



BİLDİRİ KİTABI

29-30 Kasım 2012

Editörler

DEMET GÖNEN
OKAN KON

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BALIKESİR

Bu Bildiri Kitabının yayın hakkı Balıkesir Üniversitesi'ne aittir.

TİMAK Logo : Utku ÜNAL
TİMAK Afiş : Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU
: Arş.Gör. Tuğrul AKYOL

Basımevi : SERİ-EL COPY CENTER-Balıkesir
Basım Yılı : 2012

Bu bildiri kitabında yer alan bildirimlerin tam metinleri <http://timak.balikesir.edu.tr/?view=timak12> adresinde yer almaktadır.

İÇİNDEKİLER

Kongre Kurulları

Kongre Programı

TMK28 - Titreşim Sönüm Elemanları Üreten Bir Firmada İstatistiksel Kalite Kontrolü Ve Deney Tasarımı Yöntemleri İle Süreçlerin İyileştirilmesi Âli Yurdun ORBAK, Tülin GÜNDÜZ CENGİZ	1
TMK26 - Yürüyen Mekanizma Sisteminin Solid Works Programı İle Tasarım Ve İmalatı Mustafa TİMUR	9
TMK31 - Balistik Koruyucu Yeleğin CAD-CAM Programları İle Kalıp Tasarımı Mustafa TİMUR	17
TMK19 - Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Robust Tasarım Yaklaşımının İncelenmesi Serhat APAK, Burhan ÖZUĞUR, M.Hakan TEZCAN	26
TMK27 - Hidrostatik Tahrikli Havaalanı Yer Hizmet Aracı Tasarımı Burak ALTAN, Kadir ÇAVDAR	36
TMK20 - Yapay Arı Koloni Algoritması İle Taşıt Salıncak Kolunun Optimum Boyutlarının Bulunması Ali Rıza YILDIZ	46
TMK21 - Elipsoit Petek Yapılı Sandviç Yapıların Burkulma Dirençlerinin Sayısal Ve Deneysel Olarak Araştırılması Murat Yavuz SOLMAZ, Tolga TOPKAYA	53
TMK36 - Yapısal Hasar Tespitinde İki Önemli Evrimsel Optimizasyon Yönteminin Karşılaştırılması Hakan GÖKDAĞ, Ali Rıza YILDIZ	62
TMK37 - Diş Kök Kanalinin Ve Protaper Ni-Ti Kesici Uçların Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi Ve Simülasyonu Bilçen MUTLU, Mustafa KURT, Bülent EKİCİ, Gürcan ATAKÖK	74
TMK46 - Bilimsel Tabanlı Sanal İmalat Yöntemlerinin Endüstriyel Uygulamalardaki Rolü L. Taner TUNÇ, Cengiz GÖZEDEN, Erhan BUDAK, Cenk AKIN	90
TMK00 - Kapı Kilitleri İçin Silindir Takviye Elemanı Dizaynı Kemal ULUDAĞ, Kadir İÇİBAL	107
TMK01 - St 37 Çeliğinin Sürtünmeli Delinmesinde Optimum Dönme Hızı Ve İlerleme Oranının Araştırılması Cebeli ÖZEK, Zülküf DEMİR	119
TMK03 - AISI D6 İş Parçasının Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi Nihat PARLAK, Latif ÖZLER ve Mehmet Erbil ÖZCAN	128
TMK38 - Frezelemede Kesici Takım Çapı, Ağız Sayısı Ve Talaş Açısının Yüzey Pürüzlülüğü Ve Kesici Takım Sehımlerine Etkileri Barkın BAKIR, Mustafa KURT, Gültekin BASMACI, Oğuz GİRİT	138

TMK34 - Aşınmış Kesici Takımlar İle Ortogonal Talaş Kaldırmada Kesme Kuvvetlerinin Deneysel İncelenmesi Alper UYSAL, Erhan ALTAN	145
TMK35 - Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilenin Matkapla Delinmesinde Delik Hassasiyetinin Pratik Bir Yöntemle Belirlenmesi Mihriğül ALTAN, Alper UYSAL	153
TMK54 - Alüminyum Köpük Malzemelerin İkincil İşlemlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi Tayfun SİĞİRTMAÇ, M. Cemal ÇAKIR, Agah UĞUZ, Cihat ENSARİOĞLU	160
TMK41 - Mikro Frezeleme İçin Mekanistik Kuvvet Modeli Ali MAMEDOV, İsmail LAZOĞLU	175
TMK29 - Sheet Molding Compound (SMC) Yöntemi İle Kompozit Malzeme Tasarımı Ve Üretimi Mahmut BİNGÖL, Kadir ÇAVDAR	184
TMK47 - Betonarme Yapılardaki Demir Donatıların Manyetik Kaçak Akı Yöntemiyle İncelenmesi Mustafa GÖKTEPE, Deniz PERİN, Ali ORAL	200
TMK07 - PWM Sinyalinin Duty Cycle Süresinin %0 İle %100 Arasında Değişimi İle DC Motorun Hassas Kontrolü Oğuz YAZ, Ozan KARAKULAK, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ	213
TMK08 - İvmeölçer İle Alınan Yolun Hesaplanması Ve Aracın Başlangıç Konumuna Dönmesi Yusuf TETİK, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ	223
TMK24 - PIC Tabanlı Fırçasız DC Motor Sürücü Tasarımı Ozan KARAKULAK, Oğuz YAZ, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ	231
TMK48 - Mobil Robotlar İçin Tarama Platformunun Tasarımı Ve Uygulaması G. ASLAN, İ. KONUKSEVEN, A. B. KOKU	240
TMK04 - Alt Ekstremitte Hareketlerinin Dinamik Analizi İçin Bilgisayar Destekli Model Geliştirilmesi Kasım SERBEST, Murat ÇİLLİ, Osman ELDOĞAN	250
TMK44 - AISI 4140 Çeliğinin Sert Tornalama İşleminde Kesici Takım Aşınmasının Regresyon Yöntemi İle İstatistiksel Olarak Modellenmesi İlhan ASİLTÜRK, Harun AKKUŞ	258
TMK16 - Görüntüsü Alınan Bir Nesnenin Referans Bir Nesne Yardımıyla Boyutlarının, Alanının Ve Açısının Hesaplanması Hüseyin GÜNEŞ, Alper BURMABIYIK, Semih KELEŞ, Davut AKDAŞ	269
TMK25 - 35 mm Uçaksavar Namlusunun Atış Esnasındaki Dinamik Analizi İsmail ESEN, Mehmet Akif KOÇ, Hasan MULCAR	275
TMK30 - Hareket Kısıtlılığı Bulunan Hastalara Yönelik 4 Fonksiyonlu Fizik Tedavi Sistemi Tasarımı Ve Prototipi B. TAN, H. AYAZ, A. KORKMAZ, K. ÇETİNKAYA	291

TMK15 - Masa Üstü 4 Eksen CNC İle Strofor Ve Ahşap Helisel Konik Dişli İşleme Ve Kesme Parametreleri Neslin HASAR, Ali İbrahim TOKAT, Kerim ÇETİNKAYA	299
TMK49 - S Tipi Kulvitatör Ayaklarının Deneysel Olarak Yorulma Ömrünün Araştırılması Onur POLAT, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN	311
TMK50 - Tiller Tipi Kulvitatör Ayaklarının Bilgisayar Destekli Yorulma Analizi Onur POLAT, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN	321
TMK40 - Gazaltı Ve Tozaltı Kaynak Yöntemleriyle Birleştirilmiş Gemi Sacının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi Sare ÇELİK, Recep ÇAKIR	330
TMK10 - Alüminyum Alaşımlarının Sürtünme Karıştırma Kaynak Hataları Ahmet İrfan YÜKLER, Mustafa Kemal BİLİCİ, Onur FİDANER	342
TMK11 - Termoplastiklerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Birleştirilmesinde Kaynak Parametrelerinin Etkileri Mustafa Kemal BİLİCİ, Ahmet İrfan YÜKLER, Onur FİDANER	355
TMK12 - Yüksek Yoğunluklu Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonunda Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı Mustafa Kemal BİLİCİ, Selim HORTAMACIOĞLU, Ahmet İrfan YÜKLER	366
TMK39 - Cam Elyafı Güçlendirilmiş Doğal Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Geliştirilmesi Mustafa BAKKAL, Mehmet SAVAŞ	379
TMK33 - A360 Alüminyum Alaşımında Sıma Prosesiyle Küresel Tane Oluşumunun Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi Yiğit ERÇAYHAN, Nurşen SAKLAKOĞLU, İ. Etem SAKLAKOĞLU	392
TMK32 - Yarı-Katı Halde Şekillendirilmiş AlSi12 Alaşımında Ötektik Bölgenin İncelenmesi Nurşen SAKLAKOĞLU, Adnan TÜRKER	401
TMK43 - Mekanik Gerilmelerin Manyetik Özelliklere Etkilerinin Sensör Olarak Kullanılabilirliği Mustafa GÖKTEPE, Ali ORAL, Deniz PERİN	409
TMK05 - Organ Protezleri Ve Diş Dolguları İçin Malzeme Seçimi Fehim FINDIK, Kemal TURAN	419
TMK06 - Bir DVD-Rom Ön Kapağının Plastik Enjeksiyonla Basılması Sonucunda Oluşan Çekmeye Etki Eden En Uygun İşlem Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi Hasan ÖKTEM, Fehmi ERZİNCANLI	431
TMK02 - TM Metodu İle Üretilen Al₂O₃ - Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozitlerin Aşınma Davranışı İçin İstatistiksel Model Oluşturulması Yusuf ŞAHİN, K.Emre ÖKSÜZ	442
TMK22 - Frezelemede Sertliğin Kesme Kuvvetlerine Etkisinin İncelenmesi Ve Cevap Yüzey Metodu Kullanılarak Modellenmesi Murat KOYUNBAKAN, Ali ÜNÜVAR	456

TMK23 - Aşınma Cihazında DAQ Kartı Kullanılarak Yapılan Aşınma Testindeki Sürtünme Verilerinin İncelenmesi Recep KOÇ, Akif DUMANAY	466
TMK53 - Yat Ve Tekne İmalatında Vakum İnfüzyon (VARTM) İle Kompozit Üretim Yönteminin Uygulanması Fatih BALIKOĞLU, Akın ATAŞ, Nurettin ARSLAN	480
TMK51 - Yaprak Yaylarda Kompozit Malzeme Uygulama Ve Yorulma Analizi Özden ESEN, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN	496
TMK42 - Kırılarak Bölünen Biyel Kollarının Kırılma Parametreleri Üzerine Bir İnceleme Ziya AKSOY, Zafer ÖZDEMİR, Tekin ÖZDEMİR	511
TMK55 - Kompozit Plakaların Cıvata Bağlantıları İçin Kritik-Altı Hasar Modellemesine Dayalı Mukavemet Kestirim Yöntemi Akın ATAŞ, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN, Constantinos SOUTIS	528
TMK56 - Üç Farklı Çeliğe Katı Borlama İşlemi Yapılmasının İç Yapı Ve Sertlik Üzerine Etkisinin İncelenmesi Mehmet ÖZER, İrfan AY	536

