

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE TEORİSİ BİLİM DALI**

**BİR BULAŞIK MAKİNESİ SEPETİ TABAK TUTUCUSU
ÜRETİM MAKİNESİNİN TASARIMI, ÜRETİMİ VE
OTOMASYONU**

Murat Gökhan UMDU

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi M. M. Fatih KARAHAN**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Murat Gökhan UMDU tarafından hazırlanan "**BİR BULAŞIK MAKİNESİ SEPETİ TABAK TUTUCUSU ÜRETİM MAKİNESİNİN TASARIMI, ÜRETİMİ VE OTOMASYONU**" adlı tez çalışması 21/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Dr. Öğr. Üyesi M. M. Fatih KARAHAN**
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. B. Burak ÖZHAN**
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Levent AYDIN**
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Murat Gökhan UMDU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Bulaşık Makinesi Tarihi ve Gelişimi	3
2.2. Dünya’ da ve Türkiye’ de Endüstriyel Makineler.....	5
2.2.1. Endüstriyel Makineler Tarihi	5
2.2.2. Dünyada Makine Sektörü	6
2.2.1. Türkiye’de Makine Sektörü.....	7
2.3. PLC Sistemleri Tarihi	8
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	13
3.1. Tasarım.....	13
3.1.1. Genel Tasarım Detayları	13
3.1.2. Üretimi Yapılacak Ürün Özellikleri	16
3.1.3. Kalıp Tasarımları.....	17
3.1.4. Tasarım Bölümleri.....	17
3.1.4.1. Uzun Tel Atma İstasyonu Tasarımı.....	19
3.1.4.2. Kısa Tel Atma İstasyonu Tasarımı	23
3.1.4.3. Merkezleme İstasyonu Tasarımı	27
3.1.4.4. Kaynak İstasyonu Tasarımı	30
3.1.4.5. Büküm İstasyonu Tasarımı.....	35
3.1.4.6. Ürün Çıkarma İstasyonu Tasarımı	39
3.1.5. Döner Tabla Tasarımı.....	42
3.1.6. Tasarımın Sonlandırılması	45
3.2. Kontrol ve Yazılım.....	47
3.2.1. Kontrol Donanımları ve Seçimleri	47
3.2.2. Belirlenen Donanımların PLC’ye Tanıtılması	48
3.2.3. Sembol Tablosunun Oluşturulması	49
3.2.4. Yazılımın Hazırlanması.....	50
3.2.4.1. Ana Grup Yazılımı	51
3.2.4.2. Uzun Tel Atma İstasyonu Yazılımı.....	52
3.2.4.3. Kısa Tel Atma İstasyonu Yazılımı	54
3.2.4.4. Merkezleme İstasyonu Yazılımı.....	56
3.2.4.5. Kaynak İstasyonu Yazılımı	57
3.2.4.6. Büküm İstasyonu Yazılımı.....	58
3.2.4.7. Ürün Çıkarma İstasyonu Yazılımı.....	60
3.3. Makine verimliliği ve Performans Değerlendirmesi.....	61
3.3.1. Ürün Döngü Süresi	62
3.3.1.1. Kronometre Ölçüm Verileri	62
3.3.1.2. PLC Verileri	62
3.3.2. Ürün Kalite Verimliliği	63
3.3.2.1. Toplam Ekipman Etkinliği	65

3.3.2.2. İstatiksel Süreç Kontrolü.....	66
3.3.3. Ürün Ölçüm ve Verilerin Girilmesi	67
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	77
EKLER.....	78
EK A. (Teknik resimler).....	79
ÖZGEÇMİŞ	81



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Cp	Process Capability (Süreç Yeterliliği)
Cpk	Process Capability Index (Süreç Yeterlilik Katsayısı)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
HMI	Human Machine Interface (İnsan-Makine Arayüzü)
I/O	Input/Output (Giriş-Çıkış)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyici)



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Joel Houghtan bulaşık makinesi tasarımı	3
Şekil 2.2. Josephine G. Cochran bulaşık makinesi patenti	4
Şekil 2.3. Sanayi gelişim çizelgesi	6
Şekil 2.4. 2015 Yılı ülkelerin makine ihracat büyüklükleri	7
Şekil 2.5. Türkiye makine üretimi Ar-Ge harcaması yıllık değişimi [7]	8
Şekil 2.6. Tasarlanan ilk ticari PLC ve tasarımcıları	9
Şekil 3.1. Taslak tasarım çizimi	14
Şekil 3.2. Şase tasarımı	15
Şekil 3.3. Örnek tabak tutucu tasarımları	16
Şekil 3.4. Örnek kalıp tasarımı	17
Şekil 3.5. Uzun tel tutucu kesit görünümü	18
Şekil 3.6. Uzun tel atma istasyonu katı model tasarımı	19
Şekil 3.7. Uzun tel atma istasyonu ütüleme ve tel haznesi bölümü katı model tasarımı	20
Şekil 3.8. Uzun tel atma istasyonu kesit görünümü	21
Şekil 3.9. Tel atıcı	21
Şekil 3.10. Tel atıcı tahrik mekanizması katı model tasarımı	22
Şekil 3.11. Uzun tel atıcı	23
Şekil 3.12. Kısa tel atıcı istasyonu katı model tasarımı	24
Şekil 3.13. 70 mm kısa tel atıcı katı model tasarımı	25
Şekil 3.14. 70 mm kısa tel atıcı kesit görünümü	26
Şekil 3.15. Kısa tel atma istasyonu	27
Şekil 3.16. Merkezleme–uzun tel atma istasyonu katı model tasarımı	28
Şekil 3.17. Merkezleme–uzun tel atma istasyonu	29
Şekil 3.18. Kaynak istasyonu katı model tasarımı	30
Şekil 3.19. Makede kullanılan hidrolik ünite	32
Şekil 3.20. Kaynak istasyonunda kullanılan bakır baralar	33
Şekil 3.21. Kaynak istasyonu soğutma suyu dolaşımı	34
Şekil 3.22. Kaynak İstasyonu üst kaynak grubu detay görünümü	35
Şekil 3.23. Kaynak istasyonu kaynak anı fotoğrafı	35
Şekil 3.24. Büküm istasyonu katı model tasarımı	36
Şekil 3.25. Bükücü grubu katı model tasarımı	37
Şekil 3.26. Bükücü katı model tasarımı	38
Şekil 3.27. Bükücü istasyonu	39
Şekil 3.28. Pnömatik tutucuların katı model tasarımı	40
Şekil 3.29. Pnömatik tutucu tahrik mekanizması katı model tasarımı	41
Şekil 3.30. Pnömatik tutucu tahrik mekanizması	41
Şekil 3.31. Ürün çıkarma istasyonu katı model tasarımı	42
Şekil 3.32. Döner tabla von Mises stres analizi	43
Şekil 3.33. Döner tabla yer değiştirme analizi	43
Şekil 3.34. Döner tabla mekanizması	44
Şekil 3.35. Döner tabla seçim grafiği	45
Şekil 3.36. Makine katı model tasarımı üstten görünümü	46
Şekil 3.37. Makine katı model tasarımı perspektif görünümü	46
Şekil 3.38. Tia Portal örnek donanım konfigürasyon seçimi	48
Şekil 3.39. PLC üzerine sıralanmış modüller	49
Şekil 3.40. PLC üzerine sıralanmış modüllere I/O tanımlaması yapılması	49

Şekil 3.41. PLC sembol tablosu	50
Şekil 3.42. PLC üzerinde oluşturulan yazılım grupları	51
Şekil 3.43. Ana grubun proje ağacındaki konumu	52
Şekil 3.44. Tel ütüleme yazılım kurgusu	53
Şekil 3.45. Tel dizme yazılım kurgusu.....	53
Şekil 3.46. Tel bırakma yazılım kurgusu	54
Şekil 3.47. Kısa tel karıştırma yazılım kurgusu	55
Şekil 3.48. Kısa tel atma (sol) yazılım kurgusu	56
Şekil 3.49. Merkezleme yazılım kurgusu.....	57
Şekil 3.50. Kaynak kartı çalışmasının yazılım kurgusu	58
Şekil 3.51. Bükücü servo motorların tetiklenmesi yazılım kurgusu	59
Şekil 3.52. Bükme istasyonu park pozisyonu yazılım kurgusu	59
Şekil 3.53. Çıkarma istasyonu ürün tutma senaryosu	60
Şekil 3.54. Çıkarma istasyonu ürün bırakma senaryosu	61
Şekil 3.55. 151361xx00/AB teknik resim	64
Şekil 3.56. 151359xx00/AB teknik resim	64
Şekil 3.57. 151361xx00/AB ürünü ölçü tolerans tablosu	68
Şekil 3.58. 151359xx00/AB ürünü ölçü tolerans tablosu	69
Şekil 3.59. Ölçüm sonuçları	70
Şekil 3.60. 151361xx00/AB 1 ölçüsü Cp ve Cpk analizi.....	71
Şekil 3.61. 151361xx00/AB 2 ölçüsü Cp ve Cpk analizi.....	71
Şekil 3.62. 151361xx00/AB 3 ölçüsü Cp ve Cpk analizi.....	72
Şekil 3.63. 151361xx00/AB 5 ölçüsü Cp ve Cpk analizi.....	72

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Dünya Makine İhracat Payı Değişimi 2011-2015 [6].....	7
Tablo 3.1. Kronometre ile ölçüm tablosu.....	62
Tablo 3.2. PLC ile ölçüm tablosu	63



TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. M. FATİH KARAHAN'a, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aőamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili işverenim Sayın ZEKAİ FİDAN'a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, hep yanımda olan aileme ve özellikle verdiği destek için ablam BEYHAN UMDU'ya yürekten teşekkür ederim.

Murat Gökhan UMDU
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**Bir bulaşık makinesi sepeti tabak tutucusu üretim makinesinin tasarımı,
üretimi ve otomasyonu**

Murat Gökhan UMDU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. M. Fatih KARAHAN

Bu çalışmada bulaşık makinelerinde kullanılan sepetlerde bulunan sabit ve yatabilen modeldeki tabak tutucuların tek makinede üretiminin yapılmasını sağlayan makinenin tasarımı, üretimi ve otomasyonu yapılmıştır.

Makinenin tasarımı tam otomatik çalışacak şekilde yapılmıştır. Tasarım aşamaları ve tasarım sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara çalışmada detaylı bir şekilde yer verilmiştir. Tasarımı yapılan makinenin yazılımı TIA Portal programında yazılmış ve programlanabilir mantık denetleyici (PLC) kontrolü Siemens ET200S ünitesi üzerinde yapılmıştır. Makinede bulunan hareketli aksamlar ve süreç ile ilgili tüm parametrelerin kontrolü, kontrol ekranı üzerinden yapılabilir şekilde yazılım tasarımı yapılmıştır. Elektrik ve kontrol şeması buna uygun olarak tasarlanmıştır. Çalışmada yazılım ve elektrik şeması ile ilgili şekillere ve tablolara yer verilmiştir.

