

HAVA FİLTRELERİNDE KULLANILAN CONTA PROFİLLERİNİN TOZ TUTMA KAPASİTESİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

¹Ferhat CERİTBİNMEZ*²Erdoğan KANCA, ²Ersan KIRAR

¹Fil Filtre Ltd. Şti. – İskenderun – HATAY - TÜRKİYE

*²Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fak. İskenderun - Hatay –TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada, panel filtrede kullanılan ve sızdırmazlığı sağlayan farklı conta kesitlerinin toz tutma kapasitesine etkileri incelenmiştir. Kaliteli hava filtresi üretiminde, en iyi süzücü eleman kullanmanın yanı sıra sızdırmazlığı sağlayan ve filtrenin araç üzerinde montaj edildiği sisteme uygun conta kesitleri önemli yere sahiptir. Filtre içinde süzülen hava ile dış ortam arasındaki basınç farkından kaynaklanan süzülmemeyen hava geçişini önlemeye yarayan contanın, uygulanan basınçla, filtre kabıyla temasının kesilmemesi gerekmektedir. Bu bağlamda sızdırmazlığı sağlayacak farklı conta kesitine sahip filtreler üretildi. Üretilen kesitler öncelikle sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek incelendi. Yapılan incelemede sızdırmazlığı en iyi olan beş kesit tespit edilip üretimi yapıldı. Üretilen filtreler özel hazırlanmış conta mukavemetini test eden düzenek ile teste tabi tutulup çıkan sonuçların modelleme sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür. Yapılan çalışma neticesinde tasarlanan filtre kompleksine en uygun, sızdırmazlığı en iyi conta kesiti kare profil olarak görüldü.

Anahtar kelimeler: Hava filtreleri, Conta profilleri, Toz tutma kapasitesi,

ANALYSE OF EFFECTS TO THE DUST HOLDING CAPACITY OF GASKET PROFILES WHICH ARE USED FOR AIR FILTERS

Summary

At this project, it is analysed the effects of the different gasket sections which are used for panel filters and which provide the leakproofing to the dust holding capacity. At the production of high quality air filters, in addition to using the best percolator, gasket sections which provide leakproofing and which is in accordance with the system of filters mounted on the vehicle have an important place. It is required discontinuation of contact with filter bowl for gasket which serves to prevent the passage of air infiltration due to the pressure difference between the filtered ambient air within the filter. In this mention, the filters, having different gasket sections which provide the leakproofing, have been produced. Firstly, the produced sections have been analysed by modeling with the finite element method. At this analysis, the best five leakproofing sections have been determined and produced. After the produced filters has been tested with the specially prepared assembly which is testing the gasket resistance, the results has been observed to coincide with modeling results. At the result of this study, the square profile have been seen as the best appropriate to filter complex and the best leakproofing gasket section.

Keywords: Air filter, Gasket Profiles, Dust holding capacity

*Corresponding author: Address: Fil Filtre Ltd. Şti., Güzelçay Mah. Şht. Cahit Tütüncü Cad. No:8 Akçay / İSKENDERUN / HATAY. E-mail address: ferhatceritbinmez@gmail.com, Phone: +90 326 626 2080

1.Giriş

Benzinli ve dizel motorla çalışan araçlarda motor içerisindeki pistonların hareket edebilmesi için gerekli olan yanma ve patlama işleminin gerçekleşmesinde ihtiyaç duyulan oksijenin yani temiz havanın tedarikinde hava filtreleri hayati önem taşır. Hava filtresinin en önemli amacı, olası her türlü tozlu ortamda motorun aşınmalara karşı yeterli bir biçimde korunmasını garanti etmektir[1]. Hava filtresi, hava girişi üzerine yerleştirilmiş ve emme havasının içerisinde bulunan is, toz, kum, polen, lastik aşınması, gibi istenmeyen maddeleri filtreleyerek bunların motora girmesini engeller[2]. Bu maddeler motora gidecek olursa, silindir ve piston segmanlarının aşınmalarına neden olur [3]. Ayrıca bunlar motor yağına karışacak olursa, motor yağının ulaştığı diğer motor parçalarının da aşınmasına neden olur[4]. Düzensiz hava ve yakıt karışımı, silindirlerdeki karbon birikimini artırırken yanma odalarına giden tortu motora zarar verir, pistonlarda yiv oluşumuna, yakıt tüketiminde artışa, motor performansında azalmaya sebep olur. Kaliteli filtre üretiminde en iyi süzücü elaman kullanmanın yanı sıra sızdırmazlığı sağlayan ve filtrenin araç üzerinde montaj edildiği sisteme uygun conta profilleri de önemli yere sahiptir[5].