POSTER BİLDİRİLERİ

TMK14 - Pnömatik Tip Aşınma Deney Cihazının Tasarımı Ve İmalatı Gökçen AKGÜN, Cihan ÖZEL, Ahmet BİLGİN, Gökhan YURTSEVEN	545
TMK52 - Robotik Uygulamalar İçin Lazer Tabanlı Haberleşme Ve Tanılama Sistemi Tasarımı Davut AKDAŞ, Poyraz Alper ÖNER	556
TMK09 - Bilgisayarlı Tasarım Ve İmalat Yöntemleri Kullanılarak Krank Mili İmalatı Ömer PEKDUR, Can CANDAN, Davut AKDAŞ, Yaşar AKMAN, Sabri BİÇAKÇI	568
TMK13 - Mikrodenetleyiciler Kullanılarak Hızlı Ve Güvenli Haberleşme Sistemlerinin İncelenmesi İbrahim ÖZCAN, Davut AKDAŞ	574
TMK18 - Plazma İle Kesim Sistemi Harun KILIÇ, Orhan ÇAKIR	586

TASARIM-İMALAT-ANALİZ KONGRESİ VE CAD-CAM GÜNLERİ 2012 KURULLARI

ONURSAL BAŞKAN

Prof. Dr. Mahir ALKAN

(Balıkesir Üniversitesi Rektörü)

DÜZENLEME KURULU

Doç. Dr. Ali ORAL	(Başkan - Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR	(Selçuk Üniversitesi)
Prof. Dr. Bedri YÜKSEL	(Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN	(Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. Erhan ALTAN	(Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI	(Düzce Üniversitesi)
Prof. Dr. İrfan AY	(Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. M.Cemal ÇAKIR	(Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Ramazan YAMAN	(Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. S.Engin KILIÇ	(Ortadoğu Teknik Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Sare ÇELİK	(Balıkesir Üniversitesi)
Dursun ÇİÇEK	(TÜBİTAK-TEYDEB)
Ahmet KULA	(Balıkesir Sanayi Odası Başkanı)
Ömür BOYUER	(Balıkesir Makina Müh. Odası Başkanı)
İsa Tamer ÇELİK	(BASİAD Başkanı)

YÜRÜTME KURULU

Yrd. Doç. Dr. Demet GÖNEN	(Başkan)
Yrd. Doç. Dr. Gülşen YAMAN	
Yrd. Doç. Dr. Semin KAYA	
Yrd. Doç. Dr. Alaaddin TOKTAŞ	
Yrd. Doç. Dr. Özay Umut TÜRKAN	
Yrd. Doç. Dr. Şimal Yakut AYMANKUY	(Sempozyum Sekreteri)
Öğr. Gör. Emine UÇMUŞ	(Sempozyum Sekreteri)
Arş. Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU	(Sempozyum Sekreteri)
Arş. Gör. Okan KON	(Sempozyum Sekreter Yardımcısı)
Arş. Gör. Tuğrul AKYOL	(Sempozyum Sekreter Yardımcısı)
Arş. Gör. Fatih BALIKOĞLU	(Sempozyum Sekreter Yardımcısı)
Arş. Gör. Veli Gökhan DEMİR	(Sempozyum Sekreter Yardımcısı)
Arş. Gör. İsmail CANER	(Sempozyum Sekreter Yardımcısı)

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Abdülkadir ERDEN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Agah UGUZ	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Ali BAYRAM	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Ayhan ÇELİK	Erzincan Üniversitesi
Prof. Dr. Aysegül AKDOĞAN EKER	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bilgin KAFTANOĞLU	Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU	Medeniyet Üniversitesi
Prof. Dr. Cevdet MERİÇ	Fatih Üniversitesi
Prof. Dr. Erhan BUDAK	Sabancı Üniversitesi
Prof. Dr. Erdal EMEL	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Fehim FINDIK	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Hamit AKBULUT	Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan ALLİ	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Hikmet KOCABAŞ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hikmet RENDE	Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. İrfan YÜKLER	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. M. Emin YURCİ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet A. AKGÜN	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Dr. Melih BAYRAMOĞLU	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer NALBANT	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa KURT	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Narin ÜNAL	Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Necdet GEREN	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Nurettin ARSLAN	Balıkesir Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer EYERCİOĞLU	Gaziantep Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan KARAKUZU	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Remzi VAROL	Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Türkey DERELİ	Gaziantep Üniversitesi
Prof. Dr. Ulvi ŞEKER	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Vahit MERMERTAŞ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Vural CEYHUN	Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf SAHİN	Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Rıza YILDIZ	Bursa Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Cemal MERAN	Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. İsmail LAZOĞLU	Koç Üniversitesi
Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR	Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN	Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Murat VURAL	İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa BAKKAL
Doç. Dr. Necmettin KAYA
Doç. Dr. Orhan ÇAKIR
Yrd. Doç. Dr. A. Deniz KARAOĞLAN
Yrd. Doç. Dr. E.İlhan KONUKSEVEN
Yrd. Doç. Dr. Erol SOLMAZ
Yrd. Doç. Dr. Gülcan TOKTAŞ
Yrd. Doç. Dr. Gürol DEMİRBAŞ
Yrd. Doç. Dr. Hayrettin YÜKSEL
Yrd. Doç. Dr. Hüray CAN
Yrd. Doç. Dr. İlker EREN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet İREN
Yrd. Doç. Dr. M.Nedim GERGER
Yrd. Doç. Dr. Muzaffer ERTEN
Yrd. Doç. Dr. N.Fazıl YILMAZ
Yrd. Doç. Dr. Ziya AKSOY
Dr. Can CANDAN

İstanbul Teknik Üniversitesi
Uludağ Üniversitesi
Dicle Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Uludağ Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
Balıkesir 6. Ana Bakım Merkezi Komutanlığı

29 KASIM 2012-PERŞEMBE

SALON-A

TASARIM-ANALİZ-MODELLEME

09.30-10.00	KAYIT
10.00-12.00	AÇILIŞ KONUŞMALARI
12.00-13.00	ÖĞLE YEMEĞİ
	1. OTURUM
13.00-13.20	TİTREŞİM SÖNÜM ELEMANLARI ÜRETEBİR FİRMADA İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROLÜ VE DENEY TASARIMI YÖNTEMLERİ İLE SÜREÇLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ Âli Yurdun ORBAK, Tülin GÜNDÜZ CENGİZ
13.20-13.40	YÜRÜYEN MEKANİZMA SİSTEMİNİN SOLİD WORKS PROGRAMI İLE TASARIM VE İMALATI Mustafa TİMUR
13.40-14.00	BALİSTİK KORUYUCU YELEĞİN CAD-CAM PROGRAMLARI İLE KALIP TASARIMI Mustafa TİMUR
14.00-14.20	YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNDE ROBUST TASARIM YAKLAŞIMININ İNCELENMESİ Serhat APAK, Burhan ÖZUĞUR, M.Hakan TEZCAN
14.20-14.40	HİDROSTATİK TAHRİKLİ HAVAALANI YER HİZMET ARACI TASARIMI Burak ALTAN, Kadir ÇAVDAR
14.40-15.10	ÇAY&KAHVE ARASI
	2. OTURUM
15.10-15.30	YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASI İLE TAŞIT SALINCAK KOLONUN OPTİMUM BOYUTLARININ BULUNMASI Ali Rıza YILDIZ
15.30-15.50	ELİPSOİT PETEK YAPILI SANDVIÇ YAPILARIN BURKULMA DİRENÇLERİNİN SAYISAL VE DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI Murat Yavuz SOLMAZ, Tolga TOPKAYA
15.50-16.10	YAPISAL HASAR TESPİTİNDE İKİ ÖNEMLİ EVRİMSEL OPTİMİZASYON YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI Hakan GÖKDAĞ, Ali Rıza YILDIZ
16.10-16.30	DİŞ KÖK KANALININ VE PROTAPER Ni-Ti KESİCİ UÇLARIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU Bilçen MUTLU, Mustafa KURT, Bülent EKİCİ, Gürcan ATAKÖK
16.30-16.50	BİLİMSEL TABANLI SANAL İMALAT YÖNTEMLERİNİN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDAKİ ROLÜ L. Taner TUNÇ, Cengiz GÖZEDEN, Erhan BUDAK, Cenk AKIN
16.50-17.10	KAPI KİLİTLERİ İÇİN SİLİNDİR TAKVİYE ELEMANI DİZAYNI Kemal ULUDAĞ, Kadir İÇİBAL

29 KASIM 2012-PERŞEMBE

SALON-B

TALAŞLI, TALAŞSIZ İMALAT-MALZEME-KAYNAK

09.30-10.00	KAYIT
10.00-12.00	AÇILIŞ KONUŞMALARI
12.00-13.00	ÖĞLE YEMEĞİ
	1. OTURUM
13.00-13.20	St 37 ÇELİĞİNİN SÜRTÜNMELİ DELİNMESİNDE OPTİMUM DÖNME HIZI VE İLERLEME ORANININ ARAŞTIRILMASI Cebeli ÖZEK, Zülküf DEMİR
13.20-13.40	AISI D6 İŞ PARÇASININ TORNALANMASINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ Nihat PARLAK, Latif ÖZLER ve Mehmet Erbil ÖZCAN
13.40-14.00	FREZELEMEDE KESİCİ TAKIM ÇAPI, AĞIZ SAYISI VE TALAŞ AÇISININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE KESİCİ TAKIM SEHİMLERİNE ETKİLERİ Barkın BAKIR, Mustafa KURT, Gültekin BASMACI, Oğuz GİRİT
14.00-14.20	AŞINMIŞ KESİCİ TAKIMLAR İLE ORTOGONAL TALAŞ KALDIRMADA KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ Alper UYSAL, Erhan ALTAN
14.20-14.40	ULTRA YÜKSEK MOLEKÜLER AĞIRLIKLI POLİETİLENİN MATKAPLA DELİNMESİNDE DELİK HASSASİYETİNİN PRATİK BİR YÖNTEMLE BELİRLENMESİ Mihrigül ALTAN, Alper UYSAL
14.40-15.10	ÇAY&KAHVE ARASI
	2. OTURUM
15.10-15.30	DÖNEL TAKIMLAR İLE TORNALAMA İŞLEMİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ VE SİMULASYONU Tamer VARLIK, M. Cemal ÇAKIR, Erhan ALTAN
15.30-15.50	ALÜMİNYUM KÖPÜK MALZEMELERİN İKİNCİL İŞLEMLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ Tayfun SİĞİRTMAÇ, M. Cemal ÇAKIR, Agah UĞUZ, Cihat ENSARİOĞLU
15.50-16.10	MİKRO FREZELEME İÇİN MEKANİSTİK KUVVET MODELİ Ali MAMEDOV, İsmail LAZOĞLU
16.10-16.30	SHEET MOLDING COMPOUND (SMC) YÖNTEMİ İLE KOMPOZİT MALZEME TASARIMI ve ÜRETİMİ Mahmut BİNGÖL, Kadir ÇAVDAR
16.30-16.50	BETONARME YAPILARDAKİ DEMİR DONATILARIN MANYETİK KAÇAK AKI YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ Mustafa GÖKTEPE, Deniz PERİN, Ali ORAL