Tasarlanan makinenin üretimi yapılmış ve çalıştırılmıştır. Çalıştırılmasıyla üretilen ürünlerin ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre kalite analizi ve makinenin döngü süresi incelenerek performans değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada katı model tasarımlarının görsellerine, süreç ile ilgili analizlere, donanım seçimlerine ve makinenin üretilmiş çalışır haline ait fotoğraflara yer verilmiştir.

Yapılan çalışmanın sonucu olarak, mevcut durumda yarı otomatik ve el ile çalışan makinelerde üretimi yapılan tabak tutucuların tek makine ile tam otomatik üretilmesi sağlanmıştır. Çıkan sonuçlara göre muadili bulunmayan ihraç edilebilir ürün ortaya çıkmıştır. Çalışma sonucunda, yurtiçi ya da yurtdışında muadil ve benzeri bir makinenin olmaması ve fikri mülkiyet haklarının korunabilmesi için patent başvurusu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tabak tutucu, otomatik makine, makine tasarımı, makine otomasyonu, kaynak makinesi

2019, 81 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

A Dishwasher basket plate holder production machine design, production and automation

Murat Gökhan UMDU

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asst. Prof. M. M. Fatih KARAHAN

In this study, the design, production and the automation of the machine, which enables the production of fixed and recumbent plate holders in baskets used in dishwashers, has been made in an one machine.

The design of the machine is made to operate full automatic. Design stages and the points to take into consideration are detailed in this study. The software of the designed machine is written in TIA Portal Programme and checked in Siemens ET200S programmable logic controller configuration. The software is made to control of the moving parts and the process related parameters in the machine can be done through the control screen. The electrical and control scheme is designed according to this. In this study, figures and tables which are related to the software and electrical schematics are included.

The designed machine is produced and operated. Measurements of the products are produced by operating. According to the measurements results, the performance evaluation have been done by the quality analysis and monitoring of machine cycle process. Also, in this study, solid model design images, the analysis about the process, hardware selections and photos of the machine's operating state are included.

As a result of the study, in the current situation, semi-automatic and manual plate holders are produced with a single machine and fully automatic. According to the results, exportable products without equivalent appear. At the end of the study, patent application has been made to protect the intellectual property rights in the absence of similar machine and a counterpart at home or abroad.

Key Words: Plate holders, automatic machine, machine design, machine automation, welding machine

2019, 81 pages

1. GİRİŞ

Dünyanın her yerinde üretim yapan şirketler, küreselleşen dünya ekonomisi içinde çok ciddi rekabet şartları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Rekabet halinde oldukları firmalara göre daha avantajlı hale gelebilmeleri için, üretim maliyetlerinde azalmayı, daha fazla üretim esnekliğini ve daha verimli süreçleri sağlamak zorundadırlar. Bunlar hemen hemen her sektörde üretim yapan işletmelerin ortak taleplerinden biridir. Bu işletmelerde rekabet çok önemlidir ve bu şirketlerin rekabet ettikleri diğer şirketlere göre avantaj sağlayacakları en iyi yol, bütünleşmiş ve yenilikçi elektrifikasyon, otomasyon ve dijitalleştirme çözümleri ile mümkündür. Süreç kontrol ve otomasyon sistemleri kullanarak, üretim organizasyonları sistemleri daha düşük maliyetle yönetilebilir, süreç bilgisi optimize edilebilir ve enerji verimliliğini arttırılabilir [1].

Mühendislik ve operasyonlardaki verimliliği arttırmayı, işletme giderlerini azaltmayı ve ürün kalitesini geliştirmeyi amaçlayan üretim tesisleri için endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri önemli yer tutmaktadır.

Üretim sayısı ve rekabetin yüksek olduğu sektörlerin başında gelen beyaz eşya üretim sektöründe, işletme içi otomasyonun sürekli arttığı ve mevcutların geliştirildiği tesislerde üretim yapılmaktadır.

Beyaz eşya sektörü Türkiye’de hızlı büyüyen sektörlerdendir. 1993 yılında Ankara’da ilk defa bulaşık makinesi işletmesi üretime başlamıştır [2]. 2014 yılına gelindiğinde, Türkiye’de yıllık üretilen bulaşık makinesi 3.608.652 adete ulaşmıştır. 2014 yılı dünya bulaşık makinesi ihracatının büyüklüğü 3,9 milyar dolar iken, ihracatta en yüksek payı sırasıyla Almanya ve Polonya almaktadır. Türkiye ise, bulaşık makinesi ihracatında dünyada %11 pay ile dördüncü sıradadır [3].

Ülkemizde büyümekte olan beyaz eşya sektörünün otomasyon ve kontrol sistemlerindeki ihtiyacının yine ülke içinden karşılanması büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde bulaşık makinelerinde makinenin boyutuna göre bir ya da iki yıkama sepeti bulunur. Bu sepetlerde, tabak ve bardakların yıkama esnasında sabit

durabilmesi için sabit ya da hareketli (yatabilen) tabak tutucular bulunmaktadır. Sabit tabak tutucular sepete kaynatılırken hareketli tabak tutucular plastik aparatlar ile sepete montajlanmaktadır. Bulaşık makinesi ve sepet üreticileri, bu tabak tutucuların üretimini yarı otomatik ya da manuel olarak gerçekleştirmektedirler.

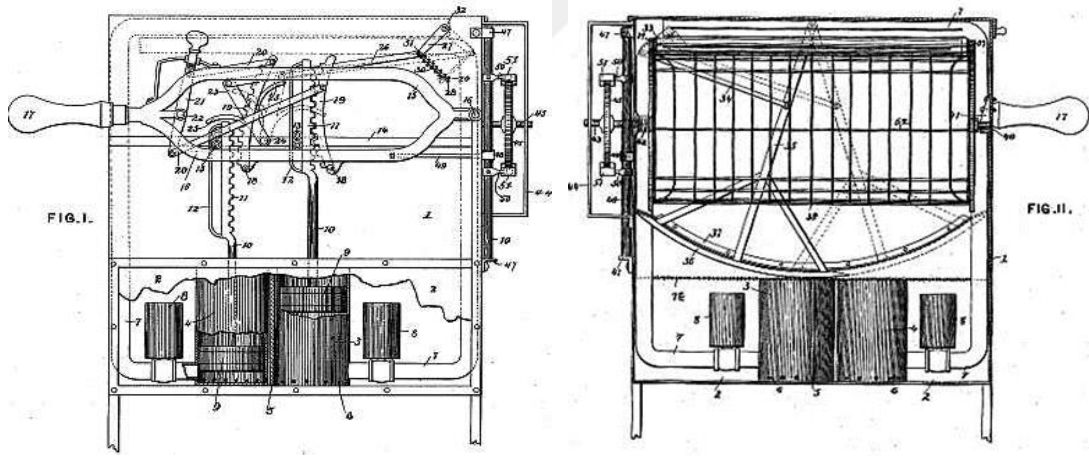
Bu çalışmada, tabak tutucuların tam otomatik olarak üretimini sağlayan makinenin tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bu makinenin üretimi yapılmış ve çalıştırılmıştır. Çalıştırılmasıyla üretilen ürünlerin ölçümleri yapılmış, ölçüm sonuçlarına göre kalite analizi ve makinenin döngü süresi incelenerek performans değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada katı model tasarımlarının görsellerine, süreç ile ilgili analizlere, donanım seçimlerine ve makinenin üretilmiş çalışır haline ait görsellerine yer verilmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucu olarak, ülkemizdeki makine sektörüne ve beyaz eşya sektörüne katkı sağlayacak sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Makinelerin bizlere sağladığı yararların başında, insan gücüne gerek duymaksızın işlerin yapılabilmesine olanak sağlaması gelir. Bu sebeple makine sektöründeki gelişmeler endüstrinin gelişme hızını belirlemektedirler. Bu bölümde bulaşık makinelerinin gelişiminin yanı sıra, endüstrideki gelişmeler ve makine sektörü ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Bulaşık Makinesi Tarihi ve Gelişimi

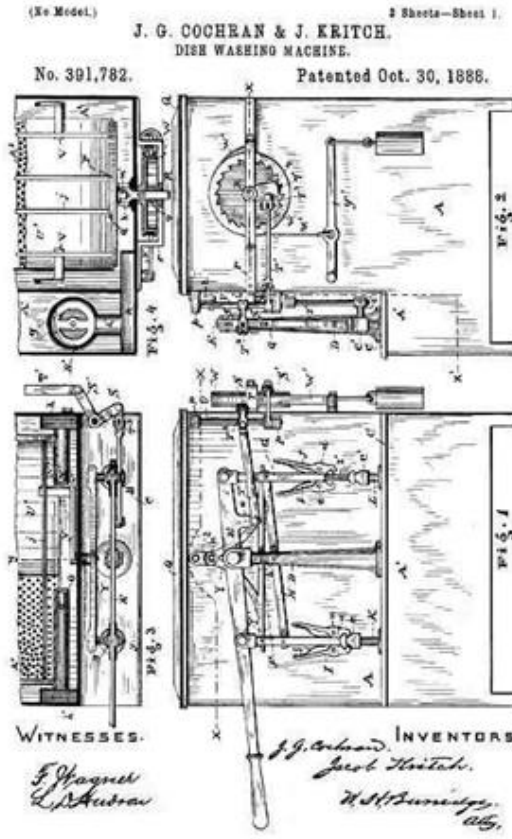
Tabak ve bardak gibi mutfak araçlarının yıkanması amacıyla kullanılan bulaşık makinesi kavramı ilk olarak 1800'lü yılların ortalarında Joel Houghtan'a ait patent ile ortaya atılmıştır. İlk mekanik bulaşık yıkama sistemini anlatan bu patentte; el yardımıyla çalışan ve bu sırada bulaşıkların üzerine su püskürten mekanik bir bulaşık makinesi sisteminden bahsedilmektedir.



Şekil 2.1. Joel Houghtan bulaşık makinesi tasarımı

1885'da Josephine Cochrane'e ait bulaşık makinesi tasarımı da benzer şekilde suyun bulaşıklara pompalanması için elle çalıştırılmaktaydı [4].

Josephine G. Cochran bulaşık makinesi patentini 1886 senesinde aldı. Josephine G. Cochran diğerlerine yönelik daha avantajlı bir konumdaydı. Nedeni ise aile üyelerinin tarihinde buharlı gemi patenti bulunmasıydı.



Şekil 2.2. Josephine G. Cochran bulaşık makinesi patenti

Bu sayede diğer mucitlere nazaran bilgi birikimi daha yüksekti. Patent aldıktan bir süre sonra bulaşık makinelerini üretme üzerine Kitchenaid isminde bir firma kurdu [4].

İlk icat edilen bu bulaşık makinesi epeyce kolay bir sistem ile çalışıyordu. Bulaşık makinesinin alt bölümünde yer alan silindirler fiziki yapılarının başlangıcıydı. Makinenin çalışma prensibi sabunlu su fişkırtarak bulaşıkları yıkamaktı. Bu bulaşık makinesinde devamlı olarak su devridaimi ile bulaşıklar kolayca yıkanıyordu. Büyük işletmelerde ise bu yıkamada buhar gücünden faydalanılıyordu.

