



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK BASINCA DAYANIKLI YAĞ FİLTRESİ TASARIMI

ERSAN KIRAR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
NİSAN – 2015**



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK BASINCA DAYANIKLI YAĞ FİLTRESİ TASARIMI

ERSAN KIRAR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
NİSAN – 2015**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK BASINCA DAYANIKLI YAĞ FİLTRESİ TASARIMI

ERSAN KIRAR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

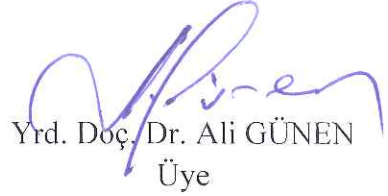
Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA danışmanlığında hazırlanan bu tez 09/04/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA
Başkan



Doç. Dr. Ahmet YAPICI
Üye



Yrd. Doç. Dr. Ali GÜNEN
Üye

Kod No: 825

Doç. Dr. Okan ŞENER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

09.04.2015

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Ersan KIRAR

ÖZET

YÜKSEK BASINCA DAYANIKLI YAĞ FİLTRESİ TASARIMI

Motorun çalışması sırasında çeşitli etkenlerin (örneğin; filtre süzme elemanlarının tıkanabilmesi ve motordaki ani zorlanmalardan) birçoğunun birleşmesi durumunda yağ basıncı yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Yağ filtreleri çalışma koşullarında daha düşük basınç değerlerine maruz kalmaktadır. Fakat yukarıda bahsedilen durum meydana geldiğinde basınç değerleri yükselmektedir. Bu nedenle yağ filtreleri normal çalışma koşullarındaki basınç değerlerinin üzerinde tasarlanırlar. Eğer yağ filtresinin yeterince basınç dayanımı yoksa süzme ömrünü tamamlamadan filtre mekanik hasara uğrar.

Bu çalışmanın amacı, ağır hizmet ticari araçta kullanılmakta olan basınç dayanımı düşük (18 bar) yağ filtresinin sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek kapak üzerinde iyileştirmeler yapmak böylece kullanılan sac malzeme kalınlığı arttırılmadan en yüksek seviyede basınç dayanımı (30 bar) sağlayan optimum bir tasarıma ulaşmaktır.

Yağ filtresinin basınç dayanımına en çok etkiyen elemanı kapak olduğundan farklı kapak tasarımları üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada mevcut yağ filtresi için hem sonlu elemanlar analizi yapılmıştır hem de firmadan bu filtrenin basınç dayanımı ve conta altı çökme değeri elde edilmiştir. Sonlu elemanlar analizinden alınan sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılıp analizin doğruluğu saptanmıştır. Daha sonra yağ filtresi için farklı kapak tasarımları geliştirilmiştir ve sonlu elemanlar analizleriyle de sonuçları yorumlanıp en iyisi seçilmiştir. Sonunda yağ filtresinin kapağının kalınlığını arttırmadan basınç dayanımı arttırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yağ filtresi, sonlu elemanlar yöntemi, basınç dayanımı

ABSTRACT

DESIGN OF HIGH PRESSURE RESISTANT OIL FILTER

When many of various factors (for example; clogging the filter element during the filtration operation and sudden stresses at the engine) combine, oil pressure can reach high values. Oil filters are exposed to lower pressure values in the working conditions. However, when the above-mentioned situation occur, the pressure values increase. Therefore, oil filters are designed for high pressure value which is higher than normal operating condition pressure. If oil filter do not have enough pressure resistance, it is subjected to mechanical damage without completing the filtration life.

The purpose of this study is improvement on oil filter cover via modeling of oil filter that is used in heavy commercial vehicles and has lower pressure resistance (18 bar) by finite element method in order to access to oil filter that is bear to the high level of pressure resistance (30 bar) without thicken the material thickness.

Different cover designs were studied due to the fact that the most affecting part on the oil filters' pressure resistance is cover. In this study, existing oil filter was both done finite element analysis and was obtained the oil filter's pressure resistance value and under gasket deflection value from the company. The accuracy of analysis is evaluated by comparing the experimental results with the results obtained from finite element analysis. Then different cover designs for oil filters were developed and the best results were selected by interpreting the finite element analysis' output values. Finally the pressure resistance of oil filter was increased without thinking the cover thickness.

Keywords: Oil filter, finite element method, pressure resistance

TEŞEKKÜR

Sonlu elemanlar yazılımıyla yağ filtresinin modellenmesi, yeni filtre kapak profillerinin tasarlanması ve bu tasarımlara sahip yağ filtrelerinin sonlu elemanlar yazılımıyla değerlendirilmesi çalışmalarında bana destek ve motivasyon veren, yüksek lisans eğitimim boyunca kıymetli bilgilerini bana aktaran yol gösteren, sıkılmadan desteğini benden esirgemeyen, bu çalışmayı yapmam için büyük bir sabır ve özveri gösteren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA' ya teşekkür ederim.

Bu tez çalışması kapsamında, teknik bilgi destekleri ASAŞ FİLTRE A.Ş, HATAY tarafından sağlanmıştır. Ar-Ge müdürü Münif UYAR' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmasında sac malzemelerin çekme testleri MMK METALURJİ SANAYİ TİCARET VE LİMAN İŞLETMECİLİĞİ A.Ş., HATAY tarafından yapılmıştır. Duygu KARAER' e yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi	9
3.1.1.1. Sonlu Elemanlar Yönteminin Temelleri.....	9
3.1.1.2. Sonlu Elemanlar Analizinde Üç boyutlu Problemler	12
3.1.1.3. Sonlu Elemanlar Analizinde Pekleşme Modelleri.....	13
3.1.2. Yağlama Sistemi ve Yağ Filtresi	16
3.1.2.1. Yağlama Sistemleri	16
3.1.2.2. Filtrenin Tanımı.....	17
3.1.2.3. Yağ Filtrelerinin Yapısı	18
3.1.2.4. Yağ Filtrelerinin Sınıflandırılması	20
3.1.2.5. Tezde Kullanılan Yağ Filtresi	23
3.1.3. Yağ Filtresinde Kullanılan Malzemelerin Mekanik Özellikleri.....	24
3.1.3.1. Erdemir 7124 Kalite 0,8 mm Sac.....	24
3.1.3.2. Erdemir 6222 Kalite 3,5 mm Sac.....	24
3.1.4. Statik Patlatma Basınç Deneyi	25
3.1.4.1. Deneyin Yapılışı	26
3.1.4.2. Deney Sonuçları Raporu	26
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1. Yağ Filtresinde Kullanılan Malzemelerin FEM Analizi için Hazırlanması	27
3.2.1.1. Yağ Filtresindeki Sac Malzemelerin Plastik Bölge İçin Pekleşme Modellemesi.....	27
3.2.2. Yağ Filtresinin Sonlu Elemanlar Modellerinin Oluşturulması.....	29
3.2.2.1. Mevcut Yağ Filtresinin FEM Modelinin Oluşturulması	29
3.2.2.2. Yağ Filtresi için Yeni Kapakların Tasarlanması ve FEM Modellerinin Oluşturulması	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	40
4.1. Mevcut Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	40
4.2. Diğer Kapak Tasarımlarının FEM Analizi Sonuçları.....	40
4.2.1. Profil Açıları Değiştirilmiş Kapakların Analiz Çıktıları	40
4.2.1.1. Düz (mevcut filtrenin kapağı) Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	41
4.2.1.2. 10° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları	41
4.2.1.3. 25° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları	44

4.2.1.4. 30° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi	
Sonuçları	46
4.2.1.5. 10° Yukarı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi	
Sonuçları	48
4.2.1.6. 13° Yukarı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi	
Sonuçları	50
4.2.2. Delik Sayıları Farklı Olarak Tasarlanmış Kapaklara Sahip Yağ Filtrelerinin	
FEM Sonuçları	52
4.2.2.1. 16 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	52
4.2.2.2. 12 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	54
4.2.2.3. 8 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	57
4.2.2.4. 4 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları.....	57
4.2.3. Delik Konumları Farklı Kapakların Bulunduğu Yağ Filtrelerinin FEM	
Analizi Sonuçları.....	59
4.2.3.1. 65 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM	
Analizi Sonuçları.....	59
4.2.3.2. 70 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM	
Analizi Sonuçları.....	62
4.2.3.3. 75 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM	
Analizi Sonuçları.....	62
4.2.4. Baklı Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları	65
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	73
EKLER.....	74
EK 1. Bu tezden üretilmiş yayınlar	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Erdemir 7124 kalite sac malzemenin mekanik özellikleri	24
Çizelge 3.2. Erdemir 6222 kalite sac malzemenin mekanik özellikleri.....	25

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çeşitli bir boyutlu parçaların elemanlara bölünmüş hali	9
Şekil 3.2. İki boyutlu bir modelin elemanlara bölünmesiyle oluşan nodlar ve elemanlar	11
Şekil 3.3. Pekleşme modeli	14
Şekil 3.4. Kinematik pekleşme modeli	15
Şekil 3.5. İzotropik pekleşme modeli.....	15
Şekil 3.6. Bi-lineer ve multi-lineer pekleşme eğrileri	16
Şekil 3.7. Yağ filtresinin içindeki elemanların kısmi iç görünüşü	18
Şekil 3.8. Spin-on tip yağ filtresi çalışma prensibi	21
Şekil 3.9. Spin-on yağ filtresi.....	21
Şekil 3.10. Kullanılan yağ filtresinin araçtaki yuvası	23
Şekil 3.11. Kullanılan yağ filtresinin CAD çizimi	23
Şekil 3.12. Malzemenin (Erdemir 7124) çekme testi eğrisi	24
Şekil 3.13. Malzemenin (Erdemir 6222) çekme testi eğrisi.....	25
Şekil 3.14. Statik patlatma basınç deneyi test standı	25
Şekil 3.15. 7124 kalite pekleşme modelinde kullanılan noktalar.....	28
Şekil 3.16. 6222 kalite pekleşme modelinde kullanılan noktalar.....	29
Şekil 3.17. Mevcut yağ filtresinin montajlı hali.....	30
Şekil 3.18. 6222 kalite sac malzemenin yazılıma tanımlanmış hali	31
Şekil 3.19. 7124 kalite sac malzemenin yazılıma tanımlanmış hali	31
Şekil 3.20. Kapak ve tastaki basınç uygulanacak yüzeyleri hazırlanması	32
Şekil 3.21. Nokta kaynağının yazılıma tanımlanmasında kullanılan yüzeyler	32
Şekil 3.22. FEM modelindeki küçük yuvarlatmaların ve vida dişlerinin temizlenmiş hali	33
Şekil 3.23. Modelde kullanılan kontakların yerleri.....	34
Şekil 3.24. Yağ filtresi FEM modelinin mesh yapısı	35
Şekil 3.25. FEM modelinin sınır koşulları	36
Şekil 3.26. Açılı Kapaklar (A: düz kapak, B: 10° yukarı eğimli kapak, C: 13° yukarı eğimli kapak, D: 30° aşağı eğimli kapak, E: 25° aşağı eğimli kapak, F: 10° aşağı eğimli kapak).....	37
Şekil 3.27. Delik sayıları farklı kapaklar (A: 4 delikli, B: 8 delikli, C: 12 delikli, D: 16 delikli).....	37
Şekil 3.28. Delik konumları farklı kapaklar (A: 65 mm çapta, B: 70 mm çapta, C: 75 mm çapta)	38
Şekil 3.29. Baklalı Kapak.....	38
Şekil 3.30. 13° yukarı eğimli kapağın FEM modeli	39
Şekil 4.1. Mevcut yağ filtresinin FEM analizden alınan conta altı çökmesi (mm).....	40
Şekil 4.2. 10° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm) .	41
Şekil 4.3. 10° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)	42
Şekil 4.4. 10° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerilme sonuçları	42
Şekil 4.5. 25° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm) .	44
Şekil 4.6. 25° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)	44

Şekil 4.7. 25° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları.....	45
Şekil 4.8. 30° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)	46
Şekil 4.9. 30° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	46
Şekil 4.10. 30° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	47
Şekil 4.11. 10° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	48
Şekil 4.12. 10° yukarı eğimli kapağa sahip filtrenin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa) .	48
Şekil 4.13. 10° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	49
Şekil 4.14. 13° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	50
Şekil 4.15. 13° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	50
Şekil 4.16. 13° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	51
Şekil 4.17. 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	52
Şekil 4.18. 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	53
Şekil 4.19. 16 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları.....	53
Şekil 4.20. 12 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	55
Şekil 4.21. 12 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	55
Şekil 4.22. 12 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları.....	56
Şekil 4.23. 4 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	57
Şekil 4.24. 4 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	58
Şekil 4.25. 4 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları.....	58
Şekil 4.26. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	60
Şekil 4.27. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)	60
Şekil 4.28. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	61
Şekil 4.29. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm).....	63
Şekil 4.30. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)	63
Şekil 4.31. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	64
Şekil 4.32. Baklı kapağa sahip yağ filtresinin conta altındaki çökmesi (mm).....	65
Şekil 4.33. Baklı kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa).....	66
Şekil 4.34. Baklı kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

CAD: Bilgisayar destekli çizim
CFD: Bilgisayar destekli akış analizi
FEM: Sonlu elemanlar yöntemi

KISALTMALAR

D: Bilinenler matrisi
E: Elastisite modülü
e: Mühendislik gerinimi
F: Bilinen yük vektörü
f: Kütle kuvveti
K: Bilinenler sabitler matrisi
Q: Büyüklük alanının düğüm noktalarındaki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör
T: Yüzey kuvvet,
u: x yönündeki deplasman bileşeni
v: y önündeki deplasman bileşeni
w: z yönündeki deplasman bileşeni
 ε : Gerinim
 σ : Gerilme
 τ : Kayma gerilmesi
 ν : Poisson oranı

1. GİRİŞ

Çalışan parçalar arasındaki sürtünmeyi azaltmak ve temas halindeki parçaların kullanım ömrünü arttırmak için parçalar arasında direk temas olmamalıdır. Birbirleriyle temas halinde bulunan parçaların arasındaki sürtünmeyi azaltmak için yağ kullanılır. Bu işlemin genel adı ise yağlamadır (Megep, 2005).

Temas eden parçalar arasında yağlama yapılmasının amacı sürtünmeyi minimal sınırlara indirmek, sürtünme nedeniyle güç kaybını önlemek ve parçaların kullanım ömürlerini arttırmaktır. Eğer temas eden parçalar arasında uygun yağlama olmazsa parçalar kısa süre içinde aşınır ve iş göremez hale gelir (Megep, 2005).

Motorun çalışması sırasında yağa tozlar, pislikler, aşınan metal parçaları, karbon zerrecikleri karışabilir. Yağ filtreleri kirlenmiş yağları temizleyerek motora temiz yağ sağlamak için kullanılır. Bu partiküllerin bir kısmı motor yağ karterine geldiğinde ya dibe çöker ya da süzgeç veya tapa mıknaatısı yardımıyla ayrılır. Motor yağındaki daha küçük partiküller ise karterden çıkıp yağ filtresine gider ve yağ filtresi tarafından tutulur (Anonim, 2014).

Yağ filtreleri, motor parçalarının ömrünü arttırmak için önemli bir elemandır. Yüksek hız ve güç uygulamalarında yağın sistemde gerekli miktarda ve hızda sirkülasyonunun motorun verimliliği üzerinde etkisi çoktur. Dolaşımını tamamlayan yağ aracın karterine döner ve yağ pompasıyla basınçlandırılan yağ tekrar yağlama kanallarına gider (Anonim, 2014).

Motorun çalışması sırasında oluşan yağ basıncı çeşitli etkenlerin (örneğin; filtre süzme elemanlarının tıkanabilmesi ve motordaki ani zorlanmalardan) birçoğunun birleşmesi durumunda yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Yağ filtreleri tasarım gereği emniyetli bir basınç dayanımı için tasarlanmaktadır. Bu değer normal çalışma koşullarındaki basıncın 2 katı kadardır. Yağ filtreleri çalışma koşullarında düşük basınç değerlerine maruz kalmakta iken özellikle belirli durumlarda ani basınç darbelerine maruz kalmaktadır. Eğer filtre tasarımı uygun yapılmamışsa, filtre darbeli yüksek basınca maruz kaldığında filtre ömrünü tamamlamadan contadan, tasta ya da kenet bölgesinden hasara uğrar.

Çalışmada basınç dayanımına en çok etki eden filtre kapağı üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışmada öncelikli olarak mevcut olan filtre FEM yazılımı ile

modellenip analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar firmadan alınan test sonuçlarıyla kıyaslanarak yapılan analizin doğruluğu saptanmıştır. Daha sonra farklı kapak modelleri tasarlanmıştır. Bu tasarımlar profil açısını, delik sayısını, delik konumlarını ve baklalı kabartmaları kapsamaktadır. Farklı kapak tasarımlarına sahip yağ filtrelerinin için FEM analizi yapılarak optimum kapak tasarımına karar verilmiştir. Böylece sac malzemesinin kalınlığını artırmadan dolayısıyla maliyet artışı meydana getirmeksizin kapak üzerinde yapılan modifikasyon işlemleriyle yüksek yağ basıncına (30 bar) dayanıklı filtre elde edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde yağ filtreleri üzerine yapılan çalışmalarda filtrelerin süzücü elemanı üzerine çalışılmıştır. Fakat yağ filtrelerinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapısal analiz incelemeleri ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Süzücü eleman üzerine yapılan çalışmalar yağ filtrelerinin verimlilik değerlerini, süzme kapasitesini ve ömrünü kapsamaktadır.

Koç (2006) bir taşıt yakıt filtresi bağlantısının dinamik etkiler altında modellenmesi adındaki yüksek lisans tez çalışmasında yakıt filtrelerinin bağlantı elemanları üzerinde çalışmıştır. Araç tasarımlarında yakıt filtresini taşıyan motora bağlı bağlantı elemanlarının statik yükler altında gerilme, deformasyon değerlerinin kabul edilebilir seviyede olması gerektiğini belirtmektedir. Aynı şekilde şok yükler altında da titreşim nedeniyle rezonansa girmemesi ve titreşim nedeniyle deformasyon değerlerinin artmaması gerektiğini belirtmektedir. Çalışmada önce yakıt filtresi ve bağlantı elemanı CAD yazılımı ile modellenmiştir. Daha sonra alternatif beş farklı bağlantı elemanı tasarlamıştır. Bağlantı elemanları tasarımları genel olarak bağlantı elemanın sac malzeme kalınlığını, kaburga eklenmesini ve ek eleman eklenmesini kapsamaktadır. Tüm bu tasarlanan modeller sonlu elemanlar analizine aktarılmıştır. Bağlantı elemanlarının önce yakıt filtresinin ağırlığı nedeniyle oluşan gerilmeler ve deformasyonlar incelemiştir. Daha sonra modellerin modal analizleri yapılarak doğal frekanslarını tespit etmiştir. Modal analizlerde aracın testlerde kullanılan en büyük çukura girmesine göre tespit edilen ivme modele vermiş ve analizi gerçekleştirmiştir. Sonlu elemanlar analizleri sonucunda mevcut tasarımın doğal frekanslarının aralığı, çıkan gerilmeler ve deformasyon değerlerinin uygun olmadığını belirlemiştir. Bağlantı elemanın kalınlığının arttırıldığı tasarımda da doğal frekanslarının aralığı, çıkan gerilmeleri ve deformasyon değerlerini uygun olmadığını belirlemiştir. Bağlantı elemanına kaburga atılan tasarımda doğal frekanslarının aralığı, çıkan gerilmeler ve deformasyon değerlerinin uygun olmadığını görmüştür. Ek eleman kullanılan tasarımda doğal frekanslarının aralığının uygunsuz olduğu ama çıkan gerilme ve deformasyon değerlerinin uygun olduğunu belirlemiştir. En son tasarımda hem ek eleman kullanma hem de kalınlık arttırma yapılmış ve doğal frekanslarının aralığı, çıkan gerilmeler ve deformasyon değerlerini uygun olduğunu tespit etmiştir (Koç, 2006).

Dharmanolla ve Chase (2008) filtre süzücü elemanın optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada fiber tip filtre süzücü eleman üzerinde çalışılmıştır. Filtrelerde havadaki partikülleri çok hassas derecede süzebilmesi için mikron tip lifli süzücü eleman kullanıldığı ama daha hassas süzme içinse nano boyutta liflerinde eklendiği belirtilmiştir. Süzücü elemanın lif boyutlarının azalmasının süzme verimliliğini arttırmasına ama basınç kaybının artmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle çalışmada süzücü eleman parametrelerinin iyi optimize edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Çalışmada beş farklı parametre (süzücü elemanın kalınlığı, nano fiber çapı, mikro fiber çapı, mikro fiber ağırlığı, nano fiberin yüzey alanının mikron fiberinkine oranı) üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada önce basınç kaybının ve veriminin teorik formüllerini varsayımlarla basitleştirmiş. Bu formüllerle fortran üzerinden farklı çaplara sahip nano fiberin farklı oranlarının verimliliğe etkileri hesaplanmıştır. Bu değerler deneysel çalışma yapıp değerlerin doğruluğu saptanmış ve deneysel çalışma ile teorik hesaplanan değerlerin uygunluğu teyit edilmiştir. En son bu beş parametrenin etkilerini genetik algoritma programı ile incelemiş ve sonucunda en optimum değerleri tespit etmişlerdir. Elde edilen veriler sonucunda nano fiber katılmasının bir yere kadar verimi arttırdığı fakat tepe noktadan sonrada düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Verim düşüşünün sebebinin nano fiberlerin fazla katılması sonucunda basınç düşüşüne bağlı olduğunu belirtmektedirler (Dharmanolla ve Chase, 2008).

Jian-yong ve ark. (2012) çalışmalarında otomobil yağ filtresi süzücü elemanı için matematiksel analiz yapmışlardır. Matematiksel analizde süzücü elemanı mekaniksel, fiziksel performansı ve filtrasyon özeliği gibi ana başlıkları değerlendiren 18 parametreyi 4'e (gözenek, geçirgenlik, verimlilik ve ağırlık) indirip, hepsi arasında 4 parametre üzerinden ilişki kurulmuşlardır. Yapılan testler sonucunda matematiksel olarak süzücü elemanı sadece 4 ana parametre üzerinden diğerleri ile ilişkilendirmiştir (Jian-yong ve ark., 2012).

Literatürde yağ filtresi üzerine çeşitli akış analizlerinin de yapıldığı görülmüştür.

Richardson ve Nassehi (2003) çalışmalarında farklı şekillere sahip poroz bölgelerin akış analizlerini yapmışlardır. Çalışmada süspansiyon tip akışkan kullanılmıştır. Çalışma da süspansiyon sıvının süzülme analizleri yapılmış, düz ve eğri şekle sahip poroz bölgeleri farklı konsantrasyonda ki süspansiyon sıvılarıyla partikülleri tutma yönüyle değerlendirmiştir (Richardson ve Nassehi, 2003).

Parry (2006) yaptığı çalışmada filtre süzücü elemanının yağ içindeki katı parçacıklar nedeniyle olan deformasyonunu nümerik olarak değerlendirmişlerdir. Nümerik sonuçlar deneysel olarak alınan sonuçlarla karşılaştırmıştır ve analizin doğruluğunu tespit edilmiştir (Parry, 2006).

Mead-Hunter ve ark. (2011) lifsi filtre süzücü elemanları içeren CFD analizi yapmışlardır. Bu çalışma sayesinde karmaşık yapıya sahip olan yapının değerlendirilmesi kolaylıkla yapılmıştır. Çalışmada filtre CFD analizi ile değerlendirilip alınan sonuçlar teoriksel olarak hesaplanan verilerle karşılaştırılmıştır. Teorik hesaplanan sonuçlarla CFD analiz sonuçlarının uygun olduğunu tespit etmişlerdir. (Mead-Hunter ve ark., 2011).

