

Özet Genel olarak flotasyon minerallerin fiziksel-yüzeysel farklılıklarından yararlanılarak geliştirilen bir metottür. Bu metot ince taneli katıların sıvı içinde oluşturulan hava-gaz kabarcıklarına yapışarak sıvı yüzeyine çıkarılıp ayrıştırılması şeklinde gerçekleştirilen bir cevher zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon işleminin temelinde kolon (hücre) içerisinde büyük oranda hava kabarcığı oluşturulması vardır. Bu işlem için farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır. Konduitler, savaklar ve venturiler havalandırma işlemi için başlıca kullanılan hidrolik yapılardır. Bu yapılar çoğunlukla yüksek basınç ve su hızı ile çalışmaktadırlar. Buna mukabil bu yapılarda oluşacak hidrodinamik değişimler hava kabarcıkları havalandırma verimi üzerinde önemli farklılıklara yol açabilmektedir. Bu çalışmada konduitle desteklenmiş flotasyon kolonunda hava holü çapının flotasyon performansına etkisi üzerinde durulmuştur. Çalışma ile geleneksel flotasyon metotlarında köpürtücü ve kimyasallar kullanarak elde edilen hava kabarcıkları, konduitle desteklenen yeni geliştirilmiş bir flotasyon seti ile herhangi bir kimyasal yada köpürtücü kullanılmadan elde edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda konduit üzerine bırakılan hava deliğine eklenen 3 farklı hava alma holü (baca) çapının, flotasyon performansına etkisi yüksek çözünürlüklü kameralar kullanılarak incelenmiştir. Yapılan deneyler hol çapının flotasyon performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve genel olarak hol çapı arttıkça flotasyon performansının da arttığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Flotasyon, Hidrolik yapılar, Havalandırma, Konduit

The Effect Of The Air Hole Diameter On Flotation Performance In A Conduited Supported Flotation Cell(Column)

Abstract In this study, the influence of the air hole diameter on the flotation performance of the flotation column supported by the conduit is emphasized. Generally, it is a method which is developed by taking advantage of physical-superficial differences of flotation minerals. This method is an ore enrichment method in which fine grained solids are adhered to the air-gas bubbles formed in the liquid and extracted and separated from the liquid surface. The basis of the flotation process is the creation of large bubbles in the cell (column). Different methods are used for this process. Conduits, sluices and venturi are the main hydraulic structures used for aeration. These structures often operate at high pressure and water velocity. The corresponding hydrodynamic changes in these structures can lead to significant differences in air ventilation efficiency. In our study, air bubbles obtained by using foaming agents and chemicals in conventional flotation methods were obtained without using any newly developed flotation set supported by conduits and without using chemical foaming agents. For this purpose, the effect of the diameter of the 3 different air intake holes (flue) added to the air hole on the conduit was investigated by using high resolution cameras. Experiments made have shown that the hole diameter is a significant effect on the flotation performance and generally increases the flotation performance as the hole diameter increases.

Keywords: Flotation, Hydraulic structures, Aeration, Conduit

1. Giriş

Flotasyon, cevher oluşturma aşamaları sırasında minerallerin yüzey/ara yüzey özelliklerinden faydalanarak, değeli olan mineralleri değersiz (gang) minerallerden ayırt etmek amacıyla büyük oranda kullanılan zenginleştirme yöntemlerinden biridir. Minimum bir değerli mineral ile bir

değersiz mineral barındıran kompleks yapılı olmayan bir cevher, flotasyon işlemine başlanmadan önce gerekli serbestleşmenin sağlanması maksadı ile öğütülerek sınıflandırılır (Çilek, 2006).

Genellikle sudan faydalanarak yapılan bu işlemler esnasında mineral yüzeyleri, su ile ve içindeki birçok iyonla etkileşime girmeye başlarlar. Bu aşamanın akabinde yapılması gereken, başarılı bir çalışma yöntemi uygulanarak su sevmez hale getirilen mineraller ile su seven mineralleri ayırmaktır. Bu, sıklıkla havanın kabarcık halinde pülp içinde dağılması ile gerçekleştirilir. Su sevmez özelliğe kavuşturulmuş olan mineraller pülp içindeki hava kabarcıkları ile bir araya gelerek yani onlara yapışarak köpük haline dönüşmek için pülp içinden yukarıya yükselecek şekilde köpük bölgesine ulaşırlar (Çilek, 2006).

Flotasyon işlemi için çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde meydana gelen köpük ve hava kabarcıkları farklı etkenlerin yanı sıra flotasyon verimi açısından oldukça önem arz etmektedir. Flotasyon işleminin temel prensibi kolon (hücre) içerisine çok fazla sayıda hava kabarcığı iletilmesidir. Geleneksel flotasyon yöntemlerinde hava kabarcıkları çeşitli kimyasal madde ve köpürtücüler kullanılarak elde edilmektedir. Kendi tasarlanmış olduğumuz sistemde ise hava kabarcıkları, hidrolik yapılardan biri olan basınçlı konduit kullanılarak herhangi kimyasal yada köpürtücü kullanılmadan elde edilmiştir. Flotasyon verimliliği için oluşan kava kabarcığının sayısı ve boyutu büyük önem arz etmektedir. . Meydana gelen hava kabarcığının gözlemi için çeşitli yöntemlerden faydalanılmaktadır. Fotoğraflama teknikleri bunlardan biridir.

Flotasyon sistemlerinde hava kabarcıklarını ve buna mukabil köpüklenme alanını arttırmak için genellikle kimyasal köpürtücüler kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada ise basınçlı konduit kullanılarak yeni bir flotasyon makinası oluşturulmuş kimyasal ve köpürtücü gereksizden tatmin edici oranda kabarcık miktarı ve boyutu elde edilmiştir.

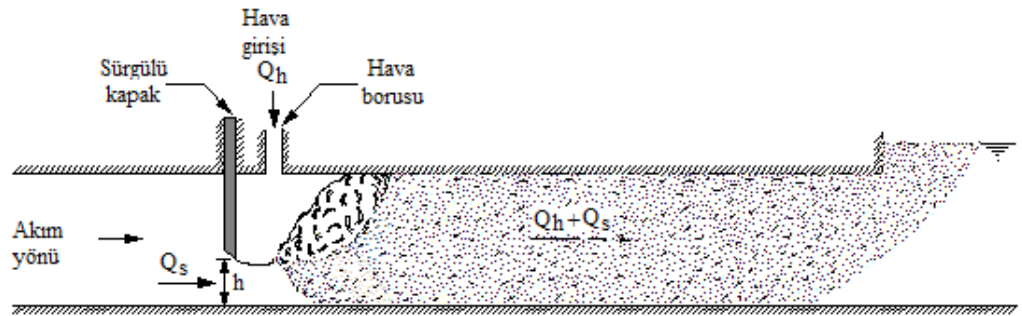
Gerçekleştirilen çalışmada, tasarlanan sistemin içine çekilen su ve hava debisi yardımıyla meydana gelen hava kabarcıklarının sayısı, boyutları, ve flotasyon hücresi içindeki dağılımları fotoğraflama yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Çeşitli Q_a (hava debisi) ve Q_w (su debisi) kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Farklı Q_a/Q_w oranları ile yapılan deney sonucu flotasyon kolonu (hücresi) içinde meydana gelen hava kabarcıkları ile su yüzeyinde oluşan köpük bölgesi yüksek çözünürlüklü kameralar yardımıyla gözlenmiş ve görsel olarak yorumlanmıştır.

2. Konduitle Desteklenmiş Flotasyon Kolonu (Hücresi)

Havalandırma işleminde hidrolik yapıların önemi büyüktür. Hidrolik yapılar, basınçlı akım sistemleri ve serbest yüzeyli akım sistemleri olarak iki gruba ayrılabilir. Sıvı yüzeyine yalnızca atmosfer basıncının etki ettiği akımlar serbest yüzeyli akımlardır. Kanal akımları, nehirler ve kapalı yatakları tam olarak doldurmayan akımlar bu akımlara örnek gösterilebilir. Serbest yüzeyli konduitler, basamaklı kaskatlar ve savaklar serbest yüzeyli hidrolik yapılar arasındadır. akımın atmosferle teması

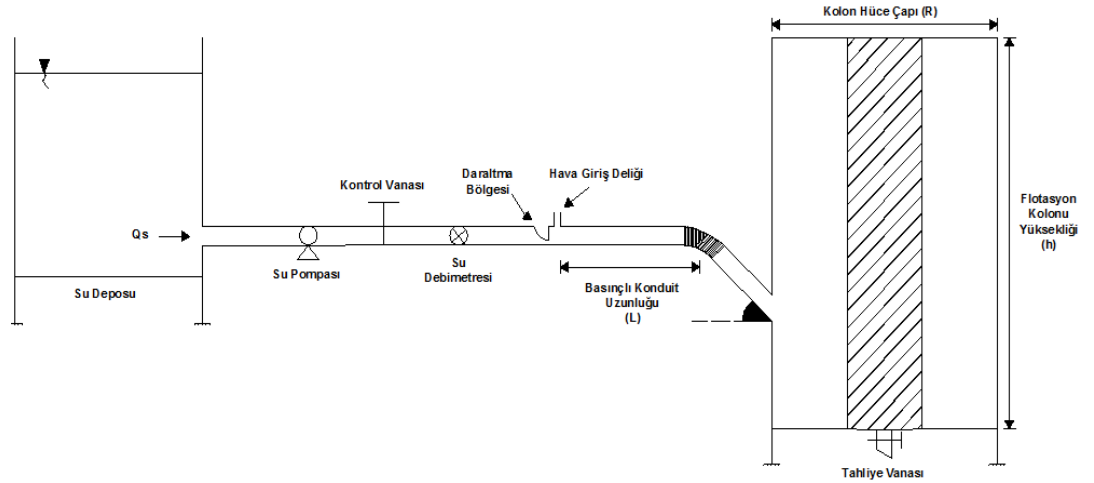
olmadan tamamen dolu olarak akmasına basınçlı akım denir. Tünel, kuyu ve borulu akımlar bu akım türünün örnekleridir. Venturiler, basınçlı konduitler ve su jetleri basınçlı hidrolik yapılar arasındadır. (Baylar vd., 2007)

Kapaklı konduitler, türbülans ve hidrolik sıçrama neticesinde suyun içine havanın karışmasını sağlar. Su basıncı pompa yardımıyla yükseltilecek su akımına hava girişi imkanı sağlar. Kapak mansabında su hızlı bir şekilde savaklandığında, oluşan subatmosferik basınç nedeniyle o bölgede bir vakumlanma meydana gelir. Sistem oluşan düşük basıncı dengelemek için dış ortamdan su içerisine hava çeker. Ve dış ortamdan giren hava kabarcıklar halinde suya karıştırılır (Şekil 1).



Şekil 1. Kapaklı konduit mansabında iki fazlı akım (Özkan, 2005).

Flotasyon kolonunda (hücre) flotasyon işleminin yapılabilmesi için gerekli olan hava kabarcıklarını oluşturmaya yönelik gerçekleştirilen çalışmada, farklı hava alma hol çapları altında meydana gelen Hava kabarcıklarının incelenmesi maksadıyla deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Deneyler Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında yapılmıştır. Bu amaçla, Şekil 2'de verilen geri devirli olarak beslenen pilot ölçekli tasarlanan konduitle desteklenmiş flotasyon kolonu (hücresi) kurulmuştur (Tuna ve Aytaç, 2017).



Şekil 2. Denei düzeneği kesiti (Aytaç, 2017).