Sürekli su püskürtme sistemine sahip bulaşık makinesi modelleri ise ilk olarak 1924'te William Howard Livens'in geliştirdiği evsel kullanıma uygun bulaşık makinesi ile oluşmaya başladı [5].

1920'li yılların ardından bulaşıkların yerleştirilmesi için sepet, su püskürtme için pervane, yıkamaya yardımcı olarak deterjan koyma, yıkama sonunda kurutma

fonksiyonu gibi özelliklerin de eklenmesi ile 1970'li yılların sonunda günümüzdeki bulaşık makinesi sistemi geliştirilmiş oldu.

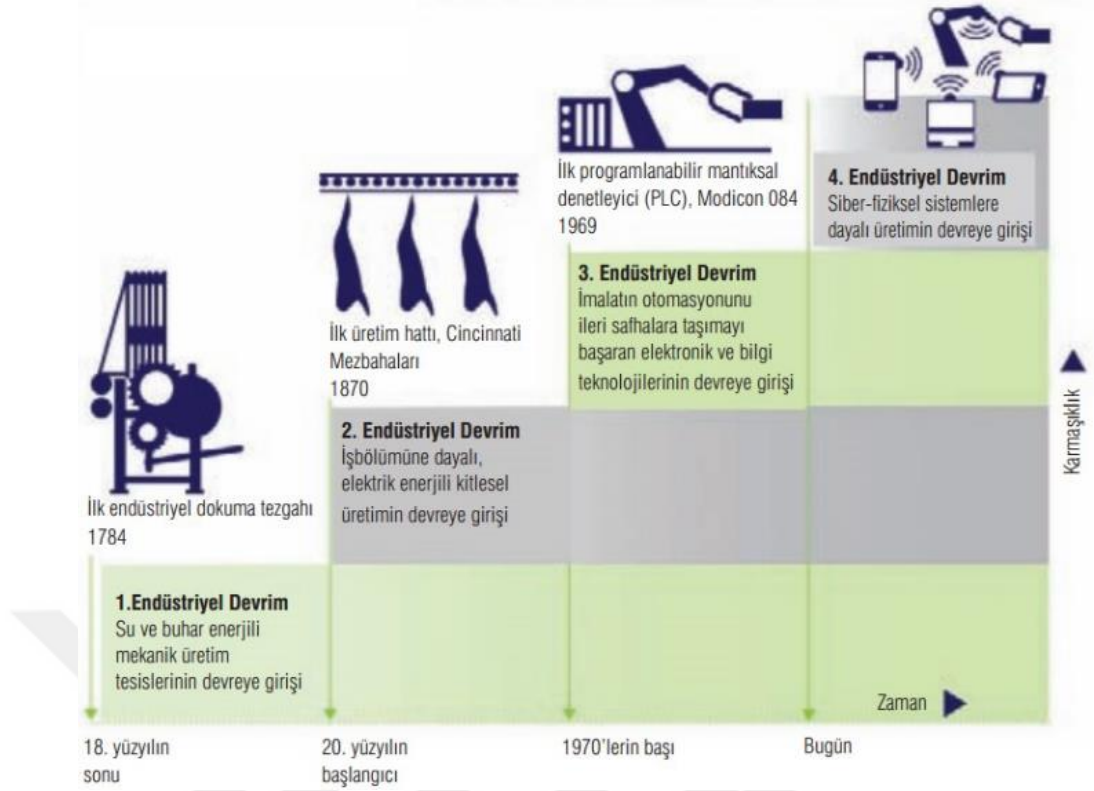
Ülkemizde ise ilk bulaşık makineleri 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde tüm evlerde kullanılan bir beyaz eşya haline gelmiş bulunmaktadır. Makineleşme ve endüstriyel üretim yöntemlerinin gelişmesi ile birlikte, değişik ve çok yüksek performanslı bulaşık makineleri üretilmeye devam etmektedir.

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Endüstriyel Makineler

Bu bölümde dünyada ve Türkiye'deki endüstriyel makinelerin gelişimi hakkında bilgi verilecektir.

2.2.1. Endüstriyel Makineler Tarihi

1760'lı yıllarda başlayıp 1830'lara kadar süren ilk Sanayi Devrimi'nde; üretim, beden gücünden makine gücüne doğru evrim geçirdi. Nitelik ve nicelik yönünden artış gösteren makineler, buhar gücüyle çalışıyordu. Bu süreçte odun yerine kömürün yaygınlaşması, makinelerin daha da çok kullanılmasını sağladı. İngiltere'de başlayan Sanayi Devrimi, kısa sürede tüm Avrupa'ya ve ABD'ye yayıldı. Üretimdeki bu köklü değişim, hem ekonomi dünyasını hem de toplumsal yapıyı çok değiştirdi. Ortalama yaşam süresi uzayarak nüfusta artış oluştu. Ayrıca gündelik yaşam büyük ölçüde kolaylaştı ve böylece yaşam kalitesi arttı. Modern makinelerin üretimi kolaylaştırmasıyla, Avrupa'da üretilen ürün sayısında büyük bir artış sağlandı. [7].



Şekil 2.3. Sanayi gelişim çizelgesi [7]

Endüstrinin gelişimi ve endüstriyel devrimler Şekil 2.3.'te görülmektedir.

2.2.2. Dünyada Makine Sektörü

Makine sektörü, 1970'lerin sonundan itibaren işlemcilerin ve programlanabilir devrelerin gelişmesi ile birlikte yüksek teknolojinin geliştirilmesi ve uygulanması açısından lider bir sanayiye dönüşmüştür. Bu sektörün pek çok ürünü, genellikle eski teknoloji olarak adlandırılan mekanik teknolojiler ile ileri teknolojileri birleştirmektedir. Farklı teknolojileri birleştiren yenilikçi ürünler yaratmaya yönelik mühendislik başarısı, makine ve donanım tedarikçisi olarak görülse de aslında hizmet sanayii olma yönünde bir dönüşüm geçirmiştir. İmalat sistemlerinin tesisi, operatörlerin eğitilmesi, bakım ve onarım, hatta finansman temini gibi hizmetler giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu hizmetler hem verimliliğin yükselmesini hem de düşük maliyetli rekabete daha az maruz kalınmasını sağlamaktadır. Ayrıca, makine sektörü, imalat sanayiinin en çok vasıflı personel ihtiyacı duyulan sektörlerden birisidir. Makine sektörünün dünya ihracatından aldığı pay 2015 yılı itibariyle % 8,3

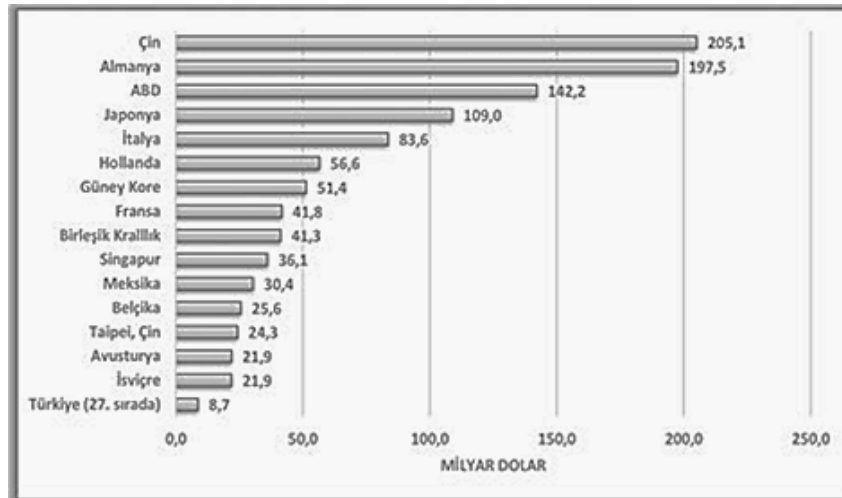
seviyesindedir [6]. Makine sektörünün 2011-2015 yılları arasında ihracat payı Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Dünya Makine İhracat Payı Değişimi 2011-2015 [6]

Yıl	Toplam İhracat (Trilyon Dolar)	Makina İhracatı (Trilyon Dolar)	Oran (%)
2011	18,22	1,50	8,2%
2012	18,46	1,46	7,9%
2013	18,93	1,46	7,7%
2014	18,99	1,55	8,2%
2015	16,30	1,36	8,3%

2.2.3. Türkiye’de Makine Sektörü

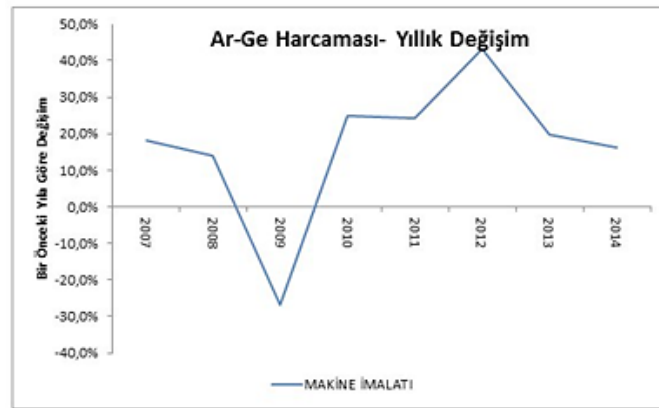
Makine imalat sanayii, bütün dünyada olduğu gibi ülkemizin sanayileşmesinin de itici gücüdür ve gelecekte ülkemizin gelişiminin temel taşı olacağı aşîkardır. Birçok ülkede olduğu gibi, Türkiye’de de makine imalatçılarının büyük çoğunluğu KOBİ’lerin sahip olduğu ucuz işgücü avantajı ve gelişmiş mühendislik becerileri, makine imalatçılarının uluslararası pazarda rekabet şansını arttıran unsurlardır. Türk makine sanayinde, her türlü parça ve aksamın yüksek kalitede ve rekabet edebilir fiyatlarda üretimi yapılmaktadır. Türkiye makine ihracatında 8,7 milyar dolarlık büyüklük ile 27’nci sırada yer almaktadır [6]. 2015 yılı için ülkelerin makine ihracat büyüklükleri Şekil 2.4.’te verilmiştir.



Şekil 2.4. 2015 Yılı ülkelerin makine ihracat büyüklükleri [6]

2015 yılında 144 milyar dolar olarak gerçekleşen toplam Türkiye ihracatından Makine Sektörü %9,2 pay almıştır. Makine ve aksamaları, Türkiye'nin ihracatında kara taşıtlarından sonra 2. sıradaki sektördür. Türk makine sektöründe 2001 yılında %27 olan ihracatın ithalatı karşılama oranı 2015 yılında %51'e çıkmıştır. Sektörün ihracatı 2015 yılında 2014 yılına kıyasla %9,3 azalarak 13,3 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Son 5 yılda Türkiye ihracatında söz sahibi sektörler arasında en fazla artış makine sektöründe gerçekleşmiştir. Makine ihracatı % 67 artış göstermiştir. Türk Makine ihracatı, son 5 yılda ortalama % 15 ihracat artışı ile ihracat artışı sıralamasında dünyada 3. sırada yer almıştır.

