T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOBİL SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ İÇİN BURÇ ÇIKMA KUVVETLERİNİN OPTİMİZASYONU

SEVDA GİDER DOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ARİF ÖZKAN

DÜZCE, 2019

T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOBİL SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ İÇİN BURÇ ÇIKMA KUVVETLERİNİN OPTİMİZASYONU

Sevda GİDER DOĞAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Arif ÖZKAN

Kocaeli Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. ARİF ÖZKAN
KocaeliÜniversitesi _____

Dr. Öğr Üyesi İBRAHİM MUTLU
KocaeliÜniversitesi _____

Dr. Öğr Üyesi YAŞAR ŞEN
Kocaeli Üniversitesi _____

Tez Savunma Tarihi: 08/11/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

08 Kasım 2019

Sevda GİDER DOĞAN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Arif ÖZKAN'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili ailem Ufuk DOĞAN, Seher GİDER ve çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde kullanmış olduğum deneysel metoddaki tüm teçhizat ve metaryaller TEKNOROT A.Ş'ye aittir ve bana tezim için vermiş olduğu destek için TEKNOROT A.Ş. firmasına teşekkürü bir borç bilirim

08 Kasım 2019 **Sevda GİDER DOĞAN**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ vi

ÇİZELGE LİSTESİ vii

KISALTMALAR viii

SİMGELER ix

ÖZET x

ABSTRACT xi

CUTTING FORCE OPTIMIZATION OF METAL RUBBER BUSHING.. xii

1. GİRİŞ 1

2. SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ VE ELEMANLARI 4

2.1. SABİT SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ 6

2.2. SERBEST SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ 7

2.2.1.Çift Salıncaklı Double Wishbone 7

2.2.2. Marc Pherson Gergi Çubuk Tipi 8

2.3. SALINCAKLAR 10

2.3.1. Alüminyum Malzemeler 11

2.3.2. Çelik Malzemeler 12

2.3.3. Sac Malzemeler 13

2.3.4. Pik Demir 14

2.3.5. Dövme Prosesi 15

2.3.6. Döküm Prosesi 20

2.3.7. Sac Şekillendirme Prosesi 21

2.3.7.1. Sac Me*tal İşleme Türleri kesme* *22*

2.3.7.2.Sac Metal İşleme Türleri Bükme *23*

2.3.7.3. Sac Metal İşleme Türleri Çekme *24*

3. SALINCAKLAR VE BURÇLARIN BAĞLANTISI 26

3.1. KAUÇUK-METAL BURÇLAR 30

3.1.1. Kauçuk 33

3.1.2. Metal Boruların Eksantrik Preslerde Şekillendirilmesi 34

3.1.3. Metal Borularda Kumlama İşlemi 36

3.1.3.1. Kumlama *39*

3.1.3.2. Burçlarda Vulkanizasyon İşlemi 40

4. KAUÇUK - METAL BURCUN SALINCAK GÖVDELERDEKİ (ALÜMİNYUM, DÖKÜM, ÇELİK) ÇIKMA KUVVETİ DENEYİ 42

4.1. KAUÇUK-METAL BURCUN ALÜMİNYUM GÖVDE ANALİZİ 52

4.2. KAUÇUK-METAL BURCUN DÖKÜM GÖVDE ANALİZİ 59

4.3. KAUÇUK-METAL BURCUN DÖVME GÖVDE ANALİZİ 61

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 70

6. KAYNAKLAR 72

ÖZGEÇMİŞ 74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Araç üzerinde süspansiyon sistemi. 2
Şekil 2.1. Araca gelen kuvvetler. 5
Şekil 2.2. Aracın yaptığı hareketler....5
Şekil 2.3. Burulma kirişli süspansiyon tipi örneği 7
Şekil 2.4. Çift salıncaklı bağımsız ön süspansiyon sistemi. 8
Şekil 2.5. Mac pherson süspansiyon tipi 9
Şekil 2.6. McPherson süspansiyon elemanları....9
Şekil 2.7. Sıcak dövme örneği. 16
Şekil 2.8. Soğuk dövme örneği. 16
Şekil 2.9. Açık kalıp da dövme. 17
Şekil 2.10. Bir açık kalıpta dövme işleminde ideal koşullar altında, silindirik bir parçanın homojen deformasyonu: a) parça orijinal boy ve çapındayken işlemin başlangıcı, b) kısmi sıkıştırma ve c) son şekil. 17
Şekil 2.11. Fıçılaşma olarak adlandırılan durumu gösteren, açık kalıpta dövmede silindirik bir parçanın gerçek deformasyonu: a) işlemin başlangıcı, b) Kısmi şekil değiştirme ve c) Son şekil. 18
Şekil 2.12. Kapalı kalıpta dövmede işlem sırası: a) Ham parça ile ilk temasın hemen öncesi, b) kısmi sıkıştırma, c) kalıp plakaları arasındaki boşlukta çapak oluşmasına neden olan son kalıp kapanışı. 19
Şekil 2.13. Otomobil sanayi için yapılmış hassas dövme örnekleri....19
Şekil 2.14. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Zımba parçaya temas etmeden hemen öncesi....22
Şekil 2.15. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Zımba, plastik deformasyona neden olarak parçayı itmeye başlıyor. 22
Şekil 2.16. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi:Zımba, düz bir kesme yüzey oluşturacak şekilde, parçayı sıkıştırıp nüfuz ediyor. 23
Şekil 2.17. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi:saçı ayıran kırılma, karşılıklı kesme kenarlarında başlıyor....23
Şekil 2.18. Saç metalin bükülmesi. 23
Şekil 2.19. Tarafsız düzlem iç kısmındaki metal sıkıştırılır; tarafsız eksen dışındaki metal gerilir. Bükmede metalde hem basma hem de çekme oluşur....24
Şekil 2.20. Saç şekillendirmede alınan referanslar 24
Şekil 2.21. a)Tüp kesitli parçaya çekme operasyonu: parçaya zımba uygulaması öncesi, strokun gösterimi; b)Numune: başlama numunesi, işlem görmüş numune. 25
Şekil 2.22. Çökertme testi (Erichsen testi) d nin değeri büyüdükçe şekillendirilebilirlik büyür. 25
Şekil 3.1. Salıncak üzerinde burcun yeri 26
Şekil 3.2. Salıncak üzerinde kauçuk metal burç gösterimi. 27
Şekil 3.3. Çeşitli burçların gösterimi. 29
Şekil 3.4. Tek katmanlı kauçuk – metal burç 30
Şekil 3.5. Ön sıkıştırma şematik gösterimi 30
Şekil 3.6. Kauçuk metal burcun detaylı gösterimi 31
Şekil 3.7. Aşınmaya dayanıklı kauçuk 33
Şekil 3.8. Nitril kauçuk....33
Şekil 3.9. Doğal kauçuk....33

Şekil 3.10. Eksantrik pres. 34
Şekil 3.11. Kafa şişirme ya da yığma işlemi gösterimi. 35
Şekil 3.12. Tokaçlama yöntemine örnekler 36
Şekil 3.13. Otomatik döner tablalı kumlama makinası. 38
Şekil 3.14. Çelik granülle kumlama 39
Şekil 3.15. Vulkanizasyon eğri karakteristikleri. 41
Şekil 4.1. Testlerde kullanılan burç görseli. 42
Şekil 4.2. Boyut toleransının gösterimi 45
Şekil 4.3. Deliklerde geçmeler 47
Şekil 4.4. Millerde geçmeler. 47
Şekil 4.5. Çaplama kalıbı ve kesit görünümü 49
Şekil 4.6. Çaplama aparatları görünümü 49
Şekil 4.7. Kumpas ile ölçüm. 50
Şekil 4.8. Kesilen salıncak. 51
Şekil 4.9. Burcun salıncağa çakılması gösterimi. 56
Şekil 4.10. Burç çakma kuvvet gösterimi. 57
Şekil 4.11. Burç çıkma testi. 57
Şekil 4.12. Burç çıkma kuvvet analizi(alüminyum gövde). 58
Şekil 4.13. Burç çıkma kuvvet analizi (döküm gövde). 61
Şekil 4.14. Burç çıkma kuvvet analizi (dövme gövde). 63
Şekil 4.15. Deneyde kullanılan kauçuk metal burç teknik resim. 64

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Alüminyumun mukavemet özellikleri. 12
Çizelge 2.2. Çeliklerin mukavemet özellikleri.....13
Çizelge 2.3. Üretim yöntemleri.....15
Çizelge 2.4. Bazı önemli döküm yöntemlerinin karşılaştırılması.....21
Çizelge 3.1. Vulkanizasyon prosesleri. 39
Çizelge 4.1. ISO delik toleransları (ISO 286-2) Metrik yüzey pürüzlülüğü değerleri µm (mikrometre) birimi ile gösterilir.....44
Çizelge 4.2. ISO Mil Toleransları (ISO 286-2). 46
Çizelge 4.3. Sıkı geçme aralık örnekleri.....48
Çizelge 4.4. Sıkılık için tolerans belirlenmesi 48
Çizelge 4.5. Alüminyum gövde sıkılık çalışması.....52
Çizelge 4.6. Döküm gövde sıkılık çalışması.....60
Çizelge 4.7. Dövme gövde sıkılık çalışması.....62
Çizelge 4.8. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (alüminyum gövde için). 65
Çizelge 4.9. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (döküm gövde için). 67
Çizelge 4.10. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (dövme gövde için).....68

KISALTMALAR

Al	Alüminyum
C	Karbon
Dk	Dakika
F	Kuvvet
ISO	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
Kg	Kilogram
Kgf	Kilogramkuvvet
Kn	Kilonewton
Lt	Litre
M.Ö	Milattan önce
Mm	Milimetre
N	Newton
S	Kükürt
Sn	Saniye
SAE	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)
TS	Türk Standartları

SİMGELER

C	Karbon
D1	Referans alınan 1. Yüzey
D2	Referans alınan 2. Yüzey
S	Kükürt
Sn	Saniye
X	Sıkılık

ÖZET

OTOMOBİL SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ İÇİN BURÇ ÇIKMA KUVVETLERİNİN OPTİMİZASYONU

Sevda GİDER DOĞAN
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Arif ÖZKAN
Kasım 2019, 73 sayfa

Araçlar artık hayatımız olmazsa olmazlarındandır ve araçlarda istenilen özelliklerin başında da yollar ne kadar çukur, engebeli ya da kasisli olsa da sürücü ve yolcuların bu sebeplerden doğacak titreşimden ve sarsıntıdan etkilenmesini minumum tutacak süspansiyon sistemine sahip olması gelir. Otomotivde konforun ve yol tutuşun gereklerinin büyük bir kısmını karşılayan ön süspansiyon sistemidir. Ön süspansiyon sistemi birçok elemandan oluşur; bunlardan salıncaklar ve üzerilerindeki burçlar kuvvet taşıma görevlerine göre kritik öneme sahip olabilmektedirler. Bu araştırma kapsamında metal kauçuk burçların otomotivde tercih de önde gelen üç farklı grup salıncak için olmasını istediğimiz çıkma kuvvetleri deneysel yöntemlerle sıkılık ile arasındaki bağıntı bulunmaya çalışılarak maksimum aralıklar ve bu aralıklarda elde edilen değerlerin salıncaklar için yeterli olup olmadığı kıyaslanmıştır. Kıyaslama için üç farklı grup salıncak için dokuzlu gruplar oluşturularak bilinen sıkılık aralığının alt ve üst taşma değerleri de deneye dahil edilerek en iyi çalışma arlıkları burç çıkma kuvvetinde verdiği sıkılık aralığı bulunmaya ve farklı gruplarda farklı aralıkların eldesinin bulunmasıyla aynı burcun farklı malzeme ve üretim teknolojisinde farklı burç çıkma aralığı oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Burç, Kauçuk, Metal, Ön süspansiyon sistemi, Salıncak.

ABSTRACT

CUTTING FORCE OPTIMIZATION OF METAL RUBBER BUSHING

Sevda GİDER DOĞAN
Düzce University
Graduate School of Natural and Applied Sciences, Departmant of Mechanical Engineering
Master of Science Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arif ÖZKAN
November 2019, 73 pages

Vehicles are indispensable for our lives, and at the forefront of the desired features in the vehicles, the road and its passengers have to have a suspension system to keep the driver and passengers from being affected by the vibrations and vibration caused by these reasons. Front suspension system that meets most of the requirements of comfort and handling in automotive. The front suspension system consists of several elements; swings and their bushings can be critical to the task of carrying forces. In the scope of this research, we aimed to find the relation between the elasticity of experimental methods and the force that we want to have for the three different group swing of the metal rubber bushes preferred in automotive. For the comparison of three different groups of swing groups for the formation of the known tightness of the upper and lower overflow values are included in the experiment to find the best operating range of the bushing force to give the range of tightness and different groups of different spacing to be found in the same bush different material and production technology different bushing removal range was observed.

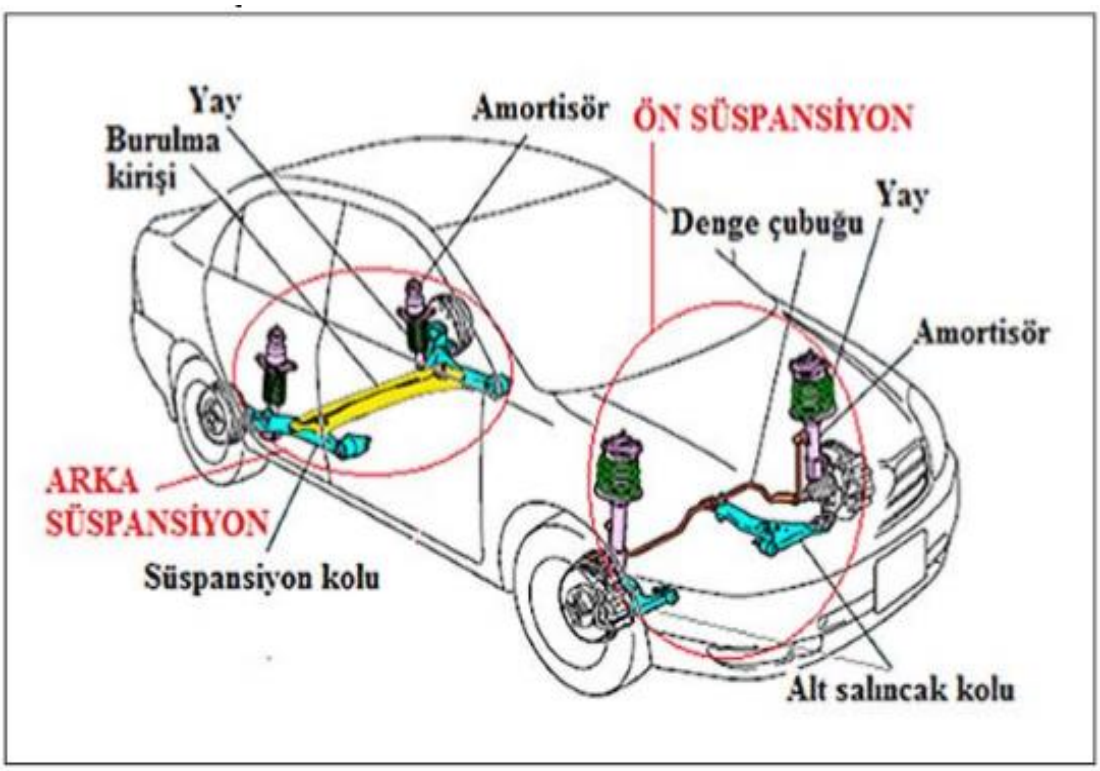
Key words: Bush, Rubber, Metal, Front suspension system, Swing.

1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de otomotiv sektörü en hızlı gelişen ve müşterilere en çabuk ulaşabilen sektörlerin başında gelmektedir. Buna yönelik olarak otomotiv sektör Türkiye'de ilk otomobil üretimlerin yapıldığı 1960'lı yıllardan günümüze gelişen ve sürekli araştıran durumdadır. Ayrıca, 2019 güncel verilerine göre beşte birlik oranla ülke ihracatının en büyük payına sahip, gerek ülke çapında gerekse de bölgesel olarak değerlendirildiğinde nüfusun neredeyse her 15 kişiden birinin gelir kapısı durumundadır. Bunun yanında ortaya çıkan katma değer, son teknolojilerin sanayiye uygulanması ile gerek üretim gerekse de ar-ge süreçleri açısından nitelikli insan gücü oluşturması gibi faydalarıyla da ülkemizin ve insanımızın küresel dünyadaki yerini belirlemede öncü bir rol oynamaktadır [1], [22].

Taşıtlarda konfor günümüzün en önemli tasarım kriterleri arasındadır. Bu bağlamda trafikte bulunan ister elektrikli ister içten yanmalı tüm araçlarda yol durumunu gövdeye aktaran sistemlerin her bir parçası ayrı ayrı ele alınmaktadır. Alt takım olarak adlandırılan bu mekanik sistem topluluklarından olan salıncaklarda burç çıkma kuvvetinin önemini ve bu kuvvete nelerin etki ettiğini değerlendirebilmek için ön süspansiyon sistemini ele almak gerekmektedir. Güncel müşteri talepleri bilgisi yaygın kullanımı ile çok hızlı değişmekte ve istekler nitelikli hal almaktadır. Böylelikle iletişim çağında kişisel gereksinimler ve araçtan beklentiler araç fiyatlarından çok öte bir konuma gelmiştir. Bu durum ile birlikte konfor artık lüks karşılığından çok ihtiyaç haline hatta yüksek bir beklenti durumuna gelmeye başlamıştır. Evlerimizde kişi sayısıyla sayılabilecek adetlere erişen kara taşıtları sayısı artık hayatımız olmazsa olmazlarındandır. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, araçlarda istenilen özelliklerin başında da yollar her ne kadar bozuk, tümsekli, doğrusallıktan uzak ya da kasisli olsa da sürücü ve yolcuların bu sebeplerden doğacak titreşimden ve sarsıntıdan etkilenmesini en az oranlarda hissettirecek süspansiyon sistemine sahip olması gelir. Süspansiyon sistemi aracın lastikler ve yol arasındaki sürtünmeyi en üst oranda tutarak sürüş tutarlılığını gerçekleştirir. Ayrıca, yol tutuşunu sağlayarak aracı savrulmaktan, yoldan istemsiz olarak çıkaktan ve takla

atmaktan korur. Süspansiyon mekanizması bütün olarak ele alındığında direksiyon sistemi, ön düzen mekanizmaları ve aracın yer irtibatı olan tekerleklerle birlikte çalışır [1], [19]. Şekil 1.1'de araç üzerinde süspansiyon sistemi elemanlarını gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Araç üzerinde süspansiyon sistemi [22].

Taşıtlarda süspansiyon sistemi parçalarından en önemlilerinden biri salıncak kolu, tekerlekleri istenen konumda tutmak ve hareketin yukarı ve aşağı yönlerde güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi gibi iki farklı fonksiyonel görevi mevcuttur. İlaveten, hızlanma neticesinde meydana gelen yatay kuvvetlerin karşılanması, hareketin yeteri konforda ve emniyetli bir şekilde sınırlandırılması araç süspansiyon sisteminin bir başka önemli bir işlevsel durumunu ortaya koymaktadır. Salıncak kolları üzerindeki burç–yatak eşleşmesinden beklenen en önemli görev, bakım sırasında özel ekipman kullanılarak yapılan zorlanma haricinde kullanım koşullarındaki yükler altında montaj yerinden hiçbir şekilde çıkmamasıdır. Hareket eden bir araçta benzer bir burç çıkma olayının meydana gelmesinin, ciddi oranda maddi ve en önemlisi de hayati kayıplara yol açabileceği açıktır. Bu tür bağlantılarda, çıkma kuvvetini etkileyen tüm değişkenlerin ele alınması ve verilen konstrüksiyon için en uygun montaj şartlarının belirlenmesi son derece faydalı olacaktır [23], [24]. Yapılan araştırmalar ve testler sonucunda yüksek çıkma kuvvetine sahip bir

ürünün ortaya çıkması için bilgi sağlanacaktır. Bu tez çalışması kapsamında; ilk olarak süspansiyon sisteminin elemanları ve bunların bağlı olduğu genel süspansiyon sistemleri incelenmiş olup, süspansiyon sistemindeki burç-salıncak ikilisinin çıkma parametrelerinin araştırılması ve deneysel yöntemle sonuçların karışılaştırılması sağlanmıştır. Buna yönelik olarak çalışmanın hatları;

1- Burç-yatak çap uygunlukları ve seçimi,
2- Burç sıkılık çalışması
3- Farklı salıncaklardaki burç sıkılıklarının karşılaştırılması
4- Burç çıkma kuvvetleri incelenerek sonuçlar ve öneriler kısmında açıklanmış ve öneriler verilmiştir.

2. SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ VE ELEMANLARI

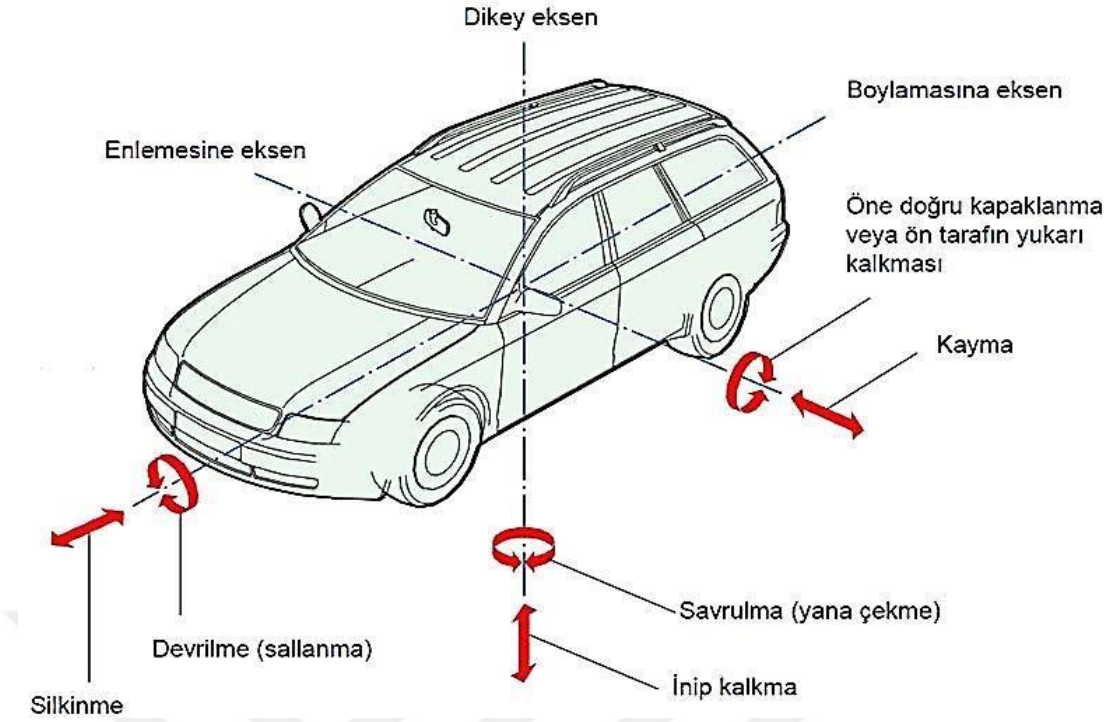
Taşıt süspansiyon sisteminin özelliklerini ifade edecek ve açıklayacak olursak; Süspansiyon sistemi tekerlekler tarafından arabanın hareketi için gerekli olan çalıştırma kuvvetini aktarmak ve aynı zamanda aksın konumunu süspansiyon sistemine entegre ederek her bir tekerlek tarafından meydana getirilen frenleme kuvvetini araç gövdesine iletmektir.

Süspansiyon sistemi aracın hareket esnasında lastiklerle aynı anda ivmelenerek yolcuları veya taşınan yükün güvenliğini sağlamak ve sürüş konforunu maksimize etmek amacıyla yol yüzeyinin şeklinden kaynaklanan titreşimleri, salınımları ve ani şokları sönümleyerek yumuşatır.

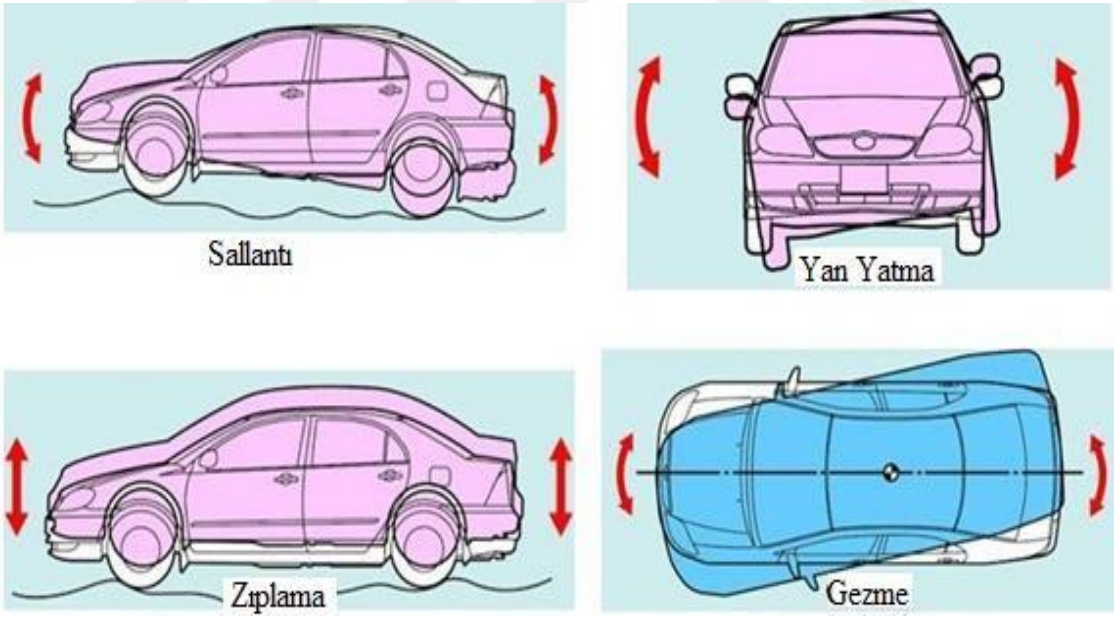
Süspansiyon sistemi direksiyon hâkimiyeti ve yönlenme dengesini geliştirmek için sürekli olarak tekerleklerin yol yüzeyindeki bozuklukları takip etmesini sağlayarak sürüş esnasında aracı dengede tutar.

Süspansiyon sistemi gövde ile tekerlekler arasındaki ilişkiyi korumak için akslarla iyi şekilde takım olmuştur.

Ancak yukarıda belirtilen görevler birbirleri ile çatışır. Mesela, sürüş konforunu maksimize etmek için kolay sıkışabilen bir yay kullanıldığında direksiyon kararlılığı azalacaktır ve sert bir yay kullanımında sürüş komforu ve direksiyon hakimiyeti düşecektir. Süspansiyon sistemi ile aracın uyumunu sağlamak, bu koşulları yakalamak önceliklidir [22]. Şekil 2.1'de araca gelen kuvvetleri eksenel boyutlarda ve Şekil 2.2'de de aracın bu kuvvetlere karşılık yaptığı hareketler görselleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Araca gelen kuvvetler [25].



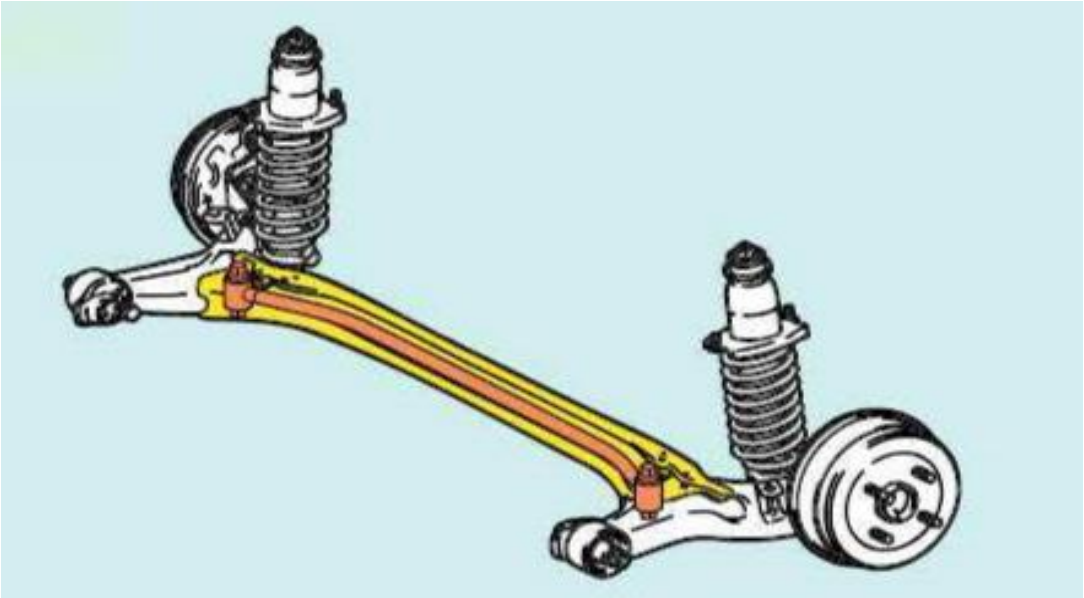
Şekil 2.2. Aracın yaptığı hareketler [25].

Amortisörler; yatmayı, kaymayı, zıplamayı, fren sırasında dalmayı ve hızlanma sırasında ön tarafın yükselmesini arka tarafın çökmesini azaltarak sürüş konforunu artırırlar. Yaylar: Tümsek ve çukurlarda esneme yaparak tekerlekler hariç tüm yükü taşıyan

elemanlardır. Askı sistemleri; Arabayla tekerlekleri birbirine bağlayan sistemlerdir. İlerleyen konularda detaylı bilgi verilecektir. Otomobili tekerleklere bağlayan sistemlerin tamamına askı sistemi adı verilir. Ön tekerleri bağlıyorsa, ön askı sistemi, arka tekerleri bağlıyorsa arka askı sistemi adı verilir. Özellikle dönüş zamanlarında tekerlerin yola tam olarak kuvvet dağılımını sağlamasına yardım eder. Yoldaki engebelerin sebep olduğu yanal yüklenmelerden kaynaklı titreşimleri en düşük seviyeye getirir. Denge çubukları; Virajlarda dengeli dönüş yapılmasını sağlar ve aracın savrulmasını önleyen stabilizatörlerdir. Rotiller; dingil ile salıncak bağlantısını sağlayan elemanlardır. Muylunun devamında küre olacak şekilde tasarlanmış bir parçadır. Dingili, salıncaklara bağlamak için kullanılır. Üretimi sırasında küre olan kısmı yuvasına konulmadan önce yağlanarak yuvasına oturtulur. Küre kısmı tamamen bir yuva içerisine takıldığı için daha sonra bir daha yağlama yapılamaz. Tekerlerin her zaman, her koşulda dingiller ile bağlantılı kalmasını sağlarlar. Mesela bir yolun engebeli olduğunda, rotiller harekete geçerek dingili hafif aşağı konuma pozisyonlayarak tekerlerin dingil ile bağlantısını muhafaza etmiş olurlar [4], [26]. Süspansiyon sistemleri yapı itibarı ile sabit ve serbest (bağımsız) olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1. SABİT SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ

Her iki taraftaki tekerleğin bir aks yuvası ve kirişlerince desteklendiği ve bundan dolayı tekerleklerin birlikte hareket ettiği sabit akslı süspansiyonlardır. Yaysız kütlenin büyük olmasından dolayı sürüş konforu zayıftır. Bu yapıda titreşim ve salınımlar çok sık oluşur. Sabit süspansiyonunda kendi içinde çeşitleri mevcuttur; burulma kirişli süspansiyon kol tipi, paralel yaprak makas tip, p yatay kontrol rodlu ön kol tip 4 bağlantılı tip gibi. Çoğunlukla önden çekişli araçların arka süspansiyon sitemlerinde kullanılır. Şekil 2.3'de sabit süspansiyon çeşitlerinden örnek verilmektedir.



Şekil 2.3. Burulma kirişli süspansiyon tipi örneği [4].

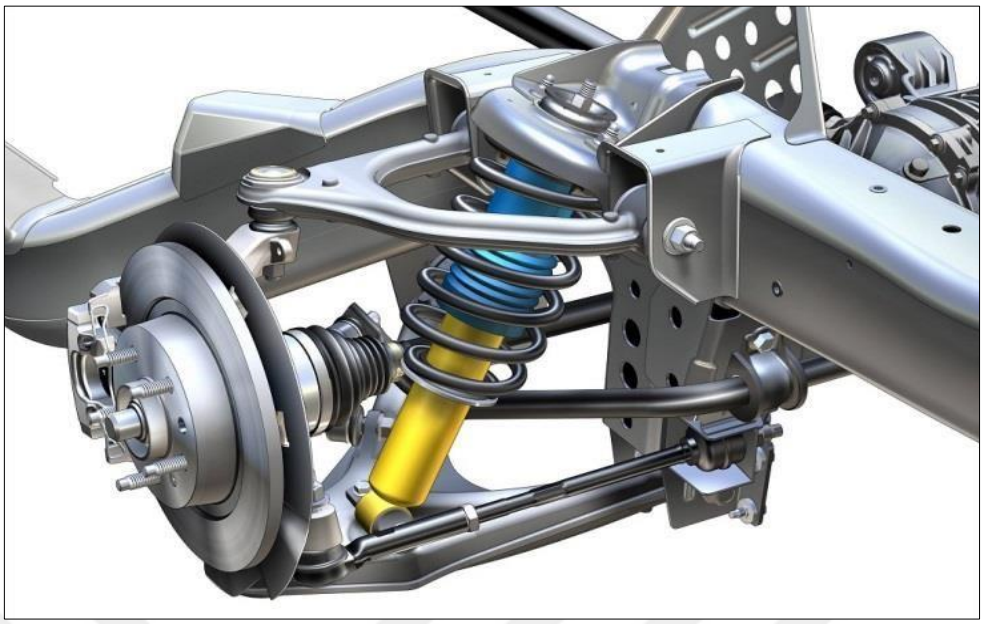
2.2. SERBEST SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ

Bu süspansiyon sisteminde tekerlekler birbirinden bağımsız salıncaklarla desteklenerek sağ sol hareketlerini birbirinden bağımsız yapar. Yaysız kütlenin ağırlığı az, sürüş konforu yüksektir. Bağımsız süspansiyonun;

- Çift salıncaklı double wishbone
- Marc pherson gergi çubuk tip olmak üzere çeşitleri vardır.

2.2.1. Çift Salıncaklı Double Wishbone

Tekerleklerin gövdeye bağlantısı üst ve alt kollar vasıtası iledir. Süspansiyon tasarımı üst ve alt kolların uzunluğu ve bunların montaj açıları referans alınarak yapılır. Aksı alt ve üst kollar tamamlayıcıdır. Bu tip süspansiyon sistemi yapısal olarak kompleks ömür olarak uzundur. Aynı anda hem mükemmel bir sürüş dengesi hem de konfor sağlar. Çünkü hareket serbestliği kompleks olan bu kol mekanizmasından gelir. Şekil 2.4'de bağımsız süspansiyon tipi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Çift salıncaklı bağımsız ön süspansiyon sistemi [27].

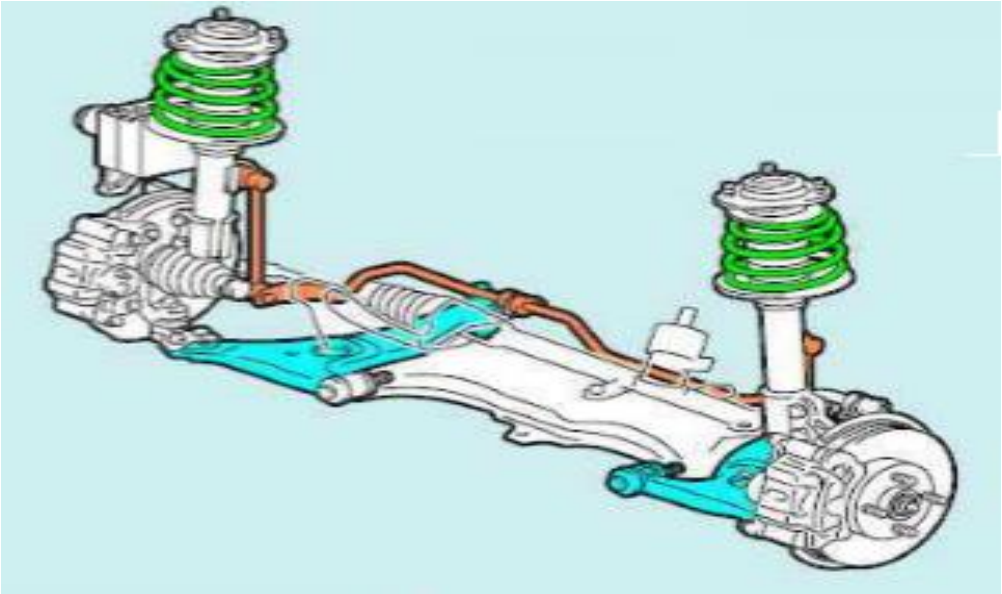
2.2.2. Marc Pherson Gergi Çubuk Tipi

Bu süspansiyon sistemi küçük ve orta büyüklükteki araçların ön süspansiyon sistemlerinde tercih edilir. Önden çekişli araçların arka süspansiyon sistemlerinde de kullanılanları mevcuttur.

Süspansiyon destek mesafeleri arasındaki mesafe çok olduğundan ön düzen ayarının bozulmasına sebep olabilecek imalat ve montaj hatalarından çok az etkilenir [1].

Bu sistemde kamber açısının ayarlanması gerekmektedir. Kamber açısı tekerlek merkezinin dikey eksenle yapmış olduğu açıdır. Tekerleğe önden veya arkadan bakıldığında tekerleğin üst tarafı dışa eğimli ise pozitif kamber açısı vardır ve ön tekerlerde gereklidir.

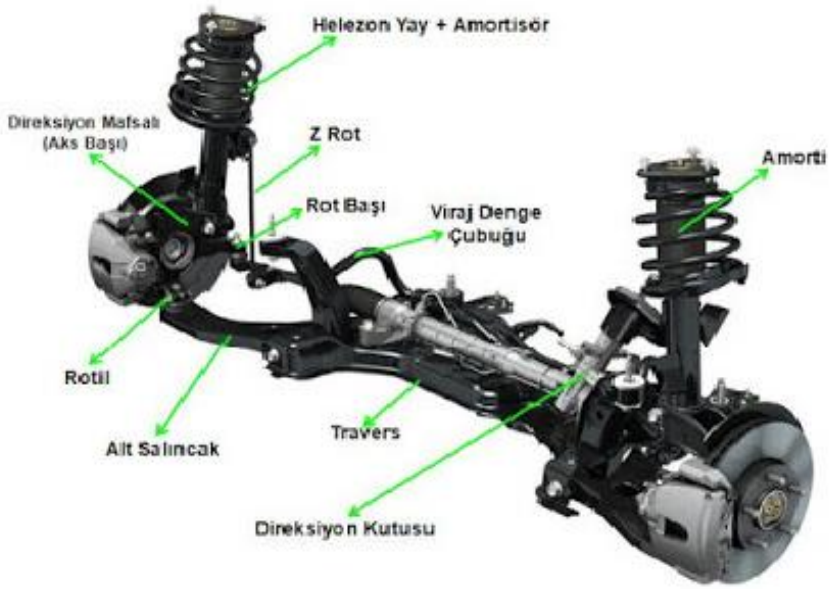
Şekil 2.5’de bahsi geçen Mac pherson süspansiyon tipi gösterilmiştir. Şekil 2.1 Mc pherson süspansiyon elemanları detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Mac pherson süspansiyon tipi [1].

Mc pherson süspansiyon kapladığı yerin az olması ve düşük maliyet sebebiyle binek araçlarda en çok tercih edilen ön süspansiyon çeşididir. Süspansiyon elemanlarından olan salıncaklar gövdeye hareketli takozlarla bağlanarak (burçlar) iletimde görev alırlar.

Bu tip süspansiyon elemanları olarak amortisör, helezon yayı, direksiyon kutusu, direksiyon rot kolu, rot başı, alt salıncak, travers, rotil, aks başı ,viraj denge çubuğu ve z-rot vardır [3].



Şekil 2.6. McPherson süspansiyon elemanları [3].

Diğer süspansiyon sistemlerine kıyasla üretimi gerektiren giderler daha azdır. Günümüz binek araçlarında kullanılan en yaygın ön süspansiyon sistemi Mac-Pherson tipi süspansiyon sistemidir. Ön ve arka itişli sistemlerden arkadan itişlilerde farklı kullanımlarda tercih edilse de, arkadan itişli araçların motor bölmesinin kapladığı alanın fazla olması bu araçlarda ön süspansiyon olarak çift salıncak süspansiyon sisteminin tercih edilmesinin oranını artırmaktadır.

Süspansiyon sistemi otomobilin yükünü karşıladığı gibi lastiklerin yola tutunmasını da sağlar. Otomobilin yol tutuşu hayati önem taşır. Süspansiyon sistemlerin de askı sistemleri arabayla tekerlekleri birbirine bağlayan kısımdır ve yoldaki tümsek ve çukurların sebep olduğu yanal kuvvetleri taşırlar. Ön süspansiyon sitemlerindeki askı sisteminde salıncaklar ve üzerlerindeki burçlar bu taşıma durumunu sağlayan önemli elemanlardır.

2.3. SALINCAKLAR

Salıncak kolları ya da tekil adıyla salıncaklar lastikler/tekerlekler ile uyumlu şekilde çalışırlar. Bu işleyiş esnasında araç içerindekilerin en önemli talebi olan kabin sarsıntısının az olması gereksinimini salıncağın sönümleme olayını yapabilme durumu olarak ifade edebilmek mümkündür. Salıncak kollarının rijitlik değerlerinin yüksek olması ortaya çıkan ve yer düzleminden gövdeye aktarılan enerjiyi sönümleyebilmesi ve devamında doğal bir beklenti olan taşıtın kullanım süresince tekrarlı yükler neticesinde oluşan yorulmalara mukavemet göstermesi gerekmektedir [4]. Salıncak kollarının maruz kaldığı kuvvetleri ise; Araç ekseni doğrultusunda meydana gelen ivmelenme ve frenleme, Yanal doğrultuda ortaya çıkan viraj kuvvetleri, dikey doğrultuda oluşan araç ağırlığı nedenli kuvvet şeklinde ifade edebiliriz.

2.3.1. Alüminyum Malzemeler

Hafif ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren taşımacılık ve inşaat sanayinde yaygın olarak tercih sebebidir. İşlenmesinin kolay olması ve yumuşak olması birçok sektörde alüminyum malzeme için avantaj sağlar. Alüminyum keşfedildiği ilk zamanlarda cevherinden ayrıştırılması yöntemi sebebiyle kullanılması çok zor olan metallerdendi. Alüminyum rafinesi en zor gruplardandır. Sebebi çok hızlı oksitlenmesi, oluşan bu oksit tabakasının çok kararlı yapı göstermesi ve demirdeki pasın yüzeyden alınması alüminyumda mümkün olamamaktadır.

Alüminyum, bilinen elementler içerisinde oksijen ve silisyumdan sonra cevheri en fazla olan üçüncü element olmasına rağmen, 1886 yılında elektroliz yönteminin sanayide kullanılmaya başlanması ile endüstriyel üretimi konuşulmaya başlanmıştır.

Alüminyum, ekstrüzyon, haddeleme ve döküm işlemleri ile çeşitli yarı- ürün ve ürünler haline dönüştürülür.

Alüminyum, ulaşım sektöründe kara araçlarının üretiminde tercih edilen malzemelerden en yüksek orana sahip malzemelerin başında gelir. Alüminyum kullanımının yaklaşık % 25'i taşımacılık da kullanılan araçların üretimine aittir.

Tasarımdaki hafif malzeme tercihi enerjiden elde edilecek tasarrufu belirler. Günümüzde bir otomobilde 50 kg alüminyum kullanılmaktadır. Bu sayede, yaklaşık 100 kg demir, çelik ve bakır malzeme tasarrufu yapılmaktadır. Yapılan kıyaslamalar ve bilgi birikimleri, alüminyum kullanılarak üretilmiş bir otomobilin, alüminyum oranı düşük otomobille kıyaslanması durumunda, aracın ekonomik yakıt ömrü boyunca 1500 litre daha az yakıt harcadığı tespit edilmiştir. Alüminyumun özelliklerinden bir başkası da paslanma direncidir. Alüminyumun mukavemet özellikleri malzemenin saflık derecesine ve imal şekline bağlıdır [5], [6].

Bahsi geçen alüminyumun özellikleri Çizelge 2.1'de gruplandırılarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Alüminyumun mukavemet özellikleri [5].

Özellikler	Dökme Al	Çekme Al	Isıl işlem uygulanmış Al
Çekme mukavemeti kg/mm2	9-12	18-28	7-11
Akma mukavemeti kg/mm2	3-4	16-24	5-8
Uzama	18-25	3-5	30-45
Büzülme	40-55	60-85	80-95
Sertlik Brinell	24-32	45-60	15-25
Elastik modülü kg/mm2		600-700	

2.3.2. Çelik Malzemeler

Demir çağından bu yana 4000 yıllık zamana dayanan gelişim süreci çeliğin ne kadar süredir var olduğunu gösterir. 200 yıl öncesine kadar sadece eşya ve silah yapımında karşılaşılıyordu. Eski kaynaklarda Hitit döneminde tavlama metodu kullanılarak çelik eldesi ile yapılan eşyalara rastlamak mümkündür.

Çelik, demir elementi ile karbon bileşiminden oluşan bir alaşımdır. Demirin ham halinin farklı yöntemler kullanılarak ve katkılar eklenerek üretiminde çelik veya pik demir nihai halini alır. Çelikteki karbon oranları yüzde 0.2- 2.1 arasında değişir ve içerisindeki karbon yüzdesi ile sınıflandırma kriterleri oluşur. Çeliğin sertleşmesi içerisindeki karbon miktarı ile doğru orantılıdır ve bu çeliğin yapısını güçlendirir ; ancak esnekliği azaltır. Yüksek karbon içeren demirlerde erime noktası düşük olur ve akma özelliği vardır. Bu tür çeliklere “dökme demir” denir. Az miktarda karbon ve demir cürufları içeren çelikler “dövme demir” olarak tanımlanır. Bu faktörler çeliğin paslanmazlığı ve kaynaklanma kabiliyetini belirler [7]. Bunlara bağlı olarak çeliklerin mukavemet özellikleri Çizelge 2.2’de çekme, akma, kopma, bükme, darbe başlıkları altında gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Çeliklerin mukavemet özellikleri [32].

TS EN 10025:2:2006	ASGARİ AKMA DAYANIMI Mpa (N/mm²) anma Kalınlığına Göre (mm)						ÇEKME DAYANIMI Mpa (N/mm²) anma kalınlığına göre (mm)			MİNİMUM % UZAMA						ASGARİ ENERJİ (J) VURMA DAYANIMI
										Lo 80 mm		t:kalınlığına göre Lo: 80 mm Lo:5,65√ So				
	<=16	>16 <=40	>40 <=63	>63 <=80	>80 <=100	>100 <=150	<3	>=3 <=100	>100 <=150	2 < t ≤ 2,5	2,5 < t ≤ 3	3 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	63 < t ≤ 100	100 < t ≤ 150	<=150
S235JR	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500	20	21	26	25	24	22	27
S235J0	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500							27
S235J2	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500							27
S275JR	275	265	255	255	235	225	430-580	410-560	400-540	18	19	23	22	21	19	27
S275JO	275	265	255	255	235	225	430-580	410-560	400-540							27
S275J2	275	265	255	255	235	225	430-580	410-560	400-540							27
S355JR	355	345	335	335	315	295	510-680	470-630	450-600	17	18	22	21	20	18	27
S355J0	355	345	335	335	315	295	510-680	470-630	450-600							27
S355J2	355	345	335	335	315	295	510-680	470-630	450-600							27
S355K2	355	345	335	335	315	295	510-680	470-630	450-600							33
S450JO	450	430	410	390	380	380	-	550-720	530-700			17	17	17	17	
E295	295	285	275	265	255	245	490-660	470-610	450-640	15	16	20	19	18	16	
E335	335	325	315	305	295	275	590-770	570-710	550-710	11	2	16	15	14	12	
E360	360	355	345	335	325	305	690-900	670-830	570-830	7	8	11	10	9	8	

2.3.3. Sac Malzemeler

İmalat sektöründe de genel kabul gördüğü üzere benzer biçimde 6 mm kalınlık üstüne sahip yassı malzemelere plaka, bu ölçüden ince kalınlığa sahip düzlem malzemelere ise sac denilir. Genel olarak pek çok nitelikli çalışma sonuçlarına dayanılarak otomobil üretiminde sac kalınlıkları seçim kriterleri ve güvenlik seviyeleri belirlenmektedir. Otomotiv sanayiinde tercih edilen sac malzemelerin karbon yüzdesi (%C) genel olarak % 0.25 değerinin altındadır. Yine bu oranla benzer biçimde çekme mukavemetini arttırmak için düşük alaşım tercih edilmektedir.

Araç imalatına uygun olarak geliştirilen ve arge çalışmaları sonucunda elde edilen malzemeler genel olarak HSLA (High strength low alloy) olarak isimlendirilir. Bunlardan 6 mm den ince saclar ASTM A1008 ve A1008M özellikleri (Spektleri) ile 6 mm den kalın plakalar ise ASTM A656 ve A656M özellikleri ile norm olarak ifade edilmektedir. Ayrıca SAE standartlarında SAE 942X ile SAE 980X arasında derecelendirilerek föy halinde yayınlanmışlardır.

2.3.4. Pik Demir

Yüksek ısılardaki fırınlarda demir cevherleri ile birlikte kok kömürünün kireç taşı gibi curuf yapıcı katkı malzemeleri ile birlikte ısıtılarak işlenmesiyle sıcak maden meydana gelir.Normalde sıcak maden pota veya torpidolar vasıtası ile çelikhaneye gönderilerek çelik üretimi sağlanır.

Pik demir içeriğinde çok yüksek (%3.5 ve %4.5) oranlarda karbon ihtiva etmektedir. Yüksek karbon oranı pik demirini çok kırılgan yaptığı için haddelenebilir veya dövülerek şekil alması mümkün değildir. Bu nedenle pik demiri şekillendirmek sadece döküm tesisinde kalıplar vasıtası ile mümkündür.

Bu malzemelerin en önemli vasfı ucuz olmasının yanı sıra döküm neticesinde ortaya çıkan makina parçasının içyapıları gözenekli olduğu için vibrasyon sönümleme kabiliyetlerinin yüksek olmasıdır.

Salıncaklarda kullanılan malzemelerle kadar ne şekilde üretildikleri ve üretim süreçleri de bir diğer önemli husustur. Aşağıdaki üretim yöntemleriyle (Çizelge 2.3) salıncaklar üretilmektedir.

Çizelge 2.3. Üretim yöntemleri [7].

ÜRETİM YÖNTEMLERİ				
İÇ DÖNÜŞÜMLER KİMYASAL VE FİZİKSEL		DIŞ DÖNÜŞÜMLER		
	DÖKÜM	KAYNAK	TALAŞ KALDIRMA	PLASTİK ŞEKİL VERME
	Erimiş durumdaki akıcılıkdan yararlanılır	Yerel Eritme ile birleştirme sağlanır	istenmeyen kısımlar uzaklaştırılır	Malzemenin Şekil Değiştirme kabiliyetinden yararlanılır
	Kum kalıba	Oksi-Asetilen	Tornalama	Dövme
	Hassas	Elektrik Ark	Frezeleme	Haddeleme
	Metal kalıba	Tozaltı	Planyalama	Ekstrüzyon
	Basınçlı	Plazma	Taşlama	Çekme

2.3.5. Dövme Prosesi

Geçmişi M.Ö. 5000 yıllarına dayanan metal şekillendirme işlemlerinde en eski yöntemdir. Parçanın iki kalıp arasına sıkıştırıldığı deformasyon yöntemidir. Dövme ile üretilmiş ürünlerde yüksek mukavemet, tokluk özellikleri üründen sağlanabilir. Kontrollü bir tane akışı elde edilir. Çoğu dövülerek üretilen parça sonrasında da ısıl işleme tabi tutularak operasyon devam edilir.

Bu yöntemle motor krank milleri, biyel kolları, dişliler, moment kolları, uçak yapısal parçaları, jet motoru parçaları üretilir, temel metal endüstrisi, sonradan talaş kaldırılarak son şekline ve boyutuna getirilecek büyük parçaların başlangıçtaki büyük formlarını elde etmek için dövmeyi kullanır.

Dövme işlemi soğuk veya sıcak dövme ve darbe veya pres ile dövme olarak sınıflandırılabilir.

Sıcak veya ılık dövme önemli oranda deformasyon gerektiğinden ve parça malzemesinin dayanımını düşürüp sünekliğini artırmak ihtiyacından dolayı en yaygın kullanılan yöntemdir.

Bu yöntem daha az kuvvete ihtiyaç duyar, fakat parça ölçüleri yeteri hassaslıkta elde edilemez. Büyük ebatlı parçalar bu yolla daha kolay dövülür. Yüzey pürüzlülüğü de iyi değildir çünkü yüzeyde oksit içerirler [8]-[9].

Çizelge 2.7'de sıcak dövmenin yapılış şekli bulunmaktadır.

Şekil 2.7. Sıcak dövme örneği.

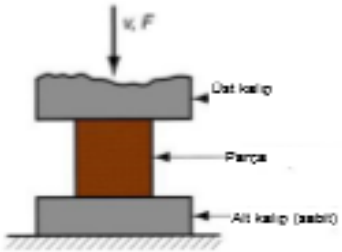
Soğuk dövme - Daha büyük kuvvete ihtiyaç duyar, sünek malzeme ister. Parça boyutları çok iyi çıkar. Orta ve küçük ebatlı parçalar soğuk olarak dövülür. Yüzey pürüzlülüğü iyidir. Bu yöntemde dayanım şekil değiştirme sertleşmesinden kaynaklı artar. Şekil 2.8'de soğuk dövme ile elde edilmiş ürünlerin görseli bulunmaktadır.

Şekil 2.8. Soğuk dövme örneği.

Dövme ve preste dövme işlemlerinde; dövme şahmerdanı bir darbe yükü uygular, dövme presi yavaş basınç uygular, dövme açık kalıp ya da kapalı kalıp da yapılmaktadır.

Bu kalıp da malzemenin en az sınırlama oluşacak şekilde akmasını sağlaması için iki düz kalıp arasında sıkıştırılır. Basit, kaba şekilli parçalar dövülür. Dövmenin yığma ve uzun

dikdörtgen prizma parçaların dövüldüğü proses uygulanır. Şekil 2.9'da açık kalıp için kuvvet ve parça pozisyonu gösterilmektedir.

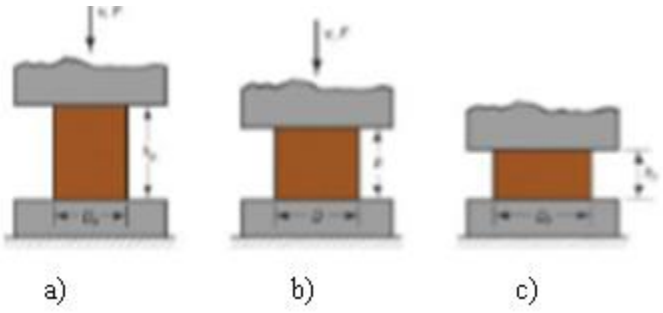


Şekil 2.9. Açık kalıp da dövme [9].

Deformasyon işlemi, parçanın boyunu kısaltırken çapını büyütür. Yaygın adı, yığma veya yığma dövmesidir.

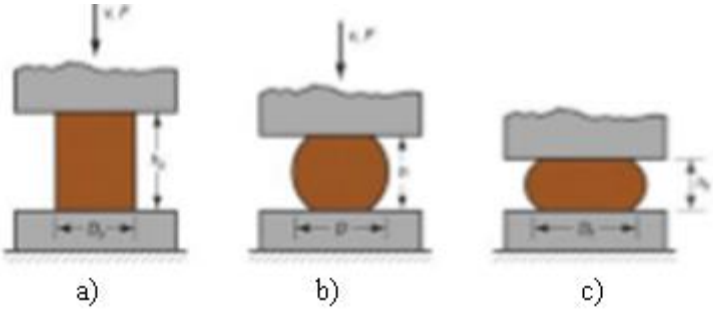
Kapalı kalıp da dövme sürtünmesiz ve sürtünmeli çeşitleri vardır.

Sürtünmesiz dövme; parça ile kalıp yüzeyleri arasında sürtünmesiz ortam varsa ve homojen deformasyon meydana gelmişse, bu durumda parça boyunca radyal akma üniformdur. Şekil 2.10'da açık kalıp da dövmede kuvvet altındaki değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.10. Bir açık kalıpta dövme işleminde ideal koşullar altında, silindirik bir parçanın homojen deformasyonu: a) Parça orijinal boy ve çapındayken işlemin başlangıcı, b) Kısmi sıkıştırma ve c) Son şekil [9].

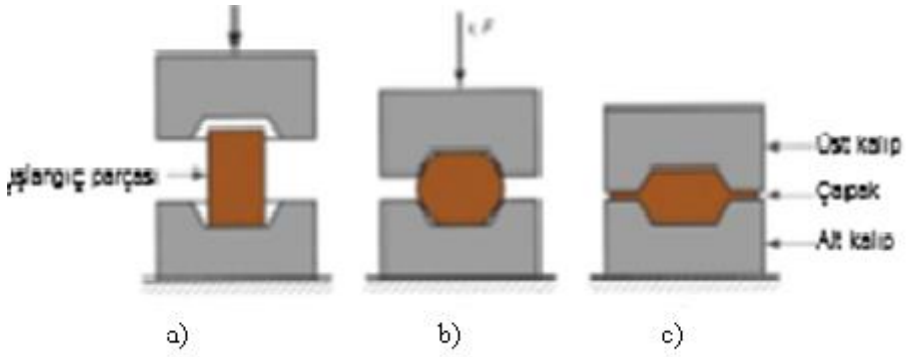
Sürtünmeli dövme işleminde ise burada sürtünme kuvveti etkin olduğu için oluşan deformasyon farklıdır.



Şekil 2.11. Fıçılaşma olarak adlandırılan durumu gösteren, açık kalıpta dövmede silindirik bir parçanın gerçek deformasyonu: a) İşlemin başlangıcı, b) Kısmi şekil değiştirme ve c) Son şekil [9].

Kapalı kalıp da dövme işleminde; parçanın, istenen şeklin tersine sahip kalıplar tarafından sıkıştırılması operasyonudur. Metalin kalıp boşluğunun hemen ilerisinde, kalıp plakaları arasındaki küçük boşlukların içine doğru akmasıyla çapak oluşumu meydana gelir. Çapağın operasyon bitimin de trimlenmesi gerekir; ancak sıkıştırma sırasında oluşan bu çapak önemli bir destekleyicidir. Çapak oluştukça sürtünme, metalin kalıp boşluğunu kaplayacak şekilde, boş alana metalin daha fazla akmasına direnç gösterir. Sıcak dövmede metalin akışı, kalıp plakaları arasındaki soğutma tarafından daha da sınırlanır [9].

Şekil 2.12’de kapalı kalıp da dövme prosesinin kalıplaması gösterilmektedir.



Şekil 2.12. Kapalı kalıpta dövmede işlem sırası: a) Ham parça ile ilk temasın hemen öncesi, b) Kısmi sıkıştırma, c) Kalıp plakaları arasındaki boşlukta çapak oluşmasına neden olan son kalıp kapanışı [9].

Bu dövmenin özelliği şekilleri kompleks olan parçaların dar toleranslar içinde üretilebilmesi için kullanılan yöntemdir. Çapaklı dövme, çapaksız dövme ve damgalama gibi çeşitleri vardır. Genellikle sıcak dövme uygulanır. Parça ilk önce tavlanır, kalıp boşluğu bu şekilde doldurulur. Çapak oluşur ve operasyon bitiminden sonra çapak alınır. Boyut toleranslarının uyumlu olması ve iyi yüzey çıkması için dövülen parçalar sonrasında cnc makineler de işlem görerek son halini alır. Şekil 2.13'de dövme ile elde edilen ürünlerin görselleri bulunmaktadır.

Şekil 2.13. Otomobil sanayi için yapılmış hassas dövme örnekleri [8].

2.3.6. Döküm Prosesi

Döküm, metal veya alaşımların ergitilerek bu işlem öncesinde var olan bir kalıp boşluğuna akıtılması ile yapılan üretim prosesidir. Döküm yoluyla üretilen parçaların boyutları birkaç mm'den birkaç metreye ve ağırlıkları da birkaç gramdan birkaç tona kadar ulaşabilmektedir. Talaşlı imalat ile yüzey işleme olasılığı güç olan veya deformasyon kabiliyeti düşük olan bazı malzemeler sadece döküm yoluyla üretilebilir. Titreşim sönümleme ve işlenebilme kabiliyeti gibi özellikleri döküm malzemelerde daha fazladır. Döküm, seri imalatta kullanımı yaygın olup, çok sayıda parçayı kısa sürede ve diğer uygulamalara göre daha düşük maliyetle üretilebilir [10].

Değişik döküm metotları arasındaki temel değişkenlikler kalıp malzemesi (kum, metal veya diğer bir malzeme) ve sıvı metalin kalıba giriş yöntemine dayanır (yerçekimi, vakum, düşük veya yüksek basınç). Bütün yöntemlerde ergitme ve katılaşmanın, inklüzyon, gaz ve çekilme boşluğu gibi potansiyel hataların oluşumunu önleyecek ve özellikleri maksimize edecek şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır [10].

Döküm yöntemiyle üretim de hem çok küçük parçalar hem de tonlarca ağırlıktaki büyük parçaların üretimine olanak veren teknikler kullanmak mümkündür. Çok kompleks, içi boş parçalarda bu yöntem kullanılarak hazırlanabilir ve malzemeler için en ideal yöntemdir denebilir (dökme demir gibi).

Döküm yönteminin sıraladığımız tercih sebeplerinin yanında az sayıda parça için yatırım maliyetinin yüksek olması, aynı malzemenin plastik şekil verme yöntemlerinden dövme de dayanım değerlerinin daha yüksek oluşu, hassas boyut toleransları, yüzey kalitesi yakalanamayışı, dezavantajlarıdır.

Döküm işlemi, üretilmek istenilen parça ile eş değer forma sahip boşluk bulunan bir kap vasıtasıyla sıvı metalin doldurulması içine doldurulması operasyonudur. Sıvı metalin doldurulduğu kalıp açık veya kapalıdır. Döküm ile üretim teknolojisinde daha yaygın olarak kullanılan kapalı kalıplarda sıvı metalin kalıba doldurulması için bir yolluk sistemine ihtiyaç vardır. Bazı kalıplar sadece bir kez kullanılabilmektedir, örneğin kum kalıplar ürünün çıkarım esnasında kum kalıbın bozulması gerekmektedir. bazı döküm kalıpları ise yinelenerek kullanılabilir, örnek verilecek olursa metal kalıplar sayılabilir [11].

Bazı önemli döküm yöntemlerinin karşılaştırması yapılmıştır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Bazı önemli döküm yöntemlerinin karşılaştırılması [11].

KALIPLAMA YÖNTEMI	PARÇA AĞIRLIĞI (KG)	EN AZ CIDAR KALINLIĞI (MM)	YÜZEY PÜRÜZ-LÜLÜĞÜ (µM)	BOYUT HASSA-SIYETI MM/M	ÇEKME[2] DAYANIMI MPA	ÜRETIM HIZI[3] PARÇA/SAAT	GÖZE-NEK-LILIK[4]	**hurda miktarı** [4]
Yaş Kum	0,1 - 2000	3-4	6 - 25	30 - 60	130	1 - 300	5	5
Kuru Kum	> 0,1							
Maça Kalıp	0,05 - 250							
CO_2 Yöntemi	0,05 - 250							
Kabuk Kalıp	0,05 - 150	1,5	1,5 - 5	2 - 5		10 - 50		
Metal Kalıp	0,25 - 150	2,5-4	4 - 18	40 - 60	160	20 - 100	4	4
Basınçlı Döküm	çok küçük - 20	0,5 - 1,5	0,5 - 3	1 - 3	205	90 - 800	1 - 2	2
Savurma Döküm	< 5000	1,5	0,5 - 8[1]	10[1]	170	30 - 50	1 - 2	1
Hassas Döküm	< 5	0,5 - 1	0,4 - 2	2 - 5		10 - 300		

1) Kalıp malzemesi metal
2) Bir aluminyum alaşımı için
3) 1,5 kg ağırlığında orta karmaşıklıkta bir parça için
4) 1:en az, 5:en çok

2.3.7. Sac Şekillendirme Prosesi

Nispeten ince metal saçlarda yapılan kesme ve şekillendirme işlemleridir. İşlemler genellikle soğuk şekil verme olarak gerçekleştirilir. Saç metal kalınlığı = 0.4 mm - 6 mm

Tüketici ve endüstriyel ürünler için metal saç ve levha parçalar bu yöntemle şekillendirilir [12].

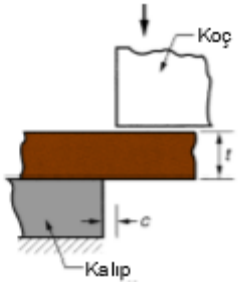
- Otomobil ve kamyonlar,
- Uçaklar,
- Demiryolu vagon ve lokomotifleri,
- Tarım ve inşaat ekipmanları,
- Küçük ve büyük ev aletleri vs.

Saç metal şekillendirmenin üstünlükleri ;

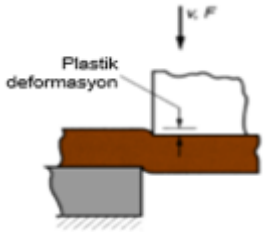
- Parçalar yüksek dayanıma sahiptir,
- Parçalarda yüksek boyutsal doğruluk
- Parçalarda iyi yüzey kalitesi,
- Nispeten düşük maliyet,
- Büyük miktarlarda ekonomik seri üretim sağlar.

2.3.7.1. Sac Metal İşleme Türleri kesme

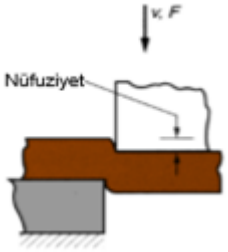
Büyük saçları ayırmak için kullanılır, parçaların metal saçın dışındaki çapaklarını kesmek için presleme, metal saçta delik açmak için presleme kullanılır. Sac metal şekillendirmelerde kuvvet altında sacın aşama aşama değişimi Şekil 2.14, Şekil 2.15, Şekil 2.16 ve Şekil 2.17'de detaylı olarak gösterilmiştir.



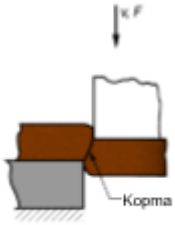
Şekil 2.14. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Zımba parçaya temas etmeden hemen öncesi [9].



Şekil 2.15. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Zımba, plastik deformasyona neden olarak parçayı itmeye başlıyor [9].



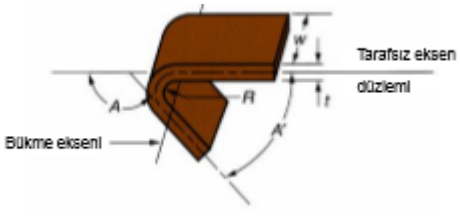
Şekil 2.16. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Zımba, düz bir kesme yüzey oluşturacak şekilde, parçayı sıkıştırıp nüfuz ediyor [9].



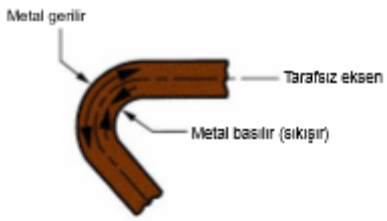
Şekil 2.17. İki kesici kenar arasında metal saçın kesilmesi: Sacı ayıran kırılma, karşılıklı kesme kenarlarında başlıyor [9].

2.3.7.2. Sac Metal İşleme Türleri Bükme

Bir düz eksen çevresinde sacı germe işlemidir. Kalıcı bir büküm oluşturmak için saç metalin bir düz eksen çevresinde gerilmesi işlemidir. Sac malzemeye uygulanan bükme operasyonunda kuvvet altındaki değişim Şekil 2.18 ve Şekil 2.19'da gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Saç metalin bükülmesi [9].



Şekil 2.19. Tarafsız düzlem iç kısmındaki metal sıkıştırılır; tarafsız eksen dışındaki metal gerilir. Bükmede metalde hem basma hem de çekme oluşur [9].

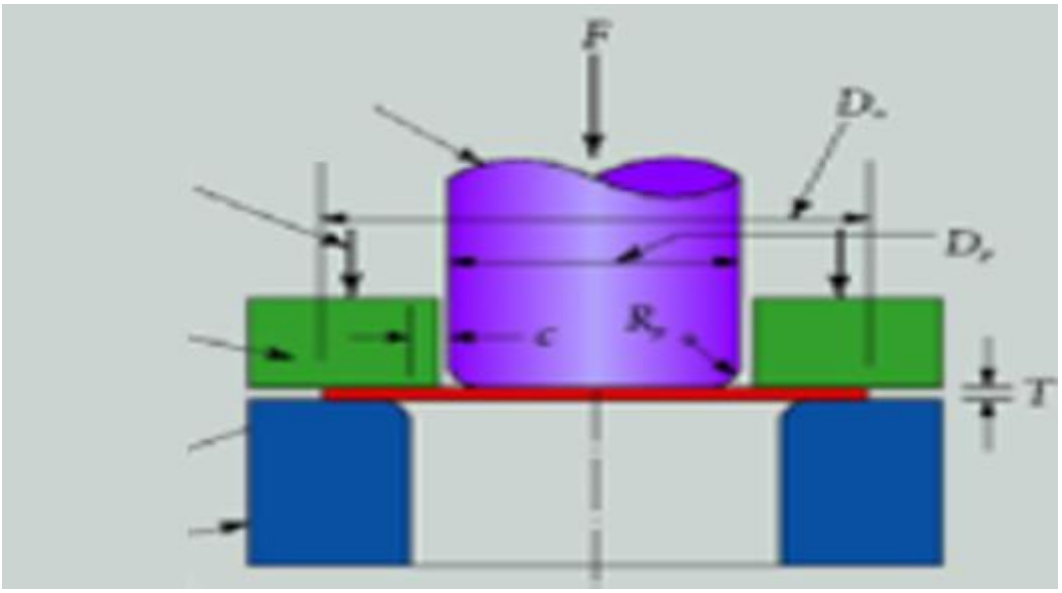
Bükmenin de türleri vardır. Kenar bükme ve v-bükme gibi.

2.3.7.3. Sac Metal İşleme Türleri Çekme

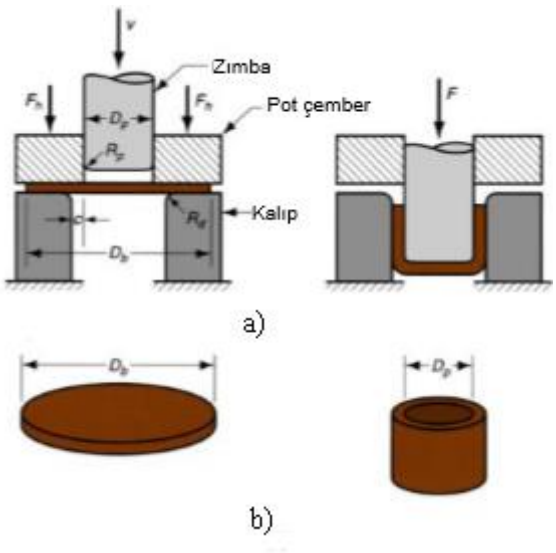
Tüp şekilli, kutu şekilli ve diğer karmaşık bükümlü, içi boşaltılan parçaları yapmak için saç metal şekillendirme kullanılır.

- Saç metal parça, kalıp boşluğunun üzerine yerleştirilir ve ardından zımba, metali boşluğa doğru iter.

- Ürünler: içecek kutuları, cephane kılıfları, otomobil gövde panelleri üretilir.

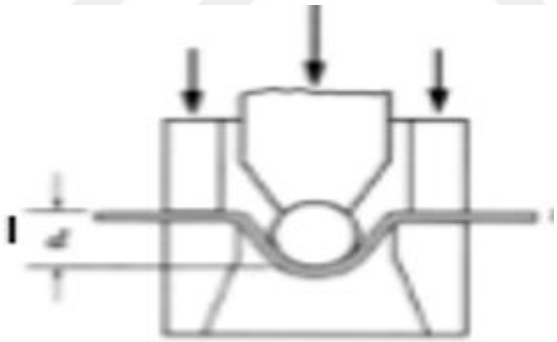


Şekil 2.20. Saç şekillendirmede alınan referanslar [12].



Şekil 2.21. a) Tüp kesitli parçaya çekme operasyonu: Parçaya zımba uygulaması öncesi, strokun gösterimi; b) Numune: başlama numunesi, işlem görmüş numune [12].

Sacların şekillendirilebilirliğini belirlemek için çökertme testi yapılır, bu test Şekil 2.22'de kuvvet ve parça şekli olarak gösterilmiştir [12].



Şekil 2.22. Çökertme testi (Erichsen testi) d nin değeri büyüdükçe şekillendirilebilirlik büyür [12].

Salıncak malzemeleri ve üretim proseslerinden bahsettikten sonra şimdi de burçlar malzemeleri ve üretim proseslerinden bahsederek çalışmamıza devam edelim.

3. SALINCAKLAR VE BURÇLARIN BAĞLANTISI

Tekerlekler gövdeye salıncak kollarıyla bağlanırlar, salıncak kolları; tekerleğin yukarı-aşağı hareket etmesine izin verir. Salıncak kollarında rotiller tekerleklerle iletimi yaparken, salıncaklar gövdeye kauçuk-metal burçlarla bağlanırlar. Burçlar, sitemin titreşimsiz ve sessiz çalışmasına imkan sağlar. Burçların zamanla boşluk yapmaları sese ve titreşime yol açmaktadır.

Arabaların ön takımında bulunan salıncaklar, arabaların herhangi bir çukura aniden girmesi halinde her türlü zararı engelleyebilmektedir. Fakat bu çukurlara sert bir şekilde girilmesi halinde araba salıncak arızası ile karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu sebeple de sürücülerin araçlarını dikkatli kullanmaları ve özellikle de çukur gibi engebelerde ön takımlarını korumaları büyük bir öneme sahip olmaktadır. Şekil 3.1'de salıncak üzerinde burçların gösterimi olduğu gibi Şekil 3.2'de salıncak üzerine montajsız halleri ve yerleri gösterilmiştir.

Arabada bulunan parçalar arasında oldukça önemli olan araba salıncağının da kendi içerisinde önemli parçaları bulunmaktadır. Araba salıncak burcu da bu parçalardan birisidir. Araba salıncağının daha iyi bir şekilde çalışmasını sağlayan salıncak burcu görülmektedir [23].

Şekil 3.1. Salıncak üzerinde burcun yeri [23].

Şekil 3.2. Salıncak üzerinde kauçuk metal burç gösterimi.

3.1. KAUÇUK-METAL BURÇLAR

Burçlar ön süspansiyon sistemin bağlantı noktalarında kullanılan elamanlardır. Amaç olarak kuvvetleri aktarmak, meydana gelebilecek veya ortamdaki ani hareket ve titreşimleri sönümlemek, montajlı ekipmanlar arasındaki boşluk yahut sıkılıkları gidermek amacıyla kullanılırlar. Kauçuk maddesinin metal yüzeyine iyi yapışmış olması durumu çok yönlü baskı kuvveti ve burulmalara maruz kalan burç ve takozlarda olması gereken başlıca hatta en önemli özelliktir. Kauçuk malzemesinin sertlik durumu sürüş konforuna doğrudan etki eder ve ön düzende bulunan tüm elamanların çalışma ömrünü etkileyen çok önemli bir etkendir.

Kautek firmasında kauçuk-metal burçların üretimi yapılmaktadır. Yapılan üretimde tedarikçiden temin edilecek hammadde ve diğer komponentler ön kalite sürecinden onay alırlar. Kauçuk-metal burçların iç borularında işlem yapılması gerekiyorsa eksantrik

presler vasıtası ile istenilen şekle getirilir. Uygun ölçülere sahip bu metal komponentler kauçukla vulkanize işlemi öncesinde istenilen yüzey toleranslarına girmesi ve kauçuğun metale yapışması için yüzey yıkama, kumlama, yağ alma ve boyama işlemlerine tabi tutulur. Yüzey için istenilen işlemler tamamlandıktan sonra otomatik boyama hatlarında boyama operasyonuna tabi tutulur. Vulkanizasyon için gerekli şartlar sağlandıktan sonra metal parçalar, soğuk yolluk sistemine sahip otomatik enjeksiyon preslerinde istenilen shorea'ya sahip kauçuk hamurları ile operasyona tabi tutulur. Vulkanizasyon operasyonunda kullanılacak kauçuk hamurları istenilen sertlik ve konfor değerini sağlayacak shorea seçilerek belirlenir. fabrika içerisinde kauçuk hamurların kimyasal özelliklerinin muhafazası amacıyla soğuk hava depolarında muhafaza edilir. Vulkanizasyon operasyonu tamamlanan kauçuk metal burçlar çapak alma operasyonuna tabi tutulur akabinde ürünlerin araç üzerinde kullanım koşullarına bağlı olarak korozyona uğramaması için fosfat ya da krom kaplama işlemlerine tabi tutulur. Yapılan bu üretimin her bir sonraki adıma geçişte oluşan ürün diğer ürünün hammaddesi sayıldığından her bir aşamada kalite onayı alınarak işlemlere devam edilir. İstenilen konfor ve mekanik şartlar ve yüksek parça mukavemetinin sürekliliğinin sağlanması amaçlanmaktadır.

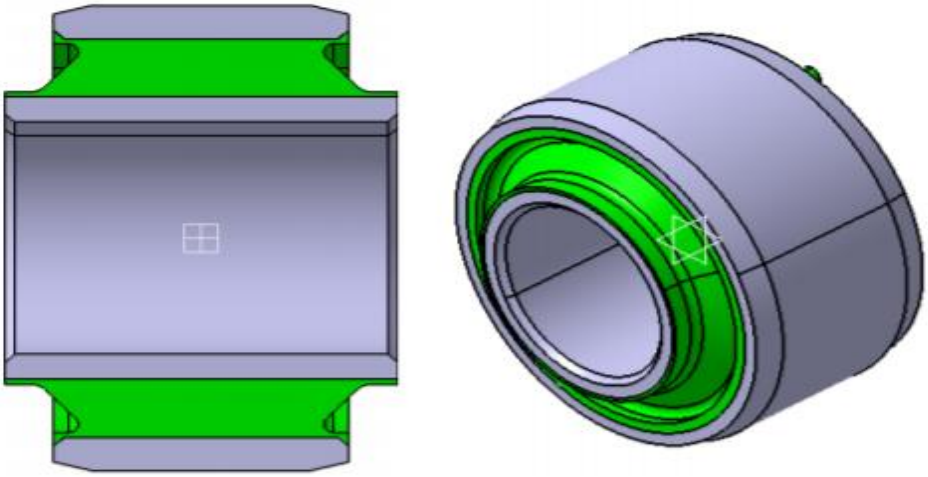
Kauçuk-metal burçlar, ön süspansiyon sistemlerinde genellikle bağlantı noktalarında, titreşim sönümleyici ve sistemdeki kararsız davranışları telafi etmeye yönelik bağlantı elemanları olarak tercih edilirler ve kritik parça değildirler. Şekil 3.3'de gösterildiği gibi birçok kauçuk metal burç türevleri mevcuttur. Kullanım yerleri ve görevleri itibariyle çeşitleri mevcut olup, kullanım yeri iç tasarımı, tercih edilen boruların malzemesi itibariyle çeşitlik kazanır burçlar, temel itibariyle iç burç, dış burç ve burçların arasını dolduran kauçuk malzemeden oluşan tek katmanlı burçlardır. Parçalar, yapısındaki en zayıf bileşeninin özellikleri dikkate alınarak tasarlanırlar. Tek katmanlı kauçuk-metal burçta kauçuk malzemenin deforme olması, parçanın hurda olması demektir. Bu yüzden kauçuk malzeme içeren parçaların tasarımları sırasında dikkat edilmesi gereken hususların başında kauçuğun yapısına uygun bir tasarım yapmak gelir [28].

Şekil 3.3'de çeşitli kauçuk metal burcun kesit alınmış görselleri bulunmaktadır.

Şekil 3.3. Çeşitli burçların gösterimi [28].

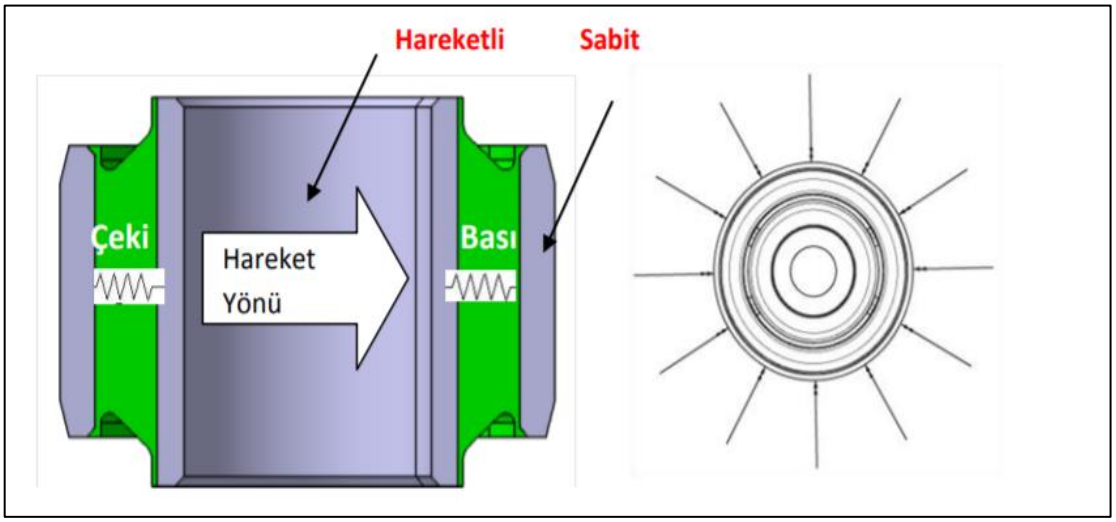
Yapısındaki kükürt bağları sayesinde elastiklik özelliği kazanan kauçuk, oda sıcaklığında orijinal boyunun en az iki misline uzatılabilen ve bu uzamayı temin eden kuvvet ortadan kaldırıldığında hemen hemen orijinal haline dönebilen polimerik malzemeler olarak tanımlanırlar. Kauçuk malzeme içeren parçaların hasar görme durumları incelenecek olursa çeki yüklemeleri altında çalışan parçalarda, uygulanan çeki kuvveti zamanla kauçuk yapısındaki bağların kopmasına sebep olmaktadır. Öte yandan kauçuk-metal malzemelerin bir arada kullanıldığı parçalarda, malzeme çiftinin yapıştırılmasında çeşitli yapıştırma teknikleri kullanılmaktadır. Parçalar üzerine gelecek çeki kuvvetleri bu yapıştırmaların hasar görmesine sebep olmakta sonuç olarak parça kullanılmaz hale gelmektedir. Bir diğer hasar türü de tekrarlı yüklemelerde görülen malzeme yorulmasıdır. Tekrarlı olarak bası-çeki yüklemelerine maruz kalan kauçuk parça sürekli olarak rahatlama noktasından geçtiği için zamanla ısınır ve kimyasal bağlar zayıflayarak kopmaya başlar. Parça tasarımında pratik olarak kauçuk parçalar için kesme yüklemeleri altında en fazla %75-100 birim şekil değişikliği, bası ve çeki yükleri altında en fazla %30 birim şekil değişikliği öngörülebilir. Açıklanan hasarlarla karşılaşmamak için çeki yönünde çalışma tercih edilmemelidir [28].

Şekil 3.4’de tek katmanlı yani dış boru ve iç borudan oluşan arasında kauçukla vulkanize olmuş burç görseli bulunmaktadır.

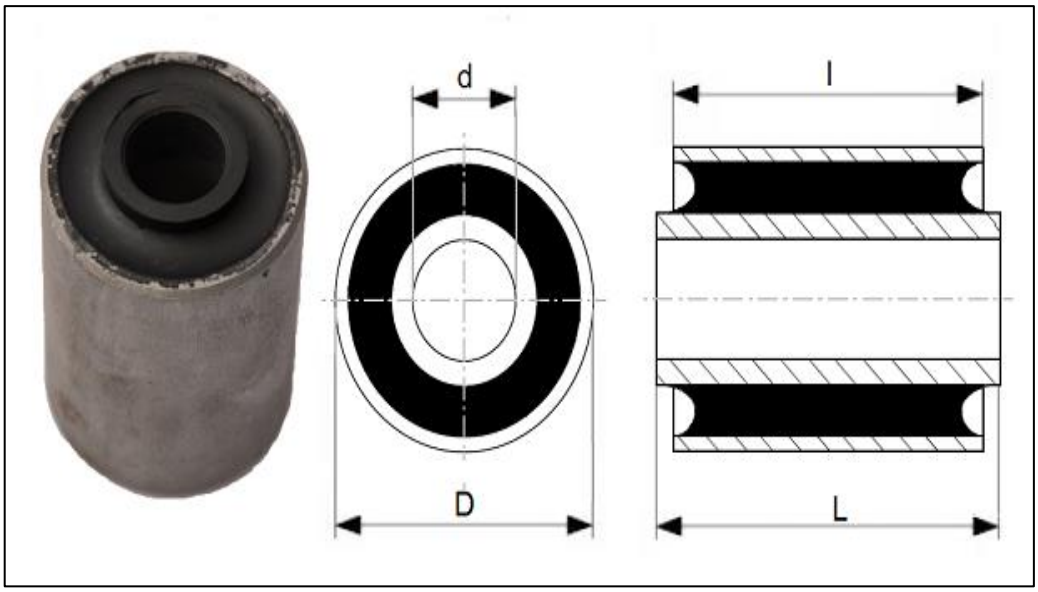


Şekil 3.4. Tek katmanlı kauçuk – metal burç [28].

Ön sıkıştırma, kauçuk-metal malzeme içeren burçlarda kauçuk malzeme üzerine bir ön yükleme yapılarak, parça ömrü boyunca sürekli bası yükü altında kalmasını sağlamak ve böylece parça ömrünü artırmaya yönelik bir uygulamadır. Şekil 3.5'de ön sıkıştırma şematik olarak gösterilmiştir. Bu gösterimde çeki ve basının kuvvete göre yönü gösterilmiş olup, Şekil 3.6'da kauçuk metal burçların örnek teknik resmi bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Ön sıkıştırma şematik gösterimi [28].



Şekil 3.6. Kauçuk metal burcun detaylı gösterimi

Kauçuk malzemesinden bahsedip sonra burcun üretilirken geçtiği safhalardan bahsederek yapmış olduğumuz kauçuk metal burçlarda sıkılık çalışmasına geçelim.

3.1.1. Kauçuk

Motorlu araçlarda hareket ederek çalışan tüm mekanik parçaların daha sessiz, titreşimsiz, sarsıntısız, esnek ve aşınmasız olarak çalışabilmesi için kauçuk malzemeden üretilen ve metal parçalarla birleşik çalışan burçlar kullanılır.

Kauçuk, bugünkü endüstrinin önemli maddelerinden biridir. Motorlu - motorsuz taşıt araçlarının tekerlekleri**,** çeşitli yağmurluklar, ayakkabılar, elektrikçilikte en önemli izolalar, düğme, tarak, kalem gibi maddeler, yapıştırma solüsyonları, vernikler, kauçuğun endüstriye uygulama şekilleridir. Doğal kauçuğun bu kadar çok kullanılması sebebi ile kauçuğu çok ucuz ve bol miktarda elde edebilmek için 1906 yılında Almanlar tarafından sentetik (yapay) kauçuk elde edilmiştir Kauçuk aslında bir ağaç adıdır. Bu ağacın kendisinden ve özsuyu olan lateksinden elde edilen maddeler endüstride kullanım sahası bulmuştur. Son yıllarda tabii kauçuğun yanı sıra sentetik kauçuğun da üretilmesi ile pek çok kauçuk türü ortaya çıkmıştır. Kauçuğun en önemli özelliği yüksek bir elastikiyete sahip olması, yani yeniden eski haline dönebilen bir uzayabilirliğinin olmasıdır. Kauçuk işleme endüstrisinin gelişmesinin ve hemen her sektörde kullanılmasının temelinde de bu vardır [14].

Kauçuk neftyağında, karbondisülfürde, karbontetraklorürde, terebentinde, eterde, gazyağında, benzinde ve buna benzer eritici sıvılarda çözülür. Fiziki ürünler arasında kauçuk; yumuşaklık, dayanıklılık, elastikiyet, su ve hava geçirmeme özelliği, yapıştırıcılık ve elektriğe karşı direnciyle çok önemli bir üründür.

Hakiki kauçuk tekrar tekrar birçok defalar uzatıldığında hemen hemen ilk baştaki orijinal boyutlarına yeniden geri gelir. Bu özelliği de kauçuğu, sentetik kauçuktan ve kauçuk gibi maddeleri ihtiva eden diğer bütün maddelerden ayırır.

Tüm dünyada yıllık 15 milyon tonun üstünde kauçuk üretilir; bunun yaklaşık üçte biri doğal kauçuktur. Kalanı, petrolden elde edilen kimyasal maddelerle yapılan yapay (sentetik) kauçuktur. Doğal kauçuk kauçuk ağacının (Hevea brasiliensis) kabuğundan akan sütümsü özsudan (lateks) elde edilir. Bu ağacın en iyi yetiştirildiği bölgeler ekvatorun çevresidir. Doğal kauçuk yetiştiren başlıca ülkeler; Brezilya, Nijerya, Liberya, Zaire, Güney Hindistan, Sri Lanka, Malezya, Endonezya, Tayland ve Filipinler'dir. Doğal kauçuk üretimi plantasyonların (büyük çiftlikler) yanı sıra küçük çiftliklerde gerçekleşmektedir [14].

Ağaçların gövdeleri üzerine demir bıçaklarla V şeklinde yarıklar açılır ve yarıklardan akan süt (lateks) kaplarda toplanır. Bu lateksin % 30-40 kadarı kauçuktur. Kauçuğu elde etmek için lateksin koagüle edilmesi gerekir. Bu işlem için asetik asit veya formik asit kullanılır. Böylece elde edilen kauçuk topaklar halindedir ve çekilebilir özelliktedir. Fakat kopmaya dayanıklı değildir. Lastik haline getirilebilmesi için kauçuğun kükürtle 135-160 derecede vulkanizasyonu gerekir. % 12-20 oranında kükürt taşıyan kauçuk, lastik adını alır. Daha fazla kükürt (% 30 gibi) girerse bu takdirde kauçuk sertleşir ve ebonit adını alan ve elektrik yalıtkanı olarak kullanılan bir ürün elde edilir.

Doğal kauçukla birlikte sentetik kauçuk da üretilmektedir.

Sentetik kauçuk vulkanize edilmemiş olan ürüne, kalıba konduktan sonra, ısı ve basınç uygulanır. Isıtmada kauçuk yumuşar ve kalıbı dolduracak biçimde akar. Aynı anda, kükürt kauçukla birleşerek kalıcı bir biçim almış vulkanize ürünü verir. Bunlardan başka dimetil silikondan elde edilen slikon kauçuğu da yapılmaktadır [14].

Kauçuk kullanımı, karayolu ulaşımının gelişmesiyle büyük artış göstermiştir. Önce bisikletler olmak üzere sırası ile otomobillere, kamyonlara, uçaklara, traktörlere ve hafriyat makinalarına teker yapımında kullanılmaktadır. Kauçuk çeşitleri Şekil 3.7 , Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

Şekil 3.7. Aşınmaya dayanıklı kauçuk [29].

Şekil 3.8. Nitril kauçuk [29].

Şekil 3.9. Doğal kauçuk [29].

3.1.2. Metal Boruların Eksantrik Preslerde Şekillendirilmesi

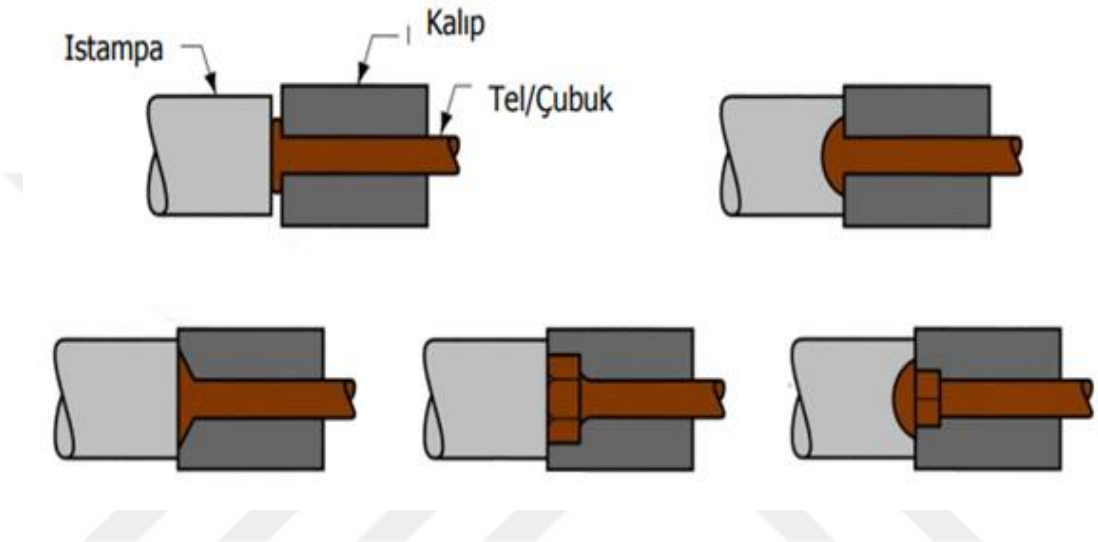
Eksantrik presler şekillendirilecek kalın parçaların kesilme ve delinmesinde kullanılan elektrik motoru ile çalışan makinelerdir. Eksantrik mil üzerine takılı volanın ağırlığı ile büyük bir kuvvetle vurarak kesme, delme ve bükme işlerini yapar. Bu presler, makinenin kapasitesine göre 5 ton ile 120 ton arasında kuvvet uygulayabilir [15]. Şekil 3.10'da eksantrik pres makinasının görseli bulunmaktadır.

Şekil 3.10. Eksantrik pres [15].

Burçların basılmasında kullanılan borular öncelikli olarak bu tezgahlar da istenilen ölçülere getirilirler.

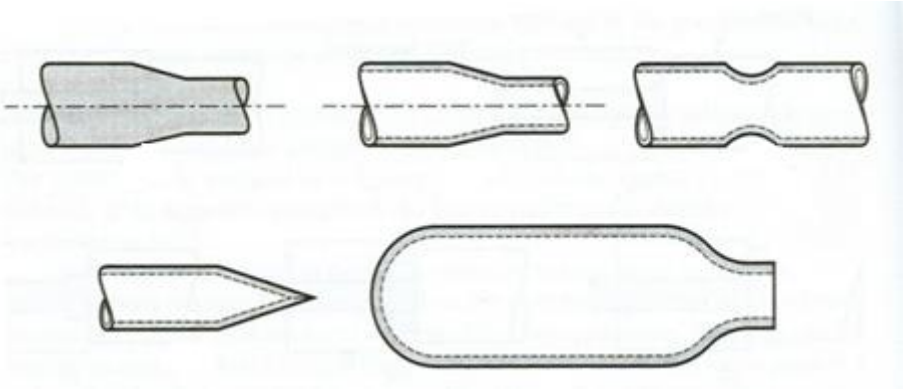
Eksantrik preslerde üst kalıp ve alt kalıp biyel kolunun volandan gelen kuvveti yardımıyla birleşmektedir. Bu kategorideki eksantrik preslerde küçük tonajlarda daha çok tercih edilir. Uygulanması gereken kuvvet arttıkça bu prese olan kullanım alanı azalır. Bir diğer pres çeşidi Friksiyon preste ise düşey konumdaki volanların hareketi yatay pozisyondaki volanlara temas ettirilerek hareket sağlanır. Sürtünmeyle oluşan yatay volanının elemanlarından sonsuz vida bir somun ile gövdeye montedir. Dönüş yönüne göre vida aşağı veya yukarı yönelir. Vidanın alt ucu bir fır döndü mekanizmayla koça bağlantı halindedir. Bu şekilde üst kalıp alt kalıp üzerine hareket etmektedir. Üst kalıp yukarı alınmak istendiğinde diğer düşey volan yatay volanla etkileşimdedir ve vida hareketinin yukarı yönde olması gerekmektedir. Bu presler dövme sektöründe yaygın olarak tercih edilmekte ve orta , büyük ölçekli parçaların dövülmesinde rol oynamaktadırlar [16].

Kafa şişirme yada yığma olarak bilinen uygulamalar dövme prosesinde kullanılan yayın uygulamalardır. Çivi başları, perçin başları, cıvata başlarının üretim prosesinde bu yöntemle şekillendirilir. Makinaya hammadde olarak tel ya da çubuk kesitli malzeme transfer edilir. Sıcak şişirme operasyonunda ısıtma prosesine ihtiyaç vardır. Proses bitiminde ürün nihai ölçüsüne kavuşmuş olur. Cıvata ve vidaların üretiminde ovalama operasyonu ile süreç tamamlanır. Şekil 3.11'de tel çubuğa uygulanan kafa şişirme operasyonları alfabetik sıralamayla gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Kafa şişirme ya da yığma işlemi gösterimi [16].

Tokaçlama ise soğuk dövmede tercih edilen yöntemlerin başında gelir. Koniklik verilmesi gereken yuvarlak kesitli parçalarda tercih edilir.İki kalıbın karşılıklı olacak şekilde yuvarlak kesitli malzemeye radyal olarak kuvvet almasıyla operasyon tamamlanır. Bu yöntemde iç çap değeri mandrel sayesinde belirlenir. Uygulamaya örnekler Şekil 3.12'de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Tokaçlama yöntemine örnekler [16].

Burada burçlarda kullanılan iç ,dış borular istenilen şekil ve ölçülere getirildikten sonra metal parçalar özel solüsyonlarda belirlenmiş sürelerde bekletilir bu işleme yüzey yıkama denir. Sonrasında kumlama prosesine geçilir.

3.1.3. Metal Borularda Kumlama İşlemi

Kumlama, metalin zamanla pas ve korozyona uğramasından dolayı üzerindeki yağ, kir, pas ve korozyonu kaldırıp boyama işlemi ile metalin kullanım ömrünü uzatmak için uygulanan bir yöntemdir. Kumlama işlemi, özel imal edilmiş grit adında çeşitli aşındırıcı maddelerle yapılır. Kumlama , metal yüzeyinde görünen ya da mikronize boyutlardaki pas ve korozyonu yok etmekle birlikte, metalin özünü ortaya çıkarmaktadır. Kumlaması henüz bitmiş olan bir metal, pas ve korozyona karşı en korumasız olduğu zamandadır. Metal kumlama işleminden sonra nemli bir ortama bırakılırsa bir kaç saat içinde renk değişimi ile kendini belli eden oksidasyona maruz kaldığı gözlenir. Bu sebeple kumlanmış olan metal en kısa sürede korunmalı,boyanarak metalin hava ile teması kesin suretle kesilmelidir. Bunun için en iyi uygulama zinc boyamadır.

Kumlama işleminin amacı her şeyden önce boya uygulanacak olan metalin tam anlamıyla temizlenmesi ve uygulanacak olan boyanın metal yüzeyinde tutunabileceği gözenekler ve pürüzlülük oluşturmaktır. Kumlama işlemi aynen zımpara kağıdın da olduğu gibi bir pürüzlülük sağlamaktadır. Uygulanan boyanın metal yüzeyine herhangi bir kimyasal reaksiyon ile yapışması mümkün değildir. Yapışmanın tam olabilmesi içinde yüzey, uygun aşındırıcılarla pürüzlü durma getirilmelidir.

Kumlama işlemi; kumunun yüksek basınçlı hava ile metal yüzeye doğru yönlendirilmesi işlemi olarak belirtilebilir. Bu yönlendirme ve devamında meydana gelen çarpma esnasında kum metal yüzeyi mikron mertebesinde aşındırırken, aynı zamanda yüzeydeki her türlü yağ tabakası, kirlilik ya da korozif bir durum gibi her türlü istenmeyen unsur temizlenerek yüzey boyama uygulaması için hazır duruma gelir. Açık alanda yapılacak seyyar kumlama işlemi için kumlama kazanları kullanılır. Kumlama kazanları ile tersanelerdeki gemilerin kumlanması, büyük konstrüksiyonların kumlanması gibi işler yapılabilmektedir [17].

3.1.3.1. Kumlama

Genellikle üzerinde kesme veya kaynak işleri yapılmamış çelik malzeme, profil, sac elemanlarının ya da belli ölçülerdeki kesme kaynak işleri yapılmış çelik malzemenin kumlanmasında, küçük ve çok sayıda metal parçaların kumlanmasında türbinli otomatik kumlama makineleri kullanılır. Trübinli Otomatik Kumlama makinaları, yarı-otomatik sistemlerle çalışır. Bu sistemin avantajı makineye girebilecek büyüklükteki malzemenin hızla ve ekonomik olarak kumlanabilmesidir. Dezavantajı ise büyük malzemelerin kumlanamamasıdır. Örneğin bir iş makinesini, bir yakıt tankını bir konteynırı,bir çelik köprüyü yada yerinde kumlama yapılması gereken diğer büyük malzemeleri Kumlama makinesinde kumlayamazsınız [17].

Otomatik döner tablalı kumlama makinasında parçalar döner tabla üzerine yerleştirilir ve kumlama alanına doğru sürekli bir şekilde ilerler. Bu durum kumlanan parça yüzeylerinin homojen olmasını sağlar. otomatik döner tablalı kumlama makinası sistemlerinin tek döner tablası ya da parçalara ayrılmış indeksleme tablası mevcuttur. otomatik döner tablalı kumlama makineleri kumlama malzemesini parçaların üzerine pürkürtmek için türbinlerle, hava enjeksiyonu ile ya da basınçlı kumlama sistemi ile donatılabilir. Tabla çapı 1,000’dan 2,500 mm’ye kadardır [30]. Otomatik döner tablalı kumlama makinasının haznesinin de mevcut olduğu Şekil 3.13 bize makine hakkında önemli detay sunmaktadır.

Şekil 3.13. Otomatik döner tablalı kumlama makinası [30].

Kumlama makinelerinde çeşitli kumlama aşındırıcı malzemeleri kullanılır. Bunlar, metal esaslı, cam ve mineral esaslı olabilmektedir. Kumlamada kullanılan aşındırıcıların doğru seçilmesi çok önemlidir. Her çeşit kumlama makinesinde kullanılabilecek aşındırıcı çeşidi farklıdır. Kumlama işlemlerinde nozul, nozul tutucu,kumlama maskesi, kumlama eldiveni gibi çeşitli kumlama malzemeleri kullanılır. Bu malzemeler; kumlama uygulayıcısının çalışma güvenliğini sağlamak amacıyla, ve kumlama işleminin verimliliğini artırmak amacıyla kullanılır. Kumlama malzemeleri olarak, paslanmaz çelik bilya, cam kürecik, alüminyum oksit bilya, çelik grid, bazalt, silis, kuvarz gibi aşındırıcılar kullanılmaktadır. Silis oldukça ince çeşitleri olan silis kumu genellikle ince saclarda hafif şiddetle kumlama yapılacağı zaman kullanılır. Bazalt; tozuması az denilebilecek bu kum genellikle kapalı ortamlarda kumun geri dönüşümlü olarak kullanılabileceği yerlerde kullanılır. Grit; tozuması en az ve kumlama gücü en iyi olan kum çeşididir. Aslında kum değil demir artığıdır [17]. kumlamada kullanılan malzeme çeşidini etkilediğinden bunlara örnek olarak Şekil 3.14’de granül partikülleri gösterilmiştir ve kullanılan malzeme granül olduğu için kumlama çeşitinin adı granüllü kumlama olmuştur.

Şekil 3.14. Çelik granülle kumlama [17].

3.1.3. Burçlarda Vulkanizasyon İşlemi

Vulkanizasyon kauçuğu sertleştirmek için bir yöntemdir. Kauçuk karışımlı malzemenin içinde yer alan kimyasal bağların kuvvetlenmesini sağlayan yüksek sıcaklıkla gerçekleşen bir prosestir.Çoğunlukla pişme işlemi olarak bilinir ve lastik halini almamış kauçuk hamurunun yapışmasını, yırtılmasını, kırılmasını ya da uzadığında tekrar eski hale gelmesini önler ki bu zaten hamurun lastik halini almasıyla eşdeğerdir. İçindeki pişiriciler ve kimyasallara göre bu işlem farklı sıcaklıklarda, farklı sürelerde gerçekleşebilir. Çizelge 3.1'de vulkanizasyonun üç farlı çeşiti ve bunların altında yöntemleri bulunmaktadır.

Vulkanizasyon prosesi artık mamul olmaya hazır kauçuk karışımların son şeklinin verildiği prosestir. Farklı ürün gruplarına farklı vulkanizasyon teknikleri uygulanabilir.

Çizelge 3.1.Vulkanizasyon prosesleri.

VULKANİZASYON PROSESİ		
KALIPLAMA	OTOKLAVDA VULKANİZASYON	SÜREKLİ VULKANİZASYON
KOMPRESYON	SICAK HAVA	SIVI
TRANSFER	BUHAR	SICAK HAVA
ENJEKSİYON	BASINÇLI SICAK SU	MİKRO DALGA

Kalıplama ile yapılan vulkanizasyon proseslerinden kompresyon da karışım kompresyon kalıbının iki yarısına kadar konur, basınç ve ısı tatbiki ile konulduğu kalıbın şeklini alır. Fazla konulan malzeme bir kanal vasıtası ile dışarı atılır. Sıkıştırma ile kalıplama basit ve ekonomik olduğu için daha avantajlıdır. Çapak miktarının fazla olması ve dolayısıyla

kalite düşümü standart ürün ortalamasını düşürdüğü için dez avantajı olarak değerlendirilir.

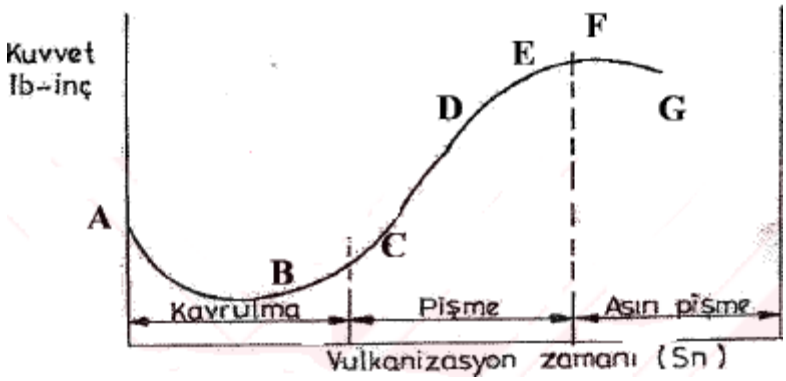
Transfer kalıplamada karışım kalıplanacak boşluğun dışında bir hazneye konur ve basınç ile birlikte besleme ağızlarından akarak kalıbı doldurur bu akış esnasında dar bir kanaldan geçtiği için sürtünmeden dolayı ısınarak vulkanize süresini azaltır. Transfer kalıplarında daha kompleks parçalar üretilebileceği gibi maliyet daha yüksektir.

Enjeksiyon kalıplama işleminde karışım işlenerek yumuşatılmayı takiben piston vasıtasıyla enjekte edilir. Proses hızlıdır, dikey ve yatay çeşitleri vardır, şerit haline getirilmiş hamur besleme ağzından verilir ve plastifikasyon ünitesi vasıtası ile ileriye aktarılarak kalıp için yeteri miktarda otomatik olarak açılarak ürün alınır. Ön şekillendirmeye ihtiyaç duymaması çapak miktarının az olması ve kaliteli, standart ürünler ortaya çıkarması avantajlarıdır. Yüksek maliyeti kısa süreli çalışmalarda bu prosesi uygulamayı dezavantaja çevirir.

Kapalı alanlarda sıcak hava, basınçlı sıcak su veya buhar uygulaması otoklav vulkanizasyonu olarak tanımlanır. Düşük sıcaklıkta daha uzun sürede gerçekleşen sıcak hava fırınları ile ön şekillendirilmiş kauçuklara vulkanizasyonu sağlar.Buhar vulkanizasyonu buharın atıl gaz görevi görmesinden dolayı hızlı bir etkileşim söz konusudur. Atıl gaz yanmayı desteklemeyecek miktarda oksijen barındıran gazdır.

Sürekli vulkanizasyon sistemleri genellikle kauçuk ürün şekillendirildikten sonra ısıtılmış ortamda aniden gerçekleşir ve sürekli olarak yinelenir.

Kauçuk –metal burçların imalatında hammadde girişinden mamul çıkıncaya kadar birçok kalite aşamasından geçer. Vulkanizasyon öncesindeki testler hammaddenin davranışları ile ilgili özelliklerin belirlenmesi safhasıdır bu safhada homojen karışım elde etmek gerekmektedir. Dağılımın yanında prosese uygun olması ve akışkanlık özellikleri de prosese uygunluğun kontrolü için önemli bir kriterdir. Şekil 3.15’de vulkanizasyon safhaları gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Vulkanizasyon eğri karakteristikleri.

AB akma zamanı hamur yumuşaktır ve kalıba akar

BC yanma zamanı kükürt halkası açılarak polimerle etkileşime başlar

CD yetersiz vulkanizasyon çapraz bağlanmaların başladığı zaman açılan kükürt halkaları yeni bağları oluşturmaya başlar

DE optimumu vulkanizasyonvulkanizasyoniçin en uygun zamandır

EF plato kükürt bağlarının kısalması esnekliğin azalması

EG geri dönüş bağların açılması ve fiziksel özelliklerde düşme

CD parçasının eğimi vulkanizasyon hızını verir.eğim ne kadar dik ise vulkanizasyon o kadar hızlı olur. AB'nin uzunluğu da bize çalışma emniyetini verir.

4. KAUÇUK - METAL BURCUN SALINCAK GÖVDELERDEKİ (ALÜMİNYUM, DÖKÜM, ÇELİK) ÇIKMA KUVVETİ DENEYİ

Bu çalışmada araçlardaki ön süspansiyon sisteminin elemanlardan olan salıncaklarda kullanılan burç çeşitlerinden olan kauçuk-metal burçların otomotiv sektöründe en çok tercih edilen alüminyum,çelik,döküm ve dövme metodları kullanılarak üretilen salıncaklarda istenilen burç çıkma kuvvetlerini sağlaya bilmesi için kauçuk-metal burçlara hangi aralıklarda sıkılık verilmesi gerektiği konusunda deneysel yöntemle optimizasyon yapılmış olup böylelikle arabalarda salıncaklardan şaseye olan geçişlerin yumuşak ve sürüş konforunun artması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada 3 farklı malzemeden oluşan gövde malzemeye belirlenen boşluklarda aynı burcun kuvvet analizleri yapılarak hangi aralıklarda boşluk verilerek burç çakma işlemi yapılırsa optimum kuvvet elde edilmesinin bulunması beklenmektedir [19]-[20]. Deneysel yöntemde kullanılan burç Şekil 4.1'de mevcuttur.

Şekil 4.1. Testlerde kullanılan burç görseli.

Otomobillerde kullanılan salıncaklar sacdan, alüminyumdan ve dökme demirden yapılabilmektedirler. Çeşitli yöntemlerle farklı yüzey formları kazandırılarak üzerine

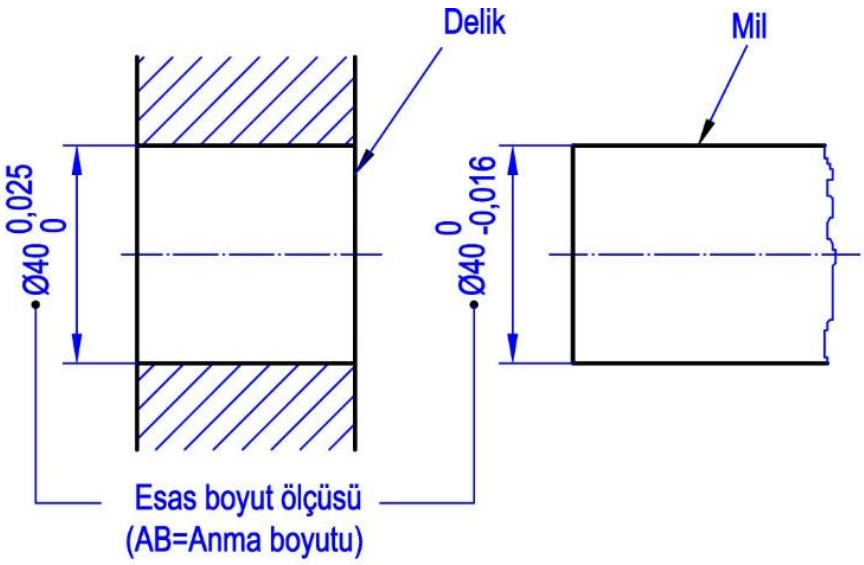
farklı çaplardaki burçların çakılması için talaşlı imalat, kesme-bükme gibi işlemlerden geçirilir ve hesaplanan yatak çaplarına uygun sıkılık değerlerine getirilirler.

Çizelge 4.1'de normal delik ve mil sistemindeki geçme toleransları verilmiştir. Burç ve salıncak için de bir geçme işlemine (boşluklu, belirsiz, sıkı) karar verilir. Uluslararası standart olarak belirlenmiş olan tablolardan yararlanılarak salıncak ve burç arasındaki çap eşleşmesi hakkında bir çıkarım yapılabilir. Salıncak ve burcun öncelikle çalışacağı yere ve sınıfına karar verilir. Burç ve salıncak için ise salıncağın üzerindeki yatağından ancak büyük kuvvetler ile, zorlamayla çıkarılarak değiştirilebilir olmalıdır. Bu sonuca göre tolerans niteliği orta sınıf hassasiyetli seçilir. Geçme bölgesi de sıkı ve belirsiz geçme olarak seçilebilir. Değiştirilebilir olan malzeme burç olduğu için de salıncak gövdesi üzerindeki deliğe uyacak olan burç çapı belirlemek için Normal Delik Sistemi'ne bakılır. Normal delik ve mil tolerans sınıfı için Çizelge 4.1'e bakılarak karar verilebilir. Öncelikle boyut toleransından ve delik ve millerdeki sıkı geçmelerle ilgili bilgi ve tabloları ele almak gerekmektedir. Buna yönelik olarak; Boyut Toleransları (TS 1845, TS 450, TS 1980, TS 1506) boyut ölçülerinin üzerine konulan toleranslar olup iki sınır değerine ait alt ve üst sapma farklarıdır. Sapma farklarının seçiminde esas olan ölçü anma boyutudur.

Çizelge 4.1. ISO Delik toleransları (ISO 286-2) metrik yüzey pürüzlülüğü değerleri µm (mikrometre) birimi ile gösterilir [31].

MİKROMETRE

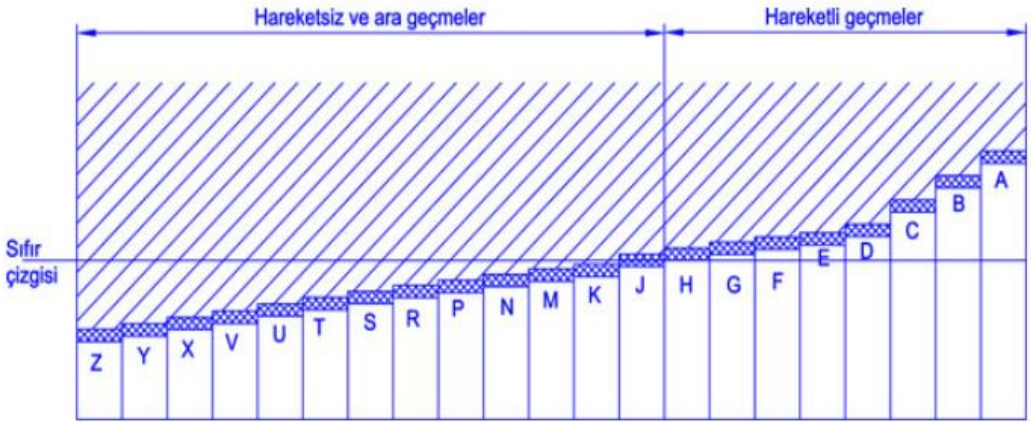
	+28	+34	+43	+53	+66	+79	+94	+110	+129	+142	+161
E6	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125
	+32	+40	+50	+61	+75	+90	+107	+125	+146	+162	+185
E7	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125
	+95	+115	+142	+170	+210	+250	+292	+335	+390	+430	+485
E11	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125
	+140	+175	+212	+250	+300	+360	+422	+485	+560	+630	+695
E12	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125
	+200	+245	+302	+370	+440	+520	+612	+715	+820	+920	+1015
E13	+20	+25	+32	+40	+50	+60	+72	+85	+100	+110	+125
	+18	+22	+27	+33	+41	+49	+58	+68	+79	+88	+98
F6	+10	+13	+16	+20	+2	+30	+36	+43	+50	+56	+62
	+22	+28	+34	+41	+50	+60	+71	+83	+96	+108	+119
F7	+10	+13	+16	+20	+25	+30	+36	+43	+50	+56	+62
	+28	+35	+43	+53	+64	+76	+90	+106	+122	+137	+151
F8	+10	+13	+16	+20	+25	+30	+36	+43	+50	+56	+62
	+12	+14	+17	+20	+25	+29	+34	+39	+44	+49	+54
G6	+4	+5	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+15	+17	+18
	+16	+20	+24	+28	+34	+40	+47	+54	+61	+69	+75
G7	+4	+5	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+15	+17	+18
	+22	+27	+33	+40	+48	+56	+66	+77	+87	+98	+107
G8	+4	+5	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+15	+17	+18
	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29	+32	+36
H6	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57
H7	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+89
H8	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	+30	+36	+43	+52	+62	+74	+87	+100	+115	+130	+140
H9	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	+48	+58	+70	+84	+100	+120	+140	+160	+185	+210	+230
H10	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+320	+360
H11	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0



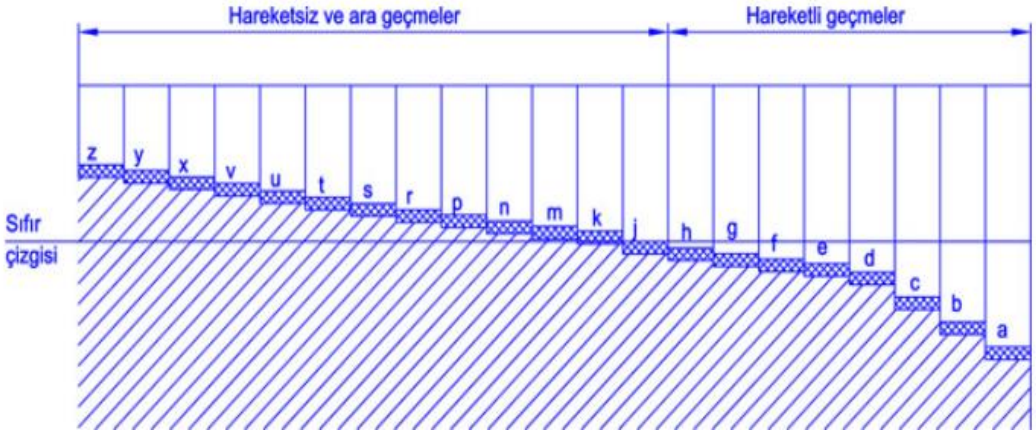
Şekil 4.2. Boyut toleransının gösterimi [31].

Çizelge 4.2. ISO mil toleransları (ISO 286-2) [31].

MİLLER İÇİN ISO TOLERANSI (ISO286-2)																				
NOMİNAL MİL ÖLÇÜSÜ																				
over	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
inc.	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
MİKROMETRE µ																				
a12	-270 -390	-280 -430	-290 -470	-300 -510	-310 -560	-320 -570	-340 -640	-360 -660	-380 -730	-410 -760	-460 -860	-520 -920	-580 -980	-660 -1120	-740 -1200	-820 -1280	-920 -1440	-1050 -1570	-1200 -1770	-1350 -1920
d6	-30 -38	-40 -49	-50 -61	-65 -78	-80 -96		-100 -119		-120 -142		-145 -170			-170 -199			-190 -222		-210 -246	
e6	-20 -28	-25 -34	-32 -43	-40 -53	-50 -66		-60 -79		-72 -94		-85 -110			-100 -129			-110 -142		-125 -161	
e13	-220	-270	-334	-410	-50 -440		-60 -520		-72 -612		-85 -715			-100 -820			-110 -920		-125 -1015	
f5	-25	-32	-40	-49	-25 -36		-30 -43		-36 -51		-43 -61			-50 -70			-56 -79		-62 -87	
f6	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41		-30 -49		-36 -58		-43 -68			-50 -79			-56 -88		-62 -98	
f7	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50		-30 -60		-36 -71		-43 -83			-50 -96			-56 -108		-62 -119	
g5	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20		-10 -23		-12 -27		-14 -32			-15 -35			-17 -40		-18 -43	
g6	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25		-10 -29		-12 -34		-14 -39			-15 -44			-17 -49		-18 -54	
g7	-4 -16	-5 -20	-6 -24	-7 -28	-9 -34		-10 -40		-12 -47		-14 -54			-15 -61			-17 -69		-18 -75	
h4	0 -4	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7		0 -8		0 -10		0 -12			0 -14			0 -16		0 -18	
h5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11		0 -13		0 -15		0 -18			0 -20			0 -23		0 -25	
h6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16		0 -19		0 -22		0 -25			0 -29			0 -32		0 -36	
h7	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25		0 -30		0 -35		0 -40			0 -46			0 -52		0 -57	
h8	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39		0 -46		0 -54		0 -63			0 -72			0 -81		0 -89	
h9	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62		0 -74		0 -87		0 -100			0 -115			0 -130		0 -140	



Şekil 4.3. Deliklerde geçmeler [31].



Şekil 4.4. Millerde geçmeler [31].

Çizelgelerdeki ISO normlarına göre millerde ve deliklerde sıkı geçmeler için aralıklar belirlenmiştir aşağıdaki Çizelge 4.3'de bu aralıklar verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sıkı geçme aralık örnekleri [31].

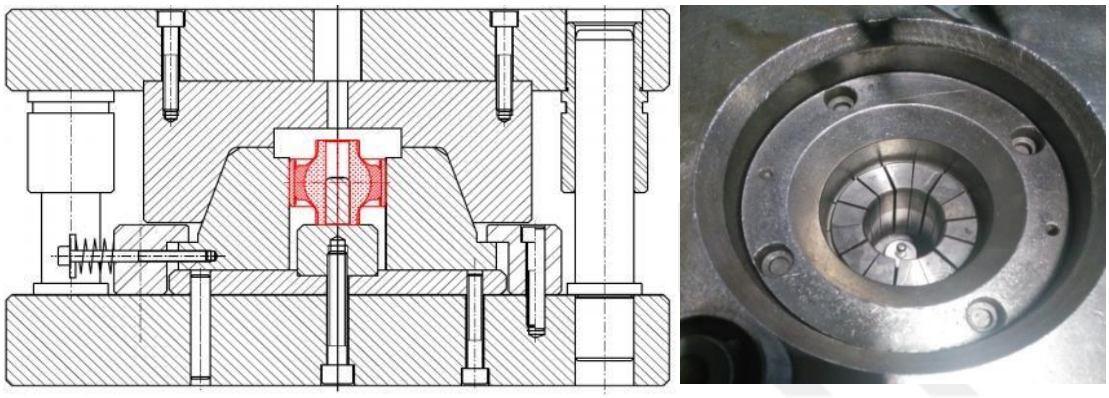
Birim delik sistemi	Birim mil sistemi	Geçme şekli
H7/h6 H7/f6 H7/g6 H8/d9 H8/e8 H9/d9	H7/h6 F7/h6 G7/h6 D9/h8 E8/h8 D9/h9	Boşluklu geçme ▪ Elle montaj ▪ Mil üzerine sürülen çarklar, kavrama yarıları ▪ Pistonlar
H7/k6 H7/j6 H7/n6 H7/m6	K7/h6 J7/h6 N7/h6 M7/h6	Ara geçme ▪ Çekiçle montaj ▪ Millere geçirilen göbek ve yataklar ▪ Sıkça sökülen parçalar
H7/p6 H7/s6 H7/r6 H7/u6	P7/h6 S7/h6 R7/h6 U7/h6	Sıkı geçme ▪ Presle veya göbek ısıtılarak montaj ▪ Dişli göbekleri, tekerlekler, kamasız geçirilen mil montajı ▪ Yüksek gerilme altında kalan bütün parçalar

Çizelge 4.4. Sıkılık için tolerans belirlenmesi [31].

NORMAL DELİK	NORMAL MİL	ALIŞTIRMA ÇEŞİDİ	UYGULAMA YERLERİ
	X8/h8, Z8/h9	Sıkı alıştırmalar	Dişli çark elemanları, silindirik pimler, büyük döndürme momentlerinin iletilmesinde
H7/r6, H7/s6, H5/r4	S7/h6		Büyük tutukluluk kuvveti için, dişli çark volan ve teker göbekleri, döküm göbekler üzerine bronz yataklar,(s6 büyük, r6 küçük çaplar için)
H7/m6, H7/n6		Belirsiz alıştırmalar	Büyük bir kuvvetle sökülebilen sıkı birleştirilmiş parçalar (silindirik pimler yüksükler)
H7/j6, H5 / j5			Hafif vurarak veya kuvvetli itişle birbirine geçen parçalar Dişli çarklar merkezleme flenşları, kasnaklar.
H7/h6, H6/h6, H5/h4	H7/h6, H6/h6, H5/h4		İtildiğinde kayabilen parçalar delme yüksükleri, yüksek hassasiyetli dişli çark elemanları merkezleme flenşler
H8/h8, H8/h9	H8/h8, H8/h9		Kaygın birleştirilmiş elemanlar, merkezleme fonksiyonlu perçin ve pimler
H10/h9, H11/h11	H10/h9, H11/h11		Az merkezleme fonksiyonlu perçin ve pimler
H4/g3, H5/g5		Boşluklu alıştırmalar	Dinamik hava yatakları sızdırmaz kaymalı yataklar.
H5/g5	G5/h5		Sessiz çalışan yüksek hassasiyetli çok az boşluklu kaymalı yataklar
H7/g6	G7/h6		Az boşluklu ince tamlıkta hassas kaymalı yataklar ince kayıt kızak yatakları.
	G7/h8		Az boşluklu kaymalı yataklar
H7/f7, H6/f5			Yüksek zorlamalı kaymalı yataklar. Kayabilen dişli çarklar, yatak burçları, kaygın dişliler.
H8/f8	F8/h8		Orta zorlanmalı kaymalı yataklar, kolay kayabilen birleştirmeler.

Salıncak burç deliğine takılacak olan burçların çıkma kuvvetlerini etkileyen geçme ölçüleri yatağın çap ölçülerine bağlı olarak Normal Delik Sistemi'nde belirsiz ve sıkı alıştırmalar olarak Çizelge 4.4'de belirtilen bu gruplardan belirsiz alıştırma toleransları; H7/m6, H7/n6 ve sıkı geçme toleransları; H7/r6, H7/s6, H5/r4 toleransları burçların çıkma kuvvetleri için uygun sonuçlar verdiği ifade edilmiştir [23].

Kauçuk-metal burçların dış borularına uygulanan çaplama işlemi, çaplama kalıbı ve 100 tonluk benzeri eksantrik pres kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilir. Çaplama kalıbının kesit görünümü ve fotoğrafı Şekil 4.5'te, aparat görünümleri Şekil 4.6'da verilmiştir [23].



Şekil 4.5. Çaplama kalıbı ve kesit görünümü [23].

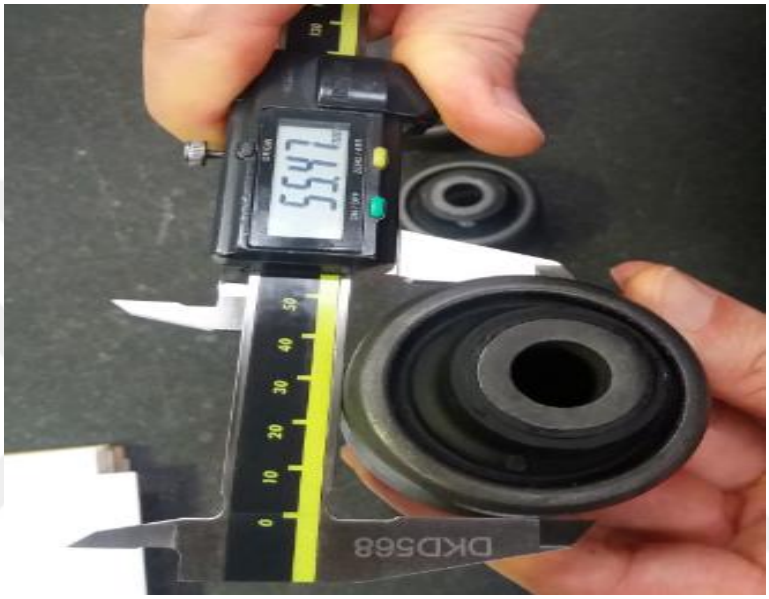
Şekil 4.6. Çaplama aparatları görünümü [23].

Burçlar ilk üretildikleri dış çaptan, daha küçük çaplara sıkıştırılır. Örneğin bir burç çalışması sırasında iç burç hareketi olarak 0.4 mm bir harekete maruz kalacaksa, Ø25 mm üretim dış çapına sahip bir burcu, Ø24 mm'ye sıkıştırarak ön sıkıştırmak, parça çalışması

sırasında sürekli olarak bası yükü altında çalışmasını sağlamak için yeterli olacaktır. İkinci bir ön sıkıştırma metodu ise iç burcun iç çapını büyüterek yine burcun komplesine bir ön sıkıştırma uygulamaktır. Burç geometrisine ya da üretim toleranslarına göre dıştan-içe ya da içten-dışa ön sıkıştırma metodu seçilir [28].

Yapılmak istenilen optimizasyon aralığı çalışması deneysel yöntem metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle burçlar yukarıda belirtmiş olduğumuz sıkılık çalışması için ölçülmüştür.



Şekil 4.7. Kumpas ile ölçüm.

Burç ölçümlerinden sonra görseldeki salıncaklardan burçların çakılacağı kısımlar kesilmiştir.

Şekil 4.8. Kesilen salıncak.

4.1. KAUÇUK-METAL BURCUN ALÜMİNYUM GÖVDE ANALİZİ

Çizelge 4.5'de 9 adet burç no ile numaralandırılmış kısım her biri farklı burç için kullanılmış terimdir no 1 ; 1 numaralı burcu no 2 ; 2 numaralı burcu olmak üzere 9 adet burç bu şekilde belirtilmiştir. Şekil 4.6'da gösterildiği üzere burç ölçümünde tek ölçüm yerine burç üretimin metodundan ve kauçuğun özelliğinden kaynaklanan toleranslar sebebiyle çap (D1) burç dış çapı aynı yüzey üzerinde farklı toleranslarda gelmektedir ,istenilen D1=D2 olması istense de Çizelge 4.5'de de görüleceği üzere D1 ve D2 tolerans sebebiyle farklı çıkmıştır bu deneysel çalışmada sıkılık aralığının doğru seçilebilmesi adına adı yüzey referansı alınıp D1 ve D2 denmiştir istenilirse ölçüm artırılabilinir. Çizelge 4.5'de ortalama Olarak belirtilen kısım (D1+D2)/2 işleminin sonucu olan ve sıkılık için daha yakın sonuca ulaştıracak referans alınan çap ölçüsünü veren değerdir.

Çizelge 4.5. Alüminyum gövde sıkılık çalışması.

BURÇ SIKILIK DENEYLERİ GG40					
No	***D1***	**D2**	***Ortalama (D3)***	**Burç sıkılığı (x)**	***Burç işleme çapı (D4)***
1	**55.39**	**55.43**	**55.410**	**0.15**	**55.260**
2	**55.51**	**55.40**	**55.455**	**0.2**	**55.255**
3	**55.41**	**55.46**	**55.435**	**0.25**	**55.185**
4	**55.45**	**55.46**	**55.455**	**0.3**	**55.155**
5	**55.52**	**55.34**	**55.430**	**0.35**	**55.08**
6	**55.51**	**55.43**	**55.470**	**0.4**	**55.07**
7	**55.45**	**55.41**	**55.430**	**0.45**	**54.98**
8	**55.52**	**55.30**	**55.410**	**0.5**	**54.91**
9	**55.47**	**55.38**	**55.425**	**0.55**	**54.875**

Burada yapılan çalışmada en düşük 0.15 en yüksek 0.55 sıkılık da testler yapılmıştır h7/r7 Çizelge 4.1'de 50-60 çap aralığı için 0.3 aralığı olabileceği bilgisi olduğu için sıkılık aralığın bu değerin altında ve üstündeki durumu da araştırılmak için 0.15 ve 0.55 belirlenmiştir. Alt ve üst sıkılık değerleri belirlendikten sonra Şekil 4.8'de ki salıncakların kesilen burç geçecek iç işleme çapları sıkılığa uygun değere işlenmiştir. Yapmış olduğumuz operasyonları ifade etmek için ;

D1=burç dış çap (1. Referans alınan yüzey)

D2= burç dış çap (2. Referans alınan yüzey)

D3=D1+D2/2 (ortalama değer)referans alınacak dış çap değeridir

X =Belirlemiş olduğumuz sıkılık değerleri (X1,X2……X9)

D4=(D1+D2/2)- X (istediğimiz sıkılığı elde etmek için olması gereken salıncak iç işleme çapı)

Burada hangi sıkılık aralığının maksimum burç çıkma kuvvetini vereceğini bulmak için sıkılıklar tarafımızdan verilip değişken olarak salıncağın iç işleme çaplarında işleme değişkenliği ile oynama yapıyoruz ve istediğimiz sıkılıkları elde etmek için her bir

salıncağı kendine çakılacak burca uygun sıkılığa gelecek çapa indirilmiştir. Sonrasında sırayla burçlara yapılan bu operasyonları formüle edilmiştir.

1 numaralı burç için

$D1_1$=55.39 mm

$D2_1$=55.43 mm

D3= D1+D2/2= ($D1_1$+ $D2_1$/2)=(55.39+55.43)/2=55.41 mm

X_1=0.15 mm sıkılık

$D4_1$=($D1_1$+ $D2_1$/2)-X_1=$D3_1$- X_1=55.1-0.15=55.26 mm salıncak üzerinde 1 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 1)

2 numaralı burç için

$D1_2$=55.51 mm

$D2_2$=55.4 mm

D3= D1+D2/2= ($D1_2$+ $D2_2$/2)=(55.51+55.40)/2=55.455 mm

X_2=0.2 mm sıkılık

$D4_2$=($D1_2$+ $D2_2$/2)-X_2=$D3_2$- X_2=55.45-0.2=55.255 mm salıncak üzerinde 2 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 2)

3 numaralı burç için

$D1_3$=55.41 mm

$D2_3$=55.46 mm

D3= D1+D2/2= ($D1_3$+ $D2_3$/2)=(55.41+55.46)/2=55.435 mm

X_3=0.25 mm sıkılık

$D4_3=(D1_3+ D2_3/2)-X_3=D3_3- X_3=55.435-0.25=55.185$ mm salıncak üzerinde 3 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 3)

4 numaralı burç için

$D1_4=55.45$ mm

$D2_4=55.46$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_4+ D2_4/2)=(55.45+55.46)/2=55.455$ mm

$X_4=0.3$ mm sıkılık

$D4_4=(D1_4+ D2_4/2)- X_4=D3_4- X_4=55.455-0.3=55.155$ mm salıncak üzerinde 4 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 4)

5 numaralı burç için

$D1_5=55.52$ mm

$D2_5=55.34$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_5+ D2_5/2)=(55,52+55,34)/2=55,43$ mm

$X_5=0.35$ mm sıkılık

$D4_5=(D1_5+ D2_5/2)- X_5=D3_5- X_5=55,43-0.35=55,08$ mm salıncak üzerinde 5 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 5)

6 numaralı burç için

$D1_6=55.51$ mm

$D2_6=55.43$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_6+ D2_6/2)=(55.51+55.43)/2=55.47$ mm

$X_6=0.4$ mm sıkılık

$D4_6=(D1_6+ D2_6/2)- X_6=D3_6- X_6=55.47-0.4=55.07$ mm salıncak üzerinde 6 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 6)

7 numaralı burç için

$D1_7=55.45$ mm

$D2_7=55.41$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_7+ D2_7/2)=(55.45+55.41)/2=55.43$ mm

$X_7=0.45$ mm sıkılık

$D4_7=(D1_7+ D2_7/2)- X_7=D3_7- X_7=55.43-0.45=54.98$ mm salıncak üzerinde 7 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 7)

8 numaralı burç için

$D1_8=55.52$ mm

$D2_8=55.3$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_8+ D2_8/2)=(55.52+55.3)/2=55.41$ mm

$X_8=0.5$ mm sıkılık

$D4_8=(D1_8+ D2_8/2)- X_8=D3_8- X_8=55.41-0.5=54.91$ mm salıncak üzerinde 8 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 8).

9 numaralı burç için

$D1_9=55.47$ mm

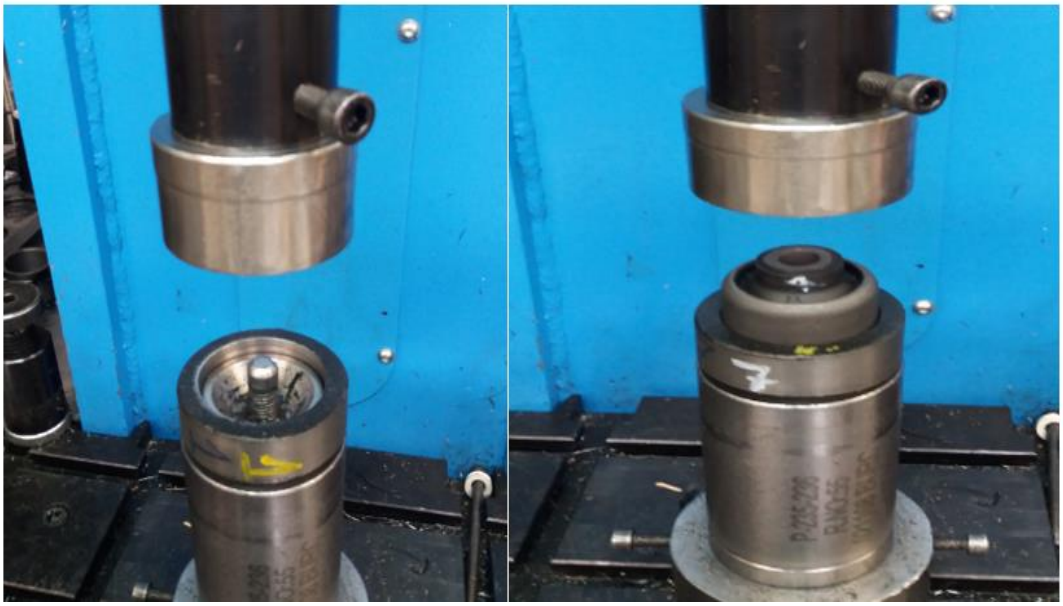
$D2_9=55.38$ mm

$D3= D1+D2/2= (D1_9+ D2_9/2)=(55.47+55.38)/2=55.425$ mm

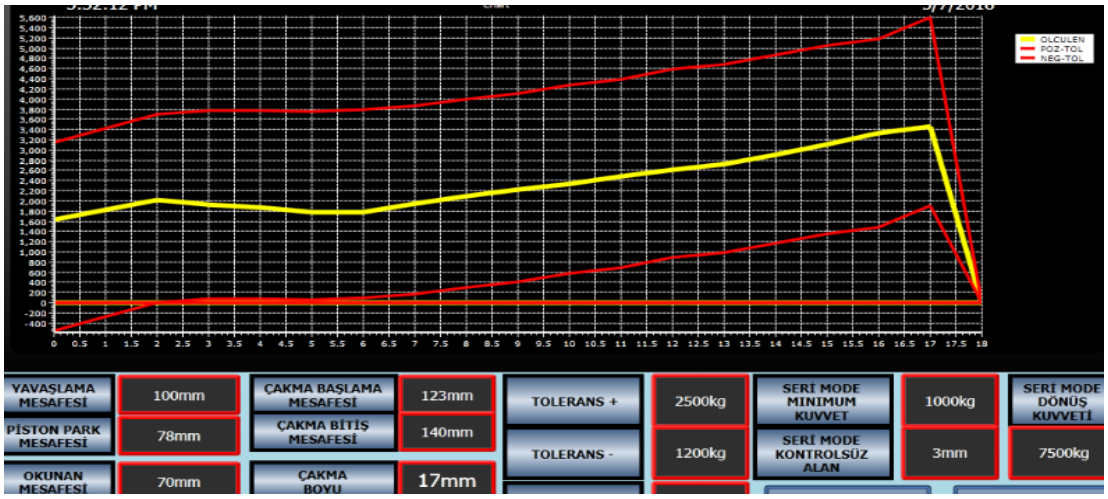
$X_9=0.55$ mm sıkılık

$D4_9=(D1_9+ D2_9/2)-X_9=D3_9- X_9=55.425-0.55=54.875$ mm salıncak üzerinde 9 nolu burcun çakılacağı çap (değişken 9).

Böylece 9 adet alüminyum salıncak D4 referanslarında istenilen çaplara getirilip 9 adet burç da bu salıncaklara çakılmak üzere numaralandırılıp hazırlanmıştır, burada değişken olarak salıncak iç işleme çapları değiştirilmiş olup eğer dar bir tolerans aralığında çalışılmak istenirse çaplama işlemi yapılarak burç çaplarıda değişken seçilebilir. Şekil 4.9 üzerinde burcun preste çalışma işlemi, Şekil 4.10 üzerinde elde edilen çakma kuvvetlerinin görseli ve Şekil 4.11 üzerinde ise burç çıkma testi işlemleri gösterilmektedir. Teknorot A.Ş. bünyesinde kayıtlı know-how içeriği nedeniyle çakılma işlemi bu kapsamda bir takım detaylar gizlenerek anlatılmıştır.



Şekil 4.9. Burcun salıncağa çakılması gösterimi.



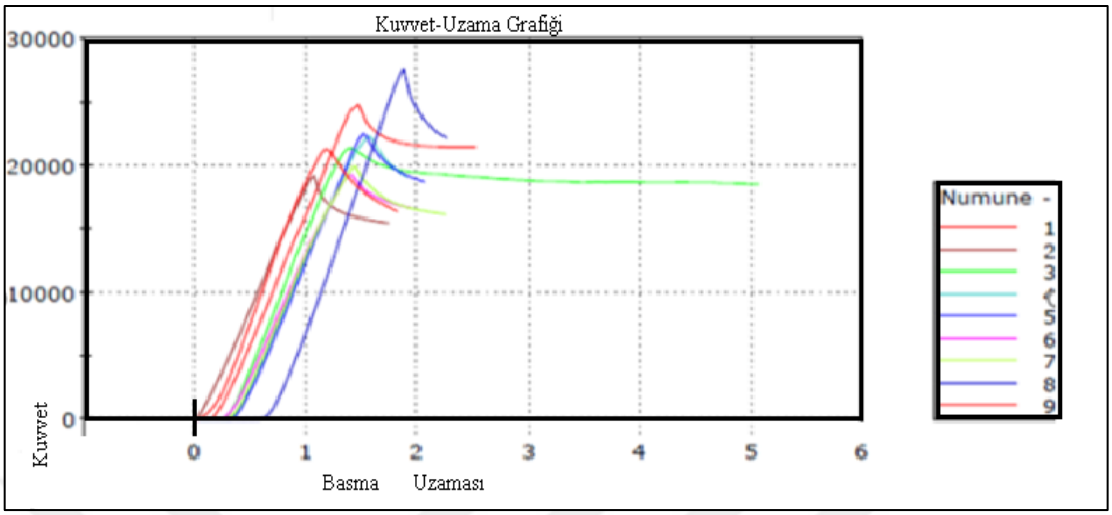
Şekil 4.10. Burç çakma kuvvet gösterimi.

Sıkılık haricindeki diğer değişkenler sabit tutularak test yapılmıştır. Şekil 4.9'da numaralandırılan burçların numaralandırılmış gövdelere burç çakma aparatları sayesinde preslerde kuvvet uygulanarak çakılması operasyonu 1 nolu ve 7 nolu burç için gösterilmektedir, burç çakma operasyonu tamamlandıktan sonra salıncağın maksimum yüke dayanabileceği optimum sıkma aralığını tespit etmek için burç çıkma testi yapılmıştır.

Şekil 4.11. Burç çıkma testi.

Şekil 4.11'de 2 numaralı burç için yapılan burç çıkma testi gövdenin uygun çapta aparata oturtulması sonrasında burcun salıncağın çakıldığı yüzeye gelecek kuvvet sayesinde dayanımı ölçülmektedir salıncak üzerinden burcun çıkması ile maksimum çıkma kuvveti bulunmakla birlikte aynı zamanda uygulanan F kuvvetine karşılık salıncak üzerindeki

burcun basma uzaması bulunmaktadır. Buna yönelik olarak Şekil 4.12'de alüminyum gövde için deneyler sonucu elde edilen kuvvet elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Burç çıkma kuvvet analizi (alüminyum gövde).

Şekil 4.12'de Çizelge 4.5'de numaralandırılmış burçlar aynı numara ile herbiri farklı renklendirilmiş olarak burç çıkma kuvvetlerinin dağılımını basma uzuması mm karşılığında grafikte gösterilmiştir. Seçilen 3 farklı gövdedeki tüm testler tamamlandığında sonuçlar yorumlanarak hangi sıkılık aralığında maksimum kuvvet eldesi yapıldığı ve kullanılan salıncak türü değiştiğinde burç çıkma kuvveti için gereken sıkılık aralığı farklılıkları belirlenmiştir.

4.2. KAUÇUK-METAL BURCUN DÖKÜM GÖVDE ANALİZİ

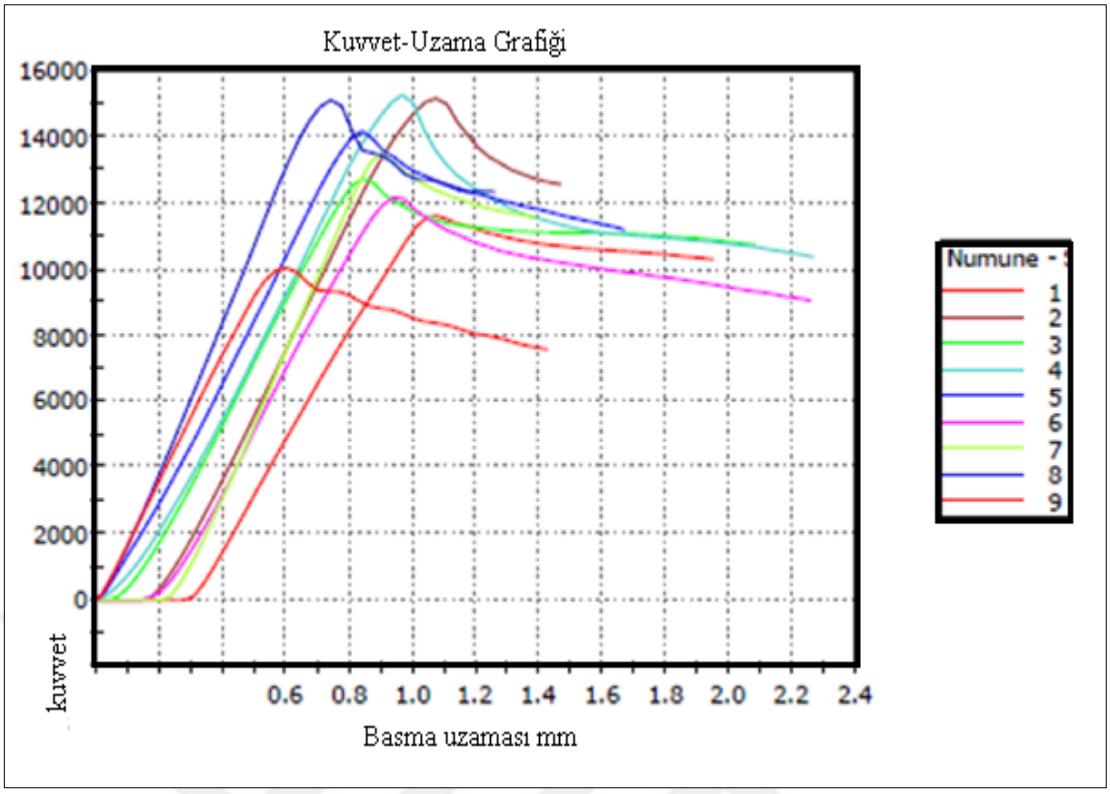
Çizelge 4.6'da 9 adet burç no ile numaralandırılmış kısım her biri farklı burç için kullanılmış terimdir no 1; 1 numaralı burcu no 2 ; 2 numaralı burcu olmak üzere 9 adet burç bu şekilde belirtilmiştir. Şekil 4.6'da gösterildiği üzere burç ölçümünde tek ölçüm yerine burç üretimin metodundan ve kauçuğun özelliğinden kaynaklanan toleranslar sebebiyle çap (D1) burç dış çapı aynı yüzey üzerinde farklı toleranslarda gelmektedir. İstenilen D1=D2 olması istense de Çizelge 4.6'da da görüleceği üzere D1 ve D2 tolerans sebebiyle farklı çıkmıştır bu deneysel çalışmada sıkılık aralığının doğru seçilebilmesi adına adı yüzey referansı alınıp D1 ve D2 denmiştir istenilirse ölçüm artırılabilinir, Çizelge 4.6'da ortalama Olarak belirtilen kısım (D1+D2)/2 işleminin sonucu olan ve sıkılık için daha yakın sonuca ulaştıracak referans alınan çap ölçüsünü veren değerdir.

Burada yapılan çalışmada en düşük 0.15 en yüksek 0.55 sıkılıkta testler yapılmıştır h7/r7 Çizelge 4.1'de 50- 60 çap aralığı için 0.3 aralığı olabileceği bilgisi olduğu için sıkılık aralığın bu değerin altında ve üstündeki durumu da araştırılmak için 0.15 ve 0.55 belirlenmiştir. Alt ve üst sıkılık değerleri belirlendikten sonra Şekil 4.8'de ki salıncakların kesilen burç geçecek iç işleme çapları sıkılığa uygun değere işlenmiştir. Bir önceki alüminyum gövdede anlatılan çalışmanın aynısı döküm gövdede yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.6'da paylaşılmıştır, formülasyon ve kullanılan yöntem aynı olduğu için tekrar formüller yazılmamış çizelgede paylaşılmıştır.

Çizelge 4.6. Döküm gövde sıkılık çalışması.

BURÇ SIKILIK DENEYLERİ GGG40					
No	***D1***	**D2**	***Ortalama (D3)***	**Burç sıkılığı (x)**	***Burç işleme çapı (D4)***
1	***55.4***	**55.37**	***55.385***	**0.15**	***55.235***
2	***55.32***	**55.35**	***55.335***	**0.2**	***55.135***
3	***55.42***	**55.32**	***55.37***	**0.25**	***55.12***
4	***55.41***	**55.36**	***55.385***	**0.3**	***55.085***
5	***55.37***	**55.42**	***55.395***	**0.35**	***55.045***
6	***55.44***	**55.41**	***55.425***	**0.5**	***54.925***
7	***55.33***	**55.42**	***55.375***	**0.45**	***54.925***
8	***55.43***	**55.43**	***55.43***	**0.5**	***54.93***
9	***55.57***	**55.27**	***55.42***	**0.55**	***54.87***

Böylece 9 adet döküm salıncak D4 referanslarında istenilen çaplara getirilip 9 adet burç da bu salıncaklara çakılmak üzere numaralandırılıp hazırlanmıştır. Şekil 4.9'da numaralandırılan burçların numaralandırılmış gövdelere burç çakma aparatları sayesinde preslerde kuvvet uygulanarak çakılması operasyonu gösterilmektedir, burç çakma operasyonu tamamlandıktan sonra salıncağın maksimum yüke dayanabileceği optimum sıkılık aralığını tespit etmek için burç çıkma testi bu grup içinde yapılır.



Şekil 4.13. Burç çıkma kuvvet analizi (döküm gövde).

Şekil 4.11'de 2 numaralı burç için yapılan burç çıkma testi gövdenin uygun çapta aparata oturtulması sonrasında burcun salıncağın çakıldığı yüzeye gelecek kuvvet sayesinde dayanımı ölçülmektedir salıncak üzerinden burcun çıkması ile maksimum çıkma kuvveti bulunmakla birlikte aynı zamanda uygulanan F kuvvetine karşılık salıncak üzerindeki burcun basma uzaması bulunmaktadır. Bu yinelenen ifade döküm salıncaklarda yapılan uygulama için de geçerlidir. Şekil 4.13'de yapılan bu testin kullanılan 9 adet döküm montajlı gövde için burç çıkma yükü sonuçlarını göstermektedir.

4.3. KAUÇUK-METAL BURCUN DÖVME GÖVDE ANALİZİ

Çizelge 4.7'de 9 adet burç no ile numaralandırılmış kısım her biri farklı burç için kullanılmış terimdir no 1 ; 1 numaralı burcu no 2 ; 2 numaralı burcu olmak üzere 9 adet burç bu şekilde belirtilmiştir. Şekil 4.6'da gösterildiği üzere burç ölçümünde tek ölçüm yerine burç üretimin metodundan ve kauçuğun özelliğinden kaynaklanan toleranslar sebebiyle çap (D1) burç dış çapı aynı yüzey üzerinde farklı toleranslarda gelmektedir, istenilen D1=D2 olması istensede Çizelge 4.6' da da görüleceği üzere D1 ve D2 tolerans

sebebiyle farklı çıkmıştır bu deneysel çalışmada sıkılık aralığının doğru seçilebilmesi adına adı yüzey referansı alınıp D1 ve D2 denmiştir istenilirse ölçüm artırılabilinir, Çizelge 4.7'de ortalama Olarak belirtilen kısım (D1+D2)/2 işleminin sonucu olan ve sıkılık için daha yakın sonuca ulaştıracak referans alınan çap ölçüsünü veren değerdir. Burada yapılan çalışmada en düşük 0.15 en yüksek 0.55 sıkılık da testler yapılmıştır h7/r7 Çizelge 4.1'de 50-60 çap aralığı için 0.3 aralığı olabileceği bilgisi olduğu için sıkılık aralığın bu değerin altında ve üstündeki durumu da araştırılmak için 0.15 ve 0.55 belirlenmiştir. Alt ve üst sıkılık değerleri belirlendikten sonra Şekil 4.8'deki salıncakların kesilen burç geçecek iç işleme çapları sıkılığa uygun değere işlenmiştir. Bir önceki alüminyum gövdede anlatılan çalışmanın aynısı dövme gövdede yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.7'de paylaşılmıştır formülasyon ve kullanılan yöntem aynı olduğu için tekrar formüller yazılmamış çizelgede paylaşılmıştır.

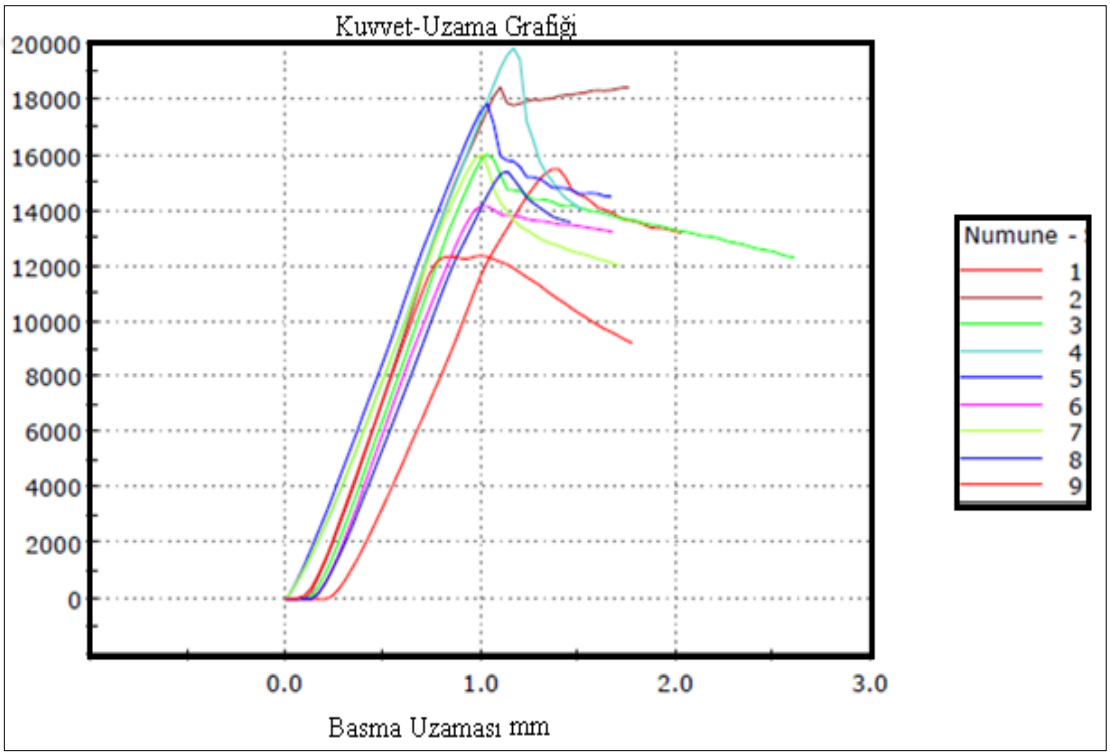
Çizelge 4.7. Dövme gövde sıkılık çalışması.

BURÇ SIKILIK DENEYLERİ					
No	***D1***	**D2**	***Ortalama (D3)***	**Burç sıkılığı (x)**	***Burç işleme çapı (D4)***
1	**55.41**	**55.37**	**55.39**	**0.15**	**55.24**
2	**55.42**	**55.46**	**55.44**	**0.2**	**55.24**
3	**55.46**	**55.36**	**55.41**	**0.25**	**55.16**
4	**55.35**	**55.43**	**55.39**	**0.3**	**55.09**
5	**55.45**	**55.45**	**55.45**	**0.35**	**55.1**
6	**55.45**	**55.34**	**55.395**	**0.4**	**54.995**
7	**55.35**	**55.42**	**55.385**	**0.45**	**54.935**
8	**55.38**	**55.39**	**55.385**	**0.5**	**54.885**
9	**55.48**	**55.39**	**55.435**	**0.55**	**54.885**

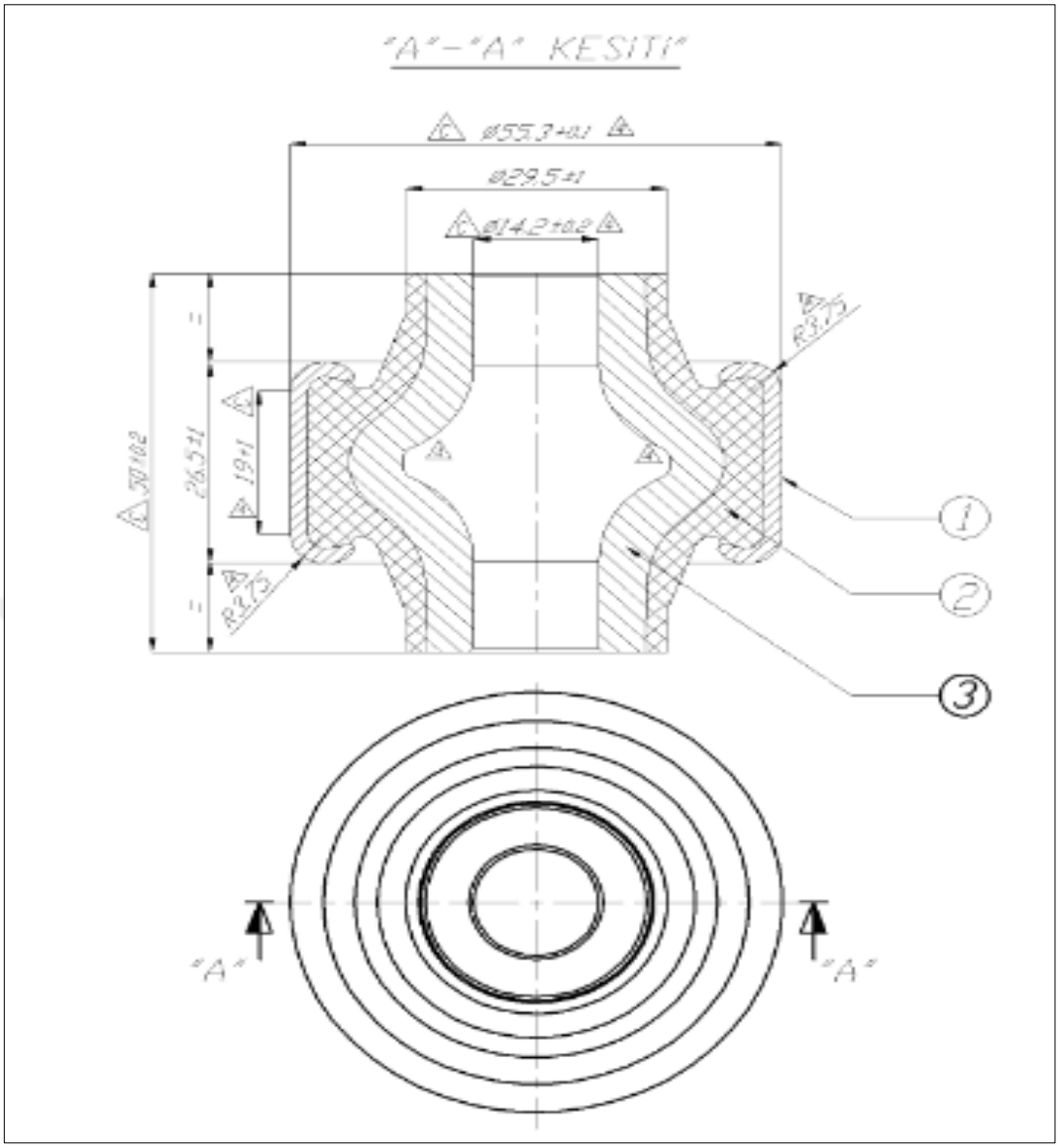
Böylece 9 adet dövme salıncak D4 referanslarında istenilen çaplara getirilip 9 adet burç da bu salıncaklara çakılmak üzere numaralandırılıp hazırlanmıştır. Şekil 4.9'da numaralandırılan burçların numaralandırılmış gövdelere burç çakma aparatları sayesinde preslerde kuvvet uygulanarak çakılması operasyonu gösterilmektedir, burç çakma

operasyonu tamamlandıktan sonra salıncağın maksimum yüke dayanabileceği optimum sıkılık aralığını tespit etmek için burç çıkma testi dövme salıncak grubu içinde yapılır

Şekil 4.11'de 2 numaralı burç için yapılan burç çıkma testi gövdenin uygun çapta aparata oturtulması sonrasında burcun salıncağın çakıldığı yüzeye gelecek kuvvet sayesinde dayanımı ölçülmektedir salıncak üzerinden burcun çıkması ile mak çıkma kuvveti bulunmakla birlikte aynı zamanda uygulanan F kuvvetine karşılık salıncak üzerindeki burcun basma uzaması bulunmaktadır. Bu yinelenen ifade dövme salıncaklarda yapılan uygulama için de geçerlidir. Şekil 4.14'de yapılan bu testin kullanılan 9 adet dövme montajlı gövde için burç çıkma yükü sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 4.14. Burç çıkma kuvvet analizi (dövme gövde).



Şekil 4.15. Deneyde kullanılan kauçuk metal burç teknik resim.

Şekil 4.15'de kullanılan kauçuk metal burcun teknik resminde sıkılık aralığında önemli rol oynayan burç dış çapının 0.3 toleransla kritik karakteristikli olduğunu fakat 0.3 toleransın bile sıkılık değişkenliğini fazlaca artırabileceğini yapmış olduğumuz tüm deneylerin neticeleri ile ifade edebilmekteyiz.

Bu tezde genel olarak süspansiyon sistemleri elemanlarından bahsedildikten sonra, süspansiyon sisteminde kullanılan salıncak kolları üzerindeki burçların yerinden çıkma kuvvetlerine değinilmiştir. Üç farklı salıncak üzerinde burç çıkma kuvvetleri değerlendirileceği için salıncakların üretim metoduna ve malzemesine değinildikten sonra kullanılan metal kauçuk burcun üretim evrelerinden ,kauçuğun üretimine değinilerek deneyler sıkılık için hazırlanan ISO normlarındaki kriterlerin alt ve üst limitlere yakın bölgeleri ve bugüne kadar yapılan çalışmalardaki ortalama sıkılık değerleri kıstas alınarak yapılmıştır.

Çizelge 4.8. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (alüminyum gövde için).

	Maksimum Kuvvet (N)	Mak.Kuvvete Karşı Basma Uzaması(mm)
1	24763.78	1.47
2	19154.38	1.07
3	21343.34	1.40
4	22245.31	1.57
5	22472.91	1.51
6	19245.29	1.41
7	19944.88	1.43
8	27639.60	1.87
9	21302.98	1.17
Ortalama	22012.50	1.43

Çizelge 4.8 üzerinde verilen çalışma sonuçlarına göre;

1 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.15 iken çıkan burç çıkma 24 kN olarak burcun 24 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini ,

2 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.2 iken çıkan burç çıkma 19 kN olarak burcun 19 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

3 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.25 iken çıkan burç çıkma 21 kN olarak burcun 21 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

4 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.3 iken çıkan burç çıkma 22 kN olarak burcun 22 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

5 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.35 iken çıkan burç çıkma 22 kN olarak burcun 22 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

6 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.4 iken çıkan burç çıkma 19 kN olarak burcun 19 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

7 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.45 iken çıkan burç çıkma 19 kN olarak burcun 19 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

8 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.5 iken çıkan burç çıkma 27 kN olarak burcun 27 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

9 nolu metal-kauçuk burç ve alüminyum gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.55 iken çıkan burç çıkma 21 kN olarak burcun 21 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

Alüminyum gövdelerde yapılan analiz sonucuna göre doğrusal bir artış yada azalma izlenmemiş olup bu gövdelerde çıkma kuvvetinin 20.000 N altına düşmemesi istenmektedir fakat 0.4 üstü boşluk bırakıldığında kuvvetin düşmesi görülmüş fakat 0.5 boşluk verildiğinde 27.000 N üzerine çıktığı elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (döküm gövde için).

	Maksimum Kuvvet (N)	Mak .Kuvvete Karşı Basma UzamasıI(mm)
1	11615.12	1.08
2	15159.84	1.07
3	12724.86	0.84
4	15263.21	0.97
5	14164.81	0.84
6	12159.67	0.94
7	13499.44	0.90
8	15110.68	0.74
9	10039.93	0.60
Ortalama	13304.17	0.89

1 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.15 iken çıkan burç çıkma 11 kN olarak burcun 11 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

2 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.2 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

3 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.25 iken çıkan burç çıkma 12 kN olarak burcun 12 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

4 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.3 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

5 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.35 iken çıkan burç çıkma 14 kN olarak burcun 14 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

6 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.5 iken çıkan burç çıkma 12 kN olarak burcun 12 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

7 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.45 iken çıkan burç çıkma 13 kN olarak burcun 13 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

8 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.5 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

9 nolu metal-kauçuk burç ve döküm gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.55 iken çıkan burç çıkma 10 kN olarak burcun 10 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

Test sonuçlarına bakıldığında 2 ve 5 arası uygun boşluk aralığı ve çıkan sonuçlarda istenilen minumum 12.000 N eldesi görülmektedir. Test sonuçlarındaki veriler göre döküm gövdelerde kauçuk metal burçların uygun çalışma aralığı 0.2-0.35 bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Çıkma kuvvetlerinin numune dağılımı (dövme gövde için).

	Maksimum Kuvvet (N)	Mak .Kuvvete Karşı Basma Uzaması(mm)
1	15479.28	1.37
2	18428.70	1.10
3	16008.05	1.03
4	19828.26	1.17
5	17836.12	1.03
6	14143.90	1.00
7	15991.00	1.01
8	15379.03	1.14
9	12368.56	1.00
Ortalama	16162.55	1.09

1 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.15 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

2 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.2 iken çıkan burç çıkma 18 kN olarak burcun 18 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

3 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.25 iken çıkan burç çıkma 16 kN olarak burcun 16 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

4 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.3 iken çıkan burç çıkma 19 kN olarak burcun 19 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

5 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.35 iken çıkan burç çıkma 17 kN olarak burcun 17 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

6 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.4 iken çıkan burç çıkma 14 kN olarak burcun 14 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

7 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.45 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

8 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.5 iken çıkan burç çıkma 15 kN olarak burcun 15 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

9 nolu metal-kauçuk burç ve dövme gövdede çakma için verilen sıkılık değeri 0.55 iken çıkan burç çıkma 12 kN olarak burcun 12 kN yüke kadar boşluk yapmadan çalışabileceğini,

Çıkma kuvvetleri 0.2-03.5 aralığında istenilen değerleri dövme gövde için sağlamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan testler burcun çıkma yüklerinin burç sıkılığı ile yakından alakalı olduğunu fakat yüzey pürüzlülüğü çakılan malzemenin cinsi gibi faktörlerinde burç çıkma kuvvetlerine etki ederek sonuçları değiştirdiği belirlenmiştir. İdeal burç çıkma kuvveti eldesi istenildiğinde çoklu etkenler göz önüne alınarak optimizasyonun yinelenmesi gerekmektedir.ideal burççıkma kuvveti eldesi istenildiğinde çoklu etkenler göz önüne alınarak optimizasyonun yinelenmesi gerekmektedir. Yol çıkıntıları ile tekerlekler arasındaki darbelerle ortaya çıkan enerji mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Bu enerjinin bir kısmı amortisörler ve yaylar tarafından alınmakta. Geriye kalan enerjinin asılmış bulunan kısımlara ancak yolcular tarafından kolayca tahammül edebilecek bir frekansta iletilmesi gerekir bu sebeple de burç çıkma kuvvetleri ne kadar yüksek olursa burcun bağlı olduğu şase yada amortisörden çıkması o kadar düşük ve de araç da boşluk yapma olasığı ortadan kalkmış olacaktır. Yapılan deneylerin sonuçlara bakıldığında alüminyum gövdeler için ideal sıkılık aralığı 0.25-035 mm, döküm gövdeler için 0.35-0.45 mm,dövme gövdeler için 0.2-0.3 mm sıkılık da istenilen burç çıkma kuvvetlerinin elde edildiği bulunmuştur. Bu verilerin daha iyi sonuçlar vermesi için çoklu optimizasyona etki eden diğer bileşenler olan işleme sonrası son yüzey pürüzlülüğü, kauçuğun shoreA sertlik değeri gibi etmenlerin yeni bir çalışma olarak eklenmesi ile çok daha detaylı burç çıkma kuvvetlerinin salıncak gövdelerdeki optimum değeri değerlendirilmiş olacaktır. Bu çalışmanın neticeleri ile üreticiler ve son kullanıcılar adına ortak bir talep olan çok daha konforlu yol sürüşü isteğine deneysel çalışma verileri neticesiyle sayısal doğrulanmış bir katkı sağlanmıştır.

6. KAYNAKLAR

[1] A. Demir. (2019, 20 Ekim). *Süspansiyon sistemi* [Online]. Erişim: http://www.abdullahdemir.net/wp-.content/uploads/2015/05/SUSPANSIYON-SISTEMI-SINAV-2015.pdf

[2] Meslek Lisesi. (2019, 20 Ekim). *Süspansiyon sistemi* [Online]. Erişim: http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/s%C3%BCspansiyon%20sistemleri.pdf

[3] Otomobil Teknolojisi (2019, 10 Ekim) *Bağımsız süspansiyon* [Online].Erişim: https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2016/02/macpherson-bagimsiz-suspansiyon-sistemi.htm

[4] Makine Teknolojisi. (2019, 10 Ekim). *Ön süspansiyon* [Online]. Erişim: http://makinatek.com.tr/uncategorized/161-on-suspansiyon-sistemindeagirlik-hafifletme-calismalari/

[5] Anonim. (2019,10 Eylül). *Malzeme çeşitleri* [Online]. Erişim: http://www.metaluzmani.com/malzeme-menusu/aluminyum/

[6] Makine Eğitimi. (2019, 10 Ekim). *Alüminyum* [Online]. Erişim: https://www.makinaegitimi.com/malzeme-bilgisi/aluminyumun-ozellikleri.html

[7] Anonim. (2019, 10 Ekim). *Çelik malzemeler* [Online]. Erişim: https://www.makaleler.com/celik-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir

[8] Eko Endüstri. (2019, 10 Ekim). *Malzemeler* [Online]. Erişim: http://ekoendustri.com/assets/pdf/15.pdf

[9] İstanbul Teknik Üniversitesi. (2019, 15 Ekim). *İmal usulleri* [Online]. Erişim: http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch05-Kutlesel%20PSV.pdf

[10] Hadde Metal. (2019, 10 Ekim). *Metal* [Online]. Erişim: https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=http://www.haddemetal.com/tr/Download/Dokum%20Prosesleri.pdf

[11] Ahmet Aran. (2019, 15 Ekim). *Döküm metodu* [Online]. Erişim: http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf

[12] İstanbul Teknik Üniversitesi. (2019,15 Ekim). *İmal usulleri* [Online]. Erişim: http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch06-Sac%20PSV.pdf

[13] Teknorot A.Ş. (2019, 10 Ekim). *Burç üretimi* [Online].Erişim: https://www.teknorot.com/burc-uretim/

[14] Anonim. (2019,10 Ekim). *Kauçuk* [Online]. Erişim: http://www.kaucuk.org/kaucuk_nedir.html

[15] Eko Endüstri. (2019, 10 Ekim). *Malzemeler* [Online].Erişim: http://www.ekoendustri.com/assets/pdf/40.pdf

[16] İstanbul Teknik Üniversitesi. (2019, 10 Ekim). *İmal usulleri* [Online]. Erişim: http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/Groover%20PSV%20TUR.pdf

[17] İzmir Ege Kumlama. (2019,15 Ekim). *Kumlama* [Online]. Erişim:http://www.izmiregekumlama.com/index.php/kumlama-nedir-nasil-yapilir/

[18] Prodex. (2019,20 Ekim). *Yüzey işlem kimyasalları* [Online].Erişim: http://www.prodex.com.tr/metal-yuzey-islem-kimyasallari

[19] K. T. Gürsel, ve S. Çalır, "Sıvama ile monte edilen mekanizmalarda oluşan sıkıştırma kuvvetlerinin saptanması", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 17, sayı 3, ss. 143-156, 2011.

[20] W. C. Emmens, G. Sebastiani, A. H. Van Den Boogaard, "The technology of incremental sheet forming" , *Journal of Materials Processing Technology*, c. 210, ss. 981-997, 2010.

[21] D. Özcan, “Süspansiyon parametreleri optimizasyonu ve yarı-aktif eleman ile istenen pasif damper karakteristiklerinin elde edilmesi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.

[22] D. Altıparmak, *Motorlu Araçlar Teknolojisi Süspansiyon Sistemleri,* 1. baskı, Ankara, Türkiye: Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, ss. 151.

[23] A. Akgünoğlu, “Salıncak kolu burçlarının çıkma yükünü etkileyen parametrelerin araştırılması” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2019.

[24] M. Wan. (2018, March 23). AutoZine technical school - suspension [Online].Erişim:http://www.autozine.org/technical_school/suspension/tech_suspension2.htm#Mac.

[25] A. Hac, “Rollover stability index including effects of suspension design,” Sae Technical Paper, vol. SP-1656, no. 724, pp. 68-78, 2002.

[26] Otomobil Teknolojisi. (2019, 07 Aralık). *Süspansiyon sistemi nedir?* [Online]. Erişim: https://bilgihanem.com/suspansiyon-sistemi-nedir-nasil-calisir/.

[27] Otopark Forum. (2019, 09 Ocak). *Oto forum* [Online]. Erişim: https://otopark.com/forum/threads/süspansiyon.7017/.

[28] A. K. Serbest ve S. Kayacı Tek katmanlı kauçuk metal burçlarda ön-sıkıştırmanın statik katılık ve parça ömrüne etkilerinin araştırılması Las-Par Kauçuk Yedek Parça A.Ş. Akçalar Sanayi Bölgesi Kale Sk. No:10 16225 Nilüfer/Bursa/Türkiye

[29] Anonim. (2019, 15 Ekim). Süspansiyon sistemi [Online]. Erişim: http://kauraaa6.blogspot.com/

[30] Rosler. (2019, 10 Ekim) .*Kumlama teknolojisi* [Online]. Erişim : www.rosler.com

[31] Aksan. (2018, 24 Mart). *Delik ve mil toleransları* [Online]. Erişim: http://www.aksan-tm.com/makale/delik_mil_toleranslari.php#topic3.

[32] Akıncı Metal. (2019, 10 Ekim). *Çelikler* [Online].Erişim: http://akincimetal.com/transmisyon-celikleri.html