

GÖZENEKLI YAKICIDA FARKLI DENKLIK ORANLARI VE GER SICAKLIKLARINDA YANMA KARAKTERISTIKLERININ ARASTIRILMASI

Iker YILMAZ¹
Erciyes Üniversitesi, Kayseri

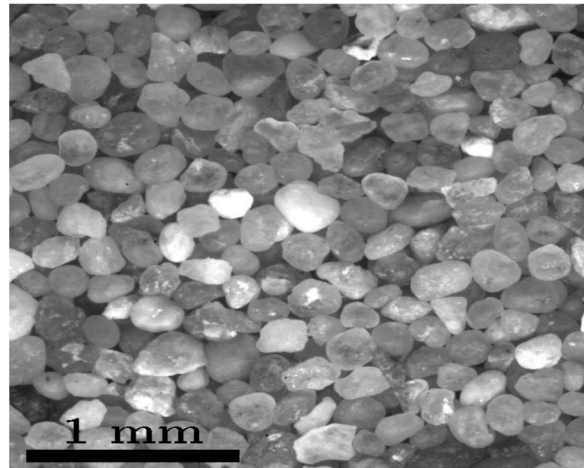
Ömer ÇAM²
Erciyes Üniversitesi, Kayseri

ÖZET

Endüstriyel kuruluşlar, enerji masraflarının artması, ve buna CO₂ gazı olmak üzere sera gazları, enerjiyi, minimize etmek sebebiyle esnek sistemlerinde meydana gelen gelişim ve değişimi takip etmek zorundadırlar. Ayrıca bu alanlarda yapılacak gelişmeler paralelinde, günümüzde ve gelecekte yüksek kalite gereksinimlerini karşılayabilecek ürünlerin ortaya konulabilmesi mümkün olacaktır. Gözenekli yakıcılarda meydana gelen teknolojik gelişmeler sayesinde birçok avantaj sağlanmaktadır. Yapılan bu çalışmada da gözenekli yakıcılar arasında ve örnek bir yanma odası modellenerek Ansys 13.0 programında CH₄ gazının daralan bir boruda farklı yakıt-hava denklik oranları, (Equivalence Ratios) ve giriş sıcaklıklarında yanma simülasyonu yapılmıştır. Sonuç olarak maksimum eksten sıcaklık, stoikiyometrik yanmada elde edildiği görülmüştür. CO ile NO_x gazları oluşumları, denklik oranının artmasıyla artmaktadır, fakat bu artış lineer değildir, gözlemlenmiştir. Ayrıca giriş sıcaklığının artması ile bu gazların oluşum miktarları azalmıştır. Başlangıç ve hız değişimleri ise yanma odasına ve yanma sıcaklığına etkisine bağlı olarak değişmektedir.

GER

Yapısal olarak içerisinde gözenek (pore) olarak adlandırılan boşluklar bulunduran malzemelere gözenekli malzemeler denir. Bu tür malzemeler doğrudan elde edilebileceği gibi yapay olarak üretilmesi de mümkündür. Doğal malzemeler, kaya, aquiferler ve deniz kumu vb. iken yapay malzemeler ise zarımsı görev görebilen malzemelerdir. Şekil 1'de elelenmiş deniz kumunun iki lamel arasında konularak Hele-Shaw Cell yöntemi ile gösterimi doğal gözenekli malzemelere bir örnektir.



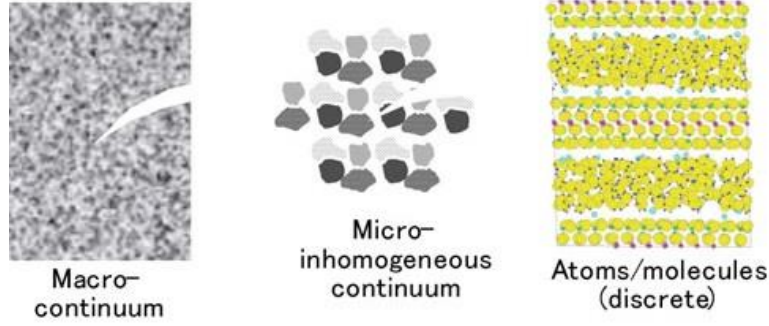
Şekil 1: Deniz kumunun iki lamel arasında konularak Hele-Shaw Cell yöntemi ile gösterimi

Bu malzemeler mühendislik uygulamalarıyla birlikte olmak üzere birçok alanda ortaya çıkan problemlerle baş etmede kullanılan bir yardımcıdır. Örneğin; geri dönüşüm tesisleri, paketleme ve

¹ Doç. Dr., Sivil Havacılık Y.O., Uçak Gövde ve Motor Böl., E-posta: iyilmaz@erciyes.edu.tr

² Arş. Gör., Sivil Havacılık Y.O., Uçak Gövde ve Motor Böl., E-posta: omercam@erciyes.edu.tr

g²da uygulamalar², tekstil, plastik sanayi, tarım, metal ve cam sanayi, kimya sanayi ve enerji sektörü gibi birçok alanda bu tür malzemelerden faydalanılmaktadır. Bu malzemelerin davranış larının analiz edebilmek için sürekli ortamlar mekaniğinin prensipleri kullanılır. Bu prensipte yapıya oluşturan bütün atom veya molekül grupları tek parça kabul ederek, ortalama değerler belirlenir. Böylece malzemenin davranış tanınır. Karbon (¹²C) atomunu örnek vermek gerekirse; malzemenin davranış tanınmasında $6,0223 \times 10^{23}$ atom C = 1 mol C = 12 gram C varsayarak yapılarak sürekli ortamlar hipotezini tanımlayabiliriz. Şekil 2'de makro ve mikro yapıda bulunan atom dağları görülmektedir. Aynı şekilde atom veya moleküller aslında yapı içerisinde homojen olarak dağılmıştır görülmektedir. Malzemenin davranış tanınmasında bu düzensizlik ihmal edilir ve ortalama bir davranış değeri saptanır. Böylece yapılacak analiz ve ölçümlerde kolaylık sağlanmıştır olur.



Şekil 2: Makro ve mikro yapıdaki atom veya moleküllerin dağılımı [Ichikawa Y., 2012]

GÖZENEKLİ YAKICILAR

Düşük konsantrasyonlu kömür madeni gazlarının kullanılması en büyük zorluklardandır. Gözenekli yakıcılar düşük kalorili değerdeki yakıtların kullanılmada en verimli metottur. Bu yapı ile CO₂ ile birlikte atılan metan (CH₄) gibi gazların miktarı azaltılabilir. Ayrıca bu yapıların ısı dönüşümleri de çok verimlidir.

