

## Oysu Grafit Cevheri Flotasyon Parametrelerinin İyileştirilmesi

Baran TUFAN\*<sup>1</sup>, Turan BATAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 35390, İzmir

(Alınış Tarihi: 20.06.2015, Kabul Tarihi: 06.08.2015)

### Anahtar Kelimeler

Grafit cevheri  
Flotasyon  
Reaktif miktarı  
Düzenleyici

**Özet:** Kütahya'nın Oysu köyü yakınlarında hâlihazırda faaliyetini sürdüren bir flotasyon tesisinin flotasyon parametreleri iyileştirilmeye çalışmaları kapsamında tesiste kullanılan toplayıcı, bastırıcı ve köpürtücü miktarları ile diğer flotasyon parametrelerinden olan ortam pH seviyesi ve tane boyut büyüklüğü laboratuvar ortamında test edilmiştir. Tesiste kullanılan flotasyon reaktiflerine ek olarak, bir firma tarafından grafit cevherleri için geliştirilmiş farklı flotasyon reaktiflerinin de Kütahya Oysu grafit cevheri için uygunluğu test edilmiştir. Uygun reaktif tiplerinin ve miktarlarının belirlenmesi ile optimum flotasyon deney koşulları tespit edilerek, bu koşullarda elde edilen karbon tenör ve verimleri kıyaslanmıştır. Kimyasal tasarrufu ile tenör ve verimdeki artışlar birlikte değerlendirilerek yeni bir reçete yaratılmıştır.

## Enhancing Flotation Parameters of Oysu Graphite Ore

### Keywords

Graphite ore  
Flotation  
Reactive dosage  
Promoter

**Abstract:** The flotation parameters of an already operating graphite flotation plant in Kütahya, Oysu have been investigated to enhance the applied parameters. The main variables studied were the particle size distribution of the feed, pH level, amount of collector, depressant and frother. Determinations of the optimum dosages of already applied reactive sets have been achieved. In addition, specially produced reactive sets of a corporation for graphite ores have also been tested by parameter screening. The carbon grade and recovery values were compared and an alternative flotation recipe has been proposed in order to reduce the chemical consumption by increasing grade and recovery both.

### 1. Giriş

Grafit, sahip olduğu yumuşaklık, kırılabilirlik, kayganlık, ısıya ve kimyasallara karşı dayanıklılık, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği gibi özellikleri nedeniyle, tek başına veya bazı malzemelerle birlikte karıştırılmak suretiyle endüstride kullanılan önemli bir endüstriyel hammaddedir. Son yıllarda grafit kullanım alanlarında, teknolojinin gelişmesine paralel olarak bir artış da gözlenmektedir. Türkiye'de grafit yatakları amorf tipte ve zenginleştirilmesi zor yataklardır. Grafit yoğunlukla cevher içerisinde disemine dağılmış halde mikrokristal yapıda bulunmaktadır ve serbestleşme tane boyutu çok küçüktür. Bu nedenlerle, grafit cevherlerinin zenginleştirilmesi zor görünmektedir. Grafit, sahip olduğu doğal hidrofobik özelliği nedeniyle genellikle flotasyon yöntemi ile zenginleştirilen bir mineraldir (Kaya, 2006).

Grafit cevherini zenginleştirme amacı ile uygulanan bir diğer yöntem ise ağır ortamdır (Önal ve Ateşok, 1994). Grafit, birlikte bulunduğu gang mineralleri ile az, sülfür ve demir oksit mineralleri ile önemli sayılabilecek yoğunluk farkına sahiptir. Grafitin yoğunluğu 2,1-2,3 g/cm<sup>3</sup> arasındadır. Grafit ile birlikte bulunan gang minerallerinin büyük çoğunluğunun, metalik sülfür ve oksit mineralleri dışındakiler, yoğunlukları 2,3-3,0 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Grafitin gang minerallerinden bu yoğunluk farklarından dolayı, ağır ortamda ayrılmasının mümkün olabileceği görülmektedir (Pierson, 1993). Ağır ortam yoğunluğu artırılmak suretiyle grafit-kalsit ayırımının her ne kadar mümkün olduğu görülmekle birlikte, grafit cevherlerinin genelde gang mineralleri içerisinde disemine halde dağılmış şekilde bulunması ve grafit serbestleşme tane boyutunun çok küçük olması gibi

yapısal nedenlerle ağır ortam ile ayırım yöntemi yeterince başarılı olamamaktadır (Kaya, 2006).

Grafit konsantrelerinde gang mineralleri veya safsızlıklar olarak adlandırılan kalsit, kuvars, metal sülfürler, demir oksitler ve kil mineralleri bulunmaktadır. Grafiti bu safsızlıklardan uzaklaştırmak için fiziksel yöntemler ve flotasyon ile ayırım, serbestleşme boyutu çok küçük olan (<10 µm) cevherleşmelerde mümkün olamamaktadır. Bu tür grafit cevherlerinin gang minerallerinden ayrılması amacıyla asit liçi işlemi ve alkali kavurma prosesleri uygulanmaktadır (Ingraham vd., 1972; Subramanian vd., 1972; Canbazoglu, 1981; Lu ve Forsberg, 2001; Temuujin vd., 2003).

Asit liçi işleminde HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF gibi çeşitli asitler ve bu asitlerin karışımları kullanılmaktadır. Alkali kavurma işlemlerinde ise NaOH ve KOH çözeltileri grafit cevherlerine karıştırmak suretiyle kullanılmaktadır. Asit liçi işlemi ile grafitte bulunan silikat safsızlıkları, kavurma işlemi takip eden liç işlemleri ile ise grafit cevherlerinde bulunan hem silikat hem de sülfürlü safsızlıkları uzaklaştırmak mümkün olabilmektedir (Hradil ve Hostomsky, 2002; Rao ve Patnaik, 2004; Okada vd., 2006).

