

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TİPİ FIRINLARDA KULLANILAN HAREKETLİ RAF MEKANİZMASI
YATAKLARININ POLİMER ESASLI MALZEMELERLE TASARIM VE
İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ramazan Rıdvan SEKMEN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

AĞUSTOS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TİPİ FIRINLARDA KULLANILAN HAREKETLİ RAF MEKANİZMASI
YATAKLARININ POLİMER ESASLI MALZEMELERLE TASARIM VE
İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ramazan Rıdvan SEKMEN

(503121323)

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU

AĞUSTOS, 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503121323 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ramazan Rıdvan SEKMEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**EV TİPİ FIRINLARDA KULLANILAN HAREKETLİ RAF MEKANİZMASI YATAKLARININ POLİMER ESASLI MALZEMELERLE TASARIM VE İMALATI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Murat VURAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mahmut Ercan AÇMA
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**

Savunma Tarihi : **14 Ağustos 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU, Arçelik A.Ş. firmasından Cem KURAL, Mehmet DURMAZ, Levent HASANREİSOĞLU, Celal VATANSEVER, Osman CENGİZ, Sena DAVASLIGİL, Ersin DÖNMEZ, Sinan KARASU, Kadir ERDOĞAN, Onur YAMAN, Yusuf YILDIRIM, İTÜ Makine Fakültesi Malzeme ve İmalat Anabilim Dalı'nın değerli mensupları hocalarıma ve eğitim - öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos 2014

Ramazan Rıdvan SEKMEN
Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Özeti	2
2. PLASTİK MALZEMELER VE GENEL ÖZELLİKLERİ.....	11
2.1 Mühendislik Plastikleri	12
2.1.1 Poliamid – imid	12
2.1.2 Poliimid.....	13
2.1.3 Florokarbon polimerleri	13
2.1.4 Naylon	14
2.2 Katkı Maddeleri	14
2.2.1 Dolgu maddeleri.....	15
3. SİSTEM GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ	17
3.1 Amaç	17
3.2 Ev Tipi Fırınlara Genel Özellikleri.....	17
3.3 Hareketli Raf Mekanizması Genel Özellikleri	18
3.4 Hesaplamalar.....	25
3.5 Fırın Sıcaklık Değerleri.....	29
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
4.1 DSC Analizi	31
4.2 Aşınma Deneyi.....	32
4.3 Sonuçlar.....	38
4.4 Malzeme Seçimi.....	42
5. NİCELİKSEL TASARIM.....	45
5.1 Mil Tasarımı.....	45
5.2 Yatak Tasarımı	46
5.3 Hareketli Braket Tasarımı	49
5.4 Yataklama Sistemi Tasarımı	52
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	61

KISALTMALAR

AISI	: American Iron and Steel Institute
ARGE	: araştırma geliştirme
AŞ	: Anonim şirket
Ck	: düşük karbonlu çelik
CNC	: Computer Numerical Control
ÇYMAPE	: çok yüksek moleküler ağırlıklı polietilen
DC	: direct current
DSC	: Differential Scanning Calorimetry
dak	: dakika
dev/dak	: devir/dakika
gr	: gram
kg	: kilogram
m³/Nm	: metre küp/newton metre
m/s	: metre/saat
m/sn	: metre/saniye
mg	: miligram
mm/sn	: milimetre/saniye
mm	: milimetre
N	: Newton
No	: numara
Nm	: Newton metre
P150, P220, P320	: aşındırıcı kağıt kaliteleri
PA	: poliamid
PA6	: poliamid 6
PA6G	: döküm poliamid 6
PAI	: poliamid-imid
PEEK	: polieter eter keton
PET	: polietilen tereftalat
POM	: polioksimetilen
PPS	: polifenilen sülfid
PTFE	: politetrafloroetilen
T_m	: erime sıcaklığı
T_g	: camsı geçiş sıcaklığı
T_c	: kristalleşme sıcaklığı
vb.	: ve benzeri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Sürtünme katsayısı ve aşınma oranları [2].	3
Çizelge 1.2 : Malzemelerin farklı yükleme koşullarındaki aşınma dirençleri [7].	8
Çizelge 3.1 : Görülen en yüksek sıcaklık değerleri.	30
Çizelge 4.1 : Çalışmalar sırasında kullanılacak malzemeler.	31
Çizelge 4.2 : Malzemelerin aşınma değerleri.	40
Çizelge 4.3 : Malzemelerin ısı genleşme katsayıları [14-16].	43
Çizelge 4.4 : Malzemelerin sürtünme katsayısı değerleri [14-16].	43
Çizelge 5.1 : Parçaların toleranslı ölçüleri.	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Değişik hızlardaki sürtünme katsayıları, a)ÇYMAPE, b)PA6 [3].	3
Şekil 1.2 : Değişik yükler altındaki aşınma oranları, a)ÇYMAPE, b)PA6 [3].	4
Şekil 1.3 : Partikül erozyonuna etki eden parametreler [4].	5
Şekil 1.4 : Aşınma oranları değişimi (Yük=15N ve Aşındırıcı Kâğıt No=P220) [5]. .	5
Şekil 1.5 : Aşınma oranları (Hız= 900dev/dak ve Aşındırıcı Kâğıt No=P220) [5].	6
Şekil 1.6 : Aşınma oranları değişimi (Yük=15N ve Hız=900dev/dak) [5].	6
Şekil 1.7 : Sürtünme katsayısı değerleri, a) μ_{peak} en yüksek, b) μ_{steady} rejimde [7].	7
Şekil 1.8 : Sürtünme katsayıları, a) 0,2m/s hızda, b) 2N yük altında[8].	8
Şekil 1.9 : Aşınma miktarları değişen yüklerde, a) PTFE, b) PA66 (0,2m/s)[8].	9
Şekil 1.10 : Aşınma miktarları değişen hızlarda, a) PTFE, b) PA66 (2N yük) [8].	9
Şekil 3.1 : Genel fırın yapısı 1)Kontrol paneli, 2)Tutamak, 3)Kapak, 4)Fan Motoru (sac arkasında), 5)Lamba, 6)Üst ısıtıcı, 7)Raf konumları [1].	18
Şekil 3.2 : Tel raf seviyeleri ve teleskopik ray yapısı kullanımı [1].	18
Şekil 3.3 : Hareketli raf mekanizmasının fırın üzerindeki konumu.	19
Şekil 3.4 : Hareketli raf mekanizmasının montajı.	20
Şekil 3.5 : Tepsi hareket mesafesi.	21
Şekil 3.6 : Hareketli raf mekanizması parçaları.	21
Şekil 3.7 : Taşıma sistemi parçaları.	23
Şekil 3.8 : Yataklama sistemi parçaları.	24
Şekil 3.9 : Yatağın ölçülendirilmiş görünüşü.	25
Şekil 3.10 : Konsol kiriş kuvvetleri [13].	26
Şekil 3.11 : Yatak kuvvetlerinin temsili görünüşü.	27
Şekil 3.12 : Fırın sıcaklık ölçüm bölgeleri.	29
Şekil 4.1 : DSC analiz cihazı.	32
Şekil 4.2 : Yatakların yerleşimi 1.	33
Şekil 4.3 : Yatakların yerleşimi 2.	33
Şekil 4.4 : Yataklama sistemi deney öncesi görünüşü.	34
Şekil 4.5 : Seramik ısıtıcı.	34
Şekil 4.6 : Isıtıcı yerleşim.	35
Şekil 4.7 : Mekanizmanın şasi üzerindeki konumu.	35
Şekil 4.8 : Ağırlığın tepsi üzerindeki görünüşü.	36
Şekil 4.9 : Ağırlığın tepsi üzerindeki görünüşü.	36
Şekil 4.10 : Deney düzeneği genel görünüş-1.	37
Şekil 4.11 : Deney düzeneği genel görünüş-2.	37
Şekil 4.12 : Tip-1.	38
Şekil 4.13 : Tip-2.	39
Şekil 4.14 : Tip-3.	39
Şekil 4.15 : Tip-4.	40
Şekil 4.16 : Üst görünüş, a)Tip-1, b) Tip-2, c) Tip-3, d) Tip-4.	40
Şekil 4.17 : Tip-1 kesit görünüş.	41

Şekil 4.18 : Tip-2 kesit görünüş.....	41
Şekil 4.19 : Tip-3 kesit görünüş.....	42
Şekil 4.20 : Tip-4 kesit görünüş.....	42
Şekil 5.1 : Mil kesit görünüş.....	45
Şekil 5.2 : Yatak kesit görünüş.....	47
Şekil 5.3 : Alt hareketli braket kesit görünüş.....	50
Şekil 5.4 : Üst hareketli braket.....	53
Şekil 5.5 : Alt hareketli braket.....	54
Şekil 5.6 : Yeni yataklama sistemi genel görünüş.....	54
Şekil 5.7 : Yeni taşıma sistemi genel görünüş.....	55

EV TİPİ FIRINLARDA KULLANILAN HAREKETLİ RAF MEKANİZMASI YATAKLARININ POLİMER ESASLI MALZEMELERLE TASARIM VE İMALATI

ÖZET

Günümüzde, fırınlar yaşamımızın birçok alanında kullanılan önemli eşyalardandır. 200°C gibi yüksek sıcaklıklarda pişirme imkânı sunan fırınlarda kimi zaman gıdanın üstünün veya altının daha iyi pişmesini sağlamak için raf seviyesini değiştirmek isteriz. Pişme esnasında, kapağın açılıp yer değişikliğinin yapılması, sıcaklık değerleri düşünüldüğünde zordur. Bu amaçla insanlara hem kullanım kolaylığı hem de enerji tasarrufu sağlamak adına hareketli raf mekanizmasına sahip bir fırın geliştirilmiştir. Bu sayede, kullanıcı fırın kapağını açmadan tepsi otomatik olarak pişirilecek gıdaya uygun raf seviyesine gelebilmektedir. Geliştirilen hareketli raf mekanizması hareketi için tasarlanan yataklama sistemi üzerinde geliştirmeye ve değişikliğe açık alanlardan biri olan yatak parçaları üzerinde optimizasyon çalışması ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaca cevap vermek adına, tez kapsamında metal olarak tasarlanan yataklar yerine polimer esaslı malzemeler kullanılarak yatakların yeniden tasarımı üzerine çalışmalara başlanmıştır.

Çalışmalar sırasıyla araştırma, malzeme seçimi, deney, tasarım ve imalat aşamalarını içermektedir. Araştırma kapsamında benzer uygulamalarda kullanılmak üzere çeşitli malzemelerin denendiği belirlenmiştir. Bu malzemelerden PTFE ve PA başta olmak üzere polime esaslı malzemeler farklı yükleme, hız ve sıcaklık koşullarında bazı testlere tabi tutulmuşlardır. Özellikle aşınma ve sürtünme mekanik özellikleri ile ilgili malzemelerin karakterleri ortaya konmuştur. Hazırlanan bu tez de benzer bir çalışmalar bütünü içermektedir. Farklı olarak bir sistem için tasarım kriterleri de göz önüne alınarak çalışma tamamlanmıştır.

Çalışma için önce sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Malzemesi seçilecek olan yatakların maruz kaldığı sıcaklık, sistemin kaldırabileceği yük miktarı ve mekanizmanın düşey hareket hızı en önemli girdi olarak kullanılmıştır. Sıcaklık olarak 250°C, yük olarak 10kg ve hız olarak 9m/s belirlenmiştir. Bu şartlar sürekli kullanım için değil en zorlanmış şart olarak düşünülmelidir.

Ardından firmalardan koşullara uygun olduklarını söyledikleri dört farklı malzeme siparişi verilmiştir. Katkısız PTFE, katkısız poliimid, karbon katkılı poliimid ve son olarak termoplastik poliimid yatak malzemesi olarak tedarik edilmiştir. Bu malzelerden deneyler için yatak parçaları hazırlanmıştır.

DSC analizi yapılarak malzemelerin sistemin çalışma sıcaklıklarına uygunluğu sorgulanmıştır. DSC analizi sonucunda her bir malzemenin sıcaklık açısından sorunsuz çalışacağı belirlenmiştir.

Deneyler yapılırken yeni bir deney düzeneği hazırlamak yerine mevcut fırın şasisi ve mekanizmalar kullanılmıştır. Üzerlerinde bir takım iyileştirmeler yapılarak, deneye hazır hala getirmiştir. Bu deney düzeneği malzemelerin aşınma karakterini belirlemek için tasarlanmıştır. Mevcut malzemeler incelenmiştir. Bunlar arasından

katkısız teflon, katkısız polyimide, karbon katkılı polyimide ve termoplastik polyimide seçilerek deneylere başlanmıştır.

Deneyler sonucunda yatakların mekanik karakteri belirlenmiştir. Yatakların iç orta bölgelerinden ziyade uç kısımlarına yakın yerlerde hasar tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda ve malzeme özellikleri kıyaslandığında karbon katkılı polyimide tasarım için uygun bulunmuştur. Düşük ısıl genleşme katsayısı bu tercihte etkin rol oynamaktadır. Tolerans değerleri belirlenirken hesaplamalarda önemli farklara sebep olmaktadır.

Çalışmanın son safhası olan tasarım ve imalat aşamasına geçilmiştir. Başta mil referans ölçü kabul edilerek ölçülendirme işlemi yapılmıştır. Bunun sonucunda yatak iç çapı 6mm, dış çapı 10mm ve son olarakta boyu 23mm olarak belirlenmiştir. Yatakların plastik enjeksiyon yöntemiyle üretimi önerilmiştir.

Çalışmalar kapsamında ayrıca hareketli braket parçasında bazı iyileştirmeler yapılmıştır. Merkezleme çıkıntıları sayesinde yatakların hasar görmesi engellenmiştir. Mil için sıcaklık değişkeni göz önünde bulundurularak zamanla mil yüzeyinde çatlaklar oluşabilir. Bu durum da düşünülerek tasarım tekrar gözden geçirilmelidir.

Bu çalışma sayesinde; “ev tipi fırın sıcaklıklarında çalışabilecek polimer esaslı yatak malzemeleri” konusunda bir tez oluşturulmuştur.

DESIGN AND MANUFACTURING OF BUSHINGS OF MOVABLE SHELF MECHANISM IN HOUSE TYPE OVENS USING WITH POLYMER BASED MATERIALS

SUMMARY

Today, an ovens are used in many areas of our lives is one of the important things. At temperatures as high as 200°C, offering the possibility of cooking food in the oven, sometimes the top or bottom shelf level to ensure better cook would want to change. It is difficult to open the door of oven and to change place of cooked food while cooking at these temperatures. For this purpose, an oven with a moving rack mechanism has been developed for both ease of use and to ensure energy saving.

In this way, the user without opening the oven door tray of food to be cooked automatically to the appropriate shelf level can be reached. Using this mechanism, foods will be cooked in a short time. Changing the level of tray for roasting is caused lost of time. The user first open the door of oven, second take the tray outside of oven cavity and last put the tray top or bottom level of rack. It takes time and the user has to control food to plan the time that is the changing level and stoping the cooking. The movable shelf mechanism will help this need. There will not any need to open the door while cooking to change place of food. This mechanism will change the level automatically.

The oven has a two movable shelf mechanism. One is at right side and the other is at left side of oven. Front side is the area where users put foods inside the oven cavity from there.

Movable shelf mechanism developed bushing systems designed for movement and changes on the development of open space is one of the optimization studies on the bushing parts were needed. To address this need, in this thesis, it has started to work on the design of the bushings by again using polymer-based material instead of metal material.

Respectively research studies, material selection, testing, design and manufacturing stages are included.

There are lots of studies about polymer materials. Especially, PTFE and PA are used as a bushing part. Because of their performance, they are chosen. If the fillers that glass fiber, carbon fiber, bronze, copper etc. are used in them, their mechanical and chemical performances are increased. Some of them are wear, friction, UV. These properties are defined with some test and test conditions.

The important parameters are velocity, load, time, temperature for the test conditions. Some of the researches are taken to use as reference before beginning the experimental studies of thesis. It was seen that polymers with filler have higher mechanical performance instead of unfilled polymer, and the effects of velocity, load, temperature are changing depending on material. In generally higher load means higher wear. The highe velocity is sometimes higher coefficient of friction but sometimes is lower friction it depends on material.

After these literature studies, there is given information about what are the needs of movable shelf mechanism.

The most important parameter or need is temperature. The maximum oven temperature is 280°C for cooking area and it was expected that the area of mechanism could be maximum 250°C. The other parameters are weight and velocity. The maximum weight is 10kg that mechanism is design to carry this weight. Lastly, 9m/s is the vertical sliding velocity of mechanism.

The other part of thesis is selection of material of bushing. Four materials are chosen randomly, but they are suitable for the bushing of this mechanism and its parameters and its needs. They are pure PTFE, pure polyimide, carbon-reinforced polyimide and thermoplastic polyimide. They are prepared for experiment as a bushing part of mechanism that length is 20mm, inner diameter is 6mm and outer diameter is 10mm. Before experiment, some calculation was done to define the character of bushing behavior. It was show that the end portion of bushing can be damaged while the mechanism is working.

Experiment setup was prepared but not a special setup. The ovens itself and mechanism itself was used for experiment. Just some editing was done. For example, the backside of body of mechanism was cut, the algorithm of electronic card was changed, and just inside body was used instead of whole body.

The four materials were tested at the same time, because the bushing system lets us for this. Two of material were put right side and two of material were put left side.

Difficult experiment conditions were chosen. The velocity and place weight were changed. 10kg was put on front side of rack and the vertical sliding velocity was made 11m/s. The mechanism worked 20 hour and it was matching 210m. Bushing system was heated with ceramic heater. It could reached 150°C.

First experiment was done for material resistance against the temperature. DSC analysis was used for this experiment. It shows that, all of the material could work at oven temperature.

After this test, wear test was done and its result supported the calculation of bushing's character. The end portion of bushings were damaged. Pure PTFE and carbon- reinforced polyimide did not loss their weight but all of the materials were damaged under normal forces, which are effected on end portion of bushing.

The last stage of selection material is comparing other mechanical properties. Most of the mechanical properties are same but because of the minimum coefficient of linear thermal expansion, carbon-reinforced polyimide was chosen for design.

According to experiments, PTFE has a same performance as a carbon reinforced polyimide, but it has five times bigger coefficient of linear thermal expansion than carbon reinforced polyimide. This is the important comparison for selecting material. The big coefficient of linear thermal expansion means big tolerance for design.

The last part of study is design and manufacturing.

After defining the material, some engineering calculations were done for dimensioning. These calculations were done for the 250°C environment temperature, which is the temperature of mechanism standing area. The mile tolerances, bushing tolerances and the movable bracket tolerances are calculated step by step. Manufacturing tolerances also are added in calculations. The tolerances of bushing and bushing system were defined as sliding fit.

The mile, which the bushing is sliding vertically on it is used with same dimensions which are chosen for the mechanism before. Other dimension was selected to reference to the mile. The inner and outer diameter of bushing did not change but the length of it became 23mm. because the calculations that show character of bushing

system and confirmed by experiment. There are other dimensions changing for bushing system.

Besides designing bushing, some solutions were presented about bushing system. Centering, changing some dimensions are some of them.

For the manufacturing process, injection molding was suggested for bushing, and aluminum injection molding was suggested for moveable bracket, also the design of it was made. Selecting the aluminum injection molding, the weight of the moveable bracket will be decreased.

For this system, many materials can be experiment. The best decision will be given after lifetime experiments. There can be other situation while cooking for example oil is one of them. If the mile surface coats with oil, how will be the bushing performance. In addition, material of mile can be change with other types of steel and manufacturing process. The temperature can caused some cracks on chromium mile because of lower and higher temperature changing.

Thanks to this study thesis has been created about "polymer-based bushings that runs on household oven temperatures".

1. GİRİŞ

Geliştirilen son teknolojiler sayesinde birçok yenilik insanların kullanımına sunulmaktadır. Pişirici cihazlarda da bu teknolojik gelişmelerin yansımaları görmektediriz. Piyasada pişirmeyi ve kullanımı kolaylaştıran ürünler; sensor yardımıyla pişirme kontrolü, kendi kendini temizleme özelliği, yemek çeşitlerine uygun pişirme programları vb. faydalar sağlamaktadır. Ankastre fırınlarda kullanılmak üzere tasarlanan hareketli raf özelliği pişirmeyi iyileştirmenin yanında kullanım kolaylığı da sağlamaktadır.

Fırın iç sıcaklığı 280°C[1] olduğu göz önüne alındığında, pişirme esnasında fırın kapağını açıp tepsiyi bir üst seviyeye çıkartmak, eldiven kullanılsa bile, kullanıcıları zorlayan bir işlemdir. Hareketli rafa sahip fırında, tepsinin raf seviyesi fırın kapağı açılmadan pişirme programına uygun, otomatik olarak değiştirmektedir. Bu sistem enerji tasarrufu sağlamak için de faydalı olmaktadır.

İlk safha olarak düşünebileceğimiz tepsi hareketini sağlayan bir sisteminin konstrüksiyonun yapılmasından sonra, bu sistem üzerinde bazı değişiklikler ve iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılacak olan değişikliklerden biri de kullanılan yatakların malzemesidir.

