

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**ELEKTRİKSEL VE ISIL İLETKENLİĞİ YÜKSEK,  
SÜRTÜNMESİZ KONTAK ANAHTARI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UĞUR TEKBAŞ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**



**ELEKTRİKSEL VE ISIL İLETKENLİĞİ YÜKSEK,  
SÜRTÜNMESİZ KONTAK ANAHTARI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UĞUR TEKBAŞ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**Bu tez çalışması Nesan Otomotiv A.Ş. tarafından NS 125 00 no'lu proje ile desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**UğUR TEKBAş**

# ÖZET

**ELEKTRİKSEL VE ISIL İLETKENLİĞİ YÜKSEK, SÜRTÜNMESİZ  
KONTAK ANAHTARI TASARIMI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
UĞUR TEKBAŞ  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ NİMET KARDEŞ SEVER)**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

Kontak anahtarları, gelişen teknoloji ve çeşitlenen mekanizmalar hayatımıza girmiş olsa da hala günümüzde kullanılmakta ve ürünün işlevine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kontak anahtarı, araçların elektrik sistemlerinin kontrol edilmesine olanak sağlayan elektromekanik şalterlerdir. Birçok araçta ve makinada, istenilen elektrik devresini aktif hale getirmek, motorları çalıştırmak, ihtiyaç duyulan akımın ihtiyaç duyulan zamanda devreye girmesini sağlamak gibi görevlerde kullanılmaktadır. Ürünün çıkış noktasına ve aktif kullanılan çeşitlerine bakıldığında, bünyesinde bulunan elektronik mekanizmaların çalışma prensibi tamamen iki ayrı devre ucunun birbirine sürtünerek birleşmesi veya bu birleşmenin ayrılması şeklindedir. Bu çalışma sistemi günümüzde hala aktif olarak kullanılmakta ve bunun dışında bir dizi sorunu da yıllardır beraberinde taşımaktadır. Kullanılan uygun olmayan malzeme çeşitleri ve hatalı tasarımlar sonucu ortaya çıkan ürünler, insan hayatını doğrudan etkileyen potansiyel kazaları doğurmaktadır.

Bu tezde, geçmişten günümüze kadar gelen, kullanılmış olan ve aynı zamanda kullanılmaya devam eden birçok kontak anahtarlarından farklı çalışma prensibine sahip olan, yeni ve eşsiz bir tasarım çalışması yapılmıştır. Günümüzde kullanılan kaplamasız düz bakır perçinler yerine AgNi ve AgSnO<sub>2</sub> gibi alaşımlara sahip modern perçinler kullanılmıştır. Elektrik devrelerinin çalışmasına olanak sağlayan ve ürünün en önemli komponenti olan her bir devre elemanı için BeCu alaşımlı ileri mühendislik sacları kullanılmıştır. Gövde yapısında çağdaş ve teknolojiye uygun olarak geliştirilmiş mühendislik plastikleri kullanılmıştır. Elektrik devresinde sıfır sürtünme ile çalışan tasarıma sahip olan bu ürün, birçok sektörde ve araçta uyarlanabilir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Kontak Anahtarı, Sürtünmesiz, Termoplastik, Bakır alaşımları, Isıl iletkenlik, Elektriksel İletkenlik, Sac metal

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF A FRICTIONLESS IGNITION SWITCH WITH HIGH ELECTRICAL AND THERMAL CONDUCTIVITY**

**MSC THESIS**

**UGUR TEKBAS**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
AUTOMOTIVE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSISTANT PROFESSOR, NİMET KARDEŞ SEVER)**

**DENİZLİ, AUGUST 2022**

Ignition switches, developing technology and diversifying mechanisms have entered our lives, they are still used today and the function of the product is needed.

Ignition switches are electromechanical switches that allow the electrical systems of vehicles to be controlled. It is used in many vehicles and machines for tasks such as activating the desired electrical circuit, starting the motors, enabling the required current to be activated when needed. When we look at the product's main point and actively used types, the working principle of the electronic mechanisms within it is completely in the form of combining two separate circuit ends by rubbing against each other or separating this combination. This working system is still actively used today, and apart from that, it has brought with it a many problems for years. The products that come out as a result of unsuitable material types and faulty designs cause potential accidents that directly affect human life.that directly affect human life.

In this thesis, a new and unique design study has been carried out, which has a different working principle than many ignition switches that have been used and continue to be used from the past to the present. Instead of the uncoated plain copper rivets used today, modern rivets with alloys such as AgNi and AgSnO<sub>2</sub> have been used. BeCu alloy advanced engineering sheets are used for each circuit element, which is the most important component of the product, allowing the electrical circuits to work. Contemporary and technologically developed engineering plastics are used in the body structure. This product, which has a design that works with zero friction in the electrical circuit, is aimed to be adapted in many sectors and vehicles.

**KEYWORDS:** Ignition Switch, Frictionless, Thermoplastic, Copper alloys, Thermal Conductivity, Electrical Conductivity, Sheet metal

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	viii
SEMBOL LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ.....	x
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Baz Alınan Tasarım ile İlgili İncelemeler .....	3
1.2 Literatür Taraması .....	16
1.3 Tasarımın Çıkış Noktası ve Amaç.....	21
<b>2. TASARIM .....</b>	<b>25</b>
2.1 Düşey Yönlü Çalışan Mekanizmaya Sahip Tasarım .....	25
2.2 Yatay Yönlü Çalışan Mekanizmaya Sahip Tasarım.....	38
<b>3. MALZEME TAYİNİ .....</b>	<b>46</b>
3.1.1 Plastik Parçalar .....	46
3.1.1.1 Düşey Çalışma Mekanizmasına Sahip Tasarımın Parçaları....	48
3.1.1.2 Yatay Çalışma Mekanizmasına Sahip Tasarımın Parçaları ...	52
3.1.1.3 Her İki Tasarımda da Ortak Olan Parçalar.....	53
3.1.2 Metal Parçalar .....	53
3.1.2.1 Düşey Mekanizmalı Tasarımın Parçaları .....	54
3.1.2.2 Yatay Mekanizmalı Tasarımın Parçaları.....	58
3.1.3 Yağlar.....	60
<b>4. PROTOTİP ÜRETİMİ .....</b>	<b>62</b>
4.1 Plastik Parçaların Üretimi .....	63
4.2 Metal Parçaların Üretimi .....	71
4.3 Prototip Ürün Montajı .....	80
4.3.1 Prototip Ürün Montajı – İlk Tasarım .....	81
4.3.2 Prototip Ürün Montajı – İkinci Tasarım .....	86
4.3.3 Prototiplerin İncelenmesi ve Sonuçlar .....	91
4.3.3.1 İlk Tasarım .....	91
4.3.3.2 İkinci Tasarım .....	96
4.3.3.3 Test Sonuçları ve Karşılaştırma .....	98
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>104</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>106</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>112</b>
EK A NS 105 49 Kontak Anahtarı .....	112
EK B.1 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları.....	116
EK B.2 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları.....	119
EK B.3 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları.....	120
EK C.1 CuZn30 Pirinç Levha Teknik Özellikleri .....	121
EK C.2 CuZn30 Pirinç Levha Teknik Özellikleri .....	122
EK D.1 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	123
EK D.2 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	124
EK D.3 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	116

EK D.4 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	117
EK D.5 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	125
EK D.6 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled .....	113
EK E Hata Analizi ve Etkileri Çalışması .....	114
EK F.3 AgSnO <sub>2</sub> In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Cu Perçinin Teknik Özellikleri.....	115
EK G.1 Berulub XP 746 Sentetik Gres Teknik Dokümanı .....	126
EK G.2 Berulub XP 719 Sentetik Gres Teknik Dokümanı .....	127
EK G.3 Berulub XP 3000 Sentetik Gres Teknik Dokümanı .....	128
EK H.1 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı.....	129
EK H.2 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı.....	130
EK H.3 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı.....	131
EK H.4 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı.....	132
<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: NS 105 59 kodlu Nesan Otomotiv Kontak Anahtarı modeli. ....	3
Şekil 1.2: Kontak anahtarının patlamış görüntüsü ve alt mamülleri. ....	3
Şekil 1.3: Kontak anahtarının iç mekanizması. ....	5
Şekil 1.4: Rotasyon hareketinin iletilmesi. ....	5
Şekil 1.5: Alt kapak. ....	7
Şekil 1.6: Alt kapak ve kablo takımı görseli. ....	7
Şekil 1.7: NS 105 59 ürününe ait devre şeması. - Nesan Otomotiv Katalog, (2015). ....	8
Şekil 1.8: NS 105 59 ürünü iç direnç ölçüm grafiği. ....	9
Şekil 1.9: NS 105 59 ürünü, son kademe iç direnç ölçümü. ....	9
Şekil 1.10: Test raporu görüntüsü. ....	10
Şekil 1.11: Ömür çevrimi test sayaçları. ....	11
Şekil 1.12: Kontak anahtarı ömür çevrim test sistemi. ....	12
Şekil 1.13: Test sonrası parçada oluşan aşınmalar. ....	12
Şekil 1.14: Test sonrası iç ürünlerin görseli. ....	13
Şekil 1.15: Perçinlerde oluşan yanık izleri. ....	14
Şekil 1.16: Perçinler arası ark oluşumu. ....	14
Şekil 1.17: Test sırasında alınan termal kamera görüntüsü. ....	15
Şekil 1.18: Aşınmış bir perçin. ....	16
Şekil 1.19: Kullanılan bazı konnektör tipleri. ....	23
Şekil 1.20: Kullanılan bazı anahtar tipleri. ....	24
Şekil 1.21: NS 105 59 dış ölçüleri. ....	24
Şekil 2.1: Tahrik parçası. ....	26
Şekil 2.2: Sınırları belirleyen gövdelerin taslak hali. ....	27
Şekil 2.3: Üst gövde kontak kademeleri. ....	27
Şekil 2.4: Kademe parçası. ....	28
Şekil 2.5: Yay ve bilye. ....	28
Şekil 2.6: Alt gövdenin üst ve alt görüntüsü. ....	29
Şekil 2.7: Plastik hareketli parça. ....	29
Şekil 2.8: Alt gövde üzerindeki hareketli plastiğin çalışma bölgeleri. ....	30
Şekil 2.9: Alt gövdeye montajlı hareketli plastikler. ....	31
Şekil 2.10: Hareketli plastik ve yay konumu. ....	31
Şekil 2.11: Bir devrenin kapanması durumu. ....	32
Şekil 2.12: Yağ uygulaması yapılacak bölge örneği. ....	33
Şekil 2.13: Tahrik parçaları, hareketli plastik ve alt gövdenin kesit görüntüsü. ....	33
Şekil 2.14: Tahrik parçaları ve kademeyi oluşturan formlar. ....	34
Şekil 2.15: Bir devreyi oluşturan elemanlar. ....	35
Şekil 2.16: Üst ve gövdenin tırnak yapısıyla montajlı görüntüsü. ....	36
Şekil 2.17: Düşey çalışma mekanizmasına sahip ürün tasarımın patlatılmış görseli ve tüm alt komponentleri. ....	36
Şekil 2.18: Eksantrik mil - @otolye.com. ....	38
Şekil 2.19: Plastik kam parçasındaki kademeyi oluşturan formlar. ....	39

Şekil 2.20: Alt gövde ve devrelerin pozisyonu (kırmızı renkliler 4 farklı devre, mavi renkli 5. devre, yeşil renkli faz devresi)..	40
Şekil 2.21: Marş kademesini oluşturan form..	40
Şekil 2.22: Kam parçasının, kontak kademe parçasıyla birleştirilmiş hali. (Marş kademesi vurgulanmıştır)..	41
Şekil 2.23: Alt gövde ve revize edilen devre pozisyonları (yeşil renkliler 5 farklı devre, mavi renkli faz devresi)..	42
Şekil 2.24: Düşey ve yatay mekanizmalara sahip tasarımların üst gövdeleri. (Soldaki düşey mekanizmaya sahip tasarımın üst gövdesi)..	43
Şekil 2.25: Yatay çalışma mekanizmasına sahip ürün tasarımın patlatılmış görseli ve tüm alt komponentleri.....	44
Şekil 3.1: Hareketli kontak plastikleri ve kam parçasının uzaydaki montaj görüntüsü.....	50
Şekil 3.2: Gövdelerin tırnaklı tasarımları.....	50
Şekil 3.3: Çekme Mukavemeti – Cam Elyaf Oranı grafiği.....	51
Şekil 3.4: Plastik kam parçası..	52
Şekil 3.5: Anahtar fişeği.....	53
Şekil 3.6: Marş koruması parçaları..	53
Şekil 3.7: Bir kontak anahtarı görseli.....	54
Şekil 3.8: Hareketli sacın görseli..	55
Şekil 3.9: Bir devrenin kapandığı haldeki görüntüsü ve devre elemanları..	55
Şekil 3.10: Hareket iletimleri..	56
Şekil 3.11: Alt gövde içerisindeki devre plakası ve 1 devrenin konumlandırılması.....	58
Şekil 3.12: Devre sacının tetik halinde uğradığı deformasyon..	59
Şekil 3.13: Berilyum-bakır alaşımli şerit metal... ..	60
Şekil 3.14: İkinci tasarım ürünün devre plakası.....	60
Şekil 3.15: Yağlama prosesi uygulanacak bölgeler sırasıyla: marş koruması, kademe bölümü, kam ve devre sacları arası.....	61
Şekil 4.1: Stratasys F170 – LT-89.....	62
Şekil 4.2: Dışarı alma işleminin adımları, @Siemens NX 12.....	64
Şekil 4.3: GrabCAD içerisine data ekleme adımları, @GrabCAD.....	64
Şekil 4.4: GrabCAD içerisinde datanın kontrolü. ....	65
Şekil 4.5: Atık parça görseli.....	65
Şekil 4.6: Gövdenin üretim için konumlandırılmış hali.....	66
Şekil 4.7: Katman yüksekliği ayar penceresi. ....	67
Şekil 4.8: Atık parça tipi. ....	67
Şekil 4.9: İlk katman ayar sekmesi. ....	68
Şekil 4.10: Parça dolgu ayarlamaları. ....	69
Şekil 4.11: Ham malzeme sarfiyatı. ....	69
Şekil 4.12: 3D yazıcıda üretim sonrasındaki parçaların görüntüsü. ....	70
Şekil 4.13: Destek malzemesi çözdürme makinası – SCA 1200 HT.....	71
Şekil 4.14: Siemens NX yazılımının sac metal uygulamasına geçiş uzantısı. ....	72
Şekil 4.15: Katı modelin sac metal olarak tanıtılması komutu. ....	72
Şekil 4.16: Büküm açma komutu.....	73
Şekil 4.17: Bükülmüş bir parçanın sac haline dönüştürülmesi işlemi. ....	73
Şekil 4.18: Siemens NX yazılımının teknik resim uygulamasına geçiş uzantısı. ....	74
Şekil 4.19: Siemens NX “Drafting” modülündeki sayfa özellikleri ayar	

penceresi.....	74
Şekil 4.20: “Base View” komutu ile parça görüntüsünün seçilmesi.....	75
Şekil 4.21: Parçanın kağıt üzerindeki bir görseli. ....	75
Şekil 4.22: Teknik resimde büküm eksenlerinin gösterilmesi. ....	76
Şekil 4.23: Lazer kesim başlangıcı için belirtilen bölgenin hazırlığı.....	77
Şekil 4.24: Lazer kesim başlangıç noktasının gösterimi.....	77
Şekil 4.25: Lazer kesim ile üretilen sac parçalar.....	78
Şekil 4.26: İstenilen formların lazer kesim prosesiyle sac levhadan ayrılması.78	
Şekil 4.27: Bükülmüş devre sacı parçası.....	79
Şekil 4.28: İstenilen formun pense ile verilmesi.....	79
Şekil 4.29: Devre sacları ve hareketli plastiklerin montaj görüntüsü. ....	81
Şekil 4.30: Kam parçaları, demonte halde. ....	82
Şekil 4.31: Kam parçaları, montajlı hali. ....	82
Şekil 4.32: Pozisyon kontrol plastiği ve kurma yayı. (Solda kurulmuş, sağda kurulmamış.). ....	83
Şekil 4.33: Alt gövde ve devre sacları – 3D model görüntüsü.....	83
Şekil 4.34: Alt gövde ve devre sacları – prototip üretim görüntüsü. ....	84
Şekil 4.35: Devre elemanları ve kam parçalarının montaj görüntüsü.....	84
Şekil 4.36: Marş koruması parçasının montaj pozisyonu. ....	85
Şekil 4.37: Alt ve üst gövdenin kapatılması işlemi.....	85
Şekil 4.38: Montajlanmış ürün görselleri.....	86
Şekil 4.39: Devre sacları ve alt gövde montaj görseli.....	87
Şekil 4.40: Kam parçası ve kurma yayı montaj görseli. ....	88
Şekil 4.41: Montajın 3D model üzerinde gösterilmesi.....	88
Şekil 4.42: Alt gövdenin kam parçası ile birleştirilmesi. ....	89
Şekil 4.43: Marş koruma parçasının kam üzerine montaj görseli.....	89
Şekil 4.44: Marş koruma parçasının üst gövdeye montaj görseli. ....	90
Şekil 4.45: Üst ve alt gövdenin kapatılması.....	90
Şekil 4.46: Montajlanmış ürün görseli. ....	91
Şekil 4.47: Perçinlerin itilerek devrenin kapanması. ....	92
Şekil 4.48: Devre sacının hareketi için eklenen pim.....	93
Şekil 4.49: Devre sacının eksenden kaçması. ....	94
Şekil 4.50: Devre sacı ve hareketli plastik parçasının çakışması.....	94
Şekil 4.51: Kam parçasının hareketli plastiği hareket ettirme durumu.....	95
Şekil 4.52: Hareketli plastiğin eksenden kaçık hareketi. ....	96
Şekil 4.53: Yatay çalışma prensibine ait tasarımın görseli. ....	97
Şekil 4.54: Kam parçasının görseli. ....	98
Şekil 4.55: Test cihazı görseli. ....	99
Şekil 4.56: İç direnç ölçümü. ....	99
Şekil 4.57: Prototip ürünlerin test cihazına bağlanması.....	100
Şekil 4.58: Termal kamera görüntüleri. ....	101
Şekil 4.59: Sayaç görselleri.....	102
Şekil 4.60: Test sonrası numune görselleri. ....	103
Şekil D.3: POM malzeme teknik verileri.....	103
Şekil H.4: BeCu malzeme stres direnci grafiği.....	103

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1.1: Mühendislik plastiklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri. ....	20
Tablo 3.1: ENS0310 standardında bulunan, lokasyona göre ürün özellikleri...	47
Tablo 3.2: ENS0310 standardında bulunan, lokasyona göre çalışma sıcaklıkları. .....	48
Tablo 3.3: CuZn30 malzemesine ait element oranları. ....	57
Tablo 4.1: Karşılaştırma tablosu .....	103
Tablo B.1: Numunelerin test verileri. ....	113
Tablo B.2: Bakır malzeme teknik verileri.....	114
Tablo B.3: Gümüş malzeme teknik verileri. ....	115
Tablo C.1: Pirinç malzeme teknik verileri. ....	116
Tablo D.1: POM malzeme teknik verileri.....	118
Tablo D.2: POM malzeme teknik verileri.....	119
Tablo E.1: Hata türleri ve etkileri tablosu .....	124
Tablo F.2: Perçin teknik verileri tablosu.....	125
Tablo H.2: BeCu malzeme teknik veri tablosu .....	130

## SEMBOL LİSTESİ

°C	:	Sıcaklık Birimi, Santigrat Derece
IACS	:	Uluslar Arası Tavlanmış Bakır Standardı
FDM / EYM	:	Fused Deposition Modeling / Eriyik Yığıma Modeli
Ø	:	Çap ölçüsü sembolü

## ÖNSÖZ

Çalışmam süresince değerli bilgi ve yönlendirmelerini benden esirgemeyen ve sonuca ulaşmak adına yürüdüğüm yolu aydınlatan, Dr. Öğr. Üyesi Nimet KARDEŞ SEVER'e teşekkür ederim.

Bana duydukları güven ile, bulunan mevcut bir açığı görmemi ve bu açığı kapatacak uygun çalışmayı yapmamı sağlayan; çalışmalarım süresince tüm imkanlarına sınırsız erişim hakkı veren, başta Gen. Müd. Serhat SANDALCI ve Gen. Müd. Yard. Özgür TOPÇUOĞLU olmak üzere tüm NESAN OTOMOTİV AR-GE Ekibine ve sonrasında NESAN OTOMOTİV ailesine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman elini omzumda hissettiğim, sınırsız desteği ve sevgisiyle tüm başarılarımın mimarı annem Ayşe TEKBAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiyi hayatımızın her alanında günbegün anlık olarak hissetmekteyiz. Bütün elektronik ve elektromekanik araçlara geniş çerçeveden baktığımızda, 10 yıl gibi kısa bir sürede bile kat ettiği yol bir insanı kolaylıkla şaşırtacak seviyede gerçekleşmiştir. Teknolojinin sayesinde artık yapılmak istenen her şey çeşitlenmiş ve alternatif yollar kullanıcıya sunulmuş, sunulmaya devam etmektedir.

Kontak anahtarları, her sektörde bulunan cihaz ve makinaların çalıştırılmasını sağlayan tek devreli ve basit yapılıdır. Butonlardan, karmaşık devre yapısına sahip kompleks şalterlere kadar her yerde kullanılmakta ve karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin başlarında, daha ilkel zamanlarda da kullanılan bu devre elemanı, günümüz şartlarında da aktif olarak rol alan önemli bir devre elemanıdır. Özellikle araç ve otomobil alanına yoğunlaştığımızda, araçların ne ölçekte geliştiğini, her yıl, her gün ve hatta her an yeni bir teknolojinin araçlara senkronize edilmeye çalışıldığını görüyoruz. Eklenen her bir yenilik, teknoloji ve aksesuarlar beraberinde kontrol edilmesini sağlayan bir ürüne de ihtiyaç duymaktadır. Kullanılmak istenilen bir eklenti için öncelikle enerji akışını sağlamak gerekmektedir. Böylelikle otomobil makinasını kullanmak istediğimizde, ilk yapılması gereken şey cihazı aktif hale getirmek ve dolayısıyla kontak anahtarını çevirmek olacaktır.

Araçlarda bulunan çeşitli özellikler, modüller ve sensörler kullanıcının istediği anda ve istediği zaman aralığında çalışabilir durumda olması gerekmektedir. Otomobillerin gelişmesinin beraberinde getirdiği birçok yenilik ve özelliklerin mikro olarak incelendiği durumda da her bir komponentin kendi içinde farklı şartlarda çalışmakta olduğunu görmekteyiz. Kontak anahtarı, her bir komponentin çalışması için gereken elektriksel ortamı üzerinden geçirebilmelidir.

Aynı zamanda verim ve kullanıcı talepleri gözetilerek oluşturulan durumlar için de farklı komponentler farklı zamanlarda çalışabiliyor olmalıdır. Araçların sahip oldukları özelliklere ve aynı zamanda kullanıcı taleplerine göre kontak anahtarları çeşitlilik göstermektedir. Binek ve günlük kullanım için üretilmiş olan otomobilleri

düşündüğümüzde, radyo, elektrikli camlar, farlar, klima gibi birçok aksesuar bulunmaktadır. Her bir aksesuarın çalışması değişken durumlara bağlı olarak farklı zamanlarda ve farklı sürelerde gerçekleşmektedir. Bunun dışında, her bir aksesuar için ihtiyaç duyulan enerji aynı değildir. Örneğin radyoyu çalıştırmak için harcanacak elektrik tüketim miktarı “x” Watt olarak betimlenirse, araç farlarını aktif etmek için araçta tüketilecek olan elektrik “3x” Watt olabilir. Bu değişkenlik beraberinde farklı akımların devre üzerinden geçmesiyle sonuçlanır. Dolayısıyla, kontak anahtarı ürünü tüm bu taleplere izin veren bir eleman olduğu için oluşan farklı büyüklükteki elektrik enerjilerinin tamamına dayanabilir, sorunsuz iletebilir olması gerekmektedir.

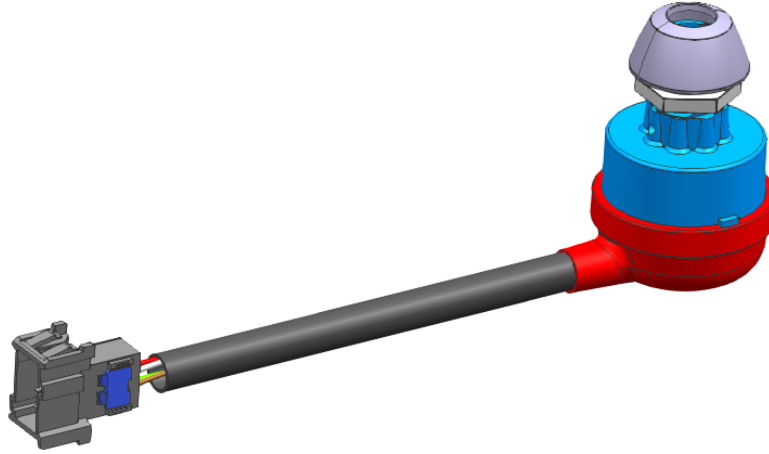
Araç üzerinde bulunan tüm komponentlerin dayanması gereken birçok farklı zorluk bulunmaktadır. Araçta bulunan her bir komponent otomotiv sektörünün ve sektör devlerinin talep ettiği bazı şartları sağlıyor olmalıdır. Her bir komponent bu şartlara maruz kaldığı gibi kontak anahtarı da bazı belirli kötü şartlara dayanabiliyor ve sorunsuz çalışabiliyor olması gerekmektedir. Bu kötü şartlardan bazılarına örnek olarak; aracın yol şartları sebebiyle uğradığı farklı titreşim frekansları ve dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunan araçların maruz kaldığı farklı hava koşulları sayılabilir. İtalya merkezli, tarım ve iş makinaları gibi endüstriyel araçlar üreticisi olan CNH şirketinin sahip olduğu ENS0310 standardına göre elektrikselsel komponentler, araç üzerinde bağlı oldukları konuma göre -40 °C sıcaklıktan 160 °C sıcaklığa kadar farklı sıcaklıklara farklı süreler boyunca dayanabiliyor olmalıdır. Örneğin, araçtaki aks kutusu çevresinde bulunan veya direkt aks kutusunda çalışan ~~çalışan~~ bir komponent minimum -40 °C ile maksimum 160 °C sıcaklıklara 10 dakika boyunca dayanabiliyor olması gerekmektedir. Bu testi geçmeyen bir ürün ENS0310 standardına göre CNH şirketinde ve bu şirkete bağlı olan diğer firmalarda kabul edilmez. Bu test standardı, laboratuvarında test cihazları ve makinaları kullanılarak gerçekleştirilen hızlandırılmış doğal ve yapay çevresel bileşen testlerini tanımlar. Bu testlerin tamamlanması, performans ve dayanıklılık beklentilerinin karşılanması ile kaliteyi sağlamayı amaçlar.



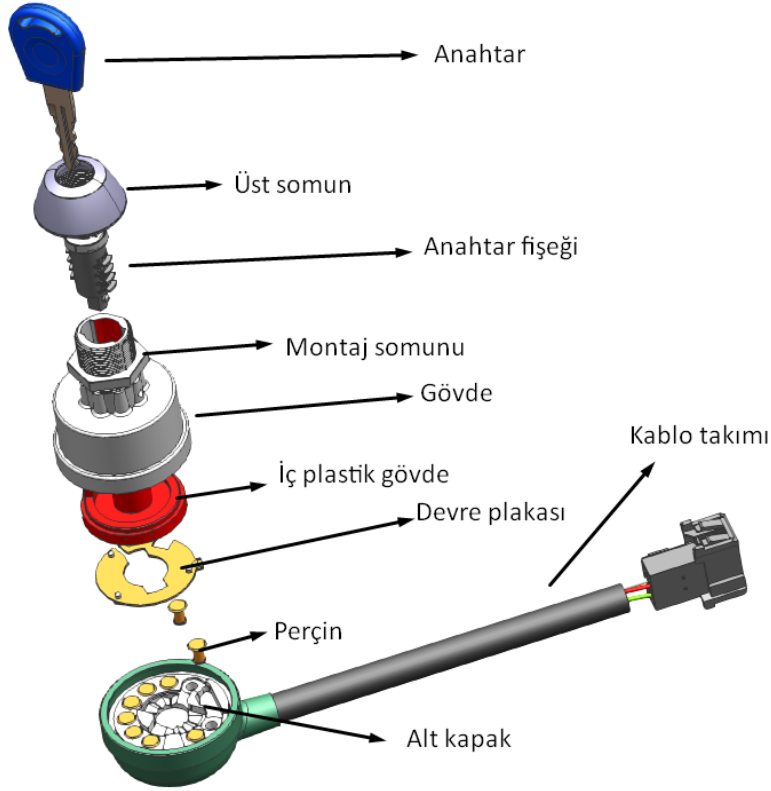
## 1.1 Baz Alınan Tasarım ile İlgili İncelemeler

Bu çalışma için eksik ve hatalı yanları sebebiyle iyileştirilmeye ihtiyaç duyulan NS 105 59 üretici kodlu ticari araçlarda kullanılan kontak anahtarı seçilmiştir. Bu ürün üzerinde yapılmış detaylı araştırmalar, incelemeler ve geliştirmeler sunulmuştur.

Üzerinde araştırma ve inceleme yapılan kontak anahtarı ürününü birçok firma ürettiği araçlarda aktif olarak kullanmaktadır. Bu kullanımlara MST, Başak Traktör, Türk Traktör, Hidromek gibi firmaları örnek olarak verilebilir. Valtra firmasının araçlarında kullanmış olduğu ACW0822610 kullanıcı kodlu bu kontak anahtarı ürününe ait teknik resme EK A'dan ulaşılabilir. 3 boyutlu model görseli Şekil 1.1'de, parçaların patlatılmış haldeki görüntüsü Şekil 1.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 1.1:** NS 105 59 kodlu Nesan Otomotiv Kontak Anahtarı.



**Şekil 1.2:** Kontak anahtarının patlamış görüntüsü ve alt mamülleri. (Nesan Otomotiv 3D kütüphanesi.)

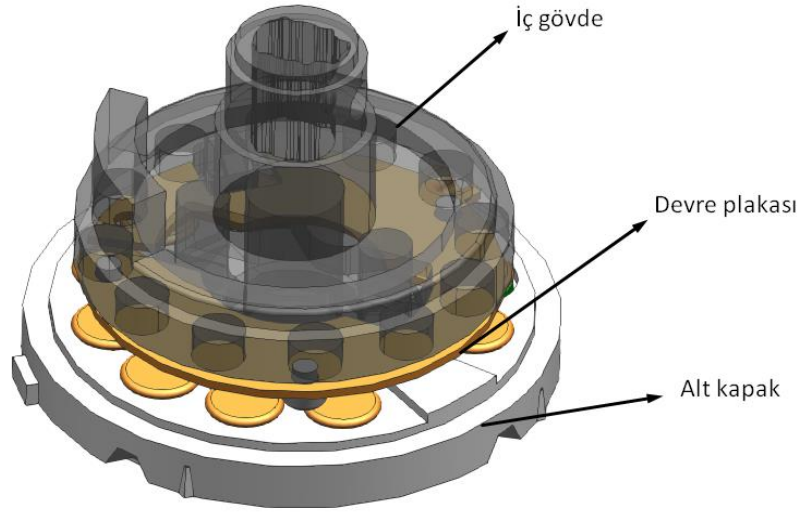
Şekil 1.2’de verilen kontak anahtarı alt komponentlerinin görevleri kısaca aşağıda listelenmiştir.

1. Anahtar: Kullanıcıya ait özel şifre ile açılmış, ürünün çalıştırılmasını sağlar.
2. Üst somun: Kontak anahtarının, araç gövdesine bağlantısı sağlandığında, dışarıda kalan bölgenin kapatılmasını sağlar. Malzeme: Paslanmaz Çelik (304)
3. Anahtar fişegi: Anahtar üzerine açılan şifreye göre özel olarak üretilir. Malzeme: Zamak 5
4. Montaj somunu: Kontak anahtarının, araç gövdesine bağlantısı sağlar. Malzeme: Alüminyum
5. Gövde: Kontak anahtarının elektrik iletiminde görev alan parçalarını içerisinde barındırır. Malzeme: Zamak 5

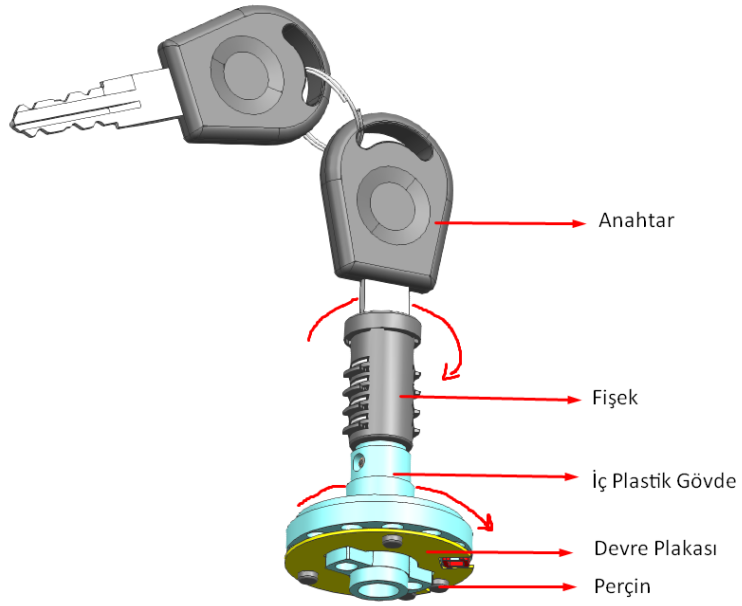
6. İç plastik gövde: Anahtardan başlatılan hareketin iletimini sağlar. Tahrik parçası olarak da adlandırılabilir. Malzeme: PA6
7. Devre plakası: Ürünün devre şemasına göre üretilir. Üzerindeki perçinlerin konumu değiştirilerek farklı devre şemasına sahip ürün oluşturulur. Üzerindeki perçinler, hareketin iletilmesiyle birlikte döner. Alt kapaktaki perçinler üzerinde kayarak hareket eder. Malzeme: Pirinç
8. Perçin: Elektrik akımının iletilmesini sağlar. Malzeme: Saf bakır
9. Alt kapak: Çıkış bağlantısı için üzerine perçinler montajlanır. Alt kısmından kablo bağlantısı için uyumlu forma sahiptir. Üzerindeki perçinler sabit kalır. Malzeme: Bakalit
10. Kablo takımı: Kullanıcı talebine göre hazırlanır. Araçtaki bağlantı formuna göre seçilir.

Bu kontak anahtarı ürünün iç çalışma mekanizması incelendiğinde, sabit kontak perçinleri ile kontakların farklılaşmasını sağlayan bir devre mekanizması bulunduğu görülmektedir.

Anahtar ile başlatılan döner hareket, anahtarın takıldığı konumda bulunan fişek parçasının uç kısmıyla uyumlu tasarlanan bir iç gövdeye aktarılır. İç gövdenin alt yüzeyine konumlandırılan devre plakası da anahtardan iletilerek gelen döner hareketle birlikte dönmeye başlar. Devre plakası üzerinde farklı konumlarda bulunan perçinler de bu dönme hareketinden etkilenmiş olur. Anlatılan çalışma sistemine ait iç mekanizma parçaları Şekil 1.3'te verilmiştir. Bu düşey yönlü çalışan bir mekanizmadır. Anahtardan başlayan ve perçinlere kadar iletilen hareket ve bu iletimde görev alan elemanlar Şekil 1.4'te belirtilmiştir.

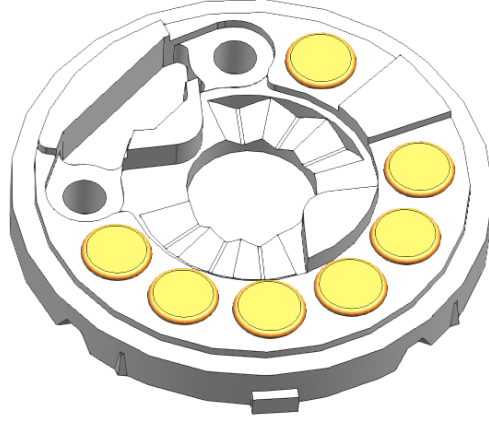


Şekil 1.3: Kontak anahtarının iç mekanizması.



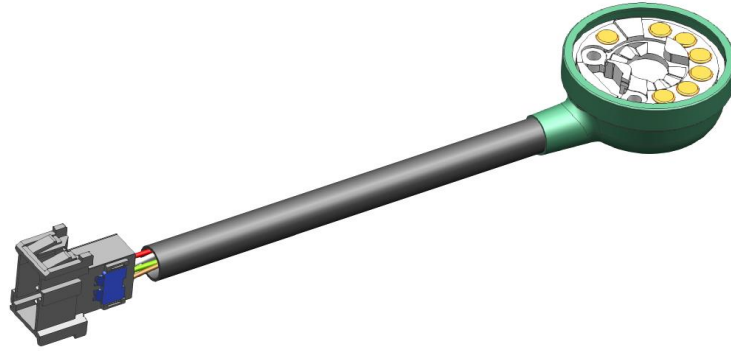
Şekil 1.4: Rotasyon hareketinin iletilmesi.

Devre plakasının sahip olduğu bu dönme hareketi, bağlı olan perçinlerin iç gövde altına yerleştirilen bir kapak ve kapak üzerinde bulunan perçinlerle etkileşime girmesine sebep olur. Kapak üzerindeki perçinler ile talebe uygun marş kademelerinin oluşturulması sağlanır. Alt kapak görseli Şekil 1.5'te görünmektedir.



**Şekil 1.5:** Alt kapak.

Alt kapağın dışarıda kalan yüzeyine yani perçinlerin alt bölgelerine, marş kademelerine dolayısıyla talebe uygun olarak kablo klipsleri yerleştirilerek ürüne kablo çıkışı sağlanır. Kablo boyları ve kablonun ucunda bulunacak terminal detayları da eklenerek ürün son haline getirilmiş olur. Kablo eklenmiş alt kapak görseli Şekil 1.6'da görünmektedir.



**Şekil 1.6:** Alt kapak ve kablo takımı görseli.

Bu tasarımda elektrik akımı direkt perçinler üzerinden aktarılmaktadır. Kullanılan perçinler saf bakırdan imal edilmiştir. Perçinlere ait bazı özellikler aşağıdadır. (Copper Development Association, 2022) Malzeme analiz detayları EK B'de verilmiştir.

- Yoğunluk : 8,91 g/cm<sup>3</sup>
- Elektrik iletkenliği : %100 IACS
- Isıl genleşme : 385 J/(lgL)

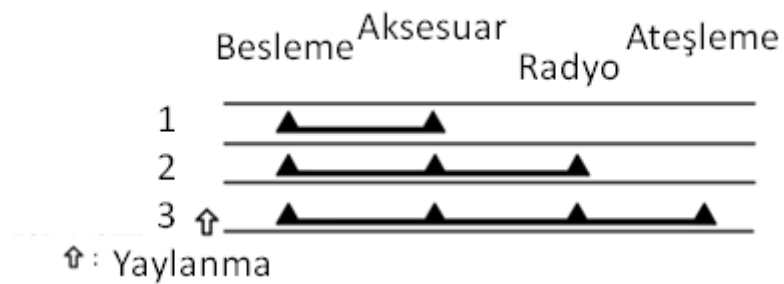
- Isıl iletkenlik : 397 W/(m.K)

Perçinleri üzerinde barındıran ve yine elektrik akımının geçişini sağlayan bir diğer eleman olan devre plakası ise CuZn30 pirinçten imal edilmektedir. Malzemeye ait bazı özellikler aşağıdadır. Ayrıca detaylı teknik doküman EK C’de bulunmaktadır.