Geçmiş dönemlerde hava filtreleri ve toz tutma kapasiteleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, Tadeuz J., Stephen L. F., Gerald Z. L, Scoot P. H; stok tip panel filtreler tanıtılmış ve normal panel filtreler ile mukayese edilmiş ve panel tip hava filtrelerinin normal filtreler göre daha yüksek toz tutma kapasitesine sahip olduğu, böylece motor aşınmalarının azaldığı tespit edilmiştir[6].

Gülseven Z., yaptığı çalışmada kuru tip hava filtrelerin tıkanıklığını incelemiştir. Binek oto filtresi ve iş makinesi filtresi TS 932 de belirtilen deney setine göre yapılmış deney düzeneğinde toz tutma verimleri hesap edilmiştir. Ayrıca filtre giriş-çıkış arasındaki basınç farkları ve hava debisi değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda; filtre tıkanıklığı arttıkça hava debisinin azaldığı, filtrenin giriş çıkışı arasındaki basınç farkının arttığı tespit edilmiştir[7].

Graham ve Ark.(2002), hava filtreleri olarak kullanılan nanofiberlerle ilgili araştırmalarda bulunmuştur. Buna göre aynı basınç değerinde 1µm'dan küçük fiberlerin partikülleri daha verimli yakaladığını, fiber çapının küçülmesiyle yakalanan partikül boyutunun küçüleceğini, partikül yakalama veriminin artacağını tespit etmişlerdir[8].

Vaughn ve Ramachandran (2002) ve Doğan(2006) hava filtrelerinin fiber çapı, yüzey alanı, gözeneklilik, gramaj gibi yapısal özelliklerini inceleyerek, bunların filtreleme mekanizmasına etkisini açıklamıştır[9].

Doğan(2006) filtre performans parametrelerinden basınç kaybıyla ilgili olarak, filtrenin filtrasyona başladıktan sonra mümkün olan en yüksek basınç kaybına en uzun sürede ulaşmasının istenen bir özellik olduğunu ifade etmiştir. Basınç kaybının toz tutma kapasitesine dolayısıyla filtre ömrüne etki ettiğini belirtmiş, nedenini artan basınç farkıyla filtrenin ömrünü kısa sürede tamamlaması ile açıklamıştır[10].

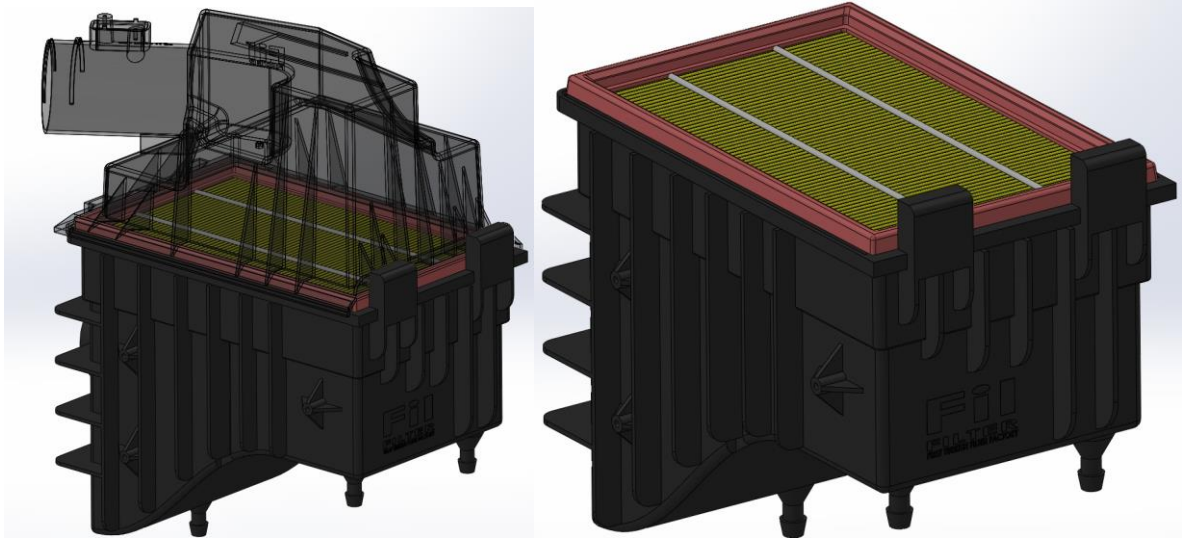
Kaliteli panel filtre üretiminde önemli yere sahip olan contalama ve conta profilleri hakkında literatürde detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada sızdırmazlığı sağlayacak farklı conta kesitine sahip filtreler üretildi. Üretilen kesitler öncelikle sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek incelendi. Yapılan incelemede sızdırmazlığı en iyi olan beş kesit tespit edilip üretimi yapıldı. Üretilen filtreler özel hazırlanmış conta mukavemetini test eden düzenek ile teste tabi tutulup çıkan sonuçların modelleme sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür. Yapılan çalışma neticesinde tasarlanan filtre kompleksine en uygun, sızdırmazlığı en iyi conta kesiti kare profil olarak görüldü.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Materyaller

