YÜKSEK BASINÇ HATTI FİLTRELERİNİN YERLİ İMALATI VE TEST EDİLMESİ

***Hüseyin GÜMÜŞ, **Murat DİLMEÇ, **Ali ÖZTÜRK**

***Mesa Makina Döküm Gıda San ve Tic. A.Ş., Konya,Türkiye,**
****Necmettin Erbakan Üniversitesi Konya Türkiye**

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde yerli üretimi olmayan yüksek hidrolik basınç hattı filtrelerinin tasarımı, gövde ağırlık optimizasyonu yapılarak yerli imalatı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca filtre gövdeleri ilk defa döküm yöntemiyle üretilmiştir. Ağırlığı azaltma çabalarından dolayı gerçekleştirilen sonlu elemanlarla optimizasyon çalışmalarında, taban radyüsü, gövde kalınlığı ve muhafazaların döküm çıkma açısının etkisi incelenmiş ve yapılan optimizasyon sonucunda, 40 lt/dk filtre muhafazasının ağırlığı %18,5 azaltılırken, 250 lt/dk filtre muhafazasının ağırlığı gerekli mukavemeti sağlamak amacıyla %6,1 arttırılmıştır. Gövde ağırlık optimizasyonu gerçekleştirildikten sonra filtre gövdeleri döküm yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen 40, 63 ve 250 lt/dk olmak üzere üç farklı kapasitedeki filtrelerin ISO 3968 ve ISO 10771-1 standartlarına uygun olarak testleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik yüksek basınç hattı filtresi; Optimizasyon, Filtre testleri.

ABSTRACT

In this way, a malfunction that may occur in the system due to hydraulic oil can be prevented. In this study, the design of high hydraulic pressure line filters, which are not domestically produced in our country, were made domestically by optimizing the body weight. In addition, filter bodies were produced by casting method for the first time. In the optimization studies with FEA carried out due to weight reduction efforts, a comprehensive optimization study was conducted by examining the effect of base radius, body thickness and protrusion angle of the casings. As a result of the optimization, the weight of the 40 lt/min filter housing was reduced by 18.5 %, while the weight of the 250 lt/min filter housing was increased by 6.1% in order to provide the required strength. After the body weight optimization was carried out, the filter bodies were produced by casting method. The filters produced in three different capacities, 40, 63 and 250 lt/min, were tested in accordance with ISO 3968 and ISO 10771-1 standards.

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

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.

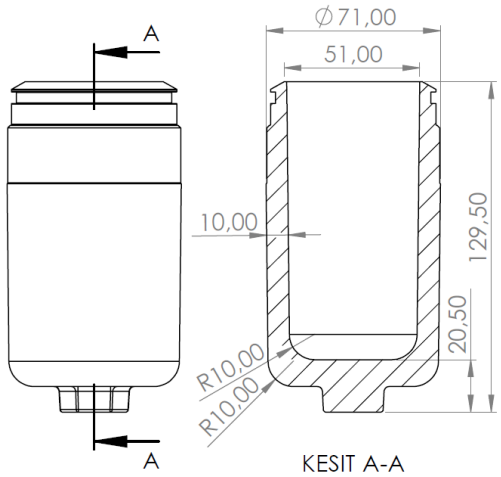
Yüksek basınca maruz kalan filtre gövdesinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak mekanik olarak analizlerinin yapılması tasarımın güçlendirilmesi açısından önem arz etmektedir [1]. Momin ve arkadaşları [4], denizcilik uygulamalarında yüksek basınç filtrelerinin tasarımı ve analizini gerçekleştirmişlerdir. 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 FEM analizini kullanmışlardır. Analizler sonucunda, filtre gövdesinin maksimum gerilme dağılımı elde edilerek iyileştirme çalışmaları yapmışlardır [4].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