Literatürde elektrostatik tip yağ filtreleri içinde yapılan çalışmalar bulunmuştur.

Tran ve Yanada (2008) çalışmalarında elektrostatik enjeksiyonlu yağ filtrelerinin hem FEM analizini hem de deneysel incelemesini yapmıştır. Çalışmada elektrostatik yağ filtresindeki yağ sıcaklığını, kullanılan voltajın ve elektrot dizaynının filtrasyon hızına etkisini incelemişlerdir. Önce deneysel çalışmada belirli bir kirletici ile kirletilip elektrostatik filtreyle süzülüp parametrelerin etkileri incelenmiştir. En son çalışmanın elektrostatik analizi Ansys ile yapıp deneysel ve nümerik karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda voltaj ve yağ sıcaklığının artışı ve elektrot alanının azaltılmasının filtrasyon hızını arttırdığı tespit edilmiştir (Tran ve Yanada, 2008).

Yanada, Okamoto ve Tran (2011) elektrostatik tip yağ filtrelerinin filtrasyon hızları üzerinde çalışılmıştır. Elektrostatik tip yağ filtreleri elektriksel (coulomb) kuvveti yardımıyla partikülleri ayırdığı için bu filtrelerin genel olarak filtrasyon hızlarının düşük olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada filtrasyon hızını arttıracak etkenler üzerinde çalışılmıştır. Filtrasyon hızını arttırmak için önce 100x100 mm olan filtre elementinin üzerine üç farklı çapta delikler açılmıştır. Daha sonra bu tasarımların filtre içindeki konumları içinde üç ayrı ölçü kullanıp etkileri incelenmiştir. Çalışmada iki farklı motor yağı ve üç ayrı hidrolik yağı kullanılmış ve yağlar ya iletken ya da iletken olmayan partiküllerle kirletilmiştir. Deneysel çalışmada önce iletken olmayan partiküllerle kirletilmiş iki yağ tipi için filtre elementi olan ve olmayan filtreler test edilmiştir. Daha sonra filtre içi mesafe sabit tutulup deliklerin sayısının etkileri hem iletken hem de iletken olmayan partiküllerle kirletilmiş yağlarla incelenmiştir. En son filtre elementinin delik sayısı sabit tutulup filtre elementinin konumları hem iletken hem de iletken olmayan yağlarla test edilip incelenmiştir. Bu çalışmalar aynı şekilde sonlu elemanlar analizinde

de gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda filtre elementinin olduğu elektrostatik filtrelerin filtrasyon hızlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İletken olmayan yağlarla test edilen delik sayıları farklı filtrelerde delik çapının azaltılmasının filtrasyon hızını arttırdığı hem analizden hem de testten tespit edilmiştir. Aynı şekilde iletken olan yağlarla test edilen delik sayıları farklı filtrelerde delik çapının artırılması filtrasyon hızını arttırdığı hem analizden hem de testten tespit edilmiştir. Çalışma sonunda delik sayısı sabit tutulup filtre elementlerinin konumlarının etkilerinin hem iletken hem de iletken olmayan kirleticilerle kirletilen filtrelerin incelenmesi sonucunda parametrenin etkisiyle ilgili net bir sonuca varılamamış. Ama konum parametresi üzerinde iletken veya iletken olmayan kirleticilerin kullanılması ve kullanılan yağda etkisinin olduğunu tespit etmiştir (Yanada ve ark., 2011).

Yanada, Daiou ve Ogi (2012) çalışmalarında çok küçük partiküllerin tutulması için kullanılan elektrostatik yağ filtreleri üzerinde çalışmışlardır. Bu tip yağ filtrelerinin filtrasyon hızları düşük olduğu için filtre elementi ve elektrot tasarımlarının önem arz ettiğini belirtmişlerdir. Ama önceki çalışmalarında filtre elementi ve elektrot tasarımları üzerinde çalıştıkları için bu çalışmada aynı tasarımları kullanarak farklı kombinasyonlara sahip 4 ayrı yağ filtresi dizayn etmişlerdir. Bu yağ filtrelerinde elektrotların ve filtre elementlerinin konumları değiştirilmiştir. Bu dört yağ filtresi dizaynının yanı sıra 3 tane daha yüzey alanları farklı tasarım geliştirmişlerdir. Bu yağ filtrelerinde ya filtre elementinin ya da elektrotların diğer dördüne benzer şekilde ama sadece yüzey alanları farklı olarak tasarlamışlardır. Son üç tasarımla yüzey alanının etkisini incelemeyi hedeflemişlerdir. Elde edilen nihai yedi farklı elektrostatik yağ filtreleri 4 farklı motor yağı ve 2 farklı kirletici (iletken ve iletken olmayan kirletici) ile test edilmiştir. Önce 4 farklı tasarım, 4 ayrı iletken olmayan partikülle kirletilmiş motor yağı test edilmiştir. Daha sonra iletken partikülle kirletilmiş iki farklı motor yağı ile yine bu dört tasarım test edilmiş ve son olarak ta iletken olmayan partikülle kirletilmiş bir yağda da yüzey alanları farklı tasarımlar test edilmiştir. Testler sonucunda iletken ya da iletken olmayan partiküllerle kirletilen yağ filtrelerinin filtrasyon hızları farklı çıkmış. Kullanılan yağ farkının ve yağ filtresi dizayn farklılıklarının filtrasyon hızını arttırmada etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Son üç tasarımın testlerinden de yüzey alanının filtrasyon hızına kayda değer etkisi olmadığı sonucu varmışlardır. Ama bu tasarımlar sayesinde az da olsa değişimler olduğu saptanmıştır (Yanada ve ark., 2012).

Yanada ve ark. (2015) elektrostatik yağ filtreleri üzerinde çalışılmıştır. Elektrostatik yağ filtreleri elektrostatik kuvvet sayesinde yağdaki istenmeyen partiküllerin ayrılması yöntemine dayanmakta olduğu belirtilmiştir. Elektrostatik yağ filtrelerinin iyi süzme yaptığı fakat süzme işleminin yavaş olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle filtrasyon hızını arttıracak tasarımlar üzerinde durulmuştur. Hem deneysel hem de sonlu elemanlar analizi çalışmaları yapılarak elektrostatik yağ filtresi üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada önce 40 derece sabit sıcaklıktaki kirletilmiş yağ kullanılarak sadece bir tasarımın deneysel çalışması yapılmış. Daha sonra iki farklı elektrot dizaynı ve filtre elementi tasarlanmıştır. Bu tasarımlara sahip dört farklı elektrostatik yağ filtresi elde edilmiştir. Bu dört farklı tasarıma sahip elektrostatik yağ filtrelerinin sonlu elemanlar alt yapılı akış analizleri yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizinden alınan sonuçlar ile deneysel çalışma sonuçlarının uygunluk gösterdiği belirtilmiştir. Analizler sonucunda dört farklı tasarıma sahip elektrostatik yağ filtreleri filtrasyon hızlarına göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda özellikle kanatlı yapıda ki filtre elementine sahip filtrelerin ve elektrostatik kuvvetin fazla olduğu tasarımların filtrasyon hızını azalttığını tespit etmişlerdir (Yanada ve ark., 2015).

Literatürden yapılacak olan çalışmaya en yakın iki tane çalışma bulunmuştur.

Kaya (2008) motor yağı filtreleri, testleri ve değişim süreçlerinin araştırılması adlı tez çalışmasında yağ filtrelerinin değişim periyotları üzerine çalışmıştır. Araç üreticileri yağ filtreleri için kilometre bazında değişim zamanları vermekte olduğu fakat bu filtrelerin ömürlerini tamamlayıp tamamladığı yönünde teste tabi tutulmadıkları belirtilmiştir. Bu nedenle aralarında daha ömrünü tamamlamadan değiştirilen yağ filtrelerinin olduğu belirtilmektedir. Değiştirilen yağ filtreleri evsel atıklarla aynı yere atıldıkları belirtilmiştir. Yağ filtrelerinin ömrünü tamamlamadan değiştirilmesi hem gereksiz masrafa hem de doğa açısından geri dönüşüm için kötü bir etken olduğu belirtilmiştir. Çalışmada yağ filtrelerinin yapısı ve yağ filtrelerine uygulanan testlerin tanıtımı yapılmış. Daha sonra servislerden temin edilen 18 adet değiştirilmiş yağ filtrelerine iki ayrı sıcaklıktaki motor yağı ve artan debi ile basınç dayanım-akış testi uygulanmıştır. Deneylerden akışa karşı basınç kayıplarını tespit etmişlerdir. Deneysel sonuçlardan yağ filtrelerinin basınç kayıplarının değişim basınç kaybından daha düşük olduğu ve ömrünü tamamlamadan değiştirildikleri tespit etmişlerdir. Çalışma sonunda son beş senedeki dizel ve benzinli motorlarda kullanılan ömrünü tamamlamadan

değiştirilen yağ filtrelerinin yaklaşık sayısı hesap edilmiş. Bu gereksiz değişimlerin hem maddi hem de çevresel olarak bir tehdit oluşturduğunu tespit etmişlerdir (Kaya, 2008).

Ahuja ve ark. (2009) automotive oil filter seal isimli patent çalışmalarında spin-on tip yağ filtrelerinin yapısını basitleştiren yeni tasarımın patentini almışlardır. Tasarım yağ filtresi contasını kapsamaktadır (Ahuja ve ark., 2009).

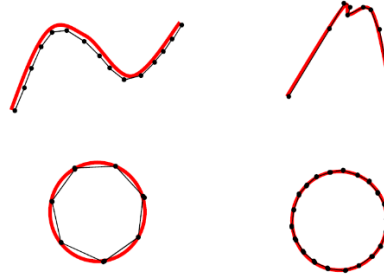
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

3.1.1.1. Sonlu Elemanlar Yönteminin Temelleri

Karmaşık problemleri insanlar çoğu zaman kolayca kavrayıp doğrudan çözemezler. Doğrudan çözüme gidilemediği için karmaşık problemler kavranabilecek alt problemlere ayrılır ve anlaşılır hale getirilir. Elde edilen alt problemler ayrı ayrı çözülür ve en son alt problemlerin sonuçları birleştirilir. Bu işlemin sonucunda karmaşık problemin sonucuna varılmış olur. Gerilme analizleriyle ilgilenen mühendisler gerilme problemlerinde kiriş, plak, silindir gibi basit geometrilere sahip şekilleri kullanırlar. Problemlerin sonlu elemanlar yöntemiyle çözümü sonrasında elde edilen sonuçlar çoğu kez yaklaşık çözümdür. Bu değer ya direk kullanılır ya da düzeltme katsayıları ile kullanılır. Mühendislik uygulamalarındaki karmaşık problemlerde tam çözüm yerine genelde kabul edilebilir seviyede bir yaklaşık çözüm tercih edilir (Topcu ve Taşgetiren, 1998).



Şekil 3.1. Çeşitli bir boyutlu parçaların elemanlara bölünmüş hali (Anonim,2015a)

Sonlu elemanlar yönteminde karmaşık yapıya sahip problemler daha basit alt problemlere ayrılır ve bu alt problemler kendi içinde çözülmesiyle sonuca ulaşılır. Bu metodun üç aşaması vardır: İlk aşamasında geometrik olarak karmaşık yapıya sahip çözüm bölgesi basit alt bölgelere ayrılır. İkinci aşamada her elemandaki, sürekli fonksiyonlar, cebirsel polinomların lineer kombinasyonu şeklinde gösterilebileceği kabulü yapılır. Üçüncü aşamada ise her eleman içinde sürekli olan tanım denklemlerinin düğüm noktalarındaki değerlerinin elde edilmesiyle problemin çözümüne gidileceği kabulü yapılır. İnterpolasyon teorisinin genel kavramları yardımıyla yaklaşım fonksiyonları polinomlardan seçilir. Seçilen polinomların derecesi iki farklı parametreye bağlıdır:

Çözülecek problemin tanım denkleminin derecesine ve çözüm yapılacak elemandaki düğüm sayısına (Topcu ve Taşgetiren, 1998).

Gerilme, yer değiştirme ve basınç gibi değişkenler sürekli bir ortamda sonsuz sayıda farklı değere sahiptir. Eğer sürekli bir ortamın belirli bölgelerinin de sürekli ortam özelliği gösterdiği biliniyorsa, bu alt bölgelerde ki alan değişkenlerinin değişimi sonlu sayıda bilinmeyen olan fonksiyonla gösterilebilir. Seçilen fonksiyonlar bilinmeyen sayısına göre lineer ya da yüksek mertebeden olabilir. Nodlar arasında süreklilik olduğundan sürekli ortamın alt bölgeleri de aynı karakteristik özellikleri sergiler ve bu alt bölgelerin alan denklemleri birleştirildiğinde bütün sistemi ifade eden denklem elde edilir. Komple sisteme ait denklemin çözülmesi sonucunda sürekli ortamdaki alan değişkenleri sayısal hale gelir (Topcu ve Taşgetiren, 1998).

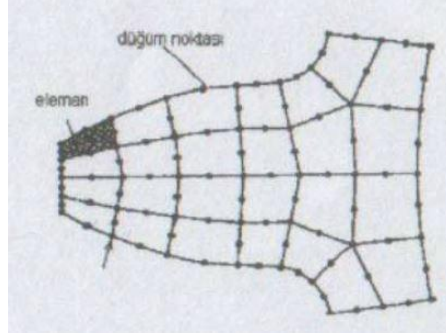
Eski zamanlarda karmaşık makine elemanlarının değerlendirilmesi pahalı deneylerle yapılmaktaydı. Fakat bu tür karmaşık modeller eskiden bu şekilde değerlendirilmesine rağmen son zamanlarda sonlu elemanlar yönteminin kullanımıyla bu işler daha kolay hale gelmiştir. Özellikle son yıllarda sonlu elemanlar yönteminin sanayi uygulamalarına girmesiyle daha önceleri pahalı deneylerle değerlendirilen sistemler daha kolay ve daha ekonomik şekilde incelenebilmişlerdir. Bu sayede makine parçaları daha tasarım aşamasındayken sonlu elemanlar analizleri yardımıyla optimum hale getirilebilmiştir (Topcu ve Taşgetiren, 1998).

Sonlu elemanlar yönteminin diğer nümerik yöntemlere göre üstünlükleri (Topcu ve Taşgetiren, 1998):

- a) Bu yöntemde kullanılan elemanların şekillerinin ve boyutlarının uygun hale getirilmesiyle geometri tam olarak temsil edebilir.
- b) Bir veya birden fazla delik ya da köşelere sahip karmaşık geometriler daha kolay ele alınabilir.
- c) Sonlu elemanlar analizde farklı malzemelerden meydana gelen montajlar incelenebilir.
- d) İncelenecek modellerin sınır şartları kolay bir şekilde oluşturulabilir (Topcu ve Taşgetiren, 1998).

Sonlu elemanlar yönteminde incelenecek model önceden karar verilmiş olunan eleman şekillerine ve boyutlarına göre alt elemanlara ayrılır. Modeldeki alt elemanlar tekrardan düğüm noktalarında birleşirler. Her bir düğüm noktasından bir denklem elde

edilmesiyle komple modelin denklem takımı oluşturulur. Sonlu elemanlar modelinden yüzlerce ya da binlerce denklem elde edilebilir. Bu denklemler elde çözülmeyeceğinde bilgisayarda çözülürler (Özdemir, 2006).



Şekil 3.2. İki boyutlu bir modelin elemanlara bölünmesiyle oluşan nodlar ve elemanlar (Özdemir, 2006)

Sonlu elemanlar yönteminde sürekli fonksiyonların bölgesel sürekli fonksiyonlar ile temsil edilmesi temel fikirdir. Bunun kullanımı; bir elemanda hesaplanması istenen büyüklüğün değerinin o elemanın düğüm noktalarındaki değerlerinin interpolasyonu ile elde edilmesidir. Bu nedenle sonlu elemanlar yönteminin çözümünde bilinmeyen düğüm noktalarındaki değerler nümerik olarak yaklaşımlı hesaplanır. Bir varyasyonel prensip (örneğin; enerjinin minimum olması prensibi) kullanılarak büyüklük alanının düğüm noktalarındaki değerlerini bulmak için ayrı ayrı denklem takımları elde edilir (Özdemir, 2006).

Bu denklemlerin matris olarak gösterilişi aşağıdadır.

$$[K] \cdot [Q] = [F] \quad 3.1$$

Yukarıda ki denklemde $[Q]$ büyüklük alanının düğüm noktalarındaki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör, $[F]$ bilinen yük vektörü ve $[K]$ ise bilinen sabitler matrisini göstermektedir. $[K]$ gerilme analizinde, rijitlik matrisi olarak bilinmektedir (Özdemir, 2006).

Sonlu elemanlarla model oluşturma aşamaları:

Sonlu elemanlar paket programlarında analizin aşamaları ön işleme, işleme ve son işleme olmak üzere üçe ayrılır. Bu üç aşamadan ilki kullanıcı tarafından tamamlanır ve diğer iki kısmı ise yazılım kendi tamamlar. Bu üç aşamaya bakıldığında (Özdemir, 2006):

I. Ön işleme (Özdemir, 2006)

- a. FEM analizinin türünün tespit edilmesi (statik termal vs.)
- b. Model için kullanılacak boyutun tespiti (2 boyutlu veya 3 boyutlu gibi)
- c. Modelin sonlu elemanlara bölünmesi
- d. Analizde kullanılacak malzemelerin yazılıma tanımlanması
- e. Model için belirlenen sınır şartlarının uygulanması (Özdemir, 2006).

II. İşleme (Özdemir, 2006)

- a. Yazılımın elemanlar için şekil fonksiyonları tanımlaması
- b. Her bir elemanın denklemlerinin hesaplanması
- c. Yazılımın dönüşüm matrislerini hesaplaması
- d. Yazılım tarafından modele ait tüm eleman denklemlerinin birleştirilmesi
- e. Sınır şartlarının komple modelin denklemine uygulanması
- f. Modelin denkleminin çözülmesi (Özdemir, 2006).

III. Son işleme (Özdemir, 2006)

- a. İncelenecek değerler için kontur çizdirilmesi, çıktı alınması veya vektör görünümünün elde edilmesi (Özdemir, 2006)

3.1.1.2. Sonlu Elemanlar Analizinde Üç boyutlu Problemler

Mühendislikte karşılaşılan birçok karmaşık model üç boyutlu olarak değerlendirilir. Ama bir veya iki boyutlu olarak yapılan çözümler yeterli derecede doğruluk sağladığında üç boyutlu çözülemeye tercih edilir (Topcu ve Taşgetiren, 1998).

Üç boyutlu problemlerdeki deplasman vektör bileşenleri;

$$\{u\} = [u, v, w]^T \quad 3.2$$

Yukarıdaki bileşenlerden u, v ve w sırasıyla x, y, z doğrultusundaki deplasmanları temsil etmektedir. Gerilme vektör bileşenler (Topcu ve Taşgetiren, 1998);

$$\{\sigma\} = [\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy}]^T \quad 3.3$$

Gerinim vektör bileşenleri;

$$\{\varepsilon\} = [\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}, \gamma_{xy}]^T \quad 3.4$$

Şekil değiştirmeye gerilme arasındaki ilişki şu şekilde gösterilmektedir (Topcu ve Taşgetiren, 1998);

$$\{\sigma\} = [D] * \{\varepsilon\} \quad 3.5$$

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5-\nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5-\nu \end{bmatrix} \quad 3.6$$

Şekil değiştirmelerle yer değiştirmeler arasındaki bağlantı şu şekildedir (Topcu ve Taşgetiren, 1998);

$$\{\varepsilon\} = \left[\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right]^T \quad 3.7$$

Kütle kuvvetinin ve yüzeye uygulanan kuvvetin vektör bileşenleri (Topcu ve Taşgetiren, 1998);

$$\{f\} = [fx, fy, fz]^T \quad 3.8$$

$$\{T\} = [Tx, Ty, Tz]^T \quad 3.9$$

3.1.1.3. Sonlu Elemanlar Analizinde Pekleşme Modelleri

Elastisite: Malzemelerin elastik davranışlarında, malzemeye uygulanan yük nedeniyle oluşan gerilmeler akma dayanımını geçmezse, malzemede kalıcı deformasyon olmaz. Haliyle yük kaldırıldığında malzeme tekrar eski haline döner. Metalik malzemelerin bu özelliği malzeme içyapısındaki metalik bağlardan gelmektedir. Yük uygulandığında bağlar esner ama kopmaz haliyle yük kaldırıldığında eski haline dönebilir. Metalik malzemelerde elastik gerinim sınırı düşüktür ve gerilme ile gerinim arasındaki ilişki Hooke kanunuyla gösterilir (Ansys customer training material, 2010).

$$\sigma = E * e \quad 3.10$$

Plastisite: Metalik malzemelerde uygulanan yük nedeniyle gerilme akma sınırını aşarsa plastik deformasyon meydana gelir. Oluşan bu deformasyon kalıcıdır (Ansys customer training material, 2010).

- Plastisite malzemenin akma sınırı sonrasını temsil etmektedir (Ansys customer training material, 2010).

- Malzemelerin plastik davranışı özellikle şekillendirme işlemleri için kullanılır.

- Plastisite şekillendirme işlemlerinin yanı sıra diğer yapılarda da kullanılmaktadır.

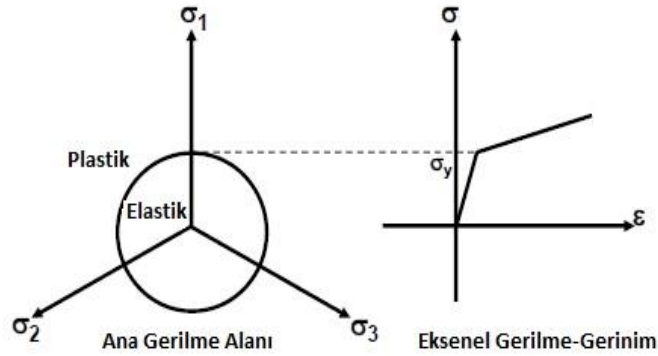
- Malzemede plastik deformasyon atom düzlemlerinin kayma gerilmesi nedeniyle kayması sonucunda meydana gelir. Bu kaymanın adı da dislokasyon kaymasıdır.

- Plastik deformasyon sonrası genellikle hacimsel gerinim olmaz (Ansys customer training material, 2010).

Hızdan Bağımsız Plastisite: Malzemenin tepkisi yükleme ve deformasyon hızlarından bağımsız olabilir. Bu çeşit bir malzeme tepkisinin ismi de hızdan bağımsız plastisitedir (rate independent) (Ansys customer training material, 2010).

Genelde birçok metalik malzeme hızdan bağımsız plastisite (rate independent) yapısına sahiptir. Ama bu durum malzemelerin ergime sıcaklığının üçte biri ya da dörtte biri altında çalıştıklarında ve düşük gerinim hızlarında geçerlidir (Ansys customer training material, 2010).

