



Mustafa Enes İstanbullu

Türk Silahlı Kuvvetleri Ordu Komutanlığı, enesistanbullu44@gmail.com,
Malatya-Türkiye

Ahmet Topuz

İstanbul Arel University, ahmettopuz@arel.edu.tr, İstanbul-Türkiye

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2023.18.3.2A0193	
ORCID ID	0009-0003-3678-5719	0000-0002-1397-8839
Corresponding Author	Mustafa Enes İstanbullu	

TANKLAR İÇİN SİNER BALATA ÜRETİM VE KAREKTERİZASYONU

ÖZ

Askeri savunma sanayisi, dünya genelinde askeri savunma alanlarında giderek artan bir ihtiyaç doğurmaktadır. Ülkemizde savunma sanayisine yönelik çalışmaların artmasıyla birlikte, askeri tankların fren sistemlerinin geliştirilmesi ve yerli tedarikine olan ihtiyaç da artmıştır. Ancak, bu balataların tedariki halihazırda sınırlı sayıda yabancı firma tarafından sağlanmaktadır. Bu nedenle, yerli ve milli tedarik için balata üretim maliyetlerinin düşürülmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada, Orijinal balatanın XRF analizi alınmış ve bu analiz ışığında Pres basıncı 450Mpa ve 1dk, sinterleme 15°C/dak Isıtma hızı ile 500°C'de 30 dakika bekleme sonrası tekrar 15°C/dak ile soğutma koruyucu atmosfer azot gazı kullanılmıştır. Sinterleme sıcaklığı (a) ve (b) numuneleri için 800°C'de 120dk sinterleme yapılmıştır. (c) numunesi 750°C'de 120dk sinterleme işlemi yapılmıştır. 1. ve 2. Numunelerin sinterleme sıcaklığı 800°C olduğundan sertlik değerleri alınamamıştır. 3. Numunenin sinterleme sıcaklığı 750°C olarak belirlendikten sonra %4 Pb Kurşun ilavesi ile sertlik değeri ortalama 3 kat üzeri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bakır Matrisli Kompozit, Askeri Tank,
Toz Metalurjisi, Balata, Sinter Balatalar

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF SINTERED BRAKE PADS FOR TANKS

ABSTRACT

The increasing need for military defense worldwide has led to a growing demand in the field of military defense industry. With the increase in efforts towards the defense industry in our country, there has also been an increased need for the development and domestic supply of brake systems for military tanks. However, the supply of these brake pads is currently limited to a few foreign companies. Therefore, it is crucial to reduce the production costs of brake pads for domestic and national supply. In this study, XRF analysis of the original brake pad was conducted, and based on this analysis, a pressing pressure of 450 MPa for 1 minute and sintering at a heating rate of 15°C/min to 500°C for 30 minutes, followed by cooling at a rate of 15°C/min using a protective nitrogen gas atmosphere, were applied. Sintering temperature of 800°C for 120 minutes was performed for samples (a) and (b). Sample (c) underwent sintering process at 750°C for 120 minutes. Hardness values could not be obtained for samples 1 and 2 due to their sintering temperature of 800°C. After determining the sintering temperature of sample 3 as 750°C, the hardness value increased approximately threefold with the addition of 4% Pb lead.

Keywords: Copper Matrix Composite, Military Tank,
Powder Metallurgy, Brake, Sinter Lining

How to Cite:

