

Kömürün Depolanmasında Karşılaşılabilecek ve Alınacak Önlemler Sorunlar

Dr. Gündüz ÖKTEN (*)
Sina YAZICI (**)

Ö Z E T

Kömür depolamanın en önemli sakıncası, oksidasyon sonucu kendiliğinden kızışma ve açık alevli yangınların ortaya çıkmasıdır. Bu makalede kömürün oksidasyonuna karşı alınacak önlemler kısaca açıklanmıştır. Ayrıca, stok yapılırken dikkat edilmesi gerekli noktalar ve oluşabilecek yangınlarla mücadele yöntemleri hakkında pratik öğütler sunulmuştur.

ABSTRACT

The basic disadvantage of stocking coal is the occurrence of spontaneous heating and then open fires as the results of oxidation. In this paper, the factors affecting the oxidation of coal, the safety precautions for oxidation, the important determinations in stockpiling, fire fighting procedures are briefly stated and practical recommendations are presented

(*) Maden Yüksek Mühendisi, İT Ü- Maden Fakültesi, İstanbul

(**) Maden Yüksek Mühendisi, İT-Ü- Maden Fakültesi, İstanbul

1. GİRİŞ

Sını yakıtlar gibi kömür de bazı zorunluluklar karşısında büyük miktarlarda depolanabilen bir maddedir. Üretim aksamlarına karşı tedbirli olmak, kömür yıkama tesislerinde ortaya çıkabilecek arızalar, yazın üretip kışın satmak, madenlerde çalışanlara devamlı bir iş imkanı sağlamak, taşımacılığı iyi havalarda gerçekleştirmek vb. depolamanın nedenleri arasında sayılabilir.

Birçok yararı yanında depolama önemli sakıncaları da taşır. Öncelikle, depolanmış kömür ölüyatırımıdır, ek masraflar ortaya çıkartır. Fazla miktarda gaz içeren kömürlerin silolarda depolanması sonucu tehlikeli metan gazı birikimleri oluşabilir. Eğer kömür kırılğan yapıda ise, depolama sırasında parçalanma yoluyla ince tane miktarı artar. Depolanmış kömürün oksidasyonu nedeniyle koklaşma niteliğinin azalması, ısı değerinin düşmesi bu sakıncalar arasındadır. Ancak en önemli husus, oksidasyon sonucu kömürün kendiliğinden kızışarak açık alevli yangınların ortaya çıkmasıdır. Yangın tehlikesini önleyici tedbirler almak ve yangını söndürmek ise ilave harcamaları gerektirir (1).

2. KÖMÜRÜN OKSİTLENMESİ VE KENDİLİĞİNDEN KIZIŞMA OLAYI

Kömür oksitlenmeye eğilimli bir maddedir. Bu nedenle depolanan kömür havanın oksijeni ile oda sıcaklığında reaksiyona girer ve oksijen kömüre fiziksel olarak bağlanır. Daha sonra serbest radikallerin reaksiyonları sonucu peroksitler oluşur ve kömürün yüzeyi oksijenle zengin bileşikler ile kaplanır. Oksijenin büyük bir bölümü ilk günler içinde absorbe edilmektedir, böylece kömürün ağırlığında önce hızla seyreden, sonra yavaşlayan bir artma gözlenir. Düşük sıcaklık oksidasyonu sırasında, çok az miktarda CO gazı açığa çıkmaktadır. 70°C'den sonra CO ve CO₂ yayılımının arttığı izlenir ve

yaklaşık 125°C civarında su buharı oluşur. Bu aşamada kömürün ağırlığı daha öncekinin aksine azalmaya başlar.

Bilindiği gibi, oksidasyon ekzotermik bir reaksiyondur. Bu nedenle, gelişen oksidasyona paralel olarak kömür yığınının sıcaklığı yükselir. Eğer yığın içindeki değişik noktalarda biriken ısı atmosfere taşınmıyorsa, sıcaklık artışı devam eder ve sonuçta kömür tutuşur. Bundan sonraki bölümde kömürün tutuşmasında ana etken olan oksidasyon olayım etkileyen faktörler kısaca açıklanmıştır (2,3).

2.1 Oksidasyona Etki Eden Faktörler

Bir kömürün oksidasyon kapasitesi, oksidasyon hızı ile karakterize edilir. Oksidasyon hızı, kömürün 1 saatte absorbladığı oksijen miktarının kömür miktarına (kuru bazda) oranının 10⁶ ile çarpımı olarak tariflenir. Diğer bir deyimle, ppm O₂ / saat birimindedir.