Makine üretimine ilişkin Ar-Ge harcamaları da yıllık bazda pozitif gelişme göstermektedir. Ancak Makine üretiminde 2014 yılında gerçekleşen AR-GE harcamaları 2012 yılından sonra azalmaya başlamıştır. 2014 yılında sektörde yapılan AR-GE harcamalarında, 2013 yılına göre % 16,3 azalma Şekil 2.5.'te görülmektedir [7].



Şekil 2.5. Türkiye makine üretimi Ar-Ge harcaması yıllık değişimi [7]

2.3. PLC Sistemleri Tarihi

Programlanabilir mantıksal denetleyiciler (Programmable Logic Controller) ilk olarak 1960'ların sonunda ortaya çıktı. Böyle bir cihazın tasarlanmasının temel nedeni röle tabanlı makine kontrol sistemlerinde bozulan rölelerin değiştirilmesi işlemlerinin çok masraflı olmasıdır. İlk olarak Bedford Associates (Bedford, MA) firması Modüler

Digital Controller (MODICON) adlı bir cihazı Amerikan araba üreticilerine tanıttı. Başka diğer firmalar da o sıralarda bilgisayar tabanlı sistemlerini ilan ettiler (örn. PDP-8). Ancak “MODICON 084” dünyanın ilk ticari PLC’si olarak piyasaya girdi [8].



Şekil 2.6. Tasarlanan ilk ticari PLC ve tasarımcıları

Eskiden üretim gereksinimleri değiştikçe kontrol sistemleri de değişirdi. Değişim çok sık olduğu zaman kontrol sistemlerinin de değiştirilmesi çok pahalıya geliyordu. Mekanik elemanlar olan rölelerin sınırlı ömürlere sahip olması yüzünden devamlı olarak bakım ve onarıma ihtiyaç duyulurdu. Ayrıca herhangi bir arıza durumunda, arızalı röle sayısı çok fazlaysa onarım işi çok daha zorlayıcı olurdu [8].

Üretilecek yeni tip kontrolörler bakım ve işletme mühendisleri tarafından bile kolayca programlanabilmeliydi. Ömürleri uzun olmalı ve program değişiklikleri ise kolayca ve çabucak yapılabilirdi. Ayrıca bu cihazlar çok kötü endüstriyel ortamlarda çalışacaklardı. Bütün bu ihtiyaçlara cevap verebilmek için üreticiler herkesin anlayabileceği bir dilde programlanacak ve mekanik parçalar yerine katı hal elemanları kullanacak cihazları geliştirdiler 70’lerin ortalarında PLC’lerde kısmen ardışık durum makineleri diye adlandırılan bir teknik, kısmen de düşük bitli mikroişlemciler kullanılıyordu. Amd 2901 ve 2903 mikroişlemcileri o zamanın Modicon ve A-B marka PLC’lerinde en sık kullanılan işlemcilerdi. Ancak bu eski işlemciler, küçük PLC’lerin haricindeki diğer büyük PLC’lerde ihtiyaçlara cevap

veremiyorlardı. Bu işlemciler de geliştikçe orta ve büyük çaplı tüm PLC'ler mikroişlemci tabanlı olmaya başladılar. Ancak buna rağmen A-B PLC3 serisi hala eski AMD2903 işlemcisini kullanmaya devam etmektedir. PLC'ler ilk olarak 1973'te haberleşme yeteneklerine sahip olmaya başladı. Böyle ilk sistem Modicon'un MODBUS sistemidir. Artık bir PLC başka PLC'ler ile konuşabiliyor ve kontrol ettikleri makinelerden uzakta bulunabiliyorlardı. Ayrıca değişik mertebelerde gerilim gönderip alarak da analog dünyaya giriş yapmışlardı. Ancak ne yazık ki, hızla değişen teknolojide uyulacak bir standardın olmaması, PLC haberleşmeleri konusunda çok sayıda ve birbirleriyle uyumsuz protokollerin ve fiziksel ağların ortaya çıkmasına neden olmuştur. 1980'lerde General Motors'un çıkardığı MAP adlı üretim otomasyon protokolü ile ilk standartlaştırma adımı atıldı. Bu yıllar PLC'lerin boyutlarının da düşürüldüğü yıllardı. Yine bu yıllarda, PLC'lerin programlanması için programlama terminalleri veya el terminalleri yerine bilgisayar tabanlı sembolik programlama yazılımları da ortaya çıktı. 1990'lar ise yeni protokol tanımlarının azaldığı ve 1980'lerden kalan popüler bir takım protokollerin fiziksel katmanlarının modernize edildiği yıllardır. En son çıkan IEC standardı, tüm PLC programlama dillerini tek bir uluslararası standart çatısı altında toplamayı hedeflemektedir. Günümüzdeki PLC'ler aynı anda fonksiyon blok diyagramları yöntemi, komut listesi yöntemi, ladder, C ve yapısal metin programlama yöntemleri gibi tüm tekniklerle programlanabilmektedirler [8].

PLC'ler fabrika kontrolünde popülerliğini artırmaya devam etmektedir ve muhtemelen de belirli bir süre de hakim unsur olarak kalacaktır. Bunun nedeni de PLC'lerin sunduğu avantajlardır. PLC'ler karmaşık sistemlerin kontrolünde en ekonomik çözümdür. Esnek yapıya sahip olmalarıyla başka sistemlere kolay ve çabuk uygulanabilmektedir. Hesaplayıcı ünitelere sahip olmasından ötürü karmaşık kontrolleri gerçekleştirebilir. Programlaması ve arıza takibi kolaydır. Güvenilir parçalardan oluştuğu için yıllarca sorunsuz çalışabilir. Bir PLC kabaca bir CPU (Merkezi işlemci birimi), bellek alanları ve giriş-çıkış bilgilerini alıp verecek uygun devrelerden oluşur. PLC'yi yüzlerce veya binlerce adet ayrı röleler, sayıcılar, zamanlayıcılar ve veri saklama yerlerinden oluşmuş bir kutu gibi düşünebiliriz. Bu kadar eleman aslında fiziksel olarak mevcut değildir. Sadece benzetim edildiklerini ve sanal olarak yazılımca yaratıldıklarını düşünebiliriz. Bu dahili röleler yazmaçlarda bulunan bit konumlarında benzetim edilirler.

Dahili röleler (kontaklar): Bu yapılar dış dünyaya bağlanır. Fiziksel olarak vardılar ve anahtar (switch), algılayıcılar (sensor) gibi elemanlardan sinyal alırlar. Röleden çok transistör olarak imal edilirler.

Dahili yardımcı röleler (kontaklar): Ne fiziksel olarak vardılar ne de dışarıdan bir sinyal alırlar. Benzetim edilmiş veya sanal röleler diyebiliriz. Bunlar sayesinde PLC'nin harici rölelere olan ihtiyacı azaltılmış olur. Bazen de, sadece bir tek özel iş için ayrılmış röleler vardır. Bazı röleler her zaman açık, bazıları da kapalı olabilir. Bir kısmı da sadece enerji verilmesi anında çalışırlar. Bunlar genellikle ilk başlatma işlemlerinde kullanılır.

Sayıcılar: Sayıcılar gerçekte yoktur. Darbe (pulse) sayabilmek için yazılımca oluşturulan sanal sayaçlardır. Standart olarak yukarı, aşağı ve hem aşağı hem yukarı sayabilme yetenekleri vardır. Yazılımca oluşturuldukları için sayma hızları sınırlıdır. Bazı üreticiler donanım tabanlı yüksek süratli sayıcılar üretirler. Bu durumda onları fiziksel olarak var sayabiliriz.

Zamanlayıcılar: Fiziksel olarak yoktur. Değişik tiptedirler. En yaygın kullanılanı açmada gecikmeli (on-delay) tipidir. Diğerleri kapamada gecikmeli, kalıcı ve kalıcı olmayan olarak adlandırılabilir. Artış miktarları 1 milisaniye ile 1 saniye arasındadır.

Çıkış Röleleri (bobinler): Bunlar dış dünyaya bağlanan fiziksel bağlantılardır. Solenoid, lamba gibi elemanlara sinyal gönderirler. Transistör, röle veya triyak gibi elemanlardan imal edilebilirler.

Veri Saklama: Bir veriyi saklamak için yazmaçlar kullanılır. Bu yazmaçlar matematiksel işlemler ve veri işlemleri için geçici saklama yerleridir. Ayrıca enerji gittiğinde bilgileri saklamak için de kullanılabilirler. Enerji geri geldiğinde kesintiden önceki bilgileri saklarlar.

Merdiven mantığı: Merdiven (ladder) metodu PLC'lerde en çok kullanılan yöntemdir. Merdiven mantığı röleleri sembolize etmek amaçlı geliştirilmiştir. Bir PLC'de temel programlama yöntemi olarak merdiven mantığının seçilmesi mühendislerin ve satıcıların eğitimi konusunda harcanacak zamanı azaltmaktadır.

Modern kontrol sistemleri hala röleleri kullanmaktadır, ancak bunlar nadiren kontrol amaçlıdır.



3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, bulaşık makinelerinin sepetlerinde bulunan tabak tutucuların otomatik olarak üretimini sağlayan makinenin tasarımı, üretimi ve otomasyonu yapılmıştır. Ortaya çıkacak makinenin, tam otomatik olması ve 4 saniyede 2 ürün üretebilecek kapasitede olması amaçlanmıştır.

Makinenin tasarımı üç bölüm altında incelenmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde, tasarlanan makinenin her bir istasyonunun tasarımın nasıl yapıldığına ve detaylarına, malzeme ve donanım seçimlerine seçimlerinin nasıl yapıldığına yer verilmiştir. İkinci bölümde yazılım çalışması yapılmıştır. Yazılımın, makinenin mekanik aksamı ile uyumlu çalışması için uygun elektriksel donanım seçimlerinin nasıl yapıldığı ve seçilen bu donanımların yazılıma nasıl entegre edildiği detaylıca anlatılmıştır. Üçüncü bölümde makinenin çalıştırılması sonucunda elde edilen ürünlerin kalitesi ve makinenin performansı incelenmiştir.