İstanbullu, M.E. ve Topuz, A., (2023). Tanklar İçin Sinter Balata Üretim ve Karakterizasyonu. Technological Applied Sciences, 18(3):40-46,
DOI: 10.12739/NWSA.2023.18.3.2A0193.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Frenleme, hareket halindeki aracı en kısa mesafede veya en az zamanda yavaşlatma veya durdurma işlemidir [1]. Frenleme kuvveti, balata ve kampana/disk arasında sürtünme meydana getirerek uygulanan kontrollü bir kuvvettir [1]. Farklı fren durumlarının performansı, balata malzemesinin kompozisyon ve mikro yapısı tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, çeşitli kompozit malzemeler geliştirilerek daha iyi sürtünme performansı elde edilir [3]. Organik malzemelerin sınırlı sıcaklık dayanımı nedeniyle sinterlenmiş (metalik) balatalara ihtiyaç duyulur [4]. Metalik balatalar, daha büyük hızda enerji absorbe edebilir, daha fazla aşınma mukavemetine sahip olabilir ve yüksek sıcaklıklara dayanabilir [5]. Bronz esaslı balatalar, yüksek sürtünme şartlarında yaygın olarak kullanılır [6]. Toz metalurjisi, metal ve seramik tozların basınç ve sıcaklık yardımıyla katı ve dayanıklı parçalara dönüştürülmesini sağlayan bir tekniktir. Bu yöntemle istenilen şekil ve özelliklere sahip parçalar üretilebilir. Toz metalurjisi, takım çelikleri, paslanmaz çelikler, süper alaşımlar, bakır, alüminyum, nükleer malzemeler gibi birçok alanda kullanılır. Özellikle otomotiv endüstrisinde kendinden yağlamalı yataklar, elektrik kontakları, uçak fren balataları gibi birçok parça toz metalurjisiyle üretilir [7]. Son on yıldır, araştırmacılar yeni bir fren balatası malzemesi geliştirmek için farklı malzemeler üzerinde çalışmaktadırlar. Geniş bir literatür araştırmasından, ilginç ve yenilikçi malzemelerin kullanıldığı birkaç çalışma bulunmuştur. Yeni formülasyonlar yapmak için fren balatası için uygun malzeme seçimi gerekmektedir [8]. Asbest bazlı fren balataları kanserojendir ve hava kirliliğine neden olan partiküller üretir ve çevresel olarak zararlıdır [9]. Fren balatası formülasyonunda farklı bileşenlerin ve/veya bileşenlerin oranları, geliştirilecek fren balatalarının fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyebileceği şeklinde literatürde bildirilmektedir [10, 11 ve 12]. Fren balata numunelerinin üretimi için bileşen türlerinin seçimi, fren balata numunelerinin özelliklerini etkilediği için zor bir görevdir. Literatürde fren balata malzemelerinin üretim süreçleri ve bileşenlerinin mekanik ve fiziksel özelliklerine etkileri üzerine sınırlı sayıda rapor bulunmaktadır. Fren balata malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri, ayrıca üretim süreci parametrelerine ve fren balatası üretiminde kullanılan bileşenlerin özelliklerine bağlıdır [13]. Sonuç olarak, frenleme süreci için geliştirilen toz metalurjisi ile üretilen balatalar, fren balata sislemleri ve güvenlik açısından önemli konuları kapsar. Metalik balatalar, yüksek performans, dayanıklılık ve sıcaklık toleransı sağlar. Toz metalurjisi ise çeşitli malzemelerin istenilen parça şekillerine dönüştürülmesinde ekonomik ve verimli bir üretim yöntemidir. Ülkemizde de toz metalurjisi üretimi, farklı sektörlerde kullanılan çeşitli parçaların üretimi için hızla gelişmektedir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Literatürde yapılan araştırmalar ve mevcut çalışmalar incelendiğinde, askeri tank fren balatalarının toz metalurjisi yöntemiyle üretimi konusunda çalışma yapılmamıştır. Mevcut araştırmalar genellikle genel endüstriyel uygulamalara odaklanmış ve askeri tank fren balataları özelinde bir inceleme sunmamaktadır. Bu nedenle, askeri tank fren balatalarının toz metalurjisi yöntemiyle üretiminin mikroyapı ve mekanik özelliklere olan etkisinin incelenmesi, literatürdeki büyük bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, askeri tank fren balatalarının toz metalurjisi yöntemiyle üretiminin avantajlarını ve potansiyel kısıtlamalarını araştırarak, balataların mikroyapısal ve mekanik özelliklerini anlamayı hedeflemektedir. Mikroyapısal analizler, malzeme karakterizasyonu ve mekanik testler gibi yöntemler kullanılarak

elde edilecek veriler, balataların üretim süreci ve bileşenlerinin performansı üzerindeki etkilerini açıklayacak ve değerlendirecektir. Bu çalışmasının sonuçları, askeri tank fren balatalarının toz metalürjisi yöntemiyle üretiminde elde edilen mikroyapısal ve mekanik özelliklerin, balataların performansını, dayanıklılığını ve güvenilirliğini nasıl etkilediğini ortaya koyacaktır. Elde edilecek bilimsel bulgular, askeri tank endüstrisindeki araştırmacılar, mühendisler ve üreticiler için önemli bir kaynak sağlayacak ve gelecekteki çalışmalara ışık tutacaktır. Bu çalışmanın temel amacı, askeri tank fren balatalarının toz metalürjisi yöntemiyle üretiminin mikroyapı ve mekanik özelliklere olan etkisini ayrıntılı bir şekilde araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, tanklarda kullanılan balataların yerli olarak üretilebilmesi, toz metalürjisi yönteminin askeri tank fren balataları üzerindeki potansiyel avantajlarını ve kısıtlamalarını değerlendirmek, balataların performansını ve dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir. Bu çalışma, askeri tank fren balatalarının toz metalürjisi yöntemiyle üretiminin potansiyel faydalarını ve sınırlamalarını anlamak için deneysel ve analitik yöntemler kullanılacaktır. Elde edilecek veriler, askeri tank fren balatalarının toz metalürjisi yöntemiyle üretimindeki mikro yapı ve mekanik özelliklerin optimize edilmesine katkıda bulunacaktır. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, askeri tank endüstrisindeki mühendislerin ve araştırmacıların, daha güvenli, dayanıklı ve performanslı fren balataları geliştirmelerine yardımcı olacaktır.

Önemli Noktalar (Highlights):

- Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen askeri tank fren balataları ile mevcutta bulunan askeri tank balatası mikro yapı özelliklerini kıyaslamak ve analiz edip ve incelemek.
- Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen askeri tank fren balataları ile mevcutta bulunan askeri tank balatası mikro yapı özelliklerini kıyaslayıp mekanik özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek.
- Literatürde olmayan ancak bu çalışma ile literatüre kazandırılan askeri tank balatasının ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olmak.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE İŞLEM (EXPERIMENTAL METHOD-PROCESS)

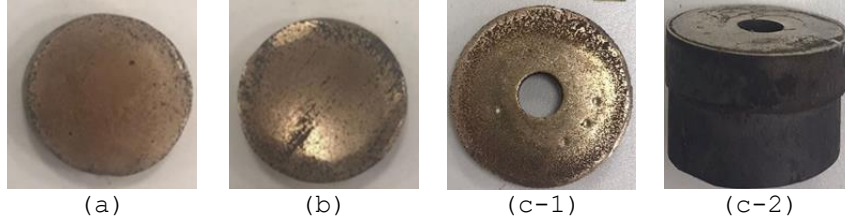
Bu çalışmada, öncelikli olarak askeri tank fren balatası için piyasada bulunan balatanın EDS analizleri yapılmıştır. EDS analizi alınmış tank balata resmi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Orijinal askeri tank balatası
(Figure 1. Genuine military tank lining)

Şekil 1'de verilen orijinal balatanın EDS analizi yapılmıştır. EDS analizi sonucuna göre 3 adet toz metalürjisi yöntemi ile numuneler üretilmiştir. Numunelerin üretilmesinde ortalama partikül boyutu 44µm olan Cu, Grafit, Sn, Fe, Zr Silikat tozları kullanılmıştır. Tartılan tozlar, mikserde 240 dakika boyunca 80 devir/dakika hızla

karıştırılmıştır. Matris malzemesi olarak elektriksel ve termal iletkenliği yüksek olan Cu seçilmiştir. Pres basıncı 450Mpa ve 1 dakika, sinterleme 15°C/dak ısıtma hızı ile 500°C'de 30 dakika bekleme sonrası tekrar 15°C/dak ile soğutma koruyucu atmosfer azot gazı kullanılmıştır. Sinterleme sıcaklığı (a) ve (b) numuneleri için 800°C'de 120dk sinterleme yapılmıştır. (c) numunesi 750°C'de 120dk sinterleme işlemi yapılmıştır. Sinterleme sonrası balata numuneleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Toz metalürjisi ile üretilen tank balata numuneleri
(Figure 2. Tank brake pad samples produced with powder metallurgy)

