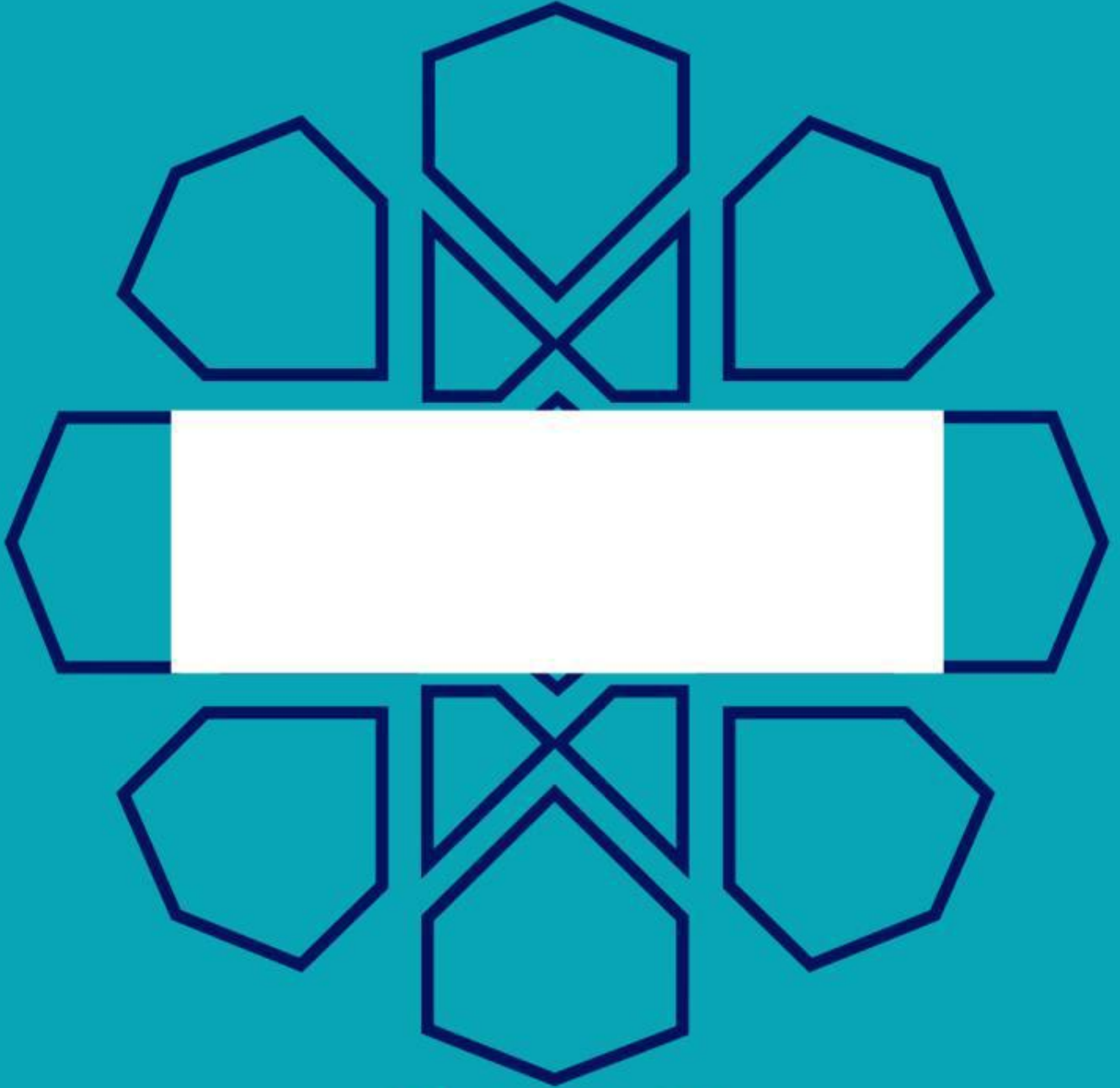




T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü



Yüksek Lisans Tezi

**METAL-KAUÇUK MALZEME ÇİFTİNİN SONRADAN YAPIŞTIRMA
YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPIŞTIRMA PARAMETRELERİNİN
İNCELENMESİ**

Ali Kamil SERBEST



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL-KAUÇUK MALZEME ÇİFTİNİN SONRADAN YAPIŞTIRMA
YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPIŞTIRMA PARAMETRELERİNİN
İNCELENMESİ**

Ali Kamil SERBEST

Prof. Dr. Ali BAYRAM
(Danışman)

Doç.Dr. Murat YAZICI
(İkinci Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2013
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Ali Kamil SERBEST tarafından hazırlanan “METAL-KAUÇUK MALZEME ÇİFTİNİN SONRADAN YAPIŞTIRMA YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPIŞTIRMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali BAYRAM

İkinci Danışman : Doç. Dr. Murat YAZICI

Başkan : Ünvanı, Adı Soyadı

..... Fakültesi

..... Anabilim dalı

Üye : Ünvanı, Adı Soyadı

..... Fakültesi

..... Anabilim dalı

Üye : Ünvanı, Adı Soyadı

..... Fakültesi

..... Anabilim dalı

Üye : Ünvanı, Adı Soyadı

..... Fakültesi

..... Anabilim dalı

Üye : Ünvanı, Adı Soyadı

..... Fakültesi

..... Anabilim dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof.Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

...../...../.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/02/2013

Ali Kamil SERBEST

ÖZET

Yüksek Lisans

METAL-KAUÇUK MALZEME ÇİFTİNİN SONRADAN YAPIŞTIRMA YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPIŞTIRMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Ali Kamil SERBEST

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali BAYRAM

İkinci Danışman: Doç. Dr. Murat YAZICI

Bu çalışmada, metal-kauçuk malzeme çiftinin bir arada kullanıldığı parçaların, fiziksel bağlantısında kullanılacak bir yapıştırma yöntemi geliştirerek ve bu yapıştırmaya etki eden parametreleri incelemektir.

Deney ve araştırmaların yapılabilmesi için pilot uygulama olarak otomotiv sanayide üretilen sistemlerden viraj denge çubuğu (VDÇ) sistemi seçilmiştir. Sistemde bulunan kauçuk burçların tasarlanması için hedef mekanik özellikler belirlenmiş ve bu özelliklere cevap verecek model, sonlu elemanlar yazılımı MSC Marc ve bilgisayar destekli tasarım yazılımı CATIA V5 R19 kullanılarak bir en uygun duruma getirme döngüsü içinde hazırlanmıştır.

Tasarlanan modellerin doğrulama işlemi için raydal katılık ölçüm deneyleri ve kopma deneyleri yapılmıştır. Geliştirilen yeni yapıştırma yöntemindeki parametrelerin etkilerinin değerlendirilmesi için Taguchi deney tasarım metodu kullanılarak, doğrulanan modeller üzerinde deneyler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak sonradan yapıştırma yöntemi için parametrelerin kendi aralarındaki etkileşimleri incelenmiş ve en iyi durum ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler ışığında otomotiv sanayinde kullanılabilecek gerçek bir model tasarlanmış ve sonradan yapıştırma yönteminin getirileri sayesinde burç üzerinde iyileşmeler karşılaştırma tablosu olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kauçuk, metal, yapıştırma, vulkanizasyon, viraj denge çubuğu

2013, viii + 71 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

AN INVESTIGATION ON PARAMETERS OF ADHESSION BETWEEN METAL- RUBBER MATERIAL COUPLE IN POST-BONDING APPLICATION

Ali Kamil SERBEST

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali BAYRAM

Second Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat YAZICI

In this study, a new post-bonding application for the parts, which includes bonded rubber-metal components together, has been developed and the parameters of this new post-bonding application has been investigated.

To complete the experiments and researches, a sub-system of automobile suspension, which calls anti-roll bar system, has been selected as a pilot application. Mechanical requirements of rubber bushes, which exist in this sub-system, has been determined and according to determined specifications a virtual model has been modeled in an optimization loop between CAD software CATIA V5 R19 and FEA Software MSC Marc.

Radial stiffness measurements and tensile tests have been done to verify modeled virtual designs. With the help of Taguchi design of experiments method, an experiment system organized to investigate the bonding parameters of new post-bonding technique. Results are compared to evaluate new post-bonding technique outputs.

As a result, the interactions of parameters have been investigated to each other and better cases are selected. With these results a real anti-roll bar bush has designed and improvements are presented as a comparison table.

Key Words: Rubber, Metal, Anti-roll bar, adhesion, vulcanization, post-bonding

2013, viii + 71 page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca beni yönlendiren tez hocam Sayın Prof. Dr. Ali BAYRAM'a, tez konusunu belirlemede ve tüm çalışmam boyunca beni destekleyen değerli Müdürüm Sayın Yük. Müh. Savaş KAYACI'ya, tez çalışmamın SAN-TEZ olarak hazırlanması fikrini vererek proje çalışmalarında destek veren değerli hocam Doç.Dr. Murat YAZICI'ya, projede yardımcı araştırmacı olarak grev alan Araş.Gör. Mümin TUTAR'a, projeyi destekleyen LASPAR Kauçuk Yedek Parça Sanayi ve Ticaret A.Ş. yöneticileri ve çalışanlarına, manevi desteklerini esirgemeyen başta eşim olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve beni yetiştirip hayatım boyunca arkamda duran annem, babam ve ablama teşekkürlerimi borç birilim.

Ali Kamil SERBEST

19.02.2013

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Araç Süspansiyon Sistemi ve Viraj Denge Çubuğunun Yeri.....	4
3 MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1 Materyal	7
3.1.1 Viraj Denge Çubuğu Sistemi.....	7
3.1.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM)	8
3.1.3 Numunelerin Teknik Resimleri ve Üretimde Kullanılan Kalıplar	10
3.1.4 Test Şartnamesi ve Test Aparatları.....	11
3.1.5 Testlerde Kullanılacak Sıkıştırma Aparatları	12
3.1.6 Kauçuk Hammadde	13
3.1.7 Gerçek Burçların Kalıpları	13
3.1.8 Gerçek Burçların Test Şartnamesi ve Test Aparatları.....	14
3.2 Yöntem.....	16
3.2.1 FEA Çalışması.....	16
3.2.2 Sonradan Yapıştırma Yöntemi	17
3.2.3 Vulkanizasyonun Tamamlanması	17
3.2.4 VDÇB Mekanik Özellikleri ve Karşılaştırma Sistemi Oluşturulması....	17
3.2.5 Yapıştırma İşleminde Yapıştırma Ajanlarının Kullanılması.....	18
3.2.6 Çözüm ve Sonuçların Değerlendirilmesi.....	19
3.2.7 Sonradan Yapıştırma Parametreleri.....	20
3.2.8 Taguchi Deney Tasarımı Metodu (DoE).....	20
3.2.9 Yapışma Testi.....	22
3.2.10 Elde Edilen Yapıştırma Sonuçlarının Gerçek bir VDÇB da Değerlendirilmesi	23

3.2.11 İki adet gerçek koşullarda VDÇB tasarlanması.....	23
3.2.12 Gerçek Burçların FEA Çalışması	24
4 BULGULAR ve TARTIŞMA	25
4.1 Sonlu Elemanlar Analizi	25
4.2 Radyal Testler	26
4.3 Vulkanizasyon Presinde Yapılan Yapıştırma Sonuçları	28
4.4 Tasarlanan Burçlar Arasındaki Farklılıklar.....	29
4.5 Vulkanizasyonun Tamamlanmasının Kontrolü	31
4.6 Yapışma Testleri ve DoE	32
4.7 Faktörlerin Etkileşimi.....	36
4.8 Radyal ve Burulma Katılık Testleri Sonuçları	43
4.9 Burçların Karşılaştırması	44
5 SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR	46
EKLER.....	47
EK-1 Yapıştırılan VDÇB	47
EK-2 Yapıştırılmayan VDÇB	48
EK-3 Numune Test Şartnamesi.....	49
EK-4 Gerçek VDÇB Numune Test Şartnamesi	53
EK-5 Devamı	57
EK-5 Devamı	58
EK-5 Devamı	59
EK-5 Devamı	60
EK-5 Devamı	61
EK-5 Devamı	62
EK-5 Devamı	63
EK-5 Devamı	64
EK-5 Devamı	65
EK-5 Devamı	66
EK-5 Devamı	67
EK-5 Devamı	68
EK-6 Nihai Serbest Burç.....	69
EK-7 Nihai Yapışık Burç	70
ÖZGEÇMİŞ	71

KISALTMALAR DİZİNİ

Kisaltmalar	Açıklama
FEM	Finite Element Method (Sonlu Eleman Metodu)
FEA	Finite Element Analysis (Sonlu Elemanlar Analizi)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
VDÇB	Viraj Denge Çubuğu Burcu (Stabilisator Bush)
VDÇ	Viraj Denge Çubuğu (Anti-roll Bar)
DoE	Design of Experiments (Deney Tasarımı)
NOG	Normal Olasılık Grafiği (Normal Possibility Graph)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Viraj Denge Çubuğu Sistemi.....	4
Şekil 2.2 Viraj Denge Çubuğu Burcu.....	5
Şekil 3.1 Viraj Denge Çubuğu Burcu İç Geometrisi.....	8
Şekil 3.2 Teknik resimden örnek görüntüler (a) ve Vulkanizasyon kalıbı 3D model görünüşü(b).....	10
Şekil 3.3 Numuneler için Vulkanizasyon Kalıbı.....	11
Şekil 3.4 Test Aparatı 2D Model(a), Üretilmiş Aparat(b).....	11
Şekil 3.5 VDC Aparatları.....	12
Şekil 3.6 %5 ve %10 Sıkıştırma Aparatları.....	12
Şekil 3.7 Sıkıştırma Aparatına Montaj.....	13
Şekil 3.8 Numune Kalıpları 3D Model Görselleri.....	13
Şekil 3.9 Numune Kalıplarının Görseli.....	14
Şekil 3.10 Aparat 2D ve 3D Model Görseli.....	14
Şekil 3.11 Üretilmiş Aparat Görselleri.....	15
Şekil 3.12 Yapıştırılan Burç FEA Modeli.....	16
Şekil 3.13 Yapıştırılmayan Burç FEA Modeli.....	16
Şekil 3.14 Sıcaklık ve Süre Kontrollü Fırın.....	17
Şekil 3.15 Tasarlanan burçlar (a)Yapıştırılmayan, (b)Yapıştırılan.....	18
Şekil 3.16 Deney Listesi.....	22
Şekil 3.17 Vulkanizasyonda Yapıştırılmış Numune.....	22
Şekil 3.18 Yapışma Testi Düzeneği.....	23
Şekil 3.19 Gerçek VDÇB 3D Model ve Teknik Resim.....	23
Şekil 3.20 Gerçek VDÇB FEA Modeli Görüntüsü.....	24
Şekil 4.1 Yapıştırılmayan Burç FEA Sonucu.....	25
Şekil 4.2 Yapıştırılan Burç FEA Sonucu.....	26
Şekil 4.3 Yapıştırılan Numune Radyal Test Sonuçları.....	26
Şekil 4.4 Yapıştırılmayan Numune Radyal Test Sonuçları.....	27

Şekil 4.5 Vulkanize Parça Yapışma Testi Sonuçları.....	28
Şekil 4.6 Yapışma Testinden Çıkmış Numune.....	28
Şekil 4.7 Yapıştırılarak Monte Edilen Burç.....	29
Şekil 4.8 Yapıştırılmadan Monte Edilen Burç.....	30
Şekil 4.9 Vulkanizasyon Kontrolü Radyal Test Sonuçları Grafik Gösterimi...	32
Şekil 4.10 Yapışma Testi Sonuçları.....	32
Şekil 4.11 L16 Ortogonal Tabloda Yapışma Kuvvetleri Gösterimi.....	33
Şekil 4.12 Normal Olasılık Grafiği (NOG).....	35
Şekil 4.13 Sıkıştırma Oranı (A) - Pişme Oranı (B) Grafiği.....	36
Şekil 4.14 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Süresi (C) Grafiği.....	37
Şekil 4.15 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Sıcaklığı (D) Grafiği.....	38
Şekil 4.16 Pişme Oranı (B) - Cure Süresi (C) Grafiği.....	39
Şekil 4.17 Pişme Oranı (B) - Cure Sıcaklığı (D) Grafiği.....	40
Şekil 4.18 Cure Sıcaklığı (C) - Cure Süresi (D) Etkileşimi.....	41
Şekil 4.19 Radyal Test Sonuçları (Sample 1 Yapıştırılmış, Sample 2 Yapıştırılmamış Modeli Temsil Etmektedir.).....	43
Şekil 4.20 Burulma Test Sonuçları (Sample 1 Yapıştırılmış, Sample 2 Yapıştırılmamış Modeli Temsil Etmektedir.).....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Faktör ve Seviyeler.....	21
Çizelge 3.2 L16 Ortogonal Tablosu.....	21
Çizelge 4.1 Tasarım Döngüsü FEA Sonuçları.....	25
Çizelge 4.2 Yapıştırılan Numune Karşılaştırma Tablosu.....	27
Çizelge 4.3 Yapıştırılmayan Numune Karşılaştırma Tablosu.....	27
Çizelge 4.4 Vulkanizasyon Kontrolü Radyal Test Sonuçları Sayısal Gösterim.....	31
Çizelge 4.5 Sıkıştırma Oranı (A) – Pişme Oranı (B) Etkileşimi.....	36
Çizelge 4.6 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Süresi (C) Etkileşimi.....	37
Çizelge 4.7 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Sıcaklığı (D) Etkileşimi.....	38
Çizelge 4.8 Pişme Oranı (B) - Cure Süresi (C) Etkileşimi.....	39
Çizelge 4.9 Pişme Oranı (B) - Cure Sıcaklığı (D) Etkileşimi.....	40
Çizelge 4.10 Cure Sıcaklığı (C) - Cure Süresi (D) Etkileşimi.....	41
Çizelge 4.11 Karşılaştırma Çizelgesi.....	44

1. GİRİŞ

Günümüz otomotiv sanayisinde, kauçuk içerikli bileşenlerden beklenen konfor şartlarının değişmesi, ömür beklentilerinin artması ve kalite standartlarının yükselmesi nedenleriyle, metal-kauçuk malzeme çiftinin kullanıldığı parçalarda tasarım kısıtlarını azaltmak ve mevcut yapıyı iyileştirmek adına farklı üretim metotlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Otomotiv sanayinde kullanılan, araçların güvenli olarak kullanılabilmesi ve kullanıcıya konfor şartlarının sunulmasında süspansiyon olarak adlandırılan bir alt sistem kullanılmaktadır. Süspansiyon sistemi, araç ve içerisindeki yolcuları değişen yol şartlarına uyumlu olarak seyir etmelerinde en etkin rolü oynar. Süspansiyon sisteminin kullanılmasının temelinde titreşim sönümleme yer alır. Yaylar, hidrolik yapılar, plastik, çelik ve kauçuk malzemelerden üretilmiş çeşitli parçaların birleşimi şeklinde tasarlanmış örnekleri bulunmaktadır.

Kauçuk, titreşim konusunun önemli olduğu uygulamalarda en fazla tercih edilen mühendislik malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Kauçuk, Thomas Hancock tarafından 1819 yılında kaplama fabrikalarında ve eldivenlerde kullanılmaya başlanmıştır. İşlenmemiş kauçuk, elastiklik özelliği zayıf, üzerine uygulanan kuvvetle şekil alan ve kuvvet kaldırıldığında ilk haline dönemeyen bir yapıya sahiptir. 1939 yılında Charles Goodyear, şans eseri kauçuğu sülfür ile pişirmesinin ardından günümüzde kullanılan kauçuk ortaya çıkmıştır. Sülfürle pişirilme işlemine vulkanizasyon denmektedir (Slack 2002).

Kauçuk parçalar, sızdırmazlık elemanı, körük sistemleri gibi uygulamalarda tek başına kullanılabilir. Titreşim sönümleme gibi uygulamalarda ise metal alaşımları, alüminyum ve plastik içeren parçalarla desteklenerek montaja uygunluk ve uzun ömür ihtiyaçlarına cevap verebilir hale getirilirler. Birden fazla mühendislik malzemesi kullanılarak üretilen ve bütünsel olarak tek parça olarak anılan uygulamalarda malzeme çiftini bir arada tutmak için çeşitli fiziksel bağlama yöntemleri kullanılmaktadır. Malzemelerin birbirlerine yapıştırılarak birleştirilmesi bu yöntemlerin başında gelmektedir.

Klasik üretim yöntemi olarak adlandırılabilen yapıştırma uygulamalarında, birleştirilmesi yapılacak olan mühendislik malzemeleri, çeşitli ön işlemlerden sonra

vulkanizasyon presleri kullanılarak birleştirilmektedir. Bu aşamada hem kauçuk malzemeye elastiklik özelliği kazandırılmakta, hem de kullanılan malzemelerin birbirlerine yapıştırılması yapılmaktadır.

Kauçuk malzeme ve diğer mühendislik malzemelerinin yapıştırmasıyla ilgili olarak çeşitli araştırmalar ve sanayide hayata geçirilmiş uygulamalar bulunmaktadır. Uygulama bölgelerine göre farklılık gösteren bu yapıştırma teknikleri ile üretimi yapılacak yapıştırılmalarda, parçaların boyutlarındaki büyümelere karşın, yapıştırma bölgelerinin küçük olması durumlarında, maliyet istenmeyen şekilde artış göstermektedir. Maliyet artışının sebebi vulkanize edilerek yapıştırılacak parçaların boyutlarına bakılmadan vulkanizasyon kalıbının içine yerleştirilmesi gerekmesinden kaynaklanmaktadır.

