

# Şlam Kaplama Mekanizması

Mustafa TEFEK {\*}

## ÖZET

*Birçok dikkate değer çalışmalara rağmen, flotasyonda şlam kaplamasının nedeni tam olarak anlaşılmamıştır. Bununla birlikte, kolloidal sistemlerdeki floküasyon ve dağıtım olayları elektriki çift tabaka yoluyla açıklanmıştır.*

*Bu yazıda, flotasyonda mineral yüzeylerinin şlamla kaplanmasının aynı yolla açıklanması önerilmiştir. Bu nedenle hematit ve kalsit şlamlarının gibsit yüzeyini kaplama yoğunluğu incelendi ve şlam kaplama yoğunluğunun elektriki çift tabaka ile olan ilişkisi ortaya kondu.*

## ABSTRACT

*In spite of considerable study the nature of slime coatings in flotation is still not completely understood. However, the phenomena that control flocculation and dispersion of colloidal systems are now interpreted in terms of electrical double layers.*

*In this paper, analogous phenomena, has been suggested to be responsible for slime coating on minerals in flotation systems. The formation of hematite and calcite slimes on gibbsite has been investigated and related to properties of the electrical double layer at mineral surfaces.*

## 1. GİRİŞ

Düşük tenörlü cevherlerin flotasyonunda genellikle - 20 mikrondan aşağı boyuttaki mineral parçacıkları şlam olarak kabul edilir. Geniş yüzey alanı oluşturan bu kısım, kollektör adsorbe ederek ve iri boyuttaki mineral parçacıklarının yüzeylerini kaplayarak flotasyonu olumsuz yönde etkilemeleri nedeniyle İşlem öncesi atılır.

Birçok önerilerin var olmasına rağmen şlam kaplama olayının mekanizması tam bir açıklığa kavuşa-

mamıştır. İnce (1) şlam kaplamasını elektrostatik, Del Giudice (2) ise kimyasal yolla açıklamışlardır. Bankoff'a göre, şlam parçacıklarının yüzey iyonizasyonunun Brown hareketini oluşturması nedeniyle şlam kaplaması engellenir (3). Minerallerin çözünürlüklerine dayanarak verdiği açıklamasında, Del Giudice; kurşun karbonat ve kurşun silikat oluşması nedeniyle, kalsit ve kuvars şlamının galen yüzeyine bağlılığını ileri sürmektedir. Bu görüşe göre kuvars şlamının galen yüzeyini kaplama yoğunluğu ile galen şlamının kuvars yüzeyini kaplama yoğunluğunun aynı olması gerekir. Fakat deneyler, kuvars şlamının galen yüzeyini kaplama yoğunluğunun düşük olmasına rağmen, galen şlamının kuvars yüzeyini kaplama yoğunluğunun yüksek olduğunu göstermektedir. Bankoff'un görü-

(\* ) Dr. Maden Yük. Müh. EDMM Akademisi Maden Bölümü Eskişehir

şünde yer verilen Brown hareketi ise yalnız yüzey iyonizasyonunun derecesini gösterir, fakat iyonik yükün işaretini göstermez. Bu nedenle Bankoff'un şlam mekanizması için getirdiği açıklamanın yeterli ölçüde olmadığı açıktır.

Sun (4) şlam kaplama mekanizması üzerine yaptığı çalışmalar sonucu olarak getirdiği hipoteze göre şlam kaplama, mineral ve şlam parçacıkları yüzeyindeki iyonik yükün işareti ve büyüklüğü ile kontrol edilir. Bu hipotez şlam kaplama mekanizmasının açıklanmasına yardımcı olan ilk basamağı oluşturmaktadır. Fuerstenau ve grubu (5) çalışmalarında şlam kaplama yoğunluğu (miligram şlam/gram mineral) ile flotasyon randımanı ve elektrikli çift tabaka arasında bağlantı kurmuş ve şlam kaplama mekanizmasının elektrikli çift tabaka yardımıyla açıklamaya çalışmışlardır (6). Iwasaki ve grubu çalışmalarında, doğal demir cevheri şamlarının özelliği üzerinde durmuş ve bu ş I amı arın demir flotasyonu üzerinde etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, şlam, kollektör tüketimi ve mineral yüzeylerini kaplama nedeniyle flotasyonu olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada şlam kaplama mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla elektrikli çift tabaka ile şlam kaplama arasındaki bağlantının önemi üzerinde durulmuştur.

