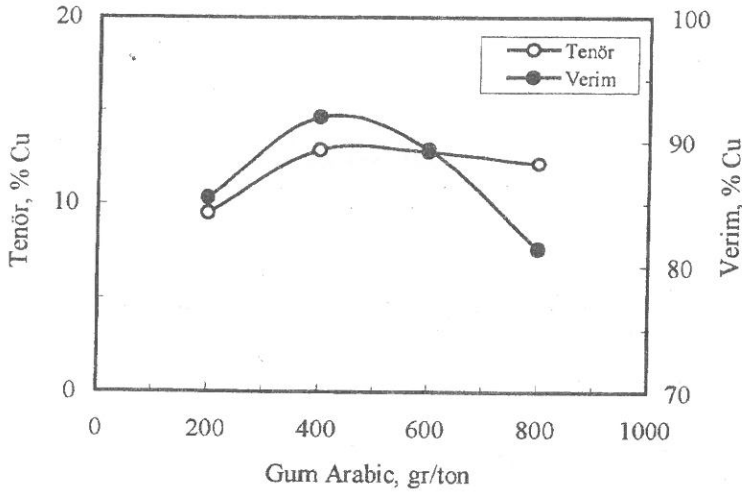
Çizelge 2. PbS temizleme flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar

	Pb, %	Cu, %	Zn, %	Pb Verimi, %
I. Temizleme	42.05	0.32	1.26	79.60
II. Temizleme	69.26	0.18	0.54	72.33

Şekil 2'den de görüldüğü gibi 600 gr/ton Gum Arabic miktarında Pb tenörü %24.16, 400 gr/ton Gum Arabic miktarında da Pb verimi %97.18'e ulaşmaktadır. Artıktaki metal kayıpları ile Pb tenör ve verim değerleri dikkate alınarak optimum Gum Arabic miktarı 400 gr/ton olarak belirlenmiştir.

III.2. Kalkopirit Flotasyonu

Selektif flotasyonun ikinci kademesinde kalkopirit verim ve tenörünün Gum Arabic ile değişimi incelemek amacıyla yapılan kaba flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 3'te ki gibidir. Gum Arabic ve diğer değişkenlerin optimum koşullarında üretilen kaba konsantrenin iki kademe temizlenmesiyle elde edilen tenör ve verim değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Gum Arabic'in CuFeS_2 flotasyonuna etkisi (pH: 8, ZnSO_4 : 600 gr/ton, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: 200 gr/ton, NaCN: 20 gr/ton, KAX: 60 gr/ton, 2-Etil Hekzanol: 40 gr/ton).

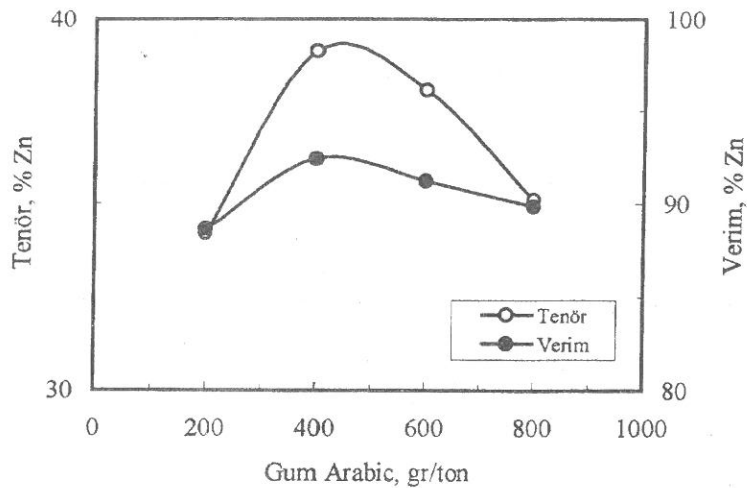
Çizelge 3. CuFeS_2 temizleme flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar

	Pb, %	Cu, %	Zn, %	Cu Verimi, %
I. Temizleme	0.51	20.13	0.58	71.35
II. Temizleme	0.34	29.52	0.41	66.16

Şekil 3'ten görülebileceği gibi, 400 gr/ton Gum Arabic miktarında Cu tenörü %12.87, Cu verimi ise %91.95 olarak maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Bunu altındaki ve üstündeki miktarlarda ise düşmektedir. Bu nedenle optimum Gum Arabic miktarı 400 gr/ton olarak belirlenmiştir.

III.3. Sfalerit Flotasyonu

Selektif flotasyonun üçüncü kademesinde, Gum Arabic'in sfalerit verim ve tenörüne etkisini belirlemek için yapılan kaba flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4'te görüldüğü gibidir. Gum Arabic ve diğer değişkenlerin optimum koşullarında üretilen kaba konsantrenin temizlenmesiyle ulaşılan tenör ve verim değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Gum Arabic'in ZnS flotasyonuna etkisi (pH: 11, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: 80 gr/ton, NaCN: 60 gr/ton, CuSO_4 : 250 gr/ton, KAX: 100 gr/ton, 2-Etil Hekzanol: 120 gr/ton).

Çizelge 4. ZnS temizleme flotasyon deneyinden elde edilen sonuçlar

	Pb, %	Cu, %	Zn, %	Zn Verimi, %
Temizleme	0.41	0.26	58.14	75.65

Şekil 4'te görüldüğü gibi 400 gr/ton Gum Arabic miktarında Zn tenör ve verim değerleri sırasıyla %39.12 ve %92.38 gibi maksimum değere ulaşmaktadır. Bunun alt ve üstündeki Gum Arabic miktarlarında tenör ve verim değerleri düşmektedir. Bu nedenle optimum Gum Arabic miktarı 400 gr/ton olarak seçilmiştir.

