

ELEKTROMOBİL KOMPOZİT ŞASI TASARIM VE İMALATI

Hüseyin ARIKAN^a Erhan Şan^b Mehmet KAYIRICI^a Onur GÖK^a

^a Necmettin Erbakan Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Seydişehir ACMF, Konya, E-mail: mkayirici@erbakan.edu.tr, harikan@erbakan.edu.tr, ogok@erbakan.edu.tr

^b Necmettin Erbakan Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Seydişehir ACMF, Konya, E-mail: erhansan70@gmail.com

Abstract

Petrol türevleri yakıldığında ortaya çıkan zehirli gazlar ve benzin motorlarının çalışmasında oldukça önemli görevler üstlenen kurşun elementinin egzoz gazıyla çevreye yayılması ayrıca benzinli motorlarda kullanılan ve sıklıkla değiştirilen kullanılmış motor yağları önemli ölçüde hava ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Temiz ve yaygın bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin bu konunun dışında bırakılması ise mümkün değildir. Elektromobil adı verilen otomobiller çeşitli türlerdeki elektrik motorları ile hareket ettirilmektedirler. Bir elektrikli otomobilin tahrik sistemi temel olarak elektrik enerjisi kaynağı, elektrik motoru ve kontrol sisteminden oluşmaktadır. Elektrikli otomobiller, atık gazlar oluşturmamaları ve motor yağı kullanmamaları sonucu çevre dostu olmalarının yanında bir mekanik vites kutusuna ihtiyaç duymamaları, frenleme esnasında enerjiyi geri kazanabilmeleri, sessiz çalışmaları gibi özellikleri ile klasik içten yanmalı motorlara sahip otomobillere karşı önemli avantajlar sağlamaktadırlar.

Bu çalışmada ise elektrik enerjisi ile çalışan bir araç için kompozit şasi tasarımı ve imalatı ele alınmaktadır. Tasarımda, bataryadan elde edilen kısıtlı enerjinin en verimli şekilde kullanılabilmesi için aracın mümkün olduğunca hafif imal edilmesi planlanmıştır. Ayrıca günümüzde kullanılan klasik araç şasilerinden farklı olarak dayanım yönünden de katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu amaçla ilk etapta üretimde kullanılacak karbon ve cam elyaf kumaşlardan numuneler alınarak mekanik testler yapıldı. Elde edilen test sonuçları SolidWorks kompozit modülü yardımı ile şasi tasarımının yapısal analizi ve aerodinamik özellikleri incelendi. Ardından şasi imalatı için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Keywords: Analiz, Cam elyaf, Elektromobil, Enerji, Karbon Elyaf, Kompozit Şasi, Mekanik Testler, Tasarım

1. Introduction

Dünya'da elektrikli araç teknolojileri konusunda her geçen gün önemli adımlar atılıyor. Elektrikli araçlar ekonomik olmalarının ötesinde, küresel ısınma ve iklim değişikliklerinde önemli bir etken olan gaz emisyonlarını önüyor. Bu veriler doğrultusunda elektrikli araçlar kaynakların etkin yönetimi ile otomotiv sektörünün

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada imalat süreci de dahil olmak üzere beş ana aşamadan oluşmaktadır;

geleceğini temsil ediyor. Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla %90'a varan oranlarda enerji tasarrufu sağlamalarının yanı sıra çevreye duyarlı, gürültü kirliliğine yol açmayan, sessiz ve ekonomik araçlar olarak karşımıza çıkıyor [1].

Günümüz teknolojisi birim ağırlıkta mukavemet ve ekonomiklik ön plana çıkarak gelişmektedir. Özellikle otomotiv sanayiinde yüksek mukavemetli, sünek, kolay biçimlendirilebilen, ucuz ve hafif malzemelerin kullanımı gerekliliği kendini hissettirmektedir. Bu anlamda kullanılan malzemelere baktığımızda, çeliklere karşı düşünülen alternatif malzemelerin hafiflik ile birlikte çeliklere eşdeğer özellikler göstermesi gerekmektedir [2].