Şekil 2 (a) ve (b)'de üretilmiş olan balatanın ağırlıkça oranları Tablo 1'de verilmiştir. Belirlenen bileşime ait tozlar hassas terazi yardımıyla (a) numunesi için 100gr olacak şekilde tartılmıştır ve (b) numunesi için 150gr olacak şekilde tartılmıştır. Sinterleme koşullarını belirlemek için toplamda 3 adet numune (a), (b) ve (c) hazırlanmıştır. (c-1 ve c-2) nolu numuneye ek olarak %4 kurşun ilave edilmiştir. (c-2) nolu balata numunesi difüzyon kaynağı ile bakır kaplı çelik altlığa birleştirilmiştir. Homojen bir karışımın elde edilmesinden sonraki aşamada tozlar nihai şeklini almak üzere 550KN basınç altında 3 dakika süre boyunca preslenmiştir. Sıkıştırılan toz partikülleri arasındaki atomik bağların oluşması ve numunelerin mukavemet kazanması amacıyla yapılan sinterleme işlemi MSE Furnace marka ısıl işlem fırınında yapılmıştır.

Tablo 1. Toz metalurjisi ile üretilmiş tank balata numunelerin bileşen-ağırlıkça oranları

(Table 1. Component-weight ratios of brake pad samples produced with powder metallurgy)

Numune	(a) (100 gr)	(b) (150 gr)	(c)
Cu %	65	97.5	-
Grafit %	4	6	-
Sn %	10	15	-
Fe %	5	75	-
Zr Silikat %	16	24	-
Pb %	-	-	4

Tablo 2. Toz metalurjisi ile üretilmiş tank balata numunelerin sinterleme işlemi sonrası yoğunluk hesap değerleri ve sertlik değerleri

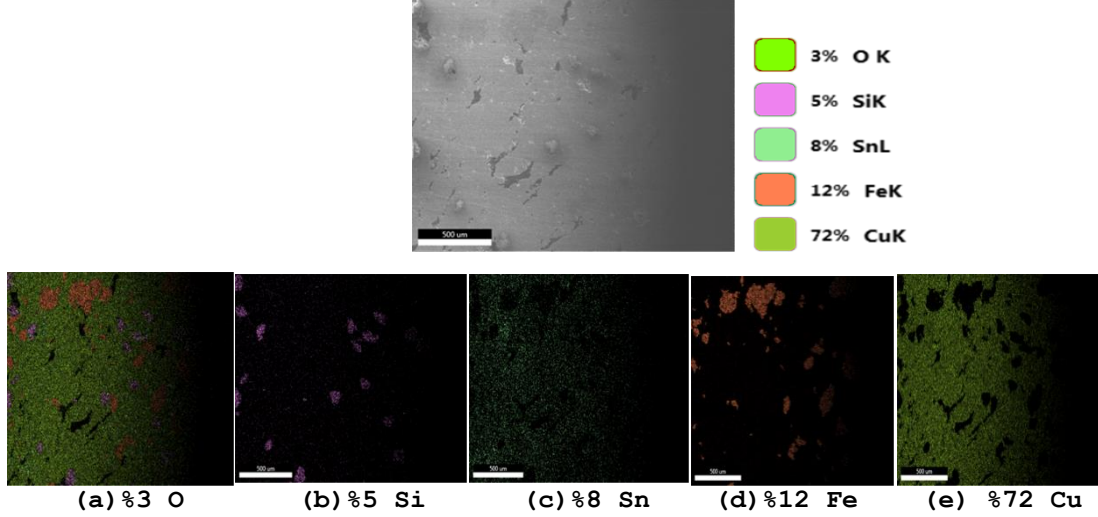
(Table 2. Density calculation values and hardness values of brake pad samples produced with powder metallurgy after the sintering process)

	Orjinal Balata	(a)	(b)	(c)
	-	Sinterleme Sonrası Yoğunluk		
Sinterleme Sıcaklığı (°C)	-	800	800	750
m, kütle (gr)	15.08	46.29	47.32	50.9
d, çap (cm)	1.94	4.58	4.53	4.2
a, Kalınlık (cm)	0.964	0.75	0.703	0.69
Yoğunluk (gr/cm ³)	5.208	3.875	4.176	5.329
Rockwell Sertlik Değeri	17.9	-	-	63.6

Tank balata numunlerinin sinterleme işlemi sonrasında (a) ve (b) numunelerinin sertlik değerleri ölçülemedi. Bu nedenle 3. Numune olan (c) numunesi 750°C'de sinterleme yapılmış ve sertlik değerleri Rockwell olarak ölçülmüştür.

