

## HAREKETLİ YÜZEYLER ARASINDA KULLANILAN YAĞLARIN ISI TRANSFERİ

Murat KAYA<sup>1</sup>, Şükrü KAYA<sup>2</sup>

Accepted: 2022-12-27  
DOI: 10.47118/somatbd.1146773

### ÖZET

Makine yataklarındaki hareketli parçaların birbirleri ile olan yüzeysel sürtünmeleri sonucu aşınmalar meydana gelmektedir. Bu yüzeyler arasındaki aşınmaları en aza indirmek için yüzeyler arasında belirli bir viskoziteye ve ısı özelliklerine sahip kaygan sıvı olan yağ kullanılmaktadır. Hareketli parçaların hızına bağlı olarak yüzeyler arasında ve akışkanlıkta ısınmalar meydana gelmektedir. Çalışma esnasında, oluşan sıcaklık değişimleri, açığa çıkan ısı akışı ve akışkanın viskozite özellikleri incelenmiştir. Kızak levhaları arası mesafe  $h=2$  mm olarak alınmıştır. Akışkanın ısı iletim katsayısı akışkan sıcaklığına bağlı olarak çok az değişse de burada sabit alınmıştır. Kızak hızının artışı doğal olarak sürtünmeyi artırmakta ve akışkan yağ sıcaklığı artış göstermektedir. Buna bağlı olarak da akışkanın ısı enerjisi artmaktadır. Sıcak akışkanın her iki yüzeyle temas halindedir. Burada sabit levha sıcaklığı hareketli levha yüzeyine göre daha düşüktür. Her iki yüzeyden çevreye transfer olan ısı yükü, farklı yüzey sıcaklıklarında ve çalışma şartlarına göre hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelime:** viskozite, laminer akış, aşınma, sürtünme, ısı transferi.

## HEAT TRANSFER OF OILS TO USE BETWEEN MOVING SURFACES

### ABSTRACT

Abrasions occur as a result of the surface friction of the moving parts in the machine bearings with each other. In order to minimize the abrasions between these surfaces, oil, which is a slippery liquid with a certain viscosity and thermal properties, is used between the surfaces. Depending on the speed of the moving parts, heating occurs between the surfaces and in the fluid. During the study, the temperature changes, the heat flux and the viscosity properties of the fluid were investigated. The distance between the skid plates is taken as  $h=2$  mm. Although the heat transfer coefficient of the fluid changes little depending on the fluid temperature, it is taken as constant here. The increase in the slide speed naturally increases the friction and the fluid oil temperature increases. As a result, the heat energy of the fluid increases. The hot fluid is in contact with both surfaces. Here, the fixed plate temperature is lower than the moving plate surface. The heat load transferred from both surfaces to the environment was calculated according to different surface temperatures and operating conditions.

**Keywords:** viscosity, laminar flow, wears, friction, heat transfer.

<sup>1</sup> Dr., Köşk Mah., Çatak Sok., Serra Ap., No: 30, Kayseri, mrtkaya@hotmail.com

<sup>2</sup> Köşk Mah., Çatak Sok., Serra Ap., No: 30, Kayseri, sukrukaya0610@hotmail.com

## 1- GİRİŞ

Teknolojinin getirdiği bütün mekanikleşmede karşılıklı çalışan ister sabit ister her ikisi hareketli parçalar olsun yüzeylerinde sürtünme ve bu nedenle de aşınma gerçekleşecektir. Bu aşınma mekanik alanda hacim değişimi ve fazladan kuvvet gerektirecektir. Bu nedenle de bu tür hareketli parçalar arasında yağ kullanılmaktadır. İki yüzey arasında laminer bir akış olarak ele alınan yağlama yağları, termodinamik özellikleri de göz önünde bulundurularak, çalışma süresi içerisinde ısınmalar meydana gelecek ve yüzeyler arasından ısı taşınım yoluyla soğutulması sağlanmaktadır.

Akhtar ve ark. (2008) [1], akışkanın çalışan mekanik yüzeyler arasında zamanla farklılaşarak benzersiz şekilde davrandığını belirtmiştir. Kobo ve Makinde (2010) [2], hidromanyetik yağlamanın kullanıldığı hareketli parçaların oluşturduğu makineler olmak üzere birçok endüstriyel ve mühendislik uygulamasındaki önemi nedeniyle değişken viskoziteli reaktif akışkan akışının analizini yapmışlardır ve çalışma süresi içerisinde farklılıklarından bahsetmişlerdir.

Seth et al. [3] gözenekli ortamda paralel bir plaka dönen dikey kanal içinde hapsedilmiş viskoz, sıkıştırılmaz, sıcaklığa bağlı ısı taşınım akışkanın kararsız hidromanyetik doğal konveksiyon akışını Laplace dönüşümü tekniği yardımıyla incelemiştir.

Al Juma et al. [4], gözenekli ortam içerisinde bir küre etrafındaki mikropolar sıvının serbest konvektif akışıyla ısı ve kütle transferi üzerindeki Soret ve Dufour [5] etkilerini incelemiştir.

Mirza et al. [6] bir Couette akışı gözenekli ortam mikro kanalını analitik olarak değerlendirenken, Ajibade ve Umar [7] karışık konveksiyon Couette akışını analitik olarak incelemiş ve viskoz yayılımın sıcaklık dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Shabbir et al. [8], Couette akış halkalı mikro kanal için analitik çözümler türetmiş ve sıcaklık profiline doğru viskoz yayılımın etkilerini göstermiştir.

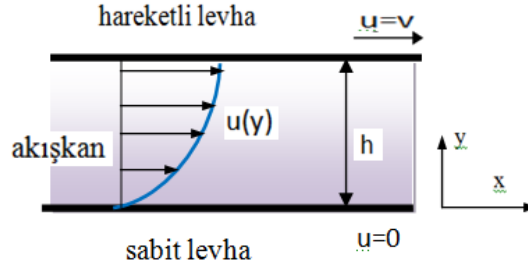
Le [9], Couette mikro akışı üzerine yapmış olduğu çalışmada, viskoz yayılımının sıcaklık dağılımını beraberinde sağladığını göstermiştir.

Morini [10], çalışmadan kaynaklanan viskoz akıştaki kuvvetlerin üstesinden gelmek için akışkan hareketi nedeniyle ısı oluştuğunu ve bu ısı akışkan sıcaklığında bir artışa neden olduğunu açıklamıştır. Kelkar ve Patankar [11], paralel iki levha arasındaki akışı laminer ve yüzey sıcaklığını sabit kabul ederek ısı transferini periyodik akış şartlarında incelemiştir.

## 2- MATERYAL METOT

Çalışmada bir sabit diğeri hareketli iki levha alınmıştır. Levhalar arası 2 mm mesafede sabit tutulmuştur. Akışkan olarak sıvı yağ kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı ve çalışma sonrası sıcaklıklar ölçülmüştür. Çalışma süresince akış daimi, paralel, x yönünde kabul edilmiştir. Akışkan ısı iletim yönü y yönünde alınmıştır. Akış sıkıştırılmaz ve izotermaldir bu nedenle de yoğunluk ve viskozitesi sabit kabul edilmiştir. Her şeyden önce levhalar arasında kullanılan kaydırıcı yağların özelliklerinin başında uygun viskoziteye sahip olması, pasa ve korozyona karşı koruma, köpüklenmemesi, su ve hava karışımı olmaması, oksidasyon direncinin yüksek olması gibi özellikleri bulundurulması istenmektedir. Sanayide bu amaçla kullanılan birçok kızak yağlama yağı bulunmaktadır. İyi bir yağ yüksek oranda rafine edilmiş mineral yağlardan olmalıdır.

Yataklara tutunma, aşınma önleme ve kayma önleme özelliklerini artırıcı katıklar ile bileşiminden üretilmiş olmalıdır. Kullanılan akışkan 20 C de sıcaklığında, yağın viskozite (0,8 Ns/m<sup>2</sup>), yoğunluk (892 kg/m<sup>3</sup>), Isı iletim katsayısı (0,145 W/m-K) dir.



Şekil 1. Alt levha sabit iken üst levha hareketli şematik diyagram

### 3- MATEMATİKSEL FORMÜLLER

Çalışmada birbirine paralel iki levha arasındaki laminer zorlanmış konveksiyon maruz kalmış akışkanın ısı akısının çevreye transferi hesaplanmıştır. Newton tipi akışkanlarda süreklilik arz eden sıkıştırılmaz, izotermal, laminer (viskoz) akışlar için denklem kartezyen koordinatlarda aşağıdaki gibi yazıp gerekli kabuller q sabit ve v=0 için uygulanırsa denklem aşağıdaki gibi yazılır [12]

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \quad (1)$$

süreklilik eşitliğinden gerekli kabullerden sonra  $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$  olur.

Bu ifade u'nun x'e göre değişim hızının ya da türevinin sıfır olduğunu yani, u'nun x'e göre değişim sergilemediğini göstermektedir.

İki boyutlu sürekli rejimde  $v=0$ ,  $\frac{\partial u}{\partial x}=0$  ve  $x=0$  değerlerinde

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (2)$$

(2) eşitliğinde Couette akış hareketi üst levhanın alt levhaya göre hareketini sağlayan bir dış kuvvet uygulamaktadır. Bu nedenle  $\frac{\partial p}{\partial x} = 0$  olur. Viskozite sabit kabul edilirse momentum eşitliği.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

Hız dağılımı (3) eşitliği ile belirlenir. Bu eşitliğin iki kez entegrali alınır ise

$$\frac{\partial u}{\partial y} = C_1 \quad (4)$$

$u(y) = C_1 y + C_2$  bulunur. Levhalar arasında sınır şartlarında ise

$$u(y) = \frac{y}{h} u \quad (5)$$

Akış bir hareketli diğeri sabit iki levha arasında ise ve levhalar sabit sıcaklıkta iseler sıcaklık alanı tam gelişmiş olur. Bu durumda  $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ , dir. Isı iletim katsayısı (k) sabit ise enerji denklemi

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 = 0 \quad (6)$$

(6) denklemin çözümünden sıcaklık dağılımı belirlenir. Hız dağılımı (6) de yerine konur ise

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -\mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 = \mu \left( \frac{U}{h} \right)^2 \quad (7)$$

denklem (7) düzenlenirse

$$T(y) = -\frac{\mu}{2k} \left( \frac{U}{h} \right)^2 y^2 + C_3 y + C_4 \quad (8)$$

Belirli sınır şartlarında akışkan içersinde oluşabilecek sıcaklık ise

$$T(y) = T_0 + \frac{\mu}{2k} U^2 \left[ \frac{y}{h} - \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right] + (T_h - T_0) \frac{y}{h} \quad (9)$$

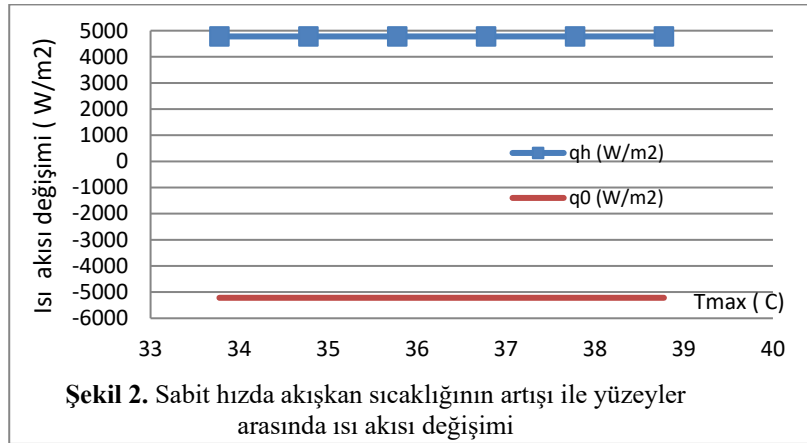
Hareketli levhalarda sıcaklık dağılımı levha hızının bir fonksiyonudur. Levhaların çevreye olan ısı akısı Fourier denklemi ile belirlenir ise

$$q_y'' = -k \frac{dT}{dx} = -k \left[ \frac{\mu}{2k} U^2 \left( \frac{1}{h} - \frac{2y}{h^2} \right) + \frac{T_h - T_0}{h} \right] \quad (10)$$

iki levha yüzeyleri arasında belirli sınır şartlarında ısı akısı ifadesi

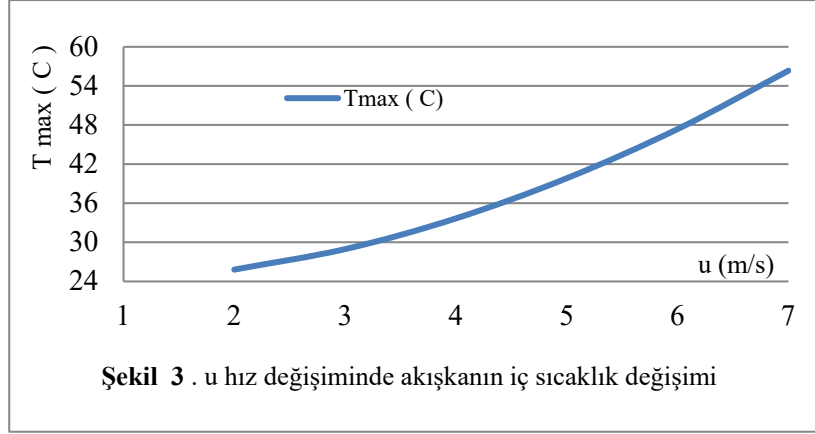
$$q_0'' = -\frac{\mu u^2}{2h} - \frac{k}{h} (T_h - T_0) \quad (11)$$

$$q_h'' = +\frac{\mu u^2}{2h} - \frac{k}{h} (T_h - T_0) \quad (12)$$

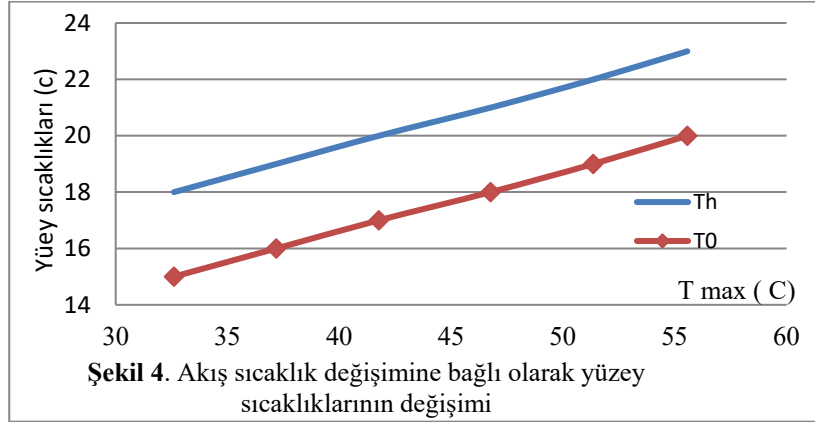


Şekil 2. de levhanın birinin sabit hızda hareketli olması sonucu akışkanın sıcaklığı artmaktadır. Buna bağlı olarak levhalardan ısı akısı gerçekleşecektir. Akışkanın sıcaklığı arttıkça, hareketsiz

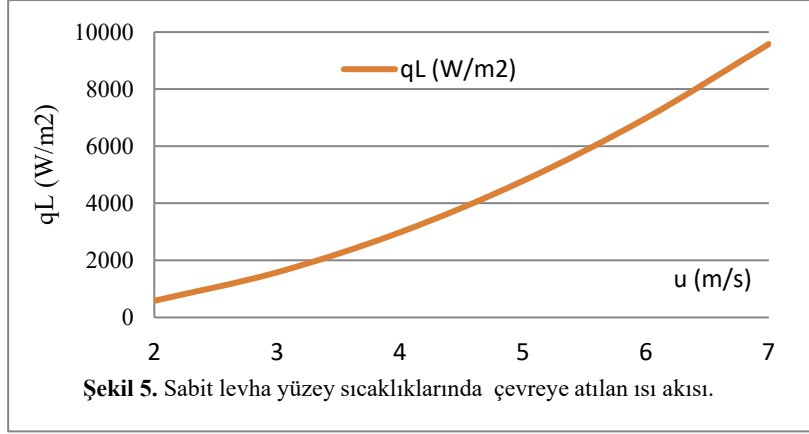
levhadan çevreye ısı akışı da çok az artış göstermektedir. Bir diğer hareketli levhada ise ısı akışı tam tersi çok az azalmaktadır.



Şekil 3. de sabit viskozitede çalışma hızının değişimi ile akış içerisinde ki sıcaklık değişimi. Levha yüzey sıcaklığı 20 C ve 25 C arasında tutulmuştur. Levhalar arası mesafe  $h=2$  mm, akışkanın ısı iletim katsayısı 0,145 (W/m-K) kabul edilmiştir.



Şekil 4. de sabit viskozitede, çalışma hızı sabit tutulmuş ve uygun soğutma yapılmadığından akışkan sıcaklığı artmış buna bağlı olarak levha yüzey sıcaklıkları da artmıştır.



Şekil 5. de sabit viskozitede çalışma hızının değişimi ile akıştan çevreye transfer olan ısı akı değişimi belirlenmiştir. Levha yüzey sıcaklığı 18 °C ve 21 °C arasında tutulmuştur.

#### 4- SONUÇ

Hareketli parçaların yüzeyleri üzerinde sınır tabakası etkileri önemlidir. Akış hızı yüzeyde sıfır kabul edilir. Ancak yüzeyde kütle akışı var ise  $v'$  sıfır olmayacaktır. Sınır tabaka eşitliklerinin geliştirilmesinin birinci amacı sınır tabaka içerisindeki fiziksel olguların değerlendirilmesidir. Sınır tabaka, yüzey sürtünmesi ile beraber enerji ve kütle geçişini de sağlamaktadır. Ayrıca aralarında momentum ve ısı geçişi oluşmakta ve bunların değerleri belirlenmektedir. Yüzeyler arasında sürtünmeden dolayı ısınan çalışma akışkanının ısı enerjisinin hem hareketli hem sabit levhalardan çevreye atılması oldukça önemlidir. Şekil 3'de görüldüğü gibi yüzeyler arasında akışkan hızı arttıkça sıcaklığında arttığı görülmektedir. Şekil 4'de akışkan hızı sabit tutulmuş, yüzeyler arasından çevreye ısı geçişi yeteri kadar yapılmadığından yüzeyler ve akışkan sıcaklığı yine artış göstermiştir. Aşırı ısınan akışkanın kimyasal özellikleri değişmekte ömürleri kısalmaktadır, çalışma kayganlığını kaybetmektedir. Bu nedenle çalışma yüzeyleri deformasyona, korozyona maruz kalmaktadır. Çalışmada levha yüzey sıcaklığı 20 °C ve 25 °C arasında tutulmuştur. Levhalar arası mesafe  $h=2$  mm, akışkanın ısı iletim katsayısı 0,145 (W/m-K) kabul edilmiştir. Bu değerler farklı tutularak yapılacak deneysel çalışmalarda viskoz akışkanın ekonomik ömrü değerlendirilebilir.

#### Semboller

$\mu$ : Viskozite (Ns/m<sup>2</sup>)

$\rho$ : Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

$u$ : Hız (m/s)

$T$ : Sıcaklık (K)

$h$ : Levhalar arası (m)

$P$ : Basınç (kPa)

$q''$ : Isı akısı (kW/m<sup>2</sup>)

$k$ : Isı iletim katsayısı (W/m-K)

## 5- KAYNAKÇA

- [1] Akhtar ve ark. (2008), Akhtar, W., Fetecau, C., Tigou, V., Fetecau, C., 2008. Flow of maxwell fluid between two sides wall induced by a constantly accelerating plates. *Int. J. Z. Angew, Math. Phys.* 1007/S00033008-7129-8.
- [2] Kobo ve Makinde (2010), Kobo, N.S., Makinde, O.D., 2010. Second law analysis for a variable viscosity reactive couette flow under arhenius kinetics. *Math. Prob. Eng.* 1–15, 2010.
- [3] Seth et al. Seth GS, Kumbhakar B, Sharma R. Unsteady hydromagnetic natural convection flow of a heat absorbing fluid within a rotating vertical channel in porous medium with Hall effects. *J. Appl. Fluid Mech.* 2015;8 (4)767–79.
- [4] Al Juma et al., Al-Juma N, Chamkha AJ.
- [5] Soret and Dufour effects on heat and mass transfer by free convective flow of a micropolar fluid about a sphere embedded in porous media. *Int. J. Energy Technol.* 2014;6(8)1–7.
- [6] F.M. Baig, G.M. Chen, B.K. Lim, Thermal Viscous Dissipative Couette Flow in a Porous Medium Filled Microchannel, Vol. 2 Micro/Nano-Thermal Manuf. Mater. Process. Boil. Quenching Condens. Heat Transf. Eng. Surfaces; Comput. Methods Micro/Nanoscale Transp. Heat Mass Transf. Small Scale; Micro/Miniature Multi. (2016) MNHMT2016-6502. <https://doi.org/10.1115/MNHMT2016-6502>.
- [7] A.O. Ajibade, A.M. Umar, Effects of viscous dissipation and wall conduction on steady mixed convection couette flow of heat generating / absorbing fluid, *Int. J. Appl. Mech. Eng.* 24 (2019) 12–35. <https://doi.org/10.2478/ijame-2019-0047>.
- [8] S. Shabbir, S.D. Garvey, S.M. Dakka, B.C. Rothwell, Heat transfer of Couette flow in micro-channels: an analytical model of seals, in: 25th Int. Conf. Fluid Seal., Manchester, 2020. <https://www.researchgate.net/publication/341671228> Heat Transfer of Couette Flow in Micro-channels an Analytical Model of Seals (accessed September 26, 2021).
- [9] N.T.P. Le, T.N. Tran, Effect of viscous heat generation on temperature of rarefied gas microflows driven by moving surface, *J. Eng. Sci. Technol.* 13 (2018) 3840–3855. [http://jestec.taylors.edu.my/Vol 13 issue 11 November 2018/13 11 28.pdf](http://jestec.taylors.edu.my/Vol%2013%20issue%2011%20November%202018/13%2011%2028.pdf) (accessed July 24, 2019).
- [10] G.L. Morini, Viscous Dissipation, in: *Encycl. Microfluid. Nanofluidics*, Springer US, Boston, MA, 2013: pp. 1–15. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27758-0\\_1669-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27758-0_1669-2).
- [11] Kelkar, K.M. and Patankar, S.V., Numerical prediction of flow and heat transfer in a parallel plate channel with staggered fins, *J. Heat Transfer*, 109, 25-30, 1987.
- [12] Frank P. Incropera, David P. Dewitt, ‘Fundamentals Of Heat And Mass Transfer’. John Wiley & Sons, 1996.