

**KÖMÜR TOZU PATLAMA KARAKTERİSTİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE 20J HACİMLİ KÜRESEL
PATLAMA ODASI**

*THE DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF
COAL DUST EXPLOSION AND 20 J SPHERICAL
EXPLOSION CHAMBER*

Ö.Serdar YILDIRIM Saim SARAÇ***

ÖZET

Yeraltı kömür işletmeciliğinde karşılaşılan temel problemlerden bir tanesi de kömür tozu patlamalarıdır. Patlamalar yaşamsal ve ekonomik açıdan önemli sorunları oluşturmaktadır. Bu nedenle kömür tozu patlama karakteristikleri deneysel olarak belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu deneysel yöntemlerden bir tanesi de patlatma odalarıdır. Burada, kömür tozu patlama mekanizması, etkileyen faktörler, inertleme yöntemleri, patlatma odalarının gelişimi konularına değinilmiş ve geliştirilen 20 J küresel patlama odası tanıtılmıştır.

ABSTRACT

One of the basic problems in underground coal mining is coal dust explosions. This explosions create social and economical difficulties. For this reason coal dust explosion characteristics are tried to be determined experimentally. In these studies explosion chamber technique has been applied. In this study coal dust explosion mechanism, influencing factors, the method of inerting, explosion chambers were described and 20 J explosion chamber which have been developed for this research were presented.

Arş. Grv., S. Ü., Müh. ve Mim. Fak., Maden Müh. Böl., 42079 Kampus - Konya
Doç. Dr., O.Ü., Müh. ve Mim. Fak., Maden Müh. Böl., Bademlik, Eskişehir

1. KÖMÜR TOZU PATLAMALARI VE ETKİN FAKTÖRLER

Kömürün diğer enerji kaynakları içinde, verim ve maliyet açısından üstün özellikler göstermesinden dolayı tercih edilmesine karşın (1), verimliliği etkileyen ga/ve/veya kömür tozu patlamaları önemli bir problem olarak yeraltı kömür işletmelerinde gündeme gelmektedir(2). Yeraltı madencilik işlemleri sonucu oluşan 1 mm'den küçük taneler kömür tozu olarak tanımlanmakta olup, uçucu madde, sabit karbon, kül içerikleri ve sertlik, yoğunluk, süreksizlik artışları ile oluşumları artış göstermektedir(3, 4, 5, 6). Kömür tozunun patlaması ise aşağıdaki teori ile açıklanmaktadır.

" Karbonlu tozların patlamaları; söz konusu tozdan serbestleşen uçucuların homojen gaz fazında yanması ve alev yayılımı ile gerçekleşmektedir. Kok tanelerinin ve sabit karbonun heterojen yüzey oksidasyonunun patlamaya katkısı çok azdır. "

Kömür tozunun patlayabilirliğine iç ve dış faktörler olmak üzere iki grup faktör etki etmektedir. Söz konusu faktörler Çizelge 1. ve Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1: Kömür tozu patlamalarında etkin olan dış faktörler.

TOZ DAĞILIMI	Havada asılı tozların patlama olasılıkları daha yüksektir(8,9).
TÜRBÜLANS	Kömür tozunun yanma hızını artırır ve alev yayılımını üç boyutlu gerçekleştirir(10).
TUTUŞTURMA KAYNAĞI	Kaynağın enerji artışı, minimum patlama konsantrasyonunu azaltır(11,12).
O ₂ GAZI VARLIĞI	Oksijen konsantrasyonunun artışı, minimum patlama konsantrasyonunu azaltır. Kömür tozunun patlaması için gerekli minimum oksijen konsantrasyonu % 10 -14 aralığındadır(1f, 7, 13).
SICAKLIK	Sıcaklık artışı minimum patlama konsantrasyonunu ve maksimum patlama basıncını azaltır(14,15).
BASINÇ	Basınç artışı, minimum patlama konsantrasyonunu artırır(16).

Çizelge 2: Kömür tozu patlamalarında etkin olan iç faktörler.

