

OKSİDE KÖMÜRÜN KARAKTERİSTİKLERİ VE KÖMÜR HAZIRLAMA TESİSİ PERFORMANSINA ETKİSİ

Mehmet LEKİLİ(*)

ÖZET

Yeryüzüne yakın uzanıp atmosferik koşullara maruz kalan veya ocaklardan çıkarılıp bir süre stok edilen kömürler endüstride "oksidasyon" olarak bilinen bir seri fiziksel ve kimyasal değişimlere uğrarlar. Bu bildiri okside kömürün karakteristiklerini tanımlamak ve bir kömür hazırlama tesisi devresinde okside kömür problemlerinin nedenlerini ve etkilerini açıklamak amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca okside kömürle çalışan işletmecilere birtakım kömür hazırlama yöntemleri önerilmiştir.

ABSTRACT

Coal which lies close to the surface and gets exposed to atmospheric weathering and coal which has been mined and stockpiled for a period of time will undergo a series of physical and chemical changes referred to in the industry as "oxidation" This paper intends to define the characteristics of oxidized coal and to show the causes and effects of oxidized coal problems A number of operational oriented preparation techniques will be offered to help operators dealing with oxidized coals solve the associated problems.

(*) Dr. Maden Yuk. Muh., TTK Merkez Lavuarı, ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Bu bildirinin amacı okside kömürün karakteristiklerini tanımlamak, bunların kömür hazırlama proseslerine olumsuz etkilerini belirtmek ve bu etkileri gidermek için bazı yöntemleri açıklamaktır.

Kömürün okside hale dönüşmesi için birbiriyle ilgili bir seri biyolojik, fiziksel ve kimyasal değişimler olur. Atmosfer koşullarına maruz kalmaktan, değişen miktarlarda rutubet ihtiva etmelerinden ve bakteri faaliyetlerinden dolayı aşağıdaki kömürlerin oksidasyona uğramaları çok muhtemeldir.

1. Topuklardaki kömürler
2. Mostra kömürleri
3. Açık işletme kömürleri
4. Stok edilen kömürler

OKSİDE KÖMÜR KARAKTERİSTİKLERİ

Okside kömür birçok farklı özelliklerdeki değişimlerle karakterize edilir. Bunlar ıslanabilirlik, yüzebilirlik, kimyasal bileşim ve zeta potansiyelindeki değişimlerdir.