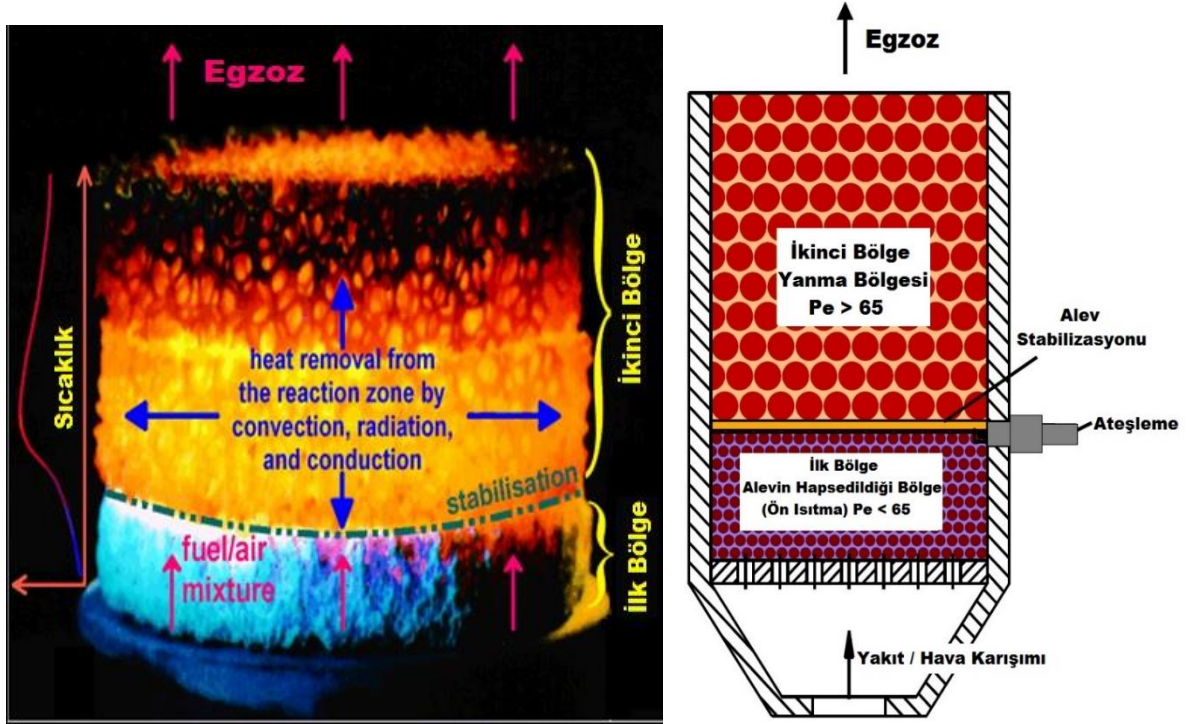
Gözenekli yakıcılarda yanma işlemi ön karışım olarak gerçekleştirir. Yani yanma odasına yakıt ve hava karışımı önceden karıştırılarak gönderilir. Farklı şekillerde üretilen ve geometriler ile istenilen sıcaklık, emisyon, hız, basınç vb. değerler elde edilebilir. Yanma odasında genelde iki tür gözenekli ortam kullanılır. Hava-yakıt karışımının ilk temasta bulunduğu gözenekli ortam küçük gözeneklere sahipken, yanmanın ileri kısımlarında ise büyük gözenekli ortamlar kullanılır. Bu yapı genelde sandviç yapı olarak adlandırılır.

Gözenekli yakıcılar ile yapılmış olan çalınmalar halen yeterli seviyede değildir. Ayrıca yapılan çalınmaların büyük bir kısmı silindirik şekillerdeki gözenekli yakıcılar ile yapılmaktadır. Lakin diğer şekillerde hazırlanacak deney düzeneklerinde nasıl bir sonuç elde edileceği belli değildir. Örneğin [William M. Mathis a & Janet L. Ellzey, 2010] çalınmış silindirik yakıcılar göz önüne almaktadır. Bunun gibi birçok çalınma aynı tarzda yapılmıştır. [Jang H., Zhao P.H., Xu K., 2009], [Liu F., Song Z.C., Yang L., 2009] ve [Yamamoto K., Takada N., Misawa M., 2005] gibi. Bu çalınma ise geometri silindirik yerine daralan bir şekilde seçilmiştir. Bu şeklin seçilmesinin sebebi silindirik yapının meydana getirdiği kararsızlıkları elimine etmektir. Böylece dengeli ve verimli bir yanma elde edilir.

Gözenekli yakıcılarda hidrokarbonların yanma işleminde ısı transferi ana olarak iletimle meydana gelmekteyse de ışıma ve taşınım ihmal edilemez. Yapılacak ihmallere hatalı sonuçlar vererek tasarlanacak yapıdaki malzeme seçimini veya malzeme kalınlıklarının önemli derecede etkileyecektir. Bu sebepten ötürü meydana gelen ısı transferi hesaplamalarında üç ısı transfer çeşidi de hesaba katılmak zorundadır. Aşağıdaki şekilde bir silindirik boruda meydana gelen yanma olayının bir resmi verilmiştir. Önceden de belirtildiği gibi bu şekilde gözenekli yakıcı sandviç yapı olarak tabir edilen şekilde yapılmıştır.

Gözenekli yakıtlar birçok yönden fayda sağlamaktadır. Fakat her faydanın yanında bu sistemlerde olumsuz yönlerde vardır. Bunlar maddeler halinde sıralamak gerekirse, homojen ve ayarlanabilir sıcaklık seviyesi, düşük artık (waste) gaz emisyonu, yüksek yanma stabilitesi, küçük hacimlerde etkili sonuçlar, karmaşık yanma odası geometrileri mümkün, yüksek oranda güç aralığı ayarlama, termal şoklara karşı mükemmel direnç, iyi derecede ısı transfer özellikleri, mekanik ve kimyasal direnç, yüksek sıcaklıkta kullanılabilirliği ($T > 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) gibi birçok avantajı vardır. Ayrıca ısı genleşmesi makul ölçülerdedir.

