Susuz Boraks Katkısının Alüminyum Malzemelerin Vickers Sertlik ve İz Modülü Değerlerine Etkisinin İncelenmesi ve Eniyilenmesi

Şenol ŞAHİN[1], Ayşegül BODUR YILMAZ[2*], Orçun YÖNTEM[3]

[1] Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7823-2245), sensah@kocaeli.edu.tr

[2*] Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Makina Mühendisliği A.B.D., Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1456-1282), aysegul.bodur@kocaeli.edu.tr

[3] Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği A.B.D., Kocaeli, Türkiye – Toyotetsu Otomotiv, (ORCID: 0000-0001-7149-9169), yontemo@toyotetsu.com.tr

Öz

Bu çalışmada matris malzemesi olarak hafifliği, dayanımı ve fonksiyonel olması özellikleriyle ön plana çıkan alüminyum malzemesi (Al) ve katkı malzemesi olarak ise bor mineralinin bir çeşidi olan susuz boraks (SB) maddesi kullanılarak alüminyum matrisli kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda alüminyum malzemenin Vickers sertlik ve İz modülü değerlerini artırmak için farklı ağırlıkça oranlarda susuz boraks farklı alüminyum serileri ile karıştırılarak toz metalurjisi yöntemiyle üretilmiş ve deney tasarım yöntemiyle kompozit malzemenin sertlik ve iz modülü değerlerinin eniyilemesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada kompozit malzeme özelliklerine etkisi olduğu düşünülen alüminyum serisi (saf, 1050, 5754), susuz boraks katkı oranı (%1, %2.5, %5), sinterleme sıcaklığına ısıtma hızı (5°C/dak, 10°C/dak, 20°C/dak) ve sinterleme sıcaklığında bekleme süresi (5dak, 10dak, 20dak) kontrol faktörleri olarak seçilmiş ve bu faktörlerin üç seviyesine bağlı olarak Taguchi L9 ortogonal deney dizini oluşturularak kompozit malzeme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Al/SB kompozit malzemelerin BS EN ISO 14577-1 standardına göre Vickers sertliği (HV) ve İz modülü (E_{IT}) değerleri ölçümleri gerçekleştirilerek faktör ve seviyelerinin etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, İz Modülü, Susuz Boraks, Sertlik, Toz Metalurjisi

Investigation and Optimization of the Effect of Anhydrous Borax Additive on the Vickers Hardness and Indentation Modulus Values of Aluminum Materials

Abstract

In this study, aluminum material (Al), which stands out with its lightness, strength and functional properties, was used as the matrix material and anhydrous borax (SB), a type of boron mineral, was used as an additive material to produce aluminum matrix composite material. In this context, to increase the Vickers hardness and indentation modulus of the aluminium material, anhydrous borax was mixed with different aluminium series in different weight ratios and produced by powder metallurgy, and the optimisation of the hardness and indentation modulus values of the composite material was carried out by the design of experiments method. In the study carried out

using Taguchi experimental design method, aluminum series (pure, 1050, 5754), anhydrous borax additive ratio (1%, 2.5%, 5%), heating rate to sintering temperature (5ºC/min, 10ºC/min, 20ºC/min) and waiting time at sintering temperature (5min, 10min, 20min), which are considered to have an effect on composite material properties, were selected as control parameters, and composite material productions were carried out by creating Taguchi L9 orthogonal array depending on three levels of these parameters. Vickers hardness and Indentation modulus values of Al/SB composite materials were measured according to BS EN ISO 14577-1 standard and the effects of factors and levels on composite material properties were investigated.

Keywords: Aluminium, Anhydrous Borax, Indentation Modulus, Hardness, Powder Metallurgy

1. Giriş

Kompozitler, en az iki farklı malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan, matris ve takviye olarak adlandırılan bileşenlerin bir arayüz oluşturarak bir araya geldiği ve tek bir malzeme gibi davrandığı ileri teknolojik malzeme grubudur. Teknoloji geliştikçe malzemelerden beklenen özellikler de değişmiş ve birçok sektörde yüksek kimyasal ve mekanik dayanıma sahip ancak hafif malzemelere olan talebin artması kompozitlere olan ilgiyi artırmıştır [1,2].

Hafifliğin giderek önem kazandığı otomotiv sektöründe alternatif malzeme arayışlarıyla birlikte alüminyum malzemelere yönelim başlamış ve mekanik özellikleri iyileştirmek için alüminyumun matris olarak kullanıldığı metal matrisli kompozitler tercih edilmeye başlanmıştır [3,8]. Metal matrisli kompozitlerin üretiminde tercih edilen takviye malzemeleri, iyi mekanik özelliklere ve yüksek sertlik değerlerine sahip seramik malzemelerdir. Metal matrisli kompozitlerin üretiminde tercih edilen bir diğer önemli takviye malzemesi olan bor karbür (B_4C), elmas ve kübik bor nitrürden (cBN) sonra bilinen en sert malzemedir [4]. Yüksek erime sıcaklığına, kimyasal kararlılığa ve yüksek sertlik değerlerine sahip B_4C minerali, düşük yoğunluk değerlerine ve iyi mukavemet özelliklerine sahip bir alüminyum matris içinde kullanarak yüksek mukavemet ve iyi aşınma özelliklerine sahip bir kompozit malzeme geliştirmek amaçlanmaktadır [5, 6]. Özellikle otomotiv, havacılık ve savunma gibi sektörler hem hafif hem de rijit malzemelere ihtiyaç duymaktadır. Ancak üretimde kullanılan malzemeler beklenen performansı göstermediğinde üretim verimsizlikleri, kalite sorunları ve sonuç olarak müşteri memnuniyetsizliği gibi durumlar kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda hem beklenen malzeme özelliklerini hem de ürün kalitesini artırmak için geliştirilen farklı yöntemler mevcuttur. 1980'den sonra özellikle ürün geliştirmede kullanılan Taguchi yöntemi, yapılan deneysel çalışmaları tasarlayarak en az süre, maliyet ve enerji ile en fazla bilgiyi elde etmek için geliştirilmiş yöntemlerden biridir. Birçok farklı üretim ortamında optimum üretim koşullarının yaratılmasında, özellikle de daha az denemeyle daha etkili sonuçlar elde edilmesinde etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır [7].