Grafit, flotasyon işleminin ilk uygulandığı minerallerin başında gelmektedir. Grafit cevherleri ilk olarak 1923'de Rusya'da flotasyona tabi tutulmuştur. Grafit; yüksek doğal hidrofobik özelliği, düşük yoğunluğu ve tabakalı yapısı nedeniyle flotasyon yöntemiyle en kolay zenginleştirilebilen minerallerdendir. Bununla birlikte, grafitin flotasyonunda, flotasyon hızının artırılması amacıyla değişik toplayıcılar kullanılmaktadır (Glembotskii vd., 1972). Grafitin suda temas açısının 96° olduğu (Yarar, 1988), bir başka kaynakta (Wakamatsu ve Numata, 1991) ise grafitin temas açısı 86° olduğu verilmektedir. Grafitte temas açısı, pH ile oldukça geniş bir aralıkta değişmektedir.

Bu çalışmada, Kütahya'nın Oysu köyü yakınlarında hâlihazırda faaliyetini sürdüren bir flotasyon tesisinin flotasyon parametreleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Tesiste kullanılan toplayıcı, bastırıcı ve köpürtücü miktarları ile diğer flotasyon parametrelerinden olan ortam pH seviyesi ve tane boyut büyüklüğü de farklı seviyelerde laboratuvar ortamında test edilmiştir. Bu flotasyon deneyleri sonucunda tesisin uyguladığı koşullar daha uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Tesiste kullanılan flotasyon reaktiflerine ek olarak, Cytec firması tarafından grafit cevherleri için geliştirilmiş farklı flotasyon reaktiflerinin de Kütahya Oysu grafit cevheri için uygunluğu test edilmiştir.

## 2. Oysu Grafit Cevheri ve Flotasyon Tesisi

### 2.1. Oysu grafit cevheri

Flotasyon çalışmalarında kullanılmak üzere alınan numuneler Kütahya ili, Altıntaş ilçesine bağlı Oysu köyü yakınında bulunan bir grafit madeni ve flotasyon tesisine aittir (Şekil 1). Oysu grafit madeninde cevher zonlarının derinde olmayışından dolayı açık işletme yöntemi uygulanmaktadır. Bu maddened grafit cevherinin yataklanması, tektonizmadan dolayı oluşmuş fay atımları yüzünden düzenli bir zon üzerinde değildir. Cevher 5-10 m aralıklarda bulunan zonlardan çıkarılmaktadır (Şekil 2).



**Şekil 1.** Kütahya Oysu Köyü'nün uydu görüntüsü ve tesisin yerbulduru haritası



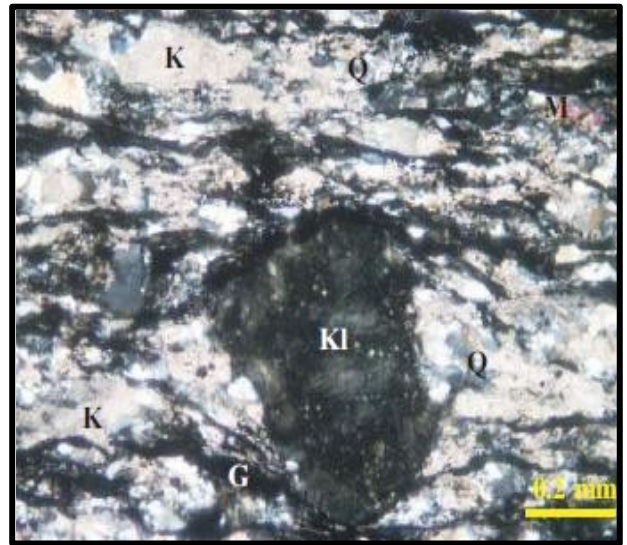
**Şekil 2.** Oysu grafit açık ocak işletmesinde gözlemlenen grafit cevher zonları

Grafit, yüksek ısıda stabil karbonun kristalize olmuş şekline denir ve romboedrik- hegzagonal sisteminde kristalleşir. Doğada amorf (mikrokristalin) şeklinde oluşmuştur ve bu özelliği zenginleşme yöntemini belirlemiştir (Graffin, 1983). Amorf yapıda olan grafit mineralini flotasyon yöntemiyle zenginleştirmek en uygun yöntemdir (Aplan, 1962). Oysu grafit madeninden çıkartılan cevhere ait mikroskop görüntüleri Şekil 3'te verilmektedir. Mikroskop altında grafit mineralinin yan kayacı olarak kuvars, klorit, muskovit ve kalsit mineralleri görülmektedir.

