

Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri

Spontaneous Combustion of Coal Underground Mines and Risk Indexes

Vedat DIDARİ*

ÖZET

Kömürün kendiliğinden yanması ve bu olayı etkileyen faktörler hakkında bilgi verilerek damar ve panoların olaya yatkınlıklarının saptanmasında ve kendiliğinden yanma özelliklerine göre sınıflandırılmasında geçerli olan yöntemler ile bu tür çalışmaların ilkeleri kısaca tanıtılmaktadır.

ABSTRACT

A brief information about the spontaneous combustion of coal and affecting factors is given. The acceptable methods which are used to determine the susceptibility of coal seams and panels have been summarized. Also, the principles of the classification of the seams and panels have been described.

* Y.Doç.Dr., H.Ü.Z.M.F. Maden Müh. Bölümü, ZONGULDAK.

1. GİRİŞ

Kömürün kendiliğinden yanması ve buna bağlı sorunlar uzun zamandır bilinmektedir. Yeraltında bu olaya bağlı olarak çıkan yangınlar, oldukça önemli insan ve ulusal servet kayıplarına yol açabilen kazaların kaynağı olabilmektedir.

Kendiliğinden yanmadan kaynaklanan olaylar nedeniyle büyük rezervlerin terkedilmesi yanında gazlı ocaklarda oluşabilen patlamalar, iş güvenliğinin tehlikeye girmesine yol açmaktadır.

Olayın her damarda ve her bölgede aynı ağırlıkta sorunlar yaratmadığı bilinen durumlardandır. Ayrıca, aynı damarda çalışan değişik düzeylerde ve değişik panolarda farklı durumlar gözlenebilmektedir.

Kendiliğinden yanmaya yatkın damarlarda oluşturulan panolarda alınması gerekli önlemler bütünü, işletmelere oldukça önemli yükler getireceğinden dolayı, tüm panolarda bu önlemleri uygulamak yerine damarları ve panoları sınıflandırarak yüksek derecede yatkınlık saptanan panolarda yoğunlaşmak, bugün için, en doğru yaklaşım olmaktadır.

Bu tür bir sınıflandırma girişimi, hem labaratuvar çalışmalarına ve hem de deneyim süzgecinden geçirilmiş saha gözlemlerine dayanmak durumundadır.

Bu yazıda konuyla ilgili teknik ve yöntemler anlatılmaktadır.

2. OKSİDASYON VE KENDİLİĞİNDEN YANMA

Kömürün kendiliğinden yanmasıyla ilgili olarak, genelde, kabul edilen teori, uygun atmosferik koşullarda kömürün oksijeni absorbe etmesine (oksidasyona) dayanmaktadır. Kömürle oksijen arasında dışa ısı veren bir kimyasal tepkime söz konusudur (1).

Kömür yüzeyleri havayla temas eder etmez oksidasyon olayı başlamaktadır. Ocakta, normal koşullar altında, dışa verilen ısı alınmakta ve oksidasyon, yavaş bir biçimde ve bir kızışma tehlikesi doğurmaksızın sürmektedir. Ancak, bazı durumlarda dışa verilen ısı, ortamdan ayrılamamakta ve sıcaklık giderek artmaktadır. Sıcaklık arttıkça ortamda yeterli oksijen varsa oksidasyon hızı da artmakta ve

buna bağlı olarak kömürün sıcaklığı yükselmektedir. Kömürün tutuşma sıcaklığına (kritik sıcaklık) ulaşıldığında ise, yanma olayı baş göstermektedir (1).

Özetle, sınırlı miktarda hava, bir yandan oksidasyon için gerekli oksijeni sağlarken, diğer yandan, oluşan ısıyı uzaklaştırmakta yetersiz kalarak ortamda sıcaklık artışının ve kendiliğinden yanmanın başlıca nedeni olmaktadır.

3. KENDİLİĞİNDEN YANMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kömürün oksidasyonu ve kendiliğinden yanma, üzerinde pek çok çalışılmış olmasına karşın henüz tam olarak anlaşılamayan olaylardır. Çok sayıda faktörün etki mekanizması tümüyle kanıtlanmış olmayıp konu, araştırmalara açıktır.