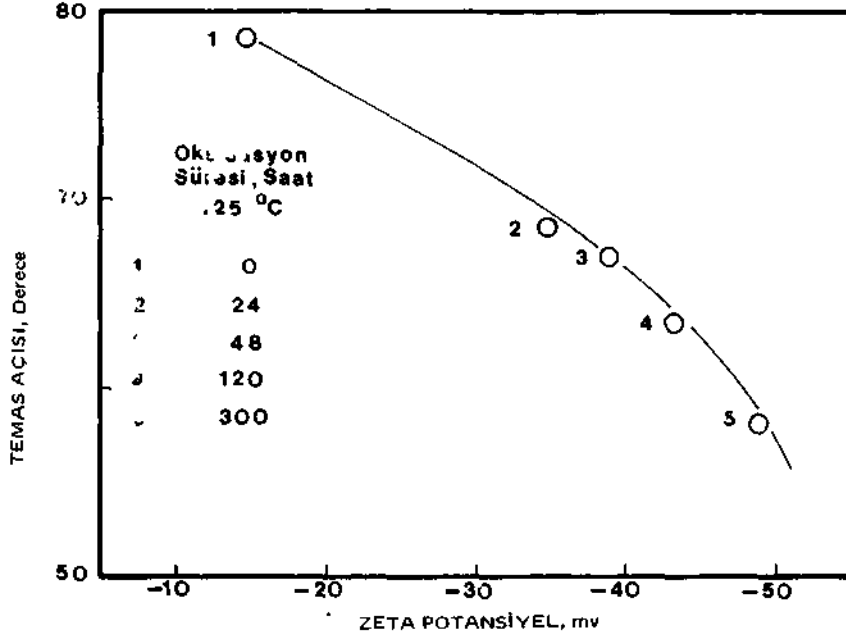
2.1. Islanabilirlik

Kömürün Oksidasyonu suyu itme kabiliyetini azaltır. Su tarafından ıslatılabilen (hydrophilic) bir yüzey ile suyun ıslatmadığı (hydrophobic) bir yüzey arasındaki pratik ayırım şudur: Islanabilen yüzey suyun devamlı bir film halinde bütün yüzey boyunca yayılmasına müsaade eder halbuki ıslanmayan veya suyu iten bir yüzeyde su birbirinden ayrı damlalar halinde kalır. Bu su damlalarının kenarlarında su hava ara yüzeyi kömür yüzeyi ile bir açı oluşturur. Su içinde ölçülen bu açığı "temas açısı" denir. Eğer bu açı sıfır ise yüzey su ile tamamen ıslanabilir. Büyük açı değerleri ise yüzeyin suyu itme özelliğini arttırdığını gösterir. Şekil 1 'den görüldüğü gibi kömürün oksidasyonu arttıkça temas açısı azalmaktadır. Bu da artan oksidasyon sonucu kömür yüzeyinin suyu daha az itme veya daha az hidrofob olma eğilimi gösterdiğini ortaya koyar.

2.2. Yüzebilirlik

Islanabilirlikteki değişim kömürün flotasyon ile yüzdürülüp yüzdürülemeyeceğini direkt olarak etkiler. Şekil 1 kömür yüzeyinin artan oksidasyonunun suyu itme özelliğinde azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Bunun sonucu kömürün yüzebilirliği de azalır. Okside Kömürler üzerindeki flotasyon deneyleri oksidasyon derecesine göre yüzebilirliğin giderek azaldığını göstermektedir(1).

Okside kömürlerin yüzebilme özelliklerindeki azalma bunların yüzemeyen bileşimleri oksijen ve kül miktarlarındaki artma ve buna bağlı olarak yüzebilen bileşimleri hidrojen ve karbon miktarlarındaki azalma sonucudur.



Şekil 1— Oksidasyonun temas açısı ve zeta potansiyele etkisi

2.3. Kimyasal Bileşim

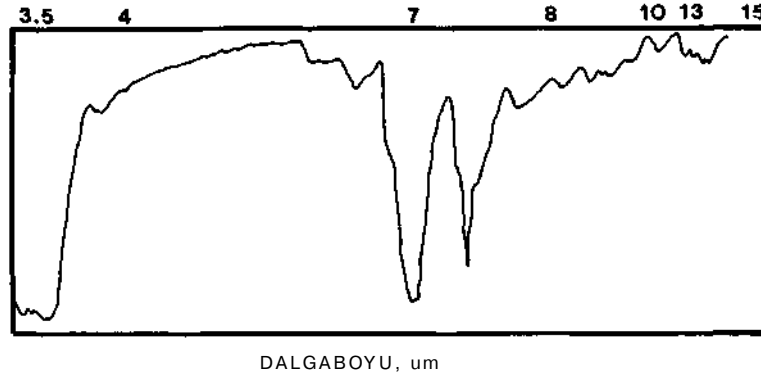
Okside ve okside olmamış kömürün fiziksel özellikleri üzerinde yapılan bir araştırma(2) bu kömürler arasındaki esas farkın benzende çözülebilen organik madde miktarları arasında ortaya çıktığını göstermiştir. Okside olmamış kömür aromatik, yüksek sıcaklıkta benzende çözülebilen yağ ihtiva ederken bu madde okside kömürde tespit edilememiştir. Okside olmamış kömürün benzende çözünmesinden elde edilen maddenin infra redspektrası asfaltik yağlar (aromatik absorpsiyon 11.4, 12.3 ve 13.4 mm'de) ve uzun zincirli alifatik hidrokarbonlar (13.8 mm) için elde edilen spektraya çok benzemektedir (Şekil 2).

2.4. Zeta Potansiyel

Zeta potansiyelindeki değişme kömürün çökme ve flokülasyon özelliğini etkiler. Zeta potansiyel su içindeki parçacıklar üzerinde bulunan elektrik şarjının ölçümüdür. Okside kömür yüzeyi ana olarak asidik karakterdeki hidroksil ve karboksil grupları ile kaplıdır. Bu gruplar suda negatif yük taşıdıklarından okside kömür yüzeyi de negatif zeta potansiyele sahiptir. Şekil 1 oksidasyon derecesindeki artışın zeta potansiyelin negatif değerini artırdığını göstermektedir.

