

**ARAÇ TERMOSTATLARINDA TEPKİ SÜRESİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Oğuz AYDIN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAÇ TERMOSTATLARINDA TEPKİ SÜRESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Oğuz AYDIN
(0000-0002-4751-5488)

Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI
(0000-0002-9763-6464)
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Oğuz AYDIN tarafından hazırlanan “ARAÇ TERMOSTATLARINDA TEPKİ SÜRESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

Başkan : Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI
0000-0002-9763-6464
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Doç. Dr. Nurullah ARSLANOĞLU
0000-0003-4970-4490
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE
0000-0003-1387-907X
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN 

Enstitü Müdürü

24/08/2020

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

11/08/2020



Oğuz AYDIN

ÖZET

Yüksek Lisans

ARAÇ TERMOSTATLARINDA TEPKİ SÜRESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Oğuz AYDIN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

Günümüzde yapılan yasal düzenlemeler ile izin verilen emisyon oranları yıldan yıla azalmaktadır. Bu nedenle içten yanmalı motorlardan çevreye salınan zararlı gazların toplam emisyonunun azaltılması çok önemlidir. Motorlar, tasarlanan sıcaklık aralığından farklı sıcaklıklarda çalıştığında, yüksek seviyeli emisyon değerlerinde zararlı gazları çevreye bırakır. Dolayısıyla soğutma sıvısı ve motor sıcaklığının dengelenmesi, verimli yanmayı ve zararlı gaz salınımının azaltılmasını sağlar. Bu nedenle motor ısısının dengelenmesinde zararlı gaz emisyon oranlarının azaltılması için tasarım çalışmaları önemli bir konudur. Bu çalışmada termostatin hızla artan motor soğutma suyu sıcaklığına erken tepki verebilmesi için termal eleman mekanik yapısında tasarım değişikliği ile ısı transferinin artması ve içerisinde bulunan parafin vaksın ısı iletim katsayısının artırılması hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada farklı tasarımların CFD analizleri ile tepki süresi optimizasyonu yapılmış olup, sonuçların deneysel veriler ile doğrulaması yapılmıştır. Tasarım optimizasyonu için yapılan analizler ANSYS-CFX 12.1 yazılım platformu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucuna göre ısı temas yüzeyi artırılan yeni mekanik tasarımın mevcut tasarıma göre daha kısa zamanda ısıyı parafin vaks merkezine ileterek termostatin erken tepki verdiği görülmüştür. Yapılan karışım çalışmasında parafin, sırasıyla ağırlıkça % 5, % 10, % 15, % 20 ve %25 dört farklı ağırlık yüzdesi nano-grafen partikülü ile sentezlenmiştir. Numunelerin ısı iletkenliği, termal özellikler analizörü yardımıyla ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonucunda nano-grafen partiküllerinin baz parafinin ısı iletkenliğini büyük ölçüde geliştirdiğini kanıtlamıştır.

Yapılan bu yeni mekanik tasarım ve yeni karışımla birlikte montajlanarak prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu prototip üretim ile test çalışmaları yapılmış olup sonuç olarak bu yeni tasarımın tepki süresi geleneksel termostata göre yaklaşık 4 kat arttığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termostat, termostat tepki süresi, vaks tipi termostat, emisyon azaltma

2020, vii + 38 sayfa.

ABSTRACT

MSc

IMPROVEMENT OF RESPONSE TIME FOR VEHICLE THERMOSTATS

Oğuz AYDIN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

Today, decreasing total emissions of the harmful gases for environment from internal combustion engines is biggest design concerns because of the regulations. In the phases that engines run in different temperatures than the designed temperature range, engines release harmful gases in high level emission values. For this reason to ensure engine run in proper temperature range, stabilising of coolant temperature and engine temperature helps an efficient fuel burning and decreasing harmful gas emission release. In the study performed, CFD analyzes were used to optimize response time and the results were confirmed with experimental data. Analyzes for design optimization were performed using the ANSYS-CFX 12.1 software. According to the CFD results, the new mechanical design, whose heat contact surface was increased, showed that the thermostat reacted early by delivering the heat to the wax center in a shorter time than the current design. In the mixture study, paraffin was synthesized with four different weight percentages of nano-graphene particles, which are 5%, 10%, 15%, 20% and 25% respectively. The thermal conductivity of the samples was measured with the help of the thermal properties analyzer. As a result of the measurement, it has proven that nanoparticles greatly improve the thermal conductivity of the base paraffin. Prototype production was realized by assembling with this new mechanical design and new mixture of parafin/nano-grafen. Test studies have been carried out with prototype production and it has been concluded that the reaction time of this new design has increased approximately 4 times compared to the traditional thermostat.

Key words: Thermostat, Thermostat response time, Wax type thermostat, Emission reduction

2020, vii + 38 pages.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın hayata geirilmesi s¼recinde t¼m bilgi ve tec¼be k¼t¼phanesinden faydalandığım KIRPART A.Ő ve alıőanlarına, araŐtırmanın her bir aŐamasında g¼r¼Őleriyle beni destekleyen, samimiyetini her zaman hissettiren ve beni doğru y¼nde y¼nlendiren danışman hocam Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI'ya sonsuz teŐekk¼rlerimi sunarım.

Çalıőmamda desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, bana olan g¼venlerini hiç kaybetmeyen aileme teŐekk¼r ederim.

Hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalıőmamı hazırlarken de her aŐamasında bana yardımcı olan eŐim Esra AYDIN'a ve minik y¼ređiyle canıma can katan oğlum Kaan Akif AYDIN'a teŐekk¼rlerimi borç bilirim.

Oğuz AYDIN
11/08/2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	8
3.1. Karışım çalışmaları.....	8
3.2. Mekanik Tasarım Çalışmaları.....	10
3.3. Prototip Üretim Çalışmaları.....	11
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	14
4.1. Mekanik Tasarım Doğrulama Çalışmaları.....	14
4.1.1. Geometrik Model.....	14
4.1.2. Fiziksel Model.....	14
4.2. Test Çalışmaları.....	16
4.2.1. Tepki Süresi Testi.....	19
4.2.2. Histerezis Testi.....	21
5. SONUÇ.....	24
KAYNAKLAR.....	255
ÖZGEÇMİŞ.....	277

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

k	Isıl iletim katsayısı (W/mK)
C	Karbon
H	Hidrojen
W	Güç
m	Mesafe
°C	Sıcaklık
v	Hız(m/s)
dk	Dakika
s	Zaman (Saniye)

Kısaltmalar

Açıklama

CFD	Computational Fluid Dynamic (Hesaplamalı akışkanlar dinamiği)
-----	---

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Optimum sıcaklığı 85 °C olan örnek motor çalışma sıcaklık grafiği.....	1
Şekil 1.2. Örnek termostat tasarımı ve termal genleşme elemanlı termostat girişi.....	2
Şekil 1.3. Termostatlarda kullanılan termal eleman yapısı.....	3
Şekil 3.1. ARE 250 marka santrifüj karıştırıcı.....	8
Şekil 3.2. Isıl iletim katsayısı ölçümünde kullanılan Decagon KD2 Pro marka ısıl iletkenlik ölçüm cihazı.....	9
Şekil 3.3. Nanografen ve parafin vaks karışımı ısıl iletim katsayısı testi sonucu.....	9
Şekil 3.4. Hazırlanan çeşitli karışımların ısıl iletim katsayısı ölçümü.....	10
Şekil 3.5. Gerçekleştirilen 2D tasarım (a) ve 3D tasarım (b).....	11
Şekil 3.6. Yıldız çanak prototip üretimi için üretilen kalıplar.....	12
Şekil 3.7. Servo pres ile üretilen yıldız çanaklar.....	12
Şekil 3.8. Montaj edilmiş yıldız çanak ve parafin/vaks karışımı.....	12
Şekil 3.9. Montaj için kullanılan 8 tonluk hidrolik pres.....	13
Şekil 4.1. Tasarım doğrulama için kullanılacak silindirik çanak tasarımı (a) ve yıldız çanak tasarımı (b).....	14
Şekil 4.2. CFD analizi için yapılan fiziksel model.....	15
Şekil 4.3. Fiziksel modelin analiz öncesi hazırlanan mesh yapısı	15
Şekil 4.4. Geliştirilen mekanik tasarımın CFD doğrulama çalışmasının görsel sonucu.....	16
Şekil 4.5. Tepki süresi ve histerezis test cihazı.....	17
Şekil 4.6. Test esnasında anlık verileri gösteren yazılım ara yüzü.....	17
Şekil 4.7. Test sonunda termal eleman pistonunun ilerlemesini gösteren grafik.....	18
Şekil 4.8. Fikstür üzerine yerleştirilmiş prototip numuneler.....	18
Şekil 4.9. Termal elemanın termal etkiye maruz kalmasıyla oluşan piston ilerlemesi.....	19
Şekil 4.10. Fikstür üzerine yerleştirilmiş termal elemanlar	20
Şekil 4.11. Prototiplerle gerçekleştirilen tepki süresi test sonuçlarının grafiği.....	20
Şekil 4.12. 71°C saf parafin vakslı, yıldız çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.....	23
Şekil 4.13. 71°C grafen/parafin vaks karışımı, yıldız çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.....	23
Şekil 4.14. 71°C saf parafin vakslı, silindirik çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.....	24

