

YÜKSEK BASINÇ HATTI FİLTRELERİNİN TASARIMI, YERLİ İMALATI VE OPTİMİZASYONU

Hüseyin GÜMÜŞ, Mesa Makina A.Ş., KONYA.

Ali ÖZTÜRK, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, KONYA.

ÖZET

Bu çalışmada yüksek basınç hattı filtrelerinin tasarımı, gövde ağırlık optimizasyonu ve performans testlerinin yapılarak doğrulanması ele alınmıştır. Daha önce Mesa Makina bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, sadece 63 lt/dk hidrolik yüksek basınç hattı filtre muhafazasının tasarımı, test ünitesinin tasarımı ve bu muhafazanın test edilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 63 lt/dk kapasiteli muhafazanın tasarımında da sadece iç taban radyüsünün optimizasyonu gerçekleştirilmişken bu çalışmada ise farklı olarak, 40 lt/dk ve 250 lt/dk modellerine ait filtre muhafazalarının gövde kalınlığı optimizasyonu ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Ağırlığı azaltma çabalarından dolayı gerçekleştirilen sonlu elemanlarla optimizasyon çalışmalarında, sadece taban radyüsü değil, gövde kalınlığı ve muhafazaların döküm çıkma açısının da etkisi incelenerek kapsamlı bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Tasarım yapılırken döküm çıkma açısı incelenmiş ve 1° döküm çıkma açısının parça üzerindeki gerilmeyi % 4,27 azalttığı tespit edilmiştir. Yapılan optimizasyon sonucunda, 40 lt/dk filtre muhafazasının ağırlığı % 18,5 azaltılırken, 250 lt/dk filtre muhafazasının ağırlığı gerekli mukavemeti sağlamak amacıyla % 6,1 artırılmıştır. Optimizasyonu yapılan filtre muhafazaları kullanılarak yüksek basınç hattı filtrelerinin performans testleri filtre test makinesiyle yapılmıştır. Performans test sonuçları ve teorik hesaplamalar ile filtrelerin doğrulamaları gerçekleştirilmiştir. Testler, Firmamız tarafından tamamlanan TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında tasarlanıp imal edilen test makinasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, prototip filtre gövdeleri için standartlara uygun katalog değerleri oluşturularak ticarileşmesi yolunda önemli bir adım atılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik basınç hattı filtresi; Optimizasyon; SEM.

ABSTRACT

In this study, design, body weight optimization and verification of high pressure line filters by performing performance tests were discussed. In the previous studies carried out within Mesa Makina, only design of 63 lt/min hydraulic high pressure line filter bowl, design of the test unit and testing of this bowl has been carried out. While in the design of the 63 lt/min capacity bowl only the insole radius was being optimized, in this study, differently, body thickness optimization and performance tests of filter bowls of 40 lt/min and 250 lt/min models were carried out. In optimization studies with finite elements carried out due to weight reduction efforts, not just the base radius, a comprehensive optimization study was carried out by examining body thickness and the effect of casting angle of the bowls. While designing, the casting angle was examined and it has been determined that 1° casting angle reduces the stress on the piece by 4.27%. After casting angle, by examining tangential stress calculation and material pull test reports, prototype fabrication material EN-GJS-500-7 was selected. Together with the material, optimization of filter bowl, the thinnest-walled component of 40 lt/min and 250 lt/min filters performed. As a result of the optimization, the weight of 40 lt/min filter bowl was reduced by 18,5% while the weight of 250 lt/min filter bowl was increased by 6,1% in order to provide the necessary endurance. Using optimized filter bowls, performance tests of high pressure line filters were made with a filter testing machine. Filters were verified with performance test results and theoretical calculations.

Key Words: High hydraulic pressure line filters; Optimization, FEM.

1. GİRİŞ

Yüksek basınç hattı filtreleri hidrolik devre elemanlarını kirli partiküllerden koruyan elemanlardır. Hidrolik sistem içerisinde kirlenen yağ filtrelenmediği takdirde, büyük partiküllerin hidrolik devre elemanlarına zarar vermesi söz konusudur. Endüstride makinaların güvenli bir şekilde çalışabilmesi için hidrolik sistemde dolanan yağın temiz olması gereklidir. Bu nedenle hidrolik sistemlerde geri dönüş filtresi, orta basınç filtresi, düşük basınç filtresi, tank filtresi ve yüksek basınç filtresi gibi elemanlar kullanılır. Yüksek basınç filtreleri, pompadan gelen yağın sisteme dağıtılmadan filtrelenmesi amacıyla kullanılır. Pompadan yüksek basınçla çıkan yağ filtrelenerek hidrolik devre elemanlarına iletilir [1].

Hidrolik sistemde yağın temiz olması, sistem verimli ve performansını olumlu anlamda etkiler. Hidrolik sistemlerdeki yağ, hidrolik basınç filtresi ile filtrelenerek temizlenmektedir. Bu ürünler ülkemizde üretilmeyip yüksek miktarlarda ithal edilmektedir ve endüstriyel hidrolik, mobil hidrolik, gemi yapımı hidroliği, açık deniz hidroliği, uçak hidroliği, çelik su yapıları ve özel uygulamalar gibi birçok sektörde kullanılmaktadır [2]. Dünya'da hidrolik yüksek basınç hattı filtre gövdelerini üreten firmaların filtre gövdelerini sıvama veya direk ekstrüzyon yöntemiyle ürettikleri öğrenilmiştir.