UÇUCU MADDE İÇERİĞİ	Patlayabilirlik; patlamada tüketilen uçucu maddenin toplam uçucu maddeye oranı olan β faktörünün kontrolü altında olup, uçucu madde alt limiti %10' dur. Minimum patlama konsantrasyonunun azalmasına, maksimum patlama basıncında artışa neden olmaktadır(14,17, 8,18).
KÖMÜR TOZU TANE BOYUTU	Patlamaya katılan üst tane boyutu 1-0.1 mm ile sınırlanmaktadır ve - 74 um boyutlu tozlar havalandırma havası ile taşındığından patlama olasılıkları daha fazladır. Minimum patlama konsantrasyonu, karakteristik boyutun üstünde tane boyutu artımı ile yükselmektedir. Tane boyutu artımı, maksimum patlama basıncı ve basınç artış hızını azaltmaktadır(19,15,11,20,21,22,35).
KÖMÜR TOZU KONSANTRASYONU	5-310 gr/m ³ konsantrasyon aralığının patlayıcı özellik taşıdığı ve 55 gr/m ³ lük değer ise emniyet sınır olduğu kabul edilmektedir. Yüksek konsantrasyon maksimum basınç artış hızında azaltıcı etki göstermektedir (12,23,24,19, 25, 26).
NEM İÇERİĞİ	Kömür tozunun nem içeriğinin artışı, minimum tutuşma enerjisinin artışı ile minimum patlama konsantrasyon değerini yükseltmektedir(22,27).
METAN GAZI VARLIĞI	Minimum patlama konsantrasyonunu azaltmaktadır ve bu değer % 4 metan gazı varlığında % 60'dır. Ayrıca maksimum basınç artış hızını artırırken, üst patlama konsantrasyon değerine ulaşamamasına neden olmaktadır(25,28,14, 26, 21, 27).

2. KÖMÜR TOZUNUN İNERTLENMESİ

Kömür tozunun inertlenmesinde temel yöntem, etkin iç ve dış faktörlerin kontrol altına alınmasına dayanmaktadır. Bu kontrol ise kömür tozuna eklenen ve aşağıda belirtilen yöntemler ile sağlanmaktadır(10).

- . Inertleyici katı madde kullanımı,
- . İner gazlar ile oksijen konsantrasyonunun seyreltilmesi,
- . Kömür tozunun nem içeriğinin artırılması.

Söz konusu bastıncıların etkinlikleri ise maksimum patlama basıncı ve Kübik Kanun değerindeki değişimler ile belirlenmekte olup aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır(29).

$$K_{st} = \left[\frac{dP(t)}{dt} \right]_{maks} \cdot V^{1/3}$$

Burada;

$$\left[\frac{dP(t)}{dt} \right]_{maks} : \text{Maksimum basınç artış hızı,}$$

V: Patlatma odası hacmi,

K_j: Kübik Kanun Sabiti'dir.

2.1. Inert Katı Madde Kullanımı

Inert katı maddenin etkinliği, düşük ayrışma sıcaklığına bağlı olarak, patlama sonucu oluşan ısınm absorblanmasından kaynaklanmaktadır(30, 31). Genel olarak kömür tozunun inertlenmesinde etkinlik sıralaması büyükten küçüğe doğru NH₄H₂PO₄ > KCl > CaCO₃ > MgCO₃ > NaHCO₃ > KHCO₃ dizilimindedir(32). Yapılan çalışmalar kömür tozunun % 50 - 80 oranında eklenen katı madde ile inertlendiğini ortaya koymaktadır(20).

2.2. Inert Gaz Kullanımı

Kömür tozunun bulunduğu ortama inert gaz eklenmesi ile ortamdaki oksijen gazı konsantrasyonunun düşürülmesi amaçlanmaktadır. Azot gazı eklentisi ile % 8 O₂ ve % 13.5-14 O₂ (%34 N₂ eklentisi) konsantrasyonunda kömür tozu inertlenmektedir(30). Ayrıca karbondioksit gazının daha etkin olduğu da belirtilmektedir(10).

2.3. Nem İçeriğinin Artırılması

Nem, kömür tozunun dispersiyon özelliğini azaltırken, minimum tutuşma enerji değerini de yükseltmektedir. Karşılaştırmalı çalışmalar, aynı ağırlığa sahip suyun ,kılı tozdan beş kat daha etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu etkinlik suyun ısınma hızının (1 kal/gr), taştuzu olarak kullanılan $CaCO_3$ 'ün ısınma hızından (0.203 kal/gr) çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır(33).