Olaylar üzerinde etkili olan faktörlerle ilgili en geniş kapsamlı derlemelerden biri olan çalışmasında Güney (1), oksidasyon ve kendiliğinden yanmayı etkileyen çok sayıda faktörü, "iç" ve "dış" faktörler olarak gruplandırmaktadır.

İç faktörler, kömürün özellikleriyle ilgili olup dış faktörler ise jeolojik ve atmosferik koşullar ile işletme koşullarından oluşmaktadır.

3.1. Rank, Petrografik Bileşenler, Metan ve Pirit İçeriği

Uçucu madde içeriği yüksek olan kömürlerin daha kolay yarabildikleri uygulamadan bilinen bir durumdur (2,3).

Düşük ranklı kömürler oksidasyona daha yatkındırlar. Örneğin, bitümlü kömürler antrasite göre daha hızlı bir biçimde oksitlenirler.

Petrografik bileşenlerden parlak olan kısımların (özellikle vitren) mat olanlara göre daha kolay oksitlendikleri ve bazı eksinit tiplerinin vitrenite ve inertinite göre daha hızlı oksitlendikleri (4,5) söylenebilmekle birlikte, kesinleşmiş kanıtlar bulunmamaktadır.

Pirit, eğer damar içinde yoğun miktarda ve ince taneli bir biçimde bulunuyorsa etkili olmaktadır (5). Kolay oksitlenme özelliği nedeniyle geçmişte üzerinde çok durulmasına karşın (1) bugün piritin

kömürün daha kolay ufalanmasına yol açarak olaya katkısı olan bir faktör olduğuna inanılmaktadır (4).

ABD komünleri üzerinde yapılan bazı denemelerde (4) düşük karbon, yüksek oksijen içerikli (düşük ranklı) ve yüksek piritik kükürt içeriği olan kömürlerin daha hızlı okside olabildikleri görülmüştür.

özellikle çok gazlı ocaklarda metanın kömür yüzeylerinin hava ile temasını engelleyici bir faktör olması olanaklıdır (6). Kanada kömürleri üzerinde yapılan bir çalışmada (5) yüksek metan içeriğine sahip olan damarların oksidasyona daha az yatkın oldukları saptanmıştır.

3.2. Tane Boyutu

Oksidasyon, doğrudan yüzeyle ilgili bir olay olup, kömür ne denli ince taneliyse (yüzey alanı ne denli fazlaysa) oksidasyon o denli fazla olacaktır.

Gevrek kömürlerin yanmaya daha yatkın oldukları bilinen bir olgudur. Göçüklerde oluşan yangınlar, önemli ölçüde, tavan veya tabanda bırakılan (alınamayan) kömürün ayak arkasında ufalanmasından kaynaklanmaktadır (3). Keza, gerek damar ve gerekse yan taşlardaki çatlak ve yarıklarda bulunan ezilmiş kömürler daha kolay yanabilmektedirler. Kömürde açılan yollarda, tahkimata bitişik kırsımlardaki ufak göçüklerdeki kömür parçalarının da yanabildikleri yaşanan durumlardandır.

Oksidasyon hızının, dış yüzey alanının küb köyle orantılı olarak arttığı saptanmıştır (5).

3.3. Kül İçeriği

Yüksek kül içeriği olan kömürler (karbon miktarı azaldığından dolayı) kendiliğinden yanmaya daha az yatkın olacaktırlar. Ancak, kül içindeki kireç, soda, demir bileşikleri vb. malzemelerin oksidasyonu hızlandırıcı, alüminyum ve silis gibi malzemelerin ise yavaşlatıcı etkisi olabileceği görülmüştür (1,6).

3.4. Nem

Yağmurlu günlerde stokların tutuşması olaylarının ve ocaklarda nemli iş yerlerinde ve yaz aylarında yangınların daha çok görülmesi bu faktöre dikkati çekmektedir. Keza, kızışma zonlarına su verildiğinde kızışmanın hızlanabildiği bilinen bir olgudur.

Kömürün ocak havasının nemini tutması (absorpsiyon) sıcaklık artışına neden olan, dolayısıyla oksidasyonu hızlandıran bir olaydır (4,6).