Otomobilin ağırlığını azaltmak; yakıt tüketiminde hatırı sayılır tasarruflara yol açtığından, otomobil üreticileri ağırlığı azaltacak yeni malzeme arayışlarına girmiş bulunuyorlar. Buna ilaveten petrol yakıtlarına alternatif olarak geliştirilmeye çalışılan elektrikli arabaların motorları nispeten daha az güç ürettiğinden, arabanın ağırlığı fevkalade ehemmiyet kazanır. Kompozit malzemeler, katılığın özgül ağırlığa oranı bakımından çelik ve alüminyum ile karşılaştırıldığında, bu değer birkaç kat daha fazla olabilmektedir. Bu sebeple kompozit malzemeler ağırlık azaltmada en önemli adaylardandır.

Kompozit malzemeler arasında en yaygın olarak polimer matrisli kompozitler kullanılmaktadır. Plastik matrisli olmalarına rağmen metaller kadar emniyetli tasarımları mümkündür. Ön kısmı cam elyaf takviyeli polimer kompozitten yapılmış bir araba 35 mil/saat çarpma testini geçmiş bulunuyor. Çarpışmalarda çelik kadar güvenlik sağladığı gibi, polimer kompozitler titreşim kontrolü gibi özellikleriyle de daha üstün performans göstermektedir [3].

Elektromobil araçların günümüzde öne çıkan bu özelliklerinin yanı sıra; tez kapsamında elektromobil araç için imalatı yapılacak olan şasinin kompozit malzemedan tasarlanıp imal edilmesi amaçlanmıştır. Aracın üç boyutlu modellemesi SolidWorks katı modelleme programı ile yapılmış ve kalıplar bu modelden yararlanarak elde edilmiştir.

Şasi malzemesi olarak yüksek mukavemete ve düşük yoğunluğa sahip karbon elyaf ve cam elyaf kullanılmıştır. Üretilen şasi TÜBİTAK'ın düzenlediği Elektromobile yarışmasında üniversite takımının Pars isimli elektromobil aracında kullanılmıştır.

El Yatırma Yöntemi (Hand Lay- Up) karbon elyaf ve cam elyaf kullanılarak uygulanmıştır.

Kompozit Şasi İmalatında Kullanılacak Olan Karbon Ve Cam Elyafı Ait Test Numunelerinin Hazırlanması
 Numunelerin Mekanik Teste Tabi Tutulması
 Kompozit Şasi Kalıp Tasarımının Yapılması
 Tasarlanan Kalıbın Tezgâh Yardımı İle İşlenmesi ve Kalıp Üzerinde Kompozit Malzeme Üretim Yöntemlerinden El Yatarıma Yöntemi Kullanılarak, Şasinin İmalatının Gerçekleştirilmesi
 Şasi Tasarımının Analiz Ortamına Aktarılması Ve Yapı Üzerine Statik Yüklemelerin Yapılması

2.1. Karbon Elyaf Kumaş Özellikleri

Kompozit malzeme üretiminde kullanılmak üzere; 200 gr/m² ağırlığında karbon elyaf kumaş Dost Kimya End. Ham. San. Ve Tic. Ltd. Şti.' den temin edilmiştir. Karbon elyaf kumaşın özellikleri çizelgede gösterilmiştir. El yatarıması için hesaplanan veriler (%35 hacimsel elyaf yoğunluğuna göre)

Reçine tüketimi : 234 g/m²

Laminat kalınlığı : 0.327 mm

ÜRÜN KODU	Elyaf		Kalınlık	Laminat Ağırlığı	Sıklık	Elastisite Modülü	Kopmadaki	Elyaf	Yoğunluk				
	Çözgü	Atkı					Birim Boy	Çapı					
			Tenax-E										
			(mm)+%15	(gr/m2)+%4	adet/cm	[GPa]			[%]	[µm]	[g/cm3]		
02C200L.01	HTA 40 3k	HTA 40 3k	0,327	438	5	238	1,7	7	1,76				

2.2. Polyester Reçine Özellikleri

Sağladığı Faydalar; Uygun viskozitesi sayesinde cam elyafını çabuk ve kolay ıslatır ve Yüksek mekanik dayanımı sağlar.