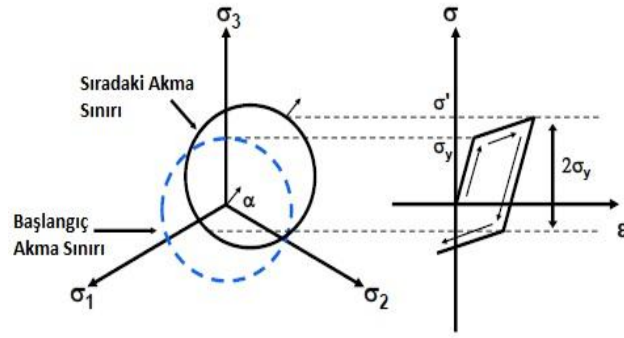
Pekleşme Kuralı: Pekleşme kuralları malzemede plastik deformasyon oluşması durumunda akma sınırının şekil, büyüklük veya merkez değişiminin nasıl olacağını ifade eder. Pekleşme kuralı aslında yükün kaldırılıp tekrar etki ettirilmesi veya sürdürülmesi gibi durumlarda malzemenin tekrardan akmaya başlayacağı değeri belirlemek için gereklidir. Pekleşme olayı elastik-mükemmel plastik malzemelerde (elastic-perfectly-plastic materials) olamaz. Bu malzemelerde akma sonrası gerilme değeri sabit kalır (Ansys customer training material, 2010).



Şekil 3.3. Pekleşme modeli (Ansys customer training material, 2010)

İki çeşit pekleşme türü vardır:

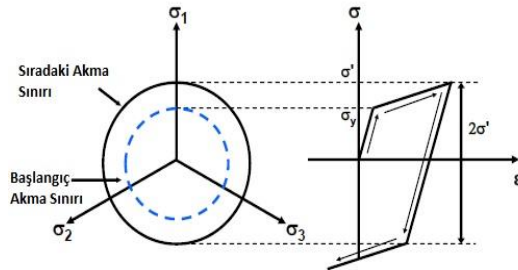
1. **Kinematik pekleşme:** Bu modelin temeli Baushinger etkisine dayanır. Yani malzemenin bası yönündeki sıradaki akma gerilmesi çeki yönündeki akma gerilmesinin artması kadar azalır. Haliyle hep iki akma gerilmesi arasında $2\sigma_y$ fark olur (Ansys customer training material, 2010).



Şekil 3.4. Kinematik pekleşme modeli (Ansys customer training material, 2010)

- Bu modelde malzeme ilk başta izotropik bir yapıya sahiptir ama akma sonrası ve kinematik pekleşme olması ile birlikte izotropik özelliğini kaybeder (Ansys customer training material, 2010).
- Bu model genellikle Bauschinger etkisi nedeniyle tekrarlı yüklemelerde ve küçük gerinimler de kullanılmaktadır (Ansys customer training material, 2010).

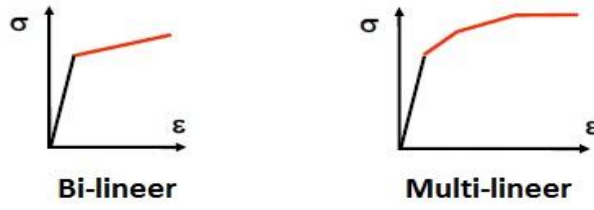
2. **İzotropik pekleşme:** İzotropik pekleşme modelinde malzemede akma başladığında akma sınırı her tarafında eşit olarak genişler. Adından anlaşılacağı üzere burada izotropik terimi akma sınırında eşit dağılım için kullanılmıştır (Ansys customer training material, 2010).



Şekil 3.5. İzotropik pekleşme modeli (Ansys customer training material, 2010)

- Bu model kinematik pekleşmenin aksine daha büyük gerinimler için ve orantısız yüklemeler için kullanılır. Tekrarlı yüklemeler için uygun değildir (Ansys customer training material, 2010).

Eğri şekilleri: İki çeşit eğri kullanılmaktadır. Biri bi-lineer eğri diğeri ise muti-lineer eğridir (Ansys customer training material, 2010).



Şekil 3.6. Bi-lineer ve multi-lineer pekleşme eğrileri (Ansys customer training material, 2010)

3.1.2. Yağlama Sistemi ve Yağ Filtresi

3.1.2.1. Yağlama Sistemleri

- **Tam akımlı sistemler:** Bu tür yağlama sisteminde yağ filtresi motorun üstünde bulunur ve sistemdeki tüm motor yağları yağ filtresinden geçer. Ama bu tür yağlama sistemlerinde tüm motor yağı filtreden geçtiği için basınç kaybı yaşanması dezavantaj sayılır. Basınç kaybını ortan kaldırmak için supap kullanılır ve bu sayede yağlama sistemindeki yağın hızı arttırılır. Bu tür supaplar ya motorda ya da yağ filtresinde bulunur (Anonim, 2014).
- **Kısmen akımlı sistemler:** Bu yağlama sisteminde tam akımlı sistemlerin aksine yağ filtresi motora paralel bağlı bulunur. Bu sistemde motor yağının % 90' ı direk motora gider ve gerekli noktaları yağlar, diğer % 10'u ise yağ filtresinden geçip kartere döner. Bu yağlama sistemlerinde yağın her sirkülasyonun da sadece % 10' u süzüldüğü için kullanılan yağ daha çok kirlenir ve filtre daha kısa zamanda ömrünü tamamlar (Anonim, 2014).
- **Kombine filtrasyon sistemleri:** Bu sistemler tam akımlı sistemlerle kısmen akımlı sistemlerin ortak kullanıldığı halidir. Bu yağlama sisteminde 2 adet yağ filtresi bulunur. Bu yağlama sisteminde ilk filtreden tüm motor yağı geçer daha sonra ikinci filtrede aynı kısmen akımlı sistemlerde olduğu gibi ikiye ayrılır ve yağın %90' ı direk motora gider %10' u ise ikinci filtreden geçer. Kombine filtrasyona sahip yağlama sistemlerinde iki filtre kullanıldığı için süzme işini iki filtrede yapar ve sonucunda hem kullanılan filtrelerin ömürleri artar hem de yağ iyi süzölmüş olur (Anonim, 2014).

Motorlardaki yağlama sistemlerinin parçaları;

1. **Karter:** Karter motorun alt kısmında yer alır. Bulunduğu konum gereği motoru dış etkilere korur. Ama karterin asıl görevi yağa depoluk etmektir (Megep, 2005).
2. **Yağ Pompaları:** Yağlama sisteminde motor yağı yağlama kanallarında belirli bir basınçta dolaşması gerekir. Bu nedenle motor yağları yağ pompalarıyla basınçlandırılır (Megep, 2005).
3. **Yağ Basıncı Kontrol Supabı:** Yağ basınç kontrol supapları yağlama sisteminin basınç büyüklüğünü kontrol eder. Eğer yağlama sisteminde normalden daha fazla yağ basıncı oluşursa supaptaki yay sıkışarak kısa devre yapar ve yağın bir kısmı kartere dönerek basıncı azalır (Megep, 2005).
4. **Yağ Soğutma Sistemleri:** Motorun yağlama sisteminde yağ viskozitesinin değişmemesi için yağın belirli sıcaklıkta dolaşması gerekir. Yağlama sistemindeki yağ, soğutma sistemindeki motor soğutma suyu yardımıyla soğutulur (Megep, 2005).
5. **Yağ Filtresi:** Yağ filtresi motorun çalışması esnasında yağa karışmış olan karbon zerrecikleri, tozlar ve metal parçacıkları gibi aşındırıcıları süzerek motora girmesini engelleyen yardımcı elemanlardır (Megep, 2005).

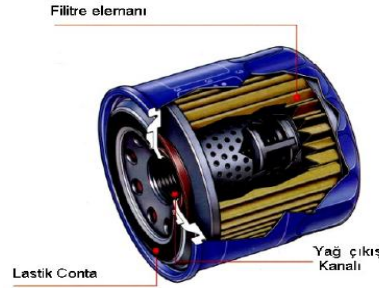
3.1.2.2. Filtrenin Tanımı

Bir akışkanın içerisinde bulunan ve temasta bulunduğu yüzeylere zarar veren sıvı ya da katı partikülleri olası hasarlara karşı korumak için süzen elemana filtre denir (Kaya, 2008).

Günümüzde filtreler içten yanmalı motorlar da büyük görev üstlenen vazgeçilemez bir eleman haline gelmiştir. Filtreler günümüzde motordaki birçok akışkanı süzmektedir. Motorda kullanılan havayı temizleyen hava filtresi, aracın yakıtını temizleyen yakıt filtresi ve motordaki kirlenen yağı temizleyen yağ filtresi şeklinde motorda 3 temel filtre kullanılmaktadır. Tüm filtrelerin ortak görevi kirlenmiş akışkanı temizleyip olası hasarları önlemektir (Kaya, 2008).

3.1.2.3. Yağ Filtrelerinin Yapısı

Yağ filtreleri içten yanmalı motorların ve diğer makinaların yağlama sistemindeki yağı süzerek istenmeyen partikülleri ayırır ve yağı temizler. Motorda kullanılan motor yağı filtrenin kullanım ömrünü arttırmak ve en önemlisi motorda oluşabilecek olası hasarı önlemek için uygun özellikleri sahip olmalıdır. Yağ filtrelerin de etkin bir filtrasyon için kirlenmiş motor yağının belirli bir sıcaklıkta olması gerekir. Motor yağının temel görevi temas eden parçalar arasındaki sürtünmeyi ve aşınmayı minimal yapmaktır. Ayrıca filtrenin; pistonu soğutmak, yanma atıklarının ve olası partüllerin birikmesini engellemek ve yanma asitlerini etkisizleştirmek gibi diğer fonksiyonları da bulunmaktadır. Motorun çalışması esnasında devir daim eden motor yağı sürekli olarak yağlama işlemi sonrası kirlenir ve tekrardan yağlama işlemi öncesi karterde ve yağ filtresinde temizlenip motora gönderilir (Kaya, 2008).



Şekil 3.7. Yağ filtresinin içindeki elemanların kısmi iç görünüşü (Megep, 2005)

İçten yanmalı motorların yağlama sisteminde yağlama esnasında yağa karışan dispersan katığı ve zararlı partiküller karter de süzülür ama küçük partiküller yağ filtresinde süzülür. Bu fonksiyonu nedeniyle motorda büyük öneme sahiptir. Günümüz teknolojisindeki tüm araçlarda yağ filtresi mevcuttur. Motorda kullanılan yağ ve bu yağa uygun yağ filtresi seçilmesi hem yağ filtresinin ömrünü hem de motorun mekanik ömrünü arttırmaktadır (Anonim, 2014).

Yağ filtreleri, motor parçalarının ömrünü arttırmak için önemli bir elemandır. Yüksek hız ve güç uygulamalarında yağın sistemde gerekli miktarda ve hızda sirkülasyonunun motorun verimliliği üzerinde etkisi çoktur. Dolaşımını tamamlayan yağ aracın karterine döner ve yağ pompasıyla basınçlandırılan yağ tekrar yağlama kanallarına gider. Motorda yağlama esnasında yağ filtresi için özellikle süzücü elemanın ve filtrenin

diğer yapısal elemanlarının çalışma koşullarına uygun olması gerekir. Yağ filtrelerinde bulunan süzücü eleman çok küçük partikülleri tutma özelliğine sahiptir. Eğer motor yağını süzen eleman yeterli değilse partiküller direk motora gider ve sonucunda aşınmalar artar, motorun verimliliği düşer ve yakıt sarfiyatı artar. Yağ filtrelerinde kullanılan süzücü elemanlarda eğer gözenek büyüklüğü çok küçükse filtre çok hızlı tıkanır ve süzme ömrü daha kısa zamanda biter. Süzme ömrü tükenen filtrede motora yağ geçişi olmayacağı için motorda conta yakma, yatak sarma ve krank kesme gibi hasarlar oluşur (Anonim, 2014).

Yağ filtresinden geçen motor yağındaki tutulamayan partiküller motor gövdesine gider ve sonucunda çizilme ya da aşınma oluşur. Eğer filtrenin süzücü elemanı yeterince süzme yapamazsa motor yağı normal kullanım ömründen daha kısa zamanda ömrünü tamamlar. Bunun sonucunda motor yağının değişmesi ile ekstra maliyet oluşur. Yağ filtresindeki süzücü elemanın gözenek büyüklüğü çok küçükse gözenekler çok çabuk dolar ve filtre daha kısa sürede ömrünü tamamlar. Yağ filtresinin değişim periyodundan önce ömrünü tamamlaması aracın motorunun hasar görmeye başlamasına neden olacaktır. Yağ filtrelerinde süzücü elemanın yanı sıra filtrasyon için önemli diğer elemanları da mevcuttur. Bu elemanlardan ilki geri dönüş sistemidir. Bu eleman yağ filtresinde (aşağı doğru montaj edilen yağ filtreleri) sürekli yağ bulunmasını sağlar. Araç çalışma esnasında basınçla açılır araç durduğunda kapanır ve filtrede sürekli motor yağı bulunur. Bu sayede aracın ilk çalışmasında motor yağsız kalmamış olur. İkinci eleman ise by-pass sistemidir. By-pass sistemi yağ filtresi tıkanıldığı zaman önem kazanmaktadır. Yağ filtrelerinin süzücü elemanları tıkanıldığı zaman yağ süzücü elemandan geçemez ve sonucunda by-pass sisteminden geçer. By-pass sistemi yaylı bir sistem olup belirli bir basınçta açılır (Anonim, 2014).

By-pass sisteminin yayı iyi seçilmelidir. Eğer sistem erken açılırsa motor yağı süzülmeden motor bloğuna gider. Ama sistemdeki yay çok geç açılırsa da motora çalışma sırasında yağ motora gitmez ve sonucunda hasara neden olur. Bu sistemin tek sıkıntısı motora süzülmeyen yağın gitmesidir. Tabi aracın bu durumda çok kullanılması uzun vadede sıkıntı yaratır. Süzülmeyen yağ motor bloğunu çizer, aşınmalar oluşur. Bu nedenle araç üreticileri yağ filtreleri için değişim periyotları belirlemiştir. Bu periyotlarda yağ filtreleri mutlaka değiştirilmelidir. Yağ filtrelerinin değişim periyotları sadece uygun filtreler için geçerlidir. Ayrıca yağ filtrelerinde sac malzemeden üretilen kovanın, ringin ve kapağında filtre çalışma koşulları için uygun olmak zorundadır. Yağ filtresindeki sac

malzemeden yapılan elemanların yağ basıncına dayanıklı olması, korozyona uğramaması ve bağlantı yerlerinin yeterince mukavemetli olması gerekir. Yağ filtrelerindeki contalarında sızdırmazlıkları iyi olmalıdır. Kullanılan conta uygulanan basınç, sıcaklık, titreşim ve süzülen yağdan olumsuz etkilenip kaçağa neden olmamalıdır. Yağ filtrelerindeki üst conta bu nedenle çok önemlidir. Aksi takdirde conta atar ve yağ kaçağı başlar. Bu nedenle contanın malzemesi ve ölçüleri önemlidir. Yağ filtrelerinin motora bağlanmasını sağlayan vida dişlerinin standartlara (G) uygun olması gerekir. Üretim sonrası ölçüm testleri ve titreşim testleri yapılmalıdır. Eğer dişler uygun olmazsa filtre titreşim nedeniyle gevşer ve yağ kaçağı oluşur (Anonim, 2014).

3.1.2.4. Yağ Filtrelerinin Sınıflandırılması

Yağ filtreleri filtrasyon tekniğine göre üçe ayrılabilir:

- **Bariyer Tipi Filtreler:** Bu tür yağ filtrelerinde motor yağı süzücü elemandan geçerek süzülür ve temizlenir (Anonim, 2014).
- **Enerjik Filtreler:** Bu filtreler mıknatıslanma ve yerçekimi kuvvetleri yardımıyla kirlenmiş yağı temizler (Anonim, 2014).

Bariyer tip yağ filtreleri de üçe ayrılmaktadır:

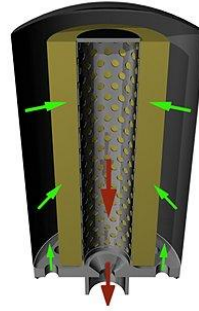
- **Spin-on Tip Yağ filtresi (Atom Tip):** Farklı ölçülerde, formlarda ve dişlerde olan komple filtreleme sistemidir. Bu filtreler genelde vidalı bağlantı ile motora montajı yapılır (Anonim, 2015b).

Tam akımlı yağlama sistemlerinde genel olarak spin-on tip yağ filtreleri kullanılır. Tam akımlı yağlama sistemlerinde kullanıldıkları için kirlenmiş yağın tamamı filtreden geçerek temizlenir ve yağlama yapmak için motora gider. Kirlenmiş motor yağından süzülerek ayrılan partiküller zamanla filtrenin süzücü elemanını tıkamaya başlar. Yağ belirli bir basınca kadar süzücü elemandan geçer ve sonunda basınç artışı by-pass valfini açarak yağ bu valften geçmeye başlar (Kaya, 2008).

Spin-on yağ filtrelerinde kullanım ömrü sonrası sökülüp atılır. Bu tür yağ filtrelerinin mekanik dayanıklılık ve kolay değiştirilebilme şeklinde avantajları bulunmaktadır. Yağ filtresi değiştirilirken önce yağ filtresi sökülür daha sonra üst

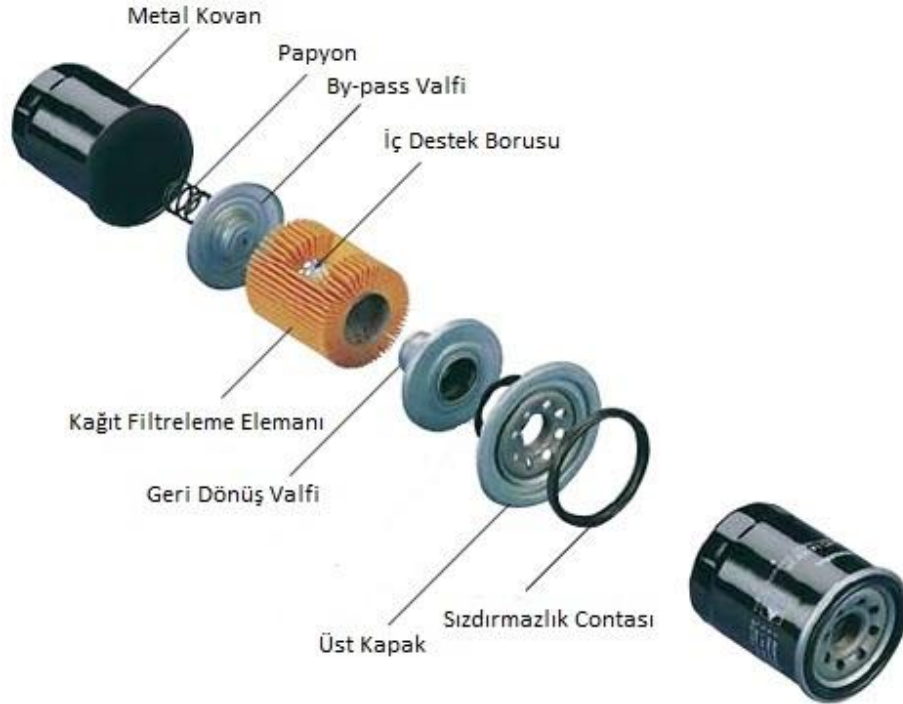
contası yağlanıp orta kısımdaki vida dişleri yardımıyla sıkılarak montajı yapılır (Anonim, 2014).

Spin-on yağ filtrelerinde karterden gelen kirli yağ filtreye gelince önce kapaktaki giriş deliklerinden geçerek geri dönüş valfini iter. Valfin açılmasıyla içeri giren yağ süzücü elemandan geçerek süzülür. Süzme esnasında yağa karışan partiküller süzücü elemanda kalır dolayısıyla sadece yağ geçer. Filtrasyon sonrası iç destek borusu yardımıyla yağ filtresi çıkış kanalına gider. Son olarak yağ filtresinden çıkan yağ motora gider (Kaya, 2008).



Şekil 3.8. Spin-on tip yağ filtresi çalışma prensibi (Anonim, 2015c)

Spin-on yağ filtresinin elemanları:



Şekil 3.9. Spin-on yağ filtresi (Anonim, 2015d)

- **Metal Kovan:** Korozyon dayanımı olan çelik saclardan üretilirler. Şekillenme işlemi sonrası boyanır ve daha sonra montaja gönderilirler. Ayrıca yağ filtresinin montajı için alt tarafa somun eklenebilir ya da yanıl yüzeylerinde sıkma için ayrıca eklenmiş formulu yüzeyler bulunabilmektedir (Kaya, 2008).
- **Papyon:** Yağ filtrelerinde patrone (alt kapak, üst kapak, iç destek borusu, kâğıt filtre elemanı ve valften oluşan bütüne verilen addır) ve metal kovan arasında rahat akış olması için belirli bir boşluk bırakılır. Bu boşluk ya metal bir sac ile ya da yayla sağlanır. Bu elemana papyon denir (Kaya, 2008).
- **By-pass Valfi:** Bu valf araç soğuk halde çalışması esnasında veya yağ filtresi tıkanmış durumlarda yağın geçişine yol veren elamandır. Belirli bir basınca gelince açılır ve motor yağı süzülmeden motor bloğuna gider (Kaya, 2008).
- **İç Destek Borusu:** Bu parça yağ filtresinde süzücü elemanın ömrünü uzatmak ve büzülmesini engellemek için kullanılan destek elemanıdır. Üzerinde yağ akışını engellemeyen büyüklüklerde delikler vardır (Kaya, 2008).
- **Kâğıt Filtreleme Elemanı:** Bu eleman yağ filtresi içinde filtrasyon işini yapar. Genelde özel reçine emdirilmiş yüksek oranda selüloz içiren kâğıtlar bu tür filtrelerde yaygın olarak kullanılır. Üretim yapan firmalara büyük rulolar halinde gelirler ve üretimde kesilip süzme alanını arttırmak için uygun forma getirilirler (Kaya, 2008).
- **Geri Dönüş Valfi:** Bu valf tüm spin-on yağ filtresi modellerinde bulunmayabilir ama olan filtrelerde önemli bir görevi vardır. En temel iki görevi vardır; birincisi motor durduğunda yağın motorda gereksiz sirkülasyonunu önler, ikincisi ise motorun ilk çalışmasında filtrede kalan yağ sayesinde yağsız çalışmayı önler (Kaya, 2008).
- **Üst Kapak ve Sızdırmazlık Contası:** Sızdırmazlık contası üst kapak üzerine oturur ve orta kısımdaki diş çekilmiş kısım yardımıyla döndürülerek montajı yapılır. Montaj sonrası sıkışan conta yağ basıncına direnerek yağ kaçağını önler (Kaya, 2008).
- **Eleman Tip Yağ Filtresi:** Eleman tip filtrelerin bilinen diğer ismi de değiştirilebilen tip filtredir. Bu filtrenin montajı motorda hali hazırda bulunan yuvaya yerleştirilerek yapılır (Anonim, 2015b). Eleman tip filtrelerin çalışma prensipleri ve görevleri spin-on yağ filtrelerinininkiyle aynıdır. Aralarındaki tek fark

bu filtre tipinin kendine ait dış kovani yoktur ve bu kovan motorda bulunur (Anonim, 2014).

- **ECO Tip Eleman Yağ Filtresi:** Eco tip yağ filtresinin çalışma prensibi, görevi ve montaj prensibi eleman tip filtrelerinkiyle aynıdır. Fakat bu tip filtrelerde geri dönüşüm yapılabilmesi için metalik malzeme içermeyen geri dönüştürülebilen malzemeler kullanılmaktadır (Anonim, 2015b).

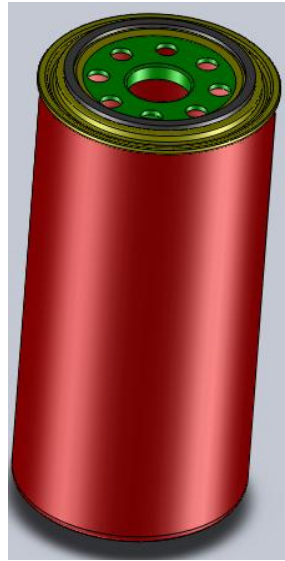
3.1.2.5. Tezde Kullanılan Yağ Filtresi

Bu tez çalışmasında ağır hizmet ticari gurubun belirli bir aracında kullanılan yağ filtresi (SP 425) üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan yağ filtresi spin-on tip tam akışlı filtredir. Yağ filtresinin teknik resmi Asaş Filtre ‘den temin edilmiştir.