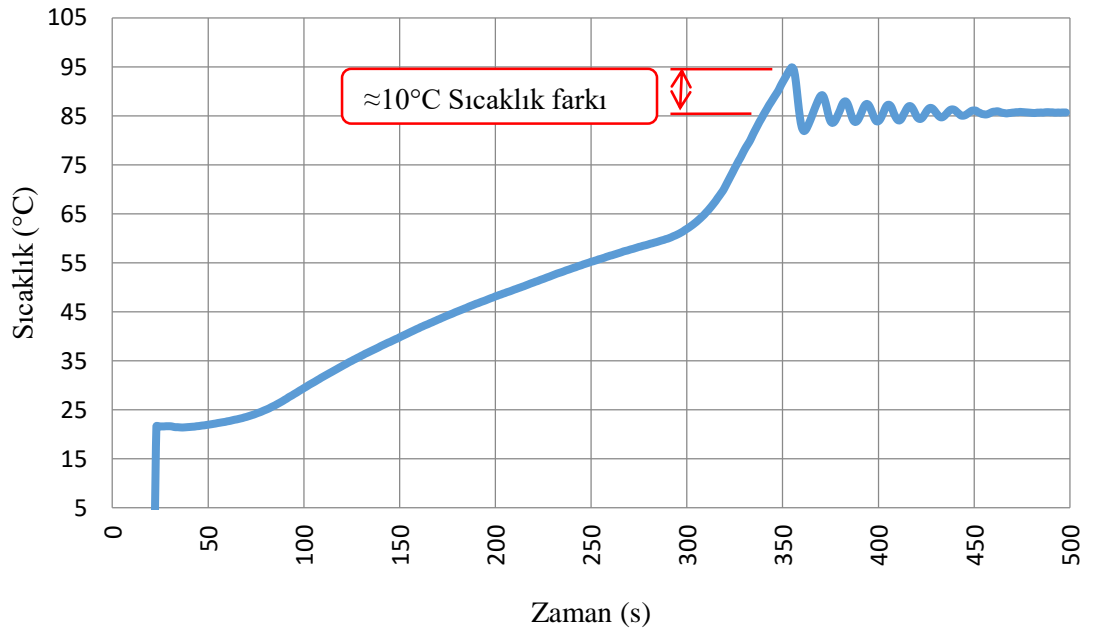
ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. 71°C'lik termal eleman histerezis testi sonuçları	21
Çizelge 5.1. CFD ve test sonuçlarının karşılaştırılması.....	24

1. GİRİŞ

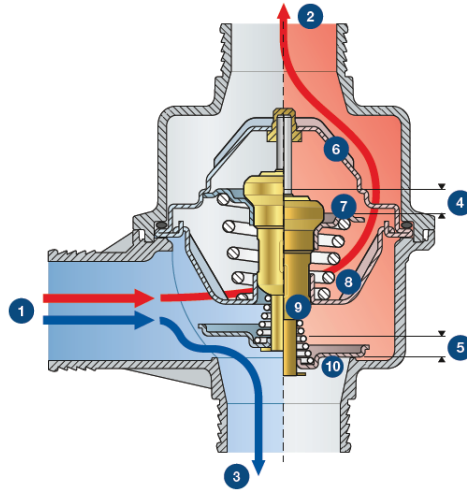
Sıvı soğutmalı içten yanmalı motorlarda, yanma sırasında oluşan aşırı ısı, motor bloğu ve silindir kapağındaki kanallar içerisinde devridaim yapan soğutma sıvısı vasıtasıyla aktarılır. Bu şekilde, motor uygun sıcaklık aralığında çalışabilir.

Yeni nesil içten yanmalı motorlarda, motorun uygun çalışma sıcaklığına ulaşma zamanı kısaltılarak (hızlı ısınma) soğuk çalışma döneminde oluşan zararlı emisyon gazları miktarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Motorun yüksek performanslı çalışması sonucunda motor soğutma sıvısının sıcaklığı $20^{\circ}\text{C}/\text{dk}$ hızla yükselmektedir. Termostatın bu şekilde bir sıcaklık artış rampasına zamanında tepki verememesi durumunda motorun nominal çalışma sıcaklığı aşılabilmekte ve motorda yüksek sıcaklığa neden olmaktadır. Bu nedenle termostatın zamanında tepki verebilmesi çok önemlidir. Mevcut teknolojide kullanılan konvansiyonel termostatlarda tepki süresi, termal elemanın içerisinde bulunan vaks malzemesinin ısıl iletkenliğinin ($0,15-0,25 \text{ W/mK}$) düşük olması nedeniyle geç kalmakta ve hedef çalışma sıcaklığı Şekil 1,1’de örnek bir motor çalışma sıcaklığının gösterildiği gibi 10°C aşılmaktadır.



Şekil 1.1. Optimum sıcaklığı 85°C olan örnek motor çalışma sıcaklık grafiği

Parafin vaks tipi termal elemanlar (konvansiyonel termal eleman), günümüz motorlarında, motoru uygun sıcaklık aralığında tutmak için en yaygın çözümdür (Şekil 1.2). Çalışma metodu, sıcaklık artışına bağlı olarak vaks karışımının genişlemesine dayanır. Parafin vaks karışımı bir vaks kapsülünün içine doldurulur. Sıcaklık artışı ile genişleyen parafin vaks karışımı, kapsülün içerisindeki pistonu tek ekseninde yukarı doğru hareketini sağlar, bu mekanizmaya termal eleman veya vaks eleman adı verilir. Bu genişleme, termostat tasarımına göre değişen valfin açılmasına neden olur. Motordaki yanma olayı motorlarda yüksek sıcaklıklara neden olur ve bu doğrultuda termostatın çalışmasını tetikler. Motordan vaks karışımına olan ısı transferi soğutucu akışkan aracılığıyla sağlanır. Bununla birlikte vaks karışımının genişmesi belirli bir zaman alır ve bu zamana termostatın tepki süresi adı verilir. Bu zaman aralığında, valf henüz açılmadığı için motor sıcaklığı artmaya devam eder ve soğutma için soğutucu akışkanının radyatöre geçişine izin vermez. Tepki gerçekleşinceye kadar motor sıcaklığı uygun motor çalışma sıcaklığından daha yüksektir, yakıtın yanma verimi daha düşüktür ve motor tasarlandığı koşullardan daha yüksek sıcaklık koşullarında çalışmaya zorlanır. Tepki süresi sonunda, termostatik valf, soğutucu akışkanın radyatöre doğru geçişine izin vererek, motor sıcaklığının belirlenen tasarım sıcaklığına düşmesini sağlar.

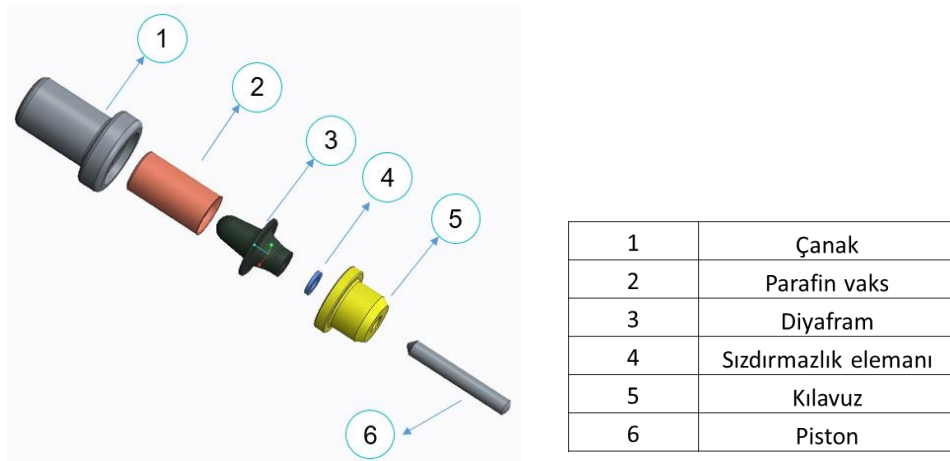


- | | |
|---------------------------|---|
| ① Motordan gelen | ⑥ Taban plakası |
| ② Radyatör tarafına giden | ⑦ Valf diski |
| ③ By-pass tarafı | ⑧ Klavuz |
| ④ Genleşme mesafesi | ⑨ Termal genişleme elemanı (termal element) |
| ⑤ By-pass mesafesi | ⑩ By-pass valf |

Şekil 1.2. Örnek termostat tasarımı ve termal genişleme elemanlı termostat girişi (Anonim 2017)

Soğutma sıvısı sıcaklığı, belirlenen tasarım sıcaklığından daha düşük bir değere indiğinde, termostatik valf, vaks karışımının büzülmesinden dolayı kapanma pozisyonuna dönmeye başlar. Termostatik valf kapalı konuma geldiğinde radyatöre doğru olan soğutucu akışkan sirkülasyonu durur ve soğutucu akışkan ısınmaya başlar. Bununla birlikte, termal elemanın tepki süresine kadar, motor sıcaklığı uygun motor çalışma sıcaklığından daha azdır, yakıtın yanma verimi daha düşüktür ve motor tasarlandığı koşullardan daha düşük sıcaklık koşullarında çalışmaya zorlanır.

Soğutucu sıvı akışının, termostatın vaks kapsülü ile temas halinde olmadığı durumda, ısı transferinin gecikmesinden dolayı, termostatın tepki süresi uzun olmaktadır. Yükselen sıcaklık, vaks karışımını dolaylı ve geç ısıtmaktadır. Bunun sonucu olarak termostat geç açmaktadır. Termostat açık olduğu konumda, soğutma sıvısı sıcaklığı verimli motor sıcaklığı aralığından düşük ise, dolaylı ısı transferi sebebiyle aynı yolla vaks karışımı sıcaklığının düşmesi uzun sürmektedir. Valf geç kapanır ve motor sıcaklığının düşmesine neden olur. Bu tarz yapılarda, dolaylı ısı transferinden dolayı motor soğutma sıvısı sıcaklığını verimli sıcaklık aralığında tutmak ve istikrarlı hale getirmek her zaman mümkün olmaz.



