

Akışkan Yatakta Rejim Bölgesinin Isı Transferine Etkisi

Effect of the Regime Region on Heat Transfer in Fluidized Bed

Oğuzhan ERBAŞ^{1*}, Hüseyin TOPAL², Merve ŞENTÜRK ACAR³, Oğuz ARSLAN⁴

Özet- Akışkan yatakta yakma teknolojisi, başta kömür olmak üzere, biyokütle, endüstriyel ve evsel atıkları temiz - verimli bir şekilde yakabilen, günümüzde sayısı hızla artan, başarılı santral uygulamaları sergileyen bir enerji dönüşüm teknolojisidir. Düşük ısıl değerleri, yüksek kükürt, kül ve nem içerikleri nedeniyle ülkemiz linyitlerine uygun bir yakma sistemi teknolojisi gerekmektedir. Akışkan yatak teknolojisi, özellikle düşük kaliteli kömürlerin yakılması konusunda pulverize kömür teknolojilerine göre yüksek verim ve emisyon kontrolü sağladığı için oldukça tercih edilen bir teknolojidir. Akışkan yataklı kazanlarda yatağın çok yoğun türbülanslı olması ve yanma odasını doldurması nedeni ile ısıtma yüzeylerine olan ısı transferi, diğer yakma sistemlerine kıyasla çok daha büyüktür. Bu çalışmada, bir akışkan yatakta rejim bölgesinin ısı transferine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler - Akışkan Yatak, Rejim Bölgesi, Isı Transferi

Abstract- Fluidized bed combustion technology is an energy conversion technology that can successfully burn coal, biomass, industrial and domestic wastes in a clean and efficient way, and exhibits successful centralized applications which are increasing in number nowadays. Due to low thermal values, high sulfur, ash and moisture content, a combustion system suitable for our country's lignites is required. Fluidized bed technology is a highly preferred technology, especially since it provides high efficiency and emission control over pulverized coal technology for the burning of low quality coal. Heat transfer to the heating surfaces due to the fact that the bed is very turbulent in the fluidized bed boilers and fills the combustion chamber is much bigger than the other combustion systems. In this study, the effect of the regime region on heat transfer in a fluidized bed was investigated.

Keywords- Fluidized Bed, Regime Region, Heat Transfer

I. GİRİŞ

Hızla artan enerji talebi neticesinde ülkemizin, başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, enerji ithalatına bağımlılığı artmaktadır. Ülkemizin hâlihazırda toplam enerji talebinin ancak yaklaşık %26'sı yerli kaynaklardan karşılanabilmektedir. Ülkemizde son yıllarda, gelecekte enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak için; enerji ham maddeleri, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji yatırımları için ayrılan kaynaklar önemli oranda artırılmıştır. Şekil 1 ' de Ülkemiz için 2016 yılı sonu itibarıyla kurulu gücün kaynak bazında dağılımı gösterilmiştir [1].

Şekil 2'de de Ülkemiz için yıllık bazda elektrik enerjisi talep projeksiyonu sonuçları gösterilmiştir. Önümüzdeki 20 yıllık dönem için yıllık ortalama elektrik talebi artış oranı Senaryo 1 için %3,5, Senaryo 2 için %4,2 ve "Senaryo 3" için %5,3 olarak hesaplanmaktadır [2]. Birincil enerji kaynakları bakımından fazla zengin olmayan ülkemizde, enerji gereksiniminin karşılanmasında dışa bağımlılığımızı azaltmak için, en önemli öz enerji kaynaklarımızdan biri olan düşük kaliteli linyitlerimizin değerlendirilmesi gerekmektedir.

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: oguzhan.eras@dpu.edu.tr

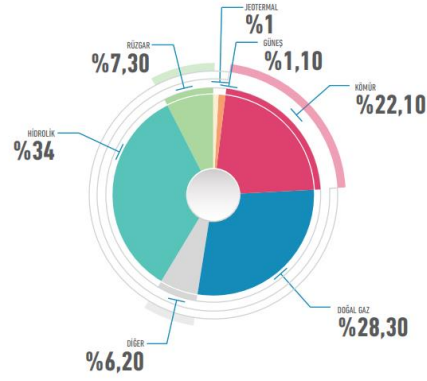
^{2,3,4}İletişim: ²htopal@gazi.edu.tr , ³merve.senturkacar@dpu.edu.tr , ⁴oguz.arslan@bilecik.edu.tr

^{1*}Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dumlupınar Üniversitesi, KÜTAHYA

²Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, ANKARA

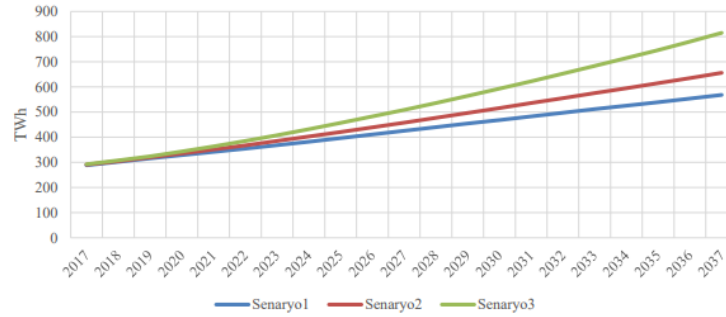
³Taşvanlı Meslek Yüksek Okulu, Dumlupınar Üniversitesi, KÜTAHYA

⁴Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, BİLECİK



Şekil 1. 2016 Yılı Sonu İtibarıyla Kurulu Gücün Kaynak Bazında Dağılımı [1]

Standart dışı düşük kaliteli yakıtları tam yanma koşullarına uygun ve içsel SO₂, NO_x emisyonu tutma özellikleri nedeniyle doğrudan yakabilecek en uygun teknoloji, akışkan yatak yakma teknolojisidir. Burada yatak sıcaklığının 850-950 °C'de tutulmasına bağlı olarak uygun adsorbent ilavesi ile SO₂'nin tutulması ve NO_x oluşumunun bastırılması sonucu genelde ilgili baca gazı arıtma tesislerinin kurulmasına gerek kalmamaktadır [3]. Akışkan yatakta yakma, yanma ve çevre sorunlarına çözüm getirerek linyitlerimizin yaygın ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak önemli bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.



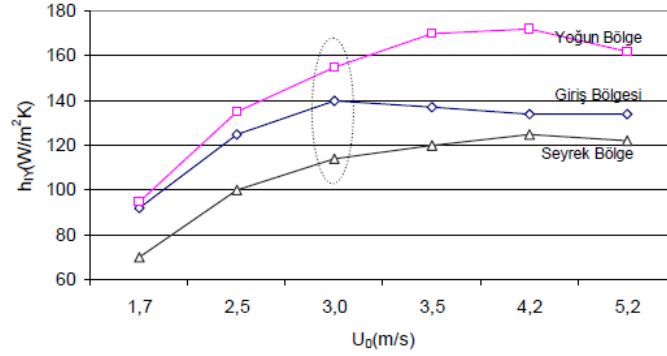
Şekil 2. Yıllık Bazda Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu [2]

II. AKIŞKAN YATAKTA REJİM BÖLGESİNİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİ

Akışkan yatakta, basınçlandırılan yakma havası ile yatak partikülünde oluşturulan sürüklenme kuvveti ve yukarı yönde oluşan ortamsal kaldırma kuvveti toplamı, aşağı yönde oluşan yatak partikül yerçekimi kuvvetleri ile dengelenerek, yatak malzemesi kararsız yoğun türbülanslı ve sıvısal hidrodinamik özellikli bir davranışa zorlanır [4]. Bu davranış yatak dolaşımının oluşturulmasına olanak sağlar ve hidrodinamiksel akışkan yatak tasarımının ve ısı transfer mekanizmasının temelini oluşturur. Akışkanlaştırılmış yatak, yatak ağırlığının (yerçekimi kuvvetinin) sürüklenme ve kaldırma kuvveti ile dengelenmesi sonucu yapısal olarak yoğun türbülanslı bir yapıya dönüşür. Yatak içinde partiküller üzerinde genelde yukarı yöndeki kuvvetlerin (sürüklenme, kaldırma) baskın olmasına karşın, yatak çevresindeki çeper akımda, hızların düşmesi sonucu etkinlik aşağı yönde etki sergileyen yerçekimi kuvvetine geçer[5].

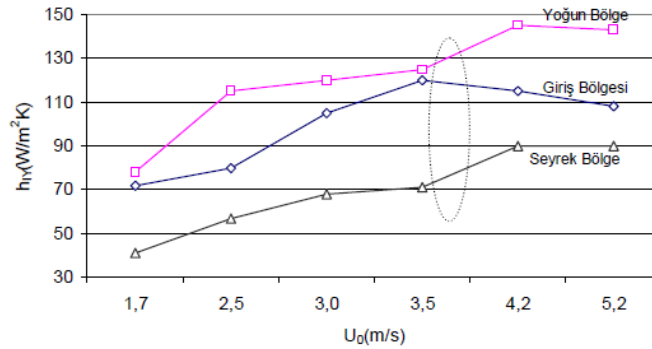
Akışkanlaşma bölgesinin ısı transferine etkisinin incelenmesi amacıyla; kaldırma kuvvetinin baskın olduğu giriş bölgesinde, yoğun yatak rejim bölgesinde ve en üstte de çıkış bölgesine yakın seyrek yatak rejim bölgesinde ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Seyrek faz akımı, düşük konsantrasyonlarda partiküller içermektedir. kolon yüksekliği arttıkça boşluk kesri (ϵ) artmakta yani katı hacim kesri ($1-\epsilon$) azalmaktadır. Kullanılan partikül boyutuna göre exponansiyel bir şekilde değişip çıkış bölgesine ulaşmaktadır. Belirli bir yükseklikten sonra ise partikül boyutuna göre konsantrasyonda değişiklik olmamaktadır. Yukarı doğru dümdüz aynı konsantrasyon gözlenmektedir. Bu yükseltiye “serbest bırakma yüksekliği” denmektedir. Bu bölge içerisinde özellikle büyük partiküller belli bir yüksekliğe çıktıktan sonra, ters bir ivme ile hareketlenmekte ve hızları azalmaktadır. Bu durumu belirleyen en önemli faktör partikül boyut dağılımıdır[5].

Kolon malzemesi olarak ısıya dayanıklı ve ısı transfer katsayısı yüksek paslanmaz çelik kullanılan, dağıtıcı elekten itibaren 0,9 m yüksekliğinde, 10 cm çapında ana kolona sahip deney sistemi ile, akışkan yatakta ısı transfer özellikleri ve etkili parametreler deneysel olarak incelenmiştir. Deney sisteminin dış yüzeyi kelepçeli elektrikli ısıtıcılar ile kaplanmış ve seramik cam yünü ile yalıtılmıştır. Isıtılmış yüzey-yatak arası ısı transfer analizi için, ana kolon boyunca hava dağıtıcısından itibaren aksel yönde ölçüm alma noktaları bulunmaktadır. Akışkan yatak test sisteminde yapılan deneyler sonucu; diğer bölgelere göre yoğun yatak rejim bölgesinde ısı transfer katsayısının yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 3'de akışkanlaşma bölgesinin ısı transfer katsayısına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3. Isıtma Yüzeyi ile Yatak Arası Isı Transfer Katsayısının Akışkanlaşma Bölgesi ve Gaz Hızı (U₀) ile Değişimi (Silis Kumu, dp=247 µm)

Şekil 3. incelendiğinde, 3. noktadan itibaren akışkanlaşma hızının artışı ile beraber, giriş bölgesinden üst bölgelere taşınan partikül miktarının artmasıyla kaldırma kuvvetinin çok etken olduğu giriş bölgesinde ısı transfer katsayısı değeri düşerken, yoğun bölge ve seyrek bölgede ise ısı transfer katsayısı daha da artmıştır.



Şekil 4. Isıtma Yüzeyi ile Yatak Arası Isı Transfer Katsayısının Akışkanlaşma Bölgesi ve Gaz Hızı (U₀) ile Değişimi (Silis Kumu, dp=690 µm)

Şekil 4. incelendiğinde partikül boyutu büyüdüğünde, değişim noktası 4. nokta olmuştur. Bu noktadan itibaren yoğun bölge ve çıkış bölgesinde ısı transfer katsayısı daha da artmıştır. Partikül çapı büyüdükçe kolon içerisinde yukarlara taşınan partikül miktarı oranı azaldığından seyrek akım bölgesinin katkısı da azalmaktadır.

III. SONUÇLAR

Akışkan yatakta, alttan verilen basınçlı yakma havası ile yukarıya doğru püskürtülen partiküller üzerinde (dağıtıcı eleğin üzerinde bulunan yatak malzemesi), yerçekimi kuvvetine daha baskın bir kaldırma kuvveti oluşturulmaktadır. Kaldırma kuvvetinin çok etken olduğu bu bölge, alt rejim bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgenin üzerinde sırasıyla yoğun yatak rejim bölgesi, seyreltilmiş yatak rejim bölgesi ve en üstte de çıkış bölgesi bulunmaktadır [6]. Akışkan yatakta gaz hızı partikülün terminal hızından daha büyük değere ulaştığında, partiküller gaz ile sürüklenip yaktan dışarıya taşınmaktadır. Şayet yatakta kullanılan partiküller tek boyutlu değil de belirli bir boyut dağılımına sahiplerse, önce küçük partiküller daha sonra büyük partiküller dışarıya taşınmaktadır. Giriş bölgesinden üst bölgelere taşınan partikül miktarının artmasıyla kaldırma

kuvvetinin çok etken olduğu giriş bölgesinde ısı transfer katsayısı değeri düşerken, yoğun bölge ve seyrek bölgede ise ısı transfer katsayısı daha da artmıştır. Partikül çapı büyüdükçe kolon içerisinde yukarlara taşınan partikül miktarı oranı azaldığından seyrek akım bölgesinin katkısı da azalmaktadır. Ayrıca daha ufak partiküller gaz içerisinde daha iyi bir karışım oluşturmakta, partikül kümeleri ile ısıtma yüzeyi arasındaki iletim için gerekli olan mesafe kısaltmakta, yani gaz tabakası incelmekte ve bunun sonucunda termal iletim direnci azalarak, ısı transfer oranı daha yüksek olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] *Enerji Durum Faaliyet Raporu*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016.
- [2] Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu, <http://www.enerji.gov.tr/>, 2017.
- [3] Basu, P., *Circulating Fluidized Bed Boilers*, 2015.
- [4] Lettieri, P., Yates, J., *Fluidized-Bed Reactors: Processes and Operating Conditions*, 2016.
- [5] Erbaş, O., *Dolaşimli akışkan yatakta ısı transferi mekanizması ve bu mekanizmanın kuramsal ve deneysel analizi*, Doktora Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enst., Ankara, 2007.
- [6] Oka, S., *Fluidized Bed Combustion*, 2003.