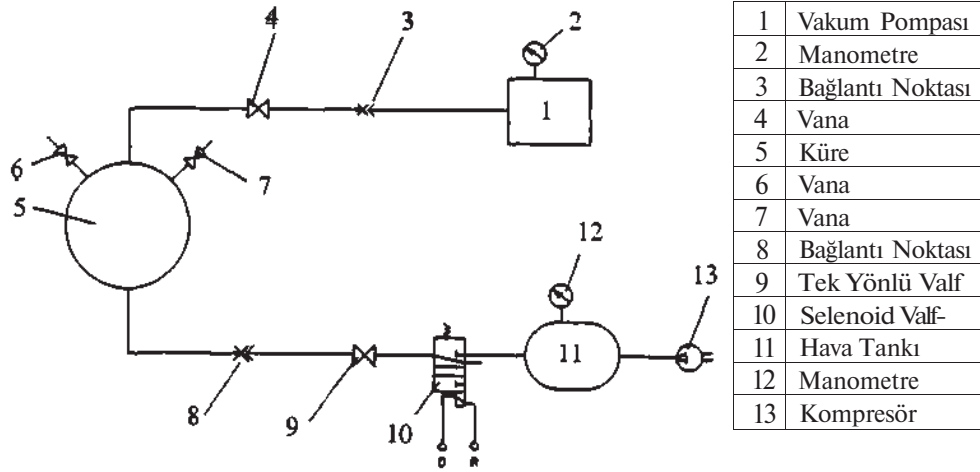
3. KÖMÜR TOZU PATLAYABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Kömür tozu patlamalarının araştırılmasında deneysel yöntemler genel kabul görmüş olup, bunlar patlatma odaları ve yeraltı, yerüstü laboratuvar galerileri olmak üzere iki ana grup altında toplanmaktadır. Kömür tozu patlamaları, ilk kez 1891 yılında Meyer tarafından 50 cm³ hacimli odada linyit tozu için gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda Godbert ve Greenwald 0.27 l, Hartmann 1.2 l hacimli patlatma odaları geliştirmişlerdir(34, 35, 12). Yapılan araştırmalar, 1000 l küresel patlatma odasının, " Standart Oda " olduğunu ve buna uyumlu hacmin ise 20 l olduğunu ortaya koymaktadır(36, 22, 37, 25, 38, 23, 28, 29). Yerüstü ve yeraltı deney galerileri ise 1.3 - 12.8 m² kesit alanlı, 96 - 900 m. uzunlukta galerilerdir. Laboratuvar galerileri ise, 15 cm çaplı, 2 - 10 m. arasında değişen uzunluktaki tüplerden oluşmaktadır(39).

4. OLUŞTURULAN DENEY SETİ

Ülkemizde ilk kez, kömür tozunun patlayabilirliğinin ve bastınlabilirliğinin araştırıldığı bir patlatma odası tasarlanmış ve oluşturulmuştur. Şekil 1'de görüldüğü üzere, patlatma odası deney seti; temel olarak patlatma küresi, vakum pompası, basınçlı hava deposu, ısı ve basınç ölçme birimlerinden oluşmaktadır.

Küre içine ağırlığı bilinen kömür tozunun yerleştirilmesinden sonra küre içindeki hava, vakum pompası yardımıyla 0.2 - 0.5 bar seviyesine indirilmektedir. Daha önceden 16 İt hacimli hava deposuna 8-10 bar basınçlı hava depolanmaktadır ve selenoid valfin



Şekil 1: 201 hacimli patlatma odası deney seti

açılması ile bu basınçlı hava, patlatma odasına girerek, kömür tozunu küre içinde disperse etmektedir. Bu süreç sonunda küre iç basıncı tekrar 1 bar değerine yükselmektedir. Dispersiyonu izleyen aşamada kömür tozunun, tutuşturulması ise elektriksel kıvılcım veya kimyasal tutuşturucular ile gerçekleştirilmektedir. Oluşan patlama ile gelişen ısı ve basınç izlenerek söz konusu kömür tozunun patlayabilirliği değerlendirilmektedir. Bu süreç kömür tozunun inertlenmesi çalışmalarında da benzer olarak tekrarlanmaktadır.