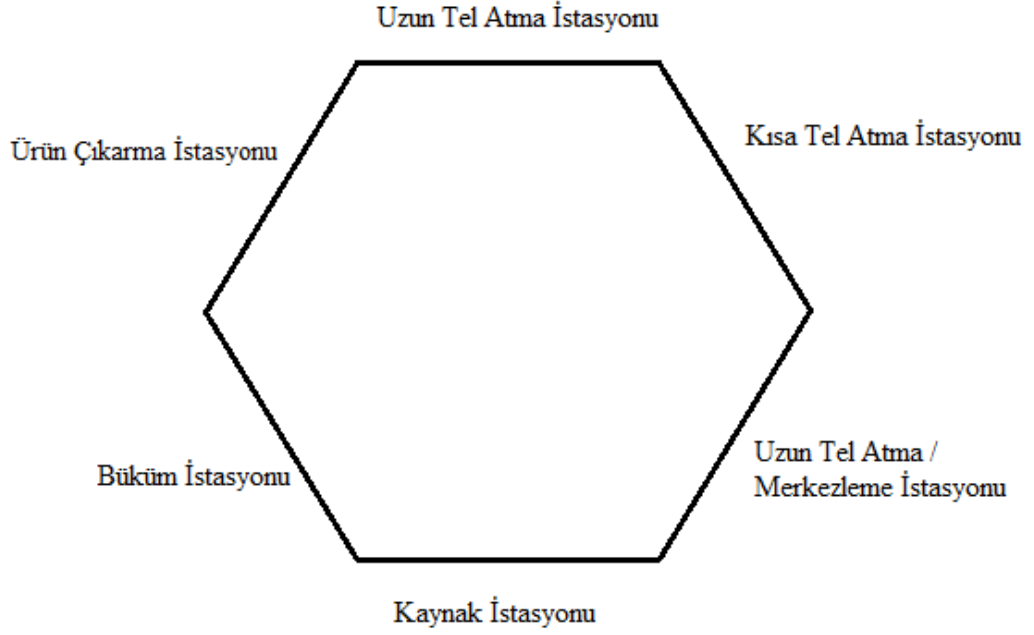
Makinenin her bir istasyonuna ait tasarım, montaj ve analiz için SOLIDWORKS programı kullanılmıştır. Yapılan tasarıma uygun olarak yazılım, TIA PORTAL programı kullanılarak yapılmıştır. Performans değerlendirmesi ve verimlilik analizleri için MINITAB programını kullanılmıştır.

3.1. Tasarım

Çalışmanın bu bölümde, genel tasarım prensipleri, üretilecek ürün özellikleri, kalıp tasarımları ve makinenin istasyon tasarımları anlatılmıştır.

3.1.1. Genel Tasarım Detayları

Tasarlanacak makine için ilk olarak taslak çizimi yapılmıştır. Yapılacak işe ait adımlar ihtiyaçlar doğrultusunda bölümlere ayrılarak genel tasarım çerçevesi oluşturulmuştur. Makinenin ana çalışma prensipleri belirlendikten sonra katı model tasarımları ve teknik resimlerin çizimleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Taslak tasarım çizimi

Şekil 3.1.'de verilen taslak tasarımının oluşturulmasından sonra nihai tasarıma geçilmeden önce dikkat edilmesi gereken koşullar ve durumlar belirlenmiştir.

Bu durumlar aşağıdaki gibidir;

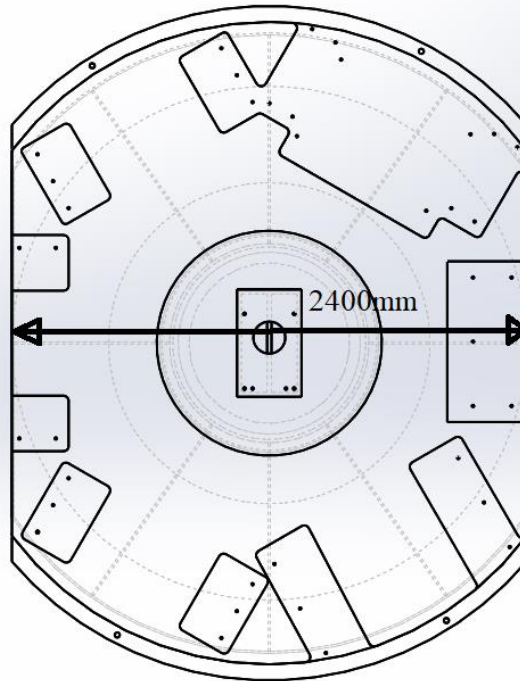
Ürün Döngü Süresi: İlk olarak tüm tasarım ürün döngü süresi 4 saniye altında olacak şekilde tasarım yapılmıştır. İstasyonlar arası transfer süresini yaklaşık 1.5 saniye olarak planlandığında her bir istasyonda yapılan işlemin 2.5 saniye içinde tamamlanacak şekilde tasarlanması gerekmiştir. Her döngüde 2 ürün alınması ile gerçek ürün döngüsü 2 saniye olarak çalışacak bir makine tasarlanmıştır.

Dayanıklılık: Üretilcek makinenin sürekliliğini koruması en önemli hususlardandır. Üç vardiya üretim yapan bir fabrika için ortalama günlük çalışma süresi 21 saattir. Bu da makinenin bir günde 18900 adet hareket döngüsü yapacağı anlamına gelmektedir. Seçilecek tüm bileşenlerin bu sayıdaki döngüye dayanabilir olarak tasarımı yapılmasını gerektirmektedir.

Çalışma Ortamı: Çalışma ortamı bu makine için standart kabul edilmiştir. Nem sıcaklık ve buna benzer koşullar, tasarım açısından herhangi özel durum oluşturmamaktadır. Sadece kaynak bölümünde özel sıcaklık koşulları olduğu için özel tasarım uygulaması yapılmış olup, ‘Kaynak İstasyonu’ tasarımında bu durum irdelenmiştir.

Çalıştırma Şekli: Makinenin tam otomatik olarak çalışacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Operatör müdahalesi sadece farklı model ürün dönüşlerinde ve hammadde yükleme durumlarında olacak şekilde tasarım gerçekleştirilmiştir.

Kısıtlar: Şase tasarımı makinenin taşınabilirliği düşünülerek taslak tasarımdaki simetrik altıgen yapıdan çıkartılmıştır. Standart tır ve kamyonların kasa genişlikleri 2450 mm olduğu için şase daraltılarak 2400 mm ölçülerine getirilerek taşıma kolaylığı sağlanmıştır. Makinenin şase tasarımı Şekil 3.2’de verilmiştir.

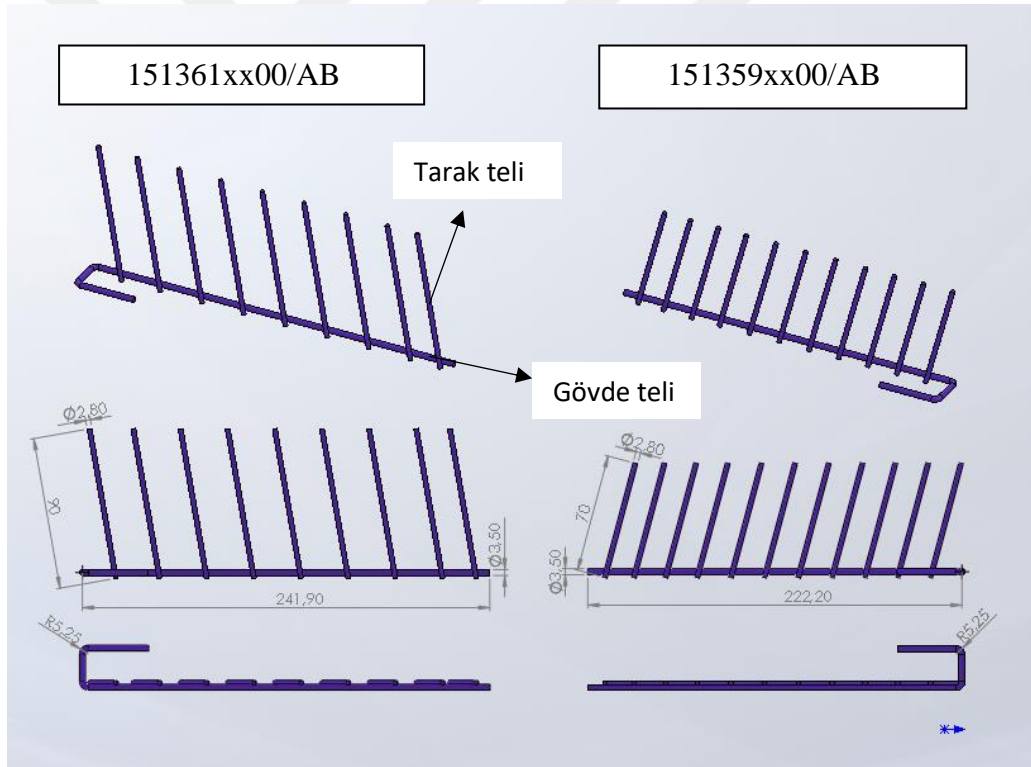


Şekil 3.2. Şase tasarımı

3.1.2. Üretimi Yapılacak Ürün Özellikleri

Üretimi yapılacak ürün, standart kangal çelik telin uygun uzunluklarda kesilip, kaynakla birleştirilip, gerekli yerlerinden bükümü yapılarak oluşturulması gerekmektedir. Tellerin kesilme işlemi hariç diğer tüm operasyonlar tasarımı yapılan makinede yapılması planlanmıştır.

Ana gövde teli çapı 3.5 mm'dir. Tarak kısmını oluşturan tellerin çapı 2.8 mm'dir. Ana gövde tellerinin uzunlukları üretilecek modellere göre çok değişik ölçülerde olabilirken, tarak tellerinin uzunlukları 2 çeşittir. Bunlar 70 mm ve 90 mm'dir. 151361xx00/AB ve 151359xx00/AB kodlu örnek tabak tutucular Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Örnek tabak tutucu tasarımları

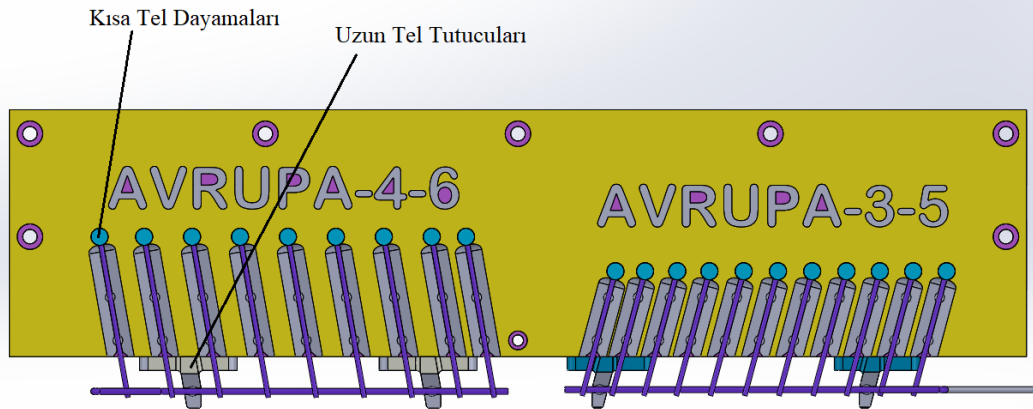
Üretimi yapılacak tabak tutucuların bulaşık makinesi sepetine sorunsuz montaj edilebilmesi için tarak tellerinin kaynak pozisyonlarında ± 0.5 mm tolerans içerisinde olması gerekmektedir. Tasarım sırasında bu hassasiyet dikkate alınmalıdır. Tüm sabit ve hareketli aksamlar bu hassasiyeti yakalayacak şekilde seçilmelidir.