Mevcut sistemde kullanılan metal yatak yerine polimer esaslı malzemeden üretilmiş yatağın ne tür bir davranış göstereceğine ve bu sistem için metal malzeme yerine polimer malzemenin kullanılabilirliğine bakılmaya karar verilmiştir.

Çalışma şartları açısından en zorlayıcı şart 280°C çıkabilen yüksek pişirme sıcaklıklarıdır. Bu şartlarda çalışacak polimer esaslı malzemelerle tasarım planlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, tepsinin düşey hareketini sağlayan mekanizmanın yataklama sisteminde çeşitli polimer esaslı malzemeler kullanılarak yapılan optimizasyon çalışmasıyla en uygun çözümü ortaya koymaktır.

Çalışmaların tümü Arçelik AŞ ARGE bölümünün imkânları kullanılarak tasarlanmıştır. Deneyler için Arçelik şirketinin kendi ekipmanları tercih edilmiştir.

Deney şartlarına uygun ortamı sağlamak, mekanizmanın yapısı göz önüne alındığında zorlayıcı etkenlerdendir.

1.2 Literatür Özeti

Yapılan literatür araştırması, çeşitli polimer malzemelerin tribolojik özelliklerinin tayini ile ilgili bilgiler içermektedir. Bunlar arasında tez kapsamında denenen malzemelerde vardır. Yatak malzemesi olarak kullanılmak istenen polimerlerin yük, hız, katkı oranı, sıcaklık vb. etkenlerin değişimine verdiği tepkiler birçok çalışmada ortaya konmuştur. Yapılan bu çalışmalardan bazıları bu bölümde paylaşılacaktır.

Yapılan çalışmada, PA6, PEEK, POM, PET, PA6G polimer malzemeleri kullanarak üç farklı yük altında ve iki farklı kayma hızında kuru ortam şartlarında AISI 1040 çeliğine karşı aşınma performanslarına bakmıştır. Bu deneyler sonucunda Çizelge 1.1 de görüleceği gibi aynı yükleme koşullarında kayma hızının artışı kullanılan tüm malzemelerde sürtünme katsayısını ve aşınma oranını arttırmıştır. Yükün artışıyla aynı kayma hızında PA6 ve POM da sürtünme katsayısı azalırken PA6G, PEEK ve PET te sürtünme katsayısı artmıştır. Yükün artışıyla aynı kayma hızında POM ve PEEK te aşınma oranı azalmış ama PA6 ve PA6G de aşınma oranı artmıştır. PET te ise 0,5m/s hızda yük artarken aşınma oranı artmış, 1m/s hızda yük artarken aşınma oranı azalmıştır [2].

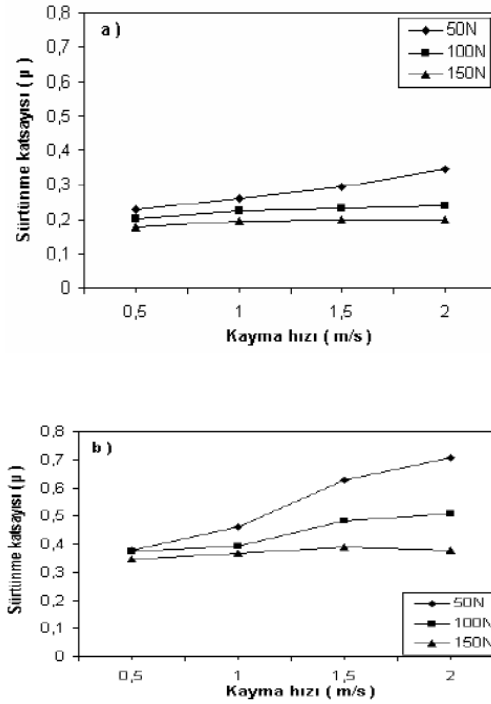
Bu çalışmada sabit yük altında hızın artması kullanılan polimerlerin sürtünme katsayısını arttırdığı ama farklı yüklerde aşınma ve sürtünme performanslarının farklı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır [2].

Yapılan bir diğer çalışmada ise ÇYMAPE ve PA6 malzemelerinin AISI 4140 çelik yüzeye karşı dört farklı hız ve üç farklı yükleme koşulu altında sürtünme ve aşınma performanslarına bakılmış. Şekil 1.1 de görüleceği gibi her iki malzeme için de kayma hızındaki artış sürtünme katsayısını artırırken yüklemeni artması sürtünme katsayısının azalmasını sağlamıştır [3].

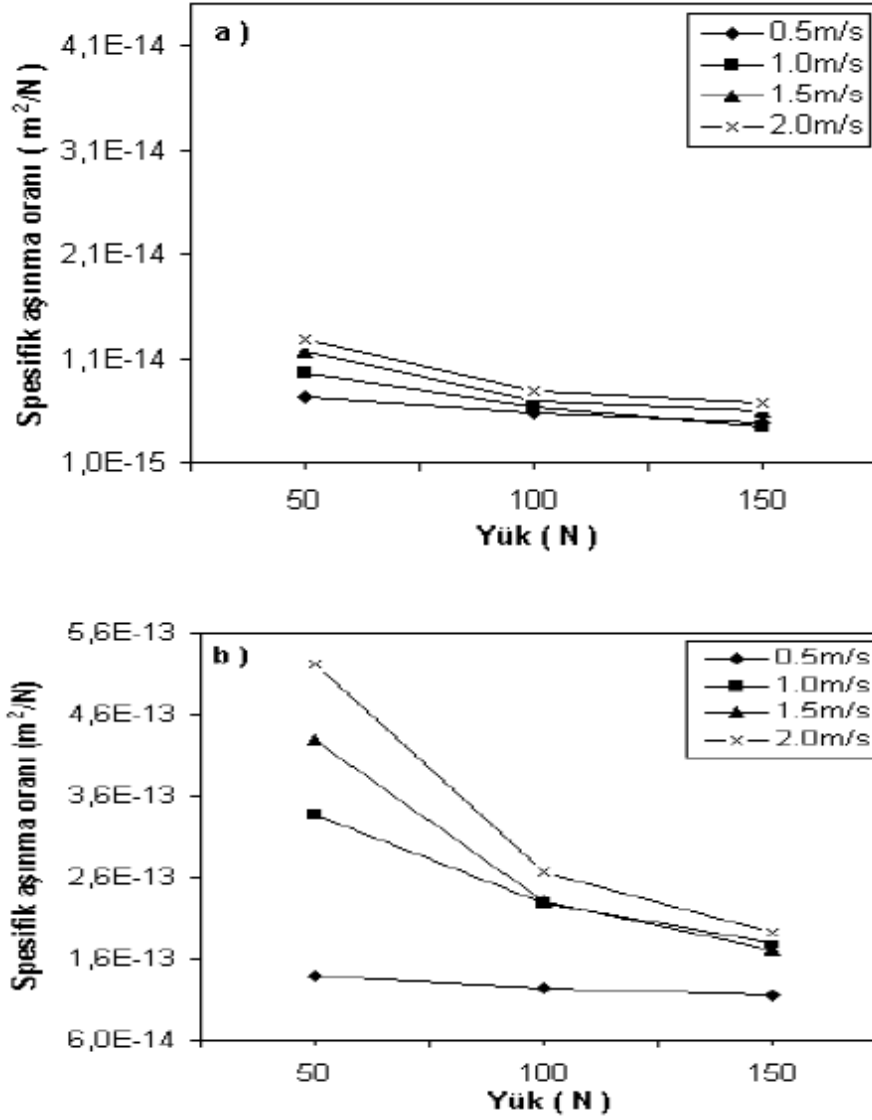
Çizelge 1.1 : Sürtünme katsayısı ve aşınma oranları [2].

Malzemeler	Yük (N)	Hız (m/s)		Hız (m/s)	
		0,5	1,0	0,5	1,0
		Sürtünme katsayısı (μ)		Aşınma oranı (m^3/Nm)	
PA6	60	0,32	0,40	9,70E-15	1,54E-14
	80	0,30	0,37	1,83E-14	2,13E-14
	100	0,30	0,37	2,05E-14	2,58E-14
PA6G	60	0,19	0,28	4,80E-15	1,01E-14
	80	0,20	0,35	5,40E-15	1,42E-14
	100	0,29	0,40	7,20E-15	1,57E-14
POM	60	0,26	0,28	2,36E-14	5,52E-14
	80	0,25	0,27	2,26E-14	4,78E-14
	100	0,23	0,26	2,20E-14	4,61E-14
PEEK	60	0,27	0,31	1,41E-14	1,55E-14
	80	0,28	0,35	1,32E-14	1,43E-14
	100	0,33	0,36	1,18E-14	1,27E-14
PET	60	0,18	0,19	1,30E-15	8,40E-15
	80	0,18	0,19	1,50E-15	6,80E-15
	100	0,19	0,21	1,60E-15	6,20E-15

Şekil 1.2 de görüleceği gibi yüklemenin artması her iki malzeme için de aşınma oranının azalmasını sağlarken kayma hızının artması her iki malzeme içinde aşınma oranının artmasına sebep olmuştur [3].



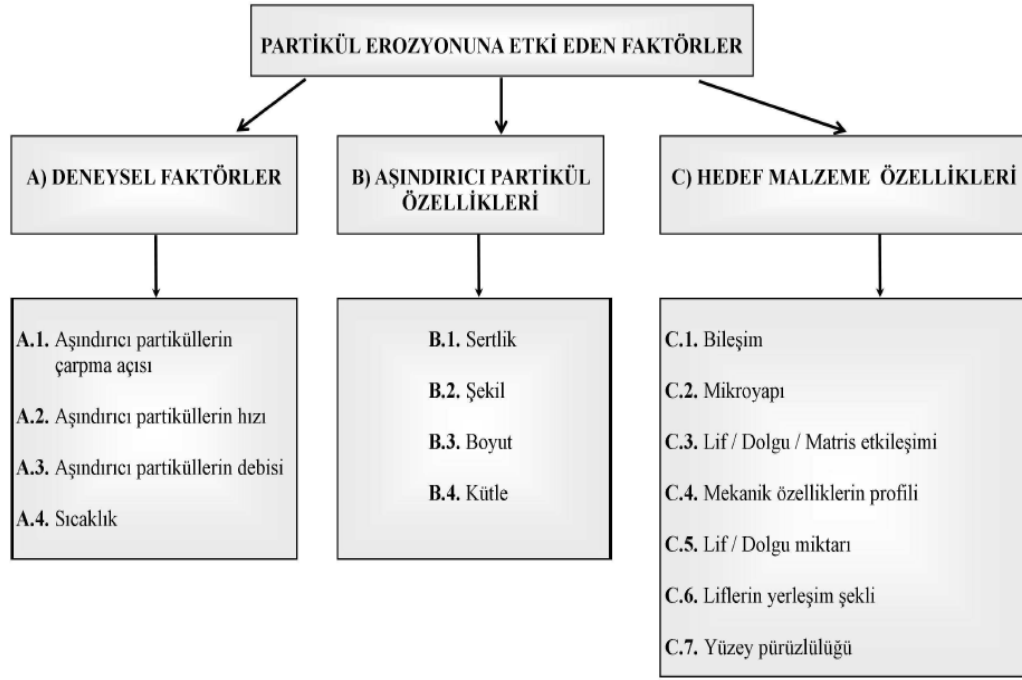
Şekil 1.1 : Değişik hızlardaki sürtünme katsayıları, a)ÇYMAPE, b)PA6 [3].



Şekil 1.2 : Değişik yükler altındaki aşınma oranları, a)ÇYMAPE, b)PA6 [3].

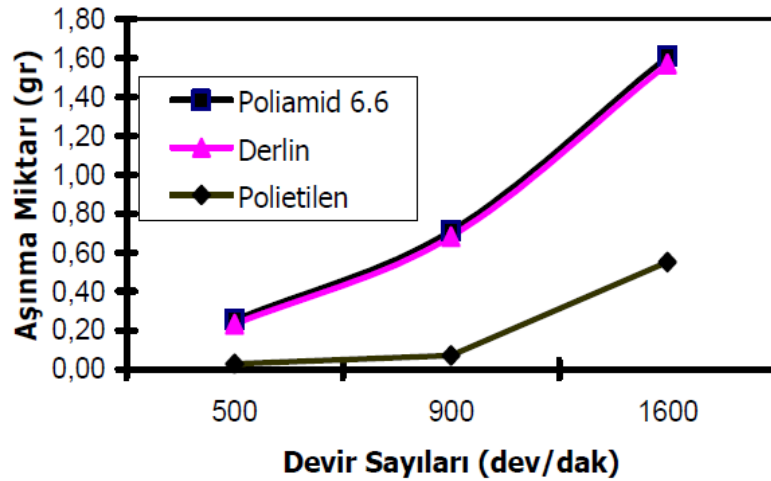
Fakat 150N yükleme koşulu altında en düşük aşınma oranı ÇYMAPE için 1m/s te görülmüştür [3].

Polimer malzemelerin aşınma karakterlerinin belirlenmesinde partikül erozyonuna etki eden parametrelerin incelendiği çalışmada bu işin zorluğu üzerinde durulmuştur. Katkılı polimer malzemelerde durum daha da zorlaşmaktadır. Çünkü her bir katkı polimere farklı bir özellik katmakta ve iki veya daha fazla malzemenin karakterine sahip bir malzeme ortaya çıkmaktadır. Bunların yanı sıra polimer malzemelerin düşük ısı iletim katsayılarına ve mekanik özelliklere sahip olmaları partikül erozyonu sırasında ısınıp yumuşayarak farklı özellikler sergilemelerine sebep olmaktadır. Şekil 1.3'te partikül erozyonuna etki eden parametreler birlikte sunulmaktadır [4].



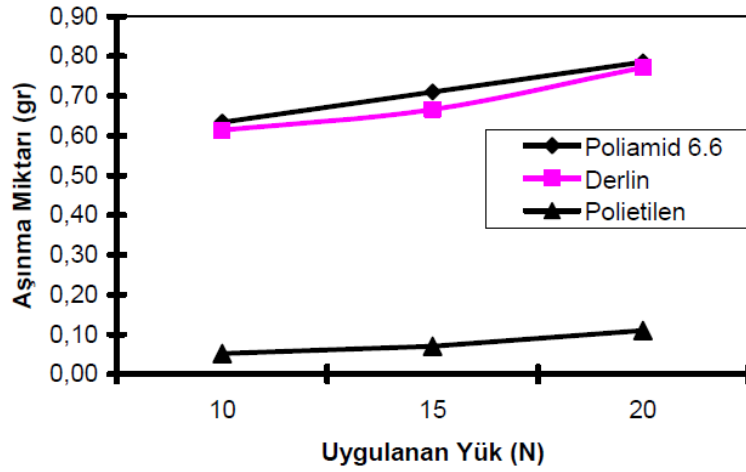
Şekil 1.3 : Partikül erozyonuna etki eden parametreler [4].

Çalışmalardan bir diğerinde ise makine konstrüksiyonunda önemli bir yer edinmiş olan polimer malzemeler Polietilen, Derlin ve Poliamid 6.6 nın farklı devir sayısı, farklı yük ve farklı aşındırıcı kâğıt şartlarında aşınma performansları araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda Şekil 1.4’de görüldüğü gibi aynı şartlarda devir sayısı artışı aşınma miktarında artışa sebep olmuştur.

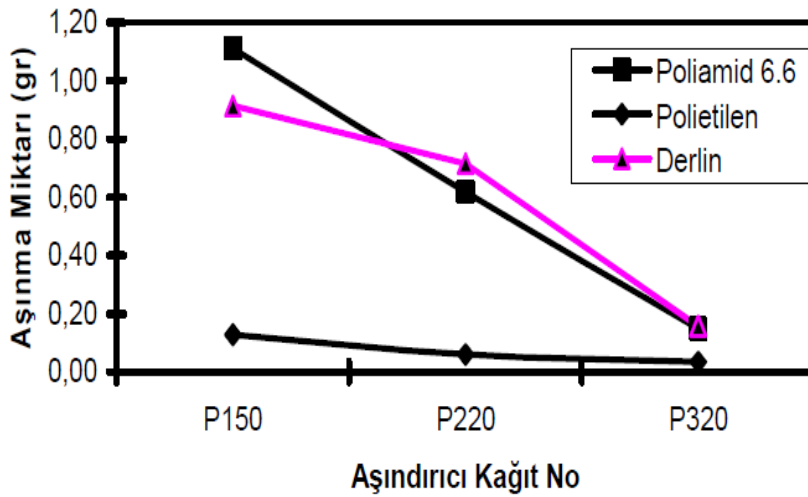


Şekil 1.4 : Aşınma oranları değişimi (Yük=15N ve Aşındırıcı Kâğıt No=P220) [5].

Şekil 1.5’te görüldüğü gibi aynı şartlarda uygulanan yük miktarındaki artış aşınma oranında artışa sebep olmuştur. Son olarak Şekil 1.6’da aynı şartlar aşındırıcı kâğıt numarası azaldıkça aşınma oranında azalma olmuştur [5].



Şekil 1.5 : Aşınma oranları (Hız= 900dev/dak ve Aşındırıcı Kâğıt No=P220) [5].

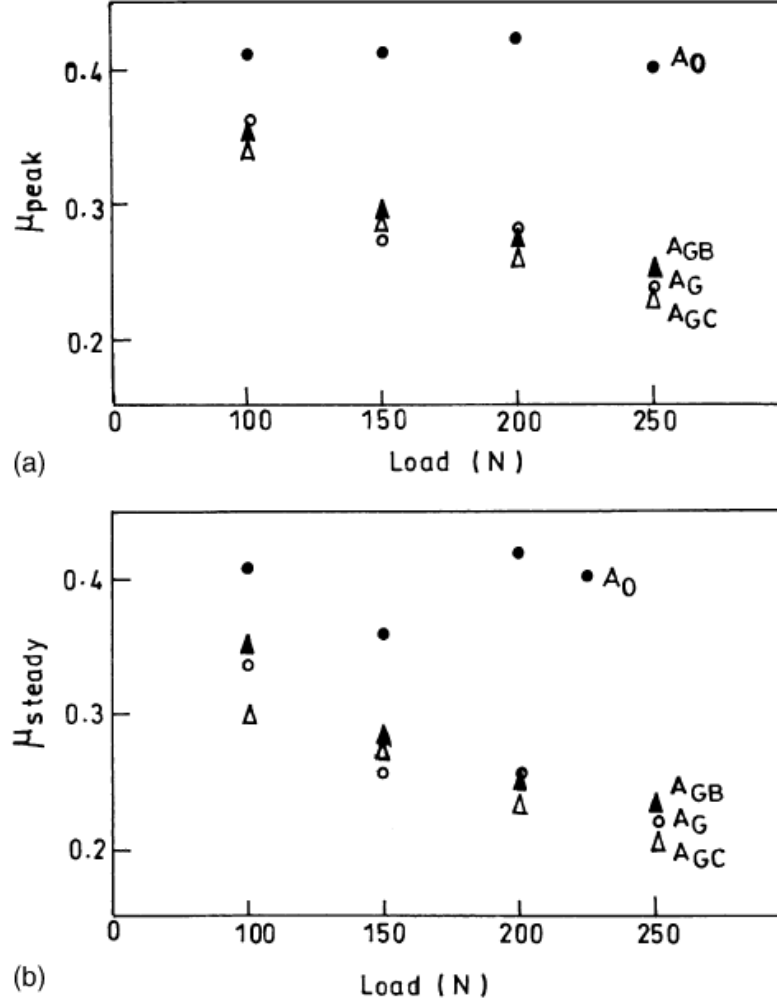


Şekil 1.6 : Aşınma oranları değişimi (Yük=15N ve Hız=900dev/dak) [5].

Sonuç olarak aşınma oranının en büyük etkenin yük artışı olduğu ve Poliamid 6.6 ve Derlin benzer aşınma performansı gösterirken Polietilen malzemesi daha yüksek performans göstermiştir yani daha az aşınma miktarı gözlemlenmiştir [5].

Aşınma oranının ve sürtünme katsayısının belirlendiği diğer çalışmada ise POM, PAI, PA6G ve PEEK malzemeleriyle 0,5m/s kayma hızında, yedi farklı kayma mesafesinde ve üç farklı yükleme koşulu altında AISI 1040 çelik diske karşı deneyler yapılmıştır. Aynı hız ve yükleme koşulları altında kayma yolunun artışı tüm malzemelerin aşınma miktarlarının artmasına sebep olmuştur. Aynı hız ve kayma mesafesi koşullarında PA6G de aşınma miktarı azalırken diğer malzemelerde artmıştır [6].

Yapılan çalışmada katkısız PA 11 (A_0), %20 kısa cam elyaf katkılı PA 11 (A_G), %20 kısa cam elyaf + %6 bronz katkılı PA 11 (A_{GB}) ve %20 kısa cam elyaf + %6 bakır katkılı PA 11 (A_{GC}) in aşınma performansları karşılaştırılmıştır. Çizelge 1.2 ve Şekil 1.7'de görüleceği gibi cam elyaf katkısı PA 11 in sürtünme katsayısını düşürmüş ve aşınma direncini arttırmıştır [7].