Şekil 3.10. Kullanılan yağ filtresinin araçtaki yuvası

Yağ filtresinin tüm elemanları CAD programıyla çizilmiştir. Şekil 3.11. yağ filtresinin komple modelini göstermektedir.



Şekil 3.11. Kullanılan yağ filtresinin CAD çizimi

3.1.3. Yağ Filtresinde Kullanılan Malzemelerin Mekanik Özellikleri

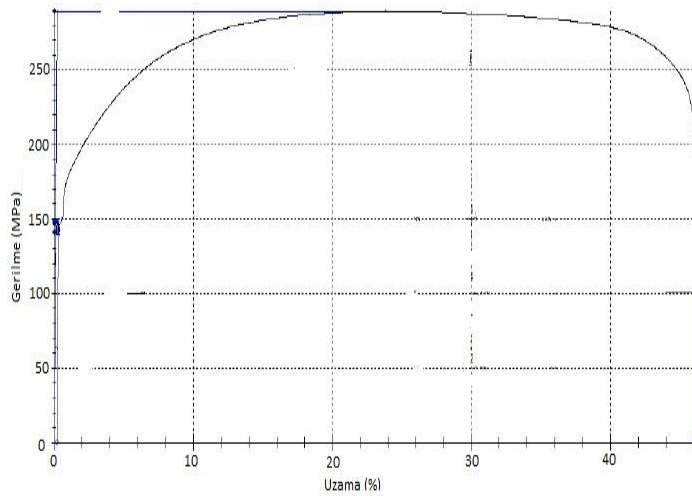
Yağ filtresinde iki çeşit metalik malzeme mevcuttur. Bunlar:

3.1.3.1. Erdemir 7124 Kalite 0,8 mm Sac

Bu malzeme sac kapakta ve tasta kullanılmaktadır. Malzemeye çekme testi uygulanmıştır. Bu malzemenin çekme testi EN 10111 standardına göre yapılmıştır. Malzemenin poisson oranı literatürden alınmıştır.

Çizelge 3.1. Erdemir 7124 kalite sac malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Akma Dayanımı (MPa)
7124 kalite sac	147	0,287	141



Şekil 3.12. Malzemenin (Erdemir 7124) çekme testi eğrisi

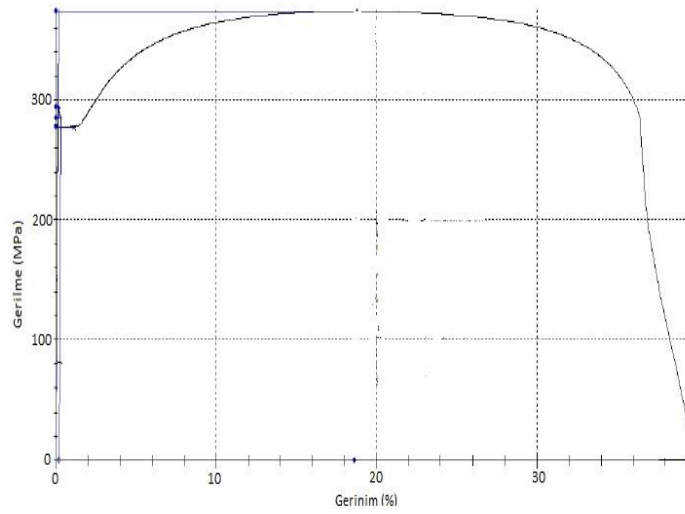
3.1.3.2. Erdemir 6222 Kalite 3,5 mm Sac

Bu malzeme yağ filtresinin kapak elemanında kullanılmaktadır. Malzeme sıcak haddelenmiş bir sacdır. Malzemenin mekanik özellikleri EN 10111 çekme testinden elde

edilmiştir. Sadece poisson oranı literatürden alınmıştır. Malzemenin mekanik özellikleri çizelge 3.2.' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Erdemir 6222 kalite sac malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Akma Dayanımı (MPa)
6222 kalite sac	224	0,3	278



Şekil 3.13. Malzemenin (Erdemir 6222) çekme testi eğrisi

3.1.4. Statik Patlatma Basınç Deneyi

Yağ filtrelerinin, içten yanmalı tip motorlarda kullanılan, statik basınçlara karşı dayanımları bu test ile ölçülür (Kaya, 2008).



Şekil 3.14. Statik patlatma basınç deneyi test standı

3.1.4.1. Deneyin Yapılışı

- Yağ filtresi deney tesisatına test edilecek filtre için belirlenen sıkma momenti uygulanarak montajı yapılmalıdır (Kaya, 2008).
- Deney tesisatında pompa filtre ya da adaptör girişine monte edilmelidir. Açma-kapama valfi de filtre veya adaptör çıkışına konulmalıdır. Deney tesisatının en yüksek basınca sahip noktasında valfin çıkış ağzı bulunmalıdır (Kaya, 2008).
- Valf çıkış ağzından yağ dökülünceye kadar yağ tesisata pompalanmalıdır. Deney tesisatından havanın tamamen tahliye edilmesi gerekmektedir. Tesisatta hava kalmadığı teyit edildikten sonra basınç yavaş yavaş 2 bar' a kadar arttırılmalıdır (Kaya, 2008).
- Tüm deney tesisatının sızdırmazlığı 2 bar basıncın altında bir dakika tutularak test edilmelidir (Kaya, 2008).
- Deney tesisatında sızma olmadığı teyit edildikten sonra basınç iki bar aralıklarla arttırılmalı ve her arttırma sonrası bir dakika beklenmelidir. Her kademede yağ filtresinin bağlantı yerlerinde çarpılma veya sızıntı olma durumu kontrol edilmelidir. Deney önceden belirlenen basınç değerine kadar ya da filtrede hasar oluşuncaya kadar devam ettirilmelidir. Bu iki durumdan biri sağlandığı zaman test durdurulmalıdır. Test edilen filtrenin sıkma momenti ve deformasyon olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kontrol sonrası sıkma momenti kaydedilir. Eğer gevşeme olmuşsa tekrar ilk değerine kadar sıkılıp basınç 0,5 bar kademeli olarak arttırılmalı ve her kademede on saniye beklenmelidir. Yukarıda belirtilen iki durumdan biri meydana geldiğinde test durdurulmalıdır (Kaya, 2008).

3.1.4.2. Deney Sonuçları Raporu

Deney sonrası test edilen yağ filtresi için düzenlenecek raporda en az aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır (Kaya, 2008):

- Yapılan testin hangi standarda göre yapıldığı
- Deneyde kullanılan deney tesisatının şematik gösterimi
- Test edilen yağ filtresinin tipi, türü, ebadı, markası, modeli ve seri numarası
- Testin yapıldığı tarih

- Test edilen filtrenin yeni ya da kullanılmış olup olmadığı
- Montajda uygulanan sıkma momenti
- Test edilen filtre için belirlenen basınç dayanım değeri ve bu basınca dayanıp dayanmadığı
- Test bitiminde filtredeki sıkma torku
- Filtredeki deformasyonlar
- Hasar aldığı basınç değeri
- Eğer diğer tür hatalar varsa, bu hataların türü ve yerleri (Kaya, 2008).

3.2. Yöntem

3.2.1. Yağ Filtresinde Kullanılan Malzemelerin FEM Analizi için Hazırlanması

3.2.1.1. Yağ Filtresindeki Sac Malzemelerin Plastik Bölge İçin Pekleşme Modellemesi

Yağ filtresinde kullanılan 7124 ve 6222 kalite sac malzemelerin çekme testleri yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları bölüm 3.1.3.' te verilmiştir. Bu bölümde ise testten alınan veriler ile elastik üstü bölgenin yani plastik bölgenin tanımlanması yapılmıştır.

Çekme testlerinden alınan veriler plastik bölgeyi temsil etmek için kullanılmıştır. Bu bölge pekleşme modelleri ile temsil edilmektedir. Pekleşme modellerinde bölüm 3.1.1.3. söylendiği gibi iki çeşit pekleşme modeli vardır:

- İzotropik pekleşme
- Kinematik pekleşme

Bölüm 3.1.1.3.' dede gösterildiği gibi kinematik pekleşme çok küçük gerinimler için ya da tekrarlı yüklemeler için kullanılır. Ayrıca orta seviyedeki gerinimler için de kinematik ile izotropik pekleşme arasında pek bir fark bulunmamaktadır. Literatürde buna benzer yapılan çalışmalarda da bu izotropik pekleşme kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle çalışmada izotropik pekleşme tercih edilmiştir.

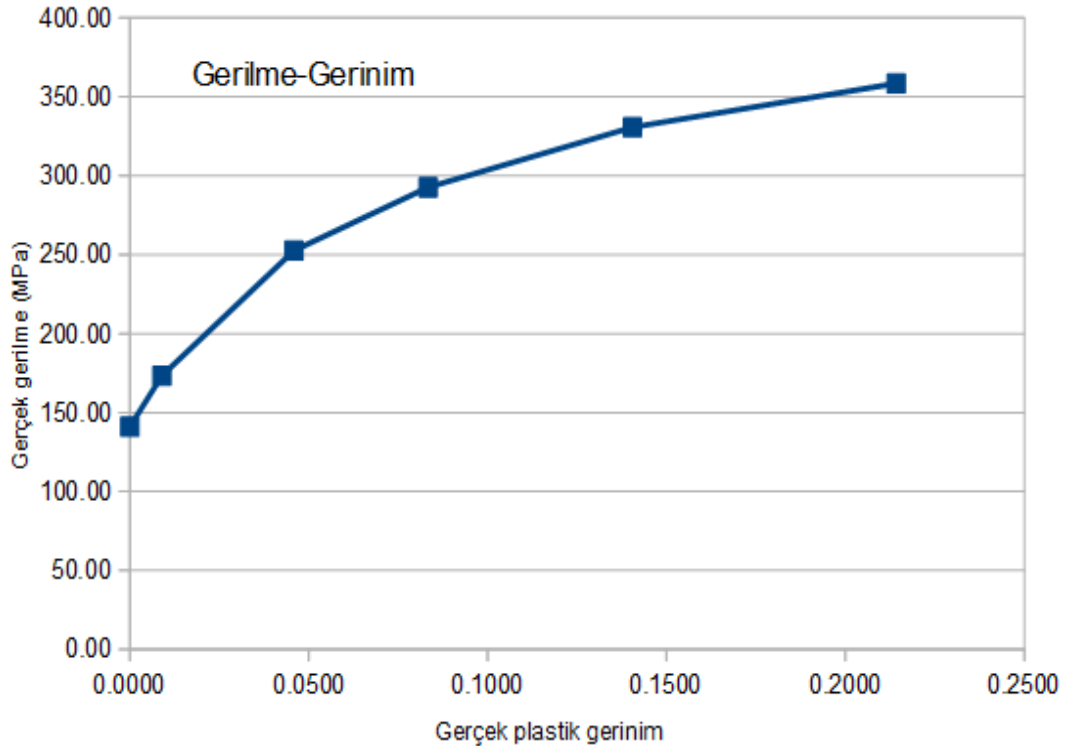
Pekleşme modellerinde bölüm 3.1.1.3. söylendiği gibi pekleşme grafiklerindeki eğrilerde kendi içinde ikiye ayrılır. Bunlar:

- Bi-lineer

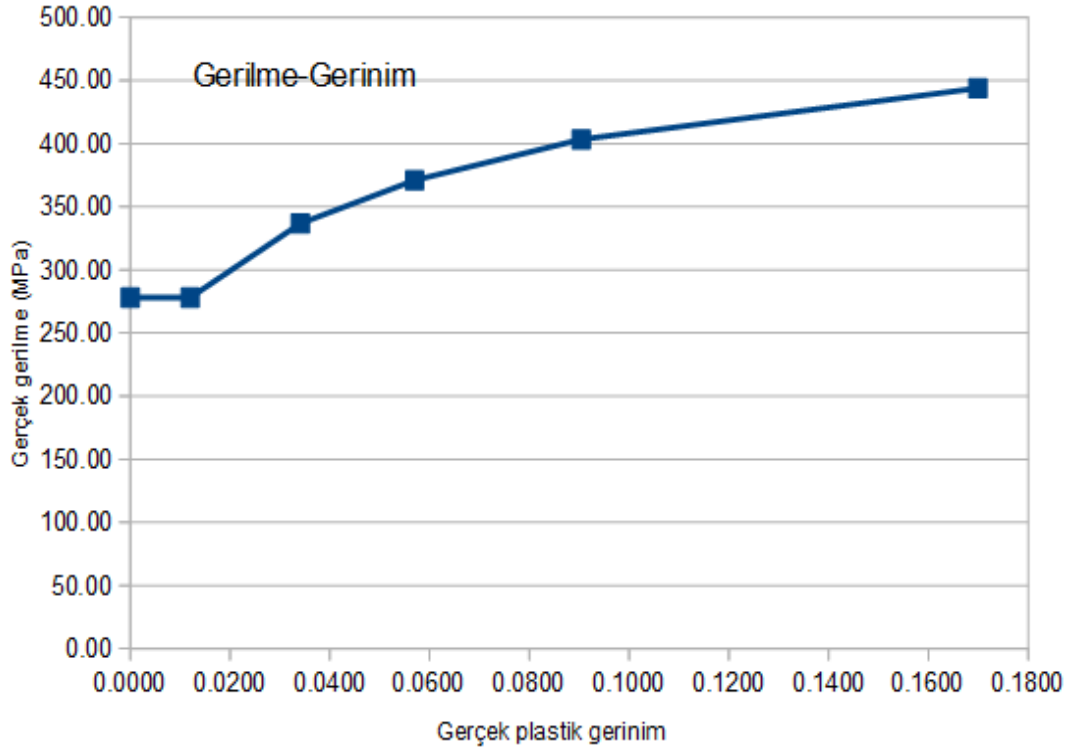
- Multi-lineer

Bi-lineer pekleşme eğrisi bu bölgeyi sadece düz bir çizgiyle geçer ve çabuk yakınsama içinde çok uygun bir modeldir. Ama bu çalışmadaki malzemelerin plastik bölgeleri sadece düz bir çizgiyle geçilemeyecek kadar kırıklı bir yapıya sahiptir. (Şekil 3.15.-3.16.) Bu nedenle plastik bölgeyi daha hassas geçmek için çok kırıklı yapıya sahip olan multi-lineer eğri seçilmiştir. Kırıklı bölgeler her kırık çizgiyi temsil eden iki noktadan oluşmaktadır ve tüm noktalarda komple eğriyi temsil etmektedir. Yazılıma verilecek olan noktaların eğriyi tam olarak temsil etmesi gerekmektedir.

Bu malzemeler yazılıma tanıtılırken önce elastik sınır üstündeki veriler gerçek gerilme ve gerçek gerinime çevrilmiştir. Gerçek gerinimden elastik gerinimler çıkarılarak gerçek plastik gerinim değerleri elde edilmiştir. Multi-lineer eğri için gerekli noktalar mevcut bu verilerden elde edilmiştir. Daha sonra yazılımda izotropik multi-lineer pekleşme modeli seçilerek elde edilen noktalara ait gerilme ve gerinimler buraya aktarılmış ve eğri elde edilmiştir.



Şekil 3.15. 7124 kalite pekleşme modelinde kullanılan noktalar



Şekil 3.16. 6222 kalite pekleşme modelinde kullanılan noktalar

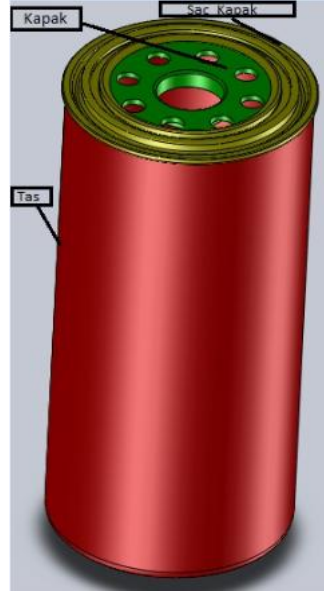
3.2.2. Yağ Filtresinin Sonlu Elemanlar Modellerinin Oluşturulması

3.2.2.1. Mevcut Yağ Filtresinin FEM Modelinin Oluşturulması

Yağ filtreleri çalışma koşullarında ilk önce montaj edilip daha sonra basınca maruz kalmaktadır. Bu nedenle yağ filtrelerinin analizleri iki aşamalıdır. Yağ filtreleri montaj edilirken önceden belirlenmiş olan sıkma miktarı kadar sıkılır ve bu sayede de conta sıkışarak çalışma esnasında sızdırmazlık sağlar. Fakat contaya montajla uygulanan sıkıştırma filtrenin diğer elemanlarına olan etkisi ihmal edilebilir sınırlarda kalmaktadır. Bu nedenle çalışmada ilk aşamadaki montaj ihmal edilmiştir. Analizde yağ filtresinin ilk halinin FEM analizi yapılmıştır. Bu analizin yapılma amacı firmadan alınan test sonuçları ile mevcut filtrenin FEM analizi sonuçlarının birbirleriyle hangi oranda eşleştiklerini karşılaştırmaktır.

- **Yağ filtresinin CAD çiziminin yapılması:** Filtrenin analizinde filtre taşı, sac kapak ve kapak kullanılmıştır. Filtrenin içinde bulunan elemanlar çalışmanın

kapsamı dışında olduğu ve etkilerinin mevcut çalışmaya ihmal edilebilir derecede olduğu için çizime dâhil edilmemiştir. Yağ filtresinin kapak, sac kapak ve tas CAD programında çizilmiştir. Çizilen tüm parçaların montajı yapılmıştır.



Şekil 3.17. Mevcut yağ filtresinin montajlı hali

Sonlu elemanlar analizinin oluşturulma aşamaları;

- **Yapılacak Analiz Türünün Seçilmesi:** Kullanılan yağ filtresinin çalışma esnasındaki akışı dinamik durumdur. Fakat filtreye uygulanan testte (statik patlatma basınç deneyi) filtrenin dayanabildiği üst basıncın tespiti statik olarak test edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yağ filtresinin sonlu elemanlar analizinde statik analiz yapılmıştır.
- **Sonlu Elemanlar Analizinde Yağ Filtresinde Kullanılan Malzemelerin Tanımlanması:** CAD çizimi oluşturulan yağ filtresi FEM analiz yazılımına aktarılmadan önce yazılımda yağ filtresinde kullanılan malzemelerin tanımlamaları yapılmıştır. Bu analizde iki tür sac malzeme vardır. Bu malzemelerin mekanik özellikleri bölüm 3.1.3.1. ve 3.1.3.2. 'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıca yukarıda yöntem bölümünde sac malzemelerin yazılıma tanımlanması da ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu malzemenin özellikleri aşağıda verilmiştir.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Isotropic Elasticity			☐	
3	Derive from	Young's Mod...			
4	Young's Modulus	2.24E+05	MPa	☐	
5	Poisson's Ratio	0.3			
6	Bulk Modulus	1.8667E+11	Pa		
7	Shear Modulus	8.6154E+10	Pa		
8	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular		☐	
9	Scale	1			
10	Offset	0	MPa		
11	Tensile Yield Strength	278	MPa	☐	
12	Compressive Yield Strength	278	MPa	☐	
13	Tensile Ultimate Strength	443.83	MPa	☐	
14	Compressive Ultimate Strength	0	MPa	☐	

Şekil 3.18. 6222 kalite sac malzemenin yazılıma tanımlanmış hali

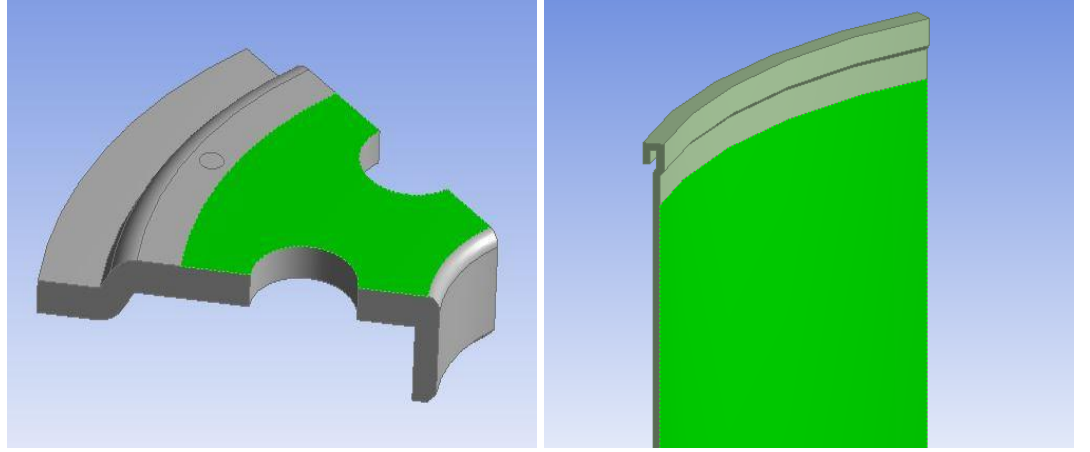
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Isotropic Elasticity			☐	
3	Derive from	Young's Mod...			
4	Young's Modulus	1.47E+05	MPa	☐	
5	Poisson's Ratio	0.287			
6	Bulk Modulus	1.1502E+11	Pa		
7	Shear Modulus	5.711E+10	Pa		
8	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular		☐	
9	Scale	1			
10	Offset	0	MPa		
11	Tensile Yield Strength	141	MPa	☐	
12	Compressive Yield Strength	141	MPa	☐	
13	Tensile Ultimate Strength	358.36	MPa	☐	
14	Compressive Ultimate Strength	0	MPa	☐	

Şekil 3.19. 7124 kalite sac malzemenin yazılıma tanımlanmış hali

- **Yağ Filtresinin ANSYS Design Modeller Kısımında Analize Uygun Hale Getirilmesi:** Montajlı CAD çizimi direk olarak FEM yazılımına aktarılmıştır. Ama bu montaj direk olarak analizde kullanılamayacağı için birkaç düzenleme yapılmıştır.

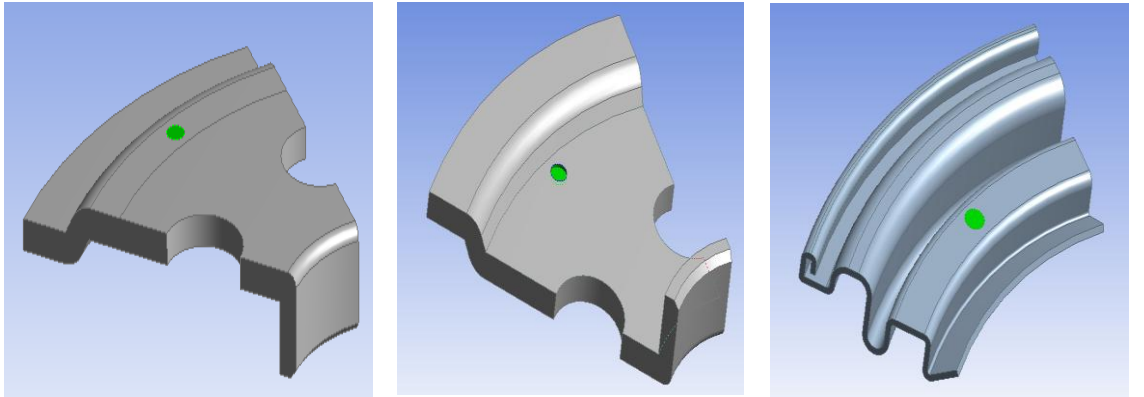
Üzerinde çalışılan yağ filtresi analizinin çözümü aşamasında mesh nedeniyle sorun yaşanmaması için modele simetri uygulanmıştır. Sonlu elemanlar analizinde model sekizde bir olarak analiz yapılmıştır. İlerleyen aşamada simetri tanımlanabilmesi için design modeller modülünde CAD çizimi sekizde bir hale getirilmiştir.