30 KASIM 2012-CUMA

SALON-A

TASARIM-ANALİZ-MODELLEME

1. OTURUM	
09.00-09.20	PWM SİNYALİNİN DUTY CYCLE SÜRESİNİN %0 İLE %100 ARASINDA DEĞİŞİMİ İLE DC MOTORUN HASSAS KONTROLÜ Oğuz YAZ, Ozan KARAKULAK, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ
09.20-09.40	İVMEÖLÇER İLE ALINAN YOLUN HESAPLANMASI VE ARACIN BAŞLANGIÇ KONUMUNA DÖNMESİ Yusuf TETİK, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ
09.40-10.00	PIC TABANLI FIRÇASIZ DC MOTOR SÜRÜCÜ TASARIMI Ozan KARAKULAK, Oğuz YAZ, Erman KÖYBAŞI, Sabri BİÇAKCI, Can CANDAN, Davut AKDAŞ
10.00-10.20	MOBİL ROBOTLAR İÇİN TARAMA PLATFORMUNUN TASARIMI VE UYGULAMASI G. ASLAN, İ. KONUKSEVEN, A. B. KOKU
10.20-10.40	ÇAY&KAHVE ARASI
2. OTURUM	
10.40-11.00	ALT EKSTREMİTE HAREKETLERİNİN DİNAMİK ANALİZİ İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ MODEL GELİŞTİRİLMESİ Kasım SERBEST, Murat ÇİLLİ, Osman ELDOĞAN
11.00-11.20	AISI 4140 ÇELİĞİNİN SERT TORNALAMA İŞLEMİNDE KESİCİ TAKIM AŞINMASININ REGRESYON YÖNTEMİ İLE İSTATİSTİKSEL OLARAK MODELLENMESİ İlhan ASİLTÜRK, Harun AKKUŞ
11.20-11.40	GÖRÜNTÜSÜ ALINAN BİR NESNENİN REFERANS BİR NESNE YARDIMIYLA BOYUTLARININ, ALANININ VE AÇISININ HESAPLANMASI Hüseyin GÜNEŞ, Alper BURMABİYİK, Semih KELEŞ, Davut AKDAŞ
11.40-12.00	35 mm UÇAKSAVAR NAMLUSUNUN ATIŞ ESNASINDAKİ DİNAMİK ANALİZİ İsmail ESEN, Mehmet Akif KOÇ, Hasan MULCAR
12.00-13.00	ÖĞLE YEMEĞİ
3. OTURUM	
13.00-13.20	HAREKET KISITLILIĞI BULUNAN HASTALARA YÖNELİK 4 FONKSİYONLU FİZİK TEDAVİ SİSTEMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ B. TAN, H. AYAZ, A. KORKMAZ, K. ÇETİNKAYA
13.20-13.40	MASA ÜSTÜ 4 EKSEN CNC İLE STROFOR VE AHŞAP HELİSEL KONİK DİŞLİ İŞLEME VE KESME PARAMETRELERİ Neslin HASAR, Ali İbrahim TOKAT, Kerim ÇETİNKAYA
13.40-14.00	S TİPİ KULVİTATÖR AYAKLARININ DENEYSEL OLARAK YORULMA ÖMRÜNÜN ARAŞTIRILMASI Onur POLAT, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN
14.00-14.20	TİLLER TİPİ KULVİTATÖR AYAKLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ YORULMA ANALİZİ Onur POLAT, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN
14.20-14.40	ÇAY&KAHVE ARASI
POSTER BİLDİRİLERİ	
14.40-15.10	PNÖMATİK TİP AŞINMA DENEY CİHAZININ TASARIMI VE İMALATI Gökçen AKGÜN, Cihan ÖZEL, Ahmet BİLGİN, Gökhan YURTSEVEN
15.10-15.30	ROBOTİK UYGULAMALAR İÇİN LAZER TABANLI HABERLEŞME VE TANILAMA SİSTEMİ TASARIMI Davut AKDAŞ, Poyraz Alper ÖNER
15.30-15.50	BİLGİSAYARLI TASARIM VE İMALAT YÖNTEMLERİ KULLANILARAK KRANK MİLİ İMALATI Ömer PEKDUR, Can CANDAN, Davut AKDAŞ, Yaşar AKMAN, Sabri BİÇAKCI
15.50-16.10	MİKRODENETLEYİCİLER KULLANILARAK HIZLI VE GÜVENLİ HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ İbrahim ÖZCAN, Davut AKDAŞ
16.10-16.30	PLAZMA İLE KESİM SİSTEMİ Harun KILIÇ, Orhan ÇAKIR

30 KASIM 2012-CUMA

SALON-B

TALAŞLI, TALAŞSIZ İMALAT-MALZEME-KAYNAK

1. OTURUM	
09.00-09.20	GAZALTI VE TOZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİYLE BİRLEŞTİRİLMİŞ GEMİ SACININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ Sare ÇELİK, Recep ÇAKIR
09.20-09.40	ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAK HATALARI Ahmet İrfan YÜKLER, Mustafa Kemal BİLİCİ, Onur FİDANER
09.40-10.00	TERMOPLASTİKLERİN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAK BİRLEŞTİRİLMESİNDE KAYNAK PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ Mustafa Kemal BİLİCİ, Ahmet İrfan YÜKLER, Onur FİDANER
10.00-10.20	YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN LEVHALARIN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAK PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONUNDA YAPAY SINIR AĞLARININ KULLANIMI Mustafa Kemal BİLİCİ, Selim HORTAMACIOĞLU, Ahmet İrfan YÜKLER
10.20-10.40	ÇAY&KAHVE ARASI
2. OTURUM	
10.40-11.00	CAM ELYAFLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DOĞAL ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ Mustafa BAKKAL, Mehmet SAVAS
11.00-11.20	A360 ALUMİNYUM ALAŞIMINDA SİMA PROSESİYLE KÜRESEL TANE OLUŞUMUNUN VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ Yiğit ERÇAYHAN, Nursen SAKLAKOĞLU, İ. Etem SAKLAKOĞLU
11.20-11.40	YARI-KATI HALDE ŞEKİLLENDİRİLMİŞ AISI12 ALAŞIMINDA ÖTEKTİK BÖLGENİN İNCELENMESİ Nursen SAKLAKOĞLU, Adnan TÜRKER
11.40-12.00	MEKANİK GERİLMELERİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİLERİNİN SENSÖR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ Mustafa GÖKTEPE, Ali ORAL, Deniz PERİN
12.00-13.00	ÖĞLE YEMEĞİ
3. OTURUM	
13.00-13.20	ORGAN PROTEZLERİ VE DİŞ DOLGULARI İÇİN MALZEME SEÇİMİ Fehim FINDIK, Kemal TURAN
13.20-13.40	BİR DVD-ROM ÖN KAPAĞININ PLASTİK ENJEKSİYONLA BASILMASI SONUCUNDA OLUŞAN ÇEKMEYE ETKİ EDEN EN UYGUN İŞLEM PARAMETRELERİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ Hasan ÖKTEM, Fehmi ERZİNCANLI
13.40-14.00	TM METODU İLE ÜRETİLEN Al_2O_3 TAKVİYELİ ALUMİNYUM ESASLI KOMPOZİTLERİN AŞINMA DAVRANIŞI İÇİN İSTATİSTİKSEL MODEL OLUŞTURULMASI Yusuf ŞAHİN, K. Emre ÖKSÜZ
14.00-14.20	FREZELEMEDE SERTLİĞİN KESME KUVVETLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ VE CEVAP YÜZEY METODU KULLANILARAK MODELLENMESİ Murat KOYUNBAKAN, Ali ÜNÜVAR
14.20-14.40	ÇAY&KAHVE ARASI
4. OTURUM	
14.40-15.10	AŞINMA CİHAZINDA DAQ KARTI KULLANILARAK YAPILAN AŞINMA TESTİNDEKİ SÜRTÜNME VERİLERİNİN İNCELENMESİ Recep KOÇ, Akif DUMANAY
15.10-15.30	YAT VE TEKNE İMALATINDA VAKUM İNFÜZYON (VARTM) İLE KOMPOZİT ÜRETİM YÖNTEMİNİN UYGULANMASI Fatih BALIKOĞLU, Akın ATAŞ, Nurettin ARSLAN
15.30-15.50	YAPRAK YAYLARDA KOMPOZİT MALZEME UYGULAMA VE YORULMA ANALİZİ Özden ESEN, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN
15.50-16.10	KIRILARAK BÖLÜNEN BİYEL KOLLARININ KIRILMA PARAMETRELERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME Ziya AKSOY, Zafer ÖZDEMİR, Tekin ÖZDEMİR
16.10-16.30	KOMPOZİT PLAKALARIN CIVATA BAĞLANTILARI İÇİN KRİTİK-ALTI HASAR MODELLEMESİNE DAYALI MUKAVEMET KESTİRİM YÖNTEMİ Akın ATAŞ, Fatih BALIKOĞLU, Nurettin ARSLAN, Constantinos SOUTIS
16.30-16.50	ÜÇ FARKLI ÇELİĞE KATI BORLAMA İŞLEMİ YAPILMASININ İÇ YAPI VE SERTLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ Mehmet ÖZER, İrfan AY

TM METODU İLE ÜRETİLEN Al_2O_3 -TAKVİYELİ ALUMİNYUM ESASLI KOMPOZİTLERİN AŞINMA DAVRANIŞI İÇİN İSTATİKSEL MODEL OLUŞTURULMASI

Y. Şahin*, K.Emre Öksüz**

*ysahin@gazi.edu.tr, Gazi Üniversitesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Besevler-06500, Ankara,
Turkey

**kerimemreoksuz@gmail.com, Cumhuriyet Üniversitesi, Malzeme&Metalurji Mühendisliği Bölümü,
Sivas, Turkey

ÖZET

Bu çalışmada; TM metodu ile %0, %10 ve %20 Al_2O_3 içerikli mikro-boyutlu Alüminyum bazlı kompozit malzemeler (MMKs) üretilmiş ve bu kompozitlerin kuru şartlarda aşınma davranışları için istatistik bir model geliştirilmiştir. Bu modelde; kayma hızı, yük ve kayma mesafesi gibi parametreler dikkate alınarak malzeme kaybına etkileri incelenmiştir. Deneysel tasarım ve Taguchi metodu da kısaca özetlenmiştir. Deney sonuçları;MMK'ün ağırlık kaybı Al_2O_3 parçacık oranıyla az oranda düşerken kayıp yükün artışıyla da artış göstermiştir. Ayrıca, Al ve 10wt.% Al_2O_3 içerikli MMK'lerde yükün etkili olduğunu 20wt.% Al_2O_3 içerikli MMK'lerde ise kayma hızının daha baskın etken olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu bulunan ortalama değerler ANOVA tarafındanda desteklenmiştir.