3. OKSİDASYONUN ETKİLERİ

Kömürün karakteristiğini değiştiren oksidasyonun kömürde birçok olumsuz özellikler meydana getirdiği ve kömür hazırlama tesisinde problemlere neden olduğu birçok araştırmacı tarafından gözlenmiştir(3).



Şekil 2— Okside olmamış kömürün benzende çözünen kısmının infra red spektrasi

Spesifik gravitede meydana gelen artış gravimetrik ayırimda güçlükler doğurur, ince aksam miktarındaki artma ince kömür devresinde bir yük fazlası oluşturur. pH'nın azalması ve mineral madde miktarındaki artma yıkama sularının temizlenmesini zorlaştırır. Sonuçta kömürün gerçek değeri ısı değeriindeki düşme sonucu azalır.

3.1. Spesifik Gravite

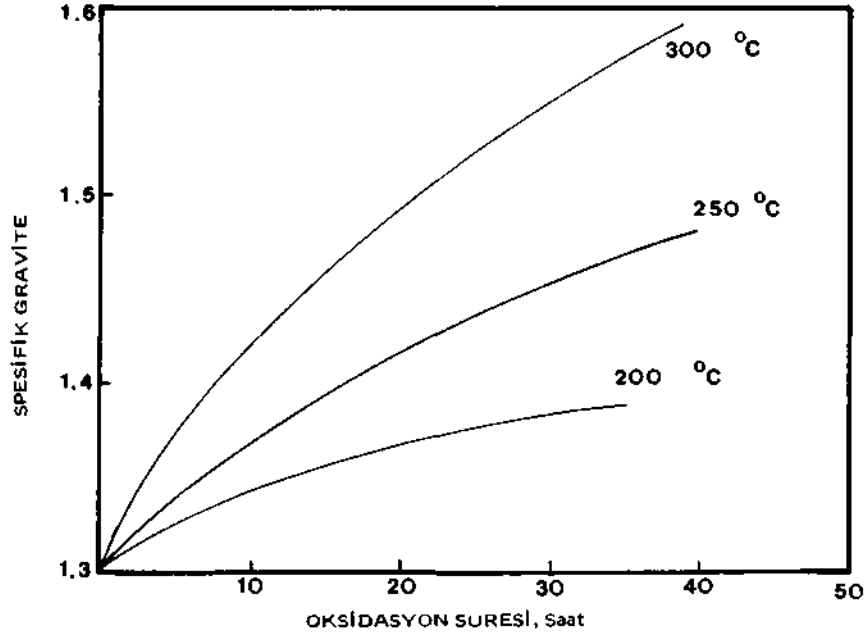
Kömür Oksitlendikçe spesifik gravitesi artar kömürün artıktan ayrılmasında ilk işlem çok az bir gravite farkına dayandığı için beslenen kömürün gravitesindeki artış elde edilen temiz kömürün' miktarını ve kalitesini etkiler. Şekil 3 oksitlenen kömürün spesifik gravitesinin arttığını göstermektedir. Deneyler kömürün hem oksitlenme süresinin hem de oksitlenme sıcaklığının spesifik gravite artımını etkilediğini göstermiştir. Spesifik gravite artışı kömürün oksidasyon sonucu oksijen ve kül içeriğindeki yükselmeden meydana gelmektedir.

3.2. Hardgrove İndeksi

Okside kömür kolaylıkla ufalanabilir, gevrek bir yapıya sahip olduğu için bu kömürün prosesi fazla miktarda ince aksam oluşturur. Bu da hazırlama tesisi devrelerine beslenen miktarı etkiler. Şekil 4'de görüldüğü gibi kömürün öğütülebilirliğinin bir göstergesi olan hardgrove indeksi oksidasyon arttıkça azalmaktadır.