## 2. DENEY YÖNTEMİ VE MİNERALLER

Spekülarİt Brezilya hematiti Britanya demir çelik fabrikası (Cardiff) aracılığıyla sağlandı. Kimyasal analiz hematinitin % 99,41 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerdiğini gösterdi.

Guyana gibsite (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O) RFD Parkinson (Doulting, Shepton Mallet, Somerset, ENGLAND) aracılığıyla sağlandı. Numune laboratuvar tipi çeneli kırıcıdan geçirildikten sonra, elle ayıklamaya tabi tutuldu. Daha sonra laboratuvar tibi titreşimli değirmenle Öğütüldü, öğütülmüş numunenin -150 + 150 mikronluk kısmı 55°C'de 0,1 N HCl asitle temizlendi ve damıtık su ile yeterince yıkandıktan sonra 55°C'de kurutuldu. Hallimond tüpü deneyleri ve şlam kaplama yoğunluğunun saptanması için kullanılan bu kısmın kimyasal analizi % 64 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gösterdi. % 39,8 kalsiyum içeren kalsit numunesinin orijini belli değildi.

Hematit ve kalsit şamları bu minerallerin -38 mik-

ronluk kısımlarının efütriyasyonu ile elde edildi. ElütriyatÖrde su akımını ayarlayarak minerallerin -3 mikronluk kısımları şlam olarak hazırlandı.

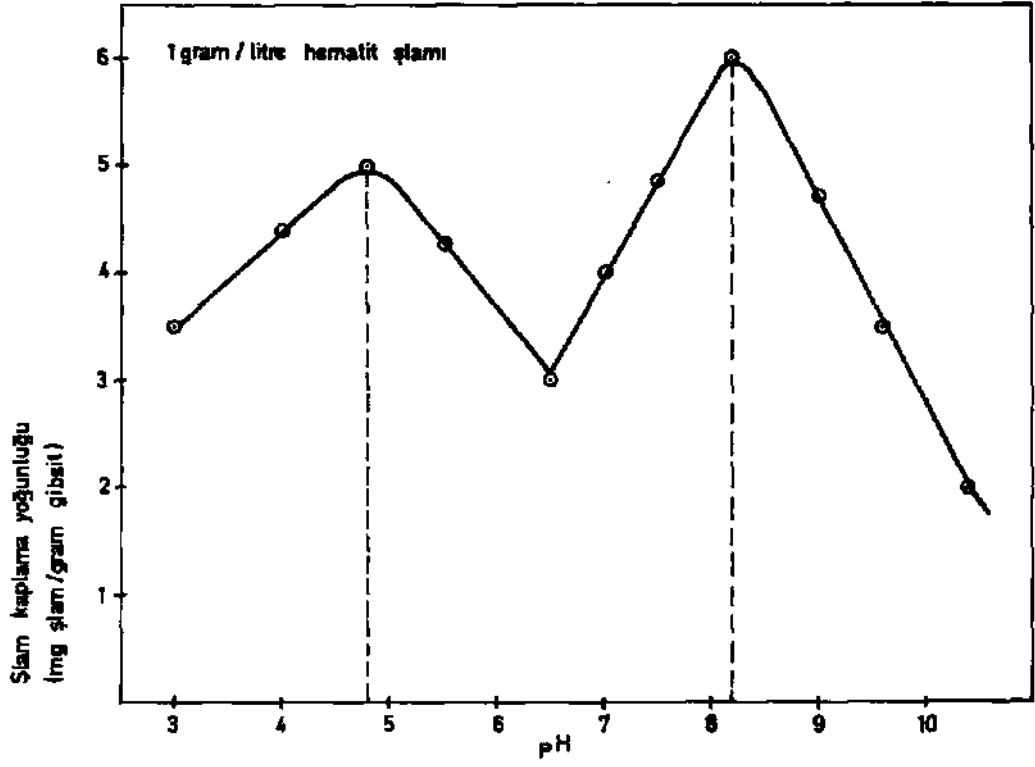
Flotasyon testlerinde kullanılan Hallimond tüpü için hava akımı 30 mi/dakika olarak ayarlandı. Gibsit, 15 dakika verilen pH değerinde kollektör ve şlam içeren 100 mi solüsyon içinde kondisyonlandıktan sonra Hallimond tüpüne kondu. Tüp içinde 3 dakika daha kondisyonlandıktan sonra, hava akımı verilerek yüzdürüldü. Flotasyon zamanı bir dakika olarak alındı. Yüzen kısım tartılarak randıman saptandı. Flotasyon deneylerinde 10<sup>-4</sup> M Sodyum dodesil sülfat kullanıldı. pH ayarlaması HCl veya NaOH ile yapıldı. Bütün deneylerde damıtık su kullanıldı.