Anahtar kelimeler: Alüminyum, Al_2O_3 parçacığı, Toz metalürji, Kompozit, Yük, Aşınma

A STATISTICAL MODEL FOR Al_2O_3 -PARTICLE-REINFORCED ALUMINIUM- BASED COMPOSITES PRODUCED BY POWDER METALLURGY METHOD

ABSTRACT

In this work, the metal matrix composites (MMCs) containing 0, 10, 20 wt. % Al_2O_3 particles and its pure Al matrix were produced using powder metallurgy (PM) method. The produced samples will be sintered in a tube type of sintering furnace at 610°C temperature and a statistical model was developed in terms of speed, load and sliding distance for the dry wear behaviour under different conditions against smooth hardened steel. Experimental design and Taguchi method were also described shortly. It was found that weight loss of the MMCs decreased slightly with increasing weight fraction of Al_2O_3 particles and increased with increasing load. Moreover, the load was found to be effective for the standard mean values for pure Al and 10wt.% Al_2O_3 particle-reinforced MMC's, but sliding speed was found for the 20wt.% Al_2O_3 particle-reinforced MMC's. Furthermore, these results were also confirmed by analysis of variance (ANOVA).

Key Words: Pure Aluminium, Al_2O_3 , Powder metallurgy, Composites, Wear, Yük

1. GİRİŞ

Günlük yaşantımızı kolaylaştıracak üstün özelliklere sahip ve ekonomik malzeme arayışı genellikle malzeme bilimciler tarafından devam etmektedir. Bu yöndeki çalışmalar neticesinde kullanılan metal, seramik ve polimer esaslı malzemelerin özellikleri iyileştirilerek kompozit malzemeler insanlığın faydasına sunulmaktadır. Kompozit malzeme denildiğinde; iki ya da daha fazla sayıdaki

aynı veya farklı gruptaki malzemenin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacı ile makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeler olarak tarif edilir [1]. Bir kompozit malzeme bünyesinde; çekirdek olarak adlandırılan takviye elemanı ve bunun etrafını çevreleyen matris malzemesi bulunmaktadır. Takviye elemanının temel fonksiyonu; gelen yükü taşımak, matrisin rijitlik ve dayanımını arttırmaktır [2]. Buradaki mekanik ve fiziksel özellikleri elde etmede uygun matris-takviye elemanı seçimi büyük rol oynar. Yükün, matristen takviye elemanına iletilmesi, ara yüzey bağı vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, matris ile takviye elemanı arasındaki ara yüzey bağının güçlü olması gerekmektedir. Ara yüzey bağının güçlü olması da çiftlerin uyumuna ve matrisin ıslatabilirlik özelliğinin iyi olmasına bağlıdır [3]. Ayrıca takviye elemanının matris içerisine homojen olarak dağılabilmesi, üretim tekniğinin yanında matris-takviye elemanı çiftinin seçimine bağlıdır. Parçacık takviyeli metal kompozitler (MMK), whisker veya fiber metal matris kompozitlere göre, izotropik mekanik özellikler gösteren ve daha ucuz olan malzemelerdir. MMK'ler; yüksek sıcaklıkta mukavemet, boyutsal kararlılık, hafiflik gibi özelliklerin önemli olduğu alanlarda, en kuvvetli aday durumundadır. Bu nedenle, havacılık sektörü yanında otomotiv endüstrisi ve diğer alanlarda da yüksek mukavemet, sertlikle birlikte düşük yoğunluk ve iyi aşınma direnci sağladıklarından dolayı kullanılmaktadır [4, 5]. Diğer yandan, parçacık boyutu ve matris tane boyutunun düşmesiyle daha yüksek mekanik özelliklerin elde edildiği son yıllar yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir [6,7,8]. Çünkü daha küçük parçacık olması, içten kristal hataların daha düşük olması demektir. Bu da kırılmanın daha güç olacağını ifade eder.

Son yıllarda Toz Metalürjisi (TM) alanında gelişmelere paralel olarak MMK malzemelerde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle otomotiv, havacılık ve denizcilik alanlarında sürekli olarak daha hafif ve dayanıklı malzemelere olan ihtiyaç bu talebin artmasına neden olmuştur. Buna karşılık maliyetlerinin yüksek olması ve üretim zorlukları açısından bu malzemelerin kullanımları da sınırlı kalmaktadır. Toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiş malzemelerin birçoğunu diğer geleneksel metotlarla üretmek hemen hemen imkansız ya da çok güçtür. Alüminyum bazlı kompozit malzemelerin üretimi ve karakterizasyonu ile ilgili çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu ancak TM yönteminde sinterleme sıcaklığı ve süresiyle ilgili daha az sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir [9,10,11]. TM yöntemi, metal veya seramik tozların şekillendirilip sinterlenmesi metoduyla makine parçası üretme teknolojisidir. Birçok alaşımın TM yöntemiyle üretimi mümkün olduğu gibi kompozit malzemelerin de üretimi mümkündür [12,13]. MMK'lerde, iyi aşınma direnci, dayanım ve yüksek sıcaklık gerektiren yerlerde kullanılabilir. Döküm yöntemiyle elde edilen MMK'lerde üretim şartlarına bağlı olarak farklı boyut ve oranlarda yığılma ve arayüzey reaksiyonu gözlenmektedir [14]. TM yöntemi ise seramik tozlar hem daha üniform olarak dağılım göstermekte hemde mukavemet özellikleri iyileşmektedir [1].

Bu çalışmada; saf Alüminyum ve bu matris ile yaklaşık %10wt.ve %20wt. Al_2O_3 parçacıklarla TM yöntemiyle takviye edilerek mikro-bazlı kompozitler TM metodu ile üretilmiştir. Ayrıca, üretilen bu kompozitlerin aşınma davranışı için istatistiksel bir model geliştirilmiştir.

2.0 Deneysel Tasarım

Bir deneyin tasarlanması, basit olarak deneyde izlenecek sıra (yol) olarak tanımlanır. Uygulamada çoğu kez deneyi yapan kişi, verileri toplamada ve sonuçlara ulaşmada sabırsızdır. Fakat bu deney tasarımı evresinin önemli bir evresi ihmal edilir. Deneysel tasarımlar, veri toplamadaki hatayı azaltmaya yardım ederler. Deneysel olarak çalışılacak bir projede, tasarım ve çözümleme evresindeki her bir aşamanın dikkatlice uygulanması gerekir [15].

Deney tasarımı; prosesi ya da sistemi etkileyen faktörler (değişkenler) üzerinde değişiklikler yaparak prosesi ya da sistem tepkisinin (response) gözlenmesini sağlayan testler serisidir. Deneyde kullanılacak faktörlerin tiplerinin belirlenmesi deneyin planlama prosesini doğrudan etkileyeceğinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Deneyi etkileyen faktörler kontrol edilebilen faktörlerdir. Örneğin, kompozitin aşınmasında; uygulanan yük, kayma mesafesi, aşındırıcı tane boyutu, malzeme cinsi gibi faktörler kontrol edilebilen faktörlerdir. Kontrol edilmeyen faktörler ise deneyi yaparken kontrol altında olmayan faktörlerdir. Bizim odaklanmış olduğumuz çalışmada; kompozitin aşınma kaybı, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü gibi faktörler kontrol edilmeyen faktörlerdir.

Deneysel tasarım metotları, birçok disiplinde uygulama alanı bulmaktadır. Deneysel tasarım mühendisliği çalışmalarda üretim prosesinin performansını geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır [1]. Prosesin geliştirilmesinde deneysel tasarım tekniklerinin uygulanması ile;

- Ürün geliştirilmesi,
- Değişkenliğin azaltılması,
- Hedef gereksinimlere yakın sonuçların sağlanması,
- Maliyetler düşürülmesi, sağlanır.

Deneysel tasarım metotları mühendislik tasarım çalışmalarında da önemli role sahiptir. Yeni bir ürün geliştirilebilir veya var olan ürün iyileştirilebilir.

Deneysel bir çalışmadan en iyi çıktı sistematik bir yaklaşım dikkate alındığı zaman elde edilir. Farklı çalışmalar için farklı parametreler ve değişkenler olmasına rağmen genel olarak deneysel bir çalışma;

- Problemin tanımı,
- Bağımlı ya da yanıt değişkenlerinin seçimi,
- Bağımsız parametrelerin seçimi,
- Bağımsız parametrelerin seviyelerinin belirlenmesi ve etken düzeylerinin nasıl birleştirileceği basamaklarını içermektedir.

Deneysel tasarım; a) alınan gözlemlerin sayısı, b) deney sırası, c) kullanılacak rasgeleleştirme yöntemi, d) deneyi tanımlayan matematiksel model temel bileşenlerinden oluşmaktadır.

Deneysel çözümleme ise;

- Veri toplama ve işleme,
- Deney istatistiklerinin hesaplanması,
- Deneysel sonuçların yorumlanmasını içerir.

Matematiksel modelleme, bir fiziksel sistemin ya da işlemin temel özelliklerinin eşitlik ya da formül şeklinde verilmesidir. Bir matematiksel model çok genel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

Bağımlı Değişken = f (Bağımsız değişken, parametreler, etkili fonksiyon)

Bağımlı değişken, sistemin durumunu veya davranışlarını yansıtan bir özellik olup eşitliğin sağındaki değerlere bağlı olarak değişmektedir. Bağımsız değişken ise, sistemin durum veya davranışlarının belirlendiği zaman veya uzay gibi boyutlardır. Parametreler, sistemin özelliklerini ya da yapısını belirleyen katsayılardır. Etkili fonksiyonlar ise sistem üzerine etkisi olan dışsal kuvvetlerdir.

2.1 Modellemede Kullanılan Teknikleri

Mühendislik alanlarında en çok uygulanan deneysel tasarım ve modelleme teknikleri;

- Adım adım uygulanan istatistiksel geleneksel teknikler,
- Merkezi kompozit tasarım (MKT),
- Yanıt yüzey tekniği (YYT),
- Faktoriyel tasarım teknikleri (FTT),
- Taguchi tekniği (TT),
- Digraph ve matris metodu, Stokastik teknikler kullanılmaktadır.

Burada yapılan çalışmada; Makine mühendisliği yanında Malzeme mühendisliği ile ilgili olduğundan dolayı, deneysel tasarım ve modelleme tekniği olarak Taguchi Tekniği kullanıldığı için kısaca bunlar açıklanacak, diğer teknikler üzerinde durulmayacaktır.

2.1.1 Taguchi Tekniği (TT)

Her hangi bir proseste parametrelerin daha verimli bir şekilde seçilmesini sağlamak, harcanan zamanı ve malzemeyi azaltmak için TT alternatif bir yaklaşım olarak devreye girmektedir. Temel olarak TT yaklaşımı, yüksek kalite sistemleri için güçlü bir yöntemdir.