Şekil 1.7 : Sürtünme katsayısı değerleri, a) μ_{peak} en yüksek, b) μ_{steady} rejimde [7].

Bununla birlikte eklenen bronz ve bakır katkıları sürtünme katsayısını azaltmış ve aşınma direncini daha da arttırmıştır. Bunlar arasında bakırın aşınma direnci en çok arttırmasının sebebi olarak bakır atomlarının transfer filmi ile karşılık yumuşak çelik arasında yapışmayı sağlamış olması sunulmuştur [7].

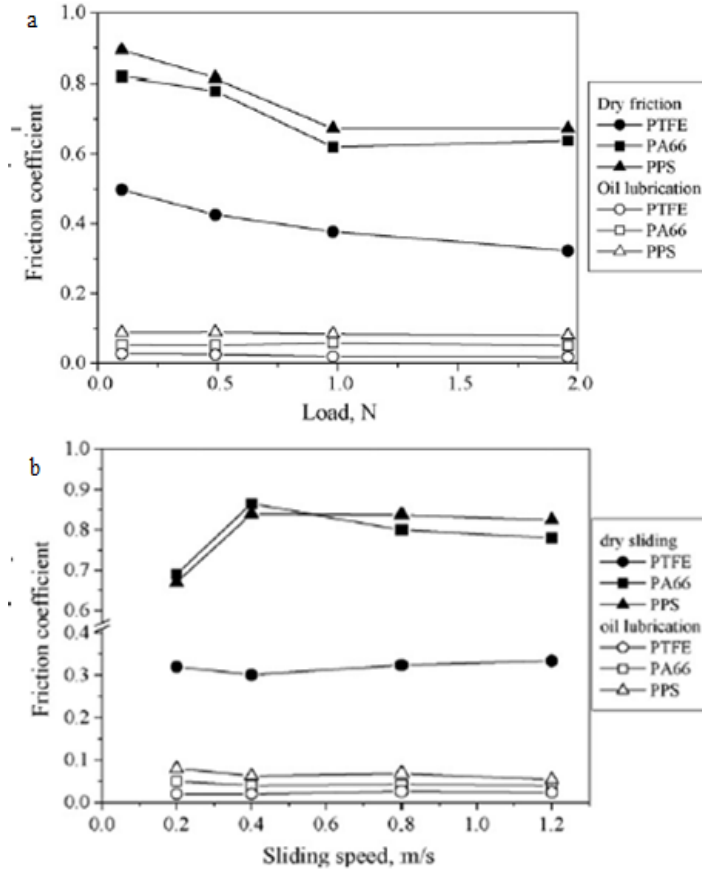
Polimer malzemelerin birbiriyle etkileşimi sonucunda aşınma karakterleri belirlenmeye çalışılmış. Bunun için PTFE-PTFE, PA66-PA66 ve PPS-PPS arasındaki durumlar incelenmiş. Testler oda sıcaklığında (20 ± 5 °C), farklı yükleme

ve hız koşullarında yapılmış. Ayrıca testler yüzeylerin birbiri üzerinde yani kuru ve yüzeyler arasına sıvı gazyağı dökülerek yapılmış. Şekil 1.8’de görüleceği gibi sıvı gazyağı kullanımı sürtünme katsayısını azaltmıştır.

Çizelge 1.2 : Malzemelerin farklı yükleme koşullarındaki aşınma dirençleri [7].

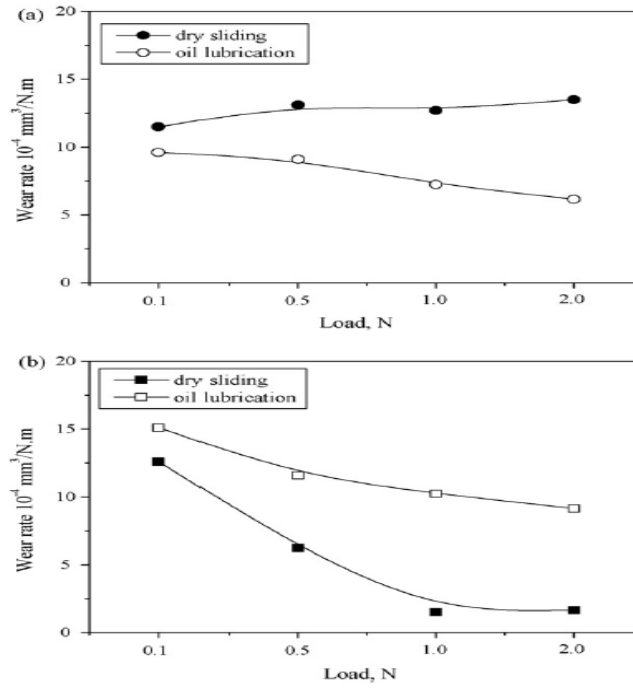
	100N	150N	200N	250N
A_0	1	1	1	1
A_G	3,9	4,3	3,6	43
A_{GB}	6,4	11,6	6,3	5,2
A_{GC}	12,3	11,6	7,8	11,4

Bununla birlikte kuru ve sıvı gazyağı şartlarında PPS en yüksek, PTFE en düşük sürtünme katsayısına sahiptir (0,4m/s hız şart hariç) [8].

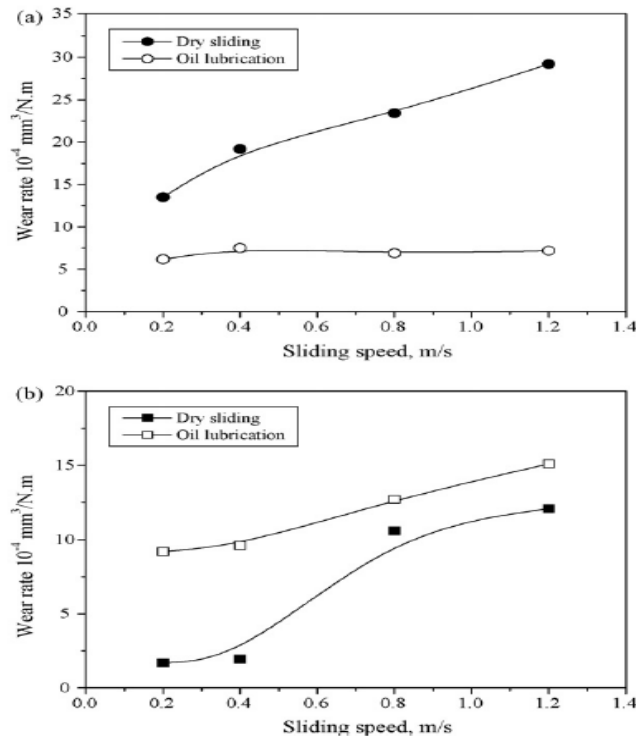


Şekil 1.8 : Sürtünme katsayıları, a) 0,2m/s hızda, b) 2N yük altında[8].

Şekil 1.9. ve Şekil 1.10’da görüleceği gibi sıvı gazyağı PA66’nın aşınma miktarını arttırmıştır. Bunun sebebi olarak kayma sırasında yağı PA66 yüzeyine nüfuz etmesi, yüzey tabakasına geçiş yaparak mekanik dayanımını düşürmesi belirtilmiş [8].



Şekil 1.9 : Aşınma miktarları değişen yüklerde, a) PTFE, b) PA66 (0,2m/s)[8].



Şekil 1.10 : Aşınma miktarları değişen hızlarda, a) PTFE, b) PA66 (2N yük) [8].

Polimer-polimer hareketinde sürtünme sıcaklığı aşınma davranışında çok önemli bir etkidir. Dışarıdan bir yağlama bu sıcaklığı düşürerek aynı zamanda sürtünme katsayısını ve aşınma miktarını düşürmektedir [8].

2. PLASTİK MALZEMELER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Polimer malzemelerin özelliklerinden bahsedilirken daha çok testlerde kullanılacak polimerler üzerinde durulacaktır.

Polimerler genel bir çatı altında toplanır ise yapay ve doğal olmak üzere iki grupta incelenebilir. Polimerlerin moleköl ağırlıkları yüksektir ve organiklerdir. Monomer veya mer diye adlandırabileceğimiz yapılardan oluşurlar. Bunların bir araya gelmesiyle birçok anlamında poli sözcüğü ile birleşerek polimerler oluşur.

Polimerizasyon işlemi monomer yapılardan polimer yapılara geçiş için uygulanan kimyasal bir işlemdir. Bu sayede istenen sayıda polimer elde edilebilmektedir. Sanayi uygulamaları için daha çok sentetik polimerler tercih edilir.

Mühendislik uygulamaları daha önemli bir yere sahip olan sınıflandırma ise işlenebilirliklerine göre polimerleri ayırmaktır. Bu bağlamda polimerler; termoplastikler ve termosetler olarak iki ana gruba ayrılabilir.

Plastikler gün geçtikçe hayatımızın her alanında yer almaktadır. Cam, seramik, demir vb. maddelerin yerini alıp otomotivden, tıbbi alanlara kadar birçok yerde kullanılmaktadır. Hemen hemen her alanda ve ihtiyacı karşılayacak termoplastikler geliştirilmiştir. Burada önemli olan hangi amaçla ve nerede kullanılacağını iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Kolay şekillendirilebilir olmaları, ucuz olmaları ve üretimlerinin hızlı olması gibi nedenler termoplastiklerin tercih sebepleri arasında sayılabilir. Birçok parça plastik teknolojisi sayesinde hızlı v ucuz üretilmenin yanı sıra kullanım alanı olarak çoğu malzemenin yerini almıştır [9].

Termoplastiklerin tercih sebepleri arasında tekrar kullanılabilme özelliği önemli yer tutmaktadır. Polimer zincirlerinde çapraz bağ yoktur. Uzun, doğrusal ve az sayıda dallanmış bir yapıya sahiptirler. Isıtılarak kolay şekillendirilebilirler. Soğuduktan sonra ısıtılarak tekrar şekillendirilebilirler [10].

Termoplastikler, basınç ve ısı etkisinde akan ve yumuşayan; bu özelliği sayesinde rahat şekil alabilen polimerlerdir. Soğuduğunda ise sertleşirler ve kimyasal

yapılarında değişiklik olmaz. Termoplastik grubuna dâhil edilebilecek plastikler; polistren, poliamid, polietilen, karboonflorür ve vinil vb.

Termoset malzemeler termoplastiklerin aksine tekrar kullanım imkânı vermezler. Isı ile kalıcı olarak sertleşirler ve geri dönüşü olmayan bir yapıya kavuşurlar. Bunun sebebi çapraz bağlı yapıya sahip olmaları gösterilebilir. Bu özellikleriyle termoplastiklerden sert olmalarına karşın darbe dayanımları düşüktür.

Termoset malzemelere poliester, fenol, reçine, epoksi reçine alkid reçine örnek verilebilir.

Plastikleri birçok gruba ayırabiliriz. Bunlar kullanım alanları, fiziksel özellikleri vb. olabilirler. Bunlara ek olarak saf ve katkılı olarak da ayrılabilirler.

2.1 Mühendislik Plastikleri

Mühendislik polimerleri diye tanımlayabileceğimiz plastik malzemeler kullanım koşulları göz önüne alınarak söylenmiştir. Otomotiv sanayi, uçak sanayi, gıda sektörü vb. kullanım alanlarına sahip plastiklerden kimyasal ve fiziksel üstünlükler beklenmektedir. Ortam şartları belirleyici etkenlerdendir. Plastiklerin ısı dayanımları, aşınma dayanımları, kimyasal malzemelere karşı dirençleri, elektriksel özelliklerinin yüksek olması kullanılabilirlikleri için önemlidir.

Mühendislik plastikleri birçok alanda metal, seramik gibi malzemelerin yerine kullanılabilmektedir. Bu plastik malzemeler özelliklerinin güçlendirilmesi için bazı katkı maddeleri içermektedir ve bu da maliyet olarak plastik fiyatına yansımaktadır. Mühendislik plastikleri arasında asetal, poliamid – imid, poliaralat, polikarbonat, polieterimid, poliimid, poliketon, sülfon polimerleri, florokarbon polimerleri, naylon örnek olarak verilebilir. Bunlar arasından poliamid- imid, poliimid, florakarbon polimerleri ve naylon hakkında daha geniş bilgi verilecektir [9].

2.1.1 Poliamid – imid

Poliamid-imidin aromatik grup ve imid kombinasyonu sonucu birçok üstün özelliği vardır. Alev geciktirici özelliğinden dolayı yavaş yanar ve 260°C sıcaklığın üzerinde kullanılabilir. Amid grubu sayesinde baskıya karşı dayanıklıdır ve yük altındaki deformasyonu azdır. Bunun sonucu olarak boyutunu büyük ölçüde korumaktadır.

Elektriksel özelliklerinin iyi olmasından dolayı elektronik elemanların yapımında kullanılır. Cam elyaf takviyesi sayesinde birçok plastiğin oda koşullarında sergilediği mekanik ve kimyasal davranışı 230°C gibi sıcaklıklarda gösterebilir. Poliamid-imid özel vida de akümülatörlerin kullanıldığı enjeksiyon kalıplama yöntemiyle işlenebilir [9].

2.1.2 Poliimid

Aromatik yapıya sahip olması sebebiyle çok yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir. Bu bakımdan kısa süreli hava ortamında kullanımda 482°C, uzun süreli kullanımda ise 260°C sıcaklıklara kadar kullanılabilir. Isıl özelliklerinin yanı sıra üstün elektriksel özelliklere sahiptir.

Kuvvetli alkaliler, sulu amonyak çözeltisi gibi kimyasallar poliimidi etkilemektedir fakat zayıf asitlere karşı direnci yüksektir.

Malzemenin doğrusal yapısı ve yüksek erime sıcaklığı gibi özelliklerinden dolayı bilinen tekniklerin dışında özel yöntemlerle üretilmeleri gerekmektedir [9].

2.1.3 Florokarbon polimerleri

Termoplastik polimerlerdir. İsimleri uzun olduğundan flor etilen takısı olarak kısaltmalar ile kullanılırlar. Bunlar arasında politetrafloroetilen (PTFE) hakkında geniş bilgi verilecektir.

PTFE flor polimerleri arasında ısı ve kimyasal direnci yüksek malzemelerdir. Bu plastiğin yük altındaki aşınma direnci ve çekme dayanımı diğer plastiklere oranla düşüktür. Hava şartlarında kendinden yağlama özelliği, düşük sürtünme katsayısı, ısıyı iletmemesi özelliği olan bir plastiktir. Mekanik özellikleri diğer plastiklere oranla düşük olmasına karşın cam, karbon vb. dolgu maddeleri sayesinde mekanik özellikleri artmaktadır ve bu sayede aşınma direnci, boyutsal kararlılığı artar. -70°C ile 204°C gibi geniş bir kullanım aralığına sahiptir.

En büyük dezavantajı işlenmesinin zor olmasıdır. Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmezler, basma kalıplama tekniğiyle üretilirler. Çubuk, boru ve özel profil benzeri yapılar ekstrüzyon yöntemiyle üretilir. Ekstrüderdeki L/D oranının büyük olması PTFE granüllerinin erimesi için yeterli zamanın tanınması için önemlidir [9].

2.1.4 Naylon

Termoplastikler arasında poliamidlere genel olarak naylon denmektedir. Yüksek kristal yapısına sahip olan poliamidlerin moleköl ağırlıkları yüksektir. Sert, aşınma direnci yüksek, sürtünme katsayıları düşük, kendinden yağlamalı ve 120°C sıcaklığa kadar kullanılabilen polimer malzemelerdir. Kimyasallara karşı dayanıklı olmanın yanı sıra tornada kolay işlenebilirler. Boyutsal kararlılıkları ve fiziksel özellikleri rutubet oranına göre farklılık göstermektedir. %2-3 civarındaki rutubet oranında kuvvetlidir, ama kuru olduklarında kırılganırlar [9].

2.2 Katkı Maddeleri

Plastiklerin tek başlarına istenen performansı yerine getirmeleri zordur. Ayrıca üretim işlemleri sırasında bazı mekanik özelliklerinin daha iyi olması gerekir ki bu süreçler daha kolay yapılabilin. Plastik malzemelerin stoklanması için de bazı katkı maddelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar sebebiyle plastiklerin birçoğunda sürtünme, aşınma, akışa karşı direnç, yük altında deformasyon vb. etkilere karşı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkılar genel anlamda şu şekilde sıralanabilir;

1. Dolgu maddeleri
2. Takviye edici maddeler
3. Antistatik ajanları
4. Isı stabilizatörleri
5. İşlemeyi kolaylaştırıcı maddeler
6. Kalıp ayırıcılar
7. Antioksidantlar
8. Ultraviole stabilizatörleri
9. Darbe direncini artıran katkı maddeleri
10. Köpürtücü maddeler
11. Ultraviole stabilizatörleri
12. Plastikleştiriciler
13. Renklendiriciler

Çalışma kapsamında dolgu maddelerinin etkisi önemli yer tuttuğu için dolgu maddeleriyle ilgili daha geniş bilgi verilecektir [9].

2.2.1 Dolgu maddeleri

Dolgu maddeleri plastik malzemeye katılırken daha çok kullanılacağı yere göre kullanım özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılır. Tabi bunun yanı sıra bazı durumlarda olumsuz yönleri de olabilir. Dolgu maddelerinin getirdiği avantajların bazılarını sıralamak gerekirse;

1. Kimyasal maddelere karşı direnç artırır
2. Isıl etkilere karşı plastiği geliştirir
3. Plastiğin estetik özelliğini iyileştirir
4. İşlenebilirliğini kolaylaştırır

Bunun yanı sıra plastiğin esnekliğinin azalması, darbelere karşı direncinin düşmesi, elastiklik modülünün düşmesi gibi yan etkileri olabilir.

Dolgu maddeleri kullanılırken hangi oranda kullanılacağını iyi belirlenmesi gerekmektedir. Plastikten istenen performansın alınamamasına, beklenen sürede kullanılamamasına, mekanik özelliklerinin kötüleşmesine vb. sebep olacak etkilerle karşılaşılabilir.

Kullanılan dolgu maddesinin hangi amaçla nerede kullanılacağı iyi bilinmelidir. Birden çok dolgu maddesi aynı amaca hizmet edebildiği gibi yanlış amaçla kullanılmaları istenen performansın alınamamasına ve gereksiz sarfiyata sebep olabilmektedir. Dolgu maddeleri özelliklerine göre gruplanmak gerekirse; cam dolgu, karbon dolgu, selülozik dolgu maddeleri, kalsiyum karbonat, metalik tozlar, metalik oksitler, silikatlar, sentetik elyaflar ve diğer inorganik bileşikler vb. olarak sıralanabilir.

Cam dolgu maddeleri; cam katkılı plastiklerde kırılma ve darbe direnci gibi özellikleri kötüleşirken eğilme modülü, erime indeksi, çekme direnci yüksektir. Özgül ağırlıkları 2,5'tur.

Karbon dolgu maddeleri; plastiklere aşınma direnci, sertliğini artması ve ısıl dayanımının artması gibi faydaları vardır. Bunların başında karbon siyahı gelmektedir. Plastiklerde renklendirici olarak kullanımının yanı sıra plastiklerin elektriksel direncin artmasını, ışık emme özelliği olmasını ve düşük yüzey enerjisine sahip olmasını sağlar.

Metalik tozlar; metalik tozlar polimer malzemelerde dolgu maddesi olarak kullanılabilmektedir. Bu maddelerin kullanım alanlarını ve kullanım miktarlarını iyi bilmek gerekir. Kullanılan metalik tozlardan; alüminyum plastiğin işlenebilirliğini arttırdığı gibi darbe direncini, ısı ve elektrik iletkenliğini arttırmaktadır. Bakır ise plastiklerde dolgu malzemesi olarak kullanıldığında alüminyuma benzer özellikler getirmektedir, ama bundan farklı olarak yoğunluğu alüminyumdan daha fazla olduğundan plastiğin ağırlaşmasına sebep olmaktadır. Kurşunun en önemli özelliklerinden biri radyasyona karşı koruma sağlamasıdır. Bu sebeple röntgen çekimlerinde çalışanların kıyafetlerinde kullanılabilmektedir. Çinko kullanımıyla plastiklerin korozyon direnci artmaktadır

Görüldüğü gibi kullanılan metalik toz plastiklerin özelliklerini geliştirmekle birlikte kullanım alanlarını arttırmaktadır [9].

3. SİSTEM GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ

3.1 Amaç

Tez çalışmasına konu olan yatakların tasarım ve imalat aşamalarının doğru bir biçimde belirlenebilmesi için uygulama alanı olan ev tipi fırının ve yapılan hareketli raf mekanizmasının iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu amaçla fırın genel yapısı ve mekanizma parçaları hakkında bu bölümde bilgi verilmiştir.