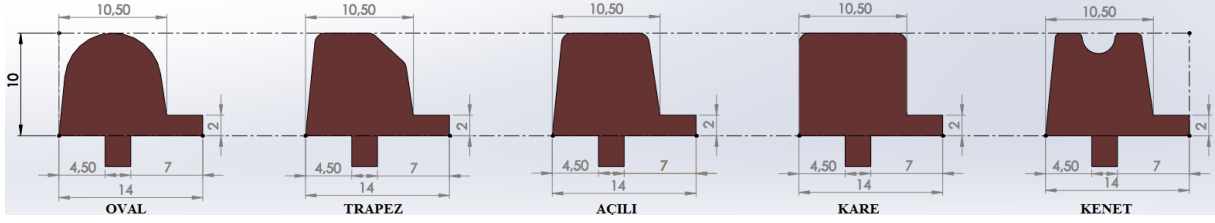
2.1.1. Filtre Tasarımı

Filtre tasarımı yapılırken monte edileceği kabın yuva ölçüleri dikkate alınır. Sızdırmazlığın sağlanması, montaj uyumluluğu, sıkılık gibi sistemin ihtiyaçlarını karşılamak dikkat edilecek konulardır. Birbirinden farklı motor hacmine sahip araçlarda farklı süzme alanına sahip, değişik geometrilere kullanılan panel filtreler bulunmaktadır. Kaba uyumlu tasarlanan dikdörtgen panel filtrenin sızdırmazlığı sağlayan kritik ölçüleri; filtre kompleksine uygun (Şekil1) olarak hesaplandı ve ölçümler esnasında montajdan kaynaklı sızıntılar ortadan kaldırıldı.



Şekil 1. Tasarlanan panel filtrelerin monte edildiği filtre kompleksi (Filtre Yuvası)

Şekil 2 de görünen birbirinden farklı conta profiline sahip filtreler aynı yuvaya oturacağı için en, boy ve yükseklikleri aynı olacak şekilde; conta profilleri ise oval, trapez, açılı, kare ve kenet model olarak 5 farklı şekilde tasarlanıp üretimleri yapıldı. Süzücü elemanın oturmuş olduğu yüzey ölçüleri tüm profillerde sabit tutuldu ve süzme alanlarının eşit olması sağlandı. Bu şekilde tıkalı yüzeye etki eden basınç dağılımı etki yüzeyi tüm modellerde homojen oldu.