## 2.2. Oysu grafit flotasyon tesisi

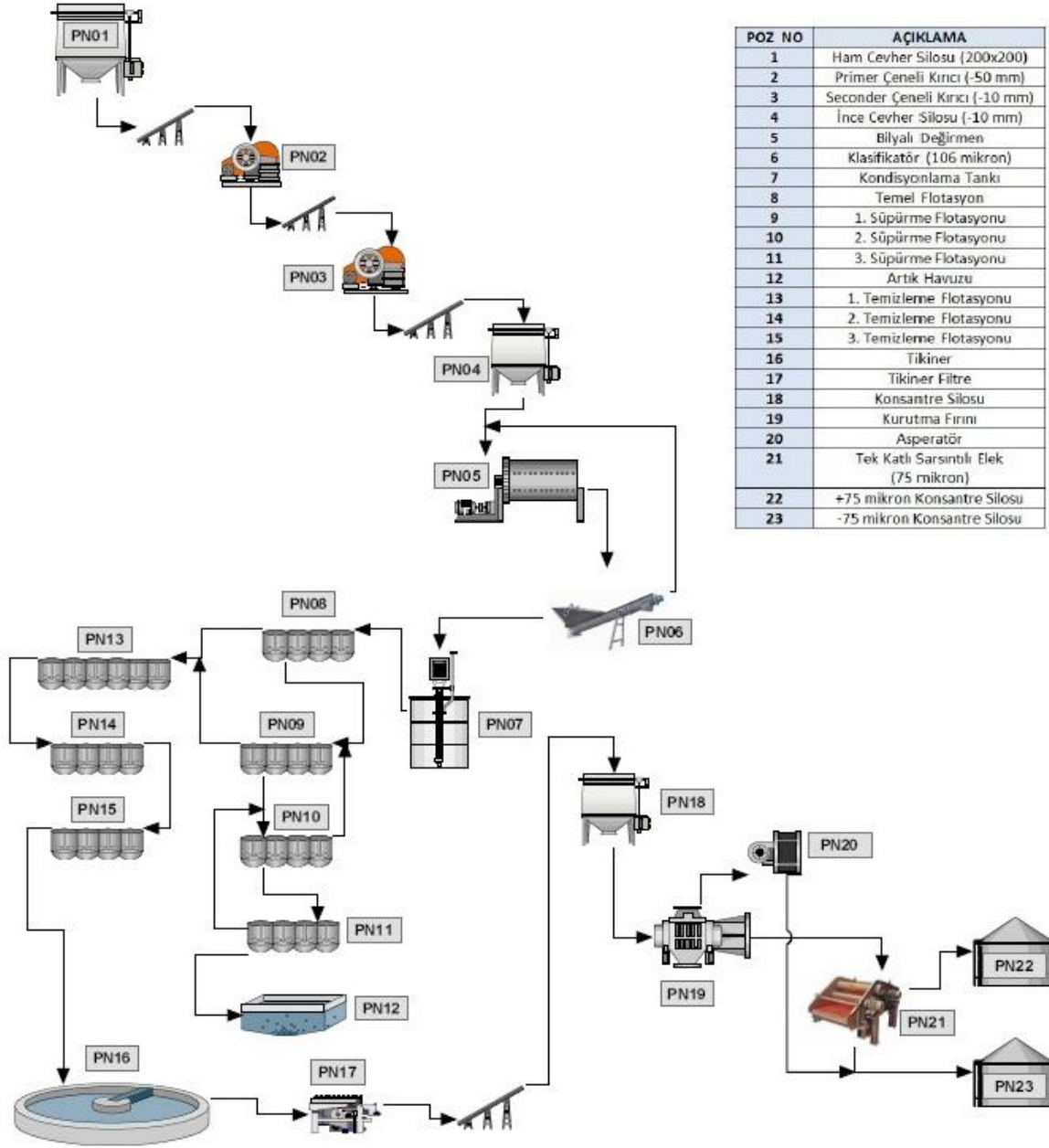
Oysu grafit zenginleştirme tesisi günde 80 ton kapasite ile çalışmaktadır. Ocaktan gelen cevher stok sahası olmadığı için doğrudan ham cevher silosuna boşaltılmaktadır. Ham cevherin organik karbon tenörü ortalama %13,3 olarak tespit edilmiştir. Cevher buradan ilk olarak birincil kırıcı olarak kullanılan çeneli kırıcıya gelmekte ve boyut küçültme işlemleri başlamaktadır. Boyut küçültme, sınıflandırma, kondüsyonlama işlemlerinden sonra cevher flotasyon selüllerine beslenmektedir.

Flotasyon devresinde temel (kaba) flotasyon sonrası 3 temizleme ve 3 süpürme flotasyonu uygulanarak nihai konsantr elde edilmektedir. Konsantr kurularak tekrar sınıflandırmakta, +75 ve -75 µm boyutlarında olmak üzere farklı konsantr silolarına alınmaktadır. Tesise ait ayrıntılı bir akım şeması Şekil 4'te verilmektedir.



**Şekil 3.** Oysu grafit cevherinin mikroskobik görüntüsü (Q: kuvars, Kl: klorit, M: muskovit, K: kalsit)

Oysu grafit zenginleştirme tesisinde bastırıcı olarak sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), toplayıcı olarak mazot, köpürtücü olarak bütül glikol ( $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$ ) kullanılmaktadır. Flotasyon ortam pH'ı 8-8,5 (doğal pH) olarak bırakılmaktadır. Tesisin uyguladığı koşullarda ortalama %13,3 organik karbon tenörlü cevherden temel flotasyon devresi sonucu %45 organik karbon tenörüne %62 verim ile ulaşmaktadır. Temizleme ve süpürme işlemlerinden sonra %74 organik karbon içerikli nihai konsantr elde edilmektedir.



Şekil 4. Oysu grafit flotasyonu tesisi akım şeması

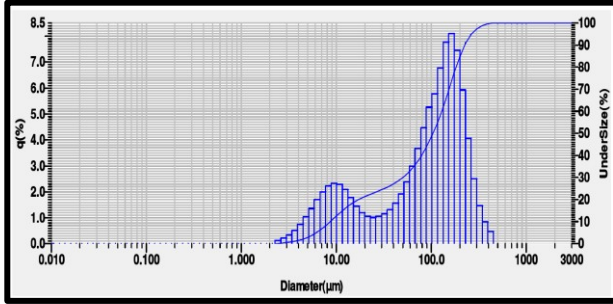
### 3. Deneysel Çalışmalar ve Bulgular

Laboratuvar ölçekli flotasyon deneyleri 1 L'lik flotasyon selülünde, 1300 dev/dk karıştırma hızında Denver tipi flotasyon makinesinde %30 katı oranında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde bastırıcı olarak sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) ve Aero8860GL, toplayıcı olarak mazot, köpürtücü olarak bütil glikol ve OPF603, ortam pH'ı doğal pH kullanılmıştır ve her bir reaktif ilave edildikten sonra sırası ile 2, 3 ve 1 dakika kondüsyonlama yapılmıştır. Tüm reaktifler %1 çözelti halinde hazırlanmıştır. Köpük alma süresi yapılan ön çalışmalar neticesinde 2 dakika olarak belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere sınıflandırıcı çıkışı - kondüsyonlama tankı öncesi alınan öğütülmüş numunelere ait tane boyut dağılımı Şekil 5'te verilmektedir. Kondüsyonlama tankına, yani flotasyona beslenen

grafit cevherinin %80'inin geçtiği elek açıklığının 183  $\mu\text{m}$  olduğu görülmektedir.

