

FLOTASYON KOLONLARINDA HAVA HOLD-UP'ININ VE HAVA KABARCIKLARI ÇAPININ DEĞİŞİMİNİN TAHMİNİ

PREDICTION OF THE VARIATION OF GAS HOLD-UP AND AIR BUBBLE DIAMETER IN COLUMN FLOTATION

B. OTEYAKA

Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

H. SOTO

Laval University, Dept. Mines & Metallurgy, Québec-CANADA

**ÖZET:** Flotasyon kolonunda arzu edilen verime ulaşmak için uygun kolon boyutunu tahmin eden boyutlandırma modellerinin temel dayanağı, hidrofob bir tanenin yüzebilirlik olasılığının tahminidir. Bu olasılığın hesaplanmasında kullanılan birçok parametre vardır. Bunlardan en önemlileri; sisteme verilen hava kabarcıklarının çapı ve hava tutunum yüzdesidir (hold-up). Bu parametreler sisteme verilen havanın debisine, köpürtücü miktarına ve kolonun uzunluğuna bağlıdır, ilk iki etken sabit tutulsa dahi bu iki parametrenin değeri kolonun uzunluğuna bağlı olarak kolon içindeki hidrostatik basınç farklılığından dolayı değişmektedir. Yapılan teorik ve deneysel çalışmaların sonuçları bu değişiklikleri doğrulamaktadır. Deneysel sonuçlarla teorik sonuçlar arasında iyi bir uyum saptanmıştır.

**ABSTRACT:** In order to be able to obtain the desired efficiency in column flotation, the basis of dimensioning models which predict the appropriate column dimension is the prediction of the floatability probability of an hydrophobic particle. There are a number of parameters which are used in the calculation of this probability. The diameter of the bubbles fed to the system and hold-up are the most important parameters. These parameters depend on the gas rate, quantity of the frother and the length of the column. Even if the former two parameters are kept constant, the values of these two parameters change due to hydrostatic pressure differences depending on the column length. The results of the theoretical and experimental studies support these variations. A close agreement has been observed between theoretical and experimental results.

### 1. GİRİŞ

Flotasyon kolonu, cevher zenginleştirmedeki başarısından dolayı endüstride hızla kullanımı artan standart flotasyon aleti olmuş ve flotasyon kolonuna olan ilgi onun boyutlandırılmasını amaçlayan modellerin giderek geliştirilmesine yol açmıştır. Boyutlandırma modellerinin amacı istenilen verime ulaşmak için uygun kolon uzunluğunu tahmin etmektir.

Tane-hava kabarcığı arasındaki flotasyonun fiziksel mikro olaylarından (karşılaşma, çarpışma, yapışma, vs.) hareket ederek geliştirilen boyutlandırma modellerinin temel dayanağı hidrofob bir parçanın yüzebilirlik olasılığının hesaplanabilmesidir. Bu olasılığın hesaplanmasında birçok parametre kullanılmaktadır (Oteyaka, 1993; Oteyaka ve Soto, 1995). Bu parametrelerden en önemlileri kolon içinde hava tutunum yüzdesi (hold-up) ve sisteme verilen hava kabarcıklarının çapıdır. Hava tutunum yüzdesi, flotasyon prosesi esnasında

kolon içinde bulunan hava hacminin toplam kolon hacmine oranıdır. Bu parametre hidrofob tane-hava kabarcığı karşılaşma olasılığının hesaplanmasında kullanılan önemli bir parametredir (Oteyaka ve Soto, 1995). Bilindiği gibi, kabarcık çapının da tane-kabarcık çarpışma olasılığı ve yapışan tanenin stabilitesi üzerine etkisi vardır.

Kabarcıkların çapı ve hava tutunum yüzdesi sisteme verilen hava debisine, köpürtücü miktarına ve kolon uzunluğuna bağlıdır. Boyutlandırma modelleri yapılırken genellikle kolon uzunluğuna bağlı olarak bu iki parametre değerinin değişimi dikkate alınmamaktadır. Küçük boyutlu kolonlarda (<3-4 m) bu durum önemsizdir. Buna karşılık uzun kolonlarda (>3-4 m) bu iki parametrenin değişimi dikkate alınmalıdır. Aksi halde yanlış sonuçlar elde edilebilir (Oteyaka, 1993).

Uzun bir flotasyon kolonunda hidrostatik basınç farklılığı nedeniyle kabarcıkların çam ve hava tutunum yüzdesi, kolonun alt bölümünden üste doğru artar. Hidrostatik basınç azalmasından dolayı sonuçta

hidrofob parçacığın yüzebilirlik olasılığı kolon boyunca değişir. Kısacası, yüzebilirlik olasılığı sabit bir değer olarak kabul edilemez.

Bu çalışmada, hava kabarcıklarının çapının ve hava tutunum yüzdesinin değişimini kolon uzunluğunun bir fonksiyonu olarak tahmin eden teorik bağıntılar önerilmiş ve yapılan deneysel çalışmaların teorik sonuçlarla karşılaştırılması sunulmuştur.

## 2. HESAPLAMA MODELİ

Su ile dolu bir kolonda basıncın kolonun alt bölümünden üst bölümüne doğru azalacağı hidrostatik prensiplere göre bilinen bir olgudur. Bu, kolon içindeki hava kabarcıkları üzerine etki eden basıncın kolonun alt bölümünden üst bölümüne doğru azalması ve hava hacminin artması demektir. Sonuçta kabarcık çapı ve hava tutunum yüzdesi artar. Uzun bir kolonda bu iki parametrenin değişimi, metre su cinsinden atmosferik basıncın değişimi yardımıyla hesaplanabilir.

Su+hava ile dolu bir kolonda kot farkı olan iki noktayı (A,B) düşünürsek (şekil 1) bu iki nokta arasındaki atmosferik basınç (msu) farkı ( $\Delta p$ ) :

$$\Delta p = \frac{L_B - L_A}{10.33} - \frac{L_B}{10.33} \epsilon_B + \frac{L_A}{10.33} \epsilon_A \quad (0)$$

burada:

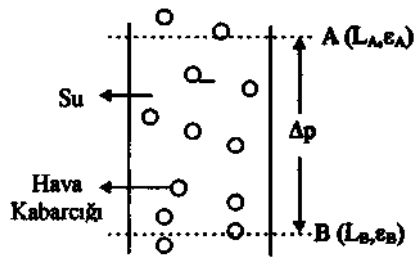
$L_A$  : A noktasının kotu (m)

$L_B$  : B noktasının kotu (m)

$\epsilon_A$  : A noktasındaki hava tutunum yüzdesi (tahmin edilecek)

$\epsilon_B$  : B noktasındaki ölçülen hava tutunum yüzdesi

10.33 : Atmosferik basınç (msu).



Şekil 1 Kolon Kesiti

A ve B noktaları arasındaki basınç farkından dolayı A noktasındaki hava tutunum yüzdesi  $\epsilon_A$  kadar artar. B noktasında ölçülen hava tutunum yüzdesinden yararlanarak A noktasındaki hava tutunum yüzdesi ( $\epsilon_A$ ) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır:

$$\epsilon_A = \epsilon_B + \Delta p \cdot \epsilon_B \quad (2)$$

Bağıntı (1) ve (2) den  $\epsilon_A$  :

$$\epsilon_A = \frac{\epsilon_B (10.33 + \Delta L_{AB} - L_B \cdot \epsilon_B)}{10.33 - L_A \cdot \epsilon_B} \quad (3)$$

Şekil 1'de gösterildiği gibi A ve B noktalarındaki hava kabarcıklarının çapı hidrostatik basınç farkından dolayı farklıdır. B noktasında ölçülen hava kabarcığı çapı yardımıyla kabarcığın A noktasına çıktığındaki çapı teorik olarak hesaplanabilir. B noktasında ölçülen hava kabarcığının hacmi ( $V_B$ ) A noktasında  $\Delta p V_A$  kadar artar. Bu durumda A noktasında, havanın hacmi ( $V_A$ )

$$V_A = V_B + \Delta p \cdot V_B \quad \text{olur.} \quad (4)$$

(4) nolu bağıntıyı kabarcık çapı cinsinden yeniden düzenlersek A noktasında hava kabarcığının çapı ( $d_A$ ) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir :

$$d_A = d_B \sqrt[3]{\frac{10.33 + \Delta L_{AB} - L_B \epsilon_B + L_A \epsilon_A}{10.33}} \quad (5)$$