Kömürün oksidasyonuna etkileyen faktörler arasında en önemlileri; kömürün yapısı, ortamdaki oksijenin kısmi basıncı ve sıcaklık, kömürün içerdiği nem miktarı ve parça boyutudur (3,4,5).

2.1.1 Kömürün Yapısı

Araştırmalar, kömürleşme derecesi arttıkça (kömürdeki uçucu madde miktarı azaldıkça, sabit karbon miktarı arttıkça) kömürün oksitlenme niteliğinin azaldığını ortaya koymuştur. Örneğin, linyitler kendiliğinden kızışmaya çok yatkın oldukları halde, antrasit kömüründe kızışma olayı kesinlikle görülmez. Bunun nedeni, düşük kömürleşme derecesindeki kömürlerin bünyelerinde daha fazla reaktif O₂ bulunmasıdır.

Ayrıca, kömürü oluşturan petrografik birimlerden bazıları, oksitlenmeye diğerlerine oranla daha yatkındır. Bunları vitrain, klarain, durain, fusain olarak sıralayabiliriz. Yani, daha çok vitrain içeren kömürler diğerlerinden daha kolay oksitlenebilmektedirler (3,5).

2.2.2 Oksijenin Kısmi Basıncı ve Sıcaklık

Kömürün oksitlenme hızı ortamdaki oksijenin kısmi basıncı ile doğru orantılıdır (5).

Oksidasyon hızı üzerinde sıcaklığın etkisi ise ARRHENİÜS ampirik eşitliği ile belirlenir.

$$\ln r = \ln A - \frac{E}{RT} \quad [1]$$

Bu eşitlikte,

r : Oksidasyon hızı (ppm fVsaat),

T : Sıcaklık (°K),

R : Gaz sabiti (1.987 cal/gr. mol °K),

E : Aktivasyon enerjisi (cal/gr.mol)

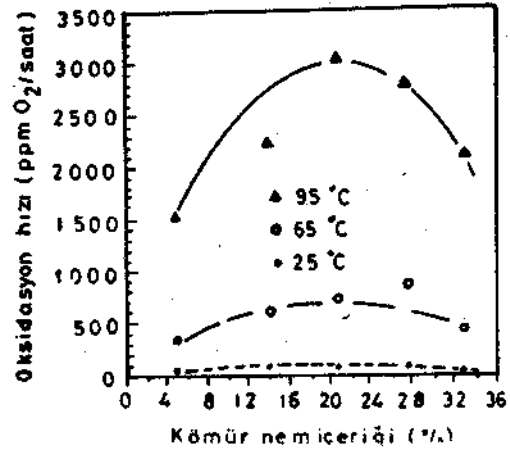
A : Katsayı (ppm O₂)

Eşitlik [1]'deki E değeri sadece kömürün özelliklerine, A ise hem kömürün türüne hemde ortamdaki oksijenin kısmi basıncına bağlı bir katsayıdır. A.B.D.'de Kuzey Dakota linyitleri üzerinde yapılan araştırmalarda; E değerinin kömürdeki nem miktarına bağlı olarak 11000 cal/gr. mol civarında yoğunlaştığı, normal şartlarda A değerinin ise 9500-55000 ppm O₂ arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı kömürler için Bureau of Mines araştırmacıları, 25°C'den sonraki her 10.5°C'lik sıcaklık artışı için, oksidasyon hızının iki katına çıkarak fazlaştığını ileri sürmüşlerdir (5).

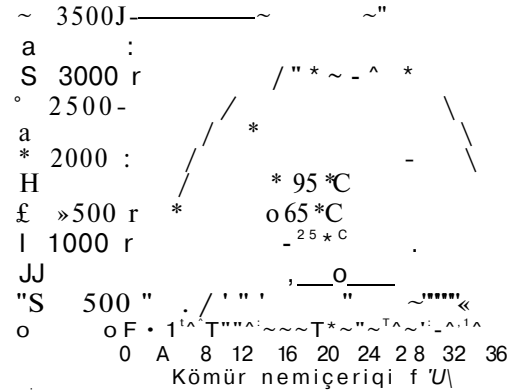
2.2.3 Kömürün İçerdiği Nem Miktarı

Kömürün içerdiği nem miktarının oksidasyona etkisi çok tartışılabilir bir konudur (6). Genellikle oksidasyon hızının nem miktarına paralel olarak arttığı düşüncesi hakim olmuştur. Ancak son yıllarda linyitler üzerinde yapılan bir araştırmada, nem içeriği % 5 - % 33 olan kömürlerde, oksidasyon hızının % 20'dekine oranla çok daha yavaş geliştiği görülmüştür (Şekil 1) (5).

Bu da kömürün içerdiği nem miktarı ile oksidasyon hızı arasında ikinci dereceden bir ilişki bulunduğunu açığa çıkarmaktadır.



Şekil 1. Linyitin oksidasyonuna, kömürün neminin etkisi (1, 27 cm -0,64 cm'lik kömür numunesi) (5)



Şekil 1. Linyitin oksidasyonuna, kömürün neminin etkisi (1, 27 cm -0,64 cm'lik kömür numunesi) (5)

2.2.4 Kömürün Parça Boyutu

Depolanmış kömür yığınındaki ince boyutlu parça miktarı arttıkça, kömürün kendiliğinden kızışmaya eğilimi de fazlaştırmaktadır. Çünkü parça boyutu küçüldükçe yığında oksijen ile ilişkide olan toplam yüzey alanı büyümektedir. Pratik olarak oksidasyon hızı ile parça boyutu arasındaki ilişki,

$$r = \frac{A}{m} \cdot \left[\frac{2 \cdot 16 \text{ m}}{c} \right] >$$

[2] eşitliği ile tariflenir.

21

Bu bağıntıda,

r : Oksidasyon hızı (ppm fVsaat),

c : Kömürün reaksiyon hızına ve ortama bağlı bir katsayı (liniyit için normal şartlarda 503 olarak alınabilir).

m : Ortalama tane boyutu (cm)'dir

3. KÖMÜRÜN OKSİTLENME DERECE-SİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYONU ÖNLEYİCİ MADDELER

Oksidasyon ile birlikte kömürün bazı özellikleri, de değişir. Permanganant sayı, karboksil yüzdesi, parlama ısı, plastiklik, koklaşma özelliği vb. bunlar arasında sayılabilir. Bu özelliklerden herhangerinin incelenmesiyle, oksidasyonun hangi aşamaya ulaşmış olduğu anlaşılabilir (5).

Ancak en pratik yöntem, yığından alınan kömürü su ile karıştırıp, karışımın asitlik derecesine bakmaktır. Çünkü oksitlenme ile oluşan karboksil grupları asit karakterlidir (3). Genellikle pH derecesindeki bir azalma, kömürün yeterince oksitlenmiş olduğunu gösterir. Deneysel çalışmalarda pH'nın en çok 5'e kadar düştüğü görülmüştür. Ayrıca, tüvenan kömür ile oksitlenmiş kömürün pH'larını karşılaştırmakta da yarar vardır.

Oksitlenmeyi önleyici maddeler fiyatlarının yüksek olması nedeniyle endüstriyel, alanda fazla ilgi görmemiştir. Bunlar arasında hidrokinon, petrol türevleri, yağ asitleri ve sabunlar, kireç kaymağı ve kalsiyum karbonat sayılabilir.

4. KÖMÜR DEPOLANMASI SIRASINDA ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Yeraltı işletmelerinde veya açık ocaklarda üretilen kömür yerüstü tesislerinin bir parçası olarak nitelendirilen stok sahalarında ve silolarda, konutlarda ise, küçük miktarlarda genellikle kalorifer tesislerinin bulunduğu bodrum katlarında depolanmaktadır.

Özellikle içerdiği gaz miktarı yüksek, gaz desorpsiyon hızı düşük kömürlerin silolarda veya kapalı yerlerde depolanması sonucu, biriken metanın patlamasıyla sonuçlanan üzücü olaylar ortaya çıkmaktadır (7). Bu nedenle silo havasındaki metan miktarının hiçbir zaman % 1'i aşmasına müsaade edilmemelidir. Bir aspira-

tör ile siloyu havalandırıp metan oranını düşürmek bir önlem olarak düşünülemez. Çünkü kuvvetli hava akımı kendiliğinden kızışma tehlikesini de birlikte getirebilir. Bu durumda siloyu doğal olarak havalandırmak en iyi çözümdür.

Kömür depolanmasında karşılaşılan en önemli sorun, genel anlamda her türlü kömürde görülebilen kendiliğinden /kızışmadır. Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak, hiç değilse sınırlandırabilmek için alınması gerekli önlemler aşağıda sıralanmıştır.