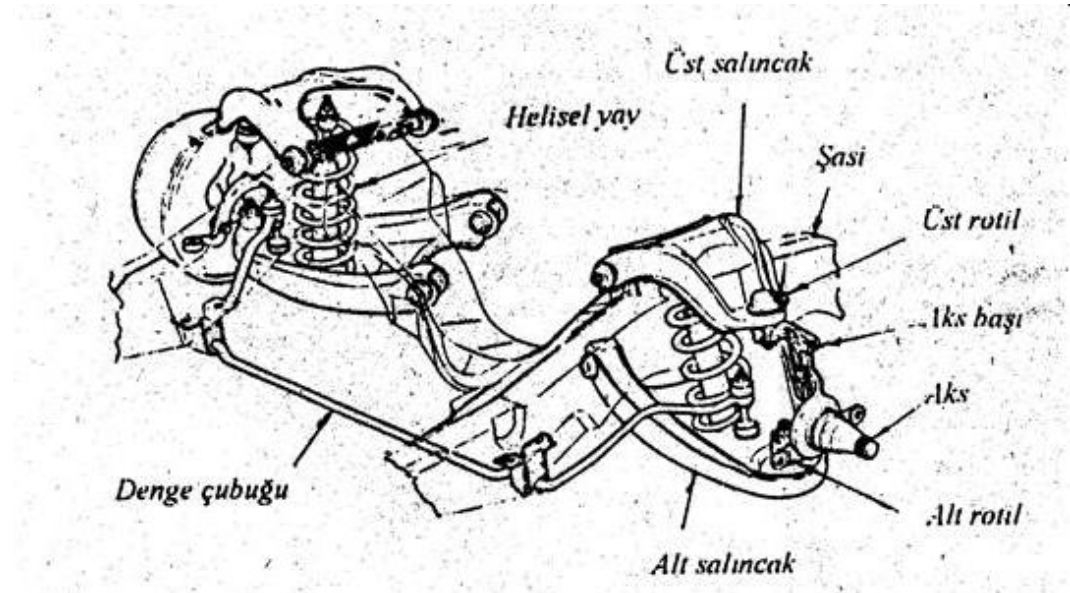
Bu çalışmada metal kauçuk malzeme çiftinin yapıştırılarak birleştirildiği yeni bir yöntem geliştirilmiş ve bu yöntemi etkileyen parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. İncelemenin yapılabilmesi için sanayide uygulaması bulunan ve büyük boyutlu metal parça ve küçük boyutlu kauçuk parça içeren “Araç Viraj Denge Çubukları” pilot uygulama olarak kullanılmıştır. Araç viraj denge çubuklarının araç gövdesine bağlandığı noktalarda kullanılan mevcut kauçuk burçlar, klasik vulkanizasyon ile üretilen ve sonrasında çubuk üzerine çeşitli metal braketler yardımıyla sıkıştırılarak monte edilen titreşim sönümlleme elemanlarıdır. Kauçuk ile metal çubuk arasındaki bağlantı sıkıştırma ile sağlanmaktadır. VDC sisteminin tamamından beklenen, aracın virajlarda kararlı bir sürüş hareketi sağlamasına yardımcı olurken, tekerleklerin yol üzerindeki hareketi sırasında yoldan gelen titreşimlerin gövdeye iletilmesini engellemeye yardımcı olmaktır. Tez kapsamında geliştirilmiş olan sonradan yapıştırma yöntemini kullanılarak üretilen parçalar, en az klasik yöntem kullanılarak üretilen parçalardan elde edilen mekanik özellikleri içermektedir. Ek olarak parça kalitelerinde artış, konfor şartlarında iyileşme, parçanın tasarımı aşamasında ortaya çıkan tasarım kısıtlarında azalma ve maliyet unsurlarında azalma sağlamaktadır. Geliştirilmiş olan üretim yönteminin adı “Sonradan Yapıştırma Yöntemi”dir. Bu yöntemde montaj gövdeleri ve viraj denge çubuğu burcu klasik yöntemde olduğu gibi ayrı ayrı üretilmiştir. Mevcut üretim yönteminden farklı olarak kauçuk parça, vulkanizasyon sırasında tam pişirilmeden vulkanizasyon işlemi sonlandırılmıştır. Tam

pişirilmemiş kauçuk parçanın, viraj denge çubuğu üzerine monte edildiği bölge ile kauçuk parça arasına, yapışma sağlayacak sentetik yapıştırma ajanları uygulanmaktadır. Bu aşamada kauçuk parça, viraj denge çubuğu üzerine monte edilerek montaj gövdeleri ile sabitlenmiştir. Montajı tamamlanan viraj denge çubuğu seti işlem parametreleri belirlenmiş fırınlarda tekrar pişmeye bırakılmıştır. Vulkanizasyonu tamamlanmamış kauçuk parça, bu fırınlama aşamasında pişmesini tamamlarken, aynı zamanda kauçuk ile viraj denge çubuğu arasında kuvvetli bir bağ ile yapışmış olmaktadır. Yapıştırma yönteminde kullanılan üretim parametreleri, kendi aralarında sistemli şekilde değiştirilerek üretim denemeleri yapılmış ve yapışma üzerine olan etkileri gerçek bir otomotiv projesinde incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Araç Süspansiyon Sistemi ve Viraj Denge Çubuğunun Yeri

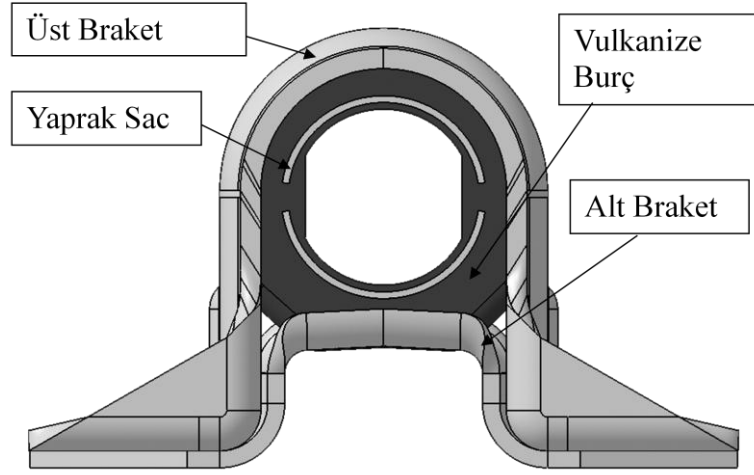
Süspansiyon, yay, damper ve bağlantı elemanları içeren araç gövdesi ile tekerlekleri birbirine bağlayan sistemlere verilen isimdir. Viraj denge çubukları otomobil süspansiyonlarının bir parçasıdır (Şekil 2.1). Sağ ve sol tekerleği birbirine bağlayan bu parça, bir burulma yayı gibi görev yapar. Viraj denge çubukları aracın süspansiyon sisteminin katılığını artırmaya yardımcı olurlar. Virajlarda araç üzerine etkiyen merkez kaç kuvvetini dengeler, tekerleklerin yer ile temasının kesilmesini engeller ve aracın devrilmemesinde etkin rol oynarlar. İlk viraj denge çubuğunun patenti Kanadalı S.L.C Coleman tarafından 22 Nisan 1919 tarihinde alınmıştır (Theriault 2001).



Şekil 2.1 Viraj Denge Çubuğu Sistemi

Süspansiyon sistemlerinin amaçlarından bir tanesi yoldan gelen titreşimlerin araç gövdesine iletilmesini engellemektir. Titreşimin iletimini engellemek için VDÇ'nin araç gövdesine bağlandığı noktalarda titreşim burçları kullanılmaktadır (Şekil 2.2). Titreşimin bulunduğu sistemlerde otomotiv teknolojilerinde en çok faydalanan mühendislik malzemesi kauçuktur. Kauçuğun otomotivde ilk kullanımları Charles E. Sorensen'in 1956 yılında yayınlanan anılarında geçmektedir. 1932 yılında Ford genel merkezine davet edilen Walter Chrysler'den, motordan gelen titreşimlerin engellenmesine yönelik olan çalışması hakkında bilgi istenmiştir. Chrysler, motoru üç

noktadan kauçuk takozlar üzerine oturarak sabitlemiş ve altı silindirli motordan gelen titreşimlerin araç gövdesine iletilmesine büyük ölçüde engel olmuştur (Sonersen ve ark. 1956). Kauçuğun kullanımı metal-metal bağlantı noktalarında titreşim faktörünün devreye girdiği her parçada kullanılmaya başlanmıştır. Viraj denge çubuğunun gövdeye bağlantı noktası da, anlatılan bağlantı tipini içermektedir. Bu sebeple kauçuk burçlar bu bağlantıda kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Viraj Denge Çubuğu Burcu

VDCB genellikle üç ana parçadan oluşurlar; üst braket (Şekil2.2), vulkanize burç (Şekil 2.2) ve alt braket (Şekil 2.2). Bu parçaların alt parçaları da olabilir; örneğin vulkanize kauçuk parçanın katılık değerini artırmak için kullanılan yaprak saçlar vb. (Şekil 2.2). Bazı uygulamalarda alt metal braket yerine plastik bir parça da kullanılabilir.

Kauçuk malzemelerin vulkanizasyonu sırasında üretim parametresi olarak sıcaklık, basınç, vulkanizasyon süresi etkin rol oynamaktadır. Ortaya çıkan kauçuk ürün, elastiklik özelliği sayesinde titreşim sönümleme ihtiyacı duyulan tüm ortamlarda kullanılmaya başlanmıştır. Otomotiv, uzay ve diğer endüstriyel alanlarda kauçuğun kullanımının artmasıyla, metal-kauçuk malzeme çifti ihtiva eden parçaların kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Kauçuk-metal malzeme çiftleri arasında başlarda fiziksel yapıştırma teknikleri uygulanırken sonralarında daha kuvvetli yapışmalara ihtiyacın artmasıyla kimyasal yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Kauçuk-metal

yapışmasının üzerine birçok araştırma yapılmış ve makaleler yayınlanmıştır (Hubbard, J. K. ve Koontz, F. H. 1959, Bork, P.G. ve Roush, C.W. 1964, Buchan 1959, DeCrease 1960, Jazenski ve ark. 1978, Elliot 1979, Alstadt 1955).

Ebonit çubuklar, kauçuk-metal yapıştırılmasında kullanılan ilk yöntemlerdendir (Rubber 1964). Sıcaklıkların yüksek olduğu yerlerde ebonit, yapısını koruyamadığı için bu yöntem zamanla ortadan kalkmıştır. 1904 yılında sülfür ile kimyasal bağ kurabilen metal alaşımlar yapıştırma için kullanılmıştır (Nagakura, M. ve Saitama-ken S. 1986). Pirinç ve sülfürün bağ yapması sayesinde uygulanan yapıştırma yöntemi İngiliz patentiyle Sanderson tarafından bulunmuştur. Yöntemin ebonit çubuklara göre üstünlüğü ısıya dayanıklılığıdır (Daft 1912). İşlem zorluğu ve maliyet sebebiyle bu yöntem de uzun süre uygulama alanı bulamamıştır. 2. Dünya Savaşı sonlarında Almanya'da bulunan izosiyanatın kullanıldığı yapıştırma yöntemi, neme ve buhara karşı hassasiyeti sebebiyle uygulamadan kalkmıştır (Daft 1913, 1914). 1950 yıllarında yapıştırma çalışmaları kendiliğinden yapışma özelliği gösteren bileşenler üzerine yoğunlaşmıştır (Blow 1977). Daha sonra metal ajanları içeren kendiliğinden yapıştırma özelliği gösteren yapıştırıcı türleri kullanılmaya başlanmıştır (Costin ve ark. 1998). Kimya sanayinin gelişmesi ve birçok kimyasalın daha etkin kullanılmaya başlanmasıyla metal ajanların yerini diğer kimyasal ajanlar almaya başlamış ve günümüzde en çok kullanılan yöntem Chemosil, Chemlok, Megum gibi ticari isimlerin örnek gösterilebileceği kimyasal yapıştırma ajanlarının kullanıldığı yapıştırma yöntemleridir. İndüksiyon ile kauçuk-metal malzeme çiftlerinin yapıştırıldığı yöntemler denenmiştir. Fakat yüksek yatırım ihtiyacı ve yüksek işletme maliyetleri sebebiyle sanayide tercih edilen bir uygulama olamamıştır.

Kauçuk-metal malzeme çiftinin vulkanizasyon sonrasında yapıştırılması tekniği kimyasal yapıştırma ajanlarının yaygınlaşmasından sonra denenmeye başlanmıştır. Sonradan yapıştırmak, parça tasarımlarında ve üretim aşamasında kolaylıklar getirmiştir.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

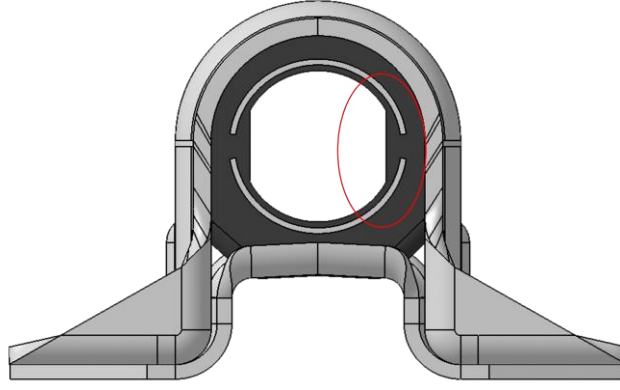
Bu çalışma üç aşamadan oluşmaktadır.

1. Yapıştırmanın getirdiği faydanın ortaya konulması ve numunelerin oluşturulması
2. Yapıştırma parametrelerinin sistematik deneylerle incelenmesi
3. Elde edilen sonuçların, gerçek bir VDC sistemi üzerinde incelenmesi

3.1 Materyal

3.1.1 Viraj Denge Çubuğu Sistemi

Viraj denge çubuğu sistemi, viraja giren aracın dengeli ve güvenli bir şekilde seyir etmesine yardımcı olur. Çubuğun araç gövdesine bağlanması gerektiği için, yoldan gelen titreşimleri araç gövdesine iletilmesi kaçınılmazdır. Bu titreşimlerin engellenmesi için bağlantı noktalarında kauçuk burçlar kullanılmaktadır. VDÇB olarak isimlendirilen bu parçalardan sürüş sırasında çubuğu hareketlerine etki edecek bazı mekanik özelliklere sahip olması istenmektedir. Araçtan beklenen konfor ve sürüş beklentilerinin etkilediği bu mekanik özellikler, radyal katılık (N/mm), eksenel katılık(N/mm), burulma katılığı (Nm/°) olarak tanımlanabilirler. VDÇB'nin mevcut üretim ve montaj tekniklerinin ifade edilen mekanik özellikleri verebilmesi için konfor ve sürüş beklentileri göz önüne alınarak burç tasarımları yapılır. VDC sisteminde mevcut üretim şartlarında, çubuk ile burç birbirine sürtünmeli temas sağlayacak şekilde monte edilirler. Araç ömrü sırasında gerek burcun eskimesi, gerek ise de tekerleklerden gelecek beklenmedik yüksek yüklemeler sebebiyle, burç ile çubuk arasında bağıl bir kayma oluşur. Bu kayma konfor şartlarını ve sürüş özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Bahsedilen kayma hareketlerini engellemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Örneğin burcun, çubuk üzerine daha fazla sıkıştırılarak monte edilmesi bir tasarım tekniğidir. Daha fazla sıkıştırmak burç üzerindeki ön gerilmeleri artıracak için, çalışma sırasında malzemenin fazla ısınmasına sebep olur ve parça ömrünü kısaltıcı etki yapar. Bir diğer teknik ise burç iç geometrisi farklı olarak tasarlamaktır (Şekil 3.1). Söz konusu fazla ön gerilmeler bu teknikte de mevcuttur ve ek olarak çubuk üzerine de mevcut formun verilmesi gerekliliği sebebiyle fazla üretim maliyetleri getirmektedir.



Şekil 3.1 Viraj Denge Çubuğu Burcu İç Geometrisi

3.1.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM)

Karmaşık mühendislik problemlerini çözmede analitik çözümlerde büyük zorluklarla karşılaşmakta, hatta bazı durumlarda çözüme ulaşılması mümkün olmamaktadır. Analitik yöntemler, geometri, yükleme ve sınır koşullarının basit mertebede kaldıkları durumlarda kullanışlı yöntemlerdir.

Bilgisayarın yaygınlaşmasıyla daha da geliştirilen ve birçok mühendislik dalında kullanılabilir hale getirilen FEM, karmaşık mühendislik problemlerinin çözümlerinde, mevcut problemin çözümü için problemi temsil eden sonlu sayıda eleman kullanarak, diferansiyel denklem ve integraller içeren matematiksel modeller oluşturur ve problemin çözülmesine imkân sağlar. Sonlu sayıda basit eleman ile tanımlanan matematiksel model, mühendislik probleminin tümünü temsil ettiği kabul edilir.

1950 yıllarında savaş uçaklarının yüzeylerinde meydana gelen gerilmeleri hesaplamak için geliştirilen FEM, sonuçlarını başarılı ve uygulamasının kolayca yaygınlaştırılabilir olması sebebiyle özellikle tasarım içeren mühendislik uygulamalarının vazgeçilmez unsuru olmuştur.

FEM'nin uygulanabilmesi için geometri, malzeme mekanik bilgileri, yükleme ve sınır şartları gerekmektedir.

Günümüzde tasarım aşamasında kullanılan CAD yazılımları sayesinde görsellik üst seviyelere taşınmıştır. Üretilmek istenen parçaların modelleri CAD yazılımlarında

oluşturulurlar ve FEA kullanılarak parçaların gerçek şartlar altındaki davranışlar incelenirler. Bir optimizasyon döngüsü olarak algılanabilecek yöntemler sonunda, hedeflere cevap verecek modeller sanal olarak oluşturulmuş olurlar.

CAD yazılımlarında modellenen parça geometrileri, FEA yazılımları gibi geometriyi sadece girdi olarak kullanan yazılımlara aktarılırken çoğunlukla igs, stp gibi evrensel dosya biçimlerinde kullanılırlar.

CAD yazılımlarından alınan modeller, matematiksel çözüm modellerin oluşturulabilmesi için FEA yazılımlarında sonlu sayıda basit elemanlara bölünürler. Oluşturulan modelin gerçek koşulları temsil edebilmesi için küçük boyutlu elemanlar kullanmak gereklidir. Fakat eleman boyutları küçüldükçe modelin çözüm süreleri uzayacaktır. Bu sebeple çözüm süreleri ve çözüm sonuçları arasında yapılacak dengeleme ile en verimli çalışma koşulları oluşturulmalıdır. Çoğunlukla FEA yazılımları eleman oluşturma işlemini otomatik olarak yapsalar da, hassas noktalarda kullanıcı müdahalesi gerekmektedir.

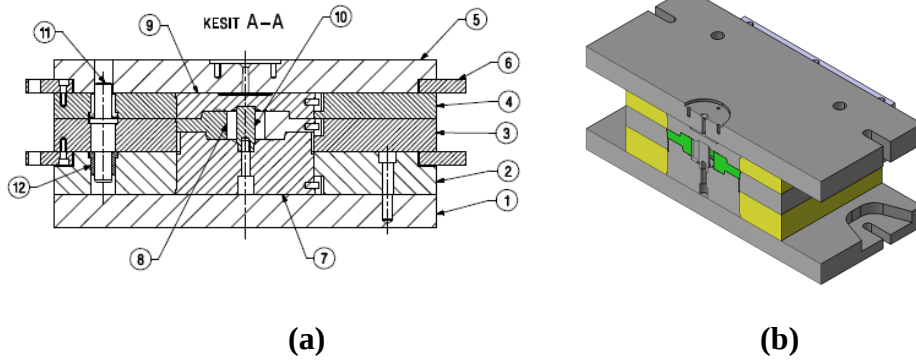
FEA çözümlerinde oluşturulan elemanların davranışları, girdi olarak yazılıma sağlanacak malzeme mekanik bilgileriyle mümkün olacaktır. Mühendisliğin temelinde yatan malzeme verilerinin doğruluğu elde edilecek sonuçların doğruluğuna direk olarak etkileyecektir.

Sanayide yaygın olarak kullanılan ve üretimleri çoğunlukla standartlaştırılmış çelik, alüminyum gibi elastik bölgelerde doğrusal özellik gösteren malzemelerin mekanik özellikleri, tahribatlı ve tahribatsız olarak tanımlanmış test yöntemleriyle kolaylıkla elde edilebilirler. Malzeme testlerinden edinilen elastik ve plastik bölge verileriyle, bu malzemelerin kullanıldığı mühendislik sistemleri, FEA kullanılarak sistematik bir şekilde incelenebilirler. Fakat kauçuk gibi üretim reçeteleri üretici firma özel bilgisi olarak korunan ve malzeme testlerinde doğrusal olmayan karakterdeki malzemelerin mekanik özelliklerinin tayininde farklı yöntemler kullanmak gerekmektedir. Bası, çeki ve kesme yönünde uygulanacak yüklemelerle, farklı tiplerdeki numunelerden toplanacak veriler özel yöntemlerle bir araya getirilir ve FEA’da malzeme bilgisi olarak çözüme girdi yapılabilirler (Kayacı ve ark. 2011).

Sistemlerin FEA kullanılarak tasarlanması sırasında, oluşturulan sonlu elemanlara, gerçek çalışma koşullarını temsil eden yüklemeler yapılır. Parçaların çalışma yerine montajları, çevresindeki diğer parçalar ile temasları ve parça üzerine etki eden yüklemeler olarak tanımlanabilecek çevresel etkiler sayesinde oluşturulan model, gerçekliği temsil eden bir çözüm sunacaktır.

3.1.3 Numunelerin Teknik Resimleri ve Üretimde Kullanılan Kalıplar

Yapıştırılarak ve yapıştırılmadan monte edilecek VDÇB'lerine ait numunelerin üretilmesi için, ilk aşamada ürünlere ait teknik resimlerin oluşturulması gerekmektedir. Parçaların tasarımında montaj yerlerinin sabit tutulması dikkat edilen unsurlardan bir tanesi olup, montaj yuvası çapı Ø40mm olarak tayin edilmiştir. Burçlardan beklenen mekanik özellikler aynı olduğu için parça geometrilerinde farklılıklar bulunmaktadır. Teknik resimlerde bu farklılık görülmektedir (Ek-1 ve Ek-2). Kauçuk malzemelerin üretilmesi için iki adet vulkanizasyon kalıp modeli CAD yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Metal işleme tezgâhlarında işlenen malzemeler birleştirilerek numune kalıpları üretime hazır hale getirilmiştir. Vulkanizasyon kalıbının 3D model görünüşü ve teknik resimlerden örnekler Şekil 3.2'te ve numune kalıbı Şekil 3.3'te verilmiştir.



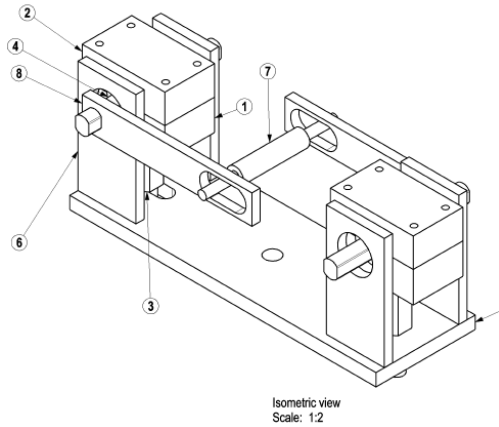
Şekil 3.2 Teknik resimden örnek görüntüler (a) ve Vulkanizasyon kalıbı 3D model görünüşü (b)



Şekil 3.3 Numuneler için Vulkanizasyon Kalıbı

3.1.4 Test Şartnamesi ve Test Aparatları

Numune parçalar üretildikten sonra belirli şartlara göre test edilerek FEA sonuçlarının doğrulanması gerekmektedir. Parçanın çalışma koşullarını temsil eden aparatlar Şekil 3.4'te görülmektedir. FEA'da yük ve sınır şart girdileriyle aynı koşulları taşıyan aparat ve aynı koşulları temsil eden test şartnamesi (EK-3) yardımıyla doğrulama testleri yapılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.4 Test Aparatı 2D Model(a), Üretilmiş Aparat(b)

VDC'yi temsil etmesi için kullanılacak aparatlar olarak, elektrostatik toz boya ile boyanmış Şekil 3.5'de gösterilen metal çubuklar kullanılmıştır. Sonradan yapıştırma yönteminin yapışma değerleri test etmek için de aynı çubuklar kullanılmıştır.



Şekil 3.5 VDC Aparatları

3.1.5 Testlerde Kullanılacak Sıkıştırma Aparatları

Taguchi DoE ile yapılacak testlerde kullanılacak ve parçaları sıkıştırmada kullanılacak aparatlar Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Aparatlar, parçaları %5 ve %10 oranlarında sıkıştırmak üzere sırasıyla Ø39,9mm ve Ø37,8mm iç çaplara sahiptirler.



Şekil 3.6 %5 ve %10 Sıkıştırma Aparatları



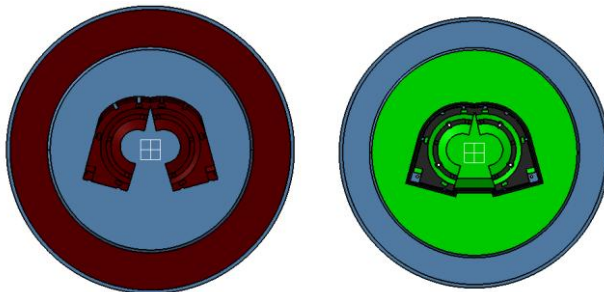
Şekil 3.7 Sıkıştırma Aparatına Montaj

3.1.6 Kauçuk Hammadde

Kauçuk hammadde temin edilen doğal ya da sentetik kauçuk malzemelerin içerisinde küçük kimyasal olarak adlandırılan, vulkanizasyon mekanizmasını devreye sokan ve hammaddeyi çevresel koşullara karşı koruyan ek maddeler konulmaktadır. Son olarak ise karbon siyahı olarak bilinen kauçuk dolgu malzemeleri eklenerek bamburi makinelerinde karıştırılmaktadır. Kapalı karıştırıcı olarak bilinen bamburide, kauçuk reçetesine göre belirlenen karıştırma süresi ve malzemeye verilmesi gereken enerji girdileri kullanılarak kauçuk hamur hazırlanır. Sonrasında malzeme açık karıştırıcılara alınarak homojen yapıya gelinceye kadar karıştırma işlemine devam edilir.