Bu yaklaşım; maliyet, kalite ve performans tasarımlarını optimize etmek için basit, verimli ve sistematik bir metot olarak görünmektedir. Bu nedenle, son yıllarda çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. TT, bir ürün veya da prosesin mühendislik optimizasyonunu [16].

- Sistem tasarımı,

- Parametre tasarımı,
- Tolerans tasarımı, gibi üç adımlık bir yaklaşım içerisinde çözebilmeyi amaçlamaktadır.

Taguchi Tekniği'nin parametre tasarımı kısmı; aşağıdaki basamaklardan oluşur. Bunlar;

- Kalite karakteristiklerinin (bağımlı parametreler) ve tasarım parametrelerinin (bağımsız parametreler) belirlenmesi,
- Tasarım parametreleri ve etkileşimlerinin seviyelerinin belirlenmesi,
- Uygun bir lineer grafik ya da ortogonal dizinin belirlenmesi ve bu ortogonal diziyeye parametrelerin uygun seviyelerinin yerleştirilmesi,
- Ortogonal diziyeye yerleştirilen seviyelerde deneysel çalışmanın gerçekleştirilmesi,
- Deneysel sonuçları kullanarak S/N oranlarının hesaplanması ve sonuçların analiz edilmesi,
- Optimal tasarım parametrelerinin seçilmesi,
- Doğrulama testlerinin yapılması, şeklinde özetlenebilir.

İlk olarak, sistem tasarımı kısmında yapılan problemin tanımına göre bağımlı parametreler ve bağımsız parametrelerin ne olacağına karar verilir. Eğer sonucu etkileyecek parametre sayısı fazla ise etkisi az olacağı düşünülenler ihmal edilir. Yine deney maliyetleri göz önünde bulundurularak, deney parametrelerinin sayısı artırılır ya da azaltılır [17].

Bir sonraki adımda ise belirlenen tasarım parametrelerinin, yani sonuçları etkileyecek olan bağımsız parametrelerin uygun seviyeleri belirlenir. Bu aşamada bir faktörün dağılımını seviyelere doğru bir şekilde yansıtmak gerekir. Çünkü dağılım popülasyon sayısı ile sınırlıdır. Seviye sayısının fazla olması deney sayısını arttırmaktadır. Bazı deney örneklerinde deney seviyeleri deney maliyetlerini arttıran unsurlar olmaktadır.

Deney seviyeleri arasındaki farklılıklarda bağımsız parametrelerin bağımlı parametre üzerindeki etkisini düzgün yansıtmamaya neden olabilecektir. Dolayısıyla seviyeler arasındaki farklar eşit bir şekilde azalmalı ya da artmalıdır. Deneysel bir çalışmada deney seviyeleri bir faktörün alabileceği alt ve üst limit değerleri göz önünde bulundurularak belirlenir. Üçüncü aşama ise uygun bir lineer grafik ya da ortogonal dizi belirlemek ve bu ortogonal diziyeye parametrelerin uygun seviyelerini yerleştirmektir.

2.1.2. Ortogonal Diziler

Taguchi kısmi faktöriyel deney tasarımlarına "ortogonal dizi" ismini vermiştir. Taguchi'nin bu noktada yaptığı deney tasarımlarını sadeleştirerek pratisyenlerin anlayacağı bir düzeye getirmek olmuştur. Ortogonal diziler Taguchi tarafından aşağıdaki gibi kodlanmıştır [16].

$$LX (Y^Z) \quad (1)$$

Bu formülde;

L: Latin kare tabanlı anlamı,

X: Tasarımdaki deney sayısı,

Y: Deneydeki seviye sayısı,

Z: Deneyde kullanılacak maksimum faktör sayısını göstermektedir.

Taguchi tarafından hazırlanan dizilerin listesi aşağıdaki çizelgede verilmiştir . L18 ($4^1 \times 2^4$) tasarımında 4^1 bir adet dört seviyeli, 2^4 dört adet iki seviyeli faktör anlamına gelmektedir [15,16].

3. DENEYSEL İŞLEMLER

3.1 Malzeme Detayı

Bu çalışmada; saf Al (%99.98) tozu matris malzemesi olarak seçilmişken takviye malzemesi olarak Al_2O_3 seramik tozları kullanılmıştır. Al tozları yaklaşık 45 μm iken Al_2O_3 tozları ise yaklaşık olarak 43

μm boyutta temin edilmiştir. Alüminyum tozları içerisinde ağırlıkça %10 ve %20 oranlarında Al_2O_3 seramik tanecikleri katılarak toz karışımları TM usulü ile (wt.%), $43\mu\text{m}$ -%10wt.% Al_2O_3 bazlı karışımlar hazırlanmıştır.

Yukarıdaki oranlarda hazırlanan bu tozlar, daha sonra bu kalıpta blok parçalar haline getirilmek üzere soğuk presleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu karışımlar; yaklaşık 120 dak süre ile 3B Turbula içerisinde karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Kalıp içerisine belirli karışım tozu şarj edilerek ve 600 MPa basınç altında sıkıştırılarak silindirik şekilde numuneler elde edilmiştir. Presleme öncesi; karışım tozu içerisine, yaklaşık %2 oranında çinko stearat karışım içerisine şarj edilmiştir. Kalıpta sıkıştırılmış toz kütleleri, numuneler grafit bir kayık içerisinde tüp fırınının merkezine yerleştirilerek $10^\circ\text{C}/\text{dak}$ ısınma hızıyla farklı sinterleme sıcaklıklarına, 610°C 'e kadar ısıtılmıştır. Bu sürekli ısıtılma işlemi esnasında N_2 gazı kontrollü olarak uygulanmıştır [18]. Numunelerin yüzeyleri 1200°C 'lük zımpara ile gerekli yüzey kalitesinde zımparalanarak sinterleme sonrasında oluşabilen oksit tabakası temizlenir. Al alaşımının ve farklı boyut ve hacim oranlarında Al_2O_3 partikül takviyeli kompozit malzemelerin, Rockwell B ve Vickers sertlik ölçümleri gerçekleştirilir. Her bir numune için 5 ölçüm yapılarak bunların ortalaması, sertlik değeri olarak alınır. Bu malzemelerin Vickers sertlik ölçümleri, G.Ü. Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı İmalat ABD laboratuvarlarında Bulut Makine tarafından üretilen sertlik cihazı ile yapılmıştır.

3.2 Deneysel Tasarım

Üretilen MMK'lerin aşınma davranışını belirlemek amacıyla kayma hızı, yük ve kayma mesafesi gibi temel parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Parametreler ve seviyeleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Bu tabloda görüldüğü gibi, L_9 (3^3) tasarım türü benimsenmiştir. Taguchi karakteristiklerinden aşınma miktarı incelendiği için, en-az-en iyi kriteri seçilmiştir. Daha sonra da hangi parametrelerin daha etkin olup olmadığını belirlemek amacıyla istatistiksel varyans analizi yapılmıştır.

Tablo 1. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Parametreler	Code	First level	Second level	Third level
Kayma hızı,m/s	S	0.5	1.0	1.5
Uygulanan yük,N	L	10	20	30
Kayma mesafesi,m	D	600	900	1800

3.3 Aşınma Deneyleri

Aşınma deneyleri, disk üzerinde pim prensibine göre çalışan cihaz ile kuru ortamda yapılır. Deneysel çalışmada Pim-on-Disk tipi standart bir aşınma deney cihazı kullanılır. Kompozit numuneler 10 mm çapında ve yaklaşık 70 mm uzunluğunda aşınma deneyi için hazırlanır. Üretilen kompozitlerin aşınma davranışları için; uygulanan yük, sertliği, tane boyutu, sinterleme sıcaklığı, süresi, basıncı ve PCA katkı oranı vb. faktörlerin etkileri deneysel veya teorik olarak istatistiksel yöntemlerle araştırılacaktır. Kompozitlerin aşınma miktarları, Precisa B-220A marka terazide numunelerin deney öncesi ölçülen ağırlıklarından deney sonrası tespit edilen ağırlıklarının çıkarılması ile bulunur. Daha sonrada ölçülen yoğunluklar kullanılmak suretiyle hacimsel aşınma miktarları hesaplanmıştır. Deneylerde her bir kompozit malzeme için en az üç adet numune test edilerek bu değerlerin ortalaması alınır. Aşınma deneylerinde kuru ortamda yüzeyleri $0,15\mu\text{m}$ yüzey hassasiyetinde taşlanmış Ç5190 çelik diskler kullanılacaktır.

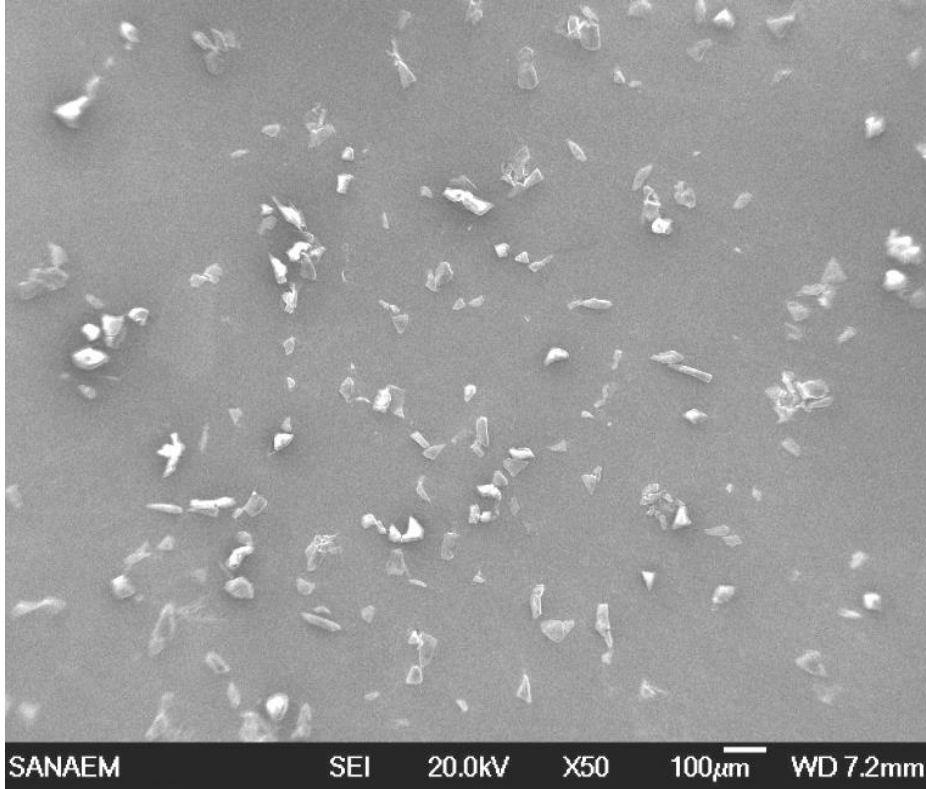
Deneyler; farklı yükler altında 2.1 km kayma mesafesinde 1 m/sn sabit hızda, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler dışında, farklı yükler altında sabit kayma hızında, oda sıcaklığında abrasiv aşınma deneyleri de gerçekleştirilmiştir. Aşınma işlemi; döner bir disk üzerine pens aracılığı ile bağlanan numunenin taşıyıcı kola istenen kuvvetle bastırılması yoluyla yapılmıştır. Döner disk üzerinde üç iz bulunmaktadır. Deney sabit kayma hızında yapıldığı için her izde çap değişeceğinden çevresel hızdan dolayı kayma hızı da değişecektir. Kayma hızını sabit tutmak için için diskin devir sayısının farklı olması gerekmektedir. Bu nedenle, disk üzerindeki kompozit numunenin temas ettiği noktaların çapları bilindiğinden her bir iz için ayrı ayrı devir sayılarının hesaplanmıştır. Ayrıca devir sayılarının ölçümü ve kontrolü elektronik takometre ile de yapılmıştır.