Bu çalışmada matris malzemesi olarak alüminyum (Al) ve katkı malzemesi olarak ise bor mineralinin bir çeşidi olan susuz boraks (SB) maddesi kullanılarak alüminyum matrisli kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Nihai ürünün (kompozit malzemenin) mekanik özelliklerine, SB katkı oranının ve üretim parametrelerinin etkileri birlikte değerlendirilerek, Vickers sertliğini ve İz modülünü artırmaya yönelik en etkili katkı oranının ve üretim parametrelerinin saptanması ve Alüminyum/Susuz boraks (Al/SB) kompozit malzeme geliştirilmesi amaçlanmıştır. Zaman ve maliyetten tasarruf edebilmek için ise araştırmada deneysel çalışma tam faktöriyel deney düzeneği yerine Taguchi deneysel tasarım yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen Taguchi ortogonal dizine göre toz metalurjisi yöntemiyle Al/SB kompozitlerin üretimleri gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Alüminyum Serileri

Kompozit malzemelerin üretimi için matris malzemesi olarak, 2.70 g/cm^3 yoğunluk ve 660ºC ergime sıcaklığına sahip saf alüminyum (%99.8 Al), 2.80 g/cm^3 yoğunluk ve 640ºC ergime sıcaklığına sahip 1050 serisi

ve 2.66 g/cm^3 yoğunluk ve 568ºC ergime sıcaklığına sahip 5754 serisi Al malzemeler, elek altı 1.8 mm tane boyutlarında kullanılmıştır.

2.2. Susuz Boraks

Kompozit malzemelerin üretimi için katkı malzemesi olarak, Eti Maden A.Ş.'den temin edilen, yoğunluğu 2,37 g/cm^3 ve ergime sıcaklığı 742,5ºC olan ticari ismi Etibor-68 ($Na_2B_4O_7$) minerali öğütülerek, elek altı 20 µm tane boyutlarında kullanılmıştır.

2.3. Taguchi Deney Tasarım Yönteminin Uygulanması

Üretilen kompozitlerin Vickers sertlik ve İz modülü değerlerini eniyilemek ve üretim parametrelerinin optimum seviyelerini belirlemek için Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılmıştır. Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen ürünün kalitesini ve mekanik özelliklerini etkilediği düşünülen kontrol faktörleri (parametreleri) ve her bir faktör için ise üç farklı seviye belirlenmiştir. Kontrol faktörü olarak belirlenen üretim parametrelerine ek olarak, SB katkı maddesinin farklı yüzde ağırlık oranlarının da etkisini araştırmak için, SB katkı oranı da kontrol faktörü olarak belirlenmiştir (bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Faktörler		**Seviye 1**	**Seviye 2**	**Seviye 3**
Malzeme (Al serisi)	A	Saf Al	1050	5754
SB oranı (% ağırlık)	B	1	2.5	5
600ºC sinterleme sıcaklığına ısıtma hızı (ºC/dak)	C	5	10	20
600 ºC sinterleme sıcaklığında bekleme süresi (dak)	D	5	10	20

Belirlenen faktör ve seviyelerine bağlı olarak Taguchi L9 ortogonal dizisi seçilmiş (bkz. Tablo 2) ve üretimler ortogonal diziye uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir deney düzeneği için en az 3 adet numune üretilmiş ve numuneler üzerinden 5 farklı ölçüm alınarak Vickers sertlik değeri ve iz modülü değerleri belirlenmiştir.

Vickers sertliği ve iz modülü değerlerinin ölçümlerinin ardından elde edilen deneysel veriler kullanılarak bu değerleri eniyileyen parametreleri belirlemek için ''en büyük en iyi'' (bkz. Denklem 1) yöntemine uygun olarak sinyal/gürültü (S/G) oranları incelenmiştir.

$$S/G = -10 \cdot \log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{yi^2}\right) \quad (1)$$

Burada y_i = ölçülen i. gözlem değerini, n = gözlem sayısını temsil etmektedir.

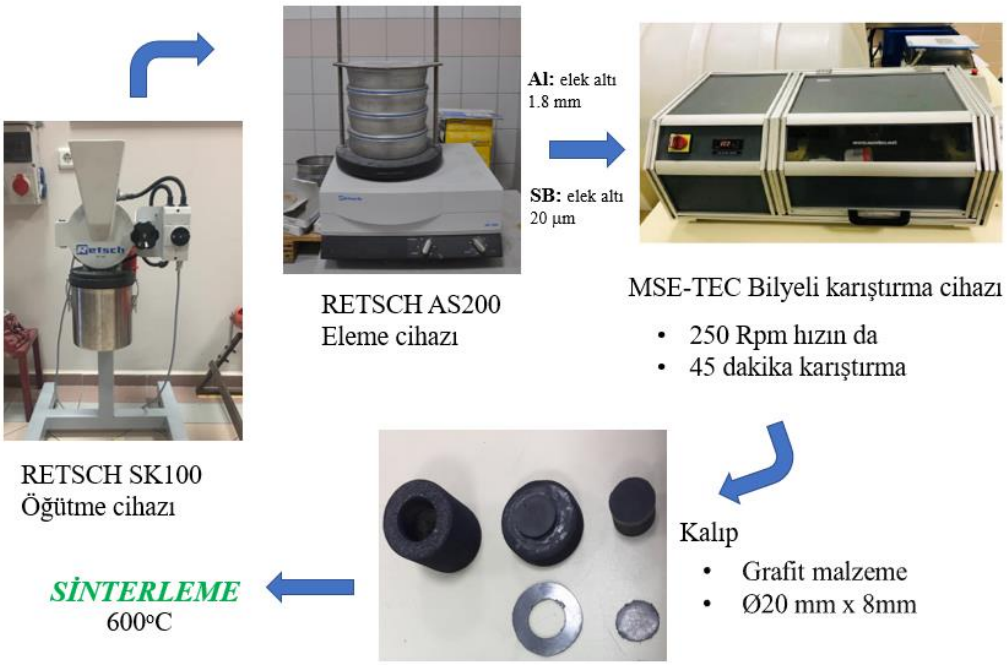
Ayrıca belirlenen faktörlerin her bir yanıt değişkeni üzerindeki anlamlılık değeri (P değeri) ve etki yüzdeleri varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir.

Tablo 2. L9 Ortogonal dizi için deneysel koşullar

Deney numarası	Faktörler			
	Malzeme (Al serisi)	SB oranı (% ağırlık)	Isıtma hızı (°C/dak)	Bekleme süresi (dak)
1	Saf	1	5	5
2	Saf	2.5	10	10
3	Saf	5	20	20
4	1050	1	10	20
5	1050	2.5	20	5
6	1050	5	5	10
7	5754	1	20	10
8	5754	2.5	5	20
9	5754	5	10	5

2.4. Kompozit Malzeme Üretimi

Üretim öncesi gerçekleştirilen ön hazırlık aşamasında (bkz. Şekil 1) alüminyum malzemeler ve SB ayrı ayrı olacak şekilde önce tane boyutlarını küçültmek için RETSCH marka SK100 model cihazda öğütme, ardından numuneleri tane boyutlarına göre ayırmak için RETSCH marka AS200 model cihazda eleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Farklı yüzde ağırlık oranında Al/SB kompozit karışımlar, homojen bir karışım elde etmek için, MSE-TEC marka karıştırma cihazı kullanılarak içinde nikel bilye bulunan cam kavanoz içerisinde, devir hızı 250 rpm ve karıştırma süresi 45 dakika olan karıştırma parametrelerinde hazırlanmıştır. Ardından Al/SB kompozit malzemeleri, DIEX marka VS50 model indüksiyon fırınında, iç çapı 20 mm olan grafit kalıpta hem sabit 50 MPa uygulama basıncı (sıkıştırma) altında hem de sabit 600°C sinterleme sıcaklığında fakat farklı sinterleme sıcaklığına ısıtma hızlarında ve farklı sinterleme sıcaklığında bekleme sürelerinde elde edilmiştir.



Şekil 1. Kompozit malzeme üretimi ön hazırlık aşamaları

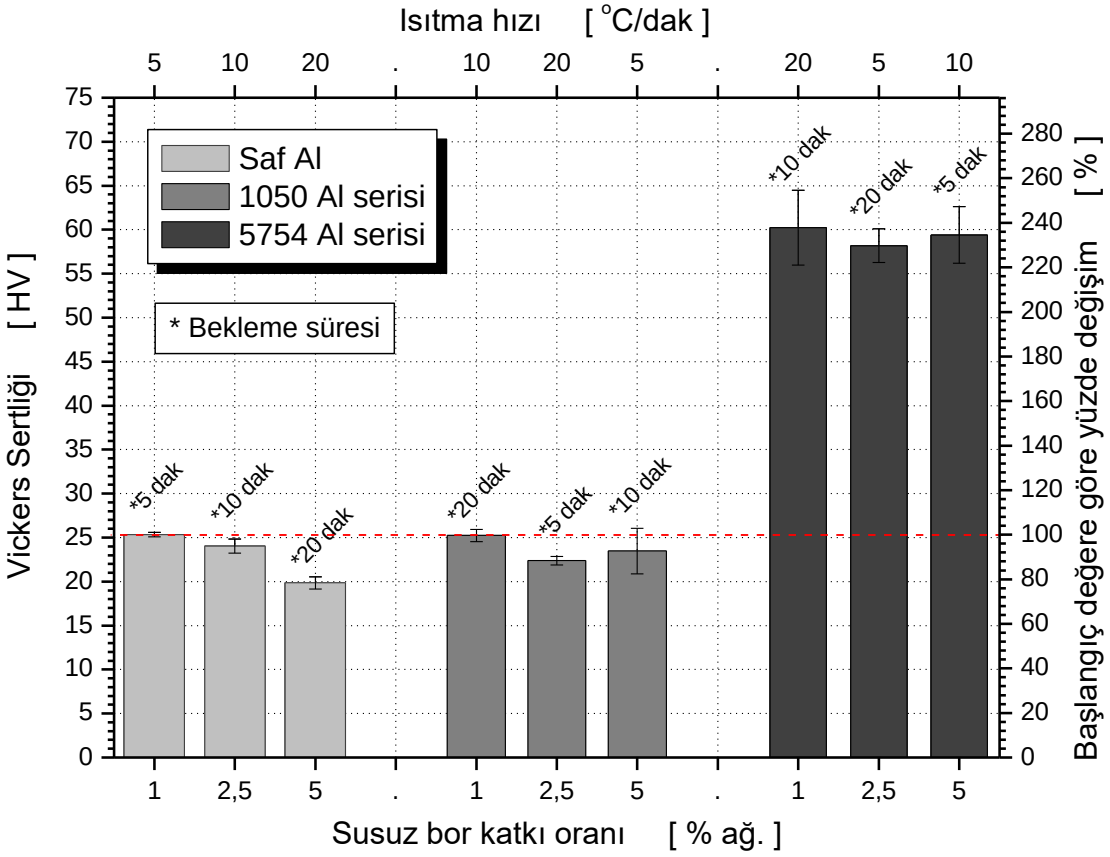
2.5. Vickers Sertlik ve İz Modülü Ölçümü

Vickers sertlik ve İz modülü testleri 1 kg yük altında BS EN ISO 14577-1-2015 standardına göre Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsünde bulunan Zwick BZ2.5/TS1S marka enstrümente sertlik ölçme cihazında, her bir grup için 5'er adet tekrarlı ölçüm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Vickers Sertlik Değeri

Elde edilen deneysel veriler kullanılarak oluşturulan, kompozit malzemelerin Vickers Sertlik değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 2'de grafikleştirilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde ağırlıkça %1 SB katkılı 5754 serisi kullanılarak üretilen kompozit malzemenin sertlik değerinin referans olarak belirlenen ağırlıkça %1 SB katkılı saf Al malzemeye kıyasla yaklaşık %130 daha yüksek olduğu tespit edilirken SB katkı oranının, farklı alüminyum serileri kendi arasında incelediğinde, Vickers sertlik değeri üzerinde kayda değer bir etki göstermediği görülebilmektedir.

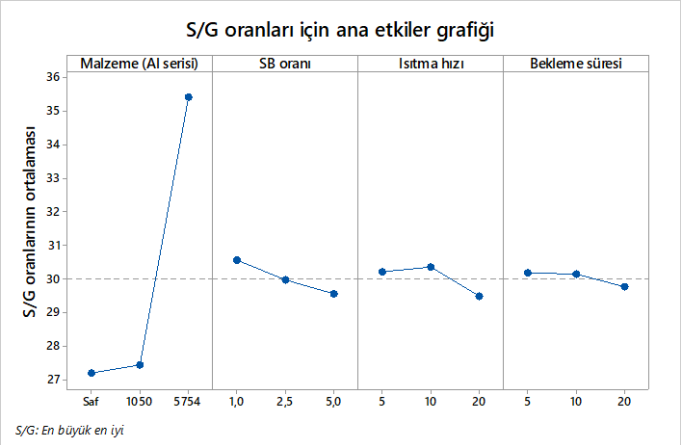


Şekil 2. Al/SB kompozit malzemelerin Vickers sertlik değerleri değişim grafiği

S/G oranı tablosu (bkz. Tablo 3) ve grafiği (bkz. Şekil 3) incelendiğinde Vickers sertliği üzerinde en etkili parametrenin en büyük fark değerine sahip faktör olan Malzeme (Al serisi) olduğu belirlenmiştir. Diğer faktörler incelendiğinde ise sırasıyla etki sırasına göre SB oranı, ısıtma hızı ve bekleme süresi faktörlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Vickers sertlik değerini eniyileyen (en yüksek yapan) faktör seviyeleri ise 5754 serisi, %1 SB oranı, 10°C/dak ısıtma hızı ve 5dak bekleme süresi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Al/SB kompozitlerin Vickers sertlik değerleri S/G oranları yanıt tablosu

Seviye	Malzeme (Al Serisi)	Susuz bor	Isıtma hızı	Bekleme süresi
1	27,20	**30,55**	30,21	**30,17**
2	27,43	29,96	**30,36**	30,14
3	**35,42**	29,55	29,49	29,75
Fark	8,22	1,00	0,87	0,42
Sıra	1	2	3	4



Şekil 3. Al/SB kompozitlerin Vickers sertlik değerleri S/G oranları ana etkiler grafiği

Vickers sertlik değeri için %95'lik bir güven düzeyi ile gerçekleştirilen ANOVA sonuçları verilen Tablo 4 incelendiğinde bekleme süresi faktörü (P>0,05) dışındaki diğer faktörlerin P değerlerinin 0,05'ten küçük olması nedeniyle Vickers sertliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca malzeme (Al serisi) faktörünün Vickers sertlik değeri üzerindeki toplam etkinin %97.91'ini oluşturduğu da tespit edilmiştir.

Varyans analizi sonrası elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmiş olup, modelin R^2 değeri ise Tablo 5'te bulunmaktadır. %98.77 çıkan R^2 değeri, seçilen kontrol faktörlerinin kompozit malzemenin Vickers sertlik değerindeki değişimi açıklamak için uygun ve yeterli olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Al/SB kompozitlerin Vickers sertlik değerleri için ANOVA

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Etki yüzdesi (%)	F-Değeri	P-Değeri
Malzeme (Al serisi)	2	12883,0	**97,91**	1429,90	0,000
SB Oranı (%)	2	59,7	0,45	6,63	0,004
Isıtma hızı (°C/dak)	2	34,2	0,26	3,80	0,032
Bekleme süresi (dak)	2	19,6	0,15	2,17	**0,129**
Hata	36	162,2	1,23		
Toplam	44	13158,7	100,00		

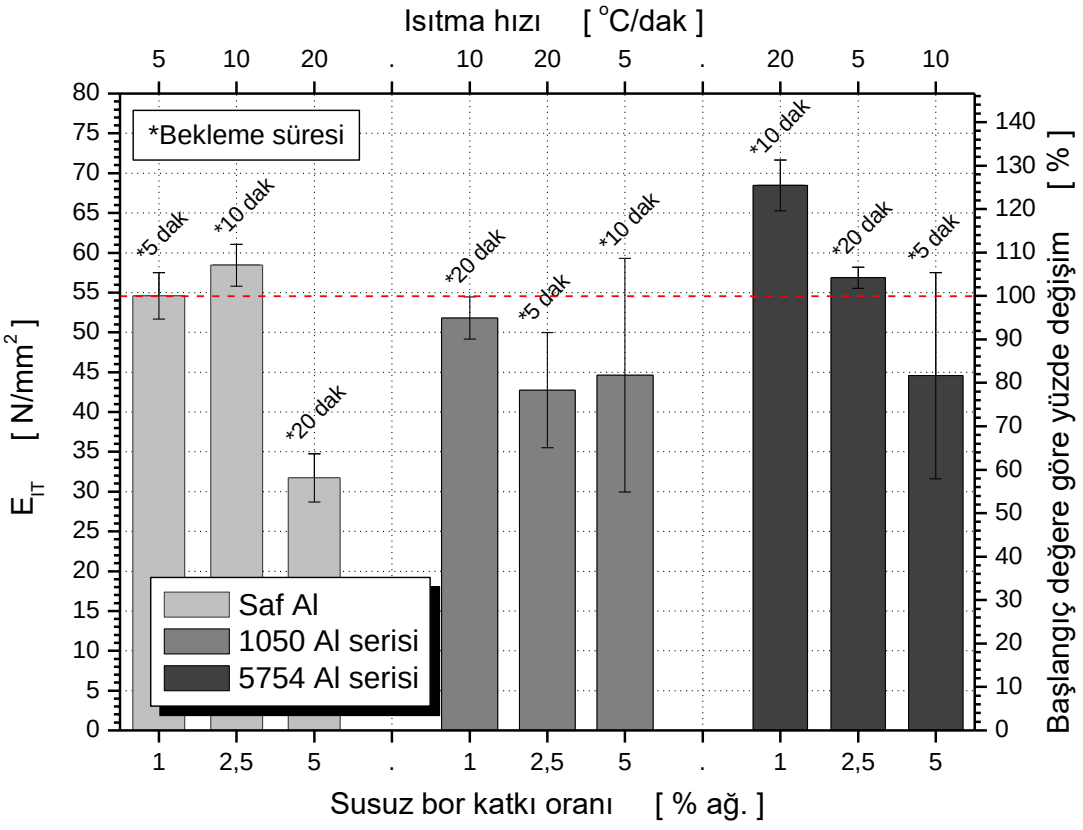
Vickers Sertlik Regresyon Denklemi = 35,341 - 12,277 Malzeme (Al serisi)_Saf - 11,649 Malzeme (Al serisi)_1050 + 23,926 Malzeme (Al serisi)_5754 + 1,589 SB oranı_1,0 - 0,485 SB oranı_2,5 -1,104 SB oranı_5,0 + 0,317 Isıtma hızı_5 + 0,874 Isıtma hızı_10 - 1,191 Isıtma hızı_20 + 0,356 Bekleme süresi_5 + 0,569 Bekleme süresi_10 - 0,925 Bekleme süresi_20