Maliyet açısından bakıldığında gözenekli yakıtların uygun fiyatlarda bulunması zordur. Çünkü gözenekli yapıların kullanılacağı yerlere göre tasarımı ve imalat teknikleri de değişmektedir. Her süreç kendine özgü tasarım ve sınırlandırmalar içermektedir.



ekil 3: Silindirik gözenekli ortamda yanma ve ısı transferi

[Mohamad A.A., Abdul Mujeebu M., Abdullah M.K., Abdullah M.Z., Abu Bakar M.Z., 2009]

Gözenekli yakıtlar gözenek büyüklüğünü belirlemek için PPI (Pore Per Inch) olarak kullanılan bir terimdir. Pore Per Inch harflerinin kısaltılmasıdır. Bir inç uzunlukta gözenek sayısını belirtir. Böylece aynı malzemeden yapılmış fakat gözenek miktarı farklı olan malzemeleri daha doğru bir şekilde tanımlayabiliriz. Aşağıdaki şekilde üç farklı gözenek yapısına sahip bir malzeme gösterilmiştir. Burada gözenek derinlikleri sırasıyla 10 . 20 . 30 PPI olan malzemeler gösterilmiştir.



ekil 4: PPI derinlikleri farklı malzemeler

(Soldan sağa doğru PPI derinlikleri: 10 . 20 . 30 ppi)

MATEMATİKSEL MODEL

1 Süreklilik Denklemi

Bu denklem, akışkan maddelerin akışkan miktarının, akışkan boru içinde korunarak taşınmasını tanımlayan bir denklemdir. Bir akışkan alanı içerisinde kontrol hacmi diye adlandırılan belli bir bölgeye giren, çıkan ve bu bölge içindeki akışkan kütlelerini göz önüne alarak kütle korunumu prensibi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

Bu şekilde yazılabilir bir akışkan üç boyutlu kararsız akışma ait diferansiyel formdaki süreklilik denklemdir. ρ kg/m³ biriminde olup gazın yoğunluğudur. u , v ve w ise hız vektörlerini ifade eder. Vektör analizinde, $\nabla \cdot (\rho \vec{V})$ hız vektörünün eksenler üzerindeki u , v ve w izdüşümlerine ait türevlerin toplamı diverjans olarak ifade edilir ise; süreklilik denklemi vektörel formda aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0$$

2 Momentumun Korunumu Denklemi

Akışkan alanında basınçla hızlar arasındaki ilişkiyi Newton'un ikinci kanunu ile ifade edilebilir. Daimi akışkanlarda, bir kontrol hacmi alıp bu kontrol hacminin yüzeyleri arasındaki momentumun birim zamanda değişimini aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

3 Türlerin Korunumu Denklemi

$$\frac{\partial(\rho_g Y_i)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_g u Y_i) = -\nabla \cdot (\rho_g Y_i V_i) + \omega_i W_i$$

W_i , türlerin moleküler kütlelerini; Y_i , türlerin kütle kesrini; V_i , türlerin difüzyon hızını ifade etmektedir.

4 Enerjinin Korunumu Denklemi

$$\text{Katı hali için; } \frac{\partial(\rho_k h_k)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_k u h_k) = \nabla \cdot (k_k \nabla T_k) + S_{h,k}$$

$$\text{Gaz hali için; } \frac{\partial(\rho_g h_g)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_g u h_g) = \nabla \cdot \left(\frac{k_g}{C_p} \nabla T_g \right) + S_{h,g}$$

h_k ve h_g , gözenekli ortamın ve gaz hali için duyu entalpiyi (J/kg); k_k ve k_g katı ve gaz hali için termal iletkenlik (W/m.K⁰); T_k ve T_g sıcaklıklar (K⁰); $S_{h,k}$ ve $S_{h,g}$ katı ve gaz hali için enerji; C_p ise özgül ısı (J/kg.K⁰) değerlerini ifade etmektedir.

5 İdeal Gaz Yasası

$$pV = \frac{mRT}{M}$$

R, Molar Gaz Sabiti (8.3145 kJ/kmol.K); p yakıt . hava karışımının basıncı (kPa), M molar kütle (kg/kmol), m ve V ise sırasıyla kütle (kg) ve hacim (m³) değerlerini ifade etmektedir.

Sinir ve BaLangıç artları

Girişte (x = 0.01 ~ 0.01 m, y = 0) → u = u₀, v = 0, T_g = T₀ = 300 K⁰

Çıkışta (x = 0.09 ~ 0.09 m, y = 0.24) → v = 0, $\frac{du}{dx} = \frac{dT_g}{dx} = 0$

Ergun Denklemi

$$-\nabla p^* = \frac{150\mu(1-\varepsilon)^2 u^*}{d_p^2 \varepsilon^3} + 1,75 \frac{(1-\varepsilon) \rho u^{*2}}{\varepsilon^3 d_p}$$

Ergun denklemi sayesinde akıştaki basınç düşümünü, viskoz direnç ve ataletsel direnç katsayıları olarak hesaplayabilmemizi kolaylaştırır. Fakat hesaplamalarda bulunan 150 ve 1.75 katsayıları gözenekli ortamın yapısına ve ekleme göre farklılıklar ve değişkenlikler göstermektedir.

$$\alpha = \frac{d_p^2}{150} \cdot \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \quad \beta = \frac{1,75}{d_p} \cdot \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3}$$

- R_v = Viskoz direnç katsayısı: 1/μ
- R_i = Ataletsel direnç katsayısı
- u* = Gözenekli ortam için kütle akışı (kg/m²s)
- μ = Dinamik viskozite
- ∇p* = Akış yönündeki basınç gradyanı
- d_p = Gözenekli ortamdaki küresel parçacıkların ortalama çapı
- ε = Yoğunluk
- ε = Gözeneklilik (porozite)
- ε = Gözenekli ortamın geçirgenliği

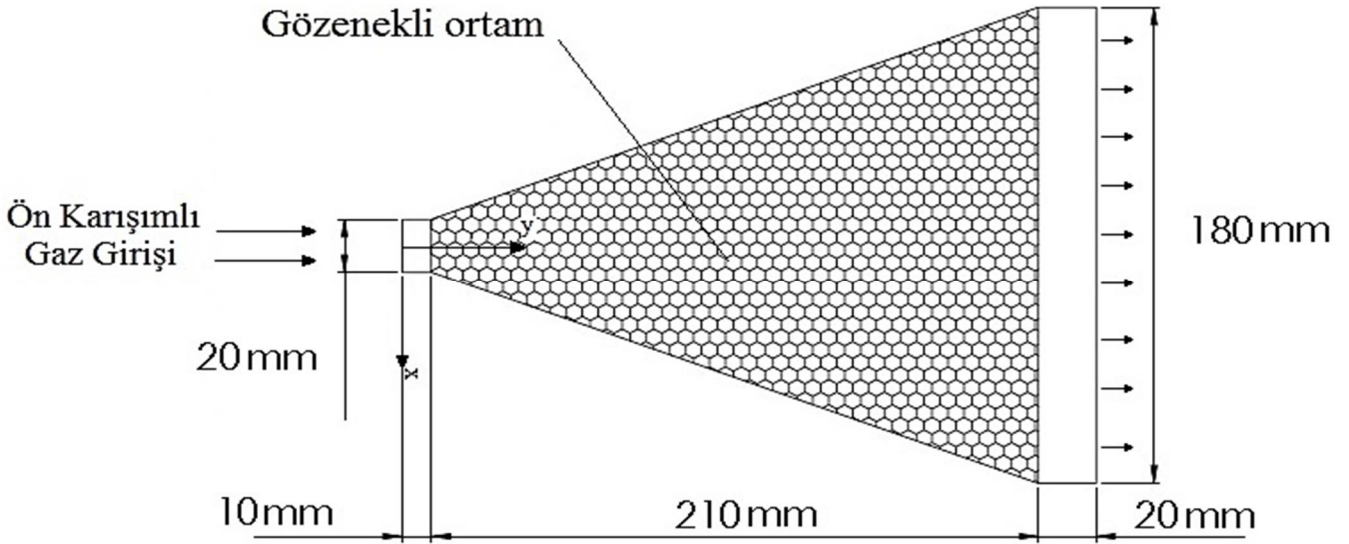
Denklik Oranı

Denklik oranı gerçek yakıt-hava oranının teorik yani tam yanmadaki yakıt-hava oranına olan oranına denir.

$$\Phi = \frac{\left(\frac{m_{yakıt}}{m_{hava}}\right)_{gerçek}}{\left(\frac{m_{yakıt}}{m_{hava}}\right)_{teorik}}$$

TEORİK MODEL

Gözenekli ortam aksiyel simetrik olarak tasarlanmıştır. Bu sebepten dolayı analizlerde iki boyutlu tasarım kullanılmıştır. Analiz zamanından tasarruf edilmiştir. Eki 5 ile gösterildiği üzere giriş çapı 2cm çıkış çapı ise 18cm'dir. Girişte 1cm, çıkışta ise 2cm gözeneksiz ortam bulunmaktadır. Gözenek malzemesi olarak Al₂O₃ seramik köpüğü seçilmiştir. Malzemenin genel özellikleri Tablo 1 ile verilmiştir.



ekil 5: Gözenekli ortam

Tablo 1 Gözenekli malzemenin termofiziksel parametreleri

Ortalama Gözenek Sayı ² s ² , PPI		20
Gözenekli Ortamdaki Küresel Parçacıkların Ortalama Çapı,	d _p (mm)	1.3
Karılma İndisi		0.794
Porozite		0.853
Saçılma Katsayısı ²	(m ⁻¹)	395
Atenuasyon Katsayısı ²	I m ⁻¹	498
Efektif Isıl İletkenlik	(W · (m · K) ⁻¹)	0.9
Absorpsiyon Katsayısı ²	β (m ⁻¹)	102

Analizlerde giriş sıcaklıkları ve giren hava-yakıt oranları deyimli yapılarak gözenekli ortamda meydana gelen sıcaklık değişimleri, yanma sonrası ortaya çıkan CO ve NO_x gazlarının emisyon değerleri incelenmiştir. Giriş sıcaklıkları 300K^o, 350K^o ve 400K^o olarak verilecek olup elde edilen veriler sunulmaya çalışılmıştır. Böylece giren gazların sıcaklık ve emisyon ve oluşacak maksimum sıcaklığa olan etkileri hakkında bilgi sahibi olunacaktır.

SAYISAL ANALİZLERİ

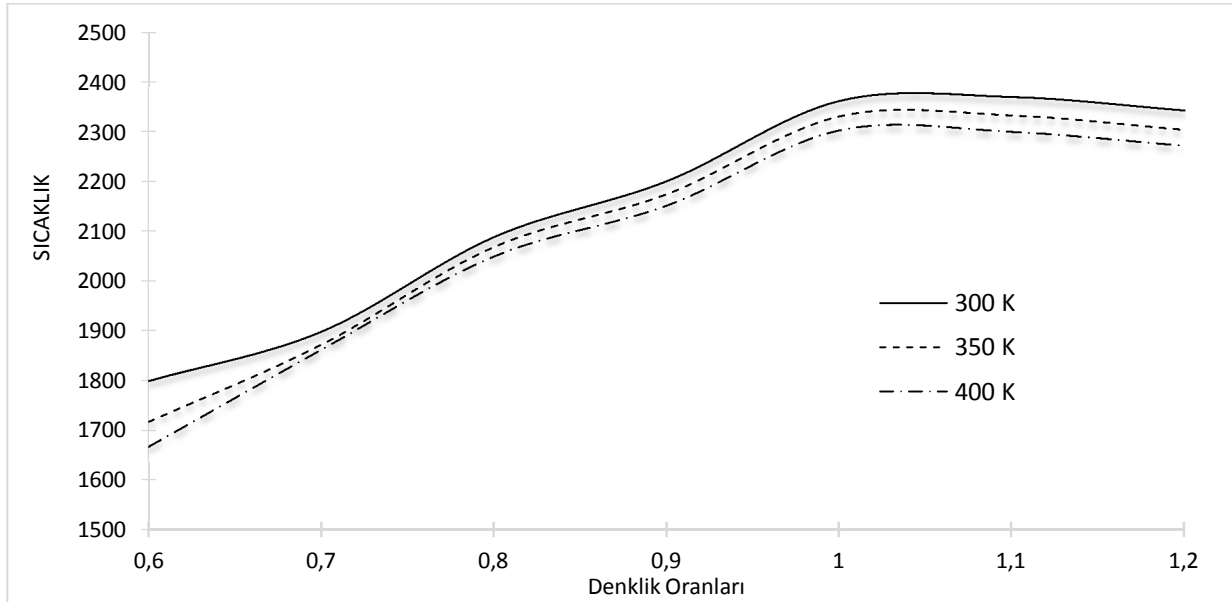
Mapped mesh yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak 6960 düğüm ve 6699 eleman elde edilmiştir. Ayrıca Fluent programıyla meshin kalitesi ve kontrolü yapılmıştır. Yapılan deneyler daha sıkı meshleme yapılarak değerlendirilmiştir sonuçlarda kayda değer değişiklik gözlenmemiştir. Yapılan deneyler 8000 ile 12000 arasında iterasyon sonucunda yaklaşık 25 ile 40 dakika arasında tamamlanmıştır. Bütün deneylerde, hesaplanan sonuçlar arasında en yüksek 1x10⁻⁶ olarak elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan bilgisayar özellikleri; Intel(R) Core i5 - 3337U CPU @ 1.80GHz x64 tabanlı işlemci ve 8.00 GB RAM'dir.

Gözenekli yakıtta yanma işlemi ön karışım olarak Fluent 13.0 programında sonlu hacimler metodu ile simüle edilmiştir. Yanma duvar yüzeylerinde adyabatik varsayım ve kaymama koşulu kabulü yapılmıştır. Yer çekiminin etkileri ihmal edilmiştir. Akış modeli olarak standart k-ε türbülans modeli seçilmiştir. Yanma modeli olarak da türlerin tabanlı ve iki basamaklı metan-hava reaksiyon mekanizması ayarlanmıştır. Yanmada tür etkilerini hesaba katmak için discrete ordinates (DO) modeli belirlenmiştir. Gözenekli ortamın özelliklerinin belirlenmesinde Ergun denklemi kullanılarak ataletsel ve viskoz direnç katsayıları hesaplanmıştır. Al₂O₃ köpü malzeme parametreleri, hesaplanan değerler ve hava-yakıt karışımının özellikleri yazılım yüklenmiştir. Metan-hava karışımının yanma odasına giriş hızı bütün analizlerde sabit olarak 0.225 m/s kabul edilmiştir.

SAYISAL SONUÇLAR

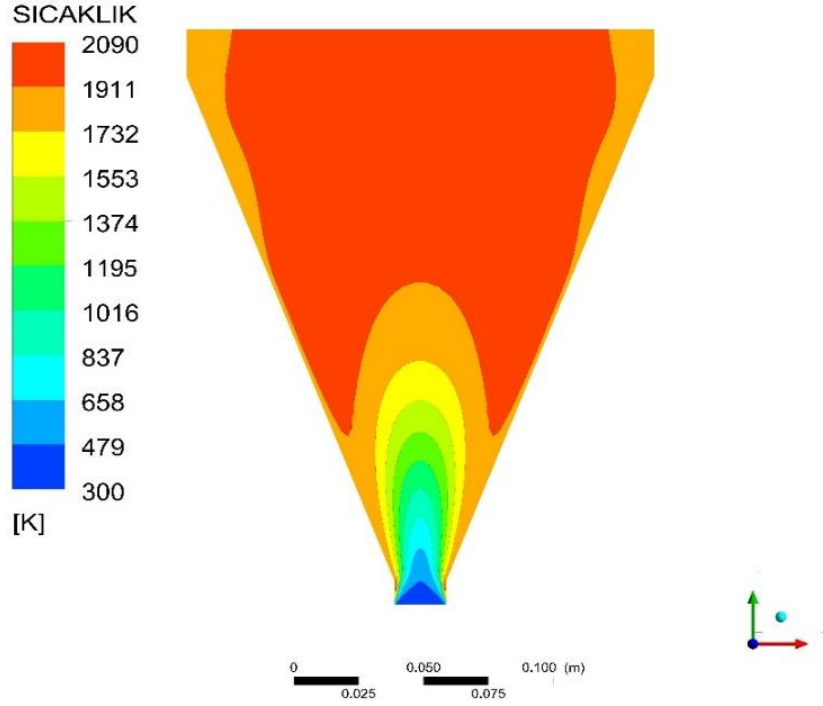
Bu çalışmada farklı denklik oranları ve giriş sıcaklıklarında Al_2O_3 köpüklü gözenekli yakıtta metan hava karışımının yanma karakteristikleri gözlenmiştir. Her artış için aynı giriş hızında gönderilen karışım ön karışım olarak Ansys 13.0 programı içerisinde Fluent yazılımı ile simüle edilmiştir. Sonuç olarak maksimum aksenal sıcaklık stokiyometrik yanmada (ekil 6) elde edilmiştir. Ayrıca örnek olarak 0.8 denklik oranı ve $300^\circ K$ giriş sıcaklığında yanma odasındaki sıcaklık dağılımı ekil 7 ile gösterilmiştir. CO ile NOx gazları oluşumlarının denklik oranının artması ile artması fakat bu artışın lineer olmadığı gözlemlenmiştir.

Gaz emisyonları ile ilgili diğer sonuçlar ekil 9, 10, 11, 12, 13 ile gösterilmiştir. Ayrıca giriş sıcaklığının artması ile bu gazların oluşum miktarları azalmıştır. Basınç ve hız değerleri ise yanma odasına ve yanma bölgesinin etkisine bağlı olarak değişmektedir. Yanmada ve soğuk akışta elde edilen hız değerleri ekil 8 ile gösterilmiştir. Yanma durumunda yüksek sıcaklık gradyanları oluşması ile hızda da artma olduğu aynı ekil-8'den anlaşılabilir. Son olarak farklı giriş sıcaklıklarının aynı denklik oranında simetri eksenini boyunca sıcaklık dağılımı ekil 14 ile verilmiştir. Giriş sıcaklığının artması ile sıcaklık seviyesinde reaksiyon bölgesinde ($y < 0,1$ m) artma olduğu, reaksiyonun tamamlanmasına bağlı olarak daha sonraki bölgelerde ($y > 0,1$ m) sıcaklık azaldığı görülmektedir.



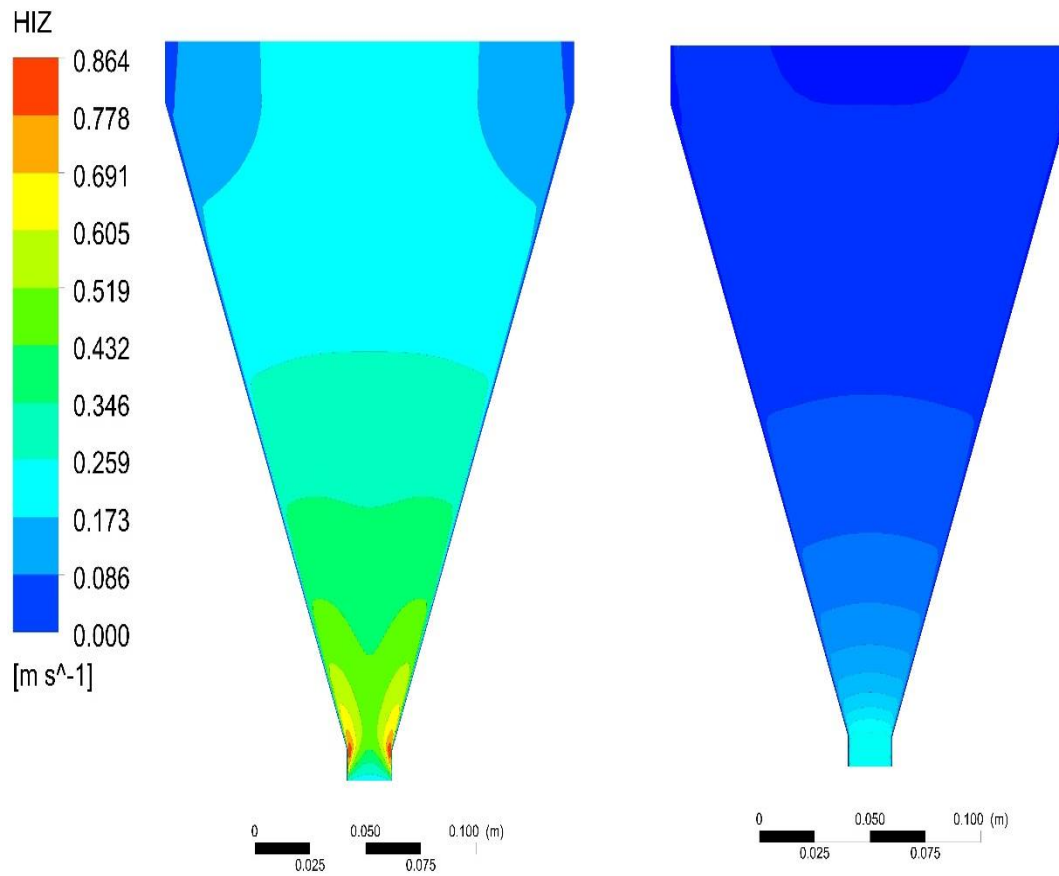
ekil 6: Farklı denklik oranlarında elde edilen maksimum sıcaklık değerleri

ANSYS

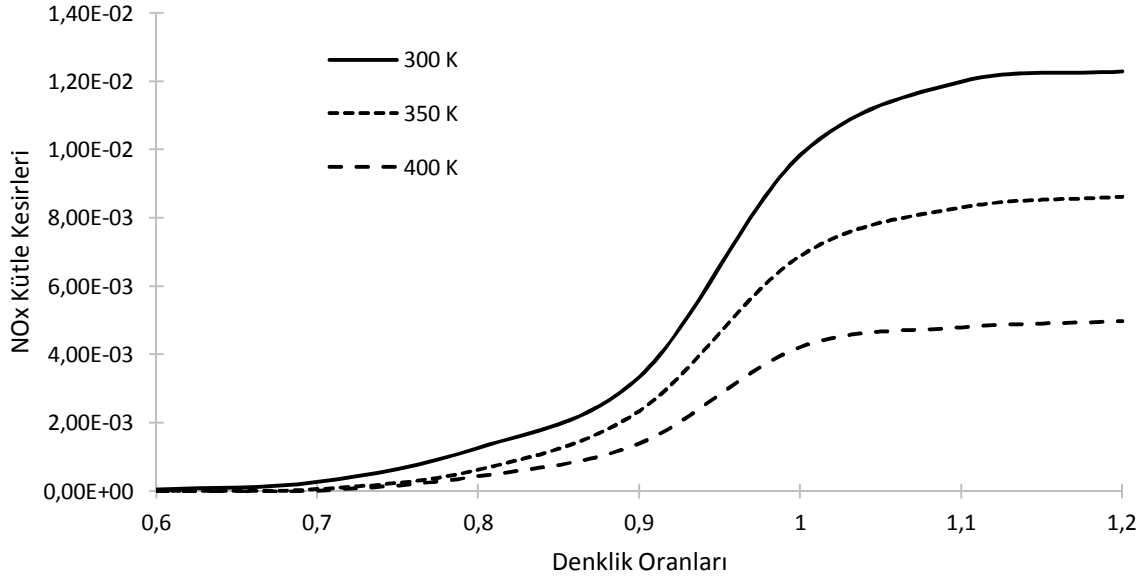


ekil 7: 0.8 denklik oran² ve 300 K⁰ giri s²cakl² 2nda yanma odas²nda s²cakl² 2n da 22m²n iki boyutlu g²sterimi

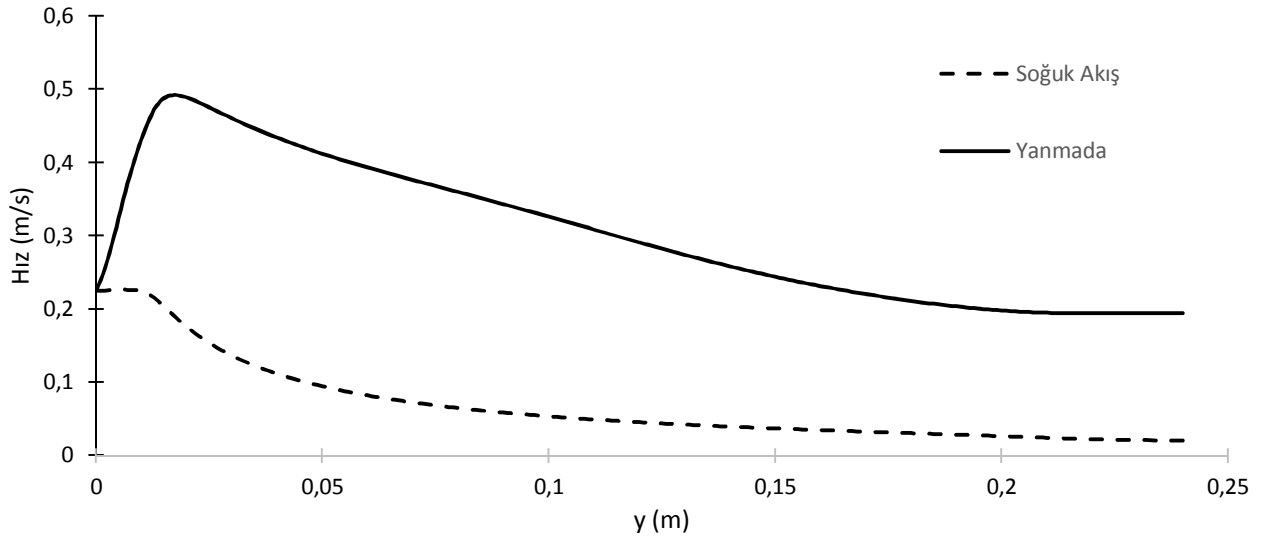
ANSYS



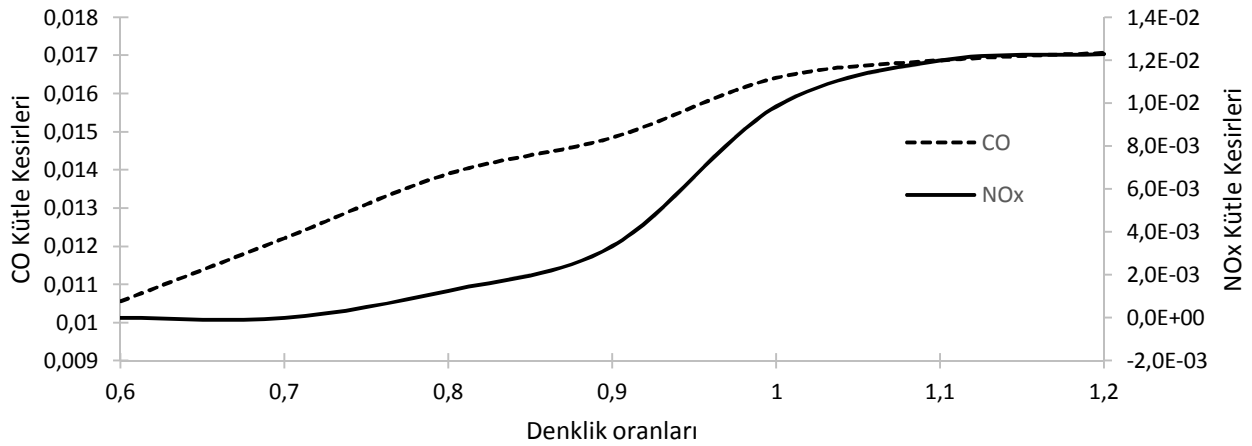
ekil 8: Yanmada (sol) ve so uk ak² ta (sa) h²z da 22m²



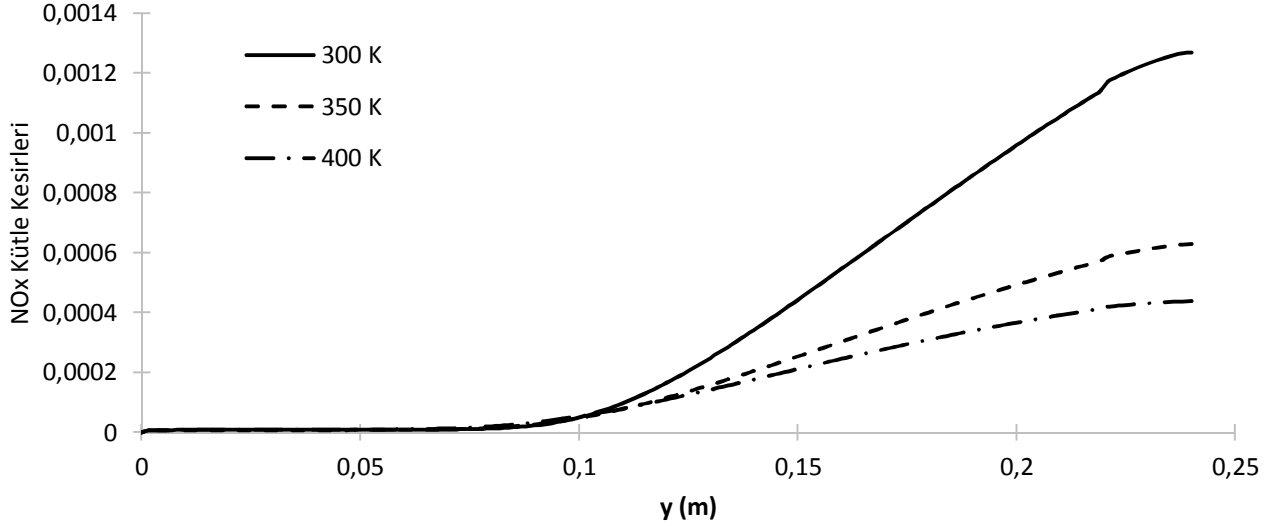
ekil 9: Farklı denklik oranlarında NOx gazı emisyonu değişimi



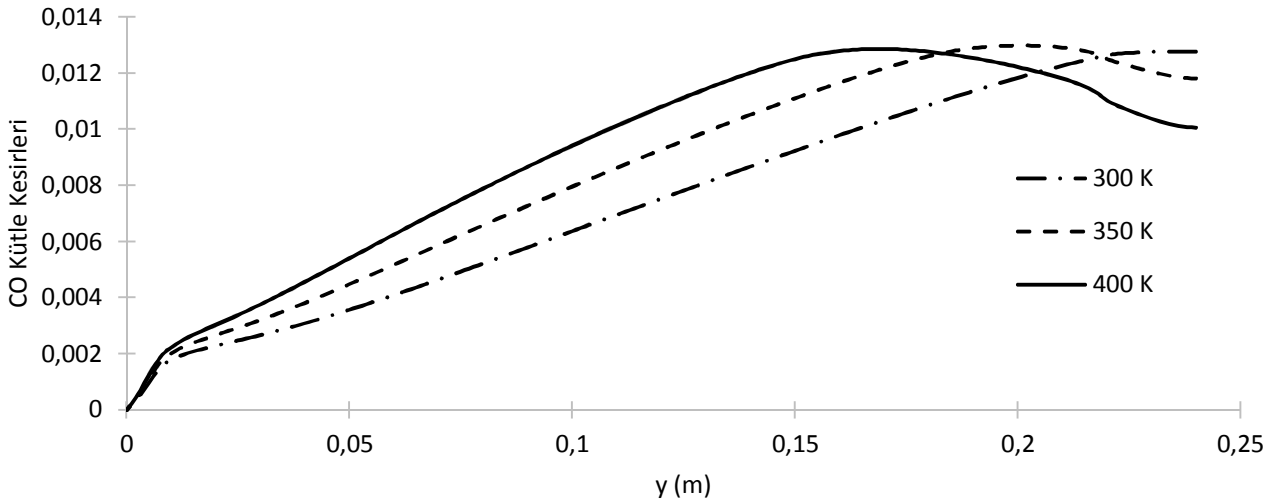
ekil 10: Yanmada ve soğuk akışta hız değişimi



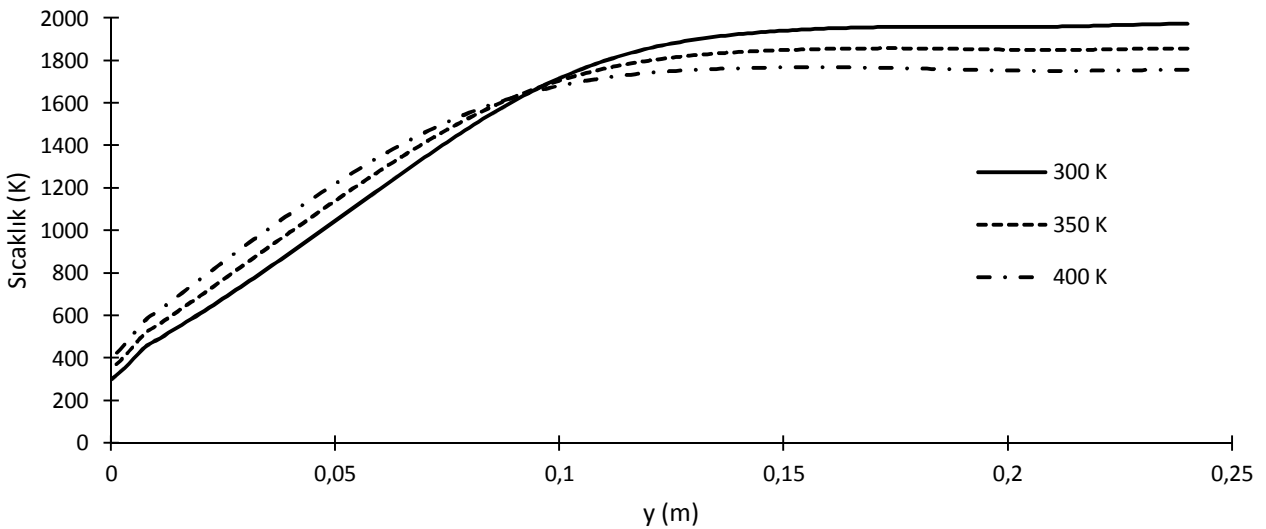
ekil 11: Farklı denklik oranlarında CO ve NOx kütle kesirleri



ekil 12: Farklı giri sıcaklıklarının simetri eksenini boyunca NOx emisyonuna etkisi



ekil 13: Farklı giri sıcaklıklarının simetri eksenini boyunca CO gazı emisyonuna etkisi



ekil 14: Farklı giri sıcaklıklarında simetri eksenini boyunca sıcaklık değişimi

Kaynaklar

- Byrne H., Norbury J. 1997. *The effect of solid conversion on travelling combustion waves in porous media*. J. Eng. Mathe., 32, 321-342.
- Chen H.G., Liu H., Dong S., Li B.W., 2010. *Parametric investigations of premixed methane. air combustion in two-section porous media by numerical simulation*, Fuel 89, 1736. 1742.
- Gao H., Tao W., Feng X., Qu Z., 2014. *Combustion of methane/air mixtures in a two-layer porous burner: A comparison of alumina foams, beads, and honeycombs*, Exp. Thermal and Fluid Science 52, 215. 220.
- Gao H., Tao W., Feng X., Qu Z., 2014. *Methane/air premixed combustion in a two-layer porous burner with different foam materials*, Fuel 115, 154. 161.
- Janet L. Ellzey, William M. Mathis, 2010. *Flame stabilization, operating range, and emissions for a methane/air porous burner*, Combustion Science and Technology, 175:5, 825-839.
- Jang H., Zhao P.H., Xu K., 2009. *2D simulation of combustion in porous medium*. J. Univ. Sci. Technol. Chin., 9, 385 . 390.
- Mohamad A.A., Abdul Mujeebu M., Abdullah M.K., Abdullah M.Z., Abu Bakar M.Z., 2009 *Applications of porous media combustion technology . A review*, Applied Energy 86, 1365. 1375.
- Mohamad A.A., Abdullah M.K., Abdul Mujeebu M., Muhad R.M.N., Abdullah M.Z., Abu Bakar M.Z., 2009. *Combustion in porous media and its applications . A comprehensive survey*, Journal of Environmental Management 90, 2287. 2312.
- Safavisohi B., Sharbati E., Khatami F.S.R., 2007. *Porosity and permeability effects on centerline temperature distributions, peak flame temperature, flame structure, and preheating mechanism for combustion in porous media*. J. Energy Resources Technology., 129, 54-65.
- Song Z.C., Liu F., Yang L., 2009. *Experimental study on combustion characteristics of low concentration coal mine gas in porous medium burner*. Coal Technology, 28, 95 . 98.
- Yamamoto K., Misawa M., Takada N., 2005. *Combustion simulation with Lattice Boltzman method in a three dimensional porous structure*, Proceedings of the Combustion Institute, 30, Issue 1, 1509. 1515
- Yasuaki Ichikawa & A.P.S. Selvadurai, 2012. *Transport Phenomena in Porous Media, Aspects of Micro/Macro Behaviour*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Yu C.M., Shi J.R., Li B.W., Yong-Fang X., Zhi-Jia X., 2013, *Experimental and numerical studies on the flame instabilities in porous media*, Fuel 106, 674. 681.