4.0 DENEYSEL SONUÇLAR

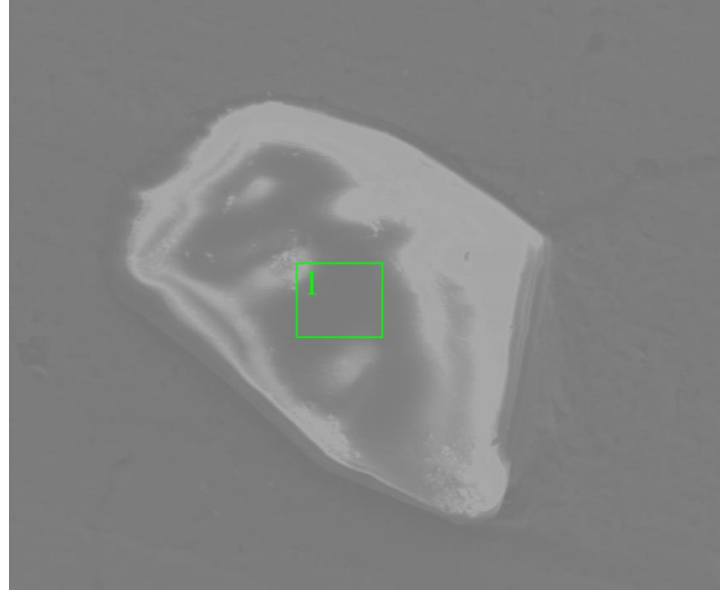
Bu çalışmada; Saf Al, ve bunun Al_2O_3 ile mikro-ölçekli kompozitler TM yöntemiyle üretilmiştir. Saf Alüminyum esaslı ağırlıkça %10, %20 oranlı $43\mu m$ parçacık boyutlu Al_2O_3 'le takviyeli kompozitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Burada; sinterleme sıcaklığının kompozitin mikroyapısı yanında sertlik ve aşınma davranışı üzerine etkisi incelenmiştir.

4.1 Kompozitin Mikroyapısı

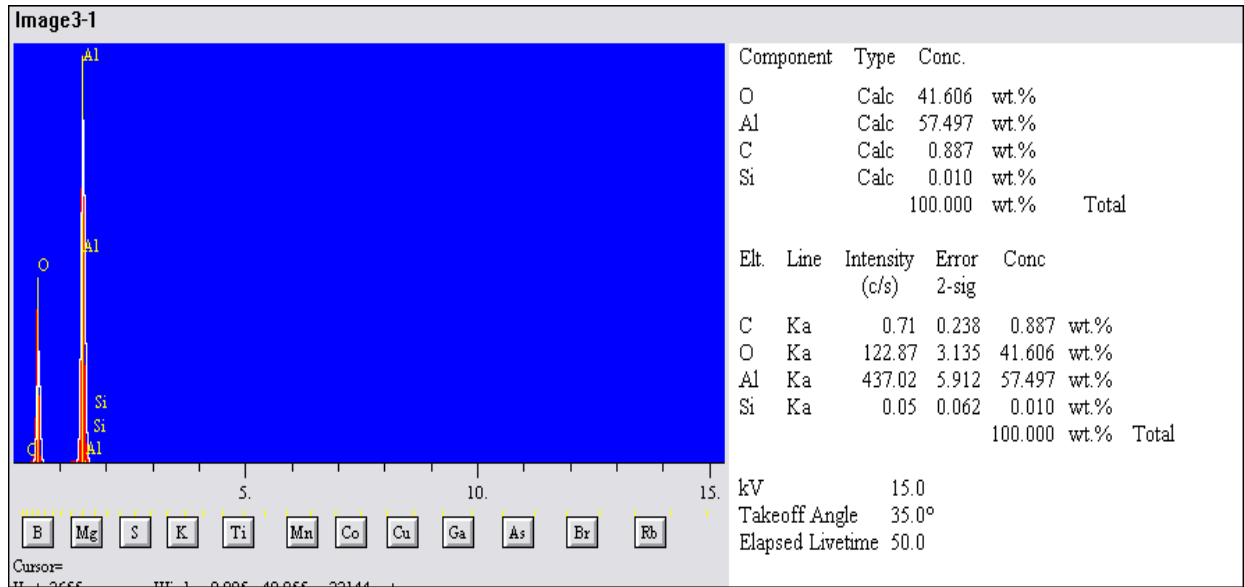
TM yöntemi ile üretilen alüminyum esaslı Al_2O_3 parçacık takviyeli kompozitlerin sinterleme sonrası mikro-yapıları Şekil 1,2, ve Şekil 3 de gösterilmiştir. Bunlardan Şekil 1 de $43\mu m$ -10wt.% Al_2O_3 /Al kompozitin yapısı görülmekte olup tane sınırlarının belirgin olarak ortaya çıkmadığı gözlenmiştir. Burada sinterleme sıcaklığı $610^\circ C$ uygulanmıştır. Şekil 2 de ise $43\mu m$ -10wt.% Al_2O_3 /Al kompozitin yapısı daha büyük büyütmede alınmış fotoğrafı gösterilmiştir. Bu mikroyapıda ise seramik parçacıklarının yapı içindeki dağılımının normal şekilde olduğu görülmektedir. Ayrıca, daha büyük büyütmede alınan bu fotoğrafta ise Al_2O_3 ile ana malzeme arasındaki ara yüzey bağının iyi olduğu gözlenmektedir. Bu kompozitin yapısında bulunan seramik parçacık için de EDS noktasal analiz yapılmıştır (Şekil 3). Buradaki yapılan analizden de görüleceği gibi, bu seramik parçacığın da bileşimini belirtmektedir. Burada kullanılan parçacığın bileşiminin Alüminyum oksitten oluştuğu, elementsel olarak yaklaşık %57,6'ı Al iken geri kalan %42 kısmının da O_2 'den meydana geldiği görülmektedir. $610^\circ C$ de üretilen numuneler üzerinde sertlik ölçümleri Rockwell B (HB1) metodu 15 Kgf ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sertlik değerleri 42HB, 54.8HB ve 62.2HB elde edilmiştir.



Şekil 1. Tipik bir $43\mu m$ -10wt.% Al_2O_3 /Al kompozitin yapısı, Al_2O_3 parçacıklarının ana yapı içerisinde düzgün bir dağılım sergilemeleri.



Şekil 2. Şekil 1 de verilen 10wt.%Al₂O₃/Al kompozitinin mikrofotografının büyütülmüş resmi.



Şekil 3. Şekil 2'de verilen Al₂O₃ parçacık üzerinde yapılmış olan EDS noktasal analizi.

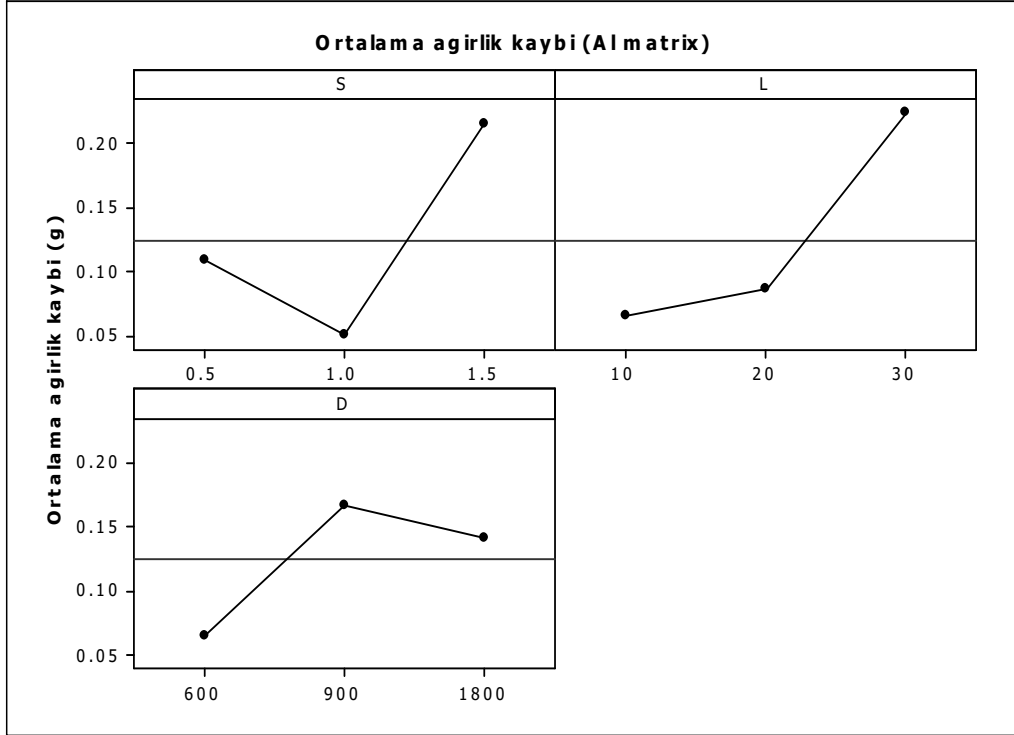
4.2 Ağırlık Kayıpları

Aşınma deneyi, kuru şartlarda pim-disk tipi bir deney cihazında yapılmıştır. Adhesiv aşınma deneyi; sabit bir hız ve değişik yüklemeler altında gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyinde toplam alınan yol 2100 m'dir.

TM yöntemi ile üretilen Al ve Al esaslı Al₂O₃ parçacık takviyeli kompozitlerin aşınma kayıplarının uygulanan yüklere göre değişimleri Şekil 4 de gösterilmiştir. Bu grafiklerde gösterilen S, L ve D simgeleri; sırasıyla kayma hızı, uygulanan yük ve sürtünme mesafesini ifade etmektedir. Bu malzemeler saf Al olup 610 °C ve 120 dak sinterlemeye maruz kalan malzeme grubunun aşınma davranışlarıdır. Bu grafikten görüldüğü gibi, düşük yüklerde aşınma kaybının çok az olduğu görülmektedir. Fakat artan yüklerle birlikte bilhassa 20N'dan sonra daha etkili olduğu ve malzeme kaybının hızla arttığı görülmektedir. Çünkü daha çok temas noktasına daha fazla kuvvetin

uygulanması ile gerilmenin daha da artmasına yol açmaktadır. Bu aynı zamanda daha fazla ve hızlı düzleşmenin çalışan yüzey üzerinde oluşması demektir. Bu grafikte yine hız etkisinin, özellikle 1 m/s'den sonra daha etkili olduğu görülürken kayma mesafesinin ise tersine 900 m'den sonra azaldığı ve dolayısı ile aşınma üzerine etkisinin azaldığı gözlenmektedir.