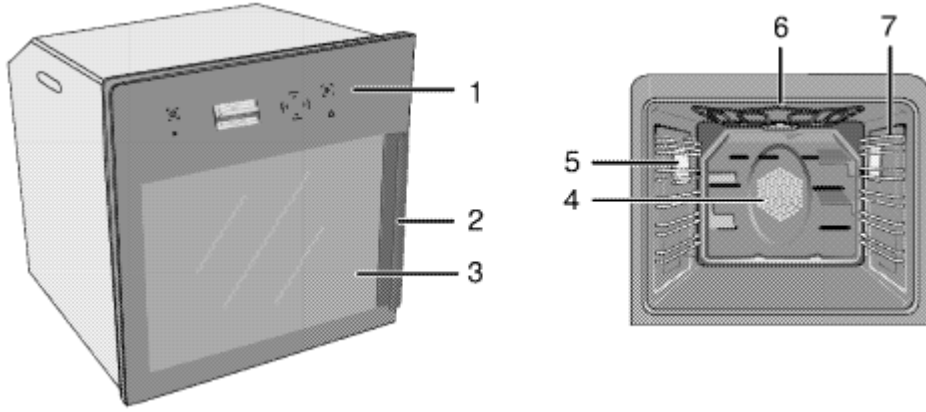
3.2 Ev Tipi Fırınlara Genel Özellikleri

Hareketli raf mekanizmasının kullanıldığı fırın Arçelik AŞ ürünleri arasında bulunan ankastre fırındır. Genel yapı olarak sacdan oluşmaktadır. Dış ve iç şasi diye adlandırabileceğimiz iki yapı arasında diğer parçalar konumlandırılır.

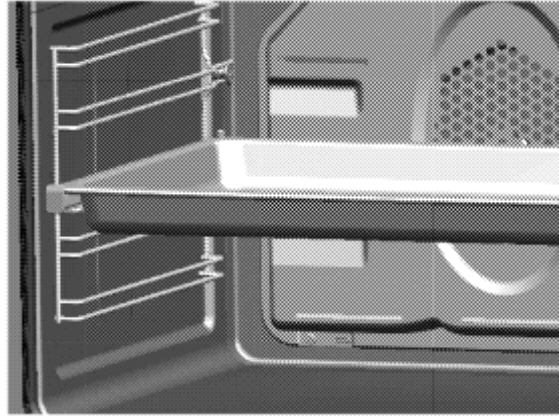
İç şasi: Kullanıcı kapağı açıldığında karşılaştığı hacmi oluşturan sac yapıdır ve yalıtımı sağlamak amacıyla, kapının olduğu kısım haricinde dış yüzeyi cam yünü ile sarılmıştır. Elektronik aksam bu yalıtımın dışında bulunmaktadır. Dış şasi: Fırının konumlandırılacağı yere temas eden ve en dıştaki sac yapıdır.

Bu yapılara ek olarak kapı ise fırın pişirme sıcaklıklarının üzerindeki sıcaklıklara dayanabilecek camdan yapılmıştır. Kapı, menteşeler sayesinde kullanıcı tarafından yana doğru açılabilir. Ayrıca üzerindeki kontrol paneli sayesinde istenen pişirme programı seçilebilir.

Fırının diğer parçaları arasında sayabileceğimiz; nemi uzaklaştırmak ve soğutmayı sağlamak için fan, fırında pişirmeyi kontrol eden elektronik kart, fırının üç ayrı kısmında bulunan ve kullanıcı isteğine göre birbirinden bağımsız olarak aktifleştirilebilecek rezistanslar vb. bulunmaktadır. Şekil 3.1’de fırının genel hatlarıyla kısımları gösterilmiştir. Fırın iç hacminde tepsinin konumlandırılması için 5 adet raf seviyesi bulunmaktadır. Bu sayede farklı gıdalar en uygun seviyede pişirilebilir. Bu raf seviyeleri Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Fırınla birlikte düz ve derin tepsinin yanı sıra tel ızgara da verilmektedir.



Şekil 3.1 : Genel fırın yapısı 1)Kontrol paneli, 2)Tutamak, 3)Kapak, 4)Fan Motoru (sac arkasında), 5)Lamba, 6)Üst ısıtıcı, 7)Raf konumları [1].



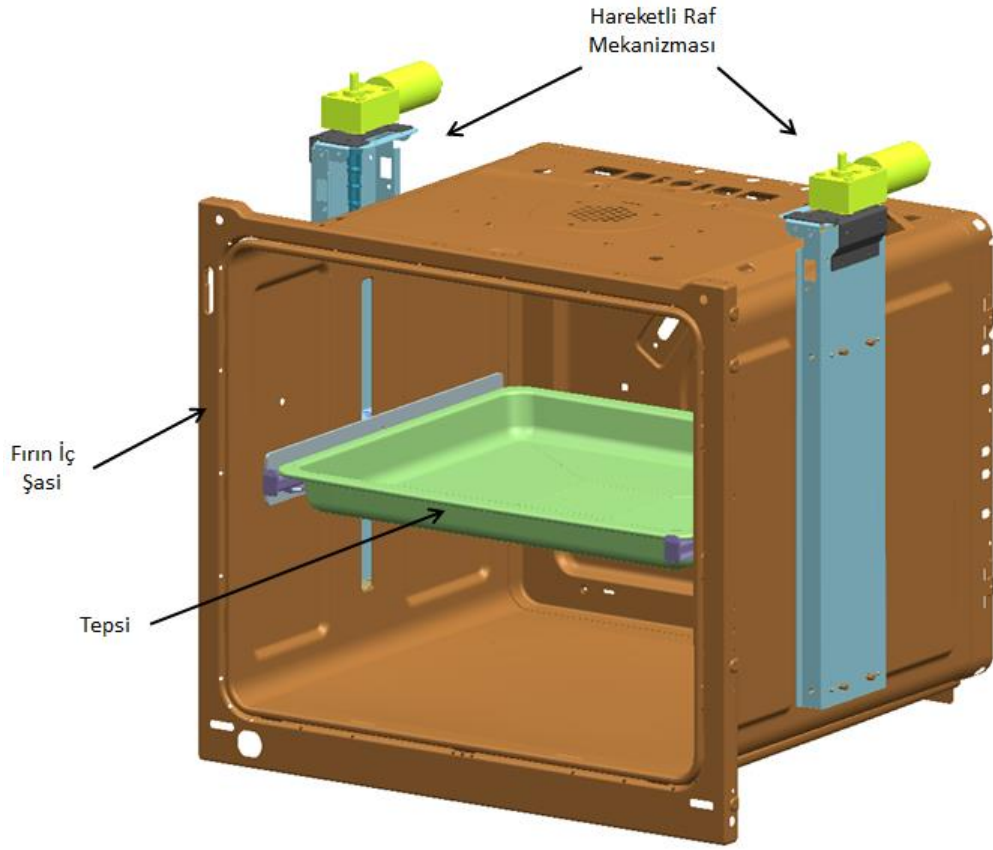
Şekil 3.2 : Tel raf seviyeleri ve teleskopik ray yapısı kullanımı [1].

Tepsiyi konumlandırmak için teleskobik ray kullanılmaktadır. Kullanıcıya büyük kolaylık sağlayan bu yapı: Tepsi fırın iç hacminden kullanıcıya doğru çekilerek hareket ettirilir veya dışarı çekilerek tepsi üzerine konumlandırıldıktan sonra pişirme işlemine başlanması için raylar fırın iç hacmine itilir.

3.3 Hareketli Raf Mekanizması Genel Özellikleri

Hareketli raf mekanizması pişirmeyi iyileştirmesi amacıyla hali hazırda kullanılan ev tipi fırınlar için geliştirilen bir mekanizmadır. Burada iyileştirmeden kasıt; pişme süresinin azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması ve konforlu pişirme olarak genel hatlarıyla tanımlanabilir.

Geliştirilen mekanizma, her bir fırında 2 adet olacak şekilde fırın üzerine konumlandırılır. Şekil 3.3'te görüleceği gibi mekanizmalar fırının sağ ve sol yanına konumlandırılır.

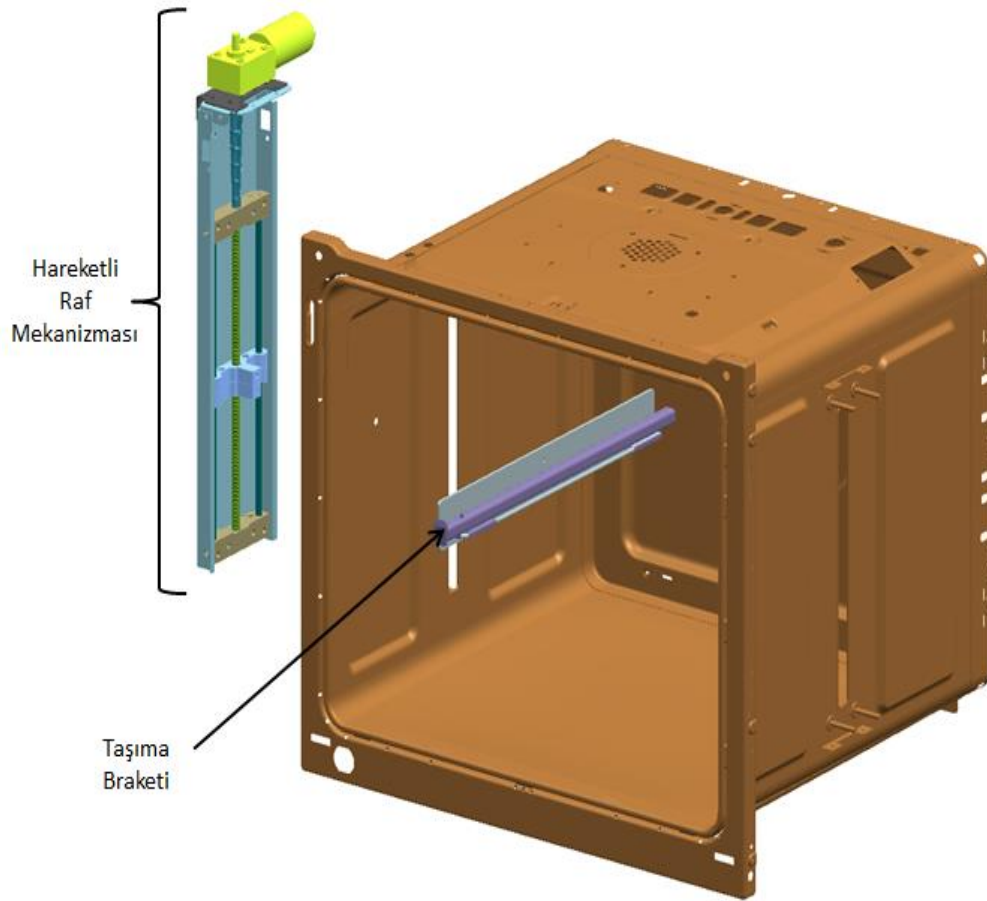


Şekil 3.3 : Hareketli raf mekanizmasının fırın üzerindeki konumu.

Hareketli raf mekanizmasının özellikleri fırın işletmesinin deneyimleri ve testleri neticesinde belirlemiştir. Bu özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz;

- 1- Çalışması esnasında tüm raf seviyelerini tarayabilen
- 2- 10kg yük ile hareket edebilen
- 3- Gıda uyumlu malzemeler ile tasarlanmış
- 4- Herhangi bir sızdırma sorunu olmayan
- 5- Pişirme esnasında ulaşılan en yüksek sıcaklıkta çalışabilen
- 6- Otoblokajlı
- 7- Kolay kontrol edilebilen

Belirlenen bu özellikler doğrultusunda bir mekanizma tasarlanmıştır. Tasarlanan mekanizma Şekil 3.4'te görüldüğü gibi kolay gruplama özelliğine sahiptir. Fırından bağımsız bir ortamda birleştirilen mekanizmalar fırın üzerine takılır ve iç şasi üzerine gruplanır. Ardından taşıma braketini fırın iç hacminden vidalanarak mekanizma ile birleştirilir.

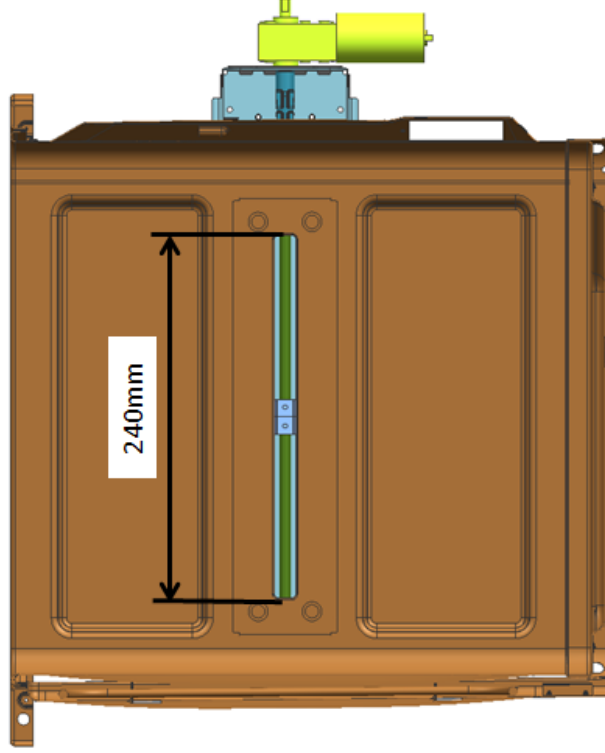


Şekil 3.4 : Hareketli raf mekanizmasının montajı.

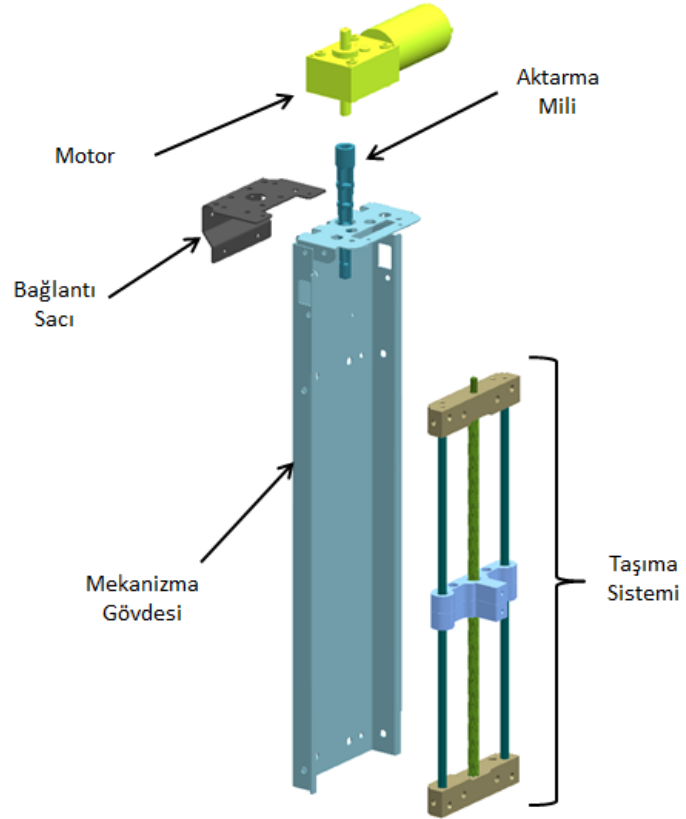
Hareketli raf mekanizmasına sahip olmayan fırınlarda iç şasiye içerden takılan tel raflar sayesinde tepsi, istenen raf seviyesine konumlandırılır. Bu sistemde tepsi park konumu diye adlandırabileceğimiz en alt raf seviyesine denk gelen seviyede taşıma braketleri üzerine yerleştirilir. Tepsi pişirme esnasında mekanizma yardımıyla diğer raf seviyelerine de ulaşabilir.

En alt ile en üst raf seviyesi arası hareketli raf mekanizmasının hareket edebileceği ve hareket etmesi gereken mesafeyi belirtir. Bu mesafe Şekil 3.5'te de görüleceği gibi 240mm olarak belirlenmiştir.

Hareketli raf mekanizması motor, aktarma mili, bağlantı sacı, mekanizma gövdesi ve taşıma sistemi kısımlarından oluşmaktadır. Bu kısımların birbirlerine göre konumları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Tepsi hareket mesafesi.



Şekil 3.6 : Hareketli raf mekanizması parçaları.

Mekanizma çalışma prensibi: Motorun tahrik ettiği aktarma mili hareketi taşıma sistemine iletir. Taşıma sisteminde bulunan Şekil 3.7’de gösterilen vida-somun ikilisi sayesinde yataklama sistemi yukarı-aşağı yönde hareket edebilir. Bu hareketin sağlayan motorun seçimi önem kazanmaktadır.

120dev/dak hıza ve 0,65Nm torka sahip ve H sınıfında DC motor seçilmiştir. Motorlar çalışma sıcaklıklarına göre sınıflara ayrılmıştır. H sınıfı seçilen motorun 180°C sıcaklıkta çalışabileceğini göstermektedir [11]. Tepsi, 240mm olan tüm mesafeyi tarayabilmelidir. Seçilen motor bu mesafeyi 96sn de tamamlayabilmektedir.

Tepsinin düşeydeki hızı;

$$x = Vt$$

$$V = x/t$$

$$V = 240/96 = 2,5\text{mm/sn}$$

$$V = 9\text{m/s}$$

Burada;

x: tepsinin hareket mesafesi

t: tepsinin hareket süresi

V: tepsinin düşey hızı

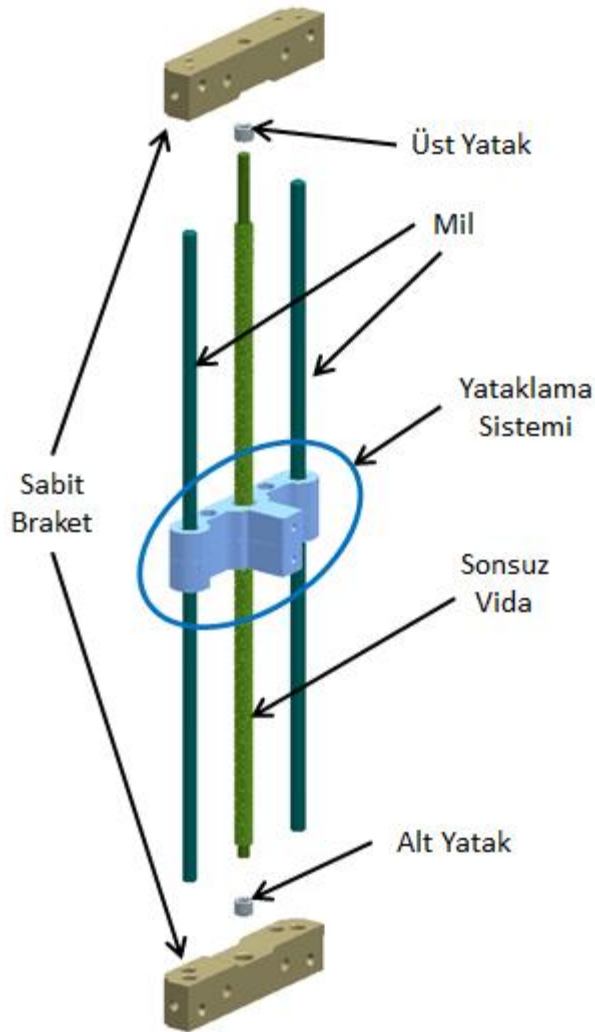
Seçilen motorun değerleri kullanılarak mekanizmanın kullanım süresi boyunca ne kadar süre çalışacağı belirlenmiştir. Bir pişirme çevrimi sırasında mekanizmanın 5 adımda hareketini tamamlayacağı kabul edilmiştir. Bu adımlar;

1. Park pozisyonundan pişirme pozisyonuna hareket
2. Pişirme pozisyonu (en alt seviyeye hareket)
3. Pişirme pozisyonu (en üst seviyeye hareket)
4. Park pozisyonuna dönüş
5. +1 emniyet hareketi

Aktarma mili için ortam sıcaklıklarına dayanabilecek PA malzeme kullanılmıştır. Bu parça burulmaya maruz kaldığı için etkiyi karşılayabilecek bir yapıya sahiptir. Motordan aldığı hareketi taşıma sistemine iletir.

Bağlantı sacı, motorun mekanizma gövdesine konumlandırılmasını sağlar. Motor önce bağlantı sacıyla birleştirilir. Ardından bağlantı sacı üzerinde motor ile mekanizma gövdesiyle birleştirilir. Mekanizma gövdesi tüm sistemi üzerinde taşıyan parçadır.

Taşıma sistemi kendi içinde parçalara ayrılmıştır. Tepsinin hareketini sağlayan sistem, aktarma mili sayesinde gelen radyal hareketi doğrusal harekete çevirerek tepsinin yukarı-aşağı hareket etmesini sağlar. Şekil 3.7’de genel görünüşü verilen taşıma sistemi de kendi içinde sabit braket, üst yatak, alt yatak, mil, sonsuz vida ve yataklama sisteminin birleşiminden oluşmaktadır.



Şekil 3.7 : Taşıma sistemi parçaları.

