

**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DÖRT EKSENLİ ENDÜSTRİYEL SCARA ROBOTUNUN
TASARLANMASI VE ÜRETİMİ**

ÖMER ALBAYRAK

Ocak 2018

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı'nda Ömer ALBAYRAK tarafından hazırlanan “DÖRT EKSENİLİ ENDÜSTRİYEL SCARA ROBOT KOLUNUN TASARLANMASI VE ÜRETİMİ” adlı Yüksek Lisans Tezinin **Anabilim Dalı** standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. **Recep ÇALIN**

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. **Osman BİCAN**

Danışman

.../.../20..

Jüri Üyeleri

Başkan :Yrd.Doç.Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

Üye (Danışman):Doç.Dr. Osman BİCAN

Üye : Yrd.Doç.Dr.Selahattin BUDAK

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.../.../20..

ÖZET

DÖRT EKSENLİ ENDÜSTRİYEL SCARA ROBOT KOLUNUN TASARLANMASI VE ÜRETİMİ

Albayrak, Ömer

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı,

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Osman BİCAN

Ocak 2018,68 sayfa

Günümüz savunma sanayisinde endüstriyel robotların kullanımı ve önemi giderek artmaktadır. Bu araştırma, savunma sanayinde yaygınca kullanılan ancak henüz yerli üretimi bulunmayan 4 eksenli scara tipi robot kolu üretmek amaçlı yapılmıştır. Bu çalışmada, scara robotun tüm aksamaları için gerekli kinetik hesaplamaları yapılmış ve teknik çizimler Solidworks programı çizilerek tasarlanmıştır. Ardından ise doğru malzeme kullanılarak robot parçaları üretilmiş ve belirlenen tasarıma göre birleştirilmiştir. Çalışır duruma getirilen robotun çalışma verileri mevcut muadilleri ile kıyaslanmıştır.

Bu çalışma ile üretilen robotun seri üretime geçilmesi ile, üretim maliyetlerinin azaltılması, işçi giderlerinin azaltılması ve yerli üretim ile milli sermayeye katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Bununla birlikte Scara robot iş gücünü azalttığından dolayı seri üretimi artıracak ve kalite kontrol aşamalarında hassasiyeti artıracığından hatalı üretimi azaltarak, özellikle silah ve askeri malzeme sanayinde maliyeti düşürecektir.

Anahtar Kelimeler: Scara robot, endüstriyel robot, 4 eksenli robot, savunma sanayi

ABSTRACT

PRODUCTION AND DESIGN OF INDUSTRIAL FOUR AXES SCARA ROBOT ARM

Albayrak, Ömer

Kırıkkale University

Graduate Scholl of Natural and Applied Sciences

Department of Defense Technologies,

M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Osman BİCAN

Ocak 2018, 68 pages

Nowadays, usage of industrial robots and their importance is increasing in the field of defence industry day by day. In this research, production of scara robotic arm, which has 4 axes, being used often in defence industry but don't present in domestic production, was aimed. Each part of the robotic arm was calculated kinetically and designed by using Solidworks program. Then, by using appropriate materials, each part is produced and combined according to defined design. Finally results of the product were compared to current equivalents.

When the product of that research, industrial Scara robot is produced in batch production, it is aimed the decrease in production costs and labour costs in addition to contributions to national income. Moreover, since Scara robot arm is going to decrease workforce and serial production is going to increase, due to precision of the robot in quality control defecting manufacturing will decrease. Therefore, expenditures in the production of military material industry like weapons and ammunition are going to decrease.

Keywords: Scara robots, industrial robots, 4 axes robot, defense industry

TEŞEKKÜR

Bu tez savunma sanayi alanında kullanılabilecek 4 eksenli endüstriyel scara tipi robot imalatını araştırmaktadır. Çalışmamızda scara robot tasarımı yapılmış, gerekli hesaplamalar yapılarak gerekli ekipmanlar belirlenmiş olup üretim prosesleri belirlenmiştir.

Tezimin oluşturulması ve yürütülmesi sırasında yardımlarını ve değerli bilgilerini benden esirgemeyen ve desteklerini asla unutmayacağım değerli hocam , Doç. Dr. Osman BİCAN'a,

Yüksek lisans dönemimin her aşamasında her zaman desteklerini gördüğüm ve sadece bilimsel değil hayata dair tüm tecrübe ve bilgi birikimini sunan kıymetli hocam Prof.Dr.Recep ÇALIN'a,

Tez çalışmam sırasında bilimsel metotları öğrenmemde ve uygulamamda emeği geçen ve desteklerini benden esirgemeyen Doç.Dr.Hakan ARSLAN'a,

Tezimin her aşamasında yardımcı ve destek olan kıymetli arkadaşım Abdullah ÇAKIR'a,

Sayın hocalarıma, sevgili arkadaşlarıma ve tüm Kırıkkale Üniversitesi ailesine,

Son olarak bugünlere gelmem için büyük fedakarlıklar gösteren, desteklerini her zaman hissettiğim, her konuda arkamda olduklarını bildiğim başta sevgili babam Ünal ALBAYRAK'a ve canım annem Hatice ALBAYRAK'a, moral ve motivasyonumu her zaman yüksek tutan kardeşlerim Büşra ALBAYRAK, Tuba ALBAYRAK ve Betül ALBAYRAK'a ve son olarak her daim yanımda olduğunu ve olacağını hissettiren ve tez sürecinde bana itici güç olarak destek veren sevgili nişanlım Merve Gülsen BAL'a sonsuz teşekkür ve sevgilerimle...

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR.....	2
2.1.Robot Nedir?	2
2.2. Robotların Kullanım Nedenleri ?	2
2.3. Endüstriyel Robotlarda Kullanılan Bazı Terimler	3
2.4. Endüstriyel Robotlar	4
2.4.1. Serbestlik Derecelerine Göre Robotlar	4
2.4.1.1. Kartezyan Robot.....	4
2.4.1.2. Silindirik Robotlar.....	4
2.4.1.3. Küresel Robot Kolları	5
2.4.1.4. Dönel Robot Kolları.....	6
2.4.1.5. Delta Robotlar	8
2.4.1.6. Scara Robot	8
2.4.2. Kontrol Yöntemlerine Göre Robotlar	8
2.4.2.1. Noktasal Kontrol Edilen Robotlar.....	8
2.4.2.2. Sürekli Yörünge Kontrollü Robotlar.....	8
3. SCARA ROBOT.....	9
3.1. Scara Robot Tanımı.....	9
3.2. Scara Robotun Genel Özellikleri	9
3.3. Scara Robotun Yapısal Özellikleri.....	9
3.4. Scara Robot Parça ve Elemanları	10
3.4.1. Servo Motor	10

3.4.2. Redüktör	11
3.4.3. Vidalı Mil	12
3.4.4. Kamalı Mil	13
3.4.5. Scara Robot Malzeme Tasarımı ve Seçimi	13
4. HESAPLAMA VE ANALİZLER.....	15
4.1. Birinci (I.) Eksen Servo Motor Hesabı	18
4.1.1. Taşınan Kütle	18
4.1.2. Kamalı mil.....	18
4.1.3. Vidalı mil	18
4.1.4. Servo motor-4.....	19
4.1.5. Servo motor-3.....	19
4.1.6. Servo motor-2.....	20
4.1.7. Ön Kol.....	20
4.1.8. Arka Kol.....	20
4.1.9. Redüktör.....	21
4.1.10. Motor Ayak-1 (Servo-4)	21
4.1.11. Motor Ayak-2 (Servo-3)	22
4.1.12. Vidalı Mil Sabitleme Parçası	22
4.1.13. Kamalı Mil Sabitleme Parçası.....	22
4.1.14. Vidalı Mil Sabitleme Mili	23
4.1.15. Birinci (I.) Eksen Servo Motor Toplam Hesapları.....	23
4.1.16. Redüktör Hesabı.....	24
4.2. İkinci (II.) Eksen Servo Motor Hesabı	24
4.2.1. Taşınan Kütle	24
4.2.2. Kamalı mil.....	25
4.2.3. Vidalı mil	25
4.2.4. Servo motor-4.....	25
4.2.5. Servo motor-3.....	26
4.2.6. Ön Kol.....	26
4.2.7. Motor Ayak-1 (Servo-4)	27
4.2.8. Motor Ayak-2 (Servo-3)	27
4.2.9. Vidalı Mil Sabitleme Parçası	27
4.2.10. Kamalı Mil Sabitleme Parçası.....	28

4.2.11. Vidalı Mil Sabitleme Mili	28
4.2.12. II .Eksen Servo Motor Toplam Hesapları	29
4.2.13. Redüktör Hesabı.....	29
4.3. Üçüncü (III.) Eksen Servo Motor Hesabı	30
4.4. Dördüncü (IV.) Eksen Servo Motor Hesabı.....	30
4.4.1.Gerekli Tork	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	33
EKLER.....	39
Ek 1: Scara Robot Parçaları Teknik Çizimleri	39
Ek 2: Scara Robot Atölye Fotoğrafları.....	51
KAYNAKLAR.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SCARA	Selective Compliant Articulated Robot for Assembly
V	Hız sabiti (velocity, V)
F	Harici kuvvet (Force, F)
N	Newton, motor gücü
L	Toplam uzunluk
D	Çapı uzunluğu
P	Adım sayısı
A	Armstrong, Bilyeli vidanın bir dönüş için ilerleme miktarı
η	Verim
ρ	Malzeme yoğunluğu
μ_0	Somunun dahili sürtünme katsayısı
μ	Kayan yüzeylerin sürtünme katsayısı
r	Yarıçap
b	Genişlik
A	Atalet momenti
$\sum A$	Toplam atalet
n	Dakikadaki devir sayısı
τ	Tau, dayanım, gerilme birimi
$\sum T$	Toplam tork

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kartezyen robot (a), çalışma boyutu (b)	4
2.2. Silindirik robot (a), çalışma boyutu (b).....	5
2.3. Küresel robot (a), çalışma boyutu (b)	5
2.4. Dönel robot (a), çalışma boyutu (b)	6
3.1. Servo motor genel işleyiş mekanizması.....	11
3.2. Bilyalı vidalı mil mekanizması	12
3.3. Kamalı mil mekanizması	13
4.1. Scara robot montaj parça numaraları	16
5.1. Scara robot montaj atölye fotoğrafları	36
5.2. Scara robot montaj çizim ve atölye fotoğrafı.....	37
5.3. Scara robot montaj atölye 360 derece dönüş hareketi.....	37
5.4. Scara robot kontrol paneli fotoğrafları.....	38
Ek 1.1. Scara robot ön kol teknik çizimi	39
Ek 1.2. Scara robot arka kol teknik çizimi.....	40
Ek 1.3. Scara robot kamalı mil sabitleme teknik çizimi	41
Ek 1.4. Scara robot kamalı mil teknik çizimi	42
Ek 1.5. Scara robot vidalı mil sabitleme teknik çizimi.....	43
Ek 1.6. Scara robot vidalı mil teknik çizimi	44
Ek 1.7. Scara robot vidalı mil sabitleme mili teknik çizimi	45
Ek 1.8. Scara robot şase kapak teknik çizimi	46
Ek 1.9. Scara robot şase gövde teknik çizimi	47
Ek 1.10. Scara robot montaj eksen uzaklıkları teknik çizimi	48
Ek 1.11. Scara robot 15 çevrim redüktör teknik çizimi	49
Ek 1.12. Scara robot 20 çevrim redüktör teknik çizimi	50
Ek 2.1. Scara robot 360 derece dönüş atölye fotoğrafları.....	51
Ek 2.2. Scara robot 360 derece dönüş Solidworks 3D çizim	52
Ek 2.3. Scara robot kontrol paneli atölye fotoğrafları	53
Ek 2.4. Scara robot atölye önden görünüm.....	54
Ek 2.5. Scara robot atölye arkadan görünüm.....	54
Ek 2.6. Scara robot atölye yandan görünüm.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Endüstriyel robot tiplerinin avantaj ve dezavantajları .	7
3.1. AA 7075 Kimyasal Bileşimi	14
3.2. AA 7075 T6 Mekanik Özellikleri	14
4.1. Şekil 3.1’deki Scara robot montaj parça numaraları ve isimleri	17
5.1. Üretilen Scara robot prototipinin güncel muadilleri ile karşılaştırılması	34



1.GİRİŞ

Çağın gerektirdiği şekilde mühendislik ve uygulamalarının hızla geliştiği günümüz teknolojisinde, diğer sistemler gibi mekanik sistem ve mekanizmalar da gelişmekte olup farklılaşarak ileri noktalara taşınmaktadırlar. Farklı konu ve sektörlerde kendisini geliştirmiş olan kuruluşlar, mühendislik bilimi ışığında gerekli alt yapı ve bilgi birikimini sağlayarak mekanik sistem ve mekanizmaların en iyi şekilde çalışabilmeleri için optimum şartları sağlamışlardır. Savunma sanayi alanında da bilgi birikim ve teknoloji hızla gelişmekte ve yeni nesil araştırmalara kaynaklık etmektedir.

Savunma sanayinde her alanda eksikliklerin giderilmesi için ileri yönde adımlar atılmaktadır [1]. İmalattaki en büyük eksiklik üretim proseslerinin uzun dönemleri kapsamaları ve seri imalata uygun yöntem ve araçların azlığıdır. Seri imalata yatkın sistem ve araçların olmayışı, bu alandaki yönünü tamamen iş gücüne yöneltmiş ve iş gücü ile birlikte doğabilecek tüm olumsuzluklara kapı açmaktadır. Savunma imalatı alanında bu süreci hızlandıracak , maliyetleri düşürecek , iş gücünü azaltacak, kaliteyi artıracak ve daha seri bir imalat ortaya koyacak sistemler geliştirilmektedir [2]. Bu çalışma ile savunma sanayinde imalat, taşıma, istifleme ve tüm kullanım alanlarını kapsayacak endüstriyel robot tasarımı ele alınmıştır. Bu doğrultuda savunma sanayine üretim yapan firmaların imalat gücünü artıracak bir robot tasarımı hedeflenmektedir.

Savunma imalat süreçlerinde üretim proseslerine monte edile bilen ve bu yönde eksikliklere cevap verebilen bir robot tasarımı ve imalatı ele alınmıştır. Bu çalışmada 4 eksenli endüstriyel scara robot tasarımı yapılmış, gerekli hesaplamalar yapılarak gerekli ekipmanlar belirlenmiş olup üretim prosesleri belirlenmiştir.

2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR

2.1.Robot Nedir?

Teknolojinin insan hayatına geçmişten bugüne kadar birçok olumlu katkısı olmuştur. Aynı zamanda gelişmişliği belirlediği için ülkeler arası bir rekabet de söz konusu olmaktadır. Teknoloji artık insan hayatının olmazsa olmazı haline gelmiştir. Hayatı daha da kolaylaştırdığı ve yaşam kalitesini artırdığı için hayatımızda önemli bir yer edinmiştir.

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim alanlarının, teknoloji ile ivmeli bir şekilde artması kısa sürede çok hızlı bir şekilde endüstriyel sanayide kullanımı artmıştır [3]. Bu durum doğrudan endüstriyel otomasyon sistemlerinin yaygınlık kazanmasına olanak sağlamıştır [4]. Sanayide Teknolojinin doğrudan rol alması ve endüstriyel otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması endüstriyel robot kullanımı ivme kazanmıştır [5].

ISO TR 8373 tanımına göre endüstriyel robot, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan otomatik kontrollü, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya tekerlekleri olan endüstriyel uygulamalarda kullanılan manipülatördür. Robot Enstitüsünde yapılan yoğun tanımlamalar arasında ise programlanabilen, birden fazla fonksiyona sahip, malzemeleri, parçaları, aletleri ve ağırları taşıyabilen birbirinden farklı çeşitli programlanmaları yapabilen olarak yapılmıştır [6].

2.2. Robotların Kullanım Nedenleri ?

Endüstriyel sanayide birçok farklı görevi yapmak üzere programlanabilen makineler üretilmiştir. Fakat bu makineler, değişen iş ve iş yüküne göre tekrardan programlanamamaktadırlar. Endüstriyel robotların sıradan bir makine ile farkı robotların birden çok kez programlanabilmelerinden ve bünyelerindeki sistemlerin yanına denetleyici sistemlerde içermesinden kaynaklanmaktadır [4].

Bir çok kez yeniden programlanabilme yeteneği, bir endüstriyel robotun en önemli özelliğidir. Böylelikle imalatla prosesin gerçekleşmesi ve farklı proseslerin oluşturulmasında zaman ve işçilik maliyetleri minimuma indirilmiş olur [7]. Böylelikle, esnek bir üretim ve daha iyi bir kalite kontrol sağlanır. Tüm bunlarla birlikte daha fazla çıktı alınabilir. Doğrudan bir ve birden fazla insanın yerini alabildiğinden, insan eksikliklerinin doğurduğu tüm olumsuzlukları ortadan kaldırır. Bunlardan başlıcaları olan hız, işçilik, tekrarlama, kalite kontrol, yük kaldırma gibi üretimin ana hatlarındaki problemlere olumlu katkı sağlaması robotların endüstriyel sanayide tercih haline getirmiştir [8].

2.3. Endüstriyel Robotlarda Kullanılan Bazı Terimler

Tekrarlanabilirlik: robotların benzer konumları tekrarlayan diziler halinde yerine getiren komutları uygulayabilmeye kabiliyeti olarak tanımlanır.

Çözünürlük: Robotların aktif formlarındaki en küçük yer değiştirmesidir.

Serbestlik Derecesi: bir cismin belirlenen bir noktaya göre konumunu belirlemek için gereken değişkenlerin sayısıdır.

Manipölatör: Eklemlerle birbirine bağlanmış açık uçlu kinematik zincir oluşturan mekanik sistemlerdir.

Servo Motor: İçerisinde hareket miktarını ölçen sensör, fren sistemi gibi donanımların bulunduğu ayrıca motor konumunun hassas bir şekilde ayarlanabilmesi için özel dizayn edilmiş motorlardır.

Çalışma hacmi: Robotun en uç noktasının ulaşabildiği noktalar kümesidir.

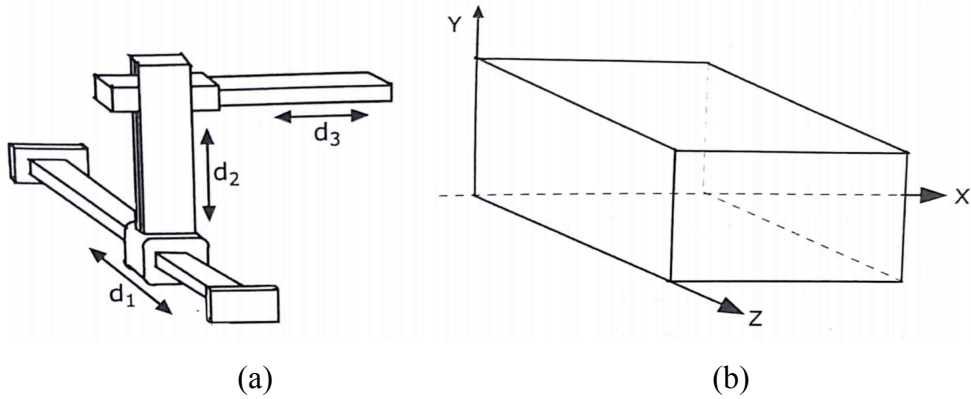
Çalışma alanı: Robotun en uç noktasının hareket alanıdır [9].

2.4. Endüstriyel Robotlar

2.4.1. Serbestlik Derecelerine Göre Robotlar

2.4.1.1. Kartezyan Robot

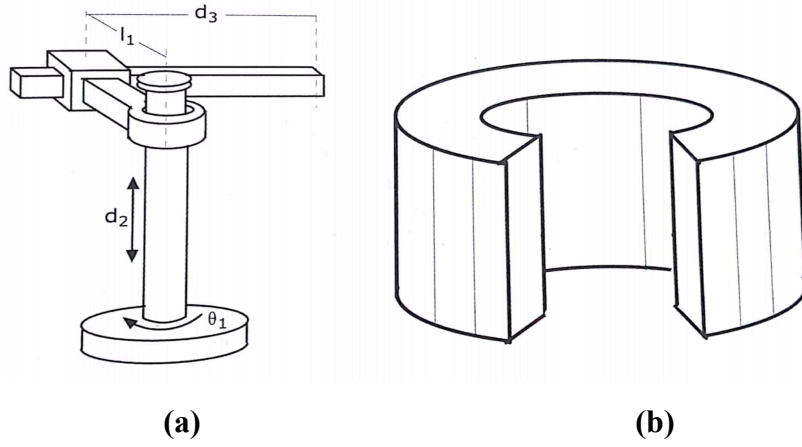
Kartezyan robot sistemi, birbirine dik üç mafsallın üç ekseninde hareket edebildiği sistemlerdir. Yani; üç ana parçanın tamamı prizmatikse bu şekilde tasarlanan robotlara kartezyan robot denir. Oldukça basit ve anlaşılabilir bir yapıya sahiptirler. Birbirine dik sistemler olması ile eğilme ve bükülme gibi işlemleri gerçekleştirmezler. Bu özelliği ile yük taşıma ve kaldırma kapasiteleri oldukça yüksektir. Kullanım alanları da bu yönde oldukça fazladır. Kargo ve madde taşımacılığında, yükleme ve boşaltma işlerinde yaygın olarak kullanılır [10]. Bu tip robotların çizimi ve çalışma boyutu Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Kartezyen robot (a), çalışma boyutu (b) [4].

2.4.1.2. Silindirik Robotlar

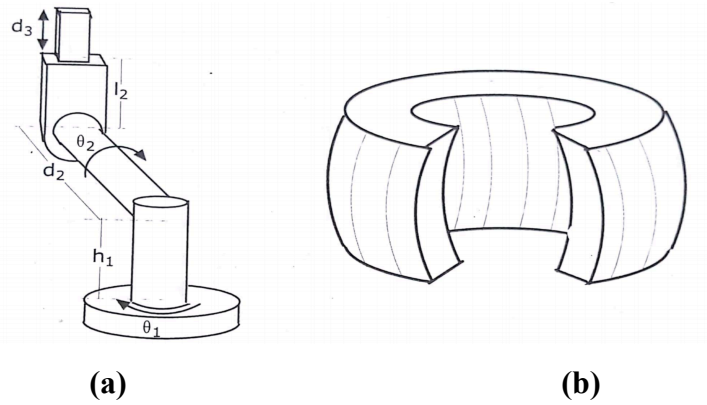
Ana parçanın bir yatak üzerinde dönebilirken aynı zamanda diğer parçaları da taşımasıdır. Yani ilk eksenini dönel diğer eksenlerin prizmatik olarak tasarlanan robotlara silindirik robot denir. Mekanik yapısı oldukça basittir. Montaj yükleme ve boşaltmada yaygın olarak kullanılır [11]. Bu tip robotların çizimi ve çalışma boyutu Şekil 1.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2. Silindirik robot (a), çalışma boyutu (b) [4].

2.4.1.3. Küresel Robot Kolları

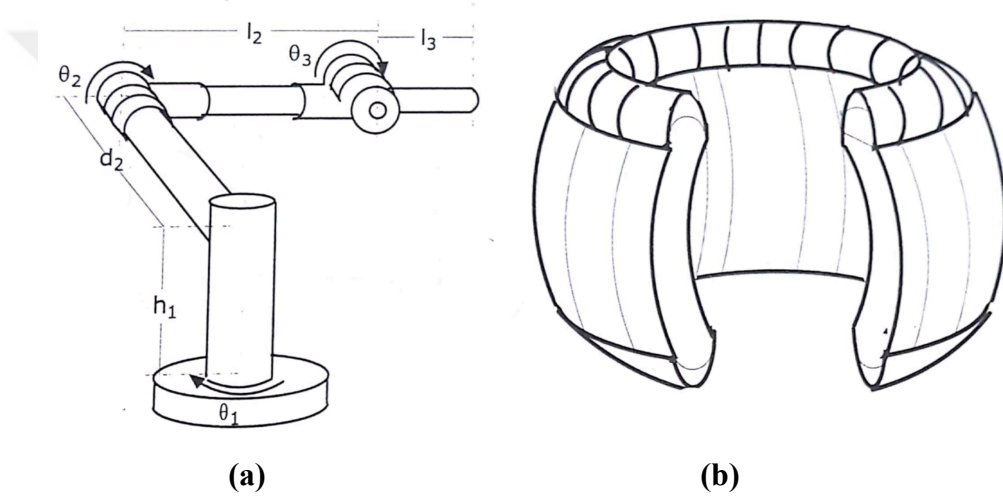
Ana iki parçanın bir yatak üzerinde dönebilirken diğer parçayı taşımasıdır. İlk iki eksenin dönel üçüncü eksenin prizmatik olarak tasarlanan robotlara küresel robot kollarıdır. Mekanik ve kinematik yapıları karmaşık bir yapıya sahiptir. Sanayide oldukça yaygın olarak kullanılan bir robot koludur [12]. Bu tip robotların çizimi ve çalışma boyutu Şekil 1.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3. Küresel robot (a), çalışma boyutu (b) [4].

2.4.1.4. Dönel Robot Kolları

Üç parçanın da bir yatak üzerinde dönebilme işlemidir. Üç eksenli de dönel olarak tasarlanan robot kollarıdır. Mekanik ve kinematik yapıları oldukça karmaşıktır. Sanayide oldukça yaygın olarak kullanılır. Robot parçalara zarar vermeden ve hedef noktaya en hızlı ulaşımın gerektiği sistemlerde daha kısa sürede ulaşmasını sağlamaktadır [12]. Bu tip robotların çizimi ve çalışma boyutu Şekil 1.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4. Dönel robot (a), çalışma boyutu (b) [4].

Çizelge 2.1. Endüstriyel robot tiplerinin avantaj ve dezavantajları [13].

Robotlar	Avantajlar	Dezavantajlar
Kartezyen	Kinematik denklemleri basittir. Mekanik bünnyeleri sağlamdır. Çalışma alanının her bir birleşme noktasında aktivite becerileri aynıdır. Basit bir kinematik bünyesi bulunduğundan yeni bileşenler eklemek kolaydır.	Çalışma alanı robotun büyüklüğünden küçüktür. Robot kendi bünyesine ulaşamaz. Prizmatik bileşenleri çevresel tozdan korumak oldukça zordur.
Silindirik	Ana çerçeve döner olduğundan ucun hızı fonksiyonel olarak yüksektir. Kinematik denklemleri basittir. Genişletilebilir çalışma alanına sahiptirler.	Silindirik robot olarak küçük bir çalışma alanına sahiptirler. Aktivite becerilerinin büyüklüğü kol uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir.
Küresel	Genişletilebilir çalışma alanına sahiptirler.	Kinematik denklemleri kompleks olduğu için kontrolleri zordur. Aktivite becerileri her birleşme noktasında farklıdır.
Dönel	Çok geniş çaplı çalışma alanına sahiptirler. Döner bileşenleri hareket ettirmek oldukça kolaydır. Çok esnek ve hızlıdır.	Aktivite becerileri her birleşme noktasında farklıdır. Kinematik denklemleri kompleks olduğu için kontrolleri zordur.
Scara	Oldukça geniş açılı bir çalışma alanına sahiptir. Çok hızlı ve fonksiyoneldirler. Aktivite becerisi çok yüksektir.	Kinematik denklemleri oldukça kompleks olduğu için hesaplama ve kontrolleri oldukça zordur.

2.4.1.5. Delta Robotlar

Paralel robot ailesine ait olan delta robot eklemleri aynı gövdeye bağlıdır. Oldukça karmaşık bir kinematiğe sahiptir. Eklemlerin aynı gövdeye sabitlenmesi hassasiyet açısından olumlu katkı sağlamaktadır. Endüstride yaygın olarak hassasiyet ve hız gerektiren bir nesneyi bir yerden başka bir yere taşıma işleminde ve ağırlıkla paketleme sektöründe kullanılmaktadır [14].

2.4.1.6. Scara Robot

Bu robot dik eksen üzerinde dönebilen ve bu eksen üzerinde yatak içerisinde dönen 2 eksen ve bunlara dik ekseninde hareket eden parçayı taşıma işlemidir. Genellikle dikey eksen çevresinde dönen 2 veya 3 kol bölümünden meydana gelmiştir. Sanayide oldukça yaygın olarak kullanılan bir robot koludur.

2.4.2. Kontrol Yöntemlerine Göre Robotlar

2.4.2.1. Noktasal Kontrol Edilen Robotlar

Bu tip robotlar çalışma alanlarında bir ürünü bir yerden tutup başka bir yere taşıma işlemi gerçekleştirirler. Serbestlik dereceleri genellikle altıdan düşüktür.

2.4.2.2. Sürekli Yörünge Kontrollü Robotlar

Kullanıcı tarafından önceden belirlenmiş bir yörüngeyi izleyecek şekilde programlanabilen robotlardır. Aynı görevi tekrarlamakla bir iş akışını yerine getirirler.

3. SCARA ROBOT

3.1. Scara Robot Tanımı

Bu bölümde scara robot kolunun daha detaylı açıklanması ve içerisindeki aksam ve parçaların ele alınması şeklinde olacaktır. Scara robot (Selective Compliant Articulated Robot for Assembly) küresel robotlara benzemesine rağmen eklemlerin bağlantısı ve geometrisi açısından küresel robot sistemlerinden farklıdır. Yakın dönemde geliştirilen ve oldukça yaygın kullanılan bir robottur [15]. Hız ve konum performansı çok iyi olduğundan sanayide kullanılan en yaygın robot koludur [16].

3.2. Scara Robotun Genel Özellikleri

- Yüksek hız
- Hassasiyet
- Yüksek verim
- Doğruluk

3.3. Scara Robotun Yapısal Özellikleri

Genellikle dikey eksen çevresinde dönen 2 veya 3 kol bölümünden meydana gelmiştir. Bu robot dik eksen üzerinde dönen ve bu eksen üzerinde yatak içerisinde dönebilen 2 eksen ve bunlara dik ekseninde hareket eden parçayı taşıma işlemidir [17].

3.4. Scara Robot Parça ve Elemanları

3.4.1. Servo Motor

Pozisyon ve hız kontrolü denildiğinde en ideal motor servo motorlardır. Piyasada ki adı ile akıllı motorlardır. Bu ünvanı almasında yatan sebep ise yine en belirgin iki özelliğidir, yani her salisedeki pozisyon ve hıza hükmetme kabiliyetidir. Yapısında bulundurduğu enkoderler ile motorun dönüş yönü, hızı, konumu ve torku oldukça hızlı belirlenir [18] .

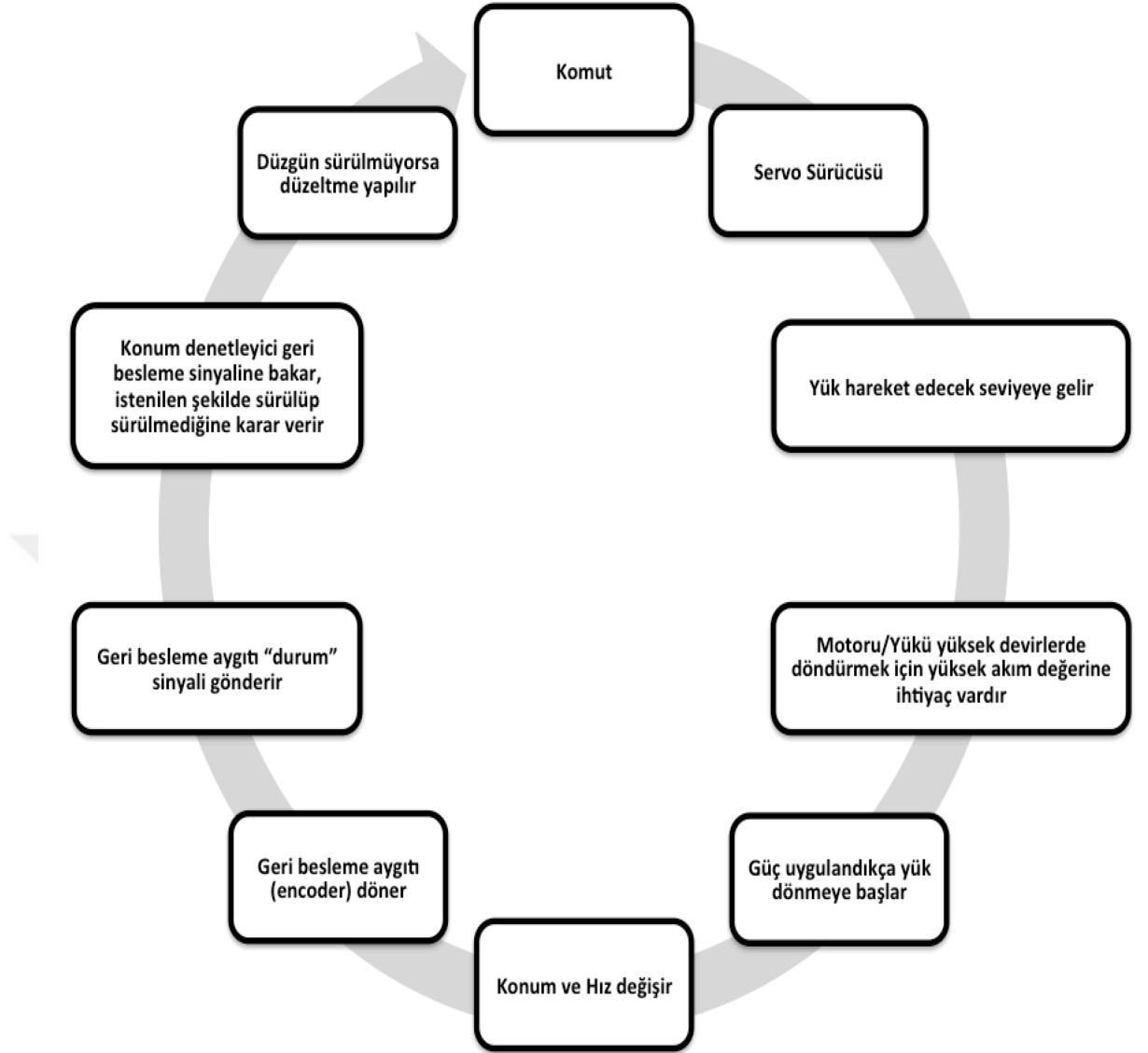
Scara robotun motor seçiminde tork ve hız değerlerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Servo motorun harekete geçmesi için verilen komutta sistemde konum denetleyicisine iletilir ve tüm hareket yine son olarak denetleyicide son bulur. Servo motorun genel işleyiş şeması Şekil 2.1’deki gibidir.

Servo motor seçiminde 3 ana başlığa dikkat edilir;

- Mekanik güç gereksinimine göre motor seçimi
- Sürüm sistemine göre motor seçimi
- Verim ve performans bakımından motor seçimi [5].

Motor seçiminde takip edilecek adımlar;

- İlk olarak yükün nasıl sürüleceğine yani sürme mekanizmasına karar verilir.
- Hareket hızı sürme zamanı ve konumlama zamanı belirlenir.
- Mekanik güç gereksinimi yani motor miline etkiyen bileşik tork
- Elde edilen değerlere göre motor seçimi, kataloglardan yapılır [19, 20].



Şekil 3.1. Servo motor genel işleyiş mekanizması.

3.4.2. Redüktör

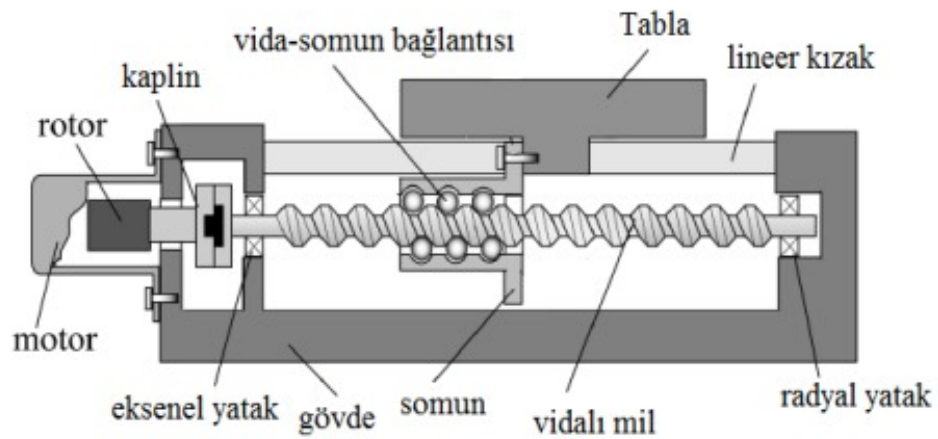
Kullanılacağı makinaların ihtiyaçları doğrultusunda makinanın dönme hareketinin ihtiyaçtan yüksek olduğu sistemlerde girişteki dönüş hızını istenilen çıkış hızına dönüştürülmesi amacı ile kullanılan dişli sistemlerine denir. Girişteki tahrik devrini düşürerek torku artıran mekanik sistemlerdir [21].

Robot sistemlerinde çok yüksek tork ve hız değerlerine ihtiyaç vardır. Piyasada yaygın olarak kullanılan klasik redüktörlerde çok ağır ve boşluk değerleri çok yüksektir. Robotik sistemlerde yaygın olarak kullanılan sikloid ve planet redüktörler vardır. Yapısı gereği iki sistemde boşluksuz olarak büyük tork değerleri aktarabilmekte, yüksek dayanım oranlarına sahip ve düşük iç ataletle sahiptirler [22]. Boşluksuz (planet ve sikloid) dişlilerinin avantajları:

- Giriş ve çıkış mili doğrusal olarak yerleştirilmiştir
- Yük birden fazla dişliye dağılır
- Düşük dönme gücü yüksek verimlilik sağlar
- Diferansiyel redüktör olarak kullanılabilir
- Uygun hacim gücü

3.4.3. Vidalı Mil

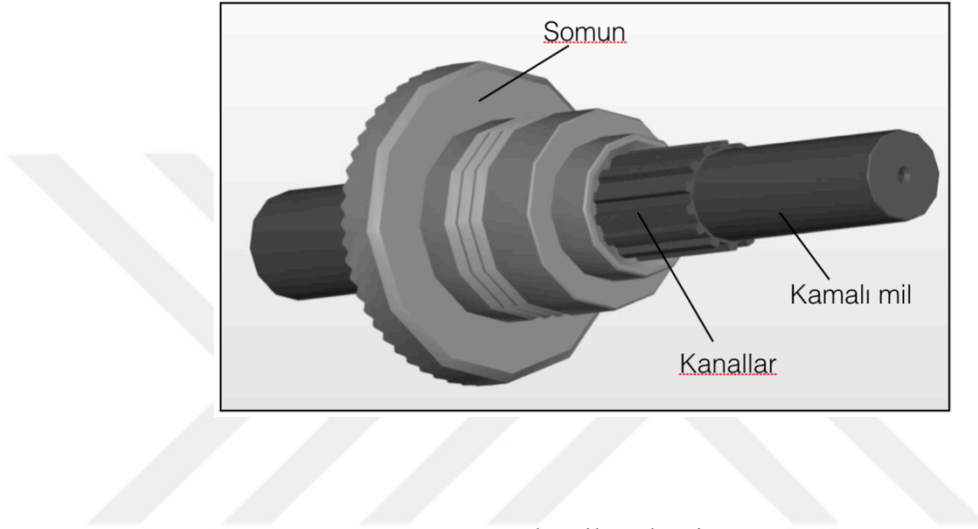
Vidalı miller, vida-somun mekanizması yardımıyla lineer hareket elde edilmesini sağlayan makine elemanlarıdır. Temel olarak kaymalı ve yuvarlamalı olmak üzere iki vidalı mil mekanizması vardır. Sistem somun, vidalı ve bilye olarak 3 parçadan oluşur. Vida ile somun arasında hareket edebilen bilye ile hareketini gerçekleştirir [23]. Bilyalı vidalı mil mekanizması Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Bilyalı vidalı mil mekanizması [23].

3.4.4. Kamalı Mil

Kamalı miller, normal millerden farklı olarak üzerine mil eksenine boyunca belirli aralıklarla kanallar açılmış millerdir. Bu kanalların açılmasının amacı ,makine elemanlarının mil üzerine sabitlenerek ,milden alınan tork ve dönme hareketinin açılan kanal boyunca bu makine elemanlarına iletilmesidir [24]. Kamalı mil yapısı Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 3.3. Kamalı mil mekanizması [24].

3.4.5. Scara Robot Malzeme Tasarımı ve Seçimi

Tasarımda temel olarak dikkat edilen başlıklar aşağıdaki gibidir;

- Malzemenin istenilen fiziksel ve mekanik özellikleri
- Malzemenin istenilen forma nasıl getirileceği
- Malzeme ve uygulanacak prosesin ekonomikliği
- Malzeme veya uygulanan prosesin çevreye uyumu sorgulanmalıdır.

Robotik sistemlerde hız ve güç önemli olduğundan robotlarda hafif ve dayanımı yüksek malzemelerden imal edilmektedirler. Bu sayede eklemlerinin maruz kaldığı yükler ve taşıma kapasitesi optimum seviyelerde tutulmaktadır. Bu nedenle ağırlığın düşük dayanımın yüksek olduğu alüminyum alaşımlar tercih edilir.

Malzeme tasarımındaki temel başlıklar ele alınacak olursa alüminyum alaşımlar kolay şekil verilebilen metallere dendir. Alüminyum alaşımlar istenilen piyasada istenilen kalitede ve ekonomik olarak temin edilmektedir [25]. Alüminyum ve alaşımları diğer malzemelere göre düşük yoğunluk, iyi korozyon direnci, işlenebilirlik, elektrik iletimi gibi birçok mükemmel özelliklere sahip olduğundan uçak, otomotiv ve robotik endüstrisinde AA 7075 serisi alüminyum yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bu serideki alüminyumun kimyasal ve mekanik özellikleri çizelge 2 ve çizelge 3’te görülmektedir.

Çizelge 3.1. AA 7075 Kimyasal Bileşimi (A. M. Products 2001, değiştirilerek

alınmıştır)

AA 7075 Kimyasal Birleşimi			Likidüs Sıcaklığı: 635°C			Solidüs Sıcaklığı: 476°C			Yoğunluk: 2800 Kg m ³	
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Diğerleri	Toplam
max	-	-	1.2	-	2.1	0.18	5.1	-	-	-
min	0.40	0.50	2.0	0.30	2.9	0.28	6.1	0.20	0.05	12.73

Çizelge 3.2. AA 7075 T6 Mekanik Özellikleri (A. M. Products 2001, değiştirilerek

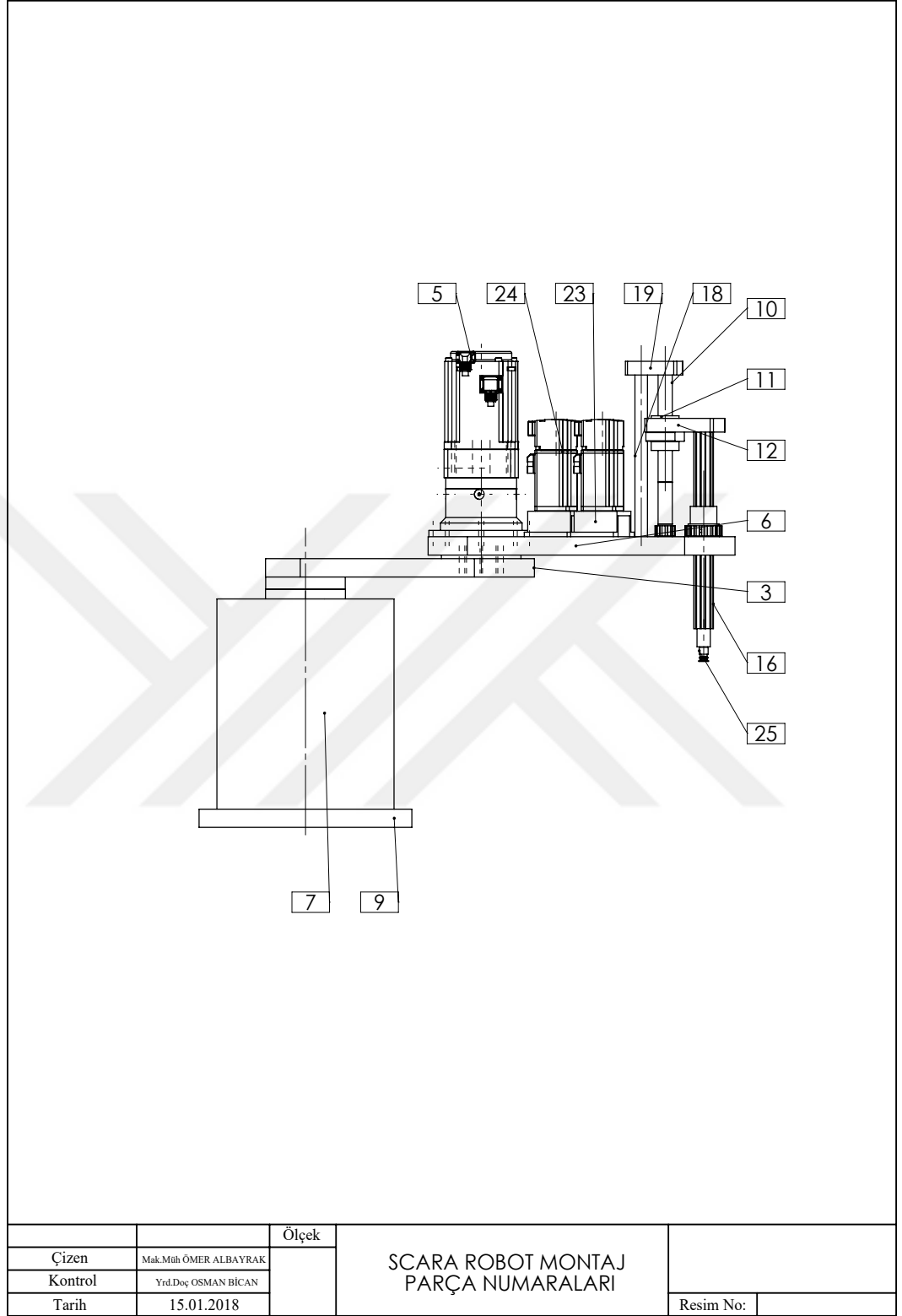
alınmıştır)

	Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı (Mpa)	Elastisite Modülü (GPa)	Sertlik (HV)
AA 7075 (T6)	570	505	72	150

4. HESAPLAMA VE ANALİZLER

Scara robotu tasarımı yapılırken dikkate alınan hesaplamalar, bel dönme eksenine (I.eksen), dirsek dönme eksenine (II.eksen), bilek dönme eksenine (III. eksen) ve bilek aşağı yukarı hareket eksenine (IV.eksen) bağlı olarak yapılmıştır. Robot elemanlarının ataletleri hesaplanarak bu eksenlerin toplam ataleti bulunup gerekli servo motor gücü hesaplanarak kullanılacak motorlar belirlenmiştir. Bu bölümde yapılan hesaplamalar Şekil 3.1’de verilen ve çizelge 3.1’te isimlendirilen robot parçalarına göre yapılmıştır.





Şekil 4.1. Scara robot montaj parça numaraları

Çizelge 4.1. Şekil 3.1’deki Scara robot montaj parça numaraları ve isimleri

PARÇA NUMARASI	SCARA ROBOT PARÇA İSİMLERİ	ADET
1	1,2 KW SERVO MOTOR	1
2	1-20 ÇEVİRİM ROBOT FLANŞLI REDÜKTÖR	1
3	ARKA KOL	1
4	1-15 ÇEVİRİM ROBOT FLANŞLI REDÜKTÖR	1
5	750 WATT SERVO MOTOR	1
6	ÖN KOL	1
7	ŞASE GÖVDE	1
8	ŞASE KAPAK	1
9	ŞASE ALT KAPAK	1
10	TBI VİDALI MİL - SFE01616	1
11	TBI VİDALI MİL SOMUNSF01616	1
12	KAMALI MİL SABİTLEME	1
13	VİDALI MİL SOMUN -BLK 1616-7.2 ZZ+305L C7T(2500)	1
14	VİDALI MİL-BLK 1616-7.2 ZZ+305L C7T(2500)	1
15	KAMALI MİL SOMUN	1
16	KAMALI MİL	1
17	TRİGER DİŞLİ 15	1
18	VİDALI MİL SABİTLEME MİLİ	1
19	VİDALI MİL SABİTLEME	1
20	TRİGER DİŞLİ 20	1
21	6001N	1
22	6806N	1
23	MOTOR AYAK	2
24	LG 100 W SERVO MOTOR	2
25	TUTUCU UÇ	1

Çizen	Mak.Müh.ÖMER ALBAYRAK	Ölçek	SCARA ROBOT MALZEME LİSTESİ		
Kontrol	Yrd.Doç.ÖSMAN BİCAN	1:1.5		Resim No:	
Tarih	16.01.2018				

4.1. Birinci (I.) Eksen Servo Motor Hesabı

4.1.1. Taşınan Kütle

$$M_{\text{kütle}} = 5 \text{ kg}$$

$$A_{x\text{kütle}} = 0.05\text{m}$$

$$A_{y\text{kütle}} = 0.05\text{m}$$

$$C_{\text{kütle}} = 0.46\text{m}$$

$$A_{\text{kütle}} = ((M_{\text{kütle}} / 12) \times (A_{x\text{kütle}}^2 + A_{y\text{kütle}}^2)) + (M_{\text{kütle}} \times C_{\text{kütle}}^2) \quad (3.1)$$

$$A_{\text{kütle}} = ((5 / 12) \times (0.5^2 + 0.5^2)) + (5 \times 0.46^2)$$

$$A_{\text{kütle}} = 1.26 \text{ kg.m}^2$$

4.1.2. Kamalı mil

$$M_{\text{kamalı mil}} = M_{\text{KM}} = 0.25\text{kg}$$

$$R_{\text{KM}} = 0.16\text{m}$$

$$C_{\text{KM}} = 0.46\text{m}$$

$$A_{\text{KM}} = ((M_{\text{KM}} / 2) \times R^2) + (M_{\text{KM}} \times C_{\text{KM}}^2) \quad (3.2)$$

$$A_{\text{KM}} = ((0.25 / 2) \times 0.16^2) + (0.25 \times 0.46^2)$$

$$A_{\text{kamalı mil}} = 0.0561 \text{ kg.m}^2$$

4.1.3. Vidalı mil

$$M_{\text{vidalı mil}} = M_{\text{VM}} = 0.300\text{kg}$$

$$R_{\text{vidalı mil}} = R_{\text{VM}} = 0.016\text{m}$$

$$C_{\text{vidalı mil}} = C_{\text{KM}} = 0.415 \text{ m}$$

$$A_{VM} = ((M_{KM} / 2) \times R^2) + (M_{VM} \times C_{VM}^2) \quad (3.3)$$

$$A_{VM} = ((0.300 / 2) \times 0.016^2) + (0.300 \times 0.415^2)$$

$$A_{VM} = 0.051 \text{ kg.m}^2$$

4.1.4. Servo motor-4

$$M_{S4} = 0.71 \text{ kg}$$

$$A_{xS4} = 0.05\text{m}$$

$$A_{yS4} = 0.05\text{m}$$

$$C_{S4} = 0.34\text{m}$$

$$A_{S4} = ((M_{S4} / 12) \times (A_{xS4}^2 + A_{yS4}^2)) + (M_{S4} \times C_{S4}^2) \quad (3.4)$$

$$A_{S4} = ((0.71 / 12) \times (0.05^2 + 0.05^2)) + (0.71 \times 0.34^2)$$

$$A_{S4} = 0.082 \text{ kg. m}^2$$

4.1.5. Servo motor-3

$$M_{S3} = 0.71 \text{ kg}$$

$$A_{xS3} = 0.05\text{m}$$

$$A_{yS3} = 0.05\text{m}$$

$$C_{S3} = 0.29\text{m}$$

$$A_{S3} = ((M_{S3} / 12) \times (A_{xS3}^2 + A_{yS3}^2)) + (M_{S3} \times C_{S3}^2) \quad (3.5)$$

$$A_{S3} = ((0.71 / 12) \times (0.05^2 + 0.05^2)) + (0.71 \times 0.29^2)$$

$$A_{S3} = 0.060 \text{ kg.m}^2$$

4.1.6. Servo motor-2

$$M_{S2} = 2.9 \text{ kg}$$

$$A_{xS2} = 0.075\text{m}$$

$$A_{yS2} = 0.075\text{m}$$

$$C_{S2} = 0.20\text{m}$$

$$A_{S4} = ((M_{S2} / 12) \times (A_{xS2}^2 + A_{yS2}^2)) + (M_{S2} \times C_{S2}^2) \quad (3.6)$$

$$A_{S2} = ((2.9 / 12) \times (0.075^2 + 0.075^2)) + (2.9 \times 0.2^2)$$

$$A_{S2} = 0.117 \text{ kg.m}^2$$

4.1.7. Ön Kol

$$M_{ön} = 1.5 \text{ kg}$$

$$A_{xön} = 0.355\text{m}$$

$$A_{yön} = 0.060\text{m}$$

$$C_{ön} = 0.330\text{m}$$

$$A_{ön} = ((M_{ön} / 12) \times (A_{xön}^2 + A_{yön}^2)) + (M_{ön} \times C_{ön}^2) \quad (3.7)$$

$$A_{ön} = ((1.5 / 12) \times (0.355^2 + 0.060^2)) + (1.5 \times 0.33^2)$$

$$A_{ön} = 0.179 \text{ kg.m}^2$$

4.1.8. Arka Kol

$$M_{arka} = 1.56 \text{ kg}$$

$$A_{xarka} = 0.305\text{m}$$

$$A_{yarka} = 0.060\text{m}$$

$$C_{arka} = 0.1\text{m}$$

$$A_{arka} = ((M_{arka} / 12) \times (A_{xarka}^2 + A_{yarka}^2)) + (M_{arka} \times C_{arka}^2) \quad (3.8)$$

$$A_{arka} = ((1.56 / 12) \times (0.305^2 + 0.060^2)) + (1.56 \times 0.1^2)$$

$$A_{arka} = 0.028 \text{ kg.m}^2$$

4.1.9. Redüktör

$$M_{redüktör} = 3.3 \text{ kg}$$

$$R_{redüktör} = 0.118 \text{ m}$$

$$C_{redüktör} = 0.200\text{m}$$

$$A_{redüktör} = ((M_{redüktör} / 2) \times R_{redüktör}^2) + (M_{redüktör} \times C_{redüktör}^2) \quad (3.9)$$

$$A_{redüktör} = ((3.3/2) \times 0.118^2) + (3.3 \times 0.200^2)$$

$$A_{redüktör} = 0.154 \text{ kg.m}^2$$

4.1.10. Motor Ayak-1 (Servo-4)

$$M_{MA1} = 0.08 \text{ kg}$$

$$A_{xMA1} = 0.09 \text{ m}$$

$$A_{yMA1} = 0.028\text{m}$$

$$C_{MA1} = 0.340\text{m}$$

$$A_{MA1} = ((M_{MA1} / 12) \times (A_{xMA1}^2 + A_{yMA1}^2)) + (M_{MA1} \times C_{MA1}^2) \quad (3.10)$$

$$A_{MA1} = ((0.08 / 12) \times (0.09^2 + 0.028^2)) + (0.08 \times 0.34^2)$$

$$A_{MA1} = 9.3 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.1.11. Motor Ayak-2 (Servo-3)

$$M_{MA2} = 0.08 \text{ kg}$$

$$A_{xMA2} = 0.09 \text{ m}$$

$$A_{yMA2} = 0.028 \text{ m}$$

$$C_{MA2} = 0.29 \text{ m}$$

$$A_{MA2} = ((M_{MA2} / 12) \times (A_{xMA2}^2 + A_{yMA2}^2)) + (M_{MA2} \times C_{MA2}^2) \quad (3.11)$$

$$A_{MA2} = ((0.08 / 12) \times (0.09^2 + 0.028^2)) + (0.08 \times 0.29^2)$$

$$A_{MA2} = 6.78 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.1.12. Vidalı Mil Sabitleme Parçası

$$M_{VMS} = 0.05 \text{ kg}$$

$$A_X = 0.06 \text{ m}$$

$$A_Y = 0.03 \text{ m}$$

$$C = 0.4 \text{ m}$$

$$A_{VMS} = ((M_{VMS} / 12) \times (A_{xVMS}^2 + A_{yVMS}^2)) + (M_{VMS} \times C_{VMS}^2) \quad (3.12)$$

$$A_{VMS} = ((0.05 / 12) \times (0.06^2 + 0.03^2)) + (0.05 \times 0.4^2)$$

$$A_{VMS} = 8.01 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.1.13. Kamalı Mil Sabitleme Parçası

$$M_{KMS} = 0.05 \text{ kg}$$

$$A_{xKMS} = 0.08 \text{ m}$$

$$A_{yKMS} = 0.05 \text{ m}$$

$$C_{KMS} = 0.45m$$

$$A_{KMS} = ((M_{KMS} / 12) \times (A_{xKMS}^2 + A_{yKMS}^2)) + (M_{KMS} \times C_{KMS}^2) \quad (3.13)$$

$$A_{KMS} = ((0.05 / 12) \times (0.08^2 + 0.05^2)) + (0.05 \times 0.45^2)$$

$$A_{KMS} = 0.01 \text{ kg.m}^2$$

4.1.14. Vidalı Mil Sabitleme Mili

$$M_{VMSM} = 0.075 \text{ kg}$$

$$R_{VMSM} = 0.177 \text{ m}$$

$$C_{VMSM} = 0.375m$$

$$A_{VMSM} = ((M_{VMSM} / 2) \times R_{VMSM}^2) + (M_{VMSM} \times C_{VMSM}^2) \quad (3.14)$$

$$A_{VMSM} = ((0.075 / 2) \times 0.177^2) + (0.075 \times 0.375^2)$$

$$A_{VMSM} = 0.011 \text{ kg.m}^2$$

4.1.15. Birinci (I.) Eksen Servo Motor Toplam Hesapları

$$\sum A = A_{k\ddot{u}tle} + A_{KM} + A_{VM} + A_{S4} + A_{S3} + A_{S2} + A_{\ddot{o}n} + A_{arka} + A_{red\ddot{u}kt\ddot{o}r} + A_{MA1} + A_{MA2} + A_{VMS} + A_{KMS} + A_{VMSM} \quad (3.15)$$

$$\sum A = 1.26 + 0.0561 + 0.051 + 0.082 + 0.060 + 0.117 + 0.179 + 0.028 + 0.154 + 9.3 \times 10^{-3} + 6.78 \times 10^{-3} + 8.01 \times 10^{-3} + 0.01 + 0.011$$

$$\sum A = 2.032 \text{ kg.m}^2$$

$$n = 80 \text{ dev/dk}$$

$$\omega = (\pi \times n) / 30 \text{ ise;} \quad (3.16)$$

$$\omega = (3.14 \times 80) / 30 = 8.37 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \omega / t \text{ ise;} \quad (3.17)$$

$$\alpha = 8,37 / 1 = 8,37 \text{ rad/sn}$$

$I = \sum A$ olduğuna göre;

$$^2 \sum T = I \alpha \text{ ise;} \quad (3.18)$$

$$\sum T = 2.032 \times 8,37 = 17 \text{ N.m}$$

4.1.16. Redüktör Hesabı

Seçilen motorun $A_{\text{motor}} = 6 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$ olduğundan

$$i = \sqrt{\frac{\sum A}{A_{\text{motor}} \times 10}} \quad (3.19)$$

$$i = \sqrt{\frac{20320}{6 \times 10}} = 18.4$$

$i = 18.4$ çevrimi en yakın üst kuvvet olan 20 çevrim redüktör seçilmiştir

Bu çevrim oranına sahip motor seçimi olarak

1. servomotor olarak $T_{\text{max}} : 6,24 \text{ N.m} / P : 1,2 \text{ watt}$ olan servo motor seçildi.

4.2. İkinci (II.) Eksen Servo Motor Hesabı

4.2.1. Taşınan Kütle

$$M_{\text{kütle}} = 5 \text{ kg}$$

$$A_{x\text{kütle}} = 0.05 \text{ m}$$

$$A_{y\text{kütle}} = 0.05 \text{ m}$$

$$C_{\text{kütle}} = 0.26 \text{ m}$$

$$A_{\text{kütle}} = ((M_{\text{kütle}} / 12) \times (A_{x\text{kütle}}^2 + A_{y\text{kütle}}^2)) + (M_{\text{kütle}} \times C_{\text{kütle}}^2) \quad (3.20)$$

$$A_{\text{kütle}} = ((5 / 12) \times (0.5^2 + 0.5^2)) + (5 \times 0.26^2)$$

$$A_{k\ddot{u}tle}=0.34 \text{ kg.m}^2$$

4.2.2. Kamalı mil

$$M_{KM}= 0.25\text{kg}$$

$$R_{KM}= 0.02\text{m}$$

$$C_{KM}= 0.26\text{m}$$

$$A_{KM}=((M_{KM} /2) \times R_{KM}^2) + (M_{KM} \times C_{KM}^2) \quad (3.21)$$

$$A_{KM}=((0.25 /2) \times 0.02^2) + (0.25 \times 0.26^2)$$

$$A_{kamalı \text{ mil}} = 0.016 \text{ kg.m}^2$$

4.2.3. Vidalı mil

$$M_{VM}= 0.300\text{kg}$$

$$R_{VM}= 0.016\text{m}$$

$$C_{vidalı \text{ mil}}=C_{VM}= 0.215 \text{ m}$$

$$A_{VM}=((M_{KM} /2) \times R^2) + (M_{VM} \times C_{VM}^2) \quad (3.22)$$

$$A_{VM}=((0.300 /2) \times 0.016^2) + (0.300 \times 0.215^2)$$

$$A_{VM}= 0.013 \text{ kg.m}^2$$

4.2.4. Servo motor-4

$$M_{S4}= 0.71 \text{ kg}$$

$$A_{xS4} = 0.05\text{m}$$

$$A_{yS4} = 0.05\text{m}$$

$$C_{S4} = 0.14\text{m}$$

$$A_{S4} = ((M_{S4} / 12) \times (A_{xS4}^2 + A_{yS4}^2)) + (M_{S4} \times C_{S4}^2) \quad (3.23)$$

$$A_{S4} = ((0.71 / 12) \times (0.05^2 + 0.05^2)) + (0.71 \times 0.14^2)$$

$$A_{S4} = 0.014 \text{ kg. m}^2$$

4.2.5. Servo motor-3

$$M_{S3} = 0.71 \text{ kg}$$

$$A_{xS3} = 0.05\text{m}$$

$$A_{yS3} = 0.05\text{m}$$

$$C_{S3} = 0.09\text{m}$$

$$A_{S3} = ((M_{S3} / 12) \times (A_{xS3}^2 + A_{yS3}^2)) + (M_{S3} \times C_{S3}^2) \quad (3.24)$$

$$A_{S3} = ((0.71 / 12) \times (0.05^2 + 0.05^2)) + (0.71 \times 0.09^2)$$

$$A_{S3} = 6.04 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.2.6. Ön Kol

$$M_{ön} = 1.5 \text{ kg}$$

$$A_{xön} = 0.355\text{m}$$

$$A_{yön} = 0.060\text{m}$$

$$C_{ön} = 0.130\text{m}$$

$$A_{ön} = ((M_{ön} / 12) \times (A_{xön}^2 + A_{yön}^2)) + (M_{ön} \times C_{ön}^2) \quad (3.25)$$

$$A_{ön} = ((1.5 / 12) \times (0.355^2 + 0.060^2)) + (1.5 \times 0.13^2)$$

$$A_{ön} = 0.04 \text{ kg.m}^2$$

4.2.7. Motor Ayak-1 (Servo-4)

$$M_{MA1} = 0.08 \text{ kg}$$

$$A_{X MA1} = 0.09 \text{ m}$$

$$A_{Y MA1} = 0.028 \text{ m}$$

$$C_{MA1} = 0.140 \text{ m}$$

$$A_{MA1} = ((M_{MA1} / 12) \times (A_{X MA1}^2 + A_{Y MA1}^2)) + (M_{MA1} \times C_{MA1}^2) \quad (3.26)$$

$$A_{MA1} = ((0.08 / 12) \times (0.09^2 + 0.028^2)) + (0.08 \times 0.14^2)$$

$$A_{MA1} = 1.62 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.2.8. Motor Ayak-2 (Servo-3)

$$M_{MA2} = 0.08 \text{ kg}$$

$$A_{X MA2} = 0.09 \text{ m}$$

$$A_{Y MA2} = 0.028 \text{ m}$$

$$C_{MA2} = 0.09 \text{ m}$$

$$A_{MA2} = ((M_{MA2} / 12) \times (A_{X MA2}^2 + A_{Y MA2}^2)) + (M_{MA2} \times C_{MA2}^2) \quad (3.27)$$

$$A_{MA2} = ((0.08 / 12) \times (0.09^2 + 0.028^2)) + (0.08 \times 0.09^2)$$

$$A_{MA2} = 7.07 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

4.2.9. Vidalı Mil Sabitleme Parçası

$$M_{VMS} = 0.05 \text{ kg}$$

$$A_{xVMS} = 0.06 \text{ m}$$

$$A_{yVMS} = 0.03 \text{ m}$$

$$C_{VMS} = 0.2m$$

$$A_{VMS} = ((M_{VMS}/12) \times (A_{xVMS}^2 + A_{yVMS}^2)) + (M_{VMS} \times C_{VMS}^2) \quad (3.28)$$

$$A_{VMS} = ((0.05 / 12) \times (0.06^2 + 0.03^2)) + (0.05 \times 0.2^2)$$

$$A_{VMS} = 2.01 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.2.10. Kamalı Mil Sabitleme Parçası

$$M_{KMS} = 0.05 \text{ kg}$$

$$A_{xKMS} = 0.08m$$

$$A_{yKMS} = 0.05m$$

$$C_{KMS} = 0.25m$$

$$A_{KMS} = ((M_{KMS}/12) \times (A_{xKMS}^2 + A_{yKMS}^2)) + (M_{KMS} \times C_{KMS}^2) \quad (3.29)$$

$$A_{KMS} = ((0.05 / 12) \times (0.08^2 + 0.05^2)) + (0.05 \times 0.25^2)$$

$$A_{KMS} = 3.16 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.2.11. Vidalı Mil Sabitleme Mili

$$M_{VMSM} = 0.075 \text{ kg}$$

$$R_{VMSM} = 0.177m$$

$$C_{VMSM} = 0.2m$$

$$A_{VMSM} = ((M_{VMSM} / 2) \times R_{VMSM}^2) + (M_{VMSM} \times C_{VMSM}^2) \quad (3.30)$$

$$A_{VMSM} = ((0.075 / 2) \times 0.177^2) + (0.075 \times 0.2^2)$$

$$A_{VMSM} = 4.17 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4.2.12. II .Eksen Servo Motor Toplam Hesapları

$$\sum A = A_{\text{kütle}} + A_{\text{KM}} + A_{\text{VM}} + A_{\text{S4}} + A_{\text{S3}} + A_{\text{ön}} + A_{\text{MA1}} + A_{\text{MA2}} + A_{\text{VMS}} + A_{\text{KMS}} + A_{\text{VMSM}} \quad (3.31)$$

$$\sum A = 0.34 + 0.016 + 0.013 + 0.014 + 6.04 \times 10^{-3} + 0.04 + 1.62 \times 10^{-3} + 7.07 \times 10^{-4} + 2.01 \times 10^{-3} + 3.16 \times 10^{-3} + 4.17 \times 10^{-3}$$

$$\sum A = 0.44 \text{ kg.m}^2$$

$$n = 80 \text{ dev/dk}$$

$$\omega = (\pi \times n) / 30 \text{ ise:} \quad (3.32)$$

$$\omega = (3.14 \times 80) / 30 = 8.37 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \omega / t \text{ ise:} \quad (3.33)$$

$$\alpha = 8.37 / 1 = 8.37 \text{ rad/sn}$$

$$\sum T = I \alpha \text{ ise:} \quad (3.34)$$

$$\sum T = 0.44 \times 8.37 = 3.68 \text{ N.m}$$

4.2.13. Redüktör Hesabı

Seçilen motorun $A_{\text{motor}} = 1.82 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$ olduğundan

$$i = \sqrt{\frac{\sum A}{A_{\text{motor}} \times 10}} \quad (3.35)$$

$$i = \sqrt{\frac{4400}{1.82 \times 10}} = 15$$

$i=15$ çevrimi 15 çevrim redüktör seçilmiştir

Bu çevrim oranına sahip motor seçimi olarak

2. servomotor $T_{max} : 3.92 \text{ N.m}$ / $P : 0.75 \text{ watt}$ olan servo motor seçildi.

4.3. Üçüncü (III.) Eksen Servo Motor Hesabı

$$\tau = 5 \text{ kg /cm}^2$$

$$d=22\text{mm}=2.2\text{cm}$$

$$r=d/2= 2.2/2=1.1\text{cm}$$

$$b=5\text{mm}=0.5\text{cm}$$

$$L=250\text{mm}=25\text{cm}$$

$$n=2500/60 \text{ dev/dk}= 41.6 \text{ dev/dk}$$

$$L = \frac{71620 \times N}{b \times n \times r \times \tau} \quad (3.36)$$

$$L = 25\text{cm} = \frac{71620 \times N}{0.5 \times 41.6 \times 1.1 \times 5}$$

$$N = \frac{0.5 \times 25 \times 41.6 \times 1.1 \times 5}{71620}$$

$$N = 0.040 \text{ BG} = 0.030 \text{ kW}$$

$$0.030\text{kW} = 30\text{watt}$$

3. servomotor olarak $T_{max} : 0,318 \text{ N.m}$ / $P : 100\text{w}$ olan servo motor seçildi.

4.4. Dördüncü (IV.) Eksen Servo Motor Hesabı

Tabla ve iş parçasının toplam kütlesi: 5kg

Tabla hızı $V = 100 \pm 5 \text{ mm/s}$

Harici kuvvet $F_A = 0 \text{ N}$

Bilyeli vidalı mil eğiklik açısı $\alpha = 90^\circ$

Bilyeli vidalı milin toplam uzunluğu $L_B: 800\text{mm}$

Bilyeli vidanın çapı $d_B: 16\text{mm}$

Bilyeli vidanın adımı $P_B: 16\text{mm}$

Bilyeli vidanın bir dönüş için ilerleme miktarı: $A= 5\text{mm}$

Bilyeli vidanın verimi $\eta:0.9$

Bilyeli vidanın yaklaşık malzeme yoğunluğu $\rho: 7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Somunun dahili sürtünme katsayısı $\mu_0: 0.3$

Kayan yüzeylerin sürtünme katsayısı $\mu:0.05$

4.4.1.Gerekli Tork

$$F=F_A +mg (\sin\alpha+m \times \cos\alpha) \quad (3.37)$$

$$F = 0+(5 \times 9.8) \times (\sin 90^\circ +0.05\cos 90^\circ)$$

$$F =0+(5 \times 9.8) \times (1 +0.05 \times 0)$$

$$F=49 \text{ N}$$

Bilyeli vida ile somun arasında bir boşluk olmaması için üretim esnasında sıkılık verilir. Buna pilot basıncı denilmektedir. Bu değer, vidanın üzerine binen yükün üçte biridir.

Yükten dolayı meydana gelen pilot basınç yükü:

$$F = \frac{F}{3} = \frac{49}{3} = 16.33 \text{ N} \quad (3.38)$$

Yük torku vidanın uyguladığı aksenal kuvvet ve pilot basıncın toplamıdır.

$$T_L = \frac{F \times P_B}{2\pi\eta} + \frac{\mu_0 \times F_0 \times P_B}{2\pi} \quad (3.39)$$

$$T_L = \frac{49 \times 16.10^{-3}}{2 \times \pi \times 0.9} + \frac{0.03 \times 16.33 \times 16.10^{-3}}{2\pi}$$

$$T_L = 0.138 + 1.24 \times 10^{-3} = 0.139 \text{ [Nm]}$$

$$T_M = \frac{TL}{i.\eta G} \quad (3.40)$$

$$T_M = \frac{0.139}{1 \times 0.9} = 0.154 \text{ [Nm]}$$

4. servomotor olarak **T** max : 0,159 N.m / **P** : 50watt olan servo motor seçilmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gelişen dünyada, ülkelerin gelişmişlik seviyeleri teknolojiyi ne kadar kullanabildikleri ve ne kadar geliştirebildikleri ile paralel olarak değişmektedir. Bu gelişmişlik düzeyleri, ülkelerin, iş gücü, istihdam, altyapı, eğitim, üretim kapasitesi ve savunmaya kadar her alanda teknoloji ile entegrasyon ile belirlenmektedir. bu sebeple ülkeler dış dünya politikalarını oluştururken gelişmişlik düzeylerini her alanda artırabilmek için teknolojiyi bir araç olarak kullanmaktadırlar. Özellikle ülkelerin askeri ve savunma sanayinde teknoloji farkı oluşturan bir belirteçtir. Bu sebeple her geçen gün savunma sanayinde teknolojik alt yapılar güncellenmeli ve araştırma geliştirmeler gelişmiş dünya seviyesine ulaşmalıdır. Günümüz dünyasında teknolojinin en belirgin yansıması üretime olmuş ve üretim kapasitesini artırmaya yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Endüstride bu çalışmaların vücut bulmuş hali ise endüstriyel robotlardır. Robotlar üretimde insan gücüne dayalı sistemi hedef alarak doğabilecek tüm olumsuzlukları ortadan kaldırmaya yönelik geliştirilmiştir.

Bu çalışmada savunma sanayi başta olmak üzere, endüstriyel sanayide üretimin birçok alanında kullanılan ancak henüz yerli üretimi olmayan bir robot kolu olan Scara robotun tasarım, ar-ge ve üretimi hedeflenmiştir. Bu robotun iç piyasaya katılması ile birlikte kalitenin artması, üretimde maliyetin ve işçi giderlerinin azaltılması, üretim kapasitesinin artması, hatalı üretimin en aza indirgeyerek doğabilecek tüm olumsuzlukların minimize edilmesi hedeflenmektedir. bu amaçları gerçekleştirmek için, öncelikli olarak Pazar araştırmaları yapılmış, maliyet hesapları ile problem tespiti ve analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda sıklıkla kullanılan scara tip robot kolunun üretimde hedeflenen tüm gerekli parçaları belirlenmiştir. Her bir parça tasarım programları ile teknik çizim olarak sanal ortamda hesaplanmış ve kullanılacak uygun malzemeler belirlenmiştir. Eş zamanlı olarak tüm dinamik hesaplamaları yapılarak olası olumsuzluklar engellenmiştir. Belirlenen malzemeler ile atölye ortamında her bir parça tasarıma uyularak üretilmiştir. Ardından ise bu parçaların montajı yapılmış ve robot kolu bir bütün halinde birleştirilmiş ve prototip üretilmiştir (Şekil 4.1). Üretilen prototip robot kolu atölye ortamında çalıştırılarak, AR-GE çalışmaları ile maksimuma ulaştırmak adına denemeler yapılmıştır.

Optimum çalışmada piyasada kullanılan muadilleri ile benzer ve farkı ortaya konmuştur. (Çizelge 4.1). Robotun tüm parçalarının teknik çizimleri Ek 1’de verilmiştir. Robotun atölye fotoğrafları Şekil 4.2-4.4’te görülmektedir. Farklı açılardan ve ilgili tüm atölye fotoğrafları ise Ek 2’de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Üretilen Scara robot prototipinin güncel muadilleri ile karşılaştırılması

SCARA ROBOT AR-GE ÇALIŞMASI		PROTOTİP ÇIKTILARI	ÖRNEK SCARA MİTSUBİSHİ	ÖRNEK SCARA ADTECH
ROBOT TAŞIMA HIZI		55 - 65 Döngü	70-80	60-70
ROBOT TAŞIMA KAPASİTESİ	Nominal Yük	1 kg	3 kg	1 kg
	En Yüksek	5 kg	6 kg	5 kg
POZİSYON TEKRARLANABİLİRLİĞİ	J1 X, J2 Y EKSENLERİ	± 0,1 mm	0,012 mm	0,08 mm
	J3 Z EKSENİ	± 0,1 mm	0,01 mm	0,02 mm
	J4 θ	± 0,1 derece	± 0,004 derece	± 0,02 derece
HAREKET ALANI	J1 X EKSENİ	340 °	340 °	115 °
	J2 Y EKSENİ	270 °	290 °	145 °
	J3 Z EKSENİ	150 mm	150 mm	300 mm
	J4 θ EKSENİ	360 °	720 °	360 °
ROBOT YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ		PROTOTİP	OPTİMUM	OPTİMUM
ROBOTUN SİSTEMLERE ENTEGRASYONU		PROTOTİP	OPTİMUM	OPTİMUM
ROBOTUN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE SENKRONİZASYONU		PROTOTİP	OPTİMUM	OPTİMUM

Robot taşıyıcı yük olarak en fazla 5 kg belirlenmiş ; eksenlerdeki motor seçimi, redüktör seçimi, malzeme seçimi ve tasarım bu duruma göre yapılmıştır.

IV. eksen de oluşan kütlesek torkun toplam değeri Tmax : 0.154 olarak hesaplanmıştır. Bu eksen oluşabilecek torku kapsayan Tmax: 0.159 Nm sahip 50 watt gücüne sahip servo motor seçilmiştir.

III. eksen de oluşan kütlesek torkun toplam değeri güç olarak karşılığı 0.040 Bg olarak hesaplandı ve karşılığı 0.030 Kw olarak çevrildi. Bu eksen oluşabilecek torku kapsayan Tmax: 0.159 Nm sahip 50 watt gücüne sahip servo motor seçilmiştir.

II. eksen de oluşan kütlesek ataletin toplam değeri $A_{max} : 0.44 \text{ kg.m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu eksen oluşabilecek $A_{max} : 0.44 \text{ kg.m}^2$ ataletine göre $i=15$ çevrimi redüktör çevrimi hesaplanmış ve redüktör seçilmiştir. Bu çevrim oranına sahip redüktör seçimine uygun $T_{max} : 3.92 \text{ N.m}$ / $P : 0.75 \text{ Kw}$ servo motor seçimi yapılmıştır.

I. eksen de oluşan kütlesek ataletin toplam değeri $A_{max} : 2.032 \text{ kg.m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu eksen oluşabilecek $A_{max} : 2.032 \text{ kg.m}^2$ ataletine göre $i=18.4$ çevrimi redüktör çevrimi hesaplanmış ve en yakın üst kuvvet olan 20 çevrim redüktör seçilmiştir. Bu çevrim oranına sahip redüktör seçimine uygun $T_{max} : 6,24 \text{ N.m}$ / $P : 1,2 \text{ Kw}$ servo motor seçimi yapılmıştır.

Robot kolları olarak seçilen alüminyum alaşımı yerine daha az yoğunlukta ve daha yüksek dayanıma sahip malzemeler araştırılabilir.

Ayrı ayrı kullanılan Vidalı mil ve kamalı mil yapılarını yerine bu işlevi tek şaftta gerçekleştirebilen daha hafif , daha işlevsel ve hassas mekanizmalar araştırılabilir.

Bağlantı yerlerinde yer alan redüktörlerin daha kapsamlı ve hassas yapıya sahip olanları araştırılabilir.

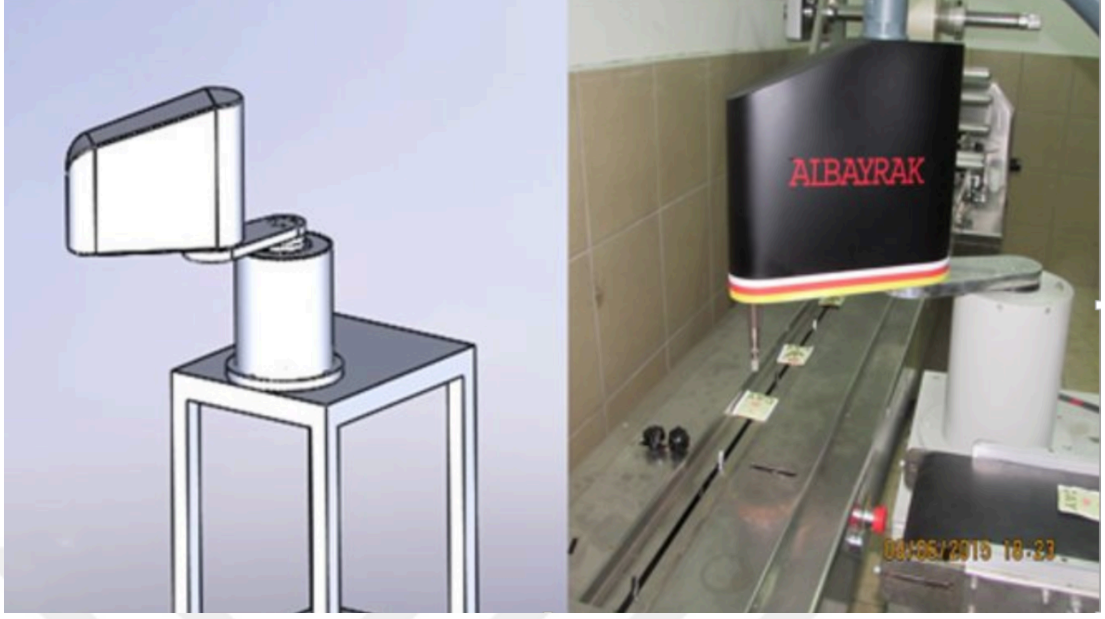
Güç üretimine sahip motorların daha kapsamlı ve hassas yapıya sahip olanları araştırılabilir.

İmal edilen scara tipi robotun yerli olarak prototipi imal edilmiştir. Ortaya konulan prototipin yerli ekonomiye katkı sağlayacağı ve sonraki projeler de kaynak olacağı ön görülmektedir. Ülkemizde yükselmekte olan yüksek teknoloji sınıfında bir ürünün ortaya konulması yerli sermayeye ve yüksek teknolojik ürünler sınıfına katkısı şüphesiz olacaktır. Bununla birlikte ithal edilen yüksek maliyetli bir ürünün yerli üretiminin yapılması da yerli sermayeye katkıda bulunacaktır. Scara tip robot kolu savunma sanayi başta olmak üzere ülkemizdeki üretimin birçok sahasında kullanılmaktadır. Savunma sanayinde, bu robot kart ve devre imalatı, çip imalatı,

askeri mühimmat üretiminde ve yüksek teknolojik ürünlerin hassasiyet ve yüksek kapasitede üretiminde yer alacaktır.



Şekil 5.1. Scara robot montaj atölye fotoğrafları



Şekil 5.2. Scara robot montaj çizim ve atölye fotoğrafı



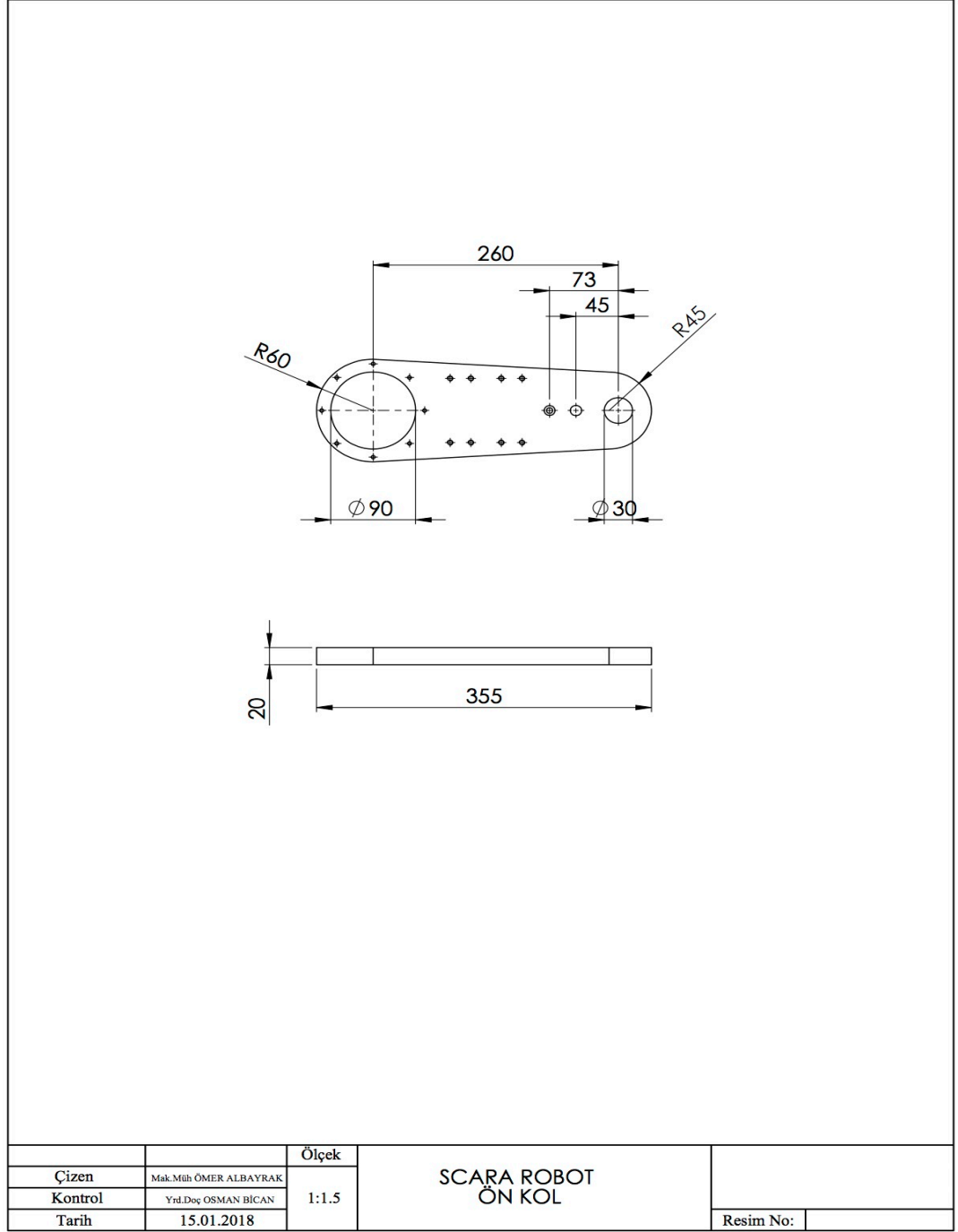
Şekil 5.3. Scara robot montaj atölye 360 derece dönüş hareketi



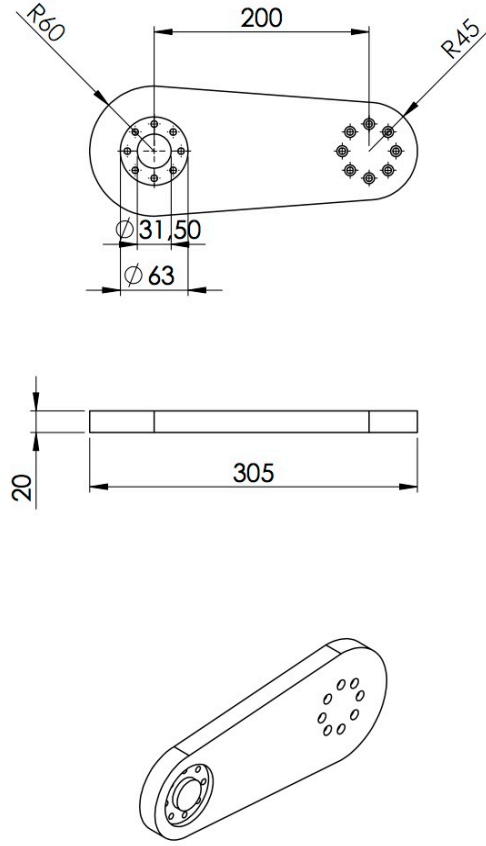
Şekil 5.4. Scara robot kontrol paneli fotoğrafları

EKLER

Ek 1: Scara Robot Parçaları Teknik Çizimleri

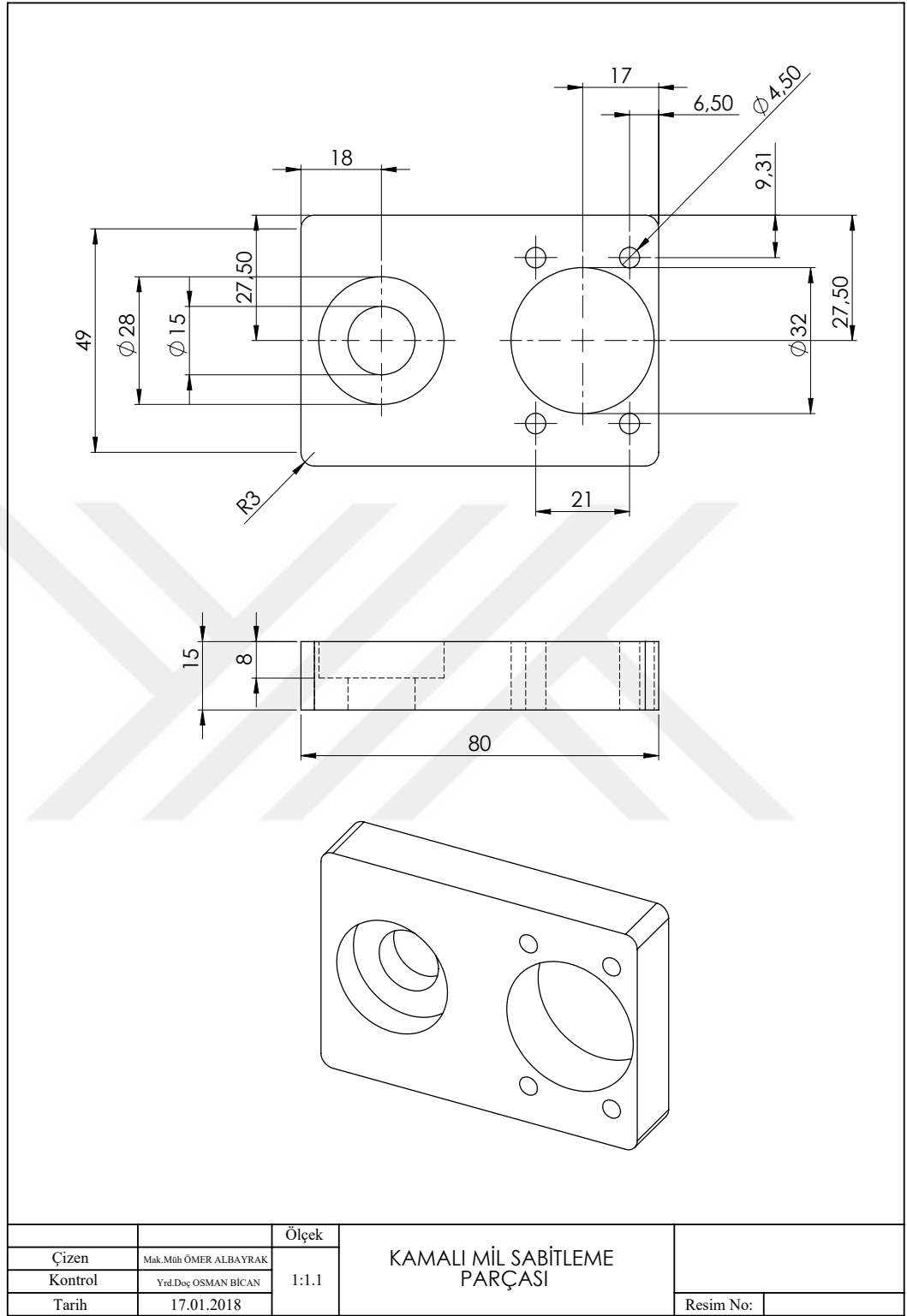


Şekil Ek 1.1. Scara robot ön kol teknik çizimi

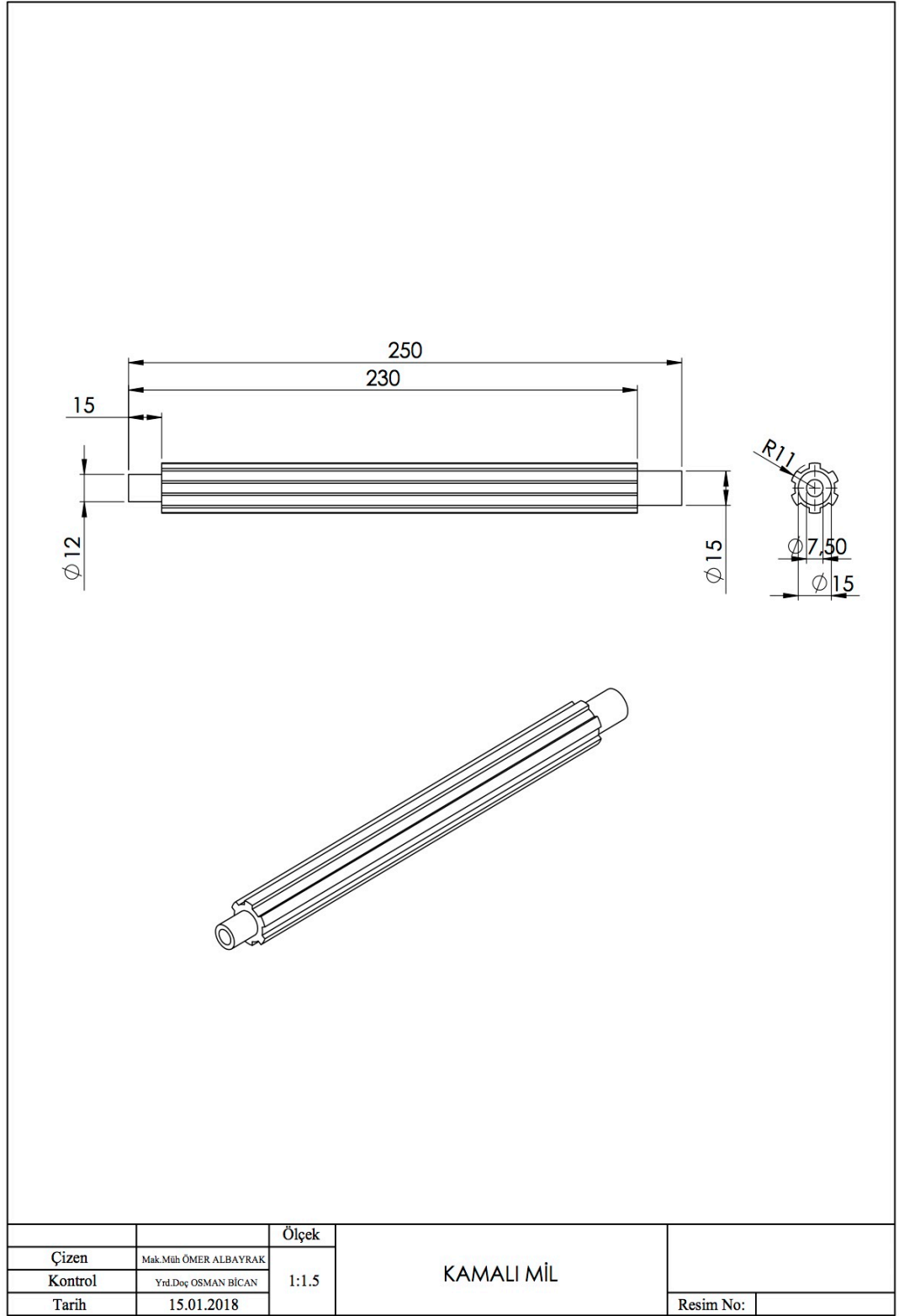


		Ölçek	SCARA ROBOT ARKA KOL		
Çizen	Mak.Müh.ÖMER ALBAYRAK	1:1.5			
Kontrol	Yrd.Doç. OSMAN BİCAN				
Tarih	15.01.2018			Resim No:	

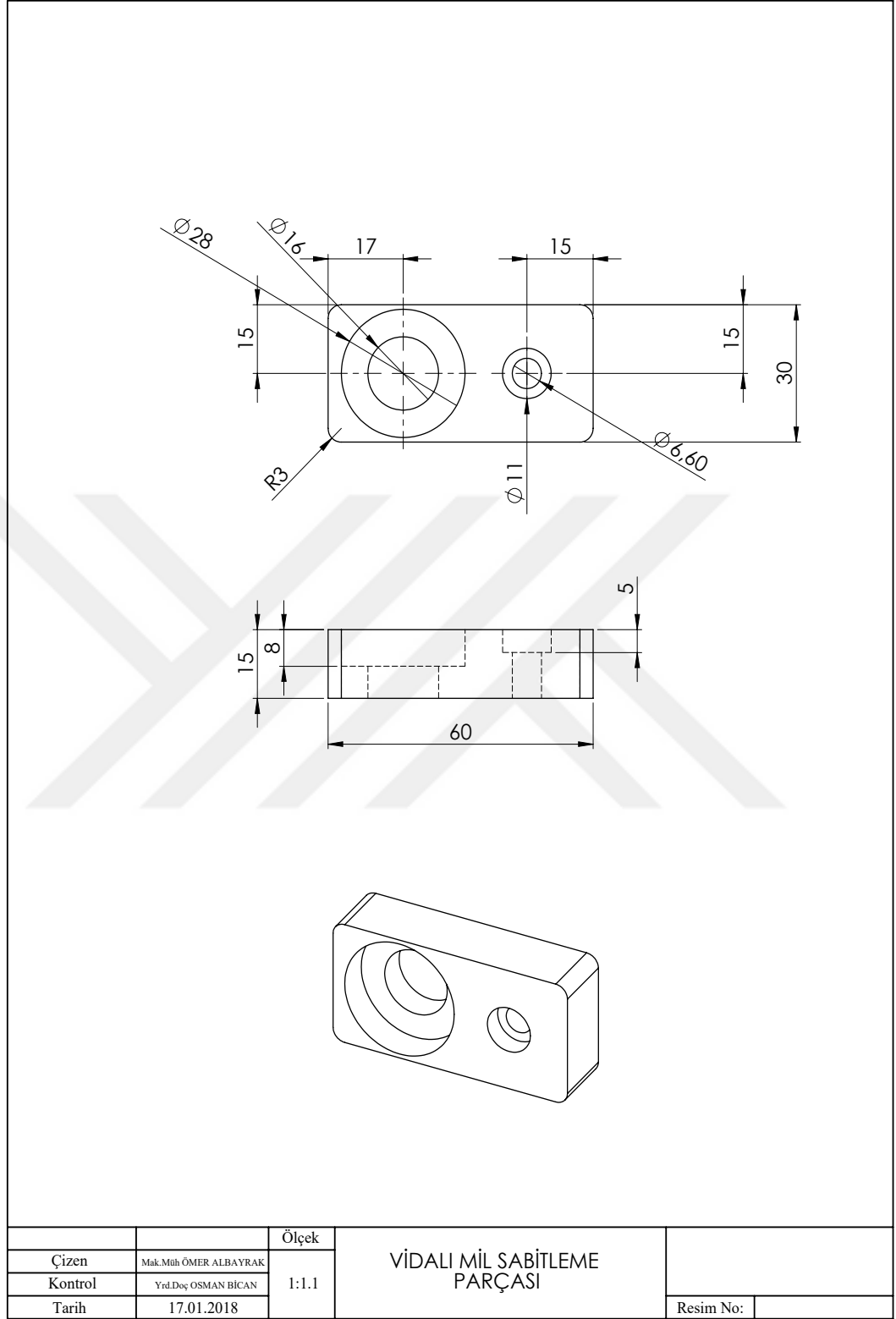
Şekil Ek 1.2. Scara robot arka kol teknik çizimi



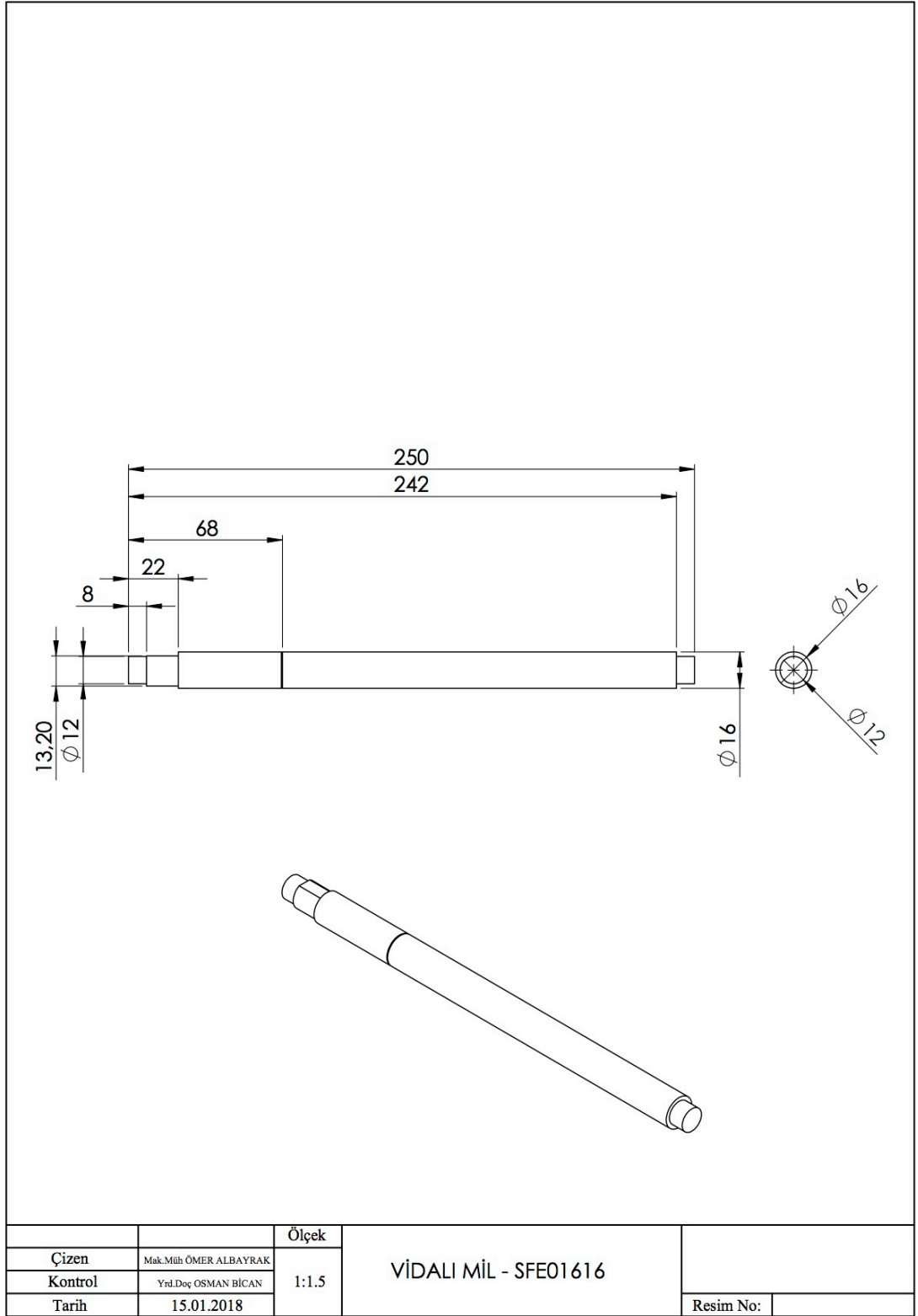
Şekil Ek 1.3. Scara robot kamalı mil sabitleme teknik çizimi



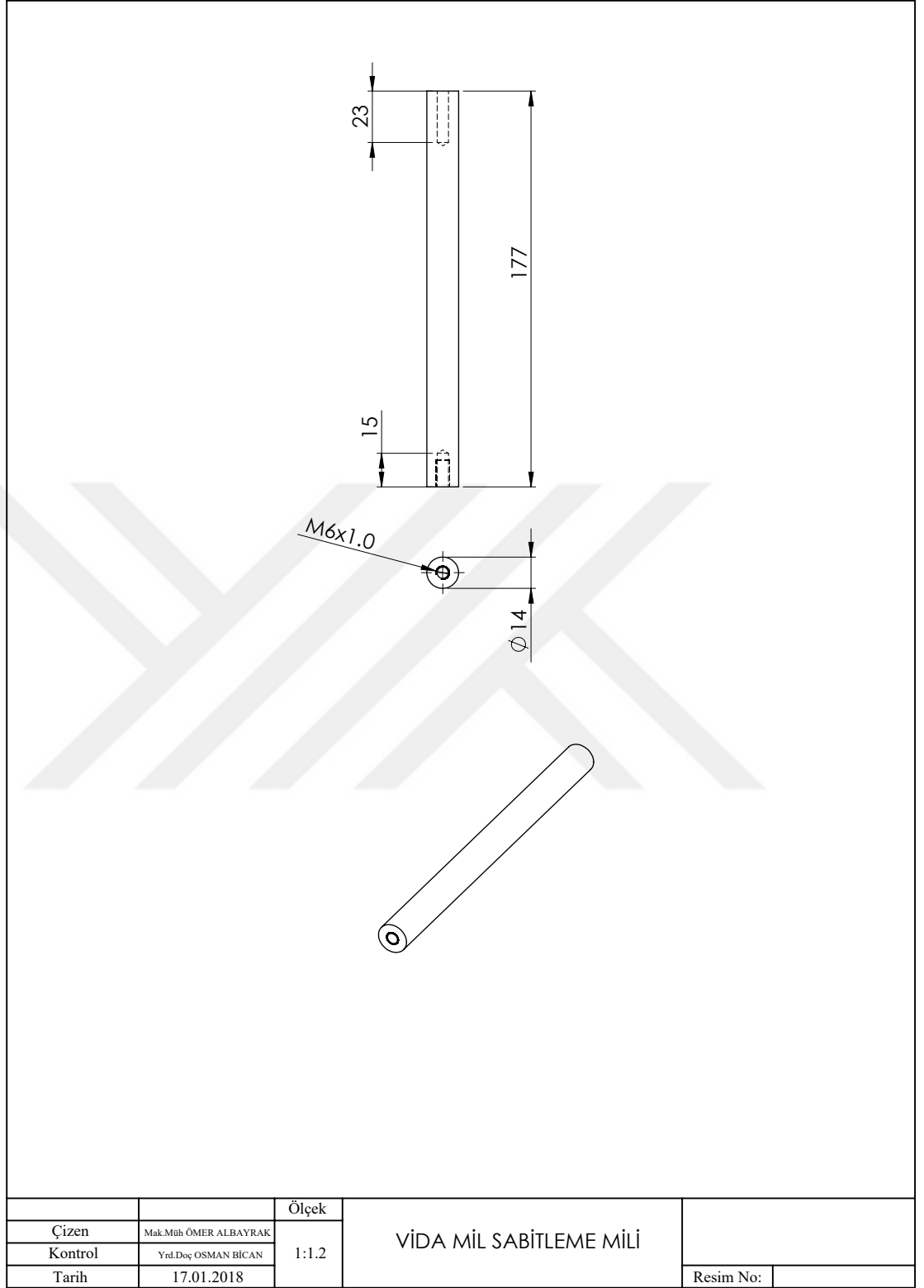
Şekil Ek 1.4. Scara robot kamalı mil teknik çizimi



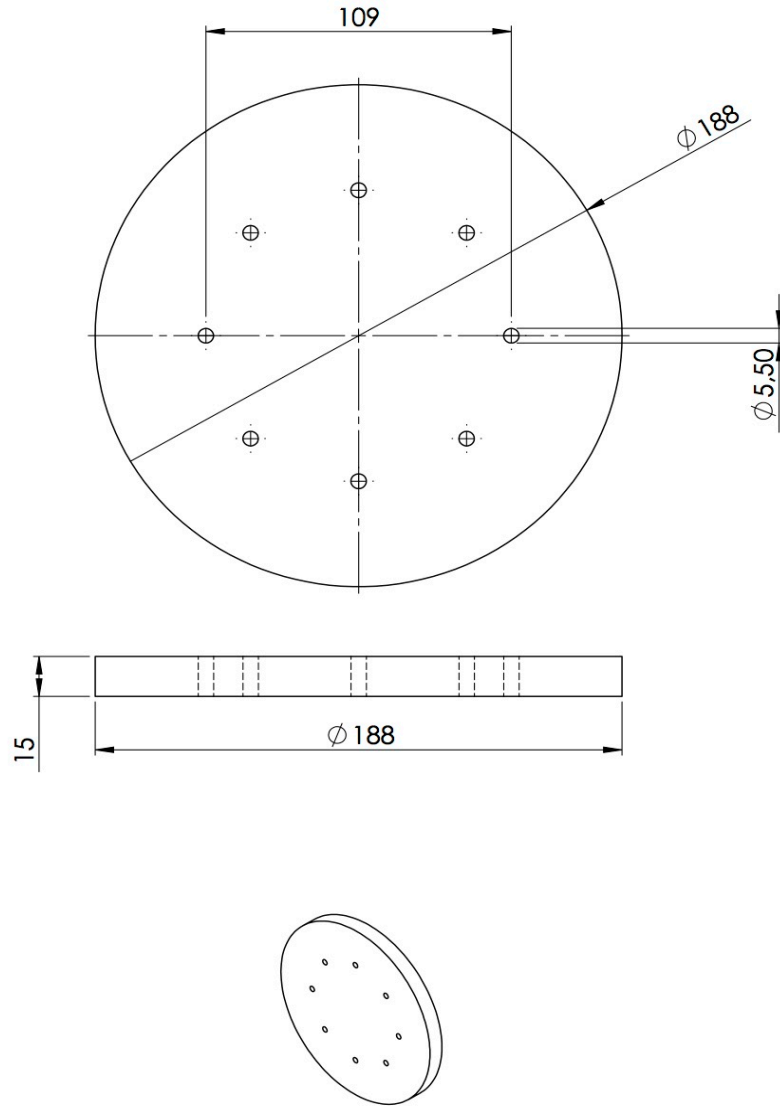
Şekil Ek 1.5. Scara robot vidalı mil sabitleme teknik çizimi



Şekil Ek 1.6. Scara robot vidalı mil teknik çizimi

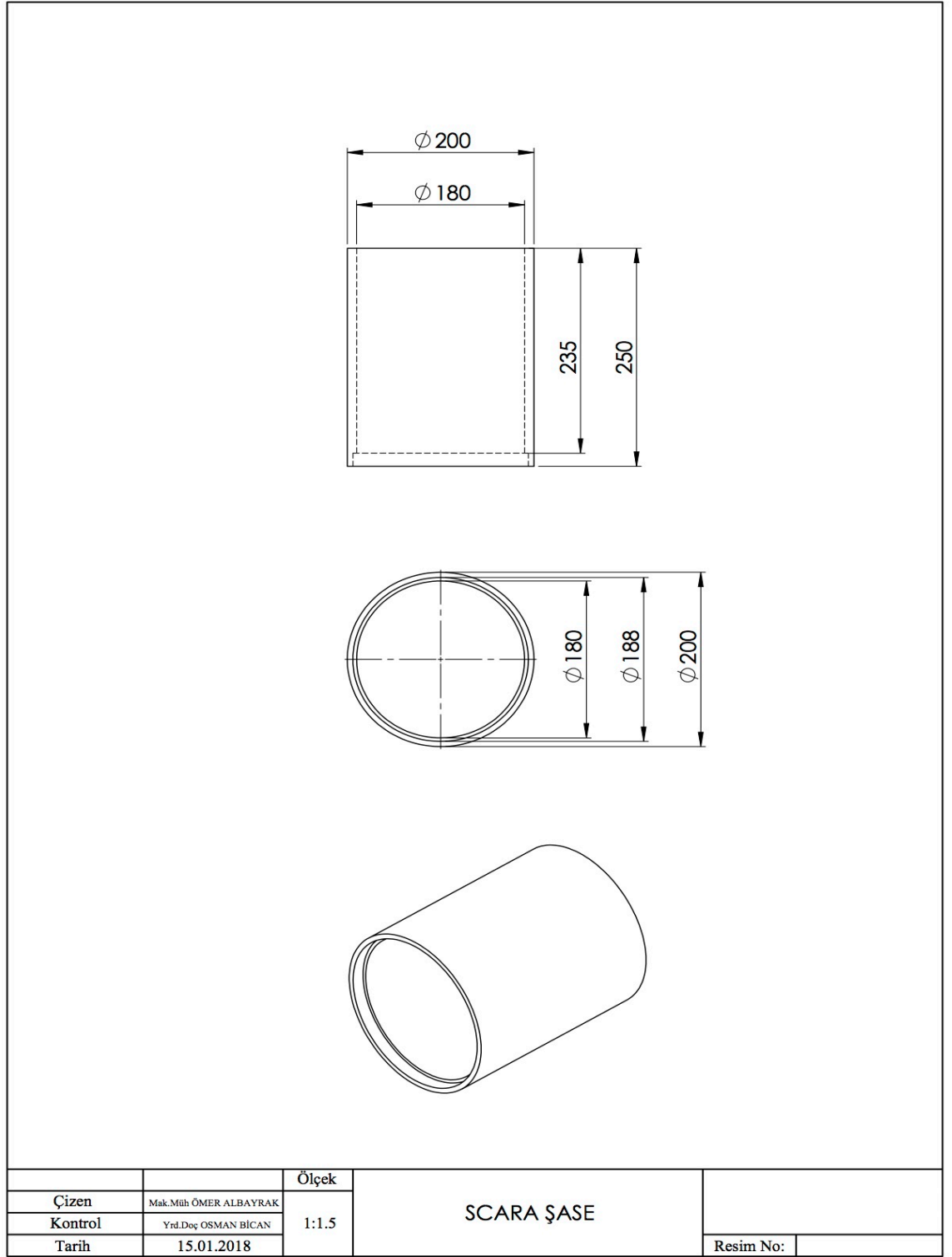


Şekil Ek 1.7. Scara robot vidalı mil sabitleme mili teknik çizimi

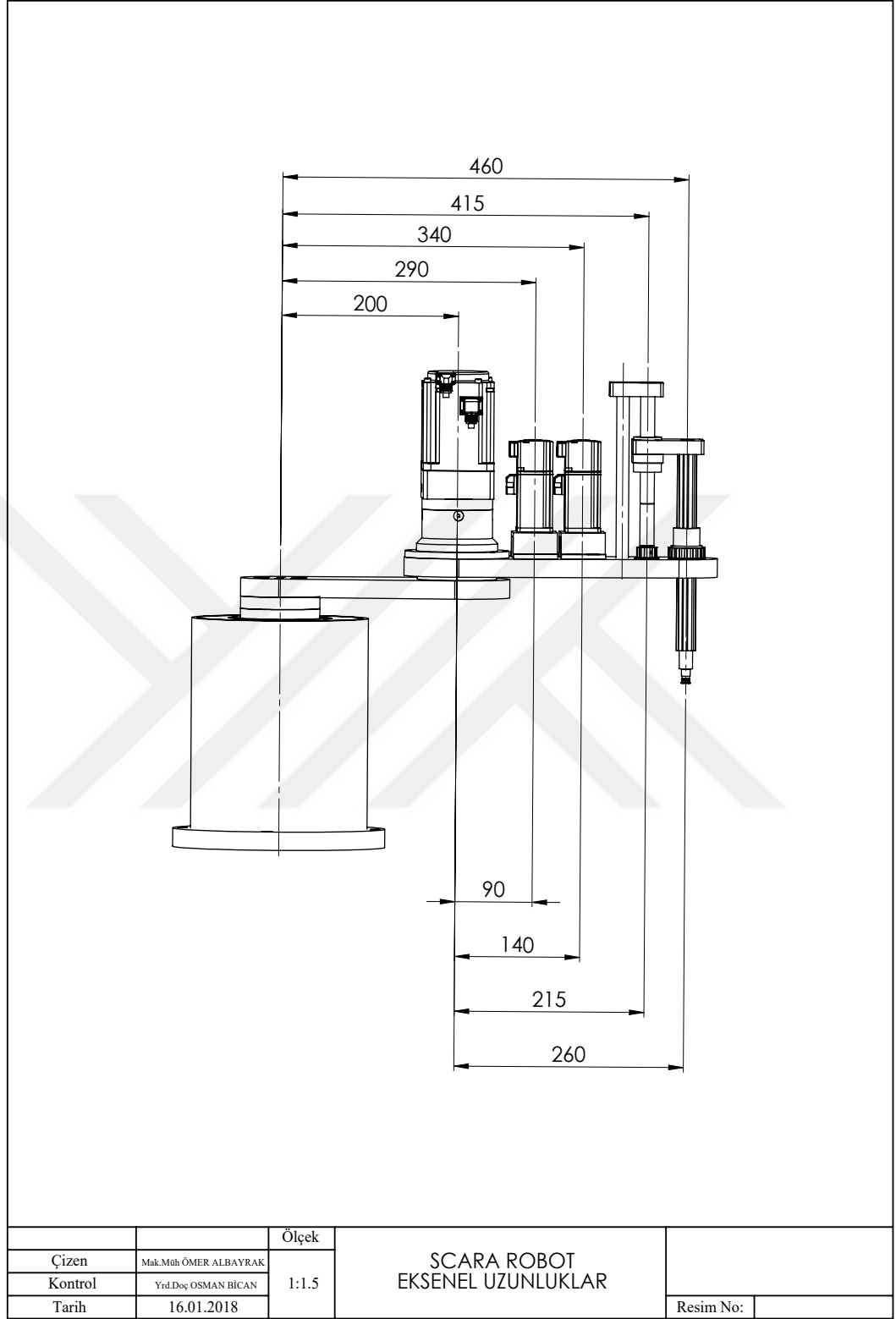


		Ölçek	ŞASE KAPAK		
Çizen	Mak.Müh.ÖMER ALBAYRAK	1:1.5			
Kontrol	Yrd.Doç.ÖSMAN BİCAN				
Tarih	15.01.2018			Resim No:	

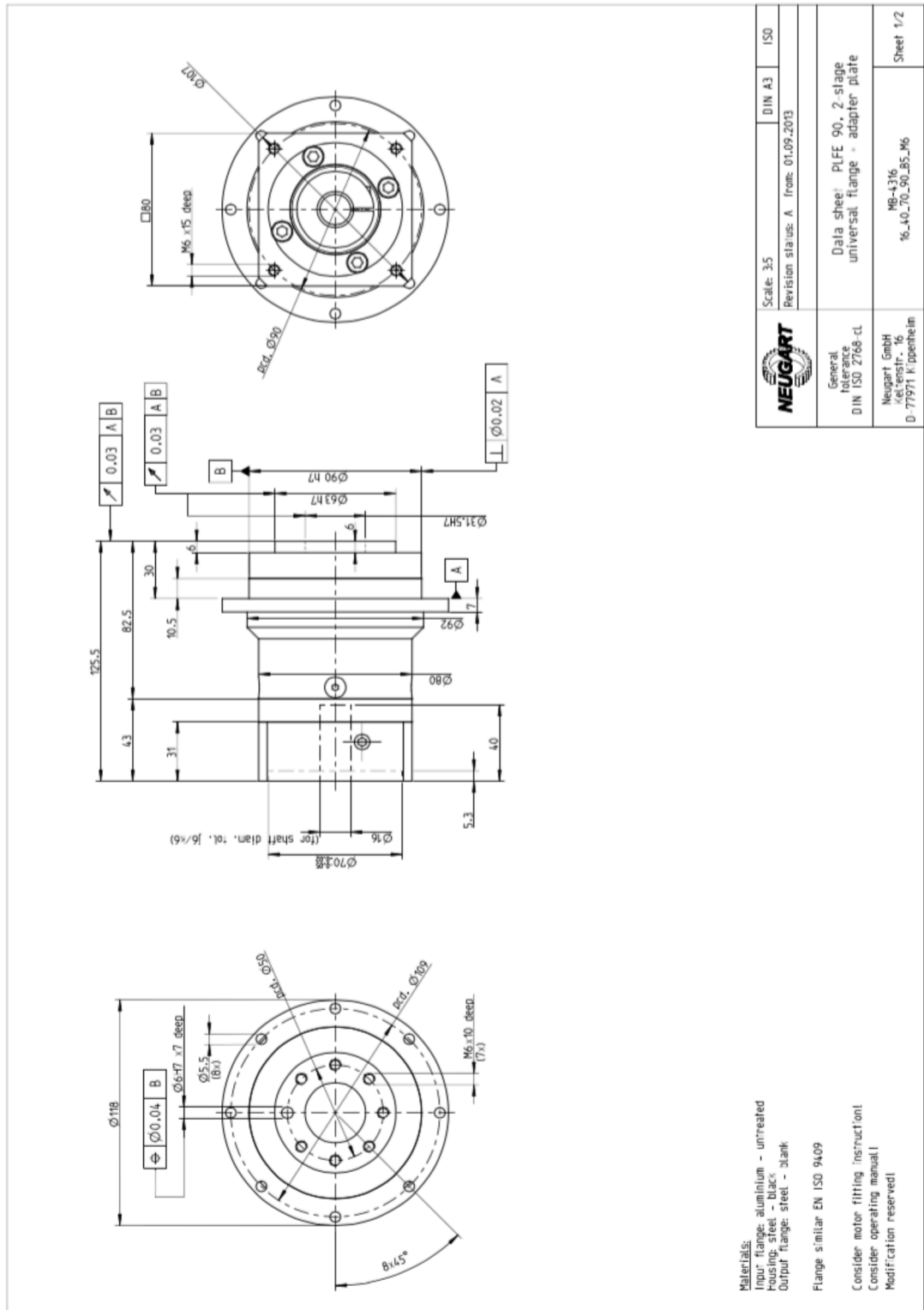
Şekil Ek 1.8. Scara robot şase kapak teknik çizimi



Şekil Ek 1.9. Scara robot şase gövde teknik çizimi



Şekil Ek 1.10. Scara robot montaj eksen uzaklıkları teknik çizimi

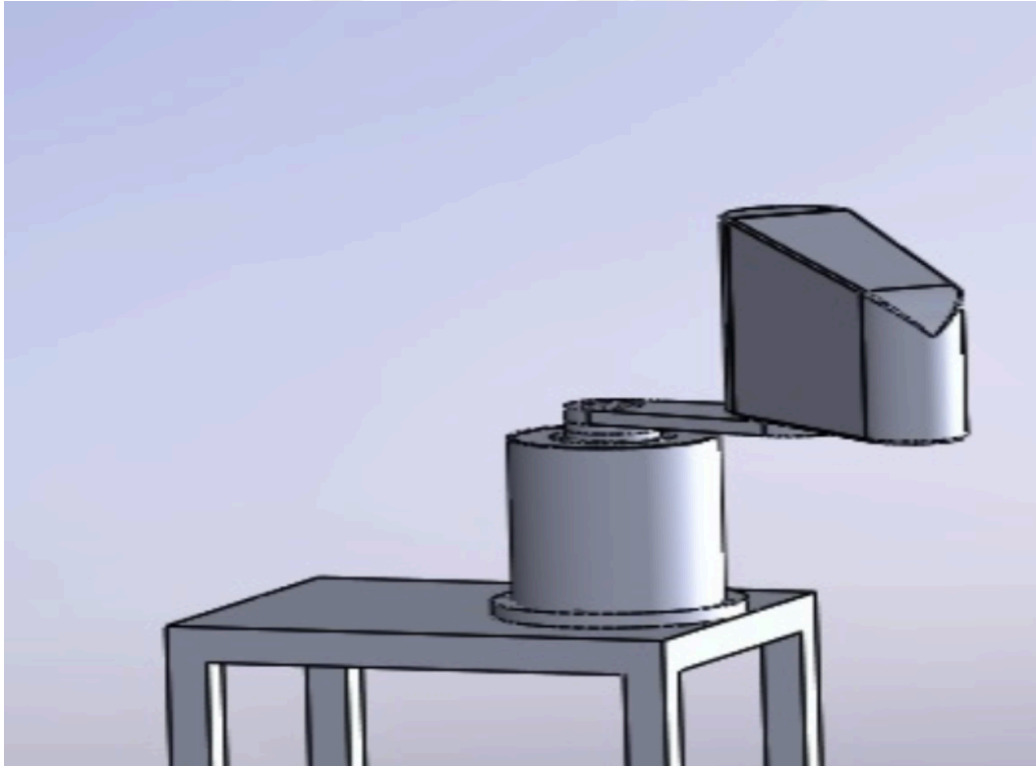
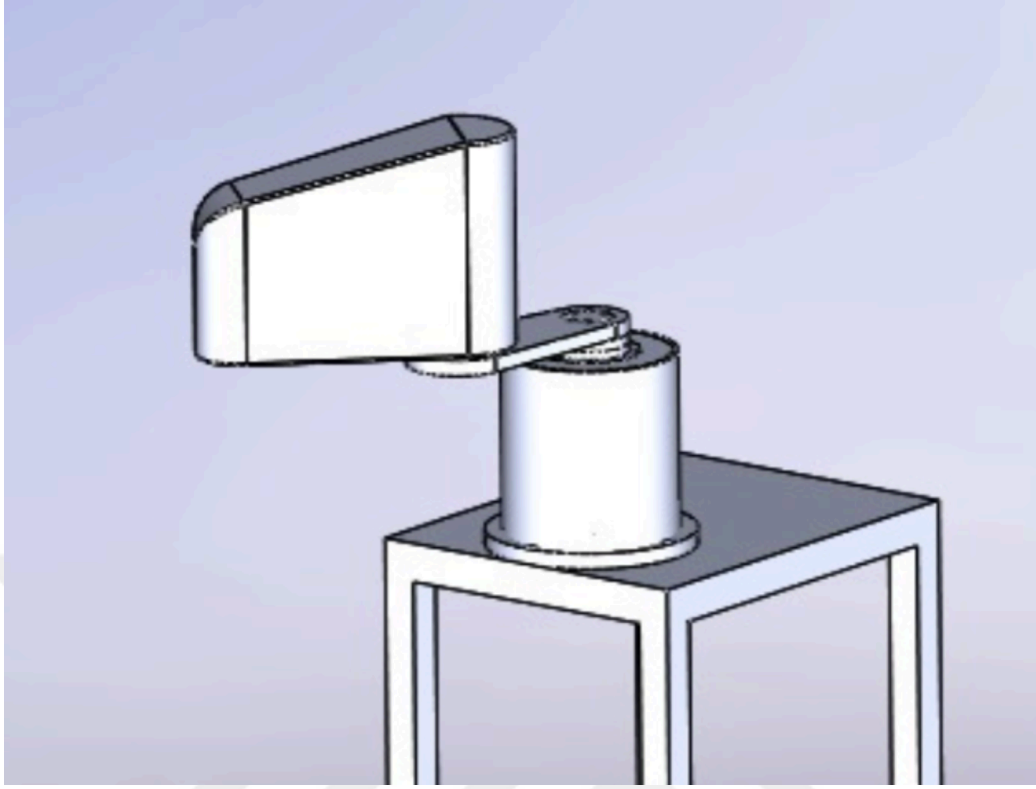


Şekil Ek 1.11. Scara robot 15 çevrim redüktör teknik çizimi

Ek 2: Scara Robot Atölye Fotoğrafları



Şekil Ek 2.1. Scara robot 360 derece dönüş atölye fotoğrafları



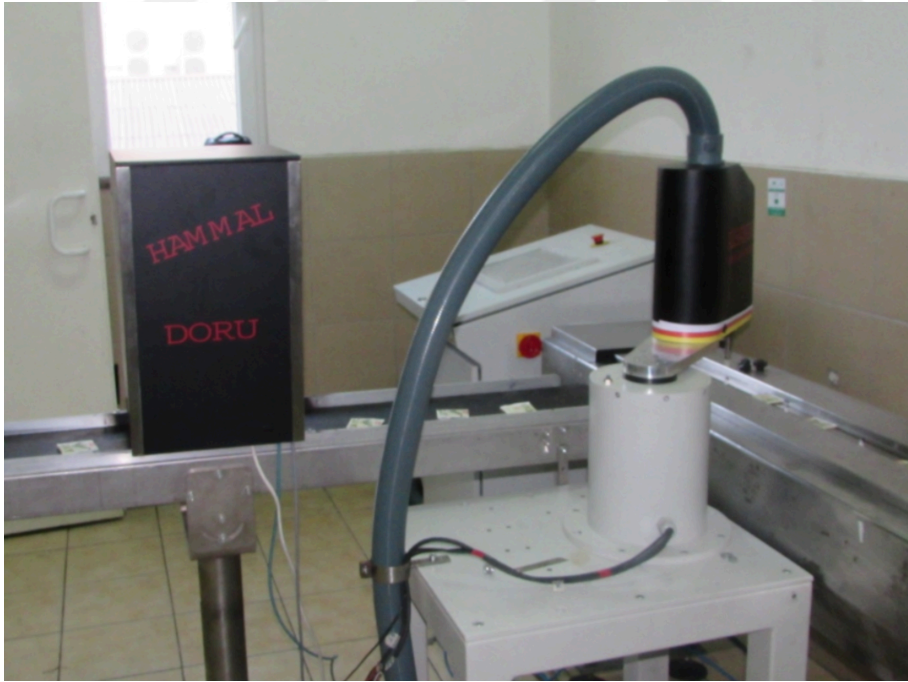
Şekil Ek 2.2. Scara robot 360 derece dönüş Solidworks 3D çizim [26]



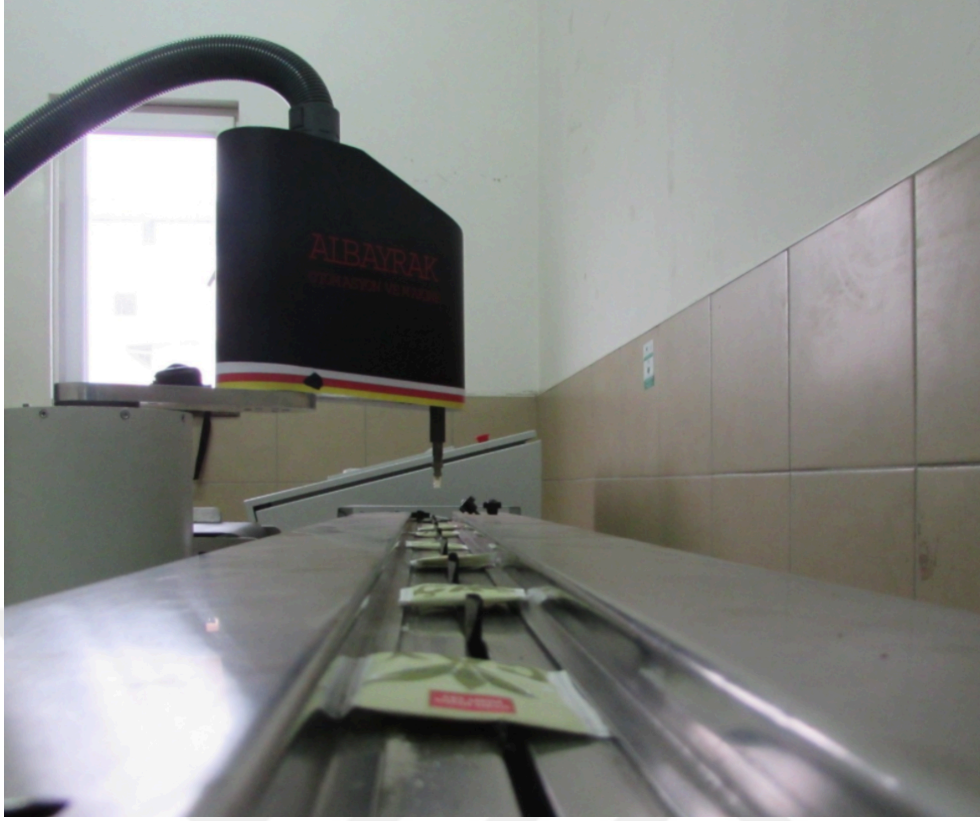
Şekil Ek 2.3. Scara robot kontrol paneli atölye fotoğrafları



Şekil Ek 2.4. Scara robot atölye önden görünüm



Şekil Ek 2.5. Scara robot atölye arkadan görünüm



Şekil Ek 2.6. Scara robot atölye yandan görünüm

KAYNAKLAR

- [1] S. Altuntas ve T. Dereli, “Savunma Sanayiinde Teknoloji Gelişimi: Mühimmat ve Tahrip Teknolojileri Üzerine Bir Uygulama,” Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi, pp. 1–20, Aralık. 2016.
- [2] A. S. Ocer, “Türkiye ve Havacılıkta Bilim-Teknoloji-Sanayi Politikaları” Muhendis ve Makina - pp. 1–5, Nov. 2006.
- [3] M. E. Bakanlığı, "Endüstriyel Otamasyon Teknolojileri". EO, 2014, pp. 1–77.
- [4] S. Kucuk ve Z. Bingul, "Robot Kinematics: Forward and Inverse Kinematics. 2006.
- [5] E. Genç, “İki Uzunlu Düzlemsel Esnek Robot Kol Tasarımı ve Kontrolü” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
- [6] ISO, “1.2 Industrial robots - definition and classification,” in *WR Industrial Robots*, pp. 1–10, 2016.
- [7] A. Şabanoviç ve S. Yanniler, “Robotlar: Sosyal Etkileşimli Makineler” Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri, pp. 1–9, Jan. 2003.
- [8] B. Çengelci ve H. Çimen, “Endüstriyel Robotlar” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, pp. 1–10, Jun. 2005.
- [9] S. Yumurtacı ve T. Mert, “Robotik Kaynak Sistemleri ve Gelişme İstikametleri” Muhendis ve Makina, pp. 1–9, Nov. 2006.
- [10] N. R. Slavkovic, D. S. Milutinovic, B. M. Kokotovic, M. M. Glavonjic, S. T. Zivanovic, ve K. F. Ehmann, “Cartesian Compliance Identification and Analysis of an Articulated Machining Robot,” FME Transactions , pp. 1–13, Apr. 2013.
- [11] R. Masike, T. Garikayi, ve G. Tigere, “Conceptual Design Framework for Developing a Cylindrical Robot Manipulator for Material Handling in Zimbabwean Small to Medium Enterprises: A Finite Element Approach,” Intl Journal of Advances in Mechanical Automobile Engg. *IJAMAE*, pp. 1–6, May 2014.
- [12] C. Yetim, “Kinematik Analysis for Robot Arm” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Technical University, 2009.
- [13] Ö. Cetinkaya ve H. Kuşcu, “Classification Of The Industrial Robot Arms,” ArmTech, pp. 1–6, Nov. 2007.

- [14] Altaner, “Delta Robots – Robots For High Speed Manipulation,” Technical Gazette, pp. 1–11, May 2010.
- [15] A. Hossain, J. Hossain, ve M. Jahan, “Programming A Scara Robot For A Manufacturing Cell To Assemble And Produce Medical Devices ,” American Society for Engineering Education,, pp. 1–19, Apr. 2014.
- [16] A. E. Tiryaki ve R. Kazan, “Scararobotdnam Nnyapaysnra Ları Kullanarak Modellenmes,” *Muhendis ve Makina*, pp. 1–8, Dec. 2005.
- [17] A. Hossain, M. J. Hossain, ve M. Jahan, “Programming A Scara Robot For A Manufacturing Cell To Assemble And Produce Medical Devices ” American Society for Engineering Education, pp. 1–19, Apr. 2014.
- [18] T. C. M. E. Bakanlığı, Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Servo Mekanizmalar EO, pp. 1–74, 2017.
- [19] E. Turkes ve S. Orak, “Takım Tezgahı Tasarımında Elektrik Motoru Seçimi” Yüksek Lisans Tezi, *D.P.U. Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1–13, Dec. 2008.
- [20] P. K. G. M. Weck ve C. Brecher, “Limits for controller settings with electric linear direct drives,” International Journal of Machine Tools Manufacture, pp. 1–24, Jan. 1910.
- [21] B. Unal, “Yapay Zeka Yardımı ile Redüktör Seçimi” , Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi 2009.
- [22] Y. Redüktör, Yılmaz Redüktör Genel Bilgilendirme Semineri. Çukurova Üniversitesi, pp. 1–111, 2015.
- [23] E. Muhammet, “Bilyalı Vidalı Mil Hareket Sisteminin Matematiksel Modellenmesi ve Titreşim Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2014.
- [24] M. G. Kutay, “Göbek / Mil Bağlantıları ” , <http://www.guven-kutay.ch>, (Erişim tarihi: Ekim 2010)
- [25] A. M. Products, “Alloy 7075 Plate ve Sheet,” P.O. Box Bettendorf, Iowa - www.millproducts-alcoa.com, pp. 1–4, Aug. 2001.
- [26] Solidworks program, 2017 Student Edition