SONUÇLAR

Kömür tozunun patlayabilirliği üzerine yapılan çalışmalar, minimum patlama konsantrasyonunun çok geniş aralığa dağıldığını ortaya koymaktadır. Ülkemiz Maden Kanunu ve Yönetmenlikleri ise konuya ilişkin sayısal değer vermemektedir. Söz konusu iki temel neden ile ülkemiz kömürtozlarının patlama ve inertleme çalışmalarının yapılması zorunluluk taşımaktadır. Oluşturulan 201 hacimli bu deney seti ile anılan problemlere deneysel çözümler ile yaklaşımda bulunulması tasarlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. ANONİM, Yakıt Fiyatları, Maden, Ağustos, 1993.
2. Zabetakis G. M., Productivity and Reliability in USA Hard Coal Mines, Mining Congress Journal, V: 67, No: 6, 1981, pp 19 - 21.
3. Güyagüler T., Toz Oluşumunu Etkileyen Faktörler, Türkiye 3. Kömür Kongresi, 1982, s. 257-262.
4. Ergin Z., Kömür Ocakları Patlamaları, Madencilik XVII, 1978, s. 22-37.
5. Kural O., Kömür Kimyası ve Teknolojisi, 1988, s. 657.
6. Stoces B. and Jung H., Maden İşletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele, Çeviren: Saltoğlu S., İTÜ Matbaası, İstanbul, 1970, s. 557.
7. CashdoUar L. K. et. al., Effect of Volatily on Dust Flammabilty for Coal, Gilsonite and Polyethylene, Twenty-Second Symposium (Int.) Combustion Institue, 1988, pp 1757-1765.
8. Önce G. ve Saraç S., Madenlerde Havalandırma, Anadolu Üniversitesi Yayınları 151, 1986, s. 266.
9. Skochinsky A. and Kamarov V., Mine Ventilation, Moskova Mir Publishers, 1969, pp 103-153.
10. CashdoUar K. L. and Hertzberg M., Industrial Dust Explosions, ASTM STP 958, Kenneth. L. CashdoUar and Martin Hertzberg, American Society for Testing Materials, Philadelphia, 1987, pp 5-32.

11. Krzystolik P.A. and Sliz J., Effectiveness of Ignition Source of Dust-Air Mixtures, Edit by Dai Guquan, Proc. of the 22nd. Int Conf. Coal Industry Publishing House, 1988, pp 501-509.
12. Hertzberg M. et al., The Flammability of Coal Dust-Air Mixtures: Lean Limits, Flame Temperatures, Ignition Energies and Particle Size Effects, U. S. Dept. of Interior, Bureau of Mines/8360,1979, p 70.
13. Scholl M. B. and Wiemann W., The Influence of Temperature on the Explosion Characteristics and Neutralization of Coal/Dust Mixtures, Edit by Green A. R. Proc. of the 21st. Int. Conf. Safety in Mines Research Inst. Sydney, Australia, 1985, pp 631-636.
14. Hertzberg M. et al., Electrical Ignition Energies and Thermal Autoignition Temperatures for Evaluating Explosion Hazards of Dusts, U. S. Bureau of Mines Report of Investigations / 8988, 1985, p 38.
15. Siwek R., Safety Testing Equipment, Technical Safety Indices, Adolf Kühner AG, Switzerland, 1991, p 38.
16. Amyotte R. P. et al., Influence of Initial Pressure on Spark - Ignited Dust Explosions, J. Loss Prev. Pcess Ind. Vol: 3, 1990, pp 261-264.
17. Güyagüler T., Kömür tozu Patlamalarında Taş Tozu Barajları, Türkiye 4. Kömür Kongresi, 1984, s. 409-419.
18. Didari V., Kömür Tozu Patlaması, Madencilik Cilt: XXIV, No: 4,1985, s. 23-29.
19. Mintz K. J., Problems in Laboratory Measurements of Dust Explosions Parameters, Canmet Mining Research Laboratoires MRL 90-038 (OP), 1990, pp 24.
20. Richmond K. J. et al., Effect of Rock Dust on Explosibility of Coal Dust, U. S. Bureau of Mines Report of Investigations / 8077, 1975, pp 34.