Analizde basınç uygulanacak yüzeyler hazırlanmıştır. Yani aynı yüzeyde olan ama basıncın uygulanmadığı kısımlar yüzey kesme ile ayrılmıştır. (Şekil 3.20.)



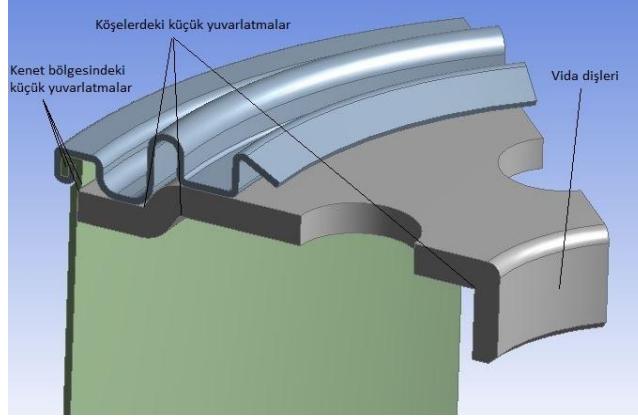
Şekil 3.20. Kapak ve tastaki basınç uygulanacak yüzeyleri hazırlanması

Çalışılan yağ filtresinde sac kapak ile kapak nokta kaynağı ile birleştirildiği için design modellerde kapak ve sac kapak üzerinde nokta kaynağı ile birleştirilen yüzeyler kesilerek ayrılmıştır.



Şekil 3.21. Nokta kaynağının yazılıma tanımlamasında kullanılan yüzeyler

CAD çiziminde oluşturulan küçük yuvarlatmalar ve filtrenin montajı için açılan dişleri hem analizde mesh kalitesini arttırmak hem de bu bölgeyi daha hassas meshle geçebilmek için temizlenmiştir.



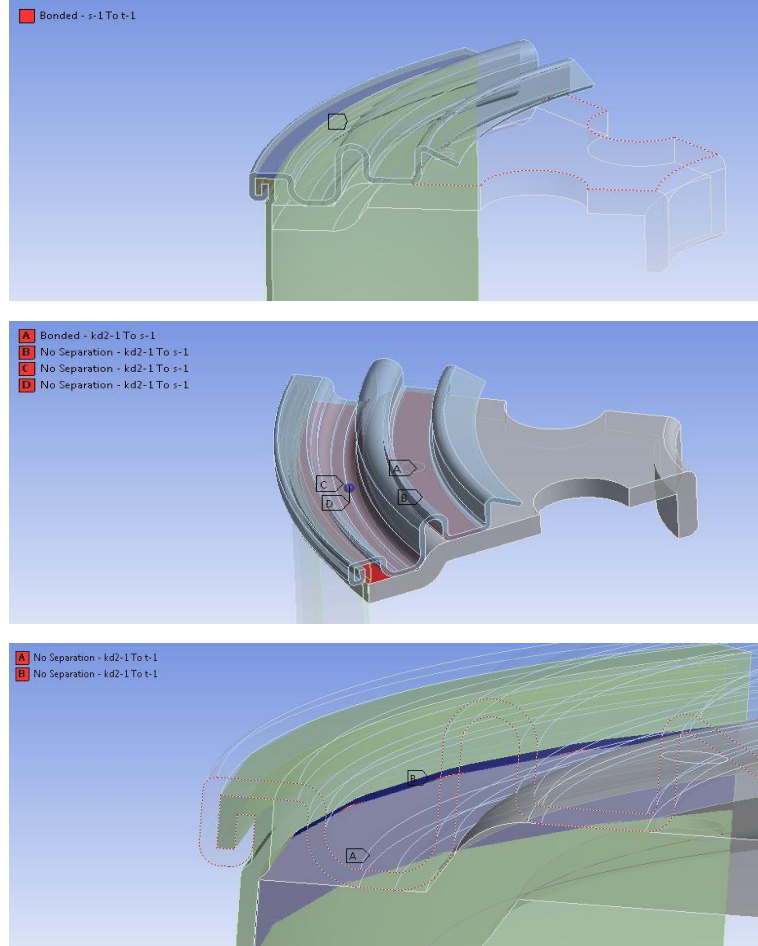
Şekil 3.22. FEM modelindeki küçük yuvarlatmaların ve vida dişlerinin temizlenmiş hali

- **Yağ Filtresinin FEM Modeline ANSYS Mechanical Ara Yüzünde Tanımlamaların Yapılması:** Mechanical ara yüzünde FEM modeli için malzemeler seçilmiş, simetri tanımlanmış, mesh oluşturulmuş, kontaklar tanımlanmış, sınır şartları verilmiştir. Bu işlemlere bakıldığında;

Filtrenin sonlu elemanlar analizinde filtre için elastik sınır üstü plastik bölgede FEM analizi uygulanmıştır. Yöntem bölümünde sac malzemelere bu yüzden pekleşme modeli tanımlanmıştır. Filtre normal çalışma şartlarında 6 bar gibi küçük değerlerde çalışmaktadır. Fakat filtre kullanım sırasındaki tıkanma ve motorun ani zorlamaları gibi durumlardan dolayı en fazla 15 bara ulaşmaktadır. Filtreler için 2 emniyet katsayısı kullanıldığı için bu filtre 30 bara göre tasarımı gerçekleştirilir. Yağ filtresinin 30 bar basınçta tamamen elastik davrandığı durumda maliyet çok artacağı ve rekabet zorlaşacağı için elastik üstü tasarım tercih edilmektedir. Filtre 30 bar basınca çok nadir durumlarda ulaştığı için filtrenin 30 bardaki tasarımı plastik bölgede fakat elastik sınıra yakın gerinim ve gerilme değerlerinde tasarlanır.

Yağ filtresinin FEM modeline periyodik bölge (cyclic region) tanımlaması yapılarak modelin sekizde bir olduğu yazılıma tanıtılmıştır.

Modeldeki elemanlar birlerine birçok yerde temas etmektedir. Bu temasta bulunan yüzeylere bağlantı tanımlanmıştır. Modelde kullanılan bağlantılar aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.23. Modelde kullanılan kontakların yerleri

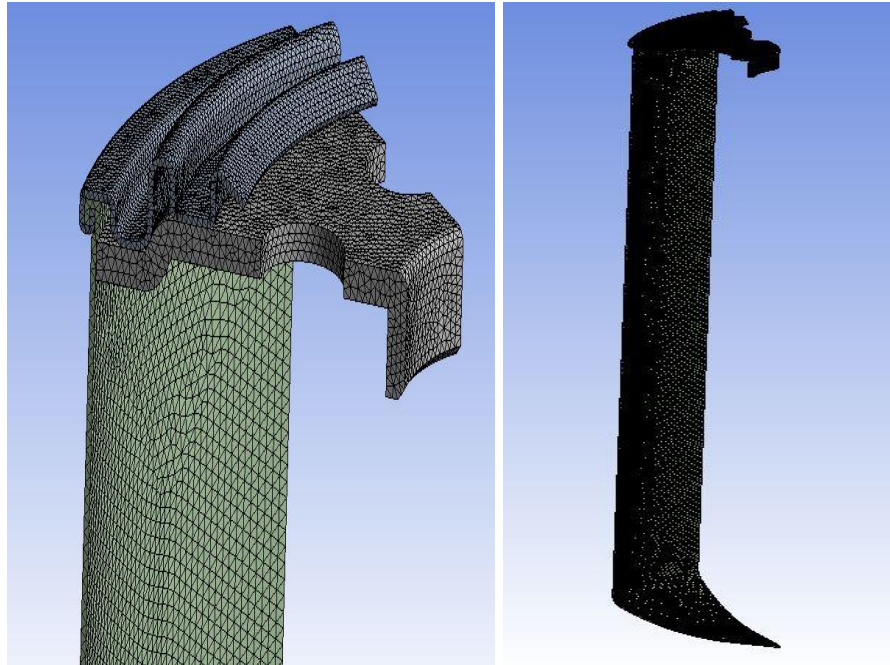
Modelde kapak ile sac kapak arasına 4 farklı bağlantı tanımlanmıştır. Bunlardan ilki; nokta kaynağının uygulandığı yüzeylere bonded (yüzeyde kayamayan ve yüzeyden ayrılamayan) bağlantı türü tanımlanmıştır. Nokta kaynağının bağlantı emniyeti statik analiz sonucunda bağlantı yerlerinden elde edilen kayma gerilmesi değerleri ile bağlantıda bulunan elemanların emniyetli kayma gerilmeleri karşılaştırılarak incelenebilir. Ama bu çalışmada nokta kaynağı ile ilgili çalışma yapılmamıştır. Sadece kuvvet iletimi amaçlanmıştır. Kapak ile sac kapak arasındaki diğer bağlantılar no separation (yüzeyde kayabilen ama yüzeyden ayrılamayan) tanımlanmıştır. Bu bağlantılarda ihmal edilebilir hareket

ve sürtünme olduğu için bu kontak türü kullanılmıştır. Bu sayede non-lineer bağlantılar azaltılmaya çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada tas ile sac kapak arasında kenet bağlantı bulunmaktadır. Yapılan çalışmada kenet bağlantısına bonded (yüzeyde kayamayan ve yüzeyden ayrılamayan) kontak tanımlaması yapılmıştır. Çalışmada kenet bağlantının dayanımı üzerine çalışılmamıştır ve sadece kontakta kuvvet iletmesi esas alınmıştır.

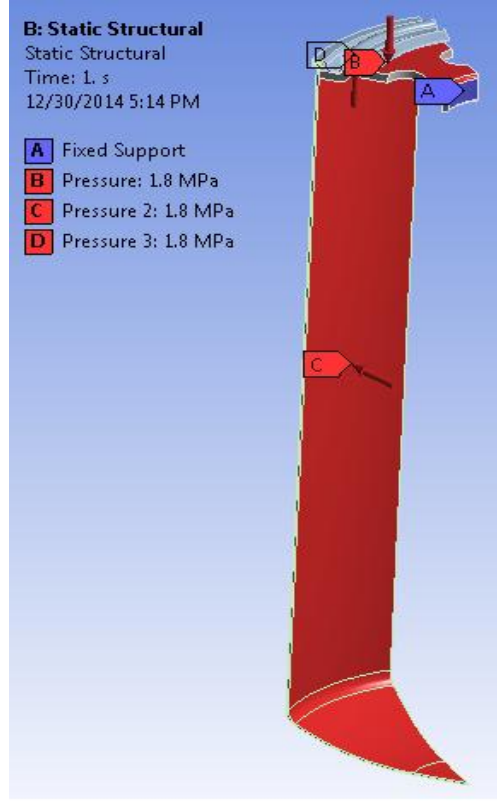
Tas ile kapak arasında iki tane bağlantı tanımlanmıştır. İki bağlantıda yapıştırmaya benzer bir durum yoktur ama çalışma koşullarında sadece temas etmektedirler ve neredeyse açılma gözlenmektedir. Ayrıca bu kontak bölgeleri direk motor yağının da maruz kalması nedeniyle sürtünme değerlerinde ihmal edilebilir seviyededir. Bu nedenlerden dolayı bu iki kantağa no seperation tanımlanmıştır.

Özellikle kapak üzerinde çalışıldığı için kapağın mesh kalitesi yüksek (% 83) tutulmuştur. Model hem % 78 mesh kalitesinde hem de meshten bağımsızlık incelemesi içinde % 81 mesh kalitesinde çözdürülmüştür.



şekil 3.24. Yağ filtresi FEM modelinin mesh yapısı

Yağ filtresinin montaj sonrası uygulanan statik yağ basıncının FEM analizi yapılmıştır. FEM analizinin sınır şartlarında vida dışlarının olduğu yüzeye sabit bağlantı (Fixed Support) tanımlanmıştır ve basınç gelen yüzeylere ise normalleri yönünde öncede belirlen basınç (18 bar) uygulanmıştır.



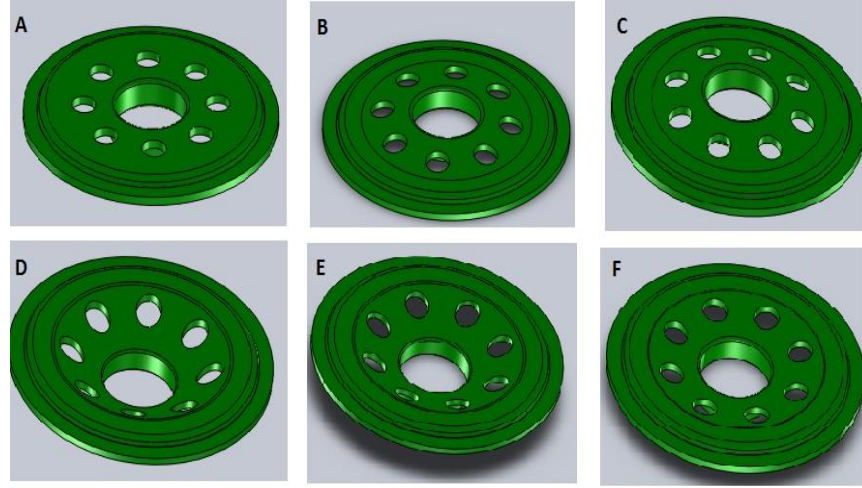
Şekil 3.25. FEM modelinin sınır koşulları

3.2.2.2. Yağ Filtresi için Yeni Kapakların Tasarlanması ve FEM Modellerinin Oluşturulması

- **Yeni Kapakların Tasarlanması:** Yağ filtresi yüksek basınca maruz kaldığında özellikle contanın altındaki çökmeye, en fazla kapağın etkisi vardır. Ayrıca yeni kapağa sahip filtrenin en az çökmeye sahip olması ve kapakta gerilme ve gerinim değerlerinin kabul edilebilir seviyede olması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yağ filtresinin kapak tasarımları üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada kapak profilleri, delik sayıları, çapta delik konumları ve kapak altında baklalı

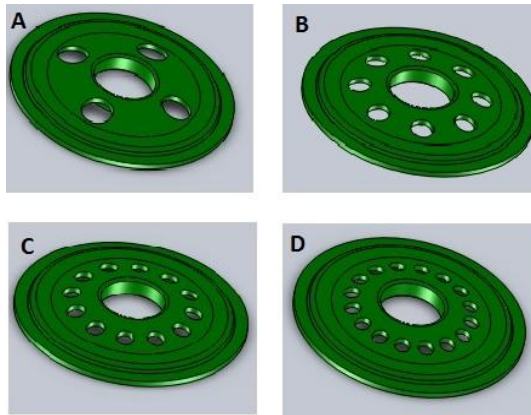
tasarımlara sahip yağ filtreleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu yeni filtrelerin diğer elemanları aynı bırakılmıştır. Yeni tasarımlara sahip kapaklara bakıldığında:

Kapak profilleri: Bu kapaklarda kapakların profil açıları değiştirilmiştir. Profil açısı deliklerin bulunduğu yüzeyin açısıdır. Kapakta 0, 10, 13, -10, -25, -30 açıları kullanılmıştır.



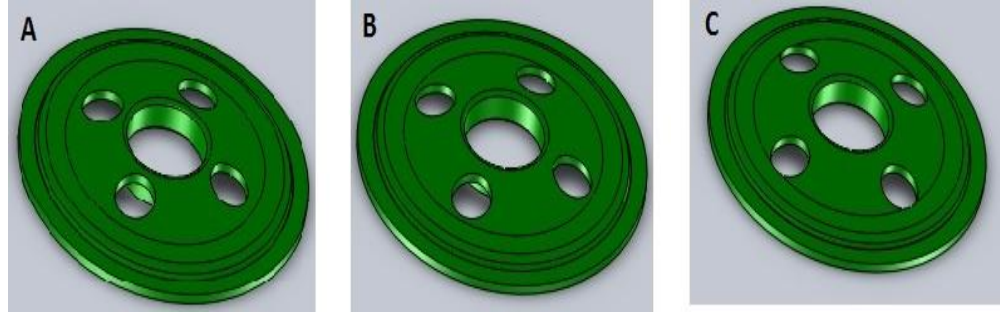
Şekil 3.26. Açılı Kapaklar (A: düz kapak, B: 10° yukarı eğimli kapak, C: 13° yukarı eğimli kapak, D: 30° aşağı eğimli kapak, E: 25° aşağı eğimli kapak, F: 10° aşağı eğimli kapak)

Delik sayıları: Bu çalışmada en iyi profil açısına sahip kapak kullanılmıştır. Yağ filtresinin ilk halinde sekiz delik bulunmaktadır. Bu çalışmada 4, 8, 12, 16 delik sayıları incelenmiştir. Tüm kapaklarda deliklerin toplam alanları eşittir. Diğer delik sayıları (6,7,9,10 gibi) simetriyi bozduğu için yapılamamıştır.



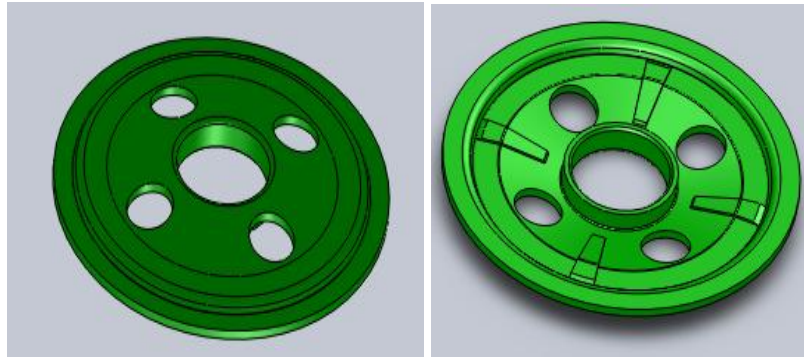
Şekil 3.27. Delik sayıları farklı kapaklar (A: 4 delikli, B: 8 delikli, C: 12 delikli, D: 16 delikli)

Delik konumları: Delik konumları için en iyi profil açısına ve delik sayısına sahip kapak kullanılmıştır. Yağ filtresinin ilk halinde delikler 70 mm çap konumunda bulunmaktadır. Bu çalışmada 65, 70, 75 delik konumları incelenmiştir. 65 ve 75 mm üstü değerler kapak için geometrik olarak uygulanamaz.



Şekil 3.28. Delik konumları farklı kapaklar (A: 65 mm çapta, B: 70 mm çapta, C: 75 mm çapta)

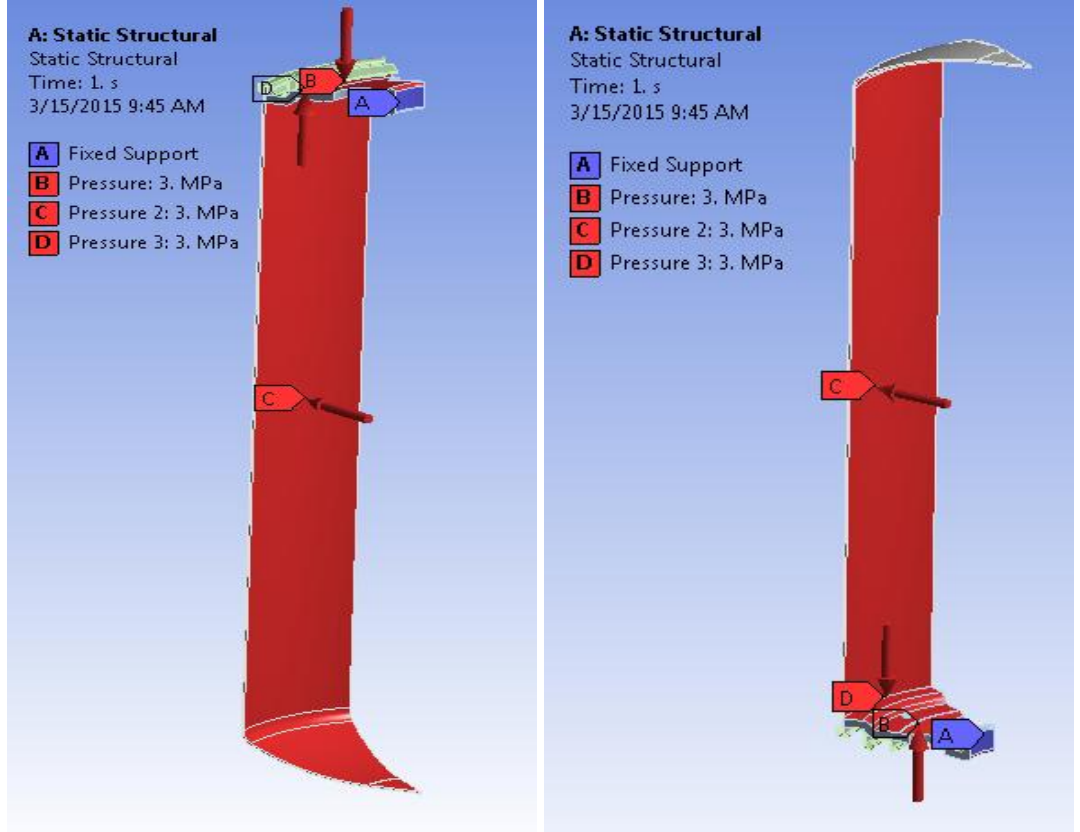
Baklılı Model: Bu modelde diğer tüm parametreleri optimum hale getirilmiş kapağa alttan bakla atılmıştır. Sadece 1 mm kalınlığında bakla kullanılmıştır. Baklanın etkisi incelenmiştir.



Şekil 3.29. Baklılı Kapak

- **Yeni Kapak Tasarımları Sahip Yağ Filtrelerinin FEM Modellerinin Oluşturulması:** Oluşturulan modeller tamamıyla mevcut yağ filtresinin FEM modeli ile aynıdır. FEM yazılımına verilen malzeme verileri, design modeller' de yapılan hazırlık işlemleri aynıdır. Modeller simetriye uygunluk açısından dörtte bir ya da sekizde bir olarak çalışılmıştır. Simetriler silindirik periyodik bölge (cyclic region) ile tanımlanmıştır. Sadece 10° aşağı eğimli ve 10° yukarı eğimli kapakların olduğu yağ filtreleri dörtte bir olarak simetri bölgesi (symmetry region)

isimli simetri tanımlanmıştır. Mechanical ara yüzünde yapılan malzeme seçimi, simetri tanımlama, kontak tanımlama, mesh ve sınır koşulundaki fixed support aynıdır. Sadece bu analizlerde yüzeylere uygulanan basınç değiştirilmiştir. Bu çalışmada hedeflenen 30 bar basınç uygulanmıştır. Sadece 25° aşağı eğimli kapağa 24 bar uygulanmıştır.