Tablo 5. Model Özeti

R-sq	R-sq (adj)	R-sq(pred)
%98,77	%98,49	%98,07

3.2. İz Modülü Değeri

Elde edilen deneysel veriler kullanılarak oluşturulan, kompozit malzemelerin İz modülü değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4'te grafikleştirilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde %1 SB katkılı 5754 serisi kullanılarak üretilen kompozit malzemenin iz modülü değerinin referans olarak belirlenen %1 SB katkılı saf Al malzemeye kıyasla yaklaşık %25 daha yüksek olduğu tespit edilirken SB katkı oranının, farklı alüminyum serileri kendi arasında incelediğinde, iz modülü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülebilmektedir.



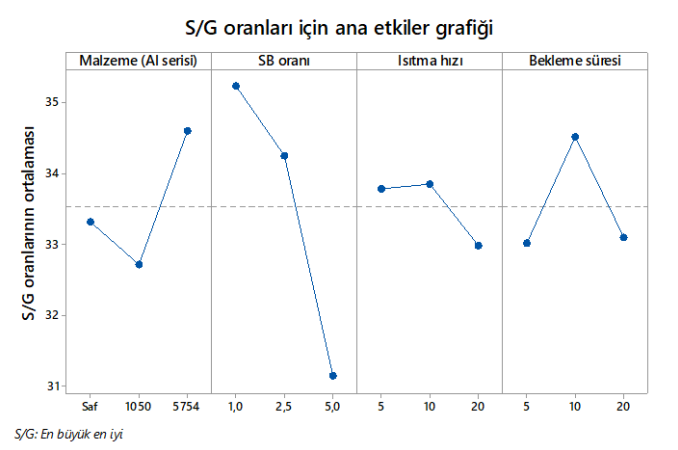
Şekil 4. Al/SB kompozitlerin İz modülü değerleri değişim grafiği

S/G oranı tablosu (bkz. Tablo 6) ve grafiği (bkz. Şekil 5) incelendiğinde İz modülü üzerinde en etkili parametrenin en büyük fark değerine sahip faktör olan SB oranı olduğu belirlenmiştir. Diğer faktörler

incelendiğinde ise sırasıyla etki sırasına göre malzeme (Al serisi), bekleme süresi ve ısıtma hızı faktörlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir. İz modülü değerini eniyileyen (en yüksek yapan) faktör seviyeleri ise 5754 serisi, %1 SB oranı, 10°C/dak ısıtma hızı ve 10 dak bekleme süresi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6. Al/SB kompozitlerin İz Modülü S/G oranları yanıt tablosu

Seviye	Malzeme (Al Serisi)	SB Oranı	Isıtma hızı	Bekleme süresi
1	33,32	**35,22**	33,78	33,00
2	32,71	34,25	**33,85**	**34,51**
3	**34,58**	31,14	32,98	33,09
Fark	1,88	4,08	0,86	1,50
Sıra	2	1	4	3



Şekil 5. Al/SB kompozitlerin İz Modülü S/G oranları ana etkiler grafiği

İz modülü için %95'lik bir güven düzeyi ile gerçekleştirilen ANOVA sonuçları verilen Tablo 7 incelendiğinde ısıtma hızı faktörü (P>0,05) dışındaki diğer faktörlerin P değerlerinin 0,05'ten küçük olması nedeniyle İz modülü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca SB oranı faktörünün İz modülü üzerindeki toplam etkinin %38.72'sini oluşturarak en yüksek etkiye sahip olduğu da tespit edilmiştir.

Tablo 7. Al/SB kompozitlerin İz Modülü için ANOVA

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Etki yüzdesi (%)	F-Değeri	P-Değeri
Malzeme (Al serisi)	2	894,00	13,65	8,40	0,001
SB Oranı (%)	2	2536,60	**38,72**	23,83	0,000

Isıtma hızı (°C/dak)	2	176,10	2,69	1,65	**0,205**
Bekleme süresi (dak)	2	1028,70	15,70	9,66	0,000
Hata	36	1916,00	29,25		
Toplam	44	6551,40	100,00		

Varyans analizi sonrası elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmiş olup, modelin R^2 değeri ise Tablo 8'de bulunmaktadır. %70.75 çıkan R^2 değeri, kompozit malzemenin İz modülü değerinin değişimi için seçilen kontrol faktörlerinin yanı sıra farklı faktörlerin de etkili olduğunu ve/veya yapılan deney sayısını artırmak gerektiğini göstermektedir.

İz Modülü Regresyon Denklemi = 50,42 - 2,18 Malzeme (Al serisi)_Saf - 4,04 Malzeme (Al serisi)_1050+ 6,21 Malzeme (Al serisi)_5754 + 7,86 SB oranı_1,0 + 2,26 SB oranı_2,5 - 10,11 SB oranı_5,0 - 3,13 Bekleme süresi_5 + 6,76 Bekleme süresi_10 - 3,63 Bekleme süresi_20 + 1,60 Isıtma hızı_5 + 1,18 Isıtma hızı_10 - 2,79 Isıtma hızı_20

Tablo 8. Model Özeti

R-sq	R-sq (adj)	R-sq(pred)
%70,75	%64,26	%54,30

4. Sonuçlar

Vickers sertlik değerini ve İz modülünü birlikte eniyileyen parametrelerin sırasıyla 5457 alüminyum serisi, %1 SB katkı oranı, 10°C/dak sinterleme sıcaklığına ısıtma hızı ve 10 dak sinterleme sıcaklığında bekleme süresi olduğu tespit edilmiştir.