- Yoğunluk : 8,53 g/cm<sup>3</sup>
- Elektrik iletkenliği : 28 %IACS
- Özgül ısı kapasitesi : 377 J/(kg.K)
- Isıl iletkenlik : 121 (W/m.K)

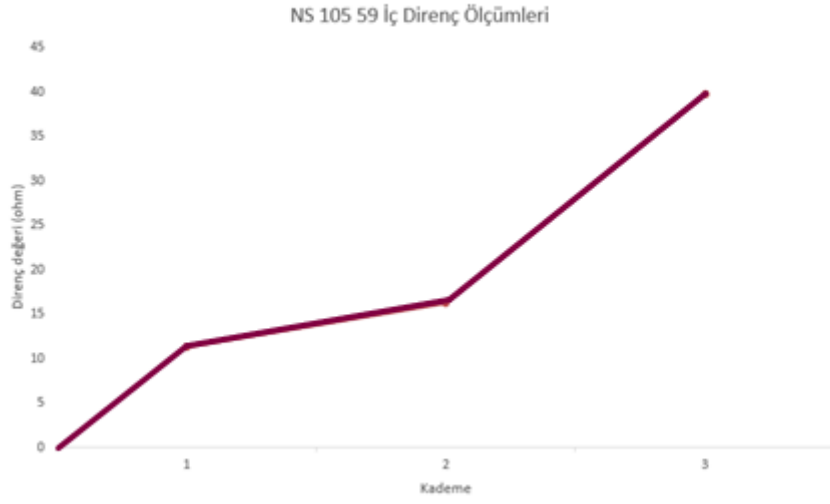
Ürünün devre şeması Şekil 1.7’de verilmiştir. Burada belirtildiği üzere, üründe toplam 4 çıkış vardır. Biri besleme olmak üzere, ürünün kademe sayısı 3’tür. Kademeler ve bu kademelerde tetiklenen devreler aşağıya eklenmiştir.

- 0. Konum: Boşta
- 1. Konum: Besleme ve aksesuar devresi kapanıyor.
- 2. Konum: Besleme, aksesuar ve ateşleme devresi kapanıyor.
- 3. Konum: Besleme, aksesuar, ateşleme ve başlangıç devreleri olmak üzere tüm devreler kapanıyor.



Şekil 1.7: NS 105 59 ürününe ait devre şeması. - Nesan Otomotiv Katalog, (2015).

Devrelerin iç direnç ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte paylaşılmıştır. Son kademe ölçümü Şekil 1.9’da görünmektedir.



Şekil 1.8: NS 105 59 ürünü iç direnç ölçüm grafiği.



Şekil 1.9: NS 105 59 ürünü, son kademe iç direnç ölçümü.

Baz alınan kontak anahtarında hedeflenmiş ömür 50.000 çevrim şeklindedir. Ürün boştaki konumundan 3. konuma gidip tekrar boş konumuna geri dönmesi 1 çevrim olarak alınır. Ürün üzerinde yapılan testler ve test sonucu ulaşılan çıkarımlar aşağıdadır. Yapılan bir test sonucunda ürün henüz hedeflenen ömür çevrimi sayısına ulaşmadan 24210. çevrimde kısa devre olduğu görülmektedir. Şekil 1.10'da bu teste ait rapordan bir görüntü bulunmaktadır.

	<b>REPORT</b>	TARİH / DATE	4.05.2021
		STANDART / STANDARD	-
		PARÇA ADI / PART NAME	Ign. Switch
		NE SAN PARÇA NO / PART NO	NS 105 49
		RAPOR NO / REPORT NO	
		MÜŞTERİ NO / CUSTOMER NO	
Sayfa No / Page No		1/ 1	
<b>Warranty Claim A</b>	Short circuit was detected. @24210 cycle		



**Şekil 1.10:** Test raporu görüntüsü.

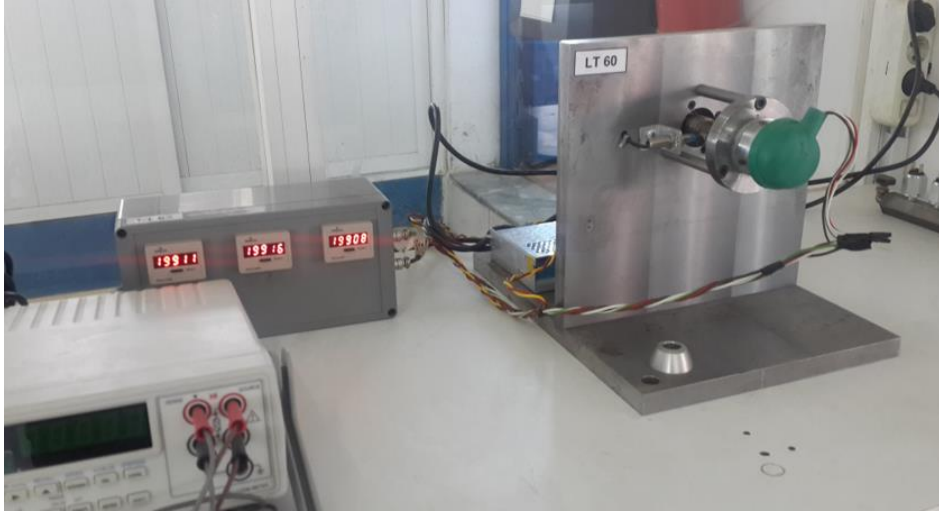
Yapılan bir diğer ömür çevrimi testinde, ürün yaklaşık 50.000 çevrim boyunca test edilmiştir. Test sırasında ve sonrasında, bazı çevrimlerde istenilen devrelerin kapanmadığı, atlamalar olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 1.11’de bu teste ait sayaçlar görünmektedir. 1 numaralı sayaç toplam çevrimi belirtmektedir. 2 numaralı sayaç aksesuar devresini, 3 numaralı sayaç ateşleme devresini ve 4 numaralı sayaç başlangıç devresini simgelemektedir. Burada beklenen, her bir çevrimde 1’er defa sayaçların tetiklenmesi ve test sonunda tüm sayaçlarda aynı sayıların oluşmasıdır. Bu testte ise 49772 çevrim olmasına rağmen, aksesuar ve başlangıç devrelerinde eksik sayım yapılmıştır. Bu devrelerdeki eksik sayıma karşın ateşleme devresinde çevrim adedinden daha fazla tetiklenme olmuştur. Bu durum, ateşleme devresinin kısa devre olduğunu göstermektedir. Test sistemi Şekil 1.12’de gösterilmektedir.



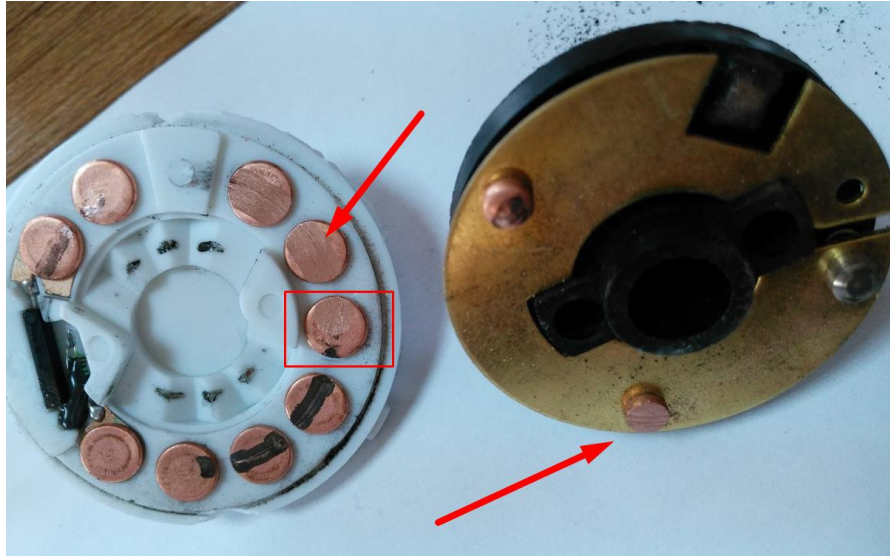


Şekil 1.11: Ömür çevrimi test sayaçları.

Çevrim testleri yapılan bazı ürünlerin, test sonrasında parçalarına ayrılarak iç mekanizmanın durumu incelenmiştir. Burada açıkça perçinlerin temas noktalarında aşınma olduğu görülmektedir. Perçinin ilk yüksekliği ve test sonrasında ölçülen yükseklikleri arasında yaklaşık 0,5mm'lik fark görülmektedir. Bu değer, aşınmaya bağlı perçinin üst yüzeyinden kopan talaşları ifade etmektedir. Şekil 1.13'de perçinlerde oluşan aşınmalar görülmektedir. Aşınmaya bağlı olarak perçinlerin formu bozulmuştur. Özellikle kırmızı dikdörtgen ile belirtilen perçinde dengesiz aşınma görünmüştür. Bu durum sürtünmeli sistemde oluşan genel aşınmanın yanı sıra, perçin üzerinde ark oluşumunu kolaylaştıracak sivri kenarlar bırakmaktadır. MAN'ın M3499-1 kodlu; elektrikli, elektronik ve mekatronik sistemlerle ilgili genel talepler standardında kabul kriteri olarak alev oluşmaması talep edilmektedir. Şekil 1.13'te görülen dengesiz aşınma, sivri ve düzgün olmayan bir yüzey oluşması ve bu yüzeyin sürtünmeyle çalışmaya devam etmesi sebebiyle ark oluşumu potansiyeli oluşmaktadır.



Şekil 1.12: Kontak anahtarı ömür çevrim test sistemi.



Şekil 1.13: Test sonrası parçada oluşan aşınmalar.

Aşağıda bulunan Şekil 1.14’de bir başka test numunesi görünmektedir.



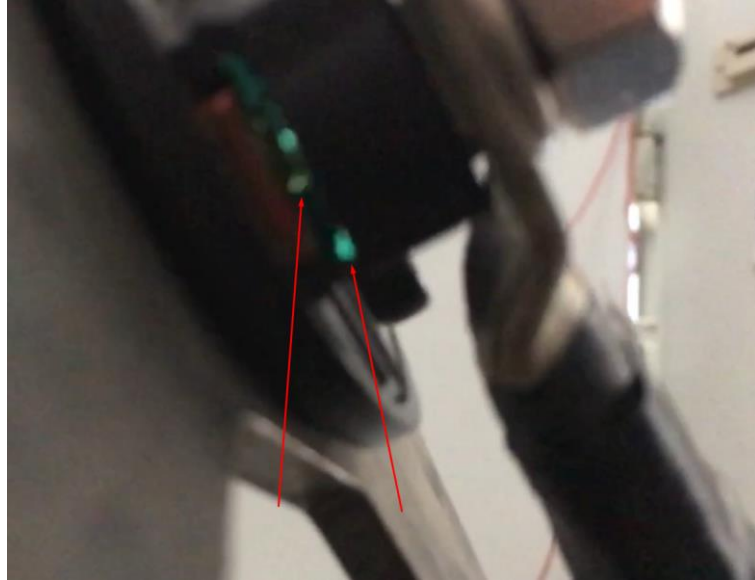
**Şekil 1.14:** Test sonrası iç ürünlerin görseli.

Şekil 1.15’te perçin üzerinde oluşan renk değişimleri, perçinin aşınmaya ve dolayısıyla ısınmaya bağlı olarak yandığını göstermektedir. Alt kapağın ortasında bulunanlar ise, aşınma sebepli ortaya çıkan talaşların gres ile birleşmesi sonucu oluşmuştur. Bu durum, kontak anahtarının kademe geçişlerinde kötü etki olarak kullanıcıya yansımaktadır. Kötü etkiden kastedilen durum, kullanıcının anahtarı döndürürken, anahtardan eline geçişi sağlanan hissiyattır. Kontak anahtarının takılarak dönmesi veya dönüş kuvvetinin artış durumu oluşur.



**Şekil 1.15:** Perçinlerde oluşan yanık izleri.

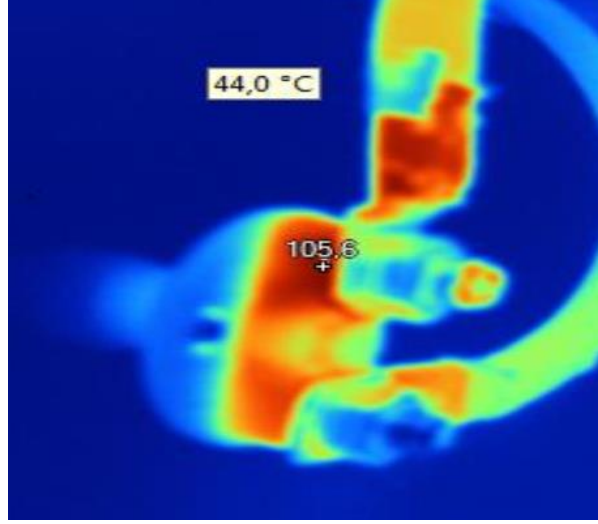
Şekil 1.16’te titreşim testi sırasında üzerinden 40 amper akım geçirilen bir ürünün, kontak kademesinin değişimi sırasında meydana gelen ark oluşumu görülmektedir.



**Şekil 1.16:** Perçinler arası ark oluşumu.

Ürüne, Nesan Otomotiv TR-18/054 kodlu testinde belirttiği gibi 24 saat boyunca 24V 40 amper akım uygulanmıştır. Şekil 1.17’de görülen termal kamera görüntüsü, sıcaklığın en yüksek olduğu bölge hedeflenerek çekilmiştir. Ford ES-

9C45-14K147-AA kodlu genel anahtar ürünlerindeki 24 volt için mühendislik performans isterleri standardında “oda sıcaklığının 25°C kabul edildiği ortamda anahtarın tüm yüzeylerindeki sıcaklık maksimum 38°C olmalıdır” ibaresi belirtilmektedir. Bu standart kabul edilerek, ürünün uygulanan test sonrasında başarısız olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.17: Test sırasında alınan termal kamera görüntüsü.

Şekil 1.18’de, bir perçinin alt kapakta bulunan perçinlere teması sonucunda aşınması görülmektedir. Burada, perçinlerin aşınma durumlarının kıyaslanması için yapılmış bir deney çalışması görülmektedir. Birbiri üzerinde sürtünen perçinler, birbirlerinden parça kopartmaktadır. Kopan parçalar artan sıcaklıkla birlikte perçinin farklı noktalarına yapışmaktadır. Deneme amaçlı burada paslanmaz çelikten üretilmiş bir perçin kullanıldı. Sürtünme efektinin etkisi perçin üzerinde görülmektedir.



**Şekil 1.18:** Aşınmış bir perçin.

## 1.2 Literatür Taraması

Kontak anahtarlarında, aracın çalışır durumda iken tekrar marş pozisyonunu tetikleyememesi, araçta bulunan bazı diğer elemanların güvenliği sağlamak için küçük ama en önemli kriterlerden biridir. Bunun yanında, araç çalışırken anahtarın kontak anahtarı parçasından ayrılmaması, araç çalışmıyor olsa bile kontak anahtarının herhangi bir devreyi çalıştırır pozisyondayken anahtarın kontak anahtarı parçasından ayrılmaması kullanıcı güvenliğini ilgilendiren önemli koşullardandır. Anahtar, yalnızca araç çalışmıyor ve araçta bulunan herhangi bir elektrik devresi tetiklenmemiş durumdaysa kullanıcı tarafından alınabilir, aksi durumlarda kontak anahtarı ürününden anahtarın ayrılmasının engellenmiş olması gerekir. Yapılan araştırmada, tarım aracı sürücülerinin %53'ü aracı durdurduktan sonra araçtan ayrılırken anahtarı yanına almadıkları tespit edilmiştir. (Öz 2005)

Kontak anahtarları, araç motorunu çalıştıran bir elemandır. Motoru çalıştırmak için bataryadan gelen doğru akımı üzerinden geçmesine olanak sağlar. Bu akım, araca ve çalışan mekanizmalara bağlı olarak büyük olabilir. Nispeten büyük bir

akımın geçmesi, kontak anahtarı ürünü üzerinde önemli bir güç yükü oluşmasına sebep vermektedir. (Stropnik 2012) Stropnik'in de belirttiği gibi, kontak anahtarı üzerinde, özellikle marş konumunda oluşan bu yük, araç hareket halindeyken tekrar aktif hale getirilmemelidir. Marş koruması uygulaması kullanılarak, araç hareket halindeyken veya motor çalışır durumdayken, kontak anahtarının tekrar tetiklenmesinin önüne geçilir.

Kontak anahtarının konumu değiştirildiğinde, kullanıcının talebine bağlı olarak istenilen zamanda diğer konuma geçişi sağlanmalıdır. Kullanıcının talep etmediği durumlarda veya kendiliğinde kontak değişmesi birçok hatayı beraberinde getirir. Chevrolet Cobalt ve o yıllarda çıkmış benzer diğer küçük araçlarda kullanılan kontak anahtarı, direksiyon kolunu bağlantılı kontak anahtarlarıydı. Tasarımlarına bağlı olarak, çalışma konumundan kendi kendine veya küçük titreşim ve darbe etkileriyle kolaylıkla değişerek motorların durmasına sebep oluyordu. 2004 yılında, sürücünün dizi anahtarı sıyırmasının ardından bir test alanında Cobalt model araç motoru kendi kendine durdu. (CBS News, 2014)

Kontak anahtarlarında bulunan ve kontakların, dolayısıyla devrelerin birbiri üzerinde sürtünmesi, temas yüküne bağlı olarak temas noktasındaki dirence etki göstermektedir. Ren ve arkadaşları, (2013) yaptığı çalışmalar sonrasında temas yükünün kuvveti artarken temas direncinin azaldığını gözlemlemiştir. Bu çalışmayla birlikte kontaklar arasındaki direncin, perçin temas yüzeyine kuvveti ile ilişkili olduğunu görmüşlerdir.

Kontak anahtarı, araç üzerinde bulunan ve kullanıcıyı doğrudan etkileyecek sonuçlar oluşmasına olanak verme potansiyeli bulunan bir komponenttir. GM, 2014 yılında kontak anahtarı arızası problemiyle birçok aracını geri çekmek zorunda kalmıştır. Kontak anahtarında oluşan bu problem sebebiyle ise 124 kişinin hayatını kaybettiği bildirildi. MacNeil R. R., (2015) yaptığı çalışmalarda, GM'in bu krizdeki tutumunu ve ihmalleri araştırmıştır.

Nesan Otomotiv, AR-GE departmanından alınan bilgiye göre birçok kontak anahtarı ve elektrik iletiminde rol oynayan anahtarların içerisinde fosfor – bronz alaşımından üretilmiş sac parçalar ve yaylar kullanılmaktadır. Bakır alaşımlarının bir üyesi olan fosfor-bronz alaşımı, %0,5-11 kalay ve %0,01-0,35 fosfor ile alaşımlanmış bakırdan oluşur. Diğer alaşımlarda olduğu gibi belirli özellikler kazandırmak için başka elementler de içerebilmektedir. Alaşım içerisinde bulunan kalay, bakırın mukavemetini ve korozyon direncini artırır; fosfor ise aşınma direncini yükselterek sertliğini artırır. Daha çok elektriksel ürünlerde kullanılmaktadır. Fosfor bronzları üstün yay özelliklerine, yüksek yorulma direncine, mükemmel şekillendirilebilirliğe ve lehimlenebilirliğe ve yüksek korozyon direncine sahiptir. Bu alaşımların elektriksel iletkenlikleri saf bakırın elektriksel iletkenliğinin (IACS) %15 ile %28'i arasında değişir. (Bakır Geliştirme Derneği, 2022) Örneğin C51900 (CuSn6) alaşımının elektriksel iletkenliği %15 IACS ve ısıl iletkenliği ise 75 W/mK'dir. Tane boyutu ve soğuk deformasyon miktarı elektriksel iletkenliği etkilemektedir. (Aurubis Teknik Doküman, 2022)

Eski ismi “glusinyum” olarak bilinen Berilyum, çok güçlü ve hafif bir metaldir. Büyük parçalar halinde kullanılması gerekmektedir çünkü toz halinde oldukça toksik bir yapısı vardır. Bu sebeple insan vücuduna zarar verir. Oda sıcaklığında kırılğan yapıya sahip, sert bir metaldir. (Young modülü 287 GPa – erime noktası 1287°C) Berilyum'un bir diğer önemli özelliği ise birim ağırlık başına en iyi ısı yayma ve ısıl iletkenlik özelliğidir. (Özgül ısı: 1925 J/kgK) (Isıl iletkenlik: 216 W/mK) (Behrens, V. 2003) Bu özelliklerinin bir arada olması sebebiyle termal yük koşullarında mükemmel stabil kalabilmektedir. Isıyı çok iyi emebilir. (Behrens, V. 2003) Bu özelliğiyle farklı araçların yapımında, motora yakın çalışan parçaların içerisinde sıkça kullanılır. Elektronik uygulamalarda berilyumun, hem sertlik ve yüksek yorulma mukavemetinden hem de ısıyı emme özelliklerinden faydalanılır. (Emsley, 2001)

Berilyum bakır (CuBe), diğer isimleri berilyum bronz ve yay bakırıdır. % 0,5 – 3 oranında berilyum içeren bakır alaşımlarıdır. Kullanılacağı alana göre başka elementler de eklenebilir. (örn. Kobalt) Yüksek mukavemet, kıvılcım çıkmayan özellikleri ön plandadır. Yüksek şekillendirme ve işleme özellikleri bulunmaktadır. Daha fazla güç ve dayanıklılık istenildiği durumda ısıl işlemler uygulanarak istenilen



özellikler kazandırılabilir. Bu özellikleri sebebiyle birçok kullanım alanı bulunmaktadır. (Beralcast – Beryllium Aluminum Alloys.) C17410 alaşımının elektrik iletkenliği yaklaşık %50 IACS ve ısıl iletkenliği de 230 W/mK'dır. (Materion - Malzeme Teknik Dokümanı, 2022)

Pirinç, bakır ve çinkodan oluşan bir alaşımdır. İhtiyaca göre sert veya yumuşak pirinç elde edilebilir. Pirinç alaşımının ayırt edici bir diğer özelliği ise yüksek geri dönüşüm oranıdır. Isıl iletkenlikleri 110 ile 220 W/mK arasında değişir. (Bakır Geliştirme Derneği) Bu alaşımların mukavemeti ve sünekliği, artan çinko içeriği ile artar. Dayanıklı olması, kolay işlenebilirliği, elektriksel ve ısıl iletkenlik gibi özellikleri sayesinde birçok sektörde uzun zamandır yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektriksel iletkenlikleri saf bakırın elektriksel iletkenliğinin (IACS) %28 ile %56'sı arasında değişir. Çinko miktarı arttıkça elektriksel iletkenlik azalmaktadır. Örneğin C26000 (CuZn30) alaşımının elektriksel iletkenliği %28 IACS ve ısıl iletkenliği ise 121 W/mK'dır. Çinkonun bakırdan daha düşük bir metal değeri olduğundan, daha yüksek çinko içeren pirinçler genellikle daha ekonomiktir. Pirinç, bazı faktörlerin bulunduğu durumlarda (nem, klor, asit, amonyak, yağmur suyu...) paslanmaktadır. (Ashby ve Johnson, 2014) Bu sebeple kontak anahtarı içerisinde pirinç kullanıldığı senaryolarda sızdırmazlık konusu çok önemlidir. Aynı zamanda pirinç alaşımı korumak için çeşitli kaplama uygulamaları yapılmaktadır. Kaplama prosesiyle pirinç korunurken ek olarak istenilen bazı özelliklerin de artırılması sağlanabilir. (Örneğin, elektrik iletkenliği...)

Kontak anahtarında hareket iletmekle görevli parçalar sıklıkla plastik ham malzemelerden imal edilmektedir. Bu, genellikle ağırlık azaltmak ve maliyeti düşürmek için yapılmış hamlelerdir. Nesan Otomotiv AR-GE departmanından alınan bilgilere göre, müşteri taleplerine uygun olarak gövde ve kapak gibi parçalar da plastikten imal edilmektedir.

Polietilen tereftalatlar kısaltılmış olarak PET, PETE veya PETP olarak karşımıza çıkmaktadır. Polyester ailesinin en çok kullanılan ve bilinen termoplastiğidir. Mühendislik uygulamalarında cam elyaf ile kombinasyonları tercih edilmektedir. Yüksek dayanımı, sertliği ve düşük nem emilimi sayesinde birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Sürtünme direnci oldukça yüksektir. Kimyasal olarak birçok farklı sıvıya karşı direnebilmektedir. Otomotiv endüstrisinde kabloların ve

elektriksel komponentlerin olduğu bölgeleri korumak için kullanılır. (Speight ve Lange, 2005) Aynı zamanda denizaltında kullanılan kablolarda su yalıtım bariyeri olarak da kullanılmaktadır. Bu alanda mekanik dayanım özellikleri değerlendirilir. Değerlendirilecek ürün Rynite 530 BK503'dur. %30 cam elyaf katkılı bu ürünün yoğunluğu 1560 kg/m<sup>3</sup>'tür. Yüksek sıcaklıklarda yüksek şekil stabilite ve sertlik özelliği bulunmaktadır. (Campus, Malzeme Teknik Dokümanı) Enjeksiyon kapasitesi geniş sıcaklık aralığında olması sebebiyle üretilebilirliği ön plandadır. (Rosato. D. V. ve Rosato. M. V., 2004)

Plastiklerde genel olarak 3 aşınma durumu bulunmaktadır. Bunlar, adhesiv, abrasiv ve yorulma aşınmasıdır. Akkurt (1991), yaptığı çalışmada, polimerlerde küçük bir miktar erozyon aşınmasının olduğunu da görmüştür. Aşınmaların azalması için nemli bir sıvı ile yağlanarak çalıştırılabilir.

Tabloda bazı mühendislik plastiklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri bulunan Koç (2011)'un derlediği tablo bulunmaktadır.

**Tablo 1.1:** Mühendislik plastiklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri. (Koç, 2011)

Özellikler	Test metodu	PA6	PA6G	POM	PEEK	PET
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	ISO 1183	1.14	1.15	1.41	1.31	1.41
Sertlik(HR) <sub>M</sub>	ISO 2039	85	85	80	100	93
Çekme mukavemeti (MPa)	ISO 527	76	82.7	64	110	85.5
Kopmadaki uzama (%)	ISO 527	Min 50	20	30	20	20
Eğmedeki elastiklik modülü (GPa)	ISO 187	3.25	3.45	2.7	4.14	3.38
Izod darbe mukavemeti (kJ/m <sup>2</sup> )	ISO-180/1A	5.5	0.214	7	0.534	-

Plastik şekil verme ve plastik malzeme kullanılarak imalat yapma yöntemlerinden bir tanesi de katmanlı imalattır. Bu imalat yönteminde, enjeksiyon ile üretimden farklı olarak üretilmek istenen parça katman katman üretilir. Her bir katman, eriyik haldeki plastik ile üst üste yığılarak oluşturulur. EYM (Eriyik Yığma Modeli) yöntemini Scott Crump, 1989 yılında keşfetmiş ve Stratsys Ltd şirketini kurmuştur. Daha sonrasında devam eden teknolojik gelişmelerle artık bu teknoloji bireylere ve daha geniş kitlelere hitap etmeye başlamıştır. 2006 yılında başlatılan RepRap isimli açık kaynak projeli 3 boyutlu yazıcı uygulaması bu üretim tekniğine farklı bir kullanım kolaylığı kazandırmış ve bir üç boyutlu yazıcının neredeyse yüzde 50'lik kısmını oluşturan parçaların üretimine olanak sağlamıştır. Geriye kalan eksik parçalar ise ucuz bir ücret karşılığında temin edilebilecek şekilde geliştirilmiştir. Bu

sayede kullanıcılar kendi 3 boyutlu yazıcılarının birçok parçasını üretebilecek ve üzerinde geliştirmeler yapabilecek kapasiteye ulaşmışlardır.

FDM teknolojisi ile çalışan cihazlarda termoplastik malzemeler kullanılır. En basit haliyle bu termoplastiklerin katmanlı bir şekilde üretilmesi teknolojisine FDM denilmektedir. İnce uzun filament haline getirilen termoplastik malzemelerin katman katman üretim tablası üzerine uygulanması prensibine dayanmaktadır. Sıcak bir ekstruder ucuna getirilen plastik malzemeler, üretim kafasının ucundan ergiyik halde akıtılarak tabla üzerinde istenilen şeklin oluşturulması sağlanır.

### **1.3 Tasarımın Çıkış Noktası ve Amaç**

Kontak anahtarları, araçların elektrik sisteminin kontrol edilmesini sağlayan elektromekanik şalterlerdir. Kontak anahtarları, araçların motorlarının çalışmasını sağladığı gibi, belirli elektronik devrelerin de kullanıcının istediği zaman ve sürede aktif hale gelmesine olanak sağlar. Böylece, araçta bulunan elektronik aksesuarların gereksiz yere çalışması ve zarar görmesi engellenir. Halihazırda, Şekil 1.2’de mekanizmada görüldüğü gibi çalışma prensibi doğrultusunda sürtünmeli bir mekanizmaya sahip olması birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Ürün, sürtünmeli yapıya sahip olup, yalnızca kullanılacağı yere göre özelleştirilmiş durumdadır. Yaşanılan problemlerin yanı sıra, sürtünmeli mekanizma sebebiyle ürün ömrü azalmaktadır. Yaşanan problemler maddi zararlar vermektedir ancak maddi zararların yanı sıra bu durum, insan hayatını doğrudan etkileyen sonuçlara sebebiyet vermektedir.

Kontak anahtarı, kullanıldığı araç ve bağlı olduğu aksesuarlara bağlı olarak 25 mA’lik akımlarda çalışabileceği gibi 40A gibi yüksek akımlarda da çalışmaktadır. Bu durumlarda kontak anahtarının dayanıklı olması ve her an istenen performansı verebilmesi gerekmektedir. Sürtünmeli mekanizmaya sahip olan kontak anahtarlarında bu şartlara ek olarak aşınma sonucunda meydana gelen bir dizi olay söz konusudur. Bunların en önemlisi, elektrik akımının iletimini sağlayan parçaların aşınması ve yüzeylerinin pürüzlü hale gelmesi sebebiyle ark oluşmasıdır. Oluşan kıvılcım, birçok önemli kazaları ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir. Geçmişte kontak anahtarı sebebiyle yaşanmış ölümlü kazalar bulunmaktadır.

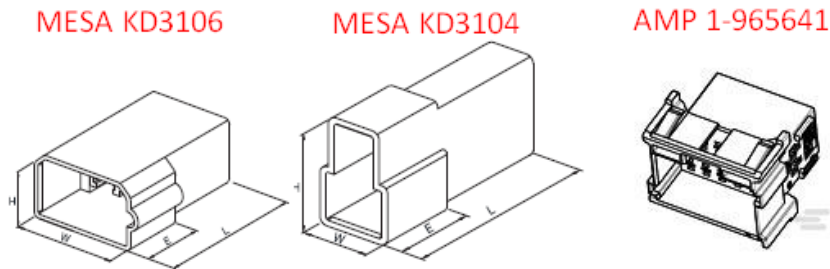
Kontak anahtarı, araçlarda mevcut olan aksesuarlar gereği farklı elektrik akımını geçirebilen bir yapıya sahiptir. Ayrıca, araçtaki diğer tüm aksesuarların kendine özgü çalışma süresi ve çalışması gereken zamanlar bulunmaktadır. Her bir devre için farklı zamanlamalara olanak sağlayan ve üzerinden geçecek çeşitli akımlarda performansını kaybetmeyen yapıya sahip ürün oluşturulması gerekmektedir.

İlk olarak bu çalışmada, günümüzde yaşanan problemlerin ana kaynağı ve tezin çıkış noktası olan sürtünme konusu ele alınarak başlanmıştır. Belirli bir kapalı hacim içerisinde, uygun anahtar takılıp bu anahtarın döndürme hareketi sonucunda bazı devrelerin pozisyonunu değiştirebilen ve tüm bunları elektrik akımının dahil olduğu noktada sürtünmesiz gerçekleştiren bir mekanizma tasarlanması amaçlanmaktadır.

Mekanizma tasarımına başlanmadan önce, otomotiv sektöründe kullanılan kontak anahtarları incelenmiştir. Sektörün ve ürünün kullanılacağı araçların ihtiyaçları derlenerek, ürün içerisinde aşağıdaki ana başlıkların sağlanması hedeflenmiştir.

- I. Maksimum devre sayısına sahip ve bu devre sayısının talebe göre değiştirilebilir olması:
  - a. Nesan Otomotiv satış oranlarına göre; Valtra şirketi çoğunlukla 3 kademeli kontak anahtarı kullanırken, Başak Traktör 2 kademeli kontak anahtarı kullanmaktadır.
- II. Geniş elektriksel aralıkta çalışabilir olması:
  - a. Valtra, 30A'lık yüksek akımda çalışan bir ürün talep ederken, aynı zamanda farklı bir araçta kullanabilmek adına 25mA'lık düşük akımda çalışan bir ürüne de ihtiyaç duymaktadır.
- III. Ürün çıkış noktasının farklı araçlara uyarlanabilir olması:
  - a. Nesan Otomotiv şirketinin ürettiği kontak anahtarlarına bakıldığında; bağlı bulunan bazı konnektörler Şekil 1.19'da belirtilmektedir.
- IV. Her bir araç için kullanılacak olan anahtarlara ve dolayısıyla anahtar fişğine uyumlu bir tasarım olması,

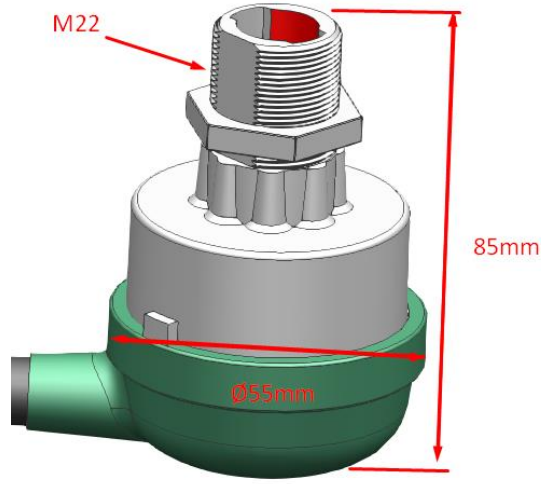
- a. Nesan Otomotiv ürün kataloğuna göre; şirket ağırlıklı 3 farklı tip anahtar ve fişek ürettiği görülmektedir. Şekil 1.20’de anahtar tipleri belirtilmiştir.
- V. Ürün dış boyutları ve kullanım bölgesinin hacmi için minimal ölçüler kullanılması,
- a. En fazla, baz alınan NS 105 59 ürünün dış ölçüleri kadar bir ürün olmalı ve araca bağlantı arayüzünün aynı olması gerekmektedir. Şekil 1.21’de NS 105 59’a ait dış ölçüler verilmektedir.
- VI. Marş koruması olması,
- a. Marş koruması, kontak anahtarının bir kere son kademeye gelip marş devresini tetiklediğinde, tekrardan aynı kademeyi tetiklemesini engelleyen bir koruma sistemidir. İlk tetiklemeden sonra tekrar tetikleyebilmek için anahtar konumu boşa getirilmeli, daha sonra marş kademesine geçiş yapılmalıdır.
- VII. Marş kademesinin yay vasıtasıyla geri dönebilir olması,
- a. Marş kademesi, araçlardaki marş motorunu tetikleyen bir konumdur. Marş motorunun belirli ve kısa bir süre çalışmasından sonra araç motoru çalışır ve artık marş motorunun devrede kalmasına gerek duyulmaz. Bu sebeple, kontak anahtarı içerisinde bir yay bulunmalı ve marş kademesinde istenmeyen, gereksiz bir tetiklenme yapmamalıdır.
- VIII. Elektrik iletiminin sürtünmesiz çalışması ve bununla birlikte fazla ısı oluşumunun engellenmesi.



Şekil 1.19: Kullanılan bazı konnektör tipleri.



Şekil 1.20: Kullanılan bazı anahtar tipleri.



Şekil 1.21: NS 105 59 dış ölçüleri.

Bu amaçlara ulaşabilmek için bu çalışmada sürtünmesiz çalışan bir devre yapısı tasarlandı. Bu yapı, uygun hacim içerisine yerleştirilerek tasarım sonuçlandırıldı. Tasarımın ardından, prototip üretimi yapılarak ve ardından test edilerek tasarım doğrulandı.

## 2. TASARIM

Bu bölümde, tasarım fikrinin oluşmasından başlayarak nihai tasarıma gelene kadar olan süreçten bahsedilmektedir. İnceleme, sonuç ve yorumlar diğer bölümlerdedir.

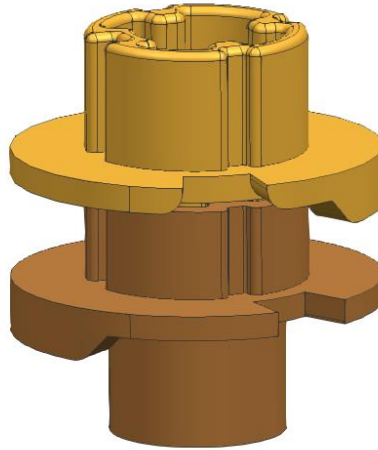
Tasarım için kullanılan yazılım Siemens NX 12'dir. Prototip üretim safhalarında 3 boyutlu modellemeler ve teknik resim oluşumu için Siemens NX 12'nin teknik resim modülü ve sonrasında AutoCAD LT 2021 yazılımı kullanıldı. Prototip üretiminde kullanılacak 3D yazıcıya uygun data hazırlığı GrabCAD Print yazılımıyla yapıldı.

### 2.1 Düşey Yönlü Çalışan Mekanizmaya Sahip Tasarım

Belirlenen hedefler doğrultusunda seçilen sınır ölçüleri içerisinde, ulaşılmak istenen hedef olan sürtünmesiz tip mekanizmanın ilk tasarımları oluşturulmuştur. Yaklaşık Ø30mm ölçüsüne sahip gövde içerisine, dikey/düşey olarak çalışan bir sistem ve piyasada benzeri az ve talebi yüksek olan 5 devreli yapıya sahip versiyonu için çalışmaya başlanmıştır. Bir tane de faz devresi eklenerek, diğer 5 devre kullanıcı talebine göre araçtaki farklı aksesuar ve parçaları kontrol edebilecektir. Faz devresi, aküden gelen elektrik akımını alır. Diğer devre elemanlarına, far, radyo, elektrikli camlar, korna ve marş gibi farklı aksesuarlar bağlanabilir. Aküden gelen akım, bir devrenin kapatılmasıyla yoluna kontak anahtarı içerisinden devam ederek bağlı olan aksesuara ulaşır. Böylece bu aksesuara elektrik akımı ulaşmış olur ve aktif hale gelir.

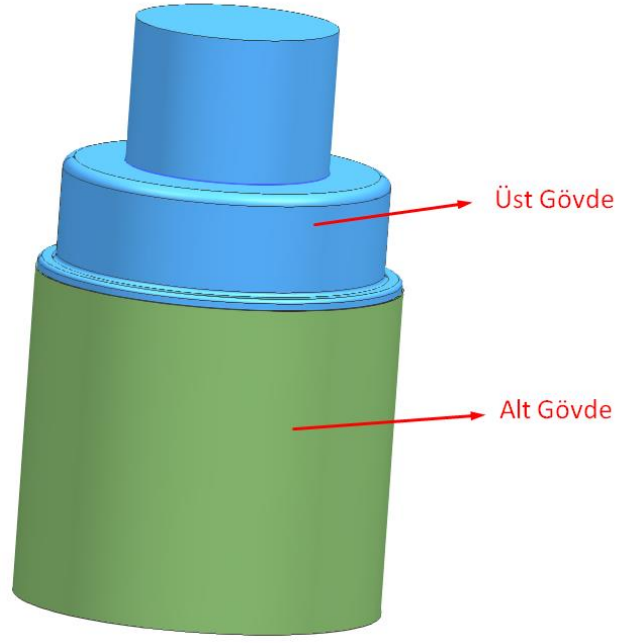
Ürünün ortasına, merkez bölgede çalışacak olan bir tahrik parçası konumlandırılmıştır. Tahrik parçası Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Anahtar, ürüne tam orta noktadan ve dikey olarak gireceği için, direkt bu parçayı tahrik edecek ve istenen konuma getirilmesi sağlanacaktır. Alt ve üst olarak iki ana gövde düşünülmüş, tüm devre ve kademe elemanları bu gövdeler içerisine gelecek şekilde

tasarım planlanmıştır. (Şekil 2.2) Anahtar açısının 30° ile dönmesine izin veren üst gövdedeki kademeler, yay ve bilye parçaları kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu bölge, anahtar konumunu ve geçiş hissiyatını belirleyecek statik çalışma bölgesidir. Bilye, karşı duvara sürekli sürtünecek ve yapı üzerindeki kademelerden geçerken yayı sıkıştıracaktır. Buradaki hissiyatın zamanla kötüleşmemesi ve kullanıcıya rahatsız edici bir etki vermemesi için sisteme uygun yağ ile yağlanmalıdır. (Rahatsız edici etki derken; anahtarın döndürülmesi sırasında, kontak anahtarı ürününden kullanıcının eline etkiyen kuvvetin ve dönüş hareketinin hissiyatından bahsedilmektedir.) Bilye ve çalıştığı bölge sürekli iştirakta bulunacağı için zamanla aşınabilir, aşınma sonucu geçiş zorlaşabilir. Bu durum kullanıcıda rahatsız edici etki uyandırır. Şekil 2.3'te kontak kademelerini oluşturan formun üst gövde kapağına uygulanmış hali görülmektedir. Şekil 2.4'deki plastik parça, anahtar fişeginden hareketi almakla görevlidir. Dönüş hareketi uygulandığında, işaretlenen bölgede bulunacak olan bilye ve yay ile üst gövdede oluşturulan form üzerinde geçiş yapacak ve kontak anahtarının kademelerini oluşturacaktır. Şekil 2.5'de bilye ve yay görülmektedir.

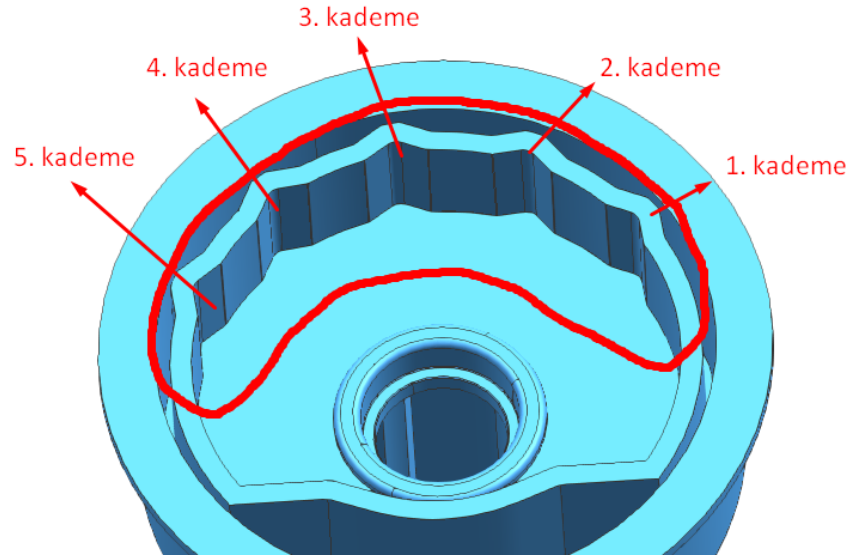


**Şekil 2.1:** Tahrik parçası.



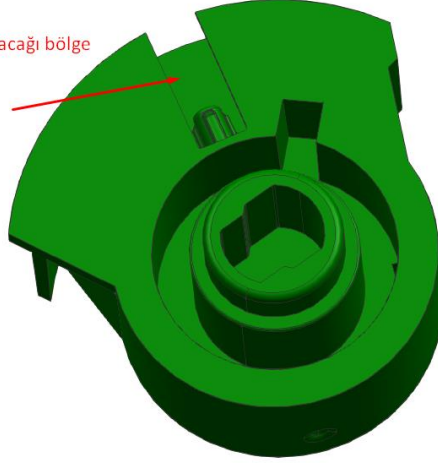


Şekil 2.2: Sınırları belirleyen gövdelerin taslak hali.

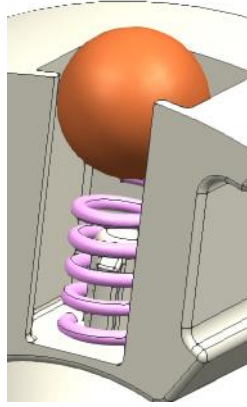


Şekil 2.3: Üst gövde, kontak kademeleri.

Yay ve bilyenin konumlanacağı bölge

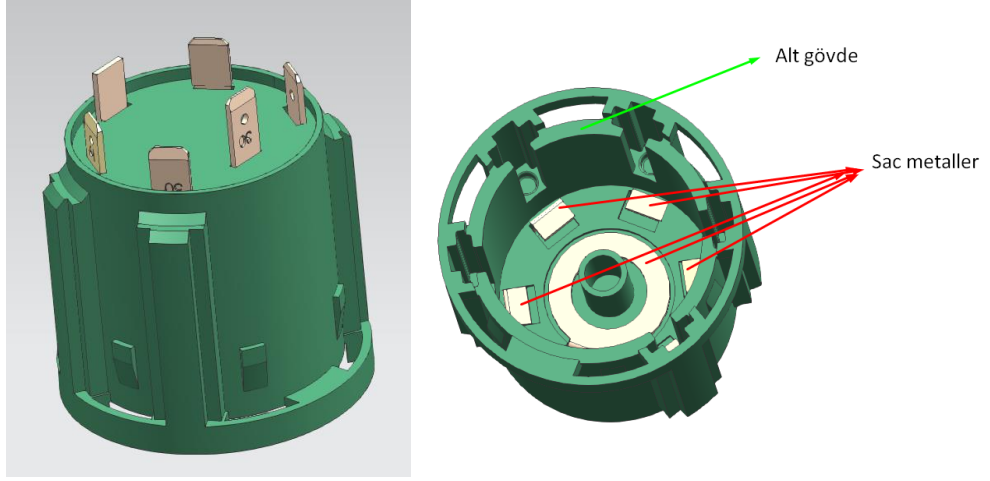


Şekil 2.4: Kademe parçası.



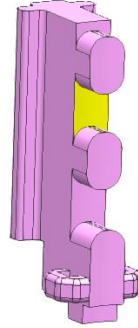
Şekil 2.5: Yay ve bilye.

Sistemin kontak devrelerini oluşturacak olan 5 devre elemanı, dairesel olarak konumlandırılmıştır. Aralarındaki mesafe eşit tutularak simetrik bir konumlandırma yapılmıştır. Alt gövde altına devre plakası ve 5 farklı devreye ait saclar yerleştirilecektir. Sistem, istenilen zamanda bu devrelerin kapatılması üzerine kurulmaktadır. Şekil 2.6’da alt ve üst gövde görüntüsü bulunmaktadır.

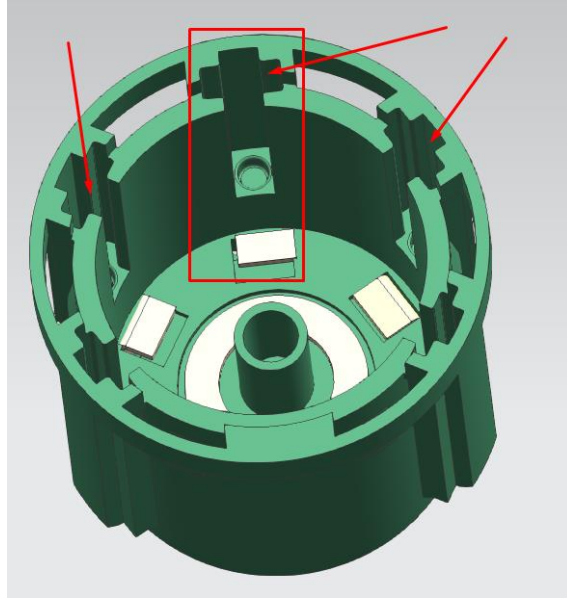


**Şekil 2.6:** Alt gövdenin üst ve alt görüntüsü.

Devrelerin kapatılması işlemi için, Şekil 2.7’de görülen birbirinden bağımsız hareket edebilen 5 adet plastik hareketli parça kullanılması planlanmıştır. Her bir hareketli plastik, devre saclarının kontak noktasına dik konumlandırılarak, ucuna yerleştirilecek metal ile kontakların kapatılmasını sağlayacaktır. Şekil 2.8’de hareketli plastik parçanın çalışma bölgeleri işaretlenmektedir.

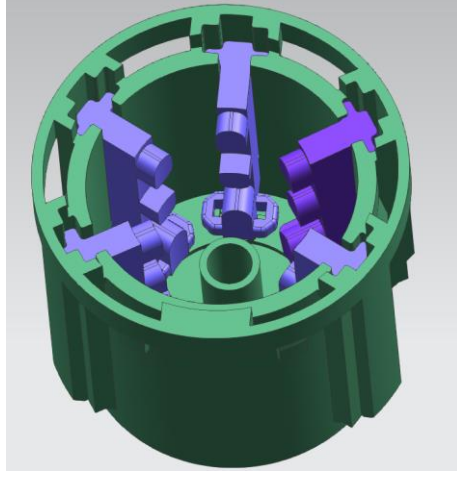


**Şekil 2.7:** Plastik hareketli parça.

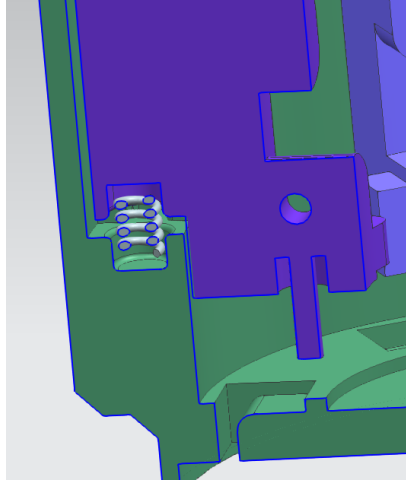


**Şekil 2.8:** Alt gövde üzerindeki hareketli plastiğin çalışma bölgeleri.

Eşit aralıklarla konumlandırılan 5 devre elemanına, sistemin en altında bulunan ana devre ile 5 devreden uzaklaştırılmak için her birinin altına Şekil 2.10’da görüldüğü gibi uygun yaylar eklenmiştir. Devrelerin kapanması için hareketli plastik parçaları aşağı bastıracak bir sistem geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Sistem prensibi tamamen, dairesel hareketin düşeyde hareketli plastiklere iletilerek, bu plastiklerin aşağı itilmesi yönünde kurulmaktadır. Hareketli plastiklerin sürekli yukarıda kalmasını yani devrelerin yük olmadan sürekli açık halde bulunmasını sağlamak için yay kullanılmaktadır. Yay sayesinde ürün boşta iken her bir devre yukarı itilecek ve kontak noktalarının birleşmesi engellenecektir. Yayın düzgün çalışması için birkaç farklı tasarım değerlendirilmiştir. Son olarak gövdede, yayın çalışacağı bölge boşaltılarak, yay çevresine duvar eklenmiştir. Bu sayede yayın sıkıştığı pozisyonda potluk yapması ve yerinden çıkması engellenmiştir.

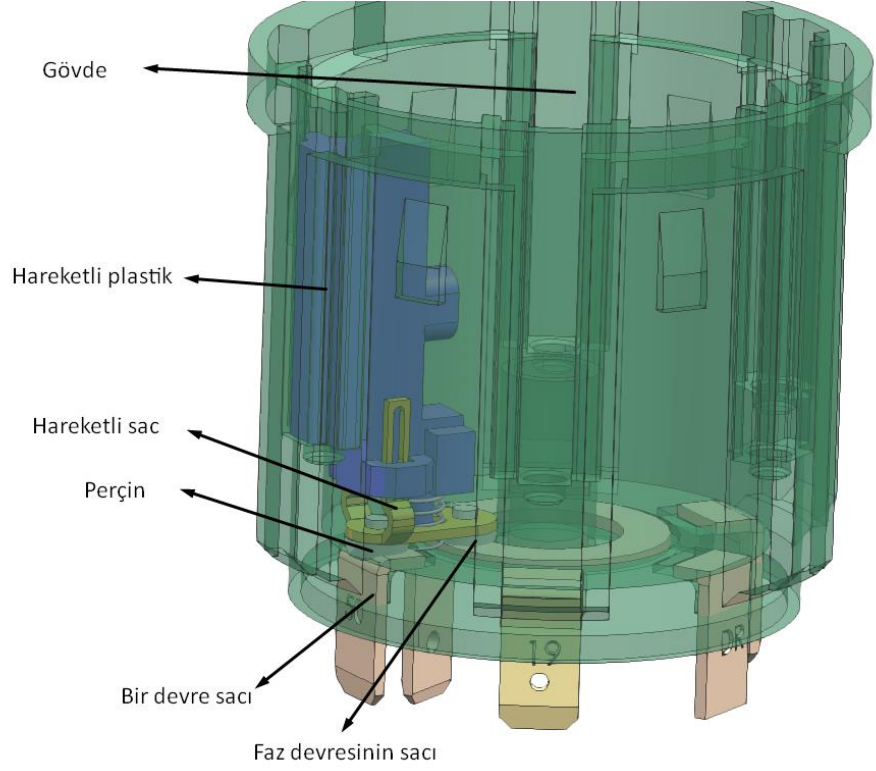


Şekil 2.9: Alt gövdeye montajlı hareketli plastikler.



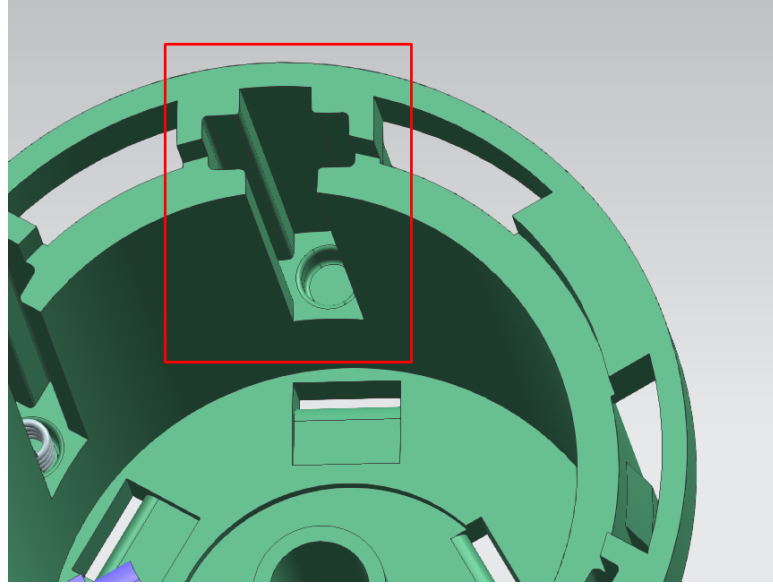
Şekil 2.10: Hareketli plastik ve yay konumu.

5 devreye ait parçalar, düşey olarak hareket edecek ve kontak noktaları istenen noktada faz devresiyle birleşecektir. Kontak anahtarında bulunan her bir farklı devre elemanı, bir ana devre elemanı ile temas haline gelerek ilgili devrenin kapanmasını ve dolayısıyla araçta bu devreye bağlı olan aksesuara elektrik gönderilmesini sağlamakta. Faz devresi, aküye bağlı olan devre elemanıdır. Hareketli plastikler tetiklenerek bir devrenin temas etmesi sağlandığında, o devre kapanarak elektrik hareketi iletilmiş olur. Şekil 2.11’de gövde şeffaf hale getirilerek, hareketli plastiğin aşağıya itilmiş konumu ve dolayısıyla bir devrenin kapanmış hali görülmektedir.



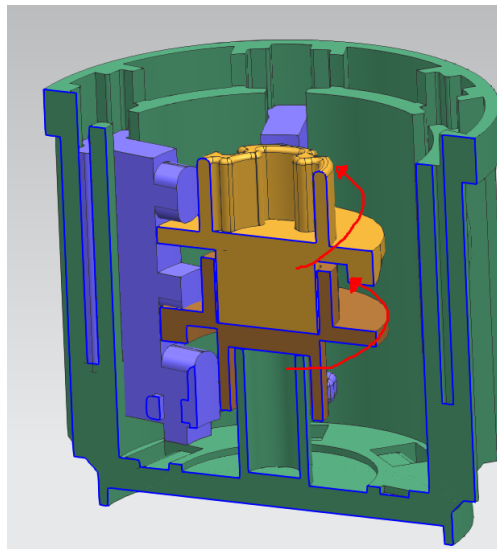
**Şekil 2.11:** Bir devrenin kapanması durumu.

Devrelerin aşağı yukarı hareket yapmasını sağlayan parçalar, gövde üzerine açılan kanallarla sabitlenerek, hareketin kurs boyunca düzgün bir zemin üzerinde gerçekleşmesi sağlanmıştır. İstenen konuma ve çalışma şartlarına göre bu bölgede sürekli çalışma olacaktır ve iki plastik birbirine sürtünecektir. Bu sürtünmenin en aza indirilmesi ve plastiklerde deformasyonun önlenmesi için çalışma şartına ve ürüne uygun yağ ile yağlanmalıdır. Şekil 2.12’de gösterilen bölgelere yağ uygulaması yapılabilir. Burada yapılacak yağ seçimi ürün çalışmasını doğrudan etkileme potansiyeline sahip olduğu için önemlidir. Kontak anahtarının çalışacağı koşullara göre yağ seçimi yapılmalıdır. Örneğin, soğuk iklime sahip bir ülkede çalışacak araç için kontak anahtarı üretiliyorsa, negatif sıcaklık dayanımı yüksek bir yağ seçilmelidir. 40A gibi yüksek akımlarda çalışan bir kontak anahtarı üretilecekse de tutuşma sıcaklık noktası yüksek bir yağ kullanılmalıdır.



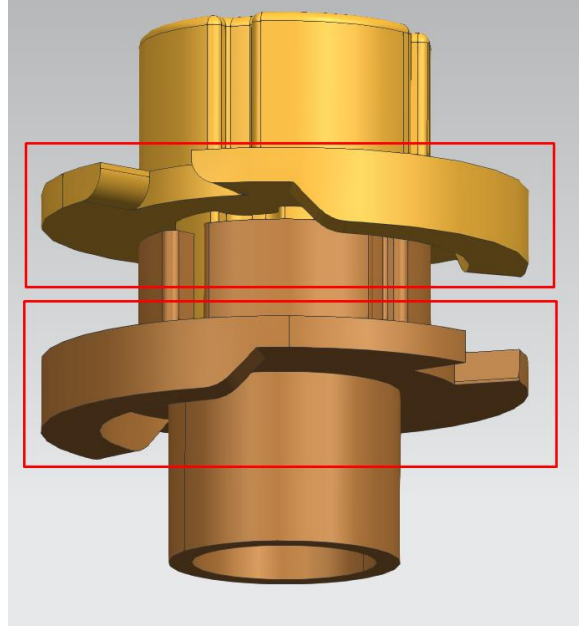
**Şekil 2.12:** Yağ uygulaması yapılacak bölge örneği.

Tahrik parçası, anahtardan gelen hareketi, hareketli parçalara iletecek olan parça üzerinde bir dizi boşaltmalar yapılarak, devreye ait plastiklerle uygun çalışabilir duruma getirilme çalışmaları yapılmıştır. Burada temel mantık; dönen plastik parçanın, devre elemanlarını taşıyan plastiklerle temas halinde bulunarak, onları aşağı-yukarı hareket ettirmesidir. Şekil 2.13'te tahrik parçaları, hareketli plastik ve alt gövdenin kesit görüntüsü görünmektedir. Tahrik parçası üzerindeki farklı konumlar ve kademeler sayesinde, anahtar ile dönme hareketi verildiğinde, parçadaki kademe değişimleri devre plastiklerini harekete geçirecektir.



**Şekil 2.13:** Tahrik parçaları, hareketli plastik ve alt gövdenin kesit görüntüsü.

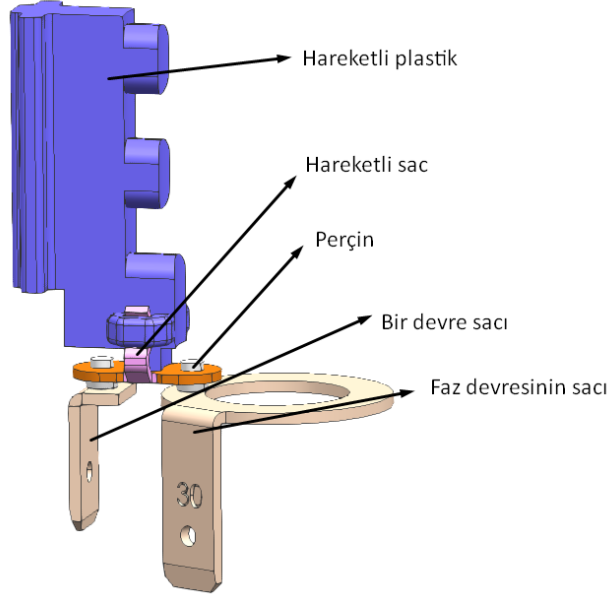
Şekil 2.14’te belirtilen bölgelerde, tahrik parçasının üzerinde bulunan kademe değişimleri vurgulanmıştır. Bu kademe değişimleriyle, hareketli plastik aşağı itilerek, hareketli plastik ucunda bulunan sacın devre saclarına temas etmesi sağlanmaktadır. Tahrik parçalarında bulunan kademelerin konumlarını değiştirerek, kontak anahtarı ürününün istenen farklı devre şemasına sahip olması sağlanmaktadır.



**Şekil 2.14:** Tahrik parçaları ve kademeyi oluşturan formlar.

Devre plastikleri altına yerleştirilen sacların yapısı, ürünün en önemli komponenti konumundadır. Burada metal devre ara parçalarıyla, faz devre plakasının ve 5 farklı aksesuara ait devrenin teması, en uygun elektrik iletimi olacak şekilde tasarlanmalıdır. Temas noktalarında elektrik iletimini en iyi seviye gerçekleştirebilmek için perçinler eklenmiştir. Perçinler, akımın toplanmasını ve iletmeye hazır hale getirilmesini sağlar. Aynı zamanda bu işe uygun yapısı ve malzemesiyle de iletim sırasında direnç oluşumunun önüne geçer. Şekil 2.15’te açıklanan devreye ait elemanlar gösterilmektedir.

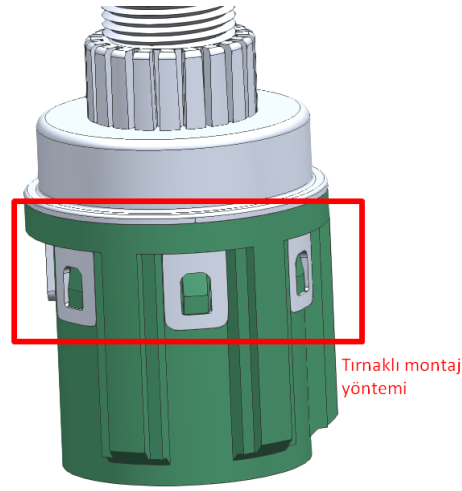




**Şekil 2.15:** Bir devreyi oluşturan elemanlar.

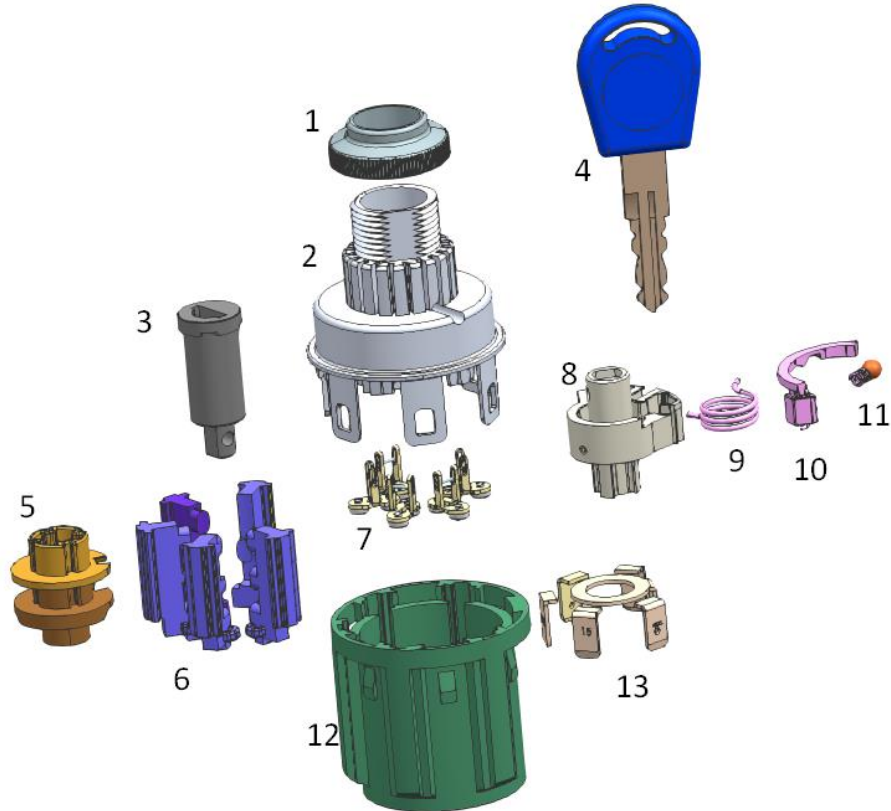
Sürtünmesiz çalışan elektrik iletme mekanizma tasarımı belirli noktaya getirildikten sonra bu mekanizmanın gövde içerisine yerleştirilmesi konusu üzerinden tekrar geçilerek, prototip üretimine uygun tasarım yapılması hedeflenmiştir. İlk aşamada, yapılan tasarımı seri üretim seviyesine getirmeden önce doğrulamak gerekmektedir. Doğrulama işlemi için ürünün prototipi üretilecek ve bazı testlere tabi tutulacaktır. Prototip üretimi sırasında gözlemlenen olası problemler, tasarımın seri üretim seviyesine geçmeden engellenebilmesi için önemli bir aşamadır. Test süreci ve prototip üretimi ile ilgili problemler 4. ve 5. bölümlerde açıklanmıştır.

Sistemi içerisinde bulunduracak olan gövde için, alt ve üst gövdenin montajlanması tırnaklı bir yapı ile sağlanacak şekilde planlanmış ve bu doğrultuda tasarlanmıştır. Tırnaklı montaj yöntemiyle, seri üretimde montaj süresini kısaltmak ve montaj maliyetlerini düşürmek mümkündür. Şekil 2.16'da tırnaklı forma sahip parçaların montajlı görüntüsü görünmektedir.



Şekil 2.22: Üst ve gövdenin tırnak yapısıyla montajlı görüntüsü.

Bu tasarım çalışmasının sonucunda ortaya çıkan ürüne ait patlatılmış görsel aşağıdadır. Bu görselden tüm parçaları görmek mümkündür. Görselin devamında, bölümün özeti niteliğinde tüm parçalar ve görevleri listelenmiştir.



Şekil 2.17: Düşey çalışma mekanizmasına sahip ürün tasarımın patlatılmış görseli ve tüm alt komponentleri.

1. Üst somun: Kontak anahtarının araç gövdesine bağlantısını sağlar.

2. Üst gövde: Anahtar fişegi, marş koruma ve marş kademe parçalarını içerisinde barındırır.
3. Anahtar fişegi: Anahtarın kontak anahtarı ile bağlantısını sağlar.
4. Anahtar: Kontak anahtarı ürününü çalıştıran elemandır.
5. Tahrik parçaları: Üzerindeki form sayesinde kontak anahtarının devre şemasını belirler.
6. Hareketli parçalar: Tahrik parçasından aldığı kuvvetle yukarı aşağı hareket ederek devrenin kapanıp açılmasını sağlar.
7. Hareketli saclar: Hareketli parçalara bağlıdır. Devrelerin kapanıp açılmasını sağlar.
8. Kademe parçası: Anahtardan gelen hareketi karşılayıp tahrik parçasına iletir. Üzerinde bilye, marş koruması gibi parçaları barındırarak kontak anahtarı kademelerinin oluşmasını sağlar.
9. Kurma yayı: Kontak anahtarı ürününün son kademesine geldiğinde bir önceki kademeye yaylanıp geri dönmesini sağlar. Anahtarın sürekli marş konumunda kalıp araca zarar vermesini önler.
10. Marş koruması: Bir kere marş kademesine geldikten sonra, bir kez daha marş yapılmasını engeller. Ancak ilk konuma gidip tekrar marşa gelindiğinde geçişe izin verir.
11. Bilye: Üst gövdede bulunan kendine özel form üzerinde hareket eder. Gövdede bulunan girinti-çıkıntılar sayesinde anahtar dönüşünde kademelerin oluşmasını sağlar.
12. Alt gövde: Devre elemanlarını içerisinde barındırır. Üst gövde ile montajlanarak ürün parçalarının kapalı bir hacim içerisinde bulunmasını sağlar.
13. Devre sacları: Ortada faz devresinin sacı olmak üzere 5 devreye ait sac bulunmaktadır. Her bir devre sacı ile faz devre sacı arasındaki bağlantı kapatıldığında, oradan akım geçer ve devre tamamlanmış olur.

İkinci tasarıma geçiş sebepleri, 5. bölümde bulunan, prototip üretimi ve ardından gelen incelemeler kısmında açıklanmaktadır.

## 2.2 Yatay Yönlü Çalışan Mekanizmaya Sahip Tasarım

İkinci tasarım için çalışmalara başlarken alt ve üst gövdenin genel dış çapları sabit tutularak tasarıma başlandı. Çıkış noktası olan kontrol hacminin dışına çıkmak ve ürünü normalden çok büyük tasarlayıp, kullanılamaz hale getirmemek gerekmekteydi.

Yeni tasarım çalışmasında, alt ve üst gövde olarak ikiye ayrılan kontrol hacimlerinde, elektrik devrelerinin bulunduğu ve sistem mekanizmasını içerisinde barındıran alt gövdeden farklı olarak üst gövde yalnızca anahtarı ve kontak kademelerini oluşturan forma sahiptir. Bu sebeple, mekanizma değişikliği yapılacağı için üst gövdede tasarım değişikliği yapılmamıştır. Alt gövde içerisindeki mekanizma değişeceği için bu mekanizmaya uygun iyileştirmeler alt gövdeye uygulanacaktır. Üst gövde için yalnızca alt gövdede oluşan farkları kapatarak, montaj yapılabilmesi adına iyileştirmeler uygulanacaktır.

Bir önceki tasarımda bulunan düşey çalışma prensibinden uzaklaşarak, tamamen farklı bir bakış açısıyla yeni bir çalışma prensibine sahip bir ürün geliştirme fikriyle çalışmalara başlandı. Kontak anahtarı ürününde değişmez olan, anahtar kullanarak dairesel bir hareket uygulaması ve bu dairesel hareketin sistem içerisindeki farklı kontakları tetikleyerek elektrik geçişine izin vermesi durumundan yola çıkarak; sistemin merkezinde, yani anahtar girişinin devamı olan bölgede bir kam parçası kullanımı ve bu parça üzerinde bulunan çıkıntıların farklı zamanlarda farklı devreleri tetikleyebilir olması fikri üzerine yoğunlaşıldı.

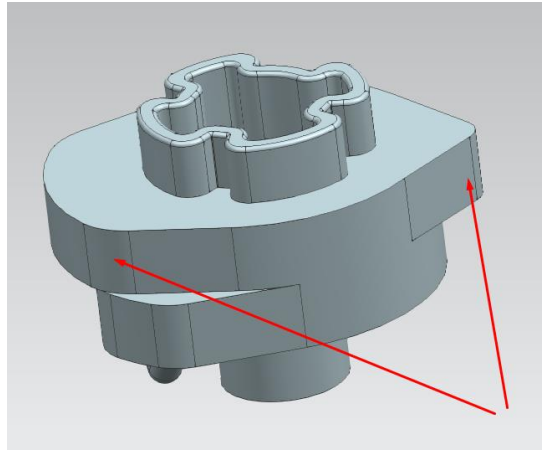
Kam parçasında bulunan çıkıntıların devreyi harekete geçirmesi fikrini, araç motorlarında bulunan kam milinin çalışma prensibinden esinlenildi. Şekil 2.18'de bir eksantrik mil görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 2.18: Eksantrik mil - @otolye.com.

Kam mili yani eksantrik mil de, dairesel hareketi üzerindeki çıkıntılar sayesinde vektörel harekete çeviren bir motor elemanıdır. Motor içerisinde, üzerinde bulunan eksantrik yapı sayesinde subap parçalarını belirli bir yönde iterek çalışmaktadır.

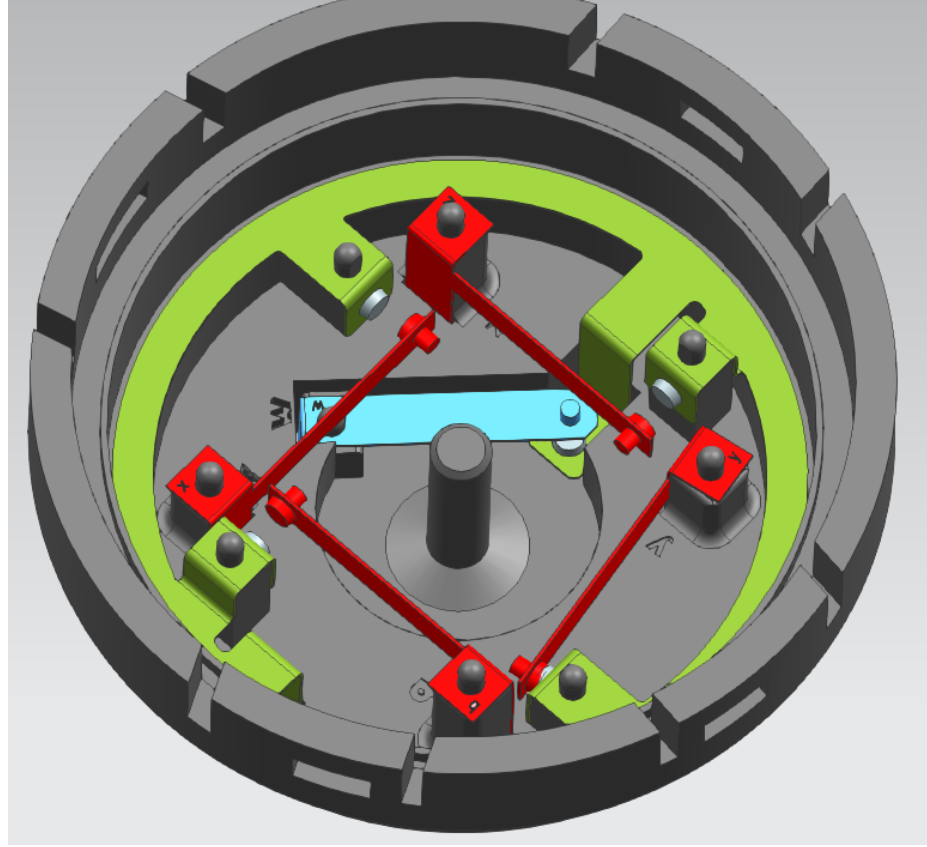
Plastik kam parçası üzerinde; motorda bulunan kam milindeki, her bir subapı hareket ettiren bir bölüm referans alınarak, her bir devre için buna benzer çıkıntılar oluşturuldu. Şekil 2.19'da kademe formları işaretlenmiştir.



**Şekil 2.19:** Plastik kam parçasındaki kademeyi oluşturan formlar.

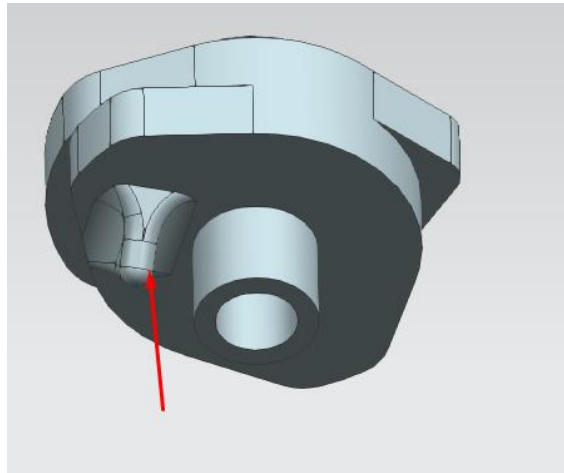
Eski tasarımda bulunan; marş kademesini oluşturan parça sabit tutularak, altındaki hareket iletmekle görevli parçalar üzerinde çalışma yapıldı. Kam milinde bulunan form bu parça üzerine uyarlandı.

Kam parçasını oluştururken 5 devrenin gövde içerisindeki konumlarını da değerlendirmek gerekmektedir. Devre konumları, direkt olarak kam parçasının tasarımını etkilemektedir ve dolayısıyla sistemin çalışması bu ilişkiye bağlıdır. 5 farklı devreyi yatay olarak konumlandırırken, marş kademesi diğerlerinden farklı bir konuma yerleştirildi. Bunun sonucunda 4 devreyi birbirine simetrik bir biçimde, bir karenin köşeleri olacak şekilde konumlandırıldı. Son devre ise sistemin en altına ve dikey olarak tetiklenecek şekilde yerleştirildi. Devre plakalarının konumları bu pozisyonda ayarlandıktan sonra, her bir devreye ait saclar da tetiklenebilecek pozisyonlarda yerleştirildi. Şekil 2.20'de devre pozisyonları görünmektedir.



**Şekil 2.20:** Alt gövde ve devrelerin pozisyonu (kırmızı renkliler 4 farklı devre, mavi renkli 5. devre, yeşil renkli faz devresi)

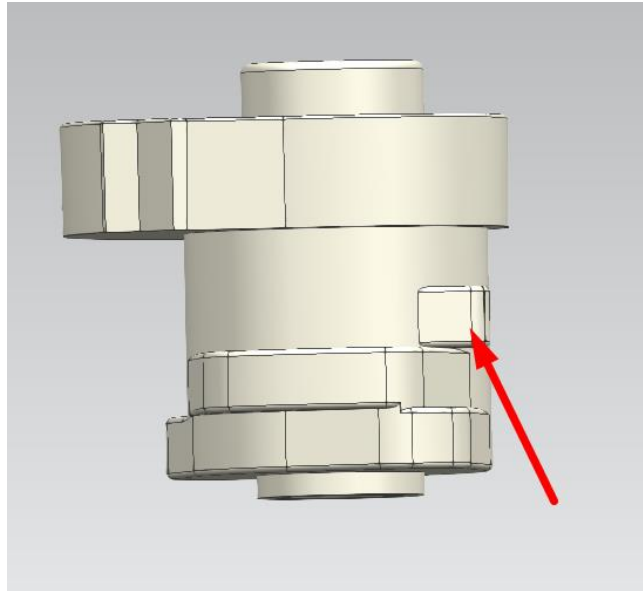
Bu yerleşim sistemine uygun olması için ve 5. devreyi tetikleyebilmesi için kam mekanizmasının altına bir çıkıntı eklendi. (Şekil 2.21) Yani kontak anahtarının yalnızca son kademesinde, kısa bir süre tetiklenecek ve tetiklenme bitirilecektir. Bu sayede devre üzerine sürekli temas olmayacaktır.



**Şekil 2.21:** Marş kademesini oluşturan form.

Bu mekanizma tasarımı sırasında öncelikle, 4 devrenin simetrik yerleştirilmesi, daha sonra son devrenin marş kademesi olacak şekilde diğerlerinden bağımsız bir konumda olması planlandı. Tasarımın taslak olarak olduğu safhada, son kademenin düşey yönlü çalışan mekanizmaya sahip tasarımdaki mantığa benzer olduğu farkedildi. Ayrıca Şekil 2.21’de gösterilen çıkıntının, saca temas edeceği noktalarda aşınma oluşturabileceği öngörüldü. Tüm bu sebeple henüz taslak aşamasında bu tasarımdan vazgeçildi. 5 devrenin tamamını da yatay konuma almak hedeflendi.

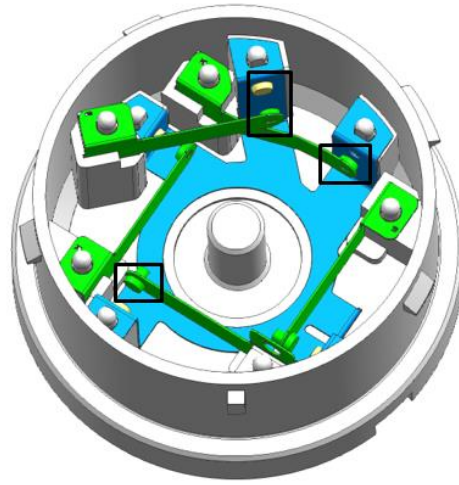
Son kademe olan marş devresi için de yatay tetiklenebilir bir sistem için kam parçası revize edildi. Referans olarak alınan kontrol hacminin maksimum ölçüleri dikkat edilerek kam parçasının boyu uzatıldı ve marş kademesi için bir çıkıntı eklemesi yapıldı. Ayrıca bu revizyonla beraber, kontak kademelerini, marş korumasını ve marş kademesindeki yaylanmayı sağlayan parça ile sistemin devrelerini kontrol eden iki ayrı parça birleştirilerek tek parça haline getirildi. Böylelikle parça sayısı ve dolayısıyla üretilecek kalıp sayısı azaltılmış oldu. Şekil 2.22’de tüm revizyonların yapıldığı kam parçası gösterilmektedir.



**Şekil 2.22:** Kam parçasının, kontak kademe parçasıyla birleştirilmiş hali. (Marş kademesi vurgulanmıştır.)

Kam parçasında yapılan revizyonla beraber 5. devre de yatay tetiklenebilir pozisyona alınmasıyla alt gövdede bulunan devre saclarının pozisyonlanması tekrar revize edildi. 4 devre yine kare formunda birbirine simetrik sayılabilir pozisyonda

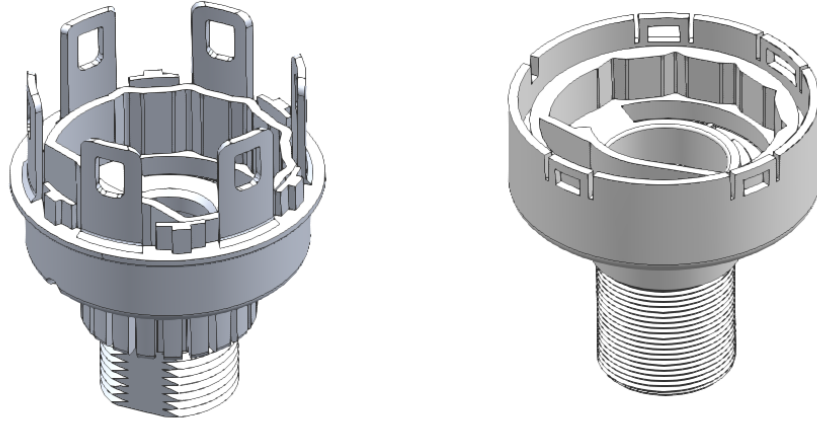
konumlandırılırken; son devre, iki devre arasında kalacak şekilde yerleştirildi. Burada belirtilmesi gereken durum ise; devrelerin yerleşimi yapılırken bazı devreler düşeyde farklı kademelere konumlandırılmasıdır. Bu düşey fark, devrelerin zamanlamasının ayarlanmasında esnek bir olanak sunmaktadır. Kam parçası üzerinde görülen çıkıntıların, üç farklı düşey kademede yerleşmesi de bu yüzden. Şekil 2.23’de devre saclarının ve faz devre sacının konumları gösterilmektedir. Sacların uç kısmında bulunan perçinler işaretlenerek belirtilmiştir.



**Şekil 2.23:** Alt gövde ve revize edilen devre pozisyonları (yeşil renkliler 5 farklı devre, mavi renkli faz devresi)

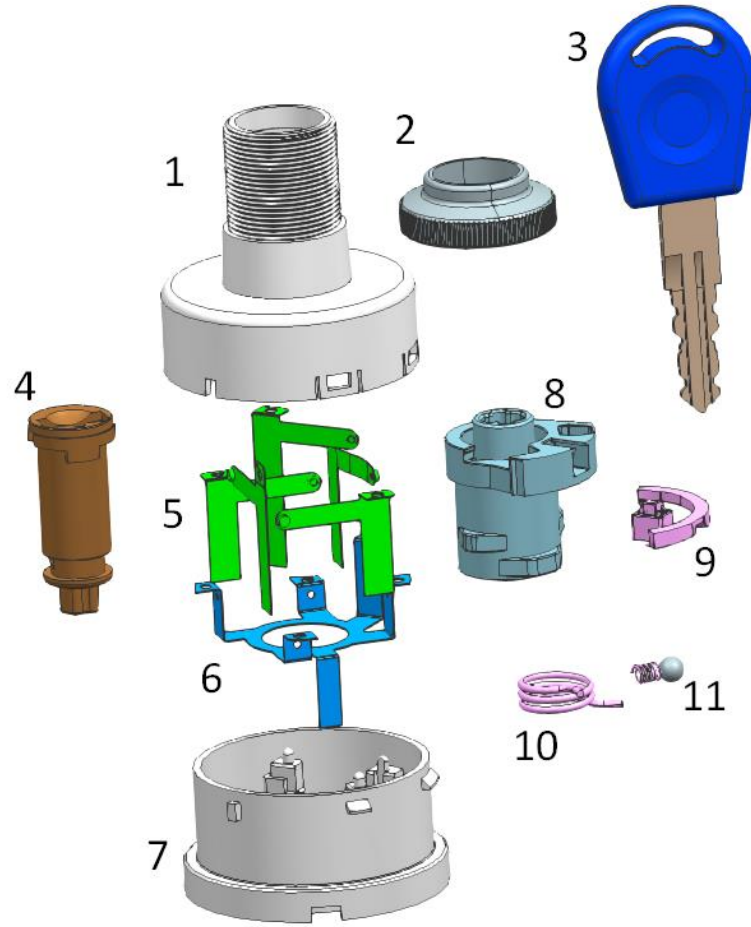
Üst gövde ile alt gövdenin montajı yine tırnaklı bir yapı ile sağlanacaktır. Düşey çalışma mekanizmasına sahip tasarımdan farklı olarak bu tasarımda, daha küçük yapıya sahip bir tırnak sistemi tasarlanmıştır. Şekil 2.24’de bu fark daha iyi vurgulanmak için, her iki tasarıma yer verilmiştir.





**Şekil 2.24:** Düşey ve yatay mekanizmalara sahip tasarımların üst gövdeleri. (Soldaki düşey mekanizmaya sahip tasarımın üst gövdesi).

Bu tasarım çalışmasının sonucunda ortaya çıkan ürüne ait patlatılmış görsel aşağıdadır. Bu görselden tüm parçaları görmek mümkündür. Görselin devamında, bölümün özeti niteliğinde tüm parçalar ve görevleri listelenmiştir.



**Şekil 2.25:** Yatay çalışma mekanizmasına sahip ürün tasarımının patlatılmış görseli ve tüm alt komponentleri.

1. Üst gövde: Anahtar fişeği, marş koruma ve marş kademe parçalarını içerisinde barındırır.
2. Üst somun: Kontak anahtarının araç gövdesine bağlantısını sağlar.
3. Anahtar: Kontak anahtarı ürününü çalıştıran elemandır.
4. Anahtar fişeği: Anahtarın kontak anahtarı ile bağlantısını sağlar.
5. Devre sacları: Her bir devreye özel olarak konumlandırılmış devrelerdir. Kam parçası tarafından tahrik alarak faz devresi üzerine itirilerek devreyi kapatırlar.
6. Faz devre sacı: Aküden gelen akımın bağlı olduğu sacdır. Devre sacları üzerine kapandığında akım iletimi sağlanmış olur.
7. Alt gövde: Devre elemanlarını içerisinde barındırır. Üst gövde ile montajlanarak ürün parçalarının kapalı bir hacim içerisinde bulunmasını sağlar.

8. Kam parçası: Üzerinde bulunan çıkıntılar sayesinde, anahtardan gelen dönüş hareketiyle devre saclarını tetikler. Çıkıntılar devre saclarına denk geldiğinde sacı iterek faz sacına temas etmesi sağlanır.
9. Marş koruması: Bir kere marş kademesine geldikten sonra, bir kez daha marş yapılmasını engeller. Ancak ilk konuma gidip tekrar marşa gelindiğinde geçişe izin verir.
10. Kurma yayı: Kontak anahtarı ürününün son kademesine geldiğinde bir önceki kademeye yaylanıp geri dönmesini sağlar. Anahtarın sürekli marş konumunda kalıp araca zarar vermesini önler.
11. Bilye: Üst gövdede bulunan kendine özel form üzerinde hareket eder. Gövdede bulunan girinti-çıkıntılar sayesinde anahtar dönüşünde kademelerin oluşmasını sağlar.

### 3. MALZEME TAYİNİ

Tasarım sürecinde, son üründe kullanılacak malzemeleri de düşünerek, üretilebilir bir nihai ürün elde etmek gerekmektedir. Bu sebeple tasarım aşaması sırasında birçok farklı koşullar göz önüne alınır ve tasarım buna göre şekillenir. Örnek olarak, son üründe elyaf oranı %35'in üzerinde olan bir polyamid ham malzeme kullanılacaksa, parça üzerinde ince cidar bırakılmamalıdır. Plastik enjeksiyon yolluk patlama noktası, elyaf oranı göz önünde bulundurularak, enjeksiyon makinasının kapasitesinin üzerinde bir basınç oluşmasını engelleyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Tasarımcı, herhangi bir ürün için henüz daha fikir aşamasındayken bile dış detayları değerlendirmelidir. Ürünün ihtiyaç duyduğu mekanik özelliklerin yanında çalışma koşulları için gereken özellikleri de barındırmalı, tüm bunların yanında ise birlikte çalıştığı diğer parçaların malzeme özellikleri değerlendirilmelidir.

Kontak anahtarları, çalışmanın “Giriş” bölümünde bahsedildiği gibi kullanıcıların taleplerine göre farklı ortamlarda çalışabilir. Baz alınan ve müşteri kodu ACW0822610 olan kontak anahtarının çalıştığı ortam sıcaklığı -40°C ile 80 °C aralığı olarak kabul edilmektedir.

Ürün üzerinde plastik, metal ve yağlama malzemeleri olarak 3 ana grup bulunmaktadır. Her bir grubu ayrı ayrı ele alalım.

#### 3.1.1 Plastik Parçalar

Kontak anahtarı, araçta kabin içerisinde, sürücünün direkt ulaşabileceği bölgede konumlandırılmaktadır. Sürücü, kolaylıkla ulaşabilir durumda olmalı ve istenilen anda aracı çalıştırabilmek için kontağı açabilmelidir. Bu sebeple sürücü ve kullanıcıya yakın alanda bulunmaktadır. Ürün içerisinde elektrik akımı geçmesi sebebiyle plastik parçaların elektrik iletimi ve ısınma konusunda korumalı olması gerekmektedir.

Bu çalışmanın “Giriş” bölümünde de söz edildiği gibi ENS0310 standardına göre ürünler, araç üzerimde bağlı oldukları konuma göre sınır şartları değerlendirilmektedir. Tablo 3.1’de bu standarttaki konuma göre bileşen sınıflandırılma tablosu verilmiştir. Kontak anahtarı, araçta kabinin içerisinde sürücüye yakın konumda bulunduğu için lokasyon değeri standarda göre 3A olarak seçilebilir.

**Tablo 3.123:** ENS0310 standardında bulunan, lokasyona göre ürün özellikleri.

Konum	Açıklama	Sınıflandırma
Konum 1	Motor bölgesi	1A: Motor bölgeleri 1B: Soğutma bölgeleri 1C: Yağlama bölgeleri
Konum 2	Aks bölgesi	2A: Aks kutusu 2B: Tekerlek mafsalları 2C: Yağlama bölgeleri
Konum 3	Kabin bölgesi	3A: Kabin içi 3B: Kabin dışı 3C: Kapı 3D: Direksiyon
Konum 4	Araç dışı	4A: Şase 4B: Araç dışı
Konum 5	Dişli bölgesi	5A: Dişli kutusu 5B: Yağlama bölgeleri 5C: Şanzıman bölgesi 5D: Debriyaj bölgesi 5C: Hidrolik güç ünitesi
Konum 6	Bagaj bölgesi	(Otobüsler için özel)

Tablo 3.2’de çalışma koşullarına uygun olarak belirlenen test sıcaklıkları ve bu sıcaklıklara maruz bırakılma süreleri verilmiştir. Burada görüldüğü gibi, 2A lokasyonundaki bir ürün için -40 °C ile 110 °C aralığı verilmektedir. Yüksek sıcaklık testi için 10 dakika bekletilmesi gerektiği tanımlanmaktadır. Bu şartlarda, tasarlanan ürün ham malzemelerinin bu koşullara uyması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 3.224:** ENS0310 standardında bulunan, lokasyona göre çalışma sıcaklıkları.

Kullanılan Bölge		Sıcaklık [°C]		Yüksek sıcaklık testinde bekleme süresi
		Min.	Max.	
Konum 1	1A	-40	120	30 dk.
	1B		130	
	1C		140	
Konum 2	2A		110	10 dk.
	2B		160	
	2C		140	
Konum 3	3A		85	30 dk.
	3B		100	
	3C		100	
	3D		85	
Konum 4	4A		100	30 dk.
	4B		100	
Konum 5	5A	110	10 dk.	
	5B	160		
	5C	100		
	5D	100		
	5E	100		
Konum 6	N/A	60	30 dk.	

### 3.1.1.1 Düşey Çalışma Mekanizmasına Sahip Tasarımın Parçaları

İlk tasarımdaki plastik parçalar aşağıya sıralanmıştır.

- Alt gövde
- Üst gövde
- Hareketli parçalar
- Tahrik parçası
- Marş kademe parçası
- Anahtar fişegi
- Marş koruması parçaları

Tasarım konusu ele alındığında, birbiri üzerinden kayan parçalar bulunduğunu görmekteyiz. Bu parçalar, sürtünmeye ve dolayısıyla aşınmaya dayanımı yüksek olmalıdır. Bu sebeple, birbiri üzerine kayan, birbiriyle işbirlikli çalışan parçalar yüksek sertlikte olmalıdır. Hareket, anahtardan başlayıp marş

kademe parçası üzerinden tahrik parçasına aktarılmaktadır. Buradan yön değiştirilen hareket, marş kademe plastiklerine vektörel olarak geçişi yapılmaktadır.

Marş kademe parçası, tahrik parçası ve hareketli parçalar, sürekli bir hareket iletimi yaptığı için ve birbirleriyle temas halinde buldukları için, bu parçalar sürtünmeye ve aşınmaya dayanıklı ham malzemeden imal edilmelidir.

Üst ve alt gövde, diğer yarı mamülleri içerisinde barındıran, tırnaklı yapıyla montajlanacak bir üründür. Malzeme seçiminde bu unsurlar göz önünde bulundurulmalı, sıcaklığa dayanıklı ve ısı iletimi yüksek malzemeden imal edilmelidir.

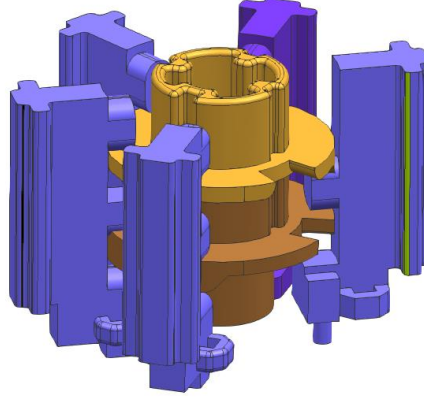
Tasarım göz önüne alındığında, projede bulunan ve aşınma potansiyeli bulunan plastik parçalardaki aşınma türü çoğunlukla yorulma aşınması olarak karşımıza çıkacaktır. (Akkurt, 1991)

Polyamid 6 (PA6) malzemesi, uygulama alanı olarak özellikle birbiri üzerinde kayan makine elemanları için kullanılmaktadır. Kayma hareketi polimer bünyesinde elektrik yükü oluşturabileceği için, ham malzeme içerisine grafit gibi bir katkı koyularak bu durumun önüne geçilebilmektedir. (Foulger, 1999)

Polioksimetilen (POM), özellikleri bakımından yüksek dayanıma sahip, iyi boyutsal stabilite, düşük sürtünme katsayısı ve iyi basma-darbe dayanımı olan bir polimerdir. (Crino ve diğ., 1987)

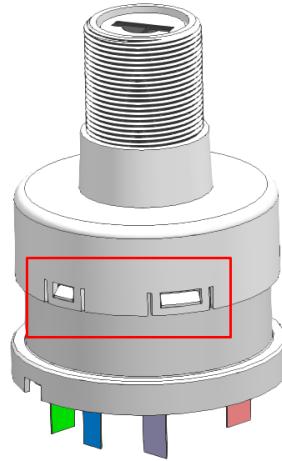
Birbiriyle temas halinde bulunan parçalar için PA6 ve POM malzemeleri seçilebilir durumdadır. POM malzemesinin sahip olduğu çekme değerinin %2 gibi bir değerde bulunması, bu uygulama için ön plana çıkmasına sebep olmaktadır. Kontak anahtarında bulunan, birbiriyle iştiraklı ve hareket iletiminden sorumlu bu parçalar, plastik enjeksiyon prosesi sonrası üretildiğinde, boyutsal olarak kararlı bir yapıda olması beklenmektedir. Birbiriyle montaj halinde bulunan, anahtarla birlikte 4 farklı parça, uyumsuz bir çekme ve çarpılma oranlarına sahip olması durumunda, montaj prosesinde hata olmasına sebep olabilir. Ayrıca, üretilen her bir farklı ürünün kararsız boyutlara sahip olması, kontak anahtarının hatalı veya yanlış çalışmasına sebep olur.

Bu çalışmada, Ticona firmasının Hostaform C9021 POM ürününün özellikleri dikkate alınmıştır. EK D bölümünde detaylı teknik dokümanı mevcuttur.



**Şekil 3.1:** Hareketli kontak plastikleri ve kam parçasının uzaydaki montaj görüntüsü.

Gövde, dış çevre ile kontak anahtar içerisini ayıran, elektriksel parçaların dışarıyla bağlantısını kesen bir parçadır. Tasarımın geneline ve montaj prosesi çerçevesinden bakıldığında tırnaklı yapıya sahiptir. Şekil 3.2’de tırnaklı tasarım vurgulanmıştır.



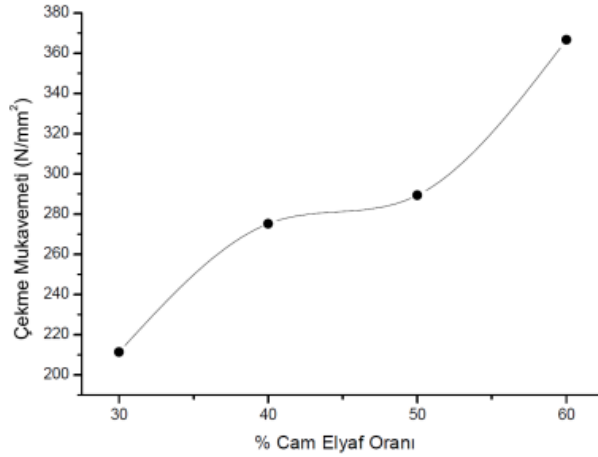
**Şekil 3.2:** Gövdelerin tırnaklı tasarımları.

Bu tırnaklar, esneyip birbiriyle montajlanmalıdır. Montaj sırasında kırılmaması beklenmektedir. Ayrıca tüm parçanın korunması bu gövde ile sağlanmaktadır. Yüksek mekanik dayanıma sahip olması gerekmektedir. Elyaf katkılı termoplastikler bu uygulama için kullanılması uygundur.



Cam elyaflar, termoplastiklerde en sık kullanılan katkı elemanıdır. Modifiye plastikler göz önünde bulundurulduğunda, tercih edilmeleri olarak cam elyaflar birinci sırada gelmektedir. Cam dolgusu bulunana polimerler, iyi mekanik ve kimyasal özellik sunmalarının yanında uygun maliyetlidir. Mekanik olarak değerlendirildiğinde çekme ve basma dayanımı yüksektir. (Ashby ve Johnson, 2014) Aşağıdaki grafikte, polimer içerisindeki elyaf oranına bağlı olarak çekme mukavemetinin değişimi görülmektedir. (Güllü ve diğ. 2001)

Şekil 3.3 incelendiğinde, %40-%50 arasında uygulanan cam elyaf katkısının, çekme mukavemetine yaklaşık olarak aynı miktarda etki ettiği söylenebilir.



Şekil 3.3: Çekme Mukavemeti – Cam Elyaf Oranı grafiği.

Güllü ve diğ., (2001) yaptıkları araştırmalarda polyamid 6 ham malzemesi içerisine ağırlıkça %15 ve %30 oranlarındaki cam elyaf eklemiştir. Elyaf katkılı hale getirilen ham maddeden üretilen ürünler üzerine yaptıkları çekme ve darbe deneyleri yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda cam elyafın, çekme dayanımını %100 ve %200 arttırdığını görmüşlerdir.

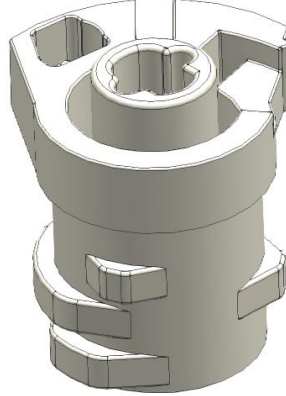
Alt ve üst gövdelerin malzemeleri, %30 cam elyaf katkılı polyamid polimeri olarak belirlenmiştir.

### 3.1.1.2 Yatay Çalışma Mekanizmasına Sahip Tasarımın Parçaları

İkinci tasarımdaki plastik parçalar aşağıya sıralanmıştır.

- Alt gövde
- Üst gövde
- Kam plastiği
- Anahtar fişegi
- Marş koruması parçaları

Kam parçası, istenilen zamanda, isteğe bağlı olarak metalin deforme olmasını sağlamalıdır. Bu görevi, parçanın hacimsel kararlılığının yüksek olmasını ve çarpılma değerlerinin minimum seviyede olmasını gerektirir. Kararlı bir ürün olmasının yanı sıra yine, sürtünme direncine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu sebeple POM malzemesi seçilmiştir.



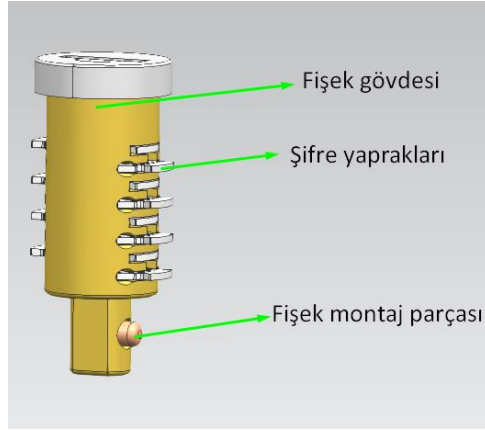
Şekil 3.4: Plastik kam parçası.

Bu tasarımda üst gövdede büyük bir fark yoktur. Yalnızca boyutların birkaç mm değiştirilmesi, parçanın diğer ürünlerle olan uyumunun sağlanması gibi değişiklikler yapılmıştır. Bu güncellemeler, malzeme değişimini etkilememektedir. Gövde içerisinde bulunan kam parçası, sac metallerin hareketi sağlamakla görevlidir. Alt gövdede oluşan fark ise, içerisine eklenen parçanın değiştirilmesi ve dolayısıyla buna uygun revize edilmesidir. Bu sebeple gövdede malzeme değişikliğine gerek duyulmamaktadır.

### 3.1.1.3 Her İki Tasarımda da Ortak Olan Parçalar

Anahtar fişeği ve marş korumasına ait parçalar her iki tasarımda da ortaktır. Marş koruması sistemi, her bir ürüne uyarlanabilecek şekildedir. Üst gövdenin içerisinde konumlanmış durumdadır. Anahtar fişeği ise yine her ürüne uyarlanabilecek bir parça durumundadır.

Anahtar fişeği; sürtünme esas olacağı ve aynı zamanda üzerine anahtar şifresini belirleyen küçük yapraklar takılacağı için POM malzemeden üretilmelidir. Şifre yapraklarının takılacağı bölge 0,8mm kalınlığındadır ve alt alta 8 yaprak konumlandırıldığında fişek üzerinde ince cidarlar kalmaktadır. Bu sebeple plastik enjeksiyon sonrasında hacimsel kararlılığının yüksek olması beklenmektedir. Plastik enjeksiyon sonrasında çarpılma değerlerinin minimum seviyede olması için prosesin hassas değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.5'te anahtar fişeği ve üzerindeki fişek parçaları görülmektedir.



Şekil 3.5: Anahtar fişeği.



Şekil 3.6: Marş koruması parçaları.

Marş koruması parçaları standart olarak tasarlanmıştır. 2 plastik parçanın birbirine sürekli teması söz konusudur. POM malzemeden üretilmesi uygundur.

### 3.1.2 Metal Parçalar

Kontak anahtarı, elektrik akımının iletiminden görevli olduğu için kullanılacak metal parçaların seçiminde bu akım değerleri önem arz etmektedir. Tasarıma bağlı olarak malzeme seçimi değişse de, metal parçaların önemli sınır özelliklerini ürünün kullanılacağı yere ve elektrik değerlerine göre seçmek gerekmektedir. Giriş bölümünde de bahsedildiği gibi 12V 40A değerlerini karşılayabilecek bir ürün üzerinden malzeme seçimi yapılmalıdır.



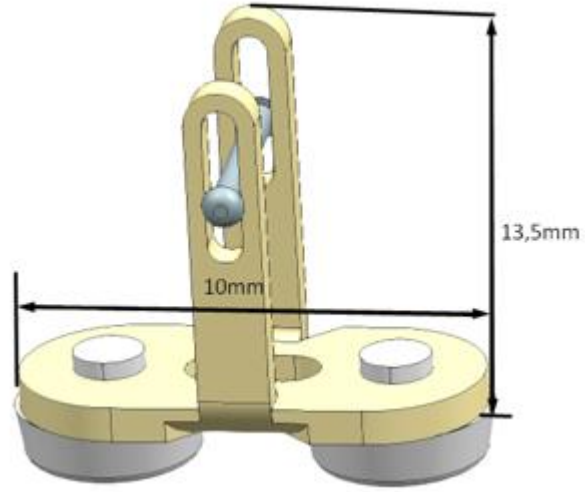
Şekil 3.7: Bir kontak anahtarı görseli.

### 3.1.2.1 Düşey Mekanizmalı Tasarımın Parçaları

İlk tasarımdaki metal parçalar aşağıya sıralanmıştır.

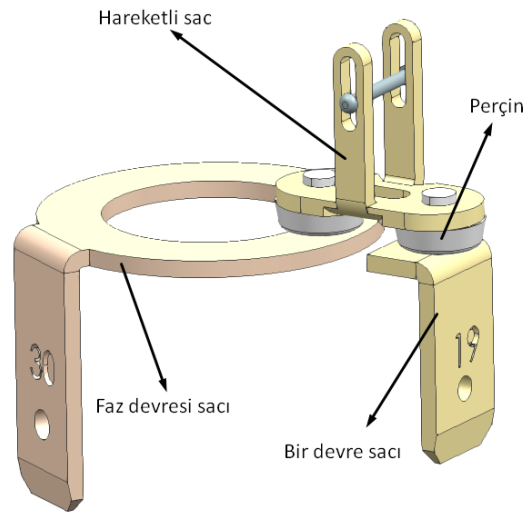
- Hareketli sac
- Devrelerin sacları
- Perçin
- Yaylar
- Bilye

İlk tasarım göz önüne alındığında, küçük boyutlara sahip bir hareketli sac parça olması gerekmektedir. Şekil 3.8’de hareketli sacın dış ölçüleri verilmiştir.



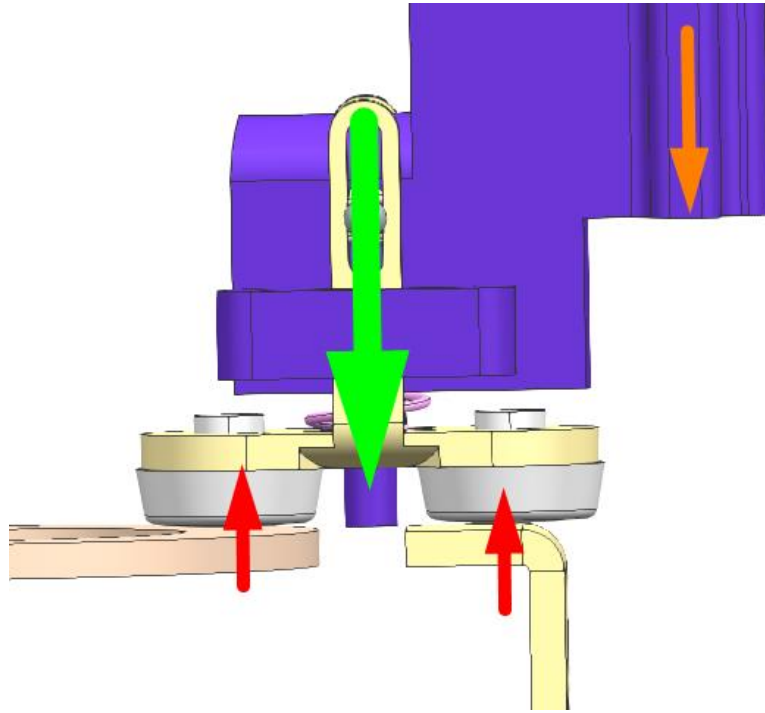
Şekil 3.8: Hareketli sacın görseli.

Uçlarına perçin montaj edilecek ve her bir çalışma sırasında sac parçanın şeklinin korunması gerekmektedir. Perçin çapı  $\text{Ø}4,5\text{mm}$ 'dir. Boş konumda sac havada olacak ve tetiklenmeyi yaptığında aşağıya hareket ederek altında bulunan devre sacı ve faz devresinin sacına temas edecektir. Burada temas, hareketli sac üzerinde bulunan perçin, faz devresi ve devre sacı arasında olmaktadır. Şekilde bu durum görülmektedir. Sistemde bulunan hareketli parçaların altına konulan yay ile ilk konumuna geri dönüş sağlanmaktadır. Her bir temas, saca uygulanan bir kuvvet olacağı için formunu koruması gerekmektedir. Devre sacları ise bu mekanizmada sabit konumdadır.



Şekil 3.9: Bir devrenin kapandığı haldeki görüntüsü ve devre elemanları.

Aşağıdaki şekilde perçinler üzerinden hareketli saca gelen kuvvetin vektörel çizimi verilmiştir. Kuvvetin büyüklüğü, arada kullanılan yay kuvvetine bağlı olmaktadır. Şekilde verilen turuncu renkli ok, hareketli parçanın yaptığı aşağı yönlü hareketi göstermektedir. Hareketli plastik ve beraberinde hareketli sac aşağı doğru yer değiştirip, perçinler saclarla temas ettikten sonra yay kuvveti hareketli sac üzerine etki etmeye başlar. Yeşil renkli ok, yayın kuvvetini temsil etmektedir. Temas gerçekleştikten sonra, perçinin devre saclarına temas ettiği bölgelerden tepki kuvveti oluşur. Bu kuvvetleri kırmızı renkli ok temsil eder. Bu hareketlerin sonucunda hareketli sac, ortadan aşağıya, uç kenarlarından yukarıya doğru kuvvetlere maruz kalır. Burada, yay kuvvetine bağlı deformasyon oluşabileceği öngörülmektedir.



Şekil 3.10: Hareket iletimleri.

Kalkanlı, (2021) yaptığı çalışmalarda, AgSnO<sub>2</sub>, AgCdO ve AgNi malzemeleriyle kaplanmış saf bakırdan imal edilen perçinlerle yaptığı denemelerde en iyi sonuçları AgSnO<sub>2</sub> malzemesiyle kaplanmış perçinle almıştır.

Ningbo Dongdashenle firmasında yapılan testler sonucunda bu perçinin iletkenlik değeri 2,5 µOhm.cm olarak belirlenmiştir. Test raporuna EK F'den ulaşılabilir.

Değerlendirilen bir diğer perçin ise AgNi10 kaplamalı olarak imal edilmiştir. Bakır perçinden imal edilen parça üzerine AgNi10 gümüşü kaplama yapılarak imal edilmiştir. Saxoina ve Sarkuysan firmalarında yapılan test raporlarına EK B'den ulaşılabilir. Test sonuçlarına göre iletkenlik değeri 1,7  $\mu\text{Ohm.cm}$  olarak bulunmuştur.

İletkenlik değerleri göz önünde bulundurulduğunda, daha iyi bir iletkenliğe sahip olduğu sonucuna varılan AgSnO2 kaplamalı perçinin bu projede kullanılması uygundur.

Tasarımda kullanılan tüm saclar, kontak anahtarı üretimlerinde sık olarak kullanılan CuZn30 pirinç malzemesinden imal edilebilir durumdadır. Nesan Otomotiv'den alınan bilgilere göre üretilen kontak anahtarlarının %90'ında 0,8mm'lik kalınlığa sahip CuZn30 pirinç malzemesinin kullanıldığı görülmektedir. Bu alışıma ait element oranları Şekil 3.11'de verilmiştir. CuZn30 alaşımının elektriksel iletkenliği 28 %IACS'tir. Bu birim, bakırın %100 iletken olduğunu kabul ederek, diğer iletkenlerin bakıra oranla sahip oldukları iletkenlikleri belirtir. Uluslararası Tavlı Bakır Standardı olarak geçmektedir. (Aurubis Material Datasheet, 2022)

Cu	Fe	Pb	Zn	Al	Ni	Sn
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
69-71	0.05 max	0.05 max	rem	0.02 max	0.3 max	0.1 max

**Tablo 3.3:** CuZn30 malzemesine ait element oranları.

Bilye parçası için, Nesan Otomotiv'de kontak anahtarlarında sıkça kullanılmakta olan paslanmaz çelikten imal edilmiş %5 küre bir parça kullanılacaktır.

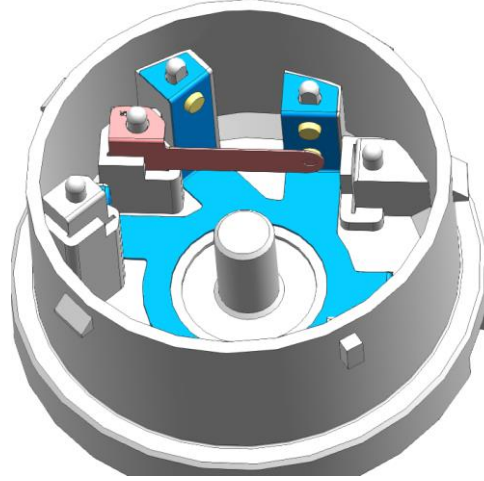
Kullanılacak olan yay parçaları, montaj olacağı bölgelere göre ölçülendirilen ve paslanmaz çelikten imal edilen yaylardır. Kurma yayı, şekil itibariyle standart bir ürün olmayacağı için, paslanmaz çelikten özel olarak imal edilmesi gerekmektedir.

### 3.1.2.2 Yatay Mekanizmalı Tasarımın Parçaları

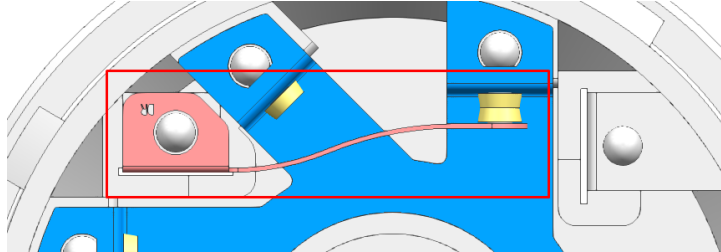
İkinci tasarımdaki metal parçalar aşağıya sıralanmıştır.

- Faz devresinin sacı
- 5 devrenin hareketli sacı
- Perçin
- Yaylar
- Bilye

Diğer tasarıma geçildiğinde, parçayı şekil olarak ele aldığımızda esneklik kabiliyetinin bu uygulamada en önemli özelliklerden biri haline geldiğini görmekteyiz. Bunun öncelikli sebebine baktığımızda, yay kullanmadan hareketin geri dönebilir olması istenmektedir.



Şekil 3.11: Alt gövde içerisindeki devre plakası ve 1 devrenin konumlandırılması.



Şekil 3.12: Devre sacının tetik halinde uğradığı deformasyon.



Sac parçanın yaylanabilir olması ve şeklini koruyabilme özelliği ön plana çıkmaktadır. Malzeme seçimi sırasında fiziksel mekanik özelliklerini ön planda tutmak gerekmektedir. Bu şartlar göz önünde bulundurulduğunda yüksek akma ve yorulma mukavemeti bulunan bakırın berilyum katkılı alaşımları tercih edilmelidir.

Hafif metaller göz önünde bulundurulduğunda en yüksek erime noktalarından birine sahip olan berilyum, mükemmel ısı iletkenliğe sahiptir. Sahip olduğu elastisite modülü ile çok geniş kullanım alanına sahiptir. Dünyadaki toplam berilyumun %70'i bakır ile alaşım üretilmesi için kullanılmaktadır. (Beralcast, Berilyum-Aluminyum Alaşımları, 2015)

Aynı zamanda bu tasarım perçini dışarıda bırakıp, sac metal üzerinden direkt elektrik iletimini geçirmeye olanak sağlamaktadır. (Bu sayede parça sayısı azaltılmakta ve maliyet düşürülmektedir.)

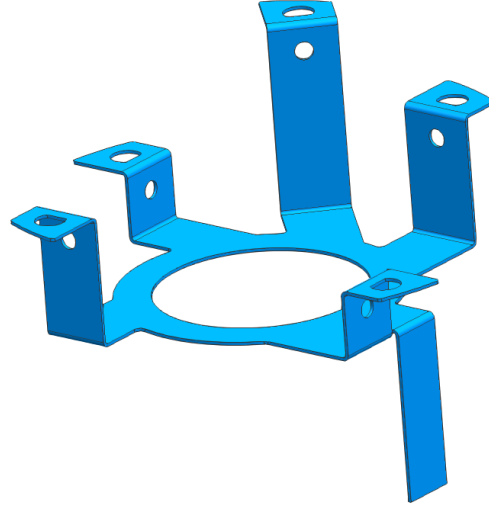
Talep edilen ve ihtiyaç duyulan tüm özellikler göz önünde bulundurulduğunda, mükemmel malzeme olarak adlandırılan berilyum-bakır ham malzemesinin kullanımı bu uygulamada oldukça yerindedir. Berilyum-bakır tedarikçisi olan Materion ile yapılan görüşmelerin ardından 17410-HT kodlu ham malzemenin kullanılmasına karar verilmiştir. Malzemenin detaylı teknik dokümanına EK H'den ulaşılabilir. Şekil 3.16'da sonsuz şerit halinde bulunan berilyum-bakır alaşımı görülmektedir.



**Şekil 3.13:** Berilyum-bakır alaşımlı şerit metal.

Bu tasarımda da devre plakası bir önceki tasarımdan çok farklı değildir. Bu sebeple aynı malzeme kullanılması uygundur. Eski tasarıma göre daha kompleks

bir yapısı vardır ve üretimi için gereken kalıp imalatında büküm açılarını detaylı inceleyerek ele almak gereklidir.

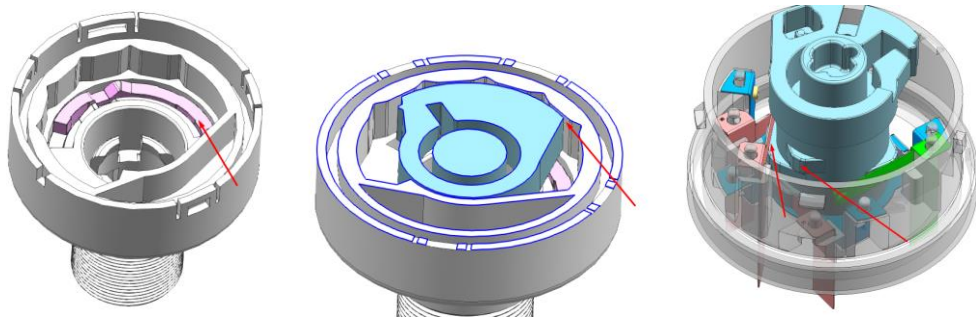


Şekil 3.14: İkinci tasarım ürünün devre plakası.

### 3.1.3 Yağlar

Yağlamanın asıl amacı iki yüzeyi birbirinden ayırmak amacıyla iki parça arasına yerleşmek ve dolayısıyla sürtünmeyi azaltmaktır. Uygulanan yüzeyleri kayganlaştırarak bu yüzeylerde hareket eden parçaların aşınmalarını azaltmaktadır.

Bu çalışmada üretilmesi planlanan üründe aşağıdaki noktalarda yağlama ihtiyacı duyulmaktadır.



Şekil 3.16: Yağlama prosesi uygulanacak bölgeler sırasıyla: marş koruması, kademe bölümü, kam ve devre sacları arası.

Yağlama prosesinde kullanılacak gresler için Gresan Yağ ve Makine firması ile görüşülmüştür. İlgili şartlar çerçevesinde tedarikçi firmadan 3 öneri alınmıştır. ENS0310 standardına göre -40 °C ile 110 °C aralığında çalışabilen bir ürün olması gerekmektedir. 3 benzer özellikte olan ürün arasından viskozite özellikleri değerlendirilmiştir. Baz ham malzemesi poly alfa olefin olan XP3000 ürünün 40 °C'deki viskozite değeri 2400 mm<sup>2</sup>/s'dir. Akışkanlığı en düşük yani viskozitesi en yüksek olan bu ürünün kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. 3 ürüne ait teknik veriler EK G'de bulunmaktadır.

## 4. PROTOTİP ÜRETİMİ

Tasarım konusu, üretim ve kullanım çerçevesinden bakılarak bir yere getirildikten sonra projenin üretim safhasına geçmeden önce prototip üretimi yapılacaktır. Prototip üretimi, bazı kritik noktaların değerlendirilmesine, seri üretim öncesinde potansiyel hataların ön görülebilmesine ve çalışma sistemlerinin –belirli bir seviyeye kadar- doğrulanabilmesine olanak sağlayacaktır.

Kontak anahtarı temelde 3 ana plastik parçaya sahip bir tasarıma dayanmaktadır. Alt-üst gövdeler ve içerideki kam parçası Eriyik Yığılma Modelleme (EYM) teknolojisi kullanılarak üretilmeye uygun ürünlerdir. Nesan Otomotiv Ar-Ge laboratuvarında bulunan Stratasys F170 cihazı kullanılarak bu üretimi gerçekleştirmek mümkündür. Şekil 4.1’de cihaz görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4.1: Stratasys F170 – LT-89.

LT-89 kodlu Stratasys’in F170 model ürünü ilk tasarım konseptlerini hızlı bir şekilde üretmek için üretilmiştir. Konsept tasarımların yanı sıra tasarım

doğrulamasından işlevsel performansa kadar her prototipleme aşamasında kullanılabilir.

Plastik parçaların haricinde sac metaller için, büyük sac plakalar üzerinden istenilen tasarım lazer kesim metoduyla üretilecek, daha sonra istenilen son şekiller el melekeliyle üretilecektir.

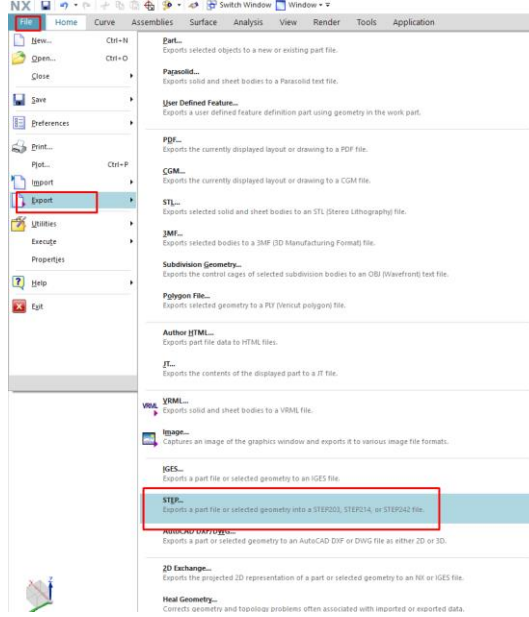
#### **4.1 Plastik Parçaların Üretimi**

Plastik parçaları EYM teknolojisiyle üretebilmek için bir dizi ön çalışma yapmak ve EYM teknolojisini değerlendirmek gerekmektedir.

3D printerlarda kullanılan Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojisi, Türkçe'ye çevirdiğimizde, EYM yani Eriyik Yığıma Modeli olarak geçirmektedir. Bu üretim yöntemi ilk defa 1989 yılında Scott Crump tarafından keşfedilmiştir. Crump, bu yöntemle birlikte Stratasys Ltd. şirketi kurmuştur. Zamanla ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bu teknoloji herkesin birey olarak ulaşabilir ve kullanılabilir hale gelmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde artık bu üretim metodu çok daha geniş kitlelere hitap etmektedir.

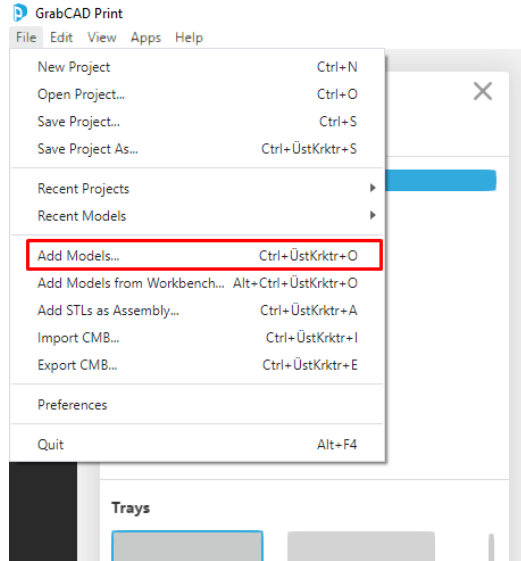
Alt ve üst gövdelerle birlikte ara kam parçasının üretimi için öncelikle katı modelin bir yazılım içerisinde işlenmesi gerekmektedir. Bu işlemde 3D model, dilimleme yapılacak ve 3 boyutlu üretime hazır hale getirilecektir. EYM teknolojisi gereği, eriyik plastik katman katman üst üste gelerek parça oluşturulmaktadır. Bu katmanları oluşturmak için bir yazılım kullanılır ve bu yazılımda parça dilimlenerek, üretime uygun katmanlar oluşturulur. Yazıcının üretim yollarının kodlandığı data 3D yazıcıya yüklenecek ve bu sayede üretim işlemi başlayacaktır. Katı modelin işlenmesi için kullanılan yazılımlar, üretim makinasına göre farklılık gösterebilmektedir. Stratasys F170 cihazı için üretim verilerini içeren bir dizi veriyi GrabCAD Print adlı yazılım içerisinde hazırlanabilmektedir.

Siemens NX programından, üretimi yapılacak olan plastik parçaların datası .step formatında dışa alınarak işleme başlanır.



Şekil 4.2: Dışarı alma işleminin adımları, @Siemens NX 12.

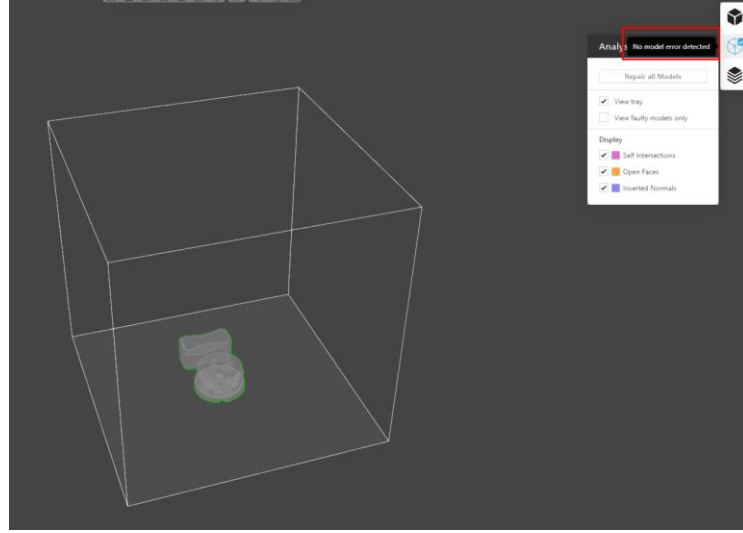
Step datası, GrabCAD Print içerisine eklenir. “File” ve sonrasında “Add Models” komutları kullanılarak data yazılım içerisine alınır.



Şekil 4.3: GrabCAD içerisine data ekleme adımları, @GrabCAD.

GrabCAD Print, yazılım özelliği olarak içeriye alınan dataları öncelikle bir dizi kontrolden geçirir. Bu kontrol sonucunda, olası yüzey ve katı model problemleri taranır. Yüzeyler arasında çakışma olup olmadığı veya tasarımda patlak yüzeylerin belirlenmesi gibi bazı kontroller yaparak kullanıcıyı bu doğrultuda bilgilendirir. Eğer bir problem varsa, yazılım üzerinden düzeltme ve iyileştirme işlemi yapılır. Bu işlem

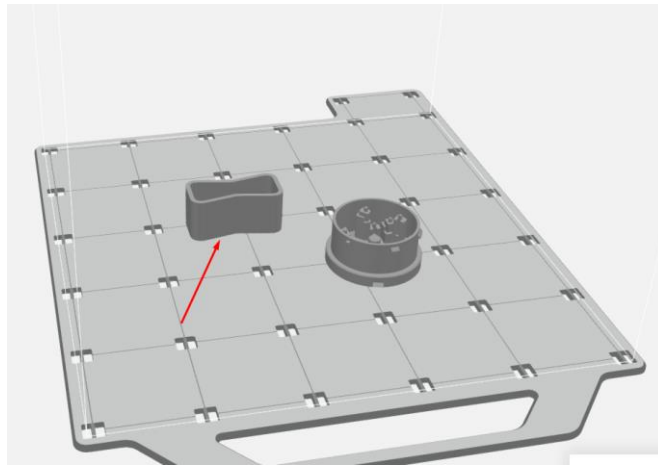
sonrasında tasarım istenmeyen şekilde bozulabilir. Datanın yazılım tarafından kontrolü yapıldıktan sonra herhangi bir hata olmadığı görülmüştür. Şekil 4.4'te yazılım içerisindeki datanın kontrol penceresi vurgulanmaktadır.



**Şekil 4.4:** GrabCAD içerisinde datanın kontrolü.

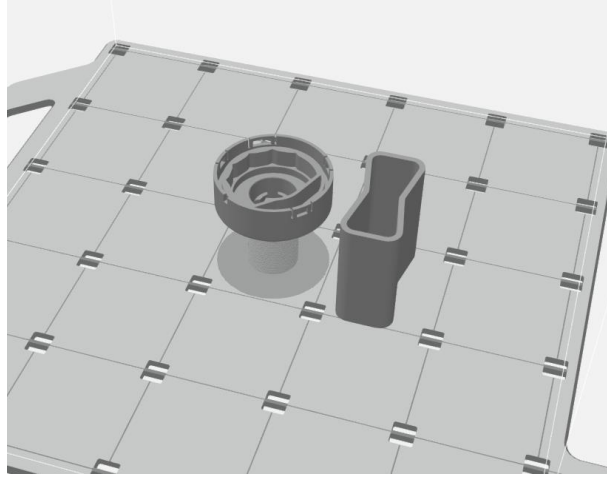
Hazırlık işlemine öncelikle dataları, F170'in 254x254mm ölçülerindeki tablasına konumlandırmak gerekiyor.

F170'de aşağıdaki şekilde görülen bir atık parça imal edilmesi zorunludur. Bu parça, yazıcı kafa geçişleri sırasında üretim ağızlığının ucunda biriken fazla ergiyik plastiğin atılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, üretimi yapılan ürünün yüzey kalitesinin bozulması engellenir.



**Şekil 4.5:** Atık parça görseli.

Parça tasarımına bağılı olarak katmanlı üretim metodu değerlendirildiğinde, parçayı uygun pozisyonlamak üretim kalitesini doğrudan etkileyen başlıca etmendir. Parçanın konumlandırılmasına bağılı olarak, ters açıda kalan yüzeylerin üretilebilmesi için destek malzemesi atılmaktadır. Bu durumda, destek malzemesi atılarak imal edilen yüzeylerin kalitesi kötü etkilenmektedir. Olabildiği kadar, istenilen yüzeylere destek malzemesi eklenmeyecek şekilde konum yapmak gerekmektedir. Üst gövde parçasını aşığıdaki şekildeki gibi konumlandırarak marş korumasının ve kam parçasının çalışacağı bölgelerin yüzey kalitesini yüksek seviyede almak planlanmıştır.



**Şekil 4.6:** Gövdenin üretim için konumlandırılmış hali.

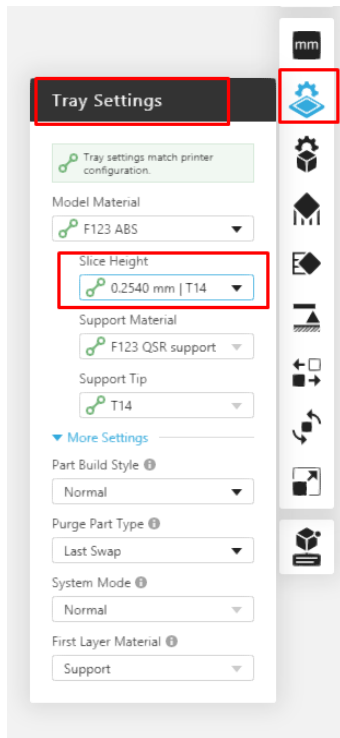
GrabCAD Print yazılımında, parça üretimini gerçekleştirmek için belirlenmesi gereken bazı proses detayları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşığıdaki gibidir;

1. Parça malzemesi,
2. Katman kalınlığı,
3. Parça yoğunluğu
4. İç dolgu tasarımı
5. Destek tasarımı

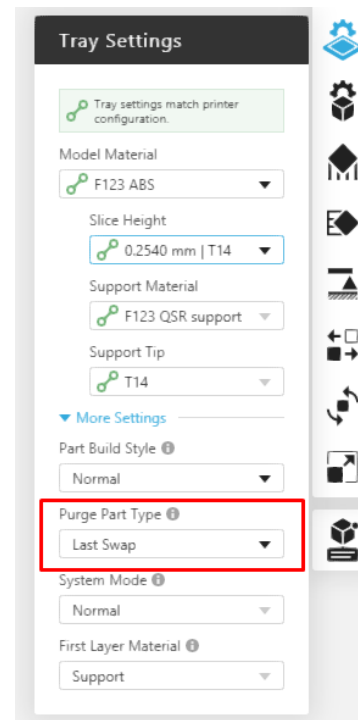
Parçaları uygun pozisyonda yerleştirdikten ve tabla üzerine konumlandırdıktan sonra baskı ayarlarını ayarlamakla devam edilir. Genel olarak



katman kalınlığı ile parça kalitesi ters orantılı olduğu için buradan 0,17mm olarak katman kalınlığı belirlenmiştir. Tecrübeye göre buradaki ayarlamalarda, parçaya uygun kalitenin oluşacağı ayarları belirlemek gerekmektedir. 0,12mm'lik katman kalınlığı seçildiğinde, en hassas yüzey kalitesinde alınması istenen parçaların üretimi yapılmaktadır. Bu parçalar, boyutsal olarak daha küçük yapıya ve küçük önemli formlara sahip olmalıdır. Katman yüksekliği azaldıkça kalite arttığı gibi baskı süresi de artış göstermektedir. Aşağıdaki görselde katman yüksekliğinin ayarlandığı “Tray Settings” sekmesinde bulunan “Slice Height” yani katman yüksekliği bölümü vurgulanmıştır.



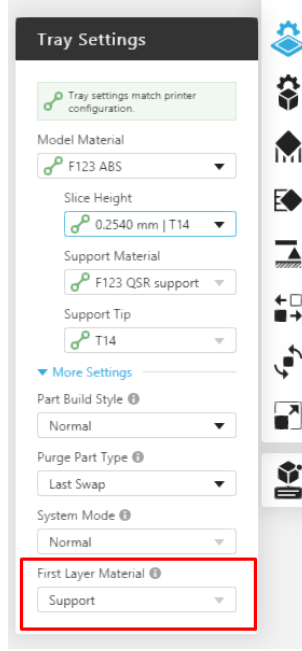
Şekil 4.7: Katman yüksekliği ayar penceresi.



Şekil 4.8: Atık parça tipi.

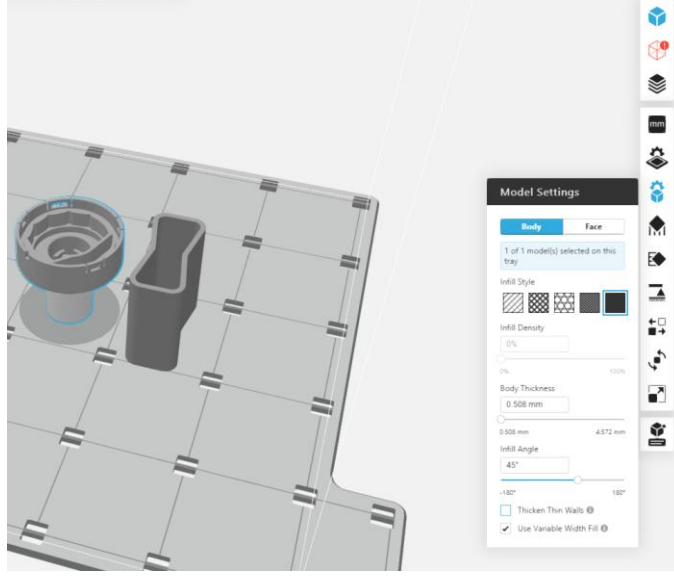
Atık parçanın ne zamana kadar üretileceğini belirten bölüm için de yukarıdaki şekilde belirtilen alandan seçim yapılır. Destek ve ana malzeme arasındaki geçiş bitinceye kadar yapmasını istendiği için bu sekmeden “last swap” seçeneğini seçilir. Bu seçimle birlikte, son destek malzemesi atılana kadar atık parça üretimi devam edilecektir. Destek malzemesinin kullanımı artık bittiğinde, atık parça üretimi de durdurulacaktır. Böylece destek malzemesinden tasarruf edilmiş olacaktır. Tabla ile parça arasındaki katmanın hangi malzemeden olacağı aşağıdaki şekilde belirtilen alandan tanımlanır. Burada, destek malzemesi seçildiğinde, parça

ile tablayı ayırmak kolay olurken, ana malzeme seçildiğinde her iki parçayı birbirinden ayırmak çok daha zor olmaktadır. Hatta bu ayırma işleminde bazı durumlarda üretilen parçalar da zarar görmektedir. Bu sebeple destek seçilmelidir.



Şekil 4.9: İlk katman ayar sekmesi.

Bir diğer ayar sekmesi olan “Model Settings” içerisinde parça dolgusuyla ilgili detayları girilir. Son ürün kalitesine yakın bir prototip üretimi istendiği ve üretilen prototiplerle test yapılacağı için iç yapının tamamen dolu olması tercih edilir. Bu sayede plastik enjeksiyon prosesindeki gibi tamamen içi plastik dolu olan bir ürün elde edilir. Şekildeki pencereden “Solid” seçeneği tanımlanır. Ölçüm hassasiyetlerini direkt olarak etkileyen “Thicken Thin Walls” seçeneğini deaktif hale getirmek gerekmektedir. Bu özellik, üretme başlığının giremeyeceği keskin ve ince bölgeleri, girebileceği şekilde ötelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu özellik aktif olarak üretim yaptığımızda, ölçüler ötelenebileceği için montaj yaparken istenmeyen sonuçlarla karşılaşma ihtimali ortaya çıkmaktadır. Bu ayarlamalara ait görsel aşağıdadır.



Şekil 4.10: Parça dolgu ayarlamaları.

Son ayarlamaları da yaptıktan sonra “Estimate” butonuna tıklayarak üretimin ne kadar süre alacağı ve ne kadar malzeme sarf edeceği bilgileri hesaplanmaktadır. Aşağıdaki şekilde belirtildiği gibi, üst gövde parçasının üretimi yaklaşık 2.50 saat sürmektedir. Ana malzeme için 22,5 cm<sup>3</sup>, destek için 14,7 cm<sup>3</sup> kadar malzeme tüketilecektir.

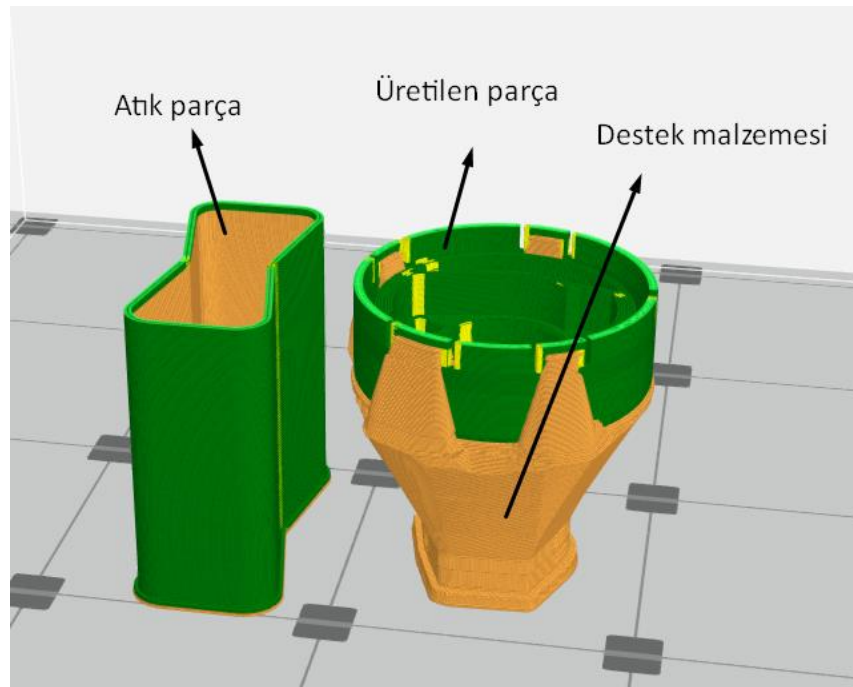
Tray Estimations		
üst	Print Time	2h 20m
	Model Material (cm <sup>3</sup> )	22.547
	Support Material (cm <sup>3</sup> )	14.678

Şekil 4.11: Ham malzeme sarfiyatı.

Hesaplamalardan sonra son kontrol yapıldıktan sonra “Print” butonuna basarak 3D yazıcı cihazına uzaktan verileri göndermek mümkündür. Üretim emri cihaza gönderildiğinde, cihaz üzerinde onay verilmesi gereken bir uyarı çıkmaktadır. Cihazı kontrol edip onay verildikten sonra üretim hacmi, belirli bir süre rejime girerek uygun ortam hazırlanır ve üretim başlar.

Belirli sürenin ardından üretim tamamlanır. Üretimde, cihaz ve yazılımda hazırlanan üretim ayarlamaları sebebiyle bir hata olmadığı durumda sorunsuz ürün almak mümkündür. Parçayı dikkatlice tabla üzerinden ayırdığımızda, ters köşede

kalan yerlerin destek malzemesiyle doldurulduğunu görmekteyiz. Aşağıdaki görselde bu parçalar gösterilmiştir. Parça üretimini desteklemek için kullanılan bu dolgu malzemesinin ham malzemesi Polivinil Alkol'dür (PVA). Polivinil alkol, günlük hayatta kağıt yapımından tekstil sektörüne kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Sentetik bir polimerdir. Yapısı sayesinde su ile tepkimeye girerek çözünmektedir. Bu özelliği sayesinde 3 boyutlu yazıcı üretiminde destek malzemesi olarak sıkça kullanılmaktadır. Sahip olduğu tüm fiziksel özellikleri neme bağlıdır. Yüksek nem seviyelerinde emilen su miktarı polimer üzerinde plastikleştirici etkisi yaratmaktadır. Plastikleştirici etki, malzemeyi daha yumuşak ve esnek hale getirmek demektir.



Şekil 4.12: 3D yazıcıda üretim sonrasındaki parçaların görüntüsü.

Üretim tablasından alınan parçalarda bulunan destek malzemesini, parçalara zarar vermeden ayırabilmek için su dolu bir kap içerisinde bekletilir. Bu süreç normal şartlarda bir günden daha fazla zaman almaktadır. Çözünme işlemini hızlandırmak ve istenen baskıları kullanıcılarla hızlıca buluşturabilmek için üretilmiş olan LT-90 kodlu, SCA 1200 HT makinasını kullanarak suyun sıcaklığını kontrol edebilir, hava pompası sayesinde de su içerisinde bir akış yaratarak PVA'nın çözünme işlemine katalizör etki uygulanır.



**Şekil 4.13:** Destek malzemesi çözdürme makinası – SCA 1200 HT

Su dolu kabin içerisinde 4-6 saat kadar süre sonrasında PVA, parça üzerinden tamamen çözülmüş olacaktır. Destek malzemesinden arındırılan parçaları, çözülmüş PVA çözeltisinden çıkartıp su ile son temizliğini yaptıktan sonra parçalar kullanıma hazır hale gelmiş oluyor.

Yukarıda anlatılan tüm proses her bir plastik parça için uygulanmıştır.

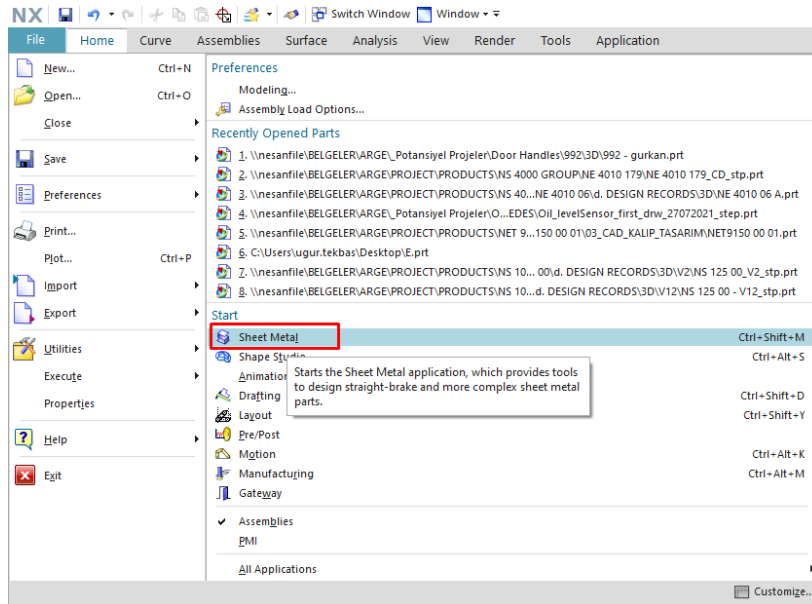
## **4.2 Metal Parçaların Üretimi**

Kontak anahtarı içerisinde bulunan sac parçalarını istenilen şekle getirmek için soğuk şekillendirme yapılmalı ve pres kalıpları gerekmektedir. Bu aşamada sac metaller lazer kesim ile üretilecek ve sonrasında şekil verme işlemi el melekesiyle yapılacaktır.

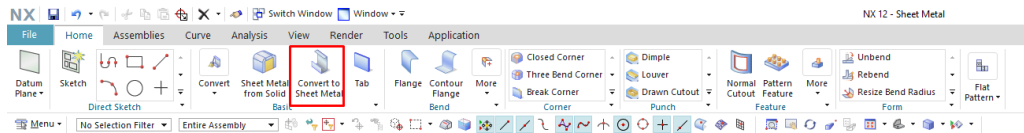
Şerit veya levha halindeki saclara istenilen şekiller verilmeden önce, o şeklin açık formundaki saclara ihtiyaç duyulmaktadır. Levhadan o formları almak için lazer kesim yöntemi uygulanabilir. Lazer kesim makinasına yapacağı bu kesim işlemini tanıtmak için yine data üzerinde bazı işlemler yapılması gerekmektedir.

Öncelikle NX yazılımında sac metal modülü kullanılarak 3 boyutlu datayı katı modelden sac modele geçirilir. Yazılıma sac metal olarak tanıtılan tasarımda

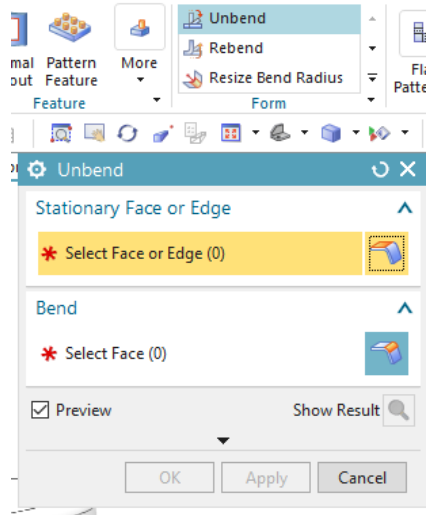
bulunan büküm yüzeylerini açmak, dolayısıyla parçayı 3 boyuttan 2 boyuta indirmek gerekmektedir. Katı model bölümünde çizilmiş datanın yazılıma sac metal olarak tanıtılması için, sac metal uygulamasında “Basic” sekmesinde bulunan “Convert to Sheet Metal” komutu kullanılır. NX sac metal modülünde bulunan “Form” sekmesindeki “Unbend” komutuyla bükülmüş pozisyonda olan parça açılabilir. Komut içerisine girdikten sonra bu uygulama öncelikle sabit kalması isteneni yüzeyi seçmemizi istemektedir. İşlem, bükülmüş formda bulunan tasarımı düz, yani tek düzeydeki hale getirebilmek için ilk olarak sabit tutabileceği bir yüzey istemektedir. Sabit yüzeyi belirledikten sonra büküm yüzeyi seçilir. Yüzey seçimlerini yaptıktan sonra parçanın açılmış hali görünmektedir. Kıvrılmış yüzeyin açılması işlemini her bir kıvrık yüzey için ayrı ayrı işleme almak gerekmektedir. (Birbirine bağlı olan yüzeyler için tek sabit yüzey seçip, ardından tüm kıvrık yüzeyleri seçerek işlem tamamlanabilir) Bu işleme ait görseller aşağıya eklenmiştir.



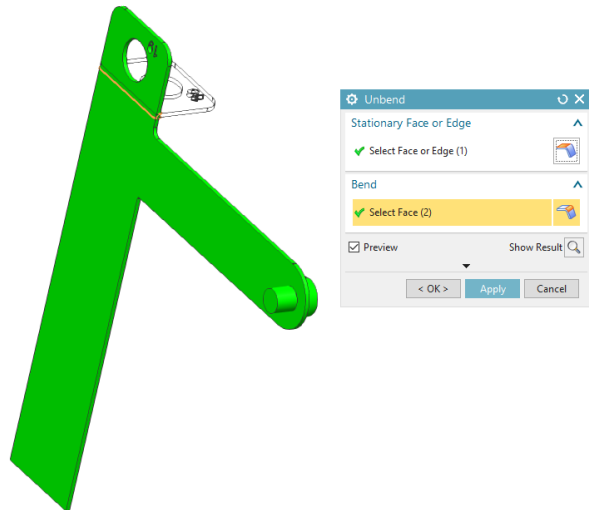
Şekil 4.14: Siemens NX yazılımının sac metal uygulamasına geçiş uzantısı.



Şekil 4.15: Katı modelin sac metal olarak tanıtılması komutu.

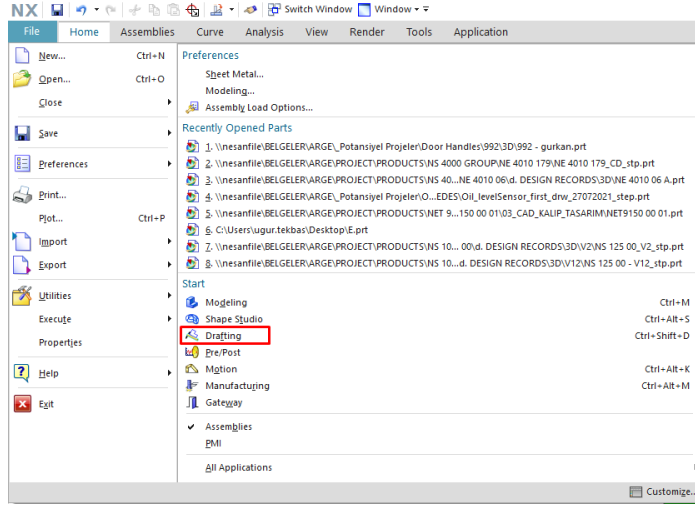


Şekil 4.16: Büküm açma komutu.



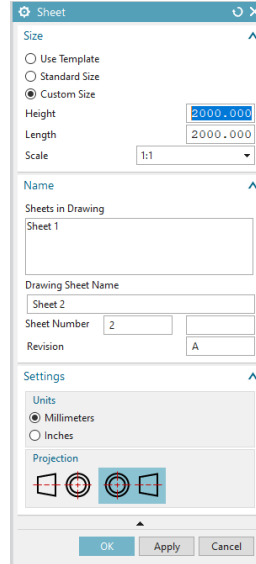
Şekil 4.17: Bükülmüş bir parçanın sac haline dönüştürülmesi işlemi.

2 boyutlu sac parçamızın tasarımını oluşturduktan sonra lazer kesim prosesi için ihtiyaç duyulan .dwg formatındaki 2 boyutlu tasarım resimlerini oluşturmak gerekmektedir. 2 boyuttaki düzenlemeleri yapmak için öncelikle NX’te bulunan “Drafting” modülüne geçiş yapılır.



Şekil 4.18: Siemens NX yazılımının teknik resim uygulamasına geçiş uzantısı.

Drafting yani 2 boyutlu tasarım modülünde öncelikle kağıt boyutlarını belirleyerek çalışma sayfası oluşturulur. Lazer kesim makinası için gereken veri 1:1 ölçeğinde ve yalnızca kesim yapılacak datanın kendisi olmalıdır. Ayrıca NX'ten alınacak data bir kez daha işleneceği için burada belirlenecek sayfa ölçülerinin pek önemi bulunmamaktadır.

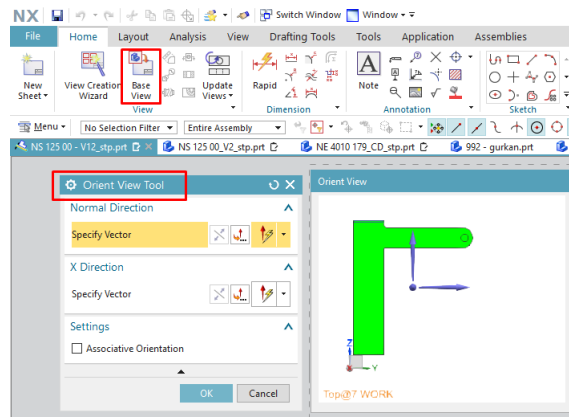


Şekil 4.19: Siemens NX “Drafting” modülündeki sayfa özellikleri ayar penceresi.

Sayfa boyutlarını ayarladıktan sonra 3 boyut modülünde bulunan 2 boyutlu sac parçasının görüntüsünü teknik resim modülüne aktarmak için “Base View” komutu kullanarak parça çağırılır. “Base View” komutu içerisinde bulunan “Orient View Tool” yardımıyla çağırılan parça uygun pozisyona getirilir. Kolayca, dik

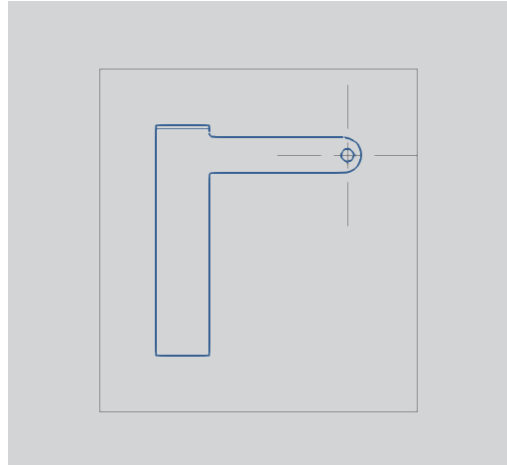


bakmak istenilen yüzey için o yüzeye tıklanır ve böylece parça, koordinat sistemine göre düz bir pozisyona girmiş olur.



Şekil 4.20: “Base View” komutu ile parça görüntüsünün seçilmesi.

Pozisyonlamayı yaptıktan sonra oluşturulan kağıt üzerinde istenilen bir boşluğa tıklayarak bu pozisyonun 2 boyutlu olarak gelmesi sağlanır. Bu işlem sonrasında bir çizim elde etmiş olunur. Data, “File>Export>AutoCAD DXF/DWG” uzantısı takip ederek istenilen formatta yazılım dışına alınabilir.

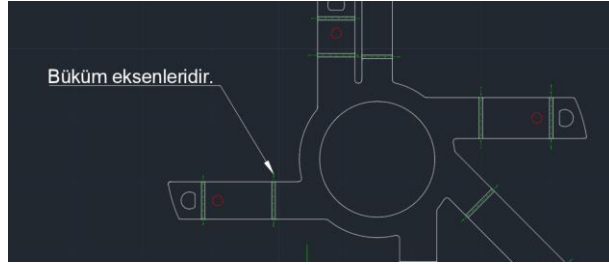


Şekil 4.21: Parçanın kağıt üzerindeki bir görseli.

NX uygulamasından alınan veri, lazer kesim için uygun iş talimatlarını girebilmek için AutoCAD uygulamasında açılır. Burada yazılım farklılıkları sonucu oluşan bazı çizgi ve çizim farklılıklarını manuel olarak düzeltmek gerekebilir. AutoCAD içerisine alınmış olan datadaki çerçeveyi silerek ve çizgi özelliklerini düzelterek işlem başlar. Tüm çizgiler seçilip “Properties” sekmesinde bulunan

“Layer” komutu ile özellikleri düzenlenir. Bu işlemde standart ayarlar olan “ByLayer” çizgi rengi, kalınlığı ve tipini seçilerek devam edilebilir.

