

Farklı Tasarımlara Sahip Soğutucuların Termal Performansının İncelenmesi

Mehmet Kan^{1*}

¹Makine Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

*(mehmetkan@sdu.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 25 Eylül 2023, Kabul Tarihi: 07 Ekim 2023)

(3rd International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2023, September 26-28, 2023)

ATIF/REFERENCE: Kan, M. (2023). Farklı Tasarımlara Sahip Soğutucuların Termal Performansının İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(9), 139-143.

Özet –İşlemcilerin verimliliği, çalışma sıcaklığı arttıkça düşer ve bu da sistem performansını olumsuz etkileyebilir. Bu çalışma, işlemcileri soğutma amacıyla farklı tasarımlara sahip soğutucuların termal performansları karşılaştırmıştır. Çalışma akışkanı olarak hava kullanılan 3 boyutlu olarak daire, kare, altıgen ve sekizgen yapılaraya sahip soğutucular tasarlanmıştır. Tasarlanan soğutucular (daire, kare, altıgen ve sekizgen yapılardaki soğutucular) ile işlemciler arasındaki ısı transferi, CFD yazılımları kullanılarak normal çalışma koşulları için simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Soğutucuların tabanına 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanmıştır. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. 30 W için yapılan analizlerde sıcaklık ve ısı akısı verilerinin daha yüksek olduğu buna karşılık 10 Watta daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en iyi ısı transferi ve sıcaklık dağılımları sekizgen yapıyı soğutucuda meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler –Soğutucu, Soğutma Dizaynı, Isı Transferi, Tasarım, CFD

I. GİRİŞ

İşlemciler, bilgisayarlarda en hızlı çalışan ve çok sayıda işlemi çok kısa sürede (saniyeler içinde milyonlarca işlem) yapan birim olduklarından çok fazla ısınır. Isınan işlemci performansı düşer ve sistem hatalarını neden olmaktadır. Bu da işlemcinin veriminin düşmesine yol açar. Hatta ısınan işlemciye soğutma işlemi başlatılmazsa ve yeterli soğutma yapılmazsa işlemci zarar görmektedir. Ayrıca işlemciler zarar görmesi halinde sistemin en pahalı parçası olduğundan maddi zararlara ve işlem sürecinde zaman kaybına neden olacaktır. Bu sorunlarla karşılaşmamak için soğutma işlemi yapılmalıdır. İşlemcilerin soğutulması, sistemin performansı açısından önemli ve göz önünde bulundurulması gereken etkili bir faktördür. Isı, işlemci çalışmasında kaçınılmaz bir

sonuçtur ve çok fazla ısı sisteminizin yavaşlamasına neden olabilir. Soğutucular işlemciden gelen ısıyı emer ve sistemden uzağa yeniden dağıtırlar. İşlemci tarafından üretilen ısı işlemcinin Entegre Isı Yayıncı (IHS) adı verilen metal kapağına dağıtılır. Daha sonra ısı, soğutucunun taban plakasına aktarılır. Bu ısı, sıvı veya ısı borusu yoluyla soğutucudan uzağa ve sonunda sistemden uzağa bir fanla dağıtılır. Soğutucular sistemden çok büyük öneme sahip birimlerdir. Bazı sistemlerde çok fazla yer olmadığından soğutucuların boyutları da küçük olmaktadır. Bu yüzden ortaya çıkan ısı sistemde belirlenen alanda daha fazla ısı transferi sağlaması için farklı tasarımlara ihtiyaç duyulabilir. İşlemcileri soğutmak amacıyla hava ve sıvı kullanılır. Dayanıklılığı ve kullanım kolaylığı nedeniyle, elektronik bileşenleri soğutmak için hava