3.1.7 Gerçek Burçların Kalıpları

Analiz çalışmasından sonra tasarımı yapılan gerçek burçlara ait kalıpların üretilmesi işlemleri yapılmıştır. Kalıplara ait görseller Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da verilmiştir.



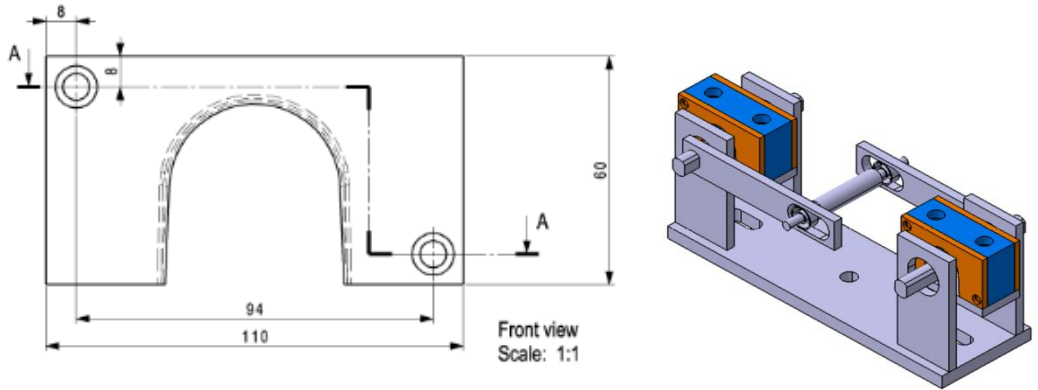
Şekil 3.8 Numune Kalıpları 3D Model Görselleri



Şekil 3.9 Numune Kalıplarının Görseli

3.1.8 Gerçek Burçların Test Şartnamesi ve Test Aparatları

Numune üretimleri yapılan burçların radyal ve burulma katılık testleri için tasarımı yapılan aparatlar Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Test aparatları kullanılarak Ek 4 te verilen şartnameye uygun testler yapılmışlardır.



Şekil 3.10 Aparat 2D ve 3D Model Görseli

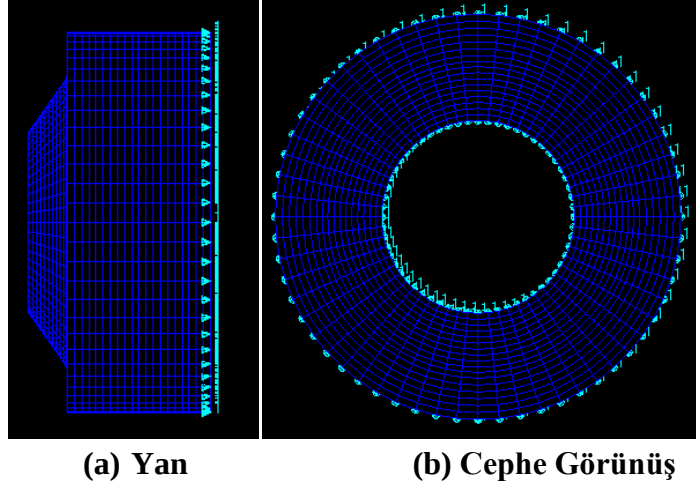


Şekil 3.11 Üretilmiş Aparat Görselleri

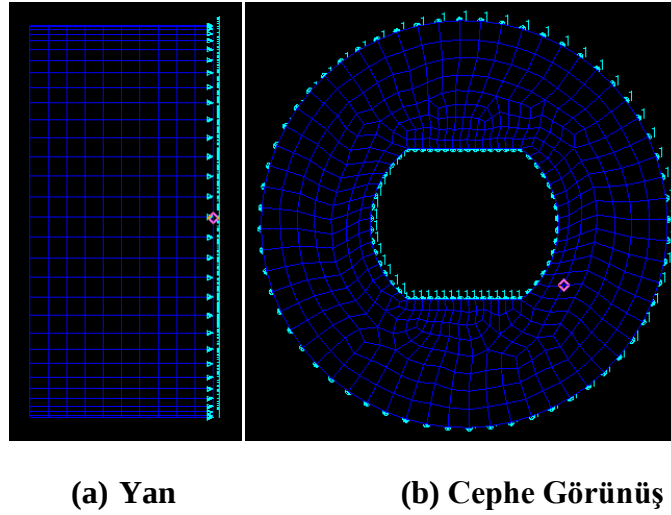
3.2 Yöntem

3.2.1 FEA Çalışması

Tasarım döngüsünde kullanılan FEA modelleri Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te görülmektedir. Parçalar simetrik olduğu için yarı simetrik olarak modellenmiştir.



Şekil 3.12 Yapıştırılan Burç FEA Modeli



Şekil 3.13 Yapıştırılmayan Burç FEA Modeli

Montajı modellemek için burcun dış çapı Ø40mm yuvaya monte edilir gibi düşünülmüştür. Montaj hareketinden sonra burç içindeki çubuk radyal doğrultuda hareket ettirilerek burcun tepkileri tespit edilmiştir.

3.2.2 Sonradan Yapıştırma Yöntemi

Yapıştırmanın gerekliliği ortaya konulduktan sonra, sonradan yapıştırma yönteminin kalitesine etkinin incelenmesi deneylerinde incelenmesi planlanan parametreler belirlenmiştir.

3.2.3 Vulkanizasyonun Tamamlanması

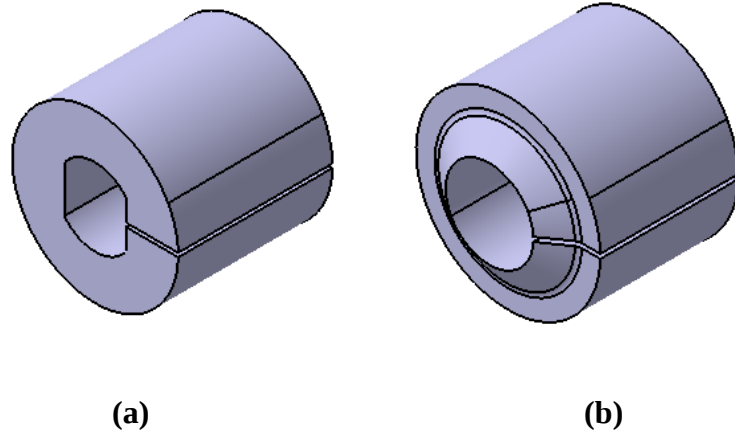
Sonradan yapıştırma yöntemi olarak tanımlanan yapıştırma tekniğinde, VDÇB'leri vulkanizasyon preslerinden, vulkanizasyon tam olarak bitmeden alınmaktadır. Kauçuk malzemenin elastiklik özelliklerini kazanması için vulkanizasyonun tamamlanması gerekmektedir. Bu sebeple VDÇB'lerin vulkanizasyonun tamamlanması için, çubuk üzerine montajı yapıldıktan sonra belirlenen sıcaklık ve sürede toplu olarak fırın (Şekil 3.14) içinde bekletilmektedir. Bekletilme işleminden sonra VDÇB'lerin vulkanizasyonu tamamlanmış olur. Burçların istenilen özelliklere eriştiğini ancak radyal katılık testleri sayesinde ortaya konulabilmektedir.



Şekil 3.14 Sıcaklık ve Süre Kontrollü Fırın

3.2.4 VDÇB Mekanik Özellikleri ve Karşılaştırma Sistemi Oluşturulması

Yapıştırmanın, bahsedilen problemlerin çözümü olduğunu ortaya koymak amacıyla iki adet VDÇB tasarımı yapılmıştır. Bu modellerden bir tanesi pilot uygulama olarak belirlenen VDÇ'ye yapıştırılmadan (sıkıştırılarak monte edilen) kullanılacak olan kauçuk burç, diğeri ise VDÇ üzerine yapıştırılarak monte edilen yapıya sahip bir burç olarak tasarımı tamamlanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Tasarlanan burçlar (a)Yapıştırılmayan, (b)Yapıştırılan

Modellenen burçlar aynı mekanik özellikleri göstermesi, fakat yapışma faktörü göz önünde tutularak farklı geometri ve malzeme tiplerine sahip olmaları istenmiştir. Burçların birbirinin aynı mekanik özelliklere sahip olduğunu göstermek amacıyla, burçların mekanik hedefleri olarak katılık değerleri belirlenmiştir. Burçların tasarım döngüsünde FEM yazılımı olarak **MSC Marc**, CAD yazılımı olarak **CATIA V5 R19** kullanılmıştır. Katılık değeri hedefi olarak piyasada VDÇB'lerin çoğunlukla sahip olduğu değerler incelenmiş ve raydal katılık olarak **1500 N/mm** değeri seçilmiştir. Tasarım döngüsünün sonlandırılması ve geometrilerin kesinleştirilmesinde FEA sonuçlarının hedef değere $\pm\%15$ tolerans içine girmesi hedefi gözlenmiştir.

3.2.5 Yapıştırma İşleminde Yapıştırma Ajanlarının Kullanılması

Yapıştırma için kimyasal yapıştırma ajanlarının kullanıldığı yöntemde, yapıştırma katmanının hazırlanmasında çift kat yapıştırıcı uygulaması kullanılmaktadır. Birinci kat (primer) fenolik tabanlı, ikinci kat (seconder) ise polimer çözeltisi ve diğer katkıları içeren yapıştırıcılardır. Yapıştırmada birinci kat yapıştırıcı, metal ile ikinci katı, ikinci kat yapıştırıcı ise birinci kat ile kauçuk hammaddeyi birbirine yapıştırır.

Yapıştırma ajanının seçilmesi kauçuk türüne, kauçuk sertliğine ve diğer tasarım bileşenlerine bağlıdır. Su bazlı ve solvent bazlı olmak üzere iki tip yapıştırma ajanı grubu bulunmaktadır. Uygulama farklılığı olarak su bazlı yapıştırıcı kullanılacaksa birinci kat yapıştırıcı uygulanmadan önce rijit elemanlar 60°C-80°C arasında bir ön

ısıtmaya tabi tutulmalı ve ikinci kat yapıştırıcı uygulanmadan önce tekrar ısıtılmalıdırlar. Su bazlı yapıştırıcının kuruma süresi çok kısadır ve seri üretim için bir engel teşkil etmemektedir.

Rijit elemanın seçilmesi tasarımcının istediği şartları sağlaması koşuluna bağlıdır. Genellikle çelik alaşımlar kullanılır. Fakat günümüzde parça ağırlıkları az enerji kullanımına imkân sağladığı için önemli bir faktör konumuna geldiğinden, alüminyum alaşımlar ve polyamid gibi malzemeler de kullanılmaya başlanmıştır. Uygun şartların sağlanması koşuluyla her türlü malzeme kauçuk ile yapıştırılabilir.

Kauçuk-metal malzeme çifti içeren parçaların üretiminde sorunlar değerlendirildiğinde yoğunluğun 4 madde etrafında toplandığı görülmektedir.

1. Primer yapıştırıcı-metal arasında olan yapıştırma problemidir. Bunun sebebi, metal yüzeylerinin iyi temizlenmemiş olmasıdır.
2. Yapıştırıcılar arasında olan yapışma problemidir. Sebebi, primer yapıştırıcı tam olarak kurumadan önce sekonder yapıştırıcının uygulanmasıdır.
3. Sekonder ve kauçuk hammadde arasında oluşan yapışma problemidir. Kauçuğun yapıştırma ajanından ayrılması ile parlak ve kauçuksuz yüzeylerin görülmesiyle tanımlanabilir. Sebebi, yanlış yapıştırma ajanı seçimi, ön pişmeye maruz kalmış kauçuk hammadde, düşük kalıplama sıcaklığı ve yapıştırma ajanlarının özelliklerini kaybetmesidir.
4. Kauçuk dayanımının yapışma dayanımından küçük olmasıdır.

Parçaların yapıştırma dayanımlarının ölçülmesinde “ASTM D429-08 Standard Test Methods for Rubber Property—Adhesion to Rigid Substrates” referans olarak kabul görmüştür.

3.2.6 Çözüm ve Sonuçların Değerlendirilmesi

FEA kullanılarak hazırlanan ve en uygun şekilde sonlandırılan tasarım çalışmaları, FEM yöntemleri ile matrisler halinde çözüme ulaştırılırlar. Çözümler neticesinde kullanıcı, modele etki eden dış şartlara karşılık parçanın vereceği tepkileri grafiklere dönüştürerek yorumlarlar.

Tasarım aşaması tamamlanan parçaların örnekleri üretilerek, FEA olarak uygulanan tüm testler gerçek koşullarda tekrarlanır. Test sonuçları ile FEA sonuçlarının karşılaştırılarak doğrulanması, FEA-CAD döngünü kullanarak yapılan tasarım çalışmalarının en can alıcı noktasıdır.

3.2.7 Sonradan Yapıştırma Parametreleri

Kauçuk hammaddesinin elastiklik özelliğini kazanabilmesi için sıcaklık, vulkanizasyon süresi ve basınç temel değişkenlerdir. Sonradan yapıştırma yöntemi olarak geliştirilen yöntemde yer alan vulkanizasyonu sonradan tamamlayarak, yapışmanın vulkanizasyondan sonra yapılması hedeflendiği için vulkanizasyon süresinden türetilen pişme oranı ve cure süresi parametreleri ek olarak araştırma parametrelerine eklenmiştir. Özetle araştırma parametreleri olarak seçilen dört parametre şöyledir;

1. Sıkışma Oranı (Yüzeyler arası normal gerilme/Basınç)
2. Pişme Oranı (Vulkanizasyon Süresi)
3. Cure Süresi
4. Cure Sıcaklığı

3.2.8 Taguchi Deney Tasarımı Metodu (DoE)

Taguchi deney tasarımı günümüzde yaygınlaşmaya başlayan, birden fazla parametrenin sonuca farklı yönde etki ettiği durumlarda, sonuç değerine etki eden kontrol edebileceğimiz parametreleri optimize etmeye yarayan bir yöntemdir. Parametrelerin sonuca etkilerini klasik yöntemlerle incelemeye çalıştığımızda çok sayıda deney yapılması gerekmektedir. Çok sayıda deneyin yapılması maliyetin yanında zamanında israfına sebebiyet vermektedir. Taguchi DoE metodunda bu deney sayıları, parametrelerin arasında çapraz olarak etkileşimler oluşturarak azaltılmış ve sonuca daha verimli şekilde ulaşılması sağlanmıştır. Yapılan çalışmada araştırma parametreleri olarak belirlenen “Sıkıştırma oranı, Pişme Oranı, Cure Süresi, Cure Sıcaklığı” değişkenleri deney metodu kapsamında faktör olarak isimlendirilmiştir. Her faktörün kendi içinde iki seviyesi bulunmaktadır. Deneylerde kullanılan faktör ve seviyeler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Sonuç olarak elde edilecek değer ise “Yapışma Kuvveti” dir.

Çizelge 3.1 Faktör ve Seviyeler

	Parametreler	Seviye 1	Seviye 2
Faktör A	Sıkıştırma Oranı	5%	10%
Faktör B	Pişme Oranı	80%	90%
Faktör C	Cure Süresi	2 saat	3 saat
Faktör D	Cure Sıcaklığı	170°C	180°C
Sonuç	Yapışma Kuvveti		

Taguchi DoE’de dört faktörlü ve iki seviyeli bir deney tasarlamak için L16 ortogonal tablolar kullanılmalıdır. Bu tabloya bağlı olarak 16 adet deneyle parametrelerin etkileşimleri incelenmiştir. Tasarlanan deneyler Şekil 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.2 L16 Ortogonal Tablosu

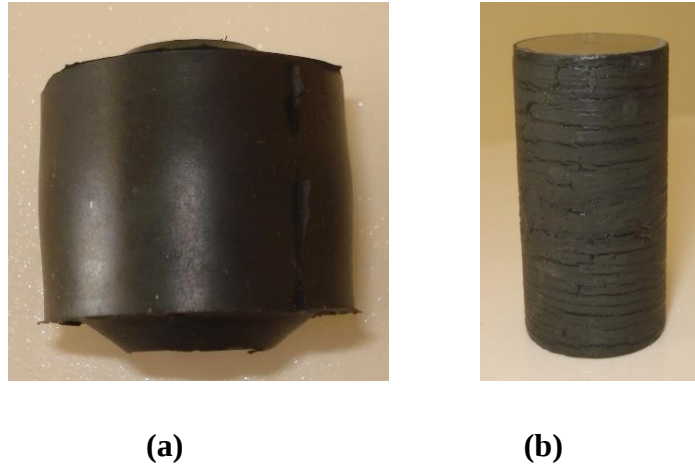
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD
Deney Numarası	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
1	+		+		+		+		+		+		+		+
2	+		+		+		+			+		+		+	
3	+		+			+		+	+		+		+		+
4	+		+			+		+		+		+	+		+
5	+			+	+		+		+	+		+		+	+
6	+			+		+	+		+		+	+		+	
7	+			+		+	+		+		+		+		+
8	+			+		+	+		+		+	+		+	+
9		+	+			+	+		+	+		+	+		+
10		+	+			+	+		+		+	+		+	+
11		+	+		+	+		+	+		+		+	+	
12		+	+		+	+			+	+		+	+		+
13		+		+	+		+		+		+	+		+	+
14		+		+	+			+	+		+		+	+	+
15		+		+	+		+		+	+		+	+		+
16		+		+	+		+		+	+		+	+		+

1	%5 Sıkıştırma %80 pişme 2 Saat süreyle 170°C de	9	%10 Sıkıştırma %80 pişme 3 Saat süreyle 170°C de
2	%5 Sıkıştırma %80 pişme 2 Saat süreyle 170°C de	10	%10 Sıkıştırma %80 pişme 3 Saat süreyle 170°C de
3	%5 Sıkıştırma %80 pişme 2 Saat süreyle 180°C de	11	%10 Sıkıştırma %80 pişme 3 Saat süreyle 180°C de
4	%5 Sıkıştırma %80 pişme 2 Saat süreyle 180°C de	12	%10 Sıkıştırma %80 pişme 3 Saat süreyle 180°C de
5	%5 Sıkıştırma %90 pişme 3 Saat süreyle 170°C de	13	%10 Sıkıştırma %90 pişme 2 Saat süreyle 170°C de
6	%5 Sıkıştırma %90 pişme 3 Saat süreyle 170°C de	14	%10 Sıkıştırma %90 pişme 2 Saat süreyle 170°C de
7	%5 Sıkıştırma %90 pişme 3 Saat süreyle 180°C de	15	%10 Sıkıştırma %90 pişme 2 Saat süreyle 180°C de
8	%5 Sıkıştırma %90 pişme 3 Saat süreyle 180°C de	16	%10 Sıkıştırma %90 pişme 2 Saat süreyle 180°C de

Şekil 3.16 Deney Listesi

3.2.9 Yapışma Testi

Yapışma fiziksel birleştirme işleminin en iyi tespiti yapışma testi ile yapılmaktadır. Yapışma testi EK-3 ile verilen şartnameye göre yapılmıştır. Yapışma sonucunda kopma yüzeylerinin en az %80 nin kauçuk-kauçuk kopması olması beklenmektedir. Test sonucunda kalitenin karşılaştırılması için kopma testinde okunan en yüksek kuvvet değerleri Taguchi metodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapışmanın en az vulkanizasyonda yapılan yapıştırımlar kadar kuvvetli olduğunu göstermek için vulkanizasyon preslerinde yapıştırılmış test numunesi Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Vulkanizasyonda Yapıştırılmış Numune

Yapışma testleri şekil de gösterilen Shimadzu 100kN universal test cihazında yapılmıştır. Test düzeneği Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



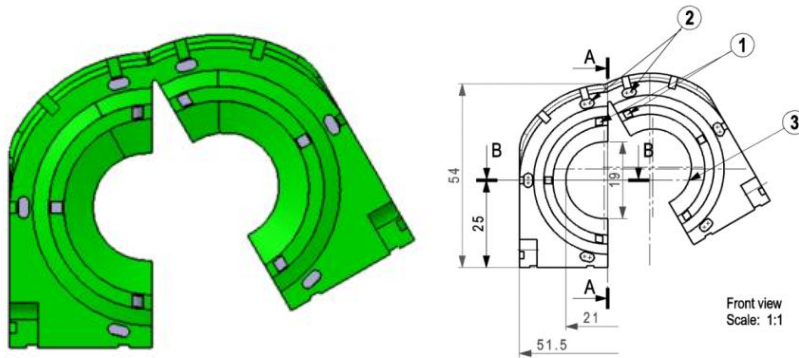
Şekil 3.18 Yapışma Testi Düzeneği

3.2.10 Elde Edilen Yapıştırma Sonuçlarının Gerçek bir VDÇB da Değerlendirilmesi

Yapıştırmanın faydaları ortaya konulduktan ve yapışma parametreleri incelenerek en uygun sonuçları veren parametreler belirlendikten sonra gerçek bir VDÇB’de yapıştırılmış tasarım yapılarak işlemin faydaları daha çarpıcı olarak ortaya konulmuştur.

3.2.11 İki adet gerçek koşullarda VDÇB tasarlanması

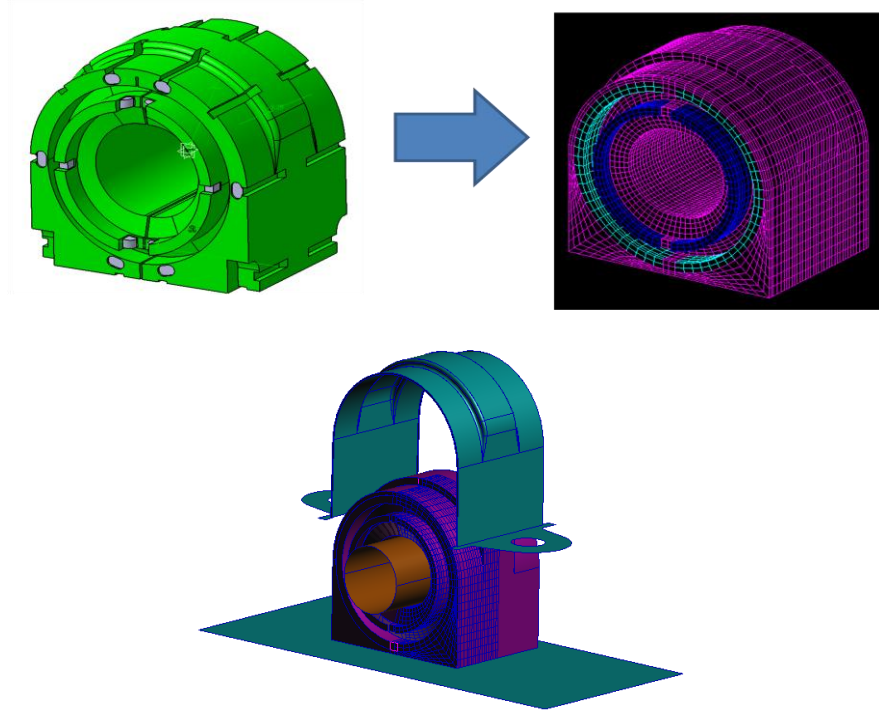
Gerçek bir VDÇ sistemi için iki adet gerçek koşulları temsil eden burç tasarımı yapılmıştır. Testlerin yapılması aşamasında uygulanan karşılaştırma sisteminin aynısı kullanılmıştır. Çubuk üzerine Yapıştırılarak ve Yapıştırılmayan olarak iki adet tasarlanan burçların karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 3.19 Gerçek VDÇB 3D Model ve Teknik Resim

3.2.12 Gerçek Burçların FEA Çalışması

Tasarım döngüsünün tamamlanması aşamasında CAD – FEA döngünü kullanılmıştır. FEA analizlerinde elde edilen radyal ve burulma katılık analizleri sonuçları istenilen tolerans değerleri arasında geldiğinde tasarım sonlandırılmıştır. Modellerin FEA görüntüleri Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 Gerçek VDÇB FEA Modeli Görüntüsü

4 BULGULAR ve TARTIŞMA

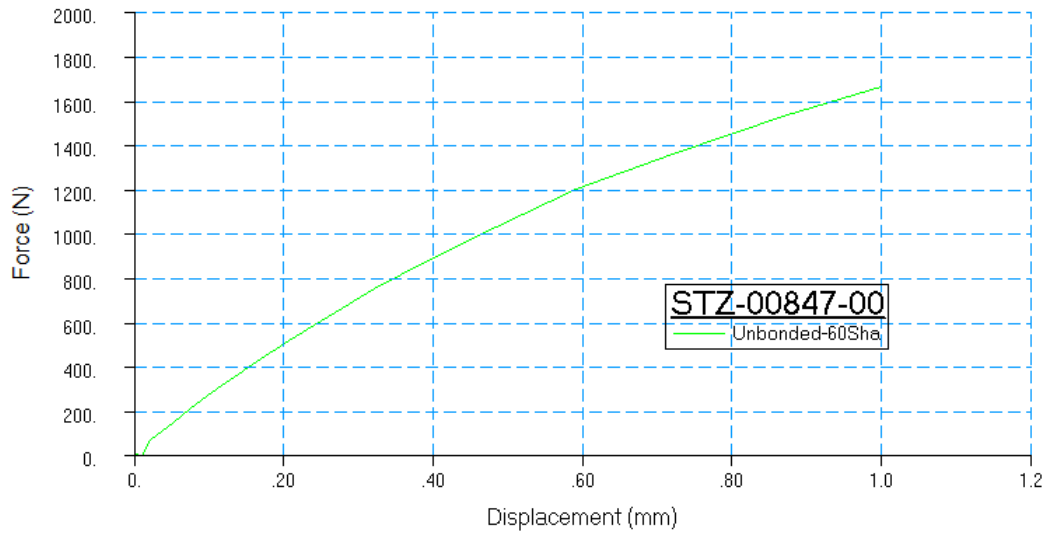
4.1 Sonlu Elemanlar Analizi

Yapışmanın VDÇ sisteminde faydalarını ortaya koymak için izlenen yöntem sonucunda öncelikle FEA ve CAD yazılımı kullanılarak bir tasarım döngüsü oluşturulmuş ve tasarım hedefi olarak belirlenen 1500N/mm radyal katılık değerleri $\pm\%15$ tolerans değerine erişildiğinde iki adet burcun tasarımı tamamlanmıştır. Çizelge 4.1’de FEA sonuçları göstermektedir.

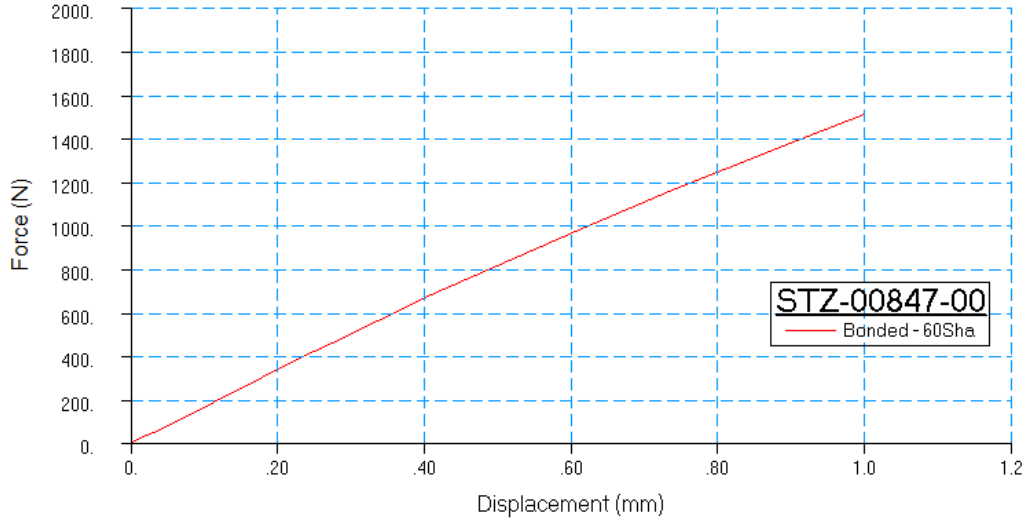
Çizelge 4.1 Tasarım Döngüsü FEA Sonuçları

VDÇB Tipi	FEA Sonucu (N/mm)	Hedeften Sapma (%)	Kauçuk Sertliği (ShA)
Yapıştırılmayan	1603,77	+6,90	60
Yapıştırılan	1498,22	-0,10	55

Her iki tip burcun FEA ile yapılan radyal test modellinden elde edilen sonuçların tolerans içinde olduğu görülmektedir. Sonuçların grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



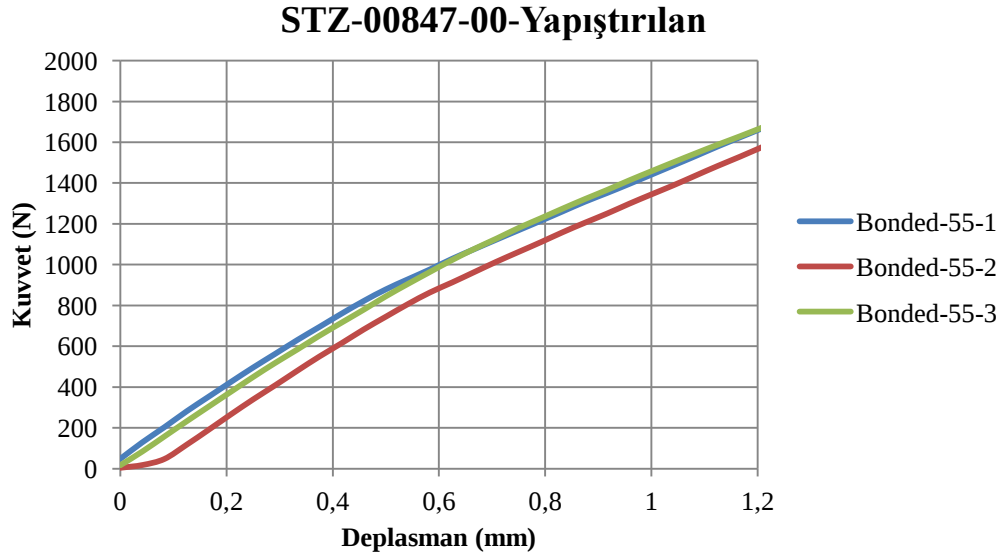
Şekil 4.1 Yapıştırılmayan Burç FEA Sonucu



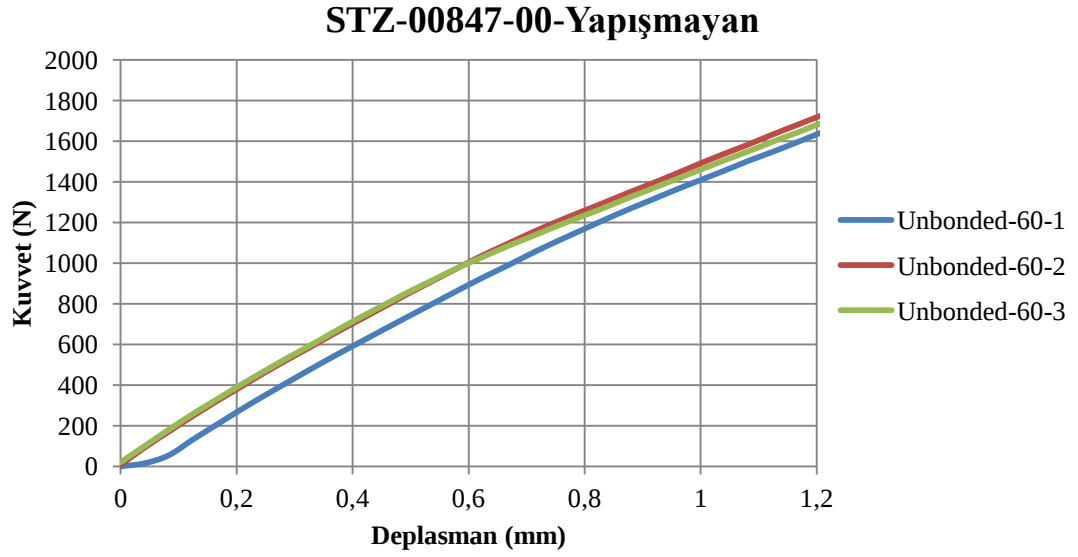
Şekil 4.2 Yapıştırılan Burç FEA Sonucu

4.2 Radyal Testler

Test numunelerinin tasarım döngüsünün tamamlandığını gösteren sonuçlar, üretimi yapılan numunelerin radyal testlerinin yapılarak elde edilen sonuçlardır. Test sonuçları analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında sonuçlar istenilen tolerans içinde kaldığında döngü sonlandırılmış olmuştur.



Şekil 4.3 Yapıştırılan Numune Radyal Test Sonuçları



Şekil 4.4 Yapıştırılmayan Numune Radyal Test Sonuçları

Çizelge 4.2 Yapıştırılan Numune Karşılaştırma Tablosu

Yapıştırılan Numune Test Sonuçları	FEA Sonucu	Hedef Değer	Sapma
1555,54 N/mm	1603,77 N/mm	1500 N/mm	+%6,9
1642,23 N/mm			
1602,77 N/mm			
Ort : 1600,18 N/mm			

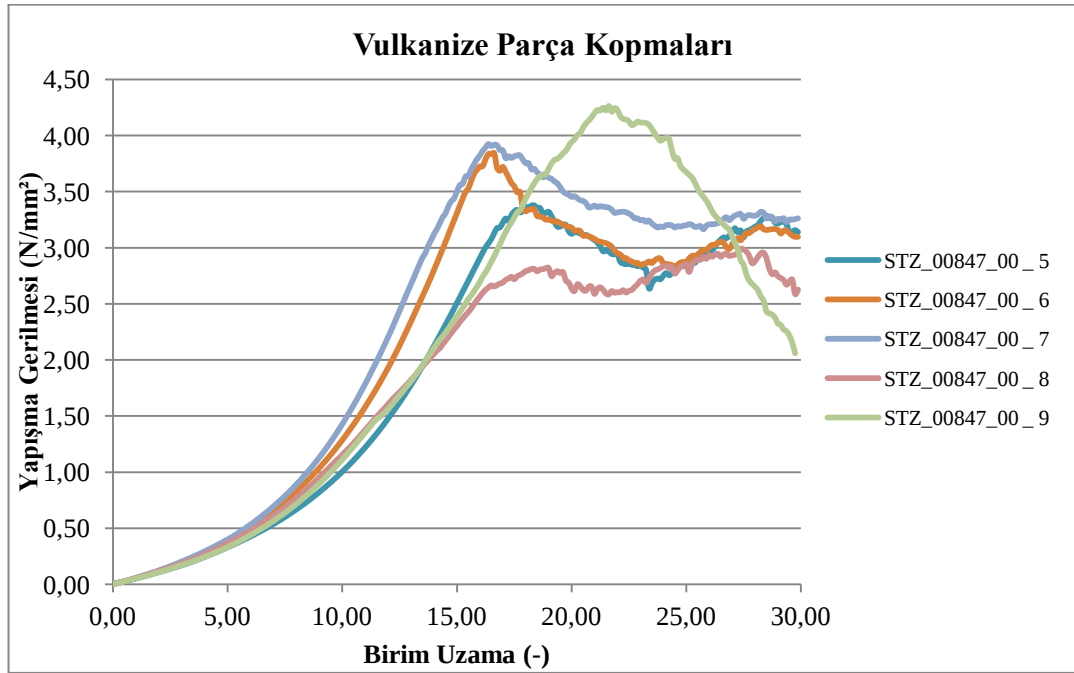
Çizelge 4.3 Yapıştırılmayan Numune Karşılaştırma Tablosu

Yapıştırılmayan Numune Test Sonuçları	FEA Sonucu	Hedef Değer	Sapma
1584,65 N/mm	1498,22 N/mm	1500 N/mm	-%0,12
1590,10 N/mm			
1576,31 N/mm			
Ort: 1583,31 N/mm			

Sonuçlar karşılaştırıldığında test ve FEA sonuçlarının tolerans dâhilinde olduğu ve kendi aralarında da tutarlı olduğu gözlemlenerek tasarım döngüsü sonlandırılmıştır.

4.3 Vulkanizasyon Presinde Yapılan Yapıştırma Sonuçları

Sonradan yapıştırma yöntemi ile yapılacak yapıştırmanın en az vulkanizasyon preslerinde yapılan yapıştırma kadar iyi sonuç verdiğini göstermek amacıyla, preslerde yapıştırılan numunelere yapışma testi uygulanmıştır. Yapışma testi sonuçları Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Bulunan en yüksek kopma kuvveti 10.412N olarak ölçülmüştür. Test sonuçları sonradan yapıştırma yöntemi ile yapıştırılan numuneler ile karşılaştırılarak yapışmanın yeterliliği gösterilmiştir. Şekil 4.6'da yapışma testi sonrası bir numune gösterilmiştir.



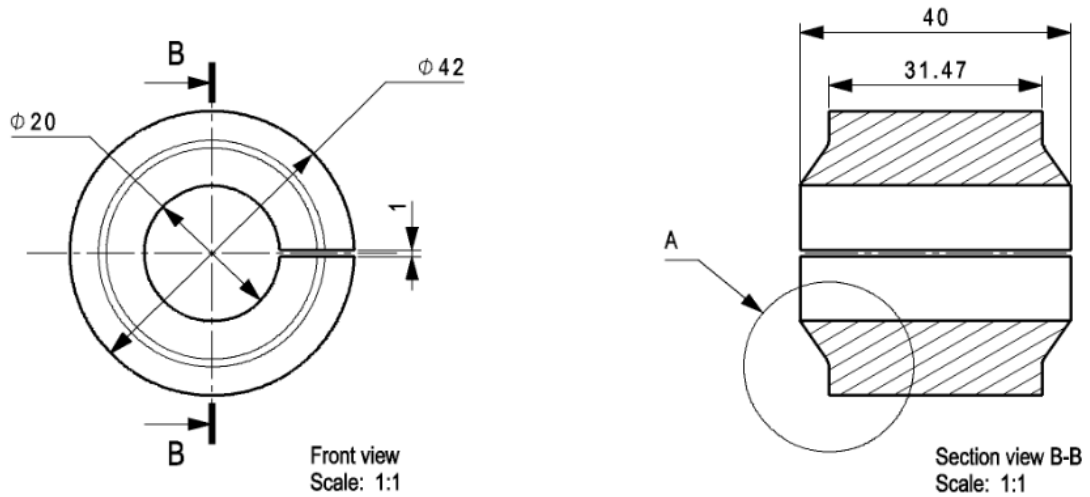
Şekil 4.5 Vulkanize Parça Yapışma Testi Sonuçları



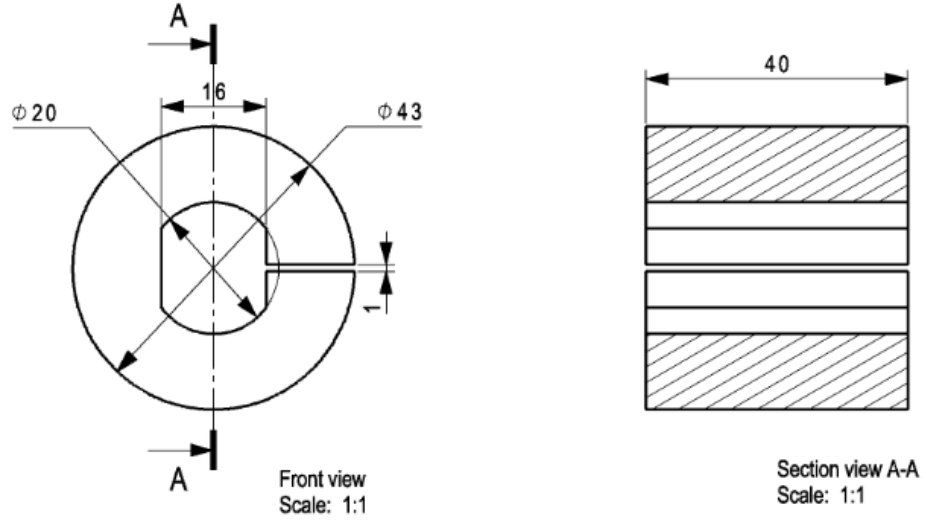
Şekil 4.6 Yapışma Testinden Çıkmış Numune

4.4 Tasarlanan Burçlar Arasındaki Farklılıklar

Her iki burcun monte edileceği yuva çapı **Ø40mm** olarak belirlenmiştir. VDÇ sistemlerinde çubuk ile burcun iç yüzeyleri arasında oluşabilecek kayma, aracın çalışması sırasında rahatsız edici sesler çıkarmasının yanında, kayma sırasında sürtünmeden dolayı oluşacak sıcaklık yükselmesi gibi durumlar kauçuk ömrünü olumsuz etkileyecektir. Bu kayma hareketinin engellenmesi için, montaj sırasında kauçuk malzemeyi daha fazla sıkıştırmak ve bu sıkıştırmanın yanında çoğunlukla burç iç geometrisinde değişiklikler yapmak gerekmektedir. Teknik resimler incelendiğinde ilk fark olarak dış çaplar görülmektedir. **Ø42mm** ve **Ø43mm** olarak tasarlanan dış çap ölçüleri, montaj sırasındaki sıkışmayı göstermektedir. Resim üzerinde geometriler incelendiğinde görülebileceği gibi yapıştırılmadan üretilen burcun (Şekil 4.8) içerisine burulma eksenindeki hareket sırasında burç ile çubuğun arasında kayma neticesinde oluşacak sesleri engellemek amacıyla, bir koza deliği şekli modellenmiştir. Bu koza şekli aynı zamanda çubuk üzerine de işlenmelidir. Bu işlemler hem burç hem de metal çubuk için ek bir maliyet getirmektedir. Yapıştırılarak üretilen numunede (Şekil 4.7) bu ek işleme söz konusu değildir.



Şekil 4.7 Yapıştırılarak Monte Edilen Burç



Şekil 4.8 Yapıştırılmadan Monte Edilen Burç

Yapıştırılmadan üretilen burcun sertliği **60 ShA**, yapıştırılarak üretilen burcun sertliği **55 ShA** olarak ölçülmüştür. Yapıştırılmadan monte edilecek burçta kullanılan hamurun sertliği daha yüksek olduğu için maliyeti de daha yüksektir.

Montaj yeri düşünüldüğünde, yapıştırılmadan üretilen burç daha fazla ön gerilmeye maruz bırakılarak yerine monte edileceği için, montajda kullanılacak sac braketlerin kalınlıkları veya çelik kalitesi de farklı olacaktır. Bu da maliyeti etkileyen bir diğer unsurdur.

Burç ağırlıkları karşılaştırıldığında yapıştırılmadan üretilen burç **55,5 gr**, yapıştırılarak üretilen burç **42 gr** olarak görülmektedir. **%24,32** oranındaki ağırlık farkı maliyet açısından da fark doğurmaktadır.

Yapıştırılarak üretilen burç, vulkanizasyon sonrasında tekrar yüksek sıcaklık altında fırınlanarak bekletileceği için ek bir maliyet ortaya çıkaracağı düşünülebilir. Ancak yapıştırılarak üretilen burcun vulkanizasyon süresi daha kısa olacağı ve aynı anda bir fırında çok sayıda burç fırınlanabileceği için bu maliyet unsuru ortadan kalktığı görülmektedir.

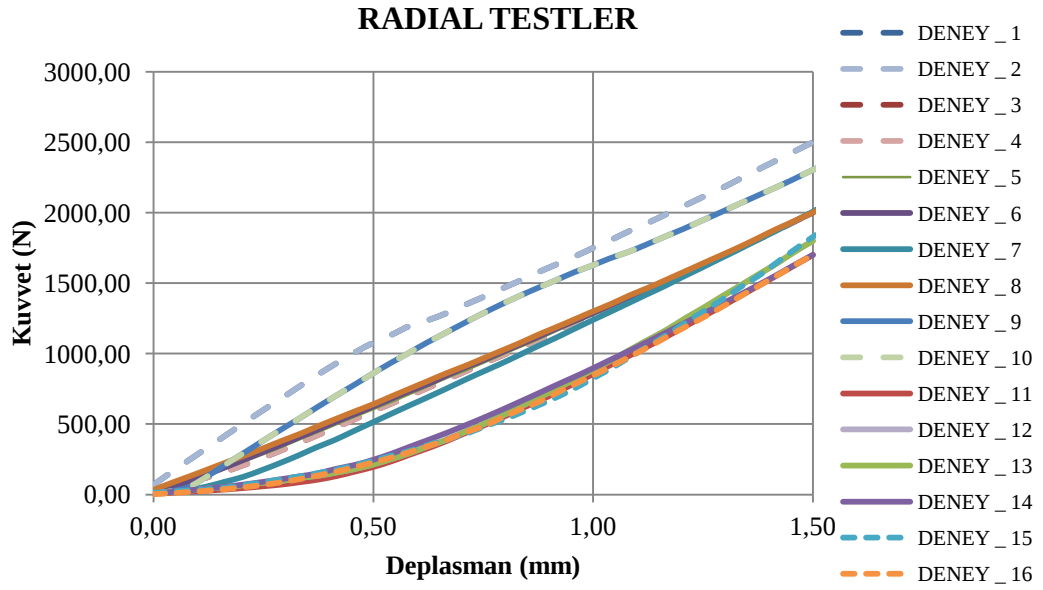
Yapıştırılmadan üretilen burcun tasarımı ve analiz süreleri burç ile metal çubuk arasında meydana gelecek kayma durumunu içerdiği için yaklaşık %25 daha uzun sürmektedir. Bu süre farkı tasarım personel maliyeti ve bilgisayar kaynaklarının maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

4.5 Vulkanizasyonun Tamamlanmasının Kontrolü

Şekil 4.7 de gösterilen VDCB modeli kullanılarak deneylerde kullanılmak üzere, Şekil 3.16 de gösterilen deney koşullarını sağlayan 16 adet burç üretilmiştir. Üretilen burçlar cure fırınlarında bekletilmesi sonucunda deney numuneleri test edilecek hale getirilmiştir. Testlerden önce tespit edilen cure süresi ve cure sıcaklığı parametrelerin vulkanizasyonu tamamlayıp tamamlamadığı radyal testlerle kontrol edilmiştir. Radyal test sonuçları Şekil 4.9 ve Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Test sonuçları istenilen %15 tolerans dâhilinde olduğu için vulkanizasyonun tamamlandığı görülmüştür.