— Yığınların tabanı düz olmalı, tabandan yığına hava geçmemesine dikkat edilmelidir. Beton en uygun zemindir. Toprak üzerine yığılmış kömür tozu veya killi malzemeleri sıkıştırarakta iyi bir zemin elde edilebilir. Üzerinde kül, çöp, tahta, parçaları, bitki artıkları vb. bulunan yüzeyler kesinlikle emniyetli değildir.

— Prensipte olarak, depolanacak kömürün önceden bir miktar oksitlenmesi güvenlik açısından alınması gerekli tedbirlerdendir. Serilen tabaka, üzerine yeni bir tabaka gelmeden önce bir süre bekletilirse, kömür havanın oksijenini absorblar ve redktifliği azalır. Depolama sırasında oksidasyon hızını sınırlandırmak için yazın 1-2 hafta yeterli olur. Kışın sıcaklığın düşük olması nedeniyle oksidasyon hızı azalacağından, tabakayı bekletme süresi de artar.

— Yığını oluşturan tanelerin boyutları mümkün olduğu ölçüde birbirine yakın olmalıdır. İri parçalı ve toz kömür birlikte depolandığında, mutlaka segregasyon (ince tanelerin irilerden kendiliğinden ayrılması) olayı meydana gelir. Hava iri parçalar arasındaki boşluklardan geçerek toz kömürü kızıştırır. Yığın sadece büyük parçalardan oluşuyor ise, belirli noktalarda yükselen sıcaklık devamlı bir şekilde atmosfere taşınacağından, kızışma olasılığı önemli ölçüde azalır.

— Oluşturulan yığının bir silindire sıkıştırılması çok yararlıdır. Sıkıştırma yoğunluğu parça boyutuna bağlıdır. 5 cm'nin

altındaki % 36 nemli tüyenan linyit için 1,15 gr/cm³lük, aynı boyuttaki % 20 nemli linyit için 0,86 gr/cm³lük bir sıkıştırma yoğunluğuna ulaşmak gereklidir. Bu yoğunluklara erişebilmek için yığına sırasıyla; 160 kg/cm² ve 215 kg/cm²'lik basınç uygulamak yeterli olur (5).

— Sıkıştırılmış yığınlar da kızışma genellikle kenar kısımlarda gelişir. Çünkü bu bölümler daha az basınç etkisinde kalmaktadır. Bu nedenle yan yüzeylere yeterli eğim (~ 14°) verilerek silindire sıkıştırma yoluna gidilmelidir. Bu nedenle yığınlar; yamuk, piramit veya konik şekilli olur (9,10).

— Kömürün oksidasyonunun yığının yükseklik ve genişliği ile ilişkisi yoktur. Ancak boyutlar düzey ve yatay projeksiyonlarda arttıkça, daha fazla kızışma noktası faaliyete geçeceğinden yangın çıkma olasılığı artmaktadır. Farklı kömürler için yığın yüksekliği aşağıdaki sınırları geçmemelidir (3,11).

Antrasit, taşkömürü briketi

6 — 10 metre

Gazlı taşkömürler

4 — 8 metre

Linyit ve briketi

4 — 6 metre

Parça linyit

2 — 4 metre

— Depolama işlemleri sırasında kömür parçalarının kırılıp yeni düzeyleri oluşturulmasına dikkat edilmelidir.

— Kömür yığınları, buhar kazanları, sıcak su boruları vb. ısı kaynaklarına yakın olmamalıdır.

5. YIĞINLARDA ÇIKACAK YANGINLARIN ÖNLENMESİ VE YANGININ SÖNDÜRÜLMESİ İÇİN ALINACAK TEDBİRLER

Deneyimlere göre, yığın yapıldıktan sonra 90 gün içinde kızışma olmamış ise,

tehlike atlatılmış demektir. Ancak çok dikkatli bir depolama yapılmış olsa dahi, yığının içindeki değişik noktalarda sıcaklık yükselebilir.

Yangın tehlikesine karşı alınacak en iyi önlem, hergün yığın yüzeyinden buhar çıkışı olup olmadığını, koku varlığını izlemek ve yüzey sıcaklığını kontrol altında tutmaktır. Yığın içindeki sıcaklığı ölçmek için, yığına 3-4 m aralıkta içinde termometre bulunan yaklaşık 25 mm çapında metal borular daldırılır. Borular tabandan 30 cm yüksekliğe kadar sokulur ve değişik düzeylerde sıcaklık okuması yapılır. Kullanılan termometrenin maksimum okunma tipte olması uygundur (3,11). Sıcaklığın, linyitlerde 50°C'yi, taşkömürlerinde ise 70°C'yi geçmemesi istenir. Bu sıcaklığa ulaşıldıktan sonra kontroller devamlı olarak sürdürülmelidir. Eğer sıcaklık düşmüyorsa yangın tehlikesi devam etmektedir. Bu durumda yığına su serpmek kısa vadeli bir çözümdür. 70 - 80°C dolayındaki sıcaklıklarda kömürün tutuşmasını ancak içerdiği nem oranı önler. Nem buharlaşınca kadar sıcaklık 90°C dolayında kalır (5). Bu aşamada yapılacak en iyi hareket, ısınan kısmı ayırarak 48 saat içinde kullanmak ya da bu kesime çok fazla su sıkmaktır. Ancak su, ince boyutlu parçaları birlikte sürükleyeceğinden, yığın içinde oluklar açar. Bu boşluklardan geçen hava yığın derinliklerine nüfus edebilir.

Eğer yığının farklı yerlerinde kızışma olmuş ise, yığın bozularak yeniden oluşturulmalı ve yığına hava girişini önleyecek etkin önlemler alınmalıdır.

6. SONUÇ

Kömürün depolanması çeşitli yararlarının yanı sıra bazı sakıncaları da birlikte getirmektedir. Bunlar arasında en önemlisi, kömürün oksidasyon sonucu tutuşması ve açık alevli yangınların ortaya çıkmasıdır. Oksitlenmeyi etkileyen parametreler içinde; kömürün yapısı ortam-

daki oksijenin kısmi basıncı, sıcaklık, kömürün içerdiği nem miktarı, parça boyutu ilk sıraları almaktadır. Genel anlamda her tür kömürde görülebilen kendiliğinden kızışma tehlikesini bilinçli bir depolama ile önlemek hiç değilse sınırlandırmak mümkündür. Bu amaçla kömür temiz bir yüzey üzerinde depolanmalı, depolama öncesi kömürün ön oksitlenmesine olanak sağlanmalı, yığını oluşturan taneler mümkün olduğu ölçüde sabit boyutta tutulmalı, yığın yapıldıktan sonra sıkıştırılmalı, yığın yüksekliği kömür türü dikkate alınarak belli bir sınırı geçmemelidir. Alınan önlemlere rağmen, yine de kömürde kendiliğinden kızışma belirtileri ortaya çıkarsa, ısınan kısmı suya boğmak veya yığını bozarak yeniden oluşturmak ilk akla gelen tedbirlerdir. İstenilen amaca ulaşılmazsa, kızışan kısmı ayırarak 48 saat içinde kullanma da bir çözüm olarak sayılabilir.

KAYNAÇLAR

1. STOEK, H:H-: Safe Storage of Coal. USBM, TP 235, (1920).

2. CİVAOĞLU, F-: Yanma Kimyası ve Tabii Katı Yakacaklar. Cilt 1, Berksoy Matbaası C1963).
- 3- ERKÂN, H. : Kömürün Depolanması. Madencilik Dergisi Sayı 3, (1964), s 822-827-
- 4- NAKOMAN, E-: Kömür. M-T-A. Yayınları Eğitim Serisi No. 8 (1971).
5. SONDRAL, E-A, ELLMAN, R.C : Laboratory Determination of Factors Affecting Storage of North Dakota Lignite (Computer Simulation of Spontaneous Heating). Bureau of Mines, RI 7887, (1974).
- 6- KÂTZ, S.H., PORTER, H.C : Effects of Moisture on Spontaneous Heating of Stored Coal. Bureau of Mines, TP 172, (1917).
7. SCOTT, C, SPROSON J.C - The Safe Shipment of Coal- Mining Engineer, March 1982, pp 547 - 553.
- 8., MATTA, J.E-, LASCOLA, V-C, KtSSEL, F-N. : Methane Emissions From Gassy Coals in Storage Silos. Bureau of Mines, RI 8269, (1978).
9. ALLEN, R.R., PARRY, V.F- : Storage of Low-Rank Coals- Bureau of Mines, RI 5034, (1954).
- 10....., Mine Storage of Coal. Coal Age, December 1959, pp 105-120.
11. GUNZ W., REGUL, R. : Die Kohle- Verlag Glückauf GmbH Essen, (1954).