Yüksek basınç hattı filtrelerinde filtreleme işlemi dıştan içe doğru gerçekleşmektedir. Yüksek basınca maruz kalan bu yapıların yüksek basınca karşı dayanımının da yüksek olması beklenir. Filtrelerin üretim yöntemi ve üretildiği malzemenin cinsi bu filtrelerdeki basınç dayanımını değiştirmektedir. Derin çekme, soğuk haddeleme, döküm gibi üretim yöntemleri ve gri dökme demir, paslanmaz çelik, yumuşak dökme demir gibi malzeme kriterler filtreleme performansını da etkilemektedir.

Yüksek basınca maruz kalan filtre gövdesinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak mekanik olarak analizlerinin yapılması tasarımın güçlendirilmesi açısından önem arz etmektedir [1]. Momin ve arkadaşları [4], denizcilik uygulamalarında yüksek basınç filtrelerinin tasarımı ve analizini gerçekleştirmişlerdir. Denizcilik uygulamalarında tuzlu ortamlarda sürekli çalışmak için yüksek güvenilirlikle filtre gereklidir. Filtre yüksek tuzluluk, yüksek ve düşük çevrim sıcaklığı, titreşim, ivmelenme ve şok gibi sert çevre koşullarına karşı güvenilirliği sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Denizcilik uygulamalarında kullanılan modern filtrelerin birçoğunda yüksek dayanımlı fiberglastan yapılan tek kullanımlık filtre elemanları kullanılmaktadır. Filtre elemanı merkez tüpünün ve filtre gövdesinin SEM analizini kullanmışlardır. Analizler sonucunda, filtre gövdesinin maksimum gerilme dağılımı elde edilerek iyileştirme çalışmaları yapılmıştır [4].

Gökalp (2001) yapmış olduğu çalışmada bir makinada dönüş ve basınç hattı filtrelerinin takribi olarak %10 yatırım maliyetini arttığını ve bu maliyetin yetersiz veya hiç olmayan yağ filtrasyonun işletmeye oluşturacağı maliyetlerin yanında oldukça küçük kaldığını tespit etmiştir. Tespit etmiş olduğu bu hususu plastik enjeksiyon makinesi örneği ile açıklamıştır. Bu nedenle makalesinde filtrasyonun önemini açıklayarak filtre seçimini ve uygun filtrasyon ile oluşabilecek maliyet azaltma analizlerini anlatmıştır [5].

Momin ve ark. [4] yapmış oldukları çalışmalarında hidrolik sıvıların istenilen temizlik seviyesinde olmasının önemini anlatmışlar ve denizcilik koşullarında çalışabilecek güvenilir bir filtre tasarımı çalışması yürütmüşlerdir. Tasarım çalışmalarında sonlu elemanlar analizinden yararlanmışlardır. Çalışmaları sonucunda denizciliğin çevresel şartlarına dayanabilen ve sistemin ihtiyaç duyduğu basınç altında çalışabilen yüksek basınçlı filtre tasarımları donanma yeterlilik sertifika programına dâhil olmuştur.

Rabinowicz [6] yapmış olduğu çalışmada ekipman değişimlerinin % 70'i ya da ekipmanların sistemde sağladığı faydaların kaybı sistemin içerisindeki yüzeysel bozunmalardan ve aşınmalardan kaynaklandığını, hidrolik ve yağlama sistemlerinde ise ekipman değişimlerinin % 50'si mekanik aşınmanın sonucu olarak ve % 20'si de bozunma (corrosion) olarak ortaya çıktığını tespit etmiştir. Bu tespitinin sonucunda sistem elemanlarının çalışma boşluklarına, partikül için akışkan analiz yöntemlerine, yağın içindeki suyun oluşturduğu kirliliğe, hidrolik akışkanlardaki numune alma prosedürlerine, ISO standartlarında akışkan temizlik seviyelerine vb. değinmiştir.

Felix et al. [7] bu çalışmalarında mobil hidrolik sistemler için mevcut veri toplama yöntemlerine ve partikül analiz sensörlerinin kullanımı üzerine odaklanılmışlardır. Hidrolik içerisinde yer alan metalik parçacık tespit edilmesini sağlayan analizlerin, hidrolik bileşenlerin gerçek zamanlı aşınmasını tespit edebilmek için güvenilir bir yol olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Serdaroğlu [8] yapmış olduğu bu çalışmada hidrolik sistemlerde meydana gelen arızaların iş kayıpları ile duruşlara sebebiyet verdiğini ve bunların işletmelere büyük maliyetler oluşturduğu açıklamıştır. İşletmelerde hidrolik ile ilgilenen personellerin bu çalışma doğrultusunda doğru filtrasyon elemanını seçip kullanarak oluşacak maliyetleri azaltmasını amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda akışkanın tarifi, kirlilik derecelerini belirleyen standartlar, yağların temizlenmesi için kullanılan filtre malzemeleri, filtrasyon kalitesi ve bunu belirleyen test ve standartlar, filtre elemanlarının ömrü, filtre tipleri, filtre boyutlama ve seçim kriterleri, filtrasyon şekilleri gibi konuları ele almıştır.