IV. SONUÇLAR

Yapılan deneyler sonucunda optimum Gum Arabic miktarları galenit, kalkopirit ve sfalerit flotasyonu için 400 gr/ton olarak belirlenmiştir. Elde edilen nihai konsantrelerin tenörleri Pb, Cu ve Zn için sırasıyla %69.26, %29,52 ve %58.14, verimleri %72,33, %66.16, %75.65 bulunmuştur.

Gum Arabic ile yapılan deneylerde yüksek konsantrasyonlarda tenör ve verimdeki düşüşler, doğal bir polimer olan polisakkaridin yüzmesi istenen mineralin yüzeyini kaplayarak, kollektör adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır.

Nihai konsatre verim değerleri temizleme flotasyonu artıklarının tekrar zenginleştirilmesiyle artırılabilir.

Genel olarak, hem tenör, hem de verim yönünden iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, kullanılan bastırıcı konsantrasyonun literatürde bu cevherler için ön görülen bastırıcı (örneğin: sodyum silikat) konsantrasyonlarına göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ise ekonomik analizi zorunlu kılmaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] I. Bayraktar ve Y. Altun, "Kompleks Bakır-Çinko-Kurşun Cevherlerinin Özellikleri, Ekonomik Değeri ve Zenginleştirilmesi", *Madencilik Dergisi*, Cilt XXXV, Sayı 1, ss. 11-21, 1996.
- [2] A. Akar ve Y.B. Çevikmen, "Elimination of Depressants in Flotation of Lead-Zinc Sulfides Using Cationic Resin", *Proceedings of the 6th International Mineral Processing Symposium*, Kuşadası, Turkey, Changing Scopes in Mineral Processing, pp. 235-240, 1996.
- [3] H. Mordoğan, "Karadeniz Bölgesi Kompleks Bakırlı Cevherlerden Bazı Metallerin Kazanılmasında Optimum Koşulların Saptanması", Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakültesi, İzmir, 1985.
- [4] Y. Cebeci, H. Sezenler ve M. Canbazoğlu, "Koyulhisar Cu-Pb-Zn Cevherlerinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi Araştırmaları", VII. Mühendislik Haftası, 1992, Isparta.
- [5] S. Atak, "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması", İstanbul, 1990.
- [6] L. Leja, "Surface Chemistry of Froth Flotation", Plenum Press, New York, 1982.
- [7] N. Arbiter (Section Editor), "Flotation, SME Mineral Processing Handbook", Volume I, Section 5, New York, 1985.
- [8] B.A. Wills, "Mineral Processing Technology", Fourth Edition, 1988.
- [9] J.S. Laskowski, S. Subramanian and G.A. Nyamekya, "Polysaccharides-Emerging Non-Toxic Modifiers for Differential Flotation of Sulphides", XVIII Int. Mineral Processing Congress, Sydney, pp. 593-600, 1993.
- [10] Q. Liu and J.S. Laskowski, "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, 1989.

- [11] J.S. Laskowski, Q. Liu and N.J. Bolin, "Polysaccharides in Flotation of Sulfides. Part I. Adsorption of Polysaccharides onto Mineral Surfaces", *Int. Journal of Mineral Processing*, Vol. 33, pp. 223-234, 1991.
- [12] Q. Liu and J.S. Laskowski, "The Interactions Between Dextrin and Metal Hydroxides in Aqueous Solution", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 130, pp. 101-111, 1989.
- [13] Q. Liu and J.S. Laskowski, "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, 1989.
- [14] A.C. Araujo and G.W. Poling, "The Adsorption of Starch on Apatite", II. Int. Mineral Processing Symposium, 1988, İzmir, Turkey, pp. 427-439.
- [15] J.R. Schnarr, "Brunswick Mining and Smelting Corporation, Milling Practice in Canada", Ed. D.E. Pickett, *CIM Spec.* Vol. 16, pp. 158-161, 1978.
- [16] E. Steenberg and J.P. Harris, "A Study of the Adsorption, Zeta Potential and Dispersion Characteristics of Certain Polymers in Relation to Their Effect on the Floatability of Talc", *S.African J. Chem.*, 97, pp. 85, 1984.
- [17] N.J. Bolin and J.S. Laskowski, "Polysaccharides in Flotation of Sulphides, Part II: Copper/Lead Separation with Dextrin and Sodium Hydroxide", *Int. J. Min. Proc.*, 33, pp. 235-241, 1991.
- [18] V.A. Sentemova, "Increasing the Quality of Magnetite Concentrates by Flotation", *Obogashch Rud*, 21, pp. 5-8, 1976.
- [19] P. Parsonage, D. Melven, A.F. Healevy and D. Watson, "Depressant Function in Flotation of Calcite, Apatite and Dolomite", in *Reagents in The Minerals Industry*, Ed. M.J. Jones and R. Oblatts, pp. 33-40, The Institution of Mining and Metallurgy, 1984.
- [20] A. Rose and E. Rose, "*The Condensed Chemical Dictionary*", Seventh Edition, Reinhold Publishing Co., New York, 1966.
- [21] A.A. Kuvvetli, "Koyulhisar Bakır-Kurşun-Çinko Kompleks Cevherinin Selektif Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 134 s., 1996.
- [22] A. Gökçe ve A. Özgüncülioğlu, "Kurşunlu (Ortakent - Koyulhisar - Sivas) Pb-Cu-Zn Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni", *C.Ü. Müh. Fak. Dergisi, Seri A Yerbilimleri*, Cilt 5, Sayı 1., 1988.