



TAŞIT DEBRİAJ DİYAFRAM YAYLARININ
YÜK KARAKTERİSTİĞİ VE GERİLME KISITLARI ALTINDA
SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE OPTİMUM TASARIMI

Alper KARADUMAN

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ

2017



T.C
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞIT DEBRİYAJ DİYAFRAM YAYLARININ
YÜK KARAKTERİSTİĞİ VE GERİLME KISITLARI
ALTINDA SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE
OPTİMUM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alper KARADUMAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

BURSA

Ağustos 2017

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

“Alper KARADUMAN” tarafından “Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ” yönetiminde hazırlanan “TAŞIT DEBRİYAJ DİYAFRAM YAYLARININ YÜK KARAKTERİSTİĞİ VE GERİLME KISITLARI ALTINDA SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE OPTİMUM TASARIMI” başlıklı tez, kapsamı ve niteliği açısından incelenmiş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ

(Bursa Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü)

Doç. Dr. Rukiye ERTAN

(Uludağ Üniversitesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü)

Yrd. Doç. Dr. Selçuk KARAGÖZ

(Bursa Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü)

Tez Savunma Tarihi: 22/08/2017

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Murat ERTAŞ

22/08/2017

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Alper KARADUMAN

İmzası:

X

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında, değerli zamanını ayırarak çalışmamı yönlendiren ve kolaylaştıran, tecrübelerini benden esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ'a hayatım boyunca desteklerini esirgememiş olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Alper KARADUMAN



İÇİNDEKİLER

sayfa no

Dış Kapak	
İç Kapak	
Tez Sınav Sonuç Formu	
İntihal Beyanı	
Teşekkür	
İçindekiler	<i>vi</i>
Şekil Listesi	<i>viii</i>
Çizelge Listesi	<i>x</i>
Sembol Listesi	<i>xi</i>
Kısaltma Listesi	<i>xii</i>
Özet	<i>xiii</i>
Abstract	<i>xv</i>
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1 Temperlemenin Diyafram Yayının Ömür ve Dayanımı Üzerine Çalışmalar	6
2.2 Geometrik Değişkenlerin Diyafram Yayının Yük Karakteristiği ve Gerilme Etkileri Üzerine Çalışmalar	10
2.3 Diyafram Yayın Yüzeyinde Oluşturulan Kalıcı Gerilmelerin Yük Karakteristiğine Etkileri Üzerine Çalışmalar	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1 Manuel Kavramalı Araçlarda Güç Aktarım Sistemi	17
3.2 Debriyaj Sisteminde Tork İletimi	18
3.3 Debriyaj Sistemi Baskı Kompleksi Elemanı	20
3.4 Debriyaj Sistemi Disk Kompleksi Elemanı	22
3.5 Baskı Kompleksi Diyafram Yay Elemanı	23

4. BULGULAR ve TARTIŞMA	30
4.1 Diyafram Yayı Sonlu Elemanlar Modeli	30
4.1.1 Sac Kalınlığı	30
4.1.2 Diyafram Yayı Dış Çap, Pencere Bitiş Çapı, Diyafram Açık Ölçüleri, Kapak Temas Çapı ve Baskı Plakası Temas Çapı	31
4.2 Diyafram Yayı Malzeme Özellikleri	35
4.3 Diyafram Yayı Sonlu Elemanlar Özellikleri	35
4.4 Diyafram Yay Temas Özellikleri	36
4.5 Diyafram Yay Sınır Koşulları	37
4.6 Diferansiyel Gelişim Algoritması ile Optimizasyon	39
4.7 Diyafram Yayın Optimizasyonu	44
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>sayfa no</u>	
Şekil 1.1	Güç aktarım sistemi	1
Şekil 1.2	Baskı kompleksi elemanları	2
Şekil 1.3	Diyafram yayı	4
Şekil 1.4	Kavrama yük eğrisi	5
Şekil 2.1	Diyafram için ısıl işlem metodu	6
Şekil 2.2	Sıcaklığa bağlı olarak mikro yapının değişimi	7
Şekil 2.3	Sıcaklığa bağlı olarak sertliğin değişimi	7
Şekil 2.4	Sıcaklığa bağlı olarak gerilme uzama eğrisi	8
Şekil 2.5	Sıcaklığa bağlı olarak akma gerilmesi, gerinim eğrisi	8
Şekil 2.6	Sıcaklığa bağlı yorulma çatlak hızı-gerilme yoğunluk faktör eğrisi	9
Şekil 2.7	Sıcaklığa bağlı olarak kalıcı gerilme eğrisi	9
Şekil 2.8	Optimizasyon algoritması	10
Şekil 2.9	Diyafram çalışma durumu	11
Şekil 2.10	Yük Yer değiştirme eğrisi	13
Şekil 2.11	Diyafram yayın parametrik pencere modeli	13
Şekil 2.12	Algoritma sonucunda belirlenen diyafram yayı modelleri	14
Şekil 2.13	Kalıcı gerilme uygulanan yüzeyler	15
Şekil 2.14	Kalıcı gerilme uygulanan yüzeyler	15
Şekil 3.1	Manuel kavrama araç güç aktarım sistemi	17
Şekil 3.2	Manuel kavrama araç güç aktarım sistemi	18
Şekil 3.3	Debriyaj sistemi kavrama durumu	18
Şekil 3.4	Debriyaj sistemi ayırma durumu	19
Şekil 3.5	Debriyaj sistemi kavrama anı	19
Şekil 3.6	Baskı kompleksi elemanları	20
Şekil 3.7	Baskı kompleksi kapak elemanı	21
Şekil 3.8	Disk kompleksi tork iletimi ve damper elemanları	23
Şekil 3.9	Baskı kompleksi	24
Şekil 3.10	Diyafram yay elemanı	24
Şekil 3.11	Diyafram bağlantı şekli	25
Şekil 3.12	Diyafram yük ölçümü Metodu	26
Şekil 3.13	Diyafram yük karakteristiği	27
Şekil 3.14	Diyafram kurs durumu	27
Şekil 3.15	Diyafram pencere geometrileri	28
Şekil 3.16	İç çapa etkileyen kurs ve yükün dış çapa etkisinin oranı(a/b)	29
Şekil 4.1	Diyafram yayı cad modeli	30
Şekil 4.2	Diyafram yayı sac kalınlığı	31
Şekil 4.3	Yük ve gerilime etkileyen diyafram yayı ölçüleri	32
Şekil 4.4	Gerilmeye etki eden pencere geometrisi	32
Şekil 4.5	Diyafram üretim prosesi 1	33
Şekil 4.6	Diyafram üretim prosesi 2	33
Şekil 4.7	Diyafram üretim prosesi 3	33
Şekil 4.8	Diyafram üretim prosesi 4	34
Şekil 4.9	Diyafram üretim prosesi 5	34
Şekil 4.10	Diyafram üretim prosesi 6	34
Şekil 4.11	Diyafram modeli	35
Şekil 4.12	Sonlu elemanlar boyutu “0,9” seçilen diyafram yayı	35

Şekil 4.13	Diyafram yük ölçümü	36
Şekil 4.14	Ansys sonlu elemanlar modeli diyafram ve kapak temas durumu	36
Şekil 4.15	Ansys sonlu elemanlar modeli baskı plakası ve diyafram temas durumu	37
Şekil 4.16	Ansys sonlu elemanlar modeli yükleme koşulları	37
Şekil 4.17	Ansys sonlu elemanlar modeli maksimum gerilme bölgeleri	38
Şekil 4.18	Ansys sonlu elemanlar modeli yük yer değiştirme eğrisi	39
Şekil 4.19	Algoritmanın gösterimi	40
Şekil 4.20	Diyafram form geometrisi	44
Şekil 4.21	Diyafram parmak pencere geometrisi	44
Şekil 4.22	Diyafram yay yük eğrisi karakteristiği	45
Şekil 4.23	Optimizasyon sonrası belirlenen değişkenlerle oluşan tasarım	47
Şekil 4.24	Eniyilenmiş yük eğrisi ve başlangıç yük eğrisi	48
Şekil 4.25	Optimizasyon sonrası diyafram yük eğrisi	48
Şekil 4.26	Diyafram analiz öncesi ve sonrası durumu	49
Şekil 4.27	FEA diyafram kurulu durumunda gerilme durumu üstten görünüş	49
Şekil 4.28	FEA diyafram kurulu durumunda gerilme durumu alttan görünüş	49
Şekil 4.29	Diyafram ayırma durumunda gerilme durumu üstten görünüş	50
Şekil 4.30	Diyafram ayırma durumunda gerilme durumu alttan görünüş	50

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>sayfa no</u>
Çizelge 2.1 Optimizasyon öncesi ve sonrası değerler	12
Çizelge 4.1 Optimizasyon işlemi sonucunda 17 parametrenin değerleri	46
Çizelge 4.2 Optimizasyon işlemi sonucu	47



SEMBOL LİSTESİ

Sembol

N	Sürtünme yüzey sayısı
T	İletilen tork miktarı
μ	Sürtünme katsayısı
P	Baskı kuvveti
R	Tork iletiminin yapıldığı ortalama balata çapı
E	Young modülü
γ	Poisson oranı
R	Gerilme Oranı



KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar

SEM	Sonlu Elemanlar Modeli
FEM	Finite Elements Method (Sonlu Elemanlar Yöntemi)



ÖZET

TAŞIT DEBRİYAJ DİYAFRAM YAYLARININ YÜK KARAKTERİSTİĞİ VE GERİLME KISITLARI ALTINDA SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE OPTİMUM TASARIMI

Alper KARADUMAN

Bursa Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ

Ağustos 2017, 55 Sayfa

Debriyaj Sistemleri, araçlarda daima motor ile vites kutusu arasında yerleştirilmiştir. Duruştan kalkışa geçmeyi veya hareket esnasında motor ile vites kutusu arasındaki tork akışını keserek vites kutusunda basamak değiştirilmesini mümkün kılar bununla birlikte motor torkunu ve hızını vites kutusuna iletir. Debriyaj sistemi; disk kompleksi, volan ve kendi içerisinde kapak, diyafram yayı ve baskı plakasından oluşan baskı kompleksinden meydana gelmektedir.

Kapak, baskı plakası ve rulman ile temasta olan diyafram elemanı, yapısı gereği yay gibi davranış gösterir ve bunun yanı sıra, tork iletiminin sağlanması ve kavrama mekanizmasının tamamlanması için gerekli olan aksenal yükü oluşturur. Baskı plakası ve volan arasında bulunan disk uygulanan aksenal yükün sonucu olarak sıkışır ve kavrama mekanizması gerçekleşir. Bununla birlikte motor torku ve hızının vites kutusuna iletimi rulman temas noktası üzerinden uygulanan aksenal deplasman sonucunda kesilir. Aynı zamanda diyafram dış çapı rulmanın hareket yönüne zıt olarak hareket eder. Ayrıca diyaframın dış çapının zıt hareketi kavrama yükünün düşmesine sebep olur. Sonuç olarak, disk üzerine etkiyen kavrama yükü kalkar ve motordan vites kutusuna tork iletiminin kesilmesini sağlar.

Bu tez ile gerekli kavrama yükü ve gerilimin asgari seviyede olmasını karşılayan diyafram tasarımının optimizasyon algoritması ile daha kısa sürede ve istenen

özelliklerde olması planlanmıştır. Amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonları için diyafram sonlu elemanlar modeli kullanılırken, optimizasyon için diferansiyel gelişim algoritması seçilmiştir. Bu tez çalışmasının sonucunda debriyaj dayanımı güvence altına alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Debriyaj, Kavrama, Diyafram, Yük Eğrisi, Optimizasyon, Sezgisel Yöntem



ABSTRACT

OPTIMUM DESIGN OF VEHICLE CLUTCH DIAPHRAM SPRINGS WITH HEURISTIC METHODS UNDER STRESS CONSTRAINTS AND LOAD CHARACTERISTIC

Alper KARADUMAN

Bursa Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Mechanical Engineering Program

Master of Science Thesis

Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ

August 2017, 55 Pages

Clutch systems are always installed between engine and gear box on vehicle applications. Clutch systems ensure changing of gears while it is interrupted transmitted torque between engine and gear box during reengaging and engaging conditions. Moreover, It transmits engine torque and engine speed to gear box. Clutch system includes disc assy, flywheel and pressure plate cover assy which mainly consists of cover, pressure plate and diaphragm.

Diaphragm, which has contact with cover, pressure plate and release bearing, acts like a spring because of its structure. And besides, it generates required axial load so as to transmit torque transmission and complete engagement mechanism. Disc is compressed as a result of axial load and engagement mechanism occurs. However, transmission of engine torque and engine speed to gear box is interrupted as a result of applied axial displacement on release bearing contact. At the same time, outer diameter of diaphragm moves on the opposite direction of movement of release bearing. Furthermore, reverse movement of outer diameter of diaphragm causes reduction of clamp load. As a conclusion, clamp load, which impacts on disc, removes and ensures interrupting torque transmission from engine to gear box.

In this thesis, design of diaphragm, which meets required clamp load and minimum stress, has been planned with optimization algorithm within short time and desired

specifications. Differential evolution algorithm was chosen as optimization method while fea models of diaphragm were used for objective function and constraint functions. In consequence of this thesis, endurance and load of diaphragm design was secured.

Keywords: Clutch, Transmission, Diaphragm, Load Curve, Optimization, Heuristic Method



1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi dünyanın en rekabetçi sektörlerinin başında geldiğinden, yeni otomobillerin çok daha kısa sürelerde piyasaya sunulması gerekmektedir ve tasarımdan seri üretime geçene kadar bütün süreçlerin optimize edilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu bağlamda bu yüksek lisans tezinin amacı, içten yanmalı motorların hareket iletiminin en önemli bileşenlerinden biri olan debriyajın alt bileşeni olan diyafram yayının tasarım sürecinin bilimsel metotlarla ve analiz programları ile yük karakteristiğinin ve ömür dayanımının gerilim değerine bağlı olarak kontrol edildiği süreçler haline getirmektir. Diyafram yayının sonlu elemanlar parametrik üç boyutlu modeli oluşturulduktan sonra analizleri gerçekleştirilmiş, sonuç olarak çıkan yük karakteristiği ve gerilim değerine bağlı olarak yük karakteristiği belirlenen hedef değer ile karşılaştırılmış olup diyafram malzemesinin akma gerilmesi değerine göre emniyet katsayısının azami seviyede olması amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda tasarım havuzuna bağlı olarak şekil optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.



Motor

Debriyaj Sistemi

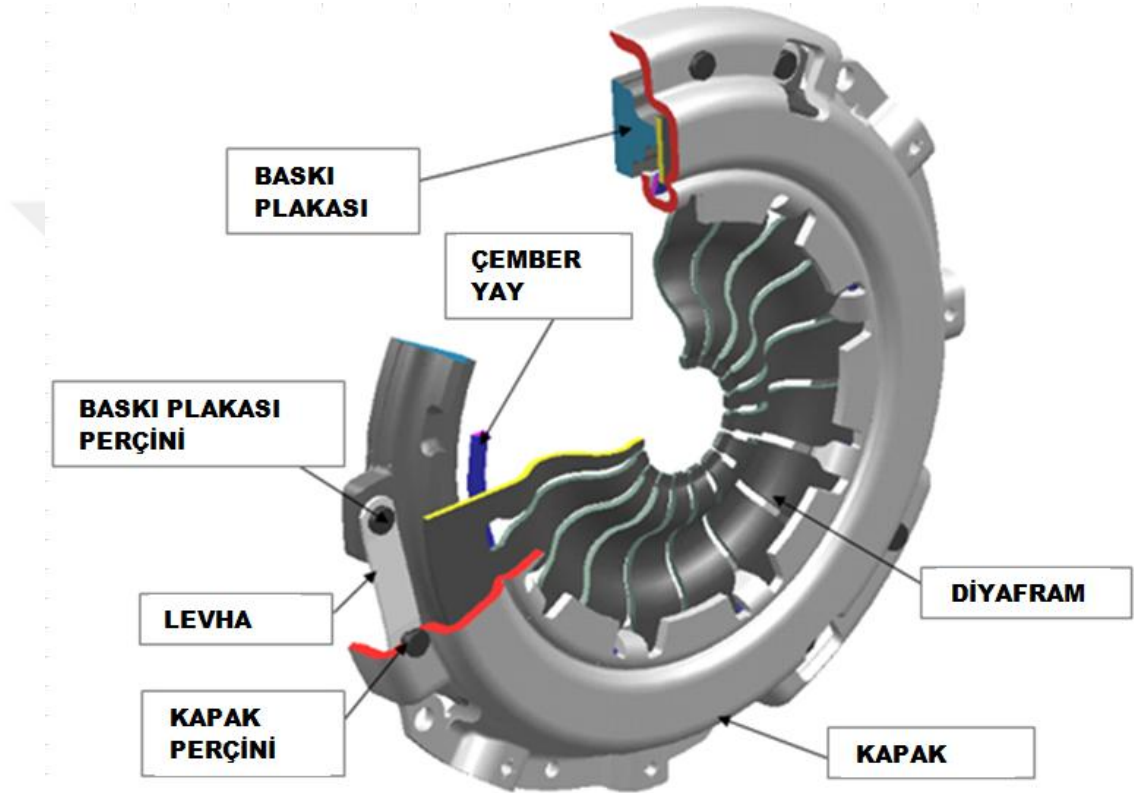
Vites Kutusu

Şekil 1.1 Güç aktarım sistemi

Debriyaj sistemi motor ile vites kutusu arasında bulunur. Aynı zamanda, hassas güç ve hareket iletim organıdır, bununla birlikte disk kompleksi, baskı kompleksi, volan ve mekanik/hidrolik pedal sisteminden oluşur. Debriyaj sisteminin görevi, genel olarak aracın vitesini değiştirmek için şanzımanın giriş devrini düşürerek hasarsız olarak vites değiştirmeyi ve tork iletimini sağlar veya durdurur. Kapak, baskı plakası ve rulman ile temasta olan diyafram elemanı, rulman tarafından aksel kurs verilene kadar yapısı gereği yay gibi davranış gösterir ve kavrama için gerekli olan aksel yükü oluşturur. Aksel yük sonucunda baskı plakası ve volan arasında disk sıkıştırılır ve tork iletimi sağlanır. Sürücü debriyaj pedalına bastığında diyafram

yayına rulman tarafından aksel kurs verilir ve volan ile baskı kompleksi arasındaki disk kompleksi üzerindeki aksel yük azalarak kalkar ve tork iletimi kesilir.

Debriyaj sisteminin görevi, motor torkunun ve hızının kavrama ile vites kutusuna iletimini sönümleyerek iletmek, istenildiğinde tork iletimini kesmek ve motorun çalışması esnasında titreşimleri filtrelemektir. Tork iletimini sağlayan ve kesen debriyaj sistemi elemanlarında olan baskı kompleksi, temel olarak baskı plakası, levha, diyafram ve perçin bağlantılarından oluşmaktadır.



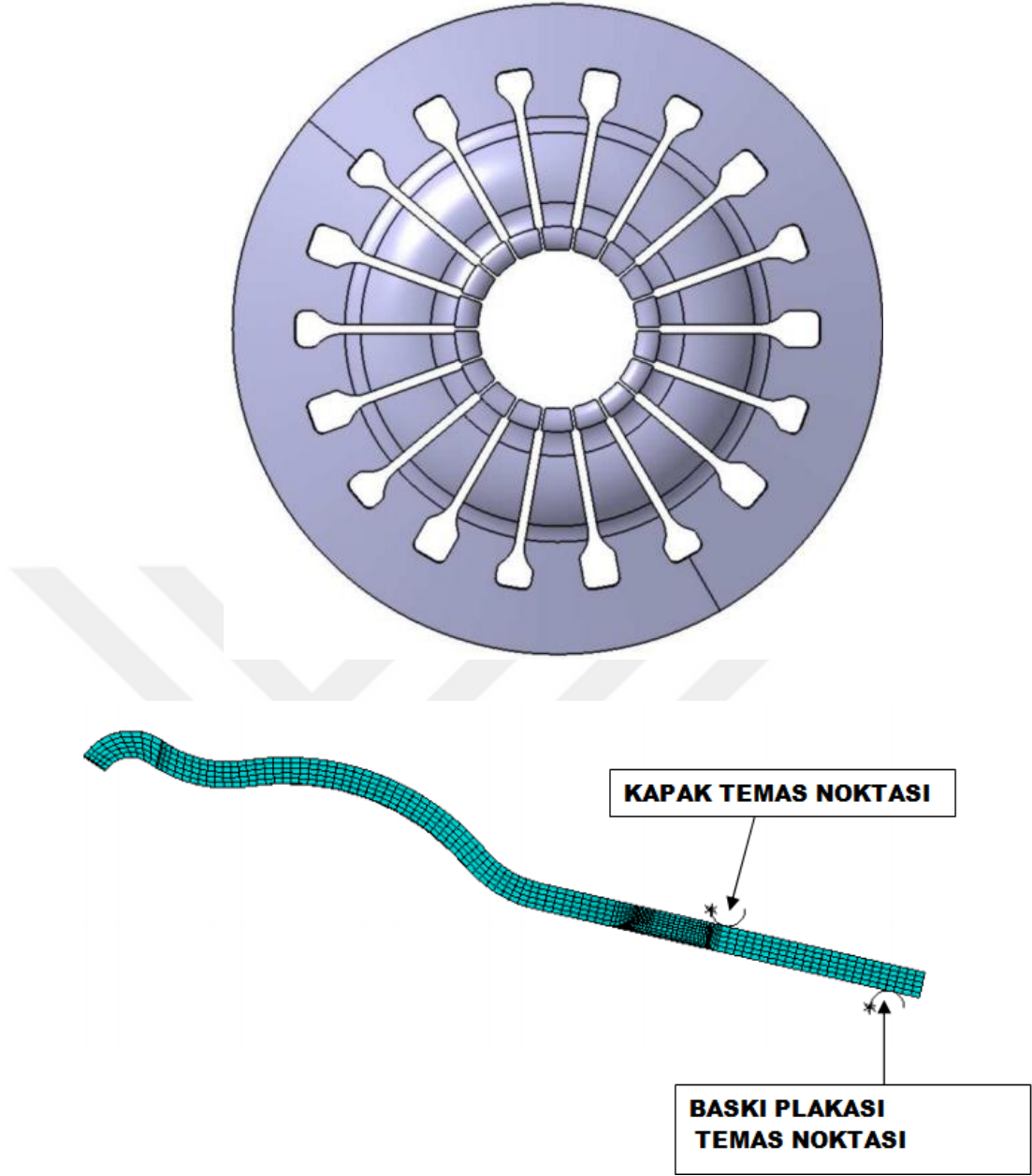
Şekil 1.2 Baskı kompleksi elemanları

Baskı kompleksinde bulunan elemanlardan diyafram konik şekle sahiptir ve kavram durumunda baskı plakası disk ve volan temas halindedir, bu durumda motordan alınan güç ve hareket disk aracılığıyla vites kutusuna ve taşıtın hareket elemanlarına aktarılır. Bununla birlikte debriyaj pedalından gelen pedal kuvveti vasıtasıyla rulman üzerinden diyafram yayına iletilir. Diyafram yayın merkez ekseninden sıkıştırılan konik diyafram dış çap üzerinde ters yönde hareket ederek baskı plakasının disk üzerinden ayrılmasını sağlayarak güç ve hareket iletimini keser.

Bu tezin konusunu oluşturan diyafram kapak temas noktaları ve baskı plakası temas noktaları ile sabitlemiştir. İstenen yük karakteristiğini ve ömür dayanımını sağlamak için diyafram yay üzerine boşaltma geometrileri yapılmıştır. Bu boşaltma

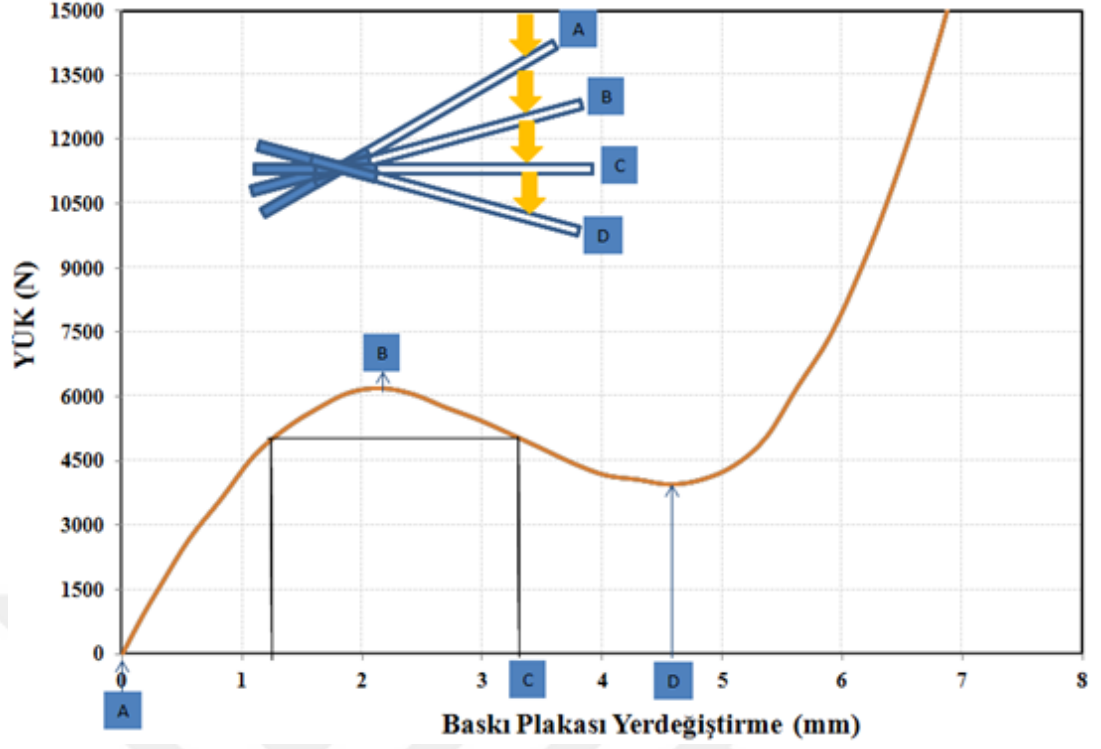
geometrileri diyafram parmakları ve parmak pencereleri olarak isimlendirilmektedir. Diyafram parmakları kavrama için gerekli aksel yükü çok küçük yer değiştirmelerde oluşturur. Şekil 1.3'de örnek olarak gösterildiği gibi kapak temas noktası ve baskı plakası temas noktasından sabitlenen diyafram yay, baskı plakası temas noktasından kurs verilmesi sonucunda önce pozitif katılıkta sonra negatif katılıkta davranış gösterir (Şekil 1.4). Şekil 1.4de gösterilen örnek katılık eğrisi incelendiğinde diyafram kurs verildikçe açı miktarı azalmaktadır ve diyafram düz pozisyona geldiğinde eğri üzerinde C pozisyonunda oluşan kavrama yükü oluşmaktadır. Ancak D pozisyonunda ayırma mekanizması oluşmaktadır. Bununla birlikte diyafram yük karakteristiğini, diyaframın kalınlığı, diyaframın açısı, kapak temas çapı, baskı plakası temas çapı, diyafram iç çapı, dış çapı ve diyafram üzerindeki boşaltmaların merkeze göre çapı belirler. Ancak gerilim diyaframa kurs verildikçe artar, bunun için diyafram açısı gerilim üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Bu yüzden diyafram yük karakteristiğinin motor torkunu iletebilecek seviyede olması ve diyafram üzerindeki gerilim değerinin düşük olması istenir. Uygun olmayan diyafram karakteristiği vites geçmeme problemine ve debriyaj ömrünün az olmasına sebep olur. Hatta uygun tasarlanmayan diyafram karakteristiği diyaframın kırılmasına ve motorun durmasına sebep olabilir. Kavrama sisteminin istenen fonksiyonları yerine getirmesinde diyaframın performansı ve dayanımı oldukça önemlidir. Hedef kavrama kuvvetini ve ömrünü sağlayan kavrama tasarımının yapılması görevinin kavrama üreticisi tarafından yerine getirilmesi ana sanayi tarafından beklenir. Kavrama üreticisi firmalar ana sanayi tarafından üretilen motor torkuna istinaden kavrama sistemini tasarlar, test eder ve üretirler. Bu süreçte istenen kavrama yükünü ve dayanımını sağlayan diyafram tasarımı belirlenir. Bu karakteristiği ve dayanımı sağlayan diyaframın tasarlanarak üretilmesi bu sürecin en önemli aşamalarından birisidir.

Diyafram üzerine dayanım konusunda etkiyen ve önemli olan temas noktalarını tarif edebilmek için, diyafram yayını baskı plakası kapak kompleksi, içerisindeki sürekli olarak ayırma ve kavrama hareketini düşündüğümüzde, diyaframın kapak temas noktası etrafında hareket ettiği görülmektedir. Diyafram yayı dayanım ve yük konusunda incelenmek istendiğinde baskı plakası ve kapak temas noktası ile temasta olduğu koşullar yük ve gerilme açısından incelemek için hesaplarda kullanılabilir.



Şekil 1.3 Diyafram yayı

Diyafram yayının debriyaj sistemi içindeki temel fonksiyonu ayırma ve kavrama mekanizmasının sağlanmasıdır. Bu mekanizmanın sağlanması sırasında diyafram yayı sürekli olarak her vites geçişi sırasında ayırma ve kavrama durumundadır. Bu durum esnasında diyafram her bir vites geçişinde ve çalışma anında yük oluşturur ve diyafram üzerinde belirli bir seviyede gerilme olur. Milyonlarca kez tekrarlı yüke maruz kalan bu parçanın, debriyaj içerisinde hareket ederken oluşacak gerilmelere karşı yeterince dayanıklı olması gerekir. Diyafram tasarımında hafiflik faktöründe vites geçme sırasında atalet kuvvetlerini azaltmak yönünden önemlidir.



Şekil 1.4 Kavrama yük eğrisi

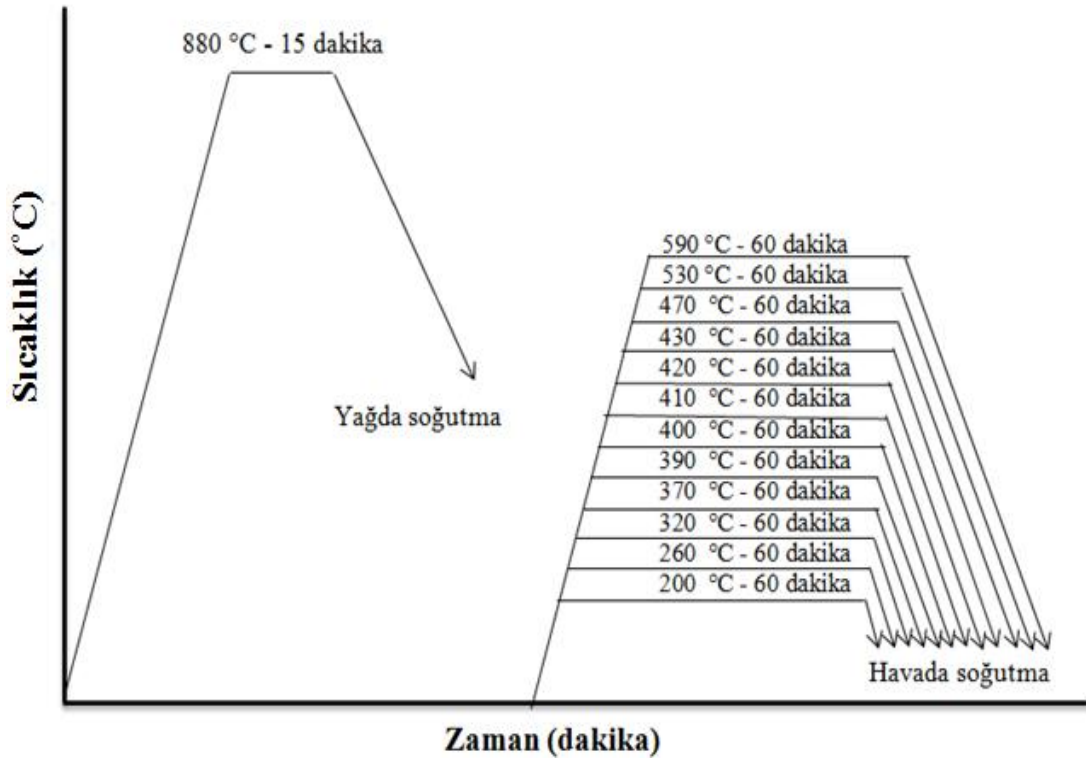
Diyafram yayı ayırma ve kavrama sırasında açısı azalır ve negatif açı oluşturur. Bu değişim sırasında yük karakteristiği artı ve negatif katılıkta davranış gösterir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Otomobil kavrama sistemleri ile ilgili olarak literatürde sürtünen malzemelerin kavrama sistemi üzerine etkilerini, sıcaklık artışının kavrama sistemi üzerindeki etkilerini, kavrama üzerindeki titreşimin kavrama sistemi üzerindeki etkileri üzerinedir. Kavrama elemanlarının modellenmesi ve optimizasyonu ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. En önemli kavrama elemanlarından olan diyafram elemanı üzerine de literatürde diyafram yük, gerilme, kalıcı gerilme, parmak katılığı ve ısı işlemin diyafram performansı üzerine çalışmalar sınırlı sayıda mevcuttur.

2.1 Temperlemenin Diyafram Yayının Ömür ve Dayanımı Üzerine Çalışmalar

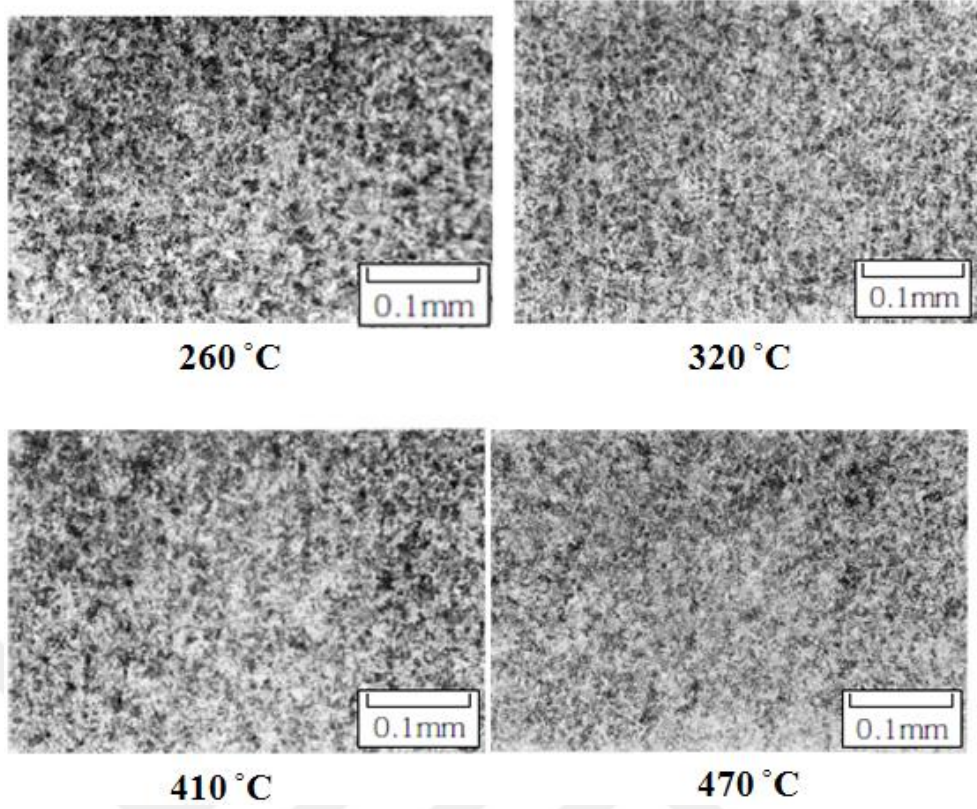
Diyafram yayının ömür ve dayanımı üzerine çalışmalarda temperleme sıcaklığının artışının diyafram yayının mikro yapısı, sertliği, dayanımı, yorulması ve kalıcı gerilmeler üzerine etkileri olduğu gözlemlenmiştir [1].



Şekil 2.1 Diyafram için ısı işleme yöntemi [1]

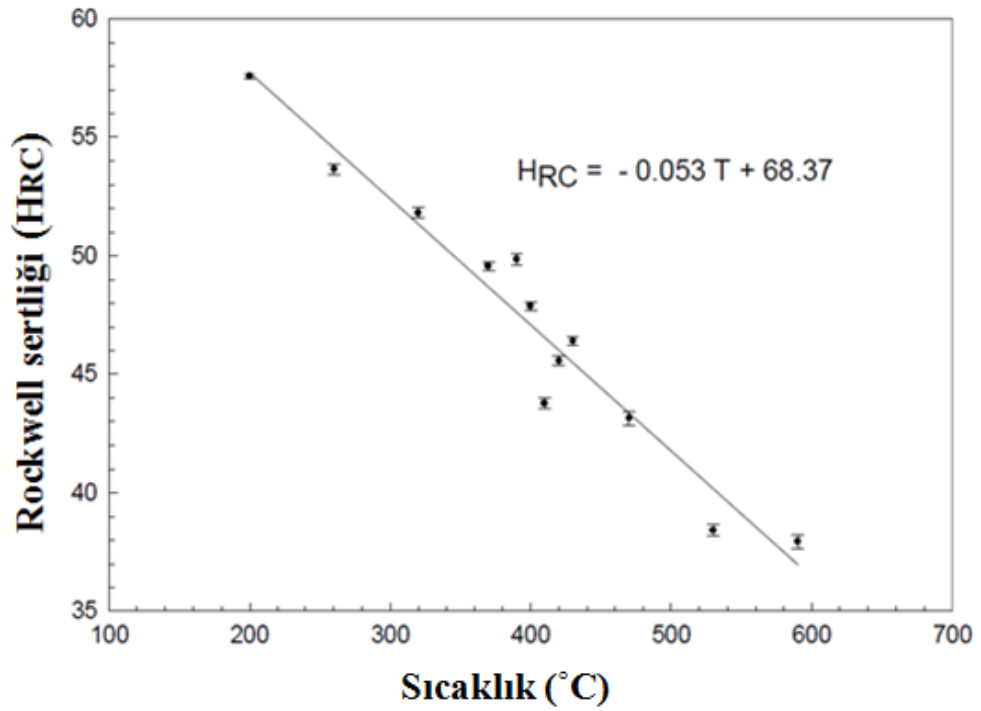
Diyafram yay kesme kalıbında kesildikten sonra ısı işleme operasyonu ısıtma, yağda soğutma, temperleme ve havada soğutma şeklinde uygulanmaktadır.

Diyafram yayın üzerine uygulanan temperlemenin mikro yapı üzerindeki etkisinin farklı sıcaklıklarda ayırt edilmesinin zor olduğu gözlemlenmiştir [1].

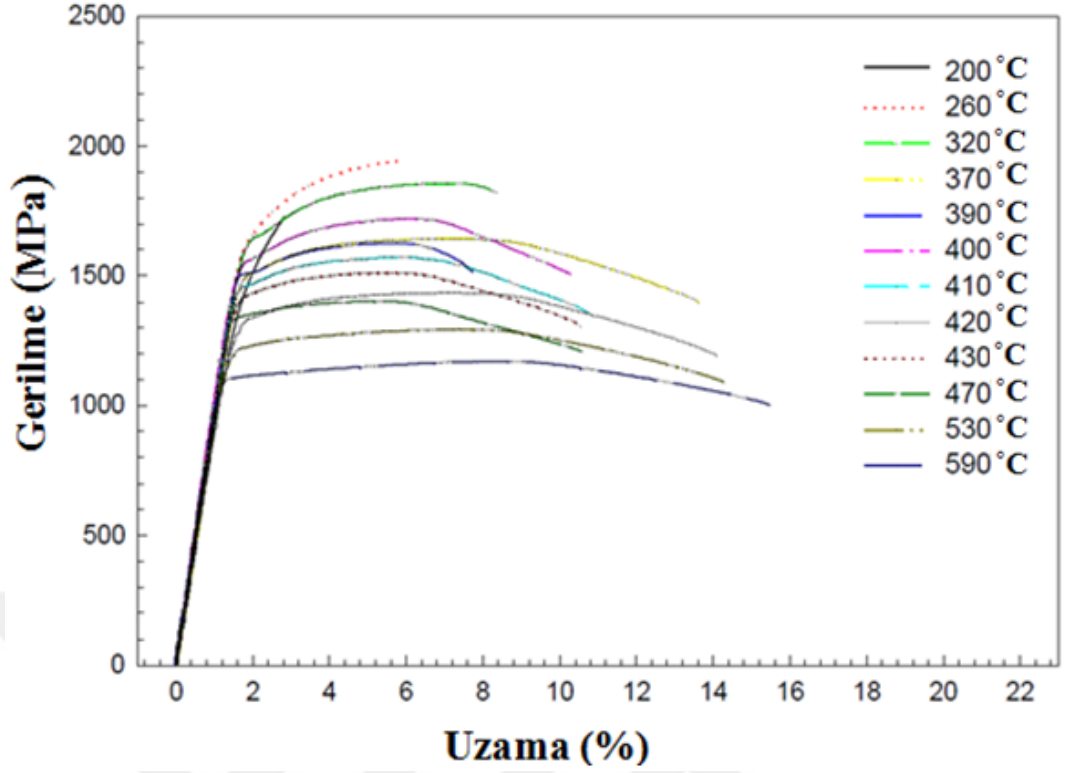


Şekil 2.2 Sıcaklığa bağlı olarak mikro yapının değişimi [1]

Temperlemenin diyafram yayın sertlik ve gerilme üzerindeki etkisinin farklı sıcaklıklarda ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir [1].

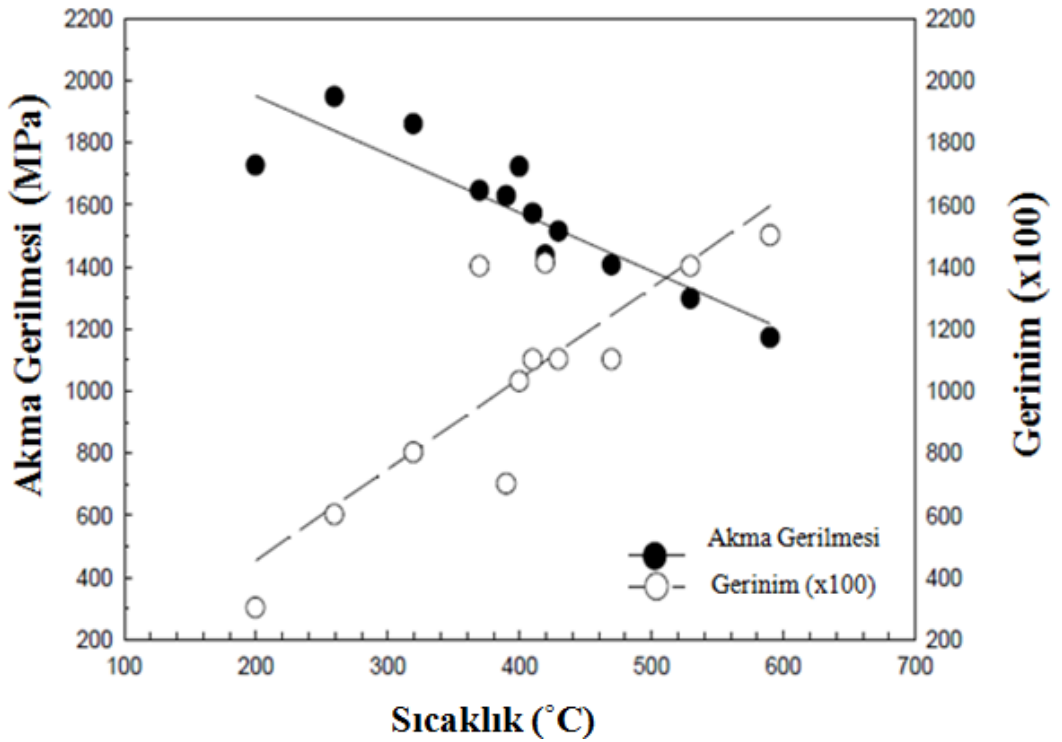


Şekil 2.3 Sıcaklığa bağlı olarak sertliğin değişimi [1]



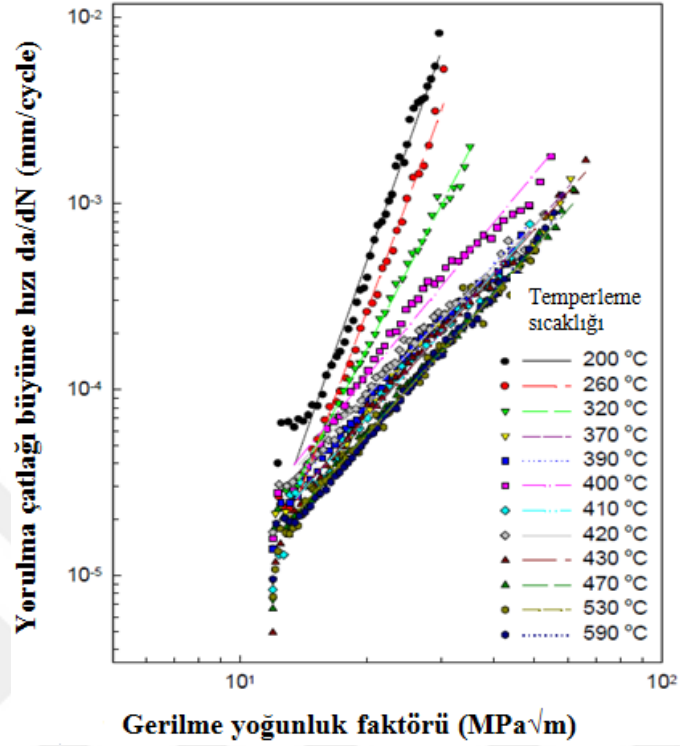
Şekil 2.4 Sıcaklığa bağlı olarak gerilme-uzama eğrisi [1]

Diyafram yayın üzerine yapılan çalışmalarda kopma gerilmesi, yorulma çatlak hızı, kalıcı gerilme değerleri incelendiğinde temperleme sıcaklığı için en uygun değer minimum 410°C olduğu yorumlanmıştır [1].

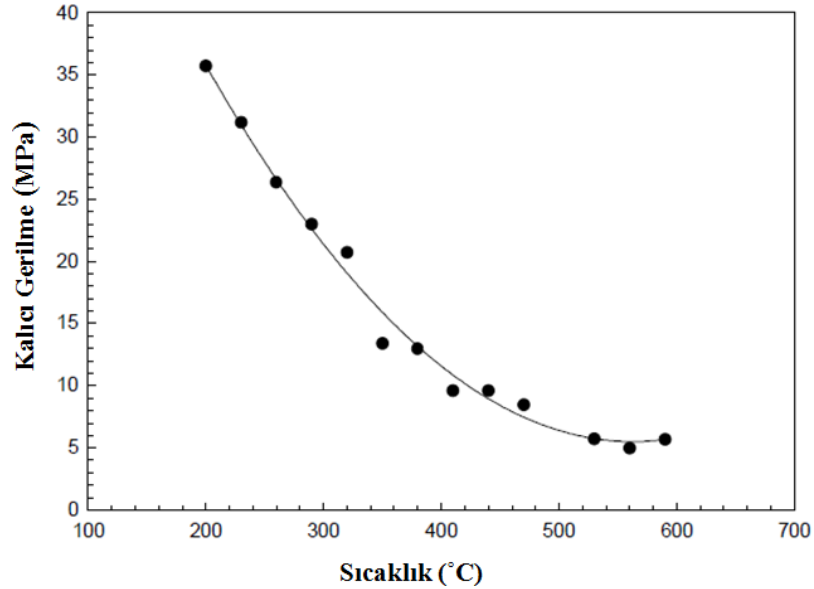


Şekil 2.5 Sıcaklığa bağlı olarak akma gerilmesi, gerinim eğrisi [1]

Deneysel olarak ölçülen uzama dayanımı ve uzama oranını incelendiğinde 200°C ve 590°C temperleme sıcaklıkları arasında diyafram yayın uzama dayanımının azalan bir eğri oluşturduğu gözlemlenmiştir [1].



Şekil 2.6 Sıcaklığa bağlı yorulma çatlak hızı-gerilme yoğunluk faktör eğrisi [1]



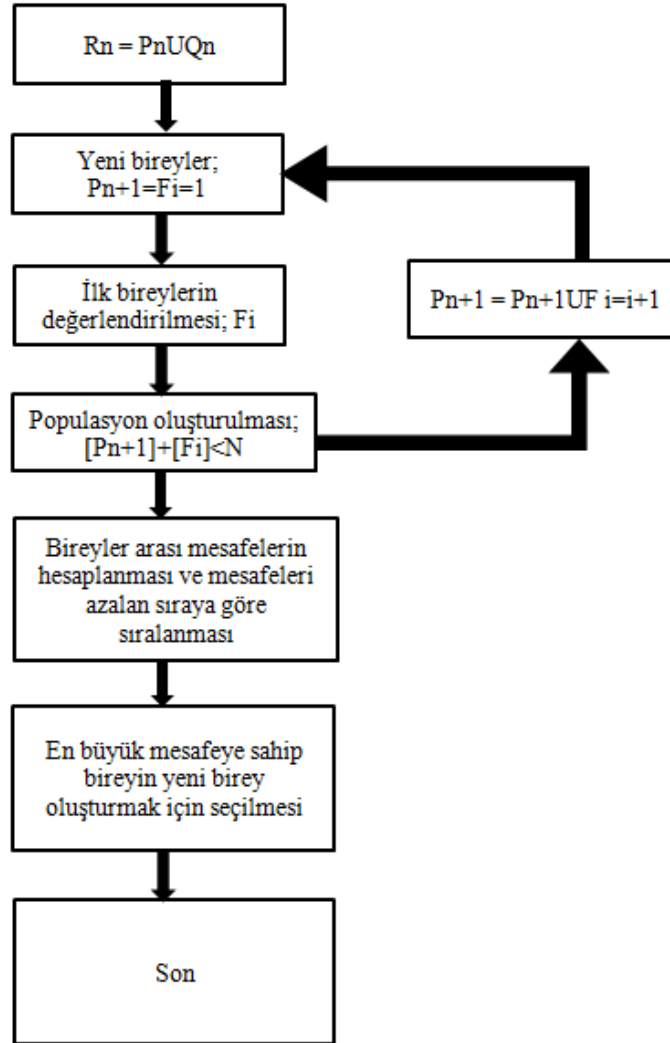
Şekil 2.7 Sıcaklığa bağlı olarak kalıcı gerilme eğrisi [1]

Deneysel olarak diyafram yay üzerinde yapılan çalışmada 400 °C ve 500 °C arasında kalıcı gerilmenin kararlı davranış gösterdiği gözlemlenmiştir [1].

2.2 Geometrik Değişkenlerin Diyafram Yayın Yük Karakteristiği ve Gerilme Etkileri Üzerine Çalışmalar

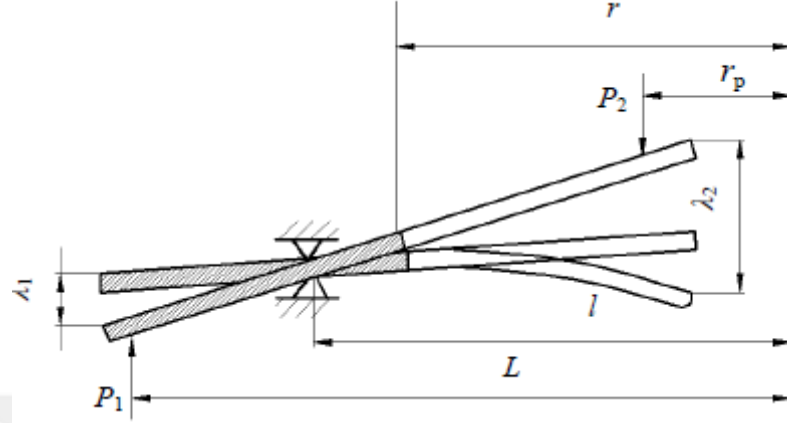
Kavrama sistemi elemanlarından diyafram yayın yük yer değiştirme eğrisinin ve gerilme optimizasyonu Almen-Laszlo formülüne göre değişkenlerinin ve kısıtlarının optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve optimizasyon algoritması olarak çok amaçlı genetik algoritma kullanılmıştır [2].

Pareto optimizasyon teorisi tabanlı olarak en uygun tasarım değişkenlerini hedef baskı yükü değerleri için asgari farkı sağlayarak optimizasyonu sağlanmıştır. Bu çalışmada hedef baskı yük değerleri diyaframın kavrama kuvvetini yeni montaj zamanında ve belirli bir seviye kadar balatanın aşındığı durumlar için ayrı ayrı incelenmiştir [2].



Şekil 2.8 Optimizasyon algoritması [2]

Optimizasyon çalışmasında serbest boy, kalınlık, iç çap ve kursu tasarım değişkeni olarak belirleyip kavrama yükünü, rulman yükünü ve iç çap üzerindeki gerilme optimize edilmeye çalışılmıştır [2].



Şekil 2.9 Diyafram çalışma durumu [2]

Almen Laszlo Formülüne göre kavrama yükü;

$$P_1 = \frac{\pi E t \lambda_b \ln\left(\frac{R}{r}\right)}{6(1-\mu^2)(L-1)^2} \left[\left(h - \lambda_b \left(\frac{R-r}{L-l} \right) \right) \left(h - \left(\frac{\lambda_b (R-r)}{(L-l)} \right) + t^2 \right) \right] \quad (2.1)$$

Almen Laszlo Formülüne göre rulman yükü;

$$P_2 = \frac{\pi E t \lambda_b \ln\left(\frac{R}{r}\right)}{6(1-\mu^2)(L-l)(L-r_p)} \left[\left(h - \lambda_b \left(\frac{R-r}{L-l} \right) \right) \left(h - \left(\frac{\lambda_b (R-r)}{(L-l)} \right) + t^2 \right) \right] \quad (2.2)$$

Diyaframın matematiksel modeli Almen-Laszlo formülüne göre oluşturulup matematiksel modelin değişkenlerinin yer değiştirme yük eğrisine etkilerini genetik algoritma metodu ile matlab ara yüzünde belirlenmeye çalışılmıştır ve optimizasyonu gerçekleştirilmiştir [12].

3. dayanım teorisine göre gerilme formülü;

$$\sigma_{VB} = \frac{E}{(1-\mu^2)(R_1-r_1)} \frac{\lambda}{r \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \left[\left(\frac{R-r}{R-r} - 1 \right) \left(\frac{H}{R-r} - \frac{\lambda}{2(R_1-r_1)} \right) + \frac{h}{2r} \right] - \frac{6P_1(r-r_f)E}{\pi r \beta h^2} \quad (2.3)$$

Parmak genişlik katsayısı;

$$\beta = 1 - \frac{\delta_2 n}{\pi(r_e + r)} \quad (2.4)$$

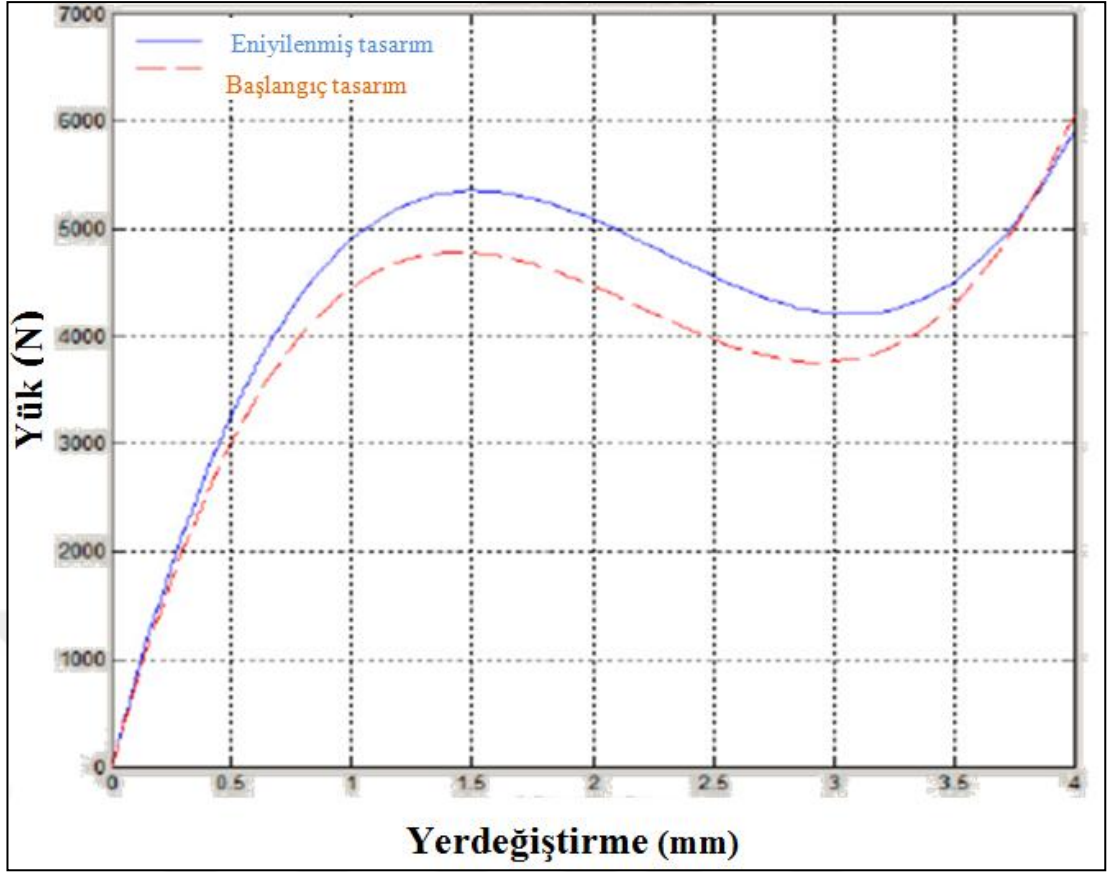
Diyaframın araçta ilk çalışma pozisyonu ve disk balatasının aşınma durumu için diyafram yük ve gerilme durumu matlab üzerinde almen lazsló formülüne göre incelenmiştir ve diyafram parmak pencere çapının yüksekliğinin balata aşınma durumunda yükseleceği vurgulanmıştır [12].

Diyaframın optimum tasarımı için diyafram parmak pencere çapı yüksekliği, diyafram kalınlığı, diyafram iç çapı, diyafram dış çapı, diyafram parmak penceresi çapı ve diyafram dış çapı ve iç çapı ortalama çapını parametre olarak seçilmiştir. Sınır koşulları seçilmiş olan parametrelere göre seçilmiştir. Optimizasyon sonucunda yük yerdeğiştirme eğrisinin karakteristiği ve oluşan gerilme değerleri karşılaştırılmıştır [12].

Çizelge 2.1 Optimizasyon öncesi ve sonrası değerler [12]

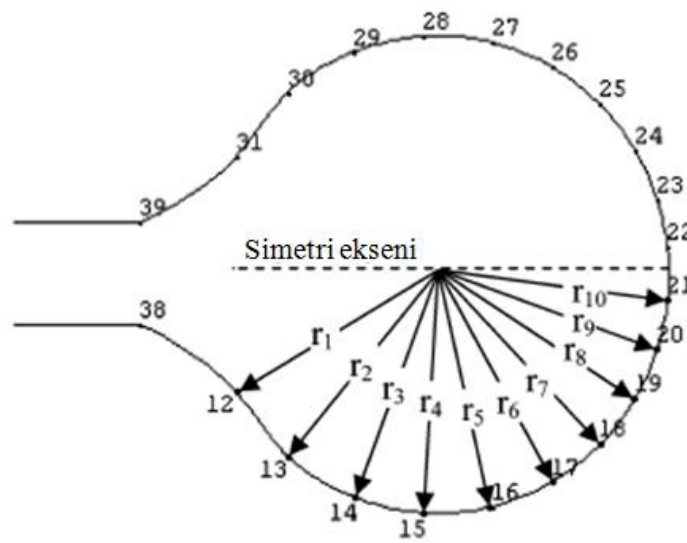
Parametreler	Başlangıç Tasarım	Eniyilenmiş Tasarım
H/mm	3,5	3,5
h/mm	2	2
R/mm	83	80,01
r/mm	67,5	62,12
R1/mm	78	76,41
r1/mm	68,5	65,21
Azami yük (N)	5355	4784
Gerilme (MPa)	1051	821,1

H, h, R, r, R₁, r₁ değişkenlerine göre azami yük ve asgari gerilme değeri Almen Lazsló formülüne göre incelenmiştir. Bu çalışmaya göre gerilme değerleri yaklaşık olarak 230 MPa azaltılabilmiştir ancak bununla birlikte yük değerleri de yaklaşık olarak 600 N optimizasyon sonucunda azaltılmıştır. Çalışma sonucunda ortaya çıkan yük eğrisi karakteristiği ve parametrelerin karşılaştırmalı sonuçları tablo halinde belirtilmiştir. Yük eğrisi karakteristiği matlab üzerinde çizdirilmiştir ve azami yük değerine göre incelenmiştir [12].

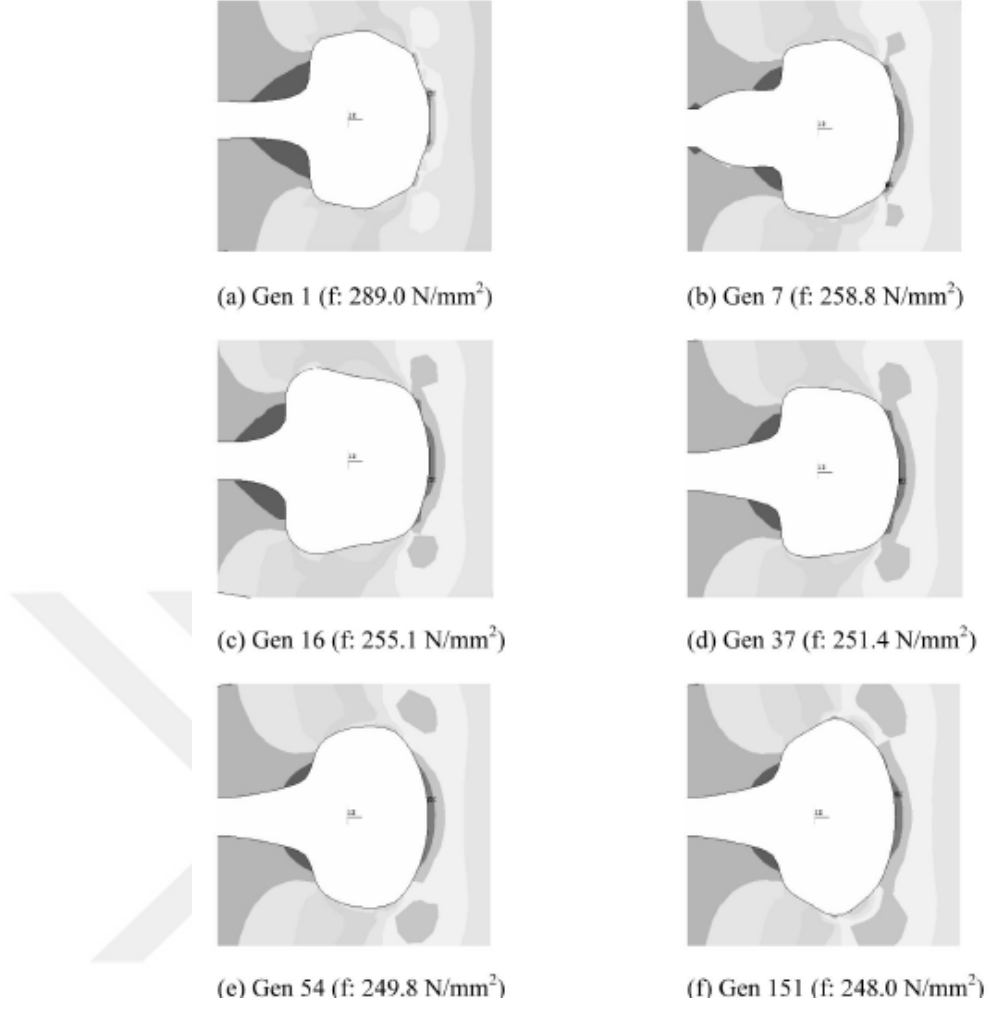


Şekil 2.10 Yük yer değiştirme eğrisi [12]

Kavrama sistemini oluşturan diyafram yayın pencere geometrisindeki gerilme açısından optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve optimizasyon algoritması olarak genetik algoritma kullanılmıştır [3].



Şekil 2.11 Diyafram yayın parametrik pencere modeli [3]

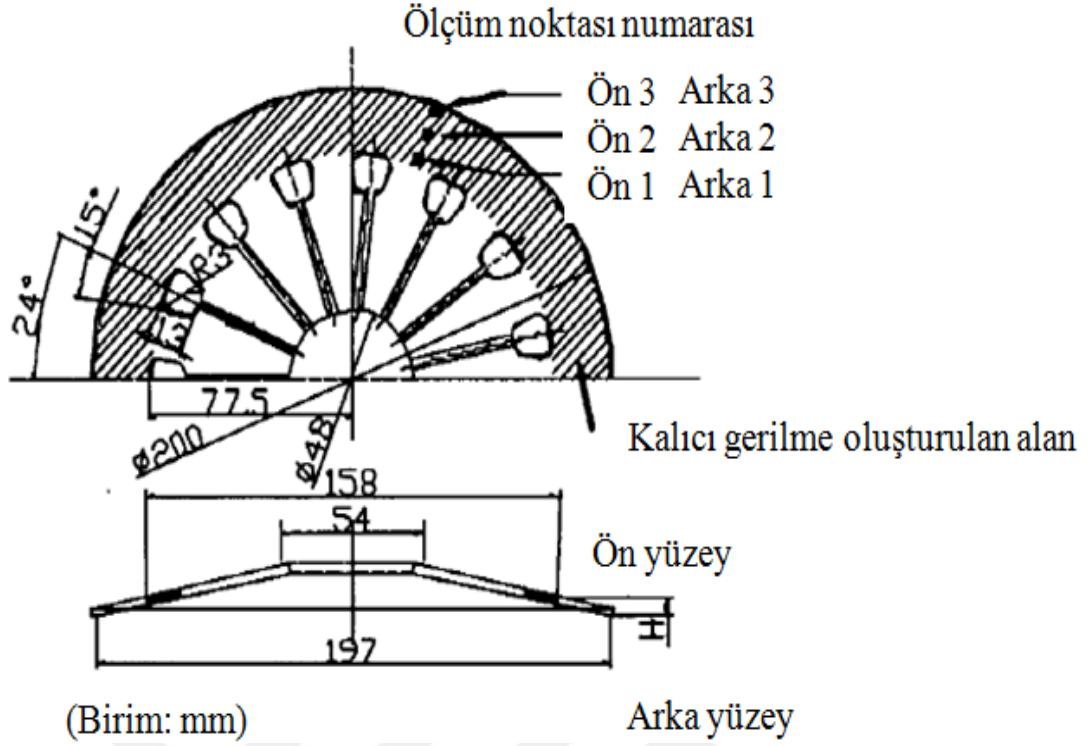


Şekil 2.12 Algoritma sonucunda belirlenen diyafram yayı modelleri [3]

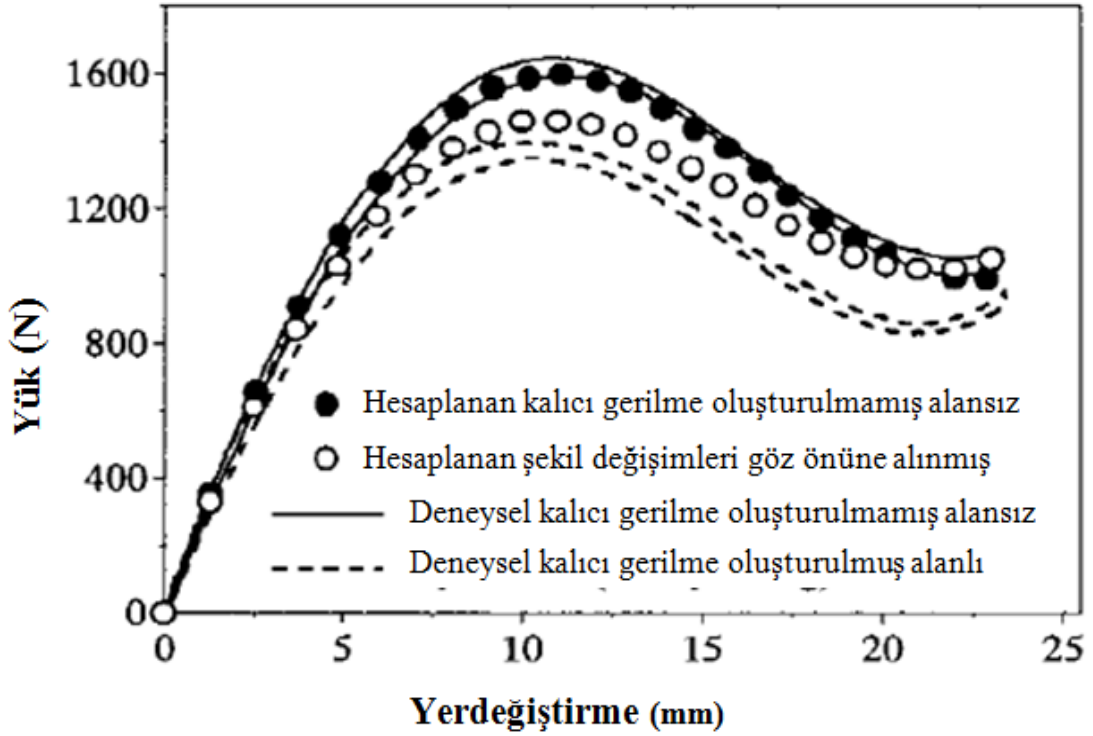
2.3 Diyafram Yayın Yüzeyinde Oluşturulan Kalıcı Gerilmelerin Yük Karakteristiğine Etkileri Üzerine Çalışmalar

Kavrama sistemlerinde kullanılan diyafram elemanının pencere geometrisinden diyafram dış çapına doğru ön ve arka yüzeylerine kalıcı gerilme oluşturarak yük yer değiştirme eğrisi üzerine oluşturulan kalıcı gerilmelerin etkileri incelenmiştir [4].

Deneysel çalışmada ilk adımda diyafram serbest boyu, yük yer değiştirme eğrisi ölçülmüştür ve sonrasında diyafram üzerine küçük tanecikler gönderilerek diyafram üzerinde kalıcı gerilme oluşturduktan sonra kalıcı gerilme ölçümü yapıp yük deplasman ölçümü, serbest yükseklik ölçümü ve kalıcı gerilme ölçümü tekrarlanmıştır [4].



Şekil 2.13. Kalıcı gerilme uygulanan yüzeyler [4]



Şekil 2.14. Kalıcı gerilmelerin yük yer değiştirme eğrisine etkisi [4]

Yüzey üzerine kalıcı gerilme oluşturmanın serbest boyu değiştirdiği ve oluşan kalıcı gerilmelerden dolayı yük yer değiştirme eğrisi üzerine etkisinin olduğu yorumlanmıştır ve arka yüzeydeki kalıcı gerilmelerin sabit olduğunu, ön yüzeyde kalıcı gerilmelerin düzensiz olduğu ölçümlenmiştir. Bununla birlikte ön yüzeyin iç çapındaki kalıcı gerilmeler ile arka yüzeyin dış çapındaki kalıcı gerilmelerin maksimum ve minimum yük değerlerini değiştirdiğini yorumlamışlardır [4].