Oysu grafit cevherine ait flotasyon testlerinde katı oranı, ortam pH'ı, selül kapasitesi, karıştırma hızı, köpük alma süresi ve hava miktarı sabit deney koşulları olarak kabul edilerek, parametre eleme yöntemi ile optimum temel flotasyon koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Tesiste hâlihazırda kullanılan toplayıcı, bastırıcı ve köpürtücü için uygun reaktif miktarları belirlenmiştir. Tespit edilen uygun dozajlarda yapılan flotasyon testleri ile uygun ortam pH'ı ile uygun tane boyutu da belirlenmiştir. Son olarak, Cytec firması tarafından grafit cevheri için uygunluğu belirtilen bastırıcı, köpürtücü ve düzenleyici reaktifler için uygun miktarlar

belirlenerek tesisin hâlihazırda kullandığı reçete ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamalarda flotasyon veriminin yanı sıra organik karbon tenörünün satılabilir seviyede kalması da göz önünde bulundurulmuştur.



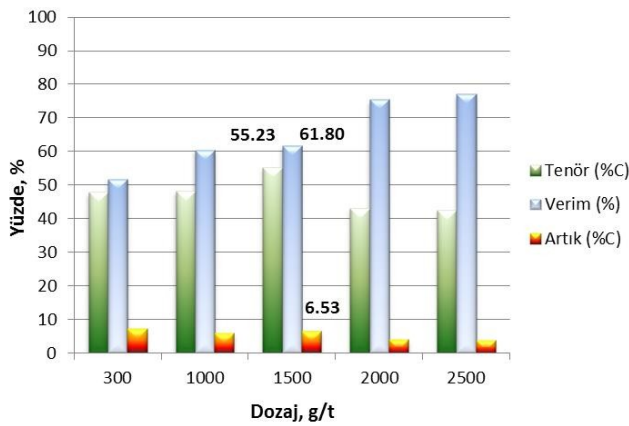
Şekil 5. Klasifikatör çıkışı - kondüsyonlama tankı girişi cevherin tane boyut analizi (P<sub>80</sub>: 183 µm)

### 3.1. Toplayıcı miktarı belirleme testleri

Yapılan deneylerde bastırıcı olarak 30 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, köpürtücü olarak 450 g/t bütül glikol ve toplayıcı olarak 300, 1000, 1500, 2000 ve 2500 g/t mazot kullanılmıştır. Çizelge 1 ve Şekil 6'da verilen sonuçlar incelendiğinde elde edilen organik karbon tenörü ve toplayıcı miktarı tasarrufu bakımından en uygun toplayıcı miktarı 1500 g/t olarak belirlenmiştir. Tesiste uygulanan toplayıcı dozajının 2500 g/t olduğu ve bu miktarın ciddi bir kalemi oluşturduğu göz önüne alındığında önemli bir iyileştirme yapılabileceği imkânı ortadadır.

Çizelge 1. Uygun toplayıcı (mazot) miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

Miktar (g/t)	Konsantre Ağ. %	% C	% Verim
300	13,91	47,90	51,77
1000	15,69	48,26	60,40
<b>1500</b>	<b>16,06</b>	<b>55,23</b>	<b>61,80</b>
2000	22,25	43,16	75,49
2500	23,53	42,47	77,06



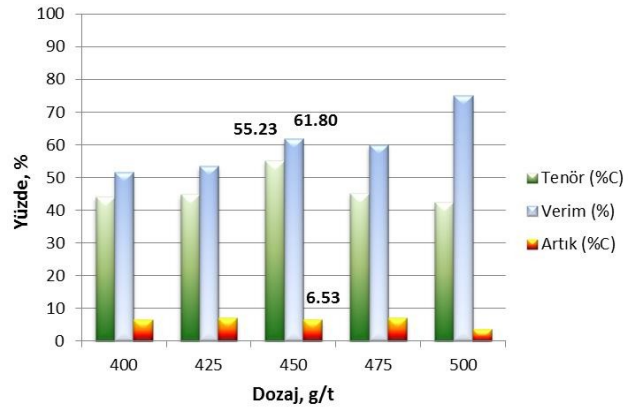
Şekil 6. Uygun toplayıcı (mazot) miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.2. Köpürtücü miktarı belirleme testleri

Yapılan deneylerde toplayıcı olarak 1500 g/t mazot, bastırıcı olarak 30 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ve köpürtücü olarak 400, 425, 450, 475 ve 500 g/t bütül glikol kullanılmıştır. En uygun köpürtücü miktarı, en yüksek karbon tenörü ve flotasyon verimine ulaşılan 450 g/t olarak belirlenmiştir (Çizelge 2, Şekil 7)

Çizelge 2. Uygun köpürtücü (bütül glikol) miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

Miktar (g/t)	Konsantre Ağ. %	% C	% Verim
400	13,90	44,11	51,63
425	15,28	44,87	53,52
<b>450</b>	<b>16,06</b>	<b>55,23</b>	<b>61,80</b>
475	18,93	45,03	59,93
500	21,00	42,47	74,97