21. Amyotte R. P. et al., The Ignitability of Coal Dust Air and Methane-Coal Dust-Air Mixtures, *Fuel*, Vol: 72, No: 5, 1993, pp 671-679.
22. Enright J. R., Effect of Moisture on Explosion Parameters of Coal Dust, Edit by Green R. A, *Proc. of the 21st. Int. Conf. of Safety in Mines Research Inst.*, Sydney, 1-25 Oct., 1985, pp 613-620.
23. Jensen B. and Gilles A., An Experimental Approach to the Determination of Explosible Lean Limits for Coal Dust and Methane Mixtures, *Proc. of the Mine Vent. Symp.* Edit by M. J. Mepherson, 1989, pp 549-557.
24. Buskowicz W. and Wolanski P. , Flame Propagation in Dust - Air Mixtures at Minimum Explosive Concentration, Edit by Bower J. R. and Manşon N. , *Shock Waves, Explosions and Detonations*, Vol: 87, Princeton Combustion Research Laboratories Inc. Princeton, New Jersey, 1983, pp 414-425.
25. Tominaga T. et al. , Coal Dust Explosion Characteristics Under Atmosphere With Methan Gas Coexistence. Edit by Guquan D., *Proc. of the 22nd. Int. Conf. of Safety in Mines Research Inst.*, China Coal Industry Publishing House, 1988, pp 411- 423.
26. Jion - Zhang L. and Tashiro J., Research on Suppressive Method for Coal Dust Explosion, Report of Int. Research and Development Corperation ITIT Projects, Japan, 1986, pp 97.
27. Cesena CH. and Siwek R. , Minimum Ignition Energy Apparatus, Adolf Kühner A.G. Switzerland, 1992, pp 32.
28. Amyotte R. P. et al. , Effects of Methane Admixture, Particle Size and Volatile Content on the Dolomite Inerting Requirements of Coal Dust, *Journal of Hazardous Materials*, 27, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1991, pp 187-203.
29. Torrent G. J. and Menendez E. , Explosions Teste at Elavated Initial Pressures, *Eurotex Newsletter*.

30. Hertzberg M. et al., Inhibition and Exinction of Coal Dust and Methane Explosions, Bureau of Mines, Report of Investigations, 8708,1982, pp 28.
31. CashdoUar L. K. , Laboratory Explosibility Study of U. S. , German and Polish Coal and Rock Dusts, 24th. International Conferance of Safety in Mines Research Institutes, September 23-28 1991, Donetsk, U. S. S. R., Vol: 1,1991, pp 307-316.
32. Amyotte R. P. et al. , Effectiveness of Various Rock Dusts as Agents of Coal Dust Inerting, J. Loss Prev. Process Ind. Vol: 5, No:, 1992, pp 196-199.
33. Cybulski W., Coal Dust Explosions and Their Suppression, Translated by Ziemislaw Zienkiewicz, 1975, pp 583.
34. Saltoğlu S. , Zonguldak Havzası Kmr Tozlarının Patlama Karakteristiklerinin Tesbiti ve Kmr Tozu Patlamalarının Taş Tozu ile nlenmesi zerine Yapılan Etd, Karaelmas Basımevi, E. K. î. insan Gc Eđitim Mdrlđ Yayını No: 31, 1971, s. 71.
35. Conti S. R. et al. , Thermal and Electrical Ignitability of Dust Clouds, U. S. Bureau of Mines Report of Investigations / 8798,1983, p 40.
36. CashdoUar K. L. et al. , Laboratory and Large-Scale Dust Explosion Research Plant Operations Progress, Vol: 11, No: 4, 1992, pp 247-255.
37. CashdoUar K. L. and Hertzberg M. , 20 L Explosibility Test Chamber for Dusts and Gases, Review of Scientific Instruments, Vol: 56, 1985, pp 596-602.
38. CashdoUar K. L. and Chatrathi K. , Minimum Explosible Dust Concentrations Measured in 20 L and 1 m³ Chambers, Combust. Sei. and Tech., Vol: 87, 1992, pp 157-171.
39. Yıldırım . S. , Kömür tozu Patlamaları ve Bastırılması, Doktora Yeterlilik Raporu, (Yayınlanmamış), 1994.