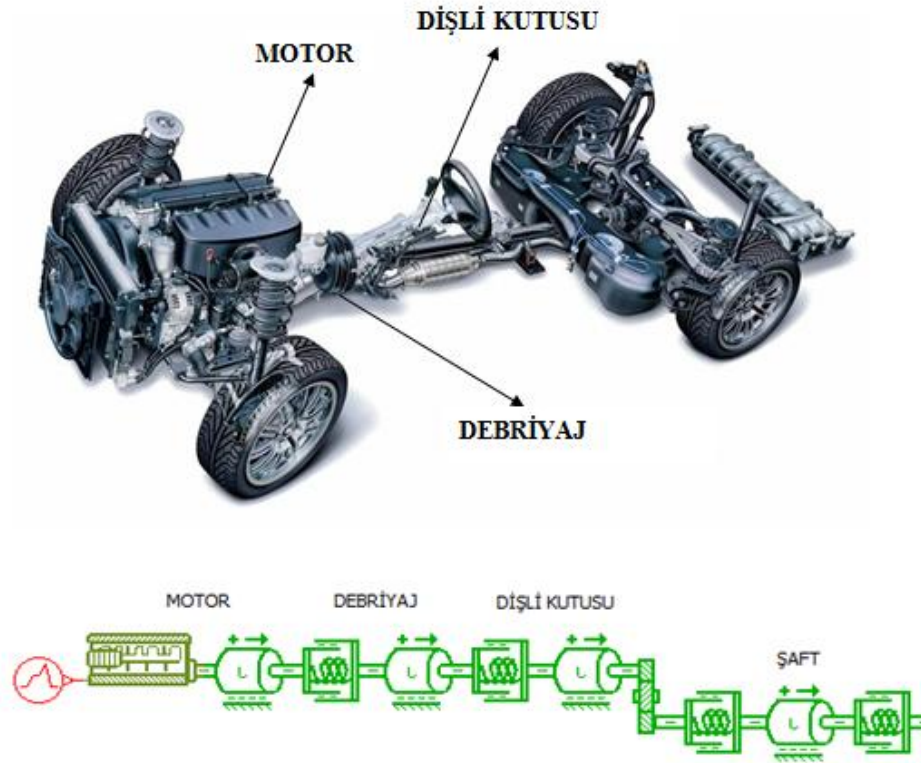


3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında kavrama elemanlarından diyafram yayın yük yer değiştirme eğrisi ve gerilme durumunu inceleyebilmek amacıyla diyafram yayın sonlu elemanlar analizi programında parametrik modeli oluşturulup bu modele yük ölçüm metodunda olduğu gibi kapak temas noktasından aksenal yönde yer değiştirme uygulanarak modelin yük yer değiştirme eğrisi ve gerilme değeri elde edilmiştir. Oluşturulan parametrik model Ansys Workbench ortamında mesh yapıldıktan sonra ansys apdl ortamında analiz edilmiştir. Apdl ortamında yük yer değiştirme eğrilerinden ve gerilme değerlerinden sonuç havuzu elde edilmiş ve sonuç havuzundan elde edilen veriler ile diyafram yayın optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen maksimum gerilme ve ortalama gerilme değerleri maksimum ömür dayanımı için kısıt olmuştur.

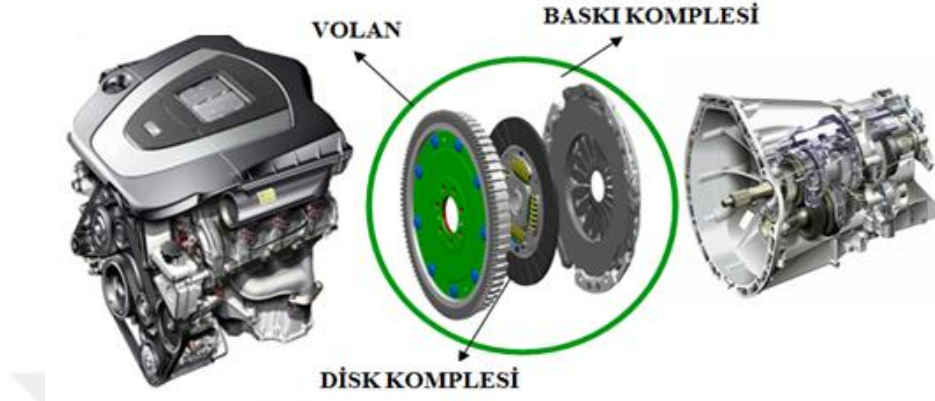
3.1 Manuel Kavramalı Araçlarda Güç Aktarım Sistemi

Debriyaj Sistemleri, araçlarda daima motor ile vites kutusu arasında yerleştirilmiştir. Duruştan kalkışa geçmeyi veya hareket esnasında motor ile vites kutusu arasındaki kuvvet akışını keserek vites kutusunda basamak değiştirilmesini mümkün kılar.



Şekil 3.1 Manuel kavrama araç güç aktarım sistemi

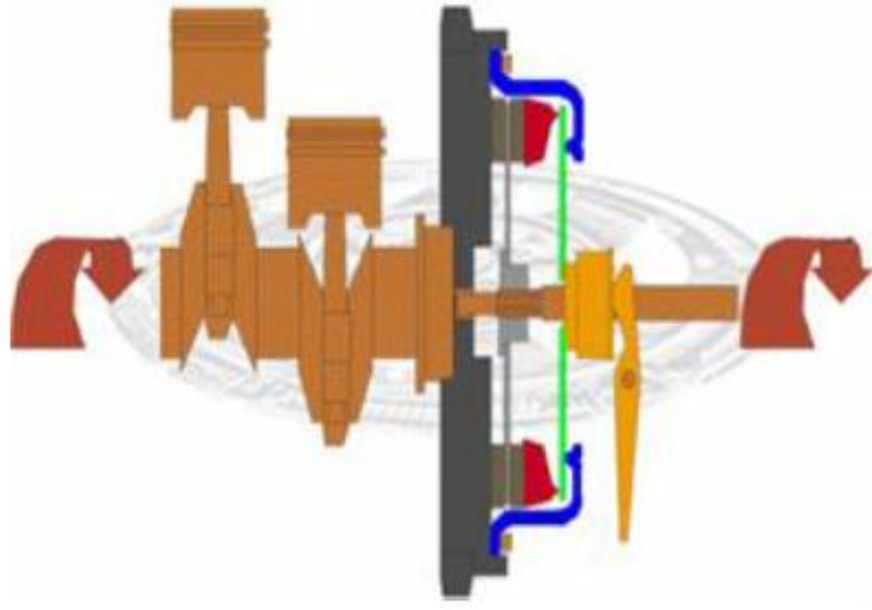
Manuel Kavrama sistemi temel olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır motor tarafından vites kutusu tarafına doğru sırasıyla volan, disk ve baskı elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.2 Manuel kavrama araç güç aktarım sistemi

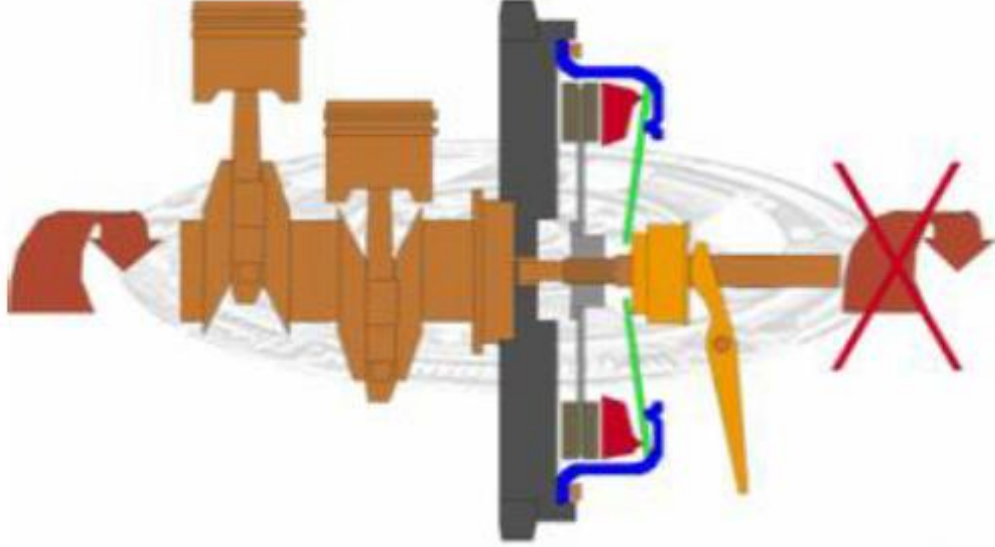
3.2 Debriyaj Sisteminde Tork İletimi

Debriyaj sisteminde diyaframdan gelen kavrama yükü volan ile baskı plakası arasında yer alan diski baskı plakası vasıtasıyla sıkıştırarak kavrama gerçekleşir dolayısıyla motordan vites kutusuna motor devrinden gelen hız ve tork iletimi sağlanır.

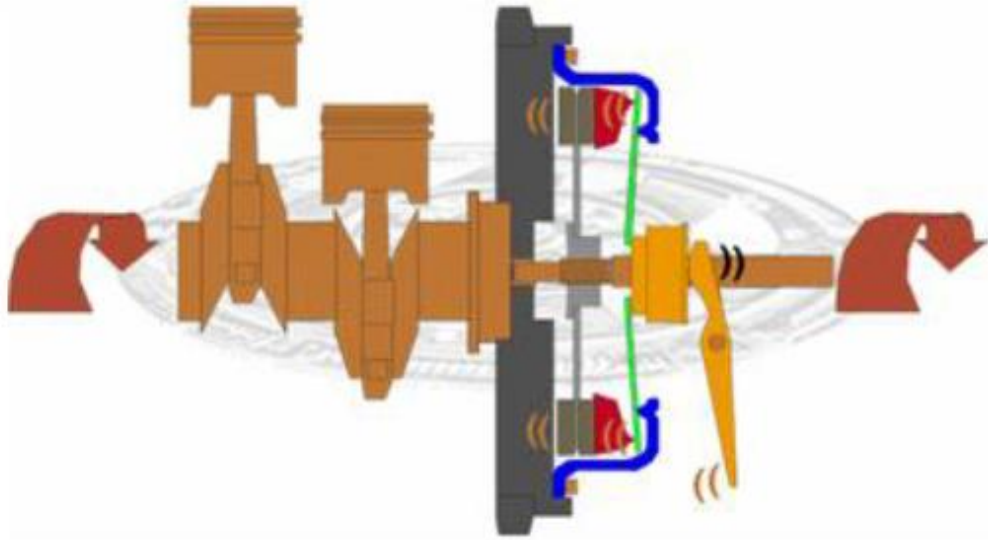


Şekil 3.3 Debriyaj sistemi kavrama durumu

Araçta debriyaj pedalına basıldığı durumda iç çap kısmından sıkıştırılan diyafram yay dış çap kısmından tersine yönde hareket ederek baskı plakası üzerindeki yükü azaltır ve volan ile baskı plakası arasındaki disk ile teması keser ve ayırma sağlanır.



Şekil 3.4 Debriyaj sistemi ayırma durumu



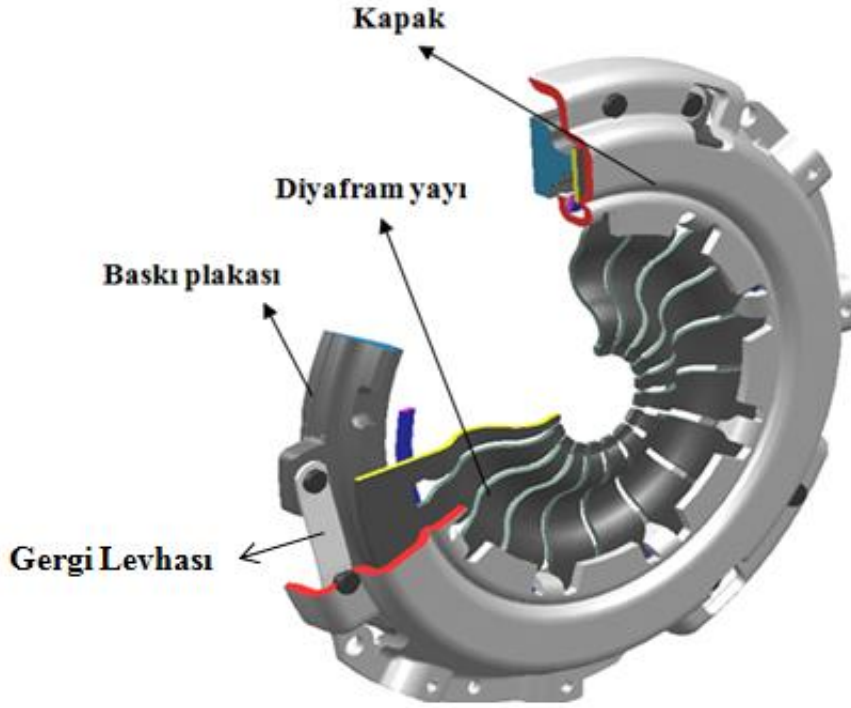
Şekil 3.5 Debriyaj sistemi kavrama anı

Araçta debriyaj pedalının üstündeki pedal yükü kalkması esnasında baskı plakasına etkiyen diyafram yükü artar ve kavrama için gerekli asgari yük sağlandığı anda kavrama başlar. Bu durum kavrama anı olarak adlandırılır, bu durumdan itibaren motor torku ve hızı vites kutusuna aktarılmaktadır.

3.3 Debriyaj Sistemi Baskı Kompleksi Elemanı

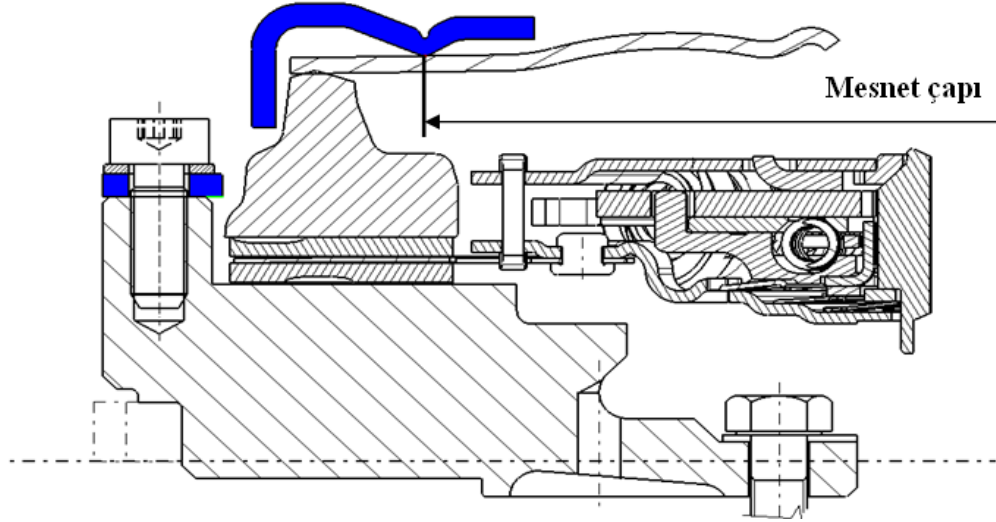
Baskı kompleksi, manuel debriyaj sistemlerinde motor torkunu ileten, kesen ve vites geçişlerinde ve aracın kalkış anındaki enerjiyi sönümleyen ana elemanlardır. Baskı kompleksi kendi içersinde 4 ana elemandan oluşmaktadır.

- 1) Kapak
- 2) Diyafram
- 3) Baskı plakası
- 4) Gergi Levhası



Şekil 3.6 Baskı kompleksi elemanları

Kapak elemanı, baskı kompleksini volana bağlar ve diyafram için mesnet noktası oluşturarak istenilen kavrama yükünün oluşmasını sağlar. Kapak elemanı volana bağlı olduğu için motor ile birlikte aynı zamanda dönme hareketini de gerçekleştirir. Kapak elemanı aynı zamanda baskı kompleksi için komponentleri tutucu görevini sağlar.



Şekil 3.7 Baskı kompleksi kapak elemanı

Diyafram yayı, manuel debriyaj sisteminde istenilen kavrama yükünü oluşturarak baskı plakası aracılığıyla disk kompleksini volan ile sıkıştırarak kavramayı sağlar, motor torkunu ve hızını iletir. Bunun yanı sıra istenildiği zaman debriyaj pedalına basıldığında baskı plakasına etkiyen yük kalkarak ayırmayı oluşturur.

Baskı plakası, manuel debriyaj sistemlerinde disk kompleksini sıkıştırarak kavramayı sağlayan temel elemanlardır, bunun yanı sıra kavrama sırasında oluşan fazla enerjinin sönümlemesini de sağlar.

Gergi plakası, manuel debriyaj sistemlerinde baskı plakasının aksel hareket etmesini sağlar. Diyafram kavrama yükü baskı plakası üzerinden kalkınca ayırma durumunda açılma geometriye sahip gergi plakası düz pozisyona gelmeye eğim göstererek ayırma mekanizmasının oluşmasını sağlar.

Debriyaj tarafından iletilebilecek kavrama tork kapasitesi aşağıdaki denklem ile bulunabilir.

Tork kapasitesi denklemi;

$$T = \int \int \mu \cdot \rho \cdot r^2 \cdot da \cdot dr = \mu \cdot \rho \int_0^{2\pi} \int_{R_i}^{R_e} r^2 \cdot dr \cdot d\alpha = \mu \cdot \rho \cdot \int_0^{2\pi} d\alpha \cdot \int_{R_i}^{R_e} r^2 \cdot dr \quad (3.1)$$

$$T = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \mu \cdot \rho \cdot (R_e^3 - R_i^3) \quad (3.2)$$

$$T = n \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \mu \cdot P \cdot (R_e^3 - R_i^3) \quad (3.3)$$

$$R = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2} \quad (3.4)$$

$$T = n * P * \mu * R \quad (3.5)$$

Denkleimde yer alan terimlerin anlamları aşağıdaki gibidir.

N= Sürtünen balata yüzey sayısı

T= Tork Kapasitesi (Nm)

μ = Sürtünme katsayısı

P= Diyafram kavrama kuvveti (N)

R = Tork iletiminin yapıldığı ortalama balata çapı (mm)

3.4 Debriyaj Sistemi Disk Kompleksi Elemanı

Disk kompleksi kavrama sisteminde volan ile baskı kompleksi arasındadır. Temel görevleri aşağıdaki gibidir.

1)Disk kompleksi volan ve baskı plakası arasında sıkıştırılması ile kavrama mekanizmasının oluşmasını sağlar.

2)Motordan gelen titreşimleri filtreler.

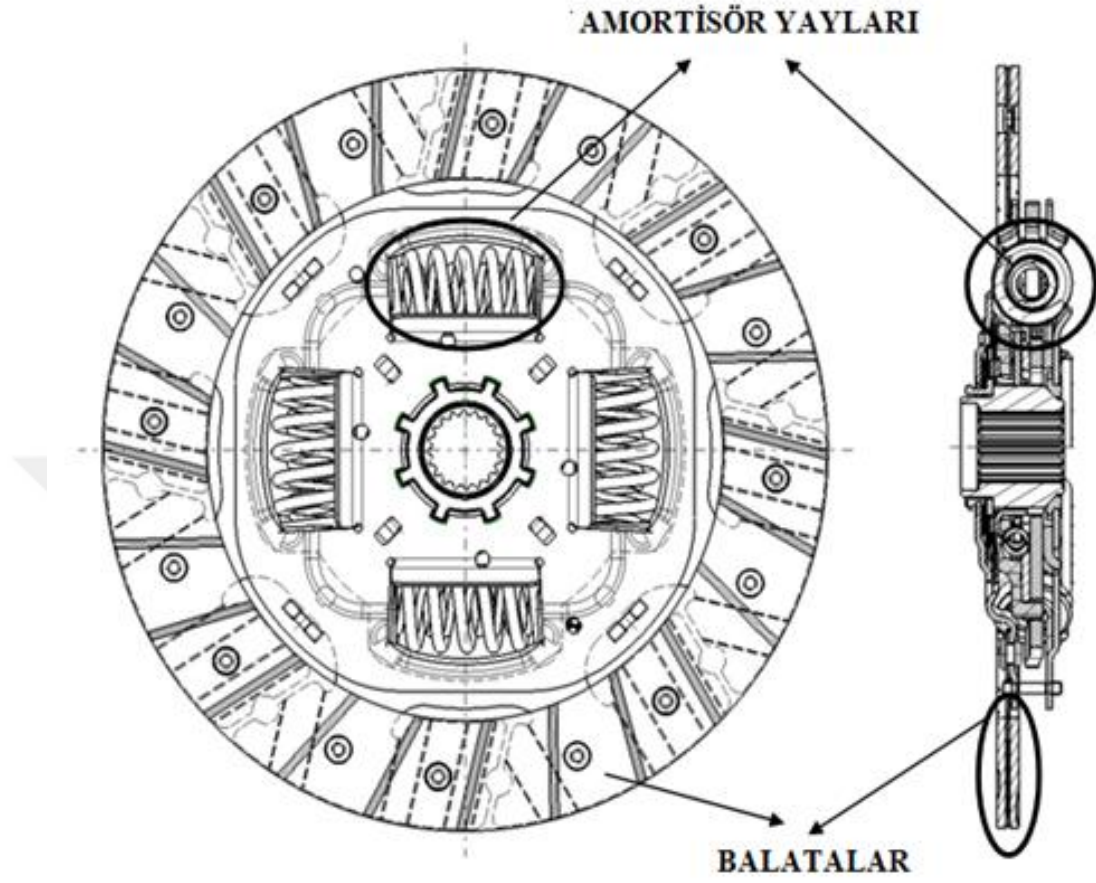
3)Ayırma kavrama mekanizmalarının yumuşak bir şekilde gerçekleşmesini ve pedal konforunu sağlar.

4)Vites geçişleri esnasında vites kutusu miline gelen torku keser.

5)Vites kutusu ve motor ekseninin birbirine göre kaçık olmasını kompanse eder.

Disk kompleksi debriyaj sisteminin en önemli elemanlarından ve üzerinde bulunan balatalar aracılığıyla volan ve baskı plakası arasında sıkışarak kavrama mekanizmasını sağlar. Bunun yanı sıra balataların altında yer alan metalik disk elemanı vasıtasıyla ayırma ve kavrama mekanizmasının yumuşak ve sürücü tarafında konforlu olmasını sağlar. Disk kompleksi motor tarafından gelen titreşimleri üzerinde bulunan yaylar vasıtasıyla sönmeler ve iç mekanizmasında bulunan esnek rondelalar vasıtasıyla iç sürtünme kuvveti oluşturarak titreşim kuvvetlerini kompanse eder ve

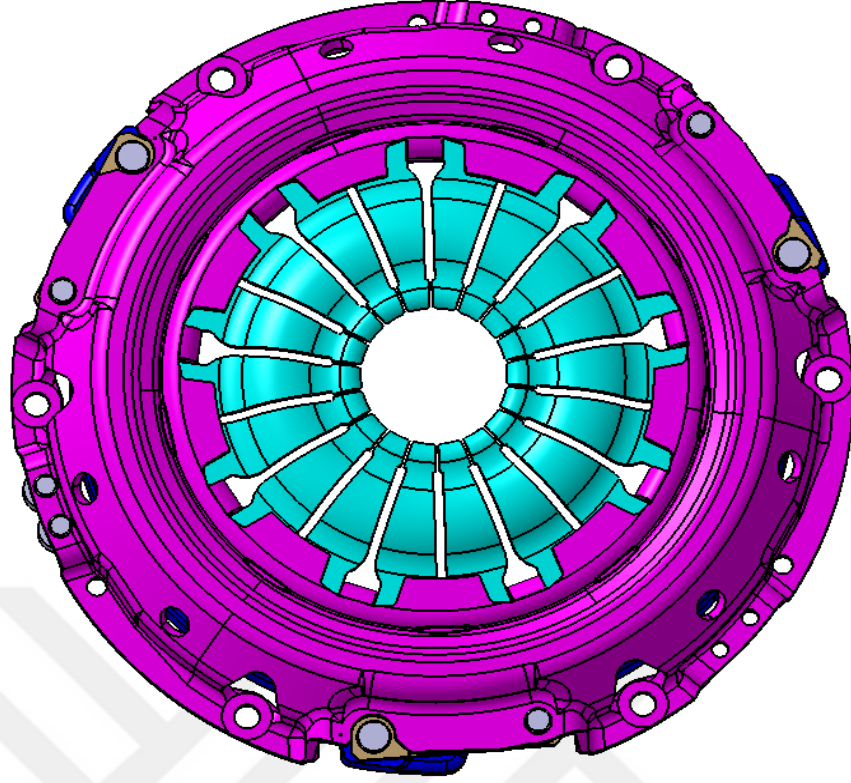
titreşimleri filtreleyerek iletilen torkun güvenli bir biçimde vites kutusuna iletimini sağlar.



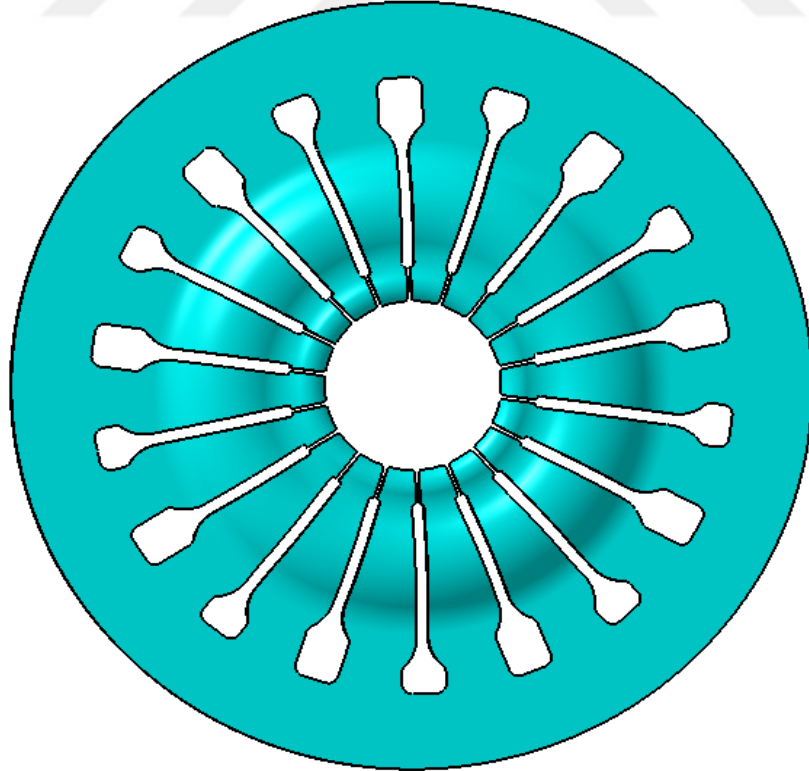
Şekil 3.8 Disk kompleksi tork iletimi ve damper elemanları

3.5 Baskı Kompleksi Diyafram Yay Elemanı

Binek araçlar için en önemli çalışma alanlarından biride güç aktarma organlarının tasarımı ve araç dinamik koşullarında fonksiyonellik kaybının asgari ve ömür dayanımının azami seviyede olmasıdır. Bununla birlikte en önemli güç aktarma organlarından birisi içten yanmalı motordan dişli grubuna tork iletiminin sağlanmasında yüksek öneme sahip baskı grubudur. Baskı grubu motordan aldığı torku ve motor hızını motordan vites kutusuna iletir, tork iletimini keser ve kavrama esnasında oluşan enerjiyi kompanse eder. Baskı grubunun tork iletimini sağlaması için gerekli olan aksenal yük kaldırma prensibine göre çalışan diyafram tarafından sağlanır. Yük karakteristiği pedal kursuna göre pozitif ve negatif katılıktadır. Diyafram yayı aşağıda belirtilmektedir.

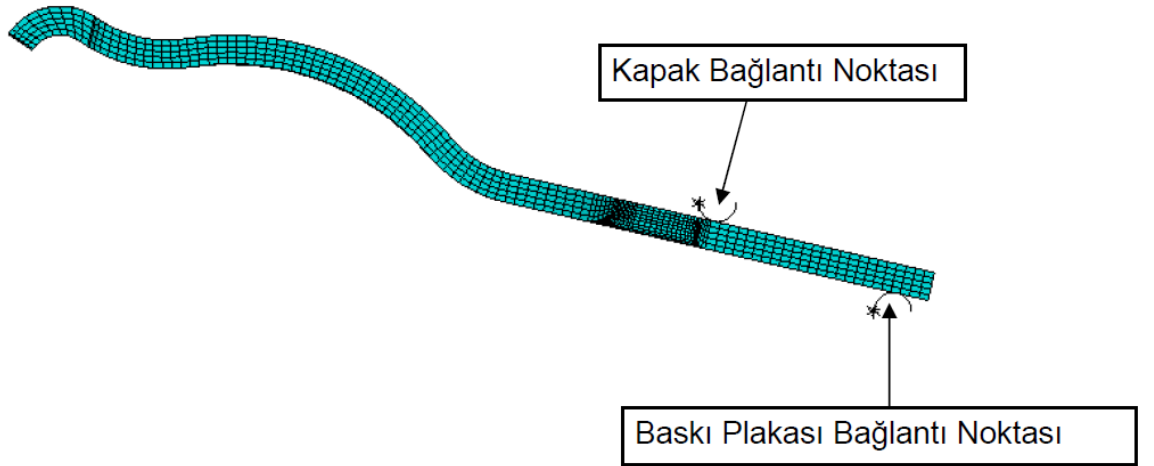
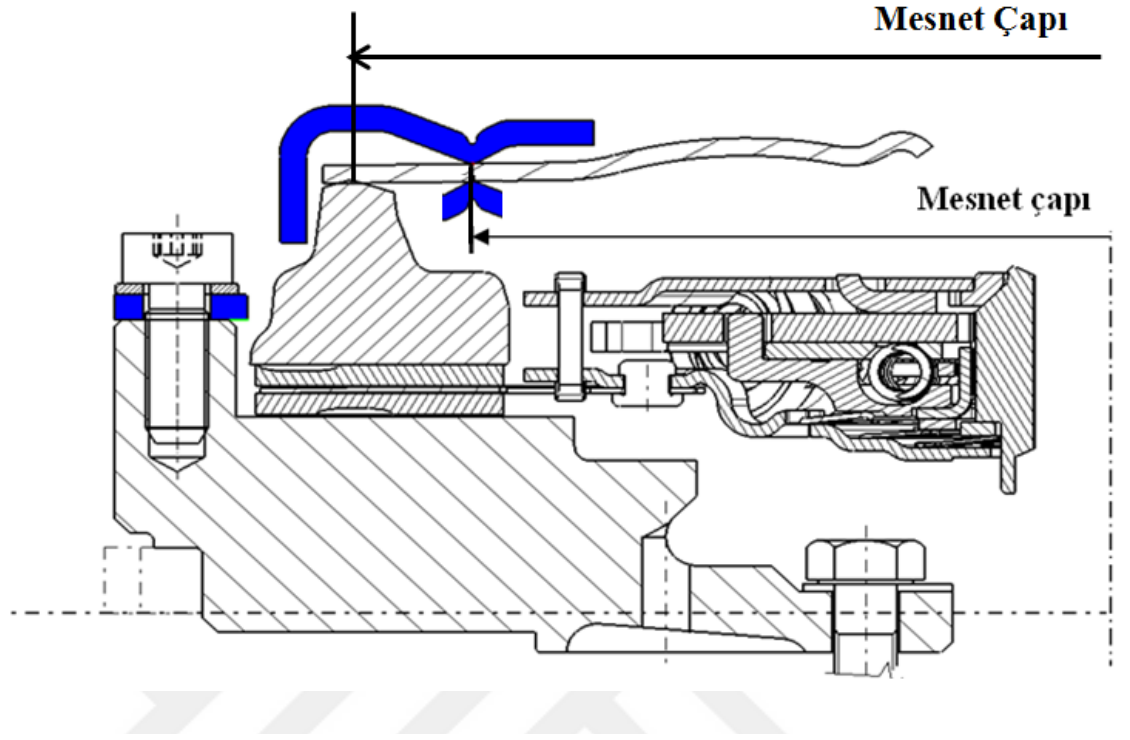


Şekil 3.9 Baskı kompleksi



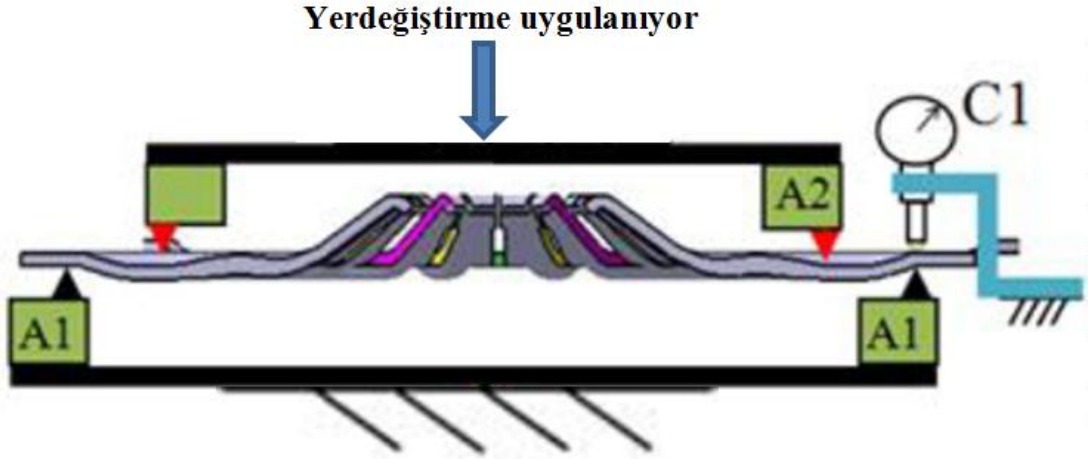
Şekil 3.10 Diyafram yay elemanı

Diyafram elemanı kapak ve baskı plakası ile temas halindedir ve iç çapdan kurs uygulanması halinde diyafram elemanının üzerinde yük ve gerilme oluşur.



Şekil 3.11 Diyafram bağlantı şekli

Diyafram yük ölçümü baskı plakasının ve kapağın ölçülerinde aparat ile baskı plakası yada kapak temas noktasından yer değiştirme uygulanması ile diyafram yük ölçümü yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan yük ölçümü aynı zamanda gerçek koşullardaki durumuda rulman yükünün etkisini ihmal ederek birebir yansıtır. Debriyaj sisteminin yük kontrolü için son derece pratik bir kontrol metodudur.



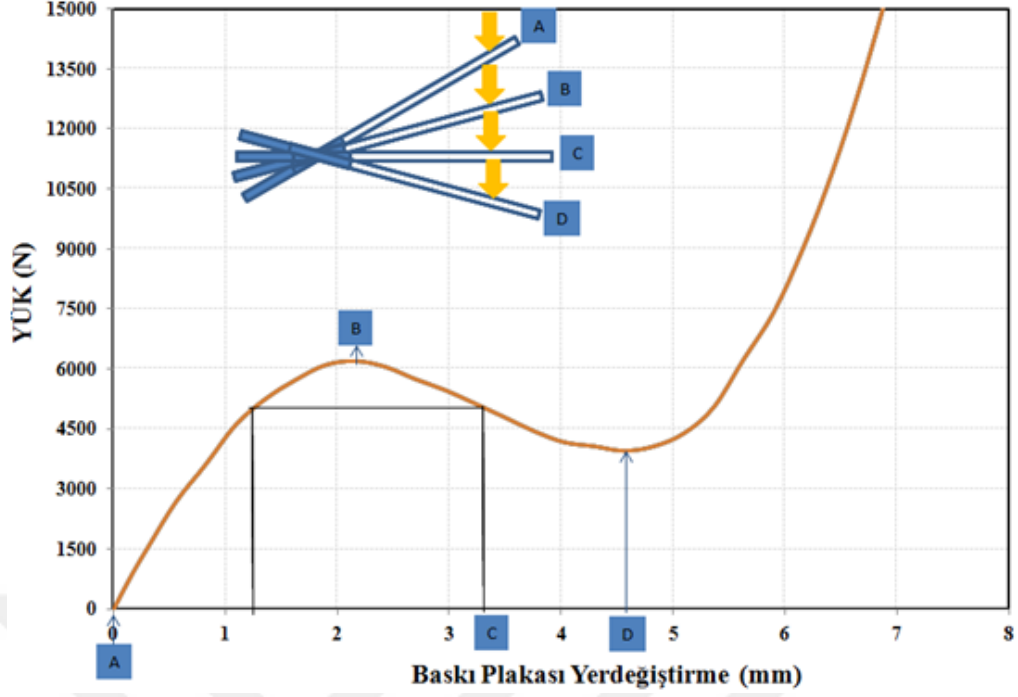
Şekil 3.12 Diyafram yük ölçümü metodu

Serbest yüksekliğe sahip diyafram elemanı kurs verilene kadar yüksüzdür. Bu yüzden diyafram baskı kompleksi içerisinde belirli kurs altındadır ve motor torkuna göre belirlenen kavrama yükünü oluşturur. Kurulu durumda olan diyafram elemanı rulman vasıtasıyla iç çaptan kurs verildiğinde dış çap kurs verilen doğrultunun tersi yönünde hareket ederek kavrama yükünü kaldırır, ayırma mekanizmasını sağlar. Diyafram yayların yük üzerine teorik çalışmalar Almen Laszlo tarafından yapılmıştır.

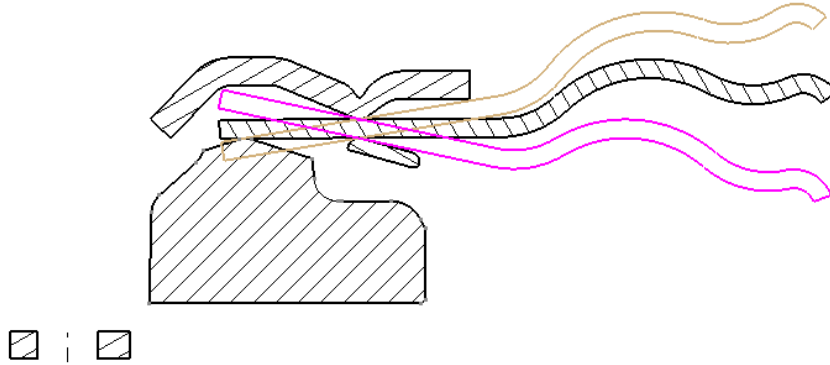
Bu tezin konusu olan diyafram yayın geometrik şekil ve parmak pencerelerin etkidiği önemli durumlar aşağıdaki gibidir.

- Baskı yükü karakteristiğine etkisi
- Diyafram dayanımına etkisi

Kuru kavrama debriyaj sistemlerinde tork iletimi sırasında ve ayırma sırasında diyafram elemanının üzerinde yüksek gerilmeler ortaya çıkmaktadır. Tork iletimi ve ayırma sırasında kurs verilen diyafram elemanı gerilme açısından uygun şekilde tasarlanmalıdır ve ortaya çıkan yük yer değiştirme karakteristiği kavrama ayırma mekanizması için uygun tasarlanmalıdır. Uygun tasarlanmaması durumunda yük bakımından sorun ortaya çıkarsa kavrama olmama ve hatta motorun durmasına sebep olabilir. Tasarım dayanım bakımından sorun teşkil ederse diyafram çalışması sırasında yada ayırma süresince kırık oluşabilir ve çok büyük kazalara sebep olabilir. Bu nedenle diyafram geometrisinde yük ve gerilme durumunun incelenmesi zaruridir.

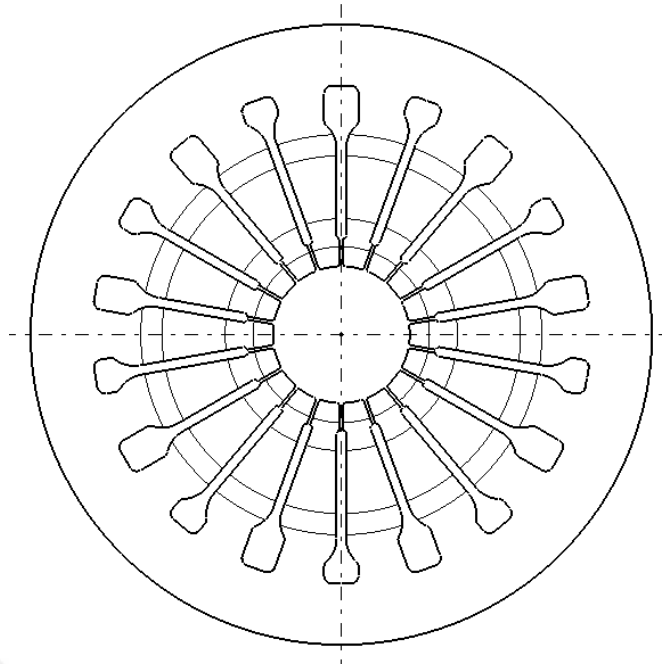


Şekil 3.13 Diyafram yük karakteristiği



Şekil 3.14 Diyafram kurs durumu

Diyafram A pozisyonunda iken montaj öncesi durumdadır ve üzerinde hiçbir ön yük bulunmamaktadır. Diyafram A pozisyonundan B pozisyonuna geçtiğinde diyafram açısı bir miktar azalmıştır ve azami yükü oluşturmuştur. Diyafram B pozisyonundan C pozisyonuna geçtiğinde diyafram kavrama durumu için debriyaj kompleksindeki kurulu pozisyonu belirtmektedir. Diyafram C pozisyonundan D pozisyonuna geçtiğinde ise diyafram debriyaj sistemi içinde ayırma durumunu belirtmektedir (şekil 3.13).

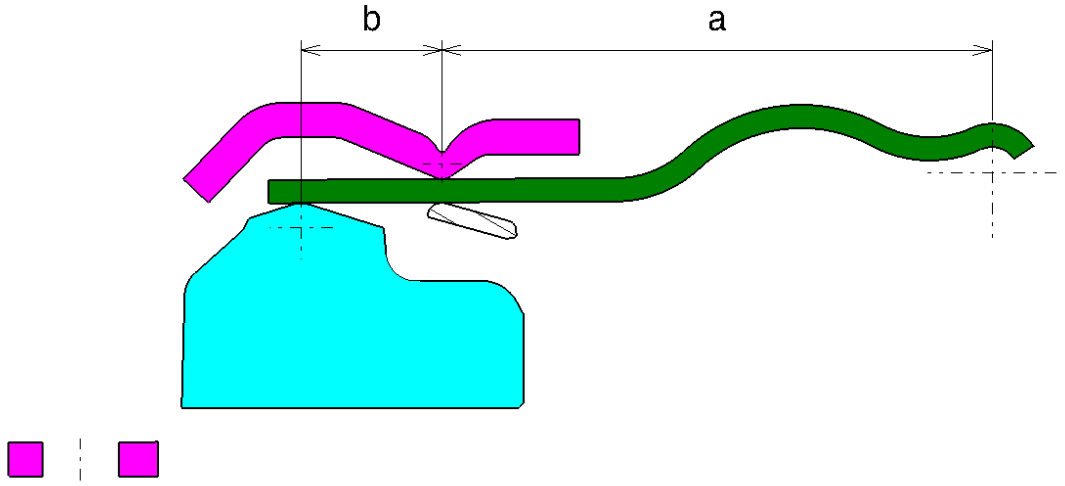


Şekil 3.15 Diyafram pencere geometrileri

Uygunsuz diyafram yük yer değiştirme eğrisi ve diyafram geometrisi kavrama olmamasına ayırma olmamasına ve vites geçmeme problemi olarak sürücüye yansımaktadır. Maksimum baskı yükü ile minimum baskı yükü arasında kavrama ve ayırma kuvvetini telafi edebilecek ve diyafram üzerindeki gerilme değerlerini arttırmayacak değerde olmalıdır.

Diyafram yayı rulman tarafından rulman yükü etkisinde iç çapdan aksel yönde sıkışmaktadır. Sıkışan bölgenin yer değiştirme değeri ve yükü, rulman temas noktasının kapak temas noktasına mesafesinin baskı plakasının temas noktasının kapak temas noktasına mesafesi oranında değişir. Diyafram serbest pozisyonda kapak ve baskı plakası ile temasta iken istenen kavrama yükünün maksimum ve minimum limitler arasında kalması istenilmektedir. Kavrama yükünün maksimum ve minimum yük değerleri araç torkuna göre belirlenen tork kapasitesi hesabı ile yapılmaktadır. Bununla birlikte diyafram yayı ayırma kavrama süresince aksel yönde sıkışırken ve istenen yük karakteristiğini oluştururken diyafram üzerinde gerilme oluşur bu yüzden diyafram yayının maksimum ömür dayanımını sağlaması istenir. Diyafram yayı ile ilgili bu tezde yapılan çalışmalar optimizasyon kısmında belirtilmiştir.

Diyaframın baskı plakasına etkileyen yük rulman kısmına a / b oranında etkir (şekil 3.16).



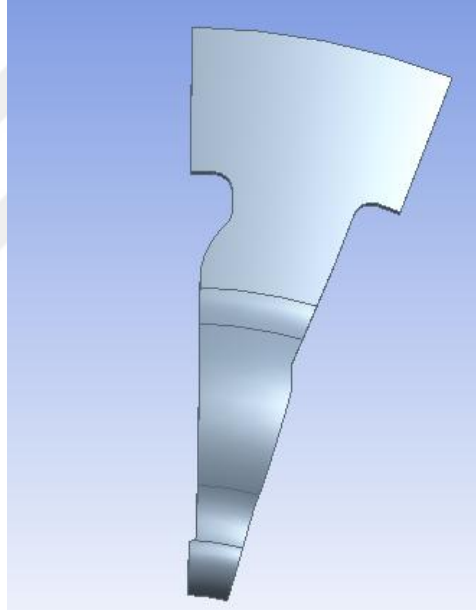
Şekil 3.16 İç çapa etkiyen kurs ve yükün dış çapa etkisinin oranı(a/b)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Diyafram yayı elemanının iç çap bölgesinden aksenal kurs verilmesiyle ortaya çıkan yük ve gerilme değerleri hesaplamalarımızda hedeflediğimiz limitlerin içerisinde olması istenmektedir. Yük yer değiştirme eğrisi ve gerilme değerlerinin belirtilen limitlerin içerisinde olmasının sağlanabilmesi için diyafram geometrisinde optimize edilmesi gereken birden çok değişken bulunmaktadır.

4.1 Diyafram Yayı Sonlu Elemanlar Modeli

Diyafram yayı optimizasyon çalışmasında kullanılmak üzere Ansys sonlu elemanlar programında bütün modelin simetrik modelini sağlayacak şekilde geometrik olarak tasarlanmıştır.

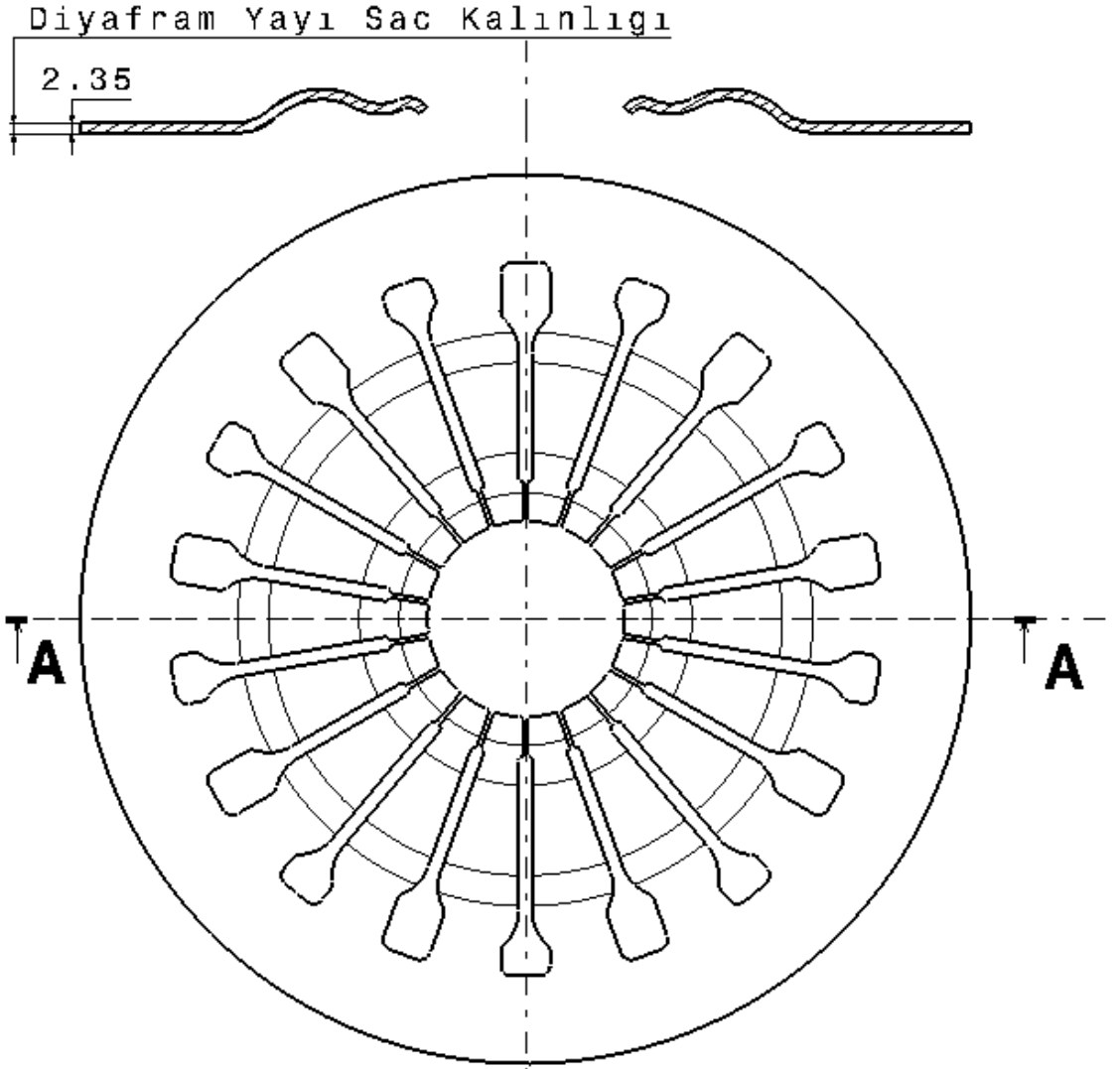


Şekil 4.1 Diyafram yayı cad modeli

Diyafram yayının şekil geometrisinde birçok şekil değişkeni vardır ve aşağıda belirtilmiştir.

4.1.1 Sac Kalınlığı

Diyafram yayın üretiminde kullanılan sac malzemenin kalınlığının yük karakteristiği üzerine etkisi çok önemlidir. Sac kalınlığı arttıkça maksimum ve minimum yük değeri artmaktadır. Bu çalışmada sac malzeme kalınlığı 1,6mm ve 3,3mm arasında değişmektedir.

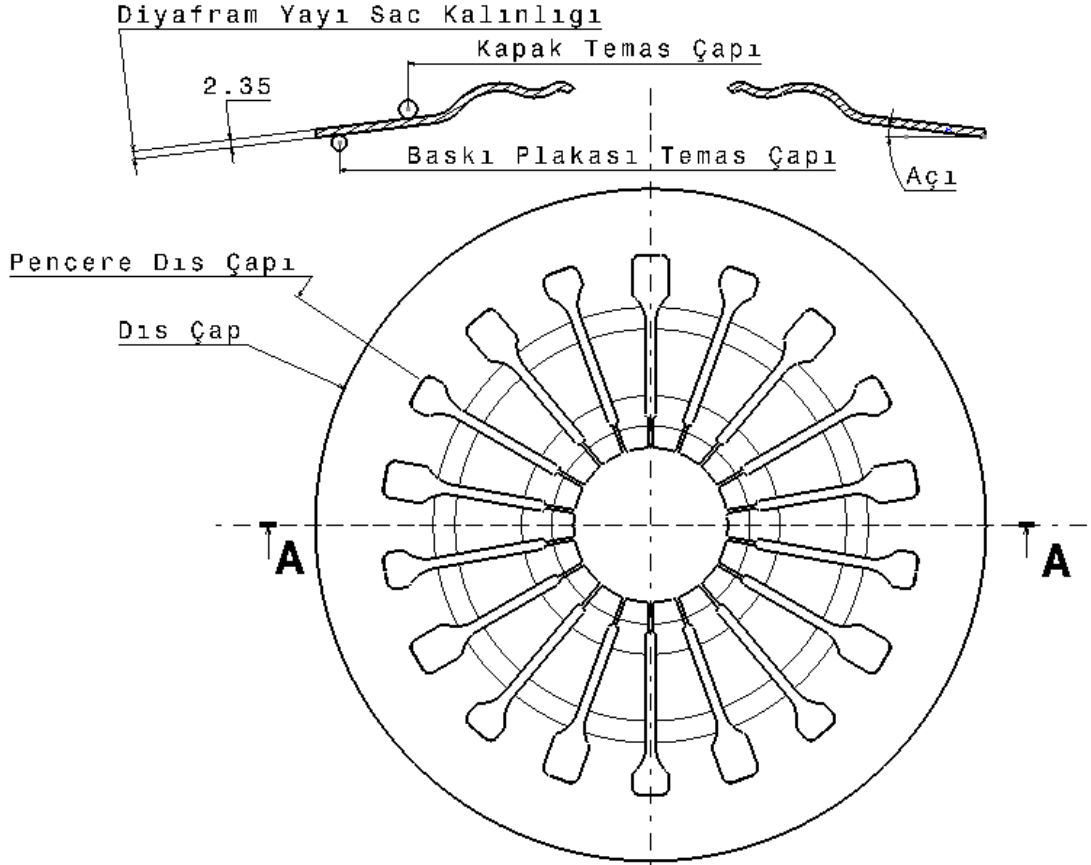


Şekil 4.2 Diyaf ram yay ı sac kal ın l ı ğ ı

Diyaf ram sac malzemesi diyaf ram yük karakteristini sürekli olarak kararlı yapıda tutmaları için sıcak formlama operasyonuna uygun olmalıdır.

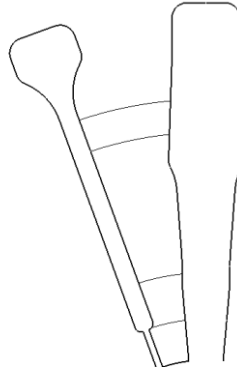
4.1.2 Diyaf ram Yay ı Dış Çap, Pencere Bitiş Çapı, Diyaf ram Aç ı Ölçüleri, Kapak Temas Çapı ve Baskı Plakası Temas Çapı

Diyaf ram yay ında dış çap, aç ı, pencere geometrisinin bitiş çapı, kapak temas çapı ve baskı plakası temas çapı yük karakteristiğine ve gerilime doğrudan etki yapmaktadır. Diyaf ram tasarımlarında ve debriyaj sistemi tasarımlarında araç debriyaj pedal yüküne kadar etkisi olan diyaf ram yük karakteristiğinin ve dayanımının araç ömrü boyunca emniyetli olması için bu parametrelerin dikkatli bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.3 Yük ve gerilime etkiyen diyafram yayı ölçüleri

Diyafram pencere geometrisi dayanıma doğrudan etki etmektedir.

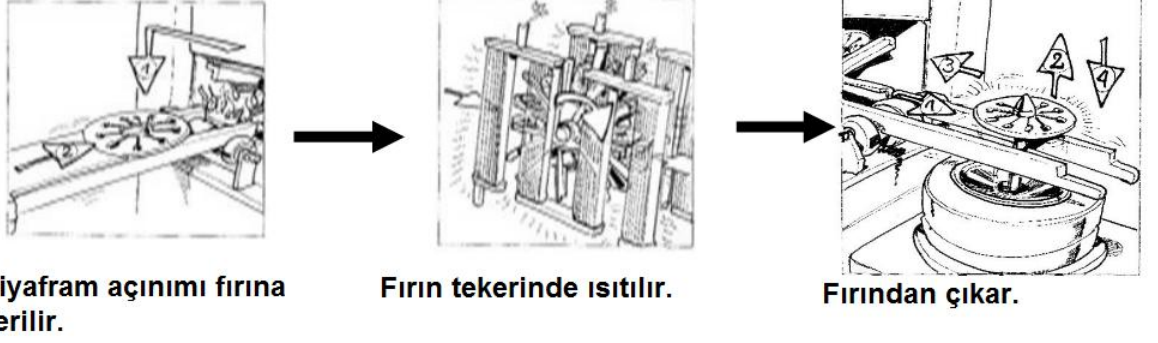


Şekil 4.4 Gerilmeye etki eden başlangıç pencere geometrisi

Diyafram yayı üretim basamakları aşağıda belirtildiği gibidir;

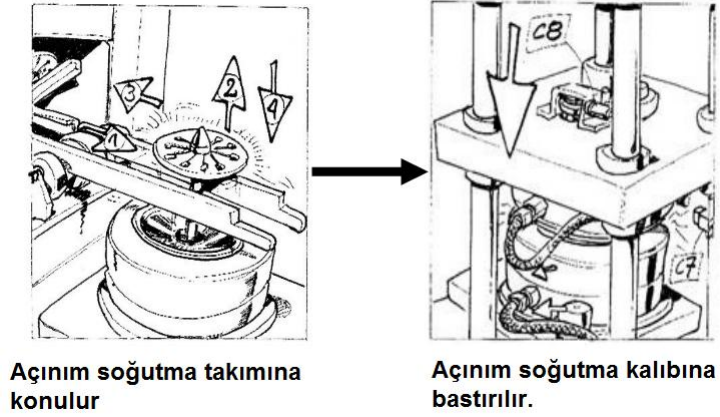
- 1- Tasarım; müşteri istekleri doğrultusunda gerekli diyafram sac kalınlığı ve boyutları belirlenir. Gerekli hesaplamalar yapılır. Bilgisayar destek tasarım programı kullanılarak diyafram tasarımı yapılır. İmalat resmi çıkarılır.

- 2- İmalat resmine göre açınım sacın resmi çizilir. Buna göre prototip kesme kalıbı ve form kalıbı tasarımı yapılır.
- 3- Üretilen kesme kalıbı ile prototip açınım sacı kesilir.
- 4- Açınım sacı, fırınlarda ısıtılır.



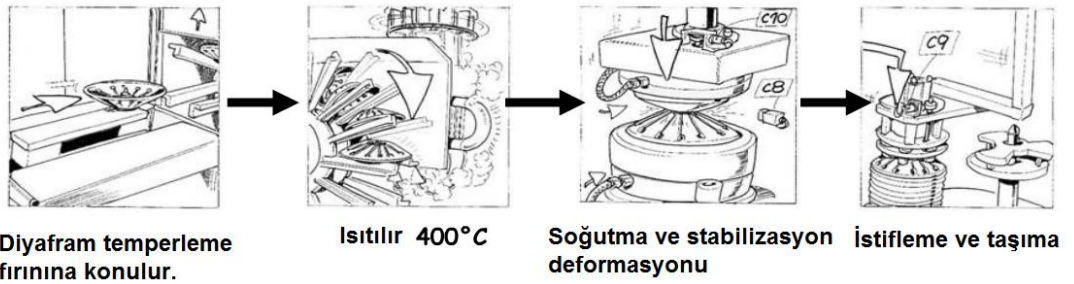
Şekil 4.5 Diyafram üretim prosesi 1

- 5-Fırından çıkan sıcak açınım soğuk kalıp içerisinde formlanarak soğutulur.



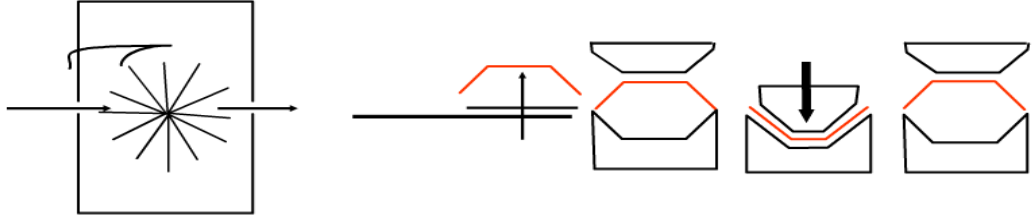
Şekil 4.6 Diyafram üretim prosesi 2

- 6- Diyafram, temperleme fırınında belirli bir süre menevişlenir.



Şekil 4.7 Diyafram Üretim Prosesi 3

7-Sıcak diyafram, soğuk form kalıbı içerisinde diyaframın form stabilizesini arttırmak için ters yönde stabilizasyon deformasyonuna uğrattılırken aynı zamanda soğutulur.



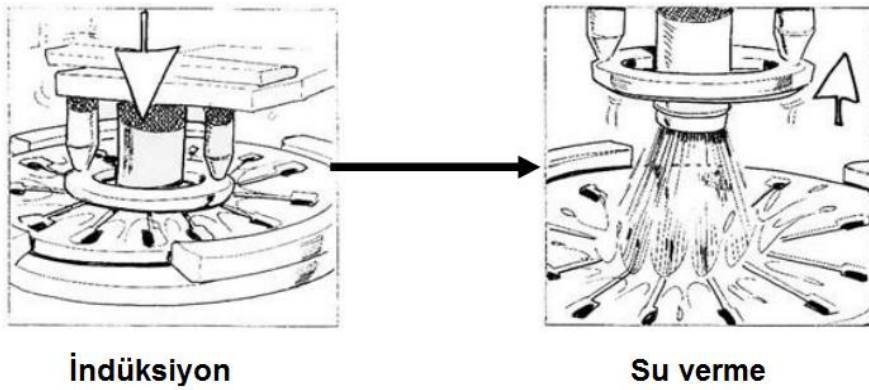
Şekil 4.8 Diyafram üretim prosesi 4

8-Soğuyan diyaframın yüzey mukavemetini arttırmak için küçük demir bilyalar ile kumlama işlemi yapılır.



Şekil 4.9 Diyafram üretim prosesi 5

9-Diyafram parmak uçlarının sertliğini arttırmak için parmak uçları indüksiyonla ısıtılır ve su verilerek yüzeysel sertlik elde edilir.



Şekil 4.10 Diyafram üretim prosesi 6

Diyafram prototipi üretildikten sonra baskı montajında baskı kapağına monte edilir.

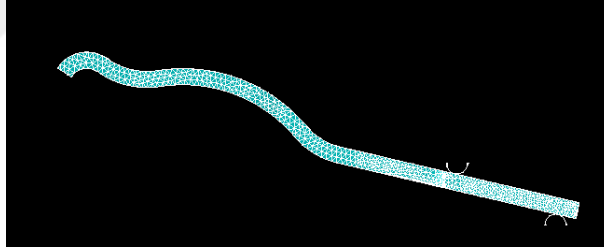
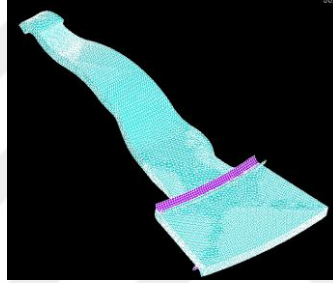
4.2 Diyafram Yayı Malzeme Özellikleri

Diyafram yayı 51CrV4 malzemedendir. 51CrV4 malzemenin young modülü $E=210000$ MPa, yoğunluk $d=7850$ kg/m³ akma gerilmesi 1500 MPa ve poisson oranı 0.25 alınarak sonlu elemanlar analizi Ansys (APDL) sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

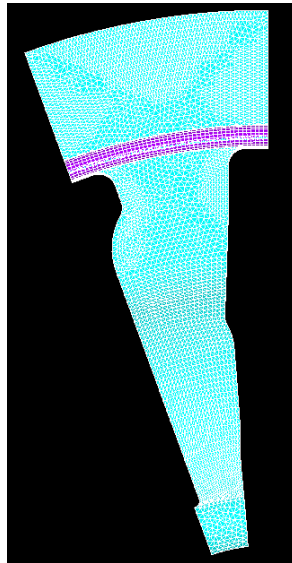
Diyafram yayı SEM (sonlu elemanlar modeli) 1/18 oranında çevrimsel simetrik olarak modellenmiştir. Kapak temas noktaları ve baskı plakası temas noktaları Ansys yazılımı içerisinde modellenip katı malzeme ve sürtünmesiz olarak tanımlanmıştır.

4.3 Diyafram Yayı Sonlu Elemanlar Özellikleri

Diyafram yay modeli Ansys sonlu elemanlar programında sonlu sayıda elemanlara bölünerek sonlu elemanlara bölünmüştür.



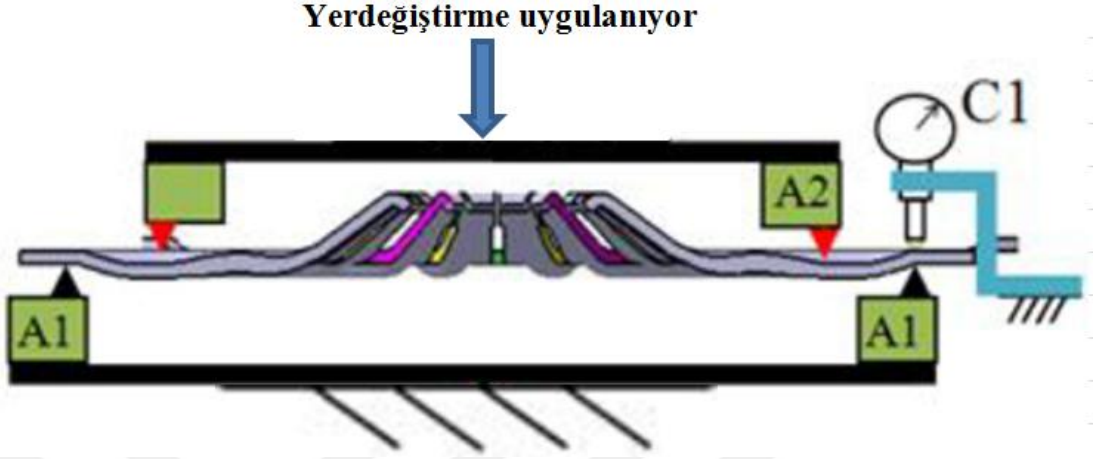
Şekil 4.11 Diyafram modeli



Şekil 4.12 Sonlu elemanlar boyutu "0,9" seçilen diyafram yayı

4.4 Diyafram Yayı Sonlu Elemanlar Özellikleri

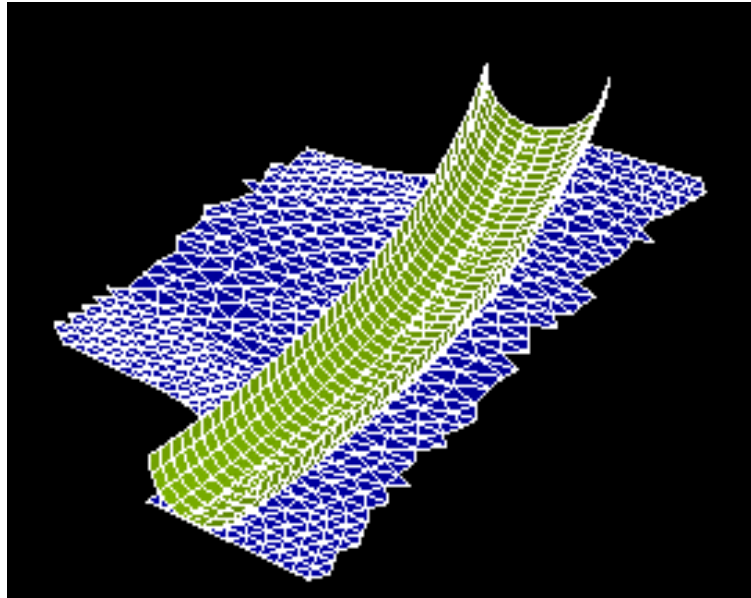
Diyafram yayı elemanının ölçümü kapak bağlantı noktasının sabit tutulup ve baskı plakası bağlantı noktasından kurs verilmesi ile yapılmaktadır.



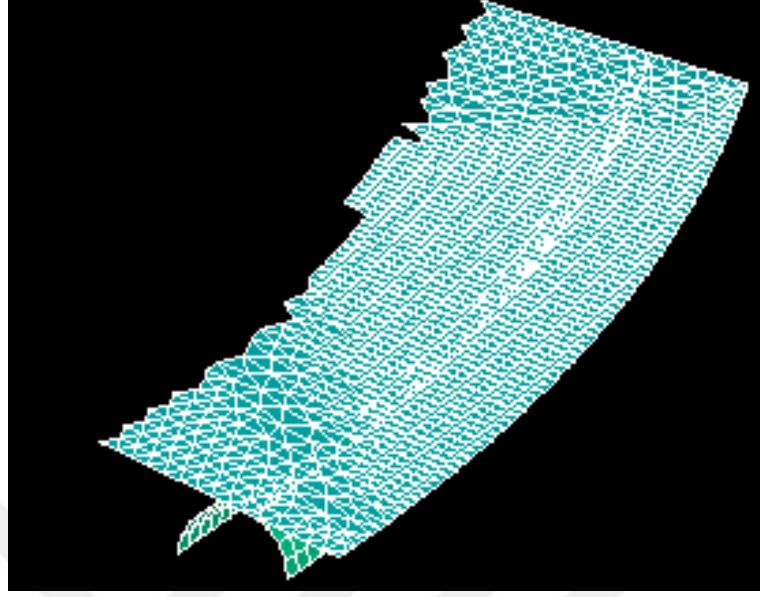
Şekil 4.13 Diyafram yük ölçümü

Sonlu elemanlar modelinde baskı plakası temas noktası ve kapak temas noktası rijit olarak modellenmiştir.

Diyafram yayı baskı plakası temas noktası ve kapak temas noktası ile temas halindedir. Kapak temas noktasından aksel olarak kurs verilmesiyle diyafram üzerinde gerilme ve yük oluşmaktadır. Ansys sonlu elemanlar modelinde rijit kapak ve baskı plakası temas noktaları sürtünmesiz temas olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.14 Ansys sonlu elemanlar modeli diyafram ve kapak temas durumu

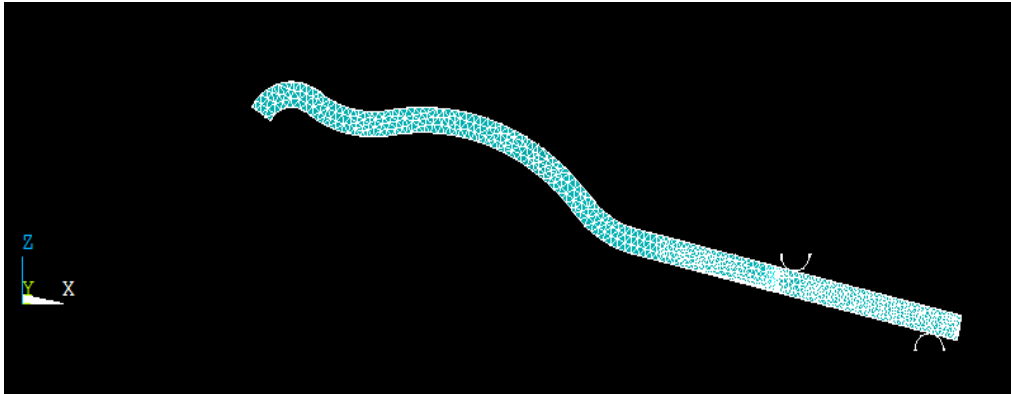


Şekil 4.15 Ansys sonlu elemanlar modeli baskı plakası ve diyafram temas durumu

4.5 Diyafram Yay Sınır Koşulları

Sonlu elemanlar modelinde geometrik modelin oluşturulması, eleman yapısının kurulması, malzeme tanımının yapılması, modele etkiyen temas yapısının kurulmasının yanı sıra sınır koşulların oluşturulması son derece önemlidir. Diyafram yayın yük ölçümü ve dayanım test koşulları sonlu elemanlar analizi koşullarına aktarılmıştır.

Diyafram yayın sınır koşulları 1/18 modele etkimektedir ve çevrimsel simetri koşulları 1/ 18 modele uygulanmıştır. Bununla birlikte çevrimsel simetri koşulları yan yüzeylerden uygulanmıştır.

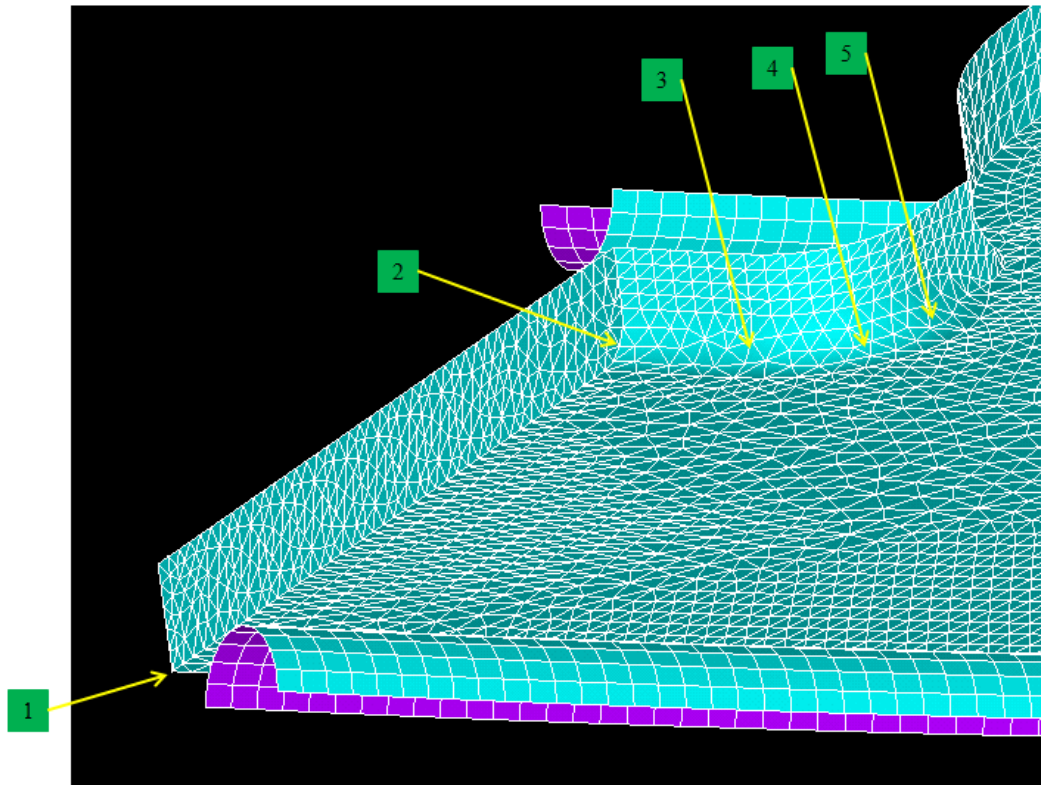


Şekil 4.16 Ansys sonlu elemanlar modeli yükleme koşulları

Diyafram yayı sonlu elemanlar modelinde rijit kapak mesnet noktasından z ekseninde kurs uygulanmaktadır. Z ekseninde kurs verilerek yükleme koşulları ve ömür dayanımı koşulları simule edilmiştir. Diyafram z ekseninde kurs verildiğinde kavrama oluştuğu ve ayırma oluştuğu durumda yükü ve gerilme değerini yansıtmaktadır.

Rijit kapak mesnet elemanının rotasyonel hareketi engellenmiştir ve sadece z ekseninde hareket edebilmektedir. Bununla birlikte rijit baskı plakası elemanı rotasyonel ve aksenal olarak hareketi engellenmiştir.

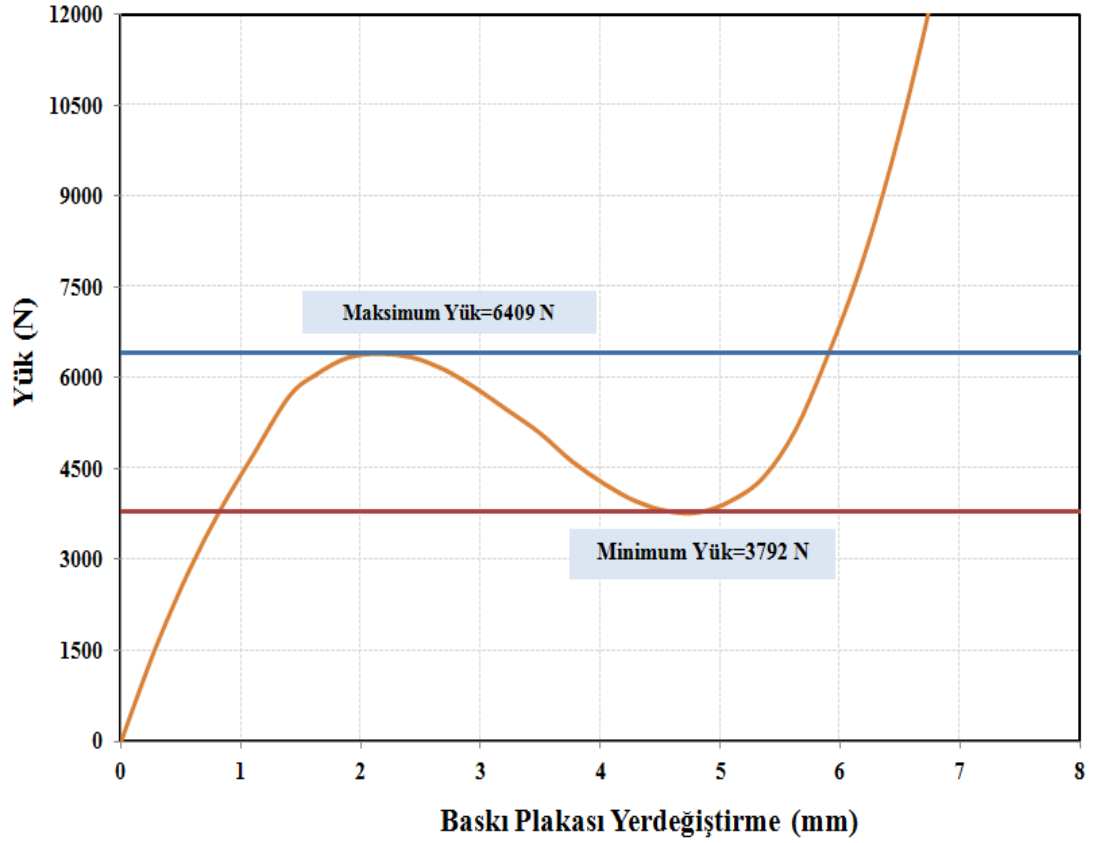
Sonlu elemanlar modelinin yük yer değiştirme eğrisi oluşturulurken rijit kapak mesnet elemanına etki eden reaksiyon kuvveti ölçülmüştür ve aksenal yönde kat ettiği mesafeye göre eğrisi oluşturulmuştur. Bununla birlikte kurs verilmesi esnasında diyafram üzerinde oluşan gerilme değerleri her pencere için ayrı ayrı 5 noktadan birisinde maksimum seviyededir.



Şekil 4.17 Ansys sonlu elemanlar modeli maksimum gerilme bölgeleri

Yapılan çalışmalar sonucunda maksimum gerilme bölgeleri 5 bölgede olmaktadır ve kırılma problemi belirtilen bölgelerde görülebilir.

Fea (sonlu elemanlar analizi) sonucunda diyafram yük karakteristiğinin pozitif ve negatif katılıkta olduğu ve diyaframın başlangıç açısına göre değiştiği gözlemlenmiştir.

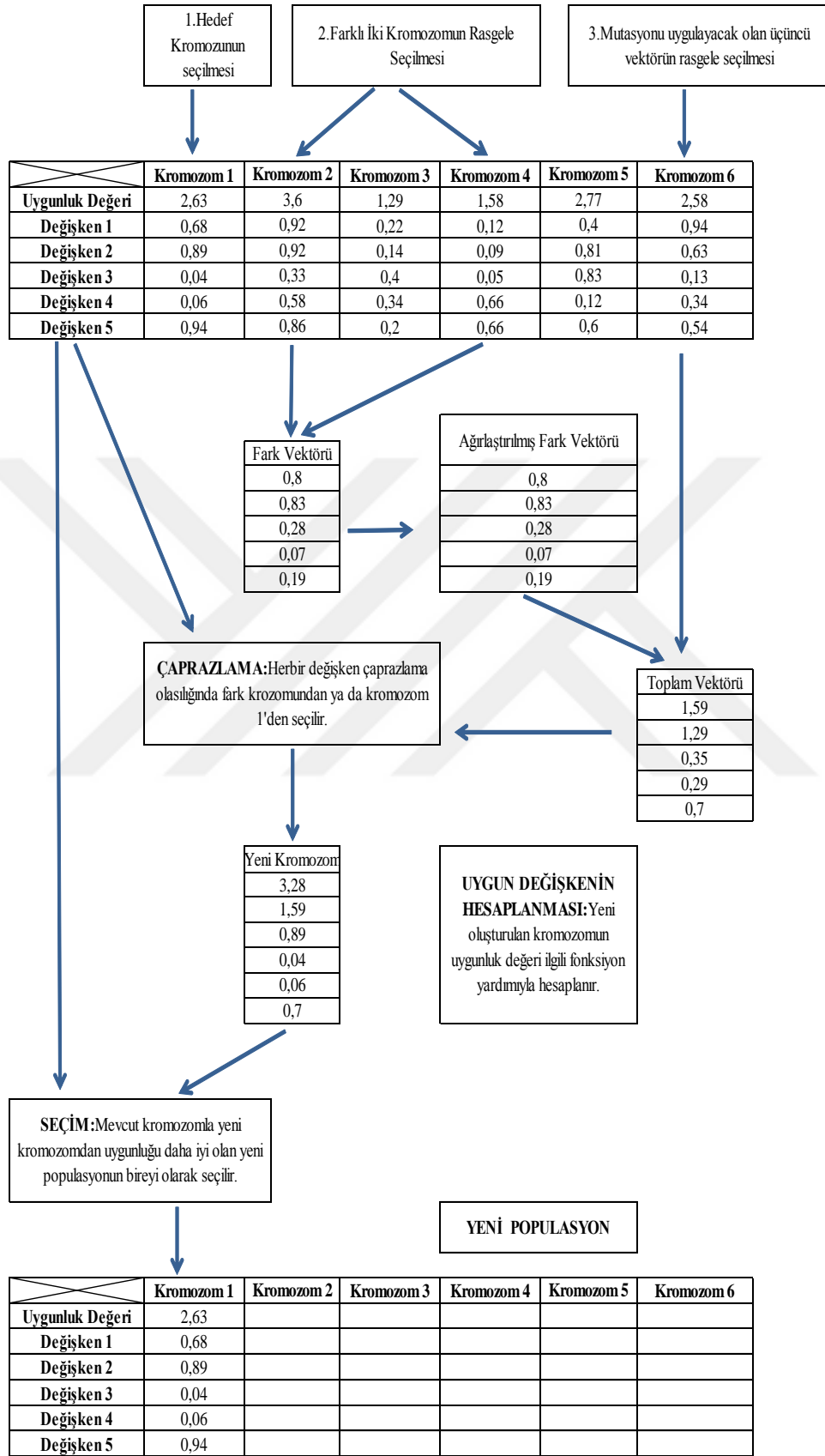


Şekil 4.18 Ansys sonlu elemanlar modeli yük yer değiştirme eğrisi

4.6 Diferansiyel Gelişim Algoritması ile Optimizasyon

Diferansiyel gelişim algoritması popülasyon temelli olarak genetik algoritmaya dayanan sürekli veriler içerisinde sonuç ortaya koyabilen bir optimizasyon metodudur [5].

Diferansiyel gelişim algoritmasında mutasyon ve çaprazlama yapan seçim operatörleri popülasyona sırası ile uygulandığı için genetik algoritmadan farklıdır. Bununla birlikte tek olarak alınan her bir kromozom rastgele seçilen diğer üç kromozomda kullanılması ile yeni bir birey elde edilir. Oluşturulan yeni kromozom mevcut durumdaki kromozomla karşılaştırılarak en iyi birey olarak bir sonraki popülasyona aktarılmaktadır (Şekil 4.19) [6].



Şekil 4.19 Algoritmanın gösterimi [14]

Problem ve parametreler ;

NP: Popülasyon büyüklüğü (kromozom sayısı) $NP \geq 4$ (1,2,3,.....,i)

D: Değişken sayısı (gen sayısı) (1,2,3,.....,j)

CR: Çaprazlama oranı [0.1, 1.0]

G: Jenerasyon (1,2,3,....., G_{max})

F: Ölçekleme faktörü

$x_{j,i,G}$: G jenerasyonunda, i kromozomunun j parametresi (gen)

$n_{j,i,G+1}$: $x_{j,i}$ G den bir sonraki nesil için üretilen kromozom

$u_{j,i,G+1}$: Rastgele seçilmiş kromozomlar

r 1,2,3 {1,2,3,.....NP} $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq i$

$x_{j(1)}, x_{j(u)}$: Alt ve üst sınır değerleri

Optimizasyon problemleri genelde aşağıdaki şekildedir .

$$\text{Minimize } f(x) \quad (4.1)$$

$$\text{Kısıtlar } g_k(x) \leq 0 \quad (4.2)$$

$$x_{j(1)} \leq x_j \leq x_{j(u)} \quad j= 1, \dots, n \quad (4.3)$$

$f(x)$ amaç fonksiyonu, $g_k(x)$ kısıtlar ve $x = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ değişkenlerdir. $x_{j(1)}$ ve $x_{j(u)}$ değişkenlere ait alt ve üst sınır değeridir.

Probleme ait amaç fonksiyonu, değişkenler ve kısıtlar belirlenmesi ile aşağıdaki adımlar ile diferansiyel gelişim algoritması uygulanmıştır.

Adım.1 Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu;

$$\forall i \leq NP \cap \forall j \leq D : x_{j,i,G=0} = x_j^{(l)} + \text{rand}_j[0,1] \cdot (x_j^{(u)} - x_j^{(l)}) \quad (4.4)$$

Adım.2 Mutasyon;

$$\forall j \leq D : n_{j,i,G+1} = x_{j,r_3,G} + F \cdot (x_{j,r_1,G} - x_{j,r_2,G}) \quad (4.5)$$

Adım.3 Çaprazlama;

$$\forall j \leq D : x_{j,u,G+1} = \begin{cases} x_{j,n,G+1} & \text{eğer } \text{rand}[0,1] \leq RC \cup j = j_{\text{rand}} \\ x_{j,i,G} & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad (4.6)$$

Adım.4 Uygunluk Fonksiyonu;

u_i , $G+1$ 'e ait tüm u_j değerleri problemin amaç fonksiyonuna girilerek kromozomun değerleri hesaplanır.

Adım.5 Seçim;

$$\forall i \leq NP : x_{i,G+1} = \begin{cases} x_{u,G+1} & \text{eğer } f(x_{u,G+1}) \leq f(x_{i,G}) \\ x_{i,G} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.7)$$

Adım.6 Algoritmanın Durdurulması;

$$\varepsilon \sim 10^{-6}$$

$$G = G_{\max}$$

$$f_{\max} - f_{\min} \leq \varepsilon \quad (4.8)$$

Cevap yüzey yaklaşımı

Cevap yüzey yaklaşımı 1951 yılında “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve tanımlanmıştır. Süreç değişkenlerinin alanını incelemek, değişkenlerin sistem üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla kullanılır [8].

Cevap yüzey yöntemi, elemeler ile amacın optimizasyonu ve alan araştırmasından oluşmaktadır. Elemeler ile belirlenmiş bağımsız değişkenlerin sistemin cevabında oluşturdukları değerlerin en iyi sonucu verip vermediği alan araştırması ile gerçekleşir. Bu alan araştırması ikinci dereceden polinom modeller, üssel modeller ve lineer olmayan modeller ile yapılır ve en iyi noktanın araştırılmasında kullanılır [9].

Yanıt yüzey modelinin oluşturulması

Bağımsız değişkenin sonucu lineer karakteristik gösteriyorsa modelde birinci dereceden polinom denklem seçilebilir ancak eğrisel karakteristik gösteriyorsa iki veya daha yüksek mertebeden polinom denklem en küçük kareler metodu

kullanılarak kolayca katsayıların belirlenmesi ile en iyilenmiş noktaya ulaşmak için kullanılabilir [10].

Polinom modellere benzer olan üssel modellerde empirik modeller olup polinom modellerin kötü yanlarını elimine eder. Eşitlik 4.9 ve Eşitlik 4.10'da gösterilmiştir.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i^{r_i} \quad (4.9)$$

$$y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i (x_i - x_{0,i})^{r_i} \quad (4.10)$$

Üs r_i 'nin negatif olduğu durumlar yanıtta pik durumlarını belirtmektedir [10].

Yanıtların tahminlenmesinde kullanılan exponansiyel modeller birden fazla değişken içerdiği durumda modeller yanıt transformasyonu yapıldıktan sonra kullanılabilir.

Eşitlik 4.11, Eşitlik 4.12 ve Eşitlik 4.13'de gösterilmiştir.

$$\log y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i \quad (4.11)$$

$$y = \beta_0 + (1 - e^{-B_i x_i}) \quad (4.12)$$

$$\log \left(\frac{y_0 - y_i}{y_i} \right) = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i \quad (4.13)$$

Lineer regresyon analizi model parametrelerinin tahmininde kullanılan istatistiksel bir yöntem olmakla birlikte bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak inceleyen bir metoddur. Regresyon katsayıları en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilir. Eşitlik 4.14'de gösterilmektedir. Denemelerde rastgele hatanın (ε) normal dağılış gösterdiği, beklenen değerinin ($E[\varepsilon]=0$) ve varyansının (σ_2) sabit olduğu ($\text{Var}[\varepsilon]=\sigma_2$), ($\varepsilon \sim N(0, \sigma_2)$) varsayılmıştır [11].

$$y_i = \beta_0 + \sum_{1 \leq j \leq m} \beta_j x_j + \sum_{1 \leq k \leq m} \beta_k x_j x_k + \varepsilon_i \quad (i=1,2,3, \dots, n) \quad (4.14)$$

m ; bağımsız değişken sayısı [9]

y_i ; bağımlı değişken sayısı [9]

n ; gözlem sayısı [9]

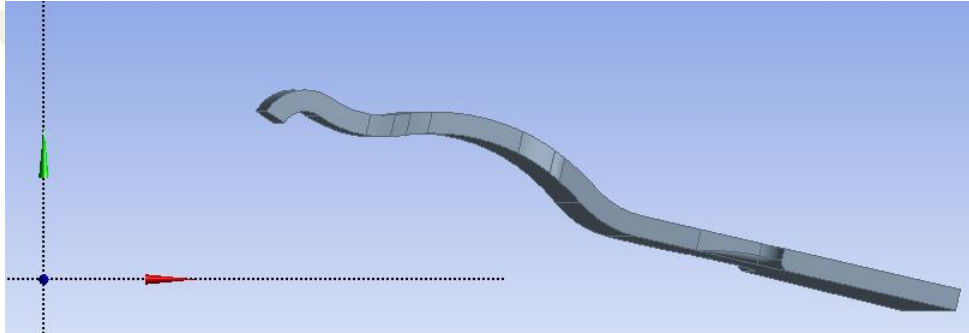
β ; tahmin edilecek model sayısı [9]

x_{iji} ; bağımsız değişken [9]

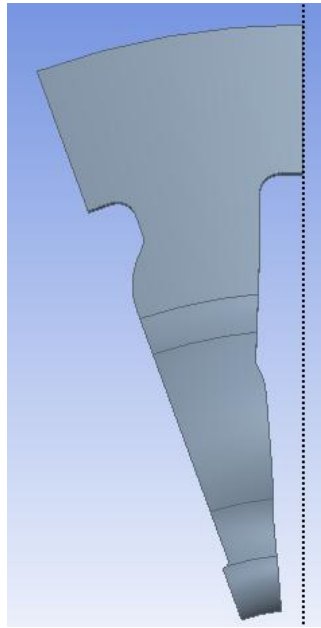
ϵ_i ; gözlemdaki rastgele hata [9]

4.7 Diyafram Yayın Optimizasyonu

Diyafram yayına ait 17 ayrı parametre seçilmiştir. Belirlenen parametreler diyaframın formlu bölgelerinden ve parmaklar arasındaki pencere geometrilerinden oluşmaktadır.



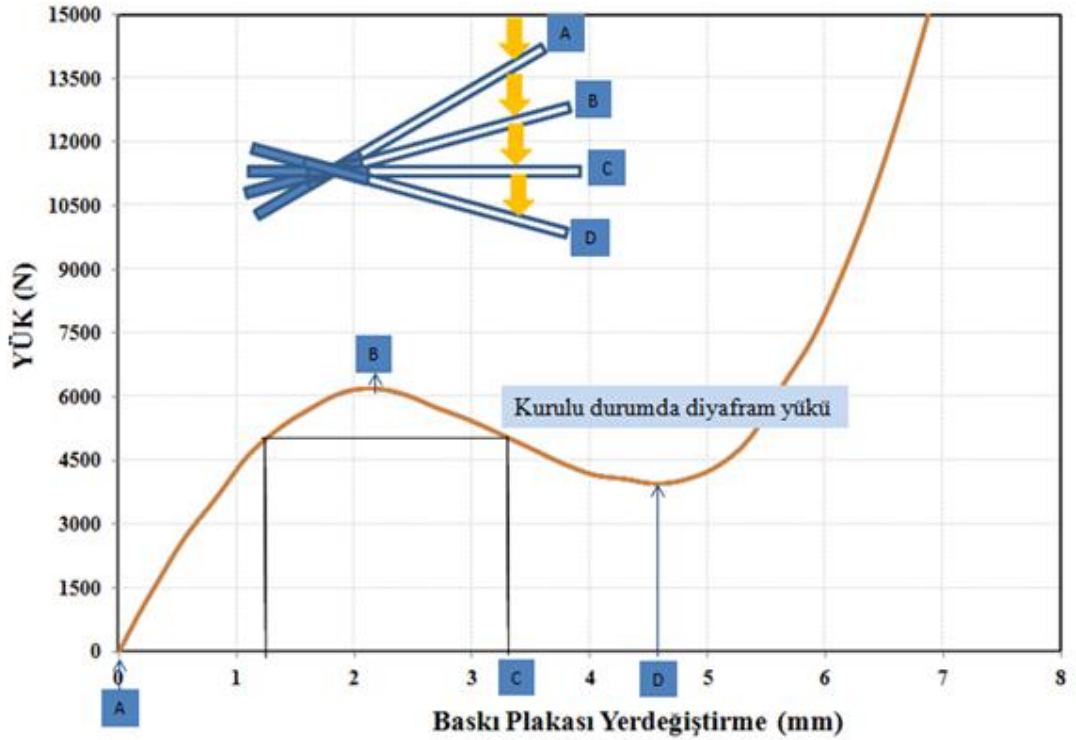
Şekil 4.20 Diyafram form geometrisi



Şekil 4.21 Diyafram parmak pencere geometrisi

Diyafram yayı için 140Nm motor torkunu 1,25 emniyet katsayısı ile iletebilecek asgari kavrama yükünü sağlayan diyafram yükü belirlenmiştir. Belirlenen diyafram yük karakteristiğinin debriyaj sisteminde azami çalışma kursunda da diyafram malzeme akma dayanımının altında olması hedeflenmiştir.

Diyafram yayı için 140Nm motor torkunu 1,25 emniyet katsayısı ile iletebilecek hedef diyafram yükü asgari olarak 3465N olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.22 Diyafram yay yük eğrisi karakteristiği

Diyafram yayı için 17 adet tasarım değişkeni belirlendikten sonra belirlenen her bir parametre için minimum ve maksimum değerler belirlenmiştir. Oluşturulan deney tasarım örneklemeleri bu parametrelerin farklı değerleri için oluşturulabilecek tüm kombinasyonları içermektedir.

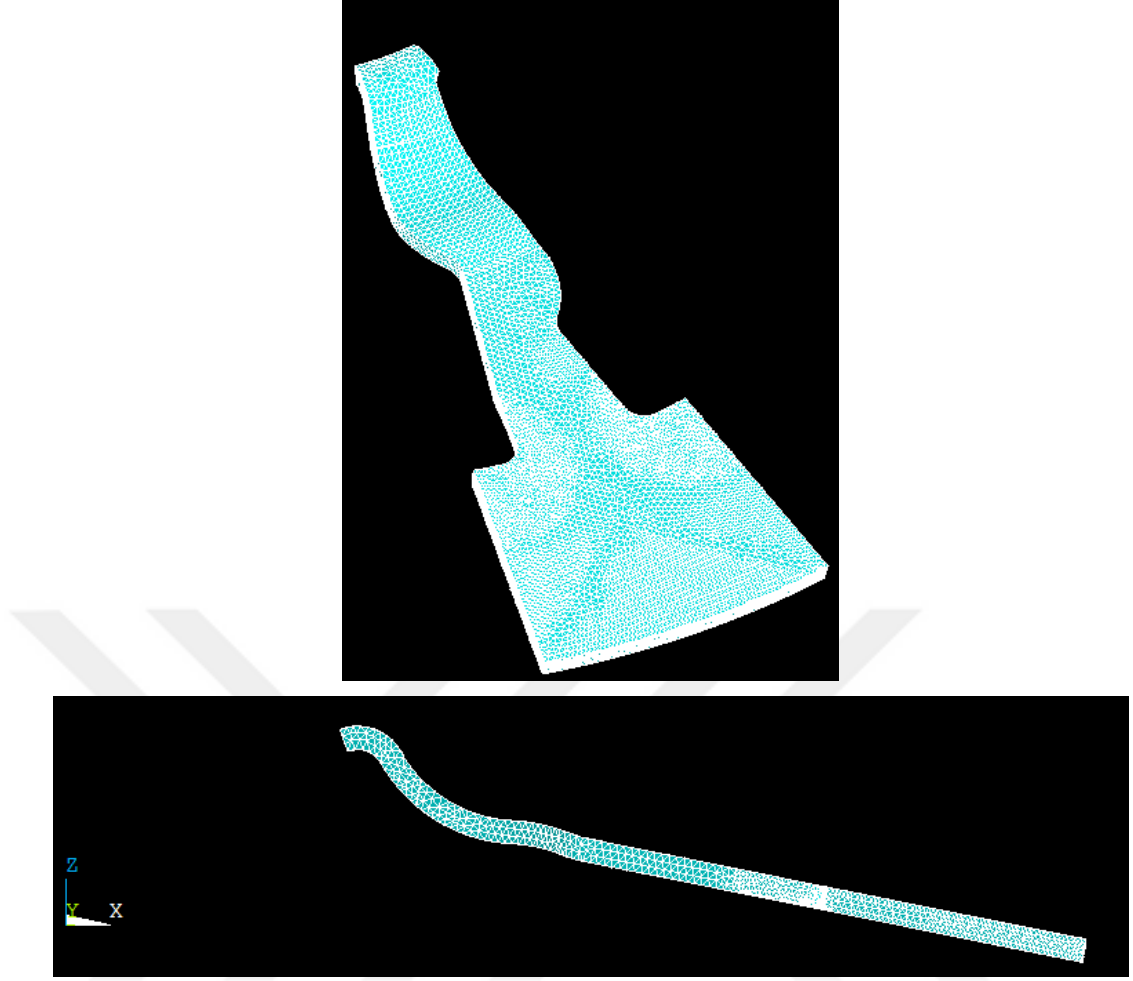
Belirtilen diyafram yayı parametrelerine göre altmış beş adet sonlu elemanlar modelinin yük ve maksimum gerilme bilgileri kullanılarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işleminde eğri uydurma yöntemi ile matematiksel denklem oluşturulmuştur ve diferansiyel gelişim algoritması ile denklem çözülmüştür.

Optimizasyon işlemi tamamlandığında 140 Nm motor torkunu iletebilecek kavrama yükünü asgari gerilme değeri ile sağlayan diyafram parametreleri 17 ayrı değişken için tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Optimizasyon işlemi sonucunda 17 parametrenin değerleri

Parametreler	Başlangıç Parametreler	En İyilenmiş Parametreler	Değişken Aralığı	
			Asgari	Azami
X1 (mm)	19,1	23,95	18,55	23,95
X2 (mm)	4,9	4,8	4,8	8
X3 (mm)	3,8	6,3	2,1	8
X4 (mm)	13,3	13,2	2,4	33,9
X5 (mm)	23,6	17,3	17,3	26
X6 (mm)	78,4	73,2	73,15	81,4
X7 (mm)	106,4	98,6	98,6	106,6
X8 (mm)	2,4	2,2	1,8	3,3
X9 (°)	13,93	11,39	10,28	14,73
X10 (mm)	13,6	26,1	11,4	29,7
X11 (mm)	11,2	6,8	5,5	8
X12 (°)	2,33	3,69	0,51	6,86
X13 (mm)	5,64	1,55	1,55	4,67
X14 (mm)	0,46	0,11	0,11	5,89
X15 (mm)	34,4	36,6	33,5	38
X16(mm)	26,965	15	6,665	27,165
X17 (mm)	11,3	12,9	9	12,9

Belirlenen 17 adet parametre yük ve maksimum gerilme bakımından incelendiğinde en baskın değişkenlerin kalınlık, diyafram iç çapı, diyafram dış çapı, diyafram iç çapının dış çapa göre yüksekliği, diyafram kalınlığı, diyafram açısı, diyafram pencere boşaltma geometrik değişkenleri, baskı plakası temas çapı ve kapak temas çapının önemi olduğu gözlemlenmiştir. Optimizasyon işleminde amaç fonksiyon olarak hafiflik fonksiyonu göz önüne alınmıştır. Bunun yanı sıra kısıt fonksiyonu olarak istenen yük ve gerilme aralığı kısıt olmuştur. Parametrelerin asgari ve azami olarak limitleri debriyaj sistem gereksinimleri göz önüne alınarak seçilmiştir. Diferansiyel gelişim algoritması sonucunda optimum değerler modele yansıtılıp fea gerçekleştirilmiştir.

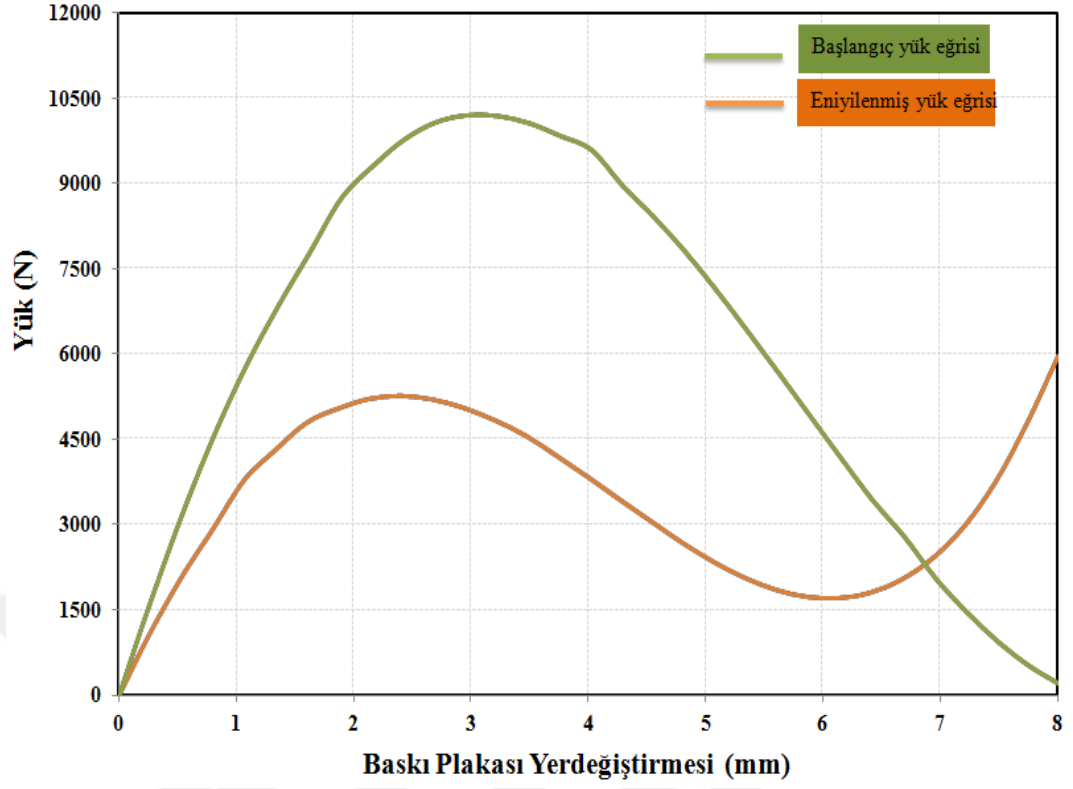


Şekil 4.23 Optimizasyon sonrası belirlenen değişkenlerle oluşan tasarım

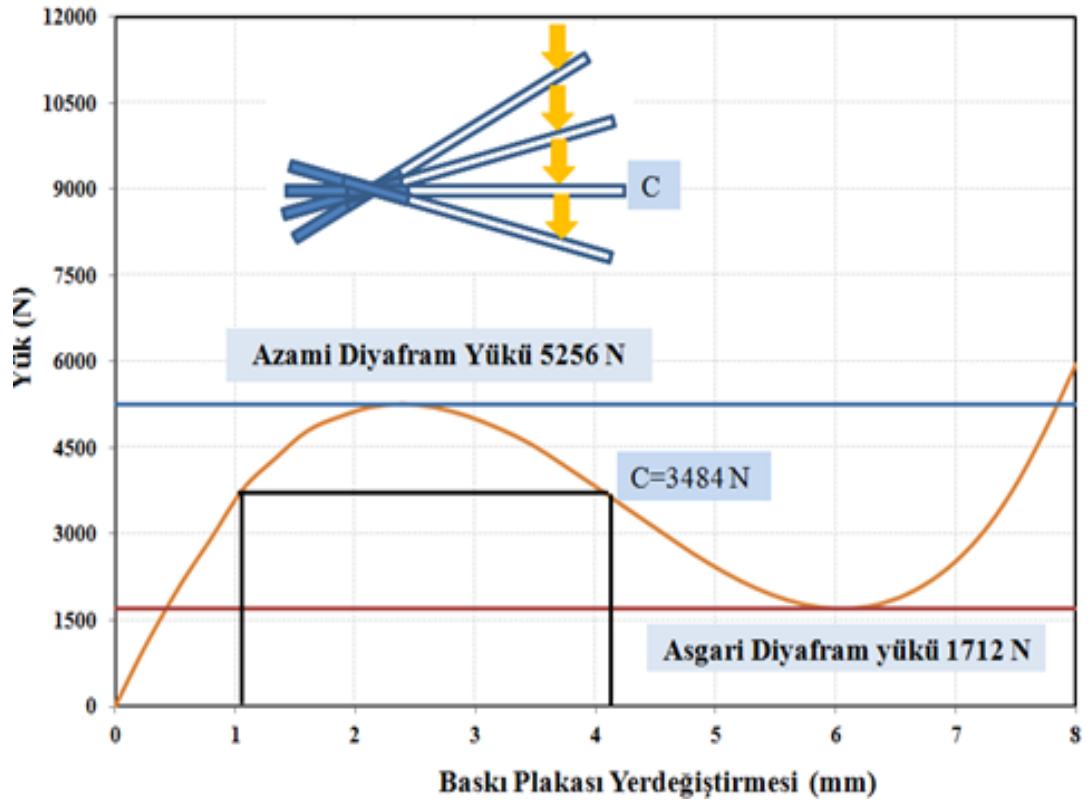
Optimizasyon çalışmasına göre diyafram kurulu pozisyonda istenen asgari yük 3465N iken 3484 N kavrama yükü elde edilmiştir ve uygundur (Şekil 4.25). Ayırma durumunda ve çalışma durumu süresince azami S1 tekil gerilmesi 1105.91 MPa (Şekil 4.27) olup akma gerilmesinden küçüktür ve uygundur, ağırlık 393gr olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Optimizasyon işlemi sonucu

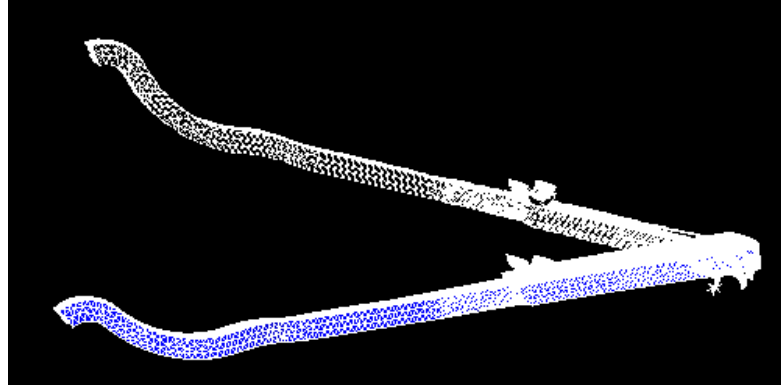
Optimizasyon (140Nm motor torku için)	Amaç Fonksiyon (gr)	Kısıt Fonksiyon	
		Yük (N)	Gerilme (MPa)
Başlangıç Tasarım	525	5210	1473
Hedef Tasarım	<400	3465-3900	<1500
Eniyilenmiş Tasarım	393	3484	1105.91



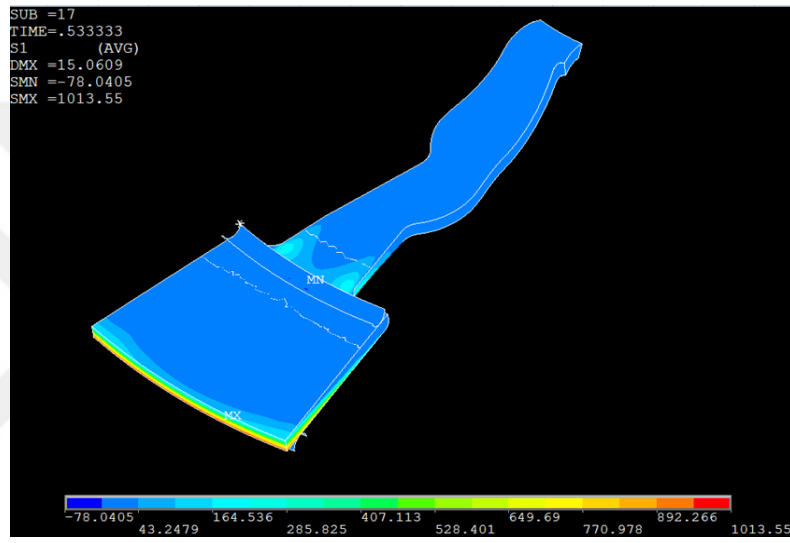
Şekil 4.24 Eniyilenmiş yük eğrisi ve başlangıç yük eğrisi



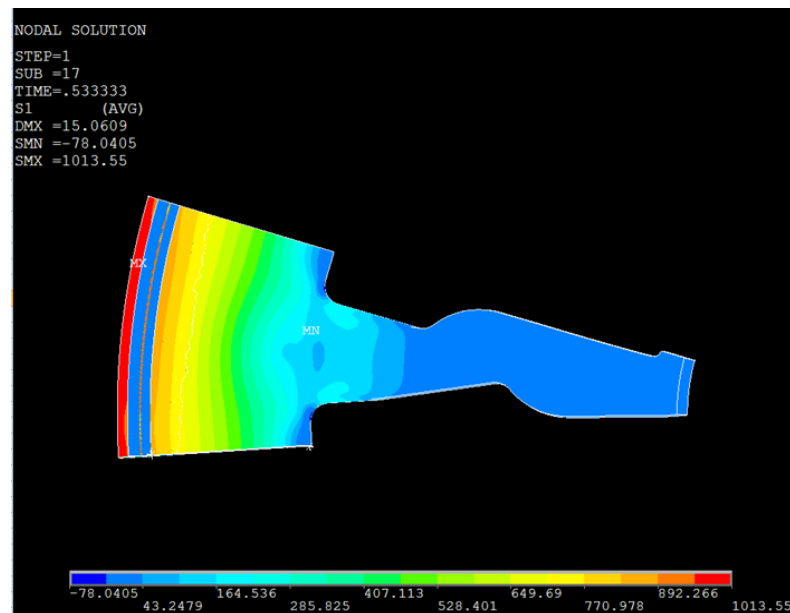
Şekil 4.25 Optimizasyon sonrası diyafram yük eğrisi



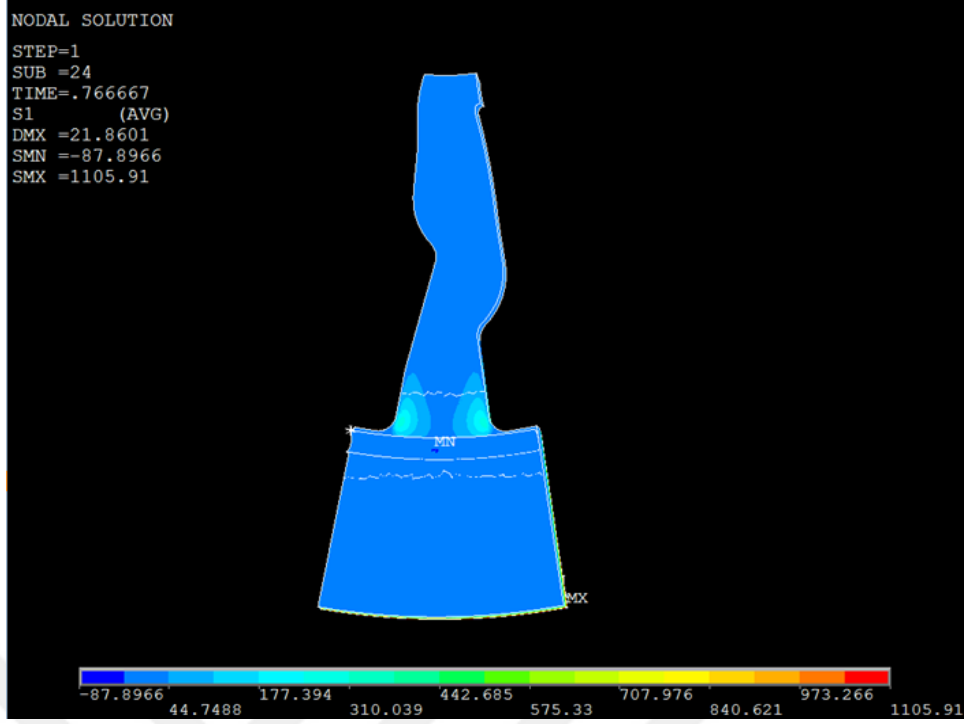
Şekil 4.26 Diyafram analiz öncesi ve sonrası durumu



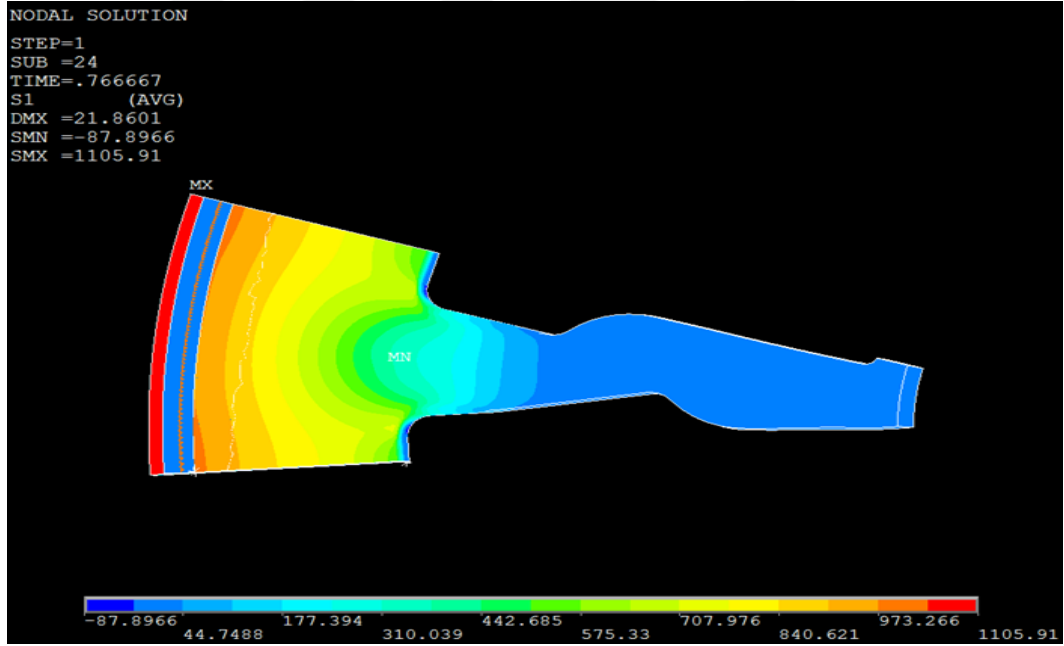
Şekil 4.27 FEA diyafram kurulu durumunda gerilme durumu üstten görünüş



Şekil 4.28 FEA diyafram kurulu durumunda gerilme durumu alttan görünüş



Şekil 4.29 Diyafram ayırma durumunda gerilme durumu üstten görünüş



Şekil 4.30 Diyafram ayırma durumunda gerilme durumu alttan görünüş

Diyafram fea (sonlu elemanlar analizi) sonuçları incelendiğinde maksimum gerilme değerinin diyafram dış çapında azami seviyede olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

Bu çalışmada tork aktarım ve tork hız iletimini sağlayan en önemli eleman olan diyafram elemanı incelenmiştir. Belirlenen diyafram parametre limitleri çerçevesinde altmış beş tasarım oluşturulmuş, ayırma ve kavrama süresince oluşan gerilme ve yük durumunun eniyilenmiş olması için sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir.

Diyafram yayının yük ve gerilme optimizasyonunun gerçekleştirildiği bu tez çalışmasında diyafram tasarım parametrelerinin yük ve gerilme karakteristiğine etkileri incelenmiştir. Analizler sonucunda diyafram parametrelerinin eniyilenmiş değişkenleri belirlenmiştir.

Bu tez çalışması sonucunda bir optimizasyon yönteminin uygulanması ile rastgele seçilen diyafram tasarım parametrelerinin ürün yük karakteristiğinin ve gerilme değerinin 140 Nm motor torkunu iletebilecek şekilde geometrik olarak eniyilenmiş olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte optimizasyon sonucu ortaya çıkan geometrinin üretilerek yük ve dayanım testine tabii tutularak validasyonu gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İzlenen yöntem ve çalışma sonucunda diyafram üzerine farklı araç çalışma koşulları için çalışma yapılma potansiyeli oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Wook-Hee N., Choon-Yeol L. Young C., Jae-Do K., Yong-Tak B., Seung-Wan W., A Study on Fatigue and Durability Characteristics of Clutch Diaphragm Spring According to Tempering Condition, *Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress*, **2000**, Seoul, Korea.
- [2] Wu Y., Multi-Objective Optimization Design of Vehicle Clutch Diaphragm Spring, *2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, **2009**, Huai'an, China.
- [3] Necmettin K., Optimal Design of An Automotive Diaphragm Spring with High Fatigue Resistance, *International Journal of Vehicle Design*, **2006**, 40 (1-3), 126.143.
- [4] H. He, K. Obubo, T. Fujii, Y. Doman, Optimize the Load-Deflection Curve of Diaphragm Springs for Automobile Clutches using Residual Stress, *Transactions on the Built Environment vol 67*, 2003, ISSN 1743 - 3509.
- [5] Storn R., Price K., Differential Evolution: A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces, *International Computer Science Institute*, **1995**, TR-95-012.
- [6] Keskinürk T., Diferansiyel Gelişim Algoritması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **2006**, 9, 85-99.
- [7] Mayer D.G., Kinghorn B.P., Archer A.A., Differential Evolution—An Easy and Efficient Evolutionary Algorithm for Model Optimisation, *Agricultural Systems*, **2005**, 83, 315-328.
- [8] Myers R.H., Montgomery D.C., *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*, Wiley, **2009**, 349.

- [9] Koç B., Kaymak F., *Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları*, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, **2009**.
- [10] Thompson D., Response Surface Experimentation, *J Food Process Preservation*, **1982**, 6, 155-188.
- [11] Tunalı S., Batmaz I., Dealing with the Least Square Regression Assumptions in Simulation Metamodeling, *Computers and Industrial*, **2000**, 38, 307–320.
- [12] Shuxin C., Lingyu Z., Xingwang C., Genetic Algorithm Optimal Design on Diaphragm Spring by Matlab, *2015 Second International Conference on Electrical, Computer Engineering and Electronics*, **2015**, China.
- [13] Yıldız Ali R., Solanki Kiran N., Multi-Objective Optimization of Vehicle Crashworthiness Using a New Particle Swarm Based Approach, *2012 International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **2012**, 59, 367-376.
- [14] Yıldız Ali R., Comparison of Evolutionary-Based Optimization Algorithms for Structural Design Optimization, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **2013**, 26, 327-333.
- [15] Yıldız Ali R., Saitou K., Topology Synthesis of Multicomponent Structural Assemblies in Continuum Domains, *Journal of Mechanical Design*, **2011**, 133.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı SOYADI : Alper KARADUMAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 25/02/1985, AYDIN
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca
E-posta : alperkaraduman0009@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

<u>Derece</u>	<u>Alan</u>	<u>Üniversite Adı</u>	<u>Mezuniyet Yılı</u>
<u>Lisans</u>	Makine Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

<u>Yıl</u>	<u>Firma/Kurum</u>	<u>Görevi</u>
2010 - 2012	Maysan Mando	Ar-Ge Mühendisi
2012 - 2013	Valeo Otomotiv Sistemleri	Tasarım Mühendisi
2013- ...	Valeo Otomotiv Sistemleri	Tasarım Takım Lideri

BİLİMSEL ÇALIŞMALARI

▪ Makale

1. Kaya, N., Kartal, S., Çakmak, T., Karpat, F., **Karaduman, A.**, Shape Optimization of Clutch Cushion Disc Using Differential Evolution Method, *Proceedings of the ASME 2015 International Mechanical Engineering Congress and Exposition IMECE 2015, Houston, Texas, Usa, Kasım 2015.*

▪ Bildiri

1. **Karaduman, A.**, Kaya, N., Karpat, F., Çakmak, T., Kartal, S., Optimal Design of Automotive Cushion Disc, 8. *Otomotiv Teknolojileri Kongresi OTEKON 2016, Bursa, Türkiye, Mayıs 2016.*

▪ **Projede görev alma**

1. Kavrama Diyaframının Yorulma Dayanımı Açısından Tasarım Optimizasyonu ve Prototip Üretimi, Tübitak-Teydeb Projesi, Proje&Tasarım Sorumlusu, Valeo Otomotiv Sistemleri (2016)

2. Yapay Zeka Yöntemleri ile Değişken Devir Altında Yüksek Performanslı ve Katılıklı Debriyaj Diyaframı Geliştirilmesi ve Prototip Üretimi, Tübitak-1505 Projesi, Bursiyer, Bursa Teknik Üniversitesi - Valeo Otomotiv Sistemleri (2016)