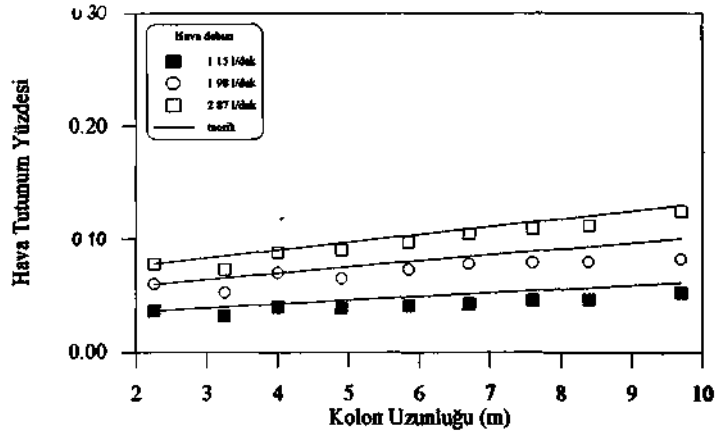
burada:

$d_B$  : Hava kabarcığının B noktasında ölçülen çapı

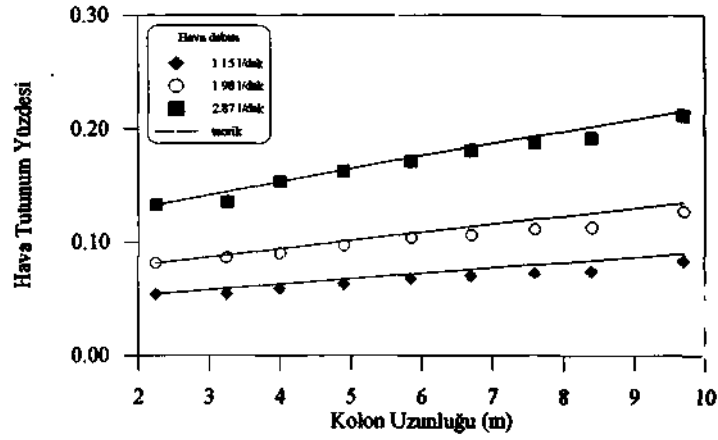
Bağıntı (3) ve (5) kullanılarak hesaplanan teorik hava tutunum yüzdelikleri ve hava kabarcık çapları şekil 2,3,4 ve tablo 1 'de sunulmuştur.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

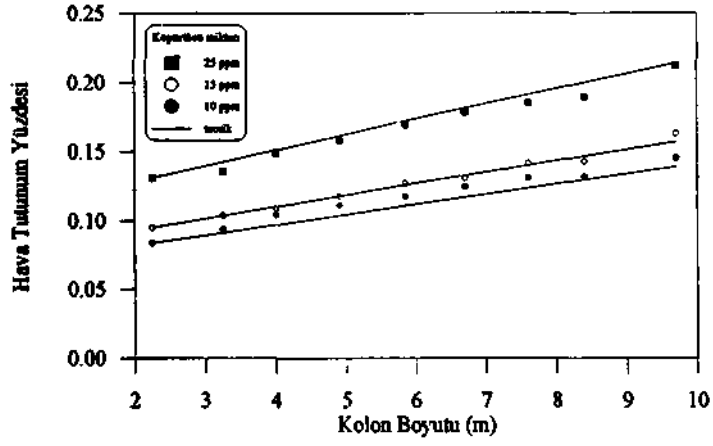
Kolon yüksekliğinin fonksiyonu olarak kabarcıkların çapının ve hava tutunum yüzdesinin değişimlerini ölçmek için 10.5 m yüksekliğe ve 5.7 cm çapa sahip bir flotasyon kolonunda bir seri deneyler yapıldı. Kolonda hidrostatik basınç ölçmek için kolonun farklı seviyelerine yerleştirilmiş 9 adet basit plastik tüplerden yapılmış manometreler kullanıldı.