Şekil 2. Tasarlanan ve üretimi yapılan 5 farklı conta modeli kesitleri

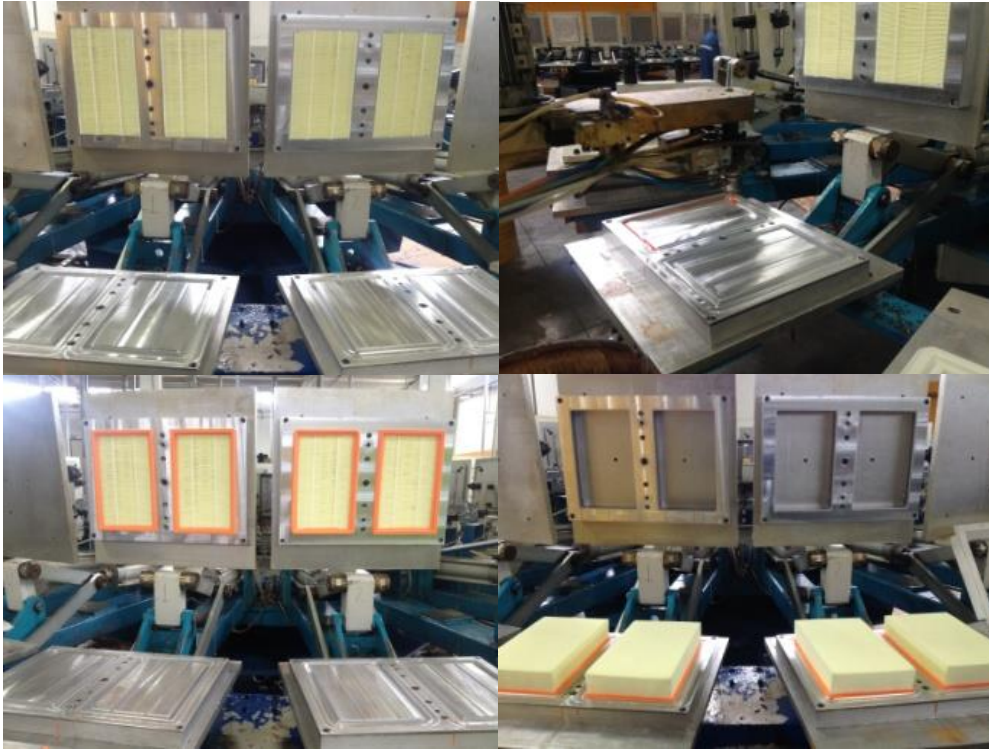
2.1.2. Kalıp Tasarımı

Panel filtrelerin imalatları plastik veya alüminyum kalıplarında yapılmaktadır. Yüzey kalitesi, maliyet düşünülerek 5083 serisi alüminyum kullanılmıştır. Üretilen filtrelerin kenarlarında çapak olmaması için kalıplara kesme profilleri ve merkezleme pimleri eklenmiştir. Kalıp tasarımları yapılırken monte edileceği İtalyan Linea 300 marka karoser makinası dikkate alındı.

2.2. Yöntem

2.2.1. Karoser Makinalarında Panel Filtre İmalatı

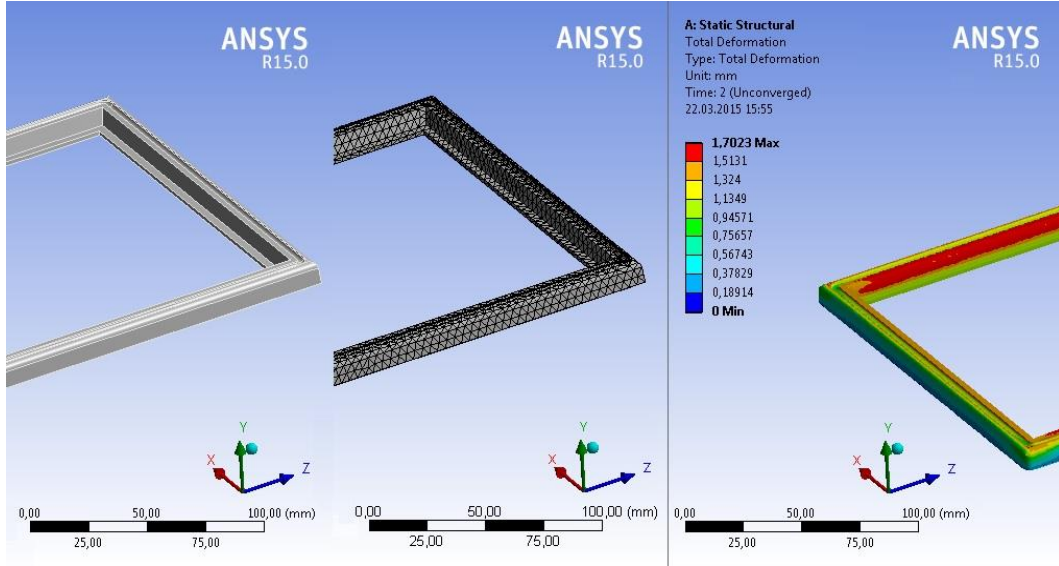
İmalatı yapılan kalıplar Şekil 3 de görünen İtalyan Linea 300 marka karoser makinasına monte edilerek kalıp baskı ayarı yapıldı ve kalıpların öpüşmesi sağlandı. 35 °C tabla sıcaklığı ve 4.5dk kalıp açma süresi tüm dökümlerde sabit tutuldu. İmalatı yapılan tüm filtrelerin conta malzemeleri aynı kazan içerisinde %37±3 Poliöl (100gr) ve izosiyonat (37gr) karışımı hazırlanarak döküm yapıldı. Üretim sonrasında tüm filtrelerin contalarının sertliği shoremetre ile ölçülerek 22±3 shore olduğu görüldü.