soğutma yaygın olarak kullanılır [1]. Soğutucu ile soğutma işleminde fan gibi maliyeti arttıran soğutuculara ihtiyaç olmadığı için daha çok tercih edilmektedir [2]. Soğutma işlemi, işlemcileri uzun ömürlü olması için kritik öneme sahiptir. Ancak burada kullanılacak soğutucular tasarlanırken sadece enerji tüketimi değil, malzeme kütlesi, üretim süreci ve üretim maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır [3]. Yüzey alanlarını artırmak için soğutucular üzerinde kanatçıklar üretilerek daha fazla hava etkileşimi sağlanır. Soğutucunun termal performansı ve maliyeti açısından, bu kanatçıkların sayısı, tasarımı ve yükseklikleri son derece verimlidir. Termal yönetim sistemlerinde olağanüstü soğutma performansı oluşturmayla ilgili temel bir sorun, küçük yüzey alanlarından yüksek ısı akışlarını dağıtma kapasitesidir [4].

Literatürde soğutucularda kanal yapılarında oluklar, kanatlar kullanılmasının daha iyi soğutma performansını ortaya koyan farklı tasarımlara ait çalışmalar bulunmaktadır [5-9]. Kumar vd. [10], soğutma ortamı olarak hava kullanılan düz kanallı soğutucu, dalgalı kanallı soğutucu ve dal dalgalı kanallı soğutucuların termal ve hidrolik performanslarını sayısal ve deneysel olarak irdelemişlerdir. Farklı hava akış hızları için Reynolds sayısı 300 ile 1900 arasında değiştiğini, Soğutucunun tabanında 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanır. Tasarımların sıcaklığında gözle görülür bir fark olduğunu gözlemlemişlerdir. Deneysel sonuçları sayısal sonuçlarla doğrulamışlardır. Perez vd. [11], yaptıkları çalışmada fotovoltaiik sistemlerin verimliliği arttırmak için, çalışma sıcaklığını düşürmek ve elverişsiz ortamlarda elektrik veriminin düşmesini önlemek amacıyla yeni bir pasif soğutma sistemi tasarlamışlardır. Tasarımların, sıcaklık seviyesi ve dağılımı açısından en iyi performansa sahip modellerin prototiplerini üretmişlerdir. Parçalı bir alüminyum levhanın kullanılmasının daha iyi bir hava akışı sağladığını ve dolayısıyla yüksek ısıtım koşulları altında daha iyi soğutma elde ettiklerini belirtmişlerdir. Sayısal simülasyon sonuçları, sıcaklık dağılımında iyileşme ve en etkili soğutucularda 9.4 °C'ye kadar azalma olduğunu ve deneysel sonuçlar, pik ısıtım sırasında yaklaşık 10°C'lik bir azalma gerçekleştiğini hesaplamışlardır. Jang vd. [12], yaptıkları çalışmada silindirik bir soğutucuya verilen farklı eğim açılarının soğutucunun soğutma performansı

üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yönlendirme etkisi ve akış özellikleri dikkate alınarak geometrik yapının silindirik soğutucu performansı üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Kanat sayısı ve uzunluğunun oryantasyona etkisinin çok yüksek olduğu ancak kanat yüksekliği için çok fazla olmadığı gözlemlenmiştir. Ahmad [13] yaptığı çalışmada düz bir plaka üzerinde olukların konum, hizalama, boyut ve bir dizi kaburga gibi çeşitli varyasyonlar kullanarak tasarlamıştır. Bu tasarımlarında deneysel olarak etkisini incelemiştir. Düz plakalı bir soğutucu üzerindeki olukların termal performansın %55 oranında iyileştirildiği sonucuna varmıştır. Gongnan Xie vd. [14], yaptıkları çalışmada iki farklı mikro kanallı soğutucuların termal performansını sayısal olarak incelemişlerdir. Çok aşamalı çatalara sahip mikro kanallı soğutucunun, düz mikro kanallı soğutucuya kıyasla daha iyi termal performansa sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Yu vd. [20] plakalı soğutucunun kanatlı ve kanatsız geometrilerinde termal direncini incelemişlerdir. Kanatlı plaka bir soğutucu için termal direncin kanatsız olana göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

