



Pik Döküm ve Kompozit Fren Pabucu Kullanılan Yük Vagonunda Uzun Süreli Frenlenme Sonucu Tekerlekte Açığa Çıkan Isı Dağılımının Sayısal Analiz Metodu ile İncelenmesi

Nail KARAGÖZ^{*1}, Halil İbrahim ACAR², Burhan SELÇUK²

¹ TÜDEMSAŞ Genel Müdürlüğü Ar-Ge Dairesi Başkanlığı, Sivas, Türkiye

² Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

*nailkaragoz@hotmail.com

(Alınış/Received: 31.05.2020, Kabul/Accepted: 30.06.2020, Yayımlama/Published: 31.07.2020)

Öz: Yük vagonlarında frenleme, fren pabuçları (sabo) ile tekerlek yuvarlanma yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvvetiyle sağlanmaktadır. Türkiye’de birçok büyük eğim değerlerine sahip uzun demiryolu güzergâhı bulunmaktadır. Bu güzergâhlarda, vagonun aşağı yönlü hareketinde, vagon hızının kontrol altında tutulabilmesi için uzun süreli fren yapılması gerekmektedir. Frenleme sonrası tekerlek yuvarlanma yüzeyinde oluşan yüksek sıcaklıklar çok çeşitli tekerlek hasarlarına sebebiyet vermekte ve bu durum demiryolu güvenliğini azaltmaktadır. Lokomotiflerde bulunan dinamik fren, yük vagonlarında bulunan hava frenine yardımcı bir ek frendir. Bu tip güzergâhlarda, dinamik freni olan lokomotiflerin kullanılması, tekerleklerle uygulanan ısıl yükü önemli oranda azaltabilmektedir. Ancak Türkiye’de bu tip güzergâhlarda dinamik fren sistemi olmayan lokomotiflerin de kullanıldığı ve bu lokomotiflerin sayısının tüm lokomotiflerin yaklaşık % 42’si olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, vagonların uzun süreli frenlenmesi sonrası tekerlekte oluşan maksimum sıcaklık değerleri, sayısal analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analizde, dört dingilli 90 ton ağırlığındaki, 70 km/h sabit hızla giden bir vagonun, eğimi % 21 olan bir yolda, 40 km boyunca frenleme yaparak aşağı yönde ilerlemesi, frenleme senaryosu olarak alınmıştır. Tekerleğin yeni (çap 920 mm) veya son kullanım sınırında (çap 840 mm) olma durumu ve fren sabosu olarak pik veya kompozit sabo kullanımı durumu ayrı ayrı ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Isıl Analiz, Yük vagonu tekerleği, Frenleme, Pik döküm fren pabucu, Kompozit fren pabucu.

The Study of Heat Distribution on Wheelsets Braked With Cast Iron and Composite Brake Block by Using Numerical Analysis Method After a Long Term Tread Brake Application of a Freight Wagon

Abstract: In freight wagons, brake action is maintained by friction force created between brake blocks and wheel tread surface. There are many long-distance rail routes with high slope values in Turkey. On these routes, in the downhill movement of the wagon, long-term brake application is required to control the wagon speed, which can lead to very high temperatures on the wheel tread surface. Due to these high temperatures, a wide variety of wheel damages can occur and this reduces railway safety. The dynamic brake in the locomotives is an additional brake that helps the air brake used by freight wagon. In this type of route, if a locomotive with a dynamic brake is used, it can be significantly reduce the thermal load applied to the wheels. However, it is known that in these type of routes, locomotives without dynamic braking system are also used and the number of these locomotives is approximately 42% of all locomotives in Turkey. In this study, the maximum temperature which occurs in the wheel after a long term tread braking is examined by using numerical analysis method. A freight wagon of 90 tons with four axles which has got a nominal wheel diameter of 920 mm (new) or 840 mm (wear limit in service) and an axle load of 22,5 t, moving downwards with a slope of 21 % at constant speed of 70 km/h with tread braking during 40 km is considered as the reference scenario. All cases of whether the wheel is new (diameter 920 mm) or worn (diameter 840 mm), and whether grey cast iron or composite brake blocks are used, are handled separately. **Keywords:** Thermal analysis, Freight wagon wheelset, Tread braking, Cast iron brake block, Composite brake block.

Atıf için/Cite as: N. Karagöz, H.İ. Acar, and B. Selçuk, “Pik döküm ve kompozit fren pabucu kullanılan yük vagonunda uzun süreli frenlenme sonucu tekerlekte açığa çıkan ısı dağılımının sayısal analiz metodu ile incelenmesi,” *Demiryolu Mühendisliği*, no. 12, pp. 64-72, July. 2020. doi: 10.47072/demiryolu.746008

1. Giriş

Demiryolu taşımacılığı, hacmi ve ağırlığı büyük malzemelerin uzun mesafeli nakillerinde ekonomik yönüyle ön plana çıkmaktadır. Demiryollarında alt yapının gelişmesiyle birlikte yük vagonlarının taşıma kapasitesi ve hızı artmıştır. Buna bağlı olarak demiryolu güvenliği daha önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hızı 120 km/h'i geçmeyen yük vagonlarının bulunduğu trenlerde, hız ve yükün artmasıyla kinetik enerjisi artan yük vagonlarının çeşitli eğim değerlerine sahip olan yollarda; vagon hızının sabitlenmesi, azaltılması veya vagonun belli bir mesafe içinde durdurulması işlemleri fren pabucu ve tekerlek yuvarlanma yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvveti ile sağlanmaktadır. Özellikle frenleme esnasında oluşan sürtünme, tekerleklerde ve fren pabucunda yüksek termal yüke sebep olmaktadır. Lokomotiflerde bulunan ve yardımcı bir fren olan dinamik fren, frenleme sonrası tekerleklerin maruz kaldığı ısı yükü önemli oranda azaltmaktadır. Ancak ülkemizde ana hat lokomotiflerinin yaklaşık % 42'sinde dinamik frenin bulunmaması ısı kaynaklı tekerlek ve sabo hasarlarının sıkça görülmesine, buna bağlı vagonların raydan çıkmasına (deray), sabolarda parça kopması sebebiyle orman yangınlarına sebep olabilmektedir. Karşılaşılan ısı hasarlarının sebeplerinden biri de seyir esnasında el frenlerinin sıkılı unutulmasıdır. Bu durumda vagon tekerleklerinin yarısında ileri düzey bir plastik deformasyon olacaktır. Şekil 1'de bu duruma maruz kalmış iki tekerlek resmi verilmiştir.



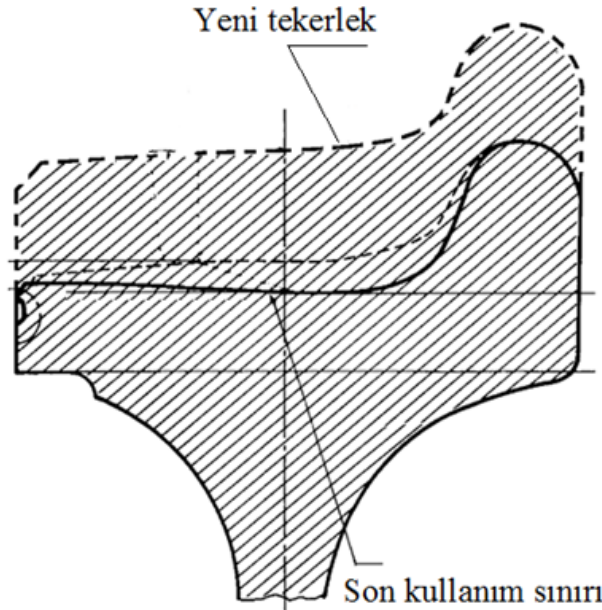
Şekil 1. Hasarlı vagon tekerlekleri

Yük vagonlarının frenlenmesinde pik döküm ve kompozit fren pabuçları kullanılmaktadır. Ancak ülkemizde pik döküm sabo kullanımından vaz geçilmiştir. Sürtünme katsayıları ve ısı iletkenlik katsayıları birbirinden oldukça farklı olan bu fren pabuçları, frenleme sonucu tekerlek ispitinde oluşan maksimum sıcaklığı belirleyen en önemli etkenlerdendir. Bu çalışmada, frenleme sisteminde bu iki farklı fren pabucu kullanımının, vagon tekerleğinde frenleme sonrası oluşan maksimum sıcaklığa etkisi ele alınmıştır.

2. Metot

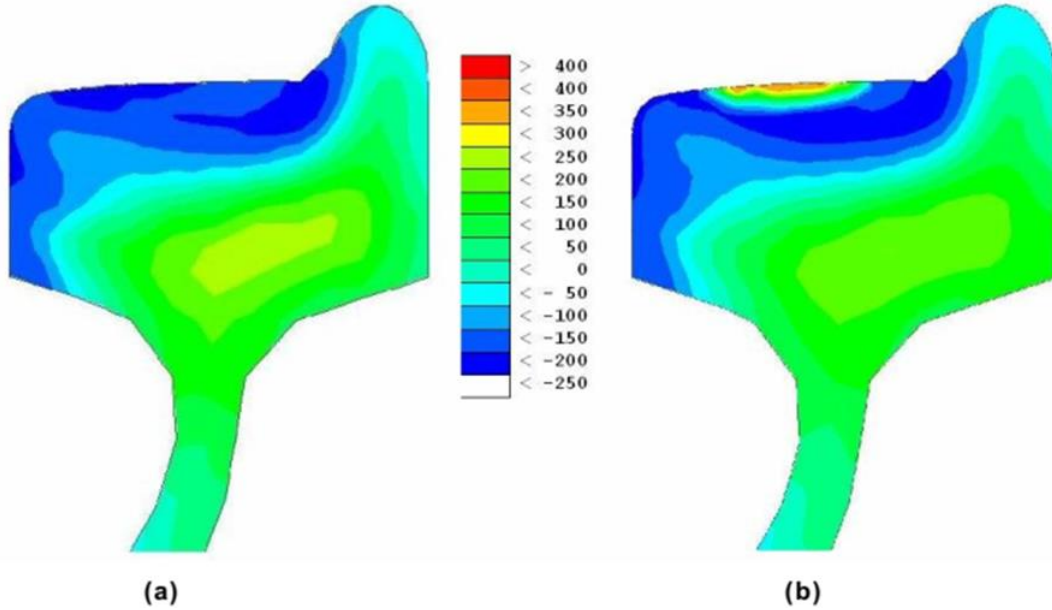
Vagonların frenlenme işleminde pik döküm (P10) fren pabucu (sabo) kullanımı çok yaygındır. Pik döküm (P10) fren pabuçları dökme demirden imal edilmiş olup teknik özellikleri UIC 832 fişinde tanımlanmıştır. Yük vagonlarında kullanılan diğer bir fren pabucu ise son yıllarda kullanımı artan kompozit fren pabucudur. 23 Haziran 2006'da yürürlüğe giren TSI-Noise ve 1 Aralık 2012'de yürürlüğe giren COTIF UTP-Noise adlı Avrupa Birliği ve OTIF dokümanlarında, yeni üretilen ve mevcut yük vagonlarının meydana getirdiği gürültünün ölçümü ve sınır değerleri belirlenmiştir [1]. Bu dokümanlarda belirtilen gürültü seviyelerine ulaşma gereği, kompozit fren pabuçlarını ön plana çıkarmaktadır. UIC tarafından onaylanan iki tip kompozit fren pabucu olup bunlardan biri pik döküm fren pabucuna göre yüksek sürtünme katsayısına sahip olan K tipi fren pabucu, diğeri ise pik döküm fren pabucu yerine de kullanılabilen ve pik döküm fren pabucuna yakın sürtünme katsayısına sahip olan LL tipi fren pabucudur. Kompozit fren pabucunun uzun ömürlü olması, gürültü seviyesini düşürmesi, hafif olması gibi önemli avantajlarına karşın; maliyetinin fazla olması, tekerleklerde daha yüksek termal yüklere sebep olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

ER7 kalite çelikten üretilen tekerlekler dövme-haddeleme yöntemi veya basınçlı döküm yöntemi ile üretilmektedir. Avrupa ve Türkiye demiryollarında dövme-haddeleme yöntemi ile üretilen tekerlekler kullanılmaktadır. Mamul özellikleri TS EN 13262'de verilmiştir [5]. Türkiye'de yük vagonlarında, anma çapı 1000 mm ve 920 mm olan tekerlek kullanılmaktadır. Türkiye de, boji yük vagonunda anma çapı 920 mm olan tekerleklerin son kullanım sınır çapı 840 mm'dir. Yeni ve son kullanım sınırına ulaşmış tekerleğin ispit kısmının profili Şekil 4.'de verilmiştir [2].



Şekil 2. Monoblok tekerlek bölgeleri ve kullanım sınırı

Tekerlekler üretilirken ispit kısmında basma kalıntı gerilimi olacak şekilde üretilir (Şekil 3a.). Ayrıca ispit yüzeyi sertleştirilir. Basma kalıntı gerilimi ve yüzey sertleştirme, tekerleklerde yorulmaya karşı direnci artırır [3]. Kullanılan tekerleklerde frenleme sonucu oluşan termal yükten dolayı yüzeydeki basma kalıntı gerilimi zamanla çekme kalıntı gerilimine dönüşmektedir (Şekil 3b.). Bu durum yorulma çatlaklarının (ısı çatlaklarının) oluşmasına sebep olabilmektedir. Yeni ve frenleme sonrası yüksek ısıya maruz kalmış tekerlek için örnek kalıntı gerilim değerleri Şekil 3.'de verilmiştir [4].



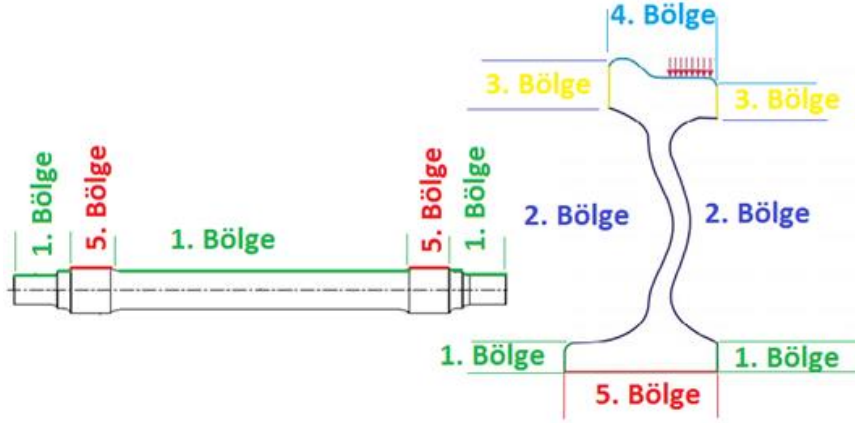
Şekil 3. Yeni (a) ve ısıya maruz kalmış (b)tekerlek için örnek kalıntı gerilim değerleri (MPa)

Tekerlek ve sabonun servise uygunluğunun onaylanması için birçok testten geçirilmelidir. Bu testlerden biri de fren testidir. İsviçre de Gotthard güney rampasında yer alan demiryolunda, Airolo ile Biasca istasyonları arasında seyrüsefer yapan bir trenin, frenleme yaparak sabit hızla gitme durumu bu testlerden biri için esas alınır. Fren donanımının uygunluğu için kullanılacak senaryo UIC dokümanlarında, tekerlek anma çapı 920 mm ve dingil yükü 22,5 ton olan dört dingilli 90 ton ağırlığındaki bir vagonun % 21 aşağı yönlü eğimde 40 km boyunca 70 km/h sabit hızla hareket etmesi kabul edilmiştir [5]. Çalışmamızda bu senaryo esas alınmıştır. Yol boyunca vagonun hızı sabit olduğu için kinetik enerji değişmez. Fakat yolun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki yükseklik farkı sebebiyle oluşan potansiyel enerji farkı frenleme yardımıyla ısı enerjisi dönüşmektedir. Bu senaryoda tekerlek başına düşen yük 11,25 ton, başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki yükseklik farkı yaklaşık 840 m ve seyahat süresi 34 dakika olarak alındığında yapılan frenleme sonucu bir monoblok tekerlek ile fren pabucu arasında 45 kW ısı güç oluşması gerektiği hesaplanabilir. Analiz 920 mm çaplı yeni tekerlek ve aşınma sınırına ulaşmış 840 mm çaplı tekerlek için yapılmalıdır. Bu testler termomekanik test standında (dinamometre) yapılabilir. Tekerlek ispitinde ölçülen kalıntı gerilim değerleri ilgili standartlarda verilen değerleri aşmamalıdır [5].

Bu çalışmada yukarıda verilen senaryoya göre, sonlu elemanlar yöntemi olan zamana bağlı ısı analiz yöntemi kullanılmıştır. Yeni ve aşınma sınırına gelmiş BA 004 tipi tekerleklerde frenleme için pik döküm ve kompozit fren pabucu kullanımı ayrı ayrı ele alınarak frenleme sonucu tekerleklerde oluşacak sıcaklık dağılımı bulunmuştur. Kompozit fren pabucunun ısı iletkenliği pik döküm fren pabucuna göre daha düşüktür. Bu sebepten dolayı frenleme durumunda tekerleğe geçen ısı yük farklıdır. Uygulanan senaryoda toplam frenleme gücü 45 kW olarak verilmiştir. Frenlemede pik döküm fren pabucu kullanıldığında frenleme gücünün yaklaşık % 70'i (31,5 kW) tekerleğe ısı güç olarak geçer. Kompozit fren pabucu kullanıldığı takdirde ise frenleme gücünün yaklaşık % 90'ı (40,5 kW) tekerleğe ısı güç olarak geçmektedir [6,7]. Ayrıca bu çalışmada sıcaklığı 45°C olan rüzgârsız ve kuru hava, ağır çevre koşulu olarak alınmıştır. Rayların soğutma etkisi dikkate alınmamıştır.

Demiryolu Mühendisliği

Sabit hızda 70 km/h hızla hareket eden bir vagonun tekerlek yüzeyinde türbülans akış oluşmaktadır. Bu nedenle ısı taşınım katsayısı ve ısı iletim katsayısının deneysel olarak elde edilen değerlere göre alınması, teorik değerlere göre daha doğru sonuçlar verecektir. Bu sebeple ısı taşınım katsayısı ve ısı iletim katsayısının bölgelere ve sıcaklığa göre değerleri için ERRI Rapor 169'da verilen değerlerden yararlanılmıştır [6,8]. Şekil 4.'de verilen bölgelere ve sıcaklıklara göre ısı taşınım katsayısı ve ısı iletim katsayısı Tablo 1.'de verilmiştir [6,8,9]. Analizde ısı taşınım yayma oranı paslı tekerlek için 0,80 alınmıştır [10].



Şekil 4. Tekerlek seti bölgeleri

Tablo 1. Örnek tablo gösterimi

Ortalama Sıcaklık T (°C)	Taşınım Katsayısı (h) W/(m ² .K)				İletim Katsayısı (k) W/(m.K)
	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	
0	17	17	37	31	47,3
100	23	23	42	39	45
200	27	27	50	43	44,1
400	43	43	70	62	
600	68	78	95	84	

Vagonun yukarıda verilen senaryoya uygun olacak şekilde frenleme yapılması sonucu tekerlekte oluşan maksimum sıcaklıkların belirlenmesi için tekerlek setine ait 3D model hazırlanmış, sonlu elemanlar analiz programı olan ANSYS Workbench yazılım ortamında, Zamana Bağlı Isıl Analiz yapılmıştır. Sonlu eleman modellerinde bir eleman tipi kullanılmıştır: SOLID187, katı modellerin dörtüzlü elemanları için kullanılan ikinci dereceden bir eleman tipidir. Eleman boyutu 20 mm olarak alınmıştır. Analizi yapılacak olan BA 004 monoblok tekerleğin bazı fiziksel özellikleri Tablo 2. ve Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 2. Yeni monoblok tekerlek için bazı fiziksel değerler (çap 920 mm)

Yeni tekerleğe ait fiziki özellik	Değer
Ağırlık (kg)	315
Yüzey alanı (mm ²)	2.242.126
Isıl gücün uygulandığı tekerlek yüzey alanı (mm ²)	164.160

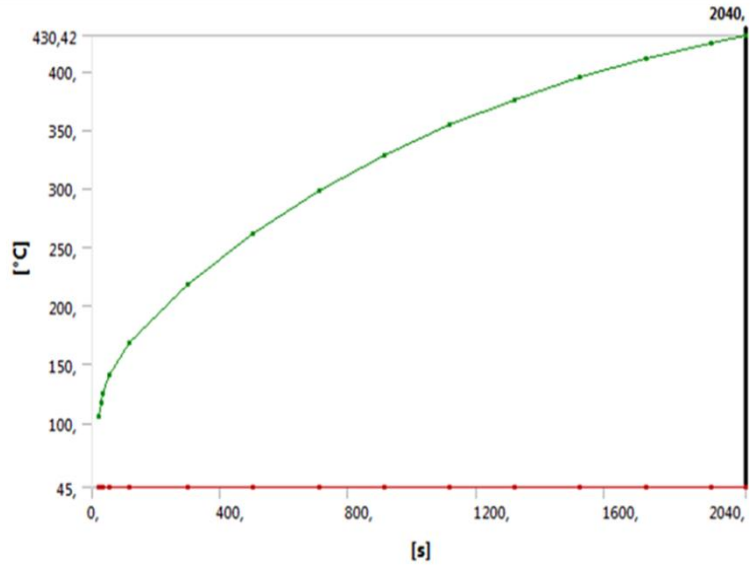
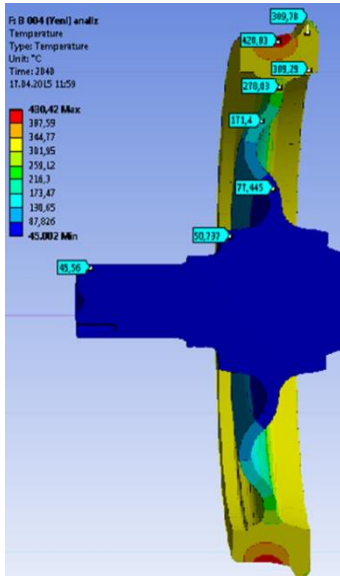
Demiryolu Mühendisliği

Tablo 3. Aşınmış monoblok tekerlek için bazı fiziksel değerler (çap 840 mm)

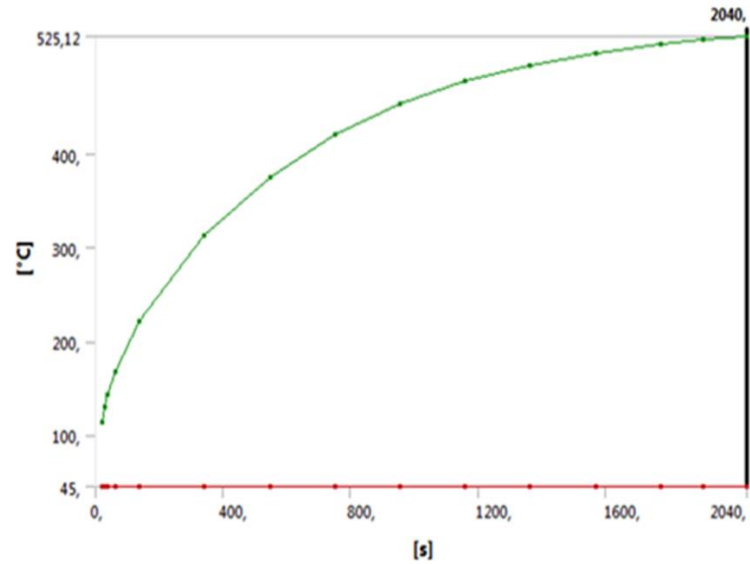
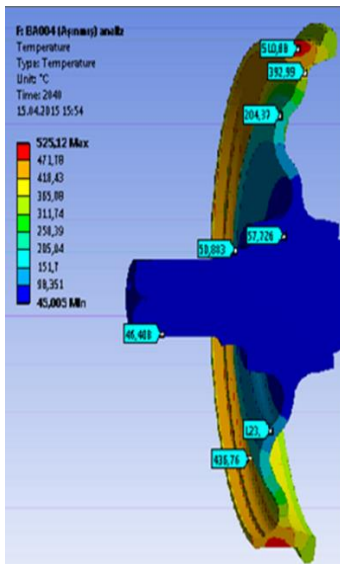
Yeni tekerleğe ait fiziki özellik	Değer
Ağırlık (kg)	195
Yüzey alanı (mm ²)	1.993.319
Isıl gücün uygulandığı tekerlek yüzey alanı (mm ²)	148.950

3. Bulgular

Verilen senaryoya göre pik sabo ile frenleme durumunda yeni ve aşınma sınırında olan tekerlekler için zamana bağlı ısıl analiz sonuçları Şekil 5. ve Şekil 6.'da verilmiştir.



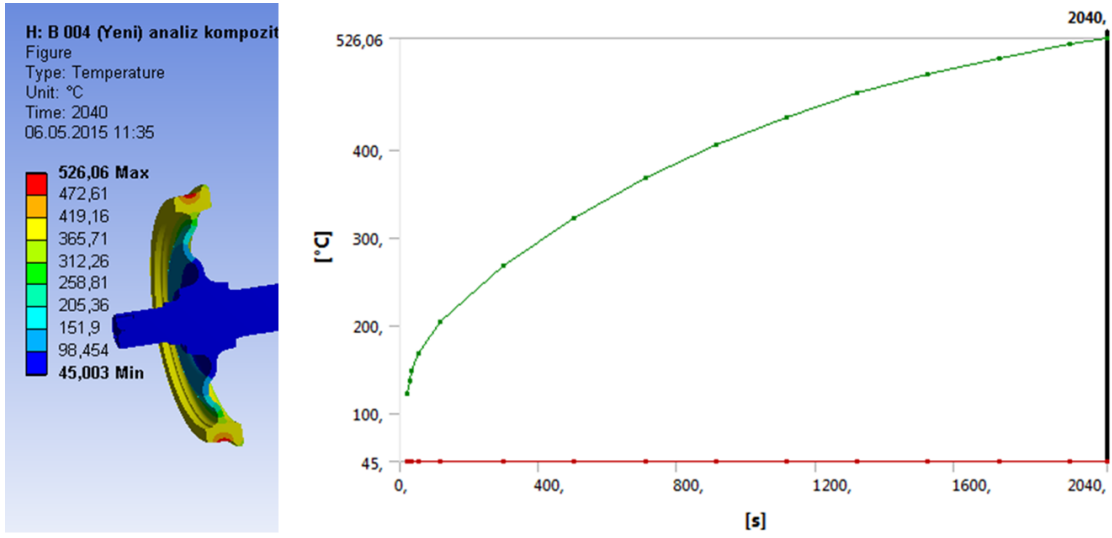
Şekil 5. Yeni tekerlek ve pik sabo kullanımı için tekerlek sıcaklığı grafiği



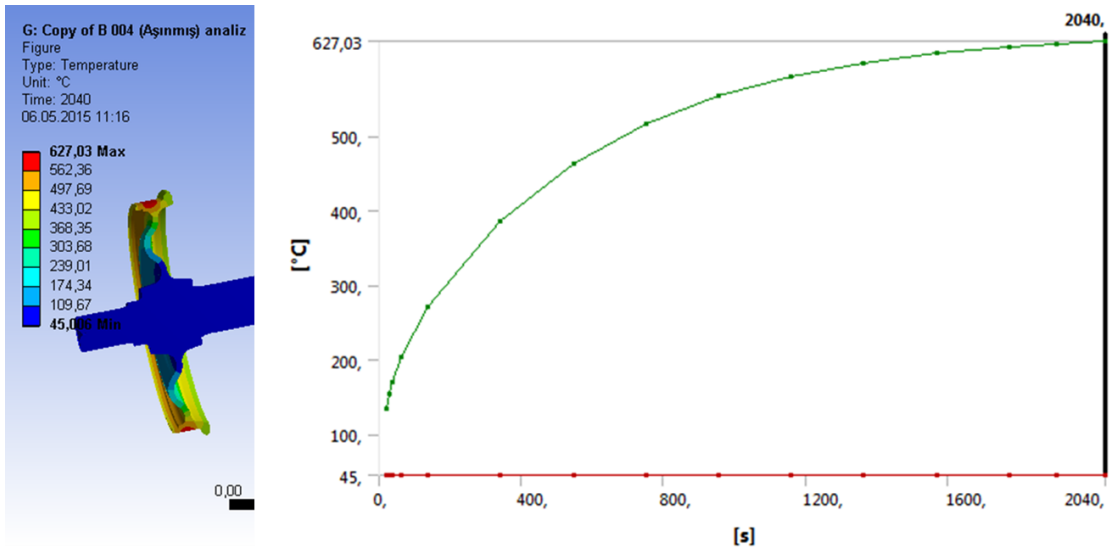
Şekil 6. Aşınma sınırındaki tekerlek ve pik sabo kullanımı için tekerlek sıcaklığı grafiği

Verilen senaryoya göre kompozit sabo ile frenleme durumunda yeni ve aşınma sınırında olan tekerlekler için zamana bağlı ısıl analiz sonuçları Şekil 7. ve Şekil 8. de verilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 7. Yeni tekerlek ve kompozit fren pabucu kullanımı için tekerlek sıcaklığı grafiği



Şekil 8. Aşınmış tekerlek ve kompozit fren pabucu kullanımı için tekerlek sıcaklığı grafiği

Yapılan zamana bağlı ısı analizine göre en yüksek sıcaklıkların beklenildiği gibi tekerleğin ispit kısmının yuvarlanma yüzeyinde olduğu görülmektedir. Fren pabucu olarak pik döküm fren pabucunun kullanılması durumunda yeni tekerlek için oluşan en yüksek sıcaklık 430°C'dir. Aşınma sınırına gelmiş tekerlekte bu sıcaklık 525°C'ye kadar çıkmaktadır. Fren pabucu olarak kompozit fren pabucu kullanılması durumunda yeni tekerlek için oluşan en yüksek sıcaklık 526°C ve aşınma sınırına gelmiş tekerlek için 627°C'dir. Aşınmış tekerlekte elde edilen sıcaklık değerleri yeni tekerleğe göre yaklaşık 100°C daha fazladır. Aynı şekilde kompozit fren pabucu için elde edilen sıcaklık değerleri pik döküm fren pabucu kullanımına göre yaklaşık 100°C daha fazladır.

4. Sonuç

Kompozit saboların onayı ile alakalı UIC 541-4 standardında, standartta tanımlanan test sonrası yeni tekerlek için maksimum tekerlek sıcaklığı 600°C'nin altında olmalıdır. Maksimum tekerlek sıcaklıkları tekerleğin ispit kısmının yuvarlanma yüzeyinde görülmektedir. Bu çalışmada esas alınan test senaryosuna göre en yüksek sıcaklık, aşınma sınırına gelmiş tekerlekte, kompozit sabonun kullanılması durumunda 627°C olarak gerçekleşmiştir. Yeni tekerlek için kompozit sabo kullanılma durumunda maksimum sıcaklık 526°C'dir. Pik sabo kullanılması durumunda maksimum sıcaklık her iki durum için yaklaşık 100°C daha düşük gerçekleşmiştir. Çevre sıcaklığı olarak 45°C yerine daha düşük değerler alınması, kuru hava yerine nemli havanın alınması ve rayların soğutma etkisinin hesaba katılması durumunda maksimum sıcaklıkları bir miktar düşecektir.

Bu sonuçlara göre yük vagonlarında fren pabucu olarak kompozit fren pabucu kullanılması durumunda tekerleklerde daha yüksek sıcaklıklar oluşacağı, dolayısıyla pik döküm fren pabucu kullanılma durumu ile karşılaştırıldığında ısı kaynaklı tekerlek arızalarının daha fazla görüleceği söylenebilir. Tekerleklerde bu tür ısıl hasarların azaltılabilmesi için eğimi büyük olan uzun yollarda, hava frenine yardımcı bir fren olan dinamik frene sahip lokomotiflerin kullanılması faydalı olacaktır. Dinamik freni olmayan lokomotiflerin kullanımı durumunda pik sabo kullanımı ısıl kaynaklı tekerlek hasarlarını azaltabilir. Ancak pik sabonun ömrünün kompozit saboya göre çok az olması ve daha ağır olması işletme açısından birçok zorluğu beraberinde getirecektir. Tekerlekler üzerinde ısıl yükü artırması kompozit sabonun olumsuz bir özelliğidir. Kompozit sabonun içeriğinde yapılacak değişikliklerle, ısıl iletkenliği artırılarak sabo üzerinden çevreye transfer edilen ısı miktarının artırılması üzerinde yapılacak çalışmaların önemli olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca tekerlek gövdesinin yüzey alanı artırılarak, tekerlek yüzeyinden havaya taşınan ısı transferinin artırılması ısıl kaynaklı tekerlek hasarlarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- [1] Ö.Akbayır, "Yük vagonlarında kullanılan sabolar ve karşılaştırması," *1.Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Çalıştayı*, Karabük, Türkiye, 2012.
- [2] *Wheels and Wheelsets. Conditions Concerning the Use of Wheels of Various Diameters*, UIC 510-2, 2014.
- [3] *Runaway /Derailment- Canadian, National Freight Train*, Railway Investigation Report R06V0136, 2006.
- [4] *Residual Stresses in Railroad Commuter Car Wheels*, US Federal Railroad Administration, 1999.
- [5] *Brakes, General Conditions for Certification of Composite Brake Block*, pp.26, UIC 541-4, 2007.
- [6] *Limites Thermiques des Roues et des Sabots*, ORE B 169/RP1, 1987.
- [7] R. Zima, P.J. Dvojkli, *Wheelset*. Bonatrans Group, 2012.
- [8] D.Milutinovic, A. Radosavljevic, V. Lucanin, "Temperature and stress state of the block braked solid wheel in operation on Yugoslav Railways," *FME Transactions*, vol. 31, no 1, pp. 16, 2003.
- [9] R.Gallo, M. Bettineschi, F. Lombardo, G.Mancini, A.Fattori, "Effects of thermal loads on fatigue verification of wheels with web mounted brake discs," pp.7-8, 2007.
- [10] M. F. Modest, *Radiative Heat Transfer*. Academic Press, 2013.

Özgeçmiş



Nail KARAGÖZ

1972'de Berlin'de doğmuştur. Lisans eğitimini 1995 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini 2015 yılında ve doktora eğitimini 2020 yılında Cumhuriyet Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Halen, yük vagonu üretimi ve bakımı yapan TÜDEMSAŞ'ta, Ar-Ge Dairesi Başkanlığında makine mühendisi olarak görev yapmaktadır. A-Sınıfı iş güvenliği uzmanı ve tahribatsız muayene-seviye 2 UT uzmanıdır. Evli ve üç çocuk babasıdır.

E-Posta: nailkaragoz@hotmail.com



Halil İbrahim ACAR

1958 Sivas doğumlu.1981 yılında Sakarya DMMO 'dan mezun oldu. Cumhuriyet Üniversitesi Sivas MYO'da çalışmaya başladı.1992 de Yrd. Doç., 1997'de doçent ve 2003'de Prof. unvanı aldı. Halen Cumhuriyet Üniversitesi Makina Mühendisliği bölüm başkanlığını yürütmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır. İngilizce ve Almanca bilmektedir. Çalışma Konuları: Termodinamik ve Isı Tekniği, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Isıtma, Soğutma, İklimlendirme uygulamaları.

E-Posta: iacar@cumhuriyet.edu.tr



Burhan SELÇUK

Lisans eğitimini 1982 yılında Maschinenbau Konstruktionstechnik Fachhochschule Niederrhein'de tamamladı. Yüksek Lisans eğitimini 1991 yılında, doktora eğitimini 1994 yılında, Erciyes Üniversitesinde tamamladı. 1986 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde göreve başladı ve 1994'de doçent, 2012'de Prof. unvanı aldı. Makina Mühendisliği bölüm başkanlığını yaptı. Çalışma konuları: Malzeme Tasarım ve Davranışları, Makine Tasarımı ve Makine Elemanları, Malzeme Üretim Teknolojileri

E-Posta: selcuk@cumhuriyet.edu.tr

Beyanlar

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Tüm yazarların eşit oranda katkısı olmuştur.