Şekil 3. Karoser makinasında panel filtre imalatı

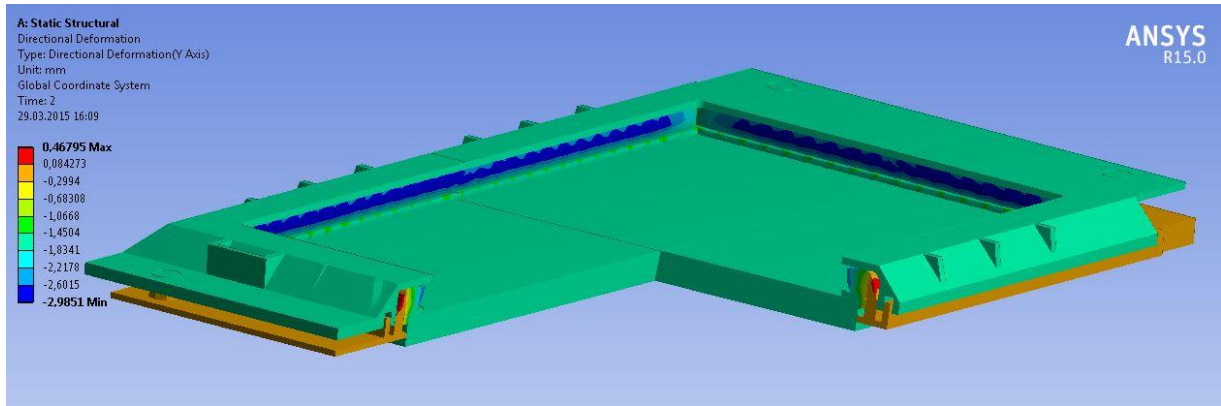
2.2.2. Tasarlanan Filtrelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi

Parçaların üretiminden önce tasarım sürecinden geçmesi gerekir. Tasarım aşamasında fonksiyonellik, maliyet ve kalite göz önüne alınır. Çizimi yapılan tasarımın çalışma koşulları altında uygun çalışıp çalışmayacağı analizlerle belirlenir (Şekil 4). Bunun içinde gerekli mühendislik hesaplamalarının ve analizlerinin yapılması gerekir. Mühendislikte, analitik hesaplama, nümerik hesaplama (FEM) ve deneysel çalışma olarak 3 farklı çözüme yaklaşım vardır.



Şeki 4. Geometrik model, Sonlu elemanlar modeli ve Nodal sonuç

Sonlu elemanlar metodu; analitik hesaplamalarla veya deneysel çalışmalarla değerlendirilemeyen karmaşık problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde nümerik yöntemlerle çözülmesiyle yaklaşık çözümün elde edildiği bir çözüm şeklidir. 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.



Şekil 5. Conta profillerinin sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmesi

Şekil 5'te görülen kaba, 5 farklı conta profilleri monte edildi; filtre kompleksinin alt kabı sabit tutuldu, filtre yuvaya oturtulup üst kap kapatılıp 1.5mm baskı(sıkıştırma) yapıldıktan sonra filtrelerin contalarına kuvvetler uygulandı, uygulanan kuvvetler neticesinde filtre contalarında gerilmeler, çekmeler ve yer değiştirmeler gözlemlendi ve kayıt altına alındı. 1, 2 ve 3 bar basınç değerlerinde filtre contalarında gözlenen gerinim (mm/mm) ve yer değiştirme (mm) grafikleri çizildi. İmalat esnasında kullanılan conta malzemesi 37 ± 3 Poliöl (100gr) ve izosiyonat (37gr) için ANSYS programına malzeme tanımlaması yapılırken ANSYS hiperelastik kütüphanesinde olan (elastomer sample yeoh)'un test verileri(unaxial, biaxial ve shear testleri) kullanılarak mooney-rivlin 2 modeli seçildi ve tüm conta modellerinde aynı malzeme üzerinden çözümler yapıp karşılaştırıldı.

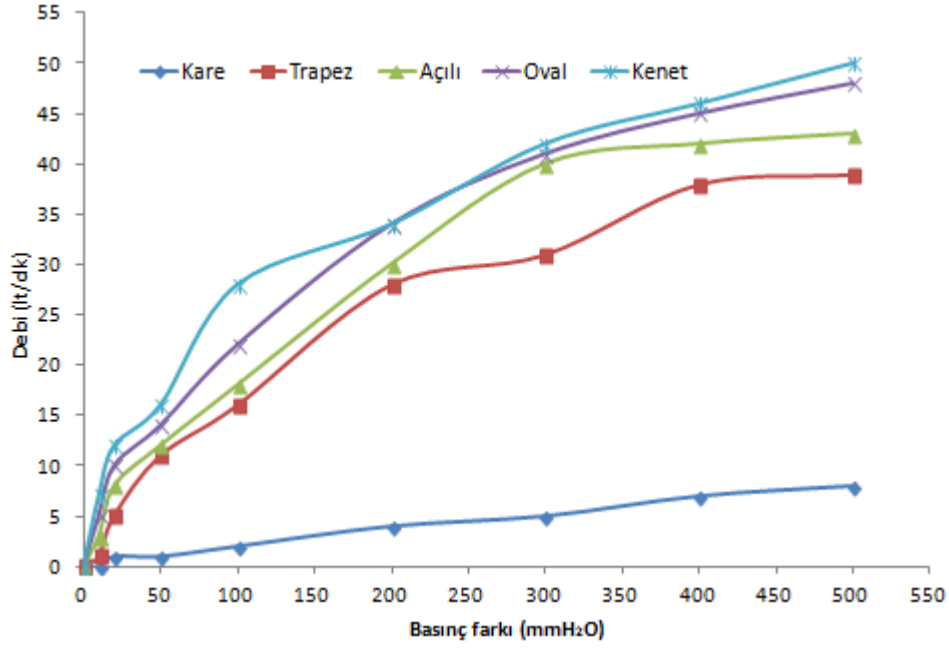
2.2.3 Conta Mukavemetlerinin Özel Düzenek ile Test Edilmesi