Şlam kaplama yoğunluğunun saptanması için, 1 gram gibsit verilen pH de hematit veya kalsit şlamı içeren 100 mi su ile karıştırıldı. İlk deneylerde karıştırmanın şlam kaplama yoğunluğu üzerinde etkisi incelendi. Manyetik karıştırıcı kullanılan deneylerde, karıştırmanın 15 dakikaya kadar şlam kaplama yoğunluğunu artırdığını, daha sonra, yoğunluğun sabit kaldığı görüldü. Bu nedenle bu zaman diğer deneyler içinde geçerli sayıldı. 15 dakika sonra süspansiyon şeklinde kalan şlam m diğer kısmı sedimantasyon ve dekantasyon yardımıyla atıldı. Şlam kaplanmış gibsit HCl asit ile liç edilerek Ca ve Fe analizi yapıldı. Analiz için atomik absorpsiyon cihazı (Corning EELMK 11) kullanıldı.

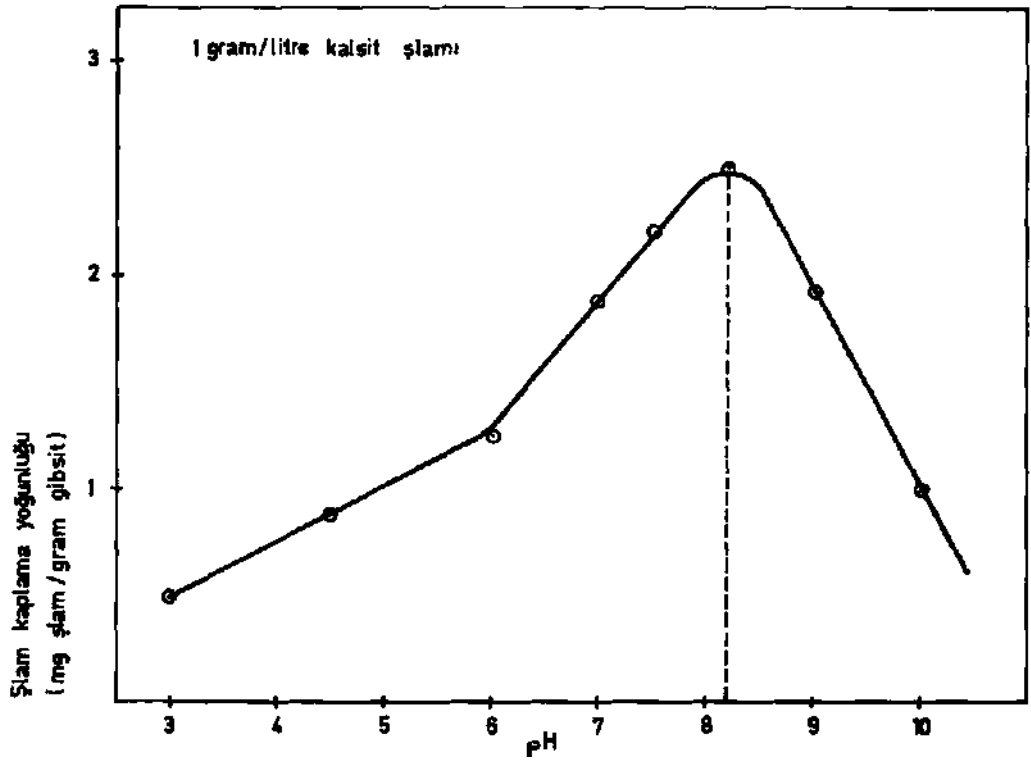
## 3. NETİCELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çeşitli pH değerlerinde, gibsit parçacıkları Üzerindeki hematit şamlarının miktarı Şekil 1'de görülmektedir. Şlam kaplama yoğunluğu pH 4,8 ve 8,2 değerlerinde, iki maksimum değer göstermektedir, ki bu pH değerlerinde hematit ve gibsit yüzeyindeki elektrikli yük sıfır olmaktadır (7) (Zero point of charge). Bu davranış Hogg ve grubunun yaptığı çalışmalarda da izlenmiştir (8). Aynı durum kalsit ve gibsit sisteminde de var olmaktadır (Şekil 2). Görüldüğü gibi, şlam kaplama yoğunluğu, gibsit üzerindeki elektrikli yükün sıfır olduğu pH 8,2 değerinde oluşmaktadır. Kalsit yüzeyindeki yükün de pH 8-9 arasında olduğu rapor edilmiştir (9).