Şekil 2. Kolon uzunluğunun ve hava debisinin fonksiyonu olarak hava tutulum yüzdesinin değişimi (köpürtücü : 5 ppm)



Şekil 3. Kolon uzunluğunun ve hava debisinin fonksiyonu olarak hava tutulum yüzdesinin değişimi (Köpürtücü : 25 ppm)



Şekil 4. Kolon uzunluğunun ve köpürtücü miktarının fonksiyonu olarak hava tutunum yüzdesinin değişimi (Hava debisi: 2.871/dak)

Tablo 1. Hava kabarcıklarının çapının teonk ve deneysel değişimi

Köpürtücü miktarı (ppm)	Hava debisi (l/dak)	Kolon seviyesi (m)	da deneysel (mm)	d <sub>b</sub> * teonk (mm)
5	1.15	1	14	14
		4	17	16
		8	18	17
5	198	1	16	16
		4	22	18
		8	23	19

\* Bağntı (5) ile hesaplanmıştır

Yapılan bu deneyler için

- AF 65 köpürtücüsü (s ıle 15 ppm) kullanıldı, basınç farkı metodu ile hava tutunum yüzdesi ölçüldü,
- hava kabarcıklarının çapı, kolonun farklı üç seviyesinde ışık absorpsiyon (faisceau Laser) ve fotoğraf yöntemiyle ölçüldü.

Kolon yüksekliğinin, köpürtücü miktarının ve hava debisinin bir fonksiyonu olarak hava tutunum yüzdesinin değişimi üzerine elde edilen sonuçlar şekil 2,3 ve 4'de görülmektedir. Kolon yüksekliğinin ve hava debisinin bir fonksiyonu olarak kabarcık çapının değişimi tablo 1 'de verilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen deneysel ve teorik sonuçlara göre :

- Uzun bir kolonda hava tutunum yüzdesi kolonun üstüne doğru kolon yüksekliğine, köpürtücü miktarına ve hava debisinin artışına oranlı olarak artmaktadır (şekil 2,3 ve 4).
- Köpürtücü miktarının artışı hava kabarcıklarının çapını azaltmakta ve sonuçta hava kabarcıklarının çapının azalması kabarcıkların kolon içinde kalma sürelerini artırmaktadır. Bu olay kolon içinde hava tutunum yüzdesinin artışına neden olmaktadır.
- Hava debisinin artışı türbülans ve hava tutunum yüzdesini artırmakta, türbülans artışı bazı kabarcıkların çarpışıp birleşmesine neden olmakta ve sonuçta kabarcıkların çapı artmaktadır (düşük miktarda köpürtücü kullanımında).
- Kolonun üst kısmına doğru basıncın azalması ve bazı kabarcıkların birleşmesi nedeni ile hava kabarcıklarının çapı artmaktadır (tablo 1).
- Deneysel sonuçlar ile teorik sonuçlar arasında iyi bir uyum görülmektedir. Bu durumda hava tutunum yüzdesinin hesaplanması için bağıntı (3) ve kabarcıklar çapının hesaplanması için bağıntı (5) güvenle kullanılır.

Sonuç olarak; bir hidrofob parçacığın yüzebilirlik olasılığını etkileyen hava tutunum yüzdesinin ve kabarcık çapının değişimi, uzun kolonların boyutlandırılmasında dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir.

#### KAYNAKLAR

- Öteyaka, B., 1993, *İri Taneli Parçacıklar için Köpük Zonsuz Bir Flotasyon Kolonunun Mode İlenmesi*, Doktora Tezi, Laval Üniversitesi, Québec, Kanada.
- Öteyaka, B. ve Soto, H., 1995. *Modelling of Negative Bias Column for Coarse Particles Flotation*, Minerals Engineering, Vol.8, 91-100.