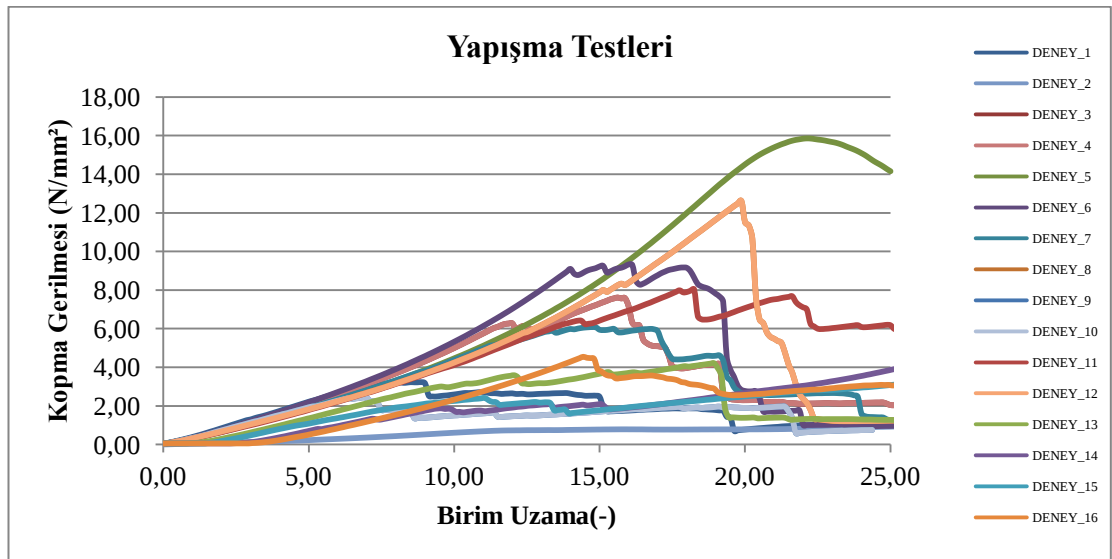
Çizelge 4.4 Vulkanizasyon Kontrolü Radyal Test Sonuçları Sayısal Gösterim

Deney No	Radyal Katılık	Birim		Deney No	Radyal Katılık	Birim
DENEY _ 1	1396,11	N/mm		DENEY _ 9	1308,13	N/mm
DENEY _ 2	1384,48	N/mm		DENEY _ 10	1320,52	N/mm
DENEY _ 3	1381,45	N/mm		DENEY _ 11	1496,35	N/mm
DENEY _ 4	1395,84	N/mm		DENEY _ 12	1501,52	N/mm
DENEY _ 5	1370,22	N/mm		DENEY _ 13	1582,96	N/mm
DENEY _ 6	1337,90	N/mm		DENEY _ 14	1426,18	N/mm
DENEY _ 7	1486,58	N/mm		DENEY _ 15	1384,76	N/mm
DENEY _ 8	1347,85	N/mm		DENEY _ 16	1464,72	N/mm



4.6 Yapışma Testleri ve DoE

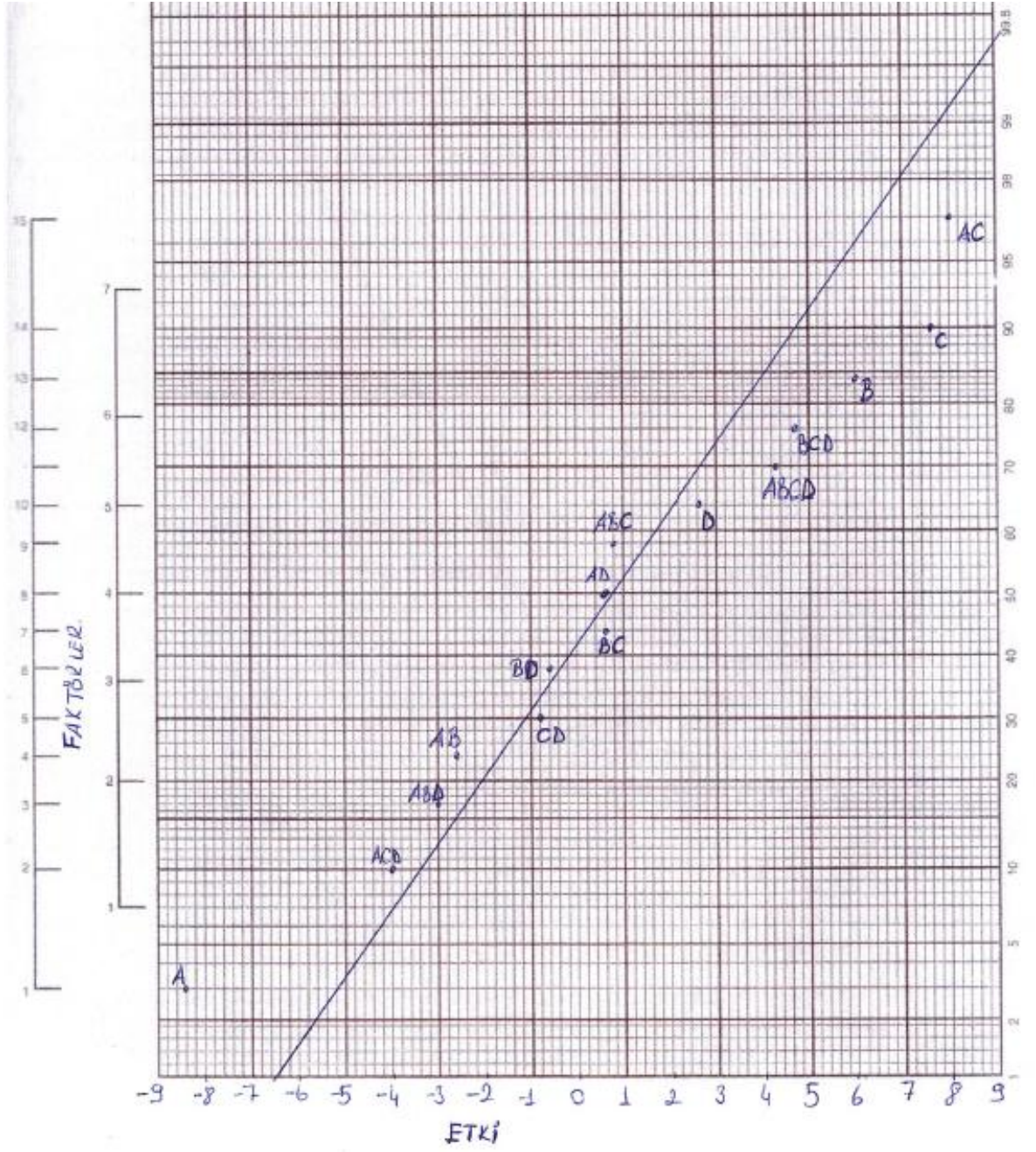
Vulkanizasyonun tamamlandığı ve numunelerin sağlıklı bir şekilde üretildiği ortaya konulduktan sonra yapışma deneyleri yapılmış ve sonuçlar L16 ortogonal tabloya aktarılmıştır.



		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Experiment	Sonuç	A		B		C		D		AB		AC		AD		BC		BD		CD		ABC		ABD		ACD		BCD		ABCD	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	8,00	8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00		8,00	
2	10,00	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		10,00			10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		10,00
3	18,83	18,83		18,83		18,83			18,83	18,83		18,83		18,83		18,83		18,83		18,83		18,83			18,83		18,83		18,83		18,83
4	17,00	17,00		17,00		17,00			17,00	17,00		17,00		17,00		17,00		17,00		17,00		17,00	17,00		17,00		17,00		17,00		17,00
5	39,20	39,20			39,20		39,20	39,20		39,20			39,20		39,20	39,20		39,20			39,20		39,20	39,20		39,20			39,20		39,20
6	23,22	23,22			23,22		23,22	23,22		23,22			23,22		23,22		23,22		23,22	23,22		23,22			23,22		23,22	23,22		23,22	
7	15,05	15,05			15,05		15,05		15,05	15,05		15,05		15,05		15,05		15,05			15,05		15,05		15,05		15,05	15,05		15,05	
8	31,09	31,09			31,09		31,09		31,09	31,09		31,09			31,09		31,09		31,09	31,09		31,09		31,09		31,09			31,09		31,09
9	6,07		6,07	6,07			6,07	6,07			6,07	6,07			6,07	6,07			6,07	6,07			6,07	6,07			6,07	6,07			6,07
10	7,00		7,00	7,00			7,00	7,00			7,00	7,00			7,00	7,00			7,00	7,00			7,00	7,00			7,00	7,00			7,00
11	19,87		19,87	19,87			19,87	19,87			19,87	19,87			19,87	19,87			19,87	19,87			19,87	19,87			19,87	19,87			19,87
12	18,00		18,00	18,00			18,00	18,00			18,00	18,00			18,00	18,00			18,00	18,00			18,00	18,00			18,00	18,00			18,00
13	10,45		10,45		10,45	10,45		10,45			10,45	10,45		10,45		10,45			10,45		10,45	10,45		10,45		10,45		10,45	10,45		10,45
14	13,84		13,84		13,84	13,84		13,84			13,84	13,84		13,84		13,84	13,84		13,84			13,84		13,84		13,84	13,84		13,84		13,84
15	8,85		8,85		8,85	8,85		8,85	8,85			8,85			8,85	8,85			8,85		8,85	8,85			8,85	8,85		8,85		8,85	
16	11,22		11,22		11,22	11,22		11,22	11,22			11,22			11,22		11,22	11,22			11,22		11,22	11,22			11,22		11,22	11,22	
SAYI		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TOPLAM		162,39	95,30	104,77	152,91	98,20	159,49	117,77	139,91	138,36	119,33	97,29	160,40	126,30	131,39	126,31	131,37	131,14	126,54	132,14	125,55	125,44	132,24	141,03	116,66	144,85	112,84	110,03	147,65	111,81	145,88
ORTALAMA		20,30	11,91	13,10	19,11	12,27	19,94	14,72	17,49	17,29	14,92	12,16	20,05	15,79	16,42	15,79	16,42	16,39	15,82	16,52	15,69	15,68	16,53	17,63	14,58	18,11	14,10	13,75	18,46	13,98	18,23
ETKİ		-8,39		6,02		7,66		2,77		-2,38		7,89		0,64		0,63		-0,58		-0,82		0,85		-3,05		-4,00		4,70		4,26	
SIRA		1		13		14		10		4		15		8		7		6		5		9		3		2		12		11	

Şekil 4.11 L16 Ortogonal Tabloda Yapışma Kuvvetleri Gösterimi

Yapışma testlerinin L16 ortogonal tabloya yerleştirilmesinden sonra faktörlerin etkileri hesaplanmıştır. Hesaplanan etkiler küçükten büyüğe doğru olmak üzere 1 den 15 e kadar numaralandırılmış ve Şekil 4.12 de gösterilen NOG a işlenmiştir. Taguchi metodunda faktörlerin etkilerinin değerlendirilmesi için NOG de merkez değerlerden en az üç tanesine yakın geçecek şekilde konumlandırılan ve merkez eğilim çizgisi olarak isimlendirilen bir çizgi oluşturulur. Etkilerin oluşturulan çizgiye normal uzaklıkları en fazla olan faktörler, sonuç değerine en fazla etki eden faktörleri göstermektedir. Fakat bu çalışmada faktörlerin her birinin etkilerini inceleme hedeflendiği için normal uzaklıkları en büyük olanlar değil tüm faktörlerin birbiri arasında etkileşimi incelenmiştir.



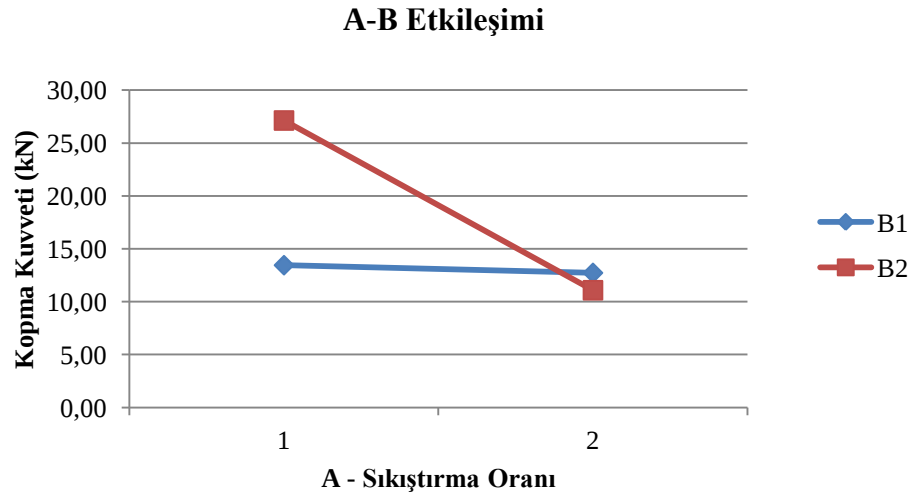
Şekil 4.12 Normal Olasılık Grafiği (NOG)

4.7 Faktörlerin Etkileşimi

Faktörlere ait etkiler L16 ortogonal tablosu vasıtasıyla elde edildikten sonra ana faktörlerin çapraz eşleşmesi çizelgeler haline getirilerek incelenmişlerdir.

Çizelge 4.5 Sıkıştırma Oranı (A) – Pişme Oranı (B) Etkileşimi

		B							
		1				2			
		8,00	10,00	18,83	17,00	39,20	23,22	15,05	31,09
A	1	13,46				27,14			
		6,07	7,00	19,87	18,00	10,45	13,84	8,85	11,22
	2	12,73				11,09			

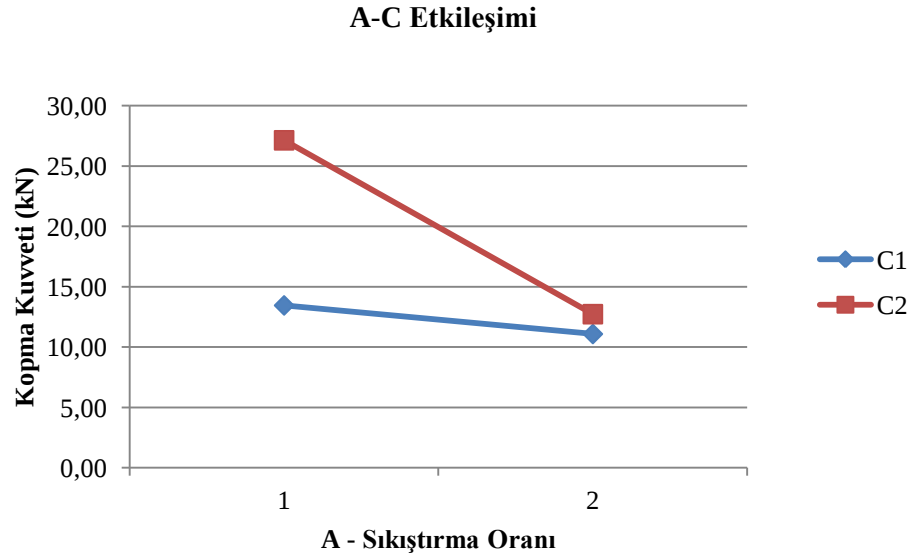


Şekil 4.13 Sıkıştırma Oranı (A) - Pişme Oranı (B) Grafiği

Pişme oranı %90 olarak alınıp, sıkıştırma oranı %5 ten %10 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinde değişim olmadığı söylenebilir. Pişme Oranı %80 olarak alınıp, sıkıştırma oranı %5 ten %10 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetinde kaydadeğer bir düşüş gözlenmektedir. Cure sıcaklığı ve süresi sabit tutulup sadece pişme oranı ve sıkıştırma oranı arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Düşük pişme oranı” ve “Düşük Sıkıştırma Oranı” en iyi sonucu vermektedir.

Çizelge 4.6 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Süresi (C) Etkileşimi

		C							
		1				2			
A	1	8,00	10,00	18,83	17,00	39,20	23,22	15,05	31,09
		13,46				27,14			
	2	10,45	13,84	8,85	11,22	6,07	7,00	19,87	18,00
		11,09				12,73			



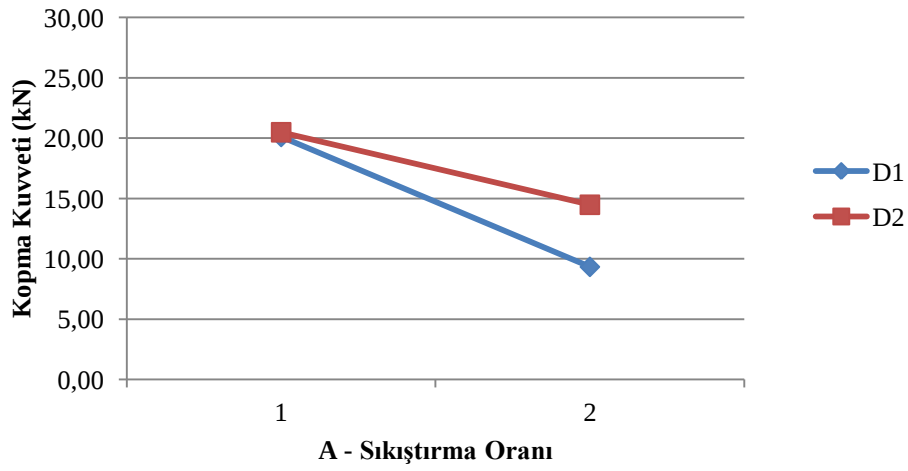
Şekil 4.14 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Süresi (C) Grafiği

Cure süresi 2 saat olarak alınıp, sıkıştırma oranı %5 ten %10 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinde düşük eğimli bir azalma olduğu söylenebilir. Cure süresi 3 saat olarak alınıp, sıkıştırma oranı %5 ten %10 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetinde kaydadeğer bir düşüş gözlenmektedir. Pişme Oranı ve cure sıcaklığı seviyeleri sabit tutulup sadece “Cure süresi” ve “sıkıştırma oranı” arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Yüksek cure süresi” ve “Düşük Sıkıştırma Oranı” en iyi sonucu vermektedir.

Çizelge 4.7 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Sıcaklığı (D) Etkileşimi

		D							
		1				2			
A	1	8,00	10,00	39,20	23,22	18,83	17,00	15,05	31,09
		20,10				20,49			
	2	6,07	7,00	10,45	13,84	19,87	18,00	8,85	11,22
		9,34				14,48			

A-D Etkileşimi



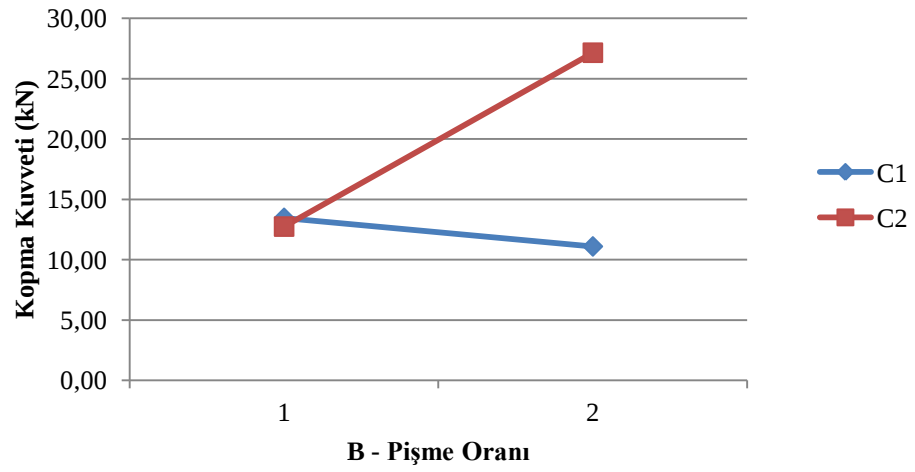
Şekil 4.15 Sıkıştırma Oranı (A) - Cure Sıcaklığı (D) Grafiği

Cure sıcaklığı 170°C ya da 180°C olarak alınıp, sıkıştırma oranı %5 ten %10 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinin her ikisinde de yüksek eğimli bir azalma olduğu söylenebilir. Pişme Oranı ve cure süresi seviyeleri sabit tutulup sadece “Cure sıcaklığı” ve “sıkıştırma oranı” arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Yüksek cure sıcaklığı” ve “Düşük Sıkıştırma Oranı” en iyi sonucu vermektedir.

Çizelge 4.8 Pişme Oranı (B) - Cure Süresi (C) Etkileşimi

		C							
		1				2			
B	1	8,00	10,00	18,83	17,00	6,07	7,00	19,87	18,00
		13,46				12,73			
	2	10,45	13,84	8,85	11,22	39,20	23,22	15,05	31,09
		11,09				27,14			

B - C Etkileşimi



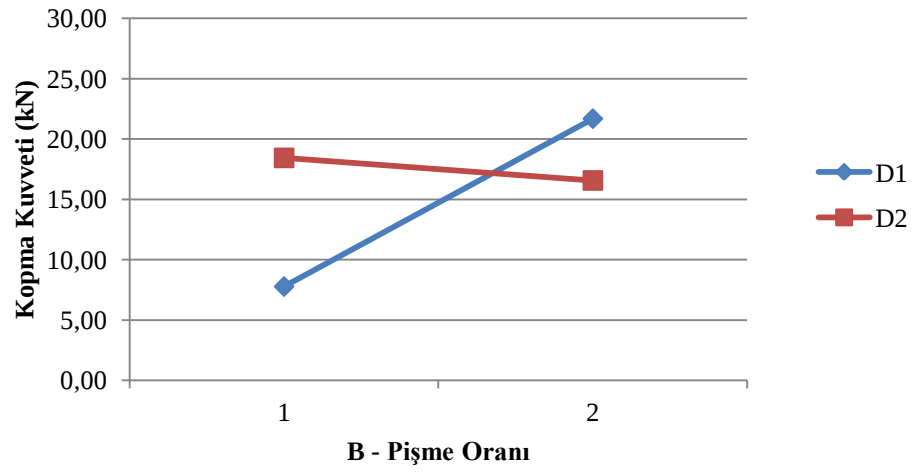
Şekil 4.16 Pişme Oranı (B) - Cure Süresi (C) Grafiği

Cure süresi 2 saat olarak alınıp, pişme oranı %80 den %90 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinde yüksek eğimli bir artma gözlemlenmektedir. Cure Süresi 3 saat olarak alınıp, pişme oranı %80 den %90 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetinde düşüş gözlenmektedir. “Sıkıştırma Oranı” ve “Cure Sıcaklığı” sabit tutulup sadece “Cure süresi” ve “Pişme Oranı” arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Yüksek cure süresi” ve “Yüksek Pişme Oranı” en iyi sonucu vermektedir.

Çizelge 4.9 Pişme Oranı (B) - Cure Sıcaklığı (D) Etkileşimi

		D							
		1				2			
B	1	8,00	10,00	6,07	7,00	18,83	17,00	19,87	18,00
		7,77				18,42			
	2	39,20	23,22	10,45	13,84	15,05	31,09	8,85	11,22
		21,67				16,55			

B - D Etkileşimi



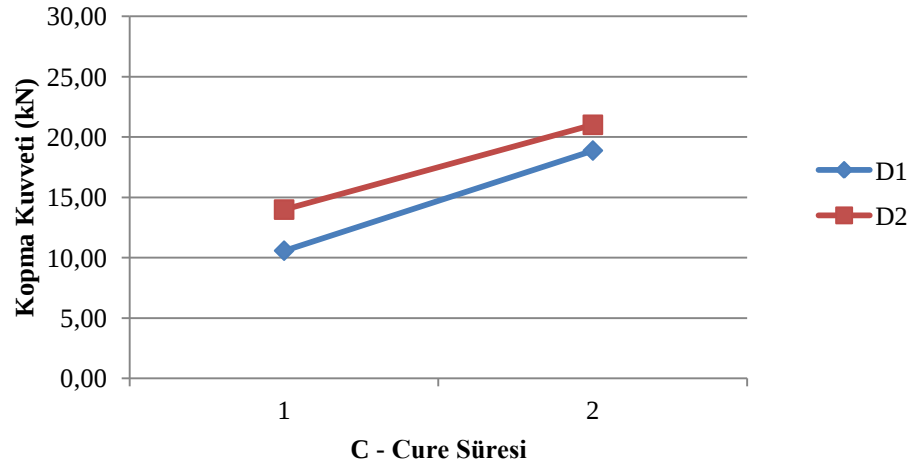
Şekil 4.17 Pişme Oranı (B) - Cure Sıcaklığı (D) Grafiği

Cure sıcaklığı 170°C olarak alınıp, pişme oranı %80 den %90 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinde yüksek eğimli bir artma olduğu söylenebilir. Cure sıcaklığı 180°C olarak alınıp, pişme oranı %80 den %90 a yükseltildiğinde yapışma kuvvetinde düşük eğimli azalma gözlenmektedir. “Sıkıştırma Oranı” ve “Cure Süresi” seviyeleri sabit tutulup sadece “Cure Sıcaklığı” ve “Pişme Oranı” arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Düşük Cure Süresi” ve “Yüksek Pişme Oranı” en iyi sonucu vermektedir.