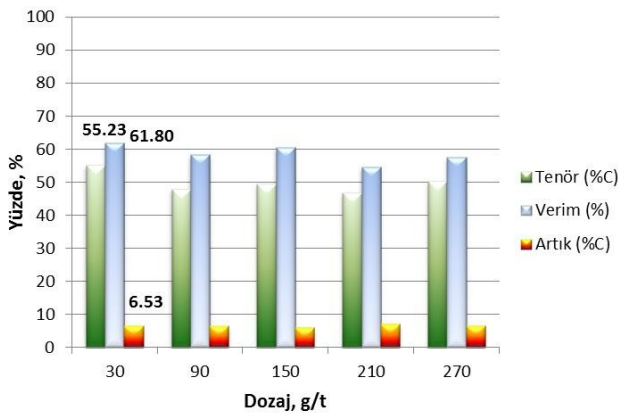
Şekil 7. Uygun köpürtücü miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.3. Bastırıcı miktarı belirleme testleri

Yapılan deneylerde toplayıcı olarak 1500 g/t mazot, köpürtücü olarak 450 g/t bütül glikol ve bastırıcı olarak 30, 90, 150, 210 ve 270 g/t sodyum silikat kullanılmıştır. Yan kayaç olan silikat türevlerinin bastırılmasında 30 g/t sodyum silikatın, reaktif tasarrufu da göz önüne alındığında en uygun miktar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3, Şekil 8).

Çizelge 3. Uygun bastırıcı (sodyum silikat) miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

Miktar (g/t)	Konsantre Ağ. %	% C	% Verim
<b>30</b>	<b>16,06</b>	<b>55,20</b>	<b>61,80</b>
90	15,91	48,00	58,30
150	15,71	49,50	60,60
210	15,39	46,90	54,70
270	15,37	50,28	57,60



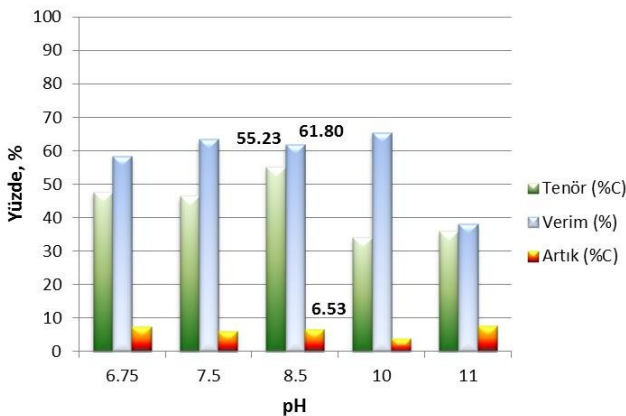
**Şekil 8.** Uygun bastırıcı miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.4. Uygun ortam pH'ı belirleme testleri

Uygun toplayıcı, bastırıcı ve köpürtücü dozajlarının belirlenmesi ile tesiste uygulanan reçete iyileştirilmiştir. Belirlenen reaktif miktarları ile uygun ortam pH'ının tespit edilmesi amacı ile yapılan flotasyon deneylerinde 30 g/t  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 1500 g/t mazot ve 450 g/t bütül glikol reaktifleri ile 6,75; 7,50; 8,00-8,50 (doğal pH); 10,00 ve 11,00 ortam pH'ı seviyeleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda en uygun flotasyon ortam pH'ının doğal pH, yani 8,00 - 8,50 seviyesi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4, Şekil 9).

**Çizelge 4.** Uygun ortam pH'ını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

pH	Konsantre Ağ.%	% C	% Verim
6,75	18,11	47,70	63,40
7,50	18,44	46,50	58,40
<b>8,00-8,50</b>	<b>16,06</b>	<b>55,20</b>	<b>61,80</b>
10,00	17,41	34,00	65,40
11,00	11,62	35,90	38,20



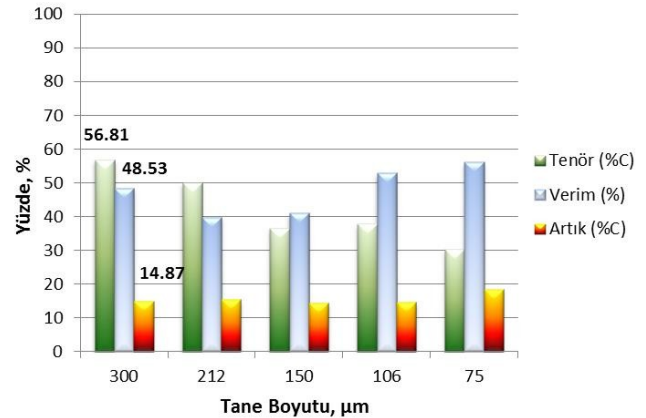
**Şekil 9.** Uygun ortam pH seviyesini belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.5. Uygun flotasyon tane boyutu belirleme testleri

Deneyle için hazırlanan besleme malı tane boyutları -300, -212, -150, -106 ve -75  $\mu\text{m}$ 'dir. Deney sonuçlarına göre en uygun tane boyutunun -300  $\mu\text{m}$  olduğu tespit edilmiştir. Daha ince boyutlara öğütüldüğünde grafit minerallerinin kayacın içerisinde bulunan diğer mineralleri (kuvars, vb.) sıvayarak flotasyon sırasında safsızlıkların da konsantreye kaçarak organik karbon tenörünü düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 5, Şekil 10).