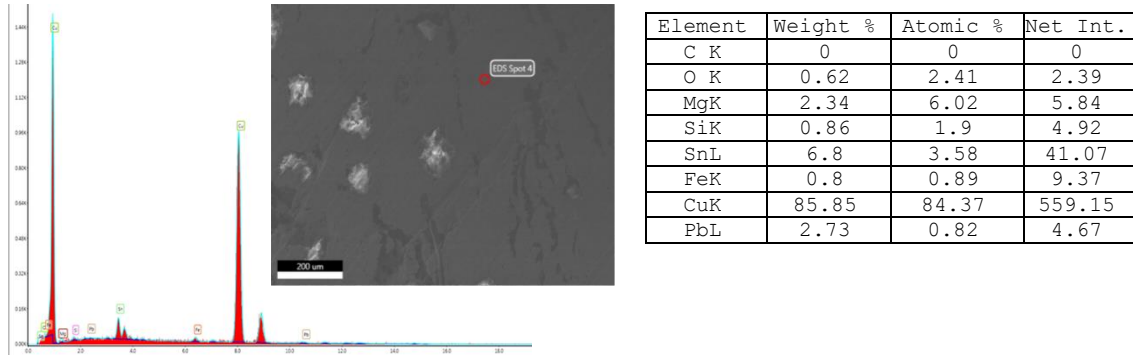
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada, orijinal balatanın EDS analizi ile yüzdesel olarak elementel analizine bakılmıştır.



Şekil 3. Orijinal balatanın SEM-EDS yüzey analizi (a), (b), (c), (d) ve (e) EDS analizleri
(Figure 3. SEM-EDS surface analysis of the original pad (a), (b), (c), (d) and (e) EDS analyzes)

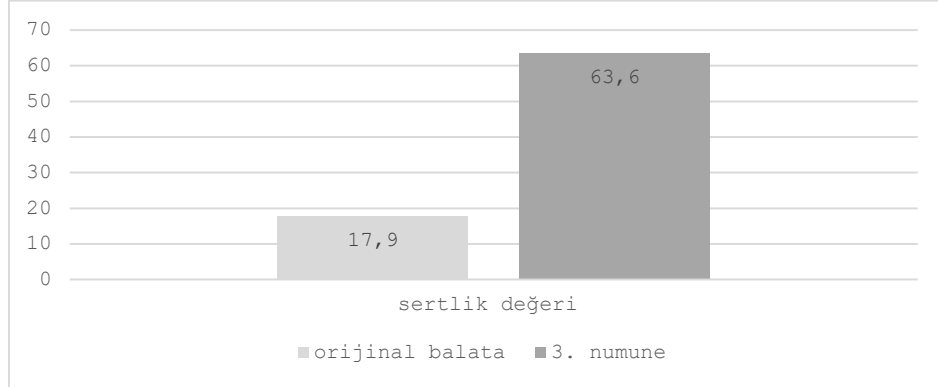
Şekil 3'de SEM görüntüsü ve yapılan EDS analizi verilmiştir. EDS yüzey analizinde görüldüğü üzere orijinal balatanın %72 oranında matris yapısının bakır elementinden oluştuğu görülmüştür. Şekil 4'de orijinal balatanın noktasal EDS analizinde ise bakır oranı %85 olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Orijinal balatanın noktasal EDS analizi
(Figure 4. Spot EDS analysis of the original pad)

Şekil 4'deki EDS analizi ile 3 balata numunesi EDS analiz sonucuna göre Tablo 2'e göre üretilmiştir. Üretilen numunelerin (a) ve (b) numuneleri 800°C'de sinterlendiği için rockwell sertlik değerleri alınamamıştır. Bu nedenle 3. Numune (c) içerisine %4 oranında Pb ilavesi yapılmış ve sinterlenme sıcaklığı 750°C'ye düşürülerek 3. (c-1 ve c-2) numunesi üretilmiştir. Üretilmiş olan 3. Numune (c-1 ve c-2)'nin sertlik değeri rockwell cinsinden 3 farklı noktadan ölçülüp ortalaması 63.6