CE 92 N8 Özellikleri	Birim	Spesi fikas
Görünüm		Berrak
Viskozite	cps	400±60
Asit Sayısı	mgKOH/g	Max.25
Katı Madde Miktarı	%	Min.58
Jelleşme Süresi	dak.	8±2
Egzoterm Pik (25°C)	°C	180±20
Stabilite	ay	4
Sertlik	Barcol	Min.42
Eğilme Dayanımı	kgf/cm ²	Min.900
Çekme Dayanımı	kgf/cm ²	Min.500

Tablo 2.1.. CE 92 N8 Özellikleri

Jelleşme süresi ve "Egzoterm Pik" tayini 50 mm çapında bir beherglassa konan 100 g reçineye 25°C'de % 0.25 oranında % 6'lık Kobalt Naftanat ve % 2 oranında % 50 aktif Metil Etil Keton Peroksit ilave edilmesinden sonra yapılır.

2.3. KOBALT Özellikleri (hızlandırıcı) :

Yağlı boyalarda kurutucu ve polyester hızlandırıcı olarak kullanılır. Hızlandırıcılar, polyester ve vinilester reçineler için sertleşme yani kürleşme reaksiyonunu hızlandıran

bileşiklerdir. 1000gr polyester reçineye, %6 (yani 60 gr) olarak kullanılır.

Polyester Reçinenin sertleşmesi için, ilk önce 1 kg polyester reçineye, 60 gr KOBALT konur ve iyice karıştırılır. Böylece karışım sertleşmeye hazırdır. Bu şekilde yani sadece KOBALT karıştırılmış halde günlerce sertleşmeden kalabilir.

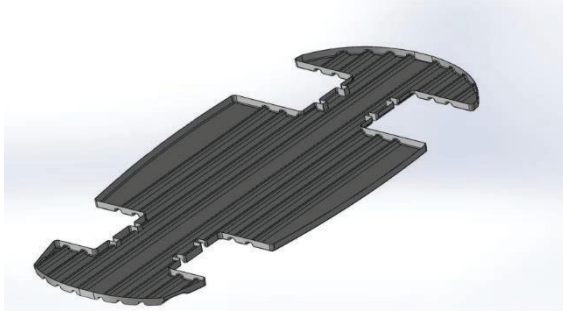
- Görünüm: Violet-Mavi Renkli, Sıvı
- Yoğunluk: (25°C) 0,9±0.004 kg/m³
- Kobalt Metal Oranı : %6
- Parlama Noktası : 39 °C

2.4. Karbon ve Cam Elyaf Numunelerinin Hazırlanması

Şasi imalatında kullanılan kompozit malzemeler iki ayrı bileşenin (matris ve takviye elemanı) çeşitli imalat teknikleri yardımı ile bir araya getirilmesi ile oluşan yapılardır. Ögelerden biri genellikle cam elyaf, karbon, boron veya kevlar gibi güçlü bir liftir. Tez kapsamında kullanılacak elyaf çeşitleri karbon ve cam elyafıdır. Karbon elyaf malzemesinin şasi imalatında kullanılmasının belli başlı sebepleri vardır.

Yüksek performanslı gelişmiş liflerden en yaygın olarak kullanılanıdır. Genellikle karbon liflerinin çekme mukavemeti lif tipine göre 3,1-5,5 GPa arasında değişirken Elastisite çekme modülü 240 GPa değerlerine kadar ulaşmaktadır. Bu da demektir ki sadece lifin kendisi bile 7075 T6 Alüminyum alaşımından lif tipine göre 5- 10 kat daha dayanıklı ve ağırlık olarak da %60 daha azdır. Alüminyum ve fibreglasa göre daha pahalı olmasına rağmen yoğunluğunun düşük olması ve buna karşılık iyi dayanım değerlerine sahip olması tercih edilmesinde etkilidir.

2.5. Kompozit Şasi Tasarımının Yapılması



Elektromobil kompozit şasi Tasarım işlemi SolidWorks katı modelleme programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Modellemeye başlarken ilk adım gövde dizaynında önemli olan parametrelerin belirlenmesidir. Bu parametreler şu şekilde sıralanabilir:

Şasi genel yapısı

Şasi üretiminde kullanılacak malzeme

Şasiye etki edecek kuvvet noktalarının belirlenmesi

Şekil 2.1. Kompozit Şasi Tasarımının Katı Modellemesi

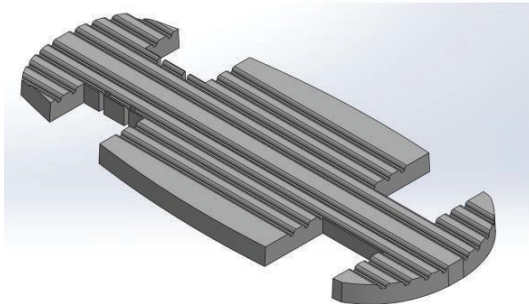
Bu şekilde tasarım işlemi tamamlandıktan sonra bu kalıbın CNC işleme tezgâhında işlenmesi için MDF ahşaptan kalıbın oluşturulması işlemine geçilmiştir.



