

İkili (Hava/Su) ve Üçlü (Hava/Su/Mineral) Faz Sistemlerinde Hava Tutunumu (ϵ_g), Yüzeysel Hava Akış Hızı (V_h) ve Köpürtücü Miktarının Kolon Flotasyonunda Performansa Etkisi

H. KURŞUN

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

Özet: Bu çalışmada, hava tutunumu (air hold-up), yüzeysel hava akış hızı (superficial air flow rate), köpürtücü miktarı ve kabarcık üretici gözenekliliğinin kolon flotasyonu ile zenginleştirmede önemli parametreler olduğu gözlenmiştir. İkili (hava/su) ve üçlü faz sistemlerinde (hava/su/mineral) yapılan deney sonuçları, bu parametrelerin birbirlerini doğrudan etkilediği, kabarcık çapı ve zenginleştirme verimi üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ölçümlerle belirlenmiştir. Yüzeysel hava akış hızının ve köpürtücü miktarının artması ile sistemde hava tutunumu artmakta kabarcık çapı küçülmektedir. Köpürtücü miktarının artması ile iri ve ince kabarcık üreticilerinin her ikisinde de ortalama kabarcık çaplarının azaldığı belirlenmiştir. Kabarcık çapları (ikili faz sisteminde), video kamera ile görüntüledikten sonra çeşitli çizim programları ile boyutlandırılıp ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kolon Flotasyonu, Hava Tutunumu, Yüzeysel Hava Akış Hızı, Köpürtücü, Kabarcık Üretici Gözenekliliği

The Effect Of Air Hold-Up (ϵ_g), Superficial Air Flow Rate (V_h) and Frother Dosage in Two-Phase (Air/Water) and Three-Phase System (Air/Water/Minerals) On The Performance Of Column Flotation

Abstract: In this study, it was observed that air hold-up, superficial air flow rate, frother concentration and porosity of bubble sparger were significant parameters for concentrating by column flotation. The experiments carried out by two-phase (air/water) and three-phase (air/water/mineral) systems indicated that these parameters directly affected each other and had important effect on bubble diameter and recovery. Unlike the bubble diameter, air hold-up in the system was increased. It has been also determined that, the average bubble diameter was decreased in both coarse and fine spargers when the frother dosage was increased. Bubble diameters for two-phase system were measured by various drawing programs after visual image by a video camera.

Key Words: Column Flotation, Air Hold-up, Superficial Air Flow Rate, Frother, Bubble Sparger Porosity

Giriş

Kolon flotasyonunda kabarcık çapı ve dağılımı performansı etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Kabarcık çapının büyümesi, hava tutunumu miktarını artırmakta bunun sonucunda, kolon flotasyonunda çalışma koşulları bozulmaktadır. Kolon flotasyonunun çalıştığı kabarcıklı akış koşulunda (bubbly flow), kabarcığın genellikle 2 mm altında olduğu durumlarda en iyi sonuçlar elde edilmektedir. Kabarcık çapını kontrol etmek için yüzeysel hava akış

hızı, sıvı miktarı, katı oranı ve kabarcık üretici yüzey alanı üzerinde belirli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Kabarcık üretici ve köpürtücü miktarının kolon flotasyonunda hava tutunumuna etkisi oldukça önemlidir (Finch ve Dobby, 1990; Arizmendi-Morquero ve diğ., 2002). Yüzeysel hava akış hızının ve köpürtücü miktarının artması kolondaki hava tutunumunu artırmaktadır. Köpürtücü miktarının artması, kabarcık çapının küçülmesine neden olacağından kolondaki

kabarcık miktarı da artacaktır. Bunun sonucunda da kabarcık yükselme hızı azalacaktır. Finch ve Dobby (1990)'da yaptıkları çalışmada, kabarcık çapının azalması ile tanelerin flotasyon hız sabitlerinin arttığını deneysel olarak kanıtlamışlar, özellikle de iri tane büyüklüklerinde flotasyon hız sabitinde önemli artış sağlanırken, ince tane büyüklüklerinde ($<5 \mu\text{m}$) kabarcık çapının azalmasının flotasyon hız sabitine önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

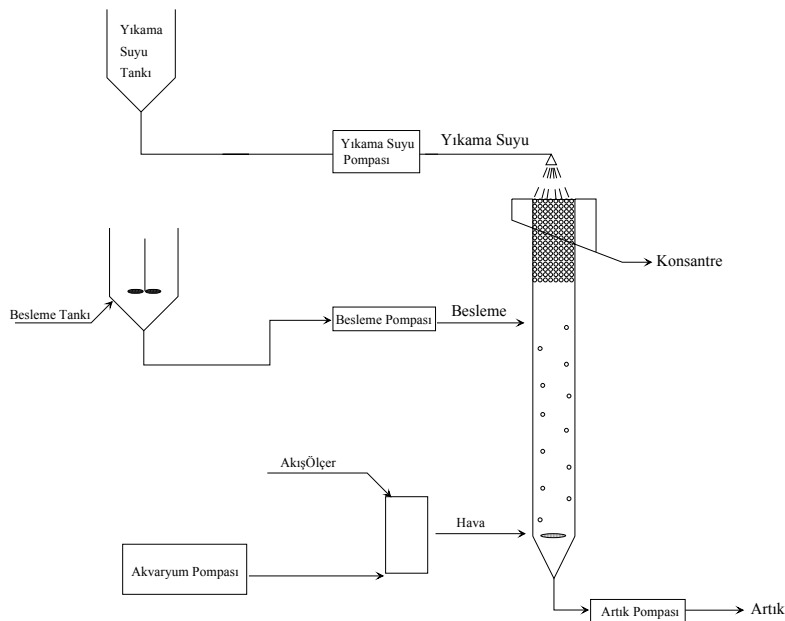
Günümüzde ki araştırmacılar, iki iletken hücre ile, iki fazlı sistemde elektrik iletkenliğinden yararlanarak, on-line ölçüm metodlarına alternatif olan yeni hava tutunumu ölçüm metodları geliştirmişlerdir (Arizmendi-Morquecho ve diğ., 2002). Kabarcık çapını belirlemek için yapılan yeni bir çalışmada modern teknikler geliştirilmiş, görsel ve on-line teknikleri kullanarak oldukça basit bir yaklaşımla flotasyon makinalarında kabarcık çaplarını pülpte (katı-sıvı-kabarcık) ölçmenin mümkün olabileceğini göstermişlerdir (Chen ve diğ., 2001; Grau ve Heiskanen, 2002).

Bu çalışmada, hava tutunumu (ϵ_g), yüzeysel hava akış hızı (V_h), köpürtücü miktarı ve kabarcık üretici gözenekliliğinin ikili ve üçlü faz sistemlerinde kolon performansı üzerine yaptığı etki incelenmiştir. Aynı zamanda bu parametreler arasındaki değişim doğrudan verim-seçimlilik arasındaki ilişkiye yansımıştır. Yüzeysel hava akış hızının ve köpürtücü miktarının artması ile kabarcık çapı küçülmekte, kabarcıkların yükselme miktarları azalmakta, verim artarken seçimlilik azalmaktadır (Finch ve Dobby, 1990; Ramadan ve diğ., 1997,1998; Tavera ve diğ., 2001; Kurşun, 2003).

Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda kullanılan talk, karbonatlı talk olup esas olarak talk, kalsit, dolomit ve eser miktarlarda bakır mineralleri (küpşit, nabit Cu, tenörit) içermektedir. Mikroskop altında tane sayımı yöntemi ile serbestleşme derecesi belirlenmiş ve en iyi serbestleşme tane büyüklüğü $-106 \mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan numune %56.55 SiO_2 , % 28.55 MgO , % 2.76 CaO içermektedir. Flotasyon kolonu 75 cm yüksekliğinde 5×5 cm kesitindedir. Kolon bir şase üzerine monte edilmiş üstte üniversal (suyu homojen olarak kolon yüzeyinin her noktasına dağıtan bir sistem) düş başlığı ile yıkama sistemi sağlanmıştır. Besleme ve artık çıkışı peristaltik pompalarla yapılmıştır. Bir pompa yardımıyla sifon içerisinden alınan su hortumla kolon yüzeyine yüzeysel yıkama suyu olarak iletilmektedir.

Kolon yüzeyine verilen yüzeysel yıkama suyu düş sistemi ile çalışmaktadır. Kabarcık üretici olarak farklı kabarcık çaplarında hava üreten hava taşları ve maksimum >0.012 Mpa basınçta bir pompa kullanılmıştır. Kolona verilen hava, farklı hava hızlarında hava akış ölçer yardımıyla ayarlanmıştır. Şekil 1'de deneysel çalışmalarda kullanılan kolon flotasyonu deney düzeneği verilmektedir. Bütün deneylerde çalışılan parametreler için ağırlık verimi ve tenör kriteri olarak alınmıştır. Grafiklerde gösterilen her bir nokta tekrarlanan üç deneyin ortalama değeri olarak verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kolon flotasyonu deney düzeneği