Kayma mesafesi artışı dikkate alınırsa 900m'den sonra hafif azalma görülmekte olup bunun sebebi de ana malzemenin yumuşaması ve dolayısı ile de sünekleşmesi daha fazla malzeme kaybını önlemesinden ileri gelmiş olabilir. Başka bir ifadeyle, optimum hız değeri S2 seviyesinde, yük değeri L1 seviyesinde ve kayma mesafesi değeri de D1'de elde edilmiştir. Bu değerler kullanılmak suretiyle de optimum şartların elde edilmesi teorik olarak da mümkündür.



Şekil 4. TM yöntemi ile üretilen saf Alüminyumun 610 °C ve 120 dakika sürede sinterleme sonrası aşınma kaybının yüke göre değişimi

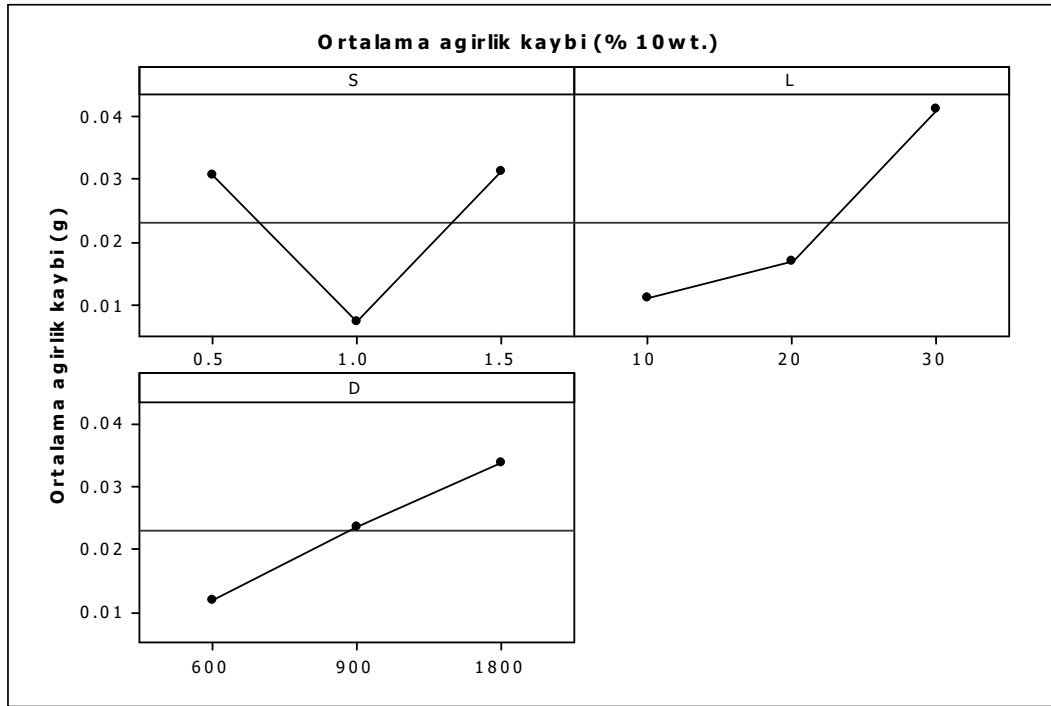
Bu sonuçlar istatistiksel olarak da varyans analizi ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Ortalama malzeme kaybı değerleri hesaplanmış olup Tablo 2 de gösterilmiştir. Bu grafiklerden görüleceği gibi, bu çalışmada yükün daha etkili olduğu ($F=30.40$), bunu ise kayma hızının takip ettiğini kayma mesafesinin ($F=11.22$) ise çok fazla etkili olmadığını göstermektedir. Bunun muhtemel sebebi yumuşak ve sünek fazlı yapının oluşmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Tablo 2. Matriks malzemesinde ortalama ağırlık kaybı için varyans analizi

Faktörler	SD	TK	OK	F cal	P (%)
S	2	0.042038	0.021019	28.70	40.2
L	2	0.044449	0.022224	30.40	42.52
D	2	0.016451	0.008225	11.22	15.75
Kalıcı hatalar	2	0.001469			1.53
Toplam	8	0.104406			98.47

Bu tabloda: SD=Serbestlik derecesi, TK=Toplam kareleri, OK=Ortalama kareleri, F=Fisher oranı, P=Katkı payını göstermektedir.

TM yöntemiyle üretilen Al / %10-Al₂O₃ parçacık takviyeli kompozitlerin aşınma kayıplarının uygulanan yüklere göre değişimleri Şekil 5 de gösterilmiştir. Bu malzemeler MMK olup aynı sinterleme şartlarına tabi tutulmuştur. Bu grafikten görüldüğü gibi, düşük yüklerde aşınma kaybının az olduğu görülmekte, fakat artan yükte malzeme kaybının arttığı gözlenmektedir. Bu grafikte yine hız etkisinin özellikle 1 m/s'de optimum olduğu görülürken kayma mesafesinin ise doğrusal olarak arttığı ve dolayısı ile aşınma üzerine etkisinin diğer parametreler ile karşılaştırıldığında daha az olduğu görülmektedir. Çünkü bu numunede yapı içerisinde yaklaşık %10 ağırlık oranında Al₂O₃ parçacık yerleşmiş olduğundan dolayı kayma mesafesine orantılı olarak malzeme kaybının artması, yapıda/yüzey üzerinde bulunan bazı parçacıkların da zamanla kırılması veya yüzeyden kopmasına ve ayrılmasına yol açmış olabilir. Bunun sonucu olarak da daha fazla kayıp ortaya çıkmış olacaktır. Yük etkisi ve hız etkisinin aynı olduğu görülmektedir.



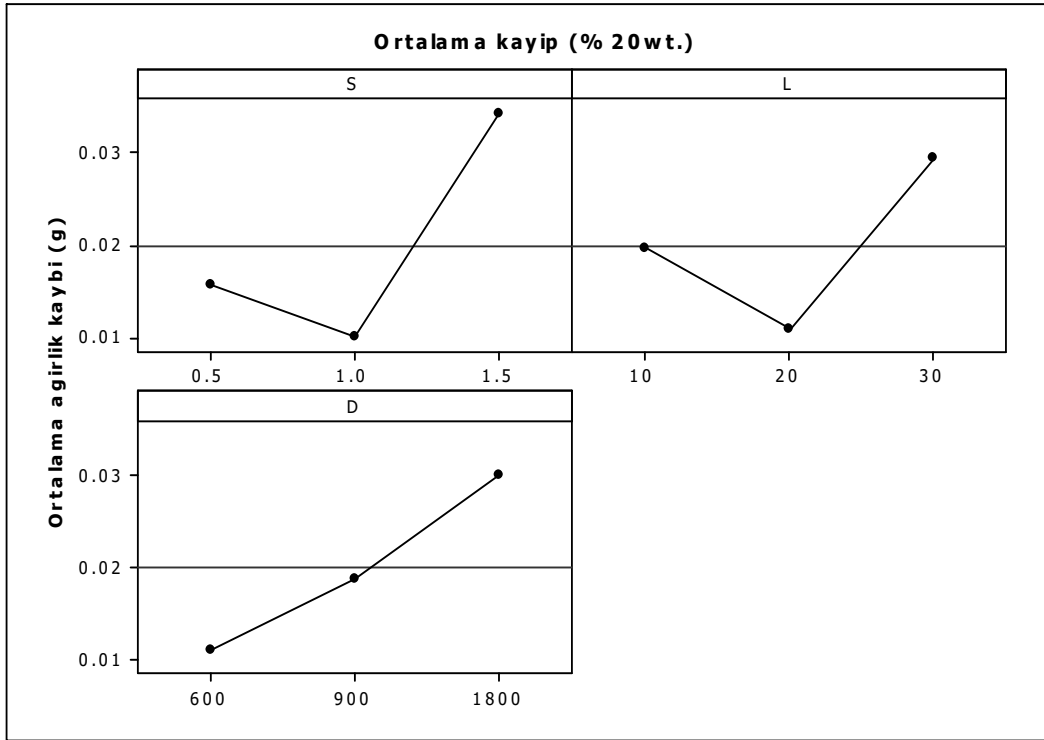
Şekil 5. TM yöntemi ile üretilen Al-%10wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerin 610 °C ve 120 dakika sürede sinterleme sonrası aşınma kaybının yüke göre değişimi.

Bununla beraber, Al-%10wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerin ortalama ağırlık kaybına göre, varyans analizi sonuçları Tablo 3 de gösterilmiştir. Bu sonuçlarda, Şekil 5 de gösterilen sonuçları doğrulamaktadır. Bu şekilden, uygulanan yükün en fazla etkiyi gösterdiği burada net bir tarzda rakamlarla görülmektedir. Ayrıca F oranı ve P oranı da bu etkileri ayrıntılı tarzda göstermektedir. Örneğin, L'de F=5.36 iken D'de ise bu oran F=2.47'dir. Benzer tarzda P oranı da karşılaştırma yapılabilir. Bu karşılaştırmada da L'nin yine daha fazla etkin faktör olduğu görülmektedir. Hata oranının burada daha fazla arttığı yine gözlenmektedir. Bunun sebebi ise kompozit malzemenin yapı ve mekanizmasının, genel mühendislik malzemesinden hayli farklı olduğundan ileri gelmektedir.