olarak ölçülmüştür. Şekil 5'de grafik üzerinden gösterildiği gibi orijinal balatanın sertlik değeri 17.9 iken üretilmiş 3. Numunenin (c-1 ve c-2) sertlik değeri 63.6 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Orijinal balata ile 3. Numunenin HRL Cinsinden Rockwell sertlik sonuç grafiği
(Figure 5. Rockwell hardness result graph of original pad and 3rd Sample in HRL)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Orijinal balata EDS analizi ve sertlik değerleri ile toz metalürjisi ile üretilen balataların arasında sertlik değeri daha yüksek çıkmıştır. Daha yüksek çıkmasının nedeni ise %4 Pb-Kurşun ilavesinin etkisi olmuştur.
- 800°C sinterleme sıcaklığı olarak yüksek olduğu 1. ve 2. Numunelerde ortaya çıkmıştır. Sertlik ölçümleri alınamamıştır.
- Sinterleme sıcaklığı 750°C seçildiğinde 3. Numunenin sertlik değeri ölçülmüştür. Sertlik değeri orijinal balata numunesine göre yüksek çıkmıştır. Yüksek çıkmasının nedeni olarak sinterleme sıcaklığı ve %4 Pb-Kurşun ilave edilmesi olarak görülebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Yazarlar bu çalışma için çıkar çatışması bildirmemiştir.

FİNANSAL AÇIKLAMA (FINANCIAL DISCLOSURE)

Yazarlar bu çalışma için herhangi bir mali destek almadığını beyan etmiştir.

ETİK STANDARTLAR BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Makalenin yazarları bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Mutlu, İ., (2002). Seramik katkılı asbestsiz otomotiv fren balatası üretimi ve frenleme karakteristiğinin deneysel olarak incelenmesi (Doktora Tezi). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Paustenbach, D.J., Finley, B.L., Lu, E.T., Brorby G.P., and Sheehan, P.J., (2004). Environmental and occupational health hazards associated with the presence of asbestos in brake linings and pads (1900 to present): a state-of-the-art review. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 33-110.

- [3] Morshed, M.M. and Haseeb, A.S.M.A., (2004). Physical and chemical characteristics of commercially available brake shoe lining materials: a comparative study. *Journal of Materials Processing Technology*, 155-156:1422-1427.
- [4] Yılmaz, F., (1997). Sürtünme ve aşınma. 9. Ulusal Metalurji ve Malzeme Kongresi, İstanbul-Türkiye, 229-247.
- [5] Rohatgi, P.K., Liu, Y., and Ray, S., (2002). Friction and wear of metal-matrix composites. CRC Press LLC., *ASM Handbook*, Vol:18.
- [6] Staab, G.H., (1999). Laminar composites. Butterworth-Heinemann, Chapter 1.
- [7] Özakça, M., (1989). Mechanical Properties of Compacted and Sintered Powder Metallurgy Blanks (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Idris, U.D., Aigbodion, V.S., Abubakar, I.S., and Nwoye, C.I., (2013). Ecofriendly asbestos free brake-pad: Using banana peels. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 27(2):185-192.
- [9] Lu, Y., (2006). A combinatorial approach for automotive friction materials: Effects of ingredients on friction performance. *Composites Science and Technology*, 66:591-598.
- [10] Jang, H., Ko, K., Kim, S.J., Basch, R.H., and Fash, J.W., (2004). The Effect of Metal Fibers on The Friction Performance of Automotive Brake Friction Materials. *Wear*, 256(3-4):406-414.
- [11] Jaafar, T.R., Selamat, M.S., and Kasiran, R., (2012). Selection of Best Formulation for Semi-Metallic Brake Friction Materials Development, in: K. Kondoh (Ed.) *Powder Metallurgy*, pp:30.
- [12] Zaharudin, A., Talib, R., Berhan, M., Budin, S., and Aziurah, M., (2012). Taguchi method for optimising the manufacturing parameters of friction materials. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 7(1):83-88.
- [13] Wang, L., Pan, Q.R., Zhu, S., and Wu, S.Z., (2017). Fabrication of copper-based powder metallurgy brake pad for high speed train and its friction and wear property. *Master of Mechanical Engineering*, 41(6):55-58.
- [14] Yıldırım, S.T., (2002). Fiber reinforced concrete investigation performance characteristics (Unpublished PhD Thesis). Elazığ: Fırat University Institute of Science and Technology.