Şekil 2.2. Şasi kalıbı

3. SolidWorks Kompozit Modülü Analiz

Nümerik hesaplamalarda 6 katman kullanılmıştır. Her katman için 0,4 mm kalınlık alınmıştır. Fiber yönleri 1. Katman için 90, 2. Katman için 0, 3. Katman için 90, 4. Katman için 0, 5. Katman için 90, 6. Katman için 0 derecedir



Kat	Kalınlık	Açı	Malzeme
1	0,4	90	Karbon Elyaf
2	0,4	0	Karbon Elyaf
3	0,4	90	Karbon Elyaf
4	0,4	0	Karbon Elyaf
5	0,4	90	Karbon Elyaf
6	0,4	0	Karbon Elyaf

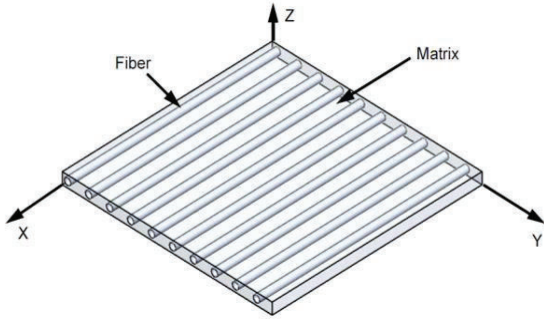
Şekil 3.1. Sadeleştirilmiş Tasarım Modeli

SolidWorks kompozit modülü ile analiz işlemi yapılırken katmanlara ait koordinat sisteminde x, y ve z koordinatların yön tanımlaması önemlidir. Yönlerin tanıtılması kriterleri şu şekildedir;

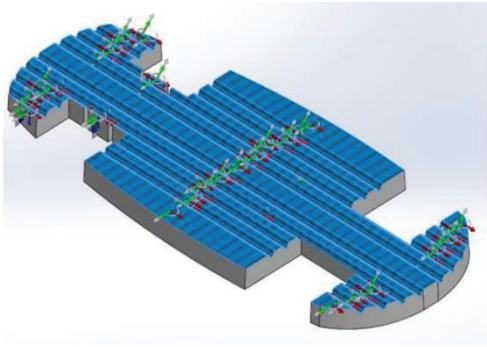
X: Fiberlerin yönünü göstermektedir

Y: Fiberlere dik olan yönü göstermektedir

Z: Tabaka yüzeyine dik olan yönü göstermektedir



Şekil 3.2. Koordinat Sistemin Tanıtılması



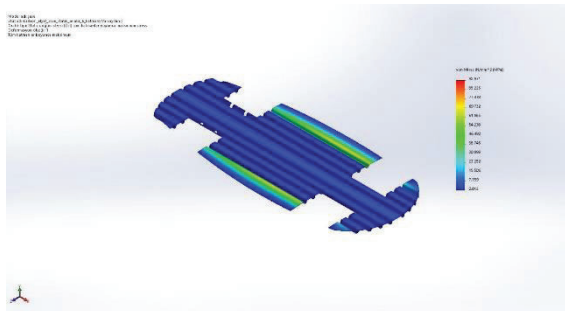
Şekil 3.3. Katmanlara Ait Koordinatların Oluşturulması

Tablo 3.1. Karbon Fiber Katman Özellikleri

Eleman tipi olarak Shell eleman kullanılmıştır. Matematiksel modelde bu eleman tipinde 20 mm ortalama mesh boyutu alınmıştır. Hesaplamamızın sonuçları elementel ve nodal gerilmeler için çıkartılmıştır. Ayrıca tasarım analiz sonuçlarını etkilemeyecek şekilde sadeleştirilmiştir.

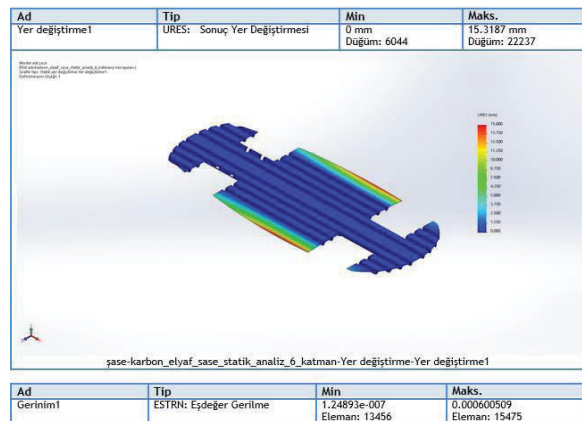
Analiz sonuçlarında her katman için ayrı ayrı maksimum gerilme bölgeleri çıkartılmıştır. Bu bölgelerden 4. Katman en büyük gerilmelerin olduğu katmandır. Gerilme yoğunluğunun en yüksek olduğu hattan 2 boyutlu gerilme grafikleri alınmıştır. Bu grafiklere göre hat boyunca 1. Katmanda ortalama 8 Mpa, 2. Katmanda 15 MPa, 3. Katmanda 2 MPa, 4. Katmanda 45 MPa, 5. Katmanda 4 MPa, 6. Katmanda 5 MPa olarak ortalama gerilme değerleri elde edilmiştir.

Tüm katmanlar boyunca oluşan maksimum gerilmeler aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 3.4. Bütün Katmanlara Ait Maksimum Gerilme Sonucu

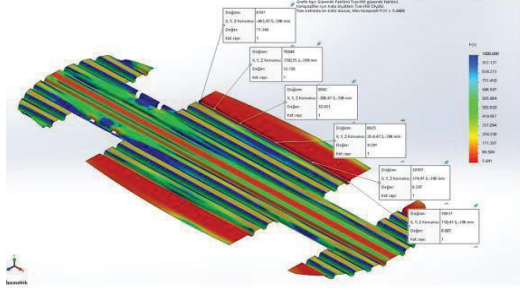
Analizler sonucunda, şasimiz 15 mm y ekseninde maksimum yer değiştirme olduğu gözlenmiştir ve bu değerin çıktığı bölge çok küçük bir aralıktadır.



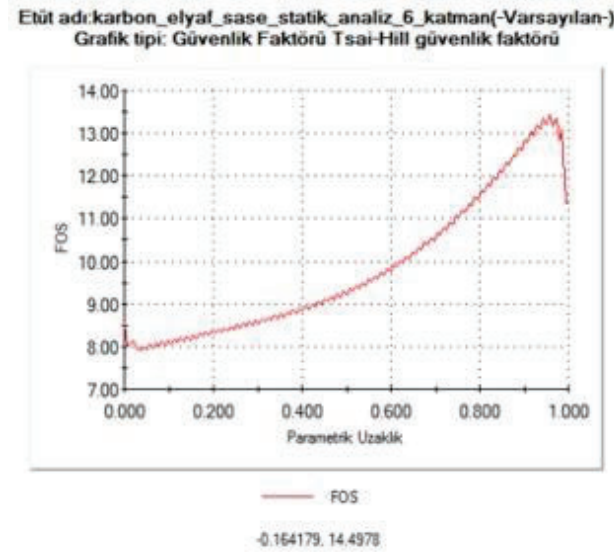
Şekil 3.5. Şasi Üzerinde Yer Değişime Ait Görsel

Hasar kriteri olarak Tsai-Hill kullanılmıştır. Bu kriter gere göre güvenlik faktörü hesaplandığında şasimiz en az 5,6 kat güvenlidir. Ayrıca, 100 kat güvenli olduğu bölgeler yoğunluktadır. Gerilmenin en yüksek olduğu

1. Bölgeden güvenlik faktörü grafiği alındığında ortalama 12 kat güvenli çıkmaktadır.



Şekil 3.6.. Tsai-Hill Hasar Kriterine Ait Görsel



Şekil 3.7. Tsai-Hill Hasar Kriterine Ait Grafik

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Sonuçlar

Bu tez çalışması, elektromobil kompozit şasi tasarımı ve imalatının yapılması, üretim öncesinde kullanılan karbon - cam fiber kumaşlara ait çekme numunelerin hazırlanması ve çekme numunelerinin revizyonu gerçekleştirilmiş olan çekme cihazı yardımı ile yorumlanması gibi konularını içermektedir.

- Elektromobil kompozit şasi için tasarlanan model ve ona uygun olarak imalatı gerçekleştirilen kalıp uygun hassasiyetlere sahip olarak imal edilmiştir.
- Şasinin imalatında kullanılan malzemelerin analiz programları yardımı ile gerekli malzeme kalınlıklarının tespit edilmesi sağlanmıştır.
- Kalıp içerisinde üretimi gerçekleştirilen kompozit şasinin, el yatırma yöntemi kullanılarak istenilen özellik ve yapıya sahip olması sağlanmıştır.
- Kompozit şasinin üretiminde kullanılan Vakum infüzyon yöntemi ile numuneler istenilen özelliklere sahip olarak üretilmiştir.
- Revizyonu tez çalışması süresince gerçekleştirilen çekme cihazının uygunluğunun ve doğruluğunun görülmesi sağlanmıştır.

El yatırma metodu ile üretilen Karbon fiber kumaş takviyeli malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çekme deneylerinde malzemenin lineer elastik bir davranış gösterdiği ve gevrek kırılma sergilediği tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda elyaf hacim oranı arttıkça, elastisite modülünün arttığı, Poisson oranının ve yüzde uzamanın (sünekliğin) azaldığı tespit edilmiştir. Malzeme elastisite modülünün elde edilmesine yönelik olarak yapılan deneysel çalışmalarda bu sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu çalışmada malzeme mekanik özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalara göre:

- El yatırma metodu ile üretilen CRTP malzeme lineer elastik davranış göstermekte ve gevrek kırılma sergilemektedir.
- Deneysel çalışmalar ve hesaplamalar; elyaf hacim oranı arttıkça, Elastisite modülünün arttığını göstermiştir.
- El yatırma metodu ile üretilen CTP malzeme mekanik özelliklerinin elyaf hacim oranlarına bağlı olduğu ve elyaf hacim oranlarını değiştirmek sureti ile istediğimiz mekanik özelliklere sahip malzeme üretilebileceği tespit edilmiştir.

4.2 Öneriler

Kompozit yapıda liflerin hatalı yönlendirilmesi, elyaf - matris arasındaki oluşun bağın iyi olmayışı, elyafın matris içerisinde üniform dağılmaması, matrisi oluşturan plastiğin erken jelleşmesi sırasında içyapıda oluşan iç gerilmeler ve kompoziti oluşturan malzemelerin mekanik özellikleri gibi faktörler kompozit malzemenin çekme dayanımı olumsuz yönde etkilemektedir. Uygulamadaki bu hatalar azaltıldıkça kompozit malzeme deneylerinden elde edilen veriler daha doğru sonuçlara vereceği düşünülmektedir.

CRTP sektöründe her geçen gün mevcut malzemelerin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu malzemeyi ön plana çıkaran özelliklerden biri de istenilen özelliklerde üretilme imkânı sunmasıdır.

CTP'lerin mukavemetini değiştirmek için içerisindeki elyaf hacim oranlarının değiştirmek en etkili yöntemlerden bir tanesi olduğu bilinmektedir. Kompozit malzeme üretiminde oluşabilecek hataların azaltılması neticesinde deney sonuçlarının daha doğru sonuçlar doğuracağı bilinmektedir.

Teşekkür

Yazarlar bu çalışmayı 181331003. nolu proje ile destekleyen Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

1. Olmuş, U., 2014, İnternet kaynağı [online], Çukurova Üniversitesi Elektromobil Aracı, Çukurova Üniversitesi,

https://prezi.com/exvyty_gpiap/cukurova-universitesi-elektromobil-araci

2. Yeter, A., 2010, Otomotiv Sanayiiinde Kullanılan Polimerik Malzemeler, Kale Oto Radyatör San. Tic. A.Ş,

[https://biltek.sanayi.gov.tr/Bilimsel%20almalarmz/Otomotiv Plastikleri.pdf](https://biltek.sanayi.gov.tr/Bilimsel%20almalarmz/Otomotiv%20Plastikleri.pdf)

3. Yaylacı, E., 2011, İnternet Kaynağı [online], Otomobillerde Kullanılan Pmk Malzemeler, <http://eyupyaylaci.com/otomobillerde-kullanilan-pmk-malzemeler>