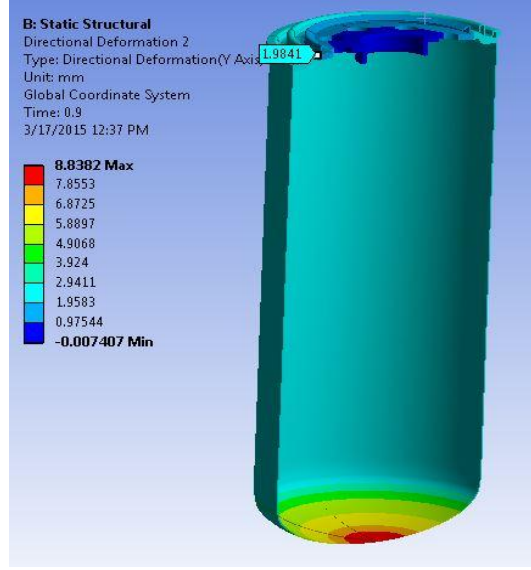


Şekil 3.30. 13° yukarı eğimli kapağın FEM modeli

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Mevcut Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Yapılan çalışmada filtrenin mevcut halinin sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Üzerinde çalışılan yağ filtresinin FEM ve deneysel sonuç karşılaştırması için filtre kapağının çökmesi esas alınmıştır.



Şekil 4.1. Mevcut yağ filtresinin FEM analizden alınan conta altı çökmesi (mm)

Bu yağ filtresinin basınç dayanım ve kapak çökme bilgileri ASAŞ filtreden temin edilmiştir. Bu yağ filtresinde 18 barda yaklaşık 1,9 mm çökme meydana gelmektedir. Bunun sonucunda da conta atarak yağ kaçağı başlamaktadır. Yapılan FEM analizi sonucunda conta altında 1,984 mm çökme olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu çıktılarına bakıldığında FEM analizi sonuçlarının testten alınan sonuçlarla uygun olduğu görülmüştür.

4.2. Diğer Kapak Tasarımlarının FEM Analizi Sonuçları

4.2.1. Profil Açıları Değiştirilmiş Kapakların Analiz Çıktıları

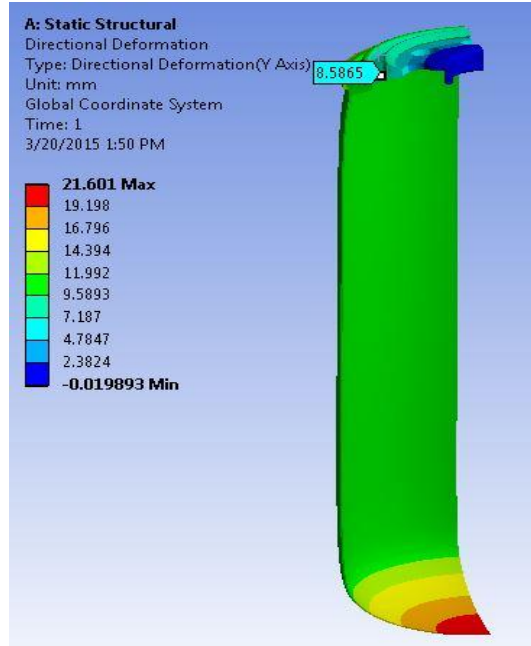
Bu kısımda profil açıları değiştirilmiş olan kapak tasarımlarına sahip yağ filtrelerinin FEM analizleri yapılmıştır.

4.2.1.1. Düz (mevcut filtrenin kapağı) Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Bu kapağa sahip yağ filtresinin analiz sonuçları bölüm 4.1.'de verilmiştir. Bu kapak filtrenin ilk halidir. Sadece deneysel sonuçlarla karşılaştırmak için yapılmıştır.

4.2.1.2. 10° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

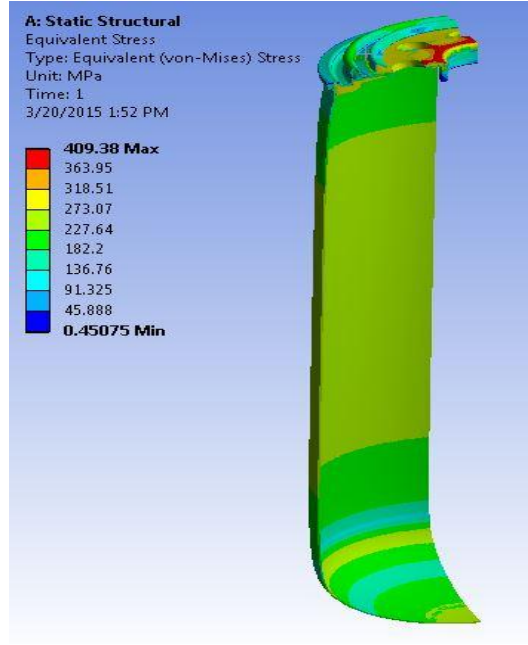
Aşağıdaki sonuçlarda 10 ° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki eksenel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



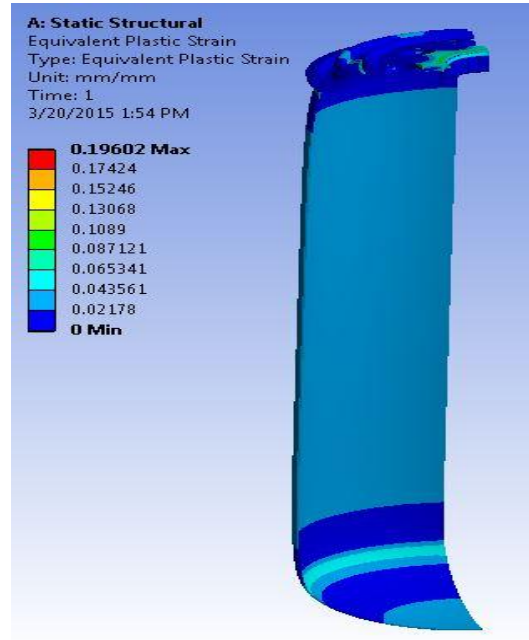
Şekil 4.2. 10° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)

Yağ filtresinde conta altındaki çökme 1,5 mm' yi geçmemelidir. Eğer bu eşik değerini aşarsa filtreye montajda sıkmayla verilen conta baskı basıncı yok olmaktadır ve kaçaqlar başlamaktadır. Bu nedenle 30 bar basınçta da bu eşiğin altında olmalıdır. Bu yağ

filtresinin FEM analizden alınan y eksenı yönündeki yer değıştirme sonucuna göre contanın altında 8,587 mm çökme olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. 10° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)



Şekil 4.4. 10° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Kapakları FEM analizi çıktılarının değerlendirmelerinde özellikle conta altındaki çökme esas alınmaktadır. Bu değer eşik değerinin altında olmalıdır. Ayrıca ökme değeri uygun olan kapakların bulunduğu filtrelerin FEM analiz sonuçlarından alınan gerilme değerlerine de bakılmaktadır. Tasarım elastik sınır üstünde olmasına rağmen yine de gerilme değerlerinin akma sınırına yakın olması istenmektedir. Ayrıca alınan plastik gerinim sonuçlarının ise elastik gerinimler (0,002) kadar az olması baz alınmıştır. Amaç hem plastik gerinimin elastik gerinimler kadar az olmasını sağlamak hem de plastik gerinime uğrayan alanları azalmaktır.

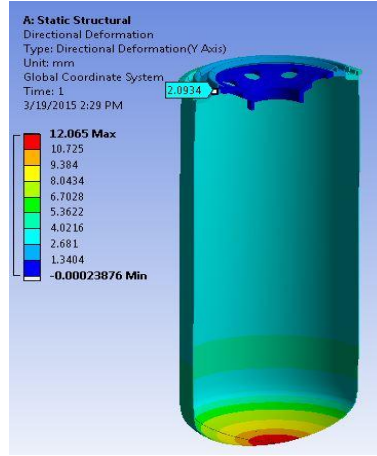
Şekil 4.3.' te de görüldüğü üzere bu yağ filtresinin özellikle kapağında aşırı gerilme değerleri ortaya çıkmıştır. Kapakta genel olarak 270 MPa hakimdir ama vida dişlerine yakın yerlerde özellikle yüksek gerilmeler elde edilmiştir. Elde edilen en yüksek değer ise 409 MPa' dır. Sac kapakta en fazla 100 ile 150 MPa arası gerilme değerleri görülmüştür. Fakat özellikle nokta kaynağının olduğu yerlerde gerilme 340 MPa' a kadar yükselmiştir. Tastaki gerilmelere bakıldığında en yüksek gerilme yine tasın dibinden alınmıştır ve değeri de 271 MPa' dır. Tasın diğer kısımlarında ise en fazla 220 ile 230 MPa arası gerilmeler hakimdir.

Kapaktaki plastik gerinimlere bakıldığında (Şekil 4.4.) bu kapak tasarımına sahip filtrenin aşırı deforme olduğu görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi kapakta en fazla plastik gerinim vida dişlerine yakın yerlerde meydana gelmiştir. En fazla 0,156'lık bir plastik gerinim değeri elde edilmiştir. Sac kapakta en fazla gerinim nokta kaynağının olduğu yerlerden alınmıştır. Pik değeri (0,196) ise hem nokta kaynağının yakında olan hem de çok eğilen yerlerden alınmıştır. Sac kapağın diğer kısımlarında ise elastik gerinim kadar az olan plastik gerinimler olduğu tespit edilmiştir. Tasta ise yanal yüzeyinde genelde 0,03lük bir plastik gerinim hakimdir ama tasın dibinde bu gerinim 0,064' e kadar yükselmektedir.

FEM analizi sonuçlarına bakıldığında bu kapak tasarımına sahip yağ filtresinin aşırı çöktüğü görülmektedir. İstenen ökme değeri yağ kaçağı olmaması için 1,5 mm'nin altında olmalıdır. Ama bu kapağın çökmesi bu değeri fazlasıyla geçmektedir. Ayrıca çok çökme nedeniyle aşırı gerilmeler ve ihmal edilemeyecek plastik gerinimler çıkmıştır. Elde edilen gerilmeler genelde akma sınırının üzerindedir ve bu değerler üç parçada da kopma sınırına çok yaklaştırmıştır. Bu nedenlerden dolayı bu kapağın kullanım için uygun olamayacağı tespit edilmiştir

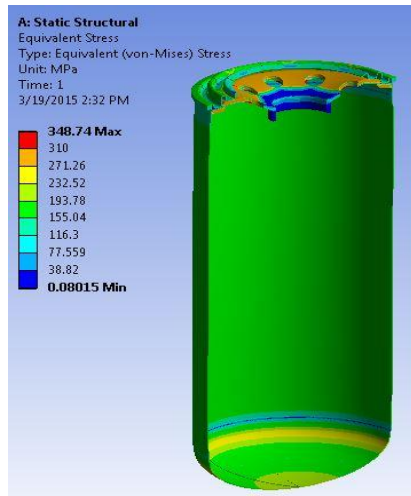
4.2.1.3. 25° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 25° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki eksenel çökme (y ekseni), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



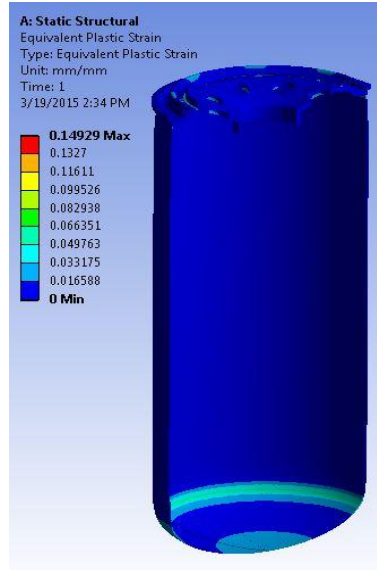
Şekil 4.5. 25° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)

Analizi yapılan bu yağ filtresinde conta altında 2,093 mm çökme meydana gelmiştir.



Şekil 4.6. 25° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Şekil 4.6.' da görüldüğü üzere kapaktaki gerilme genel olarak 270 MPa civarındadır. Delik aralarında ise en fazla 349 MPa' a kadar çıkmıştır. Sac kapakta en fazla 324 MPa gerilme nokta kaynağının etrafında çıkmıştır. Bu kısımların dışındaki yerlerde genelde 160 MPa civarı gerilme görülmüştür. Tasta ise en fazla gerilme (263 MPa) tasın dibinde meydana gelmiştir. Diğer kısımlarda ise uygulanan basınç nedeniyle genelde 170 MPa hakimdir.



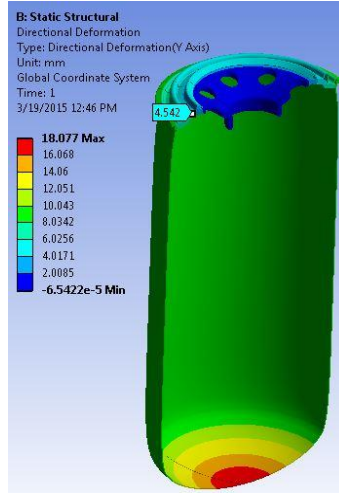
Şekil 4.7. 25° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Şekil 4.7.' de eşdeğer plastik gerinim sonuçları bulunmaktadır. Filtrenin kapağına bakıldığında genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler hakimdir. Delik aralarında 0,02' ye ulaşmıştır. Görülen en fazla plastik gerinim ise 0,037' dir. Sac kapakta sadece nokta kaynağının bulunduğu yerin etrafında plastik gerinim 0,149'a kadar yükselmiştir. Tasta ise uygulanan basınç nedeniyle en çok 0,01 gibi bir plastik gerinim hakimdir. Ama tasın dibinde bu değerler 0,056'ya kadar artmaktadır.

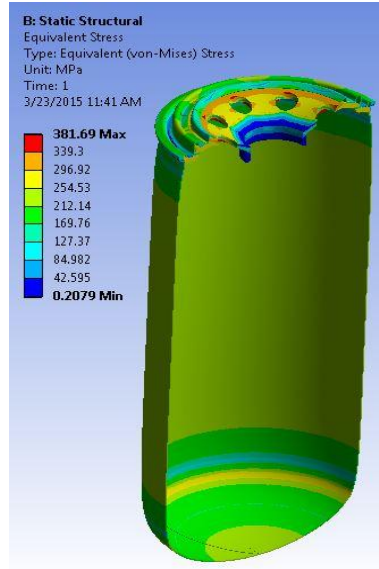
Yağ filtresine uygulanan FEM analizi sonucunda conta altında 1,5 mm eşik değeri aşan bir çökme elde edilmiştir. Ayrıca çökme nedeniyle alınan plastik gerinim değerleri de ihmal edilebilecek sınırlarda değildir. Alınan gerilmeler genelde akma sınırının üzerindedir. Alınan eşdeğer gerilme sonuçları özellikle tas ve sac kapakta kopma sınırına yaklaşmıştır. Bu nedenlerden dolayı bu kapak uygun değildir.

4.2.1.4. 30° Aşağı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 30° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki aksenal çökme (y ekseni), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



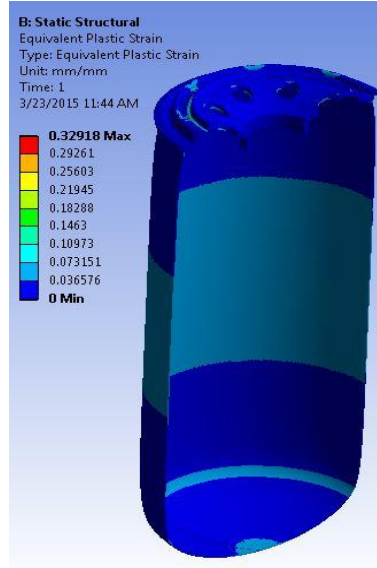
Şekil 4.8. 30° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)



Şekil 4.9. 30° aşağı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Bu filtrede conta altında 4,54 mm çökme olduğu tespit edilmiştir.

Bu kapağa sahip filtrenin FEM analizinden görüldüğü üzere gerilmeler diğer sonuçlara göre daha fazladır. Kapakta genelde 300 MPa gibi gerilmeler vardır ama en az gerilme olan yer vida dişlerinin olduğu yerdir. Kapakta görülen en fazla gerilme ise 382 MPa' dır. Sac kapakta 200 MPa civarı olan gerilmelerin çok olduğu görülmüştür ama en fazla görülen değer ise 347 MPa' dır. Tasın gerilmeleri ise genelde 200 MPa civarındadır. Sadece tasın dibinde 273 MPa' a kadar yükselmiştir.



Şekil 4.10. 30° aşağı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

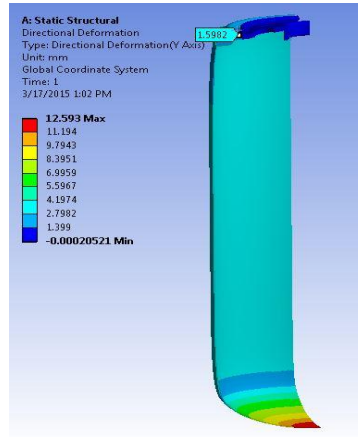
Şekil 4.10.' da da görüldüğü üzere kapakta genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler hakimdir ama çok deforme olan yerlerde ve delik aralarında plastik gerinim değerleri yükselmiştir. Kapakta en fazla 0,068' lik bir plastik gerinim tespit edilmiştir. Sac kapağın plastik gerinimleri şekilde de görüldüğü üzere özellikle nokta kaynağının olduğu yerlerde kapağın aşağı aşırı çökmesi nedeniyle nispeten daha fazla çıkmıştır. Tasta ise genel olarak en çok 0,03' lük bir plastik gerinim en çok görülmüştür. Ama tasın dibinde 0,075 kadar artmıştır.

Bu yağ filtresinin FEM analizi sonucunda kapakta 1,5 mm eşik değerini aşan bir çökme görülmüştür. Bu çökme tasarım için uygunsuzdur. Ayrıca eşdeğer gerime ve plastik gerinim değerleri de aşırı çökme nedeniyle arttığı görülmüştür. Alınan gerilmeler genelde akma sınırının üzerindedir ve bu değerler üç parçada da kopma sınırına çok yaklaşmıştır. Ama 10° aşağı eğimli kapakla karşılaştırıldığında genel olarak çökme,

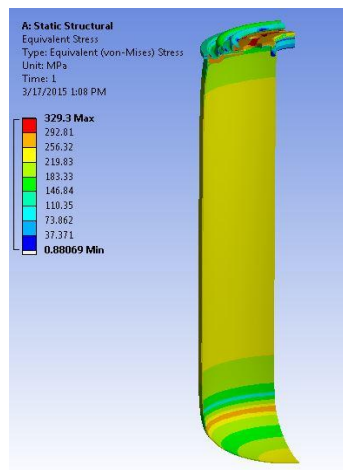
gerilme ve plastik gerinim değerlerinin daha az olduğu görülmüştür. Tüm bu çıktılar neticesinde kapağın aranan şartları sağlamadığı için uygun olmadığına karar verilmiştir.

4.2.1.5. 10° Yukarı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 10° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki eksenel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



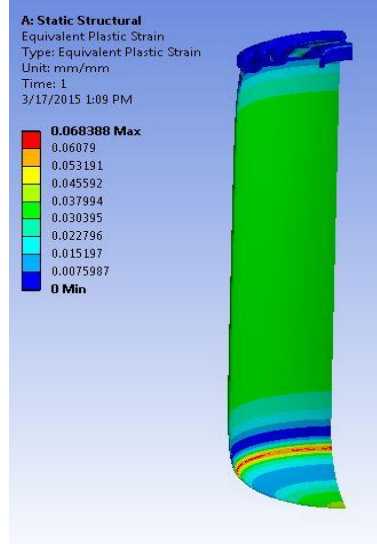
Şekil 4.11. 10° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)



Şekil 4.12. 10° yukarı eğimli kapağa sahip filtrenin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Analiz sonucunda conta altında 1,598 mm çökme olduğu gözlemlenmiştir.

Bu kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonucunda kapakta genel olarak 277 MPa civarında gerilmeler gözlenmiştir. Sadece delik aralarında 329 MPa değerine kadar ulaşmıştır. Sac kapakta 145 MPa civarında gerilme değerleri elde edilmiştir ama bu değer çok deformasyonun olduğu yerlerde 230 MPa yükselmiştir. Tasta genel olarak 230 MPa hakimdir ama tasın dibinde 276 MPa değerine kadar ulaşmaktadır.



Şekil 4.13. 10° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

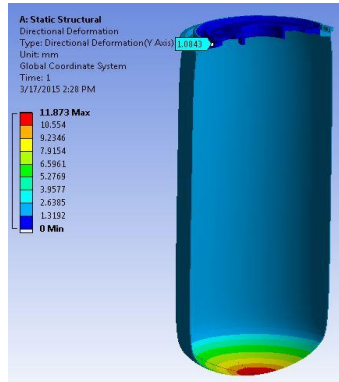
Yukarıdaki sonuçta da görüldüğü gibi yağ filtresinin özellikle kapağında ve sac kapağında genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler hakimdir. Kapakta delik aralarında plastik gerinim çok az bir miktar artmaktadır. Ama yine de bu değer 0,02 civarında kalmaktadır ve en fazla kapakta 0,031'e ulaşmaktadır. Sac kapakta sadece çok deformasyona uğrayan yerlerde 0,039'a ulaşmaktadır. Tasta ise 0,03 ile 0,04 arasında kalmaktadır sadece tasın dibinde 0,068 gibi bir değere yaklaşmaktadır.

FEM analizi sonucunda bu kapağın bulunduğu yağ filtresinde conta altında 1,5 mm eşik çökme değerini az bir miktar geçen bir sonuç alınmıştır. Alınan eşdeğer gerilmeler genelde akma sınırını geçmiştir ama kullanım için sorun yaratmayacak düzeyde kopma sınırına fazlasıyla altında olan bir durumunun olduğu görülmüştür. Ayrıca plastik gerinimin özellikle kapakta ve sac kapakta çok azaldığı hatta elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler görülmüştür. Bu kapak diğer aşağı eğimli kapaklara göre çökme, gerilme ve plastik gerinim açısından fazlasıyla iyi olduğu görülmüştür. Ama kapağın

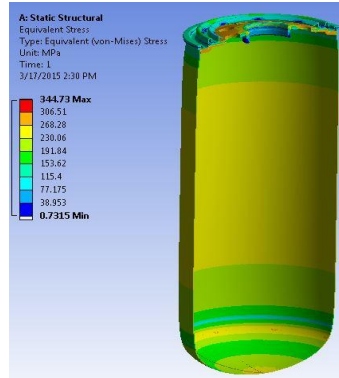
çökme değeri eşik çökmeyi aşması nedeniyle bu kapağın uygun olamayacağına karar verilmiştir.

4.2.1.6. 13° Yukarı Eğimli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 13° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki eksenel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



Şekil 4.14. 13° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)

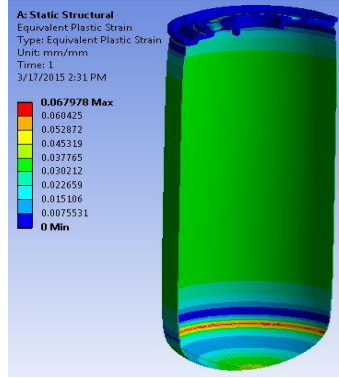


Şekil 4.15. 13° yukarı eğimli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Bu analiz sonucunda yukarıda da görüldüğü gibi conta altında 1,084 mm çökme olduğu gözlenmiştir.

Kapakta genel olarak 270 MPa civarında gerilmeler alınmıştır. Sadece delik aralarında 345 MPa değerine kadar yükseldiği görülmüştür. Sac kapakta genelde 140 ile

150 MPa değerleri arasında gerilmeler alınmıştır ama sadece sac kapağın bükülen yerlerinde 230 MPa değerine ulaşmıştır. Tasta ise kenete yakın yerlerde 200 MPa altında, diğer yerlerde ise genel olarak 230 MPa civarı gerilme değerleri elde edilmiştir. Sadece tasın dibinde 276 MPa gerilme çıkmıştır.