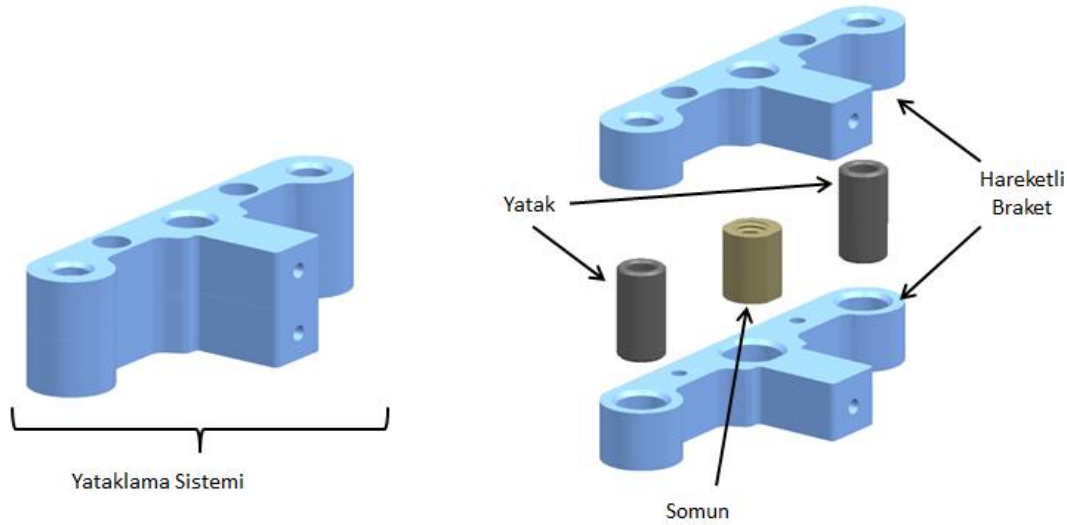
Aktarma milinden gelen hareket sonsuz vidaya iletildiğinde yataklama sistemin yapısı gereği hareket dönme değil ilerleme olarak gözlenir.

Miller ise hareket boyunca hem hareketin düzgün bir biçimde yapılmasını sağlamak hem de harekete kılavuzluk etmek amacıyla kullanılmaktadır. 6mm çaplı ve Ck45 çelik çubuğun sert krom ile kaplanmasıyla elde edilmiştir. Mil için $R_a = 0,2 \sim 0,4\mu m$ [12].

Sabit braketler alüminyum malzemeden üretilmiştir ve hareketin alt ve üst sınırlarını belirlemektedir. Tepsinin konumlandırılacağı raf seviyeleri referans alınarak en alt ve en üst seviye yerleştirilir. Aynı zamanda sonsuz vida ve miller sabit braketlere takıldıktan sonra mekanizma gövdesiyle birleştirilir.

Üst ve alt yataklar ise polimer malzemeden üretilmişlerdir. Bu parçalar sonsuz vidanın alüminyum olan sabit braketler ile arasında sürtünmesini engelleyerek parçaların hasar görmemesini sağlarlar.

Yataklama sistemi, mekanizma fırına takıldıktan sonra taşıma braketinin takıldığı kısımdır. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi bu sistem kendi içinde hareketli braket, somun ve yatakların birleşmesi sonucu elde edilmektedir.



Şekil 3.8 : Yataklama sistemi parçaları.

Hareketli braket sabit braketle aynı malzemeden yani alüminyumdan üretilmiştir. Fırın iç hacmine bakan uzantılarına taşıma braketini vidalamak suretiyle takılır. Somun ve yatakların yerleştirilebilmesi için onlara uygun formda işlenmiştir.

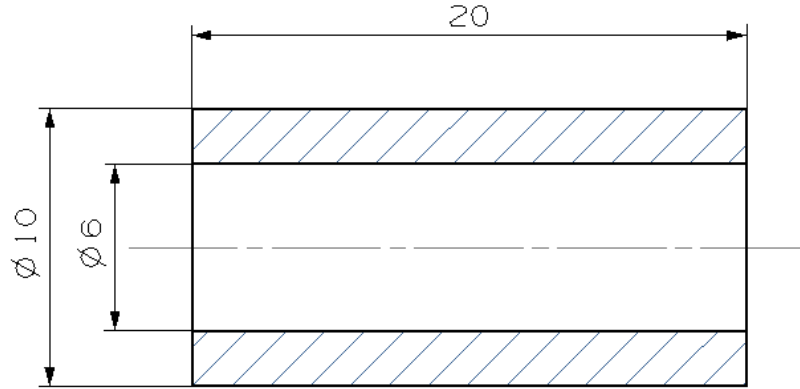
Somun parçasının dışı tam yuvarlak olmak yerine simetrik iki yanından küt kesilmiştir. Bu sayede sonsuz vida dönerken somundan kurtulamayacaktır. Düz

kenarları ve iki yanındaki miller sayesinde dönemeyen somun, hareketin radyal değil doğrusal olmasını sağlamaktadır.

Yataklar, sistemde doğrusal hareketi yataklamak için kullanılmaktadır. Onunla etkileşim halinde olan parçalar mil ve hareketli braket olduğu için bu parçaların özellikleri yatağın tasarımına etki edecek özelliklerdir.

İlk tasarımda metal düşünülmüş olan yatak, oluşacak sürtünmenin ve hareket sırasında çıkacak sesin polimer esaslı malzemeye göre yüksek olması ve yağlama gerektirdiği için gıdaya uyum sorunu oluşturması sebebiyle metal yerine polimer esaslı bir malzeme kullanılmasına karar verilmiştir.

Yatakların ölçülendirilmesi Şekil 3.9’da görüldüğü gibidir. Burada 6mm olan yatak iç çapı mile göre tasarlandığı için sabit olarak alınmıştır. 10mm dış çap ve 20mm boy ölçüleri deneylerin yapılabilmesi için başlangıçta seçilmiş değerlerdir. Deneyler sonucunda değiştirilebilecek değerlerdir. Ölçüler mm olarak verilmiştir.

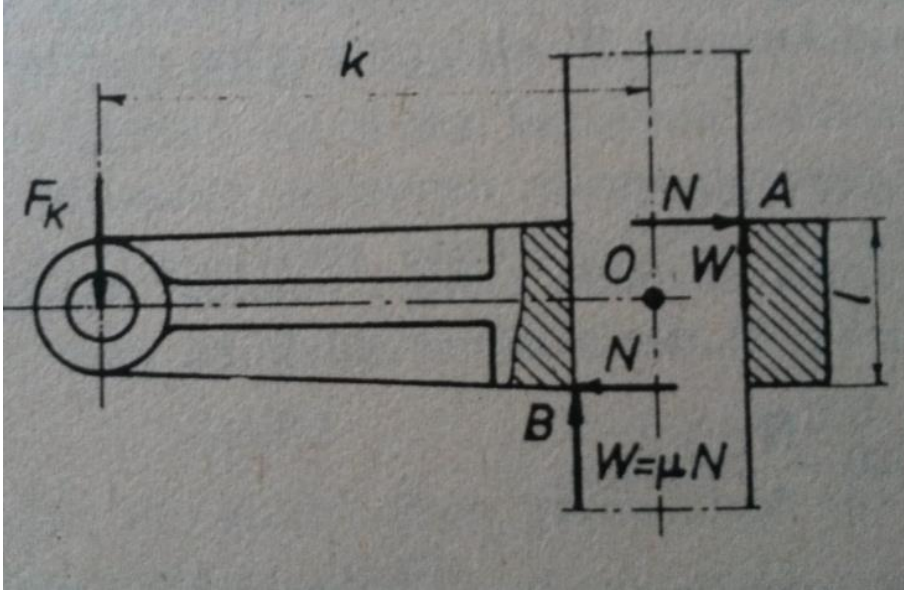


Şekil 3.9 : Yatağın ölçülendirilmiş görünüşü.

3.4 Hesaplamalar

Mekanizmanın hareketi sırasında yatakların maruz kaldığı kuvvetler sistemin performansını etkilemektedir. Aynı zamanda yatakların tasarımda önemli bir girdi oluşturmaktadırlar.

Yapılan araştırma sonucunda yataklama sistemiyle benzer davranış gösteren yapılar araştırılmıştır. Bunun sonucunda Şekil 3.10’da belirtildiği gibi mil-göbek bağlantılarındaki konsol kiriş hesabına benzer davranış gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 3.10 : Konsol kiriş kuvvetleri [13].

Konsol bağlantısındaki kuvvet eşitlikleri şu şekildedir [13];

$$W = \mu N \quad (3.1)$$

$$F_K = 2\mu N \quad (3.2)$$

$$F_K k = Nl \quad (3.3)$$

$$N = (k/l) F_K$$

Burada;

W: sürtünme kuvveti

N: normal kuvvet

μ : sürtünme katsayısı

F_K : sisteme etkiyen kuvvet

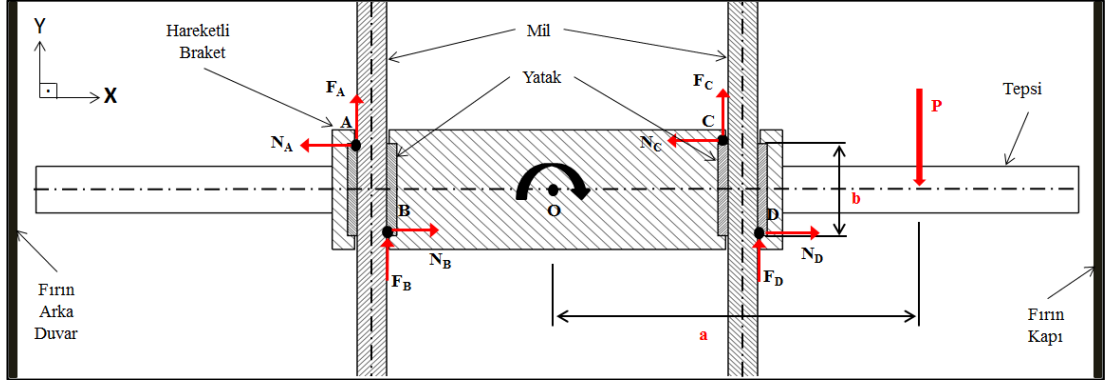
l: parçanın kuvvet etkisi altındaki boyu

k: F_K 'nın mil merkezine olan uzaklığı

Kuvvet eşitliklerinden anlaşılacağı gibi μ , l, k ve F_K büyüklüklerinin değiştirilmesi milde oluşan normal kuvvetleri etkilemektedir. Bu davranışa benzer bir özellik gösterdiği için hesaplama, mekanizmanın Şekil 3.11'de gösterilen durum göz önüne alınarak yapılmıştır.

Fırının yan duvarlarına monte edilen mekanizmalar, Z doğrultusundaki yük konumlandırmasını dengeleyebilmektedir. X doğrultusundaki yükleme hali mekanizma için Z doğrultuna göre daha zorlanmış bir şart olduğu için X doğrultusundaki etkiye bakılmıştır.

Yükü asıl taşıyıcı olan parça somundur. Hareket Y doğrultusunda yani yukarı-aşağıya yönde olduğu için yataklar yükün daha çok moment etkisiyle gelen kuvvetlerine maruz kalmaktadırlar. Hesaplama somuna gelen moment etkisinden kaynaklanan kuvvetler ihmal edilerek bu etki sadece yataklara geliyor kabulü yapılmış ve daha zorlanmış bir şart oluşturulmuştur. P fırın kapısına yakın bir noktaya konumlandırılmıştır. Bunun tam tersi yönde yani fırın arka duvarına yakın (a aynı kalacak şekilde) bir noktaya konumlandırılması halinde benzer etkinin Şekil 2.11'deki kuvvetlere ters yönde, ama aynı değerde uygulanacağı kabul edilmiştir. Bu konumlandırma, mekanizmanın fırın iç hacminde çalışması esnasındaki durum alınarak belirlenmiştir. Tepsinin öne çıkarılması esnasında gelen kuvvetler artacaktır, fakat bu durum pişirme süresi göz önüne alındığında anlık bir durum olduğu için hesaplama için zorlanmış bir etkiye sahip değildir.



Şekil 3.11 : Yatak kuvvetlerinin temsili görünüşü.

$$F_A = \mu N_A$$

$$\sum M_O = 0 : N_A(b/2) + N_B(b/2) + N_C(b/2) + N_D(b/2) - Pa = 0$$

$$N_A + N_B + N_C + N_D = (2a/b)P$$

Burada;

a = Yük ile O noktası arası mesafe

b = Yatak boyu

O = hareketli braket merkez noktası

A, B, C, D = Yatak-mil temas noktaları

M_O = O noktasındaki moment

X = Fırın arka duvar – fırın kapı doğrultusu

Y = Mekanizma hareket doğrultusu

Z = x-y doğrultusuna dik doğrultu

Sistemde kullanılan yataklar konsol-kiriş karakterine sahip oldukları için hesaplama yapılırken benzer bir yöntem izlenmiştir. Burada farklı olarak yükü, sadece sürtünme kuvvetleri değil somun da karşıladığı için Y yönündeki kuvvet dengesi yazılmamıştır. Bu tez kapsamında yatağın hangi bölgelerinde hasar oluşabileceğini öngörmek için hesaplamalar yapılmıştır.

Hesaplama için öncelikle P'nin O noktasındaki momenti bulunmuştur. Kuvvet dengesi oluşturulmuştur. Eşitlik düzenlendiğinde N'yi etkileyen faktörler ve F'yi etkileyen faktörler belirlenmiştir. N kuvvetleri P'nin fırın kapısına yakın konumu referans alınarak, F kuvvetleri ise milin yatağa uyguladığı kuvvetin yönü referans alınarak (bunun tersi yönde hareketli braket yatağa kuvvet uygulamaktadır) ve hareketin aşağıya doğru olduğu durum göz önünde bulundurularak gösterilmiştir. N ve F kuvvetleri, en yüksek değere ulaştıkları yer olan yatakların uç noktalarında gösterilmişlerdir. Bu etkinin noktasal değil bölgesel olacağı kabul edilerek hesaplamalarda değerler kullanılmamıştır. Bu etki deneyler yardımıyla görülmeye çalışmıştır.

Hesaplamalardan çıkan sonuca göre mekanizmanın hareketini zorlaştıracak ve yataklarda hasara sebep olacak kuvvetleri etkileyen faktörler P, a, b ve μ 'dir. Bu değerlerden; sistem taşıyabilecek şekilde tasarlandığı için $P = 10\text{kg}$; $10\text{kg}=5\text{kg}+5\text{kg}$ olacak şekilde ağırlıklar tepsinin ucuna dayanarak ağırlık merkezinin geldiği nokta ile hareketli braket merkezi arası uzaklık a mesafesi olarak kabul edilmiştir.

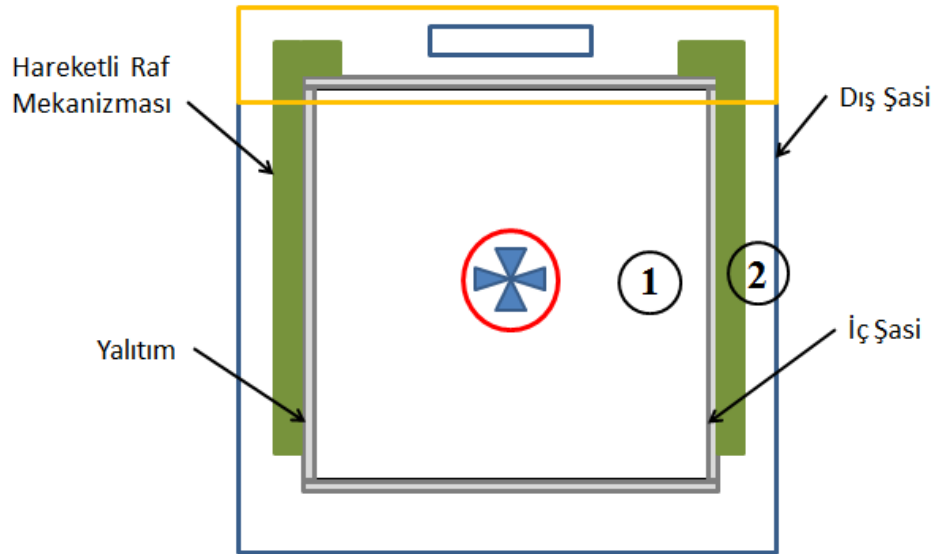
Yatakların az hasar görmesini sağlamak ve mekanizmanın hareketini kolaylaştırmak için N ve F azalması gerekmektedir. Bunun için ise yatak tasarımında değiştirebilecek değerler μ ve b'dir. Kuvvetleri azaltmak için b'nin artması ve μ 'nün ise azalması gerekmektedir.

3.5 Fırın Sıcaklık Değerleri

Fırın içerisindeki bölgelerin sıcaklık değerlerinin bilinmesi seçilecek malzeme için büyük öneme sahiptir. Bu sebeple kullanılacak fırının ulaşabileceği en yüksek sıcaklıkların bilinmesi gerekmektedir.

Fırınlarda iki adet mod vardır; turbo ve prolitik mod. Turbo modda pişirme esnasında fırındaki tüm rezistansların çalıştığı moddur. Ayrıca bu modda nemi dışarı atmak için fan da çalışmaktadır. Kullanılan fırında sadece turbo mod vardır. Bu mod için fırın pişirme bölgesinde oluşabilecek en yüksek sıcaklık değeri 280°C'dir [1].

Prolitik mod ise fırının pişirme sonrasında kendi kendini temizleme özelliğidir. Yan duvarlarda biriken yağ vb. kalıntılar kül haline getirilerek temizliği sağlanır. Temizliği sağlamak için fırın içi sıcaklık değeri, pişirme sıcaklık değerinin yaklaşık 2 katına ulaşması gerekmektedir. Bu mod pişirme için değildir. Mekanizma bu modda çalışacak şekilde tasarlanmadığı için ölçüm yapılmamıştır.



Şekil 3.12 : Fırın sıcaklık ölçüm bölgeleri.

Tasarımı etkileyecek olan sıcaklık değerinin tayini için Şekil 3.12’de da görüldüğü gibi önemli bölgeler işaretlenmiştir.

Ölçümler turbo mod için 2 fonksiyonda yapılmıştır; 3D pişirme ve ızgara. 3D pişirme de pişirme bölgesi 210°C sıcaklığa çıkarılarak 120dak beklenerek ölçüm yapılmıştır. Izgara da ise pişirme bölgesi 250°C sıcaklığa çıkarılarak 60dak beklenerek ölçüm yapılmıştır. Fonksiyonlar rastgele seçilmiştir.

3D pişirme; üst ısıtma, alt ısıtma ve fanlı ısıtma çalıştığı ve bu sayede hızlı ve eşit dağılımlı pişirme sağlanmış olur. Izgara; fırının tavan bölgesindeki tüm ızgaranın ısıtma yapmasıdır bu sayede daha çok ızgara et pişirilebilir [1]. Görülen en yüksek sıcaklık değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.12’de gösterildiği gibi 1 numara pişirme bölgesi, 2 numara ise mekanizma çalışma bölgesidir.

Çizelge 3.1 : Görülen en yüksek sıcaklık değerleri.

Sıcaklık Değerleri(°C)		
Ölçüm Bölgeleri	3D Pişirme	Izgara
1	210	250
2	180	200

Ölçüm sonuçlarından da görüleceği gibi pişirme bölgesi 250°C ye çıktığı zaman mekanizma çalışma bölgesi 200°C ye kadar çıkabilmiştir. Fırın kullanımı 280°C ye kadar pişirme sıcaklığına çıkma imkânı vermektedir. Burada en yüksek pişirme bölgesi sıcaklığı için mekanizma çalışma bölgesi en fazla 250°C çıkacağı öngörülmüştür. Bu değer güvenli taraflı alınmak için seçilmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yapılan tasarımda kullanılacak farklı malzemelerin yatak davranışına etkisini görmek ve hesaplarla kıyaslama yapabilmek için deneysel çalışmalar planlanmıştır. Bu deneylerden elde edilecek sonuçlar tasarım ve imalat için yol gösterici değerlerdir. Yatak malzemesi olarak kullanılacak malzemeler firmalardan alınan PTFE[14], SP1, SP22[15] ve TP8556[16] ticari isimli polimer esaslı malzemelerdir. Çalışmalar sırasında bu malzemelere sırasıyla Tip-1, Tip-2, Tip-3 ve Tip-4 isimleri verilerek bahsedilmiştir. Çizelge 4.1’de belirtildiği gibi 4 farklı malzeme ile çalışmalar yapılmıştır. Bu malzemeler firmalardan sistem gereksinimlerine uygun olarak tedarik edilmiştir. Farklı ölçü ve şekillerde hammadde olarak temin edilen malzemeler, CNC tezgâhta işlendikten sonra deney şartlarına uygun ölçülere getirilmiştir.

Çizelge 4.1 : Çalışmalar sırasında kullanılacak malzemeler.

Tezdeki İsmi	Ticari İsmi	Malzeme İçeriği
Tip-1	PTFE	Katkısız Teflon
Tip-2	SP1	Katkısız Poliimid
Tip-3	SP22	Karbon Katkılı Poliimid
Tip-4	TP8556	Termoplastik Poliimid

Deneysel çalışmalar, ev tipi fırınlarda kullanılacak yatak malzemelerinin mekanik davranışlarını gözlemlemek için planlanmıştır.

Deneysel çalışmalar iki safhadan oluşmaktadır. Bu iki çalışma sayesinde oluşabilecek değişimler daha iyi sunulabilecektir. Bu deneyler; DSC analizi ve aşınma deneyidir.

4.1 DSC Analizi

DSC çalışmasında erime sıcaklığı (T_m), camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ve kristalleşme sıcaklığı (T_c) tespit edilmeye çalışılmıştır. Deneyler Tip-1 için -90°C ve diğer malzemeler için -50°C sıcaklığından 370°C ye kadar saf azot gazı ortamında

10°C/dak ısıtma hızında ve izotermal olarak ise alt ve üst sıcaklıklarda 5dak bekletilerek yapılmıştır. Şekil 4.1’de cihazın genel görünüşü bulunmaktadır.



Şekil 4.1 : DSC analiz cihazı.

4.2 Aşınma Deneyi

Aşınma deneyi yapılan tasarımın sorgulanmasına, değişiklik yapılmasına ve malzeme seçimine katkı sağlayacak en önemli aşamalardan biridir. Bu sebeple aşınma deneyi, özel bir deney düzeneği hazırlamak yerine ev tipi fırının kullanımına benzer şekilde planlanmış ve bazı deney şartları belirlenmiştir.

Deney şartları tüm sistemin düzgün çalışabileceği zorlayıcı koşullar göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Başlangıç olarak deney için hazırlanan yataklar hareketli braketler üzerine yerleştirilmiştir. Her bir hareketli braketle iki adet yuva olduğu için tek bir deneyde dört farklı malzeme deneme şansı vardır. Yapılan deneyde bu özellik değerlendirilmiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi hareketli braket üzerinde numaraları da yazan Tip-1 ve Tip-2 malzemeli yatak ve Şekil 4.3’te görüldüğü gibi hareketli braket üzerinde numaraları da yazan Tip-3 ve Tip-4 malzemeli yataklar yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2 : Yatakların yerleşimi 1.



Şekil 4.3 : Yatakların yerleşimi 2.

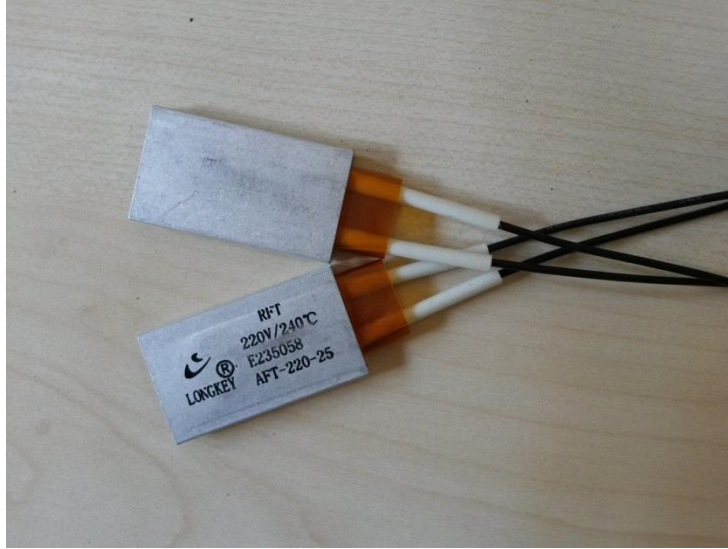
Bu yerleşim sonucunda Tip-1 ve Tip-4 malzemeli yataklar fırın kapısına yakın gelecek şekilde mekanizma üzerine monte edilmiştir.

Yataklar ve somun hareketli braketler ile birleştirildikten sonra yataklama sistemi hazır hale getirilmiştir. Şekil 4.4'te yataklama sisteminin montaj hali görülmektedir.

Fırının tüm bölgelerini ısıtmak yerine yatakların içinde bulunduğu hareketli braket ısıtılmıştır. Kullanılan seramik ısıtıcılar Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Hareketli braketlerin üzerine konumlandırılan seramik ısıtıcılar sayesinde 150°C sıcaklığa ulaşılabilmiştir. Deney düzeneğinin ulaşabildiği sıcaklık 150°C olduğu için en fazla bu değere kadar deney yapılabilmektedir.



Şekil 4.4 : Yataklama sistemi deney öncesi görünüşü.



Şekil 4.5 : Seramik ısıtıcı.

Hareketli braket arkasına takılan ısıtıcılar mekanizma gövdesine çarpmasını diye mekanizma gövdesinin hareket mesafesi boyunca ısıtıcılara denk gelen yeri kesilmiştir. Ayrıca hareket sırasında taşıma sisteminin sabit braketlere çarpmasını engellemek için alt ve üst konuma switch koyulmuştur. Bu sayede switchleri tetikleyen taşıma sistemi durmadan yukarı-aşağı hareket edebilmektedir. Ayrıca tasarlanan çarklar yardımıyla tepsinin konumu algılanarak motorların birbiriyle eş zamanlı sürüşü sağlanmıştır. Üzerine ısıtıcıların yapıştırıldığı ve bahsedilen diğer değişikliklerin yapıldığı mekanizmalar Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



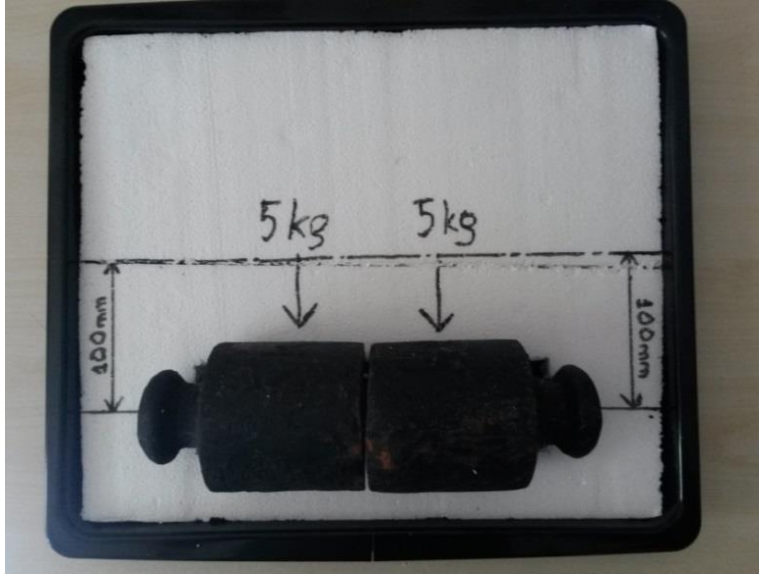
Şekil 4.6 : Isıtıcı yerleşim.

Hareketli raf mekanizmaları düzenlemeleri yapıldıktan sonra Şekil 4.7’de görüldüğü gibi fırın iç şasisi üzerine takılır. Burada da tüm fırını kullanmak yerini konumlandırmak için iç şasi yeterli görülmüştür. Daha sonrasında taşıma braketleri taşıma sistemine vidalanır.



Şekil 4.7 : Mekanizmanın şasi üzerindeki konumu.

Mekanizma 10kg yük kapasitesine uygun olarak tasarlandığı için yükleme koşulu olarak $10\text{kg} = 5\text{kg} + 5\text{kg}$ olacak şekilde kullanılmıştır.



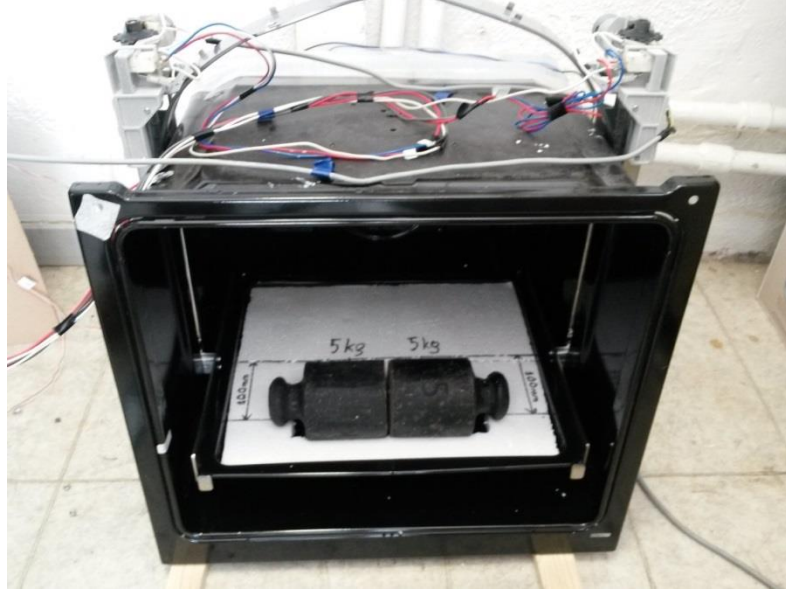
Şekil 4.8 : Ağırılığın tepsi üzerindeki görünüşü.

Bu ağırlıklar Şekil 4.8’de görüldüğü gibi tepsi üzerine konumlandırılmıştır. Ağırlıklar zorlayıcı koşul oluşturması için tepsi merkezine değil merkezden 100mm uzağa, kapıya yakın denkle gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Ağırlıklar tepsi üzerine konumlandırıldıktan sonra Şekil 4.9’da görüldüğü gibi tepsi, tepsinin merkezi ile hareketli braketin merkezi denkle gelecek şekilde taşıma braketleri üzerine yerleştirilir.



Şekil 4.9 : Ağırılığın tepsi üzerindeki görünüşü.



Şekil 4.10 : Deney düzeneği genel görünüş-1.

Tüm parçalar fırın şasisi üzerine monte edilmiştir. Düzeneğin deneye başlamadan önceki görünüşü Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



Şekil 4.11 : Deney düzeneği genel görünüş-2.

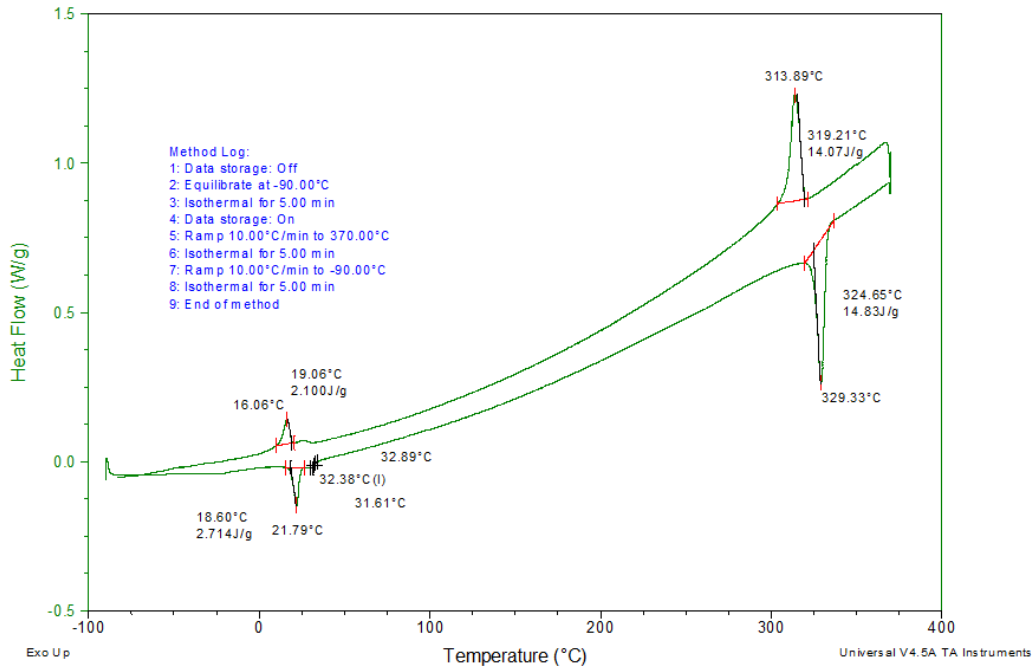
Deneyde hareketin sürekliliğini sağlamak için özel yazılıma sahip elektronik kart kullanılmıştır. Yazılımı sayesinde sistemde sürekli çalışabilme imkânı elde edilebilmiştir. Elektronik kart güç kaynağına bağlı şekilde çalışmaktadır.

Deney şartları belirlenip deney düzeneği hazırlandıktan sonra deneye başlanmıştır. Deney 23°C ile 150°C sıcaklıkları arasında yapılmıştır. Bu sıcaklık değişimi rastgele belirlenmiştir. Deney 5 güne yayılmıştır ve deneye belirli sürelerde ara verilmiştir. Deney toplamda yaklaşık 20s sürmüştür. Başka bir zorlayıcı koşul oluşturmak için motor hızı 148dev/dak olarak belirlenmiştir ve lineer hareket hızı 11m/s'e çıkmıştır. Bu koşullarda hareket 240mm boyunca 78sn sürmüş ve 4sn beklendikten sonra tekrar başlamıştır. Toplamda bir adım için geçen süre 82sn'dir. Deney boyunca yataklar düşeyde yaklaşık 210m mesafe yol gitmiştir.

4.3 Sonuçlar

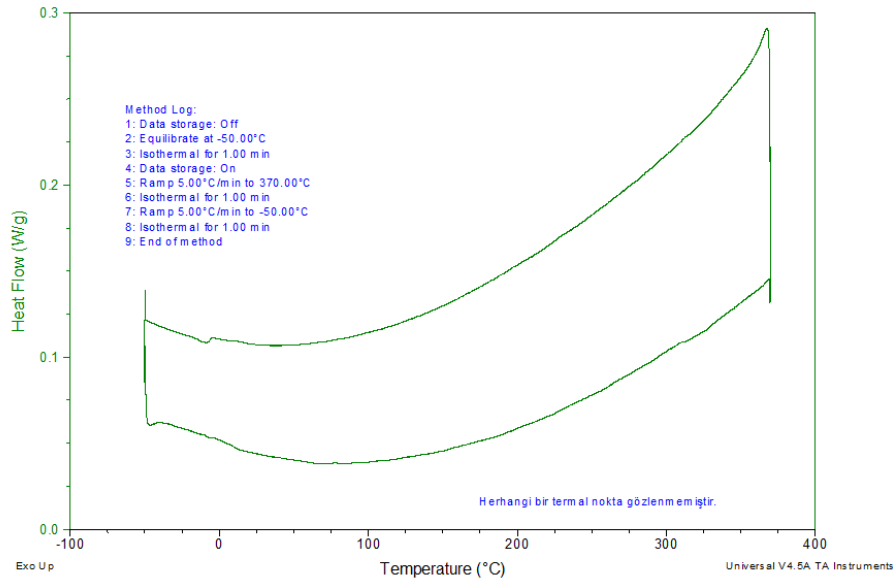
DSC çalışmasında ilgili numunelere karşılaştırmalı analiz yapılmış ve karşılaştırmalı DSC grafikleri aşağıda verilmiştir. Numunelerin dördü de en yüksek fırın çalışma sıcaklığı olan 280°C'de kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Şekil 4.12'de Tip-1 in ergime noktası 329°C olarak tespit edilmiştir.



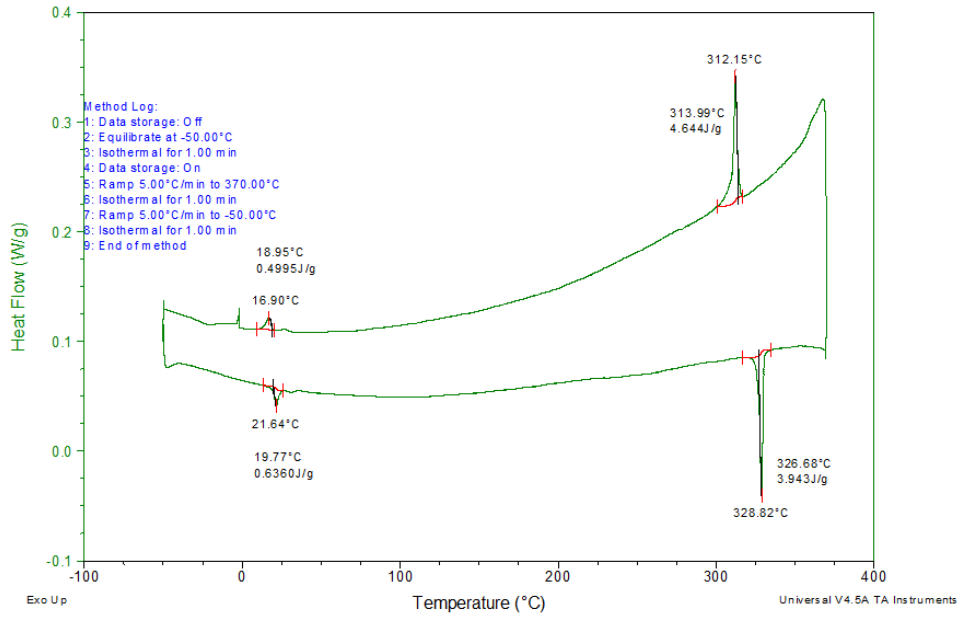
Şekil 4.12 : Tip-1.

Şekil 4.13'te Tip-2 için ergime noktası tespit edilememiştir.



Şekil 4.13 : Tip-2.

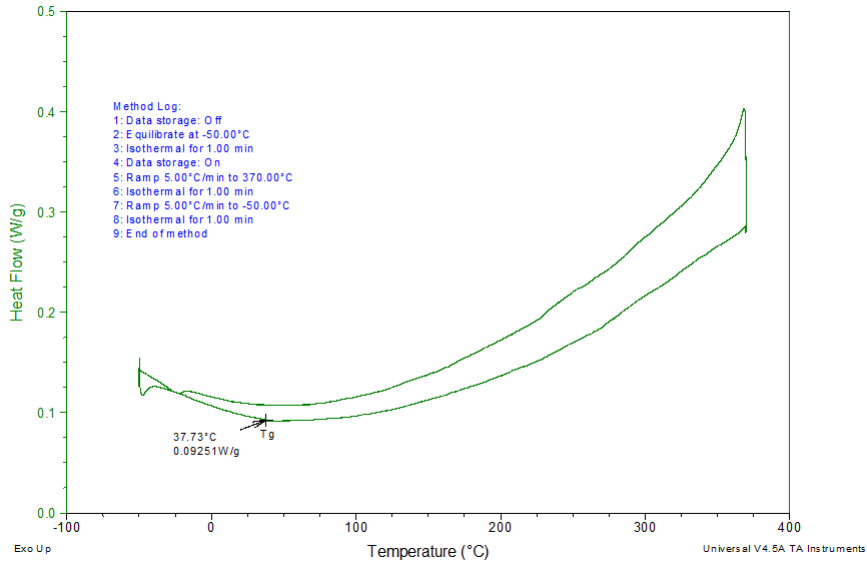
Şekil 4.14'te Tip-3'ün ergime noktası olarak 329°C tespit edilmiştir.



Şekil 4.14 : Tip-3.

Şekil 4.15'de Tip-4 için ergime noktası tespit edilememiştir.

Aşınma miktarları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Tip-1 ve Tip-3 malzemesinde aşınma tespit edilmemiştir. En çok aşınma ise Tip-2 malzemesinde tespit edilmiştir.



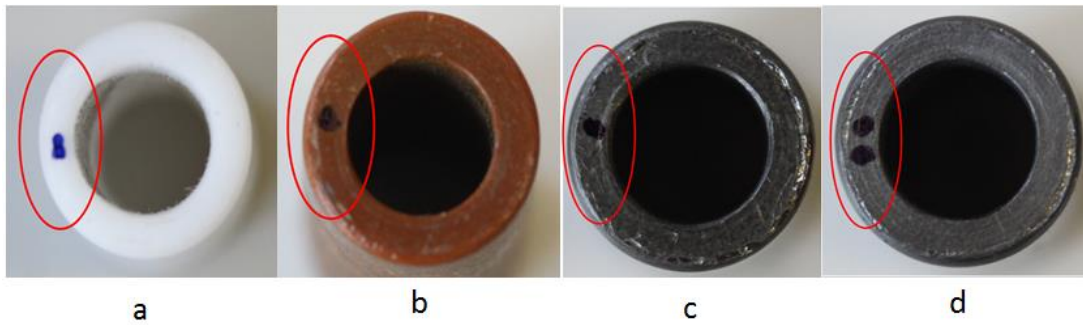
Şekil 4.15 : Tip-4.

Çizelge 4.2 : Malzemelerin aşınma değerleri.

	Deney Öncesi Ağırlık (gr)	Deney Sonrası Ağırlık (gr)	Ağırlıkça Azalma (gr)
Tip-1	2,1543	2,1543	0
Tip-2	1,3719	1,3616	0,0103
Tip-3	1,5402	1,5402	0
Tip-4	1,4641	1,4622	0,0019

Bu sonuçlara göre yatakların önce üst görünüşlerine bakarak daha sonra ise hasarlı bölgeler zarar görmeyecek şekilde yatakların merkezden iki eş parçaya ayrılmış görünüşleri üzerinden hasarlı bölgeler tespit edilmiştir. Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de karşılaştırmalı olarak sonuçlar sunulmuştur.

Tip-1 ve Tip-3 malzemelerine sahip yataklarda ağırlık değişimi olmadığı tespit edilmişti. Fakat tüm yataklarda olduğu gibi bunlarda da hasar vardır. Burada hasarın şekli aşınma değil yük altında ezilmedir.

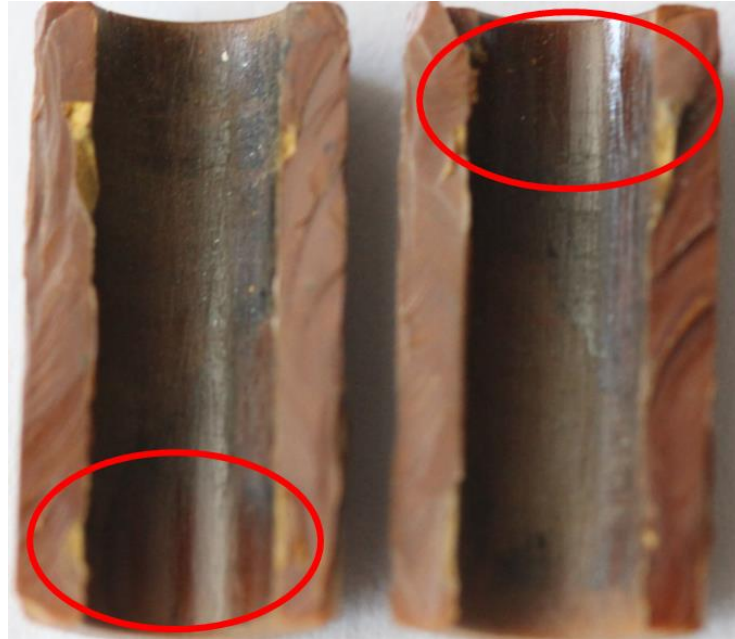


Şekil 4.16 : Üst görünüş, a)Tip-1, b) Tip-2, c) Tip-3, d) Tip-4

Yatakların üst ve alt noktalarında hasar olduğu tespit edilmiştir. Bu hasarlı kısımlarda Şekil 3.11’de belirtilen noktalara denk gelmektedir.

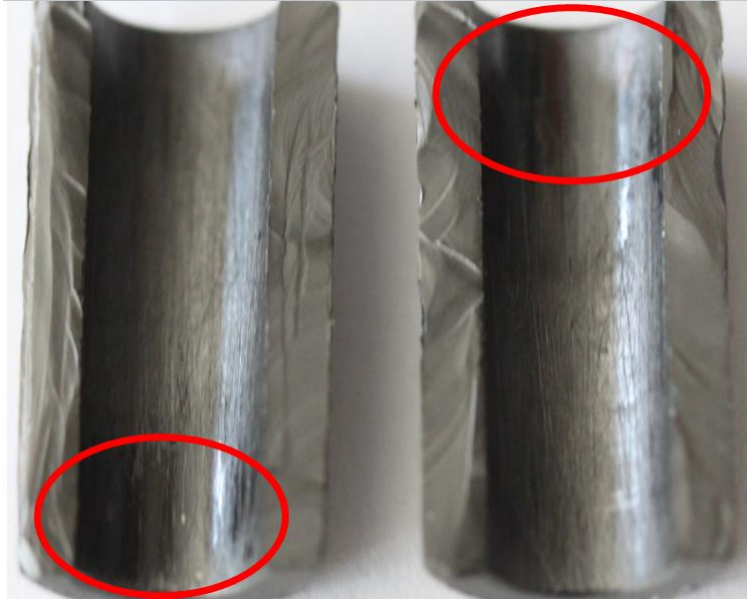


Şekil 4.17 : Tip-1 kesit görünüş.

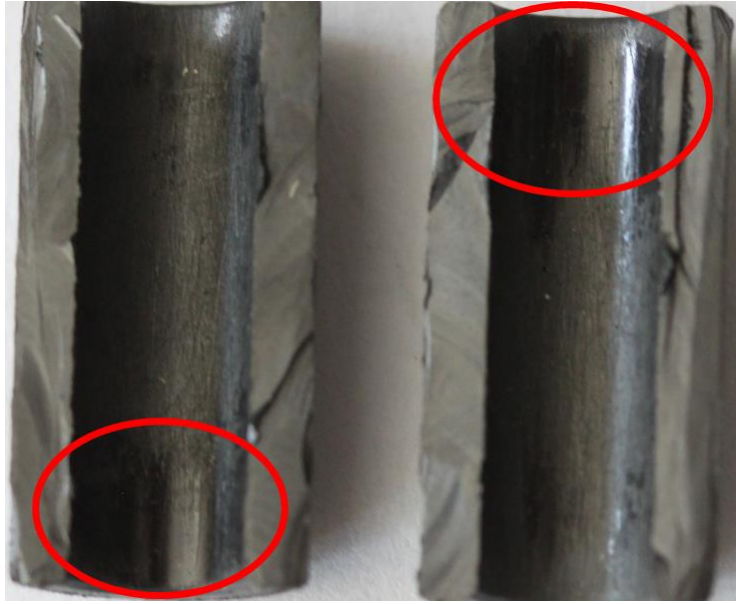


Şekil 4.18 : Tip-2 kesit görünüş.

Tip-2 ve Tip-4 malzemelerine sahip yataklarda ise hem aşınma hem yük altında ezilme meydana gelmiştir. Yük altında ezilmenin en önemli sebebi malzemelerin yüzey sertlik değerleridir.



Şekil 4.19 : Tip-3 kesit görünüş.



Şekil 4.20 : Tip-4 kesit görünüş.

4.4 Malzeme Seçimi

Tasarıma başlamadan önce malzemenin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar ve firma kataloglarındaki bilgiler kullanılarak malzeme seçimi yapılmıştır.

DSC analizi sonucu malzemelerin tümü fırın çalışma sıcaklıklarında çalışabilmektedir. Bu koşulu tüm malzemeler karşılamaktadır.

Aşınma deneyi sonucunda Tip-1 ve Tip-3 malzemelerinin aşınma sonucu malzemede ağırlıkça azalma görülmemiştir, ama Tip-1 malzemesinde yük altında ezilme Tip-3'e göre daha fazladır. Ağırlıkça azalma en çok Tip-2 malzemesinde görülmüştür.

Çizelge 4.3'te de görüleceği gibi malzemelerin ısı genleşme katsayıları verilmiştir. Bu değer tasarımda toleransların belirlenmesi için en önemli girdilerdendir. Tip-1 malzemesi en yüksek değere sahip olduğu için fırın çalışma sıcaklıklarının diğer malzemelere göre daha çok genleşme gösterecektir. Buna uygun yapılacak tolerans işlemi, sistemin çalışması esnasında düzensizliğe sebep olabilir. Diğer malzemelerden en düşük değere sahip olan malzeme Tip-3'tür.

Çizelge 4.3 : Malzemelerin ısı genleşme katsayıları [14-16].

	Isıl Genleşme Katsayısı (α) ($10^{-6} \mu\text{m}/\text{m}/^{\circ}\text{C}$)
Tip-1	215 - 250
Tip-2	54
Tip-3	38
Tip-4	52

Bir diğer önemli kıstas (3.2)'de belirtildiği gibi sürtünme katsayısıdır. Yatakların en az hasara maruz kalması için düşük sürtünme katsayısına sahip olması gerekmektedir. Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi Tip-2 malzemesi en yüksek değere sahiptir. Diğer malzemelerin değerleri birbirine yakındır.

Çizelge 4.4 : Malzemelerin sürtünme katsayısı değerleri [14-16].

	Sürtünme Katsayısı (μ)
Tip-1	0,04
Tip-2	0,29
Tip-3	0,09 - 0,30
Tip-4	0,05 - 0,10

Malzemelerin diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri çalışma şartlarına uygundur.

Tüm bu özellikler karşılaştırıldığında tasarım için tercih edilen malzeme Tip-3 malzemesidir. Ticari ismi SP-22 olan karbon katkılı poliimid diğer malzemelere göre daha iyi performans göstermiştir.

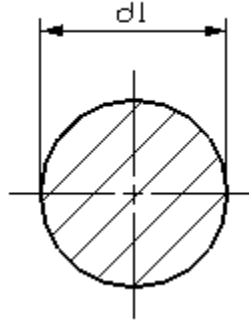
5. NİCELİKSEL TASARIM

Çalışmanın en son aşaması olan tasarım ve imalat aşaması bu bölümde anlatılacaktır.

5.1 Mil Tasarımı

Mil tasarımında anma ölçüleri değil tolerans değerleri belirlenmiştir. Milin uzunluğu tez kapsamında olmadığı için önceki tasarımdaki 285mm ölçüsü kabul edilmiştir. Sistem gereksinimlerinin belirlendiği bölümde mil çapı 6mm kabul edilmişti. Bu değer üzerinden mil toleransı seçilip ısı genleşme miktarı hesaplanmıştır. Isıl genleşmede sırasında krom kaplamadan kaynaklanabilecek sorunlar dolayı hesaplamalarda paslanmaz çelik değerleri kullanılmıştır. Çap toleransı olarak $-0,040$ $-0,025$ mm seçilmiştir. Şekil 5.1’de milin kesit görünüşü verilmiştir.

Mekanizmanın çalıştığı ortam sıcaklığı 250°C kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 5.1 : Mil kesit görünüşü.

$$d1 = 6\text{mm}$$

$$d1_1 = 5,975\text{mm} \sim 5,960\text{mm}$$

$$T_o = 23^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\varphi} = 250^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_1 = 13 \times 10^{-6} \mu\text{m/m}^{\circ}\text{C} [17]$$

$$\Delta T = T_{\text{ç}} - T_o$$

$$\Delta T = 250 - 23$$

$$\Delta T = 227 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta d_1 = \alpha \times d_1 \times \Delta T$$

$$\Delta d_1 = (13 \times 10^{-6}) \times 6 \times 227$$

$$\Delta d_1 = 0,018 \text{ mm}$$

$$d_{1_{\text{max}}} = d_1 - 0,025 + \Delta d_1$$

$$d_{1_{\text{max}}} = 6 - 0,025 + 0,018$$

$$d_{1_{\text{max}}} = 5,993 \text{ mm}$$

$$d_{1_{\text{min}}} = d_1 - 0,040 + \Delta d_1$$

$$d_{1_{\text{min}}} = 6 - 0,040 + 0,018$$

$$d_{1_{\text{min}}} = 5,978 \text{ mm}$$

Burada;

Δd_1 : mil ϕ ap değişimi

d_1 : milin anma ϕ apı

d_{1_1} : milin ϕ retim toleransları dâhilindeki ϕ apı

$d_{1_{\text{max}}}$: milin ϕ alışma sıcaklığında ulaşabileceği en y ϕ ksek ϕ ap değeri

$d_{1_{\text{min}}}$: milin ϕ alışma sıcaklığında ulaşabileceği en d ϕ ř ϕ k ϕ ap değeri

ΔT : sıcaklık değişimi

T_o : ortam sıcaklığı

$T_{\text{ç}}$: ϕ alışma sıcaklığı

α_1 : mil malzemesi ısı genleşme katsayısı

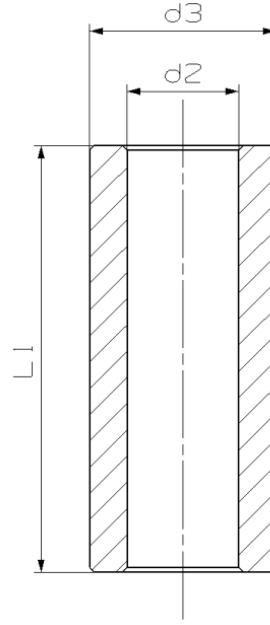
Hesaplamalar sonucunda 250 $^{\circ}$ C milin davranışı belirlenmiştir.

5.2 Yatak Tasarımı

Yatak tasarımına başlanmadan ϕ nce uzunluğu 20mm, i ϕ ϕ apı 6mm ve dış ϕ apı 10mm kabul edilerek deneyler yapıldı. Yapılan deneyler sonucunda belirlenen karbon

katkılı poliimid malzemenin ısı genleşme katsayısı kullanılarak genleşme sonucu uzama hesabı yapılmıştır. Aynı zamanda yapılan hesaplamalar sonucunda yatak boyunun uzun olmasının yataklara gelen kuvvetlerin azaltacağı tespit edilmiştir. Alt hareketli braketin mevcut ölçülerinin müsaade ettiği oranda yatak boyu uzatılmıştır. Yeni tasarım için yatak boyu 23mm olarak alınmıştır. İç ve dış çap aynı kabul edilerek tolerans hesapları yapılmıştır. İç çap toleransı olarak $+0,058$ mm ve dış çap toleransı olarak $\pm 0,04$ mm seçilmiştir. Şekil 5.2’de yatağın kesit görünüşü verilmiştir.

Mekanizmanın çalıştığı ortam sıcaklığı 250°C kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 5.2 : Yatak kesit görünüşü.

$$d2 = 6\text{mm}$$

$$d2_1 = 6,058\text{mm} \sim 6,010\text{mm}$$

$$d3 = 10 \text{ mm}$$

$$d3_1 = 10,040\text{mm} \sim 9,960\text{mm}$$

$$L1 = 23\text{mm}$$

$$L1_1 = 23,1\text{mm} \sim 22,9\text{mm}$$

$$\alpha_2 = 38 \times 10^{-6} \mu\text{m/m/}^\circ\text{C} [15]$$

$$\Delta d23 = \alpha \times ((d3 - d2) / 2) \times \Delta T$$

$$\Delta d_{23} = (38 \times 10^{-6}) \times ((10 - 6) / 2) \times 227$$

$$\Delta d_{23} = 0,017 \text{ mm}$$

$$d_{2_{\max}} = d_2 + 0,058 - \Delta d_{23}$$

$$d_{2_{\max}} = 6 + 0,058 - 0,017$$

$$d_{2_{\max}} = 6,041 \text{ mm}$$

$$d_{2_{\min}} = d_2 + 0,010 - \Delta d_{23}$$

$$d_{2_{\min}} = 6 + 0,010 - 0,017$$

$$d_{2_{\min}} = 5,993 \text{ mm}$$

$$d_{3_{\max}} = d_3 + 0,040 + \Delta d_{23}$$

$$d_{3_{\max}} = 10 + 0,040 + 0,017$$

$$d_{3_{\max}} = 10,057 \text{ mm}$$

$$d_{3_{\min}} = d_3 - 0,040 + \Delta d_{23}$$

$$d_{3_{\min}} = 10 - 0,040 + 0,017$$

$$d_{3_{\min}} = 9,977 \text{ mm}$$

$$\Delta L_1 = \alpha \times L_1 \times \Delta T$$

$$\Delta L_1 = (38 \times 10^{-6}) \times 23 \times 227$$

$$\Delta L_1 = 0,198 \text{ mm}$$

$$L_{1_{\max}} = L_1 + 0,1 + \Delta L_1$$

$$L_{1_{\max}} = 10 + 0,1 + 0,017$$

$$L_{1_{\max}} = 23,298 \text{ mm}$$

$$L_{1_{\min}} = L_1 - 0,1 + \Delta L_1$$

$$L_{1_{\min}} = 10 - 0,1 + 0,017$$

$$L_{1_{\min}} = 23,098 \text{ mm}$$

Burada;

d_2 : yatak iç anma çapı

d_{2_1} : d_2 'nin üretim toleransları dâhilindeki çapı

d_3 : yatak dış anma çapı

d_{3_1} : d_3 'ün üretim toleransları dâhilindeki çapı

Δd_{23} : yatak et kalınlığı değişimi

$d_{2_{\max}}$: d_2 'nin çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en yüksek çap değeri

$d_{2_{\min}}$: d_2 'nin çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük çap değeri

$d_{3_{\max}}$: d_3 'nin çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en yüksek çap değeri

$d_{3_{\min}}$: d_3 'nin çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük çap değeri

α_2 : yatak malzemesi ısı genleşme katsayısı

L_1 : yatak boyu

L_{1_1} : L_1 'in üretim toleransları dâhilindeki boyu

ΔL_1 : L_1 boy değişimi

$L_{1_{\max}}$: L_1 'in çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük boy değeri

$L_{1_{\min}}$: L_1 'in çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük boy değeri

Hesaplamalar sonucunda 250°C yatağın davranışı belirlenmiştir.

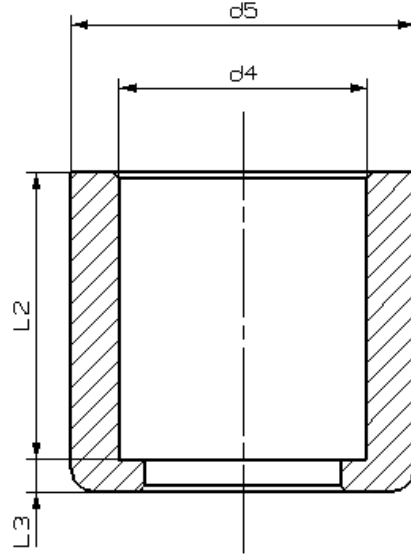
5.3 Hareketli Braket Tasarımı

Hareketli braket parçası alt ve üst olmak üzere iki simetrik parçadan oluşmaktaydı. Yeni sistemde büyük çoğunlukta birbirine benzer iki farklı parça olarak tasarlanmıştır. Yatağın konumlandırıldığı yuva her iki parçada aynı olduğu için bu kısımda sadece alt hareketli braketin ölçüleri üzerinden hesaplama yapılmıştır.

Yuva dış çapı 14mm kabul edilmiştir. İç çap ise 10mm kabul edilmiştir, fakat taşıma sisteminin tasarımından gelen millerin eksenleri arasına $\pm 0,02$ mm tolerans verilmiştir. Yatak üretim ve genleşme hesaplarından gelen tolerans birleştirildiğinde iç çap 10,1mm kabul edilmiştir ve tolerans olarak $\pm 0,02$ mm seçilmiştir.

Yuva uzunluğu üretim toleransları ve yatak toleransları göz önüne alındığında 11,7mm kabul edilmiştir ve tolerans olarak $\pm 0,02$ mm seçilmiştir. Şekil 5.3'te braketin kesit görünüşü verilmiştir

Mekanizmanın çalıştığı ortam sıcaklığı 250°C kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 5.3 : Alt hareketli braket kesit görünüş.

$$d4 = 10,1 \text{ mm}$$

$$d4_1 = 10,12\text{mm} \sim 10,08\text{mm}$$

$$d5 = 14 \text{ mm}$$

$$L2 = 11,7\text{mm}$$

$$L2_1 = 11,72\text{mm} \sim 11,68\text{mm}$$

$$L3 = 1,3\text{mm}$$

$$\alpha_3 = 24 \times 10^{-6} \text{ } \mu\text{m/m/}^{\circ}\text{C [17]}$$

$$\Delta d45 = \alpha_3 \times ((d5 - d4) / 2) \times \Delta T$$

$$\Delta d45 = (24 \times 10^{-6}) \times ((14 - 10) / 2) \times 227$$

$$\Delta d45 = 0,011\text{mm}$$

$$d4_{\text{max}} = d4 + 0,02 - \Delta d45$$

$$d4_{\text{max}} = 10,1 + 0,02 - 0,011$$

$$d4_{\text{max}} = 10,109\text{mm}$$

$$d4_{\text{min}} = d4 - 0,02 - \Delta d45$$

$$d4_{\text{min}} = 10,1 - 0,02 - 0,011$$

$$d4_{\text{min}} = 10,069\text{mm}$$

$$\Delta L2 = \alpha_3 \times L2 \times \Delta T$$

$$\Delta L2 = (24 \times 10^{-6}) \times 11,7 \times 227$$

$$\Delta L2 = 0,064 \text{ mm}$$

$$\Delta L3 = \alpha_3 \times L3 \times \Delta T$$

$$\Delta L3 = (24 \times 10^{-6}) \times 1,3 \times 227$$

$$\Delta L3 = 0,007 \text{ mm}$$

$$\Delta L23 = \Delta L2 - (\Delta L3 / 2)$$

$$\Delta L23 = 0,064 - (0,007 / 2)$$

$$\Delta L23 = 0,061 \text{ mm}$$

$$L2_{\max} = L2 + 0,02 + \Delta L23$$

$$L2_{\max} = 11,7 + 0,02 + 0,061$$

$$L2_{\max} = 11,781 \text{ mm}$$

$$2 \times L2_{\max} = 23,562 \text{ mm}$$

$$L2_{\min} = L2 - 0,02 + \Delta L23$$

$$L2_{\min} = 11,7 - 0,02 + 0,061$$

$$L2_{\min} = 11,741 \text{ mm}$$

$$2 \times L2_{\min} = 23,482 \text{ mm}$$

Burada;

d4: yatak yuva iç anma çapı

d4₁: d4'ün üretim toleransları dâhilindeki çapı

d5: yatak yuva dış anma çapı

Δd45: alt hareketli braket et kalınlığı değişimi

d4_{max}: d4'ün çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en yüksek çap değeri

d4_{min}: d4'ün çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük çap değeri

α₃: alt hareketli braket malzemesi ısı genleşme katsayısı

L2: yatak yuva boyu

L2₁: L2'in üretim toleransları dâhilindeki boyu

L3: alt hareketli braket kalınlık

ΔL2: L2 boy değışimi

ΔL3: L2 boy değışimi

ΔL23: L2 ve L3 boy değışimi farkı

L2_{max}: L2'in çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en yüksek boy değeri

L2_{min}: L2'in çalışma sıcaklığında ulaşabileceği en düşük boy değeri

Hesaplamalar sonucunda 250°C alt alüminyum braketin davranışı belirlenmiştir.

5.4 Yataklama Sistemi Tasarımı

Yapılan hesaplamalar sonucunda parçaların boyutları ve ölçüleri belirlenmiştir. Parçaların yatak tasarımına etki edecek olan ölçü aralıkları Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 : Parçaların toleranslı ölçüleri.

	max. (mm)	min. (mm)
d1	5,993	5,978
d2	6,041	5,993
d3	10,057	9,977
d4	10,109	10,069
L1	23,298	23,098
2L2	23,562	23,482

Kontrol amaçlı parçaların birbiri ile çalışma durumlarına bakıldığında kayar geçme şartlarını sağladıkları aşağıda gösterilmektedir. Yatak, alt ve üst hareketli braket arasında ve iki simetrik yuva içinde kaldığı için hesaplamada L2 boyunun 2 katı kullanılmıştır.

$$d2_{\min} - d1_{\max} = 5,933 - 5,933 = 0\text{mm}$$

$$d4_{\min} - d3_{\max} = 10,069 - 10,057 = 0,012\text{mm}$$

$$2L2_{\min} - L1_{\max} = 23,482 - 23,298 = 0,184\text{mm}$$

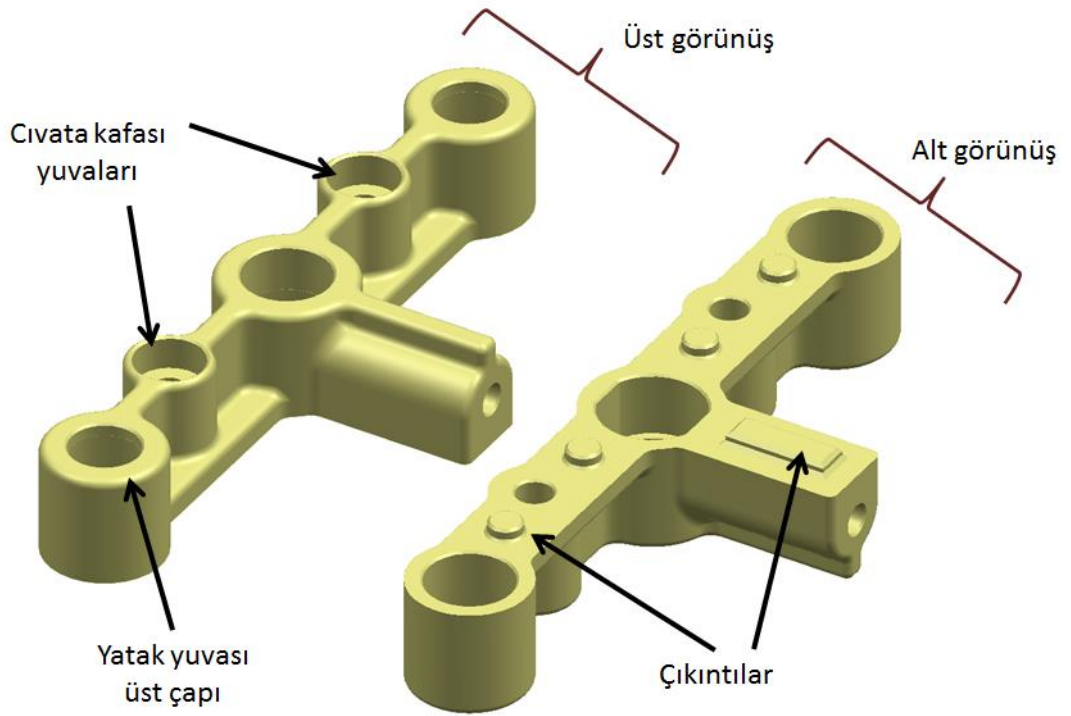
Parçaların tolerans değerleri belirlendikten sonra üç boyutlu modelleri hazırlanmıştır. Yatağın plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine karar verilmiştir. Yatakta önceki

tasarımdan farklı olarak boy değışikliğı yapılmıştır. Nihai boy 23mm olarak kabul edilmiştir.

Hareketli braketlerin alüminyum enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine karar verilmiştir. Daha sonrasında CNC işleme yapılacaktır. Tasarım ona uygun olarak yapılmıştır. Alt ve üst olarak tasarlanan hareketli braketlerde bazı değışiklikler yapılmıştır.

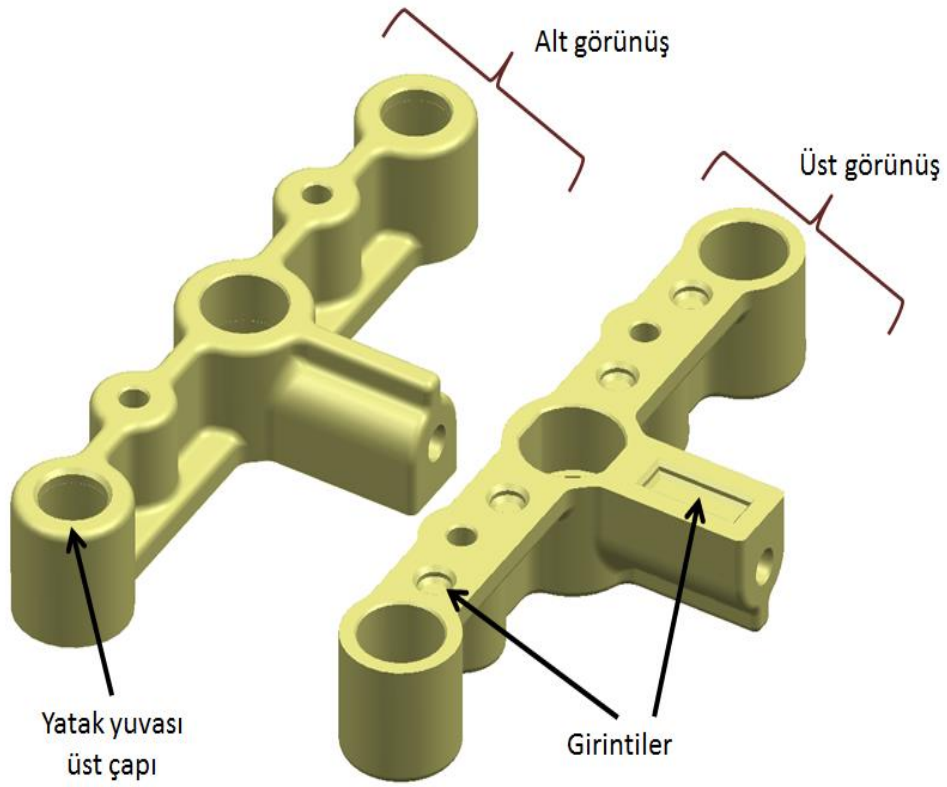
Hareketli braketler mevcut yapıda alüminyum ekstrüzyon ile üretilcek şekilde tasarlanmıştır, ama alüminyum enjeksiyon yöntemiyle üretilmesiyle daha az malzeme kullanımı söz konusudur.

Önceki sistemde braketler takılırken merkezleme işlemi yataklar ile yapılıyordu. Bu da montaj sırasında ve sistemin çalışması sırasında yatakların orta kısımlarında hasara sebep olabilmektedir. Bu sorunun yaşanması önlemek için braketlere merkezleme pimleri yapılmıştır.

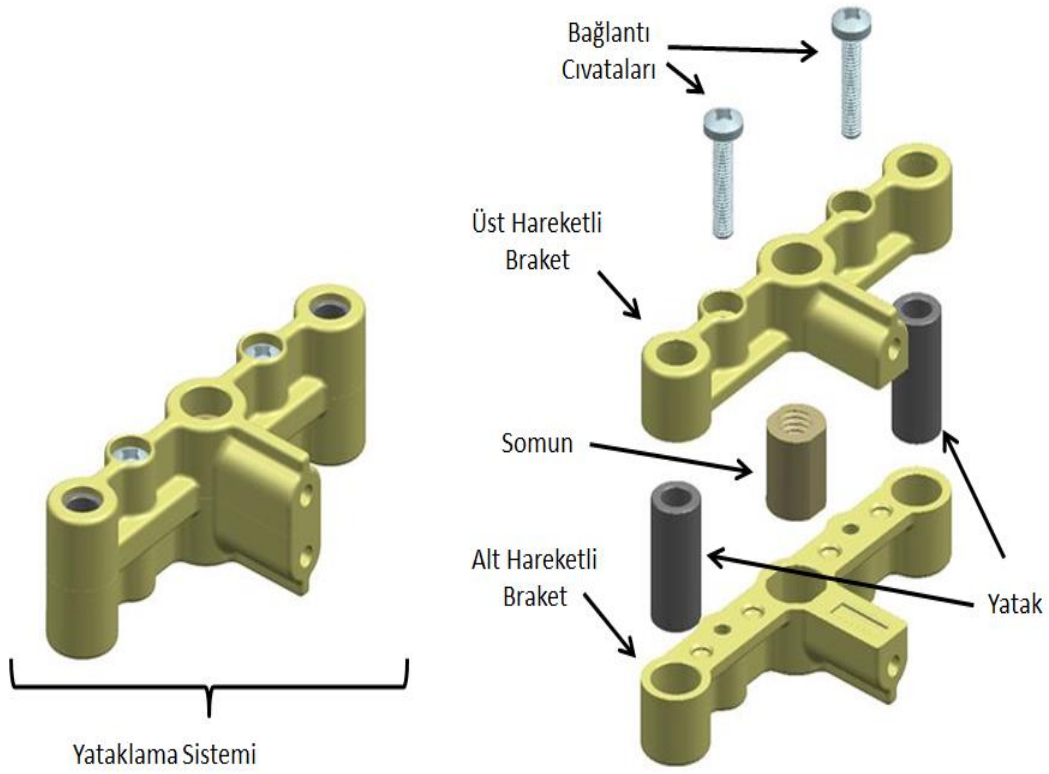


Şekil 5.4 : Üst hareketli braket.

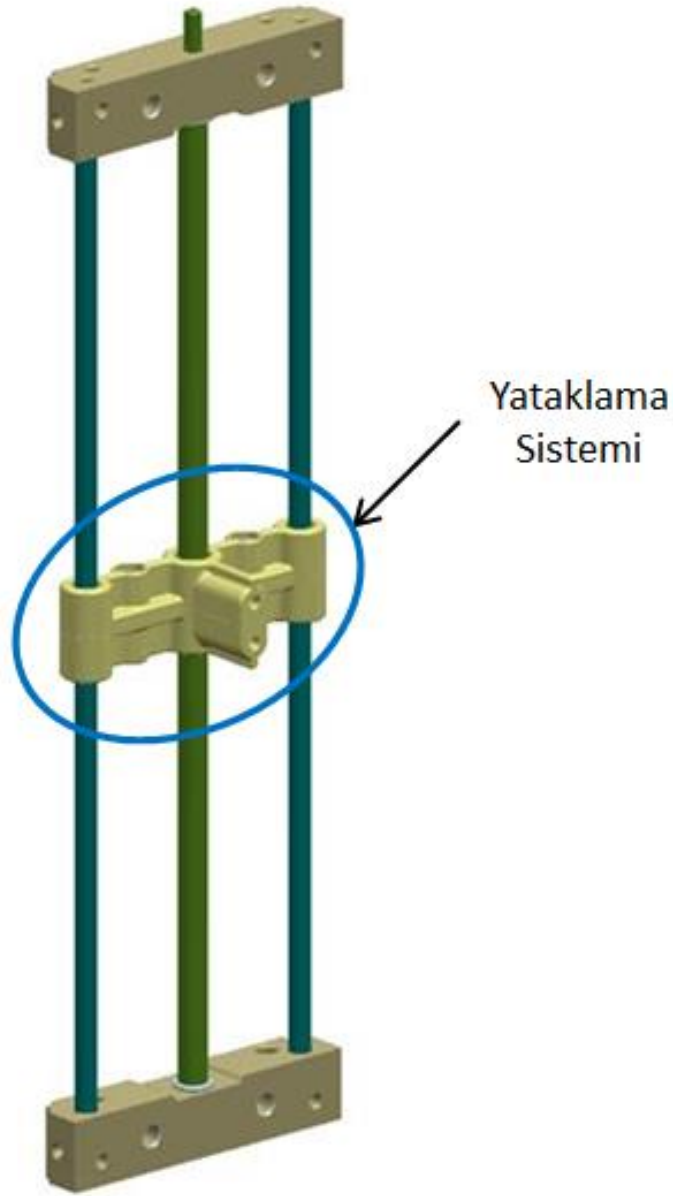
Şekil 5.4’de görüldüğü gibi üst hareketli braketten çıkıntılar, Şekil 5.5’de görüldüğü gibi alt hareketli braketten girintiler yapılarak merkezleme sağlanmaktadır.



Şekil 5.5 : Alt hareketli braket.



Şekil 5.6 : Yeni yataklama sistemi genel görünüş.



Şekil 5.7 : Yeni taşıma sistemi genel görünüş.

Bunlara ek olarak Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te görülen yatak yuvası üst çapı olarak belirtilen kısım montaj sonrası dışardan görülen kısımdır. Buradaki çap 7mm den 8mm çıkarılmıştır. Çünkü sistem çalışması esnasında miller bu bölgelerden braketlere sürtebilmektedir. Ayrıca üst braketten çitelerin montaj sonrası başları görünmesin diye yuva yapılmıştır.

Şekil 5.6'da yataklama sistemin montaj şekli ve Şekil 5.7'de yataklama sisteminin taşıma sistemine monte edilmiş görünüşü görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında ev tipi fırınlarda kullanılan ve tepsi hareketi sağlayan mekanizmanın yatak tasarımı ve imalatı ile ilgili çalışma yapılmıştır.

Çalışmaya başlanmadan önce mevcut sistemler araştırılmıştır. Bununla birlikte önceden tasarımı yapılan hareket mekanizması parçalarından ve çalışma prensibinden bahsedilmiştir. Daha önceki tasarımda metal olarak tasarlanan yataklar bu tez kapsamında polimer esaslı malzemeler ile tasarlanmıştır. Bunun için kullanılabilecek polimer malzemeler ve genel anlamda plastiklerle ilgili literatür araştırması yapılmıştır.

Çalışmalar için farklı boylarda gelen katkısız teflon, katkısız poliimid, karbon katkılı poliimid ve termoplastik poliimid parçaları deneyde kullanılmak üzere belirlenen boyutlarda işlenmiştir.

Malzemelere önce DSC analizi sonra aşınma deneyi yapılmıştır. Aşınma deneyi için fırın şasisi kullanılmış ve mekanizma deney için tekrar düzenlenmiştir. Deneyde 4 farklı malzeme aynı anda kullanılmıştır. Deney ve analiz sonucunda malzemelerin sistem için performansları belirlenmiştir.

Aşınma deneyi sonucunda yatakların çapraz ve üst uç kısımlarında hasar olduğu görülmüştür. Bu sebeple yatak boyunun uzatılmasına karar verilmiştir.

Sürtünme katsayısı düşük olan malzemelerde aşınma miktarı düşük olmasına rağmen düşük sertlik değerleri yüzünden yük altında ezilme şeklinde hasarla karşılaşmıştır.

Tüm fiziksel ve kimyasal özellikler karşılaştırıldığında Tip-3 yani karbon katkılı poliimid malzemesi tasarım için tercih edilmiştir.

Daha sonra tasarım ve imalat aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada mil, yatak ve hareket braket için ölçülendirme ve toleransları belirlenmiştir. Yatak boyutları iç çapı $6^{+0,058}_{+0,010}$ mm, dış çapı $10 \pm 0,04$ mm ve boyu $23 \pm 0,1$ mm olarak belirlenmiştir. Yatağın plastik enjeksiyon ve hareketli braketlerin alüminyum enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine karar verilmiştir.

Hareketli braketlerin tasarımında değişiklik yapılmıştır. Bu kapsamda bu parçalar üzerinde yapılacak merkezleme pimleri sayesinde yatakların hasar görmesi engellenmiştir. Ayrıca yatak yuvarının üst kısmındaki çaplar genişletilerek millerin toleranslardan dolayı hareketli braketlere temas etmesi engellenmiştir.

Çalışma sonucunda metal malzeme yerine ev tipi fırınlardaki çalışma koşullarına uygun polimer esaslı bir malzeme kullanılarak yataklama sisteminin yapılabileceği ortaya konmuştur. Benzer çalışmalara örnek olabilecek bir tez hazırlanmıştır.

Çalışmaların devamı olarak bu malzemelerin belirlenen ömür testlerinin yapılması oluşabilecek en yüksek aşınma ve ezilme miktarını bulabilmek için faydalı olacaktır.

Tez kapsamında kullanılan malzemeler haricinde farklı malzemelerle benzer deneyler yapılabilir. Burada seçilen malzemelerin sertlik değerlerinin milin sertlik değeri mümkün olduğunca yakın olması deformasyon az görölmesinde faydalı olacaktır.

Pişirme esnasında mil üzerinde oluşabilecek buhar, yağ tabakası vb. gibi koşullarda yatakların nasıl davranış göstereceğini gözlemlemek faydalı olacaktır.

Kullanılan krom kaplı milin yüzeyinde zamanla ısıl değişimlerden dolayı çatlamalar oluşabileceği ihtimaline karşı ömür testleri sonucunda verilecek karara göre nitrürleme, borlama işlemlerini veya paslanmaz çelik seçeneğini değerlendirmek faydalı olacaktır.

Tasarlanan hareketli braket parçalarında alüminyum enjeksiyona uygun bir şekilde tekrar tasarım iyileştirme çalışmasının yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Url -1** <<http://www.arcelik.com.tr/inox-firin-tek-bolmeli-9782-zts-firin-bi.html>> alındığı tarih 10.08.2014.
- [2] **Koç, R.**, (2011) “Mühendislik plastiklerinin aşınma davranışlarının deneysel incelenmesi” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 8, No: 2, (27-40).
- [3] **Ünal, H., Yetgin, S.H.**, (2010)“ÇYMAPE ve PA-6 mühendislik polimerlerinin aşınma ve sürtünme davranışlarının incelenmesi” TUBAV Bilim Dergisi, Cilt:3, Sayı:2, Sayfa:145-152.
- [4] **Fidan, S., Sınmazçelik, T.**, “Polimerler ve polimer kompozitlerde katı partikül erozyonunun mekanizmaları ve malzeme performansını etkileyen faktörler”.
- [5] **Sağbaş, A., Yılmaz, F.B., Altınışik, F.**, (2006)“Farklı polimerik malzemelerin aşınma miktarına etki eden parametrelerin regresyon tekniği ile incelenmesi” TMAK-Tasarım İmalat Analiz Kongresi, BALIKESİR.
- [6] **Koç, R., Dumanay, A.**, (2012)“Aşınma cihazında DAQ kartı kullanılarak yapılan aşınma testindeki sürtünme verilerinin incelenmesi”, 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, BALIKESİR.
- [7] **Rajesh, J.J., Bijwe, J.**, (2003)“Influence of fillers on the low amplitude oscillating wear behaviour of polyamide 11” Elsevier Science.
- [8] **Jia, B.B., Li, T.S., Liu, X.J., Cong, P.H.**, (2007)“Tribological behaviors of several polymer–polymer sliding combinations under dry friction and oil-lubricated”, Elsevier Science.
- [9] **Kaya, F.**, (2005)“Ana hatlarıyla plastikler ve katkı maddeleri”, Birsen Yayınevi.
- [10] **Url – 2** < http://www.bayar.edu.tr/besergil/2_ticari_polimerler.pdf > alındığı tarih 10.08.2014.
- [11] **Url – 3** < <http://www.motorsanddrives.com/cowern/motorterms4.html> > alındığı tarih 10.08.2014.
- [12] **Url – 4** <<http://www.eminendustriyel.com/urundetay.asp?k=20&id=616&urun=Krom%20Kapl%FD%20Mil>> alındığı tarih 7.05.2014.
- [13] **Gediktaş, M.**, (1995)“Makine elemanları, bağlama elemanları konstrüksiyon ve hesap”, Çağlayan Kitabevi.
- [14] **Url – 5** < <http://www.polikim.com.tr/pdf/teflon.pdf>> alındığı tarih 10.08.2014.
- [15] **Url – 6** <http://www2.dupont.com/Vespel/en_US/assets/downloads/vespel_s/h536-68e.pdf> alındığı tarih 10.08.2014.
- [16] **Url – 7** <http://www.dedienne.com/documentations/Vespel_TP8000_Design_Handbook_EN.pdf> alındığı tarih 10.08.2014.
- [17] **Ashby, M.F.**, (2005)“Materials selection in mechanical design”, Butterworth-Heinemann.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ramazan Rıdvan SEKMEN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1990

Adres: Altınşehir Mah. No: 14/E Daire:3 Ümraniye/İstanbul

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü