



MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ
ÖZEL SAYISI

<http://me.iyte.edu.tr/>

Research Highlights

Yıl: 2017 Sayı: 1



Research Highlights

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖZEL SAYISI

İçindekiler

Bölüm Başkanından

Genel Bilgiler	4
Akademik Kadro	8
Projeler	10
Araştırmalar	12
Mekatronik ve Robotik	13
Isı ve Akışkan Bilimleri	21
Otomotiv Mühendisliği	29
Malzeme Teknolojileri	32
Mühendislik Mekaniği	44
Etkinlikler	54
Mezunlarımız	58



Bölüm Başkanından

Prof. Dr. Metin TANOĞLU

Makina Mühendisliği Bölüm Başkanı

Değerli okuyucular,

Makina Mühendisliği Bölümümüz 1998 yılında kurulmuştur ve gelişimini sürdürerek 2009 yılından beri yeni modern binasında faaliyetlerini sürdürmektedir. Yaklaşık 20 yıl gibi göreceli kısa bir süre içerisinde, hem eğitim-öğretim hem de araştırma anlamında sürdürdüğü nitelikli faaliyetleri ile kendini ispatlamış olan Bölüm ülkemizdeki seçkin ve tercih edirliliği yüksek Makina Mühendisliği Bölümleri arasında yerini almıştır. Bu sayıda, Bölümümüzü sizlere tanıtmaktan mutluluk duymaktayız.

Bölümümüzde seçkin akademik kadromuz ile eğitim-öğretim İngilizce olarak sürdürülmektedir. Lisans ve lisansüstü eğitim-öğretimin verildiği Bölüm programlarının her aşamasında proje esaslı ve laboratuvar ağırlıklı bir eğitim ile nitelikli genç mühendisler endüstri ve akademinin ihtiyacına uygun yetiştirilmektedir. Modern derslikler, güncel teknolojiyi takip ederek donatılan laboratuvar imkânları kullanılarak, tecrübeli eğitim kadrosu tarafından, topluma dinamik makina mühendisleri kazandırmaya devam edilmektedir.

Bölümün mevcut ana çalışma alanlarını; 1) Mekatronik – Robotik, 2) Mühendislik Mekaniği, 3) Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 4) Isı ve Akışkan Bilimleri, 5) Otomotiv Mühendisliği ve 6) Malzeme Teknolojileri oluşturmaktadır. Bu alanlarda nitelikli yüksek lisans ve doktora tezleri tamamlanmakta, bu konularda gerekli laboratuvar altyapısı geliştirilmektedir. Yüksek sayıda araştırma projelerimiz DPT, TÜBİTAK, MSB, Sanayi Bakanlığı ve endüstriyel kuruluşlar ile AB, NATO, NSF ve BMBF gibi uluslararası kuruluşlar tarafından

da desteklenmiş ve endüstriyel işbirliğinde sürdürülen önemli sayıda projelerimiz desteklenmeye devam etmektedir.

Bahsedilen ve Bölümümüz gelişim araştırma alanları içerisinde yer alan Robotik ve Otomasyon Teknolojileri, Mekatronik, Turbomakinalar, Rüzgar Enerjisi Teknolojileri, Kompozit Malzemeler, Nanomalzeme, Zırh Malzemeleri, Seramikler, Toz Metalurjisi, Katıcısımelerin Mekanik Davranışı, Mekanizmalar ve Makina Dinamiği, Yapay Zeka, Hijyenik İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri, Isı Pompaları, Elektronik Soğutma gibi öncelikli alanlarda araştırmacıların yetiştirilmesi ülkemizin ihtiyacı olan insangünün sağlanmasına katkı sağlamak Bölüm hedefidir. Bahsedilen alanlar ülkemizin teknolojik olarak öne çıkabilmesi, katma değeri yüksek ürünleri üretebilmesi ve ekonomik değere dönüştürebilmesi için oldukça önemliler arasındadır. Bu alanlarda yetişmiş akademik kadro ihtiyacının karşılanması için Bölüm değerli bir kaynak oluşturmaktadır.

İzmir Urla'da doğa ve deniz ile iç içe olan kampüsümüzde yer alan Bölümümüzü ziyaret etmenizi, bir kahvemizi içmenizi, bizleri daha iyi tanımanızı ve birlikte çalışmayı bekleriz.

Derginin hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkürlerimizi sunarız.

Sevgi ve saygılarımızla.



Genel Bilgiler

Makina Mühendisliği Bölümü



Genel Bilgiler

İYTE Makina Mühendisliği Bölümü 1998 yılında kurulmuş, 1998-1999 eğitim öğretim döneminde lisans ve yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 1999-2000 Eğitim-Öğretim Yılı'nın sonuna kadar İzmir şehir merkezindeki binada hizmet vermiş, takip eden yılın sonunda da Urla- Gülbahçe Köyü mevkiisindeki yerleşkeye taşınmıştır. 2003-2004 eğitim-öğretim yılında ise İYTE Makine Mühendisliği Bölümü bünyesinde doktora programına bağlı öğrenci kabulüne başlamıştır. 2009 yılında İYTE Gülbahçe Kampüsü'nde yaklaşık 12000 m²'lik alana yayılmış yeni binasına taşınmıştır. O tarihten şu ana kadar da bölüm binası içerisinde bulunan modern derslikler, güncel teknolojiyi takip ederek donatılan laboratuvar imkânları kullanılarak, tecrübeli eğitim kadrosu tarafından, topluma dinamik makina mühendisleri kazandırmaya devam edilmektedir.

Bölüm akademik kadrosu hâlihazırda tam zamanlı olarak çalışan 16 öğretim üyesi ve 1 öğretim görevlisinden oluşmaktadır. Akademik kadro eğitimini çoğunlukla yurtdışında ya da ülkemizde seçkin üniversitelerde tamamlamışlardır. Aldıkları bu eğitimi, bilim dünyasındaki yenilikleri takip ederek zamanın teknolojisine uygun gelişmeler sağlamayı amaçlayan bir öğretim süreci ile öğrencilere aktarmaktadırlar.

2016-2017 Bahar dönemi itibari ile 256 lisans ve 120 lisansüstü öğrencisine sahip olan Bölümde,

lisans üstü öğrencilerin oranı nispeten yüksektir. Makina Mühendisliği Bölümünde eğitim-öğretim dili İngilizcedir ve programın türü örgün öğretimdir. Bir eğitim-öğretim yılı 16 haftalık iki yarıyıldan oluşmaktadır. Makina Mühendisliği Bölümü'nde çalışılan ana araştırma konularını; **Mekatronik-Robotik-Kontrol, Mühendislik Mekaniği, Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Rüzgar Enerjisi, v.b.), Isı ve Akışkan Bilimleri, Malzeme Teknolojileri ve Otomotiv Mühendisliği** oluşturmaktadır.

Temel bilimlerin ürettiği bilgileri toplumun ve endüstrinin ihtiyaçları doğrultusunda ürün ve uygulamalara dönüştürerek, bu ihtiyaçlara cevap vermeyi amaç edinmiş olan Makina Mühendisliği Bölümü, araştırma ağırlıklı lisans ve lisansüstü eğitimlerini yenilikçi teknoloji alanlarında araştırmaların gerçekleştirilebildiği, araştırma sonuçlarının sanayiye kazandırılabilirdiği bir eğitim ortamının oluşturulmayı amaç edinerek, alanında yüksek düzeyde eğitilmiş, etik değerlere bağlı ve idealizmi olan makina mühendisleri yetiştirerek toplumsal gelişim ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlamaktadır.

Öğrenciler, çeşitli çalışma alanlarında, alanında yetkin kişilerin katılımıyla gerçekleşen seminerler ve düzenlenen teknik geziler aracılığıyla, ders dışında da teknik ve akademik bilgilerini geliştirme imkânına sahiptirler. Bölümümüz aynı zamanda önemli sayıda uluslararası sempozyum ve seminere ev sahipliği

yapmaktadır. Öğrencilerimiz bu sempozyum ve konferanslarda hem etkinliklerdeki sunumlara katılarak akademik gelişimlerine katkıda bulunmakta hem de görev ve sorumluluk alarak önemli tecrübeler edinmektedirler. Bununla birlikte, öğrencilerimiz çeşitli proje yarışmalardan önemli dereceler kazanmaktadır.



ERASMUS Programı

Makine Mühendisliği Bölümünün, ERASMUS Programı kapsamında Avrupa'da pek çok üniversite ile anlaşması bulunmaktadır. Erasmus programı, öğretim üyelerince desteklenerek, lisans, yüksek lisans ve doktora programlarından herhangi birine bağlı olan çok sayıda öğrencinin bu program ile Avrupa'da farklı üniversitelerde ders alması sağlanmaktadır. Aynı program kapsamında personel hareketliliği ile gelen araştırmacılar ve bölümümüze program dâhilinde ziyaretçi olarak gelen öğrenciler ile Erasmus programından etkin olarak faydalanılmaktadır.



Özgörevimiz

Lisans Programı

Makina mühendisliği lisans programında her aşamasında proje esaslı ve laboratuvar çalışmalarının yoğunlukta olduğu bir eğitim sürdürülmekte, bu sayede endüstri ve akademinin ihtiyaç duyduğu nitelikli mezunlar topluma kazandırılmaktadır.

Lisans programı 4 eğitim-öğretim yılından oluşmaktadır. Öğrenciler, örgün öğretim programında tamamlanması gereken bir zorunluluk olan 60 iş günü staj süresini iki şekilde yapmaktadır. Lisans programına kayıtlı öğrencilerin ikinci yıl sonunda 30 iş günü süreyle "Atölye Stajı" adı verilen stajı tamamlaması gerekmektedir. Takiben, öğrencilerin, üçüncü yıl sonunda ise kalan 30 iş gününü "Endüstri Stajı" yaparak tamamlaması gerekmektedir.

Lisans eğitimine devam eden öğrenciler için çeşitli laboratuvarlarda uygun çalışma ortamları bulunmaktadır ve bu sayede öğrencilerin laboratuvar çalışmaları teşvik edilmektedir. Bu şekilde katılım sağlayan öğrenciler, hem laboratuvarda yapılan işler/projeler hakkında daha iyi bilgi sahibi olmakta, hem de derslerinde teorik olarak gördükleri konuların uygulamalarını daha ayrıntılı inceleme fırsatına sahip olabilmektedirler.

Makina Mühendisliği Bölümünde son yıl olan 4. yılda, ME 402 Mühendislik Tasarımı dersinde gerçekleştirilen projeler ile, eğitimleri süresince kazandıkları teknik

ve akademik bilgileri harmanlayarak endüstriyel ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte tasarımlar ortaya konmaktadır.

Yüksek Lisans Programı

Yüksek lisans programında, toplumun ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik, araştırma ve geliştirme alanlarında kendini bilimin öncülüğünde geliştirmiş yüksek mühendisler yetiştirilmektedir. Yüksek lisans programına kayıtlı öğrenciler, belirgin bir çalışma alanında yoğunlaşarak, ilgili hocaların danışmanlığında sürdürdükleri yüksek lisans tezini bitirerek mezun olabilmektedir.

Doktora Programı

Doktora programı, makine mühendisliği konularını temel alan çeşitli konularda özel olarak yoğunlaşmış, yaratıcı çalışmaları oluşturup yürütebilecek ve bu bilgileri ileriki nesillere aktarabilen yetenekli bilim insanlarını yetiştirmeyi amaçlamaktadır.

Yüksek lisans ve doktora programına kayıtlı öğrenciler, öğrenim süreçleri içerisinde, DPT, TÜBİTAK, Millî Savunma Bakanlığı, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (San-Tez) ve endüstriyel kuruluşlar ile AB, NATO, NSF (National Science Foundation, USA) ve BMBF (Federal Ministry of Education and Research, Almanya) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından desteklenen projelerde araştırmacı olarak yer almışlardır.

Mühendislik Eğitim Programları

Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK) Üyeliği ve EUR-ACE® Etiketimiz

Makine Mühendisliği Bölümü lisans programı, genel olarak ülkemizdeki mühendislik programlarının eğitim-öğretim kalitesini artırarak, alanlarında her açıdan

daha yetkin ve bilgili mühendisler yetiştirilmesini amaç edinen Mühendislik Eğitim Programları Akreditasyon Kurulu (MÜDEK) tarafından 2011 yılından başlayarak hâlihazırda 2018 tarihine kadar geçerli olmak üzere akredite edilmiştir.

MÜDEK, aynı zamanda Avrupa Mühendislik Eğitimi Akreditasyon Ağı (ENAE - European Network for Accreditation of Engineering Education) isimli kuruluşa üye olması sayesinde kazandığı yetki ile, bölümümüze, aynı sürede geçerli olmak üzere EUR-ACE Label etiketini de sağlamıştır.



Altyapı

Araştırma Laboratuvarları

- Robotik Lab.
- Prof. Rasim Alizade Mekatronik Lab.
- Modelleme ve Prototipleme Lab.
- Akışkanlar Lab.
- Isı ve Kütle Transferi Araştırma Lab.
- Isı Transferi ve Termodinamik Lab.
- İçten Yanmalı Motorlar Lab.
- Yapay Zeka ve Dizayn Lab.
- Enerji Lab.
- Dinamik Test ve Modelleme Lab.
- Malzemelerin Mukavemeti Lab.
- Metal Proses Lab.
- Toz Metalurjisi Lab.
- Seramik Malzeme Lab.
- Kompozit Malzeme Lab.
- Mikro ve Nano Mühendislik Araştırma Lab.
- İmalat Atölyesi





Akademik Kadro

Öğretim üyeleri, mezun oldukları üniversiteler, çalıştıkları alanlar:

Prof. Dr. Metin Tanoğlu

PhD, Delaware Üniversitesi, ABD, 2000

Kompozit malzemeler, polimerik malzemeler, malzeme bilimi ve mühendisliği

Prof. Dr. Mustafa Güden

PhD, Delaware Üniversitesi, ABD, 1999

Metal ve seramiklerin yüksek deformasyon altında mekanik davranışı

Prof. Dr. Bülent Yardımoğlu

PhD, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1992

Dinamik, mekanik titreşimler, sonlu eleman analizi, metal kesme

Prof. Dr. Sedat Akkurt

PhD, Clemson Üniversitesi, ABD, 1998

Seramik malzemelerin üretimi, sentezi, karakterizasyonu, modellenmesi, tarihi yapı malzemeleri.

Prof. Dr. Serhan Özdemir

PhD, Florida Üniversitesi, ABD, 1999

Makina sağlığı ve hata teşhisi, akıllı kontrol

Prof. Dr. Alper Taşdemirci

PhD, Delaware Üniversitesi, ABD, 2005

Seramikler, kompozit malzemeler, zırh malzemeleri

Doç. Dr. H. Seçil Artem

PhD, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 1999

Kısmi diferansiyel denklemler için nümerik çözümler, mühendislik matematiği

Doç. Dr. Erdal Çetkin

PhD, Duke Üniversitesi, ABD, 2013

Vasküler yapılar, kendini-soğutma, kendini-iyileştirme

Doç. Dr. M. İ. Can Dede

PhD, Florida International Üniversitesi, ABD, 2007

Haptik, teleoperasyon, robot denetleyicileri

Doç. Dr. Gökhan Kiper

PhD, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2011

Mekanizma tekniği, makina dinamiği, katlanabilir yapılar

Yrd. Doç. Dr. Ünver Özkol

PhD, Illinois Teknoloji Enstitüsü, ABD, 2002

Makinalardaki türbulanslı ve ayrık akış, deneysel akışkanlar mekaniği (optik teknikler, termal anemometri ve akış görüntüleme), ısı transferi iyileştirme, elektronik ekipmanların soğutulması

Yrd. Doç. Dr. Murat Barışık

PhD, Old Dominion Üniversitesi, USA, 2012

Mikro/nano ölçekli gaz ve sıvı akışı/ısı transferi

Yrd. Doç. Dr. Alvaro Diez

PhD, Brunel Üniversitesi, İngiltere, 2009

Otomotiv mühendisliği, bio yakıtlar, dizel motorlar

Yrd. Doç. Dr. Sinan Kandemir

PhD, Leicester Üniversitesi, İngiltere, 2013

Metal matriksli nanokompozit malzemeler, yarı-katı

Yrd. Doç. Dr. M. Fatih Toksoy

PhD, Rutgers Üniversitesi, ABD, 2014

Malzeme bilimi, seramik malzemeler, sinterleme

Yrd. Doç. Dr. Kasım Toprak

PhD, Rice Üniversitesi, ABD, 2014

Enerji, ısı transferi, moleküler dinamik

Öğr. Gör. Dr. Özgür Günelsu

PhD, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2016

Piston ikincil dinamiği ve yağlama

Araştırmalar

Bölümümüz akademik kadrosu öğrencilerimizle birlikte, mekatronik-robotik-kontrol, mühendislik mekaniği, yenilenebilir enerji, malzeme teknolojileri ve otomotiv alanlarında, değişik kurumlar veya endüstri tarafından desteklenen projeler ile yüksek teknoloji alanlarında araştırmalarını sürdürmektedir.

Öğretim Elemanı	Araştırma Alanları					
	Mekatronik Robotik Kontrol	Mühendislik Mekaniği	Yenilenebilir Enerji	Isı ve Akışkan Bilimleri	Malzeme Teknolojileri	Otomotiv
Prof. Dr. Metin Tanoğlu					•	
Prof. Dr. Mustafa Güden					•	
Prof. Dr. Bülent Yardımoğlu		•				
Prof. Dr. Sedat Akkurt					•	
Prof. Dr. Serhan Özdemir	•					
Prof. Dr. Alper Taşdemirci		•				
Doç. Dr. H. Seçil Artem		•				
Doç. Dr. Erdal Çetkin				•		
Doç. Dr. Gökhan Kiper	•					
Doç. Dr. M. İ. Can Dede	•					
Yard. Doç. Dr. Ünver Özkol			•	•		
Yard. Doç. Dr. Alvaro Diez						•
Yard. Doç. Dr. Murat Barışık				•		
Yard. Doç. Dr. Sinan Kandemir					•	
Yard. Doç. Dr. M. Fatih Toksoy					•	
Yard. Doç. Dr. Kasım Toprak			•	•		
Öğr. Gör. Özgür Günelsu						•

Makina Mühendisliğinde Yönetilen Kurum Harici Projeler (2010 dan itibaren son 7 yıl)

Proje Adı	Proje Yöneticisi / Araştırmacı	Başlangıç Yılı	Destekleyen Kuruluş
Hidrojen Depolanması ve Dağıtımını Amaçlı Yüksek Basınca Dayanıklı Hafif Kompozit Tank Malzemelerinin Ve Sistemlerinin Tasarlanması, Optimizasyonu Ve Prototip İmalatlarının Gerçekleştirilmesi	Doç. Dr. H. Seçil Artem	2016	TÜBİTAK
Robot Assisted Endoscope Control that can be Controlled by the Surgical Tools (NeuRoboScope)	Doç. Dr. M. İ. Can Dede	2016	TÜBİTAK
Birlikte Çökertme Yöntemi ile Katkılanmış B4C'nin Geliştirilmesi	Yrd. Doç. Dr. M. Fatih Toksoy	2016	TÜBİTAK
Grafen Kaplı Metal Malzemelerin Isıl İletiminin Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi	Yrd. Doç. Dr. Kasım Toprak	2016	TÜBİTAK
Yapıların Optimizasyon Tabanlı Mimari Tasarımları (OPT-ARCH)	Doç. Dr. Gökhan Kiper	2015	Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange (RISE)
Moleküler Seviyede Nano-Ölçek Gaz Akışlarının İncelenmesi	Yrd. Doç. Dr. Murat Barışık	2015	Marie Skłodowska-Curie COFUND
Adsorpsiyon Yatak Isı Pompası Kullanılarak Buzdolabı Verimliliğinin Artırılması	Yrd. Doç. Dr. Murat Barışık	2015	SANTEZ Projesi
Beton İçin Yeni Bir Statik Ve Dinamik Mekanik Karakterizasyon Metodolojisi Geliştirilmesi	Prof. Dr. Alper Taşdemirci	2015	TÜBİTAK
Grafen Nanolevha Takviyeli Metal Matrisli Nanokompozitlerin Geliştirilmesi	Yrd. Doç. Dr. Sinan Kandemir	2015	TUBİTAK
Çok Katmanlı Sistemlerde Arayüz Dalgalarının Modellenmesi ve Çoklu Akustik Algılayıcı Uygulamaları Geliştirilmesi	Yrd. Doç. Dr. Onursal Önen	2014	TÜBİTAK
Momentum Flux, Phase Doppler Anemometry and High Speed Imaging Analysis of GDI injector under flash boiling conditions	Yrd. Doç. Dr. Alvero Diez Rodriguez	2014	TÜBİTAK
Adaptation of Uniform Wind Atlases: Case Study of Turkey	Yard. Doc. Dr. Ferhat Bingöl	2014	TÜBİTAK-Marie Curie
İYTE-Yeşil Kampüs'e Doğru: İYTE Yerleşkesinde Rüzgar Enerjisi Yatırım Projesi	Prof. Dr. Gülden Gökçen	2013	İZKA
Biodiesel Spray Investigation in a Constant Volume Combustion Chamber	Yrd. Doç. Dr. Alvero Diez Rodriguez	2013	TUBİTAK
Kinematically Redundant Laser Cutting Machine Design	Doç. Dr. M. İ. Can Dede	2014	SANTEZ Projesi
Patlamaya Dayanıklı Yarı Küresel Tekrarlı Çekirdek Malzemesi İhtiva Eden Sandviç Yapıların Geliştirilmesi Ve Optimizasyonu	Prof. Dr. Alper Taşdemirci	2014	TÜBİTAK
Antibakteriyel Kompoze Taş Üretimi	Prof. Dr. Metin Tanoğlu	2014	SANTEZ Projesi

Otomotiv Sektörüne Yönelik Kompozit Malzeme Esaslı Yaprak Yay Sistemlerinin Tasarımı ve Üretim Tekniklerinin Geliştirilmesi	Prof. Dr. Metin Tanoğlu	2014	SANTEZ Projesi
Yüksek Hassasiyetli Haptik Cihaz Tasarımı	Doç. Dr. M. İ. Can Dede	2013	AB 7. Çerçeve Programı Geriye Dönüş Hibeleri
Narlıdere Huzurevi Yaşlı Bakım ve Rehabilitasyon Merkezi'nde Enerji Verimliliği Fizibilitesi	Prof. Dr. Gülden Gökçen	2013	İZKA
Çok Katlı Konut Yapılarının Enerji Performansları ile Tasarım Verimlilik Göstergeleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi	Prof. Dr. Gülden Gökçen	2012	TÜBİTAK
Patlama ve Balistik Tehditlere Karşı Koruyucu Çok Katmanlı Malzeme Sistemlerinin Yüksek Deformasyon Hızlarında Mekanik ve Nümerik Test Metotlarının Geliştirilmesi ve Optimizasyonu	Prof. Dr. Alper Taşdemirci	2011	TÜBİTAK
Titreşim Ölçümlerine Dayanan Hasar Azaltıcı Kontrol ve Ömür Uzatma Simülatörü	Prof. Dr. Serhan Özdemir	2010	TÜBİTAK
Jet Akışlarındaki Kararsızlıkların Kontrolü ile Isı Transferinin Arttırılması	Yrd.Doç.Dr. Ünver Özkol	2010	TÜBİTAK
Çapraz-kama Haddeleme Prosesinin Teknik Özelliklerinin Türk ve Belarus Endüstrileri için Detaylandırılması	Prof. Dr. Mustafa Güden	2010	TÜBİTAK
Kompozit Malzemelerin Örgüsüz Cam / Termoplastik Hibrid Elyafardan Geliştirilmesi	Prof. Dr. Metin Tanoğlu	2010	TÜBİTAK
Patlama Etkisine Karşı Koruyucu Zırh Geliştirmesi	Prof. Dr. Metin Tanoğlu	2010	Milli Savunma Bakanlığı ve TÜBİTAK



Araştırmalar

Makina Mühendisliği Bölümü

Mekatronik ve Robotik Araştırma Alanı

Doç. Dr. M. İ. Can Dede

Haptik Cihaz Tasarımı

Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı Projesi

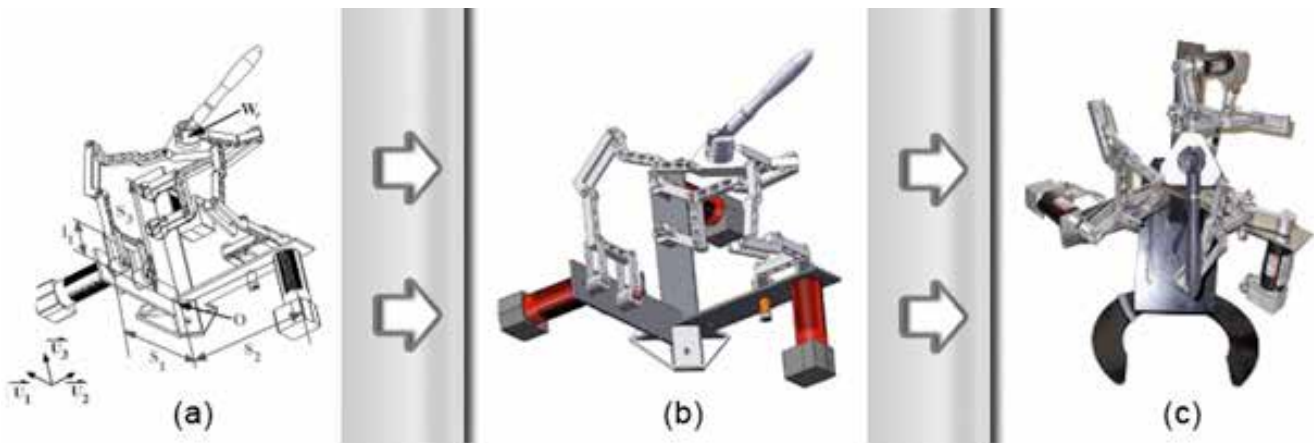
Haptik sistemler dokunma duyusunun bir ortamdan diğer bir ortama aktarılmasını sağlayan cihazlardır. Aktarılan dokunma duyusu bilgisi, uzaktan ameliyat sistemlerindeki gibi, o an gerçekleştirilen görevden elde edilen bir bilgi olabildiği gibi oluşturulan soyut bir bilgi de, cep telefonunun mesaj alındığı zaman titreşimle uyarması gibi, olabilir. IZTECH Robotik Laboratuvarında (IRL) haptik cihaz tasarımı konusunda yapılan çalışmaların ilk amacı robotik ameliyatlar gibi ileri teknoloji gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere yüksek hassasiyet ile konumlama yapabilen ve kuvvet ileten haptik sistemlerin tasarlanmasıdır. Öncelikli olarak, haptik cihazların hassasiyet seviyelerini artırmak için yeni ve alternatif mekanik tasarımların incelenmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. İlk tasarımıımız, günümüzde yaygın olarak mekanizma alanındaki araştırmacılar tarafından kullanılan/ geliştirilen paralel mekanizmalar kullanarak geliştirilmiştir. Paralel mekanizmaların alternatif yapılandırılmaları özellikle seçilen görev gerekliliklerini karşılamak için geliştirilebilmektedir. Çalışma sırasında seçilen belirli görevler için alternatif mekanizma tasarımları üzerinde araştırma ve geliştirme robot teknolojisi için değerli bir katkı olmuştur. Projenin ikincil amacı görev-güdümlü haptik sistem yapılarının çeşitli görevlere uygunluğunu araştırmaktır. Projede ele

alınan haptik sistem yapıları kapalı-döngü admitans, açık-döngü empedans ve kapalı-döngü empedans yapılarıdır.

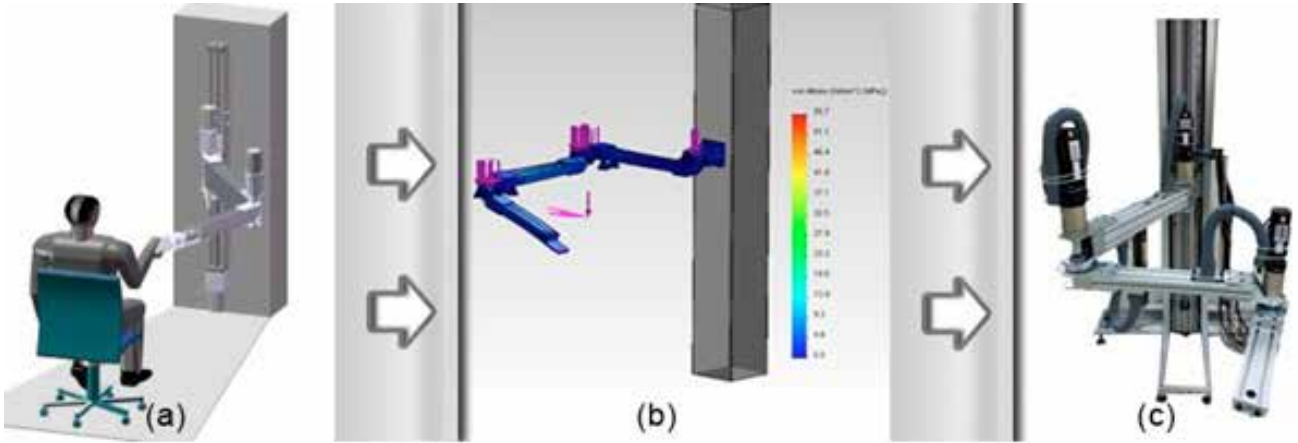
Haptik cihaz tasarımı konusunda yapılan ilk çalışmada masaüstü uygulamalar için kullanılması için bir yapı geliştirilmiştir. Tasarımın hedefi noktasal temasın benzetimini yapabilen üç adet doğrusal aktif ve üç adet dönel pasif serbestlik derecesine sahip hibrit bir yapıdır. Mekanizmanın üç boyutlu uzaydaki doğrusal hareketlerinin aktif olarak denetlenmesi sayesinde noktasal temas benzetimi yapılabilen iken pasif dönel serbestlik dereceleri ile kullanıcının yönelim girdileri eklemeye yerleştirilen algılayıcılar sayesinde toplanabilmektedir. Cihazın tasarımı ve üretilmiş hali Şekil 1'de verilmiştir ve cihaza isim olarak HIPHAD projesi kapsamına geliştirildiği için HIPHAD v1.0 verilmiştir.

Cihazın tutamağı Şekil 1'den gözlemlenebileceği gibi kalem şeklinde tutuşa izin vermekte dolayısı ile kısıtlı çalışma alanında daha yüksek oranda insanın bileği ve dirseğinden yapılan hareketlere izin verecek şekildedir. Bilek ve dirsekten iletilecek kuvvet oranları göz önüne alınarak cihazın tasarım girdileri alınmış ve nispeten yüksek direnç için noktasal temasın benzetiminde kullanılan doğrusal hareketlerin gerçekleştirilmesinde seri mekanizmalara göre yüksek katılığa sahip bir paralel yapı olan R-CUBE paralel mekanizması kullanılmıştır.

Geliştirilen haptik cihazın denetim algoritması ve sanal gerçeklik (SG) uygulaması geliştirilmiştir.



Şekil 1. HIPHAD v1.0 cihazının (a) mekanizma parametreleri; (b) bilgisayar-destekli tasarımı; (c) imal edilmiş hali



Şekil 2. SHAD v1.0 cihazının (a) kullanıcı ile birlikte çalışması; (b) analiz sonuçları; (c) imal edilmiş hali

Mekanik, elektromekanik ve elektronik bileşenlerin montajı ve sistemin ilk testleri ile mekanizmanın entegrasyonu tamamlanmış ve elde edilen sonuçlar ilgili konferanslarda sunulmuştur ve bu konuda IRL bünyesinde yüksek lisans tezleri tamamlanmıştır. Sonuç olarak, cihaz, kapalı-döngü admitans, açık-döngü empedans veya kapalı döngü empedans şeklinde yeniden yapılandırılabilir bir şekilde, haptik-teleoperasyon alanında çalışmalara ve testlere hazır hale getirilmiştir. Şu anki hali ile bütün eklemleri pasif olarak geriye sürülebilir şekilde açık-döngü empedans yapısında IRL faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

HIPHAD v1.0 masaüstü çalışmalara izin verirken çalışma alanı insan kolunun ulaşabileceği en yüksek seviyeye çekildiğinde mevcut yapı bu tür bir çalışma için çözüm sağlayamamaktadır. Bunun en önemli sebebi paralel mekanizmaların seri mekanizmalara göre boyutlarına göre daha sınırlı çalışma alanına sahip olmasıdır. Büyük çalışma alanlı uygulamalarda seri mekanizmalar sorunu çözerken nispeten yüksek ataletle sahip olmaları nedeniyle pasif olarak geriye sürülebilir şekilde geliştirilmelerinde sorunlar yaşanmaktadır. Söz konusu sorunlar yüksek redüksiyonlu eyleyici sistemler seçilerek halledilse de bu sefer sistemin pasif olarak geriye sürülmesi zorlaşmakta ve haptik cihazın performansı olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bu durumda kapalı-döngü admitans tipi yapı kullanımı IRL içinde yapılan çalışmalarda önerilmiştir.

Kapalı-döngü admitans yapısında IRL bünyesinde geliştirilen ilk cihaz Şekil 2'de verilmiştir. Cihazın çalışma alanı 1.80 metre boyundaki bir insanın ayakta iken ve oturur vaziyette kolunun erişebileceği bütün alanı kapsamaktadır. Cihazın mekanik yapısı

HIPHAD v1.0'da olduğu gibi noktasal temas için geliştirilmiştir. Ancak bu sefer üç yerine dört aktif serbestlik derecesi ile sistem kinematik olarak artıksıl olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede çalışma esnasında cihazın uzuvlarının insan vücudundan olabildiğince uzakta tutulması amaçlanmıştır. Sistemde kullanılacak artıksıl robot denetimi hakkında IRL bünyesinde bir tez tamamlanmış ve bir adet de yayın çıkarılmıştır. Denetim çalışmalarına gerçek sistem üzerinde devam edilmektedir. Geliştirilen cihaz omuz bölgesinin fizik tedavisi için de kullanılabilir olduğundan, cihazın adı omuz ve admitans kelimelerinin İngilizce birleşimi olan SHAD v1.0 olarak adlandırılmıştır. Projenin yaşam süresi boyunca projenin durumu ve çıkan yayınlar/tezler sürekli proje internet sitesinde (<http://robotics.iyte.edu.tr/hiphad.html>) ilan edilmiştir.

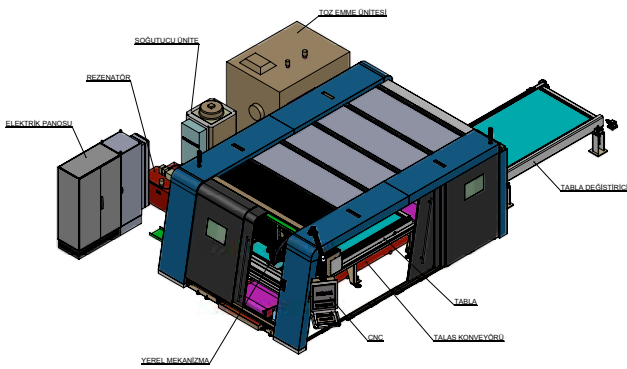
Kinematik Olarak Artıksıl Düzlemsel Lazer Kesim Makinası

SAN-TEZ Proje Ekibi: Doç. Dr. Gökhan Kiper, Yrd. Doç. Dr. Erkin Gezgin (İKÇÜ), Emre Uzunoglu

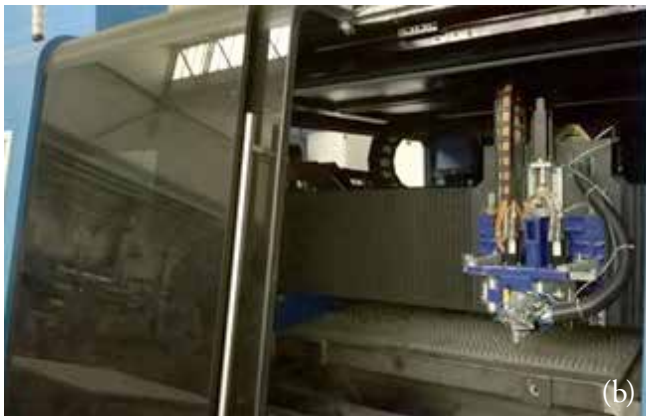
Proje, düzlemsel bir lazer kesme tezgâhı tasarımı, üretimi ve doğrulama testlerinden oluşmaktadır. Alışlagelmiş düzlemsel lazer kesme tezgahları XY düzleminde hareket için X ve Y doğrultularında doğrusal kızaklar üstünde eylemi gerçekleştirirken taşıdıkları ataletsel kuvvetin yüksek olması nedeniyle yüksek ivmelenmelere, hassasiyet kaybına neden verdiği için, çıkamamaktadır. Gelişen lazer kesme teknolojisi daha yüksek hızlarda ve daha düşük tepki sürelerinde kesme yapabilme kabiliyetine sahip olsa da geleneksel kesme tezgâhları bu potansiyeli kullanamamakta ve hassasiyet değerlerini yitirmeden en fazla 1,5-2 g'lik

ivmelere çıkabilmektedir.

Son 5-10 yıldır yurtdışında farklı firmalar geleneksel düzlemsel lazer kesme tezgâhlarına fazladan eyleyici sistem ekleyerek kinematik olarak artıksıl mekanizmalar oluşturmuş ve 5-6g'lik ivme seviyelerine çıkabilmişlerdir. Bu çalışmada, konvansiyonel köprü yapısı olan makro mekanizmaya eklenecek düşük çalışma alanlı ve düşük ataletli mikro mekanizma ile mekanizma hibrit ve artıksıl olarak geliştirilmiştir. Makinanın genel bir görünüşü bilgisayar-destekli tasarım ortamı çıktısı olarak Şekil 3 (a)'da verilmiştir. Konvansiyonel X-Y tablası üzerine konumlandırılan ve mikro mekanizma olan aşırı kısıtlı paralel mekanizma ve ucundaki lazer kesici ucu Şekil 3 (b)'de gösterilmiştir.



(a)



Şekil 3. (a) Kinematik olarak artıksıl düzlemsel lazer kesim makinasının genel görünümü (b) Üretilen makinanın mikro mekanizmasının görüntüsü

Projede mekanik çözümlere ek olarak verilen görevlerin artıksıl eksenlere dağılımı için artıksıllık çözünüm algoritmaları konusunda çalışılmıştır. Söz konusu algoritmalar benzetim ortamında test edilmiş ve üretilen

makinanın CNC sistemine gömülmüştür. Makinanın tasarımı patente konu olmuştur ve halihazırda 2 adet patent inceleme aşamasındadır. Oluşturulan prototip makina üzerinde doğrulama testleri ile sistemin kabiliyeti ölçülmüş ve tasarım doğrulanmıştır.

Projenin neticelenmesi ile Türkiye sanayisinde ilk defa 4 g'lik ivmelenme değerleri üstüne hassasiyetini (konumlama hassasiyeti ± 0.042 mm/m, tekraralama hassasiyeti ise ± 0.08 mm) koruyarak çıkan, özgün kinematik olarak artıksıl düzlemsel lazer kesme makinası prototipi tasarlanmış ve üretilmiştir. Yapılan denem üretimlerinde konvansiyonel makinaya göre üretim süreleri parçaların karmaşıklığına bağlı olarak 5 katı kadar azalmıştır.

Cerrahi Aletlerle Yönlendirilebilen Robot Yardımlı Endoskop Kontrol Sistemi (NeuRoboScope)

TÜBİTAK 1003 Proje Ekibi: Doç. Dr. Gökhan Kiper, Yrd. Doç. Dr. Tolga Ayav, Yrd.Doç. Dr. Barbaros Özdemirel, Doç. Dr. Enver Tatlıcıoğlu

Hipofiz bezi her iki görme sinirinin arasında kafa tabanına yerleşmiş, özel bir salgı organıdır. NeuRoboScope Projesi ile hipofiz bezinden kaynaklanan tümörlerin cerrahisi sırasında, bu işlemde kullanılan görüntüleme aracını (endoskop) cerrahın istediği şekilde yönlendirilmesine yarayan özel bir robotik sistem geliştirmesi amaçlanmaktadır. Sistem ameliyatı gerçekleştiren cerrahın ameliyatta kullanılan -biri endoskop olmak üzere- üç adet aleti aynı anda kullanmasına izin verecektir. Bu sayede söz konusu cerrahi operasyonun performansının ve verimliliğinin arttırılacağı ve ameliyat süresinin kısılacağı öngörülmektedir. Önerilen sistemde cerrahın kullandığı aletlerin hepsine ameliyat sırasında kolaylıkla monte edilebilecek hafif bir ana kumanda sistemi ile aletin hareketleri operatörün istediği anda algılanarak ve uygun bir şekilde işlenerek görüntüleme aleti olan endoskopu tutan robot kola hareket bilgisi ulaştırılacaktır. Bu sayede cerrah diğer iki eliyle farklı cerrahi aletleri kullanırken ameliyat boyunca devamlı bir şekilde endoskopu yönlendirebilecektir. Hipofiz bezi vücuttaki pek çok hormonun salgılanmasını kontrol eden ve böylelikle doğrudan ya da doğrudan olmayan yolla vücuttaki tüm organların çalışmasını etkileyen önemli bir salgı

bezidir. Düzenlenmesinden sorumlu olduğu hayati işlevlerden dolayı bu bezin tümörleri de önemli bir sağlık sorunu oluşturur. Bu tümörlerin tedavisi kafatası açılarak, kafatası açılmadan burun deliğinden girilerek mikrokospla ya da yine burun deliğinden girilerek endoskopik yolla (endoskopik transnazal transsfenoidal) yapılabilmektedir. Hipofiz cerrahisi etkin ve modern bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Endoskopik transnazal transsfenoidal yöntemde 'endoskop' adı verilen, ışık kaynağından cerrahi sahaya ışık, cerrahi sahadan da kameraya görüntü taşıyan özel optik sistemler kullanılmaktadır. Bu yöntem diğerlerine kıyasla görece yeni ve etkin bir yöntemdir. Cerrahi sahaya mümkün olan en yakın mesafeden görüntü sağlaması ve geniş görüş açısı nedeniyle cerrahinin sonucunu olumlu etkilemektedir. Kafatası açılmadan burun deliğinden gerçekleştirilmesi nedeniyle de hasta açısından daha kabul edilebilir bir yöntemdir. Öte yandan, bu ameliyatlarda sırasında karşılaşılan en önemli sorunlardan bir tanesi, cerrahın bir elini, görüntü sağlayan endoskopun kontrol edilmesi için ameliyat boyunca kullanmak zorunda kalmasıdır. Diğer aletlere göre daha ağır olan endoskopun ameliyat süresince tutulmak zorunda olması, ortalama 2-4 saat süren ameliyat sırasında cerrahın yorulmasına neden olmakta ve cerrahi işlemleri tek eliyle yapmak zorunda bırakmaktadır. Bu da hem cerrahinin başarısını azaltıp ve süresini uzatmaktadır. Cerrah aynı anda aspiratör, küret, drill, bistüri gibi birden fazla cerrahi aleti kullanması gerektiğinde, asistanlarından yardım alabilmektedir.

Ancak asistan, cerrahın sözel talimatlarıyla endoskopu kontrol etmeye çalışırken sözlü iletişimdeki kısıtlılıklar nedeniyle sorunlar yaşanabilmektedir. Ayrıca cerrahın ve asistanın hastaya/ameliyat masasına göre olan farklı konumları, cerrahi sahanın darlığı gibi birçok nedenden dolayı ameliyat sırasında dikkat dağılmakta, koordinasyon problemleri yaşanmakta ve cerrahi performans düşmektedir. Bu zorluklar endoskobu cerrahın yerine tutacak ve hatta gerektiğinde uygun şekilde yönlendirecek bir endoskop tutucu ihtiyacı doğurmuştur. Bu amaçla çeşitli endoskop tutucu prototipleri üretilmişse de klinik ihtiyacı karşılayacak şekilde çözüm henüz mevcut değildir. Sunulan projede, bu ihtiyacı karşılayacak yenilikçi bir robotik endoskop yönlendirici robot sistemi geliştirilmesi planlanmaktadır.



Öncelikle endoskopik hipofiz cerrahisi konusunda özelleşmiş beyin cerrahisi grubu tarafından, anatomik, radyolojik ve cerrahi bilgiler sağlanacak ve sistem istekleri belirlenecektir. Geliştirilecek sistem bir robotik uygulama olduğu için yapısı itibari ile çok disiplinli bir çalışma gerektirmektedir. Söz konusu disiplinler temel olarak mekanik, elektronik ve yazılım alanlarıdır. Bu projeye özel olarak ise yüksek hassasiyetli, sistem güvenilirliği açısından yüksek geri-sürülebilirliği olan ve dengelenmiş mekanizma tasarımı için mekanizma bilimi disiplini alanında çalışma yapılacaktır. Sistemin çalışma şekli cerrahın bir elinde kullandığı aletten alınacak girdilere göre robot endoskopu yönlendireceği için bir teleoperasyon sistemidir. Bu anlamda teleoperasyon sisteminin oluşturulması için sistem dinamiği ve kontrol disiplini de çalışma yapılacaktır. Sistemin kontrol kartlarının belirlenen denetim algoritmalarını koşması için projede gömülü sistemler konularında çalışma yapılacaktır. Bu kapsamda alt sistemler (algılayıcı, eyleyici, kontrol kartı v.b.) arası gerçek zamanlı veri alışverişinin düzenlenmesi için sinyal işleme konularında çalışılacaktır. 3B anatomik modellerin oluşturulması, benzetim, model ve kadvralar üzerinde yapılacak tasarım doğrulama çalışmaları, sistem performans testlerinin yapılması ve son kullanıcı geribildirimlerinin sağlanması hususlarında cerrahi ekibi katkıda bulunacaktır.



Çalışmada, ilgili preklinik testlerin yapılması (hassasiyet ölçümleri, simülatör, anatomik model, kadavra üzerinde çalışmalar) öngörülmekte, ancak yüksek riskli ve kritik bir cerrahi işlem olması nedeniyle klinik testlerin preklinik test sonuçlarına göre –proje sonrasında– hayata geçirilmesi planlanmaktadır.

Projede, endoskopik hipofiz cerrahisinde kullanılan optik-kamera sisteminin, cerrahın kullandığı cerrahi aletleri takip ederek yönlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu sistemin mekanik, elektronik ve yazılım bileşenlerinin oluşturulması sırasında kazanılacak tecrübe, ileride başka amaçlarla geliştirilecek olan cerrahi robotların tasarımına da katkı sağlayacaktır. Projenin çıktısı programın amaçlarından olan minimal invaziv ameliyatları için bir robot sistemidir. Bu sistemin alt bileşenlerinin dışında toplam sistem mimarisi benzer ameliyatların robot destekli ameliyata dönüşmesine imkân verecektir.

Doç. Dr. Gökhan Kiper

Yapıların Optimizasyon Tabanlı Mimari Tasarımı – OptArch

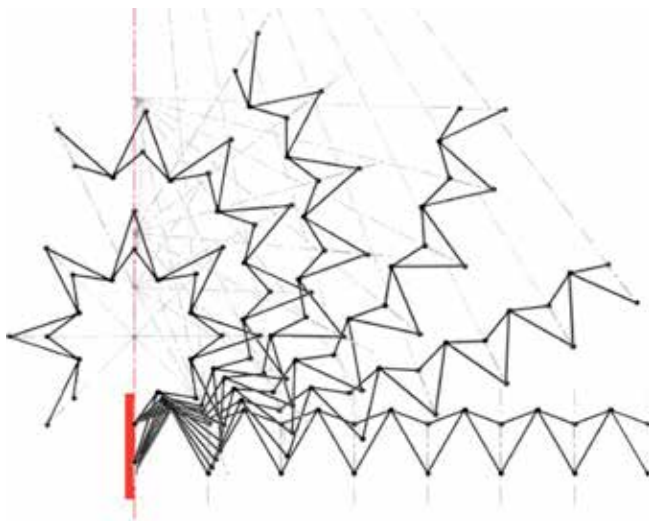
H2020-MSCA-RISE Proje Ekibi: Doç. Dr. Koray Korkmaz, Doç. Dr. Engin Aktaş

Optimization Driven Architectural Design of Structures (Yapıların Optimizasyon Tabanlı Mimari Tasarımı) – OptArch projesi Yunanistan, Fransa, Türkiye, Güney Kıbrıs, Kanada, Mısır ve Ürdün’den 11 Üniversite ve 3 firmadan oluşan bir konsorsiyum tarafından oluşturulmuştur. Proje koordinatörü Atina Ulusal Teknik Üniversitesi olup proje koordinatörü Yrd. Doç. Dr. Nikolaos D. Lagaros’tur. İYTE proje takım koordinatörü Doç. Dr. Koray Korkmaz olup proje süresi 48 aydır.

OptArch projesi mimari yapıların optimal tasarımına olan ihtiyaç çerçevesinde hayata geçirilmiştir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) 2016 verilerine göre inşaat sektörü 7.5 trilyon ABD doları ile küresel gayrisafi milli hasılanın %10unu teşkil ettiği tahmin edilmektedir ve sektörde 111 milyon insan çalışmaktadır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü’nün 2005 verilerine göre günümüzde insanların %90a yakın vaktini kapalı mekanlarda geçirmekte olduğu göz önüne alındığında bina tasarımlarının optimum yapılması gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Modern yapı tasarımı, farklı disiplinlerden çoğu zaman birbirleri ile çelişen pek çok sayıda ölçütün hesaba katılmasını gerektirmektedir. Çok sayıda tasarım seçeneği içerisinde optimizasyon araçlarının adapte edildiği tasarım süreci ile belirlenen amaçlara ulaşma olasılığı artmakta ve dahası, bu araçlar tasarımcının sezgilerine rehber olmaktadır. OptArch projesinin hedefi uluslararası akademik kuruluş ve KOBİ’lere mensup araştırmacılardan oluşturulan çok disiplinli çalışma grupları arasında güçlü bir sinerji oluşturarak binaların farklı tasarım aşamalarında optimizasyon tekniklerinin uygulanması için yöntemlerin geliştirilmesi ve test edilmesidir. Proje kapsamında şekil ve topoloji optimizasyon teknikleri bilgisayar destekli mimari tasarımda kullanılacaktır. Proje ile oluşturulan profesyonel ağ ile optimal çok disiplinli mimari tasarıma yönelik güncel uygulamalar için bilgi aktarımı ve çözüm önerileri yapılması sağlanacaktır. Özellikle yapısal mekanik, eko-tasarım, biyoiklimsel tasarım ve akustik performans

konularındaki ölçütlerin birleşimi ele alınacaktır.

Projede İYTE, “Optimum hibrit kinetik ve uyumlu yapılar” iş paketinde ana sorumlu olup bu iş paketinde ayrıca Yaşar Üniversitesi, ACE firması, Kıbrıs Üniversitesi görev almaktadırlar. 36 ay süreli iş paketinin ana amaçlarından biri yeni uyumlu hibrit sistemlerin modelleme, analiz ve tasarımında şekil-kontrollü yapıların kullanılabilirliğini ve potansiyelini ortaya çıkarmaktır. Geleneksel sabit şekilli binalara göre enerji verimliliğini yükseltmek ve kullanım olanaklarını artırmak üzere uyumlu yapıların sinerjik mimari ve mühendislik yaklaşımı ile tasarlanmasının getireceği faydalar göz önüne serilecektir. Şekil-kontrollü yapılar değişen işlevsel gereksinimlere ve çevresel koşullara uyum sağlarlar ve kaynakların verimli kullanımı, maliyet düşürülmesi ve enerji tasarrufu avantajlarına sahiptirler. Bu özelliklere ulaşmak için inovatif tasarım süreçleri ve optimizasyon teknikleri geliştirmek gerekmektedir. İş paketinin bir diğer ana hedefi uyumlu yapıların geometrik ve yapısal tasarımı için bir optimizasyon arayüzü geliştirmektir. Bu arayüz, düzlemsel ve uzaysal uyumlu yapıların tasarımında istemler uyarınca optimum geometri alternatifleri türetebilecek ya da verilen bir geometrinin birim elemanları için uygun boyutları tespit edebilecektir. Her iki durumda da arayüzde birim eleman kesitlerinin malzeme, dinamik yükler, v.s. şartları uyarınca optimum tasarımı mümkün olacaktır. Projenin ilk çıktılarından bir tasarım örneği Şekil 1’de gösterilmiştir.



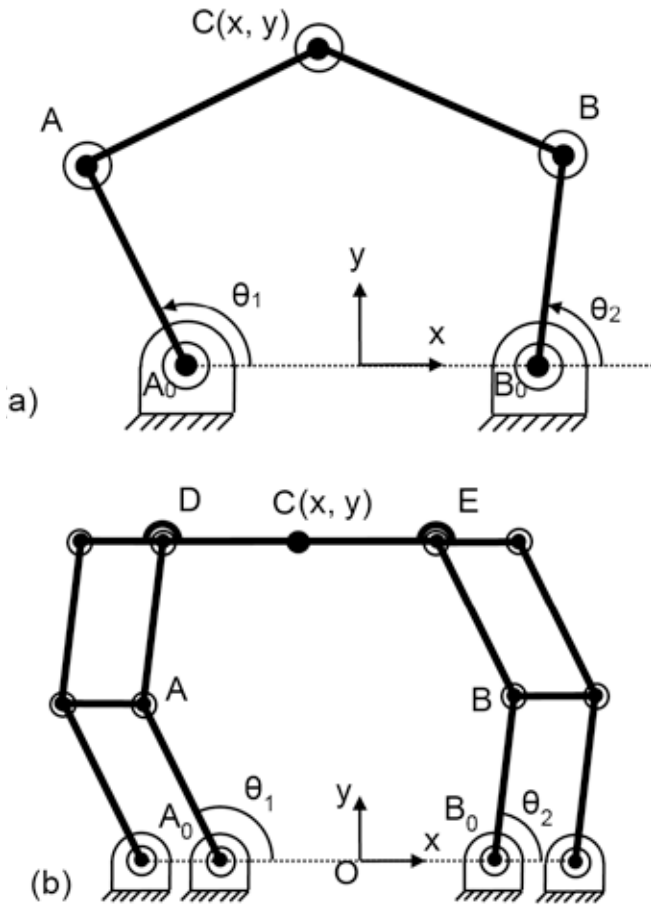
Şekil 1. Düz yapılandırmadan sarmal yapılandırmaya geçen bir katlanabilir yapı

Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Yüksek İvmeli Çalışan Paralel Robotların Konumlama Hassasiyetinin Artırılmasına Yönelik Yöntemler

TÜBİTAK 1001 Proje Ekibi: Doç. Dr. Can Dede, Emre Uzunoglu, Merve Özkahya

Projenin amacı endüstriyel uygulamalarda giderek sıklıkla kullanılmaya başlanan paralel robotların konumlama hassasiyetlerini artırmak üzere yapısal ve denetimsel iyileştirme yöntemlerinin araştırılmasıdır. Dar alanlarda zorlayıcı yükler altında, yüksek ivmeli ve hassas hareketler yapılması gerektiğinde seri robot kollar esneme problemi nedeniyle istenilen performansı veremediğinden paralel kinematik mimarili robot kollar tercih edilmektedir. Yüksek direngenlik, yüksek ivmelere çıkabilme, yüksek hassasiyet ve yüksek yük/ atalet oranı nedenleri ile paralel manipülatörler 25 yılı aşkın süredir çalışılmaktadır. Paralel mekanizmaların kinematik yapısının tasarımında çeşitli başarımlı ölçütlerine göre eniyilemeler yapılsa da uygulama sırasında üretim hataları, uzuv ve mafsallık esneklikleri gibi etkenlerden ötürü istenilen konumlama hassasiyeti elde edilememektedir.

Proje dâhilinde iki mekanizmanın konumlama ve tekrarlanabilirlik hassasiyetlerinin iyileştirilmesi için yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanması amaçlanmaktadır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda her iki mekanizma, başarımlı kıstasları uyarınca, hem önceki hallerine göre hem de birbirleri ile karşılaştırılacaktır. Bu sayede aynı iş için tasarlanmış kinematik yapısı farklı iki paralel robot tipinin endüstriyel uygulamalarda kullanımına yönelik üstünlükleri karşılaştırmalı olarak belirlenmiş olacaktır. Bu amaçlara yönelik olarak projenin hedefleri yapısal olarak düşük ataletli ve yüksek direngenlikli uzuv geometrilerinin belirlenmesi ile normal kısıtlı ve fazla kısıtlı kinematik yapıya sahip iki robot mekanizması (Şekil 2) tasarlanıp üretilmesidir. Üretilen paralel robotların enerji verimliliği, dengeleme kolaylığı, konumlama ve tekrarlanabilirlik hassasiyetleri, model karmaşıklığı, kontrol edilebilirliği ve kalibrasyon kolaylığı kıstaslarına göre kıyaslanması hedeflenmektedir.



Şekil 2. a) Normal kısıtlı ve b) fazla kısıtlı 2-s° düzlemsel mekanizmalar

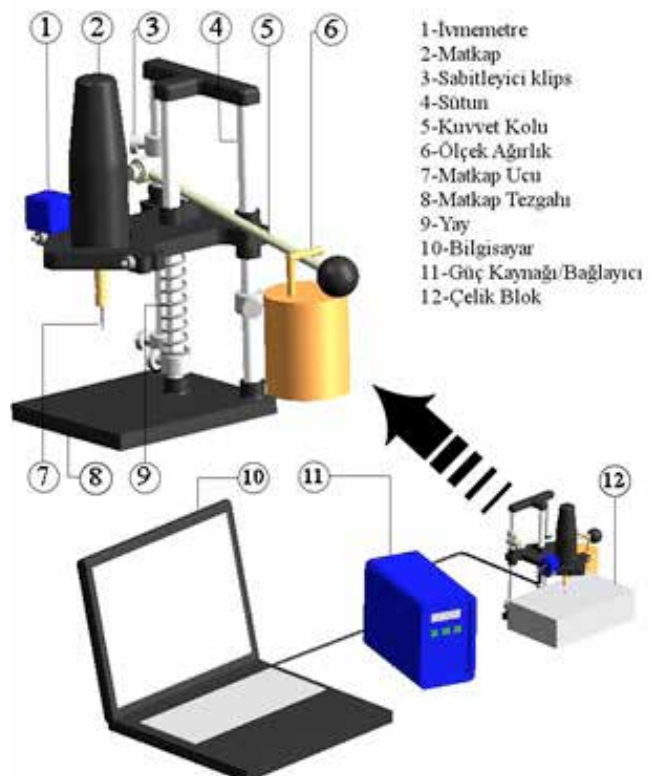
Normal kısıtlı ve fazla kısıtlı mekanizmaların birbirleriyle kıyaslanması sonucunda kullanım şekline göre hangi tip robotun uygun olacağı belirlenebilecektir. Ayrıca, her iki tip robotun belirlenen ölçütlere göre iyileştirilmesi için öneriler oluşturulmuş ve sınanmış olacaktır. Endüstriyel uygulamalar için önemli çıkarımlara ulaşılırken kalibrasyon ve denetim çalışmalarında gizli robot kavramının fazla kısıtlı mekanizmalara uygulanması, normal ve fazla kısıtlı mekanizmaların konumlama hassasiyeti ve enerji verimliliğinin deneysel olarak karşılaştırılması, çok serbestlik dereceli paralel mekanizmaların kısmi dengeleme optimizasyonu ve direngenlik modellerinin oluşturularak dinamik koşullarda araştırılması konuları uluslararası düzeyde özgün çalışmalardır.

Prof. Dr. Serhan Özdemir

Doğrusal Olmayan Dinamik Nicelikleri Kullanarak Durum İzleme

Çalışmalarımıza tipik bir örnek olarak seçtiğimiz, bu çalışmada, bir seri matkap ucu ile durum izleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Küçük çaplı matkap uçları için kırılma deney düzenekleri oluşturulmuş ve testler yapılmıştır. Deneylerde, 100'ü aşkın adet küçük matkap ucu (1 mm ϕ) kırılana kadar test edilmiş ve eşit aralıklı ardışık titreşim verileri alınmıştır. Faz uzayının yeniden oluşturulmasından sonra, herbir veri seti için korelasyon boyutları ve metrik entropileri hesaplanmıştır. Ayrıca, kutu sayma ve Hausdorff yöntemleri kullanılarak da fraktal boyut hesaplanmıştır. Son olarak, bu kaotik nicelikler arası karşılaştırma yapılmıştır.

Genel kullanımıyla boyut, bir nesneyi belirtmek için gereken parametre sayısıdır. Bir doğrunun boyutu 1, bir düzlemin boyutu ise 2'dir. Ancak, gündelik yaşamda gördüğümüz birçok örnekte olduğu gibi, her nesne geometrik olarak düzgün değildir. Karmaşık, tamsayı olmayan boyutlar fraktal boyut olarak adlandırılır. Gözlemlenen doğa fenomenlerinin veya bilimsel araştırmaların birçoğunun doğrusal olmayan dinamiğe



sahip olması gerçeği, ve doğrusal olmayan dinamiklerin (özellikle kaotik sistemlerin) fraktal boyutlara sahip olması, özellikle son yıllarda, durum izleme alanında fraktal boyut analizlerinin önemini arttırmıştır.

Literatürde, fraktal boyut hesabı için farklı yöntemler kullanılmaktadır, örneğin, boşluklu bileşene sahip mekanik sistemlerin korelasyon boyutları ölçülmüş ve bulunduğu durum ile nicelikler arası bağlantı kurulmuştur. Hatta, fraktal boyut hesaplaması, bir nehrin günlük akışının zaman serisine uygulanmış ve debi verisi tahminlemesi yapılmıştır .

Çekici boyunca bilgi kaybına eşit olan metrik entropi, zaman serileri için tahmin edilebilirlik değerini vermektedir. Kısaca, metrik entropi, verilen bir başlangıç bilgisi ile ne kadar uzak geleceğin güvenle tahmin edilebileceğini göstermektedir. Geçmişte, Drongelen metrik entropiyi kullanarak sara nöbetlerini önceden tahminlemeye çalışmıştır. Pediatrik epilepsi hastalarıyla yaptığı deneyler sonucu, 2 ile 40 dakika arası değişen nöbet tahminlerine ulaşmıştır.

Matkap ucu kırılma deneyinden elde edilen zaman serileri, ilk olarak doğrusal olup olmama testinden geçirilmiştir. Doğrusal olmadıkları bulunduktan sonra otokorelasyon değerleri bulunmuştur. Faz uzayının yeniden oluşturulmasından sonra, herbir veri seti için korelasyon boyutları ve metrik entropileri hesaplanmıştır. Daha sonra, bulunan değerler, kalan ömre bağlı olarak değişim grafiğine aktarılmıştır. Ayrıca, kutu sayma ve Hausdorff yöntemleri kullanılarak da fraktal boyut değişimleri hesaplanmıştır.

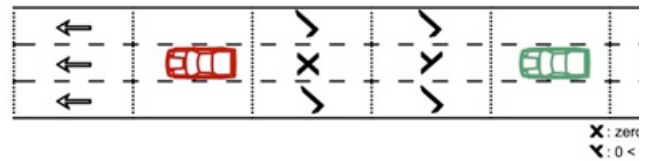
Ekstensiv Olmayan Entropi Cinsinden Trafik Akışının Modellenmesi

Bir diğer araştırma konumuz olan istatistiksel termodinamik üzerinden modellemeye çalıştığımız trafik akışı konusunda doktora öğrencimiz Arş Gör. Çağlar Koşun çalışıyor. Burada geleneksel ekstensiv Boltzmann termo istatistiği yerine ekstensiv olmayan Havrda-Charvat yaklaşımını kullanıyoruz. Bir sistemde bulunan mikro durumlar, bunların olası dizilişleri ve o sistemin düzensizlik derecesi entropi yaklaşımıyla incelenebilmektedir. Yakın zamana kadar farklı entropi ifadelerinin bulunması veya geliştirilmesi için birçok önemli adım atılmıştır. Örneğin Clausius'tan sonra Ludwig E. Boltzmann, sistemin mikroskopik

durum sayısını ve olasılıklarını barındıran logaritmik formülasyonla entropiyi hesaplamaya çalışmıştır. J. Willard Gibbs, Boltzmann'ın çalışmalarına destek vermiştir ve logaritmik formülasyonu daha genel sistemlere uygulanabilmesi için geliştirmeye çalışmıştır.

Boltzmann-Gibbs yaklaşımı, olasılıksal olarak bağımsız iki farklı alt sistemin entropilerinin toplanmasıyla toplam entropinin çıkacağını göstermiştir. Boltzmann-Gibbs istatistiksel mekaniği özellikle fen bilimleri ve mühendislik alanında birçok uygulamada kullanılmıştır. Farklı bir yaklaşım olarak, 1948'de ise Claude E. Shannon, entropiyi bilgi kuramı içinde düşünerek modellemeye çalışmıştır.

Boltzmann-Gibbs istatistiksel mekaniğinde enerjilerin üstel dağılım göstermesi, hızların Maxwell dağılımına atfedilmesi, pozitif Liapunov üstellerinin bulunması, kısa menzilli ilişkiler vb. faktörler, bize bu çalışmamızda trafik akışının daha farklı açıdan inceleyebileceğimizi göstermiştir. Bu çalışmada, doktora öğrencisi Ar. Gör. Çağlar KOŞUN, trafik akışı çerçevesinde enerji dağılımlarının güç kanunları ile açıklanabilmesi, hızların Levy tipi dağılımlar göstermesi ve çok zayıf kaosun olabildiği savı üzerinde durmaktadır. Uzun menzilli ilişkileri de göz önüne alarak hücrelere bölünmüş bir karayolu parçasında araçlar arası mesafenin bazı kısıtlar altında entropi cinsinden modellenmesi üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. Çalışmanın tüm simulasyon sonuçlarının elde edilmesiyle birlikte genişletilemezlik ilkesinin trafik akışına uyarlanışının gösterilmesi hedeflenmektedir.



Trafik akışının şematik gösterimi.

Isı ve Akışkan Bilimleri Araştırma Alanı

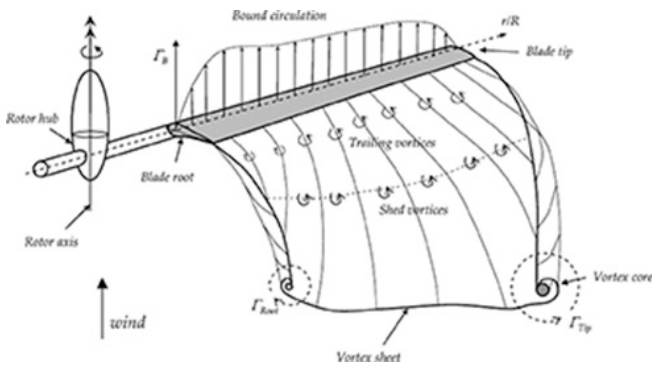
Yrd. Doç. Dr. Ünver Özkol

Deneysel ve Hesaplamalı Aerodinamik

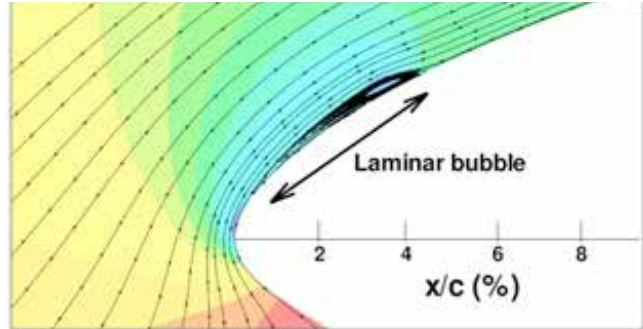
Rüzgar türbinlerinin modellenmesi, kanat profilleri geliştirilmesi (Şekil 1 ve 2). Rüzgar türbinlerinin güç ve hava akışı kaynaklı kuvvet oluşumlarını bulmak için hızlı çalışan modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle artık karasal lokasyonların hızla dolması ile deniz üzerine kurulması planlanan yüzer tip türbinlerde bu tip yik hesaplamaları daha da büyük önem kazanmaktadır. Bu modeller genellikle Kanat Elemanı modellemesi şeklindedir. Fakat akışları daha iyi modellemek için hem dinamik çalışan hemde doğru sonuçlar veren modeller geliştirilmektedir.

Türbinler için sınır tabaka hesaplamalı yapan hızlı hesaplamalı metodlar geliştirilmesi (Şekil 3). Sınır tabakada oluşan ayrılmaları da dinamik bir şekilde çözebilen modeller geliştirilmektedir.

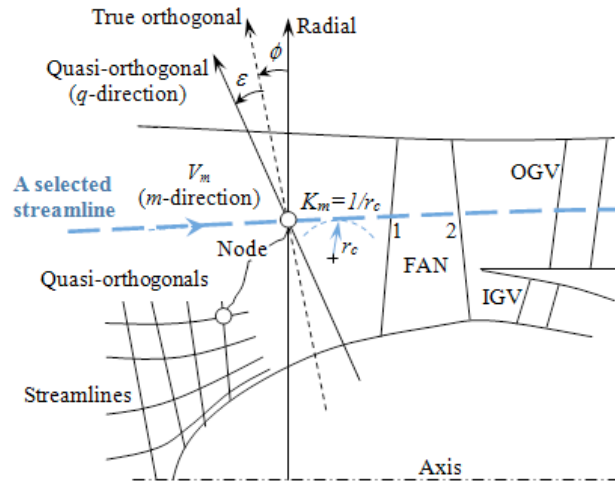
Turbo Fan tipi Jet motorlarında fan akışı ve bypass kanalının optimizasyonu (Şekil 4) konusunda hızlı optimizasyonlar yapabilmek için hem doğruluğu test edilmiş hem de ekonomik çalışan akım çizgisi eğriliği metodu temelli bir model üretilmiştir. Bu model literatürde açık olan deneysel sonuçlar ile kalibre edilmiştir. Optimizasyon uygulamasında lokal minimumlara düşmemek için hem genetik hem de gradiyent tabanlı bir hibrid kod kullanılarak bypass kanalı geometrisi optimize edilmiştir.



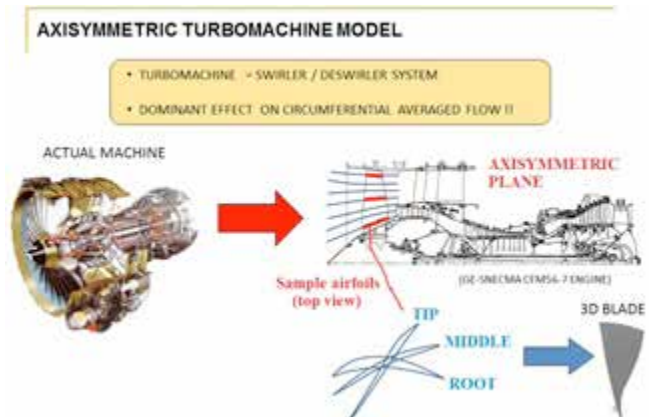
Şekil 1. Bir kanat etrafındaki akış vorteksleri ile nispeten basitçe modellenmektedir



Şekil 2. Kanat ucundaki sınır tabaka içinde laminer ayrılma alanları oluşabilmekte ve bunlar akışta önemli kararsızlıklara yol açabilmektedir



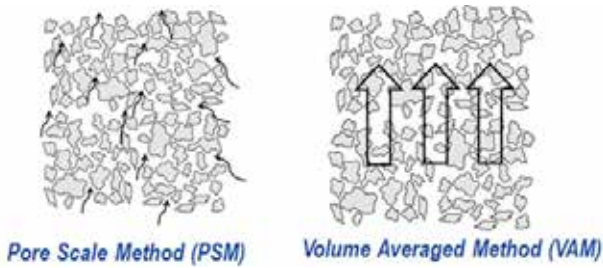
Şekil 3. Akım-çizgisi eğriliği metodu, turbofan jet motorunun fanı gibi, ağır yüklenmiş kanatlara uygulanabilen hızlı bir methodtur



Şekil 4. Turbofan gibi karmaşık bir jet motorunun tasarımını 2B'li tasarımlardan geçmektedir. Meridyonel eksen kanat giriş/çıkış açıları hakkında tespit edilebildiği önemli akış karakteristiklerini içermektedir.

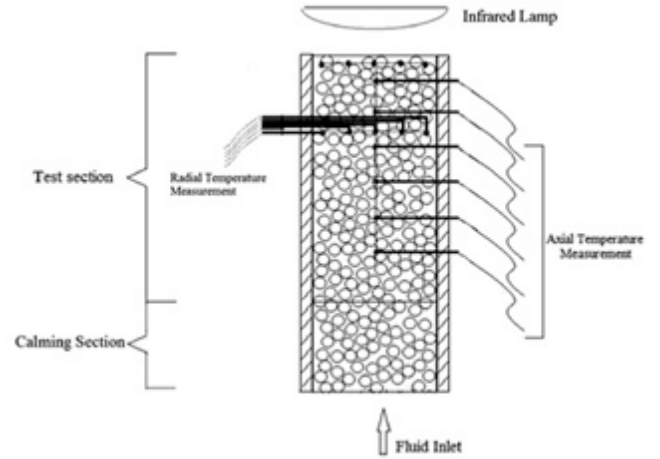
Isı transferi

Süngerimsi yapılar içerisindeki akışların modellenmesi (Şekil 5 ve 6). Bu akışlar doğada neredeyse akış olan her yerde karşımıza çıkmaktadır. Örneğin toprak içindeki su, gaz veya petrolün akışı buna bir örnektir. Mühendislik uygulamalarında da bu tip akışlar görülmektedir, örneğin kurutma amaçlı içine sıcak hava üflenen tahıl veya kömür buna güzel bir örnektir. Bu çalışmalarda akışın en ince detaylarını çözmek hiç ekonomik olmayan bir seçenek olduğu için burada da hızlı çalışan metodlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için hacimsel olarak ortalaması alınmış akış ve ısı transferi denklemlerini çözmek üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalarda en önemli konulardan biri denklemlerin ortalamasını aldığımızda ortaya çıkan sabitler ve modellenmesi gerekli korelasyonlardır. Bunları bulabilmek için süngerimsi bölgeden küçük bir karakteristik hacimin ayrıntılı modellenmesine gidilmektedir. Bu hacim yeterince küçük olduğu için ayrıntılı modellenmesi ekonomik olmaktadır.

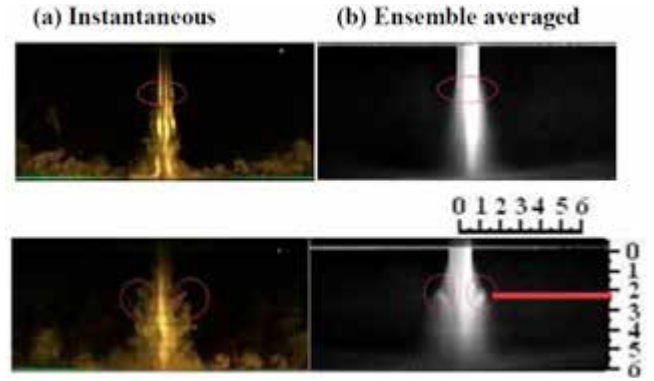


Şekil 5. Süngerimsi yapılar içindeki akışın ve ısı transferinin hızlı yapılabilmesi tipik bir süngerimsi yapı içindeki akışın ayrıntılı olarak incelenmesinden geçmektedir.

Elektronik soğutma ile ilgili, jet püskürtme gibi, taşınım içeren soğutma metodlarında bu başlık altında toplama bilir. Elektronik malzemelerin hızı arttıkça boyutlarında küçülmektedir. Bu gidişat yaklaşık 1950'lerden bu yana sürmektedir. Küçülen hacimlerde üretilen ısı miktarlarında arttığı için bu ısı doğal veya standart zorlanmış taşınım metodları ile soğutulamamaktadır. Bunun için jet püskürtme etkin metodlardan biridir. Burada jet ya tek faz olarak ya da sprey halide sıcak bölgeye püskürtülmektedir.



Şekil 6. Süngerimsi yapıların çoğu opak yapıda oldukları için optik yöntemleri ile yapılan ölçümlere izin vermez. Bu yüzden sıcaklık ölçümleri genellikle termal-çiftler ile yapılır.



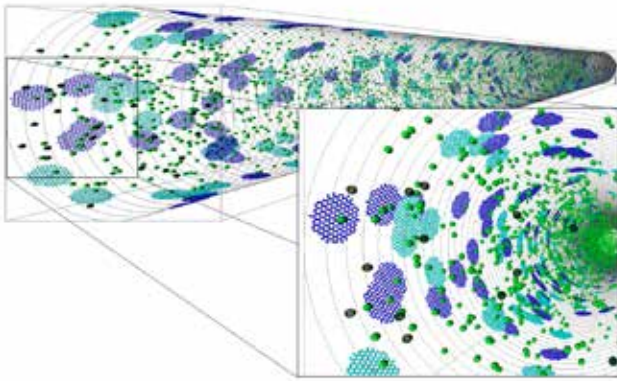
Şekil 7. Tek fazlı bir ortamda oluşturulan basit bir jet püskürtme akışı oluşan kararsız yapılardan dolayı birçok ilginç vorteks yapısı içermektedir.

Yrd. Doç. Dr. Murat Barışık

Mikro/nano Ölçek Gaz ve Sıvı Akışları, Kütle Taşınımı ve Isı Aktarımı

Son yıllarda gelişen üretim yöntemleriyle birlikte mikro/nano-teknoloji süratle günlük hayattaki uygulamalarını arttırmaktadır. Normal ölçekli cihazların ya da uygulamaların elde edemeyeceği başarıları, devrimsel nitelikteki bu mikro/nano- teknolojik uygulamalar rahatlıkla ulaşabilmektedir. Fakat halen mikro/nano-boyutlarda anlaşılammış fiziksel davranışlar mevcuttur. Bilinen makina mühendisliği bilgi birikimine ek olarak bu yeni nesil teknolojiler tarafından ihtiyaç duyulan küçük boyut fiziksel mekanizmaların araştırılması Dr. Murat Barışık ve ekibi Mikro/nano Mühendislik Gurubunun (MINAENG) temel hedefidir. Bilinen mühendislik hesaplarının çözemediği mikro/nano-ölçek (1) gaz akışlarını, (2) sıvı akışlarını, (3) yüzey ıslanmasını, (4) ısı transferini ve (5) elektrokinetik kuvvetlerini hesaplamak için zorunlu olan moleküler seviye modellemeleri gerçekleştiriyoruz.

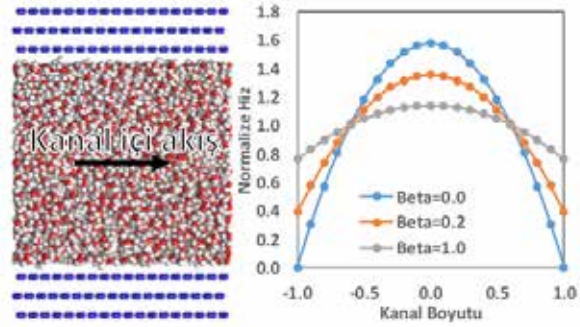
Birçok çevresel ve ekolojik problemin çözümüne ya da dünyanın enerji ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik geliştirilmeye çalışılan uygulamalarda (Hidrojen depolama, nano-film gaz ayrıştırma ve kaya-gazı çıkarılması) mikro/nano gaz akışı hesaplarına büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Klasik seyrelmiş gaz dinamiği yöntemleri ile çözülemeyen nanogaz akışını Marie Curie Cofund ve TÜBİTAK projemiz ile geliştirdiğimiz moleküler dinamik algoritması ile çözmekteyiz.



40nm çaplı Karbon nanotüp içinde gaz akışı

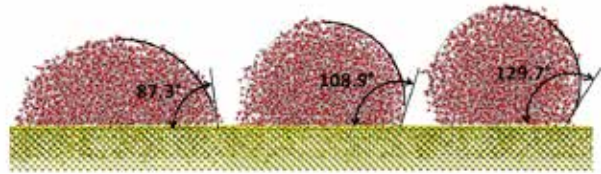
Mikro/nano sıvı akışı, Lab-on-a-chip gibi biyomedikal uygulamalardan elektronik soğutma teknolojilerine kadar geniş bir uygulama alanında kullanılmaktadır.

Nano-ölçek sıvı akışları moleküler dinamik ile, mikro akışları ise moleküler dinamikten bulduğumuz sınır koşullarını kullanarak teorik ya da hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile hesaplamaktayız. İYTE-BAP ve TÜBİTAK projeleri yürütmekteyiz.



4 nm yükseklikteki Grafin kanal içinde su akışı

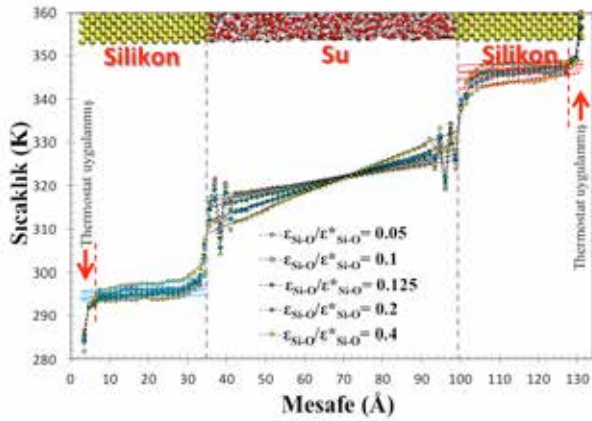
Islanma özelliklerinin ayarlanabilmesi temel olarak sıvı ile temasta olan bütün yüzeylerde büyük öneme sahiptir. Basit mutfak gereçlerinde yapışmazlık yada havacılık endüstrisinde buzlanmama için su tutmaz (hydrophobic) yüzeyler istenirken, cam buğusu gidermek yada yağlama uygulamaları için su tutar (hydrophilic) yüzeylere ihtiyaç vardır. Çeşitli kimyasallar veya kaplamalar yardımı ile yüzey ıslanması ayarlanabilmektedir, fakat halihazırdaki uygulamalar insan sağlığı ve doğa için zararlı, kısa ömürlü veya maliyetli olmaktadır. Bu doğrultuda yüzey modifikasyonlarını kolaylaştıracak yeni yöntemler geliştirmek amacı ile mikro/nano seviyelerde ıslatma dinamiklerini incelemekteyiz.



Silikon yüzey üzerinde farklı ıslatma durumları

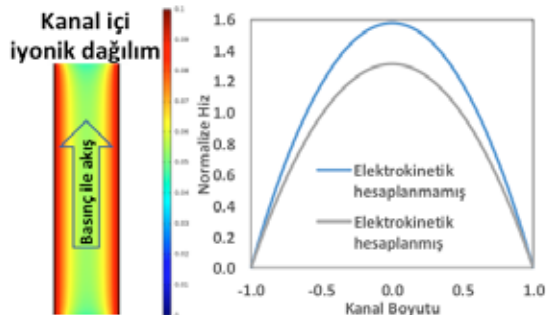
Yüzey sıvı arasındaki etkileşimleri ayarlamak için, yeni geliştirilen lazer yüzey yakma tekniklerine benzer olarak, yüzey üzerinde biyobenzetilmiş mikro/nano yapıları oluşturarak yüzey özelliklerini kontrol edebilmekteyiz. Bu doğrultuda yüzeylerde ıslatmayı ve kanallarda akışı kontrol edebileceğiz. TÜBİTAK desteği ile ölçtüğümüz davranışları tahmin edebilecek basit teorik modeller geliştirmekteyiz.

Bahsettiğimiz mikro/nano-teknoloji uygulamalarının sağlıklı çalışabilmesi ve performansı, bu cihazlarda oluşan fazla ısının doğru şekilde atılmasına bağlıdır. Bazı uygulamalarda ısının uzaklaştırılması amaçlanırken, bazılarında ısının belli bir yönde ilerlemesi istenir. Fonon mühendisliği olarak bilinen mikro/nano-ölçek ısı aktarımı kontrolü üzerine yine moleküler seviye hesaplamalar yapmaktayız. Yüzeysıvı etkileşimlerini ayarlayarak ısı akışının kontrol edilmesini modellemekteyiz.



Farklı ıslatmalarda Silikon-Su arası ısı aktarımı

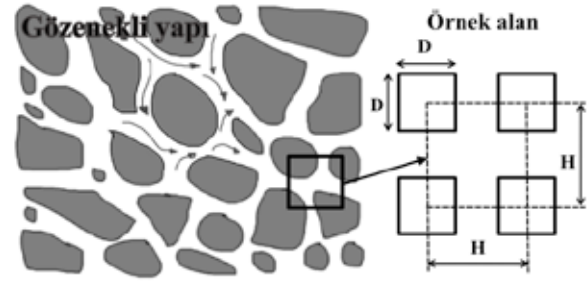
Mikro/nano-ölçeklerde etkili olan elektro-kinetik kuvvetler sıvı taşınımını değiştirmektedir. Sıvı içerisindeki iyonların yüzeyle olan etkileşimi doğrultusunda oluşan bu kuvvetlerin sıvı dinamiğinde yarattığı değişimi bilinen makro hesaplara ekleyecek viskozite modelleri geliştiriyoruz.



200nm kanal içi basınç ile sürülen su akışında iyonik dağılım ve elektrokinetik kuvvetlerin hız etkisi

Yüzey üzerindeki elektrik yükünü değiştirerek sıvı akışını aktif olarak ayarlayabilecek mekanizmaları inceliyoruz. Kanal içinde elektrik alanı yaratarak suyun kanal ortasında yada elektrik alan yaratmadan kanal kenarında gösterdiği akış özelliklerini istenilen şekilde ayarlıyoruz.

Bütün bu bahsettiğimiz küçük ölçek etkileri gözenekli ortamlardaki sıvı akışlarında temel etmenlerdir. Genel olarak gözenekli yapıdaki taşınım deneyleri ile ölçülmüş geçirgenlik ve benzeri tanımlar ile hesaplanmaktadır. Fakat her malzeme ve durum için geçirgenlik değeri mevcut değildir. Bu doğrultuda çalıştığımız mikro/nano etkiler altında farklı gözenekli yapıları temsil eden örnek akış alanlarında taşınım



miktarlarını ve geçirgenlik katsayılarını hesaplıyoruz. Böylelikle, mevcut olan bir geçirgenlik değerini kullanarak farklı bir durumdaki gözenekli yapının geçirgenliğini hesaplayabilecek modeller geliştiriyoruz.

Gözenekli yapı ve temsil eden örnek çözüm alanı

Tüm bu çalışmalarımız sonucunda, temel makina mühendisliği tekniklerine, hesaba katmadıkları mikro/nano-ölçek etkileri ekleyebilmek ve bu sayede basit mühendislik çözümleri sunabilmek hedefindeyiz.

Doç. Dr. Erdal Çetkin

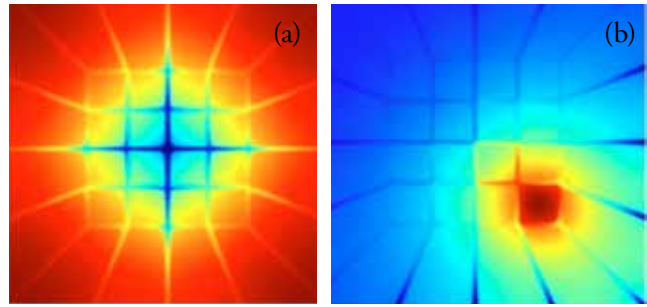
Constructal vasküler yapılar: Akıllı malzemeler

İleri teknoloji araçlar kendini-soğutma ve kendini-iyileştirme gibi akıllı özelliklere sahip ve aynı anda hafif ve yüksek mekanik dayanımlı malzemelerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Kendini-soğutma ve kendini-iyileştirme özellikleri ise bir malzemenin içerisine canlılarda ki dolaşım sistemine benzer bir vasküler yapının yerleştirilmesi ile mümkün olmaktadır [1]. Bu kanallardan soğutucu akışkan ve/veya iyileştirme ajanı gönderilerek akıllı özellikler yapılar kazandırılmaktadır. Vaskülerizasyon ile malzemelere akıllı özelliklerin kazandırılmasının yanında, sabit hacimli bir vasküler malzemenin mekanik dayanımının, vasküler kanal yapısı bulunmayan daha yüksek olduğu da bilinmektedir [1]. Bunun nedeni ise atıl halde bulunan malzemenin (yani herhangi bir yük altında olmayan malzemenin), mekanik yüke maruz kalacağı alana taşınmasından dolayıdır.

Atıl halde bulunan malzemelerin çalışacağı alanlara taşınması (ya da bir yapıda ki tüm moleküllerin homojen olarak yükü veya işi paylaşmasını sağlayacak tasarımın bulunması) fikri Profesör Adrian Bejan'ın 1996 yılında ortaya sürdüğü "Constructal teori" ile örtüşmektedir. Constructal teori özet olarak, sonlu boyuta sahip bir akış sisteminin zaman içinde tasarımını dirençleri minimize edecek şekilde değiştiremezse varlığını yitireceğini söylemektedir. Bu nedenle Constructal teori zaman içinde tasarımın evrimleşmesi olarak da tanımlanabilir.

Dr. Çetkin vasküler kanal yapılarının akışlara (ısı, akışkan ve gerilim akışlarına) karşı olan dirençlerinin düşürülmesi üzerine çalışmalarda bulunmuştur. Şekil 1'de aynı anda ısıtılan ve mekanik yükle yüklenen bir vasküler plakanın, içerisinde ki kanallar sayesinde nasıl soğutulduğu görülmektedir. Kırmızı yüksek ve mavi düşük sıcaklık değerlerini göstermektedir.

Gerçekte ise bir plaka tüm yüzeyinden aynı ısı akısına maruz kalmayabilir, yani yerel olarak vasküler plakaların ısı saldırılarına uğraması mümkündür. Örneğin, lazer ile ısı saldırısına uğramış bir araçta ısı akısı belli bir alanda yoğunlaşmış olacaktır. Yerel olarak ısıtmanın olduğu durumda ise sıcaklık dağılımının nasıl

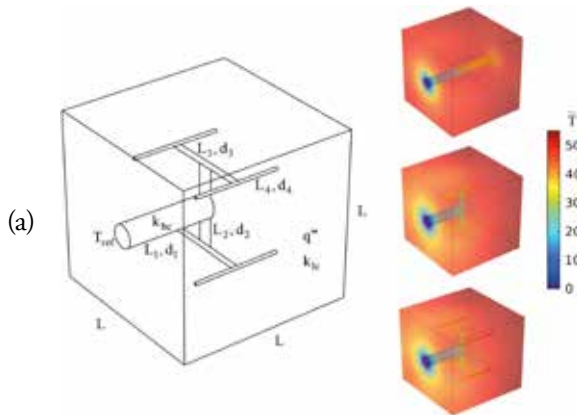


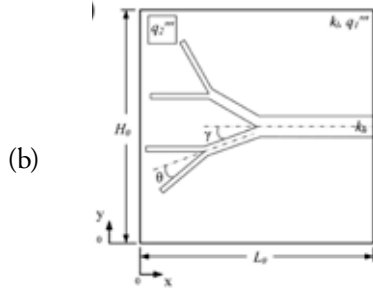
Şekil 1. Isı akısının (a) homojen olarak dağıldığı ve (b) yerel olduğu durumlarda ki sıcaklık dağılımları.

değişeceği farklı vasküler kanal yapıları ve aynı katı ve sıvı hacim oranları için Şekil 1b'de gösterilmiştir.

İletimle soğutma

Elektronik devrelerin gün geçtikçe yeni bir kullanım alanı daha ortaya çıkmaktadır, taşıtlarda, beyaz eşyalarda, mekanik ekipmanların kontrolünde ve hatta gıyecelerde bile elektronik ekipmanlar kullanılmaktadır. Elektronik ekipmanların verimleri zamanla artmakla birlikte, boyutları da zamanla küçülmektedir, özetle birim alanda ki ısı üretimleri zamanla artmaktadır. Bu ise soğutma açısından büyük zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Birim alanda ki yüksek ısının daha soğuk bir alana taşınması için ise nano-akışkanlar kullanılmaya başlanmıştır. Nano-akışkanlar içerisinde nano boyutta tanecikler bulunan akışkanlar olarak tanımlanabilir. Bu taneciklerin ısı iletim katsayısı akışkandan yüksek olduğundan ısı transferi oranında bir artış görülmektedir. Ancak akışkanların akışı için gerekli kanal yapılarının da belirli bir hacim tutması boyutların daha da küçülmesini engellemektedir.





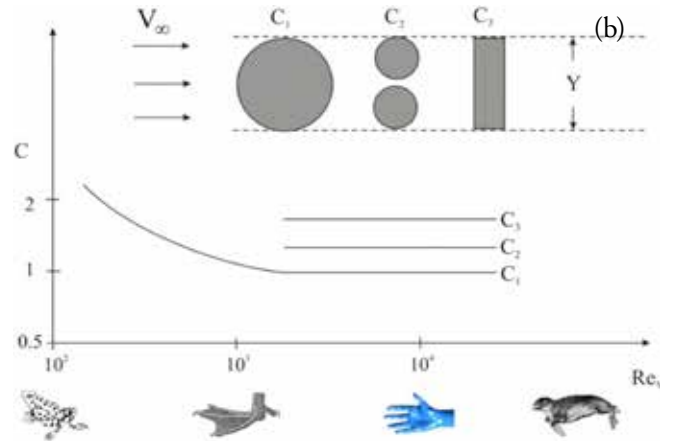
Şekil 2. (a) İçerisine 3 boyutlu yüksek ısı iletimli malzeme yerleştirilmiş küp (sol) ve küp içerisinde ki sıcaklık dağılımı (sağ), (b) ısı iletimi yüksek malzemenin yerel olarak ısı üretiminin yoğunlaştığı bir yapıya yerleştirilmesinde en düşük ısıl direnci sağlayan tasarım.

Isı ise daha düşük bir sıcaklığa yüksek iletim katsayılı malzemelerin yerleştirilmesiyle daha hızlı olarak taşınabilmektedir. Günümüzde dizüstü bilgisayarların aşırı ısınan parçalarının etrafına yerleştirilen yüksek ısı iletimli malzemeler ile soğutma yapılması buna bir örnektir. Ancak bu yüksek ısı iletimli malzemelerin nasıl yerleştirilmesi gerektiğine dair çalışmalar çok kısıtlı kalmaktadır. Küçük bir hacim elamanı içerisine 3 boyutlu kanal yapılarının nasıl yerleştirilebileceği ve sıcaklık dağılımının bu durumda nasıl değişeceği Şekil 2a'da görülebilir [2]. Şekil 2a'da ki tek değişken kanal yapılarının tasarımı olup, geri kalan tüm parametre ve koşullar sabit tutulmuştur. Böylece tasarımın ısı transferinde ki etkisi de gözler önüne koyulmuştur. Şekil 2b'de ise homojen olmayan ısı üretiminin olduğu durumda daha yüksek ısı iletim katsayısına sahip malzemenin nasıl yerleştirilmesi gerektiği araştırılmıştır. [3], sayısal olarak optimize edilen ve ısının yoğunlaştığı bölgeye doğru yönelen yapının, suya doğru yönelen bitki kökleri ile aynı tasarımda olması gerektiğini de ortaya koymuştur.

Neden yüzücülerin parmakları arasında boşluk bulunmalıdır?

Rekabetçi sporlardan birisi olan yüzmede, profesyonel yüzücülerin parmaklarının arasını biraz açarak yüzdüğü bilinmektedir. Bu eğitimleri sırasında öğretilmediği halde tüm olimpiyat rekortmenlerinde bu gözlenmektedir. Şekil 3a'da yüzmede 28 adet olimpiyat madalyası bulunan ve şu ana kadar ki en iyi yüzücü olarak adlandırılan Michael Phelps'in yüzdüğü durumda parmakları arasında ki boşluklar görülmektedir.

Yüzme bir dalganın oluşturulması ve bu dalganın üstünde vücudun sörf yaparak hareket etmesi olarak tanımlanabilir. Bu nedenle de en hızlı yüzücüler en büyük dalgayı oluşturan yüzücüler olacaklardır. Bunun içinse suya uygulanan kuvvetinin mümkün olduğunca artırılması gerekmektedir. Bu kuvvet ile su hızının (Reynolds sayısı) arasında ki bağlantı farklı canlılar için Şekil 3b'de gösterilmiştir [4].



Şekil 3. (a) Michael Phelps'in olimpiyatlar sırasında yarışırken parmakları arasında ki boşluk, (b) Reynolds sayısı ve direnç katsayısı (c) arasında ki ilişki

Yüzmenin tanımını ve olimpiyat şampiyonlarının yüzme biçimlerini bir arada düşününce parmaklar arasında ki boşluğun aslında suya uygulanan kuvveti arttırmak için olduğu ortaya çıkmaktadır. Normalde daha hızlı yüzme isteyenler palet kullansalar da, bu imkanı olmayan ve aynı şartlarda yarışan olimpiyat yüzücülerini için elde edilecek küçük bir fark madalya alıp alınmamasını etkilemektedir. Parmaklar arasında öyle bir boşluk bırakılmalıdır ki parmakların etrafında oluşan akışkan sınır tabakaları birbirine tam değsin. Bundan küçük veya büyük boşluk bırakılması ise en yüksek kuvvetin suya uygulanmasını engellemektedir.

Yrd. Doç. Dr. Kasım Toprak

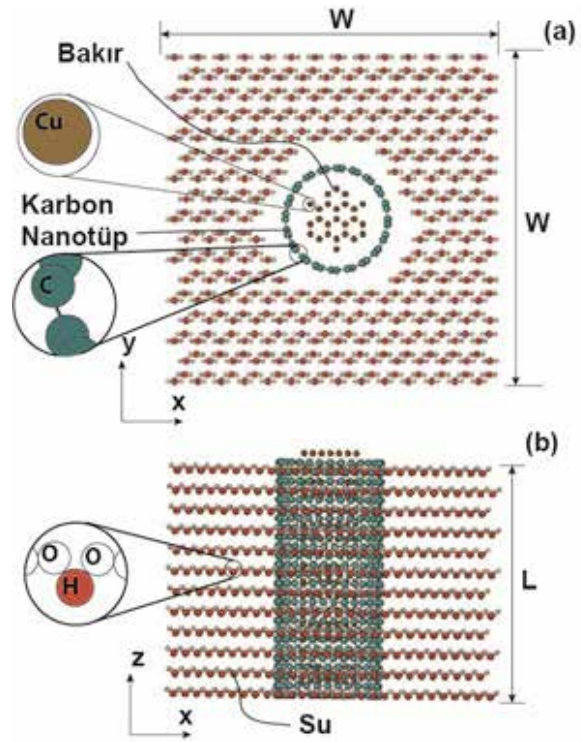
Nano karbon-metal yapıların ısı iletkenliklerinin incelenmesi

Günümüzde bilgisayar ve malzeme bilimlerinde ki ilerlemeler her geçen gün artarak hayatın her alanında kullanılan teknolojik aletlerin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Bu ilerlemeler sayesinde elektronik parçaların ve hatta tıbbi malzemelerin boyutlarında mikro ve nano ölçeklere varan küçülmeler sağlandığından moleküler ve atomik boyutlarda yapılan hesaplamalar önem kazanmıştır.

Boyutlarda elde edilen bu küçülmeler sağlanırken aynı zamanda sistemi oluşturan parçaların sistemin çalışmasını engelleyecek veya çalışma ömrünü kısaltacak şekilde sıcaklık değişimleri olmaması gerekmektedir. Ancak günümüzde kullanılan geleneksel malzemeler mikro ve nano ölçekli boyutlarda sistemin gerekli çalışma şartlarını yerine getirememektedir. Özellikle yüksek akım ve veri iletiminin gerçekleştiği sistemlerde sıcaklık artmakta ve yetersiz soğutmanın etkisiyle malzemeler çalışma özelliklerini kaybetmektedir. Bu yüzden kullanılan bu malzemelerin mikro ve nano boyutlarda tekrar gözden geçirilerek günümüzde kullanılabilirliğinin sağlanması gerekmektedir.

Atomik boyutlarda üretilen bu tür malzemeleri deneysel olarak incelemek neredeyse imkânsız ve masraflı bir işlem olduğundan dolayı sayısal hesaplama metodlarından faydalanılması gerekmektedir. Günümüz araştırmalarında bu hesaplama yöntemlerinden atomların ve moleküllerin fiziksel hareketlerini belirlenmiş bir zaman içerisinde inceleyerek sistemin fiziksel özelliklerini analiz eden Moleküler Dinamik (MD) simülasyonu kullanılmaktadır. MD simülasyonu, atomik boyutta karmaşık ve sayısal hesaplamaların çok olduğu problemlerde paralel hesaplama metodundan yararlanarak çözümlere daha hızlı ulaşmayı ve etkin sonuçlara elde etmeyi sağlar.

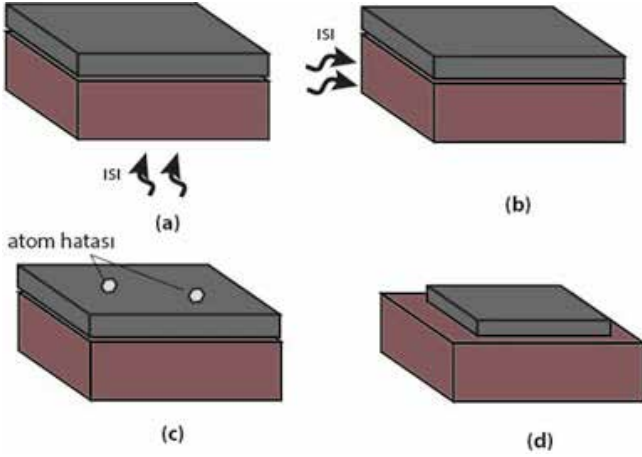
Malzemelerin ısı iletkenlik özellikleri üzerine olan sorunları gidermek için Dr. Kasım Toprak doktora çalışmalarında nano ölçekli sistemlerin ısı iletiminin artırılması yönünde oldu [1–3]. Çalışmaları sırasında malzemelerde oluşan bu problemi önlemek amacıyla ısı iletkenliği yüksek olan karbon nanotüpün boş olan iç hacmi geleneksel malzemelerden bakır ile



Şekil 1. Su İçerisinde Bakır-Tek Katmanlı Karbon Nanotüpün Moleküler Modeli

doldurularak modelledi. Modellenen bu malzemenin MD simülasyonunu kullanarak ısı iletkenliğini inceledi. Oluşturulan yeni malzemede elde edilen sonuçlarda karbon nanotüp sayesinde bu nanotüpün içerisini dolduran bakır atomlarından oluşan silindirik yapının şekli korunmuş olmakla birlikte küçük boyutlarda karbon nanotüpün ısı özellikleri iyileştirmiştir. Bu çalışmalarla birlikte MD simülasyonu ile su ve modellenen malzeme arasında gerçekleşen arayüzey ısı direnç hesaplandı. Yapılan hesaplamalar sonunda su ile bakır-karbon nanotüp malzemesinin ara yüzeyinde oluşan ısı direnci içi boş olan karbon nanotüpe göre azalma elde edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda oluşturulan bakır-karbon nanotüp malzemesinin sistemden ısıyı daha iyi uzaklaştırdığı elde edildi ve bu sayede küçük boyutlardaki sistemlerde aşırı ısınmanın önüne geçilmiş oldu.

Bu çalışmalar yanında TÜBİTAK-MFAG tarafından desteklenen proje ile grafen kaplı metal malzemelerin ısı iletiminin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi projesi yer almaktadır. Bu proje ile geleneksel olarak birçok cihazda ısı iletkenliklerinden yararlanan alüminyum ve bakır malzemeleri ısı iletkenliği daha iyi olan grafen ile kaplanmaktadır. Bu projede grafen



Şekil 2. Grafen Kaplı Metal Levha Modeli

kullanılmasının nedenleri arasında yüksek ısı iletkenlik ve mekanik özelliklerin yanında hafif olmasından dolayı özellikle havacılık ve uzay uygulamalarında istenen özelliklere sahip kompozit malzeme gereksinimini de karşılamasıdır. Yapılan bu projede grafen-alüminyum ve grafen-bakır malzemelerin moleküler modellemeleri oluşturularak modellenen yeni malzemelerdeki grafenin ısı özellikler üzerine etkisi MD simülasyonu yapılarak incelenmektedir. Bu MD simülasyonları yanında üretilmiş olan grafen-bakır malzemesinin ısı özellikleri bir deney düzeneği yardımı ile incelenmektedir. Buradaki deneylerde üretilmiş olan malzemenin sistemden bir akışkan olan suya ne kadar ısı geçişi olduğu gözlemlenmektedir. Burada elde edilecek sonuçlar başta elektronik cihazlarda olmak üzere ısı iletiminin gerektiği yerlere katkı sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Otomotiv Mühendisliği Araştırma Alanı

Yrd. Doç. Dr. Alvaro Diez

Internal Combustion Engines and Advanced Fuel Research

Internal combustion engines have developed enormously since their introduction in the 19th century. Although they face great challenges for the future in terms of fuel consumption and emissions, they will be the main power unit for transportation for many years. Thus, great efforts on research are made by the automotive industry to bring new technology to overcome these challenges. Additionally, concerns over current fossil fuels supplies have resulted in extensive research into alternative sources of fuel. The biofuels firstly developed, so-called first generation biofuels, were produced mostly from food crops. The second-generation biofuels are Biomass-to-Liquid (BTL) fuels, which can be produced from any kind of biomass by the Fischer-Tropsch process. These generate a wide range of biofuels with different physical properties. The influence of different fuels on the emissions and efficiency of diesel and gasoline engines needs to be investigated before they could be used widely.

Cylinder pressure and the derived temperature and rate of reaction calculations and analysis provide a powerful tool for engine diagnostics, this coupled with optical techniques to visualize the combustion phase and the equally significant injection process have been developed and used commonly during many years. In order to investigate these processes optically, engines with optical access or engine-like optical combustion chambers were developed in recent years.

The internal combustion engines research centre is under development focusing on three experimental facilities to investigate new engines, combustion modes and fuels.

- A “production-like” research engine. This engine allows setting and testing fuel injection equipment (FIE), combustion as well as after-treatment devices.

- A single cylinder optical engine. This single cylinder engine with component similar to the

production-research engine, as well as the FIE, so that fundamental studies could be carried out. Simulations and computational tools would be validated in the single cylinder engine and compared to the production engine.

- A constant volume combustion chamber. This facility allows great optical access where fundamental studies on fuels and combustion are investigated. High speed imaging techniques as well as other laser techniques are applied in this rig. Figure 1 shows a schematic of the combustion chamber, which design is currently under development at IYTE.

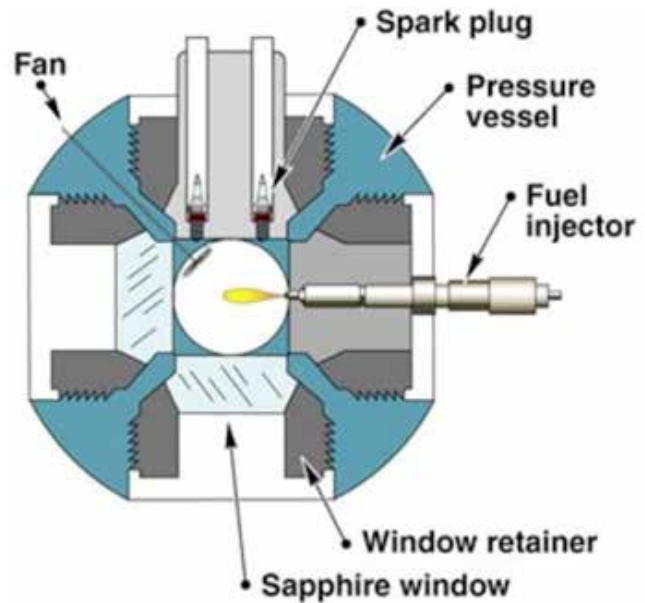


Figure 1. Schematic of constant volume combustion chamber [1]

In a previous study, employing a single cylinder optical engine (shown in Figure 2), different biodiesel fuels were compared to diesel fuel. Their performance, emissions and combustion characteristics were investigated as shown in Figures 3 and 4.



Figure 2. View of single cylinder optical engine

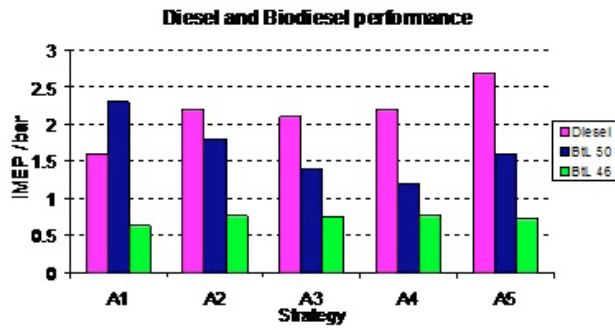


Figure .3 Diesel and Biodiesel performance

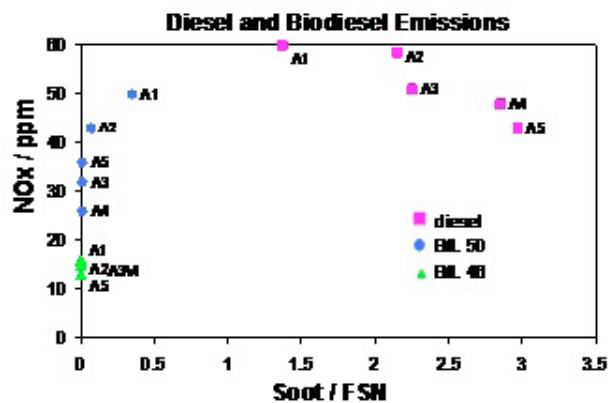


Figure 4. Diesel and Biodiesel NOx and soot emissions

In the study, the absence of aromatic compounds in biodiesel fuels led to little soot emission. Combustion characteristics were very different due to the difference in their physical properties compared to the base diesel. The use of biodiesel fuels led to injection problems which consequently reduced as well the performance.

Öğr. Gör. Dr. Özgür Günelsu

İçten Yanmalı Motorlarda Piston İkincil Dinamiğinin Modellenmesi

Başta içten yanmalı konvansiyonel motorlar olmak üzere öteleme hareketli pistonun kullanıldığı mekanizmalarda pistonun silindir eksenine paralel hareketi yanında bu eksenenden doğrusal ve açısız olarak sapması da mekanizmanın performansını etkiler. Bu hareket öncelikle sürtünme kaybı ile yakıt tüketimi, aşınma ile de mekanizmanın ömrü üzerinde rol oynar. İçten yanmalı motorlar özelinde ise yağ tüketimi ve egzoz gazlarına etkisi ile günümüzde giderek artan emisyon kısıtlamaları da göz önüne alındığında otomotiv endüstrisi için önemli araştırma konularından biri olma özelliğini korumaktadır.

Piston ikincil dinamiğinin modellenmesi ve piston eteği sürtünme kaybının hesaplanması amacıyla geliştirilmiş olan yazılımlar sayesinde araştırma-geliştirme sürecine önemli katkılar sağlanmaktadır. Piyasada bu amaçla kullanılan ticari yazılımlar bulunsa da açık kaynaklı olmamaları ve basitleştirilmiş yaklaşımları ile çok yönlü tasarıma olan katkıları zaman zaman kısıtlı düzeyde kalmaktadır. Bu çalışmada her türlü modifikasyona olanak veren detaylı bir model oluşturularak piston grubu tasarım parametrelerinin motor performansı üzerine etkilerinin daha detaylı olarak incelenebilmesi amaçlanmıştır.

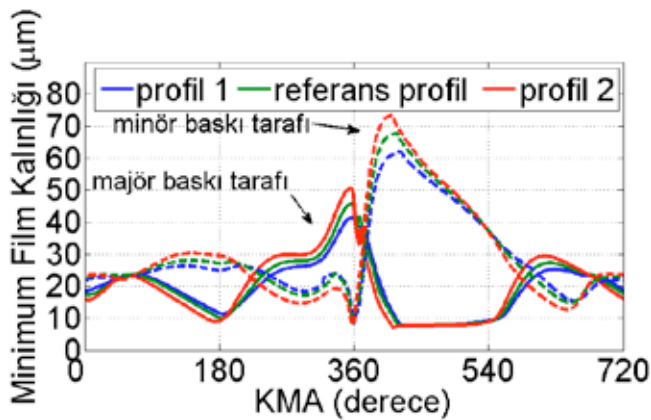
Piston ikincil dinamiği üzerinde en önemli etken etek yağlamasıdır. Piston eteği ve silindir yüzeyi arasındaki yağ filmi basıncı Reynolds denkleminin çözümü ile hesaplanmaktadır. Bir çevrim boyunca sürekli değişen dinamik koşullar, sınır şartları ve yağlama bölgesi sınırları bu amaçla yazılmış olan kodların aşması gereken en önemli zorluklardandır. Bunun yanında yüksek basınç altında parçalarda oluşan elastik deformasyonunun etkisi de hesaba katılmaktadır. Bu sayede yağlayıcının ve malzeme özelliklerinin incelenmesi mümkün olmaktadır. Piston grubunun makro düzeydeki geometrik parametrelerinin yanı sıra eteğin fıçı profili ve ovaliği gibi mikro düzeydeki tasarım parametrelerinin de araştırılmasına olanak vermektedir.

Sürtünme ve aşınma performansını etkileyen bir diğer faktör de yüzey işlemedir. Etkileşime giren yüzeylerin

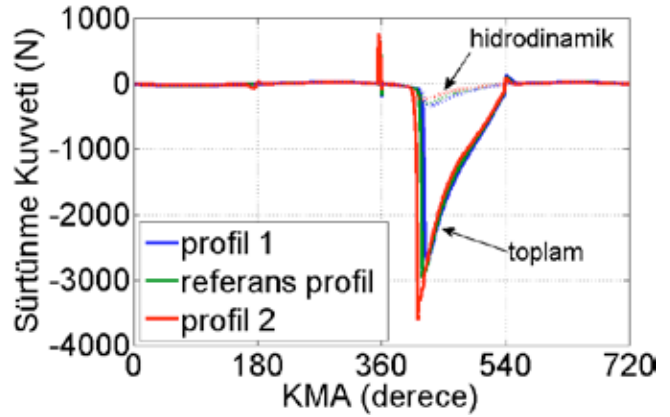
pürüzlülük, dalgalılık karakteristiği ile silindir duvarında oluşturulan honlama izlerinin yağlama üzerindeki etkileri uzun zamandan beri üzerinde çalışılan konular olmakla birlikte, bilgisayar ortamında yapılmış modellemeler sınırlı kalmaktadır. Bu çalışmada oluşturulmuş olan piston ikincil dinamiği kodu, mevcut modelleri uyarlayarak kullanmakla birlikte yenilerinin geliştirilmesi ve piston yağlama modeline entegre edilmesine olanak vermesiyle sürekli gelişmeye açık bir platform olarak tasarlanmaktadır.

Mevcut haliyle piston ikincil dinamiği kodu, piston üzerine etkileyen kuvvetler, piston eteği ile silindir duvarı arasındaki yağ filmi kalınlığı ve basıncı, elastik deformasyonlar, yağ filminden kaynaklı hidrodinamik sürtünme ile sınır yağlama durumunda oluşan katı sürtünmenin bir güç çevrimi boyunca değişimini hesaplayarak, başta sürtünme ile kaybedilen güç olmak üzere aşınma, silindir içine yağ taşınımı, piston vurmasının gürültü emisyonuna katkısı gibi konularda sonuçlar ve çıkarımlar elde edilmesinde kullanılan bir araçtır. Bu temel platforma ilerleyen zamanlarda yağ ve basınç sekmanlarının yağlama hesapları da eklendikten sonra, sekman performansında oldukça etkili olan piston eğikliğinin etkisinin de incelenmesi amaçlanmaktadır.

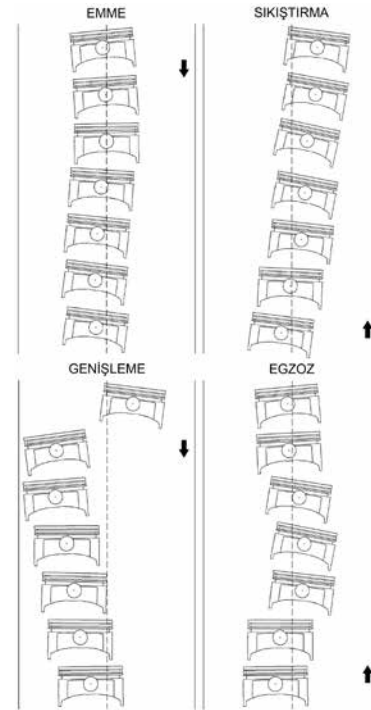
Bu çalışmada elde edilen yazılım içten yanmalı motorlar dışında öteleme hareketli piston kullanan kompresörler ve daha da basitleştirilerek kaymalı yataklar için de kullanılmak suretiyle başka çalışmalara da destek verebilecek niteliktedir.



Minimum film kalınlığının krank mili açısı ile değişimi (piston eteği yüzey dalgalılığı = 10 µm.)



Çevrim boyunca piston eteğine etkileyen sürtünme kuvvetinin değişimi



Bir çevrim boyunca piston ikincil hareketi

Malzeme Teknolojileri Araştırma Alanı

Prof. Dr. Metin Tanoğlu

Elyaf Takviyeli Polimerik Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi

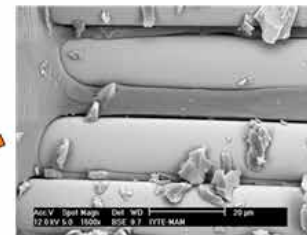
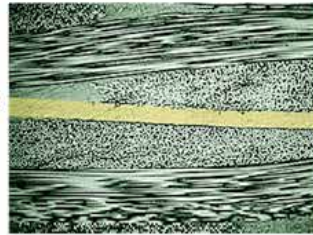
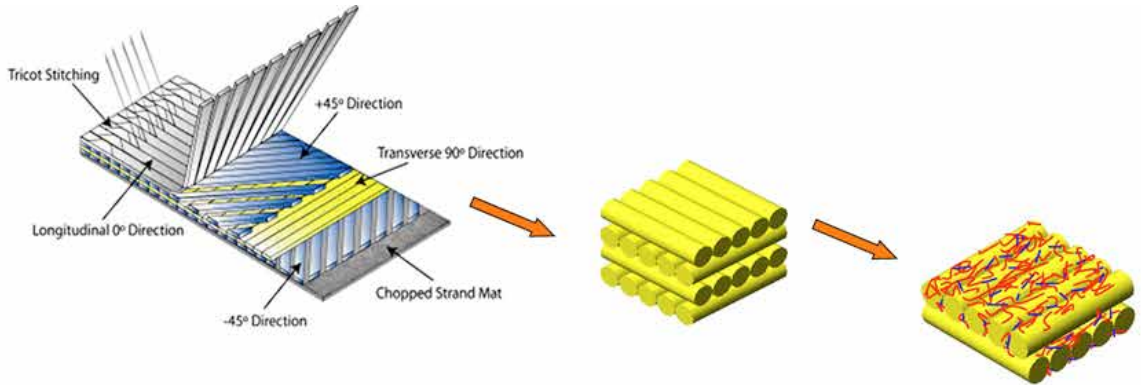
Termoset ve termoplastik esaslı elyaf (karbon, cam, aramid v.b.) takviyeli kompozitlerin geliştirilmesi, tasarımı, modellemesi, prototip imalatı, mekanik, termal, mikroyapı karakterizasyonu ile darbe ve balistik performansının test edilmesine yönelik değişik kapsamda projeler sürdürülmektedir. Kompozit ara tabakalarının delaminasyon direnci ve kırılma tokluk özelliklerinin elektro eğirme yöntemi ile üretilen nanolifler ile iyileştirilmesi başarılı olmuştur. Belirtilen kompozitlerin Al, balsa, PP, PVC v.b. gözenekli ya da balpeteği şekilli ara tabaka (core) malzemeler ile laminasyonu ile sandwich malzemelerin geliştirilmesi, bunların mekanik ve enerji absorblama karakteristiklerini inceleme üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Termoplastik PP v.b. filamentlerin cam elyaflar ile karışımı sağlanarak hibrid (commingled) filamentlerin ve 2D dokumaların geliştirilmesi, elde edilen preformların ısı-basınç altında şekillendirilmesi (termoforming) ve elde edilen protiplerin karakterizasyonuna yönelik araştırmalar sürdürülmektedir.

Patlama Etkisine Karşı Koruyucu Zırh Geliştirilmesi

(Milli Savunma Bakanlığı Projesi (TÜBİTAK destekli proje, Barış Elektrik A.Ş. ve Gazi Üniversitesi eş yürütücülüğünde)

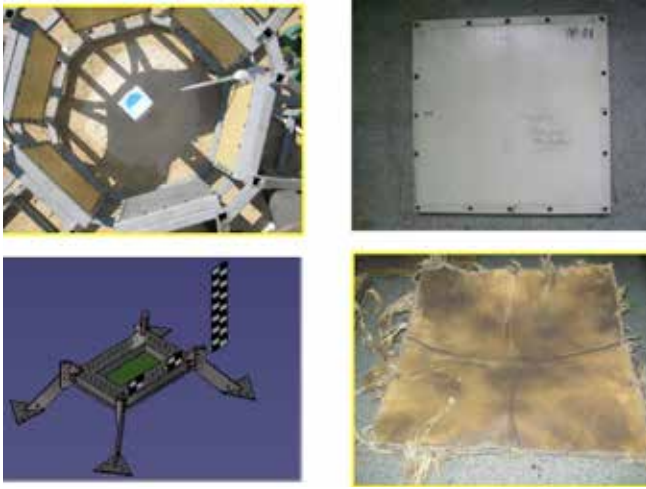
Zırh sistemlerinde yüksek enerji absorblama kapasitesine sahip fiber-metal lamina sistemler (FML) yeni bir malzeme konfigürasyonu olarak kullanılmaktadır. FML lerin gelişiminde termoset matrisli kompozitler yerine elyaf ile mukavetlendirilmiş termoplastik esaslı kompozitler özellikle enerji absorblama, tokluk ve üretim esnekliği yönünden daha olumlu sonuçlar vermektedir. Termoplastik esaslı kompozit ve Al levhalardan oluşan FML sandviç laminat kabuk ile metal köpük den oluşan yapılar patlama etkilerine karşı alternatif anti-blast sistemi olarak uygulama potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli polipropilen (CETPP) kompozit yapılar ve Al levhalardan oluşan FML sistemleri geliştirilmektedir. CETPP/Al levha sistemine gözenekli malzemenin de eklenmesiyle sandviç yapılar elde edilmiştir. Farklı kalınlıkta malzeme

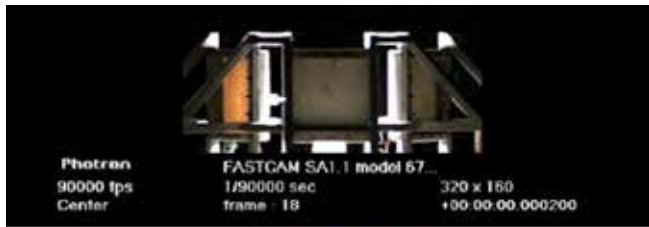


Elyaf takviyeli polimerik kompozitlerin geliştirilmesi, kompozit ara tabakalarının elektro eğirme yöntemi ile üretilen nanolifler ile iyileştirilmesi

bileşenlerinin yer aldığı sandviç laminatların basma ve eğme davranışları ile beraber enerji absorpsiyon karakteristikleri mekanik testler ile ölçülmüştür. Tabakalı laminant yapı bileşenleri arasındaki bağlanma mukavemetleri ayrıca test edilerek arayüzey mukavemet özellikleri arttırmaya yönelik yüzey modifikasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Test panellerinin dinamik patlama testleri ile davranışları ve performansları karakterize edilmiştir.



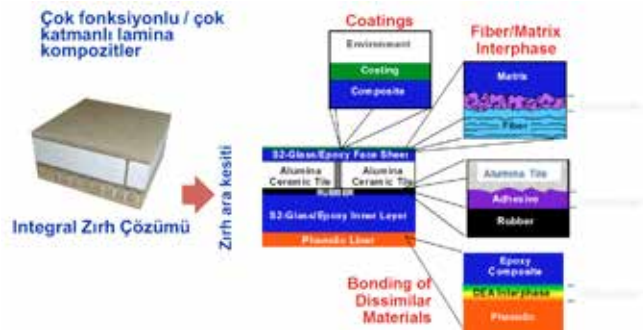
Patlama Etkisine Karşı Koruyucu Zırh Sistemleri



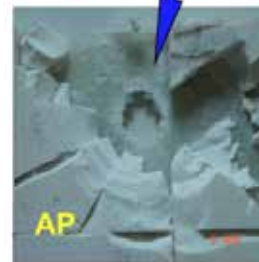
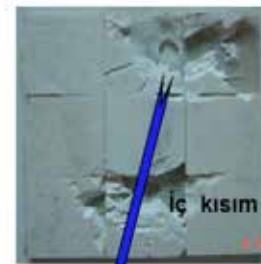
Hafif Kompozit Zırh Malzemelerinin Geliştirilmesi (DPT projesi)

Savunma sanayi uygulamalarında, askeri ve sivil zırhlı araçlar ve personel korumaya yönelik zırh sistemlerinin ağırlıklarını önemli ölçüde azaltmak ve böylece bu sistemlerin hareket kabiliyeti ve taşınım kolaylığını geliştirmek için yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

İdeal bir zırh malzemesi, birtakım balistik (tek ve çok atışlı kurşun geçirmezlik, enerji absorblama, şok bastırma, dinamik eğilme dayanımı) ve yapısal (mukavemet, sertlik, çevre koşullarına dayanım, hasar tolare etme) performans karakteristiklerinin kombinasyonunu gerektirir. Mevcut hiçbir malzeme tek başına bu gereksinimleri karşılayamadığı için bu ihtiyaçları karşılayabilecek hibrid yapıların tasarımı önemli yer tutmaktadır. Kompozit malzemeler hafif ve çok fonksiyonlu zırh malzemelerinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu araştırmalar kapsamında, polimer ve seramikler ve aynı esaslı malzemelerin fiberler (elyaf) ile mukavemetlendirilmiş kompozitlerine dayalı çok fonksiyonlu çok tabakalı kompozit zırh sistemleri geliştirilmektedir. Üretilen kompozit yapıların mekanik davranışı ile balistik performansları araştırılmaktadır. Geliştirilen kompozit zırhta, proses-mikroyapı-performans ilişkisi birtakım fiziksel, mekanik ve balistik testler sonucunda belirlenmektedir.



Toplül: J.62 AP



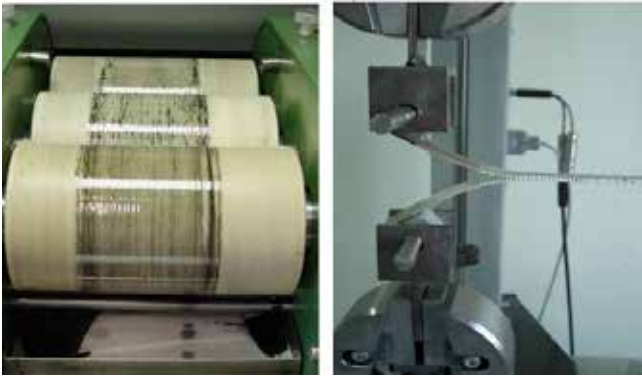
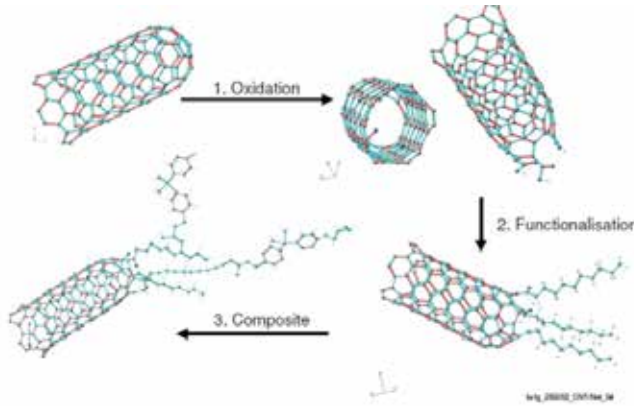
Polimer kompozit / Al_2O_3 / polimer kompozit

Çok fonksiyonlu ve çok katmanlı kompozit zırh sistemlerinin geliştirilmesi

Nano kompozit malzemelerin geliştirilmesi

TÜBİTAK- Almanya BMBF, SANTEZ, TÜBİTAK destekli projeler

Bu alanda değişik kapsamda projeler sürdürülmektedir. Karbon nanotüp dolgulu nanokompozitlerin üretilmesi ve üretilen malzemelerin fiziksel, elektriksel, mekanik ve termal özelliklerinin karakterizasyonu gerçekleştirilmektedir. Nanotüplerin 3-roll milling tekniği kullanılarak reçine içerisinde dağılımı elde edilmiştir. Nanotüp içeren reçine süspansiyonları matris olarak kullanılarak cam fiber takviyeli kompozitler vakum destekli reçine kalıplama metodu (VDRK) ile üretilmiş ve malzeme özellikleri açığa çıkarılmıştır.



Karbon nanotüp dolgulu nanokompozitlerin üretilmesi

Nano boyutta Ag, ZnO, TiO₂ v.b. dolgu malzemesinin eklenmesi ile kompoze taş (yapı malzemesi) antibakteriyel özellik kazandırılması çalışılmıştır. Üretilen numuneler bazı mikroorganizmalara karşı test edilip, antibakteriyel etkinliği belirlenmiş ve optimum bir değere ulaştırılmıştır. Proje kapsamında ortaya konacak özgün yaklaşımlar ve katkılar ile ülkemizde ilk defa, antibakteriyel kompoze taş ürünlerinin üretimi ve

ekonomiye kazandırılması için gerekli bilgi birikiminin oluşturulmuştur. Geliştirilen antimikrobiyal özellikteki kompoze taşlar sayesinde insan sağlığına daha az zararlı ve daha steril ortamlar yaratmak, yaşam kalitesini artırmak ve tüm bunları yaparken ülke ekonomisine de katkıda bulunmak amaçlanmıştır.



Nano boyutta Ag, ZnO, TiO₂ v.b. dolgu malzemesinin eklenmesi ile üretilen antibakteriyel özellikte kompozit malzemeler

Termoset, termoplastik ve elastomerik malzeme - kil tabakalarından oluşan nanokompozitlerin üretilmesi, proses parametrelerinin geliştirilmesi ve üretilen malzemelerin karakterizasyonu çalışmalardan birisidir. İnorganik kil tabakalarının bir birinden ayrılıp (delaminasyon), matris içerisinde homojen biçimde dağılım gösterdiği (exfoliated) mikroyapının oluşumu için, kil partikülleri değişik yüzeyaktif malzemeler ile modifikasyona tabi tutulmaktadır. Üretilen nanokompozitlerin mekanik, termo-mekanik ve termal davranışının karakterizasyonu proje konusunu oluşturmuştur.

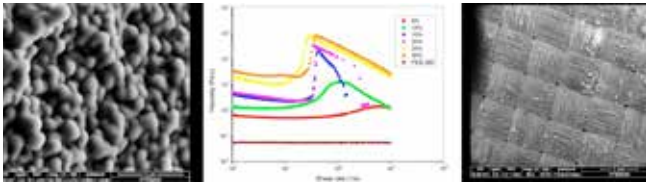


Tabakalı kil-polimer nano kompozit sistemleri

Akma ile kalınlaşan sıvıların (shear thickening fluid) nanopartiküllerden geliştirilmesi

Akma ile kalınlaşan sıvı (shear thickening fluid) nano boyutta silika yada benzeri partiküllerin polimer bir sistem içerisinde oluşturduğu süspansiyondan elde edilebilmektedir. Düşük yüklenme hızlarında, bu malzemelerin akışkanlığı akma (shear) oranı artışıyla birlikte artmaktadır. Fakat belli yüklenme hızı değeri üzerinde, akışkanlıkta ani bir düşüş meydana gelmekte ve malzeme katı gibi davranmaktadır. Akma ile kalınlaşan sıvı (shear thickening fluid) özelliği bu

malzemelerin balistik / darbe uygulamalarda kullanım potansiyelini oluşturmaktadır. Uygulamalarda kullanıcının günlük normal hareketlerinde düşük hızlı deformasyonlardan dolayı akışkan elastik malzeme gibi davranacak ve kullanıcın hareketini sınırlandırmayacaktır. Ancak, dinamik yüklemelerinde ise akma ile kalınlaşma (shear thickening) meydana geleceği için sıvı süspansiyon viskoz ve rijit bir malzeme haline gelmekte ve enerji absorblama yeteneği ile penetrasyonunu önemli seviyede etkileyecektir.



Akma ile kalınlaşan sıvı (shear thickening fluid) ve reolojik davranışı

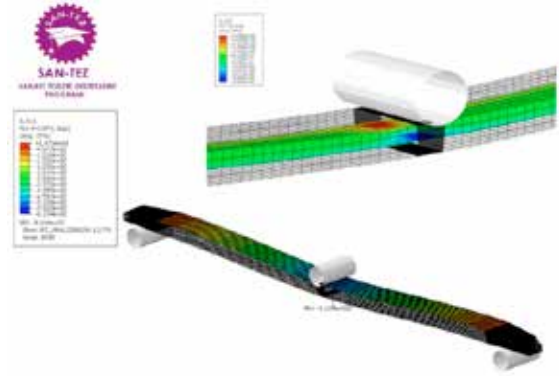
Otomotiv Sektörüne Yönelik Kompozit Malzeme Esaslı Yaprak Yay Sistemlerinin Tasarımı ve Üretim Tekniklerinin Geliştirilmesi (SANTEZ Projesi)

Otomotiv sektöründe de, diğer sektörlerde olduğu gibi, yerine daha hafif ve performanslı malzemelerin arayışı hız kazanmıştır. Kompozit malzemeler bu amaçla değerlendirilebilecek en önemli alternatif malzeme adaydır. Çelik ile kıyaslandığında, hafiflik yanında üstün yorulma performansı, korozyon ve kimyasal ortamlarda gösterdiği dayanımı ile proses esnekliği nedeni ile kompozitler yaprak yay imalatında ön plana çıkmaktadır.

Bu projede, ticari araçlarda kullanılacak nitelikte fiber takviyeli polimerik kompozit esaslı yaprak yay protipleri geliştirilmiştir. Bu kapsamda, kompozit esaslı yaprak yay davranışının sonlu elemanlar tekniği ile modellenmesi, bunlara uygun kompozit malzeme bileşenlerinin ve konfigürasyonlarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Malzeme seçimi ve kompozit yapı tasarımı, malzeme test fiziksel test sonuçları ve yaprak yay prototipi mekanik davranışı arasında ilişkinin ve döngünün sağlanması tamamlanmıştır.

Optimum özelliklerde ve sınır değerlerine uygun olarak proje kapsamında tasarlanan yaprak yay protiplerinin üretimi tamamlanmıştır. Yaprak yay prototipinin davranışının simüle edilmiştir. Proje kapsamında

ortaya konan yaklaşımlar ve katkılar ile ülkemizde ilk defa kompozit yaprak yay ürünlerinin üretimi ve ekonomiye kazandırılması için birikimin oluşturulması sağlanmıştır.



Kompozit yaprak yay sistemlerinin geliştirilmesi, modellenmesi, mekanik ve yorulma davranışının test edilmesi

Prof. Dr. Mustafa Güden

Hafif Yapı Tasarımı, Testi ve Modellemesi

Hafif hücreli, gözenekli ve dalgalı yapılar darbe ve patlama neticesinde çıkan enerjii (mekanik ve basınç) sönmlemek ve gerilme dalgalarının şiddetini azaltmak için yaygın kullanılmaktadır. Bu yapılar aynı zamanda uygulama esansında oluşan gerilme dalgaları neticesinde yüksek deformasyon hızlarına da maruz kalmaktadır. Yüksek deformasyon hızlarında yapı ve malzemeler statik hızlardan daha farklı deformasyon özellikleri göstermektedir. Bu yüzden yüksek hız deformasyon olaylarının modellenmesinde deformasyon hızına bağlı yapısal denklemlere ve patlamaya karşı enerjii sönmleyen arka tarafa çok az basınç geçiren malzeme yapı tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarında (DTM-Lab) alüminyum köpük ve dalgalı ve metalik ve kompozit sandviç yapılar üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Çalışmalar belirli eksenlerde toplanmıştır. Bunlar ana başlık olarak malzeme tasarım ve üretim süreçleri ve yüksek hız deformasyon davranışlarının testi ve modellenmesidir. Hafif malzeme tasarım ve üretim süreçlerinde; kurşun köpük, alüminyum köpük, dalgalı alüminyum ve polimer kompozit ve metalik sandviç yapılar çalışılmaktadır. Yüksek hız testleri Şekil 1'de gösterilen Split Hopkinson Basınç Bar (SHBB) ve projektör darbe testleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

SHBB test sistemi çarpan, alan ve ileten çubuklardan oluşmakta olup, gaz tabancası ile fırlatılan çarpan çubuk, alan çubuk'a çarpınca bu çubukta yüksekliği sabit olan bir basma gerilme dalgası oluştur. Alınan gerilme dalgası alan çubuk üzerinde hareket ederek, alan çubuk- numune-ileten çubuk ara yüzlerinden bir kısmı çekme dalgası olarak geri alan çubuk'a, gerisi ise ileten çubuk'a iletilir. Her iki çubukta oluşan birim şekil değişim miktarları çubuklar üzerine yerleştirilen birim şekil değişim sensörleri ve bir osiloskop yardımıyla ölçülür. Bu ölçümlerden numunenin gerilme dalgası geçişi sırasındaki birim şekil değişim miktarı, deformasyon hızı ve gerilmesi kolayca hesaplanabilir. SHPB testlerinde deformasyon hızı 100-5000/s arasında değişmektedir.

Yüksek hız deformasyon çalışmalarının bir kısmı hücreli yapıların yüksek hız testlerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda hafif dalgalı ve cam köpük malzemeler SHPB sisteminde alan barın ucuna farklı hızlarda fırlatılarak şok dalgası oluşturulmaktadır (Şekil 2). Oluşan şok dalgası SHPB sisteminde basınç-zaman olarak deneysel ölçülmekte, LSDYNA ile simüle edilmekte ve katı-mükemmel-plastik-kilitleme (p-p-r-l) modeli ile analitik olarak incelenmektedir (Şekil 3). Bu deney sistemi herhangi bir yapıda şok dalgasının oluşup oluşmayacağını ve oluşan şok dalgasının miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Laboratuvar ölçeğinde geliştirilen bu tür çalışmaların sonuçları özellikle şok dalgasını emen yapıların tasarımı aşamasında kullanılabilir niteliktedir. Gerçek yapı modellenmesinde özellikle çok katmanlı yapılarda çözüm süreleri çok uzayabilir ve hatta çözüm olanaksız hale gelebilir. Dolayısıyla bu yapıların çözüm süresi çok daha kısa olan homojenleştirme yöntemi ile modellenmesi önem kazanmaktadır. Dalgalı yapılar için geliştirilen bir yöntem ise bu yapıları bal peteği yapısına benzer şekilde modellemektir. Homojenleştirme sonuçlarının hassasiyetini olumsuz etkilese de mühendislik uygulamalarında kullanımı şu an için zorunludur.

Sandviç yapılar ön ve arka metal veya kompozit plakalar ve hafif bir dolgu malzemesinden oluşmaktadır. Simülasyon çalışmalarında kompozit plakanın deformasyonu Kompozit Mat 162 modeli ile belirlenmektedir. Bu model çok farklı sayıda statik ve dinamik testlerinin yapılmasını gerekli kılar. Ancak, bu yöntem simülasyon çalışmaları doğrulandığında parametrik çalışmaların çok daha hızlı yapılmasına olanak sağlar. Şekil 4'de 5 mm kalınlıkta cam elyaf/ polyster kompozit-dalgalı yapı sandviçin projektör testi ve simülasyon sonrası resimlerini göstermektedir. Deney ve simülasyon testleri sonrası oluşan gerilmeler karşılaştırılarak modelin geçerliliği belirlenmektedir. Deneysel olarak belirlenen (hızlı kamera) arka yüzey sehimleri, LS-DYNA Conwep patlama simülasyonlarındaki sehimlerle karşılaştırılmaktadır.

Yapısal denklemler numerik çalışmaların yakınsaklığını belirleyen en önemli model girdisidir. Bu kapsamda geliştirilen çok farklı yapısal denklem mevcut olup, mühendislik uygulamalarında en fazla kullanılanlar metaller için Johnson ve Cook gerilme ve gerinim ve seramikler için Johnson-Holmquist denklemleridir. DTM-lab olarak Ti, Al, Çelik, Germanyum, SiC, cam

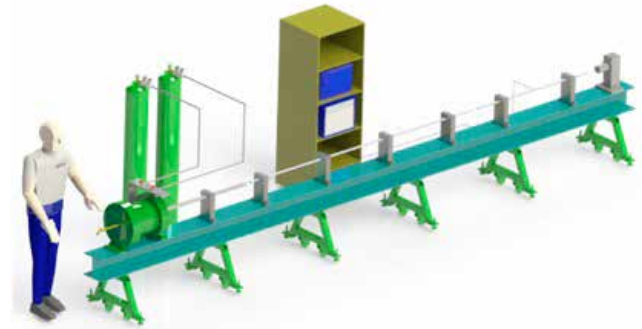
fiber takviyeli epoksi ve polyester kompozitler benzeri çok sayıda farklı malzemelerin yapısal denklemleri üzerine çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmektedir.

Atık ve Doğal Kaynaklarından Malzeme Üretim Süreçleri

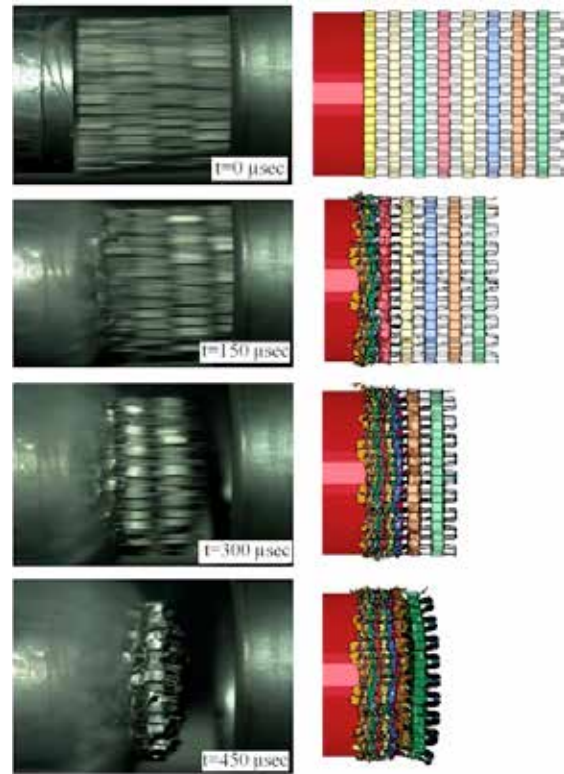
Atıkların geri dönüşümü çevre açısından önem kazanmaya başladı. Atık şişe ve pencere camlarından köpük cam üretimi 1930'lerden itibaren çalışılmaktadır. Geri dönüşüm için şişe ve pencere camı atıkları her ülkede toplanmaktadır. Toplanan bu atıkların çok az kısmı cam üretim fabrikalarında kullanılmakta ve geri kalan kısmı ise izolasyon köpük cam üretiminde kullanılmaktadır. Pencere camı parlatma fabrikalarının atıkları ise doğaya atılmaktadır. Esasen parlatma esnasında kullanılan bor ve silikon karbür esaslı parlatma süspansiyonu atık tozun köpükleştirilmesinde kullanılabilir. Atık toz ilk etapta bir pres ile basılarak toz tabletler hazırlanmakta ve daha sonra bu tabletler bir fırında köpükleştirilmektedir. Kullanılan deneysel set-up ile ısıtma hızının etkisi belirlenmektedir. Hazırlanan köpüklerin yoğunluğu 100-600 kg/m³, basma mukavemeti 1000-7000 kPa ve ısı iletin katsayısı ise 0.05-0.16 W/mK arasında değişmektedir. Alternatif bir metot ise oda sıcaklığında köpük yapısının oluşturulması ve akabinde sinterleme ile yapının kuvvetlendirmesidir. Bu kapsamda bir patent başvurusu yapılmış, konu üzerine doktora seviyesinde araştırmalar yürütülmektedir.

Son yıllarda, polimerlerde doğal katkı malzemelerinin kullanımı kayda değer bir önem kazanmıştır. Doğal katkı olarak kullanılan malzemelerden biri de diyatomelardır. Diyatome kabukları veya früstülleri hücre duvarı içerisinde biyomineralizasyon olarak bilinen silika birikmesi süreci sonucunda meydana gelen nano silika yapılardan oluşur. Diyatome hücreleri öldüğünde okyanusların veya denizlerin tabanında birikerek "diyatomit" olarak adlandırılan birikintiyi oluşturur. Diyatome fristülü şeklinin ve ısı işleminin epoksinin basma mukavemeti üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Diyatome şeklinin etkisi için diyatome izolasyon ve kültür ortamında çoğaltılarak tek türe indirgenmiştir. Elde edilen fiber geometrisinde olan ve farklı en/boy oranına sahip pennat diyatome katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Yarı-statik basma testleri mekanik özellikleri belirlemek için katkılı kompozitlere uygulanmıştır. Epoksi matrisin ağırlıkça

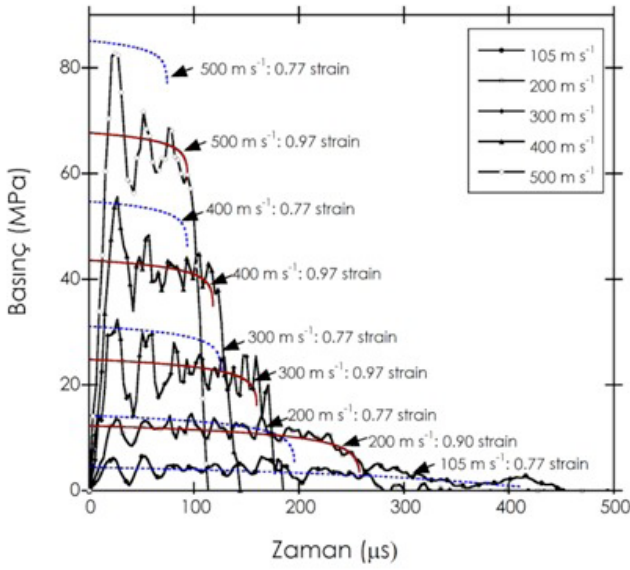
~%6 oranında doğal diyatomit ve Achnanthes Taeniata fristülü katkısı ile basma mukavemetinin 60 MPa'dan dan sırasıyla ortalama 67 ve 79 MPa'ya yükseldiği görülmüştür. Daha yüksek bir mukavemet (-10 MPa) ve elastik modülü artışı Achnanthes Taeniata ile sağlanmıştır. Doğal diyatomitin 1000°C'de ısı işlemleri epoksi matrisin basma mukavemetini artırmıştır. Basma mukavemetinin 60 MPa olan katkısız epoksiye göre %50 artış sağlandığı gözlenmiş olup, 90 MPa basma mukavemeti bu ısı işlemi ile elde edilmiştir.



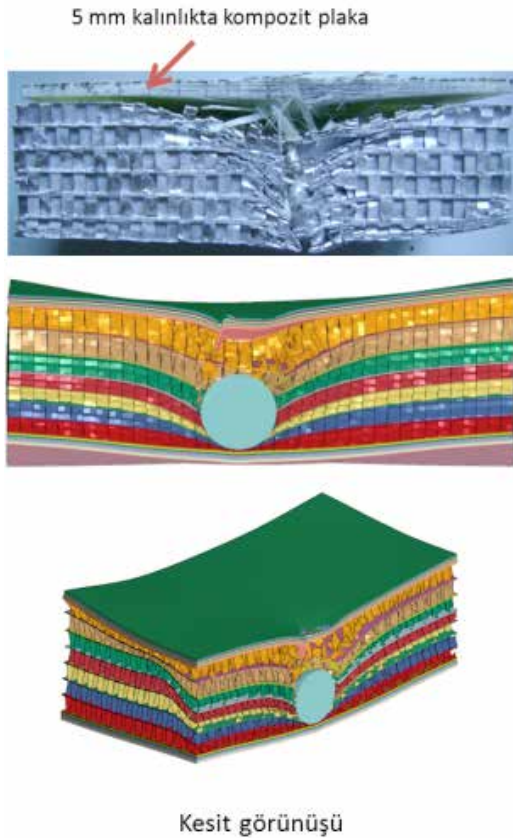
Şekil 1. Split Hopkinson Basınç Bar (SHBB) test sistemi.



Şekil 2. Dalgalı yapılarda şok dalga oluşumu; SHPB testi ve modelleme.



Şekil 3. Al dalgalı yapının farklı çarma hızlarında model ve analitik basınç-zaman grafikleri.



Şekil 4. Dalgalı kompozit sandviç yapının projektör testi sonrası resmi ve modeli

Prof. Dr. Sedat Akkurt

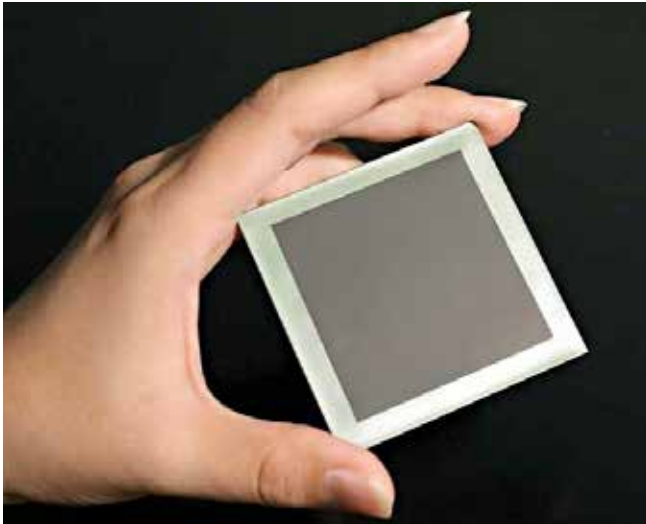
Katı Oksit Yakıt Hücresi Katot Performansının İyileştirilmesi

Türkiye Elektrik İletişim A.Ş. (TEİAŞ) 2015 yılı verilerine göre dışa bağımlı olduğumuz doğal gazın elektrik üretimindeki %47,9'lık payı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde kullanılma oranının (%4,9) düşüklüğü dikkat çekicidir. Ülkemizde doğal gaz çevrim santrallerinde düşük bir verimle elektrik üretilebilmekte, dolayısıyla ciddi bir ekonomik kayıp olmaktadır. Doğal gaz dışındaki fosil yakıtlar ile çalıştırılan klasik bileşik ısı güç üretim uygulamalarının verimleri ise Carnot verimi ile sınırlı olduğundan daha düşüktür. Katı oksitli yakıt hücreleri kimyasal enerjiyi yanma reaksiyonu olmadan doğrudan elektrik enerjisine çevirdiği için oldukça umut vadeden çevre dostu bir teknolojidir. Yakıt pillerinde klasik sistemlerde olduğu gibi enerji dönüşüm prosesleri, mekanik enerji kayıpları, ek proses ve proses verim kayıpları, enerji iletim kayıpları olmadığı için verim çok daha yüksektir. Yakıt hücrelerinin, geleneksel güç üretim sistemlerine göre bazı önemli üstünlükleri vardır. Bunlar arasında; çevresel kirliliğe sebep olmaması, enerji üretimi veriminin oldukça yüksek olması, farklı yakıtlarla çalışabilmesi (doğal gaz, LPG, metanol), egzoz ısısının yeniden kazanılabilmesi, modüler yapılı olması (ek üniteye gerek olmadan tek bir cihaz şeklinde elektrik üretimi böylece mekanik kayıpların olmaması), güvenilir bir sistem olması, işletimde kolaylıklar sağlaması, geleceğe yönelik olarak gelişme potansiyelinin oldukça yüksek olması, katı atık ve gürültü problemi olmaması sayılabilir.

Yakıt hücreleri, başta H_2 olmak üzere değişik yakıtlarla kullanılabilir. Çalışma prensibi bataryalara oldukça benzese de bataryaların aksine enerjisi bitip tekrar şarj edilmeye gerek duymazlar ve gerekli yakıtla beslendiği sürece durmaksızın çalışmaya devam ederler. Tıpkı bir otomobil gibi deponun yakıtla doldurulması durumunda sürekli çalışabilirler (Şekil 1). Yakıt Pilleri 1800'li yılların başında William Grove tarafından keşfedilmesine rağmen pratik olarak ilk kullanımı 1958 yılında NASA'nın uzay programında Apollo, Gemini uzay gemilerinde enerji sağlamak için kullanılmıştır. Gelecek vadeden bu teknoloji üzerinde oldukça yoğun bir Ar-Ge faaliyeti devam etmektedir. Yakıt hücrelerinin multi-disipliner bir konu olmasından dolayı her yıl

10.000'e yakın uluslararası hakemli makale, bu konu hakkında basılmaktadır. Yakıt hücrelerinin 2004 yılındaki dünyadaki pazarı 2.4 milyar dolarken, 2010 yılındaki pazar maliyeti 20 milyar dolardan fazladır.

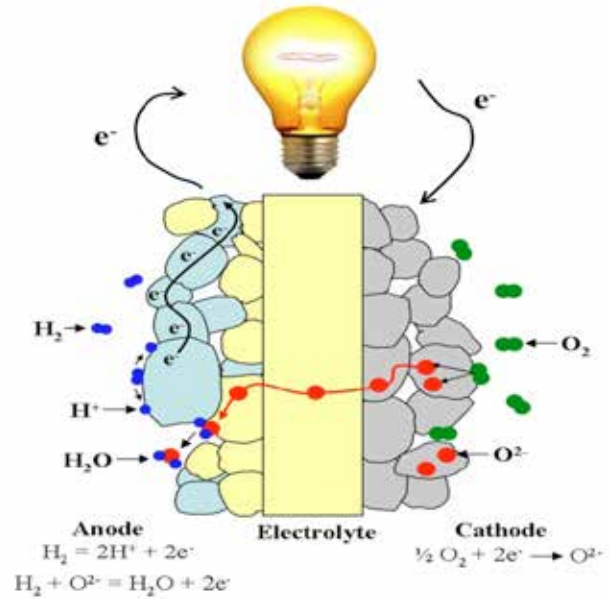
Kullanılan elektrolite göre yakıt pilleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır: Alkali Yakıt Pili (AYP), Fosforik Asit Yakıt Pili (FAYP), Erimiş Karbonat Yakıt Pili (EKYP), Katı Oksitli Yakıt Pili (KOYP) Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt Pili (PEMYP) ve Doğrudan Metanol Yakıt Pili (DMYP). Diğer yakıt pillerinin hepsinin bir diğerine göre avantajları olmasına rağmen son yıllarda hem verim hem maliyet hem de enerji dönüşüm verimi açısından en çok dikkat çeken yakıt pili katı oksit yakıt pilidir.



Şekil 1. Yakıt Hücresi

Katı oksitli yakıt hücreleri (KOYH), elektrolit (yoğun ve gaz geçirmez bir seramik oksit tabaka) ve her iki tarafında da gözenekli anot ve katottan oluşmaktadır. Çalışma prensibi oldukça basit olan bu sistem Şekil 2'de gösterilmiştir. Anot, sistemin yakıtı olan H_2 ile beslenirken burada H_2 gazı yükseltgenir ve elektronunu bırakır. Bu elektron, yakıt hücresi dışından bir devre üzerinden elektrik akımı olarak akarak elektrik enerjisi üretimine yol açar. Katotta ise bu elektronlar O^2 tarafından alınır ve O^{2-} iyonları üretilir. Böylece elektrik devresi tamamlanmış olur. Sistemin tam olarak çalışabilmesi için katotta üretilen O^{2-} iyonlarının yayılımı (difüzyon) yoluyla elektrolit içinden de geçerek anoda ulaşması gerekir. Anoda ulaşan O^{2-} iyonları buradaki H_2 ile birleşip su moleküllerini oluşturur ve sistemden buhar olarak uzaklaşır. Böylece doğaya zararlı hiçbir madde üretilmeden sadece su, ısı ve elektrik

enerjisi elde edilmiş olur. KOYH'ların uygulama alanları arasında: uzay çalışmaları/askeri uygulamalar, evsel uygulamalar, sabit güç üretim sistemi/yüksek güç üretim sistemi uygulamaları, taşınabilir güç kaynağı uygulamaları, atık/atık su uygulamaları ve taşıt uygulamaları gelmektedir.

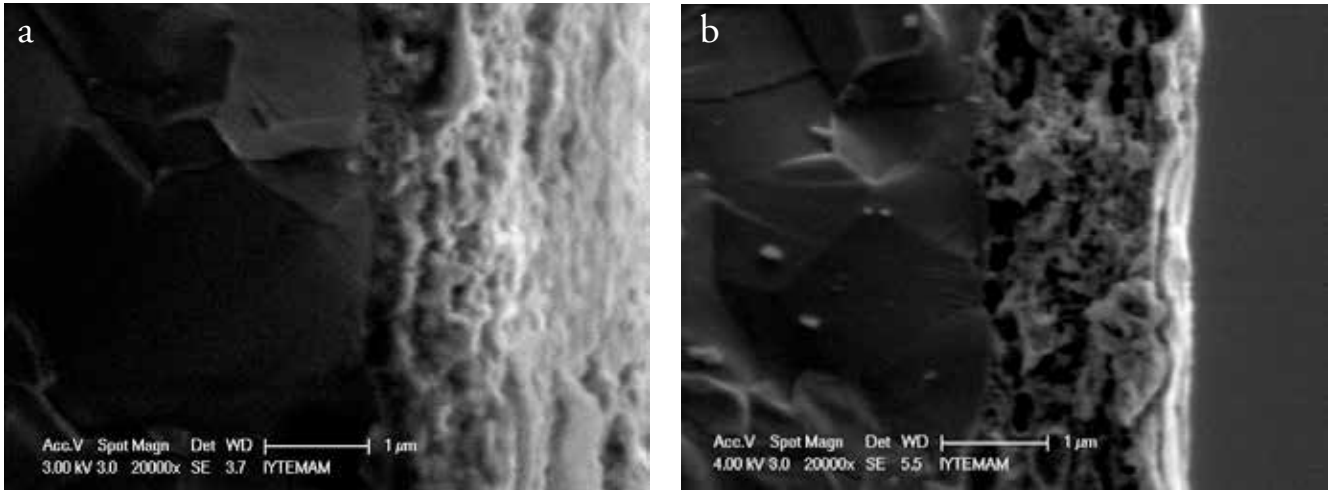


Şekil 2. Katı Oksitli Yakıt Hücrelerinin (KOYH) Çalışma Prensibi

Çalışmalarda özellikle Katı Oksit Yakıt Hücrelerinin katot ve elektrolit bileşenleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda KOYH'ların performansını en çok etkileyen bileşen olan katotlarda şu anda oldukça ilgi çeken malzeme LSCF ($La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$) iken, elektrolit tabakasında CGO ($Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$) kullanılmaktadır.

LSCF, bir karışım oksit olup oksijen gazını (O^2) oksijen iyonuna (O^{2-}) dönüştürmede $800^\circ C$ altındaki sıcaklıklarda geleneksel katot malzemelerine (LSM, LCF) göre daha etkindir. Yapılan bir projede bu tabakanın öncül tuz karışımlarından katı hal sentezi yoluyla oluşturulma koşulları ve ısıl bozunma tepkimeleri incelenmiştir. Internal Journal of Hydrogen Energy dergisinde yayınlanan bu çalışma sonucunda LSCF fazının $800^\circ C$ 'de yapılan bir ısıtma işlemiyle kolaylıkla sentezlenebileceği, lantanın faz oluşumunda etkili bir katkı olduğu gösterilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada ise University of Calgary'den Yrd. Dr. Aligül Büyükksoy ve Prof. Dr.

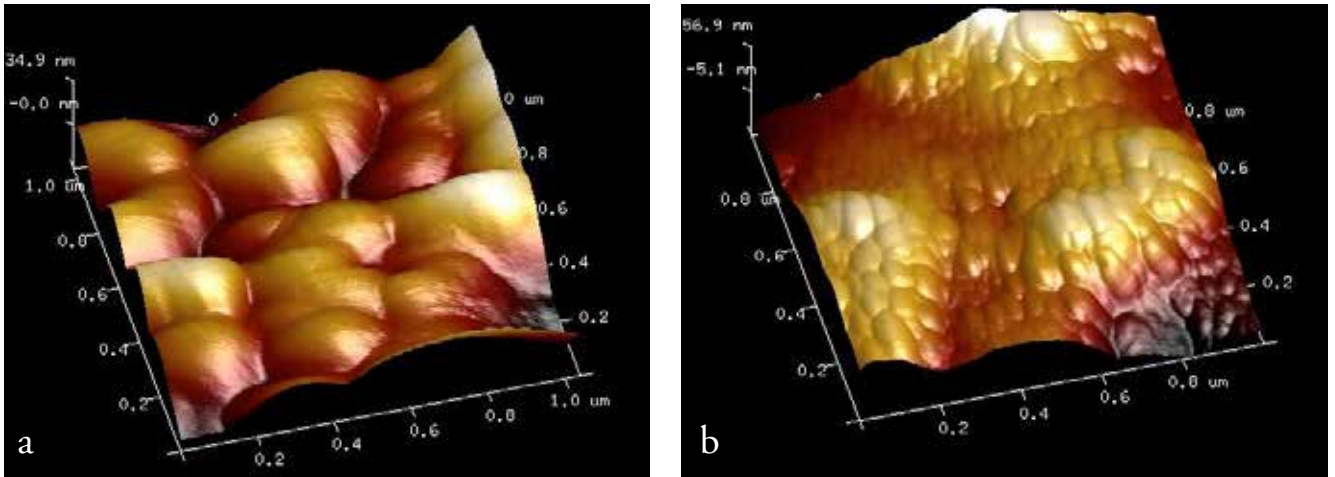


Şekil 3. a) LSCF (700°C’de sinterlenmiş) b) LSCF-CGO (700°C’de sinterlenmiş) katot kaplamalarına ait SEM görüntüsü (1x 1 µm)

Viola Birss ile ortak bir çalışma gerçekleştirilmiş ve Mikro Katı Oksit Yakıt Hücrelerinde kullanılabilen ince filmler üretilmiştir. Mikro Katı Oksit Yakıt Hücreleri, özellikle 400-600°C gibi düşük sıcaklıklarda çalışabildiği ve tüm mobil uygulamalarda (telefon, laptop gibi) kullanılabilirdiği için 2010’lu yıllardan sonra oldukça ilgi çekici hale gelmiştir. Bunun için yoğun seramik elektrolit tabakası (CGO) döndürmeli kaplama yöntemiyle iki tarafı katot malzemesiyle kaplanmıştır. Katot malzemesi olarak bir önceki projedeki gibi LSCF ve LSCF-CGO nano karışımı kullanılmıştır. Şekil 3 ve 4’te bu kaplamalara ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) görüntüleri verilmiştir. Katot malzemesi olarak LSCF ve LSCF’in içine eklenen CGO’nun katot performansına olan olumlu etkileri gösterilmiştir. Ayrıca yapılan proje, daha önce yapılmış benzer iki proje ile

karşılaştırılmış (CGO üstüne LSCF kaplama) ve bu iki projeye göre oldukça düşük maliyetli bir yöntemle başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen Yakıt Hücresinin uzun süreli kullanımında oldukça stabil değerler elde edilmiş olup literatür için temel teşkil edecek çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlar 2015 yılında Ankara’da mESC IS-International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion’da sunulmuştur.

LSCF katot performansı üzerine olan çalışmalar farklı kaplama teknikleri ile daha detaylı bir şekilde devam etmektedir. Bu çalışmalar İYTE BAP projeleri kapsamında desteklenmektedir.



Şekil 4. a) LSCF (700°C’de sinterlenmiş) b) LSCF-CGO (700°C’de sinterlenmiş) katot kaplamalarına ait AFM görüntüsü (1x 1 µm)

Yrd. Doç. Dr. Sinan Kandemir

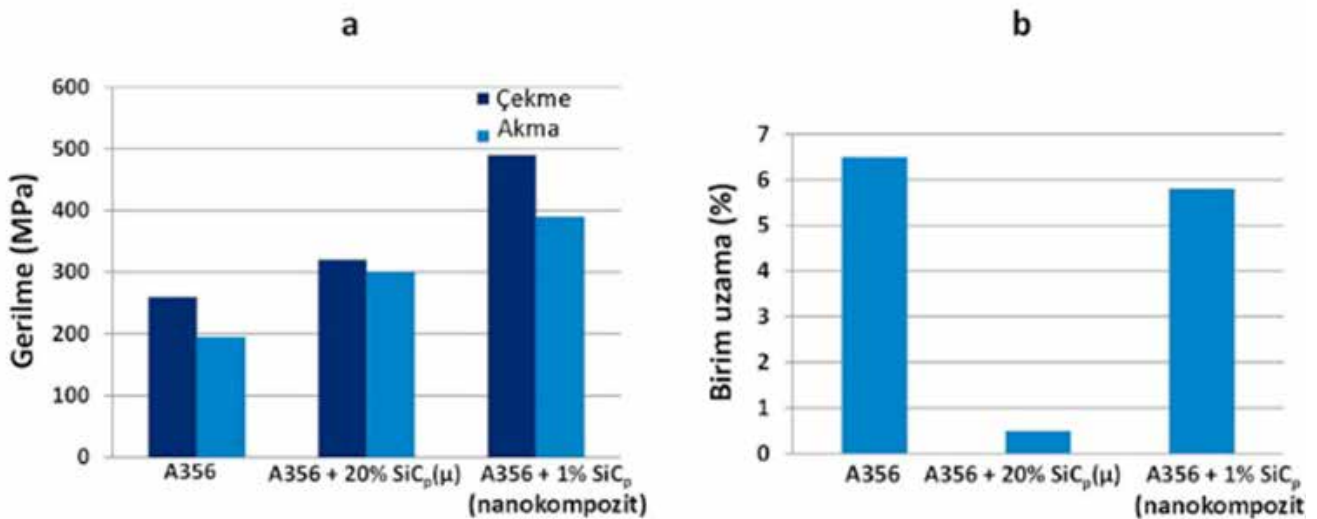
Otomotiv Endüstrisine Yönelik Grafen Nanolevha Takviyeli Metal Matrisli Nanokompozitlerin Geliştirilmesi

Ulaştırma dünyada toplam enerji tüketimi içerisinde yaklaşık %25'lik paya sahiptir ve CO₂ emisyon oranları ile en fazla çevre kirliliğine sebep olan sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle, otomotiv endüstrisinin araç ağırlıklarını düşürerek yakıt ekonomisine katkıda bulunmak ve CO₂ salınımlarını azaltmak için hafif ve yüksek mukavemetli malzemelere olan talebi her geçen gün artmaktadır. Bu talep doğrultusunda ilk olarak alüminyum ve magnezyum gibi hafif metallerin SiC ve Al₂O₃ gibi mikron boyutlu ve sert seramik parçacıklar ile mukavemetlendirilmesi gündeme gelmiştir ve bazı otomobil üreticileri birtakım komponentlerini bu tür parçacık takviyeli geleneksel Metal Matrisli Kompozit (MMK) malzemelerden imal etmiştir. Ancak, mikron boyutlu seramik partiküllerin matris takviyesinin bu tür partiküllerin mekanik yüklenme sırasında çatlak oluşumuna karşı yatkınlığı ve matris içindeki görece yüksek konsantrasyonu (Geleneksel MMK'lerde takviye elemanı oranı ağırlıkça %5-20 civarındadır.) nedeniyle sünekliği önemli oranda düşürdüğü bilinmektedir.

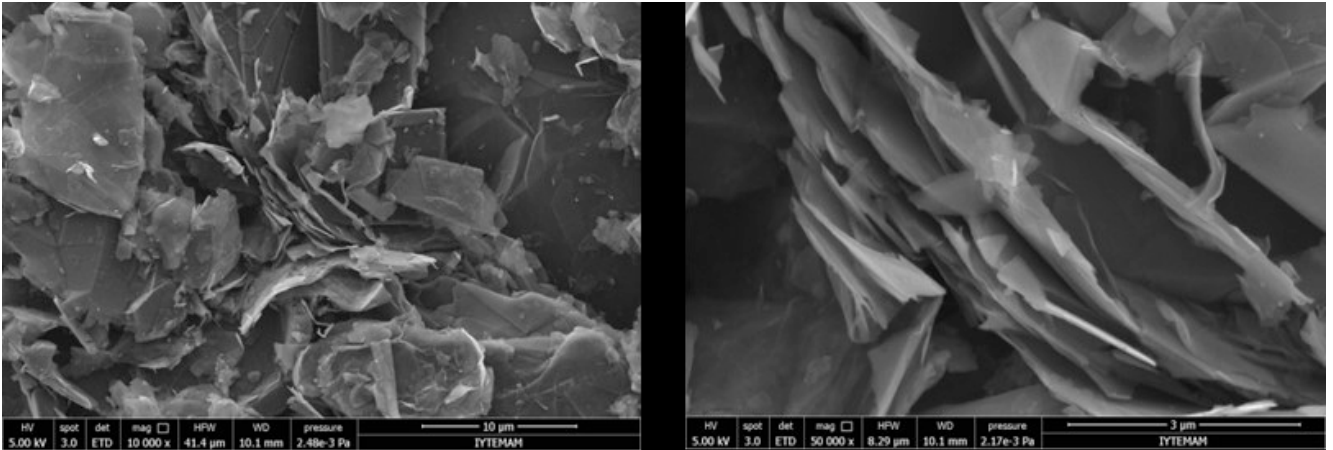
Ağırlıkça çok düşük miktarlarda (%0.5-1) ve ortalama çapı 100 nm'nin altındaki seramik veya diğer sert partiküllerin metal matrislere ilavesi ile geleneksel metal matrisli kompozitlere göre sünekliğin iyileştirilerek

veya muhafaza edilerek mukavemetin önemli oranda arttırılabileceği çeşitli deneysel çalışmalarda gösterilmiştir. Bu tür malzemeler Metal Matrisli Nanokompozitler (MMN) olarak adlandırılmaktadır. A356 alüminyum alaşımının (Al Si7 Mg) ve bu alaşımın mikron ve nano boyutlu (~30 nm) SiC partikül takviyeli kompozitlerinin mukavemet ve süneklik değerleri Şekil 1'de karşılaştırılmıştır. Nanopartiküllerin mekanik özellikleri bu seviyede geliştirmesindeki rolü partiküller etrafında oluşan gerilim yoğunlaşması ile dislokasyonların ilerlemesine engel olması ve tane boyutları üzerindeki küçültücü etkisiyle açıklanmaktadır.

Karbon atomlarının tek düzlemde dizilmesi ile oluşan iki boyutlu malzeme grafen benzersiz özelliklerinden dolayı bilim dünyasının ilgisini çekmektedir. Grafen elde edilen en ince ve hafif malzeme olmasına karşın güçlü karbon bağları onu doğadaki en dayanıklı malzemelerden biri yapmaktadır. Çelikten yaklaşık 100 kat daha kuvvetli olan grafen üstün mekanik ve fiziksel özellikleri nedeniyle gelecek vaat eden takviye elemanı olarak kompozitlerin mekanik, elektrik ve termal özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Endüstriyel olarak üretilebilen, grafen tabakalarından oluşan ve 100 nm'nin altında bir kalınlığa sahip olan grafen nanolevhaların (Şekil-2) metal matris içinde homojen dağılımı ile yeni nesil yüksek mukavemetli kompozit malzemelerin üretilmesi mümkün olabilmektedir. Otomotiv endüstrisine yönelik grafen nanolevha takviyeli kompozit malzemelerin



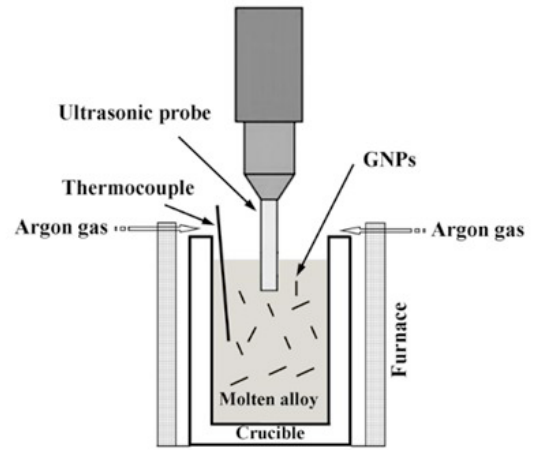
Şekil 1. A356 alüminyum alaşımı, ağırlıkça %20 SiC mikropartikül takviyeli A356 kompoziti ve ağırlıkça %1 SiC nanopartikül takviyeli A356 nanokompozitinin; (a) akma ve çekme gerilme, (b) birim uzama değerleri.



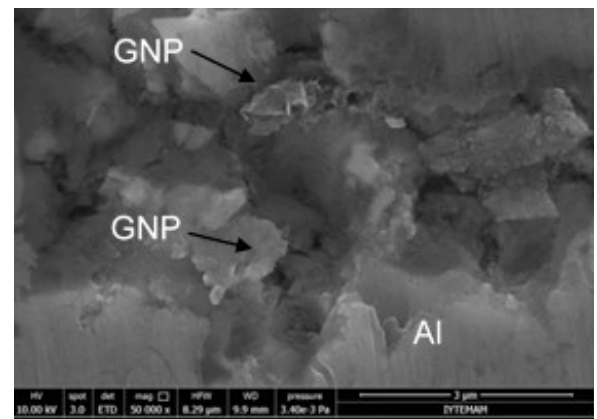
Şekil 2. Düşük ve yüksek büyütmede grafen nanolevhaların (x,y boyutu: ~5 mikron, kalınlık: 50-100 nm) taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri.

üretim, seri imalata uygunluk ve kompleks şekle sahip parçaların ekonomik olarak üretilebilirliği açısından sıvı fazda (döküm) gerçekleştirilmesi uygun gözükmemektedir. Ancak, büyük yüzey-hacim oranı ve sahip oldukları yüksek yüzey enerjileri nedeniyle diğer nano boyutlu takviye elemanları gibi grafen nanolevhalarının da sıvı metal içerisinde beslenmesi ve homojen olarak dağıtılması söz konusu üretim tekniğinin temel zorluğudur.

Yrd. Doç. Dr. Sinan Kandemir ve ekibi, seramik nanopartikül/grafen nanolevha takviyeli metal matrisli nanokompozitlerin geliştirilmesi, mikroyapı karakterizasyonları, mekanik testleri ile birlikte hafif alaşım/kompozitlerin dökümü ve yarı katı yöntemle prosesi üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. Hali hazırda TÜBİTAK MAG destekli devam eden bir projede sıvı alüminyum alaşımında grafen nanolevhaların ultrasonik karıştırma mekanizması (Şekil-3) ile aglomerasyonun önlenerek dağıtılması sağlanmıştır. Mikroyapı analizlerinden elde edilen ilk bulgular, grafen nanolevhaların matris içinde yüksek enerjili ultrasonik dalgalar vasıtasıyla nispeten homojen olarak dağıtıldığını ve mekanik özelliklerin kayda değer oranda geliştirildiğini göstermiştir. Şekil-4 de matris içine gömülen tekil nanolevhalar görülmektedir.



Şekil 3. Ultrasonik karıştırma mekanizması ile grafen nanolevhaların (GNPs) sıvı alüminyum içinde dağıtılması.



Şekil 4. Ağırlıkça %0.5 grafen nanolevha içeren A360 alüminyum alaşımının SEM görüntüsü.

Araştırma ekibinin, alüminyum alaşımlarının yanında daha hafif magnezyum alaşımlarının grafen nanolevhalar ile takviyesi ve Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ile ileri mikroyapı analiz çalışmaları sürmektedir.

Yrd. Doç. Dr. M. Fatih Toksoy

Bor Karbür Seramiklerinin Geliştirilmesi

Dünyada ki en büyük bor rezervlerine sahip ve mineral satışında dünya lideri olan Türkiye, bor içerikli ileri ürün üretiminden yeteri kadar pay alamamaktadır. Bor içerikli ürünlerin geliştirilmesi ülkemizde öncelikli alan olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda adımlar atılmıştır. Sağlıktan petrokimya endüstrisine pek çok uygulama alanı olan bor ürünlerinin diğer önemli kullanım alanları da savunma sanayii ve nükleer reaktörlerdir.¹

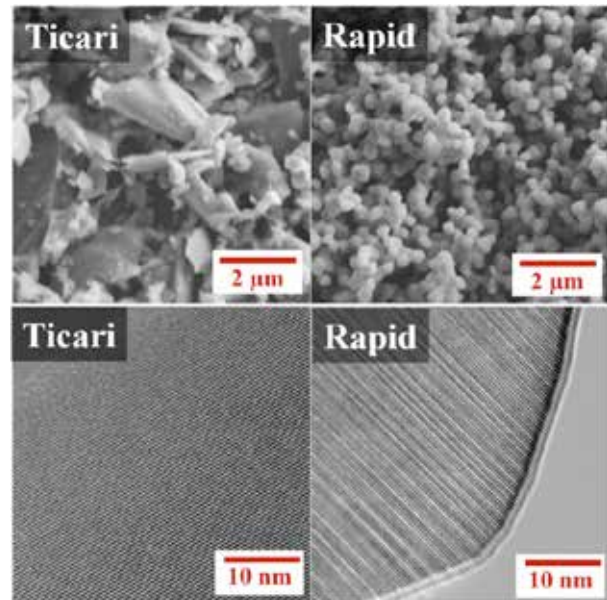
Bor karbür; elmas ve kübik bor nitrattan sonra bilinen en sert üçüncü malzemedir. Üretim şartları açısından ise yüksek miktarlarda üretilebilen en sert malzemedir. Düşük yoğunluğa (2.52 gr/cm³) sahip olan bor karbür; çeliğe göre %60, silisyum karbürüne göre ise %30 daha hafiftir. Saf bor karbürün sertlik değerleri silisyum karbürün 1,5, çeliğin ise 3 katı kadardır. Bunun yanında mekanik özelliklerini 1100°C'ye kadar koruyabilmekte pek çok aside karşı direnç göstermektedir. Bor karbürün bu üstün özellikleri gösterebilmesi için yüksek yoğunlukta üretilmesi gerekmektedir.¹

Bor karbür tozlarının üretilmesi için kullanılan endüstriyel yöntemler kaliteli ürün oluşturulmasını engellemektedir. Üretilen tozlarda giderilemeyen safsızlıklar, nihai ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sonraki adım olan yüksek yoğunluklara sinterleme işlemi ise bor karbürün yüksek ergime sıcaklığından (2500°C) dolayı oldukça zordur. Yapılan çalışmalarda, 2200°C üzerinde ki sıcaklıklarda dahi ancak %90 civarında bir yoğunluk elde edilmiştir. Bundan zorluklardan dolayı saf bor karbür ancak sıcak press veya Spark Plazma yöntemleriyle sinterlenebilmektedir.²

Dr. Toksoy, önceki çalışmalarında bu problemleri giderebilmek için Rapid Carbothermal sentezleme yöntemiyle yüksek kalitede toz üretimini çalışmış ve büyük oranda başarı sağlamıştır. Üretilen tozlar düşük tane boyutlu ve yüksek saflıkta olmakla birlikte tane içinde yüksek oranda ikizlenmeler ihtiva etmektedir. Spark Plazma yöntemiyle tam yoğunlukta sinterlenen bor karbür numunelerinin ticari ürünlere oranla %15 oranında daha yüksek sertliğe ulaştığı tespit edilmiştir. Düşük tane boyutu, yüksek saflık ve

yoğun ikizlenmenin bu gelişmede etkili olduğu tespit edilmiştir.²

Bu çalışmalardan edinilen bilgi birikimiyle ticari bor karbür tozlarının işlenmesi ve katkı ilavesiyle nihai ürün üretilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar TÜBİTAK tarafından 116M205 kodlu proje ile desteklenmektedir. Proje kapsamında ticari bor karbür tozları kimyasal işlemlerle kaplanacak olup, katkı ilavesiyle sinterleme sıcaklıklarının düşürülmesi üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Ürünlerin eser miktarda katkı ilavesiyle yüksek yoğunlukta ve sertlik değerlerinden taviz vermeden tokluk değerlerinin iyileştirilerek üretilmesi temel hedefdir.



Rapid Carbothermal Yöntemle üretilmiş tozların Ticari tozlarla Karşılaştırılması. SEM resimleri çok daha iyileştirilmiş toz morfolojisini göstermektedir. TEM resimlerinden ise yüksek ikiz yoğunluğu dikkat çekmektedir.²

¹ Toksoy M.F. Densification of Rapid Carbothermal Synthesized and Commercial Boron Carbide by Spark Plasma Sintering, Rutgers University-Graduate School-New Brunswick Doktora Tezi, 2014

² Toksoy M. F. v. d. Densification and Characterization of Rapid Carbothermal Synthesized Boron Carbide, International Journal of Applied Ceramic Technology, Cilt: 14, Sayfalar: 443-453, 2017

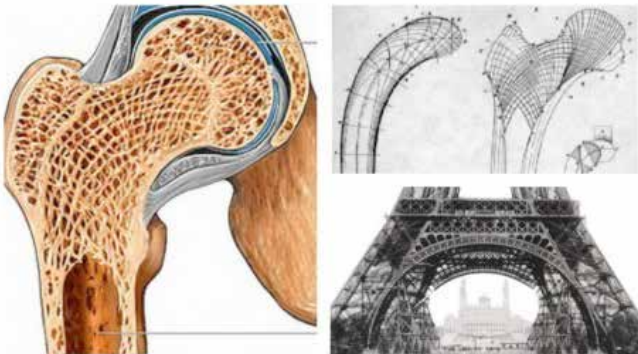
Mühendislik Mekaniği Araştırma Alanı

Prof. Dr. Alper Taşdemirci

Biyobenzetim tabanlı enerji yutucu zırh sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu

İnce cidarlı kabuk yapılar sahip oldukları yüksek enerji emme kapasiteleri nedeniyle havacılık, otomotiv, savunma sanayi gibi çeşitli alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Enerji emici yapıların temel ilkesi, çarpışma anında iletilen kuvveti en aza indirmek ve deformasyona uğrayıp enerji absorbe ederek koruma sağlamaktır. Bu nedenle ince cidarlı kabuk yapılar çarpışmanın insan hayatı için ciddi sorunlara yol açabileceği alanlarda enerji yutucu koruma sistemi olarak kullanılmaktadır.

Biyobenzetim, doğadaki canlıların makro ve mikro boyutlarda incelenmesiyle elde edilen bilgilerin karmaşık mühendislik problemlerine uyarlanması içermektedir. Canlılardan ilham alınarak yapılan projelerin günümüzde oldukça popüler olduğu görülmektedir. Biyobenzetim son yıllarda gittikçe önem kazanmasına rağmen bundan yıllar hatta yüzyıllar önce dahi insanlığın başvurduğu bir tasarım metodudur. 1500'li yıllarda Leonardo Da Vinci uçan makinesinin tasarımını yaparken kuşları incelemiştir, aynı şekilde Wright kardeşler de ilk uçağı tasarlarken kuşların ve böceklerin kanat yapılarını taklit etmişler ve başarıya ulaşmışlardır. Paris'te bulunan ünlü Eiffel Kulesinin tasarımında da biyobenzetim mevcuttur. Şekil 1'de de görüldüğü üzere kulenin tasarımı yapılırken insanların femur (uyluk) kemiğinin anatomisinden esinlenilmiştir. Femur kemiği, sahip olduğu karmaşık yapısı (trabecullae) sayesinde yüksek kuvvetlere dayanabilmesini sağlamaktadır.



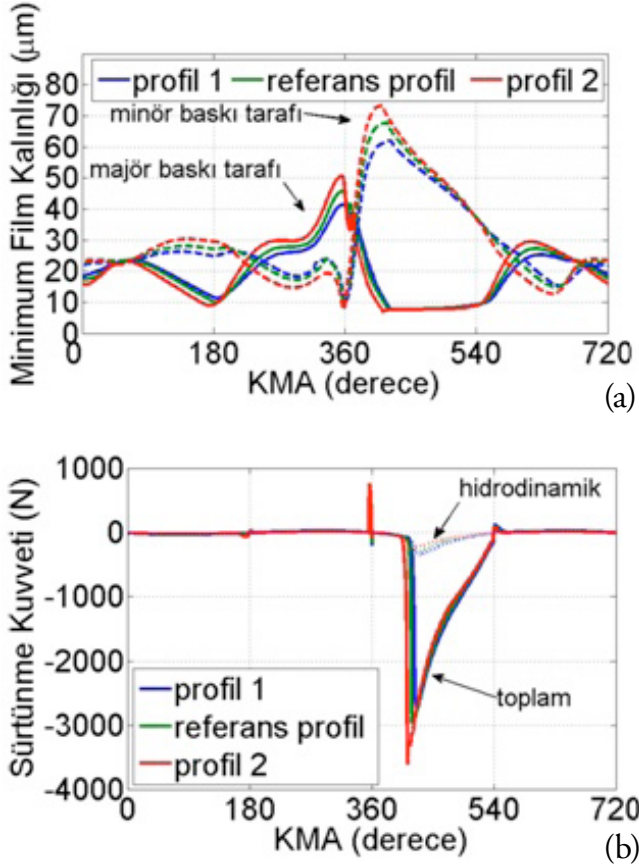
Şekil 1. Femur kemiği ile Eiffel Kulesi.



Şekil 2. (a) balan canlısı, (b) dış kabuk, (c) iç çekirdek ve (d) balan geometrisi.

Enerji absorbe ederek koruma sağlayan zırh sisteminin bu amaçla yürütülen ön çalışmalarında, zırh benzeri yapılara sahip canlılar incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında seçilen iç çekirdek (core) ve dış kabuktan (shell) oluşan balan canlısının geometrik yapısından ilham alınarak enerji yutucu bir zırh sisteminin tasarımı ve üretimi yapılmıştır (Şekil 2). Balanlar nispeten küçük boyutlarına rağmen yüksek darbe enerjisi içeren deniz dalgaları karşısında yapısı bozulmayan, gemilerin hızını kesebilen veya denizin derinliklerinde yaşayabilen güçlü canlılardır. Balanların geometrik formları incelendiğinde alt çaplarının 25-30 mm yüksekliklerinin ise 25-50 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan ön çalışmalarda seçilen bu yapının konvansiyonel enerji yutucu geometrilere (bal peteği, kare, silindirik kesit vb.) göre aynı ağırlık seviyelerinde çok daha üstün enerji emme özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Proje kapsamında balan yapının farklı şartlar (statik ve dinamik) ve yüklemeler (eksenel, yanal, patlama ve balistik) altındaki davranışları incelenmiştir. Yapıyı oluşturan iç çekirdek ve dış kabuk arasında bulunan etkileşimden dolayı, bu bileşenlerin bireysel olarak emdikleri enerjilerin aritmetik toplamından daha fazla enerji absorbe etmektedir (Şekil 3). Statik ezilme sırasında iç çekirdek ve dış kabuk malzemenin etkileşiminden dolayı yük taşıma kapasitesinde yaklaşık %50, düşen ağırlık testinde ise % 150 artış miktarı

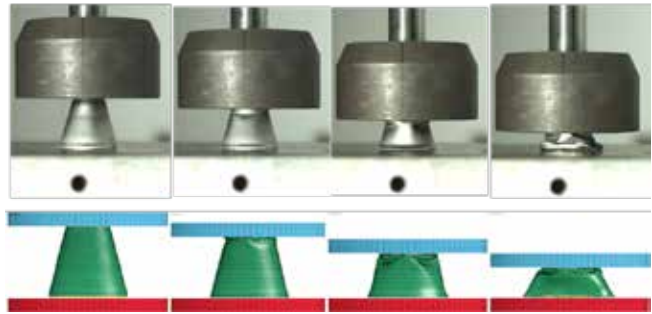
değerlerine varılmıştır. Şekillerden de görülebileceği gibi şekil değiştirme hızı arttıkça etkileşim miktarı artmaktadır.



Şekil 3. İç çekirdek ve dış kabuk arasındaki etkileşimden kaynaklı kuvvet artışı; (a) statik ve (b) dinamik.

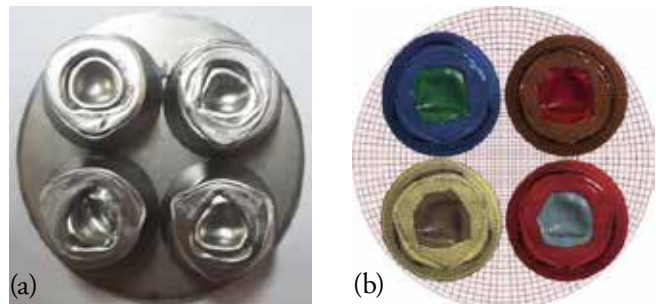
Gerçekleştirilen çalışmalar sonucu balan yapı ile oluşturulan koruma yapısının; yapıya iletilen kuvvetin azaltılması, yüksek enerji emme kabiliyeti, yüksek penetrasyon direnci ve çarpan cismin rotasını saptırma kabiliyeti, lokal olarak tamir edilebilmesi ve imalat kolaylığı gibi avantajlar sergilediği tespit edilmiştir. Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarı'nda 2015 yılında başlanan TÜBİTAK-1001 projesi kapsamında, AISI 304L paslanmaz çelik sac malzemeden derin çekme yöntemiyle üretilen balan yapıların LS-DYNA yazılımı kullanılarak modellenmesi için öncelikli malzeme modeli seçimi ve malzeme modeli parametrelerin tespiti için dinamik mekanik karakterizasyon yapılmıştır. Bu amaçla düşük şekil değiştirme hızı testleri için statik basma ve çekme test cihazı (Shimadzu AG-X 300kN), yüksek şekil değiştirme hızları içinse Split Hopkinson Basınç Barı kullanılmıştır. Ayrıca balan yapıların farklı deformasyon hızlarındaki ezilme testleri için Düşen

Kütle Test Cihazı ve Doğrudan Basınç Dalgası Deney Düzenliği de kullanılmıştır. Deneyler nümerik olarak modellenmekte ve deneysel olarak ölçülmesi oldukça zor bazı parametrelerin de deformasyon sırasındaki değişimi incelenmektedir (Şekil 4). Nümerik model sonuçlarının deneysel sonuçlarla uyumlu olması nümerik modellerin bu yapıların farklı kombinasyonlarının farklı yükleme koşulları etkisi altındaki davranışlarının ekstra deneyler yapmadan incelenebilmesinin yolunu açmaktadır.



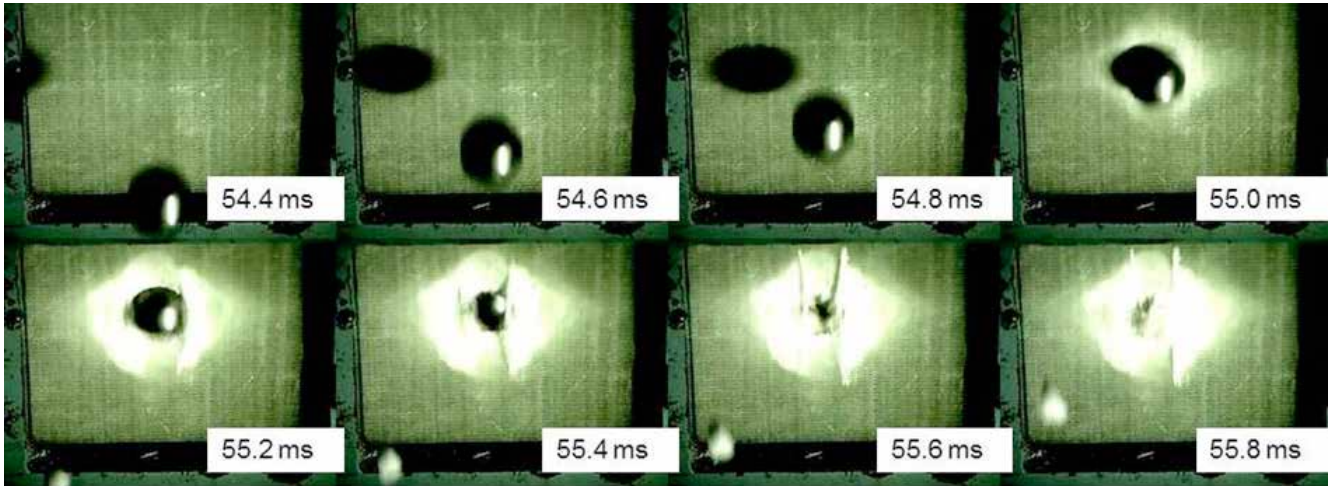
Şekil 4. Düşen ağırlık deneyi ve nümerik modeli.

Çalışma kapsamında balan ihtiva eden sandviç yapıların da ezilme deney ve simülasyonları gerçekleştirilmektedir. Şekil 5'de balan yapı ve yine aynı malzemeden üretilmiş olan yaklaşık olarak 75 mm çap ve 3 mm kalınlıktaki yüzey malzemesi kullanılarak oluşturulan sandviç numune üzerinde gerçekleştirilen bir düşen ağırlık deneyi (10 m/s ve 18.63 kg) ve simülasyon sonucu görülebilir. LS-DYNA kullanılarak oluşturulan modelin deformasyon şeklinin uyumu açık bir şekilde görülebilir.

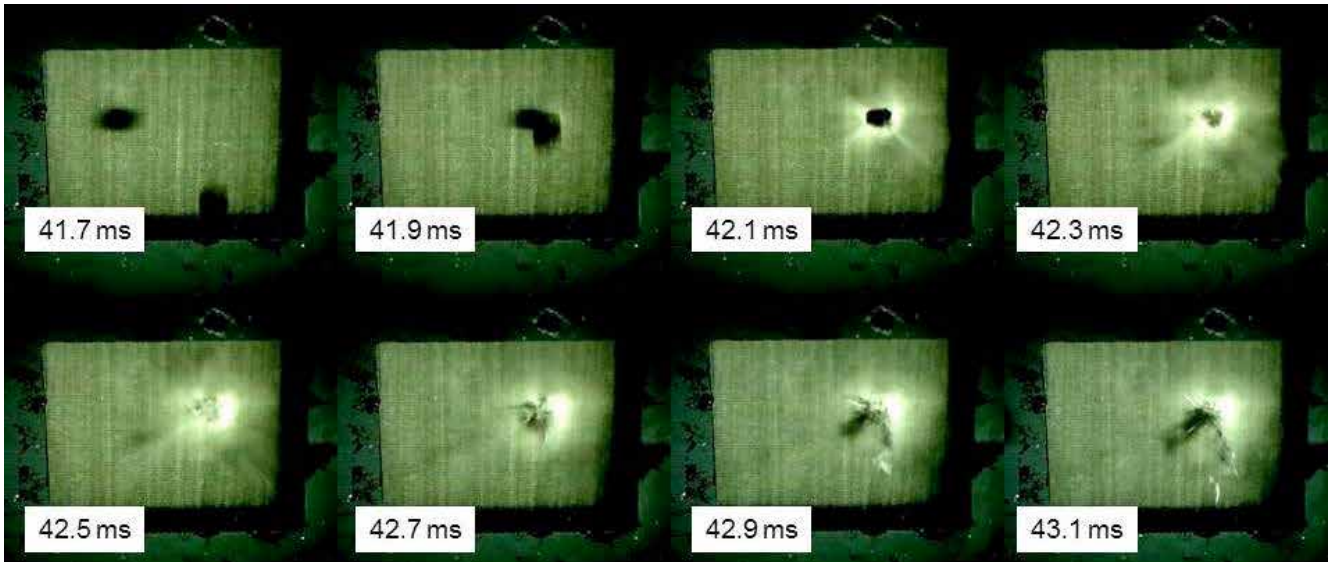


Şekil 5. Dinamik ezilmiş (düşen ağırlık testi) balan sandviç yapılar; (a) deneysel ve (b) nümerik.

Proje kapsamında balan ihtiva eden sandviç yapıların penetrasyon ve perforasyon davranışları da incelenmiştir. Bu amaçla farklı geometrilerdeki çelik bilyeler kullanılarak Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarında bulunan çarpma haznesinde penetrasyon testleri yapılmıştır. Test sırasında numune davranışı yüksek hızlı kamera kullanılarak izlenmekte ve çelik bilyenin çarpma hızı lazerli hızölçer yardımıyla kaydedilmektedir. Bu testlerden örnekler Şekil 6 ve 7'de



Şekil 6. Penetrasyon testi hızlı kamera görüntüleri (küre penetratör, 180 m/s).



Şekil 7. Penetrasyon testi hızlı kamera görüntüleri (küp penetratör, 235 m/s)

görülebilir.

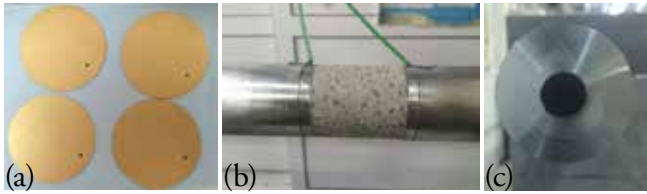
Beton için yeni bir statik ve dinamik mekanik karakterizasyon metodolojisi geliştirilmesi

Betonarme yapılar kullanımda kaldıkları süre zarfında farklı nedenlerden dolayı darbe ve patlama yüklerine maruz kalabilirler. Ulaştırma yapılarına (köprü ayakları, yol bariyerleri vb.) araç çarpması, endüstriyel yapılarda meydana gelen patlamalar ve iskele gibi deniz yapılarına deniz araçlarından veya doğrudan deniz dalgalarının darbeleri, yapıların bu tip yüklemelere maruz kaldığı durumlara örnek olarak verilebilir. Bu darbe ve patlama yükleri yapı ve can güvenliğini tehdit etmekle birlikte yapısal hasar ve yıkımlara da neden olabilmektedir.

Beton malzeme üzerine günümüze kadar yapılan

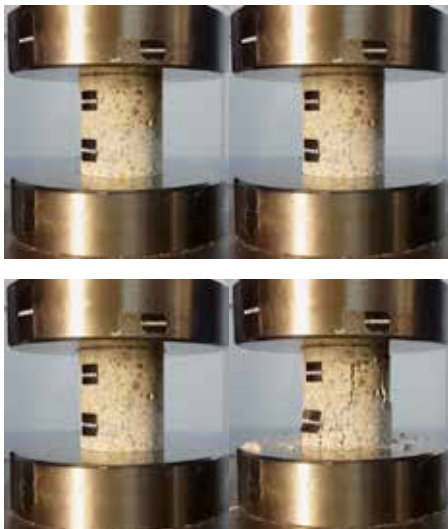
dinamik karakterizasyon çalışmalarında şekil değiştirme hızına bağlı olarak betonun mukavemetindeki değişimi konusunda bir fikir birliği oluşmamıştır. Bu noktadaki ana problemler; deneysel çalışmaların azlığı / tutarsızlığı ve dinamik deneylerde kullanılan Split Hopkinson Basınç Bari' nde (SHBB) olması gereken test şartlarına (homojen gerilme dağılımı) hangi ölçülerde bağlı kalındığıdır. Beton malzeme için dinamik karakterizasyon çalışmalarında SHBB deney düzeneği en yaygın kullanılan test metodudur. 2015 yılında Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarında başlanan TÜBİTAK 1001 – Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı destekli proje kapsamında geliştirilen özgün yöntemlerle birlikte test metodolojisinde bulunan ana problemleri aşmak amacıyla SHBB testlerine bu özgün teknikler entegre edilmiştir. Bu tekniklerden ilki klasik SHBB

düzenindeki gerilme dalgalarını ölçmek için kullanılan çubukların belirli noktalarına yerleştirilen şekil değişim ölçerlere ek olarak numune çubuk ara yüzelerine doğrudan yerleştirilen piezoelektrik kuantz kristallerdir. Bu sayede numune/çubuk ara yüzelerindeki kuvvet değerleri doğrudan okunacağından dispersiyon etkisi en aza inecektir. Gerilme dengesinin sağlanması ve dispersiyon etkisinin azaltılması amacıyla uygulanacak olan bir diğer teknik ise gerilme dalgası şekillendirici (pulse shaper) kullanılmasıdır. SHBB test düzeneğinin çarpan ve alan çubuklarının ara yüzelerine yerleştirilen gerilme dalgası şekillendiriciler plastik deformasyona uğrayabilen veya hiperelastik davranış gösterebilen malzemelerdir. Bu sayede numuneye etki edecek gerilme dalgası şiddeti ve yükleme hızı kontrol edilmektedir.



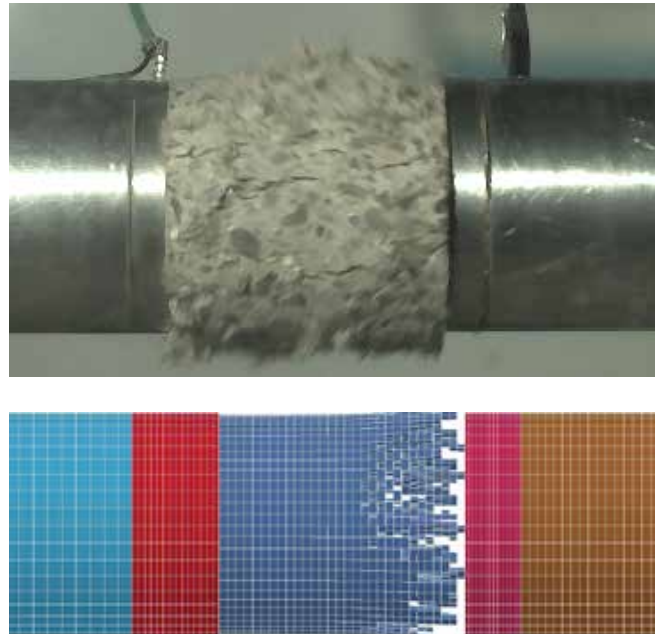
Şekil 8. (a) Piezo kristaller (b) alan ve ileten çubuk arasına yerleştirilen numune (c) gerilme dalgası şekillendirici

Betonun statik mekanik karakterizasyon çalışmalarında 300 kN kapasiteli Shimadzu AG-X universal çekme-basma test cihazı kullanılmıştır ve ayrıca testler esnasında yüksek hızlı kamera kullanılarak numunenin kırılma davranışı gözlemlenmiştir. Farklı şekil değiştirme hızlarında (10-4, 10-3, 10-2) numunenin gerilme şekil değiştirme davranışı incelenmiştir.

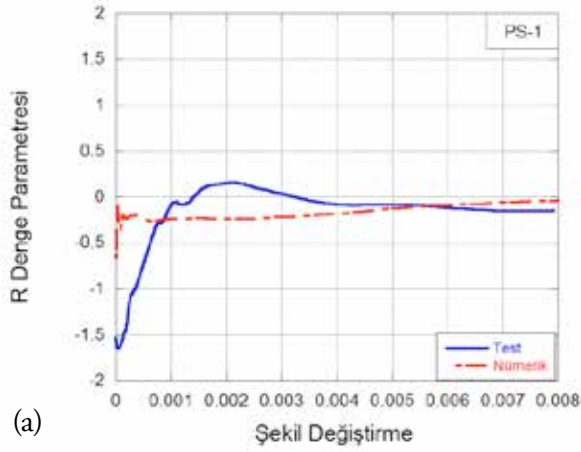


Şekil 9. Beton numune statik basma deformasyon tarihçesi

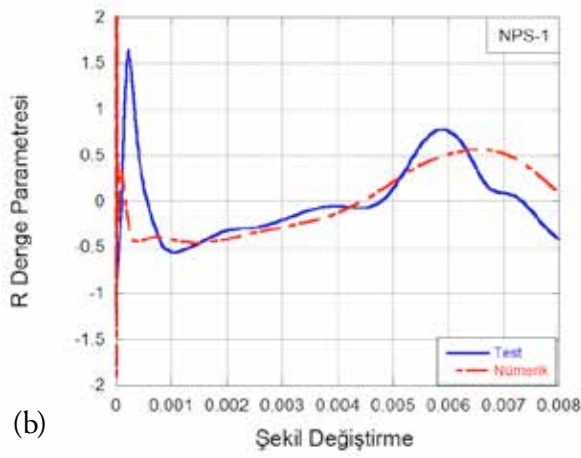
Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarında bulunan alüminyum SHBB kullanılarak gerçekleştirilen testlerde gerilme dalgası şekillendiricili ve gerilme dalgası şekillendiricisiz olmak üzere iki grupta dinamik testler yapılmıştır. Statik basma testlerinde olduğu gibi SHBB dinamik testlerinde de silindirik 39.50 mm çapında ve 45 mm uzunluğa sahip numuneler kullanılmıştır. Ayrıca dinamik ve statik testlerden elde edilen parametreler kullanılarak SHBB' nin nümerik modeli oluşturulup test sonuçlarının nümerik analizlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 11' de gerilme dalgası şekillendiricili ve gerilme dalgası şekillendiricisiz olmak üzere her iki testin de nümerik modelden elde edilen sonuca göre şekil değiştirmeye karşı R denge parametresi grafiği sunulmuştur. Görüldüğü üzere gerilme dalgası şekillendiricili testlerde numune ara yüzelerindeki gerilme denge oluşumu çok daha dengeli bir şekilde ilerlemekte nümerik sonuçlar da test sonuçlarıyla örtüşmektedir. Hem gerilme dalgası şekillendiricili hem de gerilme dalgası şekillendiricisiz testlerin nümerik model sonuçlarının test sonuçlarıyla tutarlı çıkması yapılan mekanik karakterizasyon çalışmasının ve bulunan model parametrelerinin oldukça tutarlı bir şekilde çalıştığını göstermektedir.



Şekil 10. Split Hopkinson Basınç Barı dinamik test ve nümerik analiz sonucu hasarın ilerleyişi

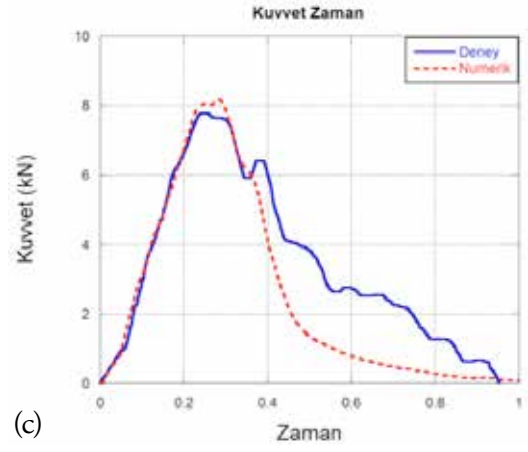


(a)



(b)

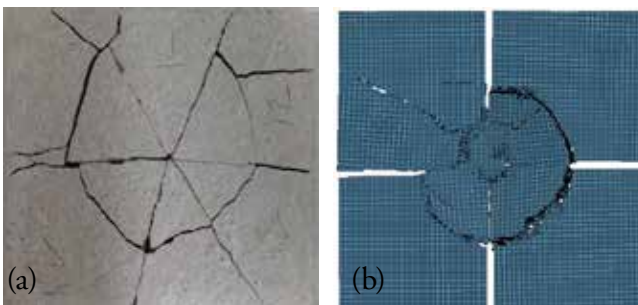
Şekil 11. (a) Gerilme dalgası şekillendiricisiz (b) Gerilme dalgası şekillendiricili test – nümerik model denge parametresi



(c)

Şekil 12. Düşen ağırlık test sonucunun nümerik model sonucuyla karşılaştırması

Malzeme model parametrelerinin farklı yükleme koşullarındaki etkisini görebilmek amacıyla Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarında bulunan CEAST Fractovis Plus düşen ağırlık test cihazı kullanılarak 200mm x 200mm x 20mm ölçülerindeki beton numunelere farklı sınır şartları ve farklı yükleme hızlarında testler uygulanmıştır (Şekil 12).



(a)

(b)

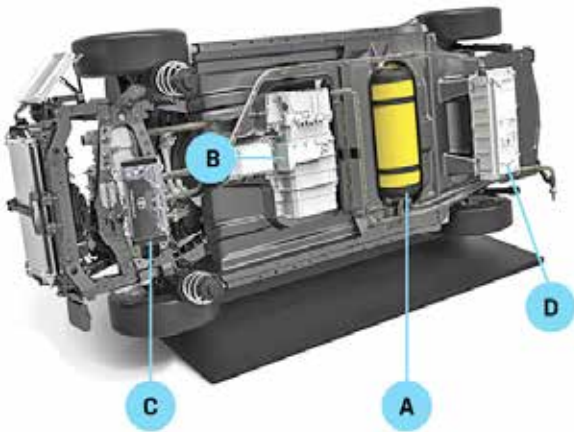
Doç. Dr. H. Seçil Artem

Hidrojen Depolanması ve Dağıtım Amaçlı Yüksek Basınca Dayanıklı Hafif Kompozit Tank Malzemelerinin ve Sistemlerinin Tasarlanması, Optimizasyonu ve Prototip İmalatlarının Gerçekleştirilmesi

TÜBİTAK 1003 Projesi, Proje Ekibi: Doç.Dr. H.Seçil Artem, Prof.Dr.MetinTanoğlu, Doç. Dr.Engin Aktaş, Yrd.Doç.Dr. Sinan Kandemir, Yrd. Doç.Dr. Levent Aydın (İKÇÜ), Doktora Öğr: Bertan Beylergil, Serkan Kangal, Osman Kartav; Y.Lisans Öğr: Harun SAYI, Ozan Ayakdaş(İKÇÜ)

Günümüzde, hareket eden ya da sabit olan sistemlerin, taşıtların ve yapıların enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıt yandığında başlangıçta CO₂ olmak üzere, insan ve canlı hayatını tehdit eden ve ayrıca bununla da kalmayıp atmosferde sera etkisini daha da kalıcı hale getiren zehirli gazlar üretmektedir. Gelişmiş ülkeler, 7-8 Haziran 2015'de Almanya'da yapılan G-7 zirvesinde bu yüzyılın sonuna kadar fosil yakıt kullanımının sonlandırılması kararı alınmıştır (Carrel ve Martin, 2015).

Fosil yakıtın kullanıldığı hemen hemen her sektörde alternatif enerji kaynağı aranmaya başlanmıştır. Bu aşamada hidrojen özellikle taşıt sektörü için önemli bir seçenek olmaya başlamıştır. Birçok Avrupa kentinde toplu taşıma ve hususi araçlarda, hastane ve kamu binalarında, yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.



Hidrojenle çalışan yakıt hücreli bir aracın temel bileşenleri
A. Kompozit tank B. Yakıt pili C. Güç-kontrol ünitesi D. Batarya

Öncelikle hidrojenin kullanılabilmesi ve dağıtımının kolay bir şekilde gerçekleşebilmesi için uygun ortamda depolanabilmesi gereklidir. Bu gaz atmosferden daha hafif ve yanıcı bir gazdır. Dolayısıyla, istenen miktarlarda depolanabilmesi yüksek güvenlik prosedürlerini gerektirmekte ve depolanacağı tankların ebatları mobil veya mobil olmayan kullanımlar için uygun olmalıdır. Örneğin, hidrojeni yakıt olarak kullanacak aracın genişliği 2 metre ise, depolama tankının boyu 2 metre den az olmalıdır. Bu durum, akla yeteri kadar hidrojeni nasıl daha ufak boyutlarda ki tanklara depolayabiliriz sorusunu getirmektedir.



Hidrojen 3 farklı biçimde depolanabilmektedir; (i) Katı materyal içinde çözülmüş halde, (ii) Kriyojenik sıvı olarak depolanma, (iii) Basınçlı tankta sıkıştırılmış gaz formunda depolama.

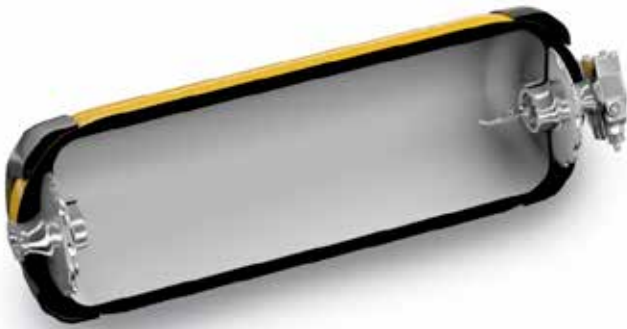


Basınçlı tankta gaz formunda sıkıştırma metodu teknik olarak basitliği, dolun-boşaltım sürecinin kısa olması ve maliyetinin görece düşük olması dolayısıyla diğer depolama tiplerine göre avantajları bulunmaktadır. Örnek olarak, kriyojenik depolama

00C nin altında düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyduğu için (-2530C de izole edilmiş vakumlu kaplarda depolanır) yalıtım maliyetleri yüksek olmaktadır ve dolayısıyla özellikle taşıt sektörü gibi tankın hareket halinde olduğu uygulamalarda yüksek basınçlı metodun (oda sıcaklığında dolum-boşaltım yapılır) aksine tercih edilmemektedir (Zheng vd., 2012). Ayrıca hidrojenin sıvı formunda kalması için harcanan enerji, hidrojenin sağlayacağı yakıt enerjisinin %30 ila %40 ı arasında iken, yüksek basınçta depolamada a, hidrojeni sıkıştırmak için gereken enerji, hidrojenden üretilen enerjinin %5 ila %20 arasında değişmektedir.

Hidrojen sıkıştırılmış olarak 4 farklı tipte basınçlı tankta depolanabilmektedir;

- Tip-1: Tamamı metal alaşımdan (alüminyum ya da çelik) oluşan, 150 ila 300 bar basınçta kullanılan, maliyeti en düşük olan tanklardır.
- Tip-2: Metal iç gömlekle birlikte tankın etrafının reçine emdirilmiş elyafı sarılmasıyla ortaya çıkar. Daha yüksek çalışma basınçlarına sahip olmasını sağlamaktadır.
- Tip-3: Yük taşımayan alüminyum alaşımdan meydana gelen iç gömlek etrafına yükün önemli bir bölümünü taşıyan kompozitin sarılmasıyla oluşan tanklardır. Tip-2 ye göre en büyük avantajı hafifliğidir.
- Tip-4: İç gömlek termoplastik malzemeden oluşurken, geri kalan özellikleri Tip-3 ile aynıdır. Bu tanklar, Tip-3 e kıyasla benzer mekanik performans verirken daha hafiftirler ancak maliyetleri daha yüksektir.



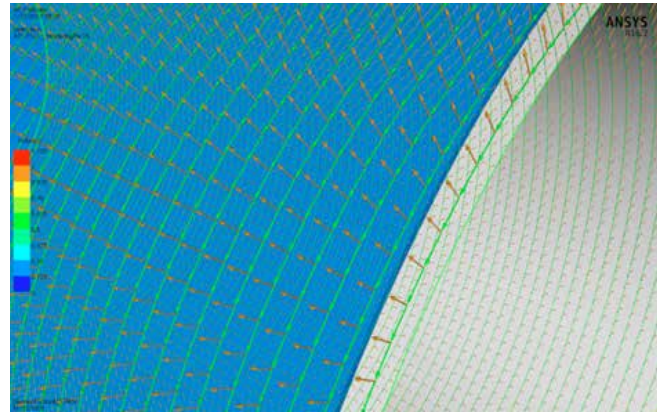
Alüminyum astarlı Tip-III karbon kompozit basınçlı silindirin kesit görünüşü

Bu proje kapsamında, hidrojen depolanması ve dağıtım amaçlı kullanılmak üzere yüksek basınçta dayanıklı hafif kompozit tank malzemelerinin ve sistemlerinin tasarımı, optimizasyonu, modellenmesi ve üretimi gerçekleştirilecektir. Proje ekibi, tamamen birbirleriyle bağlantılı çalışan alanında uzman 3 ekipten meydana gelmektedir. Optimizasyon (matematiksel modelleme) ekibi, Analiz (sonlu elemanlar analizi) ekibi ve Üretim ekibi şeklindedir.



Filament sarma işlemiyle kompozit tank üretimi

Üretilen tankın istenen özelliklerine bakacak olursak, tank Tip 3 esaslarına göre dizayn edilecek, toplam hacim 5lt ve çalışma basıncı 700 bar olacaktır. İç gömlek alüminyum alaşımdan, kompozit ise karbon-fiber/epoksi den oluşacaktır. Tankın ağırlığının ne olacağı öncelik şartlarından değildir fakat belirli bir değer altında üretimin yapılması planlanmaktadır.



Sarım açılarının sonlu elemanlar programında görünümü

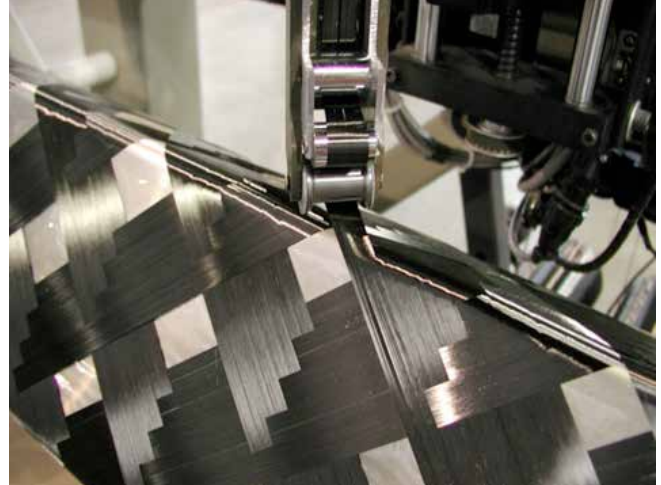
Kompozit malzeme optimizasyonunda, tankın istenen mukavemet değerlerine sahip olması için en iyi verim alınacak karbon lamine sarım açılarının stokastik optimizasyon metotları ile bulunması amaçlanmaktadır. Kullanılacak optimizasyon metodu modifiye edilmiş

genetik algoritma olurken, modelleme Mathematica ve/veya Matlab programları ile yapılacaktır.



Analiz sürecinde, geliştirilecek tankın tasarımı, kompozit yapının davranışının sonlu elemanlar tekniği ile analiz edilmesi, modelin üzerinde çeşitli simülasyonların oluşturulması ve üretime sanal olarak veri sağlanması gerçekleştirilecektir. Analizler, ANSYS sonlu elemanlar programı ile yapılacaktır.

Üretim sürecinde, yüksek basınca dayanıklı hafif kompozit tank prototipleri ve malzemelerinin karbon filamentleri ve karbon tow-pregler ile epoksi reçineler kullanılarak geliştirilmesi hedeflenmiştir. Karbon filament ve tow-preg, filament sarma teknolojileri ile alüminyum iç gömlek (liner) üzerine özgün yöntemler ile sarılarak tank prototiplerinin üretilmesi, geliştirilecek kompozit malzeme için mekanik, termal, termo-mekanik ve tank sistemlerinin kanıt, patlatma, sızdırmazlık, kimyasallara maruziyet, çarpma ve ezilme testleri gerçekleştirilmesi proje kapsamında yer almaktadır.

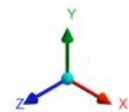
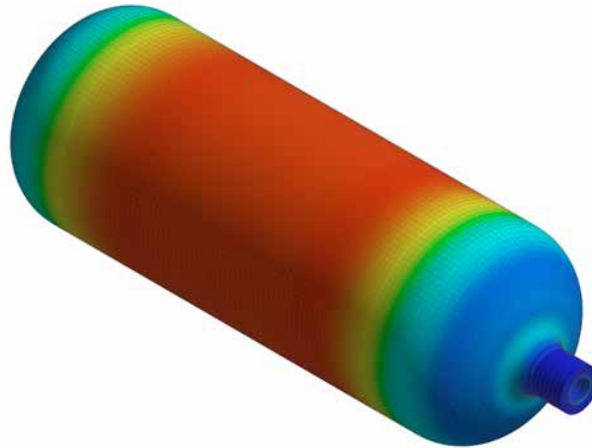


Tow-preg ile kompozit tank imalatı

Üretimde, örnek olarak, karbon fiberlerin sarım açılarının ne olacağı, kompozitin kaç katmandan oluşacağı ve kaçının helisel ya da hoop katman olacağı, iç gömleğin ve kompozitin kalınlığı ve tankın ebatları gibi tasarım parametreleri, optimizasyon ve analiz ekiplerinin geri dönüşleri ile belirlenmiş olacaktır.



Patlatma testi sonrası tankın görünümü



Alüminyum iç gömlekte oluşan von-Mises gerilme dağılımı

Projenin ana hedefi, yenilenebilir enerji sistemleri ile bütünleştirilebilen, hedeflenen basınçlar altında güvenli çalışan, yüksek dayanımlı ve hafif kompozit depolama malzemelerinin yurt içi imkânlarla geliştirilmesidir. Bu tür hafif ve yüksek basınca dayanıklı hidrojen depolama tanklarının geliştirilerek otomotiv ve ilgili endüstrilerde yaygın olarak kullanılmalarına öncülük etmektir. Bu sayede, hidrojen enerjisinin ve hidrojenin kullanılmasına yönelik araştırmalarda rekabet gücümüzün artırılarak enerjide ülkemizin dışa bağımlılığının azaltılması ve katma değeri yüksek ürünlerin ülkemizde geliştirilmesi söz konusu olabilecektir.



Fiber Takviyeli Kompozit Plakaların Melez Algoritma Kullanılarak Puck Hasar Kriterleri Kısıtı Altında Burkulma Optimizasyonu

Fiber takviyeli kompozit malzemeler diğer geleneksel malzemelere göre yüksek dayanımı, hafifliği, korozyon direnci ve uzun ömürlü olmasından dolayı havacılık, uzay, otomotiv, askeri ve deniz kuvvetleri gibi mühendislik uygulamalarının yer aldığı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fiber takviyeli kompozitler, kendi getirdiği avantajlarının yanında uygulamalarda istenen tasarım ihtiyaçlarına göre özelliklerini uyarlayabilme imkânı sağlar. Tabakalı kompozit plakaların tam potansiyeli, optimum açı dizilimleriyle elde edilebilir.

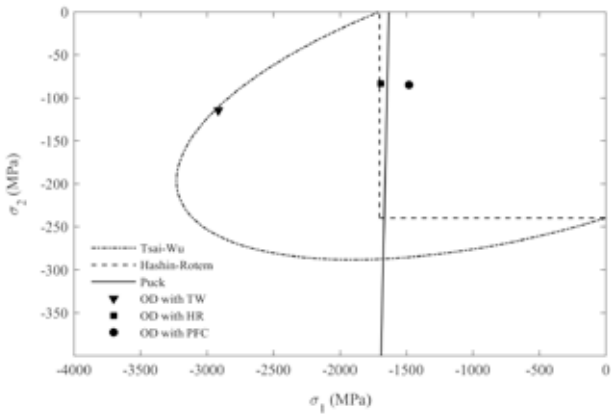
Burkulma, düzlem içi yüksek bası yüklerine maruz ince ve geniş kompozit plakalarda kritik bir hasar modu olarak ele alınmalıdır. Bu şekildeki kompozit plakaların tasarımı için burkulma yükü kapasitesinin belirlenmesi çok önemlidir. Yüksek düzlem içi yüklere maruz kompozit plakalarda burkulma hasarının yanı sıra

ilk tabaka hasarı da optimum dizilim tasarımlarında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Çünkü yüksek bası yükleri altındaki plakalarda burkulma hasarı meydana gelmeden ilk tabaka hasarı meydana gelebilmektedir.

Bu çalışmada tabakalı kompozit plakada maksimum burkulma dayanımı elde edebilmek için tabaka dizilimleri, genetik algoritma ve güven bölgesi yansıtıcı algoritma (trust region reflective algorithm) kombinasyonundan oluşan güçlü bir melez algoritma kullanılarak bulunmuştur. 64 tabakalı karbon/epoksi kompozit plakalar, balans ve simetrik bir yapıya sahip olup farklı en-boy oranlarında ve düzlem içi bası yükleme koşullarında çeşitli optimizasyon problemleri oluşturularak incelenmiştir. Tabakalardaki fiber yönelme açıları, tasarım parametreleri olmaktadır. Puck fiber ve fiberler arası hasar teorileri (FF ve IFF), doğrusal olmayan fonksiyon kısıtlamaları şeklinde doğrudan optimizasyon problemlerine uygulanmıştır ki bu da daha doğru sonuçların elde edilmesinde etkili olmuştur. Örnek olarak, bir optimizasyon problemi için farklı hasar kriterlerine göre elde edilen optimum tasarımlar (OD), hasar sınırlarıyla birlikte kritik asal gerilme düzeylerinde Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilde Tsai-Wu (TW) ve Hashin-Rotem (HR) hasar kriterleri kısıtları altında elde edilen optimum tasarımların Puck hasar kriterine (PFC) göre ilk tabaka hasarı açısından güvenli bölgenin dışında olduğu görülmektedir. Aynı şekilde diğer tüm optimizasyon problemlerinde de TW ve HR kullanılarak bulunan tasarımların PFC kullanılarak bulunanlar ile kıyaslandığında uygulanan yük düzeylerinde çoktan ilk tabaka hasarına uğramış olduğu görülmüştür.

Tasarımlarda, hem $-90^\circ - 90^\circ$ aralığında tam sayı hem de $0^\circ, 45^\circ$ ve 90° belirli açıları tasarım parametreleri olarak kullanılmıştır. Örnek olarak, ilgili çalışmada (Deveci & Artem, 2016) 5000 N/mm yüklemesi için optimum açı dizilim tasarımı sonuçları gösterilmiştir. Tabloda görülebileceği gibi verilen yük için hasar limitleri içerisinde ($f_{E(FF)} \leq 1$ ya da $f_{E(IFF)} \leq 1$) altı yükleme durumunda maksimum burkulma direncindeki optimum fiber açı dizilimleri bulunmuştur. Tamsayı açılar kullanılan tasarımların kritik burkulma yükü faktörü (λ_{cb}) daha yüksek bulunmuştur. Üç farklı N_x yüklemesi için daha optimizasyon problemleri çözülmüş ve ilgili referansta sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tüm sonuçlar genel olarak, (i) öne sürülen melez algoritmanın literatür dikkate alındığında makul bir hesaplama süresinde çoğunlukla daha üstün bir performans sergilediğini, (ii) PFC kısıtları altında elde edilen optimum tasarımların TW ve HR gibi geleneksel hasar kriteri kısıtları ile elde edilen tasarımlardan ilk tabaka hasarı açısından daha güvenli olduğunu ve (iii) 10000 N/mm gibi aşırı yüklemelerde bile optimizasyona Puck hasar kriterleri doğrusal olmayan kısıtlar olarak uygulandığında güvenilir optimum tasarımların elde edilebildiğini göstermiştir.



Şekil 1. Farklı kırılma kriterlerine göre optimum tasarımlar (OD).



Etkinlikler

Makina Mühendisliği Bölümü



İçimizden Etkinlikler

UMTS 2015

(<http://umts.iyte.edu.tr/>)

Uluslararası Katılımlı Makine Teorisi Sempozyumu, UMTS 2015, Makine Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Doç. Dr. M. İ. Can Dede ve Doç. Dr. Gökhan Kiper tarafından organize edilerek 14-17 Haziran 2015 tarihleri arasında İzmir’de düzenlenmiştir.



UMTS 2015, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü, Makina Teorisi Derneği (MakTeD), Atmosfer TTO ve IFToMM Mekanizmalar ve Mekanik Kontrol Teknik Kurulu tarafından IFToMM (Uluslararası Makina Teorisi ve Mekanizmalar Federasyonu) çatısı altında İYTE evsahipliğinde geniş bir katılımı yapıldı. 220 kişinin katılım sağladığı sempozyum çerçevesinde 117’si sözlü, 13’ü poster sunumu şeklinde olmak üzere 130 bildiri sunumu gerçekleşti. 105’i Türkçe, 25’i İngilizce olan bildiri sunumları 25 Türkçe ve 6 İngilizce oturumda gerçekleştirildi. Bunlara ek olarak hepsi uluslararası alanda seçkin akademisyenler olan Prof. M. Kemal Özgören, Prof. Rasim Alizade, Prof. Marco Ceccarelli ve Prof. Jorge Angeles tarafından 4 adet davetli konuşma, Sanayi Ar-Ge paneli, Mekanizma Tasarım Yarışması ve sosyal etkinlikler yapıldı. Atmosfer TTO’nun düzenlediği Endüstriyel Ar-Ge panelinde Kale Pratt & Whitney, TOFAŞ ve Vestel’den üst düzey yöneticiler sunum yaparak soruları yanıtladılar.

UMTS 2015 kapsamında ayrıca öğrenciler arası mekanizma tasarım yarışması düzenlenmiştir. Ödül

alan öğrenciler şu şekilde sıralanmıştır:

1. Design of a Lifting Mechanism for Sedan Car Trunk – Kerem Yücel, Mohammad Askari (ODTÜ Kuzey Kıbrıs Kampusu, Makina Mühendisliği Bölümü)
2. Reconfigurable Canopy Design, Radomir Jovichikj (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü)
3. Açısız Hassas Konumlandırma Mekanizması – Emre Zirek (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü)

Ayrıca sempozyum serisinde ilk defa en iyi sanayi işbirliği bildirisi, en iyi öğrenci bildirisi ve en iyi teorik bildiri alanlarında ödüller verildi. Sempozyuma TÜBİTAK, Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, ile BİAS, FİGES, FORD OTOSAN, MARMATEK ve MECELAC firmaları destek verdiler.

PPM 2013 & PPM 2015 & PPM 2017

(<http://www.ppm2017.org>)

Uluslararası Gözenekli ve Toz Malzemeler Sempozyumu, PPM 2013 ve PPM 2015, yaklaşık 50 ülkeden 600’den fazla kişinin katılımıyla büyük bir başarı ile sonuçlanmıştır. Alanlarının önde gelen uzmanları tarafından sunulan 24 davetli konuşma ve çeşitli alanlarda 170’in üzerinde sözlü sunum ile, PPM 2015 alanındaki ilk sempozyum olmasına rağmen beklentilerin üzerinde bir başarıya ulaşmıştır. Sempozyum ile paralel olarak gerçekleştirilen sergi ve çalıştaylar geniş bir katılımcı kitlesine büyük yarar sağlamış ve sempozyum esnasındaki etkileşimi en yüksek seviyeye taşımıştır. PPM2017 12-15 Eylül 2017 tarihleri arasında Kuşadası Pine Bay Resort Hotel’de gerçekleştirilmiştir.



Sempozyum ile paralel olarak gerçekleştirilen sergi ve çalıştaylar geniş bir katılımcı kitleye büyük yarar sağlamış ve sempozyum esnasındaki etkileşimi en yüksek seviyeye taşımıştır.

Sempozyumun amacı inşaat, ses ve ısı yalıtımında, kaplama, seramik, dolmuş, paketleme, depolama, arıtma, metalurji, tekstil, ilaç, hijyen, savunma, havacılık ve diğer uygulamalarda yaygın olarak kullanılan gözenekli ve toz malzemelerin karakterizasyonu, manipülasyonu, üretimi ve kullanımının temel yönleri üzerinde akademi ve sanayi arasında bilimsel ve teknolojik tartışmalara ve fikir alışverişine uygun bir ortam yaratmaktır.

MeTrApp 2017

(<http://metrapp2017.ktu.edu.tr>)

İYTE Makine Mühendisliğinden Doç. Dr. M. İ. Can Dede ve Doç. Dr. Gökhan Kiper'in düzenleyicileri arasında bulunduğu 4. Mekanizmalar, Transmisyonlar ve Uygulamalar Konferansı (MeTrApp 2017) 3-5 Temmuz 2017 tarihleri arasında Karadeniz Teknik Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir. IFToMM Mekanizmalar ve Mekanik Kontroller ile Dişli ve Mekanik Transmisyonlar Teknik Komiteleri tarafından 2011 yılından beri 2 yılda bir olmak üzere Timisoara, Bilbao ve Aachen'da düzenlenmiş olan konferans serisinin dördüncüsü Trabzon'da KTÜ ve İYTE işbirliği ile düzenlenmektedir. Konferansın amacı mekanizmalar ve transmisyonlar konularında çalışan araştırmacı, bilim insanı, sanayi uzmanları ve öğrencileri bir araya getirmektir.

Lisans Son Sınıf Tasarım (ME 402) Projeleri

Bölümümüz lisans öğrencileri ilk üç yılda öğrendikleri teorik derslerdeki bilgilerini birleştirerek son yılda grup çalışması ile uygulamalı bir proje hayata geçirmektedirler. ME 401 Mühendislik Ekonomisi ve Tasarım ve de ME402 Mühendislik Tasarımı dersleri kapsamında yapılan proje çalışmalarında 6-7 kişilik gruplar yazın tarama, kavramsal tasarım, detaylı mühendislik tasarımı, tasarım doğrulama, prototip imalatı ve test aşamaları ile bir makina tasarımının tüm aşamalarını yürütmektedirler. Bu derslerin ayırdedici bir özelliği, dersin koordinasyonunu sağlayan öğretim üyeleri olmakla birlikte tüm öğretim üyelerinin gruplara destek vermeleridir. Bu projeler ile öğrencilerimiz yerel ve ulusal çapta pek çok yarışmaya katılmakta ve ödüller

almaktadırlar.



Makine Mühendisleri Odası (MMO) İzmir Şubesi tarafından düzenlenen Üniversiteler Arası Makine ve Endüstri Mühendisliği Bölümleri Bitirme Projeleri Yarışması'nda İYTE Makina Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin çalışması Agrobot isimli uzaktan kumandalı tarım aracı projesi 2015 yılında birinci oldu. Abdullah Yaşır, Fırat Tizgel, Melih Karaduman, Faruk Şermet, Ayhan Ülgen, Ahmet Can Yaşarlar ve Kemal Hasırcı'dan oluşan ekip kendi tasarımları olan ve üretimini de kendilerinin gerçekleştirdikleri, uzaktan kumanda ile kontrol edilen ve otomatik olarak patates ekimi yapabilen araçlarıyla en yüksek puanı alarak 2000 TL'lik ödülü almaya hak kazandı. İYTE Makine Mühendisliği Öğretim Üyeleri Yrd. Doç. Dr. Onursal Önen, Yrd. Doç. Dr. Can Dede ve Yrd. Doç. Dr. Ünver Özkol danışmanlığında yarışmaya katılan İYTE öğrencilerinin ürettiği araç çevreci ve sürdürülebilir tasarımıyla öne çıktı.



MMO İzmir Şubesinin 17 Haziran 2016 tarihinde Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi İzmir Salonu'nda gerçekleşen İzmir Bölgesi Makina Mühendisliği Bölümleri Bitirme Projesi yarışmasında İzmir ve Manisa'daki üniversitelerin Makina, Enerji Sistemleri, Endüstri ve Endüstri Sistemleri Mühendisliği Bölümleri'nden 2016 yılında mezun olan öğrencilerin

hazırladıkları 45 bitirme projesinin; akademisyenlerden ve MMO İzmir Şubesi Yönetim Kurulu Üyelerinden oluşan bir jüri tarafından değerlendirildi. İYTE Makina Mühendisliği Bölümü lisans öğrencilerimiz yarışmada ilk üç sırayı alarak büyük bir başarıya imza attı.

2017 yılı projelerinde Mobil Arama/Kurtarma Robotu (3 grup), Güneş Santralleri için Panel Temizleme Robotu (1 grup), Bilek Ortopedik Problemleri için Rehabilitasyon Sistemi (1 grup) ve Anlık Kütle Akış

Hızlı Test Düzeneği (1 grup) konularında tasarım ve testler başarıyla tamamlanmış olup MMO İzmir Şubesi yarışmasına iki projemiz ilk iki sırada yer almıştır.

MMO'nun düzenlediği tüm yarışmalarda Makina, enerji sistemleri, endüstri ve endüstri sistemleri mühendisliği bitirme projelerinde üniversitemiz öğrencilerinin aldığı ödülleri Tablo 1'de görebilirsiniz.

YIL	DERECE	KAZANAN İSİMLER	PROJE ADI
2017	1.lık	Anılcan Ulu, Ferhat Yaşar, Kenan Kaan Yetil, Kutay Çikoğlu, Melis Dilruba Yılmaz, Sedat Tarhan	Kırık Sonrası Bilek Rehabilitasyonu Cihazı
2017	2.lık	Ecem Sert, İltan Giray Polat, Sancar Akbaşak, Yusufcan Tezel, Cengiz Jamal, Cihan Özdemir, Durukan Dönmez	Keçi / Arama ve Kurtarma Görevleri İçin Kamera Sistemli Mobil Robot
2016	1.lık	Mehmet Kiraz, Seven Burçin Çellek, Sinan Yıldırım, Zülfiye Arıkan, Hande Esra Kılınç, Can Kavak, Yavuz Usta	Levrek Sualtı Aracı
2016	2.lık	Çağatay Kök, Anıl Yörük, Önder Mahir Tanrıyapısı, Özgür Altın, Gökçen Türkgülü, Batuhan Enet, Said Furkan Dağlı, Abdulkadir Özdemir, Ömer Utku Öztürk	Formula Student
2016	3.lük	Merve Özkahya, Ayda Ramyae, Ahmet Arif Ataman, İsa Kaya, Fuad Ceyhan, Gökberk Özçelik, Umut Pekiüz	Küçük Ölçekli Rüzgar Türbini
2015	1.lık	Abdullah Yaşır, Faruk Şermet, Kemal Hasırcı, Ahmetcan Yaşarlar, Fırat Tüzgel, Melih Karaduman, Ayhan Ülgen	AGROBAT
2014	3.lük	Erhancan Cebeci, Gökçe Akkuş, Onurcan Erdoğan, Çağrı Akyol, Osman Akdağ, Hasancan Kuşaklı, Çetin Uysal	Uzaktan Kumandalı Tarım Aracı
2012	3.lük	Mehmet Can Engül, Caner Korkmaz, Orçun Özbelgin, Kemal Balaban, Hasan Arslan, A. Samet Koç, Emrah Ekinci, M. Batuhan Yılançalı	Su Altı Gözlem Robotu Tasarımı
2011	2.lık	Karim Khodadadi Saghay, Erdin Güleç, Miraç Deniz	Düğüm Atma Prosesinin Mekatronik Dizaynı

Tablo 1. TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesinin düzenlediği Üniversitelerarası Bitirme Projeleri Sergisi ve Yarışmasında öğrencilerimiz tarafından hazırlanan ve dereceye giren tüm projelerimiz



Mezunlarımız

Makina Mühendisliği Bölümü

Mezunlarımız

Hande Esra Kılınç

Politecnico di Milano (İtalya)
Yüksek Lisans Öğrencisi



İYTE Makina Mühendisliği lisans eğitimimizin sağlam teori temelini yanı sıra birçok deney ve projeye desteklenmesi, mezun oluncaya kadar her birimizin yoğunluğundan dolayı şikayetçi olduğumuz mezuniyet sonrasında ise asıl değerini anladığımız bir konu. İYTE, gerek iş hayatına gerekse akademik kariyerine devam eden mezunlarına ihtiyaçları olan donanımı ve özgüveni en üst seviyede, global bir vizyonla sağlamaktadır. Yüksek lisans eğitimine yurtdışında devam eden bir mezun olarak İYTE de aldığım temelin ne kadar faydalı olduğunu kendi sürecimde de çok net olarak farkettiğimi belirtebilirim.

Gamze Gediz İliş

Okan Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.



Başka bir okulda yüksek lisansa devam ederken tesadüfen İYTE'ye gelmemle ve hocaları ile tanışmamla başladı İYTE'de Makina Mühendisliği eğitimim. Her şeyi paylaşabileceğiniz sıcakkanlı bir okul. İşte diğer okulda devam eden yüksek lisansımı sonlandırıp soluğu o zamanlar bomboş kampüsü olan bu okulda aldım. Yüksek Lisansımın sonunda aslında lisans eğitiminde ne kadar eksik kaldığımı anladım. Farklıydı, laboratuvarlar aktifti ve öğretmeye doymayan hocalar vardı. Kimse ulaşılmaz değildi. Sonra iş hayatında buldum kendimi ve üç yılın sonunda iyi giden kariyeri yine İYTE aşkıyla bırakıp Doktora programına başladım. Uzun bir eğitim süresinde okula geri dönüp bu zorlu eğitime başladığıma bir gün dahi olsun pişman olmadım. İYTE Makina Mühendisliği'ni bitirebilirsiniz ama mezun olmak için oradan ayrılmanız gerekir. Ben hala oradayım...

Sercan Acarer

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.



İYTE Makina Mühendisliği Bölümü'nde 2010 yılında araştırma görevliliğine ve doktora programına başladım. Doktora programına başlar başlamaz danışmanımın önerisi ve desteğiyle 2010 yılında Belçika'daki von Karman Akışkanlar Dinamiği Enstitüsü Turbomakina&İtki Bölümü'nde 1 senelik araştırma yüksek lisansı (research master) programına katıldım. Bu süreçte tüm yönetimin desteğini arkamda hissettim. Bu eğitim daha sonra Tusaş Motor Sanayii'nde işe alınmamın ve yine danışmanımın da desteğiyle doktoramı buradaki bir konuda tamamlamamın önünü açtı. Yine bu, aynı şekilde, doktoram bittikten sonra üniversiteye geçtiğimde oluşan yeni uluslararası işbirliğinin ve yeni kabul alan önemli bir projenin temelini attı. Benden sonra birçok öğrenci bahsi geçen enstitü'ye gitti ve halen gidiyor. İYTE'deki eğitimin kalitesi kadar örneğini yaşadığım dışı açıklık ve yeni ufuklar açma konusunda gösterilen destek de çok önemlidir.

Ayşe Uğurcan Atmaca

Dokuz Eylül Üniversitesi
Doktora Öğrencisi/Araştırma Görevlisi



En başta çekingen adımlarla yürürken sonra kendimi bulduğum bir yolun başlangıcı benim için İYTE-Makina Mühendisliği. Bir bilim dalının parçası olarak aklım ve çabamla bir şeyleri değiştirecek güce sahip olduğumu bana gösteren ve en önemlisi de bu isteği içimde uyandıran yer. Bir kurşun kalemin kağıtta bıraktığı iz bir formülün çıkarımı olurken hayata hangi pencereden bakmak istediğime karar verdiğim yer.. Yolculuğumda sürekli bana rehberlik eden ve yeni bir yolun başlangıcında beni sevgiyle uğurlayan tüm değerli hocalarıma sonsuz teşekkür ederim. Biliyorum ki ben ilerledikçe yol devam edecek..

Ömer Buğra Kanargı

**National University of Singapore
(Singapur)**
Doktora Öğrencisi

**Duygu Çömen Atçı**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Araştırma Görevlisi Dr.



İYTE Makine Mühendisliği Bölümü'nde okutulan lisans ve yüksek lisans dersleri, içerik ve işleniş bakımından öyle dikkatli hazırlanmış ve kaliteli ki, doktora eğitimim sırasında yurt dışında aldığım dersler ve yaptığım projeler, yüksek lisansın sonuna dek öğrendiklerimin üzerine kayda değer bir bilgi birikimi eklemedi. Doktora eğitimime devam ettiğim üniversitenin lisans öğrencileri, asistanları olarak girdiğim ve İYTE Makine Mühendisliği'nde gördüğüm şekilde işlediğim dersleri, kendi hocalarının derslerinden daha verimli buldular.

2008 yılında lisans eğitimimi tamamlamamın ardından lisansüstü eğitimime devam etmek için İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü' ne geldim. Yüksek lisans eğitimimin yanı sıra Makine Mühendisliği Bölümünde 4 yıl boyunca Araştırma Görevlisi olarak görev yaptım. Bu süre boyunca bölüm hocaları ve lisans-lisansüstü öğrencileri sayesinde akademik kariyerim için çok değerli tecrübeler edindim. İYTE' nin sağladığı fiziksel olanaklar ve bölüm hocalarının başarılı çalışmaları ile özellikle lisansüstü öğrencileri için çok doğru bir tercih olduğunu düşünüyorum.

Aslı Korkmaz Eroğlu

Vestel Beyaz Eşya
Ar&Ge Bölümü, Tasarım Uzmanı

**Eren Uçar Drönen**

Bergen Üniversitesi (Norveç)
Doktora Öğrencisi/Araştırma Görevlisi



Farklı endüstriyel ürün gruplarında hizmet veren firma gezilerine önem verilmesi bir makine mühendisi hangi alanlarda çalışabilir, ne yapar vizyonunu daha 1. sınıftan bize vermiştir. İlerideki yıllarda da proje ağırlıklı olarak çalışmak, ekip çalışması, farklı düşüncelerin aynı konuyu nasıl ele aldığını ve sonucunu nasıl raporlandığını bize kazandırmıştır.

İYTE makina mühendisliği bölümünde geçirdiğim 7 yıl süresince mühendislik alanında kayda değer bir altyapı kazandım. Şuandaki konumumu, lisans ve yüksek lisans boyunca bana yol göstermiş olan hocalarım ve kazandırdıkları altyapıya borçluyum. Eğitim dilinin İngilizce olmasının önemini altını çizmeden de geçmek mümkün değil. Şuanda İYTE makina mühendisliğinde eğitim gören arkadaşlarım da, İYTE'de eğitim almanın farkını en kısa sürede hissedeceklerdir.

Öğretim üyelerinin birebir ilgisi, test ve laboratuvarların olması, sözel derslerin görsel olarak desteklenmesi, sınıfların az kişilik olması, proje çalışması için atölyeyi 24 saat öğrencilerine sunabilmesi vb. unsurların hepsi birer fırsattır. Tasarımın hayal kurmak ile başladığını ve kazandığımız bilgi birikimi ile bu hayallerimizi nasıl bir ürün haline getireceğimizi öğrendik. Hayallerinizi, düşüncelerinizi ertelemeyen devam ettirmeniz ve onlara sahip çıkmanız dileğiyle.

Ozan Bingül

Dönmez Debriyaj
Kalite Mühendisi



İYTE Makine Mühendisliği Bölümü'nde alınan eğitim sayesinde, sektörün önde gelen firmalarında çalışma

imkanına erişebilmekte ve mezun sayımızın artması ile tercih edilen mezunlar olmaktadır. Bu eğitim, edinilen teorik bilgiyi iş hayatında kullanabilen, ekip çalışmasına ve proje yönetim becerilerine sahip donanımlı bireyler olmamıza olanak sağlamıştır. Kaliteli, alanında uzman öğretim kadrosu ve laboratuvar imkanları ile tercih edilen üniversiteler arasında yerini almaktadır.

Alper Tunga Halıcı

ANOVA

Mekanik Tasarım ve Analiz Mühendisi



İYTE Makina Mühendisliği'ni bitirdikten sonra yüksek lisans için birçok okula başvurduğum. Türkiye'de alanında en iyi olarak gösterilen okulları gezdim, bir tanesinde de kabul alıp, eğitim gördüm. İYTE Makine Mühendisliği gibi öğrenci sayısı az, akademisyenlerinin yaş ortalamaları düşük, laboratuvar imkanları fazla ve eğitim binası tertemiz olan başka bir Makine Mühendisliği fakültesi en iyi olarak gösterilen okullarda yoktur. Bu saydıklarım, eğitim kalitesini direkt etkileyen etkenler olduğu için İYTE'nin bana sunduğu imkanlardan dolayı hep şükrettim. Şu an çalıştığım firmada İYTE'de aldığım eğitimin kalitesinin ekmeğini oldukça yiyorum. İYTE'de eğitimini devam ettiren arkadaşlara önerim ise bu fırsatların başka bir okulda kolay kolay sunulmayacağını, siz çabaladığınız takdirde ileride fark yaratacağınızı unutmayın ve sıkı çalışın.

Atilla Çağrı Dağistan

ASELSAN

Mekanik Tasarım Mühendisi



İYTE Makina Mühendisliği Bölümü'nde almış olduğum yüksek standartlardaki eğitim, meslek hayatımda çok yardımcı olmuştur. İYTE'de akademisyenler ile bire bir temas kurabilmiş olmanın avantajı çok büyüktür. Bunun sağlanmasındaki önemli etken sınıfların kalabalık olmamasıdır. Bu sayede okulun fiziksel ve teknik altyapılarından da en yüksek seviyede faydalanma imkânı elde edilmiştir.

Donanımlı ve vizyonlu mühendisler yetiştiren bölümüme hayatım boyunca minnettar olacağım.

Ahmet Apak

Ünüvar Elektronik

Proje Yöneticisi



Global mühendislik çalışmalarının gerek eğitim hayatında, gerek çalışma hayatında uygulanmasını sağlayan; 2013 yılı Tübitak Girişimci ve Yenilikçi üniversiteler sıralamasında 68.1 puanla 6. sırada yer alan; Kendinizi geliştirme imkanını size fazlasıyla sağlayan, diğer yandan İTÜ, ODTÜ, Boğaziçi gibi üniversitelerin var olduğunu ve yarışınızı bu üniversiteler ile yaptığınız hakkında farkındalığı size kazandıran kalite bir üniversite İYTE ve gerçek bir bölüm Makina Mühendisliği. Tüm arkadaşlara başarılı bir yaşam dileği ile...

Bahar Baştürk

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü,
Yrd. Doç. Dr.



İYTE isminden de anlaşılacağı gibi ileri mühendislik teknolojilerinin yenilikçi fikirlerle buluştuğu ufuk açan bir enstitü. Farklı disiplinlerden alanında uzmanlaşmış değerli akademisyenlerin bir araya geldiği böyle bir ortamda bulunmak kişisel olarak benim için büyük bir şans. Hem yüksek lisans hem de doktora sırasında edindiğim kazanımlar bana her açıdan çok şey katmıştır. Gerek Makine Mühendisliği bölüm laboratuvarlarında ve gerekse İYTE bünyesindeki tüm merkezlerde son derece gelişmiş cihaz ve ekipmanlar araştırmacıların yaratıcı düşüncelerini somutlaştırabilmek için her imkânı sunmaktadır. Eğitim dilinin İngilizce olması çoğu zaman bir handikap gibi görünse de ben yaklaşık 10 sene boyunca aldığım bu eğitimle akademik olarak hep bir adım önde olduğumu hissettim. İYTE'den mezun olmanın bir ayrıcalık olduğunu ve mezun

tüm öğrencilerin sektörde şanslarının oldukça yüksek olduğunu deneyimlerimden söyleyebilirim. Ayrıca bölümümüzün proje tabanlı eğitim anlayışı sayesinde bir araştırmacının nasıl başlatılacağını, sürdürüleceğini ve sonlandırılacağını öğrenme fırsatım oldu. Bir öğretim üyesi olarak tüm akademik hayatım boyunca bana bu bilinci veren İYTE'ye ve Makine Müh. Bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür etmek isterim.

Levent Aydın

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.



İYTE Makine Mühendisliği Bölümü, benim akademik hayatımın 10 yılının geçtiği, 2004-2011 arası 8 sene Araştırma Görevlisi olarak hizmet verdiğim en geniş çaplı eğitim kurumum olarak aidiyet duygusunu hissettiğim müstesna bir bölüm. 23 yaşında genç bir YL öğrencisi olarak girdiğim kurumdan 33 yaşında bir öğretim üyesi aday olarak mezun oldum. Bu süre içerisinde bölümün geniş ve yetkin akademik kadrosunun farkını, İngilizce mühendislik bölümü olmasının avantajlarını, proje ve araştırma yoğun, öğrenci odaklı eğitim sisteminin kazanımlarını, güçlü ve işler laboratuvar altyapısını İYTE makine mühendisliği bölümünün bana eğitim ve öğretim katkıları olarak sıralayabilirim. Genç ve dinamik akademik yapılanması, mesleki ve sosyal alanda hayatımdan hiç çıkarmayacağım çok sayıda hoca ve öğrenci tanımadamda etkili oldu. Son olarak, bir kurumun kalkınması adına koyulabilecek en önemli kriter olan liyakat esaslı personel seçimi konusunda tavizsiz uygulamalarının da bölümün bu günlere başarılı bir şekilde gelmesinin önde gelen sebeplerinden olduğunu düşünüyorum.

Erkin Gezgin

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.



Üniversite kalitesinin öncelikli olarak eğitim ve araştırma laboratuvarlarında bulunan cihazların fiyat etiketleri ve belli niceliklerin hakim olduğu indeksler üzerinden değil de, bünyesinde bulunan kadronun deneyimi, eğitim düzeyi, bilgiyi aktarım ve paylaşım gücü, samimiyeti, ve en önemlisi tek bir çatı altında kişisel çıkarlar ve hırslardan uzak büyük bir aile gibi yaşayabilmesi gibi niteliklerle belirlenmesi gereken bir dönemde, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü her alanda kalitesini ispatlamış sayılı üniversitelerden biridir.



Research Highlights

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ÖZEL SAYISI

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Gülbahçe - Urla
35430 İzmİr

Tel: +90 232 750 6700
Faks: +90 232 750 6701

<http://me.iyte.edu.tr/>

Bu derginin hazırlanmasında emeği geçen
Araştırma Görevlileri Serkan Kangal, Bertan Beylergil, Kaya ManoĐlu, YaĐmur Güleç,
Yusuf Can Uz ve Glce Kalyoncu'ya
teşekkürlerimizi sunarız.