3.3. Mikro Çatlaklar

Hardgrove indeksindeki azalma direkt olarak kömür okside olduğu zaman oluşan mikro çatlaklarla ilgilidir. Okside kömür yüzeyi kırıklı, çatlaklı olup, kurumuş çamur kekine benzer buna karşı okside olmamış kömür yüzeyi düz ve çatlaksızdır. Atmosfer koşullarına maruz kömür yüzeyinin kuruyup ıslanmasının neden olduğu termal büzülme ve genişleme kömürü karakterize edilen kırık ve çatlakları genişletir. Bu kırık ve çatlaklardan dolayı okside kömür mekanik olarak zayıf ve dayanıksızdır, kolay kırılır.



Şekil 3— Oksidasyon süresinin spesifik graviteye etkisi

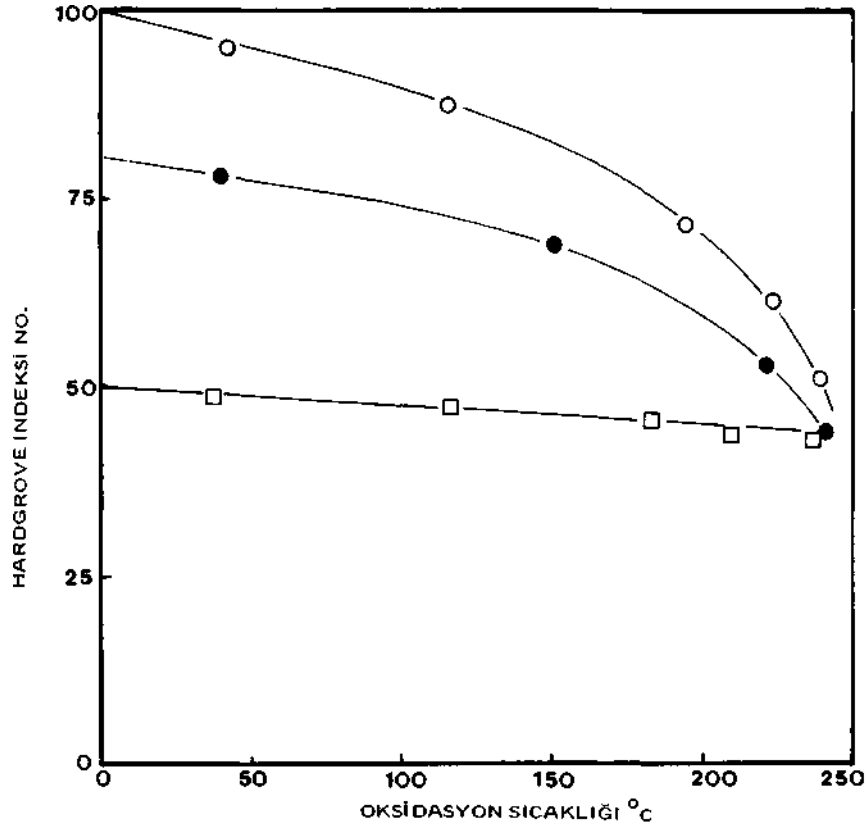
3.4. pH

Oksidasyon yıkama suyunun bileşimini etkilediği için bu suların tekrar temizlenmesi işlemine de tesir eder. Yıkama suyunun hem pH'sı hem de mineral madde muhtevası oksidasyon ile değişir. Kömürün oksidasyonu yüzeyde asidik gruplar meydana getirdiği için bu gruplar suda negatif yük taşıyarak pH'nın azalmasına neden olurlar. Bir araştırmaya göre(4) kömürden suya geçen belli başlı inorganik elektrolit iyonları Fe²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺'dür. Çizelge 1 kömürden çözünen bu metal iyonları konsantrasyonuna oksidasyonun etkisini göstermektedir. Buna göre demir ve kalsiyum konsantrasyonları 0.6 ve 16.0 ppm'den 125°C'de 96 oksidasyon sonucu 45.3 ve 21.2 ppm'e çıkmıştır.

Sonuç olarak oksidasyon kömürün değerini azaltan bir prosestir. Kömürün yakıt, kok üretimi veya kimya endüstrisinde birçok kullanım yeri oksidasyondan olumsuz olarak etkilenir

Çizelge 1— Okside linyitin suda çözünebilen iyonlarının atomik absorpsiyon spektroskopisi analizi

OKSİDASYON SÜRESİ Saat, 25° C	KONSANTRASYON, PPM			
	Fe	Ca	Al	Mg
0	0.6	16.0	0.5	1.8
48	26.2	20.5	1.3	2.2
96	45.3	21.2	1.6	2.4



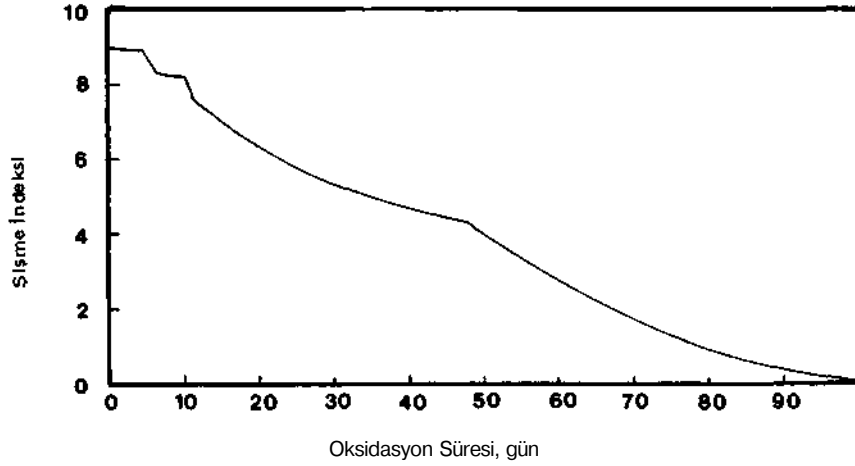
Şekil 4— Oksidasyon sıcaklığının öğütülebilirliğe etkisi (Oksidasyon süresi 24 saat)

Uzun yıllardan beri kömürün kekleşme kapasitesinin tayininde kullanılan şişme indeksi okside kömürlerin tesbitinde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Şişme indeksinin az bir oksidasyon derecesine bile çok hassas olduğu tesbit edilmiştir. Oksidasyon derecesi arttıkça şişme indeksi lineer olarak azalmaktadır (Şekil 5).

3.5. Kömür Hazırlama Tesisi Performansı

Okside kömürün kömür hazırlama tesisi performansına etkisini tayin etmek için normal kömür yıkanan tesisle bir karşılaştırmak gerekir. Örnek olarak Şekil 6'da verilen tesis modelini inceleyelim: Saatte 1 000 ton 150x0 mm kömür 50x0 mm'ye kırılıp, 50x10, 10x0.6 ve 0.6x0 mm ebatlarına tasnif edilmektedir. 50x10 mm ağır mai sistemine beslenmekte, 10x0.6 mm masalarda yıkanmakta ve 0.6x0 mm flotasyon hücrelerine gönderilmektedir.

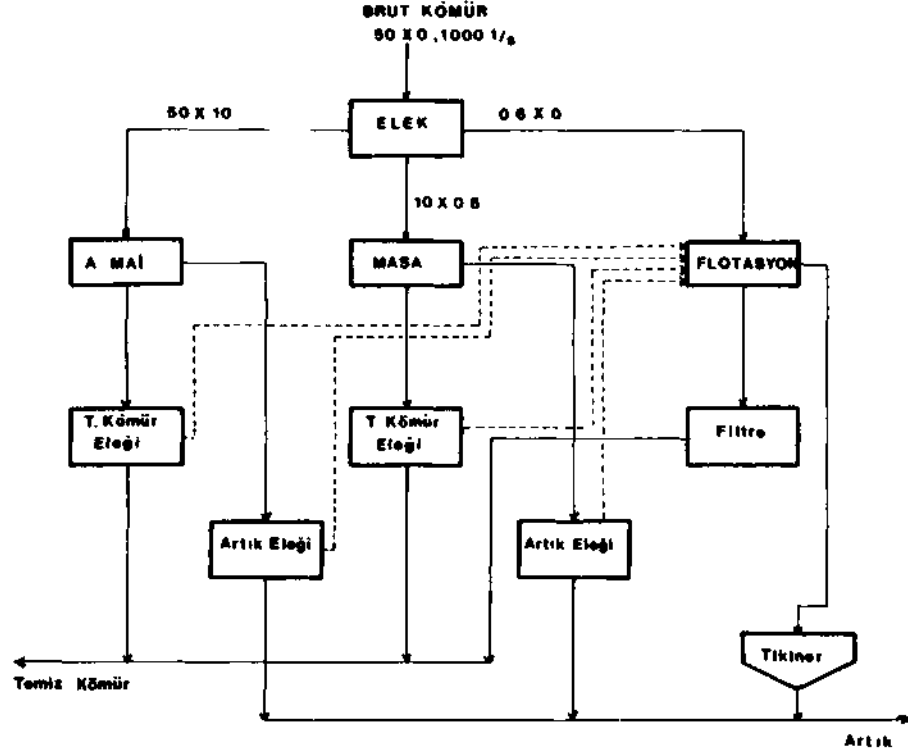
Bu tesise normal koşullarda baktığımız zaman aşağıdakilerin oluşması beklenir: Saatte 1 000 ton kömür 50x0 mm'ye kırılıp tasnif edildikten sonra 500 t 50x10 mm ağır mai sistemine beslenir. Ve saatte 375 t temiz kömür ile 125 t artık elde edilir. Her iki