**Çizelge 5.** Uygun tane boyutunu belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

Tane Boyutu ( $\mu\text{m}$ )	% C	% Verim
<b>-300</b>	<b>56,80</b>	<b>48,50</b>
-212	50,10	39,80
-150	36,50	41,00
-106	37,80	52,90
-75	30,20	56,10



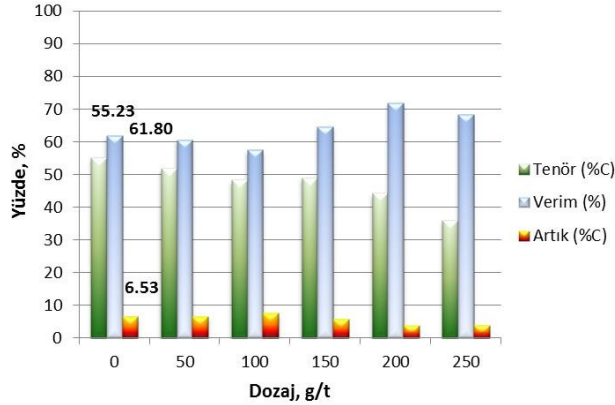
**Şekil 10.** Uygun tane boyutunu belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.6. Düzenleyici miktarı belirleme testleri

Oysu grafit cevheri için tesiste uygulanan reçete çerçevesinde gerekli iyileştirmelerin uygulanmasından sonra Cytec firması tarafından sağlanan düzenleyici S-9278'in optimum miktarı firma tarafından önerilen aralık içerisinde 50, 100, 150, 200 ve 250 g/t olarak test edilmiştir. Bu deneyler sonucunda, önerilen bu düzenleyicinin tesiste uygulanan reçete ile birlikte kullanılmasının flotasyon sonuçlarına olumlu bir katkısı bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 6, Şekil 11). Artan dozaj ile birlikte köpük alma verimi artmakta fakat seçici olmayan bu flotasyon ile birlikte karbon tenörü düşme eğilimi göstermektedir.

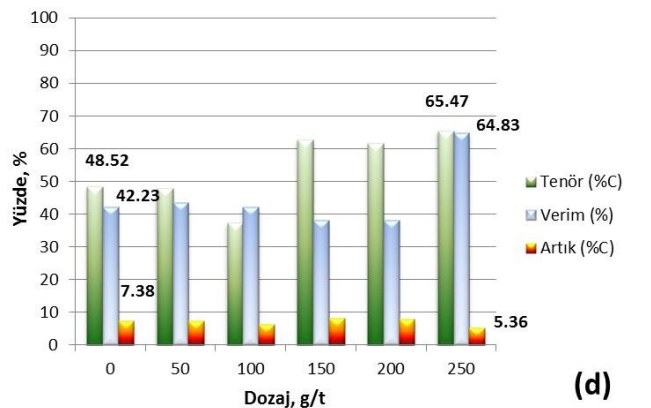
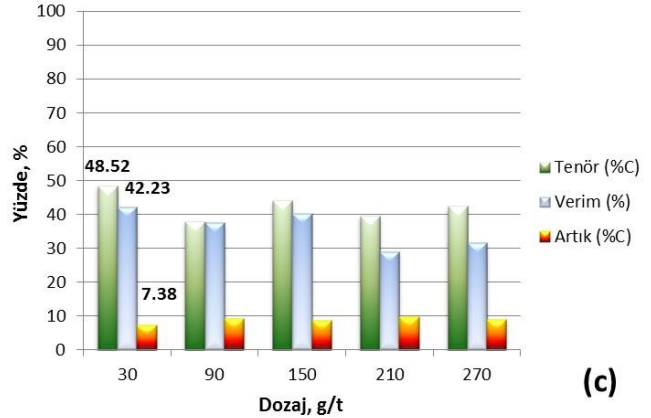
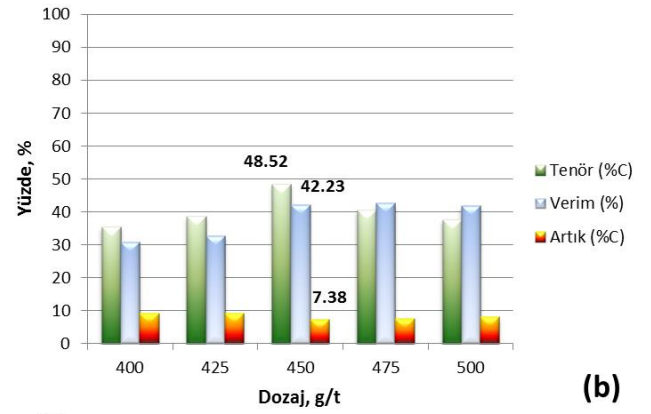
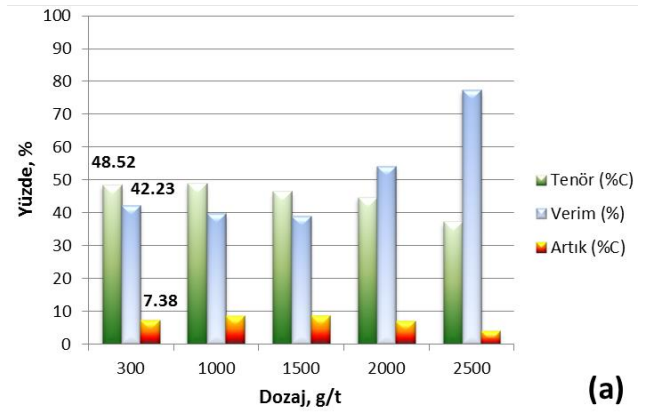
**Çizelge 6.** Uygun düzenleyici (S-9278) miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonuçları

Miktar (g/t)	% C	% Verim
0	55,20	61,80
50	51,80	60,60
100	48,40	57,60
150	49,00	64,60
200	44,30	72,00
250	36,00	68,40

**Şekil 11.** Uygun düzenleyici miktarını belirleme amaçlı flotasyon deneyleri sonucu elde edilen konsantre ve artıktaki karbon tenörü ile temel flotasyon verimi

### 3.7. Firma tarafından tavsiye edilen reaktifler ile gerçekleştirilen testler

Cytec firması tarafından sağlanan flotasyon reaktifleri ile gerçekleştirilen deneylerde sabit koşullar tesis reçetesi deneyleri ile aynı tutulmuştur. Bu deneylerde, toplayıcı olarak mazot, bastırıcı olarak Aero8860GL, köpürtücü olarak OP-F603 ve düzenleyici olarak S-9278 kullanılmıştır. Uygun miktar belirleme testlerinde toplayıcı dozajı 300 g/t, bastırıcı dozajı 30 g/t, köpürtücü dozajı 450 g/t ve düzenleyici dozajı ise 250 g/t olarak tespit edilmiştir. Benzer tenör ve verimlere ulaşılan deneylerde reaktif tasarrufu göz önünde bulundurularak en uygun koşul belirlenmiştir. Tesiste hâlihazırda 2500 g/t dozajında kullanılan ve minimum miktarda kullanılması hedeflenen mazot miktarında en büyük tasarruf Cytec reçetesi ile sağlanmıştır (300 g/t). Deney parametreleri ve sonuçları Şekil 12'de toplu olarak sunulmaktadır.

**Şekil 12.** Cytec firması tarafından tedarik edilen flotasyon reaktifleri ile yapılan çalışmalara ait sonuçlar (a. Mazot Dozajı; b. Köpürtücü Dozajı; c. Bastırıcı Dozajı; d. Düzenleyici Dozajı)

### 3.8. Optimum flotasyon parametreleri ve temizleme-süpürme deneyleri

Oysu flotasyon tesisinde uygulanan reçetenin (kimyasal parametre tasarımının) ve Cytec firması tarafından önerilen reçetenin temizleme ve süpürme flotasyonları sonunda elde edilen optimum sonuçlar Çizelge 7 ve Çizelge 8'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Çizelge 7.** Oysu grafit zenginleştirme tesisi optimum flotasyon parametreleri ve sonuçlar

<b>pH</b>	8 - 8,5		
<b>Katı Oranı (%)</b>	30		
<b>Toplayıcı Miktarı (Mazot, %1)</b>	1500 g/t		
<b>Bastırıcı Miktarı (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, %1)</b>	30 g/t		
<b>Köpürtücü Miktarı (Bütül Glikol, %1)</b>	450 g/t		
<b>Düzenleyici Miktarı (S-9278, %1)</b>	250 g/t		
	<b>Ağırlık, %</b>	<b>% C</b>	<b>Flotasyon Verimi</b>
<b>Konsantre</b>	16,06	55,23	61,81
<b>Artık</b>	83,94	6,53	38,19

**Çizelge 8.** Cytec reaktifleri ile ulaşılan optimum flotasyon parametreleri ve sonuçlar

<b>pH</b>	8 - 8,5		
<b>Katı Oranı (%)</b>	30		
<b>Toplayıcı Miktarı (Mazot, %1)</b>	300 g/t		
<b>Bastırıcı Miktarı (Aero8860GL, %1)</b>	30 g/t		
<b>Köpürtücü Miktarı (OP-F603, %1)</b>	450 g/t		
<b>Düzenleyici Miktarı (S-9278, %1)</b>	250 g/t		
	<b>Ağırlık, %</b>	<b>% C</b>	<b>Flotasyon Verimi</b>
<b>Konsantre</b>	13,11	65,47	64,83
<b>Artık</b>	86,89	5,36	35,17

Optimum flotasyon parametrelerinde gerçekleştirilen testlerin sonucunda temel flotasyon aşamasında yüksek karbon tenörüne erişilen fakat verimin düşük kaldığı Cytec reçetesi üzerinde 3 temizleme ve 3 süpürme flotasyonu işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda %71,59 verim ile %76,89 karbon tenörlü nihai konsantre elde edilmiştir.

### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Oysu grafit cevherinin flotasyon parametrelerinin iyileştirilmesi amacı ile laboratuvar ölçekli gerçekleştirilen bu çalışmada, tesisten (klasifikatör çıkışı) alınan numuneler üzerinde flotasyon reaktifler tipleri ve dozajlarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Uygun flotasyon parametrelerinin tespiti sırasında ortam pH'ı ve tane boyutu alternatifleri de test edilmiştir. Oysu grafit flotasyon tesisinde -183 µm (P<sub>80</sub>) boyutuna öğütülerek kondüsyonlanan grafit cevheri flotasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda, grafit cevherinin verimli bir flotasyon için optimum tane boyutunun -300 µm olduğu, bu tane boyutunun altında grafitin gang minerallerinin yüzeylerinin sıvanarak yüzer hale geldiği ve bu sebeple konsantre grafit tenöründe düşmeye neden olduğu saptanmıştır. Tesiste bu amaca yönelik yapılacak bir iyileştirme ile şirketin öğütme giderlerinin azaltılmasının yanı sıra tesisin kapasitesinin artırılması da mümkün olacaktır. Alternatif bir çözüm olarak, su sarfiyatını artırıp kapasiteyi düşürecek olsa da, flotasyona beslenen malzemenin katı oranının düşürülmesi önerilmektedir.

Oysu grafit cevher zenginleştirme tesisinde flotasyon sırasında kullanılan reaktiflerin optimum dozajlarının tespiti için yapılan deneyler sonucunda, bastırıcı (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) için 30 g/t, toplayıcı (mazot) için 1500 g/t ve köpürtücü (bütül glikol) için 450 g/t olarak belirlenmiştir. Karıştırma hızının 1300 dev/dk, ortam pH'nın doğal pH (8-8,5), besleme mali karbon tenörünün ortalama %13,32 ve bütün reaktiflerin %1'lik çözelti halinde hazırlandığı deneyler sonucunda; %61,80 flotasyon verimi ile %55,23 organik karbon içeren grafit konsantresi üretilmiştir.

Oysu grafit cevherine, Cytec firması tarafından sağlanan reaktifleri ile optimum dozajlar belirlendikten sonra aynı ortam ve deney koşullarında gerçekleştirilen flotasyon deneylerinin sonucunda ise; bastırıcı (Aero 8860 GL) 300 g/t, düzenleyici (S-9278) 250 g/t, toplayıcı (mazot) 300 g/t, ve köpürtücü (OP F603) 450 g/t optimum dozaj olarak belirlenmiştir. Bu flotasyon parametrelerinin uygulandığı testlerde %64,83 flotasyon verimi ile %65,47 organik karbon içeren grafit konsantresi üretilmiştir. Cytec firması tarafından önerilen düzenleyici, tesis reçetesi ile uyumsuzluk göstermesine rağmen Cytec reçetesinde hem karbon tenörü hem de flotasyon verimi açısından ciddi katkı



sağlamıştır. Ayrıca, Cytec reçetesi uygulandığında ortak reaktif olan toplayıcı (mazot) miktarında ciddi tasarrufa gidilmiş olacaktır. Tesis reçetesinde optimum flotasyon parametrelerine ulaşmak için 1500 g/t mazot kullanılması gerekirken, Cytec reçetesinde bu rakam 300 g/t olarak tespit edilmiştir. Hâlihazırda 2500 g/t mazot kullanan tesis için reaktif tasarrufu, özellikle de mazot için, en uygun flotasyon koşullarının belirlenmesinde önemli bir hedef olarak kabul edilmiştir.

Laboratuvar çapta tamamlanan tüm flotasyon testlerinin sonucu olarak öncelikle tesisin hâlihazırda uyguladığı reçete iyileştirilmiştir. Reaktif maliyetlerinde artış olacağı öngörülerek gerçekleştirilen Cytec reçetesi çalışmalarında ise daha yüksek temel flotasyon karbon tenörüne daha yüksek flotasyon verimi ile ulaşılmıştır. Bu koşullarda elde edilen temel flotasyon konsantre ve artığına 3 temizleme ve 3 süpürme işlemi uygulanarak tesis flotasyon işlemi laboratuvar ortamında uygulanmıştır. Temizleme ve süpürme işlemlerinden sonra, Oysu flotasyon tesisinde yaklaşık %66 verim ile üretilen ortalama %74 organik karbon tenörüne sahip nihai konsantreye karşın laboratuvar koşullarında % 71,59 flotasyon verimi ile %76,89 organik karbon tenörüne sahip nihai konsantre üretilmiştir.

Temizleme ve süpürme flotasyonlarında elde edilen sonuçların yanı sıra, tane boyutu düzenlemesi ile elde edilecek öğütme gideri tasarrufu ve kullanılan reaktif miktarlarında gerçekleştirilecek tasarruf göz önüne alındığında, tesiste ufak çaplı bir düzenleme ile hem ekonomik hem de yeraltı zenginliklerinin değerlendirilmesi açısından daha verimli bir üretim yapılabileceği ortadadır.

## Kaynaklar

Aplan, F.F., Fuerstanau, D.W., 1962. Principles of Nonmetallic Mineral Flotation. 50th Anniversary Volume, AIME, Metal. Petrol Eng., 170-214.

Canbazoğlu, M., 1981. Çayeli Kompleks Sülfürlü Yatağından (İndirgeme+Yükseltgeme) Süreci ile Bakır, Çinko ve Kurşun Üretimi. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Teknoloji Dairesi, Metalürji Servisi, Proje No: VI/21.0.00.00-7.

Glembotskii, V.A., Klassen, V.I., Plaksin, I.N., 1972. Flotation, Tsvetnye Metally, New York, 424-427.

Graffin, G.D., 1983. Graphite, Industrial Minerals and Rocks (Nonmetallics other than Fuels); Society of Mining Engineers of The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., 2 (5), 757-773.

Hradil, D., Hostomský, J., 2002. Effect of Composition and Physical Properties of Natural Kaolinitic Clays on

Their Strong Acid Weathering Rates. Catena, 49, 171-181.

Ingraham, T.R., Parson, H.W., Cabri, L.J., 1972. Leaching of Pyrrhotite with Hydrochloric Acids. Canadian Metallurgical Quarterly, 11 (2).

Kaya, Ö., 2006. Grafit Zenginleştirme Yöntemleri ve Zenginleştirmeye Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 248s, Sivas.

Lu, X., Forssberg, E., 2001. Flotation Selectivity and Upgrading of Woxna Fine Graphite Concentrate. Minerals Engineering, 14 (11), 1541-1543.

Okada, K., Arimitsu, N., Kameshima, Y., Nakajima, A., MacKenzie, K.J.D., 2006. Solid Acidity of 2:1 Type Clay Minerals Activated by Selective Leaching. Applied Clay Science, 31, 185-193.

Önal, G., Ateşok, G., 1994. Özgül Ağırlık Farkı ile Zenginleştirme. Cevher Hazırlama El Kitabı, 147-158.

Pierson, H.O., 1993. Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes Properties, Processing and Applications, Noyes Publications.

Rao, R.B., Patnaik, N., 2004. Preparation of High Pure Graphite by Alkali Digestion Method. Scandinavian Journal of Metallurgy, 33, 257-260.

Subramanian, K.N., Jennings, P.H., 1972. Review of The Hydrometallurgy Chalcopyrite Concentrates. Canadian Metallurgical Quarterly, 11, 387-400.

Temuujin, J., Okada, K., MacKenzie, K.J.D., 2003. Preparation of Porous Silica from Vermiculite by Selective Leaching. Applied Clay Science, 22, 187-195.

Wakamatsu, T., Numata, Y., 1991. Flotation of Graphite. Minerals Engineering, 4 (7-11), 975-982.

Yarar, B., 1988. Flotation. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, VHC Verlagsgesellschaft, 23.1-23.29.