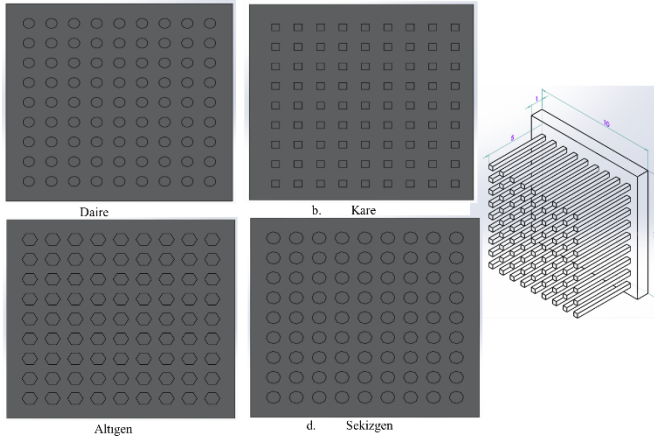
Bu çalışma, işlemcileri soğutma amacıyla farklı tasarımlara sahip soğutucuların termal performansları karşılaştırmıştır. Çalışma akışkanı olarak hava kullanılan 3 boyutlu olarak daire, kare, altıgen ve sekizgen yapılara sahip soğutucular tasarlanmıştır. Tasarlanan soğutucular (daire, kare, altıgen ve sekizgen yapılarıdaki soğutucular) ile işlemciler arasındaki ısı transferi, CFD yazılımları kullanılarak normal çalışma koşulları için simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Soğutucuların tabanına 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanmıştır. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. 30 W için yapılan analizlerde sıcaklık ve ısı akışı verilerinin daha yüksek olduğu buna karşılık 10 W'ta daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en iyi ısı transferi ve sıcaklık dağılımları sekizgen yapıları soğutucuda meydana gelmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Soğutucu Tasarımı

Soğutucu performansını incelemek amacıyla daire, kare, altıgen ve sekizgen yapıları olmak üzere dört farklı tasarım yapılmıştır. Her tasarım için, soğutucuların boyutlandırılması aynı yapılmıştır. Soğutucunun boyutları 10x10x1

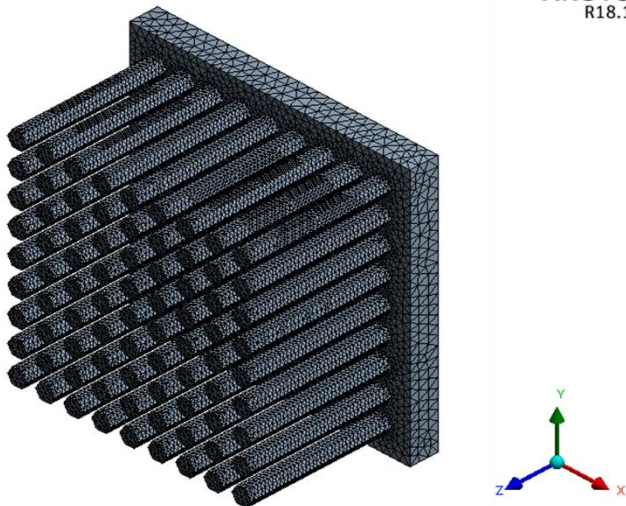
mm'dir. Kanal geometrik parametreleri ise kanal genişliği 1 mm ve kanal yüksekliği 15 mm'dir. Şekil 1'de, tasarımları yapılan soğutucuların geometrisi verilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan soğutucuların geometrisi

B. Nümerik Modelleme

Soğutucu tasarımları tamamlandıktan sonra analizlerinde kullanılmak üzere Ansys programı yardımıyla sayısal ağ yapısı oluşturulmuştur. Daire, kare, altıgen ve sekizgen yapıya sahip soğutucuların sayısal ağ modelinde tetrahedral elemanlar kullanılmıştır. Bu modelde ortalama 828840 eleman, 1287778 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi Ansys programında soğutucular için oluşturulan ağ yapısı verilmiştir.



Şekil 2. Soğutucular için oluşturulan ağ yapısı

Sonlu hacimler metoduna dayanan bu yöntemde Ansys veya diğer simülasyon programları kullanılmaktadır. Programlardan alınan ağ yapısı

dosyalarına sınır şartları ve parametreler uygulanarak sistemin çözümü yapılmaktadır. Sayısal çalışmada, üç boyutlu ve kararlı durum koşulları kullanılarak analizler gerçekleştirilmektedir. Sistemi çözüme ulaştırmak için geri planda aşağıdaki denklemleri kullanılmaktadır [15].

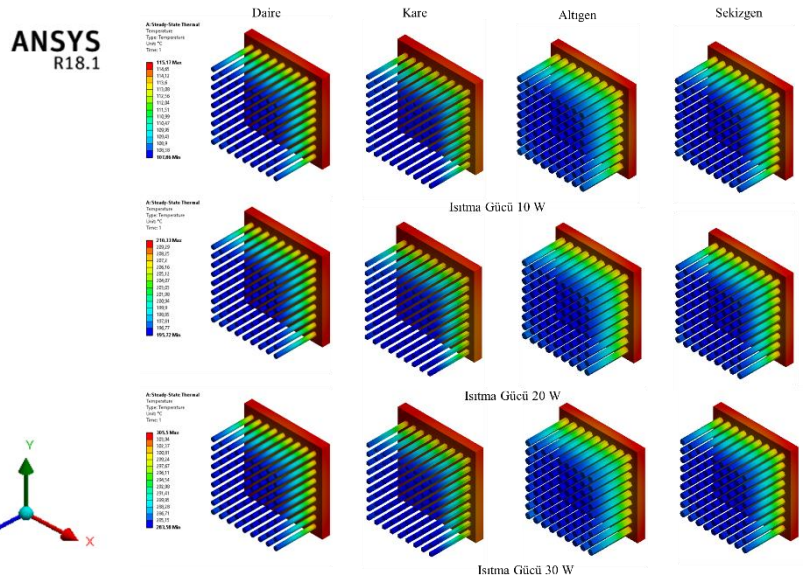
Isı denkleminde belirlenmiş sıcaklık ve ısı akısı iki sınır koşulunu kabul edilebilir. Sıcaklığa ve ısı akısına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılardan yararlanılmaktadır.

$$q = -k \nabla T \quad (1)$$

Burada; q ısı akısı (W/m²), T sıcaklık (°C) ve k iletim katsayısı (W/m°C)'dir. Bu çalışmada başlangıç sıcaklığı 22°C ve 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanmıştır.

III. BULGULAR

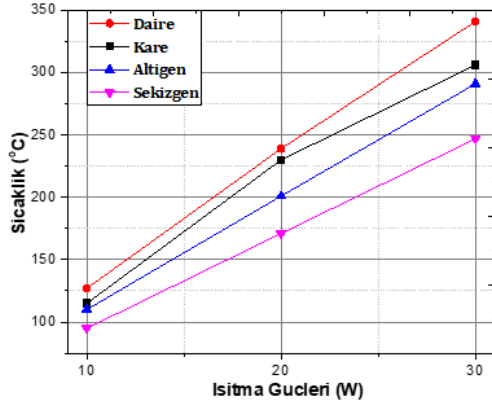
Ansys programı yardımıyla yapılan analizler, soğutucunun tamamı için 3 D olarak soğutucu sıcaklık dağılımı belirlemek amacıyla kararlı durum bağılı olup, ayrıca soğutucudaki ısı akısı da incelenmiştir. Şekil 3'te, Ansys programıyla yapılan daire, kare, altıgen ve sekizgen yapılar için 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanarak sıcaklık dağılım konturlarının değişimleri verilmiştir.



Şekil 3. Soğutucuların sıcaklık dağılım konturları

Şekil 3'te görüldüğü üzere Ansys programı yardımıyla elde edilen analizde soğutucuların sıcaklık dağılımlarına ait konturlar verilmiştir. Şekil

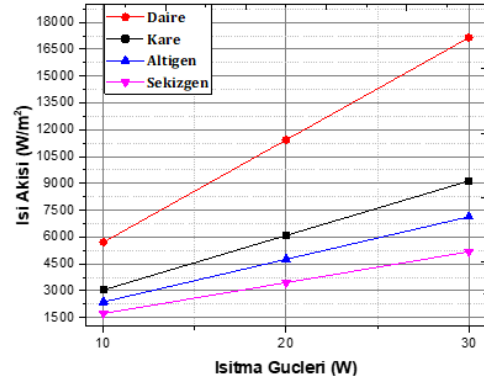
3 incelendiğinde Ansys programındaki sonuçlar arasında farklar olduğu gözlemlenmiştir. Isıtma güçlerinin artmasıyla sıcaklığın arttığı görülmektedir. Daire yapılı soğutucuda sıcaklıkların daha yüksek olduğu bununla beraber sekizgen yapılı soğutucuda sıcaklığın daha düşük olduğu ve sıcaklıkların daha homojen dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 4'te ısıtma güçleri ile sıcaklıkların karşılaştırılmasına ait grafik verilmiştir.



Şekil 4. Farklı tasarımlara sahip soğutucuların sıcaklık ve ısıtma güçlerinin karşılaştırılması grafiği

Şekil 4'ten de görüldüğü üzere, soğutucularda ısıtma güçlerinin artmasıyla sıcaklığın arttığı hesaplanmıştır. 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçlerinde; daire yapılı soğutucuda sıcaklıklar sırasıyla 127, 239, 341 °C, kare yapılı soğutucuda sıcaklıklar sırasıyla 115, 230, 306 °C, altıgen yapılı soğutucuda sıcaklıklar sırasıyla 110, 201, 291 °C, sekizgen yapılı soğutucuda sıcaklıklar sırasıyla 95, 171, 247 °C olduğu hesaplanmıştır. Buna göre sekizgen yapılı soğutucunun sıcaklıkları daha düşük olduğu ve daire yapılı soğutucuda sıcaklıkların daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 5'te Soğutucuların tabanına 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçleri uygulanmış olup ısıtma güçleri ile ısı akılarının karşılaştırılmasına ait grafik verilmiştir.



Şekil 5. Farklı tasarımlara sahip soğutucuların ısı akısı ve ısıtma güçlerinin karşılaştırılması grafiği

Şekil 5'ten görüldüğü üzere, soğutucularda ısıtma güçlerinin artmasıyla ısı akısının arttığı hesaplanmıştır. 10 W, 20 W ve 30 W ısıtma güçlerinde; daire yapılı soğutucuda ısı akılarının sırasıyla 5717, 11434, 17151 W/m², kare yapılı soğutucuda ısı akılarının sırasıyla 3047, 6094, 9141 W/m², altıgen yapılı soğutucuda ısı akılarının sırasıyla 2376, 4757, 7135 W/m², sekizgen yapılı soğutucuda ısı akılarının sırasıyla 1728, 3456, 5184 W/m² olduğu hesaplanmıştır. Buna göre sekizgen yapılı soğutucunun ısı akılarının daha yüksek olduğu ve daire yapılı soğutucuda ısı akılarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Isı akılarının yüksek olması soğutucuların daha iyi soğutma yaptığını göstermektedir.

IV. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma kapsamında, daire, kare, altıgen ve sekizgen yapıları sahip soğutucu tasarımları 3D-CAD programı yardımıyla modellenerek sıcaklık dağılımları ve ısı akısı sonlu elemanlar metoduyla incelenmiştir. Bu tasarımlar üzerinde, Ansys programı kullanılarak nümerik analiz çalışmaları yapılmıştır. Yapılan nümerik hesaplamalarda, soğutucuların termal davranışlarını gözlemlemek amacıyla HAD analizlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar:

- Soğutucuların yüzey alanları arttırılırsa ısı transferi miktarı da artmaktadır.
- Isıtma güçleri arttırıldığında sıcaklıklar ve ısı akıları artmaktadır. Isıtma güçleriyle, sıcaklık ve ısı akısı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.
- Bu çalışma sonunda soğutucu tasarımları geliştirilmesine, imalat sürecine ve optimum

çalışma şartlarının belirlenmesi konularında ileride yapılacak uygulamalara katkı sağlayacaktır.

- Yapılan tasarımların ve analizlerin özgün soğutucularda soğutma performansına katkısı olacaktır.

- Analizler sayesinde imalata geçilmeden önce gerekli revizelerin yapılmasına ve imalat için maliyetin azalmasına yardımcı olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] H.L. Chen, C.C. Wang, Analytical analysis and experimental verification of trapezoidal fin for assessment of heat sink performance and material saving, *Appl. Therm. Eng.* 98 (2016) 203–212.
- [2] S. Sundar, G. Song, M.Z. Zahir, J.S. Jayakumar, S.J. Yook, Performance investigation of radial heatsink with circular base and perforated staggered fins, *Int. J. Heat Mass Tran.* 143 (2019) 118526.
- [3] V.A. Costa, A.M. Lopes, Improved radial heat sink for led lamp cooling, *Appl. Therm. Eng.* 70 (1) (2014) 131–138.
- [4] J.H. Jeong, S. Hah, D. Kim, J.H. Lee, S.M. Kim, Thermal analysis of cylindrical heat sinks filled with phase change material for high-power transient cooling, *Int. J. Heat Mass Tran.* 154 (2020) 119725.
- [5] G.N. Xie, S.F. Zheng, W.H. Zhang, B. Sunden, A numerical study of flow structure and heat transfer in a square channel with ribs combined downstream half-size or same-size ribs, *Appl. Therm. Eng.* 61 (2013) 289–300.
- [6] R. Roth, G. Lenk, K. Cobry, P. Woias, Heat transfer in freestanding microchannels with in-line and staggered-pin fin structures with clearance, *Int. J. Heat Mass Transf.* 67 (2013) 1–15.
- [7] T. Adachi, H. Uehara, Correlation between heat transfer and pressure drop in channels with periodically grooved parts, *Int. J. Heat Mass Transf.* 44 (2001) 4333–4343.
- [8] C.H. Huang, Y.H. Chen, An optimal design problem in determining non-uniform fin heights and widths for an impingement heat sink module, *Appl. Therm. Eng.* 63 (2014) 481–494.
- [9] J.Q. Dong, L. Su, Q. Chen, W.W. Xu, Experimental study on the thermal-hydraulic performance of a wavy fin-and-flat tube aluminum heat exchanger, *Appl. Therm. Eng.* 51 (2013) 32–39.
- [10] Kumar, S., Sarkar, M., Singh, P. K., & Lee, P. S. (2019). Study of thermal and hydraulic performance of air cooled minichannel heatsink with novel geometries. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 103, 31-42.
- [11] Hernandez-Perez, J. G., Carrillo, J. G., Bassam, A., Flota-Banuelos, M., & Patino-Lopez, L. D. (2020). A new passive PV heatsink design to reduce efficiency losses: A computational and experimental evaluation. *Renewable Energy*, 147, 1209-1220.
- [12] D. Jang, S.J. Park, S.J. Yook, K.S. Lee, The orientation effect for cylindrical heat sinks with application to LED light bulbs, *Int. J. Heat Mass Tran.* 71 (2014) 496–502.
- [13] H.E. Ahmed, Optimization of thermal design of ribbed flat-plate fin heat sink, *Appl. Therm. Eng.* 102 (2016) 1422–1432.
- [14] G. Xie, F. Zhang, B. Sunden, W. Zhang, Constructional design and thermal analysis of microchannel heat sinks with multistage bifurcations in single phase liquid flow, *Appl. Therm. Eng.* 62 (2) (2013) 791–802.
- [15] Ansys Manual, Version 16.1 User's Guide, Fluent Inc., Lebanon, NH, USA, 2016.