Şekil 4.16. 13° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

13° yukarı eğimli kapağın bulunduğu filtrenin FEM analizi sonucunda yağ filtresindeki kapak ve sac kapakta elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler ortaya çıkmıştır. Kapakta genel olarak elastik gerinimler kadar az olan sonuçlar alınmıştır ama delikler arasında 0,01 ile 0,02 arasında plastik gerinim olduğu gözlemlenmiştir. Kapakta en fazla 0,025 görülmüştür. Sac kapakta da en fazla 0,038 gibi bir değere ulaşmıştır. Tasta ise tasın dibinde alınan 0,068 maksimum değerinin dışında genelde 0,03 civarı plastik gerinim değerleri elde edilmiştir.

Bu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçlarında conta altı çökmenin 1,5 mm eşik değerinin fazlasıyla altında olduğu görülmüştür. Bu çökme değeri elastik ve plastik çökmeyi kapsamaktadır. Ama bu basınca çalışma periyodunda bir kez ulaşması durumunda bile uygun olmaktadır. Çünkü çökmedeki az olan elastik çökme çıktığında dahi sonrasında gelen düşük basınçlar da çalışmaya devam edebilecek kadar contada basma kalacağı tespit edilmiştir. Bu durum ilerde gösterilen 13° yukarı eğimli kapağın modifikasyonlu halleri (kriterlere uygun olmayan kapaklar hariç) içinde geçerlidir. Ayrıca kapakta çökme çok olmadığı için eşdeğer gerilme ve plastik gerinim de düşük çıkmıştır. Gerilme değerleri genelde akma sınırının üstündedir ama kopma sınırına uzaktır. Plastik gerinimler ise özellikle kapak ve sac kapakta elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler görülmüştür. Bu kapak aşağı eğimli kapaklara göre her yönden

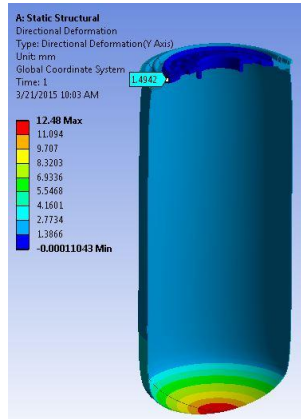
üstündür. 10° yukarı eğimli kapakla aralarına gerilme ve plastik gerinim açısından çok fark yoktur ama plastik gerinim açısından 13° yukarı eğimli kapak bir miktar daha iyidir. İkisi arasında temel fark conta altı çökmede çıkmıştır. Tüm bu alınan çıktılar sonucunda bu kapağa sahip filtrenin conta altı çökmesinin, eşdeğer gerilme ve eşdeğer plastik gerinimlerinin düşük olması nedeniyle bu kapağın tasarım şartlarına uygun olduğuna karar verilmiştir.

4.2.2. Delik Sayıları Farklı Olarak Tasarlanmış Kapaklara Sahip Yağ Filtrelerinin FEM Sonuçları

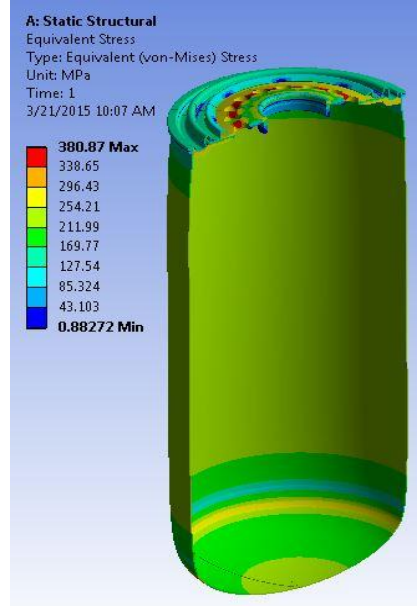
Yukarıda değişik profillerin etkilerinin FEM analizi sonuçları verilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere en iyisi 13° yukarı eğimli kapaktır. Bu nedenle 13° yukarı eğimli kapak seçilmiştir ve bu kısımda kapaktaki en iyi delik sayısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

4.2.2.1. 16 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki aksenal çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.

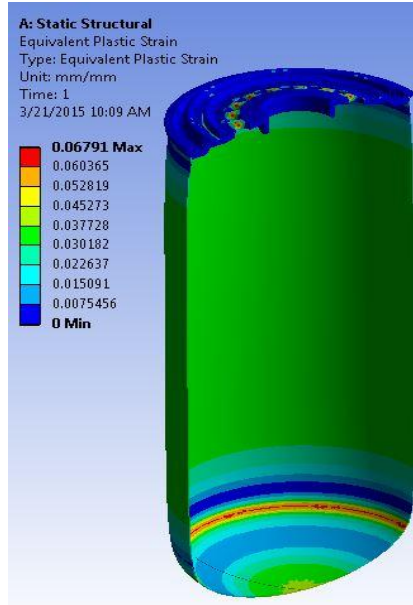


Şekil 4.17. 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)



Şekil 4.18. 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Bu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin 1,494 mm olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19. 16 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Bu kapakta özellikle çevresinde 16 deliğin etkisiyle delikler arası mesafe çok azalmıştır. Bunun sonucunda gerilme ve plastik gerinimler artmıştır. Şekil 4.18.'de de görüldüğü üzere kapakta vida dişlerine yakın yerlerde gerilmeler oldukça azdır ama diğer

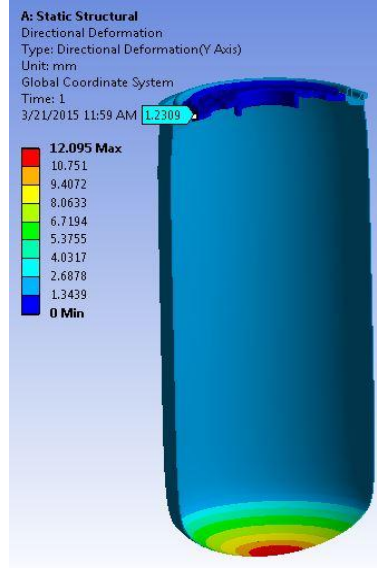
kısımlarda ise genelde 270 MPa' ın hakim olduğu gözlemlenmiştir. 381 MPa' lık bir pik gerilme ise delikler arasındaki bölgeden elde edilmiştir. Sac kapakta diğer analiz sonuçlarında da olduğu gibi yine en fazla 140 MPa civarı gerilme görülmüştür ama sac kapağın en çok eğilmeye uğrayan yerinde ise gerilmeler 250 MPa' a kadar artmıştır. Tasta ise yine tasın dibinde pik gerilmeler (en fazla 276 MPa) elde edilmiştir. Diğer kısımlarda ise genelde 230 MPa' ın hakim olduğu görülmüştür.

Şekil 4.19.' da da görüldüğü üzere kapak ve sac kapakta genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimlerin olduğu görülmüştür. Ama kapakta özellikle delikler arasında bu değer artmıştır ve 0,068' e kadar yükselmiştir. Sac kapakta ise nokta kaynağının etrafında değerler 0,052' ye kadar arttığı görülmüştür. Tasın plastik gerinim de uygulanan basınç nedeniyle yanal yüzeylerde 0,035 civarında plastik gerinim olduğu gözlemlenmiştir ama tasın dibinde 0,068' e kadar arttığı görülmüştür.

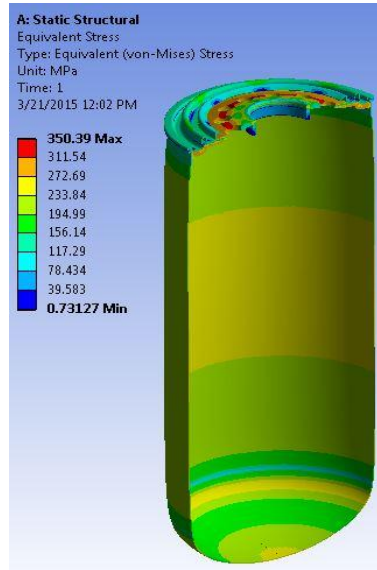
Bu kısımda en iyi profile sahip kapağın delik sayıları değiştirilerek etkisi incelenmiştir ve en iyi sonucu veren delik sayısı tespit edilmiştir. İlk başta denenmiş olan 16 delikli kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçlarına bakıldığında özellikle delikler arasında gerilmelerin ve plastik gerinimlerin arttığı görülmüştür. Bunun temel sebebi ise delik sayısının artması nedeniyle oluşan delik arası mesafenin azalmasıdır. Bu yağ filtresinin conta altı çökme değeri eşik değere çok yaklaşmıştır. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. Delikler arasında gerilme ve plastik gerinimler artmıştır. Bu kapak conta altı çökme için eşik değerine çok yaklaştığı için aranan kriterler için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

4.2.2.2. 12 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 12 delikli kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki aksel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



Şekil 4.20. 12 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)

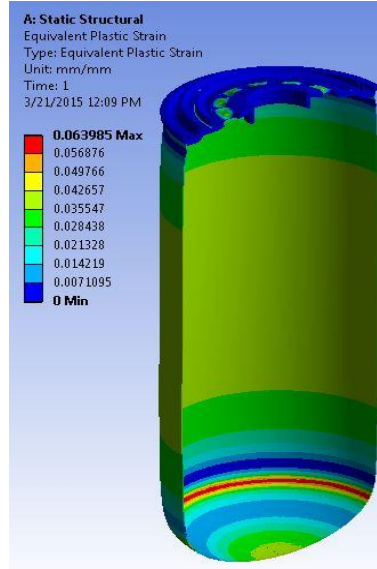


Şekil 4.21. 12 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Bu yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin 1,231 mm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.21.' de de görüldüğü üzere bu kapaktaki delikler arttırıldığı için delikler arası mesafe azalmıştır. Bunun sonucunda bu bölgeler de gerilmeler artmıştır. Kapakta genel olarak 270 MPa civarı gerilmeler hakimdir ama özellikle deliklerin arasında gerilmeler 350 MPa' a kadar yükselmiştir. Sac kapakta 140 MPa civarı olan gerilmeler hakimdir. Sadece deformasyonun fazla olduğu bölgelerde gerilme değerleri 233 MPa' a

kadar yükselmiştir. Tasta en yüksek 220 ile 230 MPa arası gerilmeler elde edilmiş ama tasın dibinde gerilmelerin 271 MPa' a kadar yükseldiği görülmüştür.



Şekil 4.22. 12 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Şekil 4.22.' de görüldüğü üzere kapakta özellikle delikler arasında plastik gerinimler artmıştır. Bu değer en fazla 0,044' e kadar artmıştır. Ama kapağın diğer kısımlarında elastik gerinimler kadar az gerinimler olduğu tespit edilmiştir. Sac kapakta sadece nokta kaynağının yakınlarında plastik gerinim 0,039'a kadar artmaktadır. Diğer kısımlarında ise elastik gerinimler kadar az olan plastik gerinimler hakimdir. Tasta ise diğer analiz sonuçlarında da olduğu gibi yanal yüzeylerde 0,04 civarındadır ve tasın dibinde artmaktadır. Tasın dibinde görülen en fazla değer 0,064' tür.

Bu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin eşik değerini altında olduğu tespit edilmiştir. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. Ama delikler arasındaki mesafeler yine yeterince fazla olmadığı için bu bölgelerde gerilme ve plastik gerinimler artmıştır. 12 delikli modelde conta altı çökme, eşdeğer gerilme ve plastik gerinim sonuçları açısından özellikle kapakta ve sac kapakta 16 delikli modele göre azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle kapakta delikler arasındaki gerilmeler ve plastik gerinimler azalmıştır. Bu kapak conta altı çökme için eşik değerine çok yaklaştığı için aranan kriterler için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

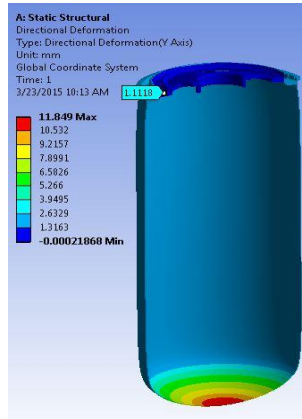
4.2.2.3. 8 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Bu kapağın bulunduğu yağ filtresinin FEM analizi sonuçları yukarıda profillerin içinde (bölüm 4.2.1.6.) verilmiştir. Bu kısımda o veriler yardımıyla delik sayılarının etkisi incelenip en iyisi tespit edilmiştir.

Bu kapağın bulunduğu yağ filtresinin conta altı çökme değeri eşik değerin fazlasıyla altında olduğu görülmüştür. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. 16 ve 12 delikli kapağın olduğu yağ filtrelerinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında özellikle conta altı çökmenin, eşdeğer gerilmelerin ve eşdeğer plastik gerinimlerin azaldığı görülmüştür. Özellikle azalmalar kapakta delikler arasında ve sac kapaktadır. Genel olarak çıktılarına bakıldığında bu sonuçların uygun olduğu tespit edilmiştir.

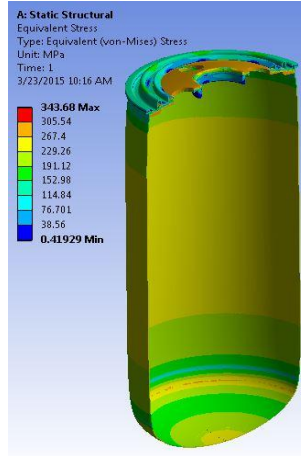
4.2.2.4. 4 Delikli Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 4 delikli kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki aksel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.

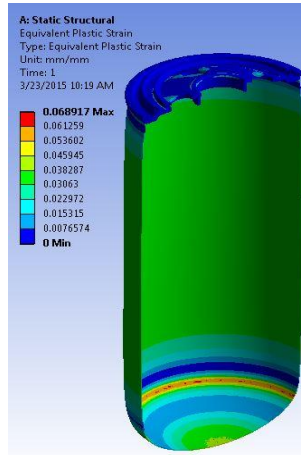


Şekil 4.23. 4 delikli kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)

4 delikli kapağın bulunduğu yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin 1,112 mm olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. 4 delikli kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)



Şekil 4.25. 4 delikli kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Şekil 4.24.'te de görüldüğü gibi delikler arasındaki gerilme yığılmaları dağılmış ve azalmıştır. Kapakta genelde 260 ile 270 MPa arası gerilmeler hakimdir ama kısmen deliklerin yakınında en fazla 344 MPa gerilme görülmüştür. Sac kapakta sadece kapağın aşağı çöküşü nedeniyle bükülen yerlerinde gerilme 206 MPa' a kadar yükselmiştir ama diğer kısımlarda 140 ile 150 MPa arası gerilmelerin olduğu görülmüştür. Tasta diğer analiz sonuçlarında olduğu gibi yine uygulanan basınç nedeniyle en çok gerilmeler (277 MPa) tasın dibinde çıkmıştır. Diğer kısımlar ise genelde 220 ile 230 MPa arasında kaldığı görülmüştür.

Şekil 4.25.' de görüldüğü gibi plastik gerinimler çok düşüktür. Özellikle kapakta delikler arasında plastik gerinimler dağılmıştır ve 0,02'ye kadar azalmıştır. Genel olarak en fazla değer ise 0,024' tür. Sac kapakta sadece aşağı çökme nedeniyle bükülen yerlerde plastik gerinimler 0,026' ya kadar yükselmiştir ama diğer kısımlarda ise elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler hakimdir. Tasta ise uygulanan basınç nedeniyle genelde 0,03 ile 0,04 arası plastik gerinimler elde edilmiştir sadece tasın dibinde plastik gerinimler 0,069' a kadar artmıştır.

Bu kapağın bulunduğu yağ filtresinin FEM analizi sonuçlarına bakıldığında conta altı çökmenin eşik değerinin altında olduğu görülmüştür. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. 16, 12 ve 8 delikli kapakların bulunduğu yağ filtrelerinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında conta altı çökmenin, eşdeğer gerilmenin ve eşdeğer plastik gerinimin azaldığı görülmüştür. Ama 4 ve 8 delikli modellerin conta altı çökme değerleri, gerilme ve plastik gerinimleri hemen hemen aynı çıkmıştır. Ama 4 delikli modelde delikler arasındaki gerilme dağılımları tam sağlanmış ve oluşan plastik gerinim alanları oldukça azalmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda 4 delikli kapağın en iyi sonuçlar verdiği karar verilmiştir.

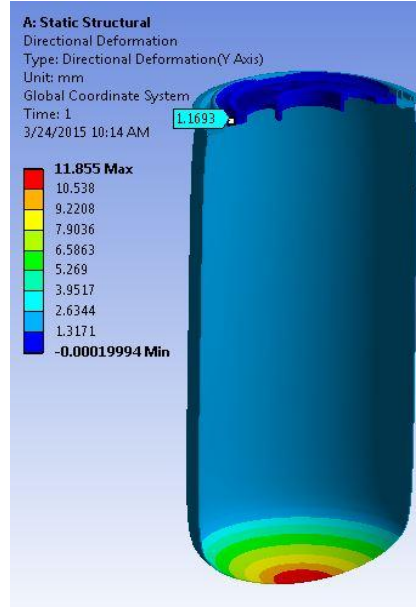
4.2.3. Delik Konumları Farklı Kapakların Bulunduğu Yağ Filtrelerinin FEM Analizi Sonuçları

Bu kısımda yukarıda en iyi profile ve en iyi delik sayısına karar verilen 13° yukarı eğimli ve 4 delikli kapakta delik konumlarının etkisi incelenmiştir. Üç farklı delik konumu üzerinde çalışılmıştır.

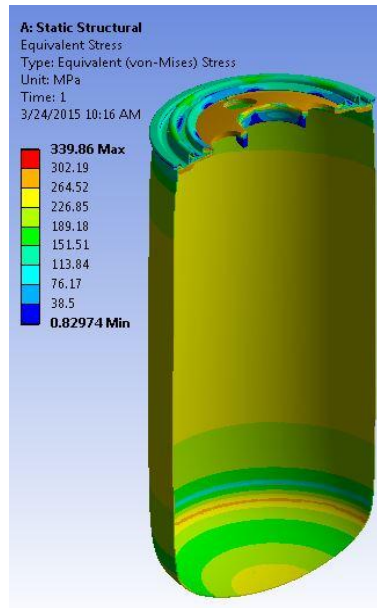
4.2.3.1. 65 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta

altındaki eksenel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



Şekil 4.26. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)



Şekil 4.27. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

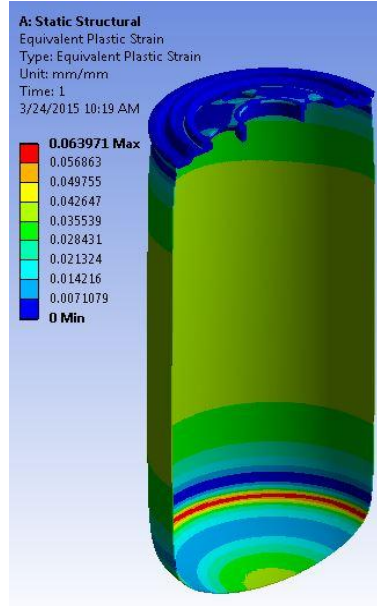
Şekil 4.26.'da görüldüğü gibi bu yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin 1,169 mm olduğu tespit edilmiştir.

Bu yağ filtresinde gerilmelere bakıldığında;

Kapakta: Genel olarak 270 MPa civarındadır. Ama deliklerin yakınlarında 340 MPa civarında gerilmeler görülmüştür.

Sac kapakta: Sadece çökme nedeniyle çok etkilenen yerlerde gerilmeler 205 MPa' a kadar artmıştır ama genelinde 140 MPa civarı hakimdir.

Tas: Uygulanan basınç nedeniyle yanal yüzeylerde en fazla 230 MPa civarı gerilmeler görülmüştür ama tasın dibinde 271 MPa' a kadar yükseldiği görülmüştür.



Şekil 4.28. 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Bu kapak tasarımına sahip yağ filtresinin eşdeğer plastik gerinim sonuçlarına bakıldığında:

Kapak: Genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler hakimdir ama deliklerin etrafında gerinimler 0,02' ye kadar yükselmiştir. En fazla vida dişlerine yakın yerlerde 0,033' e kadar artmıştır.

Sac kapak: Sac kapakta genelde elastik gerinimler kadar az olan plastik gerinimler hakimdir. Ama çok bükülen yerlerinde 0,026' ya kadar arttığı görülmüştür.

Tas: Tasta yanal yüzeylerde genelde 0,03 ile 0,04 arasında plastik gerinimler hakimdir. Ama tasın dibinde 0,064'e kadar artmıştır.

Bu kapağın bulunduğu yağ filtresinin FEM analizi sonuçlarına bakıldığında conta altı çökmesi eşik sınırının altında olduğu görülmüştür. Ama 70 mm delik konumundaki

kapağın sonuçlarına göre az bir miktar arttığı görülmüştür. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. Alınan gerilmeler ve plastik gerinimler hemen hemen hiç değişmemiştir. Bu sonuçlarında conta altı çökme 1,2 mm civarlarına kadar yaklaşmıştır ve bu değerde eşik çökmeye yakındır bu nedenle aranan kriterlere uygun olmadığına karar verilmiştir.

4.2.3.2. 70 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

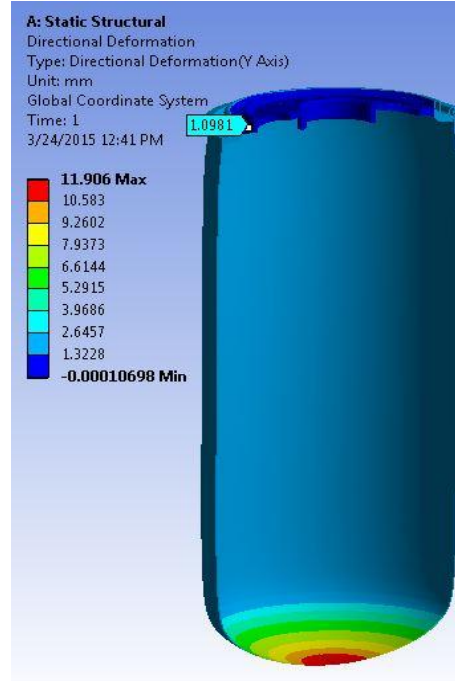
Bu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları yukarıda 4 delikli modelde(bölüm 4.2.2.4.) verilmiştir. 70 mm çaptaki delik konumları kapağın ilk halidir. Bunun üzerinde değişiklikler yapıp delik konumlarının etkisi incelenmiştir.

Bu kapağın FEM analizinden conta altı çökmesinin eşik sınırının altında olduğu görülmüştür. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırından oldukça uzaktır. Saptanan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. Analizden alınan eşdeğer gerilme ve plastik gerinim sonuçları 65 mm delik konumundaki kapağın sonuçlarının hemen hemen aynısıdır. Sadece conta altı çökmesi az bir miktar düşmüştür. Sonuçlarda sadece conta altı çökme açısından farklılıklar yaratmıştır. 70 ile 75 birine her yönden nerdeyse aynı çıkmıştır ama kullanım açısından akışı daha kolay olacağı düşünülen 70 mm delik konumunun daha iyi olduğuna karar verilmiştir.

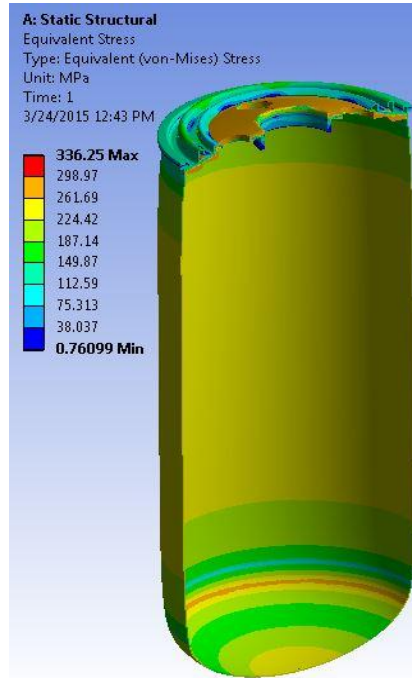
4.2.3.3. 75 mm Çapta Deliklerin Bulunduğu Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlarda 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta

altındaki eksenel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



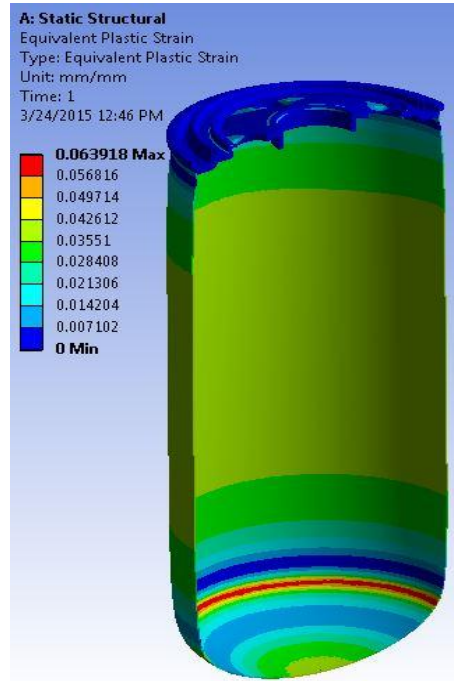
Şekil 4.29. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin conta altı çökme değeri (mm)



Şekil 4.30. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Bu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizinden conta altı çökmenin 1,098 mm olduğu görülmüştür.

Şekil 4.30.' da görüldüğü gibi kapakta delikler arasında gerilmeler artmıştır. Bu artan kısım iç tarafa bakan kısımdır. Maksimum değer ise 336 MPa' dır. Diğer kısımlarda ise genelde 270 MPa civarı gerilmeler hakimdir. Sac kapakta yine en fazla gerilmeler (210 MPa en fazla) en çok bükülen yerinde ortaya çıkmıştır. Diğer kısımlarda genelde şekilde de görüldüğü gibi 140 MPa civarı hâkimdir. Tasta yine en fazla 271 MPa' a kadar yükselen gerilmeler tasın dibinde çıkmıştır ama genelinde 230 MPa civarı hakimdir.



Şekil 4.31. 75 mm çapta deliklerin bulunduğu kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Şekil 4.31.' e bakıldığında kapakta genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimlerin hakim olduğu görülmektedir. Bu kapağın delikler arasındaki eşdeğer plastik gerinimi 0,021' e kadar artmıştır. Bu değer diğer konumlardakilerden çok az miktar fazladır. En fazla görülen değer ise 0,023 'tür. Sac kapakta sadece çökmenin etkisiyle çok bükülen yerlerde 0,029' a kadar artmıştır. Ama diğer kısımlarda ise elastik gerinimler kadar az plastik gerinimlerin olduğu görülmüştür. Tasta ise diğer sonuçlarda olduğu gibi uygulanan basınç nedeniyle en fazla değer yine tasın dibinde çıkmıştır. Değeri ise

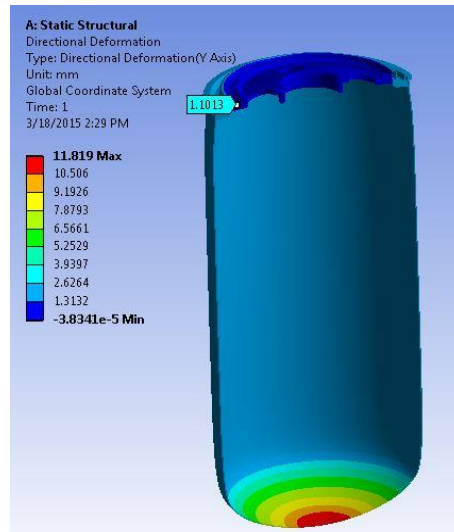
0,064'tür. Diğer kısımlarda ise genelinde 0,03 civarı plastik gerinimler hakim olduğu görülmüştür.

75 mm delik konumunun olduğu kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçlarından conta altı çökmenin eşik değerin altında olduğu görülmüştür. Ayrıca bu değer çok az bir miktar 70 mm delik konumundaki kapağın sonucundan daha iyidir. Gerilme ve plastik gerinim değerleri diğer delik konumlarındaki kapakların sonuçlarının hemen hemen aynısı çıkmıştır. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır.

4.2.4. Baklılı Kapağa Sahip Yağ Filtresinin FEM Analizi Sonuçları

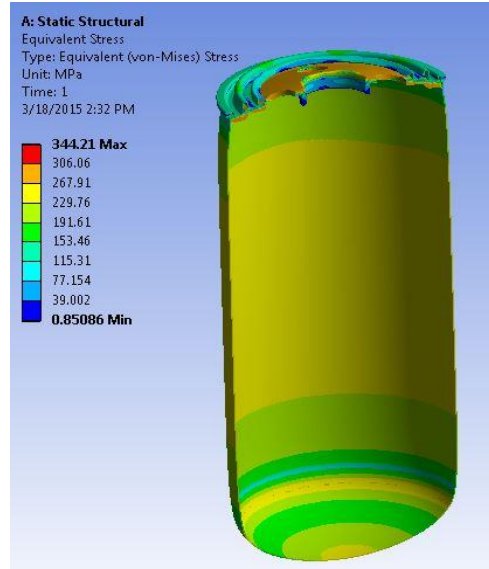
Yukarıdaki çalışmalarda en iyi profile, delik sayısına ve konumuna karar verdikten sonra bu kapak tasarlanıp sonlu elemanlar analizi yapılmıştır.

Aşağıdaki sonuçlarda baklılı kapağa sahip yağ filtresinin FEM analizi sonuçları bulunmaktadır. Kapağın değerlendirilmesinde conta altındaki çökmeye, gerilmelere ve plastik gerinimlere bakılmıştır. Çökme olarak conta altındaki aksel çökme (y eksen), gerilme olarak eşdeğer gerilme (von Mises) ve plastik gerinim ise eşdeğer plastik gerinim olarak alınmıştır.



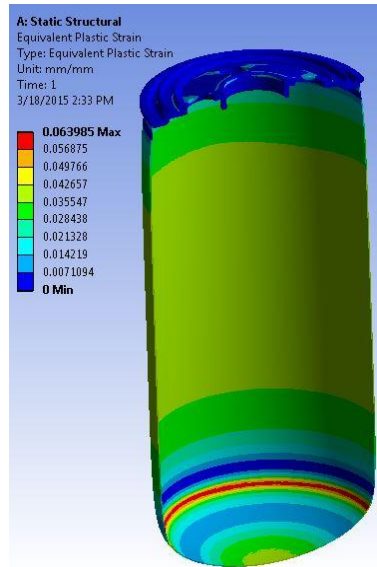
Şekil 4.32. Baklılı kapağa sahip yağ filtresinin conta altındaki çökmesi (mm)

Bu kapakta conta altında 1,101 mm çökme olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.33. Baklalı kapağa sahip yağ filtresinin eşdeğer gerilme sonuçları (MPa)

Yukarıda ki eşdeğer gerilme sonuçlarına bakıldığında kapakta genel olarak 277 MPa hakimdir ama vida dışlarının olduğu bölümde bu gerilmeler azalmaktadır. Sadece deliklerin etrafında en fazla 344 MPa değerinde bir gerilme olduğu gözlemlenmiştir. Sac kapağın genelinde 140 ile 150 MPa arasında gerilmeler elde edilmiştir ama çok deformasyona uğrayan bölgesinde 203 MPa' a çıkmaktadır. Tasta ise gerilmenin kenete yakın yerlerde göreceli olarak düşük olduğu ama diğer kısımlarda ise genelde 230 MPa değerinin hakim olduğu gözlemlenmiştir. Sadece tasın dibinde 271 MPa' a kadar ulaşıyor.



Şekil 4.34. Baklalı kapağa sahip filtrenin eşdeğer plastik gerinim sonuçları

Kapağın eşdeğer plastik gerinim sonuçlarına bakıldığında genel olarak elastik gerinimler kadar az plastik gerinimlerin elde edildiği görülmüştür. Kapakta ki gerinim genel olarak çok düşüktür ama sadece deliklerin etrafında 0,02 civarındadır ve dışların olduğu kısımda 0,026' lık bir değere ulaşmaktadır. Sac kapakta sadece çok deformasyona uğrayan bölgelerinde 0,024 civarı bir gerinim gözlemlenmiştir. Tasta ise tasın basınç nedeniyle şişen kısımlarında 0,03 civarı bir gerinim vardır ama tasın dibinde en fazla 0,064' e kadar ulaşmaktadır.

Bu kapağın FEM analizi sonuçlarına bakıldığında conta altı çökme değeri eşik değerinin altında olduğu görülmüştür. Bu değer baklanın etkisiyle nerdeyse hiç değişmemiştir. Alınan gerilme sonuçları elemanlarda genel olarak elastik sınırın üzerinde olduğu görülmüştür ama bu gerilmeler kopma sınırına yeterince uzaktır. Alınan plastik gerinimler genel olarak (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar azdır. En iyi profile, delik sayısına ve delik konumuna sahip kapağa bu tür bakla atmanın kapakta hiçbir yararının olmadığı görülmüştür.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada ağır hizmet ticari araçta kullanılan yağ filtresinin basınç dayanımını arttırmak için FEM analizleri yapılmıştır. Önce mevcut yağ filtresinin test sonuçları firmadan alınmıştır daha sonrada aynı filtreye FEM uygulaması yapılarak sonuçların doğruluğu tespit edilmiştir.

Yağ filtresinde conta altındaki çökme 1,5 mm'yi geçmemelidir. Eğer bu eşik değerini aşarsa filtreye montajda sıkmayla verilen conta baskı basıncı yok olmaktadır ve kaçaklar başlamaktadır. Bu nedenle 30 bar basınçta da bu eşiğin altında olmalıdır. Ayrıca yağ filtresinde gerilmeler yeterince düşük ve plastik gerinimler ise (özellikle kapak ve sac kapakta) elastik gerinimler kadar az olmalıdır.

Diğer kapak tasarımlarına sahip yağ filtrelerin FEM analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar:

1. Mevcut filtrenin FEM analizinden alınan sonuçla ASAŞ filtre fabrikasından alınan uygulama sonucunun uyduğu tespit edilmiştir (conta altı çökme (mm) değeri).
2. Profil olarak en iyi sonuç 13° yukarı eğimli kapak tasarımına sahip yağ filtresinden elde edilmiştir. Bu parametrede conta altında yaklaşık 1 mm çökme olduğu tespit edilmiştir. Bu yağ filtresi hem çökme için eşik değerin altında hem de plastik gerinimleri gayet düşük olup 30 bar basınca ulaşma (çok düşük olasılıkla) ihtimalinde bile filtrede hasar oluşmayacağı tespit edilmiştir.
3. 10° derece yukarı eğimli kapağın FEM analizinden alınan sonuçlarda conta altı çökme 1,5 mm'nin üstünde olduğu görülmüştür dolayısıyla hedeflenen sonuçlara ulaşamamıştır.
4. FEM analizleri sonucunda 30 bar basınçta "30°ve 10°" aşağı eğimli tasarımlara ait kapaklarda conta altında 2 mm ve üzeri çökme tespit edilmiştir. Ayrıca 25° aşağı eğimli kapakta da 24 barda bile conta altında 2 mm çökmenin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler çökme eşik değerini aştığı için bu kapaklar tasarım olarak yetersiz oldukları tespit edilmiştir.
5. Yağ filtrelerinde kapak profillerinin değiştirilmesinin conta altı çökmeye ciddi etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

6. Yağ filtresinde delik sayıları değiştirilen kapakların olduğu yağ filtrelerinin FEM analizinden alınan çıktılar doğrultusunda 16 ve 12 delikli kapak hariç hepsinin aranan kriterlere uyduğu tespit edilmiştir. Ama en iyi sonuç dört delikten elde edilmiştir.
7. Yağ filtresinde kullanılan kapağın delik sayısının değiştirilmesi conta altı çökmeye profil açısının değiştirilmesinden daha az etkimiştir. Delik sayıları arttırılınca delikler arası mesafe azaldığı için conta altı çökmenin, gerilmelerin ve plastik gerinimlerin arttığı görülmüştür. Özellikle yüksek delik sayısı olan kapaklarda delikler arasında yüksek gerilme ve plastik gerinim olduğu görülmüştür.
8. Çalışmada delik konumları değiştirilen kapakların FEM analizleri çıktılarından 65 mm çapta deliklerin bulunduğu kapak hariç hepsinin aranan kriterlere uygun oldukları görülmüştür. Ama en iyi sonucu 70 mm çaptaki deliklerin olduğu kapaktan alınmıştır.
9. Delik konumları değiştirilen kapaklara sahip yağ filtreleri arasında conta altı çökme, gerilme ve plastik gerinim açısından çok az bir miktar değişim olduğu görülmüştür. Diğer parametrelere göre etkisinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Ama kapakta deliklerin bulunduğu daire çapı büyüdükçe gerilme, plastik gerinim ve conta altı çökmenin azaldığı görülmüştür.
10. Kapağın altına bakla atılan tasarımın olduğu yağ filtresinin analizinden yağ filtresinin çalışma koşulları için gerekli şartları sağladığı görülmüştür. Bu kapağa sahip yağ filtrelerinde conta altı çökme, gerilme ve plastik gerinim açısından hemen hemen hiç bir değişimin olmadığı görülmüştür. Bu tasarımda bu tür bir bakla kullanmanın hiçbir etkisinin olmayacağı tespit edilmiştir.
11. Çalışma sonucunda 13° yukarı eğimli, 70 mm çapta olan 4 delikli ve baklalı kapağa sahip yağ filtresinin uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu tasarımın üzerinde çalışılanlar içinde en iyisi olduğu tespit edilmiştir. Bu tasarımda yeterince düşük conta altı çökme, düşük gerilme ve genel olarak (özellikle kapak ve sac kapak) elastik gerinimler kadar az plastik gerinimler mevcuttur. Conta altındaki çökme değeri elastik ve plastik çökmeyi kapsamaktadır. Ama bu basınca çalışma periyodunda bir kez ulaşması durumunda bile uygun olmaktadır. Çünkü

ökmedeki az olan elastik çökme çıktığında dahi sonrasında gelen düşük basınçlar da çalışmaya devam edebilecek kadar contada basma kalacağı tespit edilmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda yorulmanın da etkisi hesaba katılarak konunun daha derinlemesine incelenmesi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Ahuja, R., Canup, T., and Cline, S.L., 2009. automotive oil filter seal (patent), Purolator Filters Na Llc.
- Anonim, 2014. <http://micronicfiltre.com/tr/yag-filtreleri-teknik-bilgileri.html>. erişim tarihi: 15.12.2014.
- Anonim, 2015. <http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/BilgisayarDestekliTasarim/BilgisayarDestekliTasarimVeAnaliz-1-hafta.pdf>. erişim tarihi: 15.01.2015a.
- Anonim, 2015. <http://www.delsafilter.com.tr/urun.html>. erişim tarihi: 28.01.2015b.
- Anonim, 2015. <http://www.kic-oil.com/engine-oil-bible.html>. erişim tarihi: 16.04.2015c.
- Anonim, 2015. http://www.mahle-aftermarket.com/mahle_aftermarket_na/en/products-&-services/filters/oil-filters. erişim tarihi: 02.02.2015d.
- Ansys customer training material (release 13), 2010. ANSYS mechanical structural nonlinearities, rate independent plasticity, lecture 5.
- Dharmanolla, S., and Chase, G. G., 2008. computer program for filter media design optimization. **Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers**, 39: 161-167.
- Jian-yong, F., Jian-chun, Z. and Hua, Z., 2012. based on the main factor mathematical method to study on the structure and performance of automobile engine oil filter materials. **International Conference on Sport, Arts Materials and Management Science**, 507: 11-15.
- Kaya, M., 2008. motor yağı filtreleri, testleri ve değişim süreçlerinin araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Koç, M., 2006. bir taşıt yakıt filtresi bağlantısının dinamik etkiler altında modellenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Mead-hunter, R., Mullins, B. J. and King, A. J. C., 2011. development and validation of a computational fluid dynamics (CFD) solver for droplet-fibre systems. **19th International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM2011)**, 572-578.
- Megep, 2005. **otomotiv motor mekaniği 3**, 88 s, Ankara.
- Özdemir, A., 2006. seramik malzemelerin kırılma tokluğu değerlerinin üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile teorik olarak belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Parry, A. J., 2006. numerical prediction method for growth and deformation of filter cakes. **Journal of Fluids Engineering- Transaction of the ASME**, 128 (6):1259-1265.
- Richardson, C. J. and Nassehi, V., 2003. finite element modelling of concentration profiles in flow domains with curved porous boundaries. **Chemical Engineering Science**, 58: 2491-2503.
- Topcu, M. ve Taşgetiren, S., 1998. **mühendisler için sonlu elemanlar metodu**. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 007, 280 s, Denizli.

Tran, K. D. and Yanada, H., 2008. fundamental investigation of charge injection type of electrostatic oil filter. **Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing**, 2 (6): 971-984.

Yanada, H., Okamoto, T. and Tran, D.K., 2011. fundamental investigation of charge injection type of electrostatic oil filter (effect of filter element on filtration speed). **Journal of Electrostatics**, 69:180-188.

Yanada, H., Daiou, Y. and Ogi, Y., 2012. improvement of filtration speed of charge injection type of electrostatic oil filter. **Journal of Electrostatics**, 70:117-125.

Yanada, H., Takagi, S. and Mamiya, S., 2015. effects of electrode and filter element shapes on characteristics of charge injection type of electrostatic oil filter. **Journal of Electrostatics**, 74:1-7.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1990 yılında Hatay’da doğdu. İlköğretim ve ortaokul eğitimlerini Abdulkadir Kocabaş İlköğretim okulunda tamamladı. Lise eğitimini Ticaret ve Sanayi Odası Lisesinde bitirmiştir. 2008 yılında ÖSS sınavı ile Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. Üniversiteden 2013 yılında mezun oldu. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konstrüksiyon ve İmalat alanında yüksek lisans yapmaya başladı. Halen aynı dalda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

EKLER

EK 1. Bu tezden üretilmiş yayımlar: Yağ filtresi kapak profillerinin basınç dayanımına etkisinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi.

INVESTIGATION OF PRESSURE RESISTANCE EFFECT OF THE OIL FILTER CAP'S PROFILES BY FINITE ELEMENT METHOD

YAĞ FİLTRESİ KAPAK PROFİLLERİNİN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

**Ersan KIRAR^a, Erdoğan KANCA^b, Ali GÜNEN^c, Münif UYAR^d, Faruk
ÇAVDAR^e, Mehmet DEMİR^f**

**a Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi HATAY/TÜRKİYE, ersan-
kirar@hotmail.com**

**b Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi HATAY/TÜRKİYE,
kanca@mku.edu.tr**

**c Mustafa Kemal Üniversitesi Teknoloji Fakültesi HATAY/TÜRKİYE,
agunen@mku.edu.tr,**

d ASAŞ Filtre A.Ş. HATAY/TÜRKİYE, m.uyar@asasfilter.com

**e Mustafa Kemal Üniversitesi Dörtüol Meslek Yüksek Okulu HATAY/TÜRKİYE,
fcavdar@mku.edu.tr**

**f Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi HATAY/TÜRKİYE,
mdemir@mku.edu.tr**

Özet

Bu çalışmada, 6222 kalite sacdan değişik yüzey geometrilerine sahip olarak imal edilen filtre sac kapaklarının basınç dayanımına etkisi incelenmiştir. Çalışmada, mevcut yağ filtresinin FEM (sonlu elemanlar yöntemi) yazılımı ile modellenip analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar gerçekte ölçülen değerlerle kıyaslanarak yapılan analizlerin doğruluğu saptanmıştır. Profil açısının 0° den 30°'ye kadar artması ile basınç dayanımı

artmıştır. Çalışma sonucunda 18 bar basınca dayanıklı olan mevcut yağ filtresinin kullanılan sac malzeme kalınlığı ve maliyet artışı meydana getirmeksizin 30 bar basınca kadar dayanıklı olabileceği FEM analizi ile belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yağ filtresi, FEM, basınç dayanımı

Abstract

In this study, Filter of sheet caps which is manufactured with having different surface geometry by 6222 quality sheet metal was examined for pressure resistance. In this study, at first the existing oil filter is modelled by FEM software afterward analysis was maked and the accuracy of the analysis was determined by comparing the obtained results with actual measured values. By rising angle profile from 0° to 30° have increased the pressure resistance. At the end of the study, that the current oil filter which is resistant to 18 bar can resistant to 30 bar without increasing the sheet metal's thickness and cost was determined by FEM analysis.

Keywords: Oil filter, FEM, pressure resistance

1. Giriş

Motorun çalışması esnasında karbon zerrecikleri, tozlar ve pislikler yağa karışabilir. Bu karışan partiküller yağ karterine gider ve sonra karter yağ süzgecinden geçer, kaba partiküller yağ süzgecinde süzülür fakat çok küçük partiküller süzülemediğinden motorun çalışması sırasında motora gider. Motora yağla birlikte giden partiküller motorda hassas parçaların aşınmasına ve motor parçalarının arızalanmasına neden olur. Yağ filtreleri yağ pompasının basınçlandığı yağı motora gitmeden önce süzer ve partikülleri ayırır. Sonucunda aşınma ve hasar azalır. Yağ filtresi motorun çalışması esnasında yağa karışmış olan karbon zerrecikleri, tozlar ve metal parçacıkları gibi aşındırıcıları süzerek motora girmesini engelleyen yardımcı elemanlardır [1].

Yağ filtreleri, motor parçalarının ömrünü arttırmak için önemli bir elemandır. Yüksek hız ve güç uygulamalarında yağın sistemde gerekli miktarda ve hızda sirkülasyonunun

motorun verimliliği üzerinde etkisi çoktur. Dolaşımını tamamlayan yağ aracın karterine döner ve yağ pompasıyla basınçlandırılan yağ tekrar yağlama kanallarına gider [2].

Çeşitleri:

1- Spin-on Tip Yağ Filtresi

2- Eleman Tip Yağ Filtresi

3- ECO Tip Eleman Yağ Filtreleri [2]

Spin-on yağ filtresi tek parçadır ve kullanılıp atılır. Bu filtreler sac malzemeden üretilmiş filtre taşı, kapağı ve filtre elemanından meydana gelmektedir. Bu filtrelerde tasarıma göre by-pass valfi ve drenaj valfide bulunmaktadır [3].

Literatürde yağ filtreleri üzerine yapılan çalışmalarda filtrelerin süzücü elemanı üzerine çalışılmıştır. Fakat yağ filtrelerinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapısal analiz incelemeleri üzerine çalışma bulunamamıştır. Süzücü eleman üzerine yapılan çalışmalar yağ filtrelerinin verimlilik değerlerini, süzme kapasitesini ve ömrünü kapsamaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında; TRAN, K. D., YANADA, H. çalışmalarında elektrostatik injeksiyonlu yağ filtrelerinin hem FEM hem de deneysel incelemesini yapmıştır. Çalışmada elektrostatik yağ filtresindeki yağ sıcaklığını, kullanılan voltajın ve elektrot dizaynının filtrasyon hızına etkisini incelemiştir. Önce deneysel çalışmada belirli bir kirletici ile kirletilip elektrostatik filtreyle süzülüp parametrelerin etkileri incelenmiştir. En son çalışmanın elektrostatik analizi Ansys ile yapıp deneysel ve nümerik karşılaştırılmıştır.