Farklı conta profillerine sahip filtreler; araç üzerinde monte edileceği filtre yuvasına yerleştirildi, filtre kompleksi sızdırmazlığı yeterince sağlanmış kapalı bir kap içerisine yerleştirilip emiş kısmı pompaya bağlanarak kirli hava giriş kısmı açık bırakıldı. Filtrelerin süzücü elemanları kapatıldığı için emiş sırasında vakum etkisi conta profilleri üzerine etki ettirildi. 180m³/h kapasiteli vakum pompası ile emiş yapıldı, vakum pompasının hızı VFD015E43T frekans çevirici ile kontrol edilip istenilen basınç farkı elde edildi. ISO4548 - ISO 4020 standardına göre tasarlanmış kabarcık test cihazında (Şekil 6) basınç farkı elde edilerek 0.1mbar ölçüm hassasiyeti ile basınç farkları değerleri oluşturuldu. Basınç farkı arttıkça contalardan hava geçişi oldu, vakum etkisi ile çekilen(sızan) hava dış kabın üzerine sıkıca yerleştirilmiş İFM SD6000 debi ölçer ile ölçüldü ve kayıt altına alındı. Her conta profili için aynı basınç değerlerinde üçer adet deney yapıp ortalamaları alındı toplamda 5 farklı conta profili; 15 adet filtre conta testine tabi tutuldu.



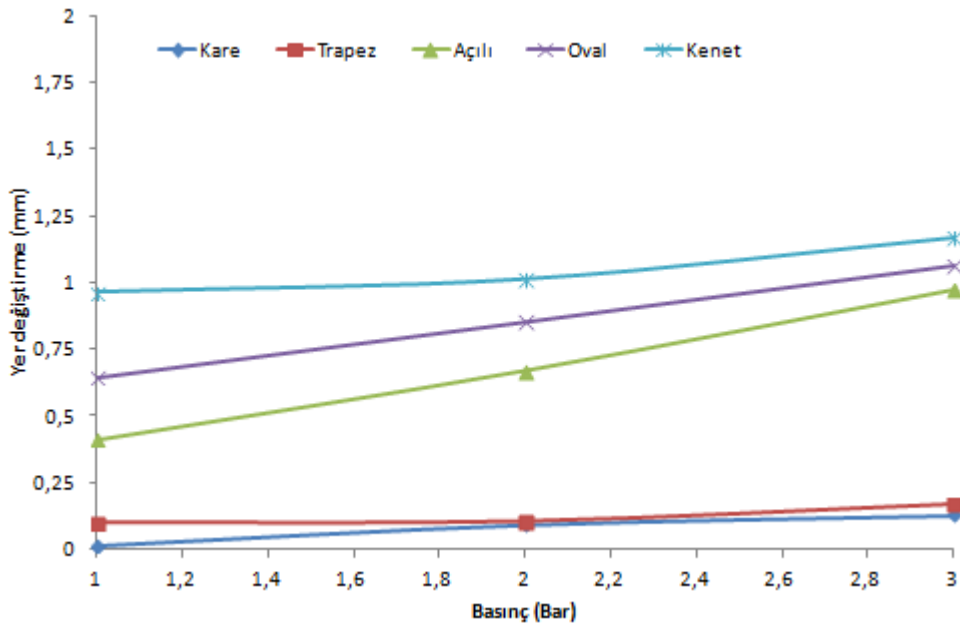
Şekil 6. Conta mukavemetini test eden düzenek

3.Deneysel Sonuçlar Ve Tartışma



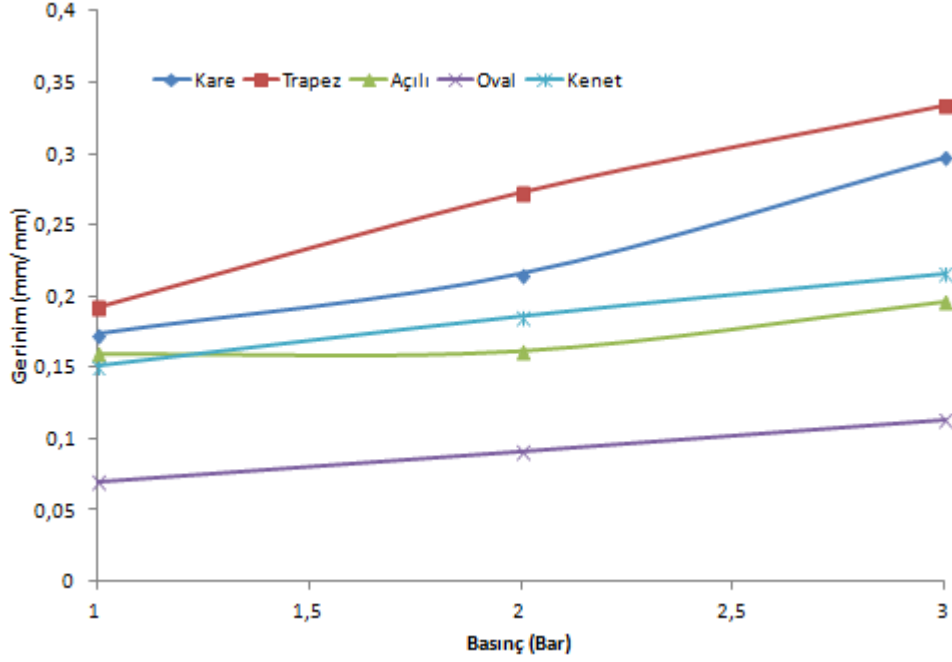
Şekil 7. Basınc farkına bağlı debi grafiği

≈21.5°C Laboratuvar ısısında, ≈%47 nem bulunan ortamda filtre kabına bağlanan; süzme alanları kapatılmış filtrele emiş yapılarak basınc farkı oluşturulmuş ve contalarda deformasyon sağlanarak sızıntı görülmüştür. Sızan hava SD6000 debimetre ile ölçülerek Şekil 7 'de görülen basınc farkına bağlı debi grafiği çizildi. Emiş etkisiyle tıkalı filtrelerden geçemeyen hava akımı contaı sündürmeye çalışmış conta profillerine bağlı tokluk, şekil değiştirme, deformasyon neticesinde en iyi dayanımı kare profil göstermiştir.



Şekil 8. Sonlu Elemanlar yöntemi ile Basınc bağlı yerdeğişim grafiği

Şekil 8'de sonlu elemanlar yöntemi ile uygulanan basınç altında contaların filtre kabı ile temas noktalarındaki en büyük yer değiştirme miktarları verilmiştir. Filtreye uygulanan basınç; contaların temas yüzeylerinden ve geometrilerinden kaynaklı göstermiş oldukları mukavemet değerlerine bağlı olarak profillerin şekil değişmesine sebep olmuştur.



Şekil 9. Sonlu Elemanlar yöntemi ile Basınca bağlı gerinim grafiği

Filtrenin yuvaya takılması esnasında 1.5mm baskı sonrası, yük altındaki conta profillerinin, yük uygulanmadan önceki durumuna kıyasla şeklini ne oranda değiştirdiğini Şekil 9'dan görmekteyiz. Sonlu elemanlar yöntemi ile şekil değişimi biçimsel bir değişim değil, daha ziyade şekildeki nicelsel bir değişimi ifade etmektedir.

4.Sonuçlar

Bu çalışmada aynı filtre kabına tasarlanmış faklı conta profiline sahip filtreler; sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri sonrası üretilmiş daha sonra özel hazırlanmış düzencek ile conta zorlama testine tabi tutulup çıkan sonuçların sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan sonuçlarla örtüştüğü görülmüştür.

✓ Genel olarak Şekil 7'den görüldüğü gibi filtre kabında basınç farkı arttıkça conta ve filtre kabı temas noktalarından sızan hava miktarı artmaktadır.

✓ Conta profillerinin montaj edildiği kap ile temas noktalarında maksimum yer değiştirmesi arttıkça sızan hava miktarının arttığını; Şekil 7'de artan basınç farkı ile contalara uygulanan basıncın arttığını ve buna bağlı birim zamanda geçen hava miktarının arttığı görülmektedir.

✓ Şekil 8' de contalara uygulanan basıncın artışı conta profillerinde yer değişimine sebep olmuş ve sırası ile kenet profil, oval profil, açılı profil, trapez profil ve kare profil en çok yer değiştirmiştir. Temas noktalarında ki bu yer değişimi Şekil 7' de basınç farkından kaynaklı sızan hava miktarında conta profillerinin aynı sıralamayı alması sonuçların birbirini desteklediğini göstermiştir.

✓ Şekil 9' da görüldüğü gibi kenet profilin filtre kabına montajı sonrası temas noktalarının az olması, montaj öncesi ve sonrası profilin kuvvet uygulanmadan önceki konumlarına kıyasla daha az yer değiştirdiğini ve geriniminin düşük olduğunu göstermektedir. Şekil 8'de ise montaj esnasında 1.5mm baskı sonrası açılan kenet bacakları uygulanan kuvvete dayanamamış ve havanın sızmasına karşı koyamamıştır.

✓ En başarılı kare profil davranışları incelendiğinde; montaj edildiği kab ile öpüşme yüzeyinin fazla olması, modelden kaynaklı yüksek mukavemet, dolgunluk, uygulanan baskı ile sıkışmanın daha fazla olması sebebiyle şekil 7' de görüldüğü gibi sızdırmazlığı en iyi profil olmuştur. Şekil 8' de kare profilin temas yüzeyinin en az yer değiştirmesi profilin dayanıklılığını desteklemektedir. Şekil 9' da ise hacimce diğer profillerden dolgun olması 1.5mm baskı sonrası uygulanan basınç ile kendi içerisinde hareket eden birim taneciklerin sonlu elemanlara ayrılarak hesaplanmasında gerinimi yüksek profil olarak görülmüştür.

✓ Şekil 7 ve Şekil 8 grafiklerinden görüldüğü gibi sızdırmazlığı en kötü olan conta profili kenet profil olmuştur. Conta baskı yüzeyinin az olması, montaj esnasında 1.5mm baskı sonrası uygulanan basınçla yüzeyle temasının kesilmesi yeterli contalamayı yapamamasına sebep olmuştur.

✓ Oval conta profili dairesel temas yüzeyi ile kenet profile göre başarılı diğer kare temas yüzeyine sahip profillere göre başarısız olmuştur.

✓ Trapez conta profili şekil 8'de görüldüğü gibi basınç altında dayanım sağlamış, şekil 7'de görüldüğü gibi kare profilden sonra sızdırmazlıkta en iyi dayanımı göstermiştir.

✓ Açılı conta profilinin davranışları incelendiğinde kare ve trapez profile göre başarısız oval ve kenet profile göre sızdırmazlığı daha iyi sağlamıştır.

✓ Genel olarak panel filtre imalatında contalama yapan profillerin, yeterince oturma yüzeyi(temas yüzeyi)'ne sahip olması, yük altında davranışlarında kararlı, basma ve çekme sonrası konumunu koruması(sızıntıya sebep açıklık vermemesi) beklenen özellikler olmuştur.

Referanslar

- [1]. Uzun B., Fen Bilimleri Enstitüsü "İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Kuru Tip Hava Filtreleri İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Tıkanıklık Gösterge Devresi Tasarımı" Ankara, 2005.
- [2]. Elafterakis, J. *Filtration Technology - Optimizing the Design Process*, Fluid Engineering Science, V.56, PP 3549-3561. (1999)
- [3]. Bugli, N., "*Filter Performance Requirements for Engine Air Induction Systems*", *SAE technical paper*, 970556, 24-27, (1997)
- [4]. Demir, A., Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, "Motorlarda Sistemler" İstanbul, 2011.
- [5]. Dökmen, B., Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Makine Teorisi Ve Kontrol Programı "Yüksek Verimli Hava Filtrelerinin Testleri" İstanbul, 2011.
- [6] Tadeusz, J., Stephen, L.F., Gerald, Z.L., Scoot, P.H., "Development of a Method to Measure Engine Air Cleaner Fractional Efficiency" *SAE technical paper* 1999-01-0002, 1-4,(1999)
- [7] Gülseven, Z., "Kuru Hava Filtrelerinde Gözenek Çapının ve Filtre Boyutunun Toz Tutma Verimine ve Filtre Ömrüne Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 33-38,(1996).
- [8] Graham, K., Grafe, T., Knauf, P., McDonald B., 2002. Polymeric Nanofibers in Air Filtration Applications, *Fifteenth Annual Technical Conference & Expo of the American Filtration & Separations Society*, Galveston, Texas, USA, 1-6.
- [9] Vaughn, E., Ramachandran, G., 2002, Fiberglass Synthetic Air Filtration Media, *International Nonwovens Journal*, 11:3, 41-51
- [10] Doğan, G., 2006 Kuru hava filtrasyonunda kullanılan keçelerin performansı üzerinde bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,