Üretimi tamamlanmış tabak tutucular korozif şartlar altında paslanmamaları gerektiği için kaplanmaktadır. Bu kaplamanın düzgün olabilmesi için tasarlanan makinede kaynak esnasında cürufsuz ve düzgün bir şekilde kaynatılması gerekmektedir. Bu durum ile ilgili irdelemeler “Kaynak İstasyonu” bölümünde ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

3.1.3. Kalıp Tasarımları

Kalıpların tasarımı ± 0.5 mm kaynak pozisyonu toleransını sağlayacak şekilde yapılmıştır. Tellerin tüm bu işlemler sırasında pozisyonunu kaybetmemesi için neodyum mıknatıslar kalıplara gömülmüştür. Küçük tel atıcıları kalıpların 5 mm üzerinde tel atacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yükseklikte tellerin düzgün düşmesini sağlayabilen ve aynı zamanda atıcıların içerisinde bulunan telleri etkilemeyen mıknatıs büyüklükleri yapılan denemelerle en uygun $\text{Ø}5$ mm ve yükseklik 6 mm olarak bulunmuştur. Kalıplara mıknatıslar bu ölçülerde yerleştirilmiştir.

Kalıplar kaynak esnasında gövdeye kısa devre olmaması için izolasyonlu malzemeden yapılmıştır. Bu operasyon için yalıtım ve dayanım olarak en uygun malzemelerden olan kestamid veya delrin düşünülmüştür. Delrin, kestamide göre daha kırılmandır fakat manyetik geçirgenliği daha yüksek olduğu için tasarımda malzeme olarak delrin seçilmiştir.

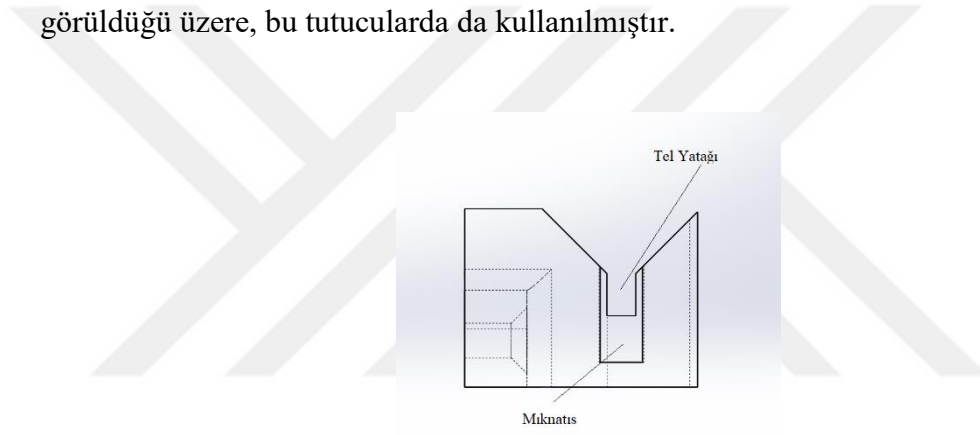


Şekil 3.4. Örnek kalıp tasarımı

Şekil 3.4.'te görüldüğü gibi kısa teller için dayamalar planlanmıştır. Bu dayamaların uzun süre aşınmaya dirençli olabilmeleri için EN-C50 malzeme kullanılmış olup ısıtıl işlem ile sertlikleri HRC-50 (Rockwell) sertlik değerine getirilmiştir.

Uzun tel tutucularının, kaynak bölgelerine yakınlığı sebebiyle sıcaklığa dayanıklı olması gerekmektedir. Bu sebepten pirinç alaşımı tercih edilmiştir. Kaynatılan tel ile kaynak olma ihtimali yüzünden çelik yapılması uygun görülmemiştir.

Kalıplardaki kısa tel bölümlerinde uygulaması yapılan mıknatıslar Şekil 3.5.'te görüldüğü üzere, bu tutucularda da kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Uzun tel tutucu kesit görünümü

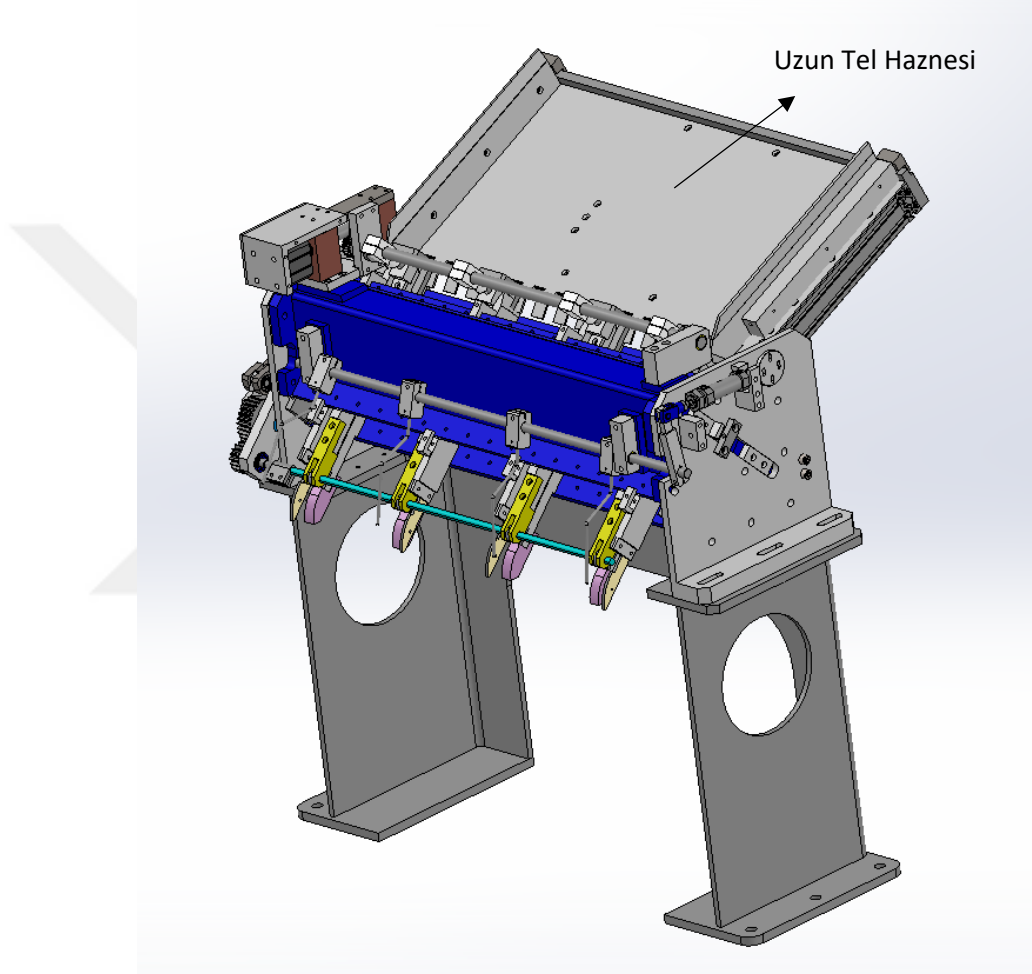
3.1.4. Tasarım Bölümleri

Bu bölümde, makinenin istasyon tasarımları ve döner tablanın tasarımı anlatılmıştır.

3.1.4.1. Uzun Tel Atma İstasyonu

Tabak tutucunun bileşenlerinden olan uzun tellerin, kaliba atıldığı ve aynı zamanda makinenin ilk istasyonudur. Mevcut ürün farklılıkları ve gelecekte doğabilecek yeni ürünlerdeki farklılıklar sebebiyle ayarlanabilir yapıda tasarlanmıştır.

Şekil 3.3.'te örneği verilen modellerde uzun telin kısa tellerin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle kısa tellerden önce kalıba atılması gerekmektedir. Fakat uzun telin kısa tellerin üzerinde olması gerektiği tabak tutucu tasarımları olabilmektedir. Bunun için aynı atıcının kısa tel atma istasyonundan bir sonraki adım olarak konumlandırılabilir olması gerekmektedir. Bu sebepten tasarım opsiyonlu yapılmıştır.

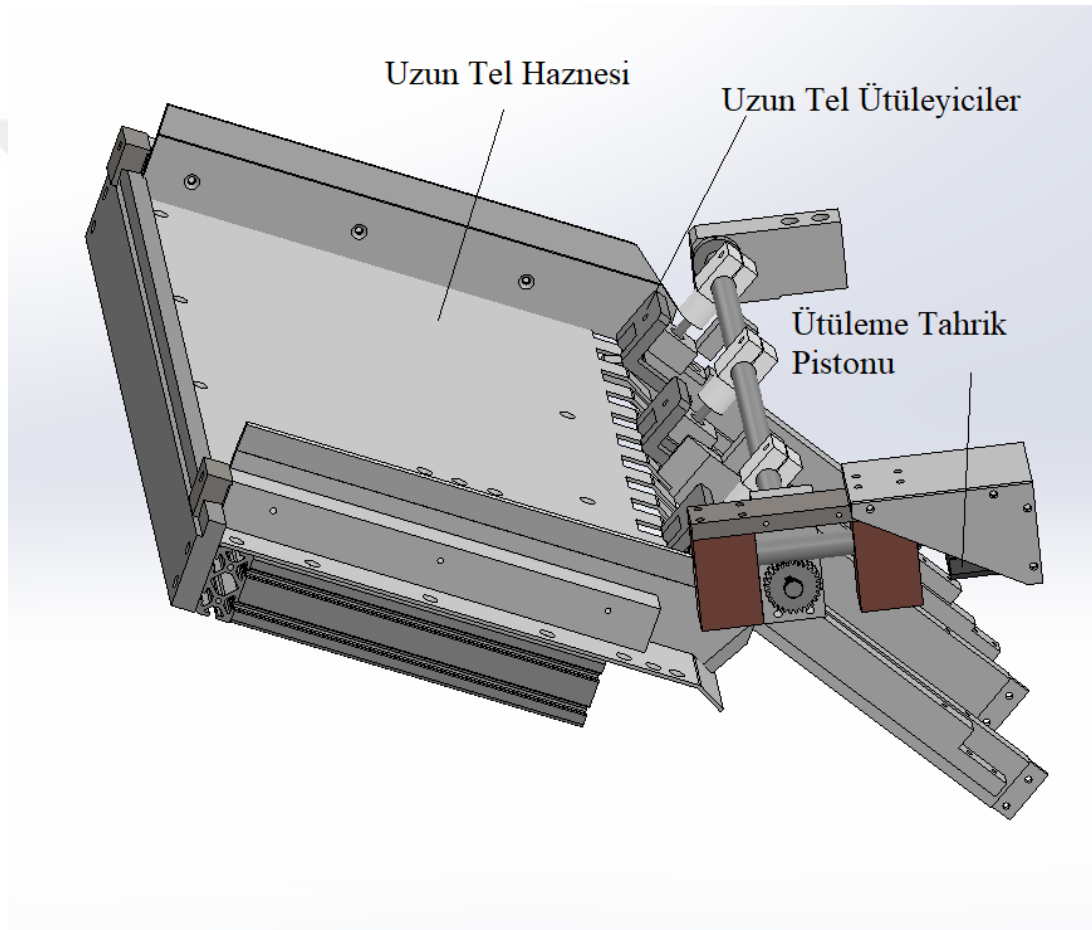


Şekil 3.6. Uzun tel atma istasyonu katı model tasarımı

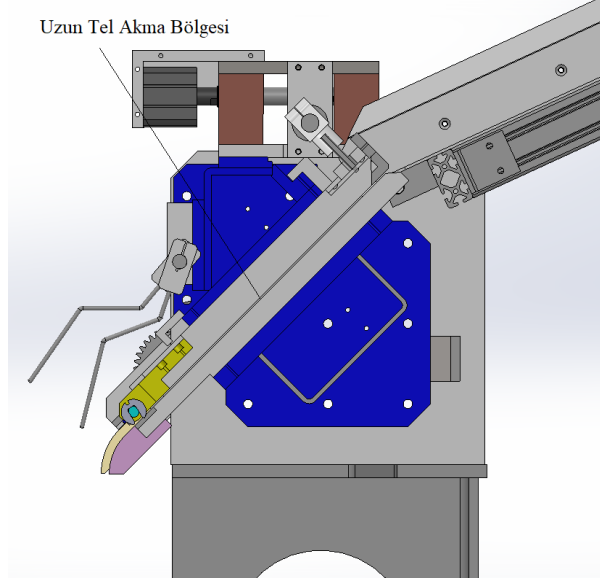
Şekil 3.6.'da görülmekte olan uzun tel atma istasyonunda, uzun teller operatör tarafından uzun tel haznesine beslenir. Bu beslemenin çok sık aralıklarla gerçekleşmemesi için hazne ve akış bölgesi en az 500 adet tel alacak şekilde tasarımı yapılmıştır.

Şekil 3.3.'te örnek verilen modellerde olduğu gibi iki model aynı anda üretim yapılacak ise bu hazne ikiye ayrılarak aynı anda iki tel atılması sağlanır.

Tellerin hizalanarak düzenlenmesi işlemine ütüleme denilmektedir. Ütüleme tahrik pistonu, tasarlanan dişli mekanizması vasıtası ile uzun tel ütüleyicilerinin bağlı olduğu mili hareketlendirerek haznede bulunan tellerin atıcı kısmına doğru eksildikçe beslemesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.7.'de ütüleme tahrik pistonunun, tel ütüleyicilerin ve uzun tel haznesinin tasarımı görülmektedir.



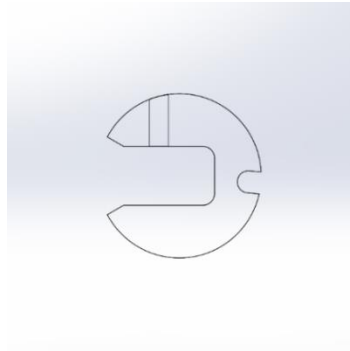
Şekil 3.7. Uzun tel atma istasyonu ütüleme ve tel haznesi bölümü katı model tasarımı



Şekil 3.8. Uzun tel atma istasyonu kesit görünümü

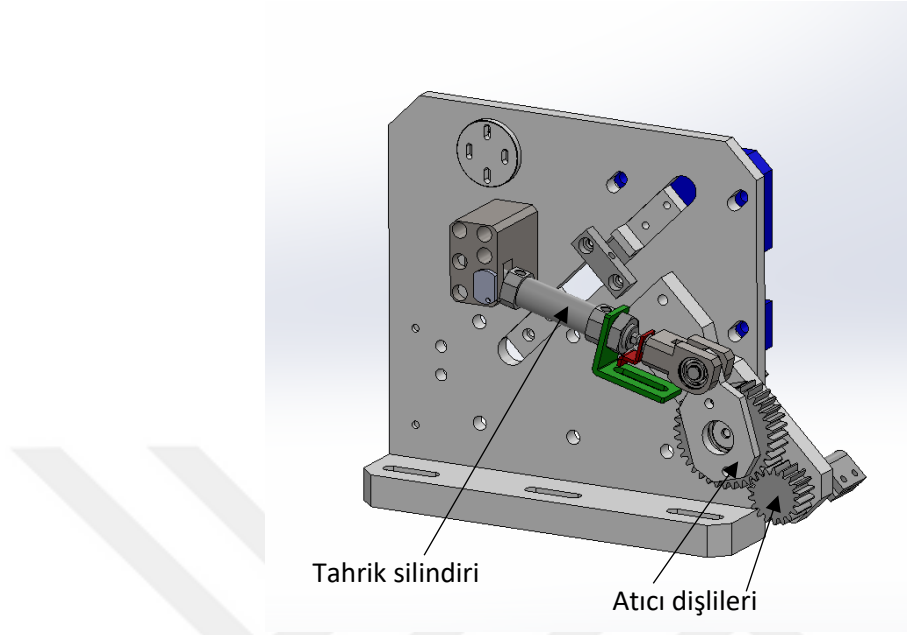
Şekil 3.8.'de görülen tel akma bölgesi ayarlanabilir yapıdadır. Mevcut üretimde kullanılan tellerin çapı 3,5 mm olduğu için 4 mm olarak ayarlanması gerekmektedir.

Uzun tellerin akma bölgesinden kalıp tutucularına atılabilmesini sağlamak için dairesel kesitli bir parça tasarlanmıştır. Tasarlanan bu atıcının kesit görünümü Şekil 3.9.'da verilmiştir. Bu parça önu atıcı mile oturacak şekildedir ve arkasında 0.2 mm boşlukla sadece tek tel alabileceği bir yuva bulunmaktadır. Uzun tel atma istasyonunun en önemli ve en çok aşınmaya maruz kalacak parçasıdır. Bu sebeple AISI / SAE – 4140 çelik malzemedan yapılması uygun görülmüştür.



Şekil 3.9. Tel atıcı

Tel atıcı her hareket yaptığında yuvasında bulunan teli atarak geri geldiğinde yuvasına yeni teli alacak şekilde çalışmaktadır.



Şekil 3.10. Tel atıcı tahrik mekanizması katı model tasarımı

Şekil 3.10'de görüldüğü üzere pnömatik olarak tahrik edilen dişliler yardımıyla, tel atıcı milini hareket ettirilerek tel atımı sağlanmıştır. Pistona bağlı dişli 36 diş ve ona bağlı dişli 18 diş seçilmiştir. Burada seçilen 2:1 oran tel atıcı milini daha kısa stroklu silindir ile daha fazla döndürebilmesi amaçlanmıştır.

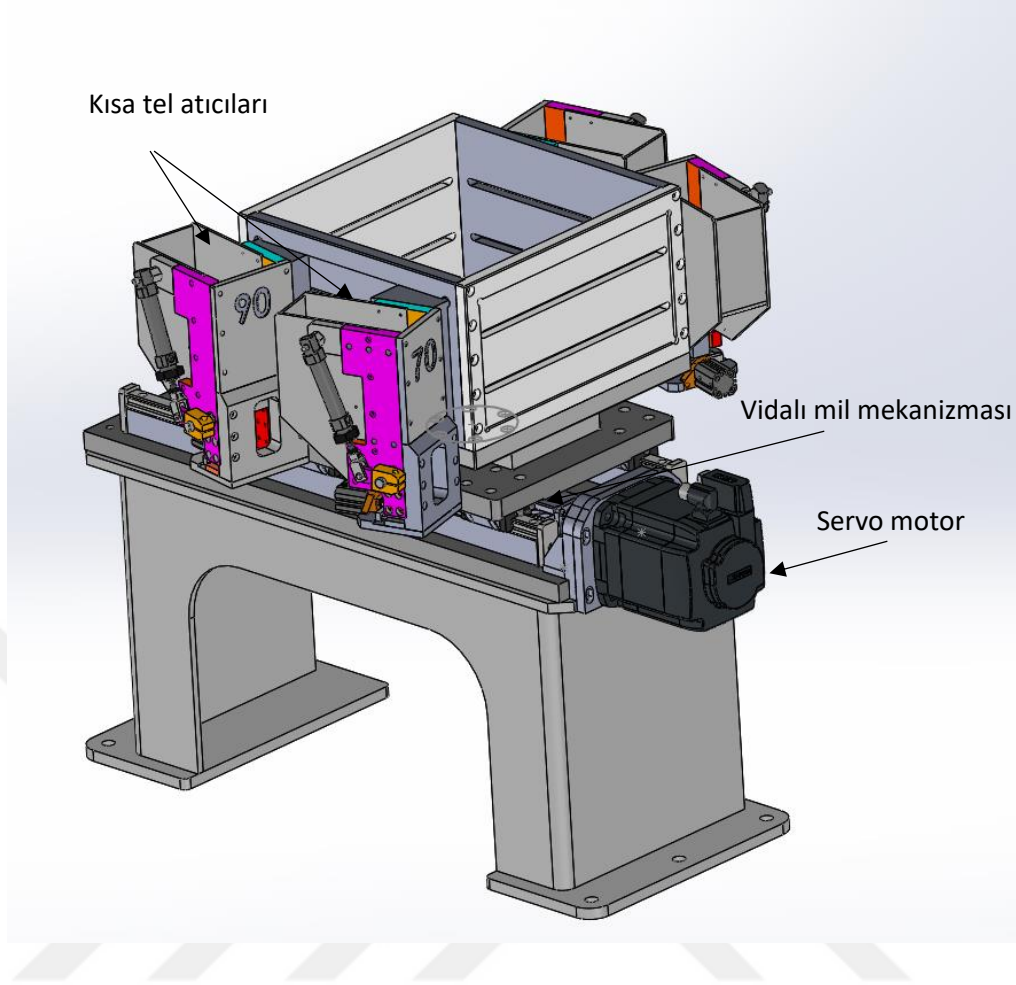
Şekil 3.11.'de uzun tel atma istasyonunun üretilmiş çalışan hali görülebilmektedir.



Şekil 3.11. Uzun tel atıcı

3.1.4.2. Kısa Tel Atma İstasyonu Tasarımı

Kısa tellerin kalıplara atma işleminin yapıldığı istasyondur. Kısa tellere özel tasarlanmış atıcılar bulunmaktadır. Şekil 3.4.'te görüldüğü üzere tellerin değişik açılarda atılması gerekmektedir. Bu sebeple her kalıpta iki atıcı ihtiyacı bulunmaktadır. Ayar gerektirmemesi ve kolay model dönüşü için dönebilen dört yüzlü atıcı bağlama mekanizması tasarlanmıştır. Yapılan bu tasarım Şekil 3.12.'de görülmektedir.