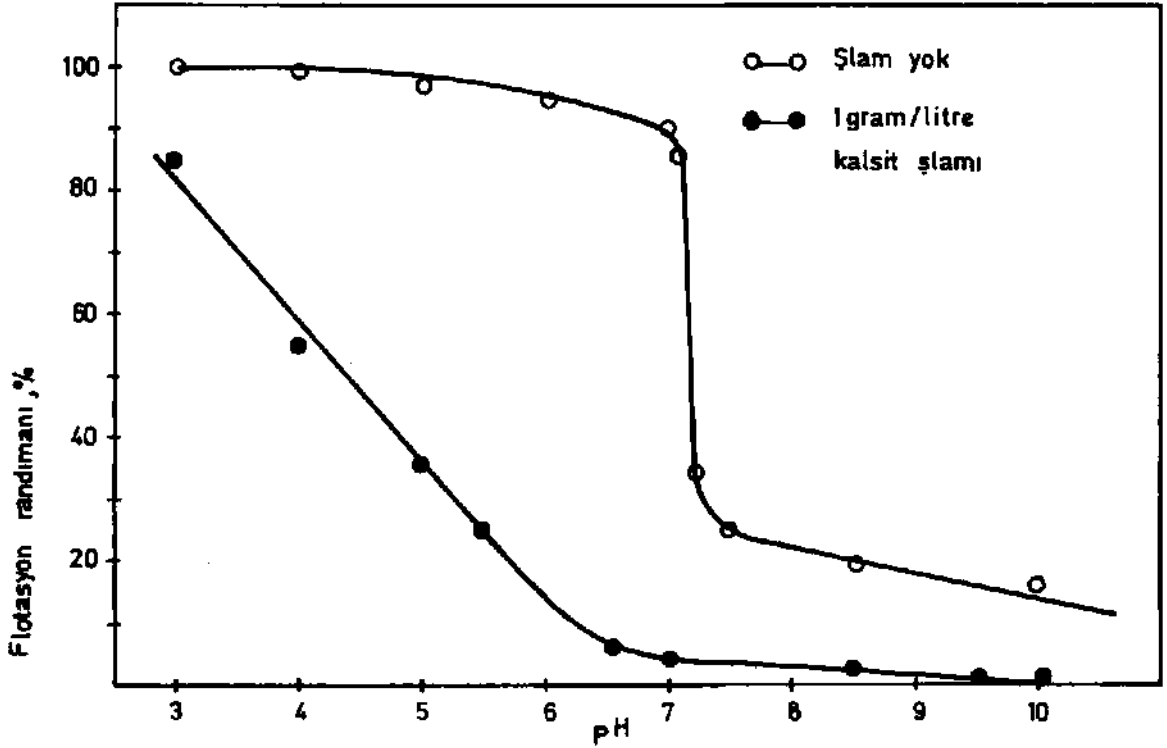
Şekil 3'de gibsit flotasyon randımanı, kalsit şlamının var olup olmaması durumunda pH değerinin