Gorle et al. [9] çalışmasında mekanik bir filtrenin performansını etkileyen parametreler (yağ sıcaklığı, kirlilik seviyesi, debi) kullanılarak laboratuvar testleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları incelenmiştir. Gerçekleştirilen laboratuvar testleri 30°C, 40°C, 50°C, 60°C derecelerde 2 farklı debide (40lt/dk ve 120 lt/dk), 5µm filtre elamanıyla ve 2 mg/lt, 5 mg/lt, 8 mg/lt, 10 mg/lt yoğunluklarında gerçekleştirilmiştir. 60°C derecede yapılan testte viskozite azalmasından kaynaklı fark basınçlarının azaldığı ve 2 mg/lt kirlitici yoğunluğuna sahip olan testte fark basıncı daha yüksek kirlitici yoğunluğuna sahip diğer testlere göre daha uzun sürede artmıştır.

Tekelioğlu et al. [10] tarafından yapılan çalışmada, Mesa Makina bünyesinde iki adet farklı tipte filtre seçerek belirlenen tasarım kriterlerine göre performans testleri gerçekleştirilmiştir. Ancak yapılan çalışmada, sadece 63 lt/dk kapasiteli yüksek basınç hattı filtresi gövdesi sadece taban radyüsü optimizasyonu ile sınırlı çerçevede ele alınmış ve diğer kapasitedeki muhafazalar için optimizasyon çalışması yapılmamıştır. Hidrolik filtreler için çalışma basıncı, çalışma debisi, filtreleme hassasiyeti, ortam koşulları vb. gibi parametreler belirlemiş ve belirlemiş olduğu parametrelere göre seçimler gerçekleştirilmiştir. Yapmış olduğu seçimler ile birlikte döküm, talaşlı imalat ve montaj yöntemleri ile üretilen filtrelerin performans doğrulamalarını TÜBİTAK projesi kapsamında tasarlanıp imal edilen filtre test makinesinde test ederek gerçekleştirmiştir. Yani yapılan çalışmanın odak konusu, filtre test cihazının tasarımı ve imalatı üzerinedir.

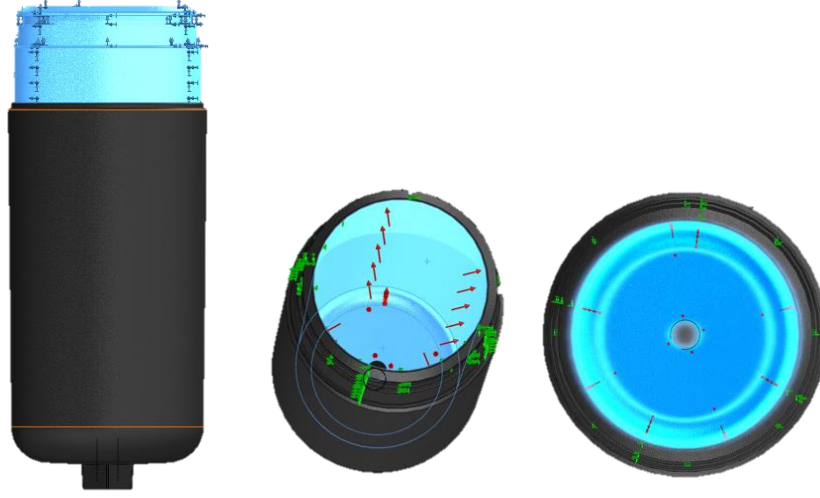
Bu çalışmada ise, farklı kapasitelerde olan 40 lt/dk ve 250 lt/dk modellerine ait filtre muhafazalarının gövde kalınlığı optimizasyonu ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sonlu elemanlarla optimizasyon çalışmalarında, taban radyüsüne ek olarak, gövde kalınlığı ve muhafazaların döküm çıkma açısının etkisi de incelenmiştir. Yapılan optimizasyona göre imal edilen optimum geometriye sahip yüksek basınç hattı filtre muhafazalarının test makinesinde standartlara uygun testleri gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Gövdenin Statik ve Dinamik Analizi

Hidrolik yüksek basınç hattı filtreleri istenilen çalışma koşullarında hizmet verebilmesi için filtrenin imalat yönteminin, filtrenin boyutlarının ve filtre malzemesinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yüksek basınç hattı filtrelerinin tasarımı, gövde ağırlık optimizasyonu ve performans testlerinin yapılarak doğrulanması ele alınmıştır. Daha önce Mesa Makina bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, sadece 63 lt/dk hidrolik yüksek basınç hattı filtre muhafazasının tasarımı, test ünitesinin tasarımı ve bu muhafazanın test edilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 63 lt/dk kapasiteli muhafazanın tasarımında da sadece iç taban radyüsünün optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise farklı olarak, 40 lt/dk ve 250 lt/dk modellerine ait filtre muhafazalarının gövde kalınlığı optimizasyonu ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan filtrelerin prototip üretimleri için uygun sfero dökme demir malzemesini belirlemek için bilgisayar destekli analizler ve statik gerilme hesapları ele alınmıştır. Filtrelerin en ince cidarlı elemanı olan filtre muhafaza tasarımları bilgisayar

destekli analiz programı ile 45 MPa çalışma basıncı altında statik analize tabi tutulmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen muhafazalara basınç Şekil 1'deki gibi uygulanmıştır.