Şekil 5— Oksidasyonun şişme indeksine etkisi

ürün sudan arındırılmak amacıyla süzgeç eleklerine beslenir. Süzme işlemi sırasında oluşan ince aksam (10 t/saat) ince kömür yıkama sistemine gönderilir. 300 110x0.6 mm yıkama masalarına beslenir. 225 t temiz kömür ve 75 t artık elde edilir. Bu ürünlerin süzülme sırasında oluşan ince aksamda (2 t/saat) yine ince kömür yıkama sistemine gönderilir. Geriye kalan 200 t 0.6x0 mm kömür ile ağır mai ve masa sistemlerinden gelen 10 t ve 2 t ince aksam flotasyon hücrelerine beslenir. Flotasyon sisteminden 159 t temiz kömür ile 53 t artık elde edilir. Böylece bütün sistemler toplam 752 t temiz kömür ile 248 t artık vererek % 75 randımanla çalışmaktadır.

Okside kömür koşullarında yukarıdaki sistemi incelersek aşağıdakiler meydana gelir: 1 000 t kömür 50x0 mm'ye kırıldıktan sonra tasnif edilir. Okside kömürün kırık çatlaklı yapısından ve kolay kırılabilirlik özelliğinden dolayı ancak 400 tonu ağır mai sistemine gider. Ağır mai siklonlarındaki yüksek türbülansa bir de okside kömürün kolay kırılabilirlik özelliği eklenince bu sistemde önemli miktarda ince aksam oluşur. Bu da sistemin gravitesini etkileyerek beklenmeyen randımana neden olur. Bu sistemin % 70 randımanla çalışılacağı düşünülürse 280 t temiz kömür ile 120 t artık alınır. Bu ürünlerin sudan arındırılması işlemi sırasında meydana gelen 20 t ince aksam flotasyona verilir. 300 110x0.6 mm yıkama masalarına gönderilir. Yine okside kömürün kırılabilirliği ve gravitedeki olumsuz etkisinden dolayı % 30 artık elde edileceği düşünülerek 210 t temiz kömür ve 90 t artık elde edilir. Ayrıca süzme işlemi sırasında meydana gelen 10 t ince aksam flotasyona beslenir. Flotasyon sistemi saatte 300 t 0.6x0 mm brüt girişine ek olarak ağır maiden 20 t ve masalardan 10 t ince aksam almaktadır. Böylece saatte 200 tona göre dizayn edilen flotasyon sistemine 330 t ince kömür gelmektedir. Sistemin fazla yüklenmesinden başka okside kömürün yüzebilirliğinin az olması, pülp pH'sının maksimum verim için ayarlanan optimum değer altına düşmesi, pülpün katyonik iyon konsantrasyonundaki artış flotasyon hücrelerinden elde edilen konsantre verimini etkiler. Bu durumda kayıp miktarı % 80'e kadar ulaşmaktadır. Buna göre sonuçta 361 t temiz kömüre karşılık 264 t artık alınır. Yukarıdaki işlemlerle saatte toplam 511 t temiz kömür alınmakta ve 489 t ar-



Şekil 6— Kömür hazırlama tesisi modeli

tık atılmaktadır. Böylece %51.1'lik bir randımana ulaşılmıştır ki okside kömürle çalışma sonucu randıman kaybı % 24'tür.