Şekil 1. Hematit şlamının gıcsH yüzeyini kaplama yoğunluğunun asitlik derecesine (pH) göre fonksiyonu



Şekil 2. Kalsit şlamının gıcsit yüzeyini kaplama yoğunluğunun asitlik derecesine (pH) göre fonksiyonu



Şekil 3. Hallimond tüpü ile yapılan gipsit flotasyonunda, randımanın asitlik derecesine (pH) göre fonksiyonu

fonksiyonu olarak gösterilmektedir. Kalsit şlamının olmaması durumundaki randıman, şlam var olması durumunda önemli ölçüde azalmaktadır. Bu azalmanın genellikle pH 7 den sonra artması şlam kaplama nedeniyle (Şekil 2) olduğu söylenebilir. Solüsyondaki sodyum dodesil sülfat kalorimetrik yöntemle analiz edildiği zaman, kalsit şlamının dikkate değer bir adsorbsiyon göstermediği izlenmiştir. Bu durumda kalsit şlamının kollektör tüketiminden ziyade gipsit yüzeyini kaplayarak flotasyonu olumsuz yönde etkilemesi ağırlık kazanmaktadır. Bu görüş literatürde belirtilen birçok çalışmalarla uyum sağlamaktadır (5, 8).

Şlam parçacıklarını ve mineral tanelerini saran elektriki çift tabaka şlam kaplamasının nedeni olmalıdır. Elektriki çift tabaka sıvı fazın iyon ve dipol moleküller içerdiği durumlarda katı-sıvı ara yü-

zeyinde oluşur. Solüsyondaki iyonların katı yüzeyinde adsorbsiyon, mineral parçacığı çevresinde, minerale sıkıca bağlanan bir tabaka oluşturur. Bu iyonlara göre zıt yük taşıyan diğer iyonlar ise yine bir tabaka (difüzyon tabakası) oluşturarak sistemin elektriki olarak nötrleşmesini sağlarlar. Bu iki tabakayı ayıran tabaka ise stern tabakası olarak adlandırılır.

Elektriki çift tabakanın karakteri birçok katı-sıvı sistemler için çok önemlidir. Eşit yük taşıyan parçacıkların karşılıklı itişmesi Derjaguin ve Landau (10), Verwey ve Overbeek (11) tarafından oluşturulan kolloid dengeli DLVO teorisinin temelini oluşturur.

DLVO teorisine göre, elektriki çift tabakadaki iyonlar nokta yüküdür ve dış tabakaların birbirleriyle

le olan ilişkisi mineral parçacığının davranışını ortaya koyar. Süspansiyondaki parçacıkların itici potansiyel enerjisi süspansiyonun dengeliliğini sağlar. Birbirine benzemeyen iyonik atmosferlerin iç içe girişimi karşılıklı kümeleşmeyi oluşturur. Süspansiyondaki bir yüzey kuvvetlice yüklenmiş ve diğer bir yüzey sifra yakın bir yük taşıyorsa, sistem karşılıklı kümeleşmeye hazırdır (12). Birbirine benzemeyen parça sisteminde karşılıklı kümeleşme elektrolitik solüsyonun sulandırılması ile başlatılabilir.

Stern tabakasındaki potansiyel (zeta potansiyel), flokulasyon (salkımlaşma) ve dispersiyon (dağılma) olaylarından sorumludur. Fakat bu potansiyel, elektrik! çift tabakaları birbirine temas eden parçacıklar arasındaki uzaklık ile değişir. Bu nedenle flokulasyon durumunda zate potansiyelin ölçülen değeri kesin bir yanıt olmayacaktır. Fakat, şlam kaplaması üzerinde yapılan çalışmalarda, elektrokinetik deneyler mineral yüzeylerindeki elektriki potansiyeli oluşturan iyonların (potential determining ions) tanınmasında ve yükün sıfır olduğu pH değerinin bulunmasında önemli yararlar sağlar. Bu çalışmada kullanılan minerallerin yüzeylerindeki yük, solüsyonun asitlik derecesi (pH) ile kontrol edilmektedir. Gib sit, hematit (7) ve kalsit (9) pH değerinin 8,2, 4,8 ve 8-9 dan büyük olma durumunda negatif yük ve bu pH değerlerinin altında ise pozitif yük taşıyacaklardır. Buna göre şlam kaplama, şlam veya mineral parçacıkları üzerindeki yükün sıfır olduğu durumlarda maksimum olacak; şlam veya mineral parçacıklarının aynı ve zıt yönde yüklü olduğu durumlarda azalacaktır. Şekil 1 bu görüşle güzel bir uyum sağlamaktadır. Görüldüğü gibi şlam kaplama yoğunluğu pH 4,8 ve 8,2 de maksimum olmaktadır. Gibsit-kalsit sisteminde de aynı durum görülmektedir (Şekil 2).