Şekil 1. Filtre gövdesinin sınır koşulları ve yükleme tanımları.

45 MPa basınç verilen muhafazalar Şekil 2'de gösterildiği gibi ankastre mesnet ile sabitlenmiştir.



Şekil 2. Analiz parça sabitleme bölgesi.

Hidrolik basınç hattı filtrelerinin istenilen çalışma koşulları altında hizmet verebilmesi filtrede kullanılan malzemeye, filtrenin boyutsal özelliklerine ve üretim yöntemlerine bağlıdır. Bu çalışmada, filtre prototip üretimleri için EN-GJS-500-7 standardına uygun sfero dökme demir malzemesi kullanılmıştır. Sfero dökme demir malzemesinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen standart kimyasal kompozisyona göre dökülen sfero dökme demir malzemesinin mekanik özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. EN-GJS-500-7 Kimyasal kompozisyonu [5].

Karbon	Silisyum	Mangan	Sülfür	Fosfor
3,4 – 3,85	2,3 – 3,1	0,1 – 0,3	0,02 (Maks.)	0,10 (Maks.)

Tablo 2. EN-GJS-500-7 Mekanik özellikler [5].

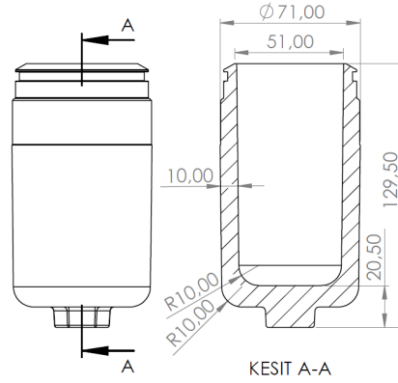
Çekme Mukavemeti	Akma Mukavemeti	Uzama (%)	Sertlik (Brinell)
500 N/mm ²	320 N/mm ²	7	170 – 230
<i>NOT: Aralık verilmeyen değerler minimum değerlerdir.</i>			

Sonlu elemanlar ile gerçekleştirilen analizlerin doğrulunu belirlemek için analiz sonuçları ile deneysel patlatma sonuçları karşılaştırılmıştır. Patlatma testleri Mesa Makina bünyesinde gerçekleştirilen TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında tasarlanıp imal edilen test makinasında yapılmıştır.

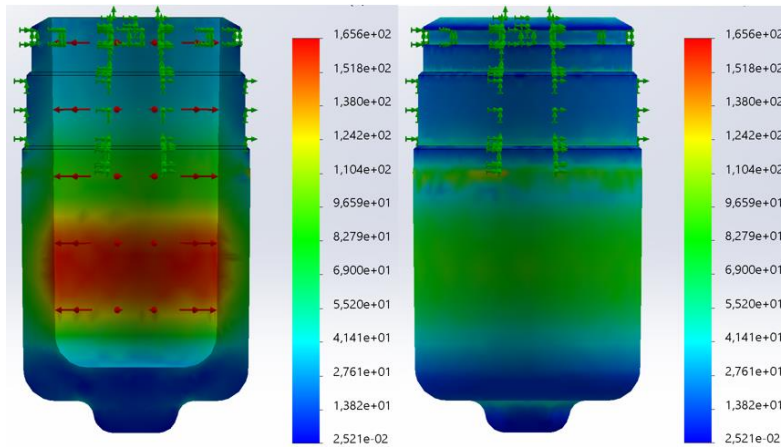
3. SONUÇ

3.1. Filtre Muhafazası (40 lt/dk) Tasarımı ve Optimizasyonu

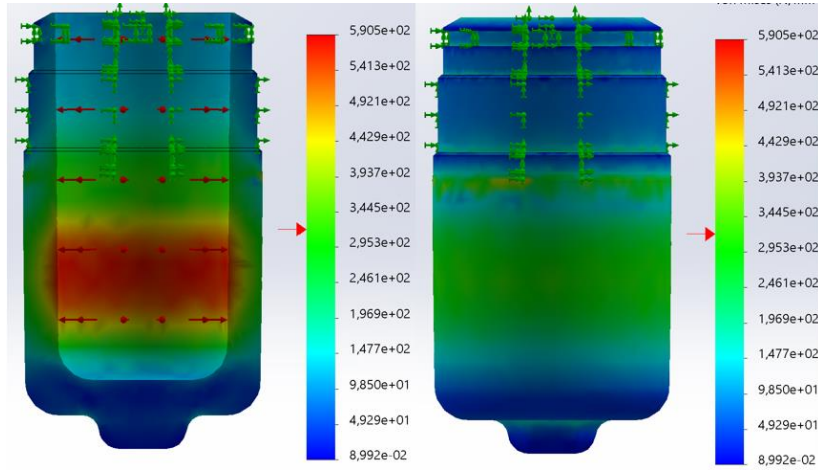
Bu bölümde yüksek basınç hattı filtrelerinin en ufak boyu olan 40 lt/dk filtre muhafazasının tasarımı incelenmiştir. 40 lt/dk filtre muhafazası için yapılan ilk tasarım Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 3.** 40 lt/dk filtre muhafazası.