Tablo 3. Al-%10wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerde ortalama ağırlık kaybı (g) için varyans analizi

Faktörler	SD	TK	OK	F cal	P (%)
S	2	0.001132	0.000566	3.90	30.84
L	2	0.001545	0.000772	5.36	42.02
D	2	0.000711	0.000356	2.47	19.31
Kalıcı hatalar	2	0.000288	0.000144		7.83
Toplam	8	0.003676			92.17

Şekil 6 da TM yöntemi ile Al-%20wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerin aynı şartlarda üretimi ve sinterleme sonrası aşınma kaybının yüke göre değişimi gösterilmiştir. Bu şekilde sürtünme mesafesindeki artışın doğrusal olarak arttığı belli iken yük ve hız oranlarında belli değerlerde optimum noktaların olduğu görülmektedir. Bunun muhtemelen yapı içerisindeki parçacık dağılımı ve ara yüzey bağlantısının iyi olmasından kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir. Yük etkisi incelendiğinde burada ilginç nokta göze çarpmakta olup normalde 20N uygulamanın elbette daha çok aşınma oluşturması beklenir. Ancak burada belkide farklı numunelerde, aynı ağırlık oranında olsa bile, parçacık dağılımı ve bağ yeteneği farklı ortaya çıkmış olabilir. Seçilen numune de parçacık dağılımı düzgün oluşmamış olabilir ya da boşluklu yapı ortaya çıkmış olabilir. Diğer bir deyişle, bazen aynı numune farklı yüklerin uygulanması halinde bile çok farklı davranış göstermeyebilir. Çünkü yüzey sertleşmiş olabilir veya sinterleme ortamından ileri gelen bir problem olabilir. Çünkü bu tür hatalar ortamdan, deney aparatından, malzemeden veya kişiden de kaynaklanmış olabilir. Kayma mesafesi dikkate alındığında aşınmada doğrusal bir artış görülmektedir. Bunun normal bir davranış olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü bu kompozitin yapısında yaklaşık %20 oranında seramik parçacıklar içerdiği için zaman zaman parçacıkların kopması nedeniyle yerinden uzaklaşmakta ya da sertleşerek yeniden parça içerisine gömülmeye çalışmakta, veya bir kısmında dışarı atılmaktadır. Daha sonra tekrarlanan sürtünme kuvveti ve aşınmalar nedeniyle parça kütlelerinden daha büyük parçacıkların ayrılmasına bile neden olabilmektedir. Doğrusu kayma hızının bu numunelerde egemen olmasını da buna bağlamak gerekir.



Şekil 6. TM yöntemi ile üretilen Al-%20wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerin 610 °C sinterleme sonrası aşınma kaybının yüke göre değişimi.

Tablo 4 de ise Al-%20Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerde ortalama ağırlık kaybı için varyans analizi yapılmış ve gösterilmiştir. Takviye edilen alüminyum oksit parçacığının boyutu yaklaşık 43 µm'dür. Burada verilen tablodan en etkili faktörün kayma hızı olduğu gözlenmektedir. Özellikle, 1.5m/s hızda yapılan deneylerde numuneler üzerinde daha çok hasar oluşturulduğu sanılmaktadır. Çünkü uygulanan bu hızın şok veya darbeleme etkisinin daha çok parçacık kırılmasına, dolayısı ile de yüzeyde daha fazla deformasyona yol açtığı sanılmaktadır. Bu gayet mühtemeldir ki yüksek ağırlık 20wt.%MMK'lerde oluşan aşınma mekanizmasından kaynaklanmaktadır. Bu tablodaki katkı oranlarına bakılacak olursa, malzeme kaybı üzerine S'nin katkı payı yaklaşık %44.96 iken L'nin

%24.32 ve D'de bu oran ise yaklaşık %25.35'dir. Bu da kayma hızının daha etkili olduğunu doğrulamaktadır.

Bu konuda literatürde oldukça farklı sonuçlar elde edildiği ve tam bir uyum sağlanmadığı görülmüştür. Örneğin, Şahin ve Kamil [19], MMK'lerin aşınma davranışlarını farklı şartlarda incelemiş ve yükün etkin olduğunu vurgulamışlardır [20, 21]. Sahin 2005 [22] tarafından yapılan benzer çalışmalar, fakat abrasive aşınma deneylerinde ise kullanılan abrasive tane boyutunun etkili olduğu bunu takviye elemanı içeriği / takviye elemanı boyutunun takip ettiğini göstermiştir. Basavarajappa ve ark.[20] tarafından yapılan çalışmada Cam Epoksi ve GE+SiCp takviyeli kompozitlerde yük etkisi net olarak etkin olurken GE+SiCp+Gr esaslı kompozitler üzerinde yapılan ANOVA analizinde yük ile hız etkisinin hemen hemen aynı olduğunu göstermişlerdir. Fakat Basavarajappa ve diğ, [23], kayma mesafesinin daha etkili olduğunu rapor etmişken Mandal ve diğ., [24] de kayma hızının etkin olduğunu göstermişlerdir. Bu da tarafımızdan bulunan sonuçlarla kısmi uyumluluk arz etmektedir. Çünkü üretilen malzeme cinsine göre farklı parametrelerin etkinliğini ortaya koymuştur. Bunun mühtemel nedeni ise aşınma yüzeylerinde yapılacak olan metalografik incelemeler sonucunda ortaya çıkacaktır.

Tablo 4. Al-%20wt.Al₂O₃ parçacık takviyeli MMK'lerde ortalama ağırlık kaybına göre varyans analizi

Faktörler	SD	TK	OK	F cal	P (%)
S	2	0.000975	0.000488	8.72	44.96
L	2	0.000523	0.000602	4.68	24.32
D	2	0.000547	0.000274	4.89	25.35
Kalıcı hatalar	2	0.000111	0.000056		5.37
Toplam	8	0.002157			94.63

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada; TM yöntemi uygulanarak Saf Al ve Al'a ağırlıkça %10 ve %20 oranlarında, ortalama 43 µm boyutunda Al₂O₃ parçacıkların takviye edilerek MMK malzemelerin üretimi yapılmıştır. Üretilen metal bazlı kompozitlerin; mikroyapı incelemeleri ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca bu MMK'lerin kuru aşınma davranışları için istatistiksel bir model geliştirilmiştir. Deneyler;MMK malzemelerde aşınma miktarı, Al₂O₃ parçacık oranı ile az oranda düşerken yükün artması ile artış göstermiştir. Bunun dışında, Al matriks malzemesi ve 10wt.% içerikli MMK'lerde yük etkin olarak ortaya çıkarken 20wt.% MMK'lerde kayma hızının daha etkili olduğu görülmüştür. Bu da mühtemelen yüksek ağırlık oranlı MMK'lerde oluşan aşınma mekanizmasından kaynaklanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 07/2009-38 numara ile Gazi Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenmiştir. Bu nedenle üniversitemize teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] SAHIN, Y., Introduction to Composite Materials, 2nd ed., Seçkin Publication, Ankara, (2006).
- [2] DAS, S., BEHERA, R., DATTA, A., MAJUMDAR, G., ORAON, B., SUTRADHAR, G., Experimental investigation on the effect of reinforcement particles on the forgeability and mechanical properties of aluminium metal matrix composites, Mater. Sci.&Appl., 1, 310-316, (2010).
- [3] SHOROWORDI, K.M, LAOUI,T., HASEEB, A.S.M.A., CELIS,J.P., FROYEN,L., Microstructure and interface characteristics of B₄C, SiC and Al₂O₃ reinforced Al matrix composites: a comparative study, J.Mater. Process. Tech.142, 738-743,(2003).

- [4] MANDAL,D.P., DAS,S., High stress wear behaviour of aluminium hard particle composites: Effect of experimental parameters, particle size and volume fraction, Tribol. Inter. 39-6, 461-490, (2006).
- [5] ZHIQIANG, S., DI,Z., GUOBIN, L., Evaluation of dry sliding wear behaviour of silicon particles reinforced aluminium matrix composites, Mater.& Des. 60, 454-458, (2005).
- [6] RAHIMIAN,M., PARVIN, N., EHSANI,N., Investigation of particle size and amount of alumina on microstructure and mechanical properties of Al matrix composite made by powder metallurgy, Mater. Sci. Eng.A527, 1031-1038, (2009).
- [7] MANDAL,D., DUTTA, B.K., PANIGRAHI, S.C., Effect of wt.% reinforcement on microstructure and mechanical properties of Al-2Mg base short steel fiber composites, J.Mater. Proces. Technol.198, 195-201,(2008).
- [8] ZEBARJAD, S.M., SAJJADI,S.A., Microstructure evaluation of Al-Al₂O₃ composites produced by mechanical alloying method, Mater&Des. 27, 684-688,(2006).
- [9] WANG,H., ZHANG, R., HU, X.,WANG, C.,HUANG, Y., Characterization of a powder metallurgy SiC/Cu-Al composite, Mater.Proces.Technol. 197, 1-3,43-48, (2008).
- [10] LIM, C.Y.H., LIM,S.C., GUPTA,M., Wear behaviour of SiC_p-reinforced magnesium matrix composites, Wear 255, 629-637 ,(2003).
- [11] MIN,K.H., KANG,S.P., KIM,D.G., KIM,Y.D., Sintering characteristic of Al₂O₃-reinforced 2xxx series Al composite powder, J.Alloys & Comp. 400, 150-153,(2005).
- [12] MIN,K.H., LEE,B.-H., CHANG, S.-Y., KIM,Y.D., Mechanical properties of sintered 7xxx series Al/SiC composites, Mater. Lett. 61, 2544-2546,(2007).
- [13] BELMONTE, M., NIETO, M.I., OSENDI,M.I., MIRANZO, P., Influence of SiC grains on the wear behaviour of Al₂O₃/SiC composites, J.European Soc.60, 1273-1276,(2006).
- [14] BINDUMADHAVAN,P.N., CHIA,T.K., CHANDRASEKARAN, M., WAH,H.K., LAM,L.N.,PRABHAKAR,O., Effect of particle-porosity clusters on tribological wear behaviour of A356-SiC_p metal matrix composites, Mater. Sci.&Eng. A 315, 217-226, (2001).
- [15] MONTGOMERY, C.D., DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS, 2ND EDITION, NEW YORK, (1998).
- [16] ROY, R.K., A PRIMER ON THE TAGUCHI METHOD, COMPETITIVE MANUFACTURING SERIES,VAN NOSTRAND REINHOLD, NEW YORK,(1990).
- [17] ŞAHİN, Y., The prediction o wear resistance model of the metal matrix compositess, Wear, 258, 1717-1722,(2005).
- [18] ŞAHİN, Y., Wear behavior of Al-Al₂ O₃ reinforced composites, Advanced Materials Research, 308-310, 1577-1581,(2011).
- [19] ŞAHİN, Y., OZDİN, K., A model for the abrasive wear of Aluminium based composites, Mater.Des, 29, 728-733, (2008).
- [20] BASAWARJAPPA, S., ARUN, K.V., DAVİM, J.P., Effect of filler materials on dry sliding wear beahviour of polymer based composites - A Taguchi approach, J.Miner.Mater. Charact.&Eng.,8,5, 379-391, (2009).

- [21] DHARMALING, S., R.,VINOTH, K.S., Analysis of dry sliding friction and wear behaviour of aluminium composites,J.Composite Materials,44, 8, 2161-2179, (2011).
- [22] ŞAHİN, Y., Optimization of testing parametres on the wear behaviour of the metal matrix composites, Mater.Sci.&Eng.A 408,1-8, (2005).
- [23] BASAWARJAPPA, S., CHANDRAMOHAN,G., DAVIM, J.P.,Application of Taguchi techniques to study dry wear beahviour of metal matrix composites, J.Mater.Des., 28,.1393-1398, (2007).
- [24] MANDAL, N., ROY, H.,MONDAL, B.,MURMU, N.C.,MUKHOPADHYAY., Mathematical modelling of wear characteristics of 6061 Al-alloy-SiCp composites using response surface methodology, J.Mater. Eng.&Perform. 11,1059-1066, (2011).