



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/humder>

Atık Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Al_2O_3 Takviye Oranının Isı İletim Katsayısına Etkisinin İncelenmesi

Investigation of the Effect of Al_2O_3 Reinforcement Ratio on the Thermal Conductivity Coefficient of Waste Aluminum Metal Matrix Composite Materials

Yazar(lar) (Author(s)): Mehmet DİRİLMİŞ¹, Muhammed GÖKSOY²

¹ ORCID ID: 0000-0003-2287-8511

² ORCID ID: 0000-0001-5721-5211

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Dirilmiş M., Göksoy M., “Atık Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Al_2O_3 Takviye Oranının Isı İletim Katsayısına Etkisinin İncelenmesi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(3): 173-180, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/humder/archive>



Atık Alüminyum Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Al₂O₃ Takviye Oranının Isı İletim Katsayısına Etkisinin İncelenmesi

Mehmet DİRİLMİŞ^{1*} Muhammed GÖKSOY²

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 63190, Haliliye/Şanlıurfa

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 63190, Haliliye/Şanlıurfa

Öz

Bu çalışmada, matris malzemesi olarak geri dönüşümden faydalanılarak atık içecek kutuları kullanılmıştır. Üretimi yapılan metal matrisli kompozit malzemenin (MMK) içerisine takviye elemanı olarak Al₂O₃ nano partikül kullanılmıştır. Metal matrisli nanopartikül takviyeli kompozit (MMNK) üretiminde Al₂O₃ takviye oranı ağırlıkça %0,5, %1 ve %1,5 belirlenmiş olup, karıştırmalı döküm yöntemi kullanılarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Takviye oranındaki değişimlerin kompozit malzemenin ısı iletim katsayısına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Alüminyum matris içerisindeki Al₂O₃ takviye oranlarının artmasıyla kompozit malzemenin ısı iletim katsayısı değerlerinin orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

Makale Bilgisi

Başvuru: 15/09/2022

Yayın: 30/12/2022

Anahtar Kelimeler

Karıştırmalı döküm
Atık alüminyum
Nano partikül
Isı iletim katsayısı,
Alüminyum oksit

Keywords

Stir casting
Waste aluminum
Nano particules
Heat conduction
coefficient
Aluminum oxide

Investigation of the Effect of Al₂O₃ Reinforcement Ratio on the Thermal Conductivity Coefficient of Waste Aluminum Metal Matrix Composite Materials

Abstract

In this study, waste beverage cans were used by using recycling as matrix material. Al₂O₃ nanoparticle was used as reinforcement element in the produced metal matrix composite material (MMC). In metal matrix nanoparticle reinforced composite (MMNK) production, Al₂O₃ reinforcement ratio was determined as 0.5%, 1% and 1.5% by weight, and test samples were prepared using the stirred casting method. The effects of changes in the reinforcement ratio on the thermal conductivity coefficient of the composite material were investigated experimentally. It has been observed that the thermal conductivity coefficient values of the composite material decrease proportionally with the increase of Al₂O₃ reinforcement ratios in the aluminum matrix.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kompozit malzemelerin düşük yoğunluklarına karşı sergilemiş oldukları yüksek dayanım özellikleri, farklı yapı ve geometrilerde imal edilebilmeleri, yorulma, tokluk ve aşınma dayanımlarının yüksek olması nedeniyle başta demiryolu, havacılık ve otomotiv endüstrisi olmak üzere tıp, uzay ve spor gibi alanlarda da gün geçtikçe kullanım imkanları artmaktadır [1].

Alüminyum matrisli kompozit malzemelerin mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılma sebeplerinin başında yüksek mukavemet/ağırlık oranı, iyi mekanik özellikler göstermesi, hafifliği, kolay şekillendirilebilmesi ve paslanmazlık özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı imalat sektörlerinde kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır.

Metal matrisli kompozit malzemelerin özelliklerinin belirlenmesinde, matris ve takviye tipi, mikroyapısal bütünlük derecesi, yapısal, mekanik, termal özellikler gibi birçok faktör rol oynamaktadır [2].

Metal Matrisli Kompozit (MMK) üretiminde, hafif ve sünek olmalarından dolayı Alüminyum, magnezyum, silisyum ve alaşımları en çok tercih edilen matris malzemeleri arasındadır. Alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde SiC, Al₂O₃, C, SiO₂ ve MgO gibi farklı takviye elemanları farklı boyut ve farklı oranlarda kullanılmaktadır. MMK'ler katı ve sıvı hal işlemleri uygulanarak birçok farklı yöntemle üretilirler. Katı hal işlemleri olarak toz metalurjisi, sıcak haddeleme, difüzyonla birleştirme gibi yöntemler kullanılırken sıvı hal işlemleri olarak infiltrasyon, basınçlı döküm, sıkıştırılmalı döküm ve karıştırılmalı döküm yöntemleri kullanılmaktadır [3].

Ateş ve Uzun [4], SiC ile güçlendirilmiş Al₂O₃ matrisli kompozitlerde matrise ilave edilen Mg'un ısı iletkenlik üzerindeki etkilerini incelemiştir. SiC tozlar içerisine Al₂O₃ alaşımını basınçlı infiltrasyon tekniği ile emdirerek metal matrisli kompozit numuneler elde edilmiştir. Matrise ilave edilen Mg miktarının artmasıyla hem kompozitin porozite miktarının hem de ısı iletkenliğinin azaldığını göstermiştir.

Kompozit malzemelerde termal iletkenliklerin önemi son yıllarda artmıştır. Elektronik cihazların boyutlarının küçülmesi ve güçlerinin artmasıyla; bu aygıtlarda kullanılacak olan malzemeler için ısı iletkenliği oldukça yüksek olan malzemelere ihtiyaç artmıştır [5]. Literatürde, infiltrasyon parametrelerine göre şekillenen kompozit özelliklerinin, ısı iletkenlik özelliğine olan etkisini belirleyen birçok teorik ve analitik model vardır [6,7].

Polat [8], Alüminyum matrisli farklı seramik takviyeli kompozitlere grafen ilavesinin termal ve mekanik özelliklere etkilerini incelemiştir. Basınçlı infiltrasyon yöntemi ile alüminyum matrisli seramik ve nano partikül takviyeli hibrit kompozitler üretilen çalışmada termal özellikler bakımından seramik partikül takviyesi ile alaşımların genleşme katsayılarının ve iletkenliklerinin önemli oranda düştüğü, grafen takviyesi ile iletkenlik değerlerinin arttığı gösterilmiştir.

Gardea ve Lagoudas [9], Karbon nanotüp/epoksi kompozitlerin termal iletkenliklerini incelemiştir. Saf karbon nanotüp (CNT) kompozitleri için termal iletkenlikte %5.5'e kadar bir artış gözlemlenirken oksitlenmiş ve florlanmış CNT'lerde termal iletkenlikte daha az artış gözlemlenmiştir.

Tiwari ve diğ. [10], grafen takviyeli kompozitlerde termal ve mekanik özelliklerin incelenmesi üzerine çalışmıştır. Zhu ve diğ. [11], Vakum sıcak presleme ile üretilen karbon fiber takviyeli alüminyum matris kompozitlerin proses optimizasyonunu, mikroyapı karakterizasyonunu ve termal özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışmada, matris malzemesi olarak atık içecek kutularından elde edilen alüminyum, takviye malzemesi olarak nano boyutta Alümina partikül malzemesi farklı oranlarda kullanılmıştır. Üretim yöntemi olarak sıvı hal işleri grubunda yer alan karıştırılmalı döküm yöntemi tercih edilmiştir. Uygulan yöntem ile matris malzemesi içerisindeki takviye elemanının ıslanabilirliği artırılarak homojen bir dağılım hedeflenmiştir. Takviye oranındaki değişimlerin kompozit malzemenin ısı iletim katsayısı özelliklerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Üretimi yapılan metal matrisli kompozit malzemenin (MMK) içerisine takviye elemanı olarak 78nm boyutunda Al₂O₃ nanopartikül ilave edilmiştir. Metal matrisli nanopartikül takviyeli kompozit (MMNK) üretiminde Al₂O₃ takviye oranı ağırlıkça %0,5, %1 ve %1,5 olarak eklenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

Kompozit malzeme üretiminde matris malzemesi olarak atık içecek kutuları kullanılmıştır. Hurda malzemecilerden temin edilen atık içecek kutuları preslendikten sonra ön ısıtma işlemi ile boya ve kalıntılardan temizlenmiştir. Kompozit matris üretiminde kullanılan atık içecek kutuları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Atık alüminyumların temin edilerek ezilmesi

Atık içecek kutularının ergitilmesi için kullanılan elektrikli ergitme ocağı Şekil 2’de gösterildiği gibidir. 220 Volt, 0.9kw gücündeki cihazın ölçüleri 200x350x350 mm olup 1 kg kapasiteli potalar kullanılarak üretim yapılmıştır.



Şekil 2. Elektrikli ergitme ocağı

Ergitme işlemi esnasında erimiş halde bulunan atık içecek kutularının içerisindeki cürufur eriyik içerisinde temizlenerek çıkarılmıştır. Çok sayıda döküm yapılması nedeniyle grafit potada bozulmalar meydana geldiği için paslanmaz çelik malzeme kullanılarak ergitme cihazına uygun ölçülerde yedek potalar üretilmiştir. Üretilen paslanmaz çelik pota Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Paslanmaz çelikten imal edilen ergitme potası

Atık içecek kutularından elde edilen ergiyik haldeki alüminyum matris malzemesi hazırlanmış olan kalıplara dökülerek oda koşullarında soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen numuneler Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4. Dökümü yapılan alüminyumun oda koşullarında soğuması

Atık içecek kutusundan elde edilen matris malzemesi soğuduktan sonra kalıptan çıkarılarak hassas terazi yardımıyla tartılarak ağırlıkları tespit edilmiştir. Bu şekilde matris malzemesi olarak kullanılmak için 400-500gr halinde külçeler elde edilmiştir. Üretilen külçe halindeki alüminyum matris malzemesi Şekil 5’de görülmektedir.



Şekil 5. Üretilen külçelerin hassas teraziyle tartılması

Matris malzemesi olarak kullanılacak külçeler hassas terazi yardımıyla ergitme potası kapasitesine uygun şekilde tartılarak ağırlıkları hesaplanıp takviye malzemesi (%0,5, %1 ve %1,5) oranları hesaplanarak ayarlanmıştır. Takviye malzemesinin ıslana bilirliliğini ve homojen dağılımı sağlamak için 35 mm çapında çift kanatlı paslanmaz çelikten karıştırmada kullanmak için karıştırıcı mil imal edilmiştir. Takviye malzemesinin matris malzemesi içerisinde ıslana bilirliliği ve homojen dağılımı için (500-2000 rpm) devri kontrol edilebilir seygar mekanik karıştırıcı elektrik motoru kullanılmıştır. Kompozit üretimi için ağırlıkları hesaplanan külçeler, matris malzemesi olarak kullanılmak üzere paslanmaz çelikte imal edilen potaya konarak 800-900 °C'de elektrikli ergitme ocağında tekrar ergitilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Atık içecek kutuları kullanılarak üretilen alüminyum matris içerisine karıştırmalı döküm yöntemi ile ilave edilen 78 nm boyutundaki Al_2O_3 nano partikül takviye elemanlarının oranına göre üretilmiş olan malzemelerin ısı iletkenlik değerleri Hot Disk TPS 500 S cihazı kullanılarak deneysel olarak tespit edilmiştir. Belirlenen takviye oranı için her numuneden 3'er adet test numunesi üretimi yapılarak testlerin tekrarlanabilirliği ve sonuçların doğruluğu kontrol edilmiştir. Isı iletkenlik deneylerinde kullanılan test numuneleri Şekil 6'da görülmektedir.

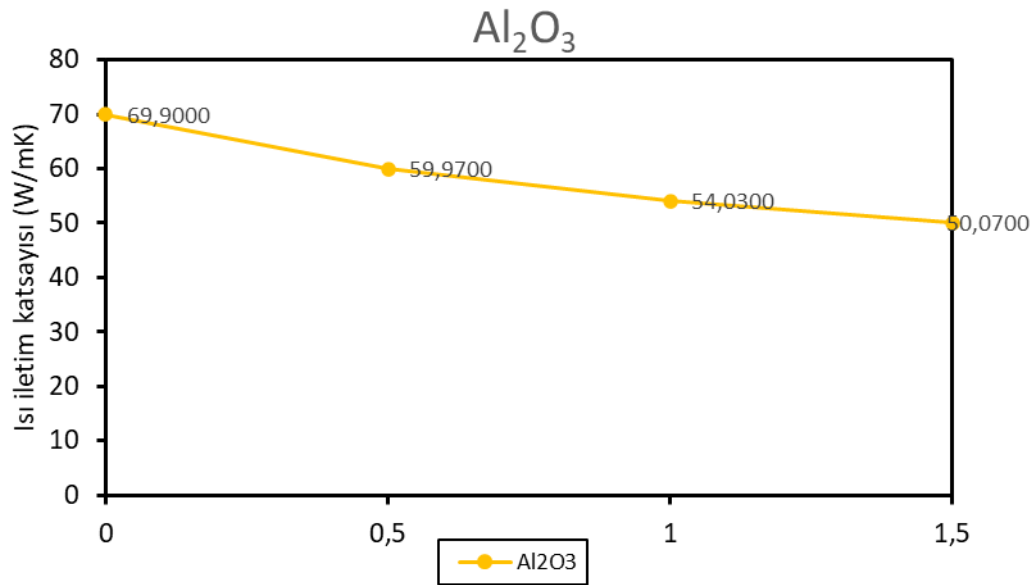


Şekil 6. Isı iletkenliği ölçülen Al_2O_3 numuneler

Tablo 1. Al_2O_3 takviye oranlarına göre deneysel veriler

NUMUNELER	NK-0 (SAF)	NK-1 (Al_2O_3 -%0,5)	NK-2 (Al_2O_3 -%1)	NK-3 (Al_2O_3 -%1,5)
1.Numune 1.1	68,780	60,9500	53,6200	48,0500
1.Numune 1.2	72,400	59,9000	54,4300	50,1500
1.Numune 1.3	70,800	60,5000	54,1000	48,8300
1.NUMUNE ORTALAMALARI	70,660	60,4500	54,0500	49,0100
2.Numune 2.1	70,860	60,0780	52,3400	50,7400
2.Numune 2.2	69,450	58,7520	53,8000	49,2500
2.Numune 2.3	69,390	58,3800	53,1000	48,5700
2.NUMUNE ORTALAMALARI	69,900	59,0700	53,0800	49,5200
3.Numune 3.1	69,250	59,5400	54,7500	51,4200
3.Numune 3.2	70,010	61,8000	54,9000	52,3500
3.Numune 3.3	68,160	59,8000	55,2300	51,2700
3.NUMUNE ORTALAMALARI	69,140	60,3800	54,9600	51,6800
GENEL ORTALAMALAR	69,900	59,9700	54,0300	50,0700

Tablo 1’de verilen deneysel ölçüm sonuçlarına ait grafik Şekil 7’de gösterilmiştir.

**Şekil 7.** Isı iletkenlik ölçüm verileri

Alüminyum alaşımdan üretilen atık içecek kutularının elektrikli ergitme ocağında ergitilip metal kalıplara dökülmesi suretiyle NK-0 saf numuneler üretilmiştir. Benzer içerikte 3 farklı döküm yapılarak her karşılaştırma grubu için üçer tane numune üretilmiştir. Her bir numunenin sensör temas noktaları kaydırılarak 3 farklı deneysel ölçüm gerçekleştirilmiştir. Her bir numune üzerindeki farklı noktalar üzerindeki ölçümlerin birbirine çok yakın çıkması üretimin sağlıklı ve homojen dağılım sağladığını göstermesi açısından önemlidir. NK-0 saf numunelere ait ortalama deneysel ısı iletim katsayıları sırasıyla

70.66, 69.90 ve 69.14 W/mK olarak birbirine yakın değerlerde elde edilmiştir. NK-0 saf numunelerin ısı iletim katsayılarının aritmetik ortalaması 69.90 W/mK olarak bulunmuştur.

Ergimiş halde bulunan atık alüminyum matris malzemesine karıştırılmalı döküm yöntemi ile ağırlıkça takviye malzemesi olarak %0.5 Al₂O₃ nano partiküller eklenerek NK-1 kompozit malzemelerden 3 farklı numune üretilmiştir. Her bir numunenin farklı noktalarından ölçümler alınarak ortalamaları hesaplanmıştır. Ölçüm değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. %0.5 Al₂O₃ katkılı NK-1 numunelere ait ortalama deneysel ısı iletim katsayıları sırasıyla 60.45, 59.07 ve 60.38 W/mK olarak birbirine yakın değerlerde elde edilmiştir. NK-1 numunelerin ısı iletim katsayılarının aritmetik ortalaması 59.97 W/mK olarak bulunmuştur.

Takviye malzemesi olarak %1 Al₂O₃ nano partiküller eklenerek üretilen NK-2 kompozit malzeme numunelerine ait ortalama deneysel ısı iletim katsayıları sırasıyla 54.05, 53.08 ve 54.96 W/mK olarak birbirine yakın değerlerde elde edilmiştir. NK-2 numunelerin ısı iletim katsayılarının aritmetik ortalaması 54.03 W/mK olarak bulunmuştur.

Takviye malzemesi olarak %1.5 Al₂O₃ nano partiküller eklenerek üretilen NK-3 kompozit malzeme numunelerine ait ortalama deneysel ısı iletim katsayıları sırasıyla 49.01, 49.52 ve 51.68 W/mK olarak birbirine yakın değerlerde elde edilmiştir. NK-3 numunelerin ısı iletim katsayılarının aritmetik ortalaması 50.07 W/mK olarak bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar literatür ile kıyaslanacak olursa, Ateş ve Uzun [4], Al2014 Alüminyum matris malzemesine takviye malzemesi olarak Mg'un eklenmesiyle elde edilen kompozit malzeme üzerinde termal iletkenlik değerleri incelenmiştir. Mg ilavesiyle elde edilen kompozit malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Matrise katılan Mg'un ısı iletkenlik değerinin Al2014'ten daha düşük olması ve böylece matrisin ısı iletkenliğini düşürmesi nedeniyle kompozit malzemenin de termal iletkenliği takviye oranlarına bağlı olarak düşmüştür. Bu çalışmada da benzer olarak, Alümina takviye elemanlarının ısı iletim katsayısı değerinin matris malzemesi olan atık alüminyum alaşımlarından daha düşük olması nedeniyle üretilen kompozit malzemenin ısı iletim katsayısı değerlerinde takviye oranlarıyla orantılı olarak düşüş gözlemlenmiştir. Atıklar kullanılarak yapılan ikincil mamül üretiminde, kullanılan üretim yöntemi ve kompozit malzemenin mikroyapısı ürün özelliklerini doğrudan etkileyen bir parametredir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, atık içecek kutuları geri dönüştürülerek alüminyum matris malzemesi üretilmiştir, Takviye malzemesi olarak farklı oranlarda nano boyutta Al₂O₃ (Alümina) partikülleri matrise ilave edilerek metal matrisli nano partikül takviyeli kompozit malzemeler imal edilmiştir. Sıvı faz üretim tekniklerinden olan karıştırılmalı döküm yöntemi tercih edilerek deney numuneleri hazırlanmıştır. Takviye oranındaki değişimlerin kompozit malzemenin ısı iletim katsayısı özelliklerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Karıştırılmalı döküm yöntemi ile her bir numuneden üçer adet üretim yapılmıştır. Her bir numunenin farklı noktalarından ölçümler alınıp karşılaştırılarak deney sonuçlarının tekrarlanabilirliği test edilmiştir. Katkı oranlarına göre belirlenen numuneler için toplamda 9'ar adet ölçüm yapılarak sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Her gruba ait deneysel ölçüm sonuçlarının birbirine çok yakın olmasıyla uygulanan üretimin homojen bir yapı oluşturduğu ve deney datalarının tekrarlanabilirliğinin uygun olduğu görülmüştür. Deney sonuçları ile, Alüminyum matris içerisindeki Al₂O₃ takviye oranlarının artmasıyla kompozit malzemenin ısı iletim katsayısı değerlerinin azaldığı görülmüştür.

NK-0 numunesinin ortalama ısı iletim katsayısı değeri 69.90 iken, ağırlıkça %0,5 Al₂O₃ nano partikül takviyeli NK-1 numunesinde ortalama değerlerin 59.97'ye düştüğü görülmüştür. Ağırlıkça % 1 Al₂O₃ nano partikül takviyeli NK-2 numunesinde ısı iletim katsayısı değeri 54.03 çıkarken, ağırlıkça % 1.5 Al₂O₃ nano partikül takviyeli NK-3 numunesinde 50.07 olarak ölçülmüştür.

Farklı takviye elemanları ve farklı oranlar kullanılarak üretilecek kompozit malzemeler üzerinde çalışmalar yapılabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (HÜBAP, Proje Numarası: 22006) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] R.W. Chan, P. Haasen, E.J. Kramer, Structure and properties of composites. *Materials Science and Technology*, (1993) 13: p. 1-339.
- [2] P. Garg, A. Jamwal, D. Kumar, K. K. Sadasivuni, C. M. Hussain, and P. Gupta, Advance research progresses in aluminium matrix composites: manufacturing & applications. (2019) 8(5): p. 4924-4939.
- [3] Y. Şahin, Kompozit malzemelere giriş, Gazi kitabevi, Ankara, (2000).
- [4] S. Ateş and İ. Uzun, SiC ile güçlendirilmiş Al2014 matrisli kompozitin ısı iletkenliği üzerine matrise ilave edilen Mg'un etkisi. *Journal of Engineering Technological Sciences*, (2014) p. 2.
- [5] C. Zweben, Advances in composite materials for thermal management in electronic packaging. *JOM*, (1998) 50(6): p. 47-51.
- [6] J. Flaquer, A. Rı'os, A. Martı'n-Meizoso, S. Nogales and H. Bo"hm, Effect of diamond shapes and associated thermal boundary resistance on thermal conductivity of diamond-based composites. *Journal of Computational Materials Science*, (2007) 41(2): p. 156-163.
- [7] S. Nogales and H.J. Böhm, Modeling of the thermal conductivity and thermomechanical behavior of diamond reinforced composites. *International Journal of Engineering Science*, (2008) 46(6): p. 606-619.
- [8] S. Polat, Alüminyum matrisli farklı seramik takviyeli kompozitlere grafen ilavesinin termal ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, (2020) 131-132.
- [9] F. Gardea and D.C. Lagoudas, Characterization of electrical and thermal properties of carbon nanotube/epoxy composites. *Composites Part B: Engineering*, (2014) 56: p. 611-620.
- [10] J.K. Tiwari, A. Mandal, A. Rudra and D. Mukherjee, Evaluation of mechanical and thermal properties of bilayer graphene reinforced aluminum matrix composite produced by hot accumulative roll bonding. *Journal of Alloys Compounds*, (2019) 801: p. 49-59.
- [11] C. Zhu, Y. Su. X. Wang, H. Sun, Q. Ouyang and D. Zhang, Process optimization, microstructure characterization and thermal properties of mesophase pitch-based carbon fiber reinforced aluminum matrix composites fabricated by vacuum hot pressing. *Composites Part B: Engineering*, (2021) 215: p. 108746.