İlk tasarımı yapılan 40 lt/dk filtre muhafazasına öncelikle 45 MPa basınç altında statik gerilme analizi uygulanmış ve parça üzerindeki statik gerilme 165,6 MPa bulunmuştur. Statik gerilme dağılımı Şekil 4'te gösterilmiştir.

**Şekil 4.** 40 lt/dk filtre muhafazası ilk tasarımı statik gerilme analizi.

Statik gerilmesi 165,6 MPa bulunan ilk tasarımın patlatma basıncı için analiz gerçekleştirilmiş ve patlama basıncının 160,5 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Patlama basıncı 160,5 MPa bulunan muhafazaların gerilme dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir ve şekilden de görüleceği üzere patlama yan cidarda gerçekleşmesi beklenmektedir.

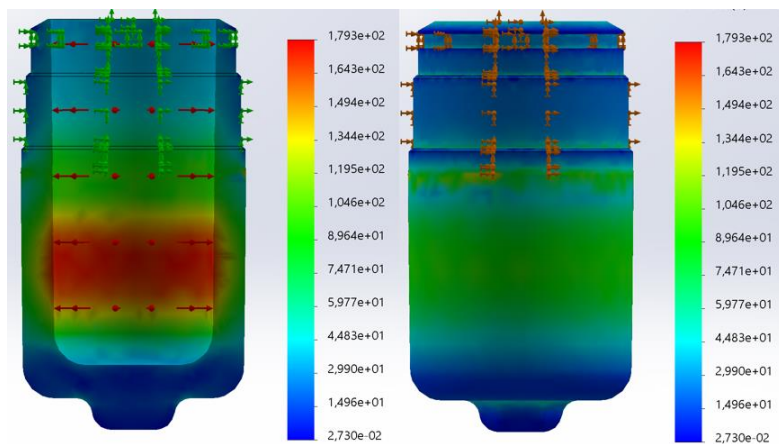


Şekil 5. 40 lt/dk filtre muhafazası ilk patlatma analizi gerilme dağılımı.

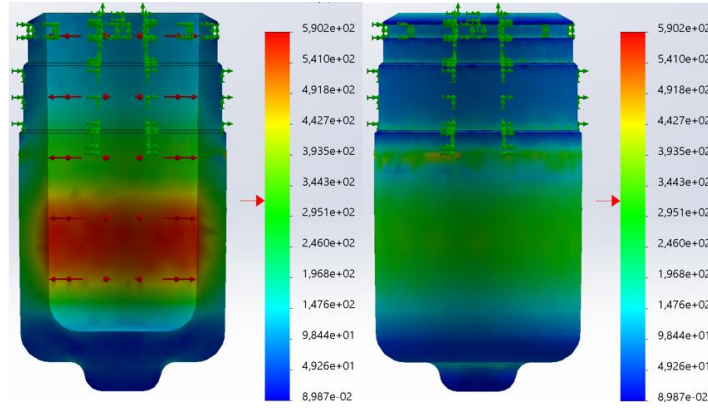
40 lt/dk filtre muhafazalarının ilk tasarımında yüksek patlatma basıncı elde edildiği için yeni tasarımda hem patlatma basıncı düşürmek hem de akış karakteristiğini artırmak amaçlı iç yarıçapta 1 mm olmak üzere çapta 2mm inceltme işlemi gerçekleştirilmiştir. İç çapta 2 mm inceltmiş filtre muhafazasına öncelikle 45 MPa basınç altında statik gerilme analizi uygulanmış ve parça üzerindeki statik gerilme 179,3 MPa bulunmuştur. Statik gerilme dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir.

İç çapta 2 mm inceltme uygulanmış ve statik gerilmesi 179,3 MPa bulunan ikinci tasarımın patlatma basıncı için analiz gerçekleştirilmiş ve patlama basıncının 148,1 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Patlama basıncı 148,1 MPa bulunan muhafazaların gerilme dağılımı Şekil 7'de gösterilmiştir ve görüleceği üzere patlama yan cidarda gerçekleşmesi beklenir.

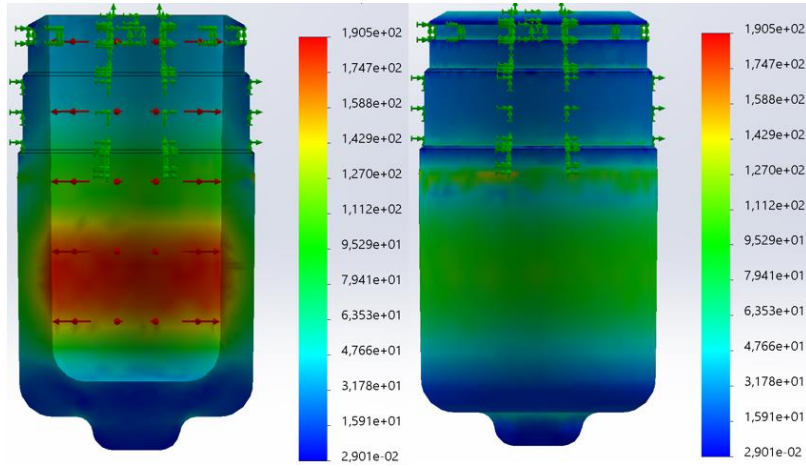
40 lt/dk filtre muhafazalarının ikinci tasarımında da istenilen 135 MPa yüksek patlatma basıncı elde edildiği için yeni tasarımda iç yarıçapta 0,5 mm olmak üzere iç çapta 1mm inceltme işlemi daha gerçekleştirilmiştir. İç çapta 1 mm daha inceltmiş filtre muhafazasına öncelikle 45 MPa basınç altında statik gerilme analizi uygulanmış ve parça üzerindeki statik gerilme 190,5 MPa bulunmuştur. Statik gerilme dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 40 lt/dk filtre muhafazası iç çapta 2mm inceltmiş (ikinci tasarım).