Gibsit üzerindeki yükün sıfır olduğu pH 8,2 değerinde şlam kaplama yoğunluğu maksimum olmaktadır. Fakat gibsit-kalsit sistemindeki şlam kaplama yoğunluğu gibsit-hematit sisteminden daha az değerler vermektedir. Bunun nedeni kalsit ve gibsit in taşıdıkları elektriki yüklerin aşağı yukarı aynı pH değerinde sıfır olmasıdır. Yukarıda açıklandığı gibi yüzeylerinde taşıdıkları yükün sifra yakın değerler alması durumunda parçacıklar arasındaki karşılıklı çekiş azalır.

Şlam kaplama yoğunluğunun elektriki çift tabaka

ile olan bağıntısı bu çalışmada elde edilen niteceksle kanıtlanmıştır. Bu nedenle şlam kaplama mekanizmasının temeli elektriki çift tabaka olmalıdır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Şlam, kollektör tüketiminden ziyade mineral yüzeylerini kaplama nedeniyle flotasyonu olumsuz yönde etkiler.
2. Şlam kaplama yoğunluğu şlam veya mineral parçacıkları üzerindeki elektriki yükün sıfır olduğu durumlarda maksimumdur.
3. Şlam kaplama mekanizması şlam veya mineral parçacıklarını saran elektriki çift tabakanın davranışı ile bağıntılıdır.

#### KAYNAKLAR

1. İnce, C.R. A study of differential flotation. Trans. A.I.M.E. Vol. 87, p. 261 (1930)
2. Del Giudice, G.R.M. A study of slime coating in flotation. Tran. A.I.M.E. Vol. 112, p. 398, (1934)
3. Bankoff, S.G. Experiments with slime coatings in flotation. Trans. A.I.M.E. Vol. 153, p. 473, (1943)
4. Sun, S.C. The mechanism of slime coating. Trans. A.I.M.E. Vol. 153, p. 479, (1943)
5. Fuerstenau, D.W., Guadin, AM., and Miaw, L. Iron oxide slime coatings in flotation. Trans. A.I.M.E. July, p. 792, (1958).
6. Iwasaki, I., Cooke, S.R.B., Harraway, D.H., and Choi, H.S. Iron wash ore slimes-some mineralogical and flotation characteristics. Trans. S.M. E.March, p. 97, (1962)
7. Tefek, M. Studies of the processing of ferruginous bauxite ores. Ph. D. Thesis, Univ. of Wales, Cardiff, (1978)
8. Hogg, R., Healy, T. Wand Fuerstenau, D.W.

- Mutual coagulation of colloidal dispersion  
Trans. Faraday Soc. Vol. 62, p. 1638, (1966)
9. Somasundaran, P. and Agar, G.E. The zero point of charge of Calcite. Journal of colloid and Interface Science, Vol. 24, p. 433, (1967)
10. Derjaguin, B.V., and Landau, L.D. Theory of stability of strongly charged lyophobic sols and the adhesion of strongly charged particles in solution of electrolytes. Zhur. Eksp. Teldin. Fiziki, Vol. 15, p. 663, (1945)
11. Verwey, E.J.W., and Overbeek, J.Th.G. Theory of the stability of lyophobic colloids. Elsevier Pub. Co., Inc., p. 205, New York, (1948)
12. Eilers, H. and Korff, J. The significance of the phenomenon of the electrical charge on the stability of hydrophobic dispersions. Trans. Faraday Soc, Vol. 36, p. 229, (1940)