3. Yöntem

Şekil 2’de şematik olarak verilen pilot ölçekli konduitle desteklenmiş flotasyon kolonu kurulmuştur. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada flotasyon kolonunda farklı hava alma hol (baca) çapları altında oluşan hava kabarcıklarının, sayısı ve boyutları ile bu kabarcıkların kolonun hangi bölgelerine nüfuz ettiğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Deneylerde olarak dairesel kesitli, çapı 8.09 cm ve boyu 250 cm olan galvanizden yapılmış kapaklı konduit kullanılmıştır. Konduit kapağının hemen mansabında bir hava deliği bırakılmış ve o kısma 3 farklı çapda hava alma holü(baca) eklenerek dış ortamdaki havanın buradan boru içerisine vakumlanması sağlanmıştır. Denei sisteminde gerekli su için şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Flotasyon kolonuna verilen suyun debisi (Q_w), bir elektromanyetik debimetre kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3).

Sisteme iletilmek istenen debi miktarı bir vana yardımıyla ayarlanarak Öte yandan konduit hava alma holü(bacasından) vakumlanan hava hızı ise kalibre edilmiş bir anemometre ile ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Elektromanyetik debimetre.

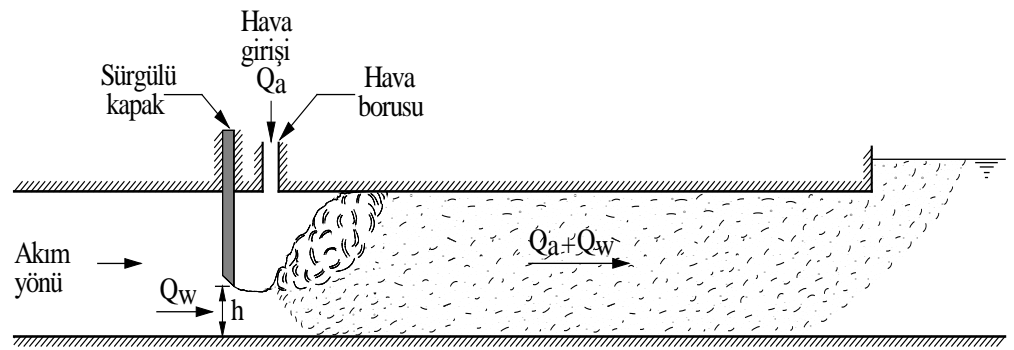


Şekil 4. Anemometre.

Geri devirli olarak yapılan deneyler Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerin gerçekleştirildiği ortamda atmosfer basıncı 677 mm Hg ve ortalama nisbi nem ise yaklaşık % 60 olarak tespit edilmiştir. Şekil 2'de verilen deney seti kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada kapak mansabına açılmış boşluğa 15, 30 ve 35 mm çaplarında 3 farklı hava alma holü (baca) ayrı ayrı eklenerek konduit içine çekilen farklı hava miktarları sonucu flotasyon kolonunda oluşan hava kabarcıkları gözlenmiştir.

Flotasyon kolonuna belirli bir seviyeye kadar musluk suyu eklenerek bir pompa yardımı ile su sistemde devamlı olarak devri daim yaptırılmıştır. Sistem içinde dolaşan su bir vana yardımı ile elektronik debimetre kullanılarak ayarlanmıştır. Flotasyon kolonu üzerinde kolon çevresinin 1/4'i kadar açık bırakılan şeffaf temperli camdan kolonun içinde meydana gelen hava kabarcıklarının yoğunluğu, boyutu ile kabarcıkların kolon içerisinde nüfuz ettiği bölümler penetr, su yüzeyinde biriken köpük tabaka kalınlığı gibi parametreler yüksek çözünürlüklü kameralarla fotoğraflanıp kayıt altına alınmıştır.

Deneylerde kapaklı konduit olarak dairesel kesitli çapı 8.09 cm ve boyu 250 cm olan galvanizli metal bir boru kullanılmıştır. Konduit kapak açıklık oranı ve hava alma hol boyu sabit tutularak 3 farklı hol çapı altında flotasyon performansı incelenmiştir. Konduit kapağının mansabına bırakılan hava boşluğuna eklenen farklı hol çaplarından bu bölgede gerçekleşen subatmosferik basınç nedeniyle vakumlanan hava su içine katılarak flotasyon kolonuna hava kabarcıkları halinde sürüklenmiştir (Şekil 5). Kolon içerisine sürüklenen hava miktarını doğru tayin edebilmek amacıyla anemometre yardımıyla ortalama 1 dakikalık hava hızı ölçümü yapıp hızın ortalaması alınmıştır. Sisteme çekilen hava debisi ise kullanılan farklı hol çaplarına bağlı olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Yüksek basınçlı kapaklı konduit (Tuna ve diğ., 2014).

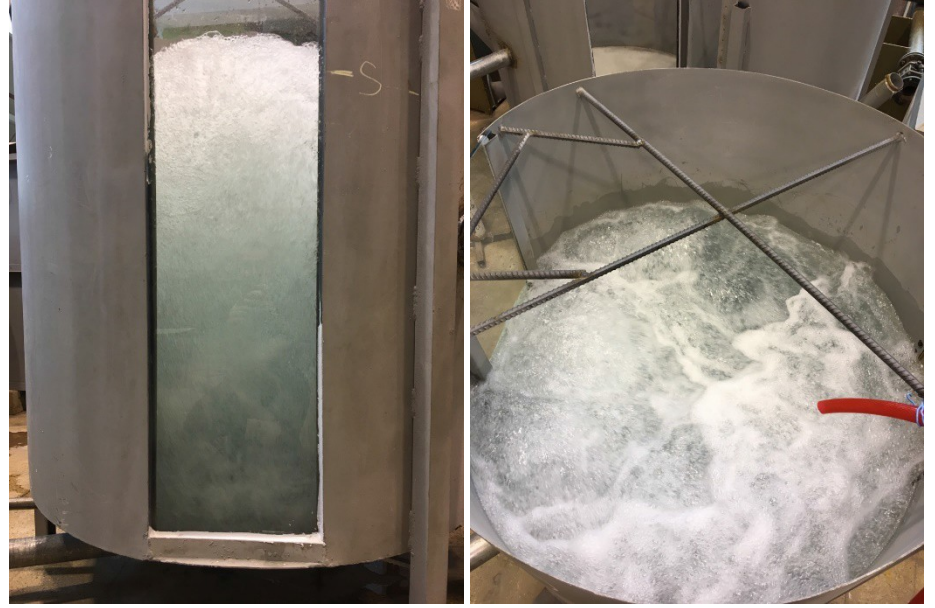
4. Tartışma

Sabit hava alma hol boyu ve konduit açıklık oranında farklı hol çapları altında flotasyon kolonundameydana gelen kabarcıklar Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. 15 mm lik hol çapı altında meydana gelen kabarcıkların boyutlarının oldukça büyük olduğu ve belirgin bir şekilde köpük tabakası oluşturduğu gözlenmiştir. 30 mm hol çapı altında oluşan hava kabarcıklarının sayısının ve su yüzeyinde oluşan köpük kalınlığının daha da arttığı görülmüştür. Bunun nedeni hol çapının artmasına bağlı olarak havalandırma alanının da artması sonucu sistem içine çekilen havanın daha fazla olmasıdır. 35 mm lik hol çapı altında oluşan hava kabarcıklarının sayı ve boyutlarında, 15 ve 30 mm lik hol çaplarına göre kayda değer bir artış gözlenmemiştir. Su yüzeyinde 15, 30 mm lik hol çaplarında meydana gelen hava kabarcıklarının boyutlarının 35 mm lik hol çapına göre daha büyük ve sayısının ise daha fazla olduğu gözlenmiştir. Buna mukabil su yüzeyinde oluşan köpük tabakasının daha kalın olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca her 3 alternatif için de hava kabarcıklarının tüm flotasyon kolonuna yoğun olarak homojen bir şekilde dağıldığı, dolayısıyla ölü bölgelerin oluşumunun olmadığı söylenebilir. Her 3 alternatifte de görüldüğü gibi flotasyon kolonunun alt kısımlarında oluşan hava kabarcık boyutlarının hücrenin üst kısmına doğru giderek büyüdüğü görülmektedir. Bu büyüme 15 ve 30 mm lik hol çaplarında daha belirgin gözlenirken 35 mm hol çapında bu netlikte olmadığı söylenebilir.



Şekil 6. Sabit hol boyu ve konduit açıklık oranında $d=15$ mm hol çapı ile yapılan deney sonucu meydana gelen kabarcıklar (Şekerci, 2017).



Şekil 7. Sabit hol boyu ve konduit açıklık oranında $d=30$ mm hol çapı ile yapılan deney sonucu meydana gelen kabarcıklar (Şekerci, 2017).



Şekil 8. Sabit hol boyu ve konduit açıklık oranında $d=35$ mm hol çapı ile yapılan deney sonucu meydana gelen kabarcıklar (Şekerci, 2017).

5. Sonuç

Bu çalışmada, konduitle desteklenmiş flotasyon kolonlarında, hava alma holü çapının değişiminin meydana gelen hava kabarcığının fiziksel yapısı üzerindeki değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda irdelenmiştir:

- Her 3 alternatifte meydana gelen hava kabarcıkları flotasyon kolonunu tamamına nüfuz etmiş ölü bölge oluşumu gözlenmemiştir.
- Hol çapı arttıkça havalandırma alanı artmış, bunun sonucunda flotasyon performansının da iyileştiği görülmüştür.
- 15 ve 30 mm hol çaplarında meydana gelen hava kabarcıklarının boyutlarının daha belirgin olduğu gözlenmiştir.
- Küçük debi değerlerinde minimum hava girişi olduğundan hol çapının en büyük olduğu alternatif olan 35 mm değerinde küçük debilerde meydana gelen hava kabarcıklarının daha az olduğu gözlenmiştir.

Yapılan deneyler neticesinde konduite eklenmiş hava alma holü çap değişiminin flotasyon performansı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

NOT: Bu çalışma 27-31 Ekim 2018 tarihlerinde 5th International Symposium On Dam Safety 2018 adlı sempozyumda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

6. Kaynaklar

- Aytaç, A., (2017). "Kapaklı Konduitle Flotasyon Hücreleri Fiziksel Parametrelerinin Havalandırma Performansına Etkisi". Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 72, Elazığ.
- Baylar, A., Özkan, F. & Ünsal, M., (2007). "Serbest Yüzeyle Akım Sistemleri ile Sularda Hızlandırılmış Oksijen Transferi". III. Ulusal Su Mühendisliği Bildiriler Kitabı, s 37. İzmir.
- Baylar, A., Özkan, F. & Ünsal, M., (2007). "Suların Havalandırma Veriminin Arttırılmasında Kullanılabilecek Basınçlı Akım Sistemleri". III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu 10-14 Eylül İzmir.
- Çilek, C.E., (2006). Mineral Flotasyonu, SDÜ Basımevi, Isparta.
- Özkan, F., (2005). "Basınçlı su borularında hava iletimi ve oksijen transferinin incelenmesi". Doktora Tezi. F.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Şekerci, K., (2017). "Konduitle Desteklenmiş Flotasyon Kolonunda Hava Alma Holü Fiziksel Özelliklerinin Flotasyon Performansına Etkisi". Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. 89, Elazığ.
- Tuna, M.C. & Aytaç, A., (2017). "Aeration Performance in Flotation Cells Supported by Conduits". Academia Journal of Engineering and Applied Sciences, Special Issue, 3-13.
- Tuna, M.C., Ozkan, F. & Baylar, A., (2014). "Experimental investigations of aeration efficiency in high-head gated circular conduits". Water Science and Technology, 69(6), 1275-1281,7p.