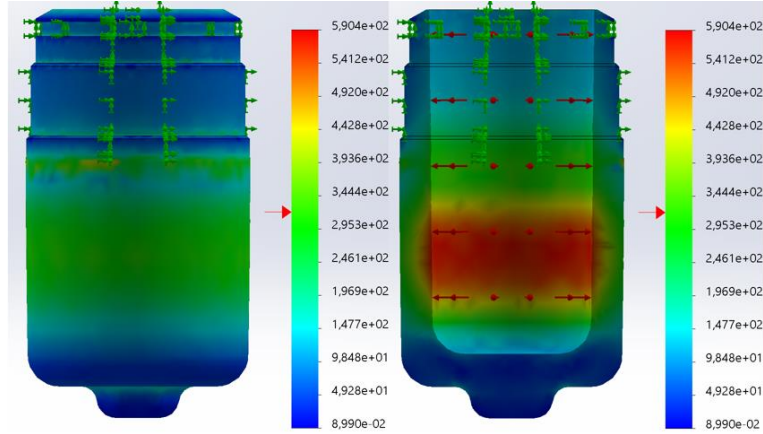


Şekil 7. 40 lt/dk filtre muhafazası ikinci patlatma analizi gerilme dağılımı.



Şekil 8. 40 lt/dk filtre muhafazası iç çapta 3 mm inceltilmiş (üçüncü tasarım).

İç çapta 1 mm daha inceltme uygulanmış ve statik gerilmesi 190,5 MPa bulunan üçüncü tasarımın patlatma basıncı için analiz gerçekleştirilmiş ve patlama basıncının 139,5 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Patlama basıncı 139,5 MPa bulunan muhafazaların gerilme dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir ve görüleceği üzere patlama yan cidarda gerçekleşmesi beklenmektedir.



Şekil 9. 40 lt/dk filtre muhafazası üçüncü patlatma analizi gerilme dağılımı.

Yüksek lisans çalışmalarına başlamadan önce yapılan analiz çalışmalarında filtre muhafazalarının iç taban radyüsünde gerilmeyi azalttığı ve üniformlaştırdığı için en optimum filtre iç taban radyüsünün R18 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma kapsamında, daha önce elde edilen bu verilerden yola çıkarak, yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda 40 lt/dk filtre muhafazasının ilk tasarımının iç yarı çapından 1,5 mm inceltmesine ve iç taban radyüsünün R10'dan R18'e çıkartılmasına karar verilmiştir. Yapılan analizler ve optimizasyonların karşılaştırılması Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 40 lt/dk filtre muhafazası karşılaştırma tablosu.

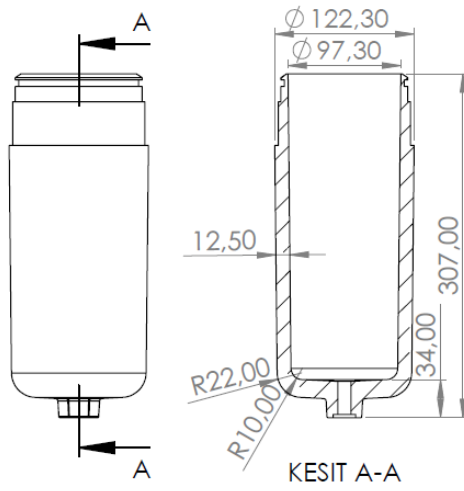
Özellik	İlk Tasarım	İkinci Tasarım	Üçüncü Tasarım	Optimizasyon Sonrası Nihai Tasarım
Taban Radyüsü	R10	R10	R10	R18
Ağırlık (kg)	1,66	1,53	1,47	1,40
Et Kalınlığı (mm)	10	9	8,5	8,5
Statik Analiz-Maksimum Gerilme (45 MPa basınç altında) (MPa)	165,6	179,3	190,5	185,5
Patlatma Akışkan Basıncı (MPa)	160,5	148,1	139,5	142,3

3.2. Filtre Muhafazası (250 lt/dk) Tasarımı ve Optimizasyonu

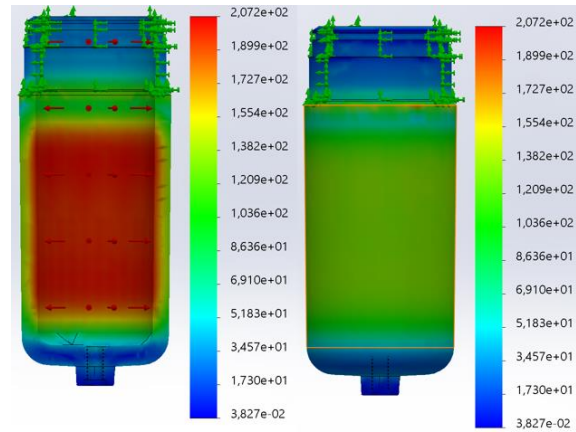
Bu bölümde yüksek basınç hattı filtrelerinin büyük başlığına uyumlu olan 3 farklı filtre muhafazasından ortanca boyu olan 250 lt/ dk filtre muhafazaları incelenmiştir. 250 lt/dk filtre muhafazasının ilk tasarımını Şekil 10'da verilmiştir.

İlk tasarımı yapılan 250 lt/dk filtre muhafazasına öncelikle 45 MPa basınç altında statik gerilme analizi uygulanmış ve parça üzerindeki statik gerilme 207,2 MPa bulunmuştur. Statik gerilme dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir.

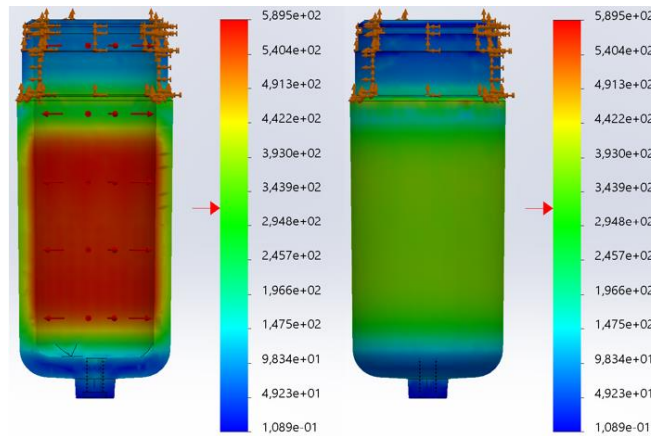
Statik gerilmesi 207,2 MPa bulunan ilk tasarımın patlatma basıncı için analiz gerçekleştirilmiş ve patlama basıncının 128 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Patlama basıncı 128 MPa bulunan muhafazaların gerilme dağılımı Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 10. 250 lt/dk filtre muhafazası ilk tasarımı.

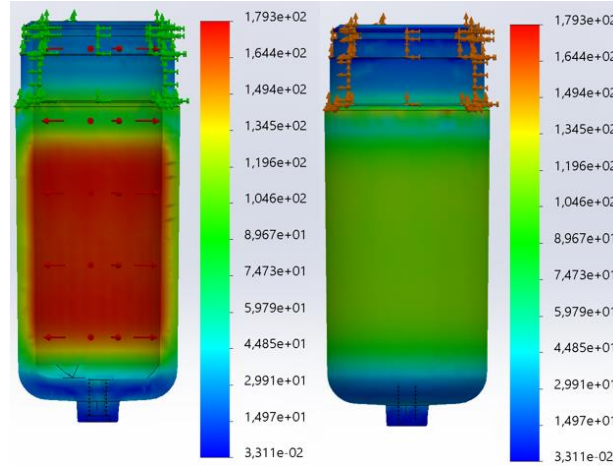


Şekil 11. 250 lt/dk filtre muhafazası ilk tasarımı statik gerilme analizi.



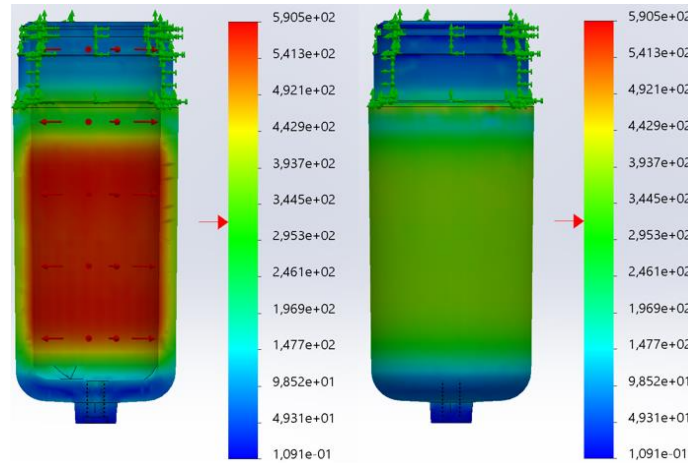
Şekil 12. 250 lt/dk filtre muhafazası ilk patlatma analizi gerilme dağılımı.

250 lt/dk filtre muhafazalarının ilk tasarımında patlatma basıncı istenilen değerden düşük elde edildiği için yeni tasarımda patlatma basıncını artırmak amaçlı dışı 1 mm olmak üzere çapta 2 mm kalınlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Dış çapta 2 mm kalınlaştırılmış filtre muhafazasına öncelikle 45 MPa basınç altında statik gerilme analizi uygulanmış ve parça üzerindeki statik gerilme 179,3 MPa bulunmuştur. Statik gerilme dağılımı Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. 250 lt/dk filtre muhafazası dış çapta 2 mm kalınlaştırılmış (ikinci tasarım).

Dış çapta 2mm kalınlaştırma işlemi uygulanmış ve statik gerilmesi 179,3 MPa bulunan ikinci tasarımın patlatma basıncı için analiz gerçekleştirilmiş ve patlama basıncının 141,8 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Patlama basıncı 141 MPa bulunan muhafazaların gerilme dağılımı Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14. 250 lt/dk filtre muhafazası ikinci patlatma analizi gerilme dağılımı.

Yapılan ön analiz çalışmalarında filtre muhafazalarının iç taban radyüsünde gerilmeyi azalttığı ve üniformlaştırdığı için en optimum filtre iç taban radyüsünün R18 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma kapsamında, daha önce elde edilen bu verilerden yola çıkarak, yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda 250 lt/dk filtre muhafazasının ilk tasarımının dış çapından 2 mm kalınlaştırmaya ve iç taban radyüsünün R10'dan R18'e çıkartılmasına karar verilmiştir. Yapılan analizler ve optimizasyonların karşılaştırılması Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. 250 lt/dk filtre muhafazası karşılaştırma tablosu.

Özellik	İlk Tasarım	İkinci Tasarım	*Optimizasyon Sonrası Nihai Tasarım
Taban Radyüsü	R10	R10	R18
Ağırlık (kg)	9,02	9,65	9,57
Et Kalınlığı (mm)	12,5	13,5	13,5
Statik Analiz-Maksimum Gerilme (45 MPa basınç altında) (MPa)	207,2	179,3	174,6
Patlatma Akışkan Basıncı (MPa)	128	141	143,8

Gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizlerine göre filtre gövdesinde oluşan maksimum gerilmemenin olduğu yani patlamanın oluşacağı bölge ve patlama basıncı değeri, test ünitesinde gerçekleştirilen patlatma deneylerinde oluşan patlama bölgesi ve basınç değeri ile oldukça uyum göstermiştir (Şekil 15). Buradan, gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizlerinin güvenilirliği ortaya konulmuştur.

Optimizasyon sonucunda elde edilen geometrik ölçüler kullanılarak 40, 63 ve 250 lt/dk olmak üzere üç farklı kapasitedeki filtreler üretilmiştir (Şekil 16) ve tüm filtreler ISO 3968 ve ISO 10771-1 standartlarına uygun olarak testleri başarıyla geçmiştir. Mesa Makina bünyesinde endüstride sık kullanılan hidrolik yüksek basınç hattı filtreleri için geniş aralıkta modeller başlık, siviç ve filtre elemanını da içerecek şekilde bitmiş ürün olarak ticarileşme aşamasındadır.

**Şekil 15.** Patlatılmış filtre modelleri.**Şekil 16.** Yerli olarak tasarlanıp üretilmiş yüksek basınç hattı filtreleri.

KAYNAKLAR

- [1] GÜLEÇ, M., “Hidrolik- Temel Bilgiler ve Devre Elemanları”, HYDAC Service GmbH, 3738369, 2012.
- [2] EMANET, S., “Hidrolik Sistemlerde Filtrasyon ve Filtre Elemanının Özellikleri,” II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, 2001.
- [3] ARULJOTHİ B., Junaid Basha A. M., “Multipass Performance of Different Medias in Aircraft Hydraulic Filters”, Indian Journal of Science and Technology, Vol 7 (4), 447-451, 2014.
- [4] MOMİN T., Balasubramanian S., 2017. “Design and Analysis of High Pressure Hydraulic Filter for Marine Application” Materials Science and Engineering, Volume 197, Issue 1.
- [5] EN 1563:2018, Founding, Spheroidal graphite cast irons.
- [6] RABINOWICZ et al., Pall Corporation, 2016, Filtration e-Book.
- [7] FELIX, NG et al. “Improving Hydraulic excavator performance through in line hydraulic oil contamination monitoring”, Mechanical Systems and Signal Processing, 83, pp. 176-193, 2016.
- [8] SERDAROĞLU, A., “Hidrolik Sistemlerde Filtrasyon”, I.Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, 1999.
- [9] GORLE, J.M.R. et al., “Effect Of Temperature, Flow Rate And Contamination On Hydraulic Filtration, 2018.
- [10] TEKELİOĞLU, S., Eldek, S., Gümüş, H., Sarıgül, A., Ayhan, Ş., Kahraman, A. & Dilmeç, M., “Hidrolik Yüksek Basınç Hattı Filtre Gövdesinin Tasarımı, Optimizasyonu, Üretimi ve Test Edilmesi”, Mühendis ve Makina, 61 (701), 299-319, 2020.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin GÜMÜŞ

1996 yılı Konya doğumludur. 2018 yılında Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiş ve aynı üniversitede yüksek lisansa başlamıştır. 2019 yılında Mesa Makina Ar-Ge Merkezinde Patent, Teşvik ve Araştırma Sorumlusu olarak göreve başlamıştır. 2022 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. Şu an Ar-Ge Mühendisi ve Patent, Teşvik ve Araştırma sorumlusu olarak Mesa Makina’da çalışmaya devam etmektedir.

Ali ÖZTÜRK

Lisans eğitimini Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü’nde tamamlamış; yüksek lisans ve doktora eğitimini Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Programı, Mekanik Anabilim dalında yapmıştır. Hâlen Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Mekanik Anabilim Dalı’nda Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır.