

Akışa dik yerleştirilmiş kare boşluklar içeren bir plakanın kanal içerisindeki akış ve ısı transferi karakteristiklerine etkisinin sayısal incelenmesi

Ömer Faruk CAN*¹

¹Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 27.05.2016

Makale Kabul Tarihi: 28.06.2016

Öz

Bu çalışmada içerisinde akışa dik yönde 9 adet kare şeklinde boşluklar olan kanaldaki akış etkileri incelenmiştir. Kare şeklindeki boşluklar kanalın tam merkezine yerleştirilmiştir. Çalışma üç boyutlu olarak incelenmiştir. Kare boşluklar için blokaj oranları (en/boy) 1 olarak seçilmiştir. Kullanılan her bir kare boşluğun kenar uzunluğu $4s$, boşlukla cidar arası mesafe s , boşluklu kısmın et kalınlığı $w = s/2$, kanal genişliği ve yüksekliği $D = 16s$, kanal boyu $200s$, kanal girişinden kare boşluklu kısma kadar olan mesafe $100s$, kare boşluklu kısımdan kanal çıkışına kadar olan mesafe $100s$ olarak alınmıştır. Reynolds sayısının 1000 değeri için laminer çalışılmıştır. Akışkan olarak 30°C 'de hava kullanılmıştır. Boşlukların olduğu yüzeyler 50°C sabit cidar sıcaklığındadır. Modelleme ve çözüm işlemi için Ansys Cfx yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada 22747 düğüm, 115742 eleman kullanılmıştır. Süreklilik, x , y , z momentum ve enerji denklemleri için yakınsama değeri 1×10^{-6} olarak alınmıştır.

Çalışma sonucunda engel boyunca hız, basınç ve sıcaklık değerleri incelenmiştir. Özellikle kare boşluklu kısımlarda ve sonrasında bu etkilerin daha belirgin olduğu izlenmiştir. Boşluklu kısımda yaşanan ani daralma ve hemen sonrasında ani genişleme akışın yapısını oldukça değiştirmiştir. Ardından oluşan girdaplar ve kararsız akıştan dolayı akışın üniform hale daha geç ulaştığı görülmüştür. Boşluklu kısımlardan sonra $100\text{-}300$ mm sonrasında boşluklu kısmın hız, basınç ve sıcaklık değerleri üzerindeki etkisinin oldukça azaldığı görülmüştür. Hız değerleri incelendiğinde laminer hız profilinin boşluklu kısımdan yaklaşık 300 mm sonrasında üniform hale geldiği görülmüştür. Basınç değerlerinde yaklaşık 400 mm ve sıcaklık değerlerinde 70 mm ve sonrasında boşluk etkilerinin tamamen azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kanal içi akış, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, akış düzenleyici

Giriş

Kanal içi akış; mühendislik sistemlerinde sıklıkla karşımıza çıkar. Elektronik aygıtların soğutulması, ısı değiştiricileri, soğutma ve ısıtma kanalları gibi akışkan hareketinin olduğu pek çok yer kanal içi akışa örnek teşkil eder. Kanal içi akışta cidardaki ters yöndeki kayma gerilmelerinden dolayı akışkan cidarda veya bir engelle karşılaştığında durmaya zorlanır. Bu bölgelerdeki sürtünme etkilerinden dolayı akışın türü yani laminar mı türbülanslı mı olduğu önem arz eder. Akışın türbülanslı olması kararsız girdap hareketleri oluşturacağından istenmeyen bir durumdur. Bazen akış laminar olsa da bir engelle karşılaştığı zaman engele çarptıktan sonra türbülans etkileri görülebilir. Sürtünmenin artması istenmeyen bir durum olmasına rağmen cidarlardaki sürtünme bir miktar ısı oluşturarak ısı transferini artırır. Burada önemli olan husus; akışa dik yönde bir engel yerleştirilerek ısı transferini kontrollü olarak artırırken; sürtünme direncini de arttıracığımızı göz önünde bulundurmamızdır. Akım bazen bir lüle, venturi tarzı daralan bir kısımdan geçerken kesit daralmasından dolayı ani olarak hızın artmasıyla birlikte düzensizleşir. Bunu önlemek için akıma dik yönde çeşitli kesitlerde ızgara tipi engeller yerleştirilir. Yerleştirilen bu engeller kararsız hale gelen akımın tekrar toparlanmasına ya da daha erken toparlanmasına olanak verir. Bazen de bu olayın tam tersi bir yol izlenerek akımın laminardan daha erken türbülansa girmesine olanak verilir. Bu sistemlerin hepsi akımı kontrol etmek için tercih edilebilir.