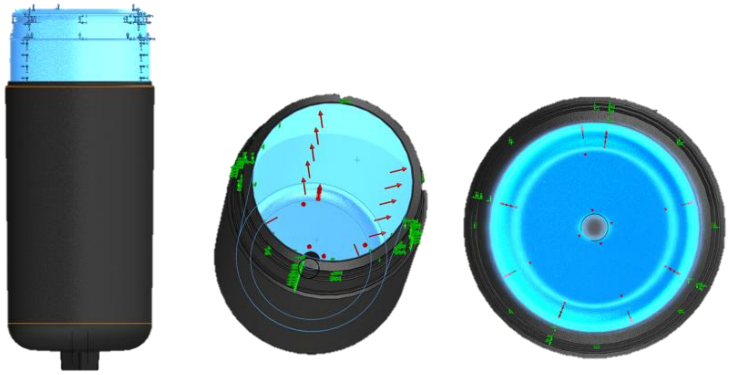
2.1. Gövdenin Statik ve Dinamik Analizi

Döküm yöntemi ile üretilmek üzere tasarlanan hidrolik basınç hattı filtre gövdelerinin statik ve dinamik sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, 40, 63 ve 250 lt/dk olmak üzere üç farklı kapasitedeki filtre gövdeleri Solidworks katı model programı kullanılarak tasarlanmıştır. Her üç kapasiteli filtre için de aynı tasarım kullanılmıştır.

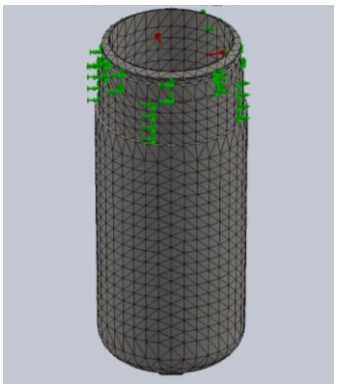
Şekil 1'de 40 lt/dk kapasiteli filtre için katı model verilmiştir. Her üç tip için de filtre gövdelerinin statik ve dinamik olarak sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Filtre gövde malzemesi EN-GJS-500-7 olarak belirlenmiştir. Sonlu elemanlar analizinde filtre gövdesinin başlığa montaj yapıldığı kısım sabit tanımlanmıştır. Daha sonra filtre gövdesi içerisine yüksek basınç hattı filtrelerinin işletme basıncı olan yaklaşık 45 MPa statik basınç uygulanmıştır (Şekil 2). Tanımlamalardan sonra filtre gövdesi sonlu elemanlar ağına bölünmüştür (Şekil 3).



Şekil 1. Tasarlanan 40 lt/dk kapasiteli filtre gövdesinin ön tasarım teknik ölçüleri.



Şekil 2. Filtre gövdesinin sınır koşulları ve yükleme tanımları.



Şekil 3. Filtre gövdesine sonlu elemanlar ağı oluşturulması.

Hidrolik basınç hattı filtrelerinin istenilen çalışma koşulları altında hizmet verebilmesi filtrede kullanılan malzemeye, filtrenin boyutsal özelliklerine ve üretim yöntemlerine bağlıdır. Bu tez çalışmasında, 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. Tabloda 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
NOT: Aralık verilmeyen değerler minimum değerlerdir.			

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.

2.1. Uygulanan Testler

Filtrelerin çalışma koşulları ve kapasitelerdeki basınç hattı filtreleri, endüstride talep edilen kapasiteleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Filtre gövdesinin patlama ve yorulma basıncı, akış karakteristikleri, sızdırma testi ve bypass valfi açma/kapama basıncı testleri filtrelerin performansının ortaya konulması açısından önem taşımaktadır. Hidrolik sistemlerde yüksek basınç düşmeleri istenmeyen durumlardır ve basınç düşüşleri en az olacak şekilde tasarımlar yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı basınç hattında oluşan basınç kayıplarının da minimum düzeyde olması istenir. Basınç hatlarında hidrolik valfler ve hidrolik filtreler genel olarak basınç kaybı oluşturan iki elemandır. Hidrolik filtreler boyutsal ve işlevsel olarak basınç hattındaki basıncın kaybolmasına neden olduklarından, filtrelerin akış karakteristiklerinin uluslararası standart testlere göre belirlenmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu testler, hidrolik basınç hattı filtrelerinde kullanılan bypass valflerinin açma ve kapama basınçları tayin eden ISO 3968 standardına göre yapılmaktadır ve debiye karşı oluşan fark basıncı değerlendirilmektedir [6]. Sızdırma testleri, hidrolik filtreye kullanılan sızdırmazlık elemanlarının filtre ile beraber çalışma performansını belirlemek için yapılır. Bu testte, filtrenin giriş kısmından bağlantı verilir ve diğer bütün çıkışları kapatılarak filtre içerisine yağ gönderilerek gerçekleştirilir. Test sırasında sızıntı debimetresinden alınan veriler kaydedilerek raporlanır.

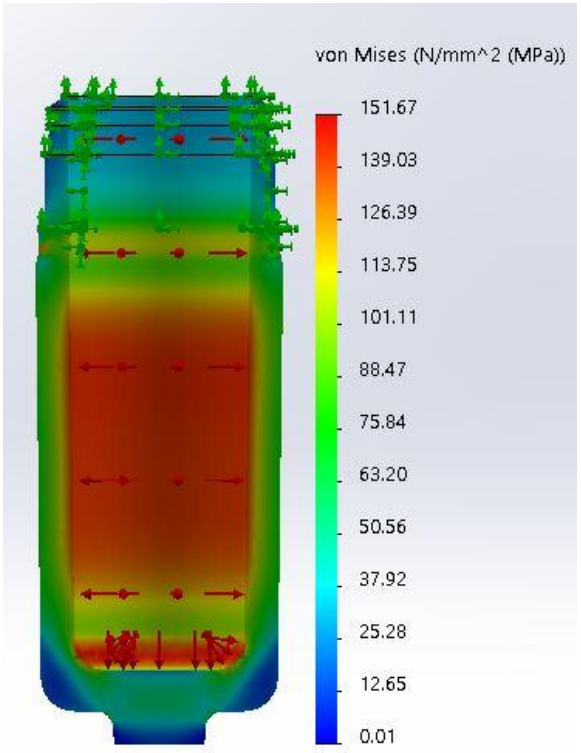
Hidrolik sistemlerde çalışma koşullarından dolayı anlık basınç dalgalanmaları olabilmektedir. Anlık basınç yükselmeleri sistem ve sistem ekipmanlarına zarar vermesinin yanı sıra hidrolik filtreye de zarar verebilir ve ciddi problemlere neden olabilir. Ancak bu ani basınç değişimlerinin değeri tam olarak tespit edilemez. Bundan dolayı, hidrolik filtrelerin patlama basıncı değerleri güvenilirlik açısından önemlidir. Bu

durumlarda emniyet katsayısının en az 3 alınması uygun olacaktır ve bu sayede ani basınç yükselmelerinden dolayı kaynaklanacak zararların önüne geçilebilir. Belirlenen bu emniyet katsayısı çalışma koşullarına göre hidrolik sistemlerde oluşan maksimum ani basınç yükselme katsayısı olarak değerlendirilebilir. Tasarımı gerçekleştirilen hidrolik filtrelerin patlama analizleri 3 kat emniyetli olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve patlatma testleri TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında tasarlanıp imal edilen test makinasında gerçekleştirilmektedir. Hidrolik filtrelerin çalışma koşullarında ömrünün tespit edilmesi için ISO 10771-1 standardına [7] göre testler yapılmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Analiz Sonuçları

Filtre gövdesinin optimum gövde cidar kalınlığı, taban radyüsü değerleri Şekil 4'te bir örneği görülen sonlu elemanlar analizi sonuçlarına göre belirlenmiştir. Gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizlerine göre filtre gövdesinde oluşan maksimum gerilmemenin oluştuğu yani patlamanın oluşacağı bölge ve patlama basıncı değeri, test ünitesinde gerçekleştirilen patlatma deneylerinde oluşan patlama bölgesi ve basınç değeri ile oldukça uyum göstermiştir (Şekil 5). Buradan, gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizlerinin güvenilirliği ortaya konulmuştur. İlk modele göre elde edilen gerilme dağılımları incelenmiş ve filtre gövdesinin yan duvarlarındaki gerilmelerin 150 MPa civarında olduğu ve cidarda yapılan 1 mm inceltme sonucunda da bu maksimum bölgedeki gerilmenin ciddi olarak değişmediği görülmüştür. Optimizasyon sonucunda tüm modeller için emniyet katsayısı daha kalın cidarlı ön tasarıma göre önemli oranda azalmamıştır.



Şekil 4. Filtre gövdesine sonlu elemanlar ağı oluşturulması.

Şekil 5. Patlatılmış filtre modelleri

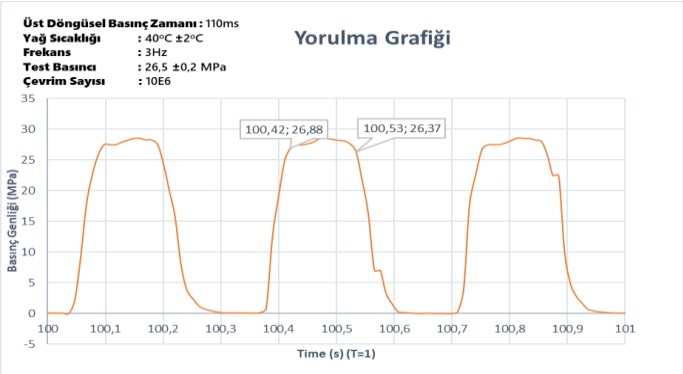
Gerçekleştirilen optimizasyon sonuçları sadece 63 lt/dk model için olan veriler bu çalışmada paylaşılmıştır. 63 lt/dk model için optimizasyon sonuçlarına göre elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Diğer modeller için de benzer % oranlarda ağırlık tasarrufu yapılmıştır.

Tablo 3. 63 lt/dk kapasiteli filtre muhafazası optimizasyonu sonuçları

Özellik	İlk model	Optimize edilmiş model
Taban radyüsü (mm)	R10	R18
İki radyüs arasındaki ölçü (mm)	15,53	12,45
Ağırlık (gr)	2507	2018
45 MPa basınç altında parçada oluşan maksimum gerilme (MPa)	152	154
Emniyet katsayısı	2,3	2,27
Patlatma Akışkan Basıncı (MPa)	143	141

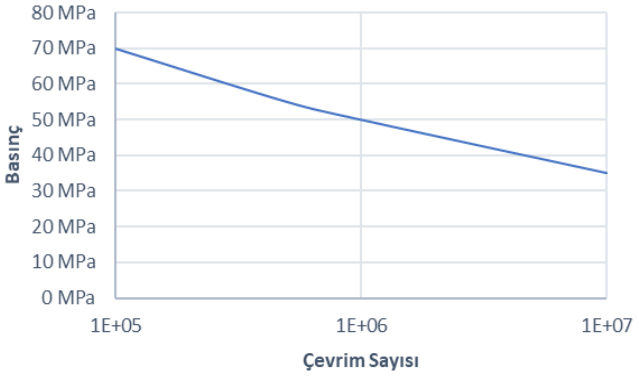
3.2. Yorulma Testi Sonuçları

Mesa Makina bünyesinde tasarlanıp imal edilen hidrolik filtre gövdeleri yine firmada tasarlanıp imal edilen test makinasında yorulma testine tabi tutulmuştur. Testte ISO 10771-1 standardında belirtilen koşullarda +0, + 26,5 MPa dinamik basınç uygulanmıştır. Makineden alınan yorulma grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Uygulanan dinamik basınç

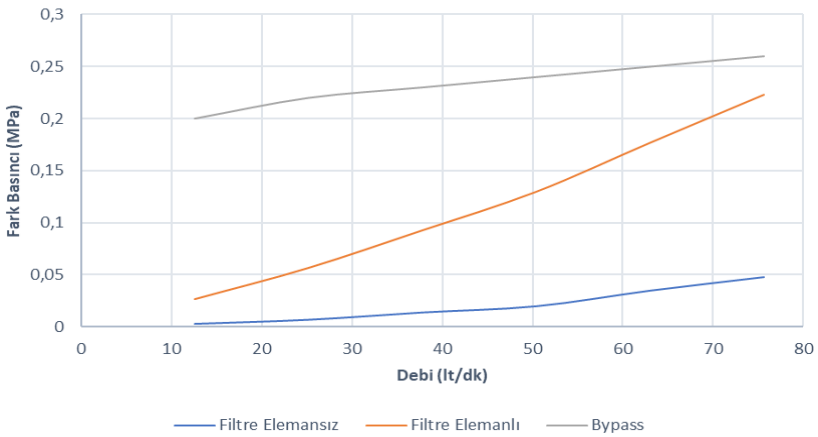
ISO 10771-1 standardında 10^5 çevrim ile 10^7 çevrim arasında yorulma çevriminin filtre gövdeleri için uygun olduğu belirtilmektedir. Mesa Makina bünyesinde gerçekleştirilen yorulma testleri sonunda 10^6 çevrime ulaşılmış ve gövdede herhangi bir deformasyon veya hasar gerçekleşmemiştir. Elde verilere göre uyarlanmış sonlu elamanlar analizi sonucunda ulaşılan gerilme-ömür grafiği Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Gerilme-ömür grafiği

3.3. Geçirgenlik Testi

Geçirgenlik testleri ISO 3968 standardının belirtmiş olduğu koşullar altında gerçekleşmiştir. Testler sırasında öncelikle sistemin fark basıncı testi yapılmıştır. Filtre elemanı ve mahfaza montajı gerçekleştirildikten sonra geçirgenlik testi yaparak filtre elemanlı filtre karakteristiği belirlenmiştir. Geçirgenlik testleri sonucu elde edilen karakteristik eğriler Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Filtre akış karakteristikleri ve fark basıncı

Yerli olarak tasarlanıp imal edilen filtreler muadil ürünlere göre geçirgenlik açısından yaklaşık %15 civarında daha iyi performansa sahip olduğu belirlenmiştir.

3.4. Patlatma Testi

Mesa Makina tarafından tasarlanıp imal edilen hidrolik filtre test cihazında filtrelere basınç uygulanmıştır ve testler sonucunda patlama basıncı 158 MPa olarak elde edilmiştir. Patlatılmış numuneler Şekil 5'te görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre de patlama basınçları 140 MPa civarında elde edilmişti. Elde edilen deneysel sonuçlar analiz sonuçlarından bir miktar yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi olarak, kullanılan malzemenin mukavemet değerinin literatürden daha yüksek olması gösterilebilir. Bu sonuçlarda Mesa Makina'nın tasarlayıp üretmiş olduğu hidrolik filtre patlatma testinde yapılan analizlerden daha mukavemetli üretim gerçekleştirildiği görülmüştür.

4. Sonuçlar

Optimizasyon sonucunda elde edilen geometrik ölçüler kullanılarak 40, 63 ve 250 lt/dk olmak üzere üç farklı kapasitedeki filtreler üretilmiştir (Şekil 9) 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 9. Yerli olarak tasarlanıp üretilmiş yüksek basınç hattı filtreleri

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Mesa Makina tarafından yürütülen 1180163 nolu ve "Hidrolik Basınç Hattı Filtrelerinin Tasarımı, Üretilmesi ve Test Edilmesi" isimli TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Alınan destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

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] TS ISO 3968, Hidrolik Akışkan Gücü- Filtreler- Akış Karakteristiklerine Karşı Fark Basıncının Değerlendirilmesi, Şubat 2005.
[7] TS ISO 10771-1, Hidrolik Akışkan Gücü- Basınç Altında Çalışan Metal Mahfazların Yorulma Basınç Deneyleri, Mart 2017.