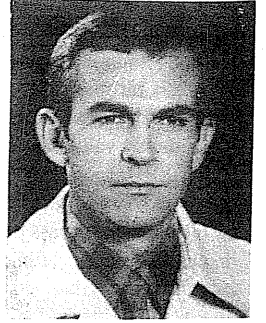


Akışkan Yataklı Yanma ve Kazanlar

Ersin Tulunay

Ersin Tulunay 1939 da İstanbul'da doğdu. İstanbul Teknik Üniversitesini 1961 de Elektrik Y.Mühendisi olarak bitirdi. Amerika Birleşik Devletlerinde Brooklyn Polytechnic Institute'den 1967 de MS ve İngiltere'de Aston Üniversitesinden 1969 da Ph.D. derecelerini aldı. 1963 den beri ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesidir. 1977 de Doçent oldu. Süreç denetim ve donatım ve zamanla değişen devreler üzerinde çalışmaktadır. Ana uğraşlarından biri akışkan yataklı linyit yakıcılarının tasarım ve denetimidir.



ABSTRACT

Features of fluidized bed combustor and its use in boilers are explained briefly. Very short information is provided concerning the works in this area carried out in the Middle East Technical University.

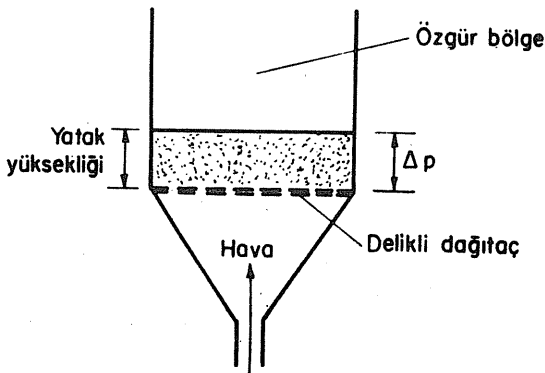
ÖZ

Akışkan yataklı yakıcının özellikleri ve kazanlarda kullanımına ilişkin kısa bilgiler verilmiştir. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde yapılan çalışmalar çok kısa olarak verilmiştir.

1. GİRİŞ VE GENEL TANIMLAR

Akışkan yatak, katı tanelerle gaz arasındaki karşılıklı değme ve etkileşimin en çok olduğu süreçlerden birisidir. Bu ve başka özellikleri akışkan yatağın fiziksel ve kimyasal tepkimeler için çok önemli bir ortam olmasını sağlamıştır. Bu yazıda akışkan yatağın yanma sürecinde kullanılması ve kazanlara uygulanması konularına kısaca değinilecektir.

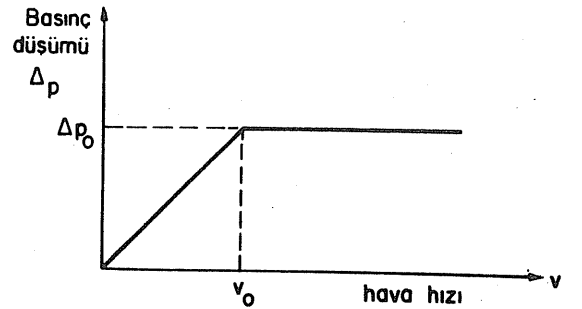
Akışkan yataklı yakıcı silindirik ya da köşeli bir kap içine konmuş kum ya da kül gibi taneli yatak gereğinden oluşmaktadır. Kabin tabanını üzerine bir çok küçük delik açılmış bir dağıtıcı oluşturmaktadır. Dağıtıcının deliklerinden hava geçebilmekte ancak kum ya da kül taneleri geçememektedir. Şekil 1 de akışkan yatağın çok



Şekil 1. Akışkan yatak

gişmemektedir. Δp_0 değeri yatak yüksekliği ve yataktaki tane hava karışımının özelliklerine bağlı olmaktadır. Görüldüğü gibi bu basınç, akışkanın kabin dibine yaptığı basıncın özelliklerini taşımaktadır. Hava hızı, en küçük

yalın bir biçimi görülmektedir. Aşağıdan verilen hava dağıtıcıya çarparak dağılır. Böylece hava taban yüzeyine düzgün olarak dağılmış biçimde dağıtıcı deliklerinden çıkıp taneleri yukarı doğru iterek yataktan geçer. Yukarı doğru hava akımının hızı belli bir değeri geçince taneler hava akımı içinde asılı kalırlar. Bu durumda hava ile taneler arasındaki sürtünme kuvveti tanelere olan yer çekimi etkisini dengelemiş olur. Taneli kütle sıvı özellikleri göstermeye başlar. Yatak akışkanlaşmağa başlamış olur. Bu noktadaki hava hızına en küçük akışkanlaştırma hızı denir. Hava hızı daha da arttırılırsa sıvı içinden geçirilen hava durumuna benzer biçimde, artık hava akışkan yatak içinden kabarcıklar oluşturarak geçer. Şekil 2 de yatağın taban ve üst yüzeyleri arasındaki basınç düşümünün, hava hızına göre değişimi gösterilmiştir. Akışkanlaşmanın başladığı v_0 hızından sonra basınç düşümü de-



Şekil 2. Basınç düşümü.

akışkanlaştırma hızı v_0 dan daha büyük değerlere doğru gittikçe taneler girdaplı hareketler yapmakta ve yatağın tabanından yüzüne doğru yükselip yüze gelince parçalan kabarcıklar oluşmaktadır. Yatak kaynayan, köpüren

bir sıvı görünümü almaktadır. Bu evrede taneler ve hava çok iyi karışmakta ve yatak kütlesi çok iyi karıştırılmakta olan bir sıvı gibi davranmaktadır. Sıvı özellikleri görülmesine karşın tanecikler katı durumdadır, herhangi bir ergime söz konusu değildir. Kaynamaktaki akışkan yatak, yanma için çok elverişli bir ortam almaktadır. Eylemsiz bir madde olan kum ya da kül yanma ortamı, hava yakıcı, yatağa uygun biçimde verilen kırılmış kömür, gaz ya da sıvı yakıt ise yanıcı olmaktadır.

Akışkan yatağın yüzü atmosfere açıksa basınçsız (atmosferik); yatağın yüzü basınç altında ise basınçlı akışkan yatak terimleri kullanılmaktadır. Basınçlı yatak, yanmadan çıkan gazlarla doğrudan türbin sürmek için kullanılmaktadır.

Akışkan yataklı yanmanın ilkeleri 60 yıla yakındır bilinmekteyse de uygulamaya dönük araştırmalar Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de 1960 larda başlamıştır.

2.. AKIŞKAN YATAKLI YANMANIN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Akışkan yatak yakıt hava karışımının çok iyi olduğu bir süreçtir. Katı tanelerin hava akımıyla karşılaşan yüzeylerinin geniş olması ve yatak içinde girdaplı hareketlerin bulunması akışkan yatağın çok elverişli bir yakıcı olmasını sağlamaktadır. Aşağıda akışkan yataklı yanmanın temel özelliklerine kısaca değinilmiştir. Düşük nitelikli yakıtlar yakılabilir.

Yüzde 60 a kadar kül ve %2 dolaylarında kükürt içeren düşük nitelikli kömür ve linyit kömürleri yakılabilir. Kömür, eylemsiz bir madde olan kül ile sarılmış olarak ve ayrı parçalar biçiminde yandığından kömür türü, kül ve nem içeriği yanmayı fazla etkilememektedir. Isı değeri 2500 kcal/kg dan daha fazla olan kömürler yakılabilmektedir.

Isı aktarım katsayısı büyüktür.

Akışkan yataklı yakıcıya daldırılmış olan borulara ve yataktan duvarlara olan ısı aktarım katsayısı büyüktür. Yatak 800°C gibi düşük bir sıcaklıkta bulunmaktadır. Girdaplı yapıdan ötürü, bu düşük sıcaklığa karşın ısı aktarım katsayısı büyük olmaktadır.

Çevre kirlenmesi denetim altında tutulabilir.

Yüksek kükürtlü yakıtlar yakılırken oluşan SO₂ yatağa uygun biçimde katılacak ve ucuza sağlanabilen kireç taşı taneleri yardımıyla kül içinde tutulabilmektedir. 800°C lik ortam SO₂ tutma için çok uygun olmakta ve kükürtün %90'ı çok ucuz ve kolay biçimde kül içinde tutulabilmektedir. Ayrıca bu düşük sıcaklıkta, azot oksitleri de az oluşmakta havanın azotu ise kirlenmeye azot oksitlerine dönüşmemektedir.

Akışkan yatak yakıtı bağımlı değildir.

Eldeki bir akışkan yatakta ister gaz ister kömür ve küçük değişikliklerle de yağ yakıtı yakılabilmektedir. Yanma sırasında, beslenen yakıttaki kül, nem v.s. gibi nitelik değişimleri yanmayı bozamaz.

ISI-28

Yanma verimi çok yüksektir.

Yanmadan kaçan karbonu yeniden beslemek koşuluyla %98 i geçen yanma verimleri elde edilebilmektedir.

Yanma yoğunluğu yüksektir.

Yatağın birim yüzeyi başına üretilen ısı enerjisi yüksektir olduğundan yakıcı ve kazan boyutları daha küçük tutulabilmektedir.

Korozyon ve öteki yıpranmalar azdır.

Sekiz yüz derece dolaylarındaki yatak sıcaklığı düşük olduğundan Potasyum, Sodyum gibi alkali tuzları buharlaşmamakta ve kül içinde kalmaktadır. Böylece korozyon ve öteki istenmeyen etkiler çok azalmaktadır.

Yakıt hazırlama giderleri düşüktür.

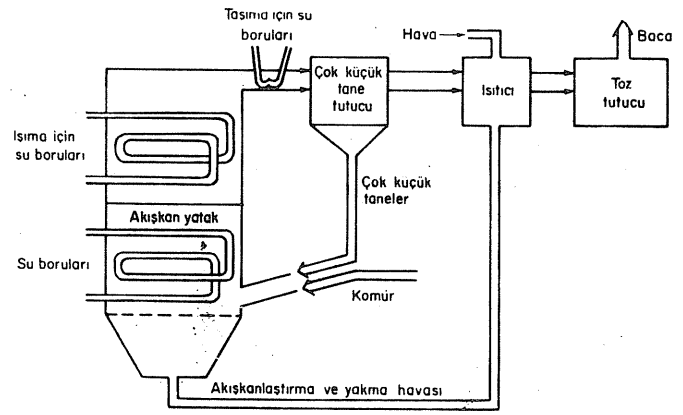
Akışkan yatakta yakılan kömürün tane büyüklükleri genelde 6-25 mm arasında değişmektedir. Kömürün bu büyüklükte hazırlanması kuşkusuz bir harcama gerektirmektedir. Ancak püskürtmeli yakıcılarda kömürün %70 inin 0.0075 mm den daha küçük olacak biçimde öğütülmesi gerektiği düşünüldüğünde, akışkan yatakta yakıt hazırlamanın daha ucuza geleceği anlaşılır.

Akışkan yataklı kazanı devreye alma süreci kısadır.

Akış yataklı ortalama bir kazanı devreye alma süresi 30 dakikalar dolaylarındadır.

3. AKIŞKAN YATAKLI KAZANLAR

Akışkan yataklı kazanlar konusunda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Burada çok kısa bilgi verilecektir. Akışkan yataklı bir kazanın ilkesel biçimi Şekil 3 de gös-



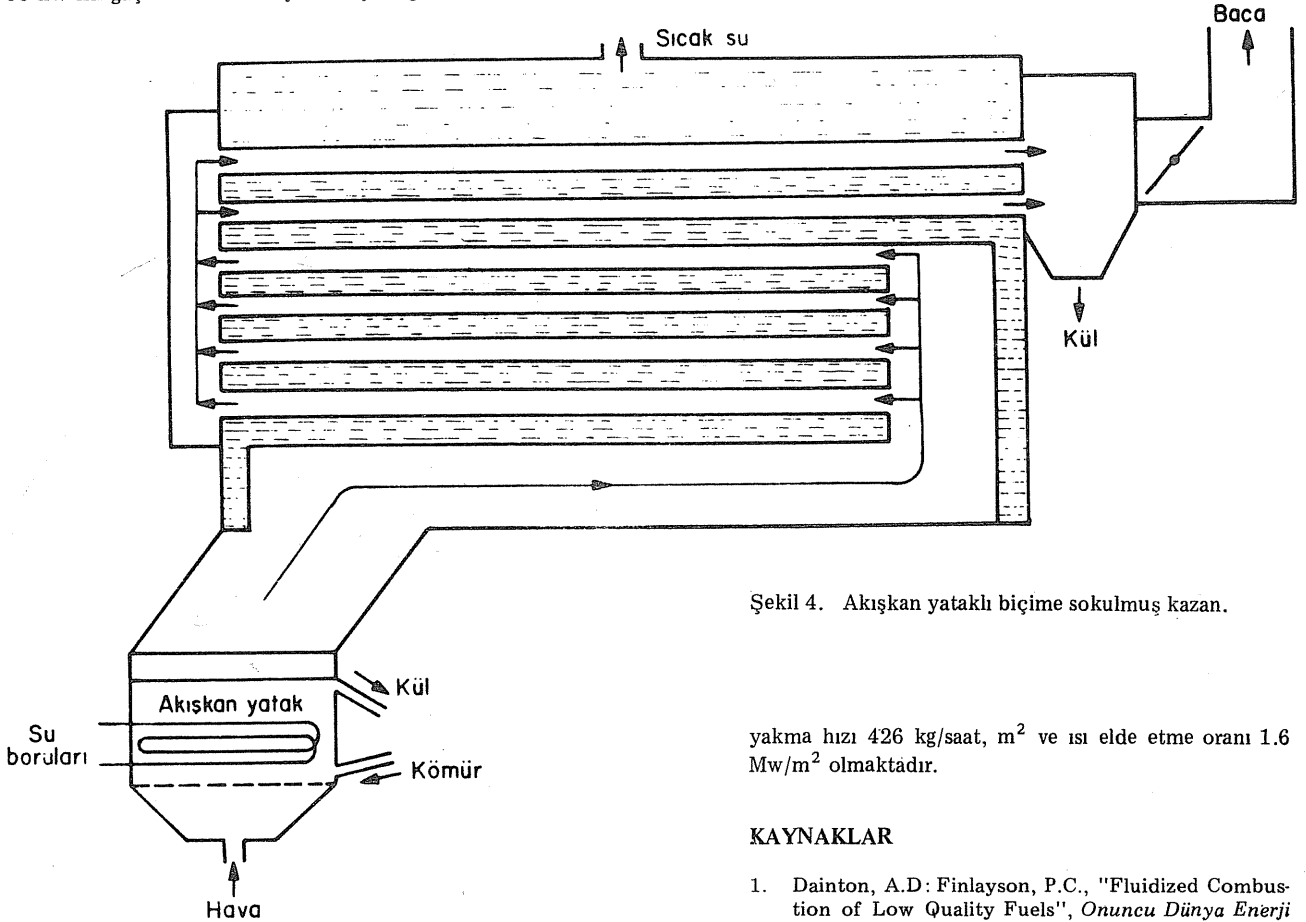
Şekil 3. Akışkan yataklı kazanın ilkesel biçimi.

terilmiştir. Yatak kütlesindeki enerji, yatağa daldırılmış borularla ısıma (radyasyon) enerjisi, ısıma boruları ile taşınma (convection) enerjisi, taşınma boruları ile alınmakta ve böylece sıcak su ya da buhar elde edilmektedir. Atılacak gazlarla taşınan küçük kül ve yanmamış karbon parçaları tutularak yatağa yeniden beslenir. Buradan yoluna devam eden gazlar yatağa verilecek havanın ön ısıtılması için kullanılabilir. Son olarak gazdaki tozlar tutulur ve artık gazlar bacaya verilir. Çeşitli kömür besleme yer ve yöntemleri bulunmaktadır. Burada yatak içinden besleme yapılmaktadır. Yakıcı soğuk iken gaz ya da odun v.s. ile yakılmakta ve sıcaklık 700-800°C olunca kömür verilmeğe başlanır. Kömürün külü aynı zamanda yatak

grecini oluşturur. Yatak akışkan olduğundan, taneler biçimindeki kül kolayca dışarı alınır.

Kazanlar doğrudan akışkan yatak için tasarımılabileceği gibi, alıılmış biçimde yapılmış kazanlar da akışkanyatakla çalışır duruma getirilebilir.

Şekil 4 de Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü Süreç Denetim Laboratuvarında akışkan yataklı biçime sokulmuş 80 000 kcal/saat lık 93 kW ısıllı güçlü bir kazanın yahın biçimi görülmektedir.



Şekil 4. Akışkan yataklı biçime sokulmuş kazan.

yakma hızı 426 kg/saat, m^2 ve ısı elde etme oranı 1.6 Mw/ m^2 olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Dainton, A.D: Finlayson, P.C., "Fluidized Combustion of Low Quality Fuels", *Onuncu Dünya Enerji Konferansı, İstanbul*, 19-23 Eylül, 1977.
2. Engineering Foundation, *Fluidization, Proceedings of the Second Engineering Foundation Conference*, Trinity College, Cambridge, England, 2-6 April, 1978, Cambridge University Press.
3. Engineering Foundation, Editors, J.R.Grace, J.M. Matsen *Fluidization, Proceedings of the 1980 International Fluidization Conference*, August 3-8, 1980, Plenum Press, New York, London, 1980.
4. Gibson, J., "Fluidised Bed Combustion", *Coal and Energy Quarterly*, No.7., Winter 1975.
5. Institute of Fuel, *Fluidised Combustion Conference, Symposium Series, No.1, Proceedings Vol.1*, London 16,17 September, 1975.
6. Kunii, P.: Levenspiel, O., *Fluidisation Engineering*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1969.
7. Mesko, J.E.; Camble, R.L., "Atmospheric Fluidized Bed Steam Generators for Electric Power Generation", *36th Annual Meeting of the American Power Conference*, Illinois Institute of Technology, 1974.

4. SONUÇ

Akışkan yataklı yakıcılar düşük nitelikli ve bol bulunan yakıtlardan temiz ve ucuz enerji elde edilmesinde büyük yararlar sağlamaktadır. Akışkan yatak sıcak su, buhar ve gaz elde edilmesinde kullanılabilmektedir. Böylece gerek ısı enerjisi gerekse elektrik enerjisi üretiminde özellikle ülkemiz koşullarında büyük önem taşımaktadır.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, Çevre Mühendisliği ve Makina Mühendisliği Bölümlerinde Konuya ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Bir bölüm yapım işlerini Isı Santrali ve Genel İşlikler yürütmektedir.

80 000 kcal/saat lık kazan için akışkan yatak tasarımını Elektrik Mühendisliği Bölümü asistanlarından Kimya Mühendisi Mehmet Bodur yapmıştır.