Nemli kömürlerin genelde oksidasyona daha yatkın oldukları ileri sürülmekle (6) birlikte, nemin olay üzerindeki etkisi henüz tartışmaya açık bir konudur.

3.5. Damar ve Yan Taşların Özellikleri

Kalın damarların (özellikle dilimli çalışılan damarların) bulunduğu sahalarda, derin ocaklarda, göçüklerin yeryüzüne erişebildiği sığ ocaklarda, arızaların çok yer aldığı panolarda yangın çıkması olasılığının daha yüksek olduğu uygulamadan bilinmektedir.

Kalın damarlar, gerek kömürün yan taşlara göre düşük olan ısı iletkenliği (7) gerek arada oksitlenmeye çok yatkın bir band içerme olasılığının yüksek oluşu (6) ve gerekse ayak gerisinde fazlaca kömür bırakılmasının kaçınılmaz oluşu (3) nedenleriyle kendiliğinden yanmaya daha yatkındırlar.

Derin ocaklarda jeotermal gradyan artışı ve artan arazi basıncı nedeniyle kırılan ve ezilen topraklar (6,7) kendiliğinden yanmaya ortam hazırlamaktadır.

Ayağın düzgünlüğünü korumakta güçlük doğuran, göçüklere yol açarak havanın akışına engel olup kaçakların artmasına yol açan arızalar ile, çok sayıda damarın çalıştığı ocaklarda komşu damarlara hava kaçaklarına yol açan arızalı yan taşlar (1,6) kendiliğinden yanmayı kolaylaştırıcı faktörlerdir.

Ayrıca, kayaçların düşük ısı iletkenliği, olaya katılımı olabilen bir özelliktir (1).

3.6. İşletme Koşulları

Dönümlü ve dolgulu çalışmaların kendiliğinden yanma olasılığını azalttığı bilinmektedir. Ayrıca, uzun süre bekleyen ayaklarda göçük yangınlarının daha çok oluşması, yüksek arın ilerleme hızının olayı engelleyebilecek bir unsur olduğunu göstermektedir.

Ayak arkasının tam oturmuş olması, hava kaçaklarını engelleyeceğinden, önem taşımaktadır. Dolgunun, boşlukları iyi dolduracak bir biçimde (örneğin pnömatik dolgu) yapılması gerekmektedir.

Ayak arkasında kesilmeden bırakılan ağaç tahkimat ya da alınamayan çelik tahkimat, göçük içinde hava dolaşımına yol açacağından, sakıncalı olmaktadır (1).

3.7. Havalandırma Koşulları

Bir ocak kesiminde yüksek basınç farkları, kırılmış topluklara, damar kısımları içine ve göçük sahasına fazla oranda hava kaçacağına yol açacaktır.

Hava miktarının artırılması amacıyla, ocak vantilatörünün değiştirildiği ya da kollara vantilatör eklenmesi vb. değişikliklerin yapıldığı yerlerde, kendiliğinden yanma olaylarının arttığı gözlenmiştir (6).

Yollarda kapı ve regülatörlerin neden olduğu yüksek basınç farkları, havanın çevre tabakalara kaçak yapmasına ve dolayısıyla kızışmalara yol açabilmektedir. Bu yüzden ocaklarda kapı ve benzeri yapılardan olanaklar ölçüsünde kaçanılması ve kesit daralmalarına neden olunmaması gerekmektedir (7).

4. KENDİLİĞİNDEN YANMA İNDEKSİ

Görüldüğü gibi kendiliğinden yanmaya etkisi olan pek çok faktör bulunmaktadır. Olayla sistemli olarak savaşmak için genelde en uygun bulunan yaklaşım biçimi, damar, pano ya da stoklar için bir indeks değeri saptayarak önlemleri buna göre tasarlamaktır.

Bu tür bir indeksi saptamanın çeşitli yöntemleri bulunmaktadır. Çalışmaların özünü, indeksi belirlemek yerden alınan kömür örneklerini laboratuvarlarda inceleyerek kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarını belirlemek ve saha hakkındaki gözlemlere ve deneyime dayanarak çevresel koşulları değerlendirmek oluşturmaktadır.

Bu bölümde bu tür çalışmalar tanıtılacaktır.