Çizelge 4.10 Cure Sıcaklığı (C) - Cure Süresi (D) Etkileşimi

		D							
		1				2			
C	1	8,00	10,00	10,45	13,84	18,83	17,00	8,85	11,22
		10,57				13,98			
	2	39,20	23,22	6,07	7,00	15,05	31,09	19,87	18,00
		18,87				21,00			

C - D Etkileşimi



Şekil 4.18 Cure Sıcaklığı (C) - Cure Süresi (D) Etkileşimi

Cure sıcaklığı 170°C ya da 180°C olarak alınıp, Cure süresi 2 saat ten 3 saate yükseltildiğinde yapışma kuvvetlerinin her ikisinde de düşük eğimli bir artma olduğu söylenebilir. Parametreler kendi aralarında paralel bir değişim ortaya koymaktadırlar. “Sıkıştırma Oranı” ve “Pişme Oranı” sabit tutulup sadece “Cure Süresi” ve “Cure Sıcaklığı” arasında optimizasyon yapmak gerekirse “Yüksek Cure Süresi” ve “Yüksek Cure Sıcaklığı” en iyi sonucu vermektedir.

Yapılan 16 adet deney incelendiğinde 8 adet parametre kombinasyonu kullanıldığı görülmektedir. Örnek olarak 1 nolu ve 2 nolu deneylerin parametreleri aynıdır. Olası ölçüm hatalarını ortadan kaldırmak adına, yapılan iki adet aynı parametreye sahip deneyin kopma kuvveti sonuçlarının ortalamasını alınmıştır. Çıkan sonuçlara göre aşağıdaki sıralama elde edilmiştir.

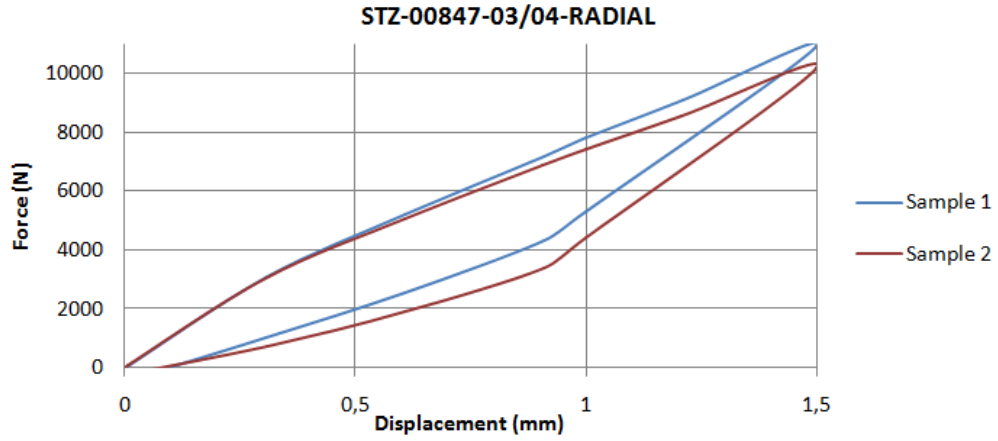
1. A1, B2, C2, D1
2. A1, B2, C2, D2
3. A2, B1, C2, D2
4. A1, B2, C1, D2
5. A2, B2, C1, D1
6. A2, B2, C1, D2
7. A1, B1, C1, D1
8. A2, B1, C2, D1

(Örnek: A1, Sıkıştırma Oranı faktörü 1. Seviye olan %5 sıkıştırmayı temsil etmektedir)

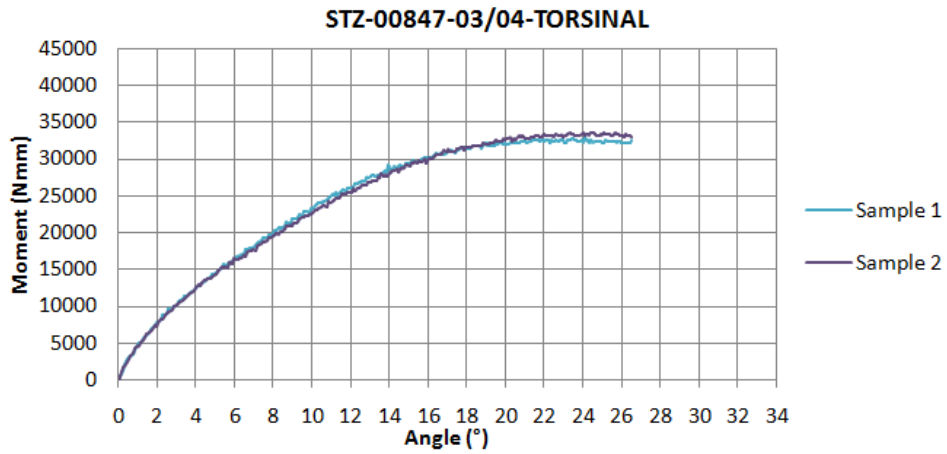
4.8 Radyal ve Burulma Katılık Testleri Sonuçları

Yapışma parametrelerinin değerlendirilmesi tamamlandıktan sonra elde edilen yeni üretim yönteminin kullanıldığı iki adet burç tasarımı yapılarak bu burçların tasarım süreçleri ve fiziksel farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Numune üretimleri yapıldıktan sonra yapıştırılmadan monte edilen ve yapıştırılarak monte edilen burçlarından radyal ve burulma katılık değerlerini tespiti yönelik yapılan test sonuçları Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 de gösterilmiştir. Test sonuçlarının birbirine olan yakın karakteri burçların aynı mekanik özelliklere sahip olduğunu göstergesidir.



Şekil 4.19 Radyal Test Sonuçları (Sample 1 Yapıştırılmış, Sample 2 Yapıştırılmamış Modeli Temsil Etmektedir.)



Şekil 4.20 Burulma Test Sonuçları (Sample 1 Yapıştırılmış, Sample 2 Yapıştırılmamış Modeli Temsil Etmektedir.)

4.9 Burçların Karşılaştırması

Tasarım döngüsü kullanılarak tasarımı tamamlanan ve numune üretimi yapılarak test edilen numunelerin benzer mekanik özelliklere sahip oldukları ortaya konulmuştur. Yapıştırma işleminin getirdiği avantajları gerçek bir VDC sisteminde ortaya konulmak üzere yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Karşılaştırma Çizelgesi

Etki Türü	Yapıştırılmayan Model	Yapıştırılan Model
Parça Ağırlığı	253,28 gr	199,57 gr
Kullanılan Ara Sac Özellikleri	Dış Sac: 2,5 mm ERD 6224 Ara Sac: 2,0 mm ERD 6224	Dış Sac: 2,0 mm ERD 7114 Ara Sac: 1,5 mm ERD 7114
Sacın Farklı Seçilme Sebebi	Sıkışma Fazla olduğu için dayanımı yüksek sac kullanılmıştır.	Sıkışma daha az olduğu için alüminyum kullanılması düşünülebilir.
İç Koza Ölçüleri	19 mmx21 mm koza şeklinde. Sıkışma artırılmış.	21 mmx23 mm koza şeklinde.
Burç Dış Ölçüleri	Tüm dış ölçüler sıkıştırmayı artırma amaçlı 1mm artırılmıştır.	
Sıkışma Etkisi	Kaymayı engelleme amaçlı olarak ön gerilme yüksek tutularak monte edilmiştir. Yüksek sıkışma çalışma sıcaklığını artırarak kauçuk ömrünü kısıltacaktır.	Daha az sıkıştığı için kauçuk malzeme çok daha uzun ömür sergileyecektir.
Tasarım Süreleri	Yapışma olmadığı için analizlerde kayar temas yüzeyleri oluşmuş ve analizler 27 saat fazla sürmüştür.	27 saatlik kısa analiz süresi personel ve bilgisayar kaynağı kullanımının azalmasına işaret etmektedir.

5 SONUÇ

Büyük hacimli ve kauçuk metal malzeme çiftinin bir arada kullanıldığı parçaların üretiminde eğer kalite iyileştirmesi için metal kauçuk arasında bir fiziksel bağlantı gerekiyorsa ve bu bağlantı bölgesi küçük bir bölgede olması isteniyorsa sonradan yapıştırma yöntemi, maliyet, uygulanabilirlik ve kalite açısından avantajlı bir üretim tekniği olarak kullanılabilir.

Sonradan yapıştırma işlemine etki eden dört parametrenin kendi aralarında yapışma üzerine etkileri incelendiğinde en etkin parametre olarak Sıkıştırma Oranı (A) faktörü görülmektedir. Fakat yapışma kuvvetine etki eden en etkin faktör değil de dört adet parametrenin optimize edilmiş bileşeni değerlendirilirse düşük sıkıştırma oranı (A %5), yüksek pişme oranı (B %90), yüksek cure süresi (C 3 saat) ve düşük cure sıcaklığı (D 170°C) parametre bileşimi en iyi yapışma sonucunu temsil etmektedir.

Sonradan yapıştırma yöntemi, uygulamanın incelendiği VDC sistemlerinde parça kalitesini artırırken parça ömrüne de olumlu etki ettiği çıkarımı yapılabilir.

Sonradan yapıştırma yöntemi VDC sistemlerinde üretim maliyet ve sürelerini düşürücü yönde etki yaparken parça kalitesinde yükselme sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Alstadt, D.M. 1955. *Rubber World*, Vol.133, Issue 2, s.221.

Blow, C.M. 1977. *Rubber Technology and Manufacture*. Newnes-Butterworth, London, 549s.

Bork, P.G. ve Roush, C.W. 1964. *Vulcanization of Elastomers*. Reinhold publishing Corp., Editörler: Alliger, G. ve Sjothun, I.J., New York, 366s.

Buchan, S. 1959. *Rubber to Metal Bonding*. Crosby Lockwood & Son, Newyork, 300s.

Costin, R. ve Nagel, W. 1998. Techniques for bonding rubber to metal using metallic coagents. *Rubber World*, Vol.219, Issue 2, s.18.

Daft, L. 1912. *Electro-Chemical Rubber&Manufacturing Comp.* 1036476 US Patent, 1912.

Daft, L. 1913. *Electro-Chemical Rubber&Manufacturing Comp.* 1057334 US Patent, 1913.

Daft, L. 1914. *Electro-Chemical Rubber&Manufacturing Comp.* 1120795 US Patent, 1914.

DeCrease, W.M. 1960., *Rubber Age*, Vol. 1013, s.80

Elliot, D.J. 1979. *Development in Rubber Technology-1*.Applied Science Publishers, Editörler: Whelan, A. Ve Lee, K.S., London, s.1-44

Hubbard, J. K. ve Koontz, F. H. 1959. 2905585 US Patent, 1959.

Jazenski, P.J. ve Manino, L.G. 1978. *Lord Corporation*. 4119587 US Patent, 1978.

Kayacı, S., Cevher, M., Eşiyok, Y.E. 2011. *Experimental investigation on the dynamic modulus change of Natural Rubber under principal loading modes and different dynamic conditions*. MSC User Conference, 2011. İstanbul

Nagakura, M. ve Saitama-ken S. 1986. *Kowa Comp. Ltd.*170361 European Patent, 1986.

Slack, Charles. 2002. *Noble Obsession: Charles Goodyear, Thomas Hancock and the Race to Unlock the Greatest Industrial Secret of the Nineteenth Century*. Hyperion, Michigan Üniversitesi, 274s.

Sorensen, Charles E. ve Williamson, Samuel T. 1956. *My Forty Years with Ford*. Wayne State University Press, New York, 345s.

Theriault, Mario. 2001. *Great Maritime Inventions 1833-1950*. Goose Lane Editions, 94s.

EK-1 Yapıştırılan VDÇB

#	Quantity	Component number	Component name	Material	Specifications	Weight	Production	Revision level	Description	Date	Sign
10	Adit	Parça numarası	Parça adı	Malzeme	Sarımsı	Ağırlık (g)	Üretim	Revizyon seviyesi	Açıklama	Tarih	İmza
1	1	STZ-00847-01	STZ-00847-01	NIR-55	*	*	*	1	LK OLUSTURMA	12.10.2011	A.K.S.
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
References / Referanslar											

Front view
Scale: 1:1

Section view B-B
Scale: 1:1

Isometric view
Scale: 1:1

Detail A
Scale: 2:1

00847-STZ-2011-1 NOLU SANTEZ PROJESİ İÇİN HAZIRLANMIŞTIR.

RUHREM LARSEN LTD. BELİNGAT ÇILIP KİŞİLERİNE YATIRILAN KÖPÜK DOKÜMANI İÇİN HAZIRLANMIŞTIR.		LARSEN LTD. KAUÇUK YERDEKİ PARÇA SANATİ İN HAZİRE LTD.	
THIS DRAWING IS AN INTELLECTUAL PROPERTY OF LARSEN. KAUÇUK YERDEKİ PARÇA SANATİ İN HAZİRE LTD.		LARSEN LTD. KAUÇUK YERDEKİ PARÇA SANATİ İN HAZİRE LTD.	
KAUÇUK YERDEKİ PARÇA SANATİ İN HAZİRE LTD.		KAUÇUK YERDEKİ PARÇA SANATİ İN HAZİRE LTD.	
RUBBER COMPONENTS & DEVELOPMENT LTD. CO.		RUBBER COMPONENTS & DEVELOPMENT LTD. CO.	
Metal Component Metal Component		Rubber Component Rubber Component	
Part number / Parça numarası		Part number / Parça numarası	
STZ-00847-01		STZ-00847-01	
Part description / Parça açıklaması		Part description / Parça açıklaması	
STZ-00847-01 YAPISIK		STZ-00847-01 YAPISIK	

00847.STZ.2011-1 NOLU SANTEZ PROJESİ'İN HAZIRLANMIŞTIR.

EK-3 Numune Test Şartnamesi

MÜŞTERİ : SANTEZ

PROJE : STZ-00847-2011-1

MÜŞTERİ NO :

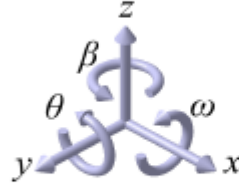
LASPAR NO :

OTOMOTIV ☒ EMNİYET PARÇASI
DİĞER ☐ ☐

ŞARTNAME NO : 1

TARİH : 20.12.2011

REVİZYON : 0



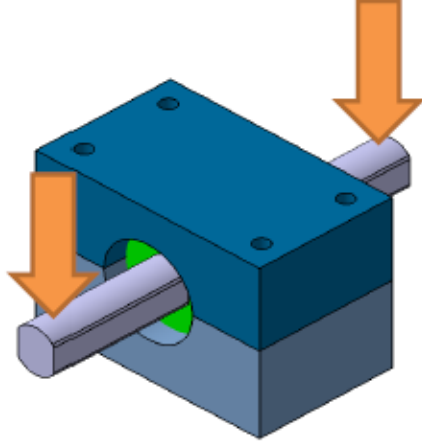
ÖN GÖRÜŞ								
STATİK TESTLER	DİNAMİK TESTLER	AKMA TESTİ	YORULMA TESTİ	DAYANIM TESTİ	ŞOK TESTİ	YAPIŞMA TESTİ	ÇEKME TESTİ	BASMA TESTİ
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
KESME TESTİ	TUZ TESTİ							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

İÇERİK		
BÖLÜM NO	AÇIKLAMA	SAYFA NO
BÖLÜM 1	TEST RESMİ VE TEST YÖNLERİ	2
BÖLÜM 2	STATİK TESTLER	3
BÖLÜM 3	YAPIŞMA TESTİ	4
BÖLÜM 4		
BÖLÜM 5		
BÖLÜM 6		
BÖLÜM 7		

REVİZYON VE ONAY					
NO	AÇIKLAMA	TARİH	HAZIRLAYAN	KONTROL	ONAY
0	İLK OLUŞTULMA	20.12.2011	ALİ KAMİL SERBEST	PROF. DR. ALİ BAYRAM	PROF.DR. ALİ BAYRAM

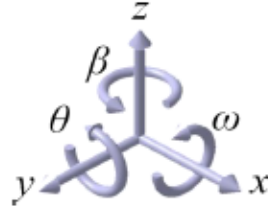
BÖLÜM 1

TEST RESMİ VE TEST YÖNLERİ



Radial Basma Testi

-Z Doğrultusunda Basma Testi uygulanacak



EK-3 Devamı

MAKİNE İSMİ	: SHIMADZU 10 kN - MTS 831-10
APARAT NO	: APSTZ-00847-00

Genel Bilgiler	Test Kaynağı:												
	Test Tipi	Basma		Çekme		Kesme		Burulma		Dönme		Diğer	
	Test Yönü	X		Y		Z		ω		θ		β	
	Ön Yük	X		Y		Z		ω		θ		β	
		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
	Sıcaklık	25											
Kondisyonlama	Nem	43											
		%											
	Çevrim Sayısı	3											
	Çevrim Hızı	X		Y		Z		ω		θ		β	
		N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk
	Maksimum Yük / Deplasman	X		Y		Z		ω		θ		β	
Test		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
	Bekleme	0											
		saniye											
	Çevrim Hızı	X		Y		Z		ω		θ		β	
		N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk
	Maksimum Yük / Deplasman	X		Y		Z		ω		θ		β	
		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
	Hesaplama Aralığı	X (N)		Y (N)		Z (N)		ω (Nmm)		θ (Nmm)		β (Nmm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
		X (mm)		Y (mm)		Z (mm)		ω (°)		θ (°)		β (°)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
İstenilen	İstenilen Yay Sabitleri	Çizgisel Yay Sabiti (N/mm)						Açısal Yay Sabiti (Nmm/°)					
		KX		KY		KZ		Kω		Kθ		Kβ	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	İstenilen Deplasman	Referans Yük: (N)						Referans Moment: (Nmm)					
		DX (mm)		DY (mm)		DZ (mm)		Aω (°)		Aθ (°)		Aβ (°)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	İstenilen Yük	Referans Çizgisel Deplasman: (mm)						Referans Açısal Deplasman: (°)					
		FX (N)		FY (N)		FZ (N)		Mω (Nmm)		Mθ (Nmm)		Mβ (Nmm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	Genel Açıklamalar:												

EK-3 Devamı

BÖLÜM 3
YAPIŞMA TESTİ

Genel Bilgiler	Test Kaynağı:									
	Test Tipi	Basma	Çekme	Kesme	Burulma	Dönme	Diğer			
	Test Yönü	X	Y	Z	ω	θ	β			
	Sıcaklık	25 °								
	Nem	43 %								
Test	Yön	Kontrol Modu	☒ Kuvvet		☐ Deplasman					
	X	Kontrol Değeri								
		Hız								
		Süre								
	Y	Kontrol Değeri								
		Hız								
		Süre								
	Z	Kontrol Değeri								
		Hız	20N/min							
		Süre								
	ω	Kontrol Değeri								
		Hız								
		Süre								
	θ	Kontrol Değeri								
		Hız								
		Süre								
	β	Kontrol Değeri								
		Hız								
		Süre								
	İstenler	<table border="1"> <tr> <td>Minimum Ayrılma Kuvveti (N)</td> <td>Kauçuk-Kauçuk Ayrılma Oranı (%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>80</td> </tr> </table>						Minimum Ayrılma Kuvveti (N)	Kauçuk-Kauçuk Ayrılma Oranı (%)	
Minimum Ayrılma Kuvveti (N)		Kauçuk-Kauçuk Ayrılma Oranı (%)								
		80								
Genel Açıklamalar:										

EK-4 Gerçek VDÇB Numune Test Şartnamesi



TEST ŞARTNAMESİ

MÜŞTERİ : SANTEZ

ŞARTNAME NO : 2

PROJE : STZ-00847-2011-1

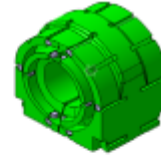
TARİH : 08.07.2012

MÜŞTERİ NO :

REVİZYON : 0

LASPAR NO :

OTOMOTİV ☐ EMNİYET PARÇASI
DİĞER ☐



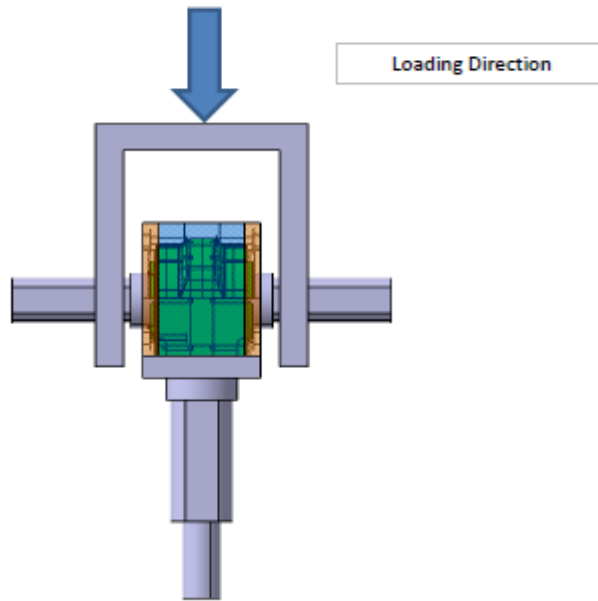
ÖN GÖRÜŞ								
STATİK TESTLER	DİNAMİK TESTLER	AKMA TESTİ	YORULMA TESTİ	DAYANIM TESTİ	ŞOK TESTİ	YAPIŞMA TESTİ	ÇEKME TESTİ	BASMA TESTİ
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
KESME TESTİ	TUZ TESTİ							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

İÇERİK		
BÖLÜM NO	AÇIKLAMA	SAYFA NO
BÖLÜM 1	TEST RESMİ VE TEST YÖNLERİ	2
BÖLÜM 2	STATİK TESTLER	3
BÖLÜM 3	YAPIŞMA TESTİ	4
BÖLÜM 4		
BÖLÜM 5		
BÖLÜM 6		
BÖLÜM 7		

SECTION 1

TEST DRAWING AND TEST DIRECTIONS

TEST 1 - RADIAL (X Direction)