Deneyel Çalışmalar

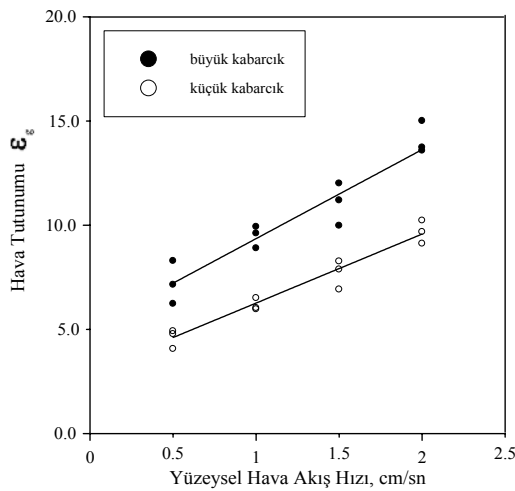
İkili Faz Sisteminde Hava Tutunumunun Belirlenmesi (ϵ_g)

Hava miktarı ve hava tutunumu toplama bölgesinin hidrodinamik koşullarını belirlemede önemli bir etkidir. İkili faz sisteminde, köpürtücü miktarı, kabarcık üretici gözenekliliği, yüzeysel hava akış hızı ve kabarcık çapının hava tutunumuna etkisi oldukça büyüktür. Şekil 2'de hava tutunumu belirlenmek için, kolon gövdesinin iki farklı noktasına manometreler yerleştirilerek basınç noktaları arasındaki mesafe farkı ölçülmüştür (ϵ_g : $\Delta h/\Delta L$). Bu yöntem uygulamada kolaylıkla kullanılan, basit bir yöntemdir (Finch ve Dobby, 1990).

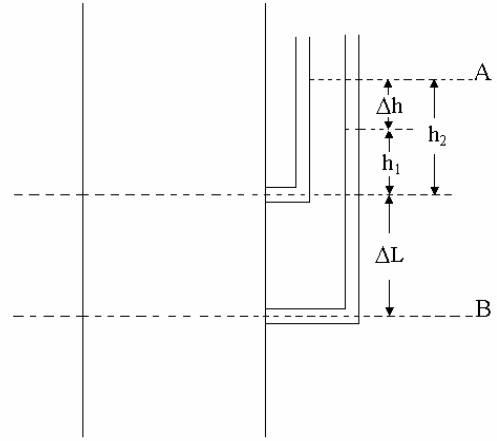
İkili faz sistemde (su/hava) farklı gözenek çaplarında, kabarcık üreticileri kullanmak suretiyle yüzeysel hava akış hızına bağlı olarak, hava tutunumundaki değişim Şekil 3' de görülmektedir. Köpürtücü olarak MIBC (Metil Isobutyl Carbinol) kullanılmış ve 30 ppm'de sabit tutulmuş, iri ve ince gözenekli kabarcık üreticileri kullanarak deneyler yapılmıştır. 0.5 cm/sn yüzeysel hava akış hızında iri gözenekli hava üretici ile en düşük hava tutunumuna (ϵ_g : % 4.92) ulaşırken en fazla hava tutunumu da

(ϵ_g : % 15.01) ince gözenekli hava üretici ile 2 cm/sn yüzeysel hava akış hızında elde edilmiştir.

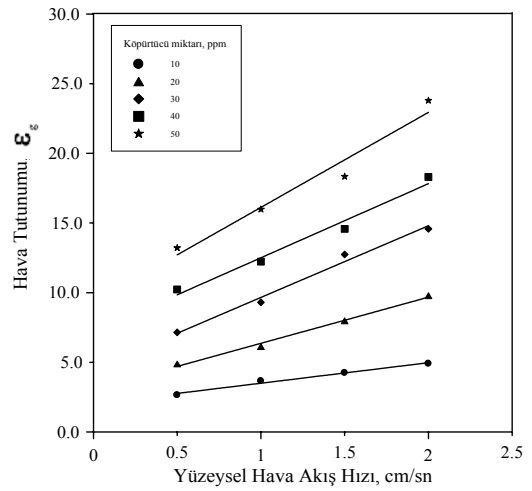
Şekil 4'de ise farklı yüzeysel hava miktarlarında köpürtücü miktarına bağlı olarak hava tutunumu verilmiştir. 0.5 cm/sn yüzeysel hava akış hızında 10 ppm köpürtücü miktarında hava tutunumu %2.65 iken, 2 cm/sn yüzeysel hava akış hızında ve 50 ppm köpürtücü miktarında ise % 23.79 hava tutunumuna ulaşılmıştır.



Şekil 3. İkili faz sisteminde (hava/su) hava tutunumunun yüzeysel hava akış hızı ve kabarcık üretici gözenekliliğine bağlı değişimi (30 ppm MIBC)



Şekil 2. Farklı basınçlarda hava tutunumu ölçümü; manometrik su kullanılarak



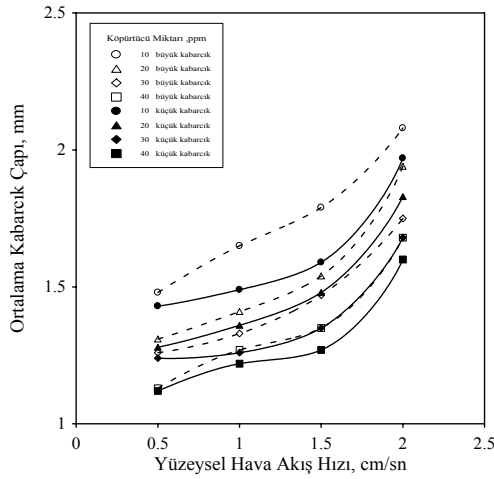
Şekil 4. İkili faz sisteminde (hava/su) hava tutunumunun, farklı yüzeysel hava akış hızlarında köpürtücü miktarlarına bağlı değişimi

Kabarcık üretici gözenek çapının büyümesi, birim yüzeydeki delik sayısını azaltacağından kolondaki hava tutunumunda azalmaya neden olmaktadır. Köpürtücü miktarının ve yüzeysel hava akış hızının artması ile de hava tutunumu artmaktadır.

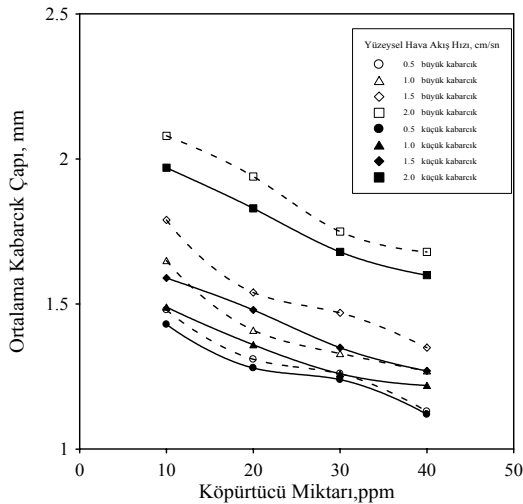
İkili Faz Sisteminde Ortalama Kabarcık Çapının ve Ortalama Kabarcık Sayısının Belirlenmesi

Kolon flotasyonunda kabarcık çapı ve sayısı performans üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Video kamera sistemi yardımıyla bilgisayar ekranına kayıt edilen görüntülerin ölçüm sonuçları Şekil 5 ve Şekil 6'da ki değerlerin elde edilmesini sağlamıştır. Yüzeysel hava akış hızının artması, ortalama kabarcık çapında artmayı sağlarken, köpürtücü miktarındaki artma, ortalama kabarcık çapında azalmaya neden olmuştur. Her iki kabarcık üreticinde de yüzeysel hava akış hızının artması ile ortalama kabarcık çapı artmıştır. Köpürtücü miktarının artması ile iri ve ince gözenekli kabarcık üreticilerinin her ikisinde de ortalama kabarcık çapının azaldığı görülmüştür. Örneğin, ince gözenekli kabarcık üretici 0.5 cm/sn

yüzeysel hava akış hızında, 10 ppm köpürtücü miktarında ortalama kabarcık çapı 1.43 mm olurken, köpürtücü miktarı 40 ppm' e arttırıldığında kabarcık çapı 1.12 mm' ye düşmektedir. İri gözenekli kabarcık üretici ile yapılan deneylerde 0.5 cm/sn yüzeysel hava akış hızında, 10 ppm köpürtücü miktarında ortalama kabarcık çapı 1.48 mm olurken 40 ppm köpürtücü miktarı kullanıldığında ortalama kabarcık çapı 1.13 mm olmaktadır. 0.5 cm/sn hava miktarlarında iri ve ince gözenekli hava kabarcıkları üreticileri ile yapılan kabarcık çapı ölçümleri birbirine çok yakın değerlerde olmaktadır.



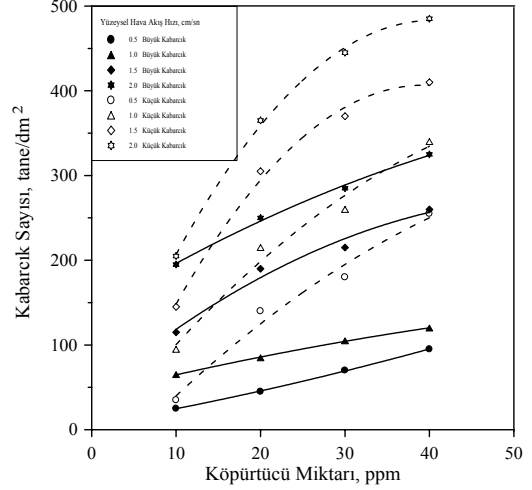
Şekil 5. İkili faz sisteminde değişen köpürtücü miktarı ve kabarcık üretici gözenekliliğine bağlı olarak farklı yüzeysel hava akış hızlarında, video kamera sistemiyle tespit edilen ortalama kabarcık çapı dağılımı



Şekil 6. İkili faz sisteminde (hava/su), değişen yüzeysel hava akış hızı ve kabarcık üretici gözenekliliğine bağlı olarak farklı köpürtücü miktarlarında, video kamera sistemiyle tespit edilen ortalama kabarcık çapı dağılımı

Kabarcık (BK), Yüzeysel Yıkama Suyu Yüksekliği: 2 cm olarak belirlenmiştir.

Kabarcık sayısını belirlemek amacıyla, her bir yüzeysel hava akış hızı ve köpürtücü miktarlarında kabarcık sayımı yapılmıştır. 40 sn görüntülenen kabarcıklar 5' er saniye arayla bilgisayar ekranının da dondurulup, kabarcıklar hep aynı kesit aralığında (4x5 cm) sayılarak ortalama kabarcık sayısı belirlenmiştir. Şekil 7'de köpürtücü miktarına ve yüzeysel hava akış hızına bağlı olarak ortalama kabarcık sayısı grafiği çizilmiştir.



Şekil 7. Köpürtücü miktarı ile kabarcık sayısı/dm² arasındaki ilişki

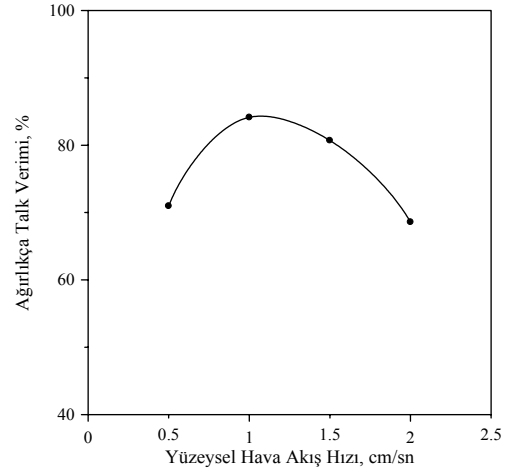
İri ve ince gözenekli kabarcık üretici ile yapılan deneylerde köpürtücü miktarı ve yüzeysel hava akış hızı arttıkça kabarcık sayısı da artmıştır. Ayrıca, iri gözenekli kabarcık üretici ile ince gözenekli kabarcık üreticini karşılaştıracak olursak ince gözenekli kabarcık üreticinde daha fazla sayıda kabarcık elde edilmiştir.

Üçlü Faz Sisteminde Hava Tutunumu, Yüzeysel Hava Akış Hızı, Köpürtücü Miktarı, Kabarcık Çapı, Kabarcık Üreticinin Türünün Kolon Flotasyonunda Zenginleştirmeye Etkisi

Kolon flotasyonunda hava tutunumu, yüzeysel hava hızı, köpürtücü miktarı, kabarcık çapı ve kabarcık üreticinin tipinin zenginleştirmeyi önemli ölçüde etkilediği, aynı zamanda bu parametrelerin birbiriyle ilişkisinin ne kadar önemli olduğu üçlü faz sisteminde yapılan deneyler sonucunda görülmüştür. Üçlü faz sisteminde ki deney koşulları; Kolon Yüksekliği: 75(5x5) cm, Besleme Miktarı: 600 cm³/dak., Besleme Katı İçeriği: %30, pH: 6.5, Artık Akış Hızı: 614.5 cm³/min., Yüzeysel Hava Akış Hızı: 1 cm/sn, Bias Miktarı: 14.5 cm³/dak., Toplayıcı Türü ve Miktarı: Aero 825 - 300 g/ton, Bastırıcı Türü ve Miktarı: Na₂SiO₃ - 100 g/ton, Köpürtücü Türü ve Miktarı: MIBC (Metil Isobutil Carbinol)-100 g/ton, Köpük Kalınlığı: 1.5-2.5 cm, Yüzeysel Yıkama Suyu Hızı: 150 cm³/dak., Tane Büyüklüğü: -106µm, Şartlandırma Süresi: 5 dakika, Kabarcık Üretici Gözenekliliği: Büyük

Kolon flotasyonunda en önemli parametrelerden biri olan yüzeysel hava akış hızının artması kolon içerisindeki hava tutunumunu (air hold-up) ve

konsantreden alınan katı miktarında arttırmaktadır. Fakat belirli bir hava hızı değeri aşıldığında kolonda kabarcıklı akış koşulları (bubbly flow) bozularak büyük kabarcıkların meydana getirdiği türbülanslı akış koşulları (churn-turbulent flow) oluşmaktadır. Şekil 8’ de yüzeysel hava akış hızı ile ağırlıkça konsantre (talk) verimi arasındaki ilişki verilmiştir. Her bir yüzeysel hava akış hızındaki analiz değerlerine bakıldığında 1 cm/sn yüzeysel hava akış hızından sonra seçiciliğinde azaldığı Tablo 1’de görülmektedir.

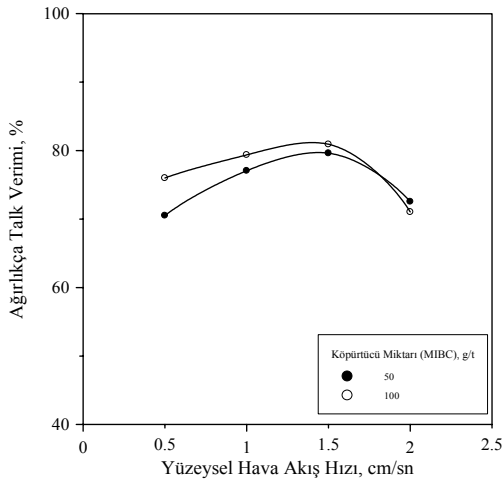


Şekil 8. Yüzeysel hava akış hızı ile ağırlıkça verim arasındaki ilişki(100g/ton MIBC)

Tablo 1. Yüzeysel hava akış hızının etkisini gösteren analiz sonuçları

Yüzeysel Hava Akış Hızı (cm/sn)	Ürünler	SiO ₂ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	Kızdırm a Kaybı (%)
0.5	Konsantre	53.99	27.81	1.02	0.75	0.77	0.01	<0.01	0.022	<0.01	7.24
	Artık	54.25	28.23	8.98	1.12	0.75	0.01	<0.01	0.031	<0.01	7.75
1	Konsantre	57.53	30.01	0.75	1.91	0.74	0.01	<0.01	0.024	<0.01	7.26
	Artık	53.24	23.32	9.05	0.78	0.80	0.01	<0.01	0.031	<0.01	7.88
1.5	Konsantre	57.48	29.93	0.94	1.88	0.74	0.01	<0.01	0.025	<0.01	7.22
	Artık	53.33	23.99	8.79	0.94	0.81	0.01	<0.01	0.033	<0.01	7.86
2.0	Konsantre	54.61	26.24	1.13	0.98	0.84	0.01	<0.01	0.028	<0.01	7.25
	Artık	56.26	24.66	9.12	1.11	0.81	0.01	<0.01	0.030	<0.01	7.21
	Besleme Malı	56.55	28.55	2.76	1.11	0.71	0.01	<0.01	0.023	<0.01	7.60

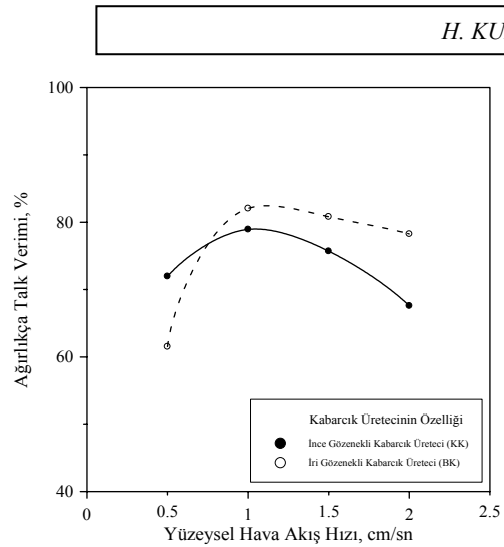
Köpürtücü miktarının yüzeysel hava akış hızı değişimine bağlı olarak ağırlıkça verim grafiği Şekil 9’da verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi konsantrede ağırlıkça en yüksek talk verim değeri 100 g/t MIBC kullanıldığında elde edilmektedir. Analiz değerlendirmeleri yapıldığında 100g/t MIBC kullanılması durumunda en iyi verim ve seçicilik değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 2).



Şekil 9. Farklı köpürtücü miktarlarında yüzeysel hava akış hızı ile ağırlıkça talk verim arasındaki ilişkisi

Hava tutunumu ve hava kabarcığı çapının belirlenmesi deneylerinde ince gözenekli kabarcık üretici ile daha homojen dağılımda kabarcık elde edildiği gözlenmiştir. Ancak yüzeysel hava akış hızının artması kabarcık çapının büyümesine neden olmaktadır. Kabarcık çapı, köpürtücü miktarının azalması ile büyümekte buda kolonda performansı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenledir ki, kolon flotasyonu deneylerinde daha küçük çaplı kabarcıkların elde edildiği en iyi köpürtücü miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Kabarcık üretici gözenekliliğinin iri yada ince olması zenginleştirmeyi doğrudan etkilemektedir. İnce ve iri gözenekli kabarcık üreticileri kullanılması durumunda yüzeysel hava akış hızı ile ağırlıkça talk verimi arasındaki ilişki Şekil 10’da, kimyasal analiz değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Kolon flotasyonunda daha çok ince gözenekli kabarcık üretici tercih edilmesine rağmen deneylerimizde iri gözenekli kabarcık üretici kullanılması durumunda daha iyi verim ve seçicilik elde edilmiştir. Bu durum kolondaki hava tutunumunda artmasına neden olmuştur. Aynı zamanda artan yüzeysel hava hızlarında her iki kabarcık üreticilerinde de 2 mm’den daha küçük kabarcık çapları olduğundan iri gözenekli kabarcık üreticinin seçicilik ve verim

açısından daha optimum değerler sağladığı görülmüştür. Bu nedendir ki, 1 cm/sn yüzeysel hava miktarlarında, iri gözenekli hava üretici ile yapılan deneyler sonucunda en iyi seçimlilik ve verim değerleri elde edilmiştir.



Şekil 10. İnce ve iri gözenekli kabarcık üretici kullanılması durumunda yüzeysel hava akış hızı ile ağırlıkça verim arasındaki ilişki (100 g/ton MIBC)

Tablo 2. Kabarcık üretici tipinin etkisini gösteren analiz sonuçları

Yüzeysel Hava Akış Hızı. Kab.Ürt. Tipi	Ürünler	SiO ₂ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	A.Z. (%)
1 cm/sn Küçük Kabar.	Konsantre	57.55	29.11	0.94	1.69	0.74	0.01	<0.01	0.024	<0.01	7.76
	Artık	52.25	27.21	8.96	0.83	0.80	0.01	<0.01	0.031	<0.01	7.33
1.5 cm/sn Küçük Kabar.	Konsantre	57.59	29.02	0.83	1.58	0.74	0.01	<0.01	0.025	<0.01	7.62
	Artık	53.14	27.66	8.45	0.84	0.81	0.01	<0.01	0.033	<0.01	7.03
1 cm/sn Büyük Kabar.	Konsantre	57.65	30.04	0.82	1.92	0.74	0.01	<0.01	0.024	<0.01	7.64
	Artık	54.32	22.63	9.01	0.79	0.79	0.01	<0.01	0.030	<0.01	7.89
1.5 cm/sn Büyük Kabar.	Konsantre	57.02	29.83	0.84	1.80	0.73	0.01	<0.01	0.023	<0.01	7.57
	Artık	53.41	24.06	9.12	0.71	0.78	0.01	<0.01	0.031	<0.01	7.86
	Besleme Malı	56.55	28.55	2.76	1.11	0.71	0.01	<0.01	0.023	<0.01	7.66

Sonuçlar

Mekanik hücrelerde olduğu gibi köpürtücü miktarı kolon flotasyonunda da benzer etkiyi gösterir. Köpürtücü miktarı kabarcık boyutunu değiştireceğinden performans üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Bu nedendir ki, verimin maksimum olduğu bir köpürtücü miktarı kabul edilmektedir. Genellikle de köpürtücü miktarı ile kabarcık çapı arasında ters bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Goodal ve O'Connor, 1992; Tuteja ve diğ., 1995) Yüzeysel hava akış hızı farklı kesitlerdeki kolonların kıyaslanmasında kullanılan önemli bir parametredir. Yüzeysel hava akış hızı ve kabarcık çapı flotasyon kolonundaki hava tutunumunu belirlemektedir. Kolondaki hava tutunumu, yüzeysel hava akış hızının artışı ile artmaktadır (Finch ve Dobby, 1990; Kurşun, 2003). Ancak belirli bir akış hızı değeri aşıldığında, kolondaki kabarcıklı akış koşulları bozularak büyük kabarcıkların meydana getirdiği türbülanslı akış koşulları oluşmaktadır. Bu durum kolon flotasyonunda arzu edilmez, daha çok kolonlarda kabarcıklı akış koşullarının oluşması istenmektedir. Yüzeysel hava akış hızının performansa etkisi konusunda yapılan çalışmalar genellikle uyum içindedir. Artan yüzeysel hava akış hızı ile verimin maksimum değer verecek şekilde arttığını ve belirli bir noktadan sonra ise azaldığını vurgulamaktadırlar. Tenör ise tam tersi bir eğilim göstermekte, verimin maksimum olduğu bölgede minimum değer almaktadır (Groppo ve Parekh, 1990;

Maksimov ve diğ., 1991; Goodal ve O'Connor, 1992; Groppo ve Parekh, 1993).

Yehia ve Al-Aakeel'in (2000), pH ve köpürtücü miktarının karbonatlı talk cevherinin flotasyona etkisini incelemişler köpürtücü miktarının artması ile %70 verim ve %93.5 saflığa ulaşıldığını göstermişlerdir. Yüzeysel hava akış hızı, hava tutunumu, köpürtücü miktarı ve hava üretici gözenekliliği birbirini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Çalışmalarımızda bu parametrelerin birisinde yapılan değişim doğrudan kolon performansında farklılıklara neden olabileceğini göstermiştir. Yüzeysel hava akış hızının ve köpürtücü miktarının artması ile kabarcık çapı küçülmekte, kabarcıkların yükselme miktarları azalmakta, verim artarken seçimlilik azalmaktadır. Kabarcık üretici gözenekliliği de kolondaki hava tutunumu ve kabarcık çapını etkilemektedir. Köpürtücü miktarının artması ile iri ve ince gözenekli kabarcık üreteçlerinin her ikisinde de ortalama kabarcık çapının azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, ikili ve üçlü faz sistemlerinde hava tutunumu, yüzeysel hava akış hızı, köpürtücü miktarının kolon flotasyonu ile zenginleştirmede birbirini önemli derecede etkileyen parametreler olduğu belirlenmiş ve bu konuda günümüze kadar yapılan çalışmalar ile uyum sağladığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Arizmendi-Morquecho, A.M., Pérez- Garibay, R., Uribe-Salas, A. and Nava-Alonso, F., “On-line Solids Hold-Up Measurement in Mineral Slurries by the Addition Method”, *Minerals Engineering*, Vol.15, (2002), pp: 61-64
- [2] Chen, F., Gomez, C.O. and Finch J.A., “Technical Note Bubble Size Measurement in Flotation Machines”, *Minerals Engineering*, Vol.14, No: 4, (2001), pp: 427-432
- [3] Finch, J.A. and Dobby, G.S., “Column Flotation”, Pergamon Press, Oxford (UK), USA, (1990), pp:180
- [4] Goodal, C.M. and O’Connor, C.T., “Residence Time Distribution Studies in a Flotation Column”, Part 1- The Relationship Between Solids Residence Time Distribution and Metallurgical Performance, *Int. J. Miner. Process.*, Vol.36, pp: 219-228, 1992.
- [5] Grau, R.A. and Heiskanen, K., “Visual Technique for Measuring Bubble Size in Flotation Machines”, *Mineral Engineering*, Vol.15, (2002), pp: 507-513
- [6] Groppo, J.G. and Parekh, B.K., “Continuous Pilot Scale Testing of Column Flotation for Very Fine Coal from Refuse”, *Minerals & Metallurgical Processing*, February, pp: 9-12, 1990.
- [7] Groppo, J.G. and Parekh, B.K., “Comparison of Bubble Generating Devices for Column Flotation of Fine Coal”, *Mining Engineering*, October, pp: 1189-1990, 1993.
- [8] Kurşun, H., “Talkın Kolon Flotasyonu ile Zenginleştirilmesinde Parametrelerin İncelenmesi”, Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 147 syf., 2003.
- [9] Maksimov, I.I.; Borkin,A.D. and Emelyanov, M.F., “The Use of Column Flotation Machines for Cleaning Operations in Concentrating Non-Ferrous Ores”, XVII. International Mineral Processing Congress Dresden /FRG, 1991.
- [10] Ramadan, A.M.; Al Taweel, A.M. and Moharam, M.R., “Effect of Gas Distribution on the Hydrodynamics of Flotation Column”, The 15 th Mining Congress of Turkey/ Ankara, ISBN 975-395-216-3, 1997.
- [11] Ramadan, A.M.; Saleh, A.M. and Moharam, M.R., “Parameters Affecting Hydrodynamics of Conventional Flotation Cell”, Proceedings of the Int.Min. Processing Symp., İstanbul/Turkey , pp: 241-244, 1998.
- [12] Tavera, F.J.; Escudero, R. and Finch, J.A., “Gas Holdup in Flotation Columns: Laboratory Measurements. *Int. J. Miner. Process.*, Vol.61, pp: 23-40, 2001.
- [13] Tuteja, R.K.; Spottiswood, D.J. and Misra, V.N., “Recent Progress in the Understanding of Column Flotation-A Review”, The AusIMM Proceedings, No.2, pp: 25-31, 1995.
- [14] Yehia, A. and Al-Wakeel, M.I., “Technical Note Talc Separation from Talc-Carbonate Ore to be Suitable for Different Industrial Applications” *Minerals Engineering*, Vol. 13, No.1, pp: 111-116, 2000.