4.1. Pratik Yöntemler

Bir panoda üretim çalışmalarının başlangıcından ilk kızışma belirtilerinin ortaya çıkışına değin

geçen süre, "inkübasyon süresi" olarak bilinmektedir. Aynı damarlarda daha önce çıkan yangınlarla ilgili bilgilere dayanarak bu süreleri bir indeks olarak kullanmak düşünülebilir. Çizelge 1, bu tür bir indekseleme çalışmasını göstermektedir.

Çizelge 1 - İnkübasyon Süresi İndeksleri (8)

İnkübasyon Süresi (ay)	İndeks Değeri	Yatkınlık Derecesi
0-3	> 40	Çok yüksek
3-9	20-40	Yüksek
9-18	10-20	Orta
>18	1-10	Düşük

Bir diğer pratik yöntem, damarların daha önceki kendiliğinden yanma olaylarının sıklığına göre sınıflandırılmasıdır (9).

4.2. Polonyalı Araştırmacıların İndeksi

Olpinski ve ark. (8) tarafından geliştirilen "Yangın Riski İndeksi"; kuru-külsüz kömür örneğinde belirlenen kendiliğinden yanma derecesine bağlı bir sayı ile işletme ve havalandırma yöntemi, işletmenin derinliği ve havalandırmanın yoğunluğu, göçükte kalan kömür ve göçüğe olan hava kaçakları, damarın ıslaklığı gibi çevresel parametrelere verilen sayısal değerlerin toplamından oluşmaktadır. İndeks değerine göre koşullar güvenli ya da güvensiz olarak gruplandırılmaktadır.

4.3. Tutuşabilirlik Tekniğine Dayalı Yöntem

Feng ve ark. (6) tarafından uygulanan bir yöntem, kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığını gösteren bir indeks ile çevresel koşulları belirleyen bir indeksin saptanmasını esas almaktadır.

Kendiliğinden Yanma İndeksi, laboratuvarda kömür örneğinin kendiliğinden yanmaya bağlı sıcaklık derecesi (crossing point) ve ısınma hızına bağlı olarak saptanan bir yatkınlık indeksi ile kömür kayıpları, çatlaklanma derecesi, havalandırma basınç farklılığı gibi parametrelere dayalı olarak belirlenen bir çevresel indeksin çarpımından oluş-

maktadır. İndeksin toplam değerine göre damarlar, düşük, orta ve yüksek yatkinlik gruplarına ayrılmaktadır.

4.4. Teorik Yaklaşım

Banarjee (10), kendiliğinden yanmayı etkileyen 10 adet faktör (yüzey alanı, kısmi O₂ basıncı, oksitlenme süresi, sıcaklık ve nem ile kömür ve yapıdaki kayaç bandlarının ısı iletkenlikleri, konveksiyon ve radyasyonla » kayıpları, pano çalışma süresi) ve bu faktörlere yüksek ya da düşük derecede etkisi olabilecek 22 adet işletme parametresi (kömürün yapısı, jeoloji, işletme, havalandırma ile ilgili koşullar) belirlemiştir. Yöntemin pratiğe aktarılabilmesi için yalnızca düşük ya da yüksek olarak tanımlanan etkilerin daha ayrıntılı bir sınıflandırması gerekmektedir.

4.5. Adyabatik Oksitlenme Tekniğine Dayalı Yöntem

Güney ve Hodges (11) tarafından geliştirilen laboratuvar tekniğinde kömür örnekleri, ocak ortamını karakterize eden adyabatik deneme aygıtında zaman-sıcaklık ilişkileri saptanmak üzere incelenmektedir. Bu teknikte kömürün kendiliğinden yanmaya yatkinliği belirlenmekte ve Bystron-Urbanski tarafından kömür stokları için geliştirilen bir indekisleme tekniğinin ocaklara uygun olarak değiştirilmiş bir şekli (8), çevresel indeksin saptanmasında kullanılmaktadır.

Panolar, toplam indeks değerine göre, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek yatkinlik gruplarına ayrılmaktadır.

4.6. Kömürün Kendiliğinden Yanmaya Yatkinliğinin Araştırılmasında Kullanılan Diğer Laboratuvar Teknikleri

Statik İzotermal Yöntemde sızdırmaz bir kab içine konan kömür örneği, sabit sıcaklıkta (25 C) bir su banyosu içine yerleştirilmekte ve 14 gün kadar sonra gaz ürünleri ölçülmektedir (5).

Dinamik yöntemlerde ya sabit sıcaklıktaki (5) ya da denetim altında ısıtılan (12) kömür örnekleri üzerinden 15-50 ml/dak hızla hava geçirilerek gaz ürünleri incelenmektedir.

Kimyasal yöntemlerde kömür örnekleri, oksitleyici maddelerle hazırlanmış çeşitli çözeltilerle işleme sokulmaktadır (13).

5. SONUÇ

Yeraltı kömür madenciliğinde kendiliğinden yanma olaylarının yol açtığı sorunların çözümüne sistemli bir biçimde yaklaşmak için ilk adım, damar ve panoların sınıflandırılmasıdır. Bu amaçla yapılacak bir çalışmada sağlanması gereken bilgiler üç grupta ele alınabilir:

I. Kömür örneklerinin kimyasal, petrografik ve oksidasyon analizleriyle edinilecek bilgiler,

II. Kömür ve komşu tabakaları ile örtü tabakalarının jeolojik, mekanik ve ısı iletkenlik özelliklerinin saptanmasıyla edinilecek bilgiler,

III. Panoların işletme ve havalandırma koşullarının değerlendirilmesiyle edinilecek bilgiler.

İlk iki grup bilgi için geniş laboratuvar çalışmaları gerekli olup üçüncü grup bilgiler çoğunlukla saha ile ilgili deneyime dayanmaktadır.

Bu bilgilerin sağlanmasını izleyen aşamada kendiliğinden yanmayı etkileyen parametreler, sistematik ve ağırlıklı bir şekilde rakamlandırılarak güvenli ve güvensiz koşullara karşı düşen indeks değerleri belirlenecektir.

Kendiliğinden yanmaya karşı alınacak önlemler, öncelikle, indeks değeri güvensiz koşullara karşı düşen damar ya da panolarda yoğunlaştırılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. GÜNEY, M., "Certain Factors Affecting the Oxidation and the Spontaneous Combustion of Coal". Mih. Soc. Mag., Univ. Nott. 1968
2. DOUGHERTY, J., Control of Mine Fires. West Virg. Univ. 1969.
3. DİDARİ, V., "Ocak Yangınları ve Patlamalar". TaşkömürS. 4, 1984.
4. DUZY, A.F., LAND, G.W., "Hot Coal-Bulk Transport and Storage". Mining Engineering Feb. 19*5.
5. FENG, K.K., "Spontaneous Combustion of Canadian Coals". CIM Bull. May 1975.
6. FENG, K.K., et al., "Spontaneous Combustion-A Coal Mining Hazard". CIM Bull. Oct. 1973.

7. SALTOĞLU, S., Madenlerde Havalandırma ve Emniyet İşleri, İTÜ Yay. 1975.
8. SINGH, R.N., et al., "Application of Spontaneous Risk Index to Mine Planning, Safe Storage and Shipment of Coal".J.of Min.Met. Fuels, July 1984 veT. 4. Kömür Kong. Bildiriler Kitabı s. 203-221, M.M.O 1984
9. E.K.İ'de Kendiliğinden Yanmaya Müsait Damarlarda Ocak Yangınlarına Karşı Alınacak Emniyet Tedbirleri. Zonguldak.
10. BANERJEE, S.C., "A Theoretical Design to the Determination of Risk Index of Spontaneous Fires in Coal Mines". J. of Min.Met. Fuels. Aug. 1982.
11. GÜNEY, M., HODGES, D.J., "Spontaneous Heating of Coal. Part 2". Coll. Guard. March 1969.
12. AYVAZOĞLU, E., "E.K.İ. Kozlu Bölgesi Çay ve Acılık Kömürlerinin Oksidasyonunun Erken Tesbiti Yönünden İncelenmesi". 1. Kömür Kong. Bildiriler Kitabı, 1978.
13. GÜNEY, M., HODGES, D.J., "Spontaneous Heating of Coal. Part 1". Coll. Guard. Feb. 1969.