Literatürde akışı düzenlemek için pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan engeller ya da boşluklar daha çok kare ya da dikdörtgen şeklindedir. Bunun nedeni bu geometrilerin imalat aşamasının diğer şekillere göre daha kolay ve daha ucuz olmasıdır. Dairesel ve dikdörtgen engeller kullanıldığında boy/en oranı önem arz eder. Sohankar et al.,(1997); Nakamura et al.,(1996) Nakagawa et al.,(1999); Bearman ve Trueman, (1972). Bir diğer husus oluşacak girdabın büyüklüğü ve dalga boyunda etkili olan Strouhal sayısıdır ($St = f_s \cdot h^2 / v$) Burada f_s girdap kopma frekansı, $h =$

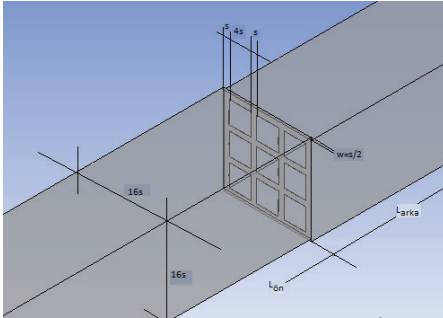
karakteristik uzunluk ve $v =$ akışkanın kinematik viskozitesidir. Okajima (1982); $10^4 < Re < 2 \times 10^4$ aralıklarında farklı boy/en oranlarında, dalga azalım hızı 0.13 değeri için kare engeller kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bu engellerin akış karakteristiklerine etkilerini analiz etmişlerdir. Benzer şekilde Islam ve ark. (2012), boy/en oranını 0.15 ile 2 aralıklarında seçerek boy/en oranındaki artış ile direnç katsayılarının azaldığını gözlemlemişlerdir. Okajima ve ark. (1990), 500 ile 1200 aralığındaki Reynolds sayılarında ve 0.4 ile 8 aralığında değişen boy/en oranlarında akışın kare engeller arasından geçişini nümerik olarak incelemişlerdir. Abdollah ve ark. (2008), farklı boy/en oranında kare engeller etrafındaki dalga etkilerini incelemişlerdir. Han ve ark (2013), Kang (2002) akış içerisinde farklı silindire yerleştirmek suretiyle dalga ve akış karakteristiklerini incelemişlerdir. Huang et al.(2006); $Re = 250$ ve girdap boşluğu $g = 4$ olarak kanal içerisinde silindir engeller olması durumunda Kârmân vortekslerini görüntülemişlerdir. Akım bazen içerisindeki bir boşluktan geçerek yoluna devam eder. Bu durumla mühendislik sistemlerinde sıklıkla karşılaşılır. Isı eşanjörlerindeki akış, motorlarda yakıtın silindirlere veya enjektörlere akışı dairesel veya benzer boşluktan geçerek olmaktadır. Bu konuda Kim ve Park (2016) çalışmışlardır. Çalışmalarında bir mikro yanma odası hücreesindeki 6 adet silindirik boşluktan akışkan geçişini incelemişlerdir. Benzer bir çalışma Krishnapillai ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarında yakıtın kanal içindeki boşluklardan geçişini incelemişlerdir. Son yıllarda bu alanda yapılmış pek çok çalışmalar artmaktadır. (Chatterjee et al.(2010), Agnostopoulos and Seitani (2014), Abbasi et al.(2014))

Bu çalışmada içerisinde akışa dik yönde 9 adet kare şeklinde boşluklar olan kanaldaki akış etkileri Reynolds sayısının 1000 değeri için laminar ve 3 boyutlu olarak incelenmiştir. Kare boşluklar için blokaj oranları (en/boy) 1 olarak seçilmiştir. Akışkan olarak $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de hava kullanılmıştır. Boşlukların olduğu yüzeyler

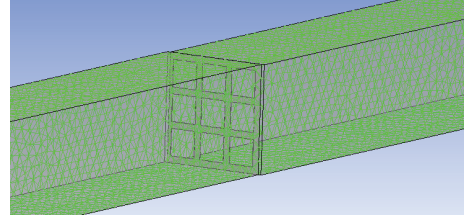
50°C sabit cidar sıcaklığında tutulmuştur. Çalışma sonucunda kare boşlukların öncesi ve sonrası için akış ve ısı transferi etkileri incelenmiştir.

Sınır şartları ve boyutlar

Bu çalışma için hesaplamalı akışkanlar dinamiği problemlerinin çözümü için kullanılan Ansys CFX yazılım programı kullanılmıştır (Ansys 11.0). Modelleme ve elemanlara ayırma işlemleri Ansys workbench arayüzünde yapılmış; sınır şartları, çözüm ve sonuç işlemleri CFX arayüzünde gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de model için boyutlar görülmektedir. Kullanılan her bir kare boşluğun kenar uzunluğu $4s$, boşlukla cidar arası mesafe s , boşluklu kısmın et kalınlığı $w = s/2$, kanal genişliği ve yüksekliği $D = 16s$, kanal boyu $200s$, kanal girişinden kare boşluklu kısma kadar olan mesafe $100s$, kare boşluklu kısımdan kanal çıkışına kadar olan mesafe $100s$ olarak alınmıştır. Çalışma için $s = 5\text{mm}$, kanal, boşluklu kısım için her bir kenar uzunluğu 20 mm , boşluklu kısmın et kalınlığı 2.5 mm , kanal eni ve yüksekliği 80 mm , kanal boyu 2000 mm olarak alınmıştır. Şekil 2’de model için oluşturulan ağ yapısı görülmektedir. Çalışmada 22747 düğüm, 115742 eleman kullanılmıştır.



Şekil 1. İçerisinde kare boşluklar olan model için boyutlar



Şekil 2. Model için oluşturulan ağ yapısı

Giriş sınır şartı için Reynolds sayısının 1000 değeri esas alınmıştır. Akışkan olarak 30°C’de hava kullanılmıştır. 30°C’deki havanın termofiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Boşlukların olduğu yüzeyler 50 °C sabit cidar sıcaklığındadır. Kanal cidarları adyabatiktir. Program için iterasyon sayısı 1000 olarak alınmıştır. Süreklilik, x, y, z momentum ve enerji denklemleri için yakınsama değerleri 1×10^{-6} hassasiyette alınmıştır. Giriş sınır şartı için Reynolds sayısının 1000 değeri esas alınmıştır. Akışkan olarak 30°C’de hava kullanılmıştır. 30 °C’deki havanın termofiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Boşlukların olduğu yüzeyler 50°C sabit cidar sıcaklığındadır. Kanal cidarları adyabatiktir. Program için iterasyon sayısı 1000 olarak alınmıştır. Süreklilik, x, y, z momentum ve enerji denklemleri için yakınsama değerleri 1×10^{-6} hassasiyette alınmıştır.

Tablo 1. 30°C’de havanın termofiziksel özellikleri

T_{∞} (°C)	30
ρ (kg/m ³)	1.1614
C_p (J/kgK)	1007
μ (Ns/m ²)	1.84×10^{-5}
v (m ² /s)	1.589×10^{-5}
k (W/mK)	0.0263
α (m ² /s)	2.25×10^{-5}
Pr	0.7

Gerekli denklemler

Viskoz, sıkıştırılmayan ve Newton tipi bir akışkanın üç boyutlu daimi akışı için gerekli denklemler aşağıda verilmiştir.

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

x momentum denklemi:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = F_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right]$$

y momentum denklemi:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = F_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right]$$

z momentum denklemi:

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = F_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right]$$

Enerji denklemi:

$$\rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = k \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + \tau_{xx} \frac{\partial u}{\partial x} + \tau_{yy} \frac{\partial v}{\partial y} + \tau_{zz} \frac{\partial w}{\partial z} + \tau_{xy} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \tau_{yz} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \tau_{zx} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

$$Re = \frac{u_{\infty} D}{\nu} \quad (6)$$

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (7)$$

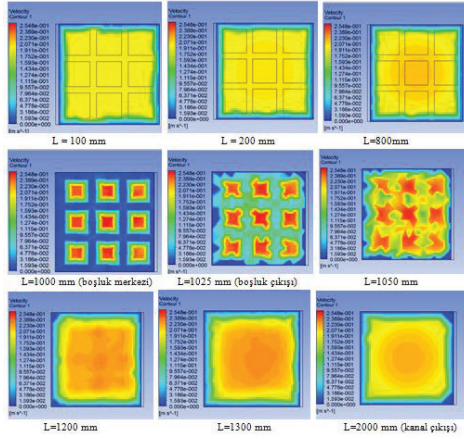
(1) Çıktılar ve tartışma

Bu çalışma kanal uzunluğu 2000 mm olan kare bir kanalın merkezine 9 adet kare boşluğun yerleştirilmesi sonucu akış ve ısı transferi özelliklerini incelemek için gerçekleştirilmiştir. Özellikle akışkanın boşluktan geçtikten sonra kanal çıkışına kadar hangi mesafelerde nasıl bir değişime uğradığı incelenmiştir. Sonuçlar hız, basınç ve sıcaklık değerleri şeklinde incelenmiştir.

Hız değerleri

Şekil 3'te yatay yöndeki hız konturlarının kanal boyunca değişimi verilmiştir. Dikkat edilirse kanal girişinden 100 mm sonra hız profili cidar kayma gerilmelerinden henüz etkilenmemiştir. 200 mm sonra akımın gelişmeye başladığı, orta noktada hızın maksimuma ulaşmaya başladığı dairesel kısım izlenmiştir. Kanal girişinden 800 mm sonra cidar etkilerinin sonucunda tam gelişmiş hız profili oluşmuştur. L = 1000 mm kare boşluğun merkezidir. Burada hız profili tamamen değişmiştir. Bu bölgede akışkan ani daralmaya uğramıştır. Kesit azalmış ve hız artmıştır. Akışkanın bu bölgeden 2.5 mm mesafe sonrasında hemen ani genişlemeye uğraması akışın boşluk sonrası eski haline gelmesini geciktirmiştir. Burada maksimum hız 0.19 m/s değerlerinden yaklaşık 0.24 m/s değerlerine kadar çıkmıştır. Boşluk çıkışında 300 mm sonrasına kadar akışkan ani genişleme ve oluşan girdap etkilerinden dolayı akış hemen üniform hale gelememiştir. L = 1300 mm hız profilinin yeniden üniform hale gelmeye başladığı kritik uzunluk olarak elde edilmiştir.

(5)



Şekil 3. Yatay yöndeki hız konturlarının kanal boyunca değişimi

Şekil 5’de yatay yöndeki hız değerlerinin kanal merkezi boyunca değişimi verilmiştir. Değerler incelendiğinde boşluklu kısma kadar akışkanın 0.198 m/s başlangıç hızıyla başlayıp giderek hızlandığı; boşluklu kısımda aniden çok hızlandığı görülmektedir. Boşluklu kısımdan kanal çıkışına kadar akışkanın hızının düştüğü görülmektedir. Şekil 6’da yatay yöndeki hız değerlerinin kanal yüksekliği boyunca değişimi görülmektedir. Dikkat edilirse $L = 500$ mm değerinde hız profili henüz gelişmemiştir. $L = 900$ mm değerinde hız profili tam gelişmiştir. $L = 1000$ mm (boşluk merkezi) ve $L = 1005$ mm (boşluktan hemen sonra) değerleri için hız profilinin bozulduğu görülmektedir. $L = 1025$ mm ve sonrasında akışkan giderek üniform hale gelmiş; $L = 1500$ mm de daha düzgün bir hız profiline sahip olmuştur. Saudia (2013), içerisinde kare levhalar olan kanal için deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında 175 cm genişliğinde, 40 cm derinliğinde ve 15 m uzunluğuna bir kanal içerisine 10 cm genişliğinde kare levhalar yerleştirmişlerdir. Deney sonucunda kare levhaların arasından geçen akışkanın; levhalardan sonra sırasıyla 5.8 ve 8.07 metre mesafedeki hız profillerinin değişimlerini incelemişlerdir. Şekil 4’de levhalardan 8.07 m uzaklıktaki hız profilleri verilmiştir. Sonuçların bu çalışma ile uyumlu

olduğu görülmüştür. Her iki çalışmada da akışkan kare levhalara çarptıktan belirli bir mesafe sonra hız profili düzelmiştir. Bunun nedeni bu bölgede oluşan yüksek girdap etkileridir.

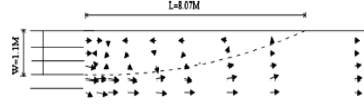


Figure 8a Distribution of velocity vectors for $e = 3.5$, $F_p = 242$, and $H_{e1}/Y_1 = 2.31$ at $0.5Y$.

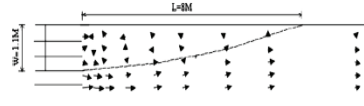


Figure 8b Distribution of velocity vectors for $e = 3.5$, $F_p = 256$, and $H_{e1}/Y_1 = 2.31$ at $0.5Y$.

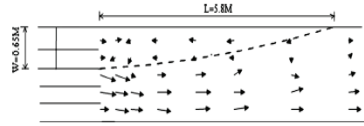
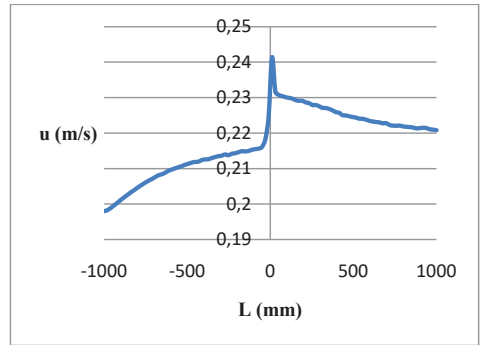
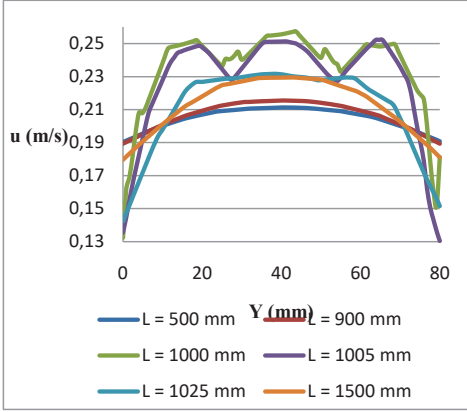


Figure 9a Distribution of velocity vectors for $e = 2.33$, $F_p = 1.80$, and $H_{e1}/Y_1 = 2.00$ at $0.5Y$.

Şekil 4. Kare levhalardan 8.07 m uzaklıktaki hız profilleri (Saudia (2013))



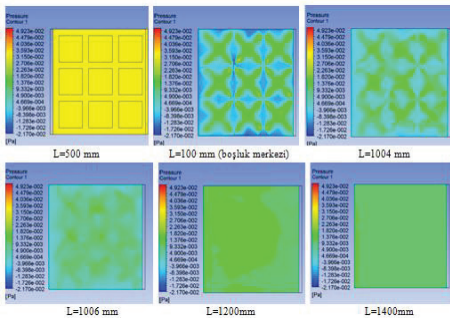
Şekil 5. Yatay yöndeki hız değerlerinin kanal merkezi boyunca değişimi



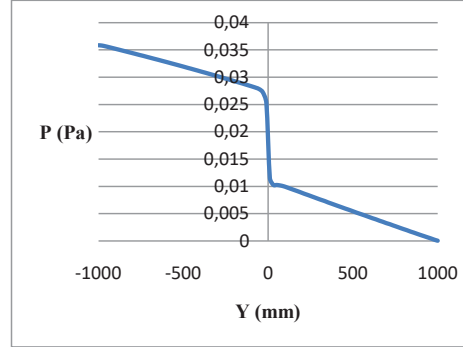
Şekil 6. Yatay yöndeki hız değerlerinin kanal yüksekliği boyunca değişimi

Basınç değerleri

Şekil 7'de basınç konturlarının kanal boyunca değişimi görülmektedir. Kanal girişinden 500 mm mesafede basınç değerleri normal seyirindedir. L = 1000 mm (boşluk merkezi) basınç ani bir düşüşe maruz kalmıştır. Boşluk merkezinden 6 mm sonrasında (L = 1006 mm) kadar boşluk geometrisi basınç üzerinde etkili olmuştur. L = 1200 mm ve sonrası bu etki azalarak L = 1400 mm civarında tamamen kaybolmuştur. Şekil 8'de basınç değerlerinin kanal merkezi boyunca değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde basınç değerlerinin kanal girişinden çıkışına kadar giderek azaldığı, boşluk merkezinde keskin bir düşüşe maruz kaldığı görülmektedir.



Şekil 7. Basınç konturlarının kanal boyunca değişimi

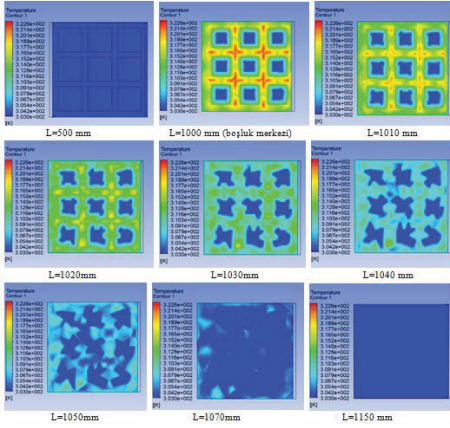


Şekil 8. Basınç değerlerinin kanal merkezi boyunca değişimi

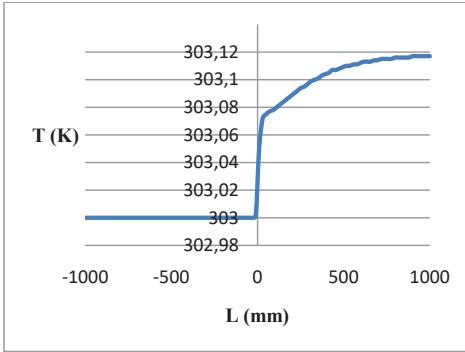
Sıcaklık değerleri

Şekil 9'da sıcaklık konturlarının kanal boyunca değişimi görülmektedir. Akışkan kanala 30°C'de yaklaşık 303 K değerinde girmektedir. Kanal merkezindeki kare boşluklu kısımların cidarları 50°C'de yaklaşık 323 K değerindedir. Kanal girişinden 500 mm mesafeye kadar akışkan sıcaklığı 303 K değerindedir. L = 1000 mm mesafede akışkan ve boşluklu yüzey cidarları arasındaki ısı transferi görülmektedir. Boşluklu kanal yüzeylerinden oluşan ısı transferinin etkileri kanal merkezinden 70 mm mesafeye kadar devam etmiştir. Bu noktadan sonra sıcaklığın akışkan üzerindeki etkileri giderek azalmış ve L = 1150 mm değerinde bu etki tamamen ortadan kaybolmuştur. Şekil 8'de sıcaklık değerlerinin kanal boyunca değişimi görülmektedir. Dikkat edilirse; akışkan girişten kanalın merkezine kadar 303 K sabit sıcaklıktadır. Kanalın merkezinde % 0.02 artış göstererek 303.06 K değerine çıkmıştır. Bu sıcaklık artışı kanal çıkışına kadar devam etmiştir. Kanal çıkışında akışkan sıcaklığı 303.117 K değerine ulaşmıştır. Akışkanda başlangıçtan itibaren % 0,4'lük bir sıcaklık artışı izlenmiştir. Şekil 11'de yerel Nusselt sayısı değerlerinin kanal alt cidarı boyunca değişimi verilmiştir. Dikkat edilirse kanal merkezine doğru yerel Nusselt sayısı değerlerinde belirgin bir artış vardır. Kanal merkezinde ise daha keskin bir artış izlenmiştir. Yerel Nusselt sayısı değerlerinin artması ısı transferinin arttığına bir göstergesidir.

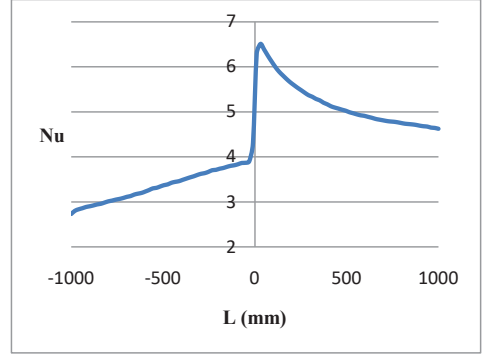
İçerisinde kare boşluklar bulunan bir kanaldaki akış ve ısı transferinin incelenmesi



Şekil 9. Sıcaklık konturlarının kanal boyunca değişimi



Şekil 10. Sıcaklık değerlerinin kanal boyunca değişimi



Şekil 11. Yerel Nusselt sayısı değerlerinin kanal boyunca değişimi

Sonuç

Akışa dik yerleştirilmiş kare boşlukların akış değerlerini bir miktar etkilediği gözlemlenmiştir. Akış değerlerinde kare boşluklar sonrası belirli mesafelerde üniform yapı bozulmuştur. Fakat yerleştirilen boşlukların ısı transferi değerlerini iyileştirdiği izlenmiştir. Bu iki etkenin göz önünde bulundurulması sistem dizaynında yararlı olacaktır.

Semboller

- C_p :Sabit basınçta özgül ısı kapasitesi
- D :Kanal çapı (m)
- F :Dış kuvvet (N)
- T_{∞} :Ortalama akışkan sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- h :Isı transfer katsayısı (W/m^2K)
- k :Isı iletim katsayısı (W/mK)
- Nu :Nusselt sayısı
- P :Basınç (Pa)
- Pr :Prandtl sayısı
- Re :Reynolds sayısı
- T :Sıcaklık (K)
- u :x doğrultusundaki hız (m/s)
- u_{∞} :Ortalama akışkan hızı (m/s)
- v :y doğrultusundaki hız (m/s)
- w :z doğrultusundaki hız (m/s)
- ρ :Akışkan yoğunluğu (kg/m^3)
- μ :Dinamik viskozite (kg/ms)
- ν :Kinematik viskozite (m^2/s)
- α :Isıl yayılım katsayısı
- τ :Kayma gerilmesi (N/m^2)

Kaynaklar

- Abbasi, W.S., Islam, S.U., Saha, S.C., Gu,Y.T., Zhou,C.Y., (2014). Effect of Reynolds numbers on flow past four square cylinders in a nin-line square configuration for different gap spacings. *J.Mech.Sci.Technol.*28,539–552.
- Abdollah,S.,Mahdi,A.,Noorallah,R.,(2008).Experimental study of near wake flow behind a rectangular cylinder. *Am.J.Appl. Sci.*5,917–926.
- Anagnostopoulos, P., Seitanis, S.A., (2014). Numerical study of a periodic phenomena past two staggered rows of cylinders in cross-flow. *OceanEng.* 92, 212–233.
- ANSYS 11.0 (Academic Teaching Introductory) Command References and Gui.
- Bearman,P.W.,Trueman,D.M.,(1972).Aninvestigationof the flow around rectangular cylinders. *Aeronaut.* 23,229–237.
- Chatterjee, D., Biswas,G., Amiroudine,S., (2010). Numerical simulation of flow past Row of square cylinders for various separation ratios. *Comput. Fluids* 39,49–59.
- Çengel Y.A. (2008). Akışkanlar mekaniği temelleri ve uygulamaları, Güven yayınevi, İzmir, 429–456
- Han, Z., Zhou,D., Tu,J., (2013). Laminar flow patterns around three side-by-side arranged circular cylinders using semi-implicit three steps Taylor-characteristic-based-split(3-TCBS) algorithm. *Eng.Appl. Comput. FluidMech.* 1, 1–12.
- Huang, Z., Olson,J.A., Kerekes,R.J., Green, S.I., (2006). Numerical simulation of the flow around rows of cylinders. *Comput. Fluids* 35, 485–491.
- Islam, S. U., Zhou,C.Y., Shah,A., Xie, P., (2012). Numerical simulation of flow past rectangular cylinders with different aspect ratios using the incompressible lattice Boltzmann method. *J.Mech. Sci. Tech.* 26, 1027–1041.
- Kang, S., (2003). Characteristics of flow over two circular cylinders in a side-by-side arrangement at low Reynolds numbers. *Phys. Fluids* 15,2486.
- Kim, W. H. Park T. S., (2016). Effects of noncircular air holes on reacting flow characteristics in a micro can combustor with a seven-hole baffle, *Applied Thermal Engineering* 100, 378–391
- Krishnapillai K., Jones R., Peng D., (2009). Three-dimensional fatigue-based structural design optimisation of fuel flow vent holes, *Engineering Failure Analysis* 16, 371–390
- Nakagawa,S., Nitta,K., Senda, M., (1999). An experimental study on unsteady turbulent near wake of a rectangular cylinder in channel flow. *Exp. Fluids* 27, 284–294.
- Nakamura,Y., Ohya,Y., Ozono, R., Nakayama, R., (1996). Experimental and numerical analysis of vortex shedding from elongated rectangular cylinders at low Reynolds numbers 200-103. *J.Wind. Eng. Ind. Aerodyn.*65, 301–308.
- Okajima,A., (1982). Strouhal numbers of rectangular cylinders. *J.Fluid Mech.* 123, 379–398.
- Okajima,A.,Nagahisa,T.,Rokugoh,A., (1990). A numerical analysis of flow around rectangular cylinders. *Jpn .Soc. Mech. Eng.Ser.* 2,33.
- Sauida M. F., (2013). Reverse flow downstream multi-vent regulators, *Ain Shams Engineering Journal.* 4, 207–214
- Sohankar, A., Norberg, C.,Davidson, L., (1997). Numerical simulation of unsteady low-Reynolds number flow around rectangular cylinders at incidence. *J. Wind.Eng. Ind. Aerodyn.* 69, 189–201.

Numerical investigation of a plate including square spaces placed cross-stream to the effect of fluid flow and heat transfer characteristics in a channel

Extended abstract

Flow in channel is encountered frequently within the engineering system. Cooling of electronic devices, heat exchangers, many places where the fluid acts as cooling and heating ducts are exemplary flow within the channel. When fluid encounters an obstacle or wall, it is forced to stop due to the shear stress in the opposite direction in the fluid flow inside the channel. It has importance that the type of flow is laminar or turbulent due to friction effects in these areas. Turbulent flow is an undesirable case because it creates unstable vortex motions. Sometimes, though flow is laminar turbulence can be seen after striking an obstacle. Although increase in friction is undesirable, friction on the walls will increase the heat transfer by generating some heat. The important matter is consideration that when increasing the heat transfer controlled by placing obstacle in the vertical direction of flow, frictional resistance will also increase. Flow sometimes become irregular suddenly with the sudden increase in velocity due to the cross-sectional narrowing when passing through narrowing place like nozzle and venturi. To prevent this case, grill type obstacles are placed perpendicular direction to flow in various sections. Placed these obstacles allow the recovery again or earlier of flow became unstable. Sometimes using the opposite way to this event, flow is allowed to enter the earlier turbulence from laminar. All of these systems may be preferable to control the flow.

In this study, flow effects within the channel with 9 square gaps perpendicular direction to the flow was investigated. Square shaped spaces are positioned at the center of the channel. Study was performed in three dimensions. Blockage rates (width / height) for square gaps are selected as 1. It was taken side length of each square gaps used as

$4s$, the distance between space and wall as s , wall thickness of the hollow portion as $w = s/2$, the channel width and height as $D=16s$, channel length as $200s$, the distance from the channel inlet to square hollow section as $100s$, from square hollow section to channel output as $200s$. Laminar has been studied for 1000 value of the Reynolds number. Surfaces where the gaps placed are in constant wall temperature of 50°C . Ansys Cfx software was used for modeling and solution process. 22747 node and 115742 elements were used in study. Convergence values are taken as 1.10^{-6} for continuity, x , y , z momentum and energy equation

As a result of study, velocity, pressure and temperature values along obstacles were examined. These effects were observed as distinct especially at square hollow sections and following of them. Sudden narrowing at hollow portion and sudden expansion immediately afterwards have changed flow structure fairly quite) Slow flow recovery was observed due to the swirls and unstable flow. It has been observed that the effect of hollow portion on velocity, pressure and temperature values considerably reduced after 100-300 mm of hollow portions. When velocity values analyzed; 800 mm after the channel entry wall effects has led to the formation of fully developed velocity profile. $L = 1000$ mm is the centre of square gap. Here, the velocity profile has changed completely. Fluid has undergone sudden contraction in this region. Section has decreased and velocity has increased. Undergoing a sudden expansion of the fluid after the 2.5 mm distance from this area has delayed the recovery of flow after space. Maximum velocity has up to about 0.24 m/s from 0.19 m/s in this region. Flow has failure in recovery due to sudden expansion and formed swirl effects from gap output to 300 mm after. $L = 1300$ mm was obtained as critical length that the velocity profile starts recovering.

It has seen that space effects reduced completely at 400 mm for pressure values and at 70 mm and after for temperature values.

Keywords: Flow in channel, computational fluid dynamics, flow regulator