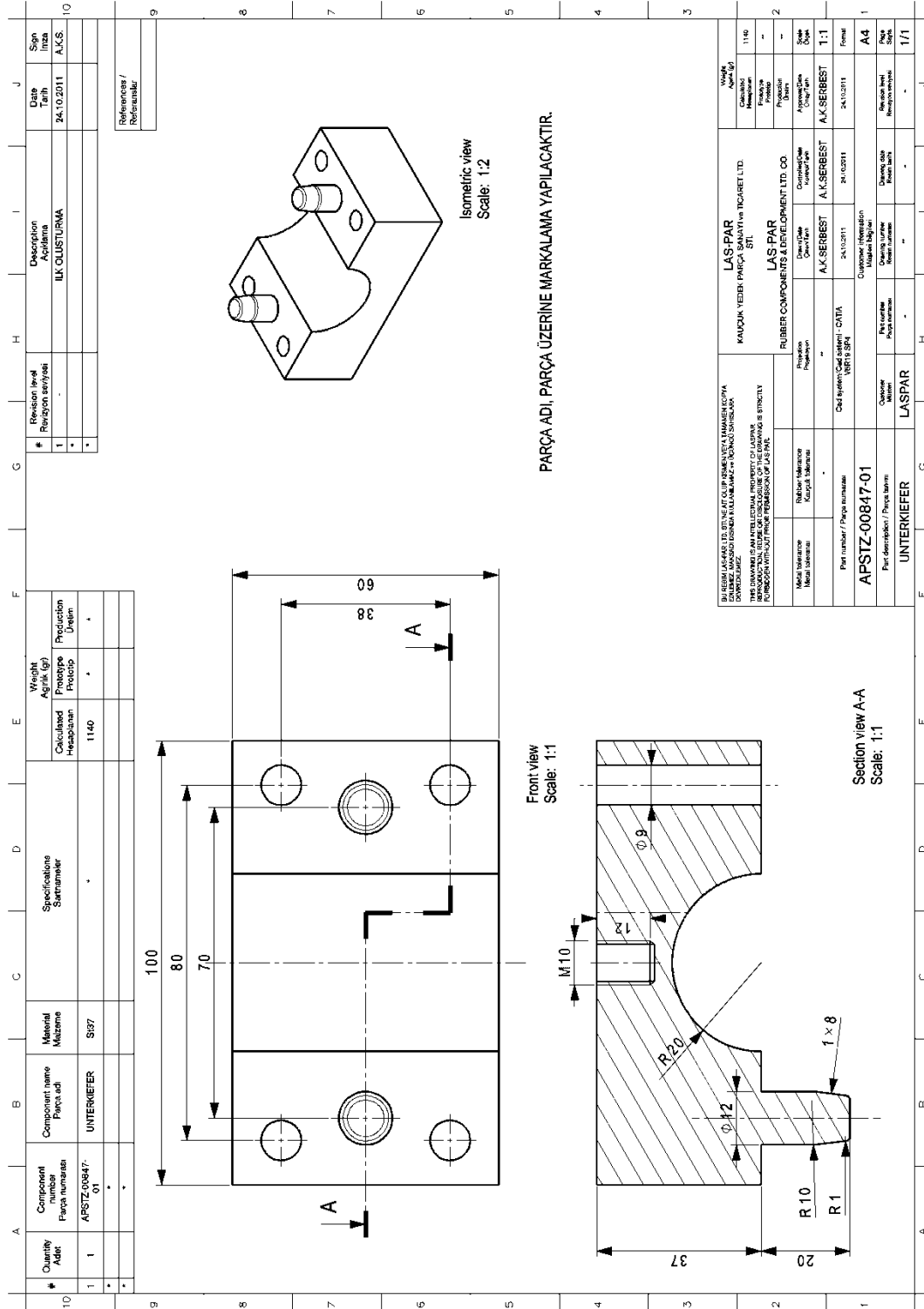
SECTION 2

STATIC TESTS

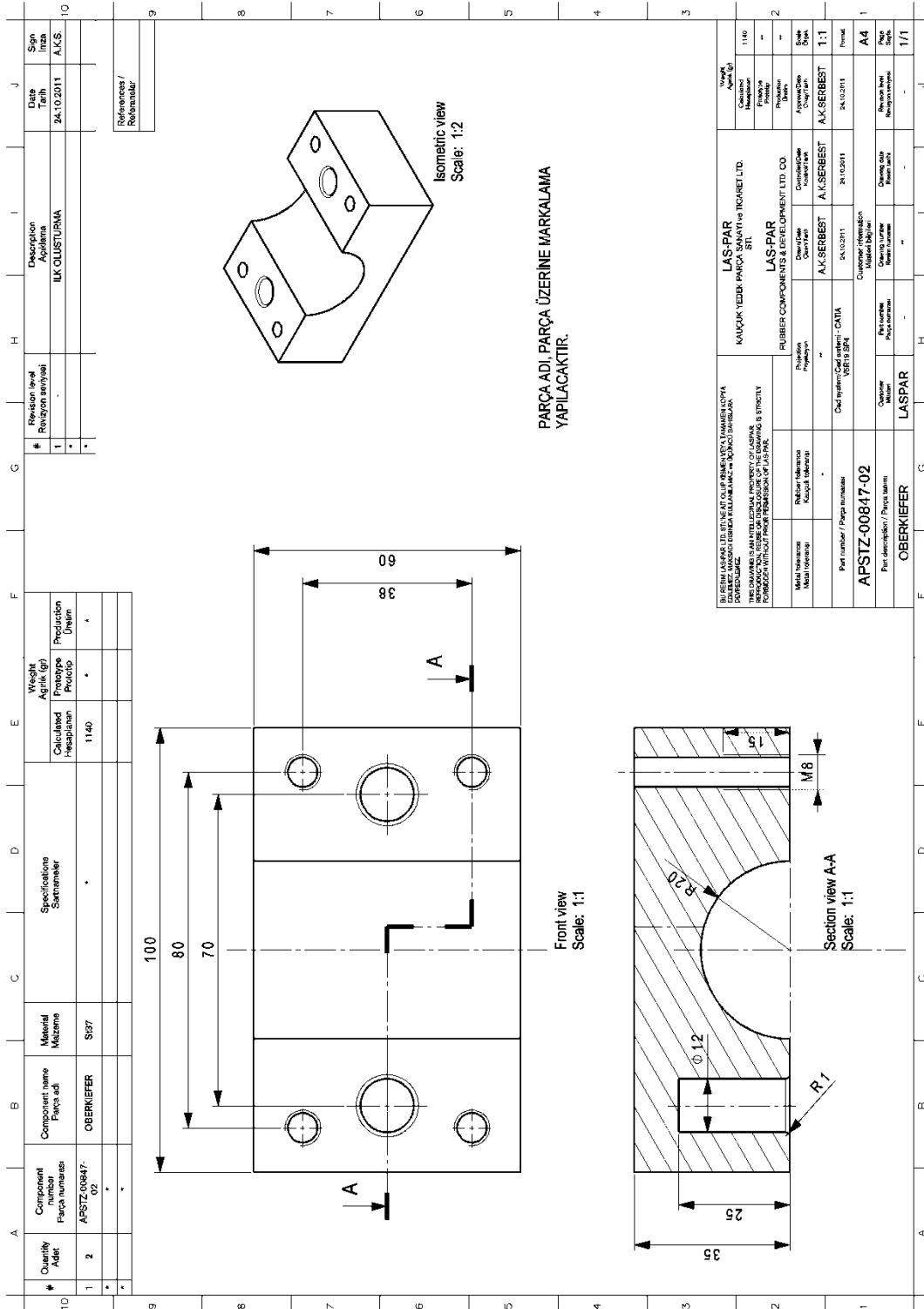
TEST MACHINE	: MTS-831-10
TEST JIG NO	: STZ-00847-00

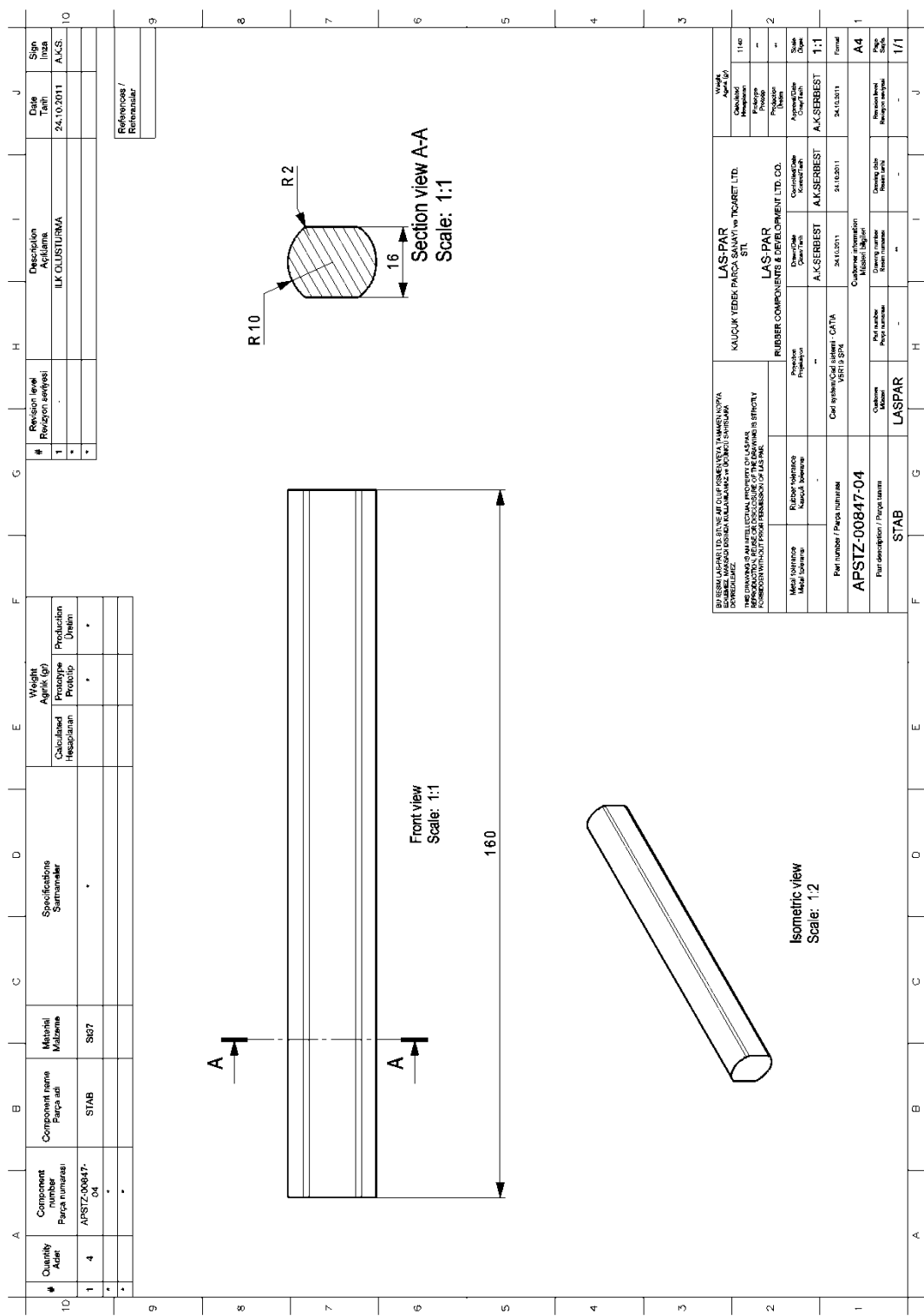
	Source	LPRD											
		Compression		Tensile		Shear		Torsion		Rotation		Other	
General Info	Test Type	√				√		√					
	Test Direction	X		Y		Z		ω		θ		β	
		√				√				√			
	Pre-Load	X		Y		Z		ω		θ		β	
		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
Conditioning	Temperature	23											
		°											
	Humidity	43											
		%											
	Number of Cycle	3											
Test	Cycle Speed	X		Y		Z		ω		θ		β	
		50				50						16	
		N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk
	Maximum Load / Displacement	X		Y		Z		ω		θ		β	
		1,5				1,5						30	
		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
Requirements	Waiting Time	10											
		Seconds											
	Cycle Speed	X		Y		Z		ω		θ		β	
		50				50						16	
		N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	N/dk	mm/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk	Nmm/dk	°/dk
	Maximum Load / Displacement	X		Y		Z		ω		θ		β	
Test		1,5				1,5						35	
		N	mm	N	mm	N	mm	Nmm	°	Nmm	°	Nmm	°
	Result Selection	X (N)		Y (N)		Z (N)		ω (Nmm)		θ (Nmm)		β (Nmm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
		X (mm)		Y (mm)		Z (mm)		ω (°)		θ (°)		β (°)	
		0	1			0	1					5	10
Requirements		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	Required Stiffness	Linear Stiffness: (N/mm)						Angular Stiffness (Nmm/°)					
		KX		KY		KZ		Kω		Kθ		Kβ	
		9000	6000			368	272					1,44	0,96
	Required Displacement	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
		Reference Load: (N)						Reference Rotation: (°)					
		DX (mm)		DY (mm)		DZ (mm)		Aω (°)		Aθ (°)		Aβ (°)	
Requirements													
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	Required Load	Reference Linear Displacement: (mm)						Reference Angular Displacement: (°)					
		FX (N)		FY (N)		FZ (N)		Mω (Nmm)		Mθ (Nmm)		Mβ (Nmm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Remarks: @-31° +34° rotation, no relative movement between stabbar and bush. Tests must be perform under three different loading conditions.													

EK-5 Teknik Resimler

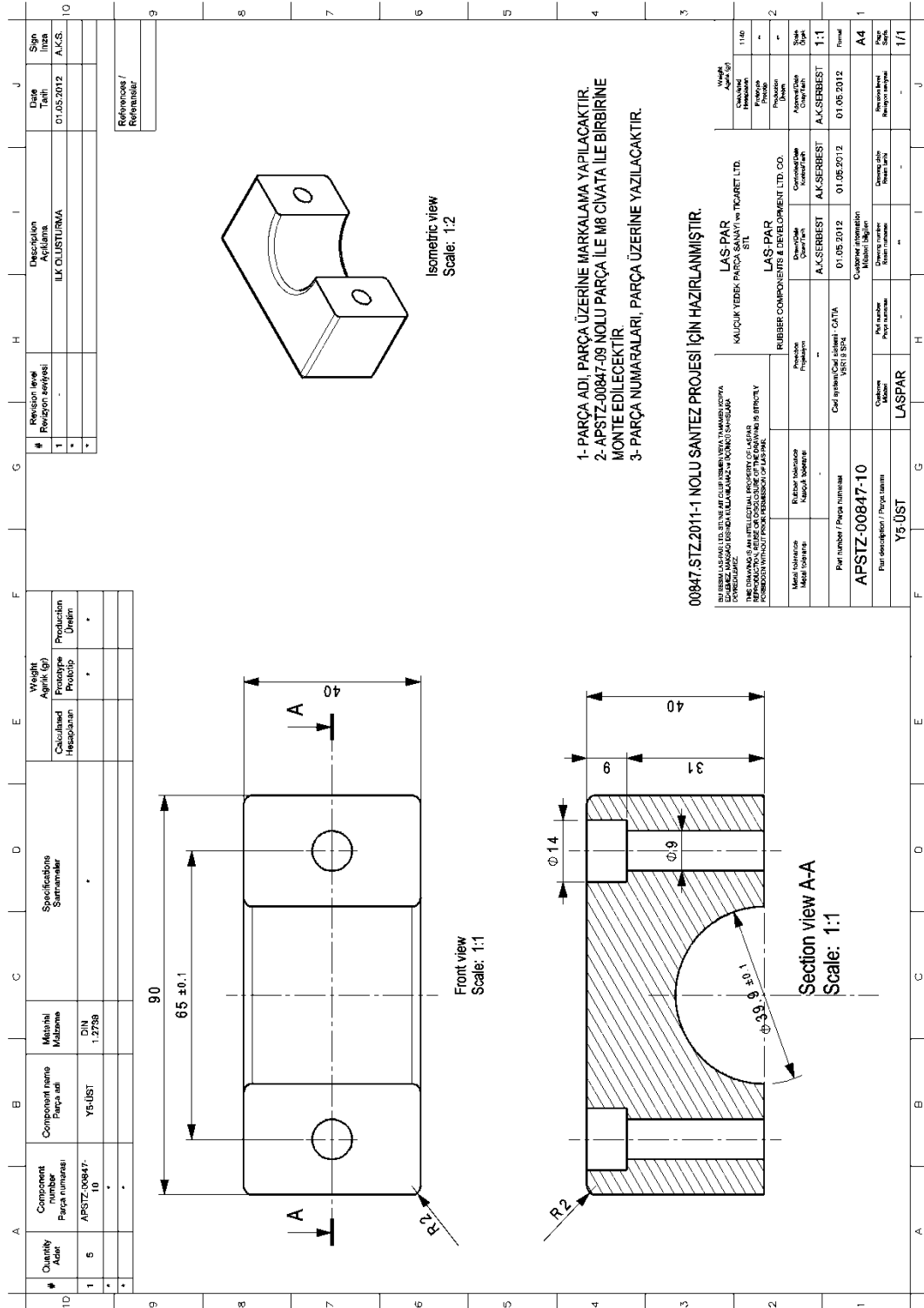


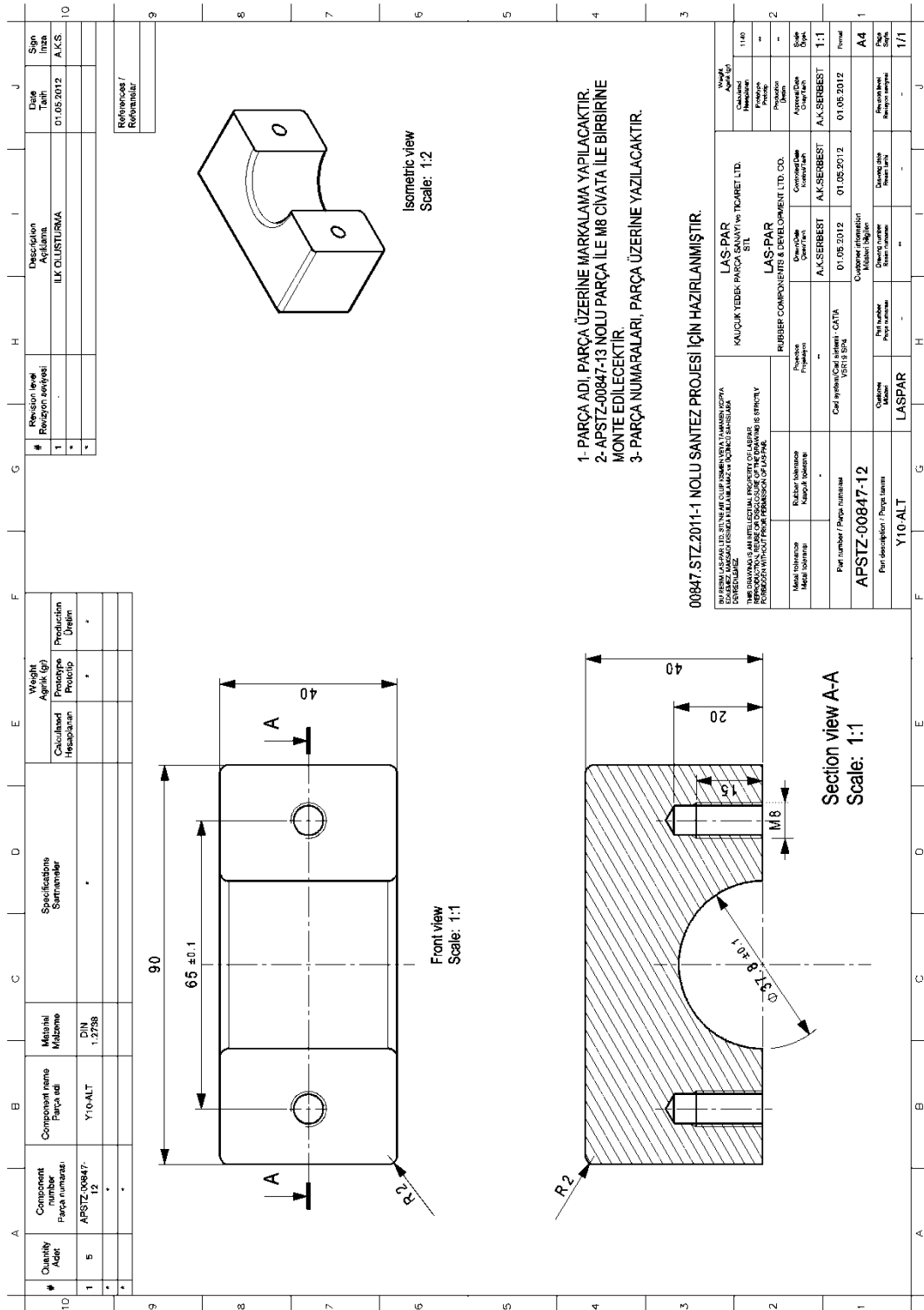
EK-5 Devamı



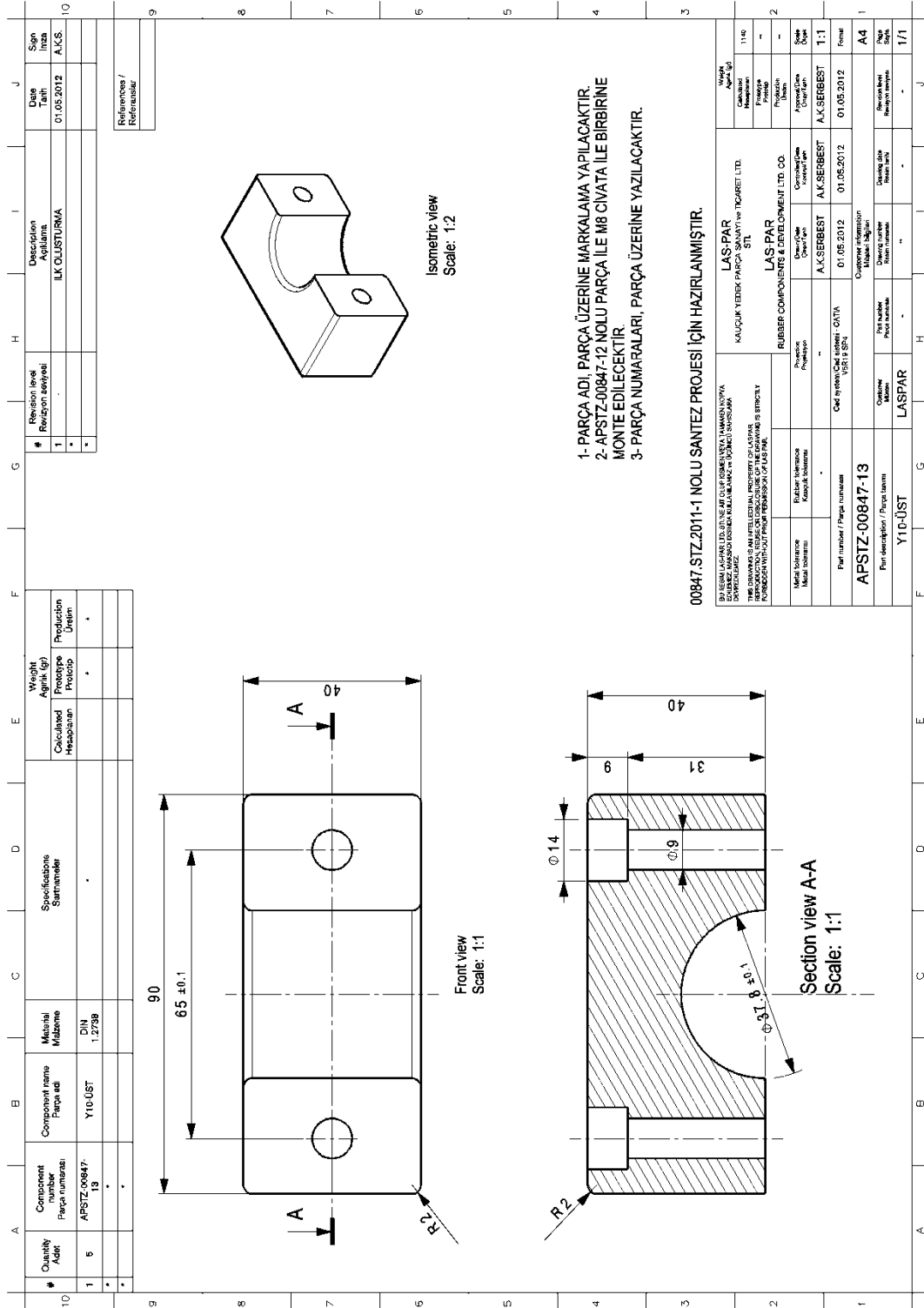


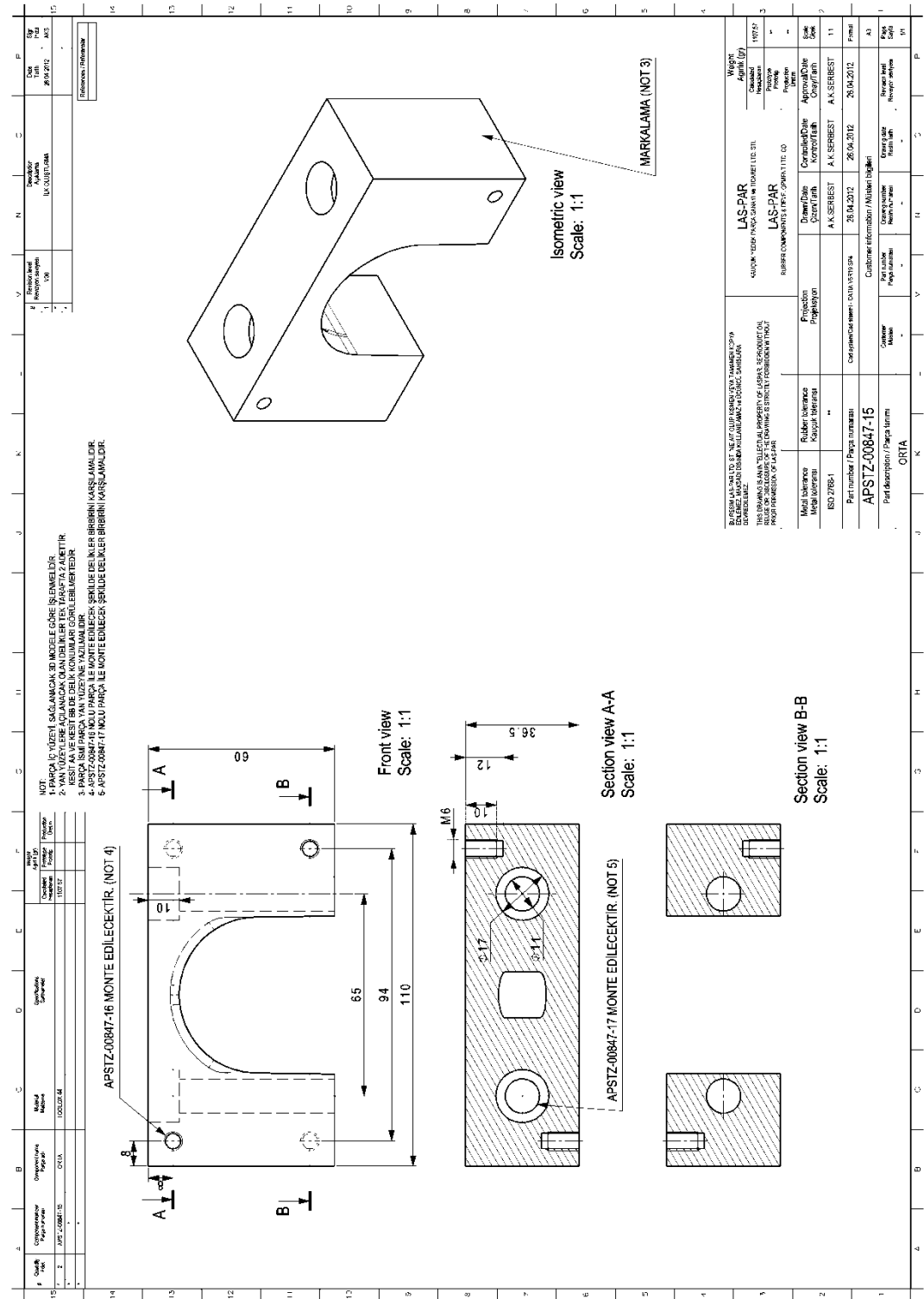
[illegible]

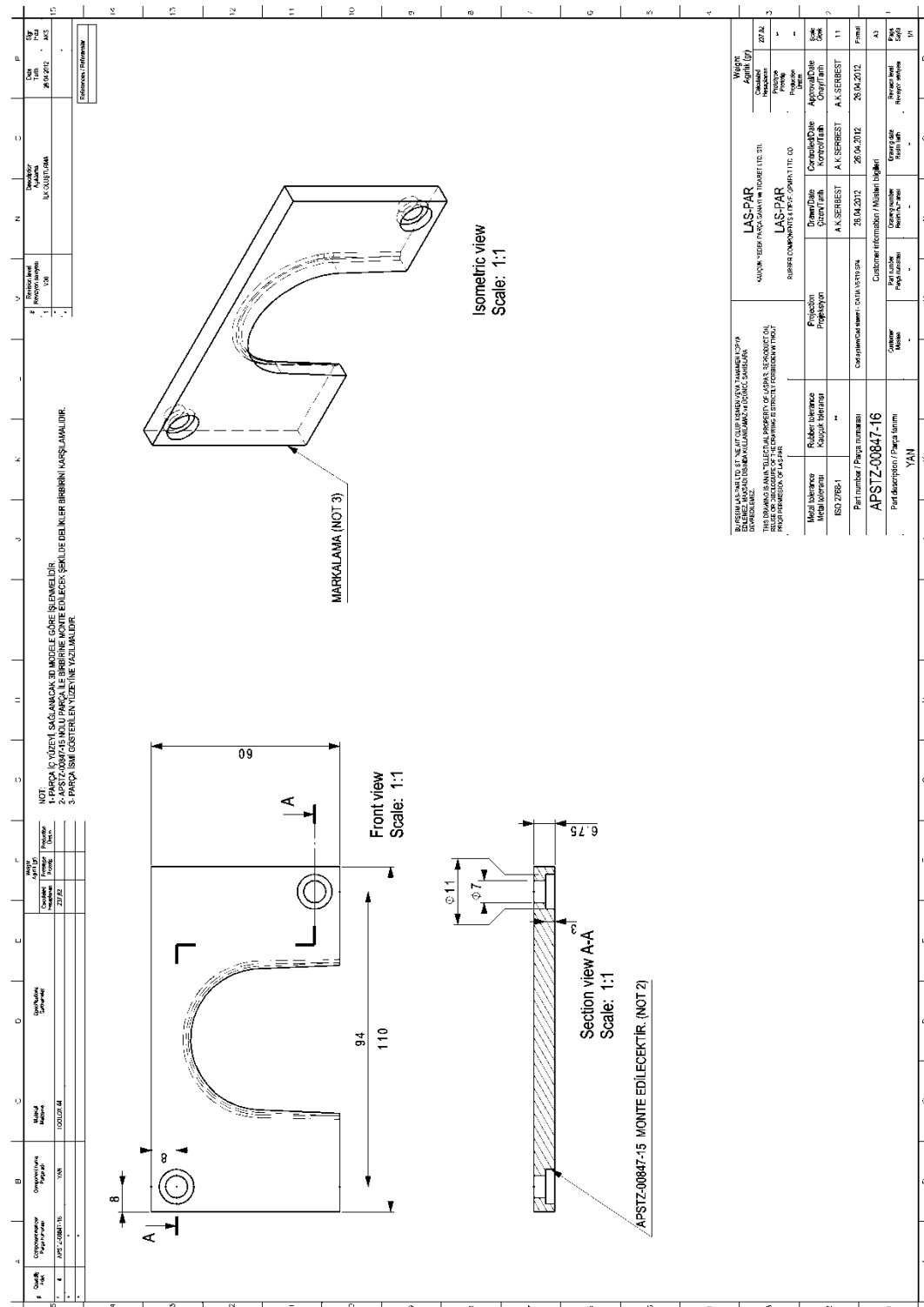


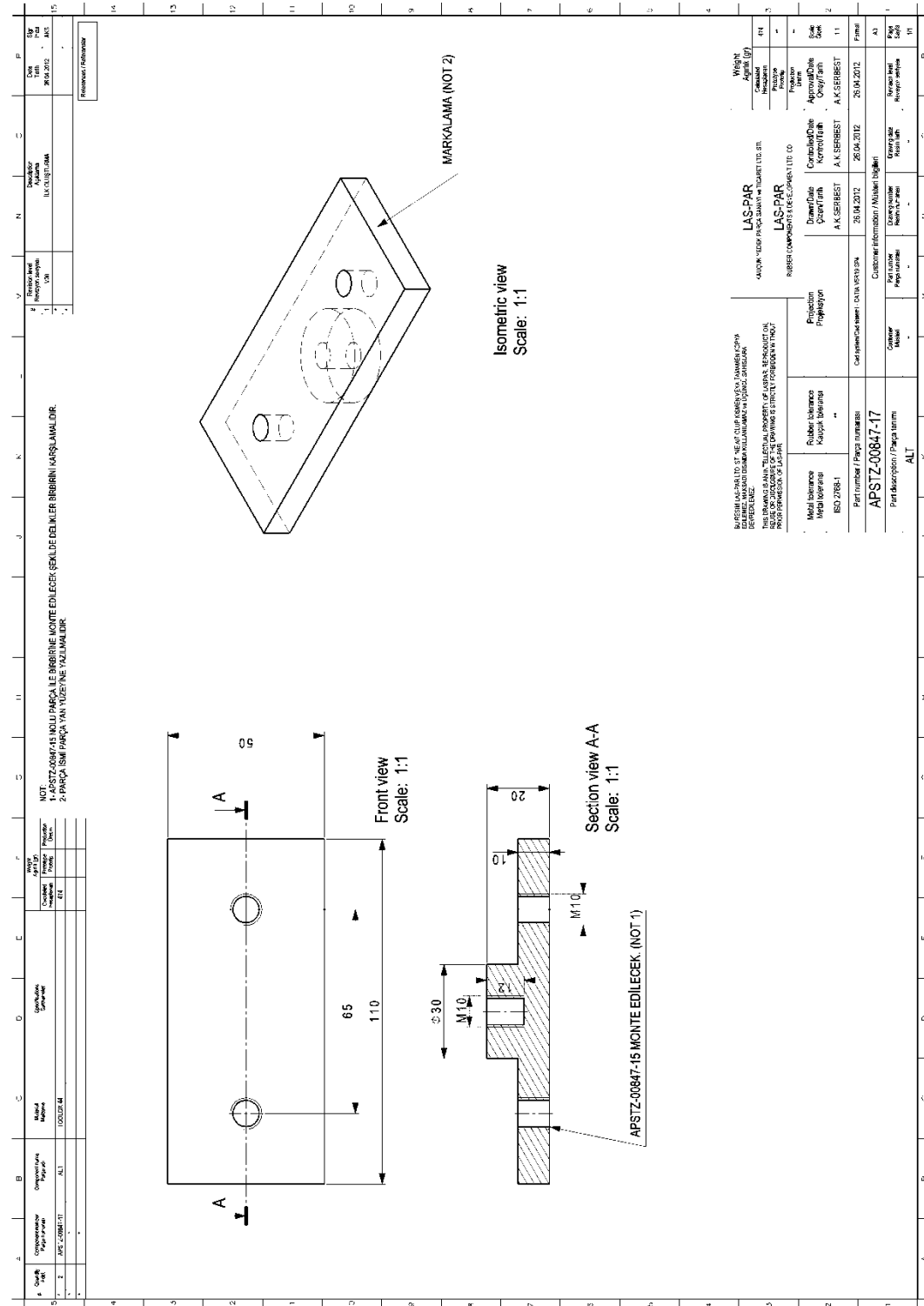


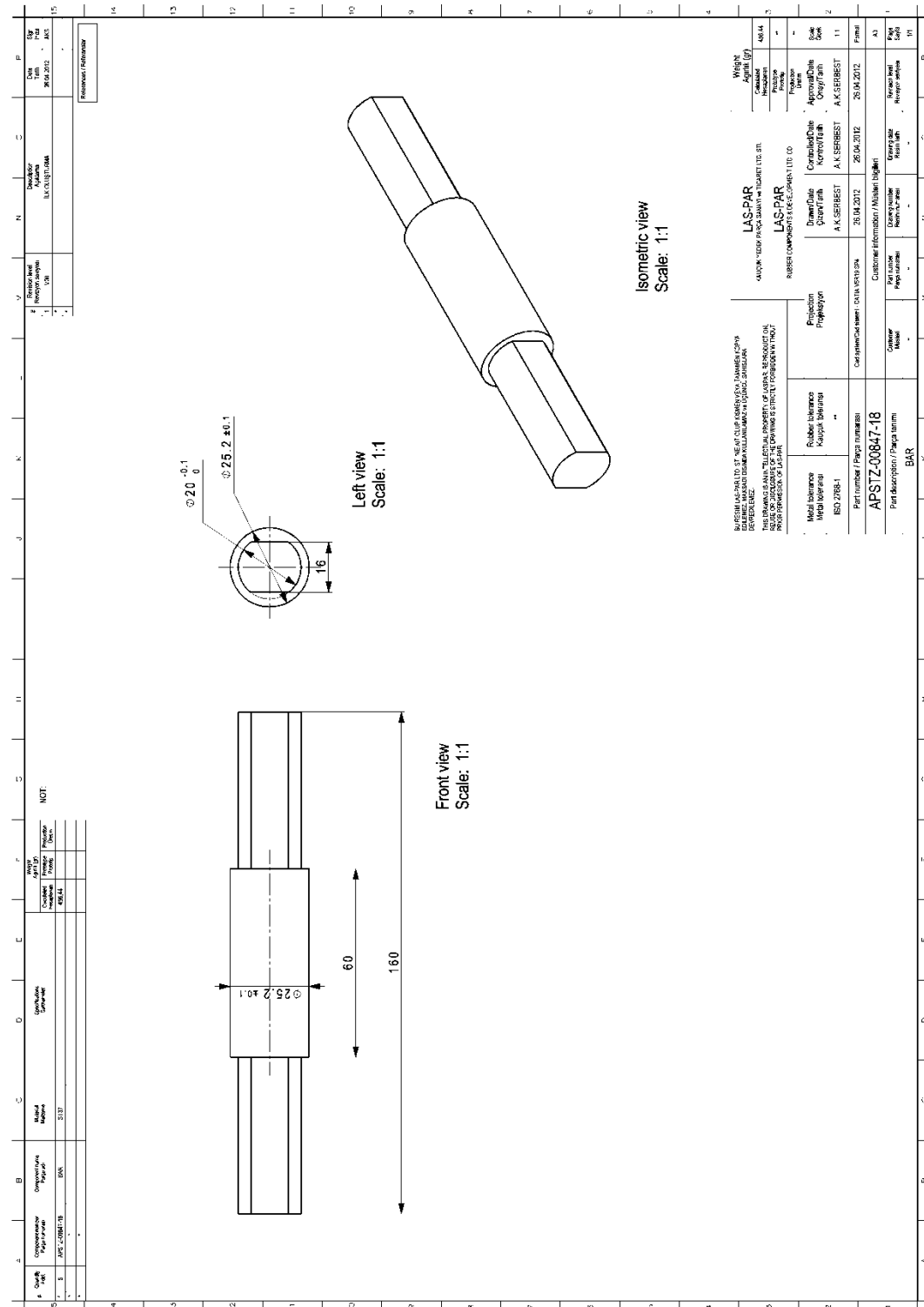
EK-5 Devamı

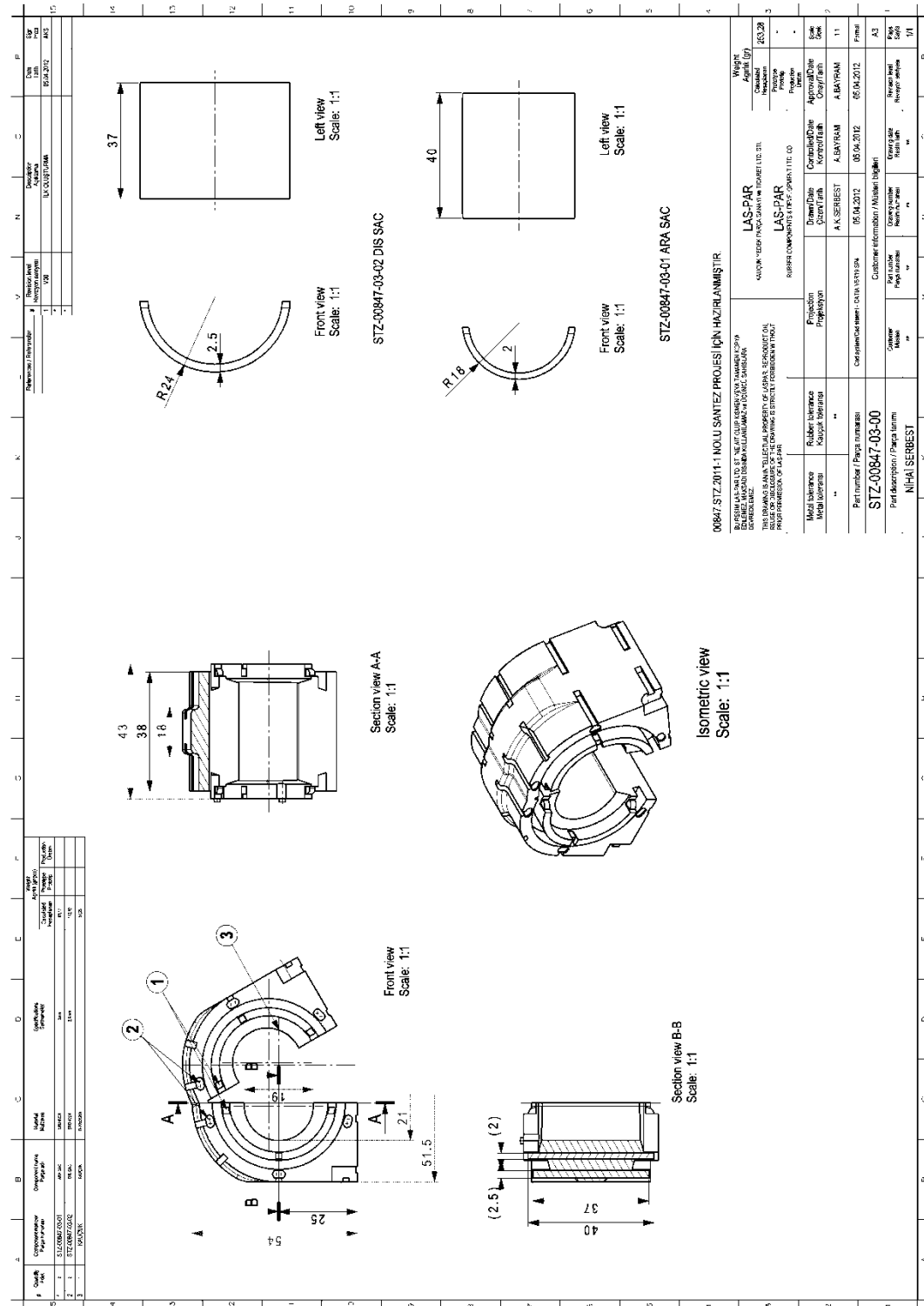


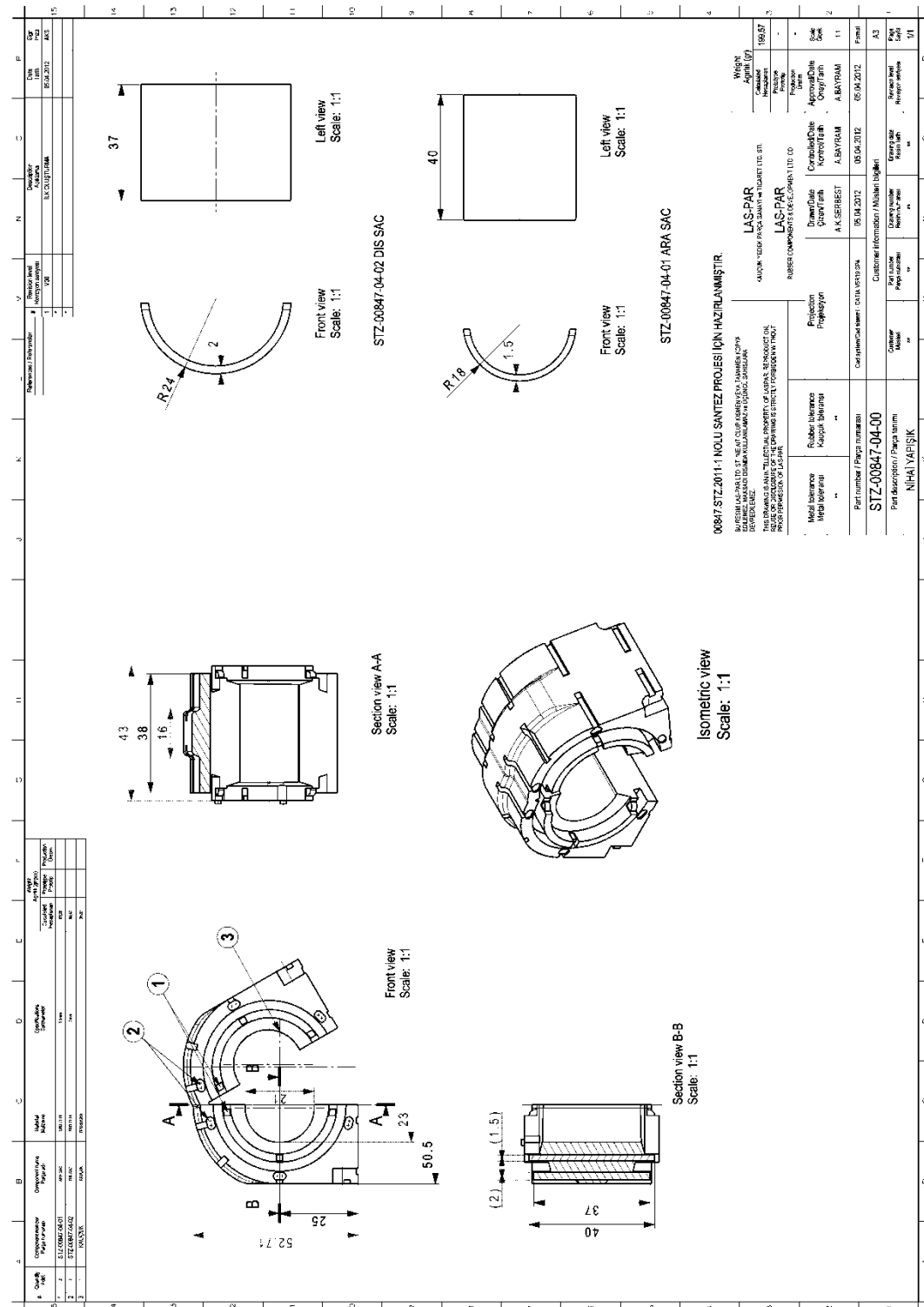












ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali Kamil SERBEST

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 24.10.1985

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu

Ortaokul- Lise : Yıldırım Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi (1996-2003)

Önlisans : Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi

Dış Ticaret Bölümü (2005- 2010)

Lisans: Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi

Makine Mühendisliği Bölümü (2003- 2007)

Çalıştığı Kurum ve Yıl:

DTA Mühendislik Ltd. Şti (01.2007-07.2007)

İltem Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti. (07.2007-04.2009)

Laspar Kauçuk Yedek Parça San ve Tic. Ltdi. Şti. (04.2010-Devam)

İletişim (e- posta) : alikamil@akserbest.com