Üretim sonrasında bükme işlemi için gerekli olan büküm eksenlerini lazer kesim prosesinde markalama olarak elde etmek mümkündür. Bunun için parça üzerinde büküm eksenlerini belirten çizgi çizmek ve bu çizgilerin işlevini kesim yapacak operatöre bildirmek yeterli olacaktır. Uygun noktaları belirledikten sonra çizgileri eklemek için “Line” komutu kullanılır. Daha sonra “Leader” komutuyla bu çizgilere bir uyarı notu eklenerek, bu çizgilerden kesim yapılmamasını, yalnızca işaret eklenmesi belirtilmiş olur.



**Şekil 4.22:** Teknik resimde büküm eksenlerinin gösterilmesi.

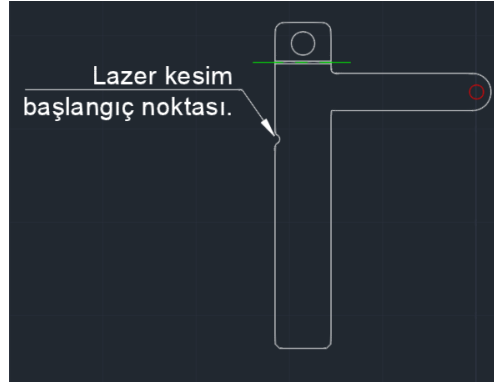
Lazer kesim, proses gereği kesime başladığı noktalarda bir miktar çapak bırakmaktadır. Bu çapak bazı durumlarda ürünün çalışmasına olumsuz etki yapabilir. Parça tutulduğunda el kesilebilir. Çapak, parçanın montaj olacağı bir yere denk gelirse parça montajlanamaz. Bunu gidermek için lazer kesim resmine, parçanın çapak olmasının sorun yaratmayacağı bölgeleri “Kesim Başlangıç Noktası” olarak belirtmek gerekmektedir. Kesim başlangıç noktalarını belirlerken, bu noktalarda çapak oluşumunun negatif formunu tasarıma yansıtarak istenmeyen çapak oluşumunu minimuma indirmek mümkündür. Özellikle delik olan yerlerin kesim başlangıç noktalarında, parça içerisine ve delik dışarisına olacak şekilde boşaltmalar yapmak doğru ürünü elde edebilmek için önemlidir.

Tasarımda lazer kesim başlangıç noktalarını belirledikten sonra bu noktalar üzerine “Circle” komutuyla  $\emptyset 0,5\text{mm}$  ölçüsünde bir çember çizilir. Çemberin merkez noktası nokta üzerine gelecek şekilde konumlandırılması yapılır. Daha sonra “Trim” komutuyla çizilen çemberin, çizginin istenmeyen tarafı silinir.



**Şekil 4.23:** Lazer kesim başlangıcı için belirtilen bölgenin hazırlığı.

Kalan yayın iki ucu arasında kalan çizgi de silinerek kesim başlangıç bölgesinde istenen form verilmiş olur. Burada, tasarımda yani dolayısıyla teoride yapılmış olan boşluk, gerçekte yani üretim safhasında çapak oluşumu sebebiyle bir miktar kapanacaktır. Bu işlemle kapanma miktarında boşaltma yaparak bir miktar kontrol altına almış olunur. Teknik resim üzerine talep edilen diğer detayları ve kesim adet bilgisini girdikten sonra hazırlanan bu resim üretime gitmeye hazır hale gelmiş olur.



**Şekil 4.24:** Lazer kesim başlangıç noktasının gösterimi.

Lazer kesim prosesi sonrasında imal edilmiş olan düz parçaları istenilen şekle getirmek için prototip safhasında el melekeleriyle yani yeteneğe bağlı işlem yapmak gerekmektedir.

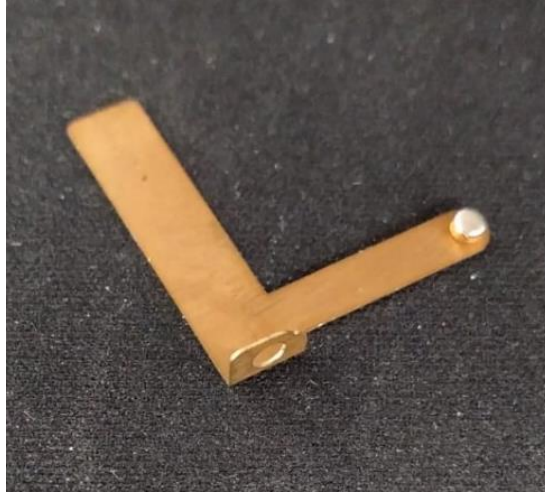


**Şekil 4.25:** Lazer kesim ile üretilen sac parçalar.



**Şekil 4.26:** İstenilen formların lazer kesim prosesiyle sac levhadan ayrılması.

Öncelikle parça üzerinde belirtilen büküm noktalarını referans alarak sac metalleri mihengir üzerinde konumlandırılır. Mihengir dişlerinin sac metale zarar vermesini engellemek için mihengir ve parça arasına düz ve sert bir metal koymak verim sağlayacaktır. Plastik çekiç yardımıyla mihengirin üzerinde kalan metal parça çıkıntısı istenilen yöne bükülür. Büküm noktalarının radyüsü hassas ayarlanamayacağı için, herhangi keskinlik miktarında bırakılabilir. Bu hassasiyet prototip safhası için bir sorun yaratmayacaktır.



**Şekil 4.27:** Bükülmüş devre sacı parçası.

Mengene kullanılarak bükümü yapılamayacak küçük parçalar için pense ve kargaburun gibi el aletleri kullanılabilir.



**Şekil 4.28:** İstenilen formun pense ile verilmesi.

Büküm işlemlerini gerçekleştirdikten sonra perçinlerin uygun deliklere montajlanması gerekmektedir. Bunun için perçin çakma aparatı kullanarak komponentleri birbirlerine perçinliyoruz.

Gereken yarı mamüllerimizi prototip olarak üretip montaja hazır hale getirilmiş oldu. Artık alt komponentleri birleştirerek nihai ürünü temsil eden prototip üretilmeye hazırdır.

### 4.3 Prototip Ürün Montajı

Prototip süreci planlanırken, proje yönetim sisteminin bir parçası olan FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) Türkçe karşılığı olan HTEA (Hata Türleri ve Etkileri Analizi) yapılmıştır.

Hata türleri ve etkileri analizi; bir projenin, bulunduğu aşamaya göre değişen türleriyle, oluşabilecek potansiyel hata modlarını analiz etmek için, ayrıca bu hatalara karşı önlem almak için kullanılan bir yöntemdir. Hata modlarını analiz ederken ortaya çıkan hataları olasılıklarına göre sınıflandırarak, hata giderme ve önlem alma aksiyonlarını bir çeşit önem sırasına sokulmasına yardımcı olur. Hata türleri ve etkileri analizi, bir projenin veya operasyonun, genel anlamıyla yapılmakta olan bir işin yönetim prosedürüdür. Bu prosedür, ortaya çıkartılan ve tespit edilen hataların giderilmesi için minimum çaba sarf edilmesini ve minimum kaynak kullanılmasını amaçlar.

Bir çok sektörün ürün geliştirme aşamasında sıklıkla kullanılan ve neredeyse tüm büyük ana sanayi firmasının kullanılmasında zorunluluk getirdiği, büyük şirketlerin süreçlerine dahil ettiği hata türleri ve etkileri analizi, doğru yapıldığı durumlarda geliştirme (ayrıca üretme) zamanına ve maliyetine pozitif etki sağlamaktadır. Çoğunlukla üretim sektörünün farklı safhalarında kullanılmaktadır fakat günümüzde hizmet sektöründe de aktif kullanılmaya başlanmıştır.

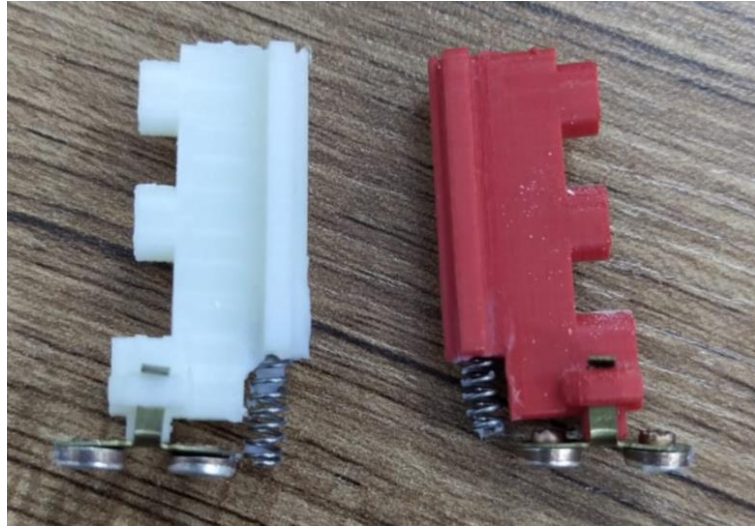
Hata türleri ve etkileri analizinin temel misyonu, bir hatanın oluşup, farklı sonuçlar doğurmadan hemen önce tespit edilerek veya öngörülerek; hata etkilerinin değerlendirilmesini ve en uygun aksiyonun en uygun zamanda alınmasını amaçlamıştır.

Çeşitli türleri bulunan hata türleri ve etkileri analizinin Tasarım Hataları ve Etkileri Analizi yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır. (DFMEA – Design Failure Modes and Effect Analysis)

Projenin tasarım safhası ilerlerken, prototip üretimi ve dolayısıyla nihai seri üretim aşamaları göz önünde bulundurulmuştur. Doğru tasarıma ulaşılmasında yapılan bu prosedürün önemi büyüktür.

### 4.3.1 Prototip Ürün Montajı – İlk Tasarım

Montaj için öncelikle düşey hareket eden plastik parçaların altında devre saclarını takarak başlanır. Prototip tasarımına uygun olarak düzenlenen sacların bağlantı bölgelerindeki tınakları birbirine yaklaştırarak, plastikte bulunan kanal içerisinden geçmesi sağlanır. Devre sacı takılırken, hareketin geri dönüşünü sağlayacak olan yay da iki parça arasına kurulur. Plastik parçada bulunan erkek çıkıntı sayesinde yayın merkezlenmesi sağlanır. 5 parçanın her biri için de aynı işlem tekrarlanır.



Şekil 4.29: Devre sacları ve hareketli plastiklerin montaj görüntüsü.

Kam parçaları birbirlerine montajlanır. Poke-yoke tekniği uygulanan tasarımı sayesinde yalnızca 1 şekilde montajlanabilir durumdadır. Poke-yoke, hata engelleme anlamına gelen Japonca bir terimdir. Otomatik olmayan işlerin yapımında kullanılabilir. Ethernet kablosunun ucu ters takılmayacak şekilde imal edilmiş olması, poke-yoke çalışmasına örnek verilebilir.



**Şekil 4.30:** Kam parçaları, demonte halde.



**Şekil 4.31:** Kam parçaları, montajlı hali.

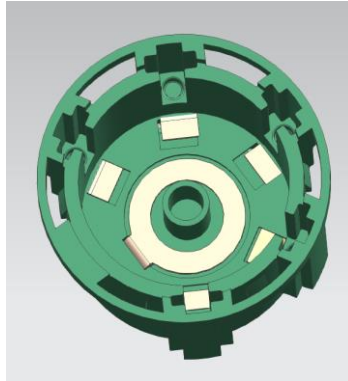
En üstte konumlanan, kontak kademelerinin oluşturulmasını sağlayan kam parçasına, marş pozisyonunda sistemin işlevini yerine getirdikten sonra önceki konumuna dönmesini sağlayacak olan yayın montajı yapılır. Buna benzer işlerde kullanılan yaylara kurma yayı adı verilir. Aşağıdaki görselde yayın, kurulmuş ve kurulmamış halleri bir arada görünmektedir.





**Şekil 4.32:** Pozisyon kontrol plastiği ve kurma yayı. (Solda kurulmuş, sağda kurulmamış.)

Alt gövde içerisine, kontak kademelerinin elektrik çıkışlarını sağlayacak olan sac parçaları uygun konumda yerleştirilir. Burada, sacların sabitlenmesi için – yalnızca prototip üretimi için- uhu ve japon yapıştırıcısı benzeri hızlı sabitleme sıvıları kullanılabilir.

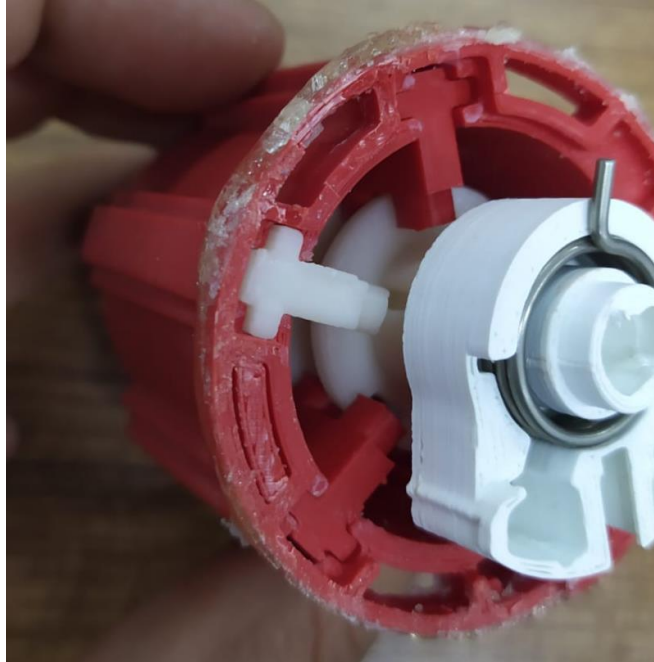


**Şekil 4.33:** Alt gövde ve devre sacları – 3D model görüntüsü.



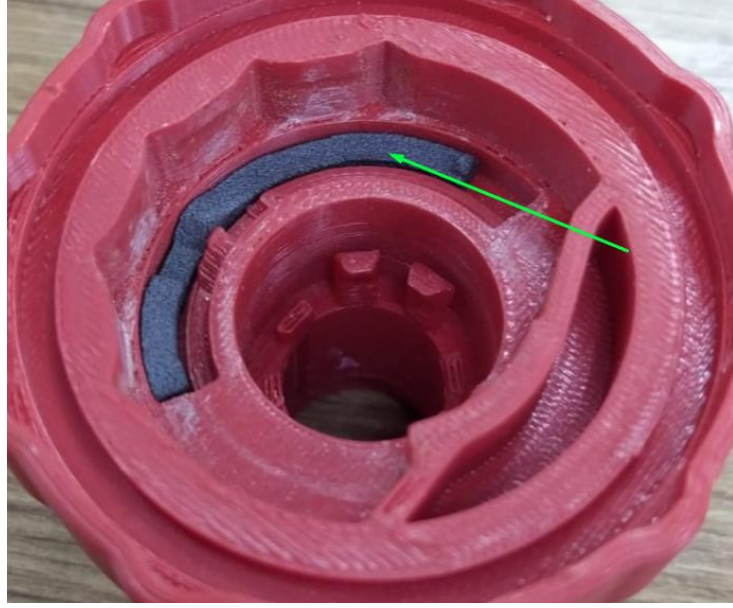
**Şekil 4.34:** Alt gövde ve devre sacları – prototip üretim görüntüsü.

Düşey mekanizmanın 5 devre parçası ve kam parçaları gövde içerisine uygun konumda yerleştirilir.



**Şekil 4.35:** Devre elemanları ve kam parçalarının montaj görüntüsü.

Üst gövde içerisine marş koruma parçası yerleştirilir.



**Şekil 4.36:** Marş koruması parçasının montaj pozisyonu.

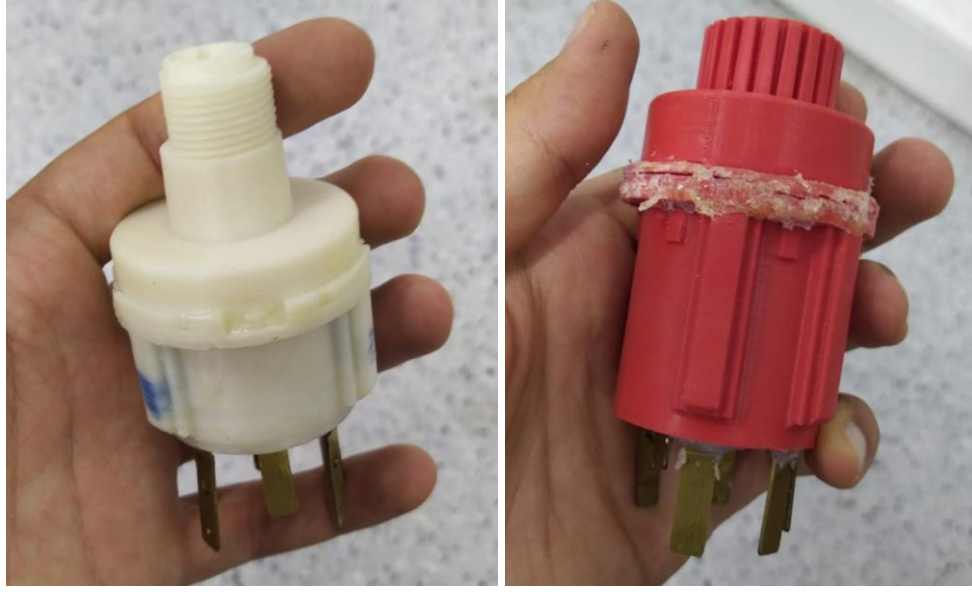
Alt gövde ve üst gövdeyi birleştirmek yani sistemi kapatmak için yapılacak montajın son adımı için parçalar yatay pozisyonda tutulmalıdır. Gövdeler içinde bulunan hareketli parçaların yerlerinde kaldığından emin olmak için dikkat edilmelidir. Bu aşamada yaşanan zorluk, seri üretimde uygun montaj aparatları ve montaj fikstürleri kullanılacağı için geçici olacaktır.



**Şekil 4.37:** Alt ve üst gövdenin kapatılması işlemi.

Üst ve alt gövdeler birleştirilirken tırnakların yerine oturduğundan emin olmak gerekir. Eğer ihtiyaç duyulursa tırnak ve gövdelerin kapanma bölgelerine hızlı yapıştırıcı sıvıları uygulanabilir. Buradaki asıl amaç, içeride bulunan tasarımın talebi

karşılıyıp karşılamadığını ölçmek ve zorlukları öngörmek olduğu için, prototip üründe montaj işlevini kolaylaştıracak ek ürün kullanımı normaldir. (Şekilde görüldüğü gibi, montaj sırasında kırılan tırnaklar yerine hızlı yapıştırıcılar kullanılmıştır.) Gövdelerin kapanma işlemi için tırnak yerine yapıştırıcı madde kullanımı ürün performansına ve kontrol edilen çalışma mekanizmalarına etki etmeyecektir.



Şekil 4.38: Montajlanmış ürün görselleri.

### 4.3.2 Prototip Ürün Montajı – İkinci Tasarım

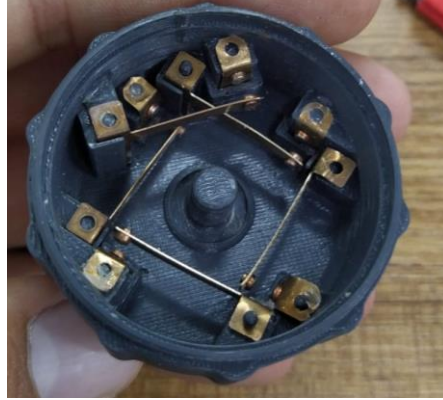
İkinci tasarıma başlarken öncelikle devre saclarının hazırlanması gerekmektedir. Bükülmüş devre saclarında bulunan perçin boşluklarına, proses için uygun olarak seçilmiş perçinler montajlanmalıdır.

Perçin çakma işlemi için el presi cihazı kullanılabileceği gibi pnömatik perçin çakma makinesi de kullanılabilir. Projenin bu aşamasında perçin çakma makinesi yatırımı yapılmadığı için el presi kullanılmıştır.

Uygun pres ucu el presi makinesine takılarak, fikstür üzerine devre sacları ve perçinler yerleştirilir. El presiyle perçinin kuyruk bölgesi devre sacı üzerine sıvanarak iki parçanın montajlanması sağlanır. Bu işlem sonucunda perçin ve devre

sacı birbirine sıkıca montajlanmış olur. Bu işlem sırayla tüm devre sacları için uygulanır.

Devre saclarının hazırlığı tamamlandıktan sonra, devre sacları alt gövde içerisine uygun bölgelere montajlanır. Bazı devrenin yüksekliği farklı olabileceği için yüksekliğe uygun devre sacının, uygun bölgeye montajlanmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 4.39: Devre sacları ve alt gövde montaj görseli.

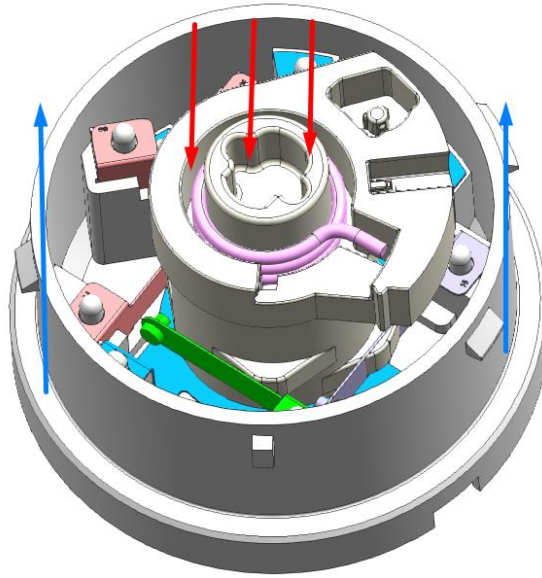
Bu proses için seri üretimde sıcak yüzey baskı cihazı kullanılması planlanmıştır. Plastikte bulunan çıkıntılar, sıcak yüzey baskı cihazında bulunacak olan uygun fikstür ile ergitilip ezilerek devre saclarının üzerine kapanması amaçlanmaktadır. Böylece devre sacları, plastiğin kendisiyle montajlanmış olacak ve ek parçaya gerek duyulmayacaktır. Fakat şu an bulunulan prototip aşamasında henüz bu cihaz edinilmediği için devre saclarını gövdeye sabitlemek için hızlı yapıştırıcı kullanılabilir. Sacların, alt gövde ile temas ettiği yüzeylere bir miktar yapıştırıcı sıvısı uygulanarak plastiğe tutunması sağlanır. Bu tutunma oranı prototip üretimi ve tasarım doğrulaması için yeterlidir.

Eski tasarımda da bulunan, kontak kademelerinin oluşmasını sağlayan parça tasarımı, bu tasarıma da direkt taşınmıştır. Kam parçasının üst bölgesinde bulunan, kontak kademelerinin oluşmasını sağlayan parça, marş kademesinde yaylanarak bir önceki devreye geri dönmektedir. Bu yaylanma işlemi için kurma yayı ilgili bölgeye yerleştirilir.

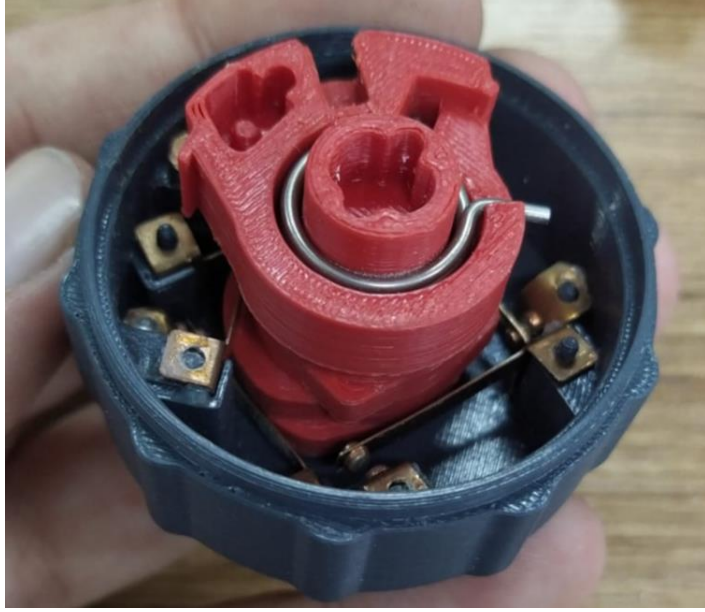


**Şekil 4.40:** Kam parçası ve kurma yayı montaj görseli.

Kam parçası üzerine yay kurulduktan sonra kam parçası, alt gövde içerisine yerleştirilmelidir. Bu işlem sırasında, kam parçası üzerinde bulunan, kontak anahtarının devre şemasını oluşturan çıkıntılar, devre saclarına takılma ihtimali bulunmaktadır. Devre saclarının zarar görmemesi için kam parçası, dikkatlice ve döndürerek montajlanmalıdır. Üzerinde bulunan çıkıntılar sacları yaylandırarak kam parçasının montajına olanak sağlamalıdır.

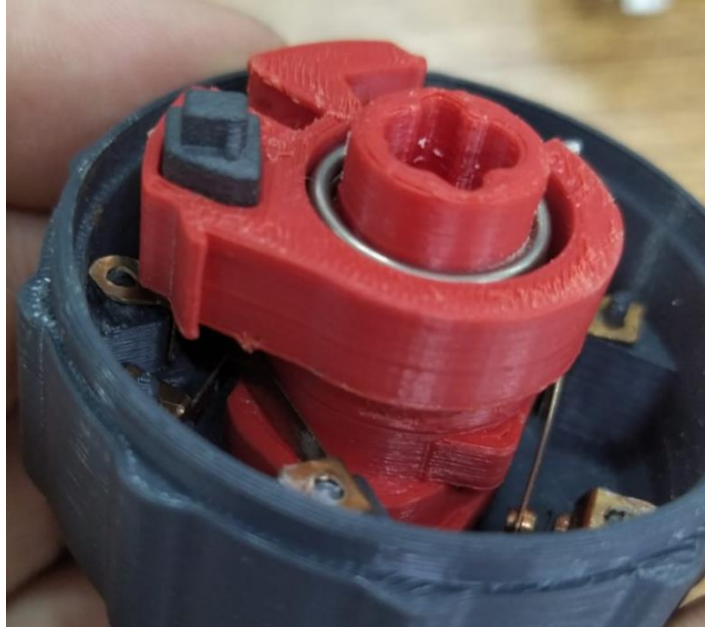


**Şekil 4.41:** Montajın 3D model üzerinde gösterilmesi.

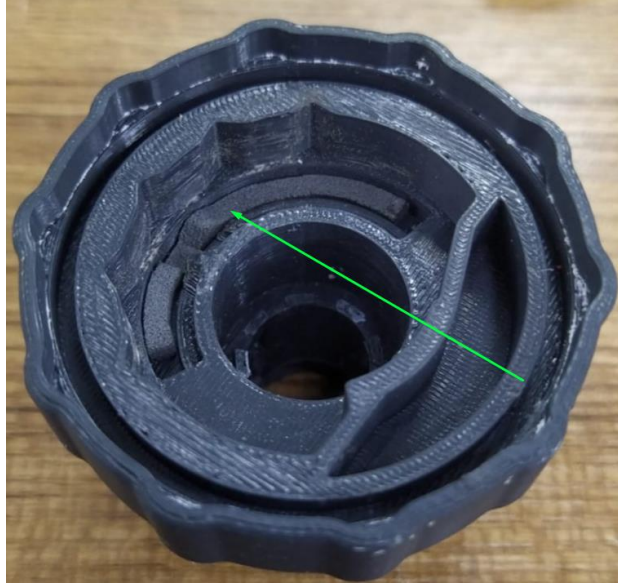


**Şekil 4.42:** Alt gövdenin kam parçası ile birleştirilmesi.

Kam parçası yerine montajlandıktan sonra, marş korumasına ait bir parça kam parçasının üzerine yay ile birlikte yerleştirilir. Alt gövde montajının ardından üst gövde için, eski tasarımda da bulunan marş koruması parçası üst gövdenin belirli bölgesine yerleştirilir.



**Şekil 4.43:** Marş koruma parçasının kam üzerine montaj görseli.



**Şekil 4.44:** Marş koruma parçasının üst gövdeye montaj görseli.

Alt ve üst gövdenin içersine ilgili alt komponentler yerleştirildikten sonra gövdelerin birbirine montajı yapılır. Bu işlem sırasında gövdeler üzerinde bulunan ve sistemin tek yönlü montajlanabilmesini sağlayan poka-yoke çıkıntılarına dikkat edilmelidir. Gövdeler uygun pozisyona getirildikten sonra birbirine bastırılarak, her biri üzerinde bulunan tırnakların esnemesi ve montajın tamamlanması sağlanır.



**Şekil 4.45:** Üst ve alt gövdenin kapatılması.



Gövdeler birbirine sıkıca kapatıldıktan sonra ürün montajı tamamlanmış olur. Yine burada da gövdelerin kapanmasından emin olmak için, temas bölgelerine yapıştırıcı sıvı uygulaması yapılabilir.



Şekil 4.46: Montajlanmış ürün görseli.

### 4.3.3 Prototiplerin İncelenmesi ve Sonuçlar

#### 4.3.3.1 İlk Tasarım

İlk tasarım yapıldıktan sonra yapılan tasarımı doğrulamak ve sistemin çalışma prensibinden emin olmak için bir takım denemeler yapılmıştır.

İlk bakışta, sistemde bulunan komponent sayısının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bir üründe bulunan alt komponent parçalarının fazlalığı, birçok şeyi olumsuz etkileyebilir. Bunlar kabaca;

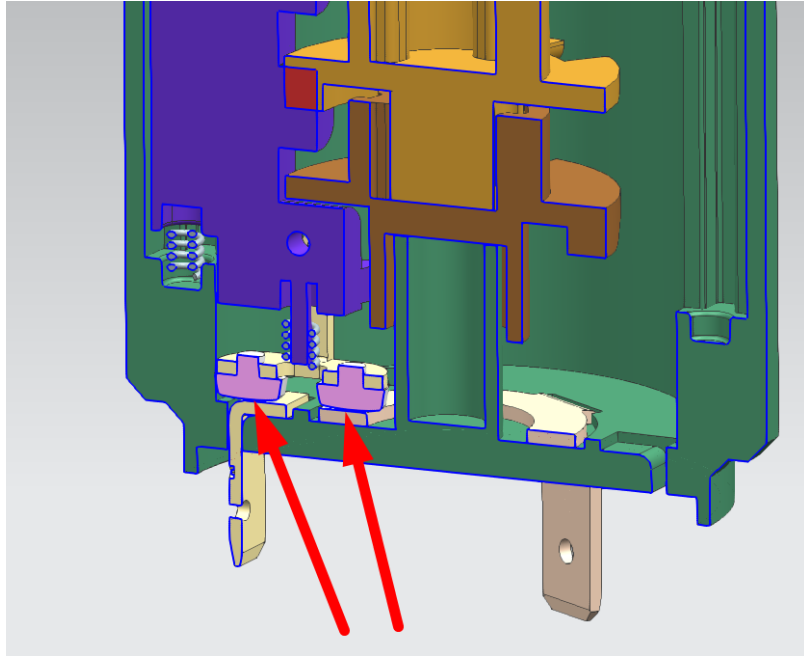
1. Ürün maliyeti,
2. Depolama ve stok kontrol yükü,
3. Montaj iş yükü,
4. Proses zorluğu ve kontrol edilebilirlik,

## 5. Sorunsuz üretim takibi

olarak belirtilebilir.

Elektrik devrelerini oluşturan parçaların fazla olması ve tasarım bazlı sistemin kontrolünün yüksek dikkat gerektirmesi, seri üretim safhasında operatörleri zorlayacaktır. Montaj işleminin uzun sürmesi verimin düşmesine neden olacaktır. Sistemin montajı yapılırken, yapılacak her bir yanlış montajda yeni devre yapısına sahip ürünler ortaya çıkacaktır. Bu durum, hat aralarında %100 parça ve proses kontrolü olmasını gerektirmektedir. Yapılan her hatalı montaj sonrasında parçaların demonte olması ve düzenlenmesi işlemleri olacağı için fazla çalışma durumu ortaya çıkacak ve yine verim negatif yönde etkilenecektir.

Sistemdeki alt komponent parçalarının adet olarak fazla olmasını göz ardı ettiğimizde, devrelerin kapanması için gerekli olan perçinlerin birbirine temas etmesi işleminin yeterince verimli olmadığı görülüyor. Aşağıdaki kesit görüntüsünde görüldüğü gibi, devrenin tamamlanması için, hareketli devre sacı üzerinde bulunan perçinlerin, iki farklı sac üzerine tam temas sağlaması gerekmektedir.

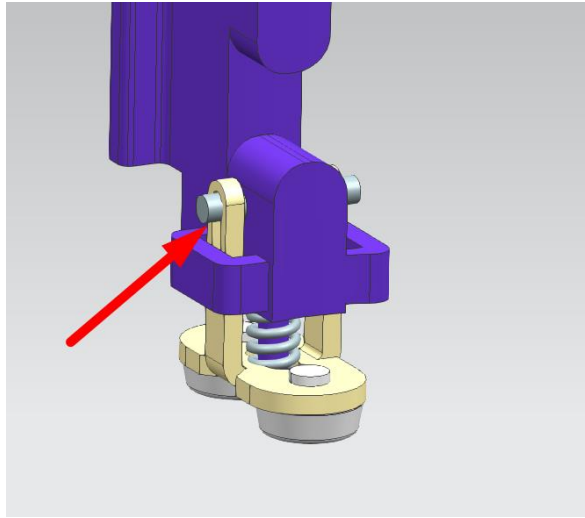


**Şekil 4.47:** Perçinlerin itilerek devrenin kapanması.

Hareketli devre sacı üzerinde iki uçta bulunan perçinlerin eş düzlemde bulunması çok önemlidir. Hareketli devre sacı, devreyi tamamlama misyonunu orta

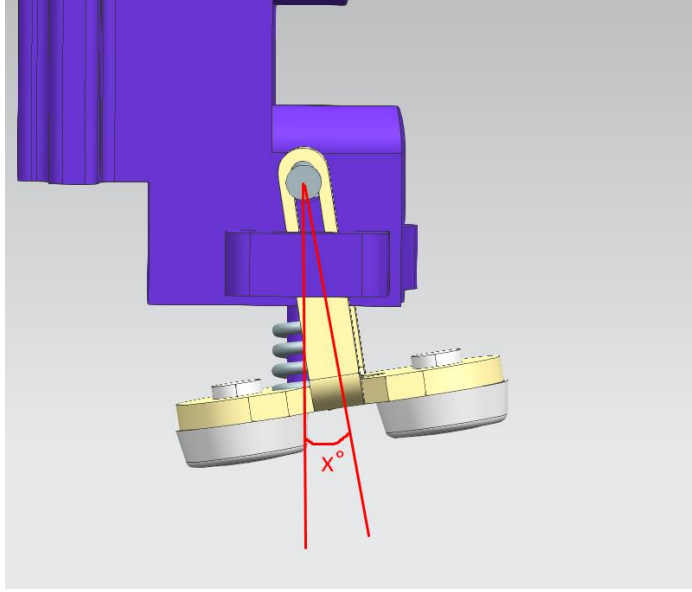
noktasından uygulanan yay kuvvetinin etkisiyle her noktaya eşit baskı uygulaması üzerine kuruludur. Tasarım sırasında bu durum öngörülerek, her iki perçinin aynı anda baskı sağlayabilmesi için yay eklenmiştir. Fakat seri üretim şartları göz önünde bulundurulduğunda, hareketli devre sacının düzlemselliğini korumak pek mümkün olmayacaktır. Düzlemselliğin olmadığı yarı mamüllerin red edilmesine karar verildiği durumlarda ise hurda maliyeti artacak ve projenin verimi düşecektir.

Hareketli devre sacının, kanal içerisinde hareket eden plastik tutucusuna bağlantısı Şekil 4.48’de gösterildiği gibi tek noktadan yapılmaktadır. Aynı noktanın hareketli devre sacı yüzeyindeki iz düşümünde de kurulmuş bir yay ve bu yayın kuvveti bulunmaktadır. Bu tasarımdaki amaç, perçinlerin eş düzlemde olmadığı durumlarda hareketli devre sacının dönmesini ve devreler üzerine eşit miktarda kuvvet ile basmasını sağlamaktır.



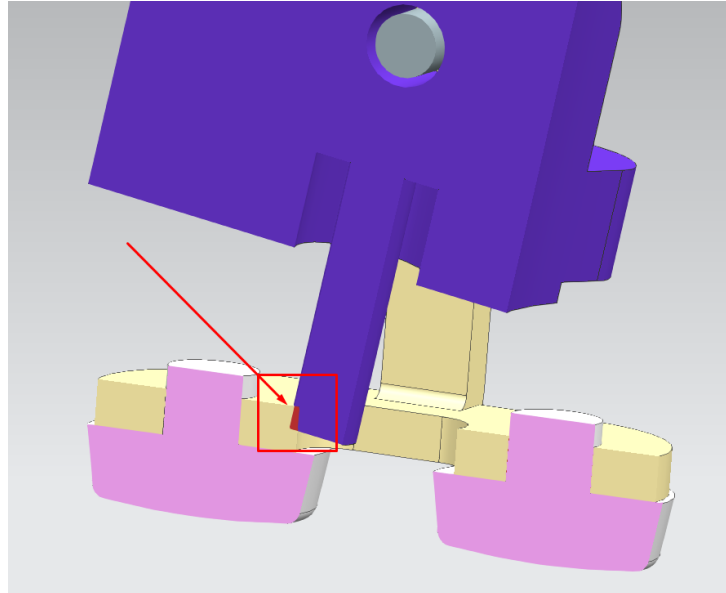
**Şekil 4.48:** Devre sacının hareketi için eklenen pim.

Aşağıdaki şekilde kaçık olduğu durumda hareketli devre sacının düşey ekseninde oluşturabileceği  $x$  derecelik bir açı görülmektedir. (Bu açı maksimum  $7^\circ$  olabilmektedir.) Bu durumda, kontak anahtarında devreyi harekete geçirecek ilgili kademe konumuna gelindiğinde, öncelikle aşağı konumda bulunan perçin temas edecek ve daha sonra kurulmuş olan yayın etkisiyle sac düzleşecek ve diğer perçinin de temas etmesi sağlanacaktır. Bu senaryoda, kısa bir süre sonra hareketli devre sacının düzlemselliği bozulacak ve devre artık kapanamaz duruma gelecektir.



**Şekil 4.49:** Devre sacının eksenden kaçması.

Düzlemsellik konusu haricinde ise hareketli devre sacı üzerinde bulunan merkezleme deliği, plastiğin merkezlemek için bırakılmış olan uzantısını aşındırıcı etki sağlayacaktır. Aşağıdaki resimde hareketli devre sacı ile merkezleme uzantısının çakıştığı durumu görmekteyiz. Çarpma ve sürtünme etkisiyle merkezlemek için yapılan uzantı bir süre sonra kırılacaktır.

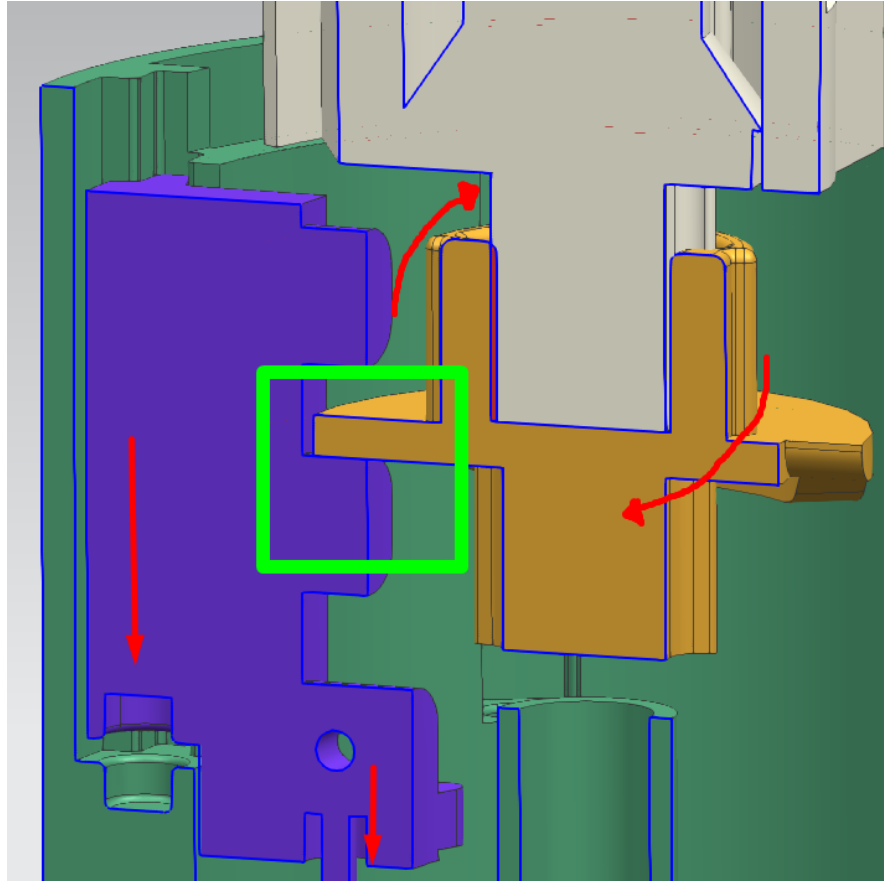


**Şekil 4.50:** Devre sacı ve hareketli plastik parçasının çakışması.

Sistem, tasarım gereği birbiri üzerinden hareketi ileten parçalardan oluşmaktadır. (Marş kademesi parçası, tahrik parçası, hareketli parçalar...) Bu

durum, zamanla aşınmaları beraberinde getirecektir. Burada bahsedilen aşınmalar, iki plastik arasında oluşan, hareket iletimi sırasında gerçekleşen sürtünmelerden oluşmaktadır. İlk olarak, anahtarın döndürülmesiyle başlayan dairesel hareket, en son hareketli devre sacını aşağı itmek için vektörel hareket olarak sonuçlanmaktadır.

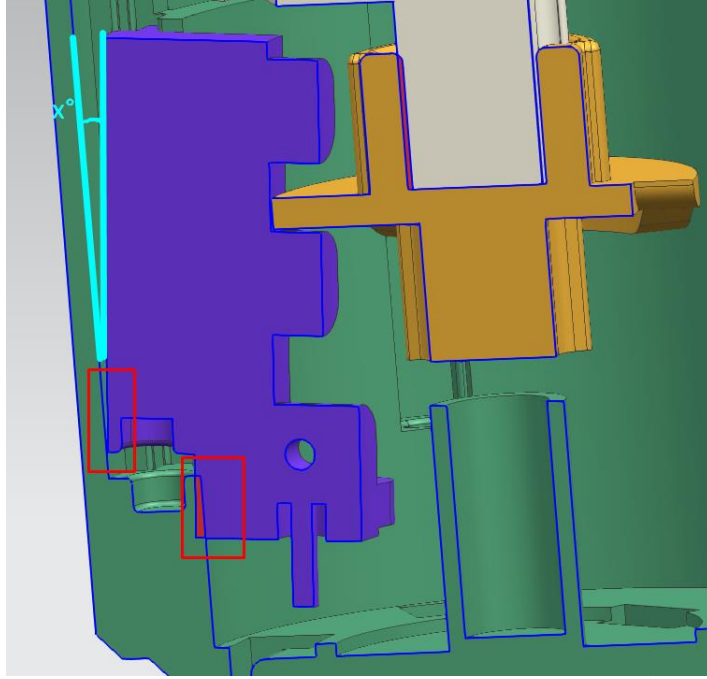
Anahtar ile başlayan dairesel hareket, kam parçası vasıtasıyla hareketli plastiğe aktarılmaktadır. Bu aktarım sırasında hareket yön değiştirerek vektörel hareket olur ve hareketli devre sacının aşağıya hareket etmesi sağlanır. Bu hareketin iletimi aşağıdaki şekilde yeşil kare ile belirtilen yüzeyler arasında olur. Hareketli plastiğin kütle merkezinden uzak bir bölgeden yapılan temas ve kuvvet, parçanın düşey eksene olan paralel duruşunu bozar.



**Şekil 4.51:** Kam parçasının hareketli plastiği hareket ettirme durumu.

Hareketli plastiğin paralelliğinin bozulmasıyla, gövdeye temas ettiği yüzey alanı azalır ve kuvvet bir noktada toplanmaya başlar. Bu noktasal temas yüzeyi, gövdeye uygulanan sürtünme kuvvetini artırır. Hareket eden parçaların konumunun bozulmasıyla hareket iletimi zorlaşacak ve düzgün bir hareket iletimi

sağlanamayacaktır. Bu durumda parçadan kullanıcıya zamanla daha kötü bir tepki oluşacaktır. Aşağıdaki görselde, hareketli plastik ile gövde arasında olan çakışma yüzeyleri ve hareketli plastiğin yapmış olduğu pozisyon değişikliğinden doğan açı görülmektedir.



Şekil 4.52: Hareketli plastiğin eksenden kaçık hareketi.

Üst resimde tek bir hareketli plastik için anlatılan durum, sistemde bulunan 5 farklı devre için yani 5 farklı hareketli plastik için geçerli olmaktadır. Aynı anda 1'den fazla devrenin devreye girdiği durumlarda sistemdeki stabilizasyonun bozulma miktarı her bir devre için artmaktadır.

Sistemde stabilizasyonun oluşturulamaması veya oluşan stabilize çalışma halinin korunamaması; sistemin bir çok farklı faktörden etkilenebilir ve düzeninin kırılgan yapıda olması sebebiyle bu tasarımın revize edilmesi gerekmektedir.

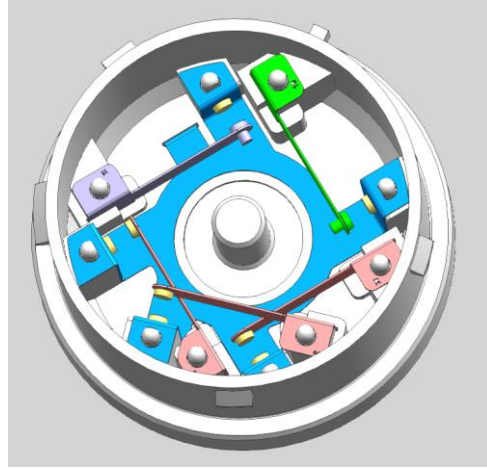
#### 4.3.3.2 İkinci Tasarım

İlk tasarımda bulunan, sistemin birçok değişkene bağlı olması sebebiyle doğan negatif etkiler göz önünde bulundurulduğunda; proje tasarımında değişikliğe gidilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Yapılacak tasarım değişikliği ve iyileştirme

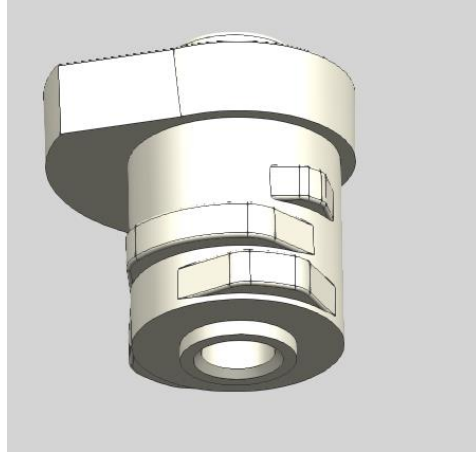
çalışmalarından önce sistemde mevcut olan hataların ve darboğazların tespit edilmesi, ardından çıkan sonuçlara göre tasarım planı yapılarak devam edilmesi gerekmektedir.

Diğer tasarımda gözlemlenen problem oluşturabilecek durumların neredeyse hepsi, sistemin çalışma prensibi sebebiyle ortaya çıkmaktaydı. Bu sebeple yeni çalışmada sistemin çalışma prensibini değiştirmeye yönelik bir tasarım planı oluşturuldu. Projenin çıkış noktası olan sürtünmesiz devre yapısı korunarak, bu devrelerin etkileşime geçiş haline odaklanıldı. İkinci tasarımda, ilk tasarımda bulunan düşey yönlü çalışan mekanizma yerine yatay olarak çalışan bir sistem geliştirildi.

İkinci tasarımda bulunan yatay çalışma prensipli tasarım sayesinde, her bir devre dairesel bir hacim içerisine yerleştirildi. Tetiklenmesi için sistemin merkezinde bulunan bir kam mekanizması ve bu kam mekanizması üzerine eklenen çıkıntılarla her devre birbirinden bağımsız olarak tetiklenebilir hale getirildi.



**Şekil 4.53:** Yatay çalışma prensibine ait tasarımın görseli.



**Şekil 4.54:** Kam parçasının görseli.

Ürünün çalışma hissiyatı, bir prototip için bile gayet iyi, kabul edilebilir seviyenin üzerindedir. Sistem ve tasarım doğrulaması için prototip ürün ömür çevrim testine bağlandı. Testte kullanılacak elektriksel koşullar COBO markasının 14-0469-0000 numaralı kontak anahtarı ürünün maksimum akım değerlerinin üzerinde olacak şekilde belirlendi. Devrelere verilecek olan yüksek akım ile ısı oluşumu ve sistemin çalışma mekanizmasının davranışı incelendi.

#### **4.3.3.3 Test Sonuçları ve Karşılaştırma**

Baz tasarıma karşılık yapılmış olan yeni prototip ürünün test sonuçları aşağıya eklenmiştir.

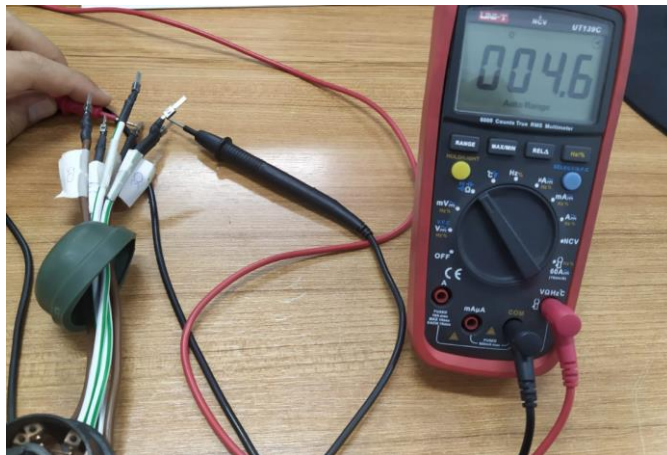
Prototip ürün, Nesan Otomotiv laboratuvarlarında bulunan kontak anahtarı test cihazında teste tabii tutulmuştur. Aşağıdaki şekilde bu test cihazına ait görüntü bulunmaktadır.





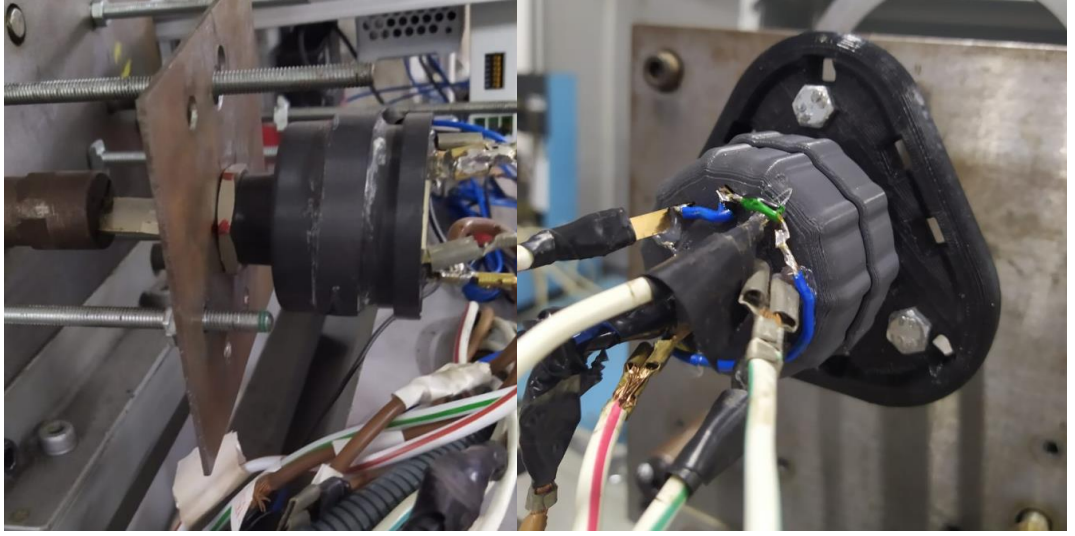
Şekil 4.55: Test cihazı görseli.

Tasarlanan ürünün iç direnç ölçümü yapıldığında yaklaşık 8 katlık bir iyileşme yapıldığı görülmektedir. Perçinlerin birbirine iyi teması ve kullanılan malzeme tipleri sayesinde devreler arasında oluşan iç direnç oldukça düşmüştür. Aşağıda yapılan iç direnç ölçümüne ait görsel bulunmaktadır. İç direncin düşük olması ile perçinler arasında oluşan voltaj düşecektir. Bu sebeple bağlantı noktalarında oluşan güç azalarak, üründen dışarı atılan sıcaklığı düşürecektir.



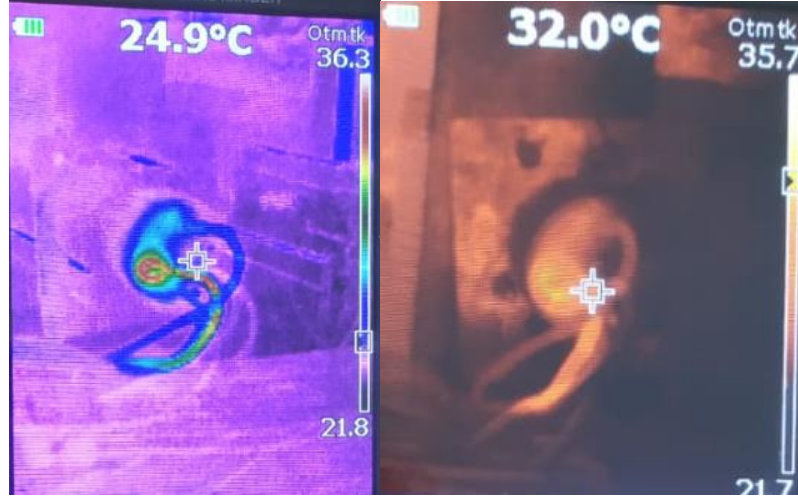
Şekil 4.56: İç direnç ölçümü.

Numune cihaza bağlandıktan sonra ilk olarak dönüş açılarının ayarlamaları yapıldı. Prototip ürüne göre test cihazının dönüş açıları belirlendi ve sisteme tanımlandı. Aşağıdaki görselde cihaz üzerine bağlanan ürünün görseli bulunmaktadır. Ürün içerisinden akım geçirilmesi için bağlanan kablolar sabitlenmesi için elektrik bandı ile sağlamlaştırma yapılmıştır.



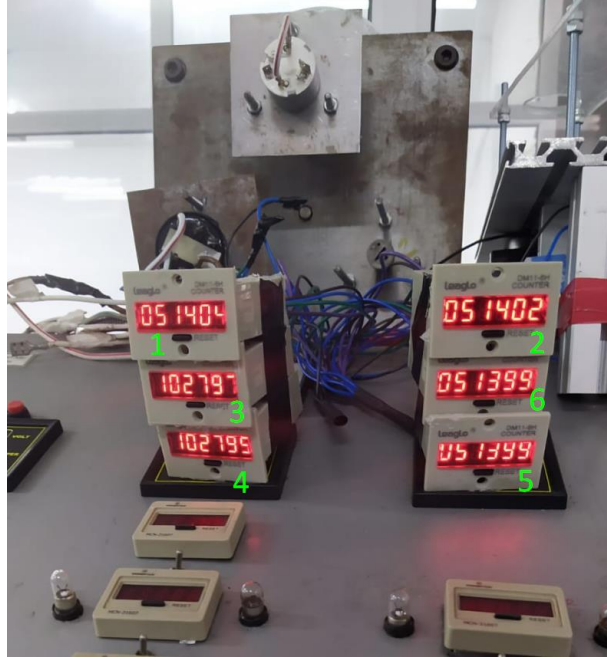
**Şekil 4.57:** Prototip ürünlerin test cihazına bağlanması.

Prototip ürüne ortalama 24 volt 15 amper akım bağlanarak, ürün içerisinden elektrik geçirilmesi sağlanmıştır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ürünün testi sırasında çekilen termal kamera görüntüsünde maksimum sıcaklığa ulaşan bölgenin, Ford ES-9C45-14K147-AA kodlu genel anahtar ürünlerindeki 24 volt için mühendislik performans isterleri standardında “oda sıcaklığının 25 °C kabul edildiği ortamda anahtarın tüm yüzeylerindeki sıcaklık maksimum 38 °C olmalıdır” ibaresine göre uygun olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.58:** Termal kamera görüntüleri.

Test sonrasında ölçüm sayaçları incelendiğinde, ürünün çalışma şematığına uygun olarak çalıştığı görülmektedir. Üretilen üründe bulunan 5 devre; her bir çevrimde 2 tanesi 2 çevrim, kalan 3 devre ise birer çevrim yapacak şekilde tasarlanmıştır. Aşağıdaki şekilde ömür çevrimi test sayaçları görülmektedir. Eski üründe toplam 49772 çevrim sonucunda marş kademesinin 8963 kere eksik saydığı görülmektedir. Bu fark, yaklaşık %20'lik bir değerdeki hareketin kaybı demektir. Yenilenen tasarım ile yapılan test sonucuna bakıldığında ise toplam 51404 çevrim yapıldığında marş kademesinde yalnızca 5 defa eksik sayma görülmektedir. Diğer devrelerde de en büyük sayım farkının 13 olduğu görülmektedir. Yaklaşık 50000 çevrim yapılan bir ömür testinde gerçekleşen 13 adetlik sayım farkı üründeki mekanizmanın mükemmele yakın çalıştığını göstermektedir.

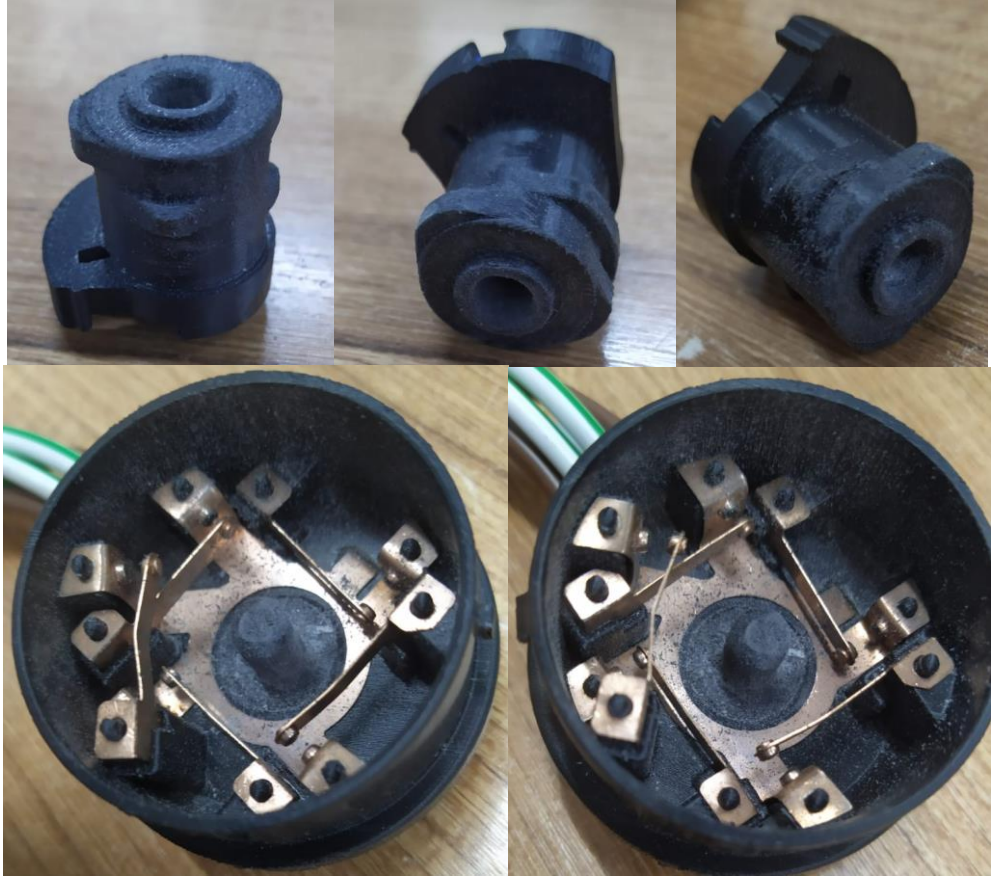


Şekil 4.59: Sayaç görselleri.

Şekil 4.59’da görülen sayaç numaralarının karşılıkları aşağıda verilmiştir.

- 1 numaralı sayaç: Test çevrim sayısını göstermektedir.
- 6 numaralı sayaç: Marş kademesini göstermektedir.
- 2-5 arası sayaçlar: Çeşitli aksesuar kademelerini göstermektedir.
- 3 ve 4 numaralı sayaçlar: 1 çevrimde 2 defa tetiklenen kademelerdir.

Test sonucunda ürün demonte edilerek içerisinde bulunan komponentler incelenmiştir. Perçinler üzerinde eski üründe görüldüğü gibi bir aşınmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, aşınma olmadığı için ürün içerisinde yağ ile karışan bakır parçası artıkları da bulunmamaktadır. Perçinlerin dışında, sacların durumu incelendiğinde, plastik kam parçasının etkisiyle oluşan izler görülmektedir fakat bu durum sacların çalışmasına olumsuz bir etki yaratmamaktadır. Prototip üretimi olan plastiklerde yorulmaya bağlı olarak aşınmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu aşınmalar da ürünün çalışmasını negatif etkileyecek bir durum oluşturmamıştır. Aşağıdaki görselde test sonrasında demonte edilmiş ürünün parçaları bulunmaktadır.



Şekil 4.60: Test sonrası numune görselleri.

Aşağıdaki tabloda yapılan test sonuçları özet olarak listelenmiştir.

Tablo 4.2: Karşılaştırma tablosu

Testler	Baz alınan tasarım	Yeni Ürün
Ömür testi (hareket kaybı)	18%	0,001%
İç direnç (ohm)	39,7	4,6
Sıcaklık (°C)	44	36,3

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, aktif ve ağırlıklı olarak kullanılmakta olan kontak anahtarlarına alternatif olarak bir ürün geliştirilmiştir. Kullanılmakta olan ürünler içerisinde, düşey olarak hareket eden ve anahtarın dönme hareketinin direkt devreler üzerine iletilerek, farklı devreler ve faz devresinin kapanıp-açılmasının bu döner hareketle yapılması sağlanmaktadır. Birbiri üzerinde kayarak hareket eden perçinler ve saclar güvenli olmayan bir bağlantı sağlamaktadır.

Devrelerin birbirine direkt temas etmesi ve bu temasın yine direkt ve birbirine paralel ekseninde ayrılacak şekilde olması sağlanan bir ürün geliştirilmiştir. Projeye uygun malzeme seçimiyle birlikte yapılan denemeler sonucunda tasarımın doğruluğu kanıtlanmıştır. Mekanik ve elektriksel ömür testlerine tabii tutulan, prototip ve dayanımının düşük olması beklenen komponentlerle üretilen ürün, tasarlanan çalışma prensibinin devamlılığını gözler önüne sermiştir.

Her iki ürünün iç dirençlerine baktığımızda, ilk üründe ölçülen iç direnç değeri 39,7 ohm iken geliştirilmiş üründe bu değer 4,6 ohm değerine kadar düşmektedir. Bu yaklaşık 8 katlık değişim, geliştirilen üründeki elektrik iletiminin iyileştirilmesini göstermektedir. Test sırasında ortaya çıkan sıcaklık değerlerine baktığımızda; eski üründe ölçülen 44 °C değerinin 32 °C değerlerine düştüğü görülmektedir. Bu durum, ısı iletkenliğinin %27 daha iyi seviyeye geldiğini ortaya koymaktadır. Test sonuçlarına bakıldığında, ömür çevrimi testinde ilk üründe yaklaşık %20'lik hareketin kaybı oluşurken, geliştirilmiş üründeki maksimum hareket kaybı %0,26'dır. Bu veri, ürünün stabil çalıştığını ve hareketin güvenli bir şekilde iletildiğini göstermektedir.

İleride projenin seri üretime geçişiyle birlikte kalıp üretimi yapılması planlanmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıpları ve sac metaller için soğuk şekillendirme pres kalıplarının imalatının ardından üretilen nihai ürün, kullanılacağı araçların çalışma ortamlarına uygun olarak belirlenen zorlu ortam şartlarında bir dizi testten geçirilmelidir. Ürün, bu testlerden geçirilerek valide edilmeli, doğrulanmalıdır.

Projenin kalıp aşamalarında plastik parçaların enjeksiyon kalıp üretimleri için Moldflow yazılımı kullanılarak akış analiz edilmeli, parçanın yolluk ve patlama noktaları bu analiz sonuçları değerlendirilerek tayin edilmelidir. Kam parçasının sıcak yolluk ile imal edilmesi, özellikle ütüleme profilinin üzerinde çalışılarak çarpılmaların minimum seviyeye indirilmesi önerilmektedir.

Ürünün araç ile bağlantı noktaları üzerinde çalışılabilir. Farklı araç tipleri için ürün üzerine kablo çıkışı verilmesi planlansa da, terminal çıkışlı versiyonlar için alt gövde tasarımı üzerine çalışılabilir.

Üretim prosesini iyileştirmek, maliyeti düşürmek ve verimi arttırmak adına; sac parçaların alt gövde üretimine dahil edilmesi organize edilebilir. Tasarımda yapılacak küçük değişikliklerle, plastik enjeksiyon prosesi içerisine sac parçalar eklenerek, insert baskı alınması sağlanabilir. Kalıp üretimi aşamasına geçilmeden bu konu üzerine çalışma yapılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

Altan, T., Metal Forming: Fundamentals and Applications, American Society for Metals, (1983).

Ashby M.F. ve Johnson K. Materials and design: the art and science of material selection in product design. Butterworth-Heinemann, (2014).

Akkurt, S., Plastik Malzeme Bilgisi, s. 96-118,193-196, İstanbul, (1991).

Arima, A., Progress in particle and nuclear physics, vol 4, New York: Pergamon, 45-52, (1978).

Ateş, F., Grup ve Monoid Yapılarına Geometrik Yaklaşımlar, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Balıkesir, (2007).

Aurubis Technical Data Sheet, Aurubis Metals for Progress, C51900 <https://www.aurubis.com/binaries/content/assets/aurubisrelaunch/files/datenblatt/cusn6/c51900-cusn6-us.pdf>, (2022).

Aurubis material datasheet, CuZn30[online], (2022) [https://www.aurubis-stolberg.com/wdb/band/eng/Brass/CuZn30-PNA%20226\\_EN.pdf](https://www.aurubis-stolberg.com/wdb/band/eng/Brass/CuZn30-PNA%20226_EN.pdf), (2022).

Behrens, V., "11 Beryllium". In Beiss, P. (ed.). Landolt-Börnstein – Group VIII Advanced Materials and Technologies. (2003).

Beralcast – Beryllium Aluminum Alloys. IBC Advanced Alloys. Archived from the original on 2015- 07-23. Retrieved 2015-07-22.

CBS News, “Engineer’s “switch from hell” began GM recall woes[online]”, (2022), <https://www.cbsnews.com/news/engineers-switch-from-hell-began-gm-recall-woes/>, (2014).



Celanese, Polyester Technical Manual – Celanex PBT  
celanese.com/engineered-materials

Copper Development Association, Brass[online], (2022),  
<https://www.copper.org/resources/properties/microstructure/brasses.html>,  
(2022).

Copper Development Association, Phosphor Bronze[online], (2022),  
[https://www.copper.org/resources/properties/microstructure/phos\\_bronze.htm](https://www.copper.org/resources/properties/microstructure/phos_bronze.html)  
l, (2022).

Dupont, Material Data Sheet, Rynite 530 BK503[online], Thermoplastic  
Polyester Resin, (2021)  
[https://dupont.materialdatacenter.com/en/products/datasheet/SI/Rynite%C2%  
AE%20530%20BK503](https://dupont.materialdatacenter.com/en/products/datasheet/SI/Rynite%C2%AE%20530%20BK503), (2022).

Davis, J. R., Beryllium Metals Handbook. ASM International. Ohio, ABD pp.  
690–691. ISBN 978-0-87170-654- 6. (1998).

Engineering Performance Requirements, FORD, (2022).

Eksantrik Mili Blog, Eksantrik Mili Nedir? Arızası Nasıl Anlaşılır?[online],  
(2022), <https://otolye.com/blog/eksantrik-mili>, (2021).

Emsley, J., Nature’s Building Blocks – Oxford University Press, England, p.  
58, (2001).

Engel, U., and Eckstein, R., Microforming – from Basic Research to its  
Realization, J. Mater. Process. Technology, 125, 35-44, (2002).

ENS0310 – Engineering Specifications – CNH, (2022).

Engineering Specifications, MAN, (2022).

Foulger, S.H., Journal of Polymer Science, Polymer Phys., Vol. 37, pp. 1899-  
1910, (1999).

Greschner, U., Trends in the European Automotive Industry and Their Impact on Electrical Component Design and Material Selection, *SAE Technical Paper*, 962391, (1996).

Güllü, A., ve Özdemir, E., ve Demir, H., “Enjeksiyon Parametrelerinin Cam Elyaf Takviyeli Polipropilen (PP) ve Naylon 6 (PA6) Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması”, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5, (2001).

Karagöl B., 3D Printing: What does it offer and for whom?, *Science And Technology Policies Research Center, Metu-Tekpol.*, Working Paper Series; 15: 1–17, (2015).

Koç, R., Mühendislik Plastiklerinin Aşınma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8, 1-14, (2011).

Matias E, Rao, B., 3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business, (2015), *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*; 551-558, (2015).

Materion Material Datasheet – Alloy 174 (C17410) Strip - <https://materion.com/-/media/files/alloy/datasheets/copperberyllium/alloy-174-strip-data-sheet.pdf>, (2022).

MacNeil R. R., “A Problem of Corporate Convenience: A Case Study of the GM Ignition Switch Recall”, *Master’s D Thesis*, Queen’s University, Canada, (2015).

Meija, J., Coplen, T., Berglund, M., Brand, W., Irrgeher, J., “Atomic Weights of the Elements 2013”, *IUPAC Technical Report*, 88(3), 265-291, (2016).

Nedorezova, P.M. ve Tsvetkova V.I., *Polymer Science Series A* 39 pp. 304-309, (1997).

Nesan Automotive R&D Lab., ET-91 Test Bench, (2022)

Nesan Otomotiv Kataloğu, İzmir, 20-28, (2015)

Nesan Otomotiv., Elektromekanik Anahtarlar[online], (2022), <https://www.nesanotomotiv.com/urunlerimiz/elektromekanik-urunler/>, (2021).

Öz, E., Ege Bölgesi'nde Meydana Gelen Traktör Kazalarının Tarımsal İş Güvenliği Açısından Değerlerlendirilmesi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 42(2), 1-8, (2005).

Rosato, D. V. & Rosato, M. V., Plastic Product Material and Process Selection Handbook, Elsevier Science, Holland, (2004).

Schwartz, M. M., Encyclopedia of materials, parts, and finishes. CRC Press. p. 62. ISBN 978- 1-56676- 661-6., (2002).

Speight, J. G. & Lange, N. A., Lange's Handbook of Chemistry (16th ed.) McGraw-Hill Education LLC. New York, NY, USA. pp. 2807–2758., (2005).

Stropnik, J., The Optimal Design of an Auxiliary Switch for an Internal Combustion Engine Starter, *Advances in Mechanisms Design*, 451-457, (2012).

Vollertsen, F., Hu, Z., Niehoff, H., S., Theiler, C, State of the art in micro forming and investigations in micro deep drawing, *Journal of Materials Processing Technology*, 151, 70-79, (2004).

Yalçın, M., ve Parasız, A., CuZn30 Pirinç Malzemede Tane Boyutunun Mikro-Ekstrüzyon İşlem Kuvveti Üzerine Etkisi, Akademik Platform, (2014).

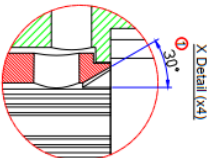


# **EKLER**

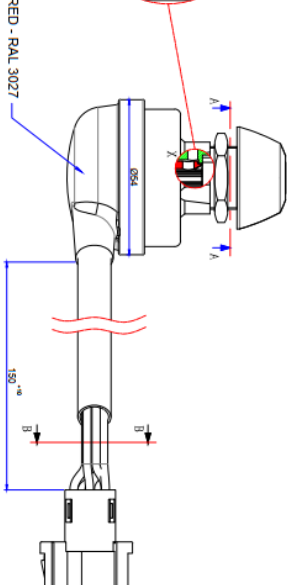
# 7. EKLER

## EK A NS 105 49 Kontak Anahtarı

### X Detail (x4)



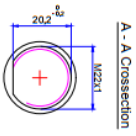
RED - RAL 3027



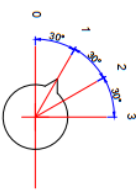
### Operating

- Switch operating torque: 0.2 to 0.45 Nm
- Resistance to damage - A torque of 2.28 Nm
- Operating temperature: -40°C to +80°C (-40°F to +176°F)
- Cycle life: 80,000

### A - A Crosssection



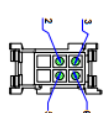
### POSITIONS



### CONNECTOR

PIN 6	Battery +
PIN 5	ACC
PIN 3	IGN
PIN 2	IGN-STR

### B - B Crosssection



### Electrical

Connector: TE-1-98904-1-3  
 Secondary box: 989271-1  
 JPE: 4  
 PIN: 1-982941-1  
 Cable Section: 0.75mm<sup>2</sup>  
 Colour: Grey

### Construction


- Main Body : Zamak 5 (zinc plated)
- Rubber Shelter : TPU (will be painted with red)
- Cable Protector : PVC
- Nut : Aluminium (Anodized) or Brass (Coated)

⓪ : Relieved on barrel mounting.

		OFF	FEED	ACC	IGN	START
		ACC / IGN	—————▲—————	—————▲—————	—————▲—————	—————▲—————
		IGN / STR	—————▲—————	—————▲—————	—————▲—————	—————▲—————

NO	DESCRIPTION	UNIT	QUANTITY
1	12112310 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
2	12112311 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
3	12112312 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
4	12112313 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
5	12112314 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
6	12112315 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
7	12112316 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
8	12112317 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
9	12112318 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
10	12112319 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
11	12112320 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
12	12112321 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
13	12112322 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
14	12112323 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
15	12112324 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
16	12112325 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
17	12112326 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
18	12112327 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
19	12112328 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
20	12112329 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
21	12112330 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
22	12112331 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
23	12112332 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
24	12112333 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
25	12112334 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
26	12112335 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
27	12112336 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
28	12112337 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
29	12112338 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
30	12112339 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
31	12112340 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
32	12112341 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
33	12112342 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
34	12112343 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
35	12112344 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
36	12112345 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
37	12112346 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
38	12112347 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
39	12112348 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
40	12112349 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
41	12112350 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
42	12112351 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
43	12112352 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
44	12112353 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
45	12112354 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
46	12112355 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
47	12112356 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
48	12112357 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
49	12112358 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
50	12112359 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
51	12112360 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
52	12112361 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
53	12112362 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
54	12112363 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
55	12112364 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
56	12112365 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
57	12112366 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
58	12112367 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
59	12112368 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
60	12112369 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
61	12112370 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
62	12112371 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
63	12112372 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
64	12112373 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
65	12112374 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
66	12112375 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
67	12112376 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
68	12112377 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
69	12112378 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
70	12112379 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
71	12112380 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
72	12112381 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
73	12112382 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
74	12112383 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
75	12112384 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
76	12112385 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
77	12112386 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
78	12112387 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
79	12112388 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
80	12112389 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
81	12112390 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
82	12112391 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
83	12112392 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
84	12112393 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
85	12112394 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
86	12112395 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
87	12112396 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
88	12112397 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
89	12112398 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
90	12112399 KONTAK ANAHTARI	PCS	1
91	12112400 KONTAK ANAHTARI	PCS	1

GENERAL TOLERANCE #18



NESAN  
KONTAK ANAHTARI

Bu doküman elektronik orijinaldir. Kayıt orijinal doküman için lütfen herhangi bir değişiklikten sorumluluğu kabul etmeyiniz.

## EK B.1 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları

Tablo B.1: Numunelerin test verileri.

FABRİKA		MERKEZ												
Adres	Beylikbaşı Mah. Çelikoğlu Cad.No.155 41401 Gebze-Kocaeli	Adres	Emek Mah. Aşroğlu Cad.No.147 41700 Darıca-Kocaeli											
Telefon	262-6766620 (10 hat)	Telefon	262-6766600 (20 hat)											
Faks	262-6535512	Faks	262-6766680											
E-posta	quality@sarkuysan.com	E-posta	sksales@sarkuysan.com											
Web	www.sarkuysan.com		pazarlama@sarkuysan.com											
<b>TEST SERTİFİKASI</b> (MUAYENE SERTİFİKASI 3.1 - EN 10204)														
		Tarih	: 10.05.2021											
		Sayfa No	: 1/1											
		Sertifika No	: 80200891											
MÜŞTERİ NO	: 531													
MÜŞTERİ ADI	: TEK ELEKT.METAL SAN.VE TİC.LTD.STL													
MÜŞTERİ ADRESİ	: CAYCILAR SK. N:17/1 - - Türkiye - EYUPSULTAN - EYUPSULTAN													
MÜŞTERİ SİPARİŞ NO	: 2021-029													
MÜŞTERİ ÜRÜN KODU	:													
ÜRÜN TANIMI	: 1,400 mm Sert Cu-ETP Monotel													
ÜRÜN KODU	: MN01400A000P0M0531													
MALZEME TANIMI	: ETP1 Min Cu %99,90													
SEVKİYAT BİLGİLERİ														
ADET	: 13													
NET MİKTAR (kg)	: 257,15 KG													
İRSALİYE NO	: SKC202100004620													
Palet No	Kalite Kontrol No	Makara	Net	Çap	Uzama	Çekme	Direnç	Betkenlik						
		Metraj m	kg	mm	%	Mükavemet N/mm2	Ölçm Ölçm	m2/mm2						
<b>SPESİFİKASYON</b>														
		min.	20.000	1.390	0,8	456,69	0,0000	57,00						
		max.	1473,000	1,400										
1010372945	B118172023	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010372945	B118172024	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010372945	B118172027	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010372945	B118172030	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010372945	B118172032	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010372945	B118172034	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010374161	B118172012	1473,000	19,550	1,396	2,9	506,34	11,2200	58,23						
1010374161	B118172014	1473,000	19,800	1,396	2,9	506,34	11,2200	58,23						
1010374161	B118172015	1473,000	19,800	1,396	2,9	506,34	11,2200	58,23						
1010374161	B118172016	1473,000	19,800	1,396	2,9	506,34	11,2200	58,23						
1010374161	B118172019	1473,000	19,800	1,396	2,9	506,34	11,2200	58,23						
1010374161	B118172020	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
1010374161	B118172026	1473,000	19,800	1,392	1,9	456,69	11,2400	58,46						
YÜZEY DURUMU		Malzeme yüzeyi temiz ve kusurlardan arınmıştır.												
AMBALAJLAMA		Malzeme, uygun taşıma ve sevkiyat koşullarında hasarlanmaya karşı korunmuştur. KN010004 - Yassı/Mono Kargal (Küçük) /												
UYGULANAN SPESİFİKASYON		EN 13602												
UYGUNLUK DEKLARASYONU (EN 1655 Tip C)		Onay Fizik Lab. Şefi												
<small>Bu ürünler, sertifikalı kalite sistem belgesine sahip ürünler tarafından üretilmiştir (TS EN ISO 9001, Sertifikasyon Kuruluşu: TSE, Belge No: KY-022-03AK0-01/09-R10) Bu doküman elektronik olarak yayımlanmıştır.</small>														

## EK B.2 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları

Tablo B.2: Bakır malzeme teknik verileri.



Data sheet		Internal alloy name: CW004A							
<b>EN Cu-ETP/CW004A</b> <b>99,9 % pure copper</b> Metalcenter Group		International alloy name: EN Cu-ETP							
		DIN-Werkstoff no.: 2.0060							
		Alloy type: Electrical conducting							
<b>Main usage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Automotive</li> <li>Builders Hardware</li> <li>Consumer</li> <li>Electrical</li> <li>Fasteners</li> <li>Industrial</li> </ul>	<b>Main properties</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>High thermal and electrical conductivity</li> <li>It has excellent forming properties</li> </ul>	<b>Important norms and literature</b> Extruded products EN 13601: Copper and copper alloys - Copper rod, bar and wire for general electrical purposes.							
<b>Chemical composition (%) DIN EN</b>									
Cu	Bi	Pb	O	Other elements together					
99.90	Max. 0.0005	Max. 0.005	Max. 0.040	-	0.03				
<b>Typical mechanical properties DIN EN</b>									
Material condition	Round, Square & Hexagonal (mm)	Thickness range (mm)	Width range (mm)	Rm MPa	Rp0,2 MPa	A <sub>100mm</sub> %	A %	Hardness HBW	Hardness HV
D	2-160	0,5-40	1-200	COLD WORKED WITHOUT SPECIFIED PROPERTIES					
R250	2-10	1-10	5-200	250	Min. 200	Min. 8	Min. 12	-	-
** Information values only									
<b>Physical properties</b>									
Density (20 °C) g cm <sup>-3</sup>	Solidification range °C	Electrical conductivity %IACS	Thermal conductivity (20 °C) W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Thermal expansion (20-300 °C) µm m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Annealing temperature °C	E - modulus (20 °C) N mm <sup>-2</sup>			
9,0	1070	100	390	17		-			
<b>Properties and information</b>									
<b>Fabrication Properties</b>				<b>Joining Methods</b>					
Hot Formability		Good		Soldering		Excellent			
Cold Formability		Excellent		Brazing		Good			
				Oxy-acetylene welding		Less Suitable			
				Gas-shielded arc welding		Fair			



## EK B.3 Bakır ve Gümüş Malzemelerine Ait Test Raporları

Tablo B.3: Gümüş malzeme teknik verileri



### Inspection certificate 3.1 EN10204

SAXONIA / Rodenbacher Chaussee 4 / 63457 Hanau

Date 14.04.2021  
Page 1 of 2

TEK ELEKTROTEKNIK METAL SAN.  
LTD. STI.  
DEMIRKAPI KERESTECILER SITESI  
Caycilar Sokak No: 17  
34140 EYUP/ISTANBUL  
TÜRKİE

Customer Information				
Customer Number	1004000			
Customer Order No.	614527		Order Date	2021-03-15
Saxonia Order No.	502123	Item 000010	Order Date	2021-03-15
Delivery Note No.	80576513	Item 000000	Planned GI	2021-04-16
Material Information				
Material number	3000001677			
Material description	Wire of AgNi10 Diameter: 2,00 mm annealed, on spools			
Customer Material Number				
Batch Nr.	4603045447			
Quantity	50.073	KG		
diameter	mm	Target Val. 2,000	LL 1,980	UL 2,020
diameter	mm	Mean Val. 1,999	Min. Value 1,998	Max. Value 2,000
tensile strength	N/mm2	Target Val. 250,00	LL 210,00	UL 270,00
tensile strength	N/mm2	Mean Val. 255,93	Min. Value 253,06	Max. Value 257,62
elongation	%	Target Val. 25,00	LL 25,00	
elongation	%	Mean Val. 27,97	Min. Value 27,04	Max. Value 28,86
Ag-Content	%	Target Val. 90,00	LL 89,00	UL 91,00
Ag-Content	%	Actual Value 89,69		
torsion test		Decision OK		
visual test		Decision OK		
*** End ***				
<b>Manufacturing requirements are satisfactory</b>				
This document has been electronically generated and therefore does not confirm a signature. The above information relates to results of our quality testing procedures. No legal assurance of any particular				

## EK C.1 CuZn30 Pirinç Levha Teknik Özellikleri

Tablo C.1: Pirinç malzeme teknik verileri

Material Datasheet CuZn30



### CuZn30

Comparable standards: UNS C26000 • EN CW505L • JIS C2600

Aurubis designations: C260 • PNA 226

**Description** CuZn30 is a solid solution strengthened copper alloy containing 30% zinc (brass). The alloy has very good cold forming properties and can be brazed and soldered, welding processes need to be executed with care, due to the high zinc content. As the zinc content increases, the strength improves, yet the conductivity and ductility are reduced and the alloy gets more susceptible to stress corrosion cracking if exposed to an ammonia atmosphere, compared to pure copper. If exposed to an ammonia atmosphere, CuZn30 should be stress relieved. Due to the raised zinc content the alloy has economical advantages. Fields of application are metal ware and deep drawing parts, automotive, heat exchangers, connectors, chains, coolers and components of electrical and mechanical engineering.

#### Composition

Cu	Fe	Pb	Zn	Al	Ni	Sn
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
69-71	0.05 max	0.05 max	rem	0.02 max	0.3 max	0.1 max

This alloy is in accordance with RoHS 2002/96/CE for electric & electronic components and 2002/53/CE for the automotive industry.

#### Physical properties

Melting point	Density	$c_p$ @ 20°C	Electrical cond.	Thermal cond.	Young's modulus	$\alpha$ @ 20°C
[°C]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[kJ/kgK]	[%IACS]	[W/mK]	[GPa]	[10 <sup>-6</sup> /K]
954	8.53	0.377	≥28	121	110	20

Note: The specified conductivity applies to the soft condition only.

$c_p$  specific heat capacity  
 $\alpha$  coefficient of thermal expansion

#### Mechanical properties

	Tensile Strength	Yield Strength	Elongation $A_{50}$	Hardness HV	Bend ratio 90° [r]	
	[MPa]	[MPa]	[%]	[-]	GW	BW
R270	270-350	≤ 160	≥ 40	55-90	0	0
R350	350-430	≥ 170	≥ 21	95-125	0	0
R410	410-490	≥ 260	≥ 9	120-155	0	0
R480	480-560	≥ 430	≥ 4	150-180	0	1
R550	550-640	≥ 530	≥ 2	170-200	0.5	2
R630	≥ 630	≥ 610	-	≥190	1	3

Other tempers are available upon request.

$r = x \cdot t$  (thickness  $t \leq 0.5$ mm)  
GW bend axis transverse to rolling direction. BW bend axis parallel to rolling direction.

#### Fabrication properties

Cold formability	excellent
Hot formability	fair
Soldering	excellent
Brazing	excellent
Oxyacetylene welding	good
Gas shielded arc welding	good
Resistance welding	fair
Machinability	fair

Aurubis.com

1 - 2

## EK C.2 CuZn30 Pirinç Levha Teknik Özellikleri

Material Datasheet CuZn30



<b>Electrical conductivity</b>	The electrical conductivity depends on chemical composition, the level of cold deformation and the grain size. A high level of deformation as well as a small grain size decrease the conductivity.
<b>Corrosion Resistance</b>	Brass is resistant to: Natural, industrial and salt bearing atmospheres, drinking water, alkaline and neutral saline solutions. Brass is not resistant to: Acids, ammonia, halogenide, cyanide and hydrogen sulfide solutions and atmospheres as well as sea water (especially at high flow rates). Under certain circumstances (high Cl content and low carbon-hardness) dezincification can be an issue with CuZn30. The alloy also has a certain sensitivity to stress corrosion cracking when exposed to certain environments (e.g. ammonia, amine or sal ammoniac). The alloy should be stress relieved if stress corrosion cracking might be an issue.
<b>Typical uses</b>	Deep drawn parts, screws, mechanical engineering, Automotive, components of electrical engineering, hard ware, connectors, cases, chains, heat exchangers, coolers, springs, fittings, locks, watch industry, jewelry

This leaflet is for general information only and is not subject to revision. No claims can be derived from it unless there is evidence of intent or gross negligence. The data given are no warranty that the product is of a specified quality and they cannot replace expert advice or the customer's own test.

## EK D.1 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled

Tablo D.1: POM malzeme teknik verileri



### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

#### Description

Chemical abbreviation according to ISO 1043-1: POM  
Molding compound ISO 9988- POM-K, M-GNR, 03-002

POM copolymer

Standard-Injection molding type with high rigidity, hardness and toughness; good chemical resistance to solvents, fuel and strong alkalis as well as good hydrolysis resistance; high resistance to thermal and oxidative degradation.

Fulfills EG-directive 2002/72/EU as well as the recommendation XXXIII for consumer goods of the BgVV, corresponding to FDA-regulation for food contact.

UL-registration for all colours and a thickness more than 1.5 mm as UL 94 HB, temperature index UL 746 B electrical 110 °C, mechanical 90 °C.

Burning rate ISO 3795 and FMVSS 302 &lt; 75 mm/min for a thickness more than 1 mm.

Ranges of applications: automotive engineering, precision engineering, electric and electrical industry, domestic appliances.

FDA = Food and Drug Administration (USA)  
BgVV = Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin  
FMVSS = Federal Motor Vehicle Safety Standard (USA)  
UL = Underwriters Laboratories (USA)

Physical properties	Value	Unit	Test Standard
Density	1410	kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183
Melt volume rate (MVR)	8	cm <sup>3</sup> /10min	ISO 1133
MVR test temperature	190	°C	ISO 1133
MVR test load	2.16	kg	ISO 1133
Mold shrinkage - parallel	2	%	ISO 294-4
Mold shrinkage - normal	1.8	%	ISO 294-4
Water absorption (23°C-sat)	0.65	%	ISO 62
Humidity absorption (23°C/50%RH)	0.2	%	ISO 62

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile modulus (1mm/min)	2850	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile stress at yield (50mm/min)	64	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile strain at yield (50mm/min)	9	%	ISO 527-2/1A
Nominal strain at break (50mm/min)	30	%	ISO 527-2/1A
Tensile creep modulus (1h)	2500	MPa	ISO 899-1
Tensile creep modulus (1000h)	1300	MPa	ISO 899-1
Charpy impact strength @ 23°C	180P	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eU
Charpy impact strength @ -30°C	160	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength @ 23°C	6.5	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA

## EK D.2 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled

Tablo D.2: POM malzeme teknik verileri



### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

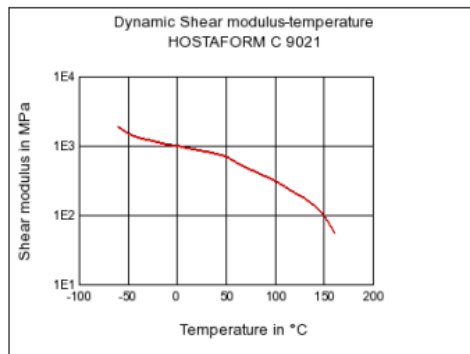
Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Charpy notched impact strength @ -30°C	6	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
Melting temperature (10°C/min)	166	°C	ISO 11357-1,-2,-3
DTUL @ 1.8 MPa	104	°C	ISO 75-1/-2
Vicat softening temperature B50 (50°C/h 50N)	150	°C	ISO 306
Coeff.of linear therm. expansion (parallel)	1.1	E-4/°C	ISO 11359-2
Coeff.of linear therm. expansion (normal)	1.1	E-4/°C	ISO 11359-2
Flammability @1.6mm nom. thickn.	HB	class	UL94
thickness tested (1.6)	1.5	mm	UL94
UL recognition (1.6)	UL	-	UL94
Flammability at thickness h	HB	class	UL94
thickness tested (h)	3	mm	UL94
UL recognition (h)	UL	-	UL94
Electrical properties	Value	Unit	Test Standard
Relative permittivity - 100 Hz	4	-	IEC 60250
Relative permittivity - 1 MHz	4	-	IEC 60250
Dissipation factor - 100 Hz	20	E-4	IEC 60250
Dissipation factor - 1 MHz	50	E-4	IEC 60250
Volume resistivity	1E12	Ohm*m	IEC 60093
Surface resistivity	1E14	Ohm	IEC 60093
Electric strength	35	kV/mm	IEC 60243-1
Comparative tracking index CTI	600	-	IEC 60112
Test specimen production	Value	Unit	Test Standard
Processing conditions acc. ISO	9988	-	Internal
Injection molding melt temperature	195	°C	ISO 294
Injection molding mold temperature	85	°C	ISO 294
Injection molding flow front velocity	200	mm/s	ISO 294
Injection molding hold pressure	90	MPa	ISO 294
Rheological Calculation properties	Value	Unit	Test Standard
Density of melt	1200	kg/m <sup>3</sup>	Internal
Thermal conductivity of melt	0.155	W/(m K)	Internal
Specific heat capacity of melt	2210	J/(kg K)	Internal
Eff. thermal diffusivity	4.85E-8	m <sup>2</sup> /s	Internal
Ejection temperature	165	°C	Internal

## EK D.3 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled

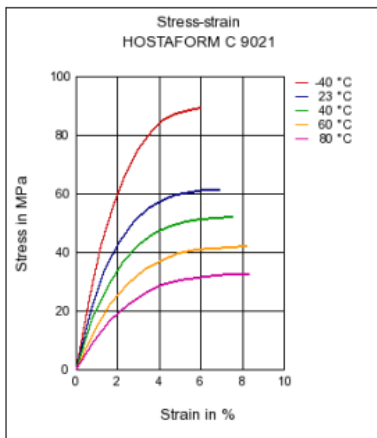
Şekil D.3: POM malzeme teknik verileri

### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

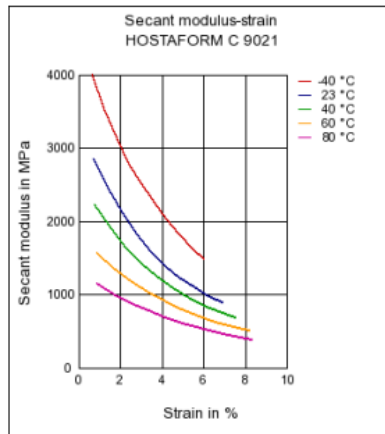
#### Dynamic Shear modulus-temperature



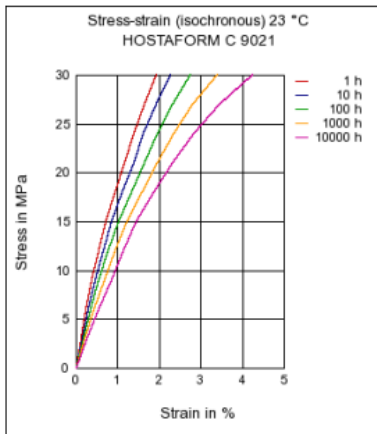
#### Stress-strain



#### Secant modulus-strain



#### Stress-strain (isochronous)



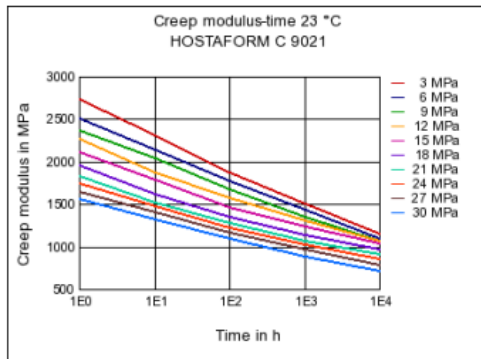
## EK D.4 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled

Şekil D.4: POM malzeme teknik verileri

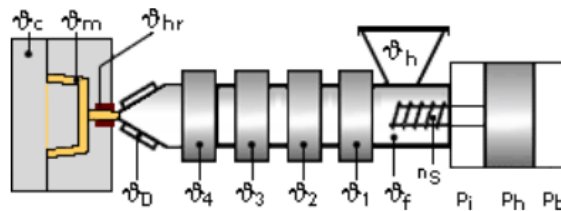
**Ticona**  
Engineering Polymers

### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

#### Creep modulus-time



#### Typical injection moulding processing conditions



Maximum residual moisture content: 0.1500%

#### Processing Temperatures:

	$\varnothing_{\text{Cavity}}$	$\varnothing_{\text{Melt}}$	$\varnothing_{\text{Hot Runner}}$	$\varnothing_{\text{Die}}$	$\varnothing_4$	$\varnothing_3$	$\varnothing_2$	$\varnothing_1$	$\varnothing_{\text{Feeding}}$	$\varnothing_{\text{Hopper}}$
min (°C)	80	190	190	190	190	190	180	170	60	20
max (°C)	120	210	210	210	210	200	190	180	80	30

#### Processing Pressures:

	Injection Pressure	Holding Pressure	Back Pressure
min (bar)	600	600	0
max (bar)	1200	1200	40

Injection speed: slow - medium

Screw speed:

## EK D.5 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled



### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

Screw diameter (mm)	25	40	55
Screw speed (rpm)	120	100	70

#### Pre-drying conditions:

It is normally not necessary to dry HOSTAFORM. However, should there be surface moisture (condensate) on the molding compound as a result of incorrect storage, drying is required. A circulating air drying cabinet can be used for this purpose if the granules

The product can then be stored in standard conditions until processed.

**Drying time: 3 - 4 h**

**Drying temperature: 120 - 140 °C**

#### Special information:

No special information available.

### Injection Molding

Standard injection moulding machines with three phase (15 to 25 D) plasticating screws will fit.

Melt temperature 190-230 °C  
Mould temperature 60-120 °C

### Film Extrusion

Standard extruders with grooved feed zone and short compression screws (minimum 25 D) will fit.

Melt temperature 180-190 °C

### Other Extrusion

Standard extruders with grooved feed zone and short compression screws (minimum 25 D) will fit.

Melt temperature 180-190 °C

### Profile Extrusion

Standard extruders with grooved feed zone and short compression screws (minimum 25 D) will fit.

Melt temperature 180-190 °C



## EK D.6 Hostaform C 9021 – POM – Unfilled



### HOSTAFORM® C 9021 | POM | Unfilled

#### Sheet Extrusion

Standard extruders with grooved feed zone and short compression screws (minimum 25 D) will fit.

Melt temperature 180-190 °C

#### Contact Information

##### Americas

Ticona  
Product Information Service  
8040 Dixie Highway  
Florence, KY 41042  
USA  
Tel: +1-800-833-4882  
Tel: +1-859-372-3244  
email: [prodinfo@ticona.com](mailto:prodinfo@ticona.com)  
Ticona on the web: [www.ticona.com](http://www.ticona.com)

Customer Service  
Tel: +1-800-526-4960  
Tel: +1-859-372-3214  
Fax: +1-859-372-3125

##### Europe

Ticona GmbH  
Information Service  
Tel: +49 (0) 180-5842662 (Germany)\*  
+49 (0) 69-30516299 (Europe)  
Fax: +49 (0) 180-2021202 (Germany & Europe)\*\*  
email: [infoservice@ticona.de](mailto:infoservice@ticona.de)  
Internet: [www.ticona.com](http://www.ticona.com)

\*starting 01.01.2007 0,14€/minute + local landline rates  
\*\*0,06€/Call + local landline rates

#### General Disclaimer

NOTICE TO USERS: Values shown are based on testing of laboratory test specimens and represent data that fall within the standard range of properties for natural material. These values alone do not represent a sufficient basis for any part design and are not intended for use in establishing maximum, minimum, or ranges of values for specification purposes. Colorants or other additives may cause significant variations in data values.

Properties of molded parts can be influenced by a wide variety of factors including, but not limited to, material selection, additives, part design, processing conditions and environmental exposure. Any determination of the suitability of a particular material and part design for any use contemplated by the users and the manner of such use is the sole responsibility of the users, who must assure themselves that the material as subsequently processed meets the needs of their particular product or use.

To the best of our knowledge, the information contained in this publication is accurate; however, we do not assume any liability whatsoever for the accuracy and completeness of such information. The information contained in this publication should not be construed as a promise or guarantee of specific properties of our products. It is the sole responsibility of the users to investigate whether any existing patents are infringed by the use of the materials mentioned in this publication.

Moreover, there is a need to reduce human exposure to many materials to the lowest practical limits in view of possible adverse effects. To the extent that any hazards may have been mentioned in this publication, we neither suggest nor guarantee that such hazards are the only ones that exist. We recommend that persons intending to rely on any recommendation or to use any equipment, processing technique or material mentioned in this publication should satisfy themselves that they can meet all applicable safety and health standards.

We strongly recommend that users seek and adhere to the manufacturer's current instructions for handling each material they use, and entrust the handling of such material to adequately trained personnel only. Please call the telephone numbers listed (+49 (0) 69 305 16299 for Europe and +1 859-372-3244 for the Americas) for additional technical information. Call Customer Services for the appropriate Materials Safety Data Sheets (MSDS) before attempting to process our products.

The products mentioned herein are not intended for use in medical or dental implants.

© Copyright 2007, Ticona, all rights reserved. (Pub. 28-Feb-2007)



# EK F AgSnO2In2O3/Cu Perçinin Teknik Özellikleri

Tablo F.1: Perçin teknik verileri tablosu.


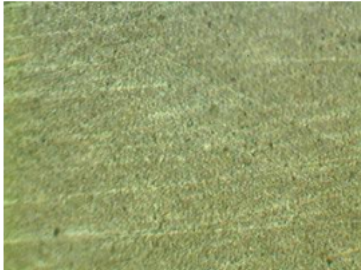

## Ningbo DongDaShenle Electrical Engineering Alloy CO.,LTD

### Product Test Report

Product Name	AgSnO2In2O3/Cu	Delivery Date	2020/3/18
Product Specification	4.5*2/2.3*2R	Quantity	30000PCS
Drawing NO	NS 105 49 25	Batch	200245
Sample Standard	According To GB2828 II Sample Plan		
Test Tool	A: Visual observing B: Measuring microscope C: Durometer D: Micrometer E: Mastercurve F: Projector G: Ruler H: Others		

Result:

NO	Examinatorial Item	Tool	Requirement	Quantity	Result			determinant	
1	appearance	A	Surface as clean as whistle;without filth.burr.fissure .nick or scoring etc	All	OK			OK	
2	Physics capability	Hardness	C	HV $\geq$ 837MPa	3	855			OK
		Density	H	$\geq$ 9.70g/cm <sup>3</sup>	1	9.90			OK
		Conductivity		$\leq$ 2.50u $\Omega$ .cm		2.22			OK
3	Chymic component	Ag	H	Other		Other			OK
		SnO2		8 $\pm$ 1		5.02			OK
		In2O3		4 $\pm$ 1		4.43			OK
		Other		$\leq$ 2.0		1.52			OK
4	Size				20	MAX	MIN	AVE	
		D	B	4.5 $\pm$ 0.10		4.56	4.51	4.52	OK
		T	D	2+0.10-0.05		2.04	1.98	2.01	OK
		d	F	2.3+0.15-0.10		2.38	2.30	2.32	OK
		H		2+0.10		2.08	2.05	2.07	OK
		S		0.50 $\pm$ 0.05		0.55	0.50	0.52	OK
		R		15		15	15	15	OK
5	Metallographic Structure	H		2	OK				

Remark: 	Metallographic photos (200X)	Judge results
		Qualified (✓)  Unqualified ( )  

Auditing/date:

Test/date :

# EK G.1 Berulub XP 746 Sentetik Gres Teknik Dokümanı

Technical Product Information

Page 1/1  
Rev. 07\_01.06.2015  
Part-No. 2901102

## Berulub XP 746

Fuel resistant synthetic noise damping grease



### Industries/Examples of Application

- Noise damping issues in interior- and exterior systems
- Locking systems
- Door handles
- Window regulators
- Automotive and supplier industry
- In the range of fuel systems especially fuel locks

### Material

- Plastic/plastic
- Plastic/rubber
- Plastic/metal

### Properties

- Good adhesion
- Water and fuel resistant
- Good corrosion protection
- Good low temperature behaviour
- Low oil separation
- Good oxidation stability
- Reduces friction and wear
- Good noise damping
- Neutral towards many plastics and elastomers, compatibility test prior to application is recommended
- Noise damping value: medium to high

### Characteristic data

- Service temperature: -40 °C to +200 °C
- Appearance: colourless, transparent
- NLGI grade: 0

### Approvals/References/Certificates

- Ford-WSS M1C 253 A

Thickener	Gel		
	Worked penetration	1/10 mm	355 - 385
Drop point	°C	n.m.	IP 396
Flow pressure at -35 °C	mbar	≤ 1400	DIN 51805
Corrosion protection (EMCOR test)	degree of corrosion	0 and 0	DIN 51802
Base oil	Ester		
Kin. viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 1200	DIN 51562
Kin. viscosity at 100 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 120	DIN 51562

### Instructions for use

- Prior to serial production compatibility tests are recommended

The above data correspond to latest technology, modifications reserved. This information is intended as a guide and does not necessarily represent a marketing specification. In individual cases tests have to be carried out by the consumer. Further data upon request.



### Lubrication Solutions for Industry

BECHEM develops, produces and sells high-performance lubricants and process media all over the world. The product range covers the fields of special lubricants, lubricants for industry and lubricants for metal working and forming technology. All product formulations are based on latest tribological knowledge.

CARL BECHEM GMBH  
Weststr. 120  
58089 Hagen · Germany  
Phone +49 2331 935-0  
Fax +49 2331 935-1199  
bechem@bechem.de  
www.bechem.com

# EK G.2 Berulub XP 719 Sentetik Gres Teknik Dokümanı

Technical Product Information

Page 1/1  
Rev. 08\_25.04.2016  
Part-No. 2900109

## Berulub XP 719

Fuel resistant synthetic noise damping grease



### Industries/Examples of Application

- Noise damping issues in interior- and exterior systems
- Locking systems
- Sun roofs
- Seat systems
- Automotive and supplier industry
- In the range of fuel systems especially fuel locks

### Material combinations

- Plastic/plastic
- Plastic/rubber
- Plastic/metal

### Properties

- Very good adhesion
- Good corrosion protection
- Good low temperature behaviour
- Low oil separation
- Good oxidation stability
- Reduces friction and wear
- Good noise damping properties
- Noise damping value: medium to high
- Neutral towards many plastics and elastomers, compatibility test prior to application is recommended
- Fuel resistant

### Characteristic data

- Service temperature: -40 °C to +200 °C
- Appearance: colourless, transparent
- NLGI grade: 2\*

### Approvals/References/Certificates

- Ford-WSS M1C 253 A2

Thickener	Gel		
Unworked penetration	1/10 mm	265 – 295	DIN ISO 2137
Drop point	°C	n.m.	IP 396
Flow pressure at -35 °C	mbar	≤ 1400	DIN 51805
Corrosion protection (EMCOR test)	degree of corrosion	0 and 0	DIN 51802
Base oil	Ester		
Kin. viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 1600	DIN 51562
Kin. viscosity at 100 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 150	DIN 51562

### Instructions for use

- Prior to serial production compatibility tests are recommended

\* The indication refers to the unworked penetration

The above data correspond to latest technology, modifications reserved. This information is intended as a guide and does not necessarily represent a marketing specification. In individual cases tests have to be carried out by the consumer. Further data upon request.



### Lubrication Solutions for Industry

BECHEM develops, produces and sells high-performance lubricants and process media all over the world. The product range covers the fields of special lubricants, lubricants for industry and lubricants for metal working and forming technology. All product formulations are based on latest tribological knowledge.

CARL BECHEM GMBH  
Weststr. 120  
58089 Hagen · Germany  
Phone +49 2331 935-0  
Fax +49 2331 935-1199  
bechem@bechem.de  
www.bechem.com

# EK G.3 Berulub XP 3000 Sentetik Gres Teknik Dokümanı

Technical Product Information

Page 1/1  
Rev. 01\_20.07.2015  
Part-No. 9012189

## Berulub XP 3000

Fully synthetic special lubricant



### Examples of Application

- Locking systems
- Sunroofs
- Seat adjustments
- Central console
- Armrests
- Small gears
- Automotive and supplier industry

### Material combinations

- Plastic/plastic
- Plastic/rubber
- Plastic/metal

### Properties

- High adhesion
- High corrosion protection
- Good low temperature behaviour
- Very low oil separation
- Reduced friction and wear
- Good noise damping properties
- Prevents stick-slip
- UV tracer
- Neutral towards many plastics and elastomers, compatibility test prior to application is recommended
- Noise damping value: high

### Characteristic data

- Service temperature: -40 °C to +140 °C
- Appearance: yellowish, transparent
- NLGI grade: 1 - 2

Thickener	Gel		
	Worked penetration	1/10 mm	280 - 320
Flow pressure at -40 °C	mbar	≤ 1000	DIN 51805
Corrosion protection (EMCOR-TEST)	degree of corrosion	0 and 1	DIN 51802
Water resistance	evaluation grade	1 - 90	DIN 51807-1
Base oil	Polyalphaolefin		
Kin. viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 2400	DIN 51562
Kin. viscosity at 100 °C	mm <sup>2</sup> /s	approx. 180	DIN 51562

The above data correspond to latest technology, modifications reserved. This information is intended as a guide and does not necessarily represent a marketing specification. In individual cases tests have to be carried out by the consumer. Further data upon request.



### Lubrication Solutions for Industry

BECHEM develops, produces and sells high-performance lubricants and process media all over the world. The product range covers the fields of special lubricants, lubricants for industry and lubricants for metal working and forming technology. All product formulations are based on latest tribological knowledge.

CARL BECHEM GMBH  
Weststr. 120  
58089 Hagen · Germany  
Phone +49 2331 935-0  
Fax +49 2331 935-1199  
bechem@bechem.de  
www.bechem.com

## EK H.1 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı



### IMPROVE CONNECTIONS WITH ALLOY 174

Engineered to carry high current with lower temperature rise, predictable normal forces and an improved formability to strength ratio, Alloy 174 is specifically designed for applications spanning the computer, electronics, automotive, appliance, electrical/electromechanical, medical and aerospace industries. Since its introduction in 1985, Alloy 174 has established itself as the preferred material in applications where the traditional copper alloys are no longer adequate.

#### ALLOY 174 COMPOSITION

Alloy 174 fills the performance and cost differential between the lower performance copper alloys, such as brass, and the higher performance beryllium copper alloys. Materions' engineering staff achieved this objective by alloying small quantities of beryllium and cobalt in a copper matrix. The patented chemical composition for Alloy 174 is shown in Figure 1.

#### ALLOY 174 PROPERTIES

The physical and mechanical properties of Alloy 174 are shown in Figures 2 and 3. Available as mill hardened strip, Alloy 174 conforms to ASTM specification B768 and is manufactured within the quality system requirements of Materion.

Figure 1: Composition

ALLOY	UNS NUMBER	TRADE NAME	Be (%)	Co (%)	Cu
Copper Beryllium	C17410	Alloy 174	0.15 - 0.60	0.35 - 0.60	Balance

Figure 2: Physical Properties

<b>Melting Point (solidus)</b>	1875 °F	1025 °C
<b>Density*</b>	0.318 lb/in <sup>3</sup>	8.80 g/cm <sup>3</sup>
<b>Specific Gravity</b>	8.80	8.80
<b>Thermal Conductivity*</b>	135 BTU/(ft ·hr·F)	0.56 cal/(cm·sec·C)
<b>Electrical Resistivity*</b>	23.0 ohms·circ mil/ft	3.82 microhm·cm
<b>Electrical Conductivity*</b>		
<i>HT</i>	45% IACS	0.26 megmho/cm
<i>1/2 HT</i>	50% IACS	0.29 megmho/cm
<b>Modulus of Elasticity</b>	20 x 10 <sup>6</sup> psi	137,900 N/m <sup>2</sup>

\*Room temperature

[www.materion.com/alloy-174](http://www.materion.com/alloy-174)

**ALLOY174**

## EK H.2 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı

Tablo H.2: BeCu malzeme teknik veri tablosu.

### PRODUCT BRIEF

Figure 3: Mechanical Properties

PROPERTY	ALLOY I74 HT		ALLOY I74 1/2 HT	
<b>Ultimate Tensile Strength</b>	110-130 ksi	760-895 N/mm <sup>2</sup>	95-115 ksi	655-790 N/mm <sup>2</sup>
<b>Yield Strength (0.2% offset)</b>	100-120 ksi	690-825 N/mm <sup>2</sup>	80-100 ksi	550-690 N/mm <sup>2</sup>
<b>Elongation in 2" (50 mm)</b>	7-17%	7-17%	10-20%	10-20%
<b>Hardness</b>	95-102 HRB	230-280 HV	89-98 HRB	180-230 HV
<b>Electrical Conductivity at 68°F (20°C)</b>	45-60%	26-35 m/Ωmm <sup>2</sup>	50% min IACS	29 m/Ωmm <sup>2</sup>
<b>Fatigue Strength</b>				
<b>-10<sup>7</sup> cycles, reversed bending</b>	45-50 ksi	310-345 N/mm <sup>2</sup>	45-50 ksi	310-345 N/mm <sup>2</sup>
<b>one way bending</b>	80-85 ksi	550-585 N/mm <sup>2</sup>	80-85 ksi	550-585 N/mm <sup>2</sup>
Typical Formability (R/t) 90°				
<i>Longitudinal</i>	1.2		0.5	
<i>Transverse</i>	5.0		0.5	

### ALLOY I74 PERFORMANCE

As shown in Figure 4, the performance advantages of Alloy I74 over commonly used copper alloys include a superior resistance to stress relaxation at elevated temperatures, electrical conductivity that is four times greater than the bronzes, enhanced formability for a given strength, and value pricing.



Figure 4: Comparison

PROPERTY	ALLOY I74		C510		C260	
	HT	1/2 HT	S	H	S	H
<b>Ultimate Tensile Strength (ksi)</b>	110-130	95-115	95-110	76-91	95	76
<b>0.2% Yield Strength (ksi)</b>	100-120	80-100	92-108	74-88	86	72
<b>Elongation (%)</b>	7 min.	10 min.	6 max.	11 max.	1 min.	10
<b>Hardness (HRB)</b>	95-102	89-98	88-96	84-93	91	82
<b>Elastic Modulus (x 10<sup>4</sup> psi)</b>	20	20	16	16	16	16
<b>Conductivity (% IACS)</b>	45-60	50 min.	11	13	28	28
<b>Typical formability (R/t) 90°</b>						
<i>Longitudinal</i>	1.2	0.5	3.0	0.5	1.7	0.9
<i>Transverse</i>	5.0	0.5	8.0	3.0	3.5	1.7
<b>Stress Relaxation Resistance Remaining Stress (%) (75% of 0.2% YS) 1000 hrs. at 150°C</b>	85	80	50	< 50	< 25	20



## EK H.3 174 Serisi Berilyum Alaşımlı Bakır Teknik Dokümanı

### PRODUCT BRIEF

#### ALLOY 174

In electrical and electronic products ranging from computers and electrical/electromechanical devices, to automobiles and appliances, current-carrying applications requiring high strength, high conductivity, and superior resistance to stress relaxation are rapidly becoming the norm. These factors, combined with the increasing demand for enhanced product reliability, have triggered changes in contact material specification - changes that have focused attention on the engineered material performance of Alloy 174.

#### BENEFITS

- Miniaturization
- High temperature applications
- Twice the electrical conductivity of brass
- High repetitive cycle Life
- Easily formed into complex shapes
- Available with tin coatings or precious metal inlays

#### MINIATURIZATION

The need for more circuit connections in a smaller space can be satisfied using Alloy 174. The material's strength allows it to withstand higher stresses. These higher stresses occur because spring size is reduced, yet spring force is maintained to provide reliable gas-tight contact interfaces.

As the number of circuit pathways increase, connector insertion and withdrawal forces must be managed. Designs using Alloy 174 will have lower insertion and withdrawal forces.

#### HIGH TEMPERATURE

Applications At high temperatures, Alloy 174 maintains the highest spring force, as compared to other traditional copper alloys (Figures 5 & 6). Applications where in-service temperatures exceed 200° C are using Alloy 174.

Because of this long-term thermal stability, Alloy 174 eliminates the need to overdesign beginning-of-life contact normal forces to compensate for stress loss common in other copper alloys. This will minimize insertion and withdrawal forces.

#### TWICE THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF BRASS

With a typical electrical conductivity of 52% IACS, Alloy 174 can carry higher levels of electrical current without generating damaging temperature rises. Substituting Alloy 174 for brass can result in less material usage and reduced heating offering longer and more reliable operating life.

#### HIGH REPETITIVE CYCLE LIFE

Alloy 174 has excellent fatigue strength making it the material of choice for use in high cycle applications such as switches or relays. In the severe reversed bending mode, Alloy 174 demonstrates cycle life over 100 million operations while stressed to 45 ksi (310 N/mm<sup>2</sup>).

#### EASILY FORMED INTO COMPLEX SHAPES

Given the material's high strength level, Alloy 174 has very good forming characteristics. By substituting Alloy 174 for lower strength/performance materials, existing designs have been upgraded without modification to the stamping tool.



[www.materion.com/alloy-174](http://www.materion.com/alloy-174)

## EK H.4 174 Serisi Berilyum Alaşımli Bakır Teknik Dokümanı

Şekil H.4: BeCu malzeme stress direnci grafiği.

### PRODUCT BRIEF

#### AVAILABLE WITH TIN PLATING OR PRECIOUS METAL INLAYS

Alloy 174 is available with surface coatings such as tin plating, solder coating or precious metal inlay. The standard material finish has a stain inhibiting treatment on the surface. This provides a temporary protection against the growth of surface films such as oxides, even in industrial atmospheres (90% relative humidity, 90°F).

#### STRESS RELAXATION RESISTANCE

The trend toward denser packaging, miniaturization, higher currents, and increased operating temperatures has combined to make a contact material's stress relaxation resistance a critical concern. Materials with low resistance to stress relaxation will lose contact normal force over time. This can lead to increased contact resistance, greater self heating and ultimately failure. The stress relaxation performance of Alloy 174, as it compares with the traditional copper alloys, is shown in Figures 5 and 6.

#### CONDUCTIVITY

For higher power applications or thermal management of denser packaging, material selection based on electrical and thermal conductivity has assumed primary importance. Since electronic component failure rates increase exponentially with temperature increases, it is important to use materials which minimize temperature rise. The electrical conductivity of Alloy 174 is extremely high for a spring alloy. The alloy's corresponding thermal conductivity is three to five times greater than competitive copper alloys.

#### FORMABILITY

A comparison of Alloy 174's formability, in relation to other copper alloys, is shown in Figure 4. Alloy 174's I/2HT temper has excellent forming characteristics in both directions (good-way and bad-way). This allows material substitutions with minimal impact on existing stamping tools.

Figure 5: 150° C Stress Relaxation Resistance Results

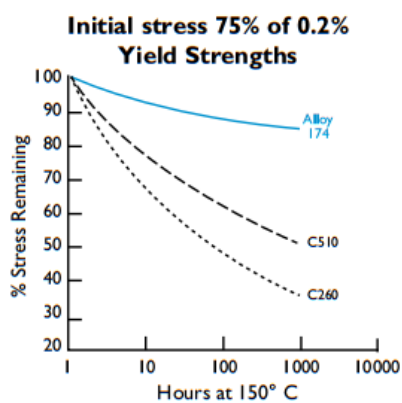


Figure 6: 200° C Stress Relaxation Resistance Results