Şekil 1.3. Termostatlarda kullanılan termal eleman yapısı

Böyle bir geleneksel termal elemanda (Şekil 1.3), ısıya duyarlı parafin vaks karışımı silindirik bir çanağın içerisine yerleştirilmektedir. Bu karışım, sıcaklığa göre genişir veya büzülür ve termal elemanı tetikler. Vaks kapsülünün hacim değişimindeki tüm etkiyi elde etmek için vaks karışımının her yerinde aynı sıcaklığa ulaşmak gerekir.

Genleşmeyi veya büzülmeyi başlatmak için tüm vaks karışımlarını ısıtmak veya soğutmak biraz zaman alır. Vaks, metal kap ile temas halinde bulunduğu dış yüzey boyunca ısıtılır ve ısı kapsülün merkezine aktarılır. Vaks karışımı merkezinin aktivasyon sıcaklığına ulaşması için geçen süre, silindirik kapın çapıyla veya başka bir deyişle vaks kapsülünün duvar kalınlığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, kap içindeki vaks karışımı kapsülünü ince bir tabaka halinde şekillendirmenin tepki süresini azaltacağı açıktır. Geleneksel parafin vaks esaslı termal elemanlarda kullanılan parafin vaks karışımı, çok düşük bir ısıl iletkenlik katsayısına sahiptir. Bu durum, tepki süresinde ve termal elemanın açma süresinde negatif etkiye yol açmaktadır. Bunun yanına vaks karışımının dışarıdan merkezine doğru iletilen ısı mesafesinin neden olduğu tespit edilmiştir (Cabeza ve ark. 2002, Anonim 2009, Kukulkaa ve Smith 2013, Mata ve ark. 2013).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Parafin vaks bazlı termal elemanı, 1930'larda otomotiv motorlarına tanıtılmıştır. Termostat, yeterince sıcak olmadan radyatöre soğutma suyu göndermeyecek şekilde tasarlanmıştır, bu da motorun ısınma süresini azaltmaktadır. Daha sonra radyatöre soğudukça kapanıp ısındıkça açarak soğutucu sıcaklığını uygun bir çalışma sıcaklığı etrafında tutar. Yaygın bir tip olan vaks bazlı termal eleman, Şekil 1.2'de görülen, düşük sıcaklıklarda katı halde olan ve böylece radyatöre kapalı olan bir parafin vaks kullanan vaks bazlı termostattır (Kuze 1990). Bu termostat tipi, sıcaklık kontrolünün temel işlevini sunarken, basit, ucuz ve sağlam olma avantajına sahiptir, bu yüzden bugün hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Isaksson 2018).

Parafin vaksın ısı iletkenliğini artırmak için literatürde grafit ve grafen malzemeler kullanılmıştır. Bunların yanısıra Choi ve arkadaşları (2014) çalışmalarında, grafitin en yüksek ısı iletkenlik artışı sağlamasına rağmen, grafitin üç karbon katkı maddesi arasında stearik asidin ısı transferini arttırmak için en umut verici aday olduğu sonucuna varmışlardır. Fakat stearik asitte parafin vaks gibi faz değişken bir malzemedir. Ayrıca stearik asit, piyasada parafin vaks kadar çeşitli sıcaklıklarda bulunmamaktadır. Bu durumda her farklı motor çalışma sıcaklıklarına uygun stearik asit kullanarak termal eleman üretmek mümkün olmayacaktır.

Literatür araştırmasında parafin vaksın ısı iletkenliğinin artırılması çalışmalarında çoğunlukta nano-grafen malzeme kullanıldığı, istenilen özelliklere sahip kolay erişilebilir olması ve çalışma sonunda iyi sonuçlar alındığı için bu tez çalışmasında nano-grafen kullanılmıştır.

Parafin vaks, farklı uzunluklarda farklı düz hidrokarbon zincirlerinden (n-alkanlar, $C_{2n}H_{2n+2}$) oluşur. Bileşime bağlı olarak, çeşitli parafin vaksların erime sıcaklığı arttığında zincir uzunlukları da artar. Bu nedenle erime aralığı ve sistem çalışma sıcaklığı arasında iyi bir eşleşme yapmak için çeşitli erime noktası aralıklarında mevcuttur (Freund ve ark. 1982). Kimyasal olarak inerttir ve oldukça ucuzdur. Parafin vaksın ısı emme kapasitesi, farklı nano parçacık konsantrasyonları eklenerek

arttırılabilen ısı iletkenliğine bağıdır. Parafin vaksına nano grafenin eklendiğı bu çalışmada böyle bir teknik kullanılır. Parafin vaks tipi termal eleman uygulamaları için parafinin ilginç bir özelliğı, faz geçişleri ile ilişkili hacim genişlemesidir. Eritildiğinde, parafin normal olarak hacimce % 10-20 oranında genişler. Bunun açıklaması, alkan zincirlerinin, katı fazda, sıvı fazdaki düzensiz oluşumdan daha az hacim gerektiren nispeten yüksek bir kristallik derecesine sahip olduklarıdır. Parafin vaksler düşük ısı iletkenliğine (~0,2 W/mK) sahiptirler. Bu dezavantajı, araç termostat sistemlerinde istenmeyen bir durum oluşturur.

Grafen, atom kalınlığında bir petek yapılı karbon atomu tabakasının adıdır. Diğer grafitik malzemeler için yapı taşıdır. Tipik bir karbon atomu yaklaşık 0,33 nanometre çapına sahip olduğundan, 1 mm grafitte yaklaşık 3 milyon grafen tabakası vardır. Grafen başka şaşırtıcı özelliklere sahiptir: Yüksek elektron hareketliliğı silikondan 100 kat daha hızlıdır; ısıyı elmastan 2 kat daha iyi iletir; elektriksel iletkenliği bakırdan 13 kat daha iyidir; yansıtıcı ışığın sadece % 2,3'ünü emer; geçirimsizdir, böylece en küçük atom (helyum) bile hatasız tek katmanlı bir grafen tabakasından geçemez ve gram başına 2630 metrekarelik yüksek yüzey alanı, 3 gramdan daha az ile tüm futbol sahasını kaplayabileceğiniz anlamına gelir.

Yeni nesil araç motorlarında motor sıcaklığının hızla optimum seviyeye çıkarmak ve bu ısıyı iyi yönetmek motor soğutma sistemlerinin tasarımında en kritik konulardan biri haline gelmiştir. Dolayısı ile araç soğutma sistemlerinin bir parçası olan termostatlarında bu ısı değişimine hızlı bir şekilde yanıt vermesi gerekmektedir. Bu doğrultuda geleneksel termal elemanlarda kullanılan ve faz değişken bir malzeme olan parafin vaksın ısı iletim katsayısını artırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Literatürde parafin vaksın ısı iletim katsayısının artırılmasında yoğunlukla nano grafen malzeme kullanılmıştır. Nano grafen, karbondan elde edilen iki boyutlu bir malzeme olup ısıyı bilinen herhangi bir malzemedен daha iyi iletmektedir. Araştırmacılar, parafin vaks içerisine nano grafen eklenerek oluşan yeni karışımın ısı iletkenliğinde rekor bir artış sağlamışlardır (Berger 2009).

Literatürde yapılan ölçümler ve simülasyonlar, yaygın faz değişim materyallerinden biri olan parafin vaks nano boyutta grafen eklenmesinin ısı iletkenliğinde önemli bir iyileşmeye yol açabileceğini göstermiştir. Parafin-grafen kompozitler bağlamında, Zhang ve ark (2006), ısı iletkenlik artışını, hızlı ısı akışı için yollar oluşturan dolgu maddelerinin kümelenmesi ve süzülmesiyle ilişkilendirmiştir. Katılma üzerine üretilen iç yüksek stresin, parçacıklar ve matris arasındaki ara yüzey ısı iletkenliğini arttırdığı ve bu da ısı iletkenliğin daha fazla artmasına yol açtığını görmüşlerdir. Mehrali ve ark. (2013) araştırmalarına göre ısı iletim katsayısı 0,305 W/mK ve %48,3'ü saf parafin vaks olan grafen/parafin vaks karışımı ile yaptığı çalışma sonucuna göre ısı iletim katsayısının 0,985 W/mK olarak arttığını gözlemlemiştir. Yine Kumara ve ark. (2019) araştırmalarında ısı iletkenlik açısından en iyi performansı, saf parafin vaks ile karşılaştırıldığında %66,15 oranında iyileştirilen ağırlıkça % 2,0 grafen-parafin vaks karışımı ile elde etmiştir.

Bazı çalışmalarda parafin vaksın ısı iletim katsayısını artırmak için metal matris yapıları kullanılmıştır (De Jong ve Hoogendoorn 1981). Lin ve Al-Kayiem (2016) bir çalışmada, nano boyutta parafin vaks ve bakır tozunu karıştırarak hazırladığı karışımda saf parafin vaks göre ısı iletkenlik katsayısını %46,3 oranına kadar artırdığını ortaya koymuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Karışım Çalışmaları

Literatür araştırması ışığında karışım çalışması yapılırken bu karışımı az maliyetle ve üretilebilirliği göz önünde bulundurulmuştur.

Hazırlanacak parafin vaks ve grafen karışımının homojen olmasının tepki süresine ciddi etkisi bulunmaktadır. Aksi halde parafin vaks içerisinde ısı dağılımı düzgün olmayacak ve termal eleman geç tepki verecektir. Bu doğrultuda çalışmamızda ARE250 marka karıştırıcı kullanıldı (Şekil 3.1). Bu karıştırıcı, kabın her birinden bağımsız olarak önceden programlanabilir hem genel hem de döner gezici (planet) dönüş hızları ile çeşitli hızlarda planet şeklinde döndürülmesi ile çalışır. Santrifüj kuvveti, malzemeyi dış kabın iç duvarına doğru bastırır. Diğer kuvvetler, malzemenin, konteyner duvarının eğimi boyunca spiral bir yönde aşağı doğru hareket etmesine neden olur. Malzeme daha sonra kabın ortasına ve yukarı doğru hareket eder. Sonuç olarak, yukarıdan aşağıya doğru malzeme dolaşımı, sıkışan havayı malzemedan dışarı zorlayan yoğurma efektleri oluşturur.



Şekil 3.1. ARE 250 marka santrifüj karıştırıcı

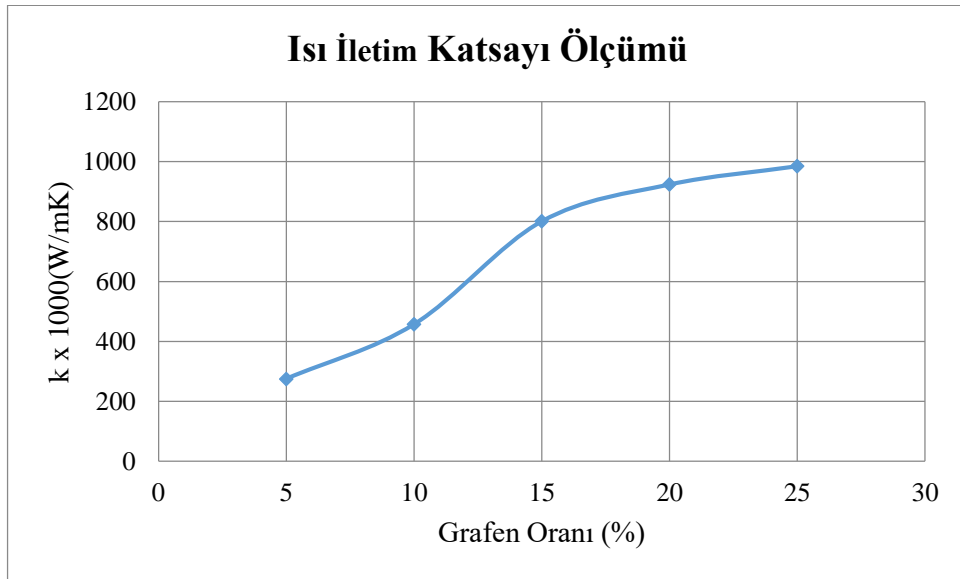
Literatürde faz değişken malzemelerin ısıl iletim katsayısı ölçümü için genellikle korumalı ısı akış ölçer, sıcak disk TPS, sıcak plaka ve kızgın tel metotları kullanılmıştır. Bu metotlar arasında en yaygını ve doğruluk açısından en iyi olan sıcak tel yöntemi tercih edilmiştir.

Isı iletim katsayısı ölçümü için kullanılan Decagon KD2 Pro, ısıl iletkenliği ve direnci, hacimsel özgül ısı kapasitesini ve ısıl yayılmayı ölçen, pille çalışan, menü odaklı bir cihazdır (Şekil 3.2). Decagon KD-2 Pro paketi, bir el kumandası ve seçtiğiniz bir sensör kitinden oluşur. Tek iğne sensörler yardımı ile ısıl iletkenliği ve dirençlilik ölçülür.



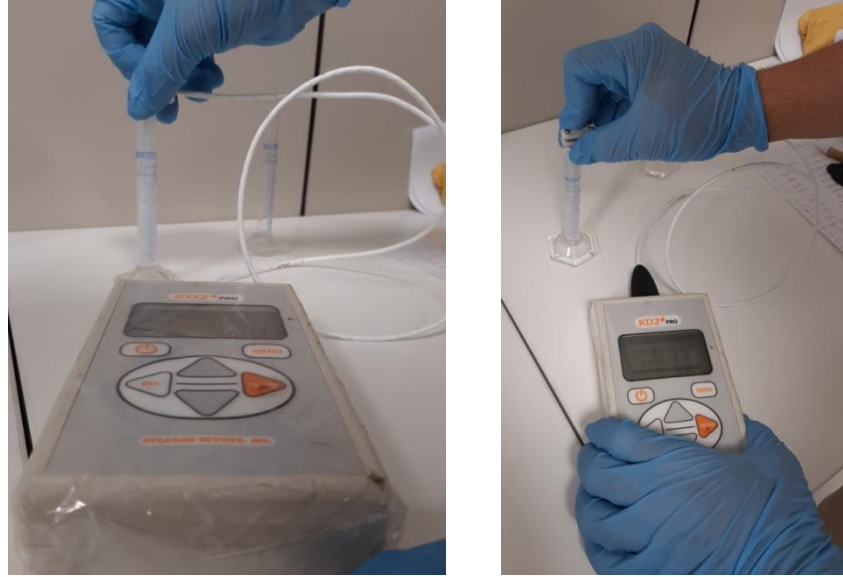
Şekil 3.2. Isıl iletim katsayısı ölçümünde kullanılan Decagon KD2 Pro marka ısıl iletkenlik ölçüm cihazı.

Grafenli numuneler ile yapılan testler sonucunda filtrelenmiş değerlerle aşağıdaki grafik oluşmaktadır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi, parafin vaks içerisindeki grafen kütle oranı arttıkça ısıl iletkenlik artmaktadır. Fakat grafen partikülleri ufak boyutta ve geniş hacim kapladığı için parafin vaks ile en fazla %15 oranında karıştırılabilir. Bu sebeple tez çalışmasında karışım için bu oran dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 3.3. Nanografen ve parafin vaks karışımı ısıl iletkenlik testi sonucu

Cihaz ile gerçekleştirilen saf parafin vaks ve parafin vaks/grafen karışımı ısıl iletim katsayısı ölçüm (Şekil 3.4) sonuçları sırasıyla 0,251 W/mK ve 0,801 W/mK'dir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere grafen, saf prafin vaksın ısıl iletim katsayısını yaklaşık 4 kat artırmıştır.

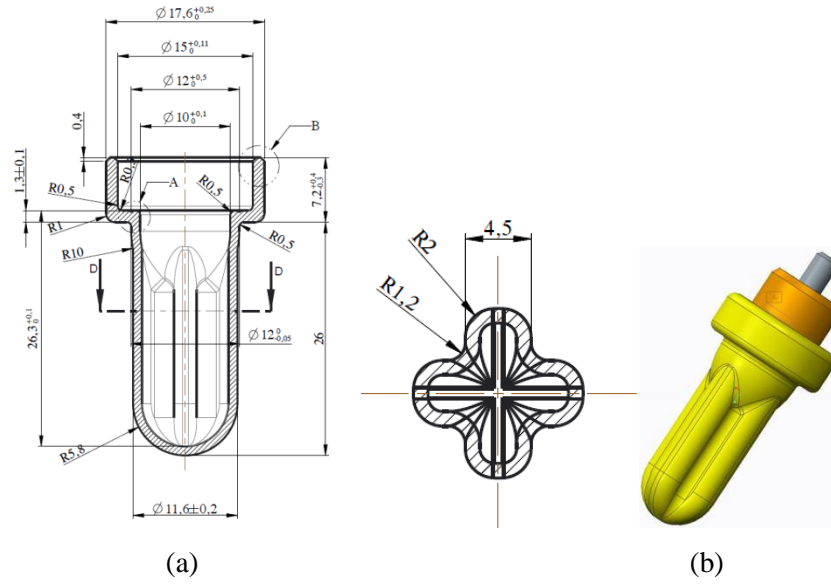


Şekil 3.4. Hazırlanan çeşitli karışımların ısıl iletim katsayısı ölçümü

3.2. Mekanik Tasarım Çalışmaları

Tepki süresini kısaltmak için termal elemanın dış cidarlarından parafin vaks/nano grafen karışımına ısıyı hızla iletmek gerekmektedir. Tepki süresinin gecikmesine neden olan bir diğer etken ise termal elemanın mekanik tasarımıdır. Geleneksel termal elemanlar silindirik şekilde olup içerisine eklenen parafin vaksın silindirik şekil almaktadır. Bu durumda ısının parafin vaks merkezine kadar ulaşması uzun zaman almaktadır. Bu doğrultuda karışımın yanısıra termal elemanın mekanik tasarımında da birtakım değişiklikler yapılması gerekmektedir. Bu değişikliklerle termal elemanın içerisindeki karışıma temas edecek yüzeyini artırarak parafin vaksın daha hızlı erimesini sağlamaktır. Böylece karışım genişterek termal eleman içerisinde yüksek basınç oluşturup termostatın hızla tepki vermesine neden olacaktır.

Çanağın karışıma daha fazla yüzeyden temas etmesi için ve üretilebilirlik göz önünde bulundurularak Şekil 3.5'teki tasarım yapılmıştır.



Şekil 3.5. Gerçekleştirilen 2D tasarım (a) ve 3D tasarım (b)

3.3. Prototip Üretim Çalışmaları

Bu tez çalışması başlangıcında yıldız çanak üretimi için hidroforming yöntemi öngörülmüştü. Fakat makina üreticilerinden alınan geri dönüşlere göre bu yöntemin ekonomik ve en iyi teknolojik yöntem olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple prototip üretimi için servo pres kullanmak kaydıyla bu makinada yıldız çanak üretebilmek için kalıp ve zımbalar tasarlanıp üretilmiştir (Şekil 3.6).

Yıldız çanak üretimi iki farklı aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 3.7). Bunların ilki derin çekme yöntemi ile olup ikinci adımı ise kamlı kalıp sisteminde yıldız formunun verilmesi ile olmaktadır. Transfer sistemi ile üretilecek olan parçalar dişi ve erkek kalıplar ile federlerin oluşturulacağı forma getirilir ve sonrasında ayrı bir kalıpta kamlı sıkma yöntemi ile parçanın üzerinde yıldız formu oluşturulur.



Şekil 3.6. Yıldız çanak prototip üretimi için üretilen kalıplar



Şekil 3.7. Servo pres ile üretilen yıldız çanaklar

Şekil 3'teki termal eleman yapısında olduğu gibi yıldız çanaklar ve parafin/grafen karışımı bir araya getirilerek 8 tonluk hidrolik preste (Şekil 3.9) montaj işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8). Bu montajlama işlemi için ürüne uygun kalıp tasarlanıp üretilmiştir.



Şekil 3.8. Montaj edilmiş yıldız çanak ve parafin/vaks karışımı



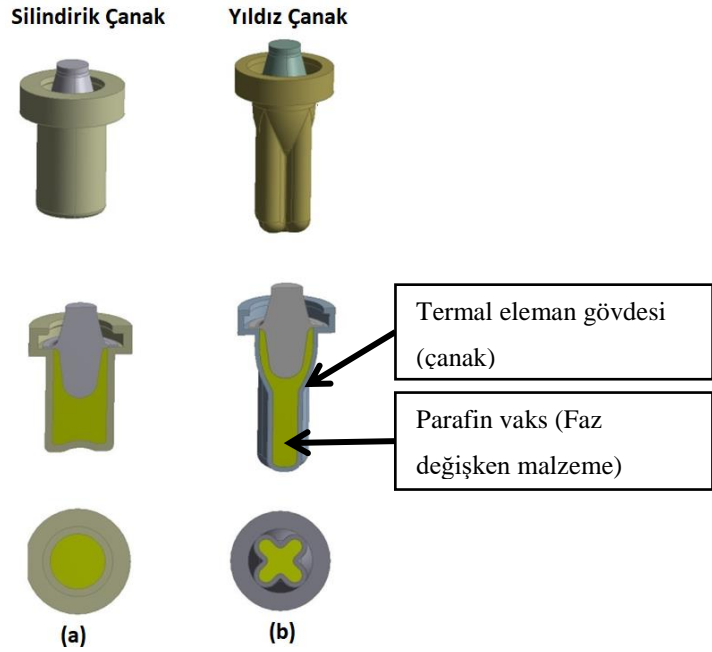
Şekil 3.9. Montaj için kullanılan 8 tonluk hidrolik pres

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mekanik Tasarım Doğrulama Çalışmaları

4.1.1 Geometrik Model

Bu çalışmada amaç mekanik tasarımı doğrulamaktır. İki farklı çanak tipi (silindirik ve yıldız) kullanılarak tasarım doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). Bu farklı tasarımların iç hacimleri ve çanak içerisine yerleştirilen parafin vaks ağırlığı birbirine eşittir. Fakat çanak geometrisine bağlı olarak parafin vaks kapsülünün duvar kalınlığı her bir çanakta farklılık göstermektedir.

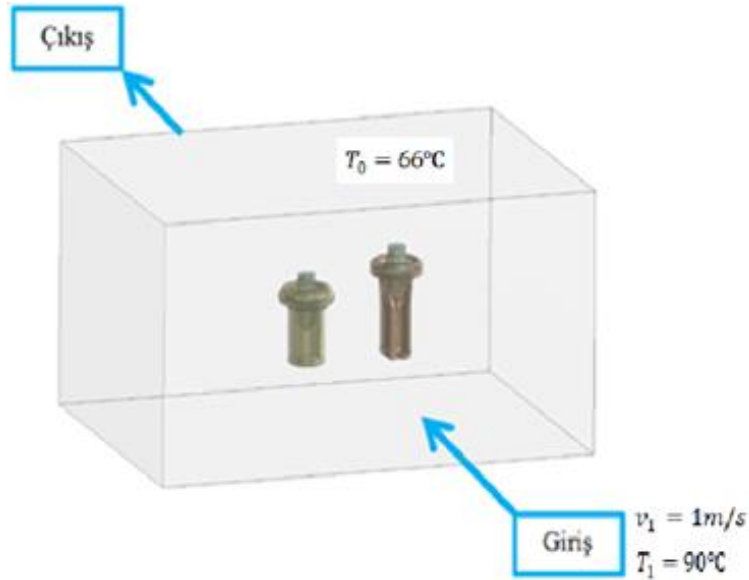


Şekil 4.1. Tasarım doğrulama için kullanılacak silindirik çanak tasarımı (a) ve yıldız çanak tasarımı (b).

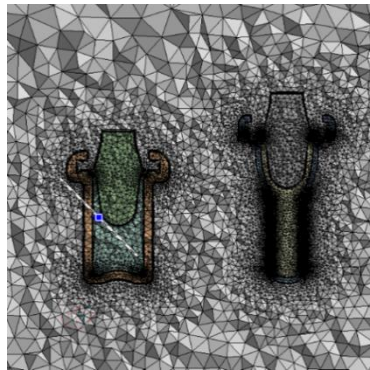
4.1.2. Fiziksel Model

CFD modellemesi, kütle, enerji ve momentumun Navier-Stokes kısmi diferansiyel denklemlerini sayısal olarak çözerek, PCM'nin erime / katılaşma davranışını tahmin etmek için etkili bir simülasyon aracı olabilir. 2 farklı tasarımın 3D modelleri ile CFD analizi ANSYS/ CFX 12.1 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dikdörtgen bir

kontrol hacmi belirlenerek içerisinde 2 farklı model yerleştirilmiştir. Giriş ve çıkış sınırları Şekil 4.2.'de belirtildiği şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca tüm yan duvarlar simetri olarak belirlenerek, analiz zamana bağlı çözümlenmiştir. Toplam süre olarak 100 saniye ve zaman adımı olarakta 0,1 saniye olarak girilmiştir. Kontrol hacminden geçen ve ısı transferini sağlayan akışkan olarak su kullanılmıştır. Başlangıç durumunda ilk sıcaklık olarak 66°C (T_0) kabul edilmiştir. Giriş koşulu olarak 90°C sıcaklıkta (T_1), 1 m/s hızda (v_g) su tanımlanmıştır (Şekil 4.2). Analizde, tüm modellerin merkezindeki noktaların sıcaklık değişimleri takip edilerek 90°C 'ye ulaştıkları süreler belirlenmiştir. Faz değişken malzeme teknik özellikleri, Rubitherm firmasına ait RT82 adlı saf parafin vaksın veri sayfasından alınmıştır (Anonim 2018). Ağ yapısı tipi olarak tetrahedron seçilmiş olup element ve düğüm sayısı sırasıyla 12.653.873 ve 2.905.421'dir (Şekil 4.3).

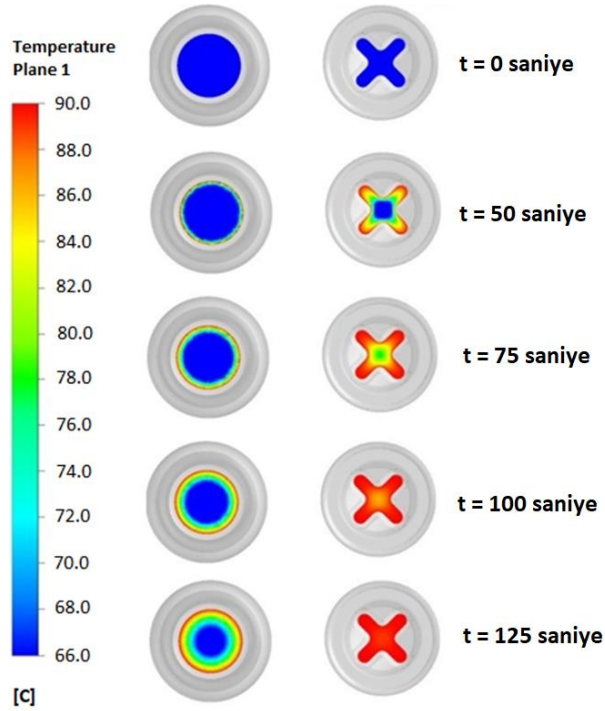


Şekil 4.2. CFD analizi için yapılan fiziksel model



Şekil 4.3. Fiziksel modelin analiz öncesi hazırlanan mesh yapısı

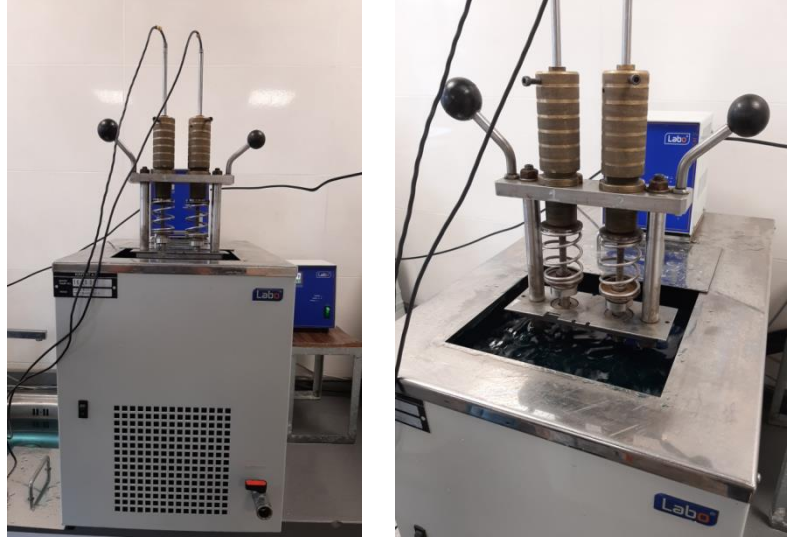
Şekil 4.4’de görüldüğü üzere yıldız çanak tasarımı içerisindeki parafin vaksın merkezi 125 saniyede 90 °C’ye en hızlı ulaşan tasarımdır. Bu durum gösteriyor ki, optimum çanak boyunu elde etmek için parafin vaks karışım kapsül kalınlığının azaltılması gerekmektedir. Bu durumda ısı, daha kolay merkeze ilerleyerek parafin vaks karışımının erimesini sağlayacaktır. Bu da termostatın tepki süresini kısaltmış olacaktır.



Şekil 4.4. Geliştirilen mekanik tasarımın CFD doğrulama çalışmasının görsel sonucu

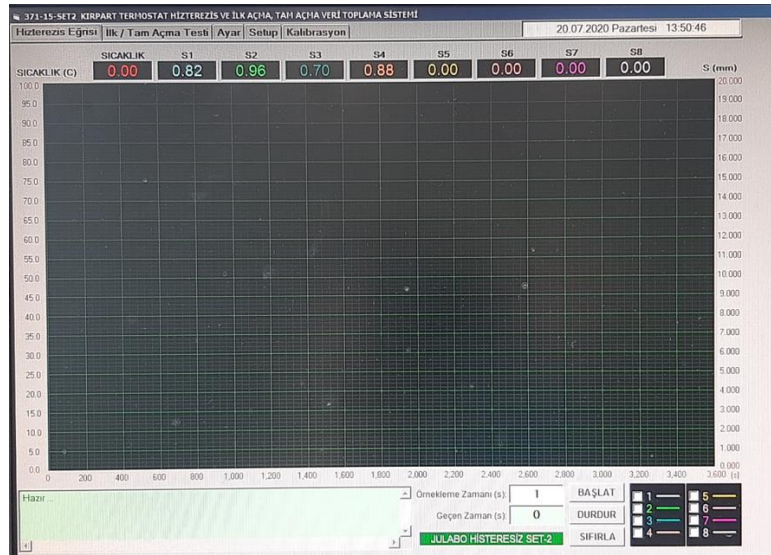
4.2. Test Çalışmaları

Test, sıcaklık kontrollü termostat test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu cihazlardaki sirkülatörler ısıtma ve soğutma özelliğine sahiptirler. Bu cihazlara veri toplama donanımı ve verileri kaydetmek için bilgisayar tabanlı bir yazılım entegre edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Tepki süresi ve histerezis test cihazı

Transdüserler valf hareketini 0,001 mm çözünürlükte elektrik sinyaline dönüştürür. Donanım bu verileri ve ayrıca banyo sıcaklığını toplar ve bunları yazılıma gönderir (Şekil 4.6). Yazılım verileri işler ve çıktıları kullanıcıya istenen formatta ayrı değerler veya grafik çıktısı olarak verir (Şekil 4.7).

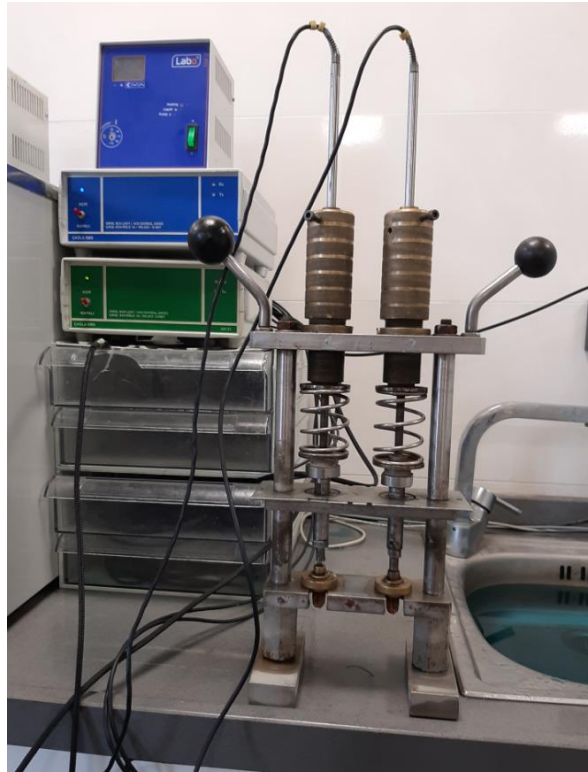


Şekil 4.6. Test esnasında anlık verileri gösteren yazılım ara yüzü



Şekil 4.7. Test sonunda termal eleman pistonunun ilerlemesini gösteren grafik

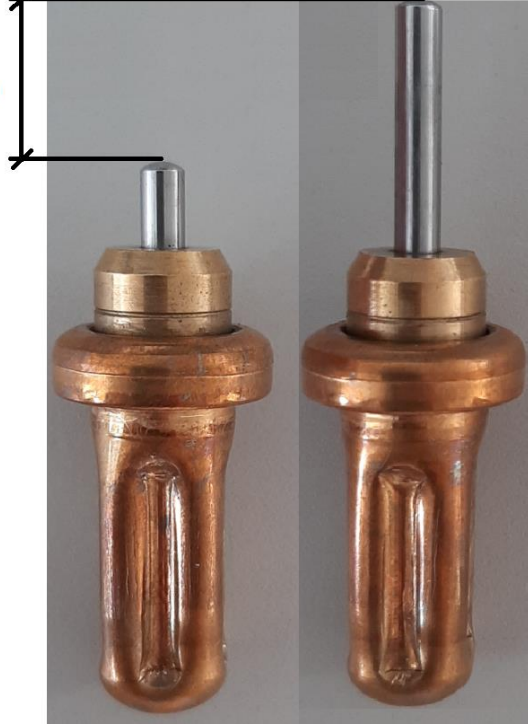
Termal elemanların piston hareketini eşzamanlı olarak ölçmek için 0,001 mm çözünürlüklü pozisyon transdüseri ile birleştirilmiş bir fikstür yaptırılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Fikstür üzerine yerleştirilmiş prototip numuneler

Yapılan tüm testler, termal elemanın ısıya verdiği tepkiyi yani piston hareketi dikkate alınarak yapılmıştır (Şekil 4.9). Bu hareket sayesinde termal eleman termostat içerisindeki çıkışları kontrol etmektedir.

Termal elemanın ısı ile temas etmesi ve parafin vaksın genişmesi ile oluşan piston strok/ilerlemesi.

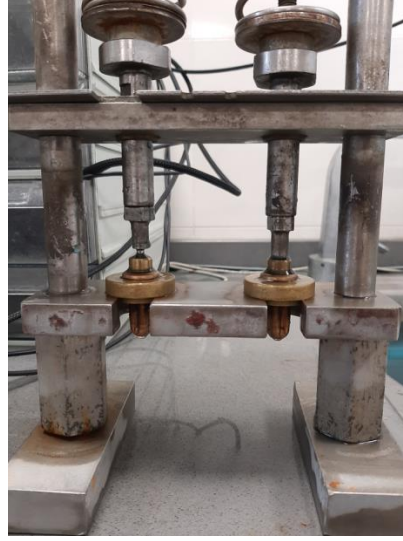


Şekil 4.9. Termal elemanın termal etkiye maruz kalmasıyla oluşan piston ilerlemesi

4.2.1. Tepki Süresi Testi

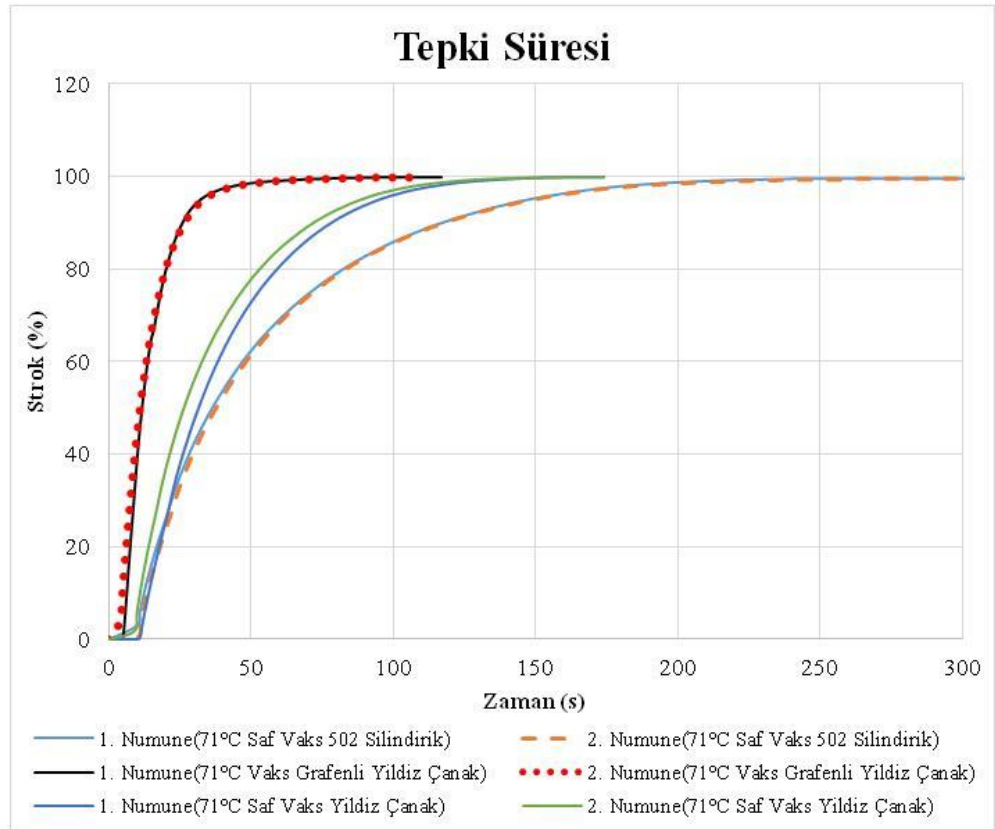
Test, iki farklı sıcaklık aralığına sahip numunelerin ilk açma sıcaklıklarının 10°C altında 10 dakika bekletilip direk olarak tam açma sıcaklıklarının 10°C üzerinde bulunan termal banyonun içerisine daldırılır ve 5 dakika bekletilir. Testin amacı, termal elemanların tam açma sıcaklıklarındaki banyoda bekletildiklerinde maksimum açma mesafesine kaç saniyede ulaşacağıdır.

Test fikstürüne yerleştirilen test numuneleri (Şekil 4.10) öncelikle termal eleman içerisindeki karışımın merkezinin 66°C sıcaklığa erişebilmesi için 20 dakika süresince termal banyo içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra ivedilikle 90°C sıcaklıktaki diğer banyonun içerisine daldırılarak termal eleman strok veri kaydı yapılmıştır.



Şekil 4.10. Fikstür üzerine yerleştirilmiş termal elemanlar

Şekil 4.11'den anlaşılacağı üzere termal eleman içerisindeki karışımın tamamen erimesi için gereken en iyi tepki süresi 107 saniye ile yıldız çanaklı, grafen/parafin vaks karışımı numunelerde elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda tez doğrulanmıştır.



Şekil 4.11. Prototiplerle gerçekleştirilen tepki süresi test sonuçlarının grafiği

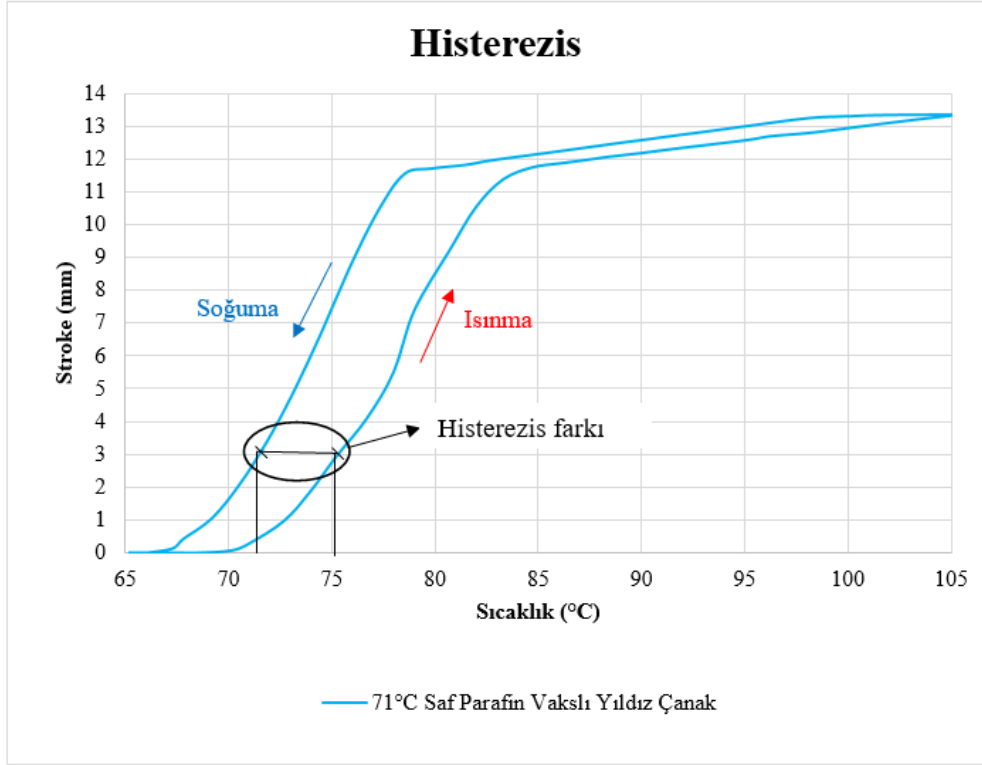
4.2.2. Histerezis Testi

Histerezis, bir parafin vaksli termal elemanın ısıtılıp soğutulurken oluşturduğu histerezis grafiğindeki yukarı aşağı strokları arasındaki sıcaklık farkıdır. Histerezis, parafin vaksın termal ataletinden (faz değişimi) ve dahili olarak hareket eden parçalar arasındaki sürtünmeden kaynaklanır. Bu histerezis farkı, motor suyu soğutulduktan sonra termostatın yine aynı şekilde sıcaklığa erken tepki vererek kapanması beklenir. Yani termal eleman içerisindeki parafin vaksın kristalleşerek büzülmesi ve termal eleman pistonunun strok seviyesinin azalmasıyla radyatör giden kanalın kapanması gerekir. Aksi halde yine tezin başında vurgulandığı üzere motor suyu aşırı soğutulur. Bu durum motor performansını ve emisyon oranını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada ayrıca parafin vaks içerisine eklediğimiz grafen ile histerezisi minimuma indirmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda hazırlanan prototipler ile histerezis testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonucundan beklenti, dünya da birçok otomobil markalarının ortak isterleri 3 mm strok/ilerleme mesafesinde termostatın açma ve kapanmasındaki (erime ve kristalleşme) sıcaklık farkı 4 °C altında olmalıdır.

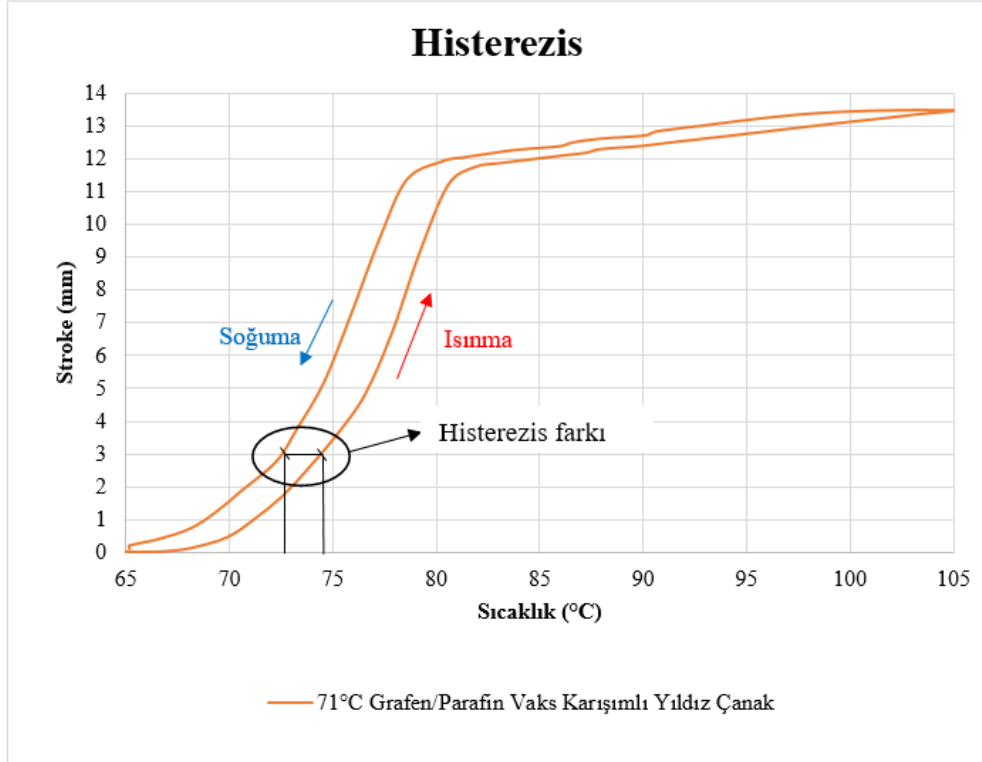
Yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlara göre ısı iletim katsayısının artması ve termal eleman çanağındaki mekanik iyileştirme sayesinde termal elemanın histerezis farkında yaklaşık %71 iyileştirme elde edilmiştir (Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14). Yani bu testi yıldız çanaklı, grafen/parafin vaks karışımı numune 1,7 °C histerezis farkı ile başarıyla geçmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. 71°C'lik termal eleman histerezis testi sonuçları

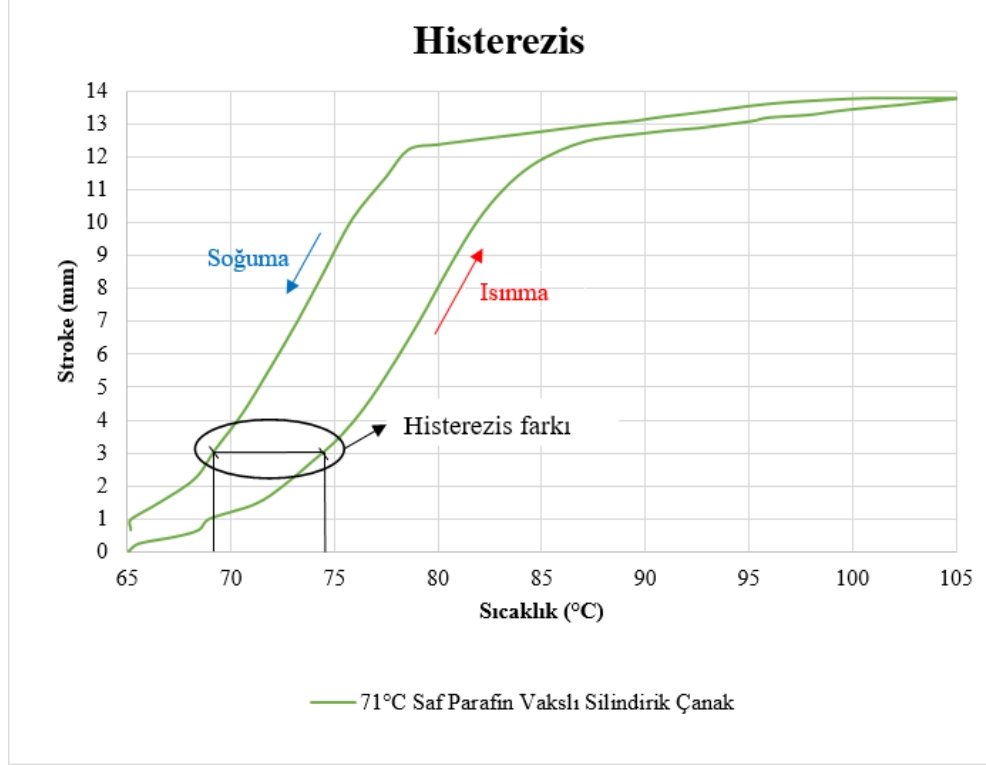
Numune	Histerezis Test sonuçları
71°C saf parafin vaksli, yıldız çanaklı numune	3,7°C
71°C grafen/parafin vaks karışımı, yıldız çanaklı numune	1,7°C
71°C saf parafin vaksli, silindirik çanaklı numune	6,0°C



Şekil 4.12. 71°C saf parafin vakslı, yıldız çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.



Şekil 4.13. 71°C grafen/parafin vaks karışımı, yıldız çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.



Şekil 4.14. 71°C saf parafin vakslı, silindirik çanaklı numune histerezis testi sonucunun grafiksel gösterimi.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, termostat içerisinde yer alan ve termostatın ana fonksiyonunu yerine getirmek için kullanılan tek yönlü hareket sağlayan termal elemanın tepki süresini iyileştirmek/düşürmek için tasarım doğrulama ve test çalışmaları yapılmıştır: termal eleman çanağının içerisinde yer alan parafin vaks ile arasındaki ısı temas yüzeyinin artırılması, termal eleman içerisindeki parafin vaksın ısı iletim katsayısının artırılması. Isı temas yüzeyinin artırılması için yıldız formunda bir çanak tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımları doğrulamak için CFD analizi gerçekleştirilmiştir. Parafin vaksın ısı iletim katsayısını artırmak için ise nano-grafen malzeme kullanılmıştır. Bu iki çalışma birleştirilerek prototip üretimi gerçekleştirilmiştir.

CFD çalışma sonucuna göre vaks kapsülünün içine yerleştiği çanağın iç yüzey temas alanının artırılması ile ısı transferinin iyileştiği anlaşılmıştır. Bunun yanısıra yapılan karışım çalışması ile nano-grafen, termal eleman içerisine yerleştirilen parafin vaks ile karıştırıldığında parafin vaksın ısı iletim katsayısının ciddi oranda arttığı görülmüştür.

Bulguları özetlemek gerekirse, Çizelge 5.1’de CFD analizi ve test sonuçlarının kıyaslaması verilmiştir. Sonuçlara göre CFD sonuçları ile test sonuçları arasında fark bulunmaktadır. Fakat bu iki çalışma sonuçlarının ortak yanı silindirik çanak ve yıldız çanak arasındaki tepki süresi hakkında doğru bilgi vermesidir. Bu sonuçlar tezi doğrulamaktadır.

Çizelge 5.1. CFD ve test sonuçlarının karşılaştırılması

Tepki Süresi Kıyaslaması		
Numune	CFD	TEST
Silindirik çanak ve saf parafin vaks	516 s	312 s
Yıldız çanak ve saf parafin vaks	125 s	174 s
Yıldız çanak ve saf parafin vaks / nano grafen karışımı	-	107 s

KAYNAKLAR

Anonim, 2009. ANSYS-CFX Solver Theory Guide, Release 12.1 (2009).

Anonim, 2017. Innovative Temperature Management. Thermal Management Control Units. http://www.mpulse.com/media/mpulse/18-10/thermostat_brochure_2017_en.pdf - (Erişim tarihi: 30.06.2020).

Anonim, 2018. RT82 Datasheet. http://www.rubitherm.eu/media/products/datasheets/Techdata_RT82_EN_06082018.PDF - (Erişim tarihi: 22.02.2020)

Berger, M. 2009. Nano-Society: Pushing the Boundaries of Technology (İngilizce) Copertina rigida-1 settembre 2009. https://www.nanowerk.com/what_is_graphene.php#:~:text=Graphene%20Description,in%20mm%20of%20graphite - (Erişim tarihi: 30.06.2020).

Cabeza, L.F., Mehling, H., Hiebler, S., Ziegler, F. 2002. “Heat transfer enhancement in water when used as PCM in thermal energy storage”, Applied Thermal Engineering, Volume 22, Issue 10, p. 1141-1151.

Da-Hee C., Juhyuk L., Hiki H., Yong T.K. 2014. “Thermal conductivity and heat transfer performance enhancement of phase change materials (PCM) containing carbon additives for heat storage application”, international journal of refrigeration 42 (2014) II2 - I20.

De Jong, A.G., Hoogendoorn, C.J. 1981. “Improvement of Heat Transport in Paraffines for Latent Heat Storage Systems”. In: den Ouden C. (eds) Thermal Storage of Solar Energy. Springer, Dordrecht, pp 123-133.

Freund M., Csikos R., Keszthelyi S., Mozes Gy. 1982. Paraffin products: properties, technologies, applications (Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company).

Isaksson, A. 2018. Y. Lisans “Development and Evaluation of Alternative Electric Thermostat Design”. Master Thesis, Department of Engineering Sciences and Mathematics, Luleå University of Technology, Sweden.

Kukulkaa D.J., Smith R. 2013. “Enhanced Heat Transfer Surface Development for Exterior Tube Surfaces”, Chemical Engineering Transactions, Vol. 32.

Kumara K., Sharmaa K., Vermaa S., Upadhyaya N. 2019. “Experimental Investigation of Graphene-Paraffin Wax Nanocomposites for Thermal Energy Storage“, ICMPC-2019, Proceedings 18, 5158–5163.

Kuze, Y. 1990. Wax - pellet thermostat. US Patent 4,948,043. 1990. url: <https://www.google.se/patents/US4948043> - (Erişim Tarihi: 02.03.2020)

Lin S.C., Al-Kayiem H.H. 2016. “Evaluation of copper nanoparticles – Paraffin wax compositions for solar thermal energy storage”. *Solar Energy* 132:267-278.

Mata, S., Al-Abidiab, A.A., Sopiana, K., Sulaimana, M. Y., Mohammada, A.Th. 2013. “Enhance heat transfer for PCM melting in triplex tube with internal–external fins”, *Energy Conversion and Management*, Volume 74, p. 223-236.

Mehrali, M., Latibari, S.T., Mehrali, M., Metselaar, H.S.C., Silakhori, M. 2013. “Shape-stabilized phase change materials with high thermal conductivity based on paraffin/graphene oxide composite”, *Energy Conversion and Management* Volume 67, Pages 275-282.

Zhang, Z., Fang, X. 2006. Study on paraffin/expanded graphite composite phase change thermal energy storage material, *Energy Conversion and Management* 47: p. 303-310.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuz AYDIN
Doğum Yeri ve Tarihi : Şarkışla 29.10.1986
Yabancı Dil : İngilizce(ileri), Fransızca(ileri)

Eğitim Durumu
Lise : Mehmetçik Lisesi
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi/Makine Mühendisliği
Yüksek Lisans : Strasbourg Üniversitesi (Fransa)/Makine Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar :

Mart 2017 - Halen: Uzman Test ve Validasyon Mühendisi / KIRPART A.Ş, Bursa

Haziran 2015 - Mart 2017: Proje Mühendisi / KIRPART A.S, Bursa

Şubat 2015 - Haziran 2015: Ar-Ge Mühendisi / EMEK Araştırma Geliştirme/METU, Ankara

Mart 2014 - Ağustos 2014: Stajyer Ar-Ge Mühendisi (Tez Çalışması) / IRSTEA (National Research Institute of Science and Technology for Environment and Agriculture) Montpellier, Fransa.

Şubat 2011 - Ekim 2012: Ar-Ge Mühendisi / MEKSİS A.Ş. (Mekanik ve Termal Sistemler), Ankara

İletişim (e-posta) : ooguzaydinn@gmail.com

Yayınları :

Aydin, O., Varol, M. 2018. “Improvement of response time for thermostats”, 9th International Automotive Technologies Congress (OTEKON), 7-8 May 2018, Bursa.

Kayaci, S., Varol, M., Aydin, O., Kutlu, A. 2018. “Design of a high durability thermoelement seal”, 9th International Automotive Technologies Congress (OTEKON), 7-8 May 2018, Bursa.