Farklı Al serisi malzemeler kullanılarak üretilen Al/SB kompozitlerin Vickers sertlik değerinin;

- İlave edilen SB katkısından kısmen etkilendiği,
- En etkili faktörün malzeme (Al serisi) olduğu,
- Sinterleme sıcaklığına ısıtma hızının ise bir etkisinin olmadığı,
- Saf malzemeye kıyasla (%1 SB), 5754 Al serisi ile yapılan üretimin (%1 SB) Vickers sertlik değerinin yaklaşık %130 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Farklı Al malzemeler kullanılarak üretilen Al/SB kompozitlerin İz modülü değerinin;

- İlave edilen SB katkısından güçlü oranda etkilendiği,
- En etkili faktörün SB katkı oranı olduğu,
- Sinterleme sıcaklığında bekleme süresinin ise bir etkisinin olmadığı,
- Saf malzemeye kıyasla (%1 SB), 5754 Al serisi ile yapılan üretimin (%1 SB) İz modülü değerinin yaklaşık %25 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

İlgili konudaki gelecekte yapılabilecek çalışmalarda; susuz boraks partikül boyunun azaltılması/artırılması ve SB katkı oranlarının azaltılması/artırılması ve farklı üretim parametrelerinin de etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitütsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) 611576 tez numaralı, "*Toz metalurjisi ile üretilen alüminyum matrisli kompozitlerde bor minerali ilavesinin mekanik özelliklere etkisinin deneysel tasarım yöntemleri ile incelenmesi*" isimli yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanmıştır.

Kaynaklar

[1] Petersson, H., "Carbon Fiber Composite Materials in Modern Day Automotive Production Lines: A Case Study", Proceedings of the ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2013, San Diego, California, USA, 2013.

[2] V. V. Reddy, R. K. Mandava, V. R. Rao, S. Mandava, "Optimization of dry sliding wear parameters of Al 7075 MMC's using Taguchi method", Materials Today: Proceedings vol 62, pp. 6684–6688, 2022

[3] D. Uzun, "Alüminyum Matrisli Bor Karbür Takviyeli Sermet Kompozit Malzeme Üretimi Ve Karakterizasyonu", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011.

[4] E. Karaçay, "Bor Karbür Üretimi ve Karakterizasyonu", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.

[5] K. Shirvanimoghaddam, "Boron Carbide Reinforced Aluminium Matrix Composite:Physical, Mechanical Characterization And Mathematical Modelling", *Materials Science and Engineering*, Vol. 658, pp.135-149, 2016

[6] A.A. K. Sai, M.Chandrasekaran, T.V.Kumar, R.Pugazhenthi, "Study the enhanced mechanical properties of Al/B4C metal matrix composite", *Materials Today: Proceedings*, doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.465, April 2022

[7] A. Bodur., Ş. Şahin. ve Y. Şahin, "Polipropilen Talk/Kolemanit Hibrit Kompozit Malzemelerin Eğilme Mukavemetinin Deneysel Tasarım Yöntemi İle Eniyilenmesi", 3. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Başiskele, Kocaeli, Türkiye, 2018

[8] Ş. Şahin, A. Bodur Yılmaz, "Basınçsız Döküm Yönteminin Susuz Boraks Katkılı Alüminyum Alaşımlı Kompozit Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi" 10th International Automotive Technologies Congress OTEKON 2020, Bursa, Türkiye, 6-7 Septebmer 2021

[9] S.K. Tamang, D. Devi, M. Seenivasan, N. Gopalsamy, "Optimization of surface roughness using Taguchi technique for aluminium metal matrix composite", *Materials Today: Proceedings* vol. 62, pp 2029–2033, 2022

CERTIFICATE

OF PARTICIPATI

Ayşegül Bodur Yılmaz

for an oral presentation in the 2nd International Symposium on Characterization (ISC'22), a scientific symposium held between the 22nd and 25th of September 2022, in Afyonkarahisar, Türkiye

Prof. Dr. Atilla Evcin
PRESIDENT





ISBN : 978-625-00-1057-0

ISC '22

2'nd International Symposium on Characterization

www.jcharacterization.com

2'nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHARACTERIZATION ISC'22

PROCEEDINGS BOOK

22 - 25 September 2022

JOURNAL OF CHARACTERIZATION

Afyonkarahisar Türkiye

ISC'22
2'nd International Symposium on Characterization
Designed by Soner Savaş

==========

2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM on CHARACTERIZATION

PROCEEDINGS Book

ISBN: 978-625-00-1057-0

EDITORS

Prof. Dr. Atilla Evcin

Prof. Dr. Ibrahim Gunes

Dr. Ferit Artkın

Publication Date: 15.12.2022

CONTENTS

CONTENTS 3
INVITED SPEAKERS 8
SCIENTIFIC COMMITTEE 18
ORGANIZING COMMITTEE 20
Mikro-sulama Sistemi Lateral Boru Unitelerinin Hidrolik Tasarımında Analitik ve Nümerik Hesap Metotlarının Karşılaştırmalı Analizi 22
Farklı Cam Elyaf Oranlarına Sahip POM Malzemesinin Digimat ile Karakterizasyonu ve Yataklama Elemanı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi 35
Back-Step Computation Procedure for Evaluating Minor Pressure Loss Components along Laterals Equipped with Integrated In-Line and On-Line Emitters 44
Çok Cidarlı Karbon Nanotüp Takviyeli Poliüretan Kompozitlerin Eğilme Dayanımı 63
Determination of Steel Strand Effect on Dynamic Parameters of Composite Structure 70
Doğaltaş Üretim Tesisleri Atık Granit Tozunun Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi 81
Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi Yöntemi ile Çeşitli Malzemelerin Karakterizasyonu 88
Atık Cam ve Deniz Kabuklarından Cao-Al2o3-Sio2 (Cas) Esaslı Seramiklerin Üretim İmkânlarının Araştırılması Ve Özelliklerinin İncelenmesi 93
Viskoelastik Polimerik Köpük (Rtv-2) Çekirdekli Alüminyum Sandviç Panellerin Basma Davranışlarının İncelenmesi 101
The Use Of Solar Energy In The Profile Of Prefabrication And Its Effect On The Behavior And Durability Of Concrete 111
Tek Bir Banyodan Elektro Depolama Yöntemi İle Elde Edilen Ni-W Ve Ni-W/Hbn Kaplamalarının Karşılaştırılması 115
Variation of Design Parameters for Micro-irrigation System Subunit Laterals by Using *LATCAD* .. 137
İnşaat Sektöründe Yeni Bir Yalıtım Malzemesinin Geliştirilmesi 152
Investigation of Shear Wall Effect on Dynamic Parameters of Reinforced Concrete Building 156
Mineral Katkılı Betonların Fiziksel Özellikleri 166
Power Law Friction Factor Equation for Commercial Pipeline 170
Hydraulic Design Accounting Local Pressure Losses Using *MathCAD* 170
Enantiyoselektif Michael Reaksiyonu İçin Diazadioksokaliks[2]Aren[2]Triazin Bazlı Kiral Organokatalizörler 187
Comparative study on TiAlN and TiCN Coatings Tribological Performance for Dental Implant Drills 196

2343 Kodlu Çelik Dökümü Sonrası Atık Haline Gelen Hassas Döküm Kumunun Şamot Refrakter Üretiminde Kullanımı 204

An Internet of things for Data security using Artificial Intelligence 216

Axial Dynamics of Elastic Deformable Supported Nonlocal Rods Using A Higher-Order Nonlocal FEM 226

Cape Town, Güney Afrika'dan toplanan atık kehribar renkli şişe camları üzerinde karakterizasyon çalışmaları 235

Nonlocal Natural Frequencies of Shear Deformable Functionally Graded Nanobeams Via Nonlocal FEM 242

Portland Çimentolu Alternatif Polipropilen Elyaf Katkılı Beton 254

Requirements for specialists in the Industry 4.0 environment: problems and solutions 258

Effect of Silane Treatment on the Mechanical Properties of Cellulose Nanocrystal (CNC) Based Polymer Composites 262

About intelligent software system and development method for the intelligent interface 268

Susuz Boraks Katkısının Alüminyum Malzemelerin Vickers Sertlik ve İz Modülü Değerlerine Etkisinin İncelenmesi ve Eniyilenmesi 271

The Effect of Steel Strip on Dynamic Parameters of Steel Structure 282

The effect of an aluminum alloy on its fluidity when alloyed with a lithium-fluorine-containing compound 292

Çimento Fabrikası Emisyon Ölçümlerinde Ölçüm Belirsizlikleri İçin Yeni Yaklaşımlar 297

The Effect of Stud Walls on Dynamic Characteristics of Steel Building 306

Borlu Çimento Harçlarının Fizikomekanik Özellikleri 317

Production of Antibacterial Powders 321

Fabrication of Durable Hydrophobic coating on Glass Substrate 327

Microstructural Investigations In Increasing The Durability Of Cold Forging Dies (U8 Steel) By The Method Of Double Heat Treatment 330

Investigation of Deformation Induced Martensitic Transformation and Powder Morphology of 304 Stainless Steel as a Function of Milling Time 336

Antibacterial and Hydrophobic TiO2 coating on wall tiles by the sol-jel method 344

Controlled Drug Release with Diatomite 350

Influence of zinc borate and borax decahydrate on the flame retardancy of polymer composite 355

Improvements in Characterization of Pozzolanic Cement Mortars After Different Grinding Methods 359

Preliminary Investigation of the Use of Magnesium Slag as a New Cement Replacement Pozzolan 376

Coating of Glass Substrate with Luminescent Powder Added Silicone Polymer 387

Sol-jel Yöntemiyle Kumaşların Antibakteriyel Kaplanması 392
Symposium Pictures 396
SPONSORS 405

==========

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Prof. Dr. İlker Bekir TOPÇU, Osmangazi University, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ÜNAL, Yıldız Tecnical University, Metallurgical and Materials Eng. Department, Türkiye
- Prof Dr. Şenol YILMAZ, Sakarya University, Metallurgical and Materials Eng. Department, Türkiye
- Prof. Dr. İskender AKKURT, Süleyman Demirel University, Türkiye
- Prof. Dr. Cenk AKTAŞ, URTEMM (Additive Manufacturing Excellence Centre), Türkiye
- Prof. Dr. Yogendra Kumar MISHRA, University of Southern Denmark, The Mads Clausen Institute, Denmark
- Prof. Dr. Erol KAM, Yıldız Teknik University, Türkiye
- Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU, Çankırı KaratekinUniversity, Türkiye
- Prof. Dr. Bahri ERSOY, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Prof. Dr. Mahmut ÖZACAR, Sakarya University, Türkiye
- Prof. Dr. Atila Gürhan ÇELİK, Giresun Universityi, Türkiye
- Prof. Dr. Rabia ALMAMLOOK, Western Michigan University, USA
- Prof. Dr. Michal KULKA, Poznan University of Technology, Poland
- Prof. Dr. Nodar LEKISHVILI, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia
- Prof. Dr. Alma Gabriela Palestino Escobedo, Universidad Autonoma de San Luis Potosi, Mexico
- Prof. Dr. Şerafettin EROĞLU, Istanbul University- Cerrahpaşa, Metallurgical and Materials Eng. Department,, Türkiye
- Prof. Dr. Karima Akool AL-SALİHİ, Al Muthanna University, Iraq
- Prof. Dr. Kaveh Ostad-Ali-ASKARI, Isfahan University of Technology (IUT), Iran
- Assoc. Prof. Ayşe KALEMTAŞ, Bursa Teknik University, Türkiye
- Assoc. Prof. Mustafa YAMAN, Istanbul Sabahattin Zaim Univeristy, mustafa.yaman@izu.edu.tr
- Assoc. Prof. Hasan KOTAN, Necmettin Erbakan University, Türkiye
- Assoc. Prof. Ali GÜNEN, Iskenderun Technical University, Türkiye
- Assoc. Prof. Mustafa ULUTAN, Eskişehir Osmangazi University, Türkiye
- Assoc. Prof.Zahide Bayer ÖZTÜRK, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Türkiye
- Assoc. Prof.Mürsel EKREM, Necmettin Erbakan University, Türkiye
- Assoc. Prof. Fuat KARA, Düzce University, Türkiye
- Assoc. Prof.Jale ÇATAK, İstanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye
- Assoc. Prof. Soner SAVAŞ, Erciyes University, Türkiye
- Assoc. Prof. Nevin ÇANKAYA, Uşak University, Türkiye
- Assoc. Prof. Alicja Krystyna KRELLA, Institute of Fluid Flow Machinery, Poland
- Assoc. Prof. Şeyda POLAT –KOÜ Metallurgical and Materials Eng. Department, Türkiye
- Assoc. Prof. Hakan ATAPEK-KOÜ Metallurgical and Materials Eng. department, Türkiye
- Assoc. Prof. Meltem YILDIZ, Kocaeli University, Chemical Engineering Department, Kocaeli, Türkiye
- Assoc. Prof.Tuba Erdoğan Bedri, TÜBİTAK MRC, Materials Institute, Türkiye
- Assoc. Prof. Dolunay Şakar, Yıldız Tecnical University, Chemistry Department, Türkiye

- Assist. Prof. Dr. Murat Efkan KİBAR, Kocaeli University, Chemical Engineering Department, Kocaeli, Türkiye
- Dr. Massimo ROGANTE, Studio D'ingegneria Rogante, Contrada San Michele, Civitanova Marche (MC), Italy
- Dr. Angeliki Christogerou, University of Patras, Department of Chemical Engineering, Greece
- Dr. Maria Canillas Perez, Laser Center from Universidad Politeecnica of Madrid, Spain
- Dr. Peter Tatarko, Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Sciences, Slovakia
- Dr. Engin Açıkalın, TUBITAK MRC, Materials Institute, Türkiye
- Kerim Çoban, TUBITAK MRC, Materials Institute, Türkiye
- Dr. Cansu KURTULUŞ, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Ömer Saltuk BÖLÜKBAŞI, İskenderun Technical University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Mustafa KOCABAŞ, Konya Teknik University, Türkiye
- Dr. Manjunath Patel G C, PES Institute of Technology and Management, India
- Assist. Prof. Dr. Ali ERÇETİN, Bingöl University, Türkiye
- Dr. Avinash Lakshmikanthan, Nitte Meenakshi Institute of Technology, India
- Dr. Ying-Sui SUN, National Yang Ming University, Taiwan

==========

ORGANIZING COMMITTEE

- Prof. Dr. Atilla EVCİN, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye
- Prof. Dr. İbrahim GÜNEŞ, Giresun University, Giresun, Türkiye
- Prof. Fayaz HUSSAIN, NED University of Engineering and Technology, Pakistan
- Dr. Yasemin TABAK, TUBITAK MRC, Gebze, Türkiye
-
- Prof. Dr. Baki AKKUŞ, Istanbul University, President of Turkish Physical Society, Türkiye
- Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU, Çankırı Karatekin University, Civil Engineering Department, Çankırı, Türkiye
- Prof. Dr. Beata Podkościelna PODKOSCIELNA, Maria Curie-Skłodowska University, Poland
- Prof. Dr. Mourad KEDDAM, University of Science and Technology Houari Boumediene, Algeria
- Prof. Dr. Danute Vaičiukynienė-Palubinskaitė, Kaunas University of Technology, Lithuania
- Prof. Dr. Svetlana Velkova Lilkova-Markova, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulgaria
- Prof. Dr. German Anibal Rodriguez CASTRO, Instituto Politecnico Nacional, Mexica
- Prof. Dr. Greg Haidemenopoulos, Physical Metallurgy, Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, Greece
- Dr. Jürgen M. LACKNER, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH MATERIALS - Institute of Surface Technologies and Photonics Laser and Plasma Processing, Austria
- Assist. Professor Anna D. Zervak, National Technical University of Athens, School of Naval Architecture and Marine Engineering, Athens, Greece
- Assoc. Prof Tuba ERDOĞAN BEDRİ, TUBİTAK Marmara Research Center (MRC), Türkiye
- Assoc. Dr. Soner SAVAŞ, Erciyes University, Materials Science and Engineering Department, Kayseri, Türkiye
- Assoc. Dr. Aytekin HİTİT, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Metin ÖZGÜL, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye
- Dr. Fikriye KURTOĞLU, National Defence University, Türkiye
- Dr. Şahin ATEŞ, TUBITAK Marmara Research Center (MRC), Türkiye
- Dr. Massimo ROGANTE, Studio D'ingegneria Rogante, Contrada San Michele, Civitanova Marche (MC) Italy
- Dr. David Fengwei Xie, Newcastle University, England
- Dr. Angeliki Christogerou, University of Patras, Greece
- Dr. Jelana Vukmirović, University of Novi Sad, Sirbia
- Assist. Prof. Dr. Büşra Tuğba ÇAMİÇ, Sabancı University, Nanotechnology Research and Application Center (SUNUM), Türkiye
- Assist. Prof. Dr. S. Bahar BAŞTÜRK, Manisa Celal Bayar University, Department of Metalurgy and Materials Engineering, Manisa, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Abdul Vahap KORKMAZ, Afyon Kocatepe Üniversity, Türkiye
- Assoc. Prof. Zeynep TAŞLIÇUKUR ÖZTÜRK, National Defence University, Türkiye
- Dr. Ahmet Burçin BATIBAY, Necmettin Erbakan University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Cansu KURTULUŞ, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Arş. Grv. Recep KURTULUŞ, Afyon Kocatepe University, Türkiye

- Abdullah Noman Alawadhi, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Oğuzhan Evcin, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Zeynep Özkan, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Ikbal Yaren Polat, Afyon Kocatepe University, Türkiye
- Zeynep Çetinkaya, Afyon Kocatepe University, Türkiye

==========

SPONSORS

AnkaAnalitik
Mekatronik Sanayi ve Ticaret LTD.ŞTİ.

Tales Analitik
Limited Şirketi

1968'den Günümüze
ORUÇOĞLU®

Evcin ArGe
Mühendislik Danışmanlık Organizasyon Sanayi Tic. Ltd. Şti.

AFYONKARAHİSAR BELEDİYESİ
www.afyon.bel.tr