Okside kömürle ilgili problemlerin çözümü karmaşık olmakla birlikte nedenleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Okside kömürün kolay kırılabilirliğinden dolayı fazla miktarda ince aksam meydana gelir.
2. İnce aksam miktarındaki artma yüzey alanını artırır.
3. Flotasyon hücreleri fazla yüklenir.
4. Gravite tam kontrol edilemediği için konsantreye gitmemesi gereken artık konsantreye geçer veya tersi olur.
5. Pülpün pH değeri düşer.
6. Yüzeyden çözünen katyonlar pülpe geçer.
7. Kömürün yüzebilirliği azalır.

4. OKSİDASYONUN ETKİLERİNİ KONTROL YÖNTEMLERİ

Oksidasyonun etkilerini kontrol yöntemleri aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

1. Okside kömürün neden olduğu ek yükler için devrelere ilave teçhizat konabilir.

örneğin mevcut sistemi dizayn edildiği kapasiteye indirmek için ilave siklonlar, elekler, tanklar, flotasyon hücreleri ve sudan arındırma sistemleri kullanılabilir.

2. pH ayarlaması yapılabilir. Okside kömür yıkama sularının pH değerini düşürür. Asidik pH değerlerinde kömür yüzeyi pozitif yük kazanır ki bu kömürün yüzebilirliğini azaltır. Pülp pH'sının nötrleştirilmesi ile kömürün yüzey şarjı sıfıra yaklaştırılarak maksimum yüzebilirlik sağlanabilir. Yıkama sularının pH değerinin arttırılması sodyum hidroksit, sodyum karbonat, kalsiyum karbonat veya kalsiyum hidroksit ilavesiyle sağlanabilir. pH'nın kontrolü artık minerallerin dispersiyonunu ve flokülasyonunu sağladığı gibi yüzeyden çözünen tuzların da çökmesine yardım eder.

3. Kömür yüzeyinde okside olmuş tabakalar % 1'lik sodyum hidroksit ile çözülebilir. Bundan sonra bilinen flotasyon reaktifleri ile yüzdürme yapılabilir.

4. Tikinerlere flokülant beslemesi yapılabilir. Doğru seçilmiş bir flokülant ile okside olmuş kömürler ince artikla birlikte çöktürülerek atılır. Tikinerin üst taşması böylece tekrar tesiste kullanılacak kalitededir.

5. Son olarak da okside kömür yüzeyleri kimyasal reaktiflerle tekrar yüzebilir hale getirilebilir. Accoal 4433, Dowell conditioner gibi reaktiflerin kullanılması sonucu okside kömür flotasyonunda % 40'a ulaşan randıman artışı elde edilmiştir(5).

5. SONUÇ

1. Normal kömür hazırlama tesisi devrelerine okside olmuş kömürlerin beslenmesi tesisin işletilmesinde olumsuz etkilere neden olur.

2. Okside kömürün olumsuz etkileri saptanabilir.

3. Bu olumsuz etkiler normal bir tesis işletmesi sağlanabilecek şekilde giderilebilir.

4. Sistemde artan yükü telafi etmek için ilave teçhizat kullanılabilir. Okside kömürün etkilerini kontrol etmek, kömürün yüzebilirliğini arttırmak amacıyla kimyasal reaktifler ve flokülantlardan yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

1. SUN, S.C., Effects of Oxidation of Coals on their Flotation Properties, Mining Engineering, April, 1954
2. MONTGOMERY, CT., A Short Study on the Physical Properties of Oxidized vs. Nonoxidized Coal from Mc Intre Mines, Alberta, Canada, Tehnical Letter 54833, Dowell Division of Dow Chemical Co., September, 1976.
3. GRAY, R.D., KING, D.T. and RHODES, A.H., Detection of Oxidized Coal and the Effects of Oxidation on the Technological Properties, Reprint from Trans, of SME, December, 1976.
4. WEN, W.W. and SUN, S C, An Elektrokinetic Study of the Amine Flotation of Oxidized Coal, SME-AIME Fall Meeting, September, 1976.
5. SCANLON, M.J., AVOTINS, P.V., WANG, S.S., STRYDOM, P., Flotation Promoters Improve Fine Coal Recovery, World Coal, February, 1983.