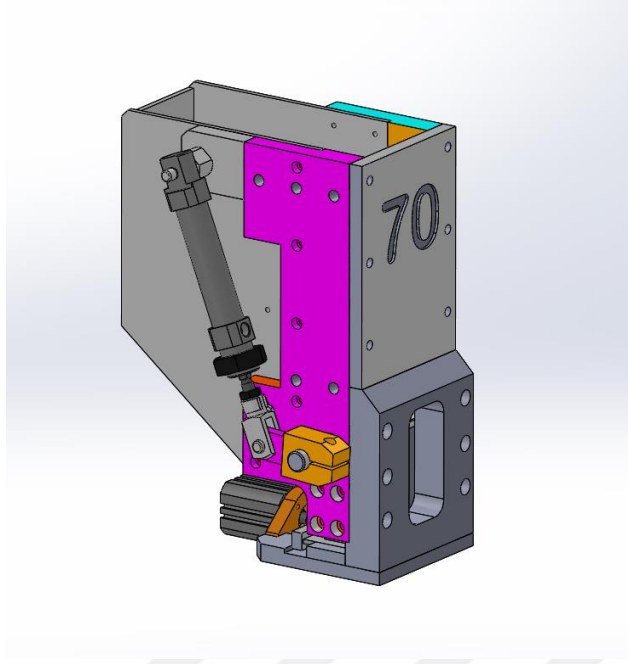


Şekil 3.12. Kısa tel atıcı istasyonu katı model tasarımı

Atıcı grubu hareketini servo motor vasıtası ile yapacak şekilde tasarlanmıştır. Dönebilen grubun altında bulunan ray-araba mekanizması ve vidalı mil ile hareket hassasiyeti sağlanacak şekilde planlanmıştır.

Atıcıların döner mekanizmaya bağlantı noktaları ayarlanabilir yapıda olmalıdır. Fakat açı ayarlama parçaları her bir kalıp için özel yapıdadır. Dört yüzlü yapısı sayesinde birbirinden tamamen farklı dört kalıba ayar yapmaya ihtiyaç olmadan hızlıca uyum sağlayabilecek yapıda tasarımı yapılmıştır.

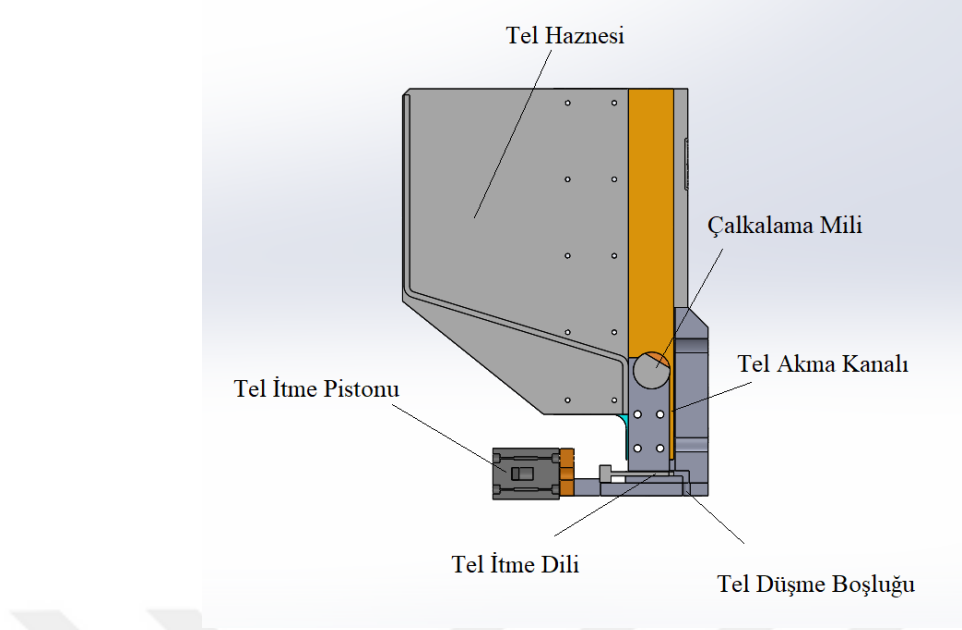
Atıcı haznelerinin tel beslemelerinin operatör tarafından yapılması gerekmektedir. Tasarım, bu beslemelerin, makinenin durdurulmasına ihtiyaç olmadan yapılabilmesine imkan tanıyacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.13. 70 mm kısa tel atıcı katı model tasarımı

Şekil 3.13'te görülen kısa tel atıcı iki bölümden oluşur. Hazne bölümünde tel istifleme ve çalkalama yapılırken, atıcı bölümde istiflenen telin, pnömatik piston vasıtası ile alt kısmındaki bulunan boşluktan kalıba atılması sağlanır.

Kısa tel atıcının alt ve ön plakasının manyetiklenmeden etkilenmemesi için ve aşınmaya karşı dirençli olabilmesi için %12 Kalaylı Bronz malzeme olarak tasarlanmıştır. Aynı şekilde itme dili olarak çalışan mekanizma da manyetiklenme ve mukavemet özellikleri önemli olmasından dolayı, 304-Paslanmaz Çelik malzemedan tasarlanmıştır.



Şekil 3.14. 70 mm kısa tel atıcı kesit görünümü

Şekil 3.14'te kısa tel atıcının kesit görünümü verilmiştir. Tel akma kanalı, uzun tel istasyonunda olduğu gibi ayarlı yapıda değildir. Uzun tel atma istasyonuna göre yaklaşık 8-10 kat daha fazla çalışacağı için ayarsız rijit bir yapı gerekmektedir. Bu kanal, mevcut kullanılacak tellerin çapı 2.8 mm olduğu için 0.5 mm boşluklu akacak şekilde, yani 3.3 mm genişliğinde tasarlanmıştır.

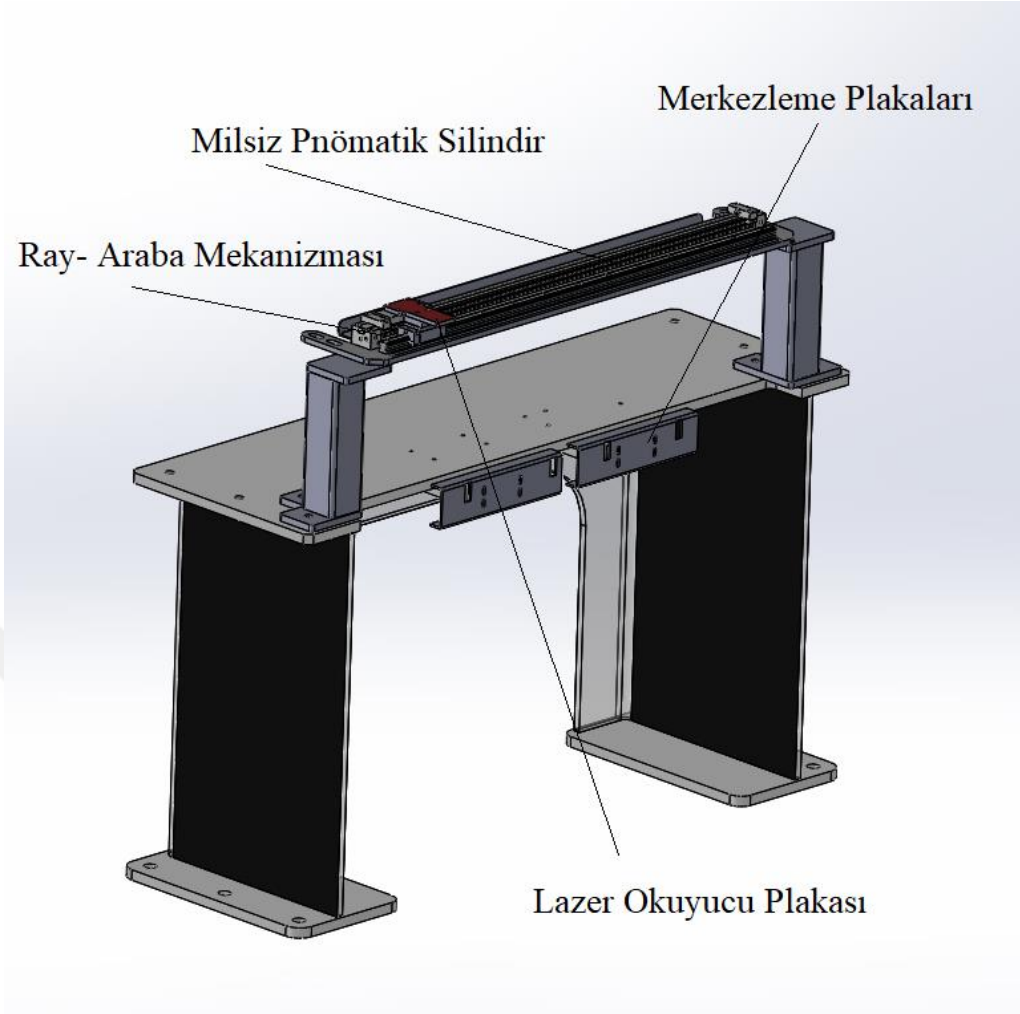
Şekil 3.15.'te kısa tel atma istasyonunun üretilmiş çalışan hali görülebilmektedir.



Şekil 3.15. Kısa tel atma istasyonu

3.1.4.3. Merkezleme İstasyonu Tasarımı

Bu istasyonda eğer ihtiyaç var ise ikinci uzun tel atıcı bulunur. İhtiyaç yok ise üretime dahil edilmeyeceği için monte edilebilir yapıda tasarımı yapılmıştır. Yani bu istasyon şase olarak ilk istasyon ile tamamen aynıdır.



Şekil 3.16. Merkezleme–uzun tel atma istasyonu katı model tasarımı

Tasarımı yapılan bu makinede uzun tel atma işinin kısa tel atmadan sonra yapılmasına gerek olmadığı için montaj tasarımından çıkartılmıştır. Yapılan tasarımın son hali Şekil 3.16.'da görülmektedir. Bu istasyon tasarımı yapılan makinede, merkezleme ve lazer okuyucu ile tellerin doğruluğunun kontrol edildiği istasyon olarak çalışmaktadır.

Her döngüde merkezleme plakaları kalıplardaki kısa telleri, kısa tel dayamalarına dayamaya yetecek hareketi yapıp geri çekilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu plakalar manyetize olmamaları için 304-Paslanmaz Çelik malzemeden seçilmiştir.

Kısa tel atma istasyonunun doğru sayıda tel atıp atmadığının kontrol edilmesi için lazer sensör kullanılması planlanmıştır. Lazer sensörünün bağlandığı plaka milsiz silindire bağlanmıştır. Her döngüde 600 mm hareket edecek şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan lazer sensörler doğru okuma yapabilmesi için hareket esnasında mümkün olduğunca az titreşime maruz kalmalıdır. Bu sebeple hareket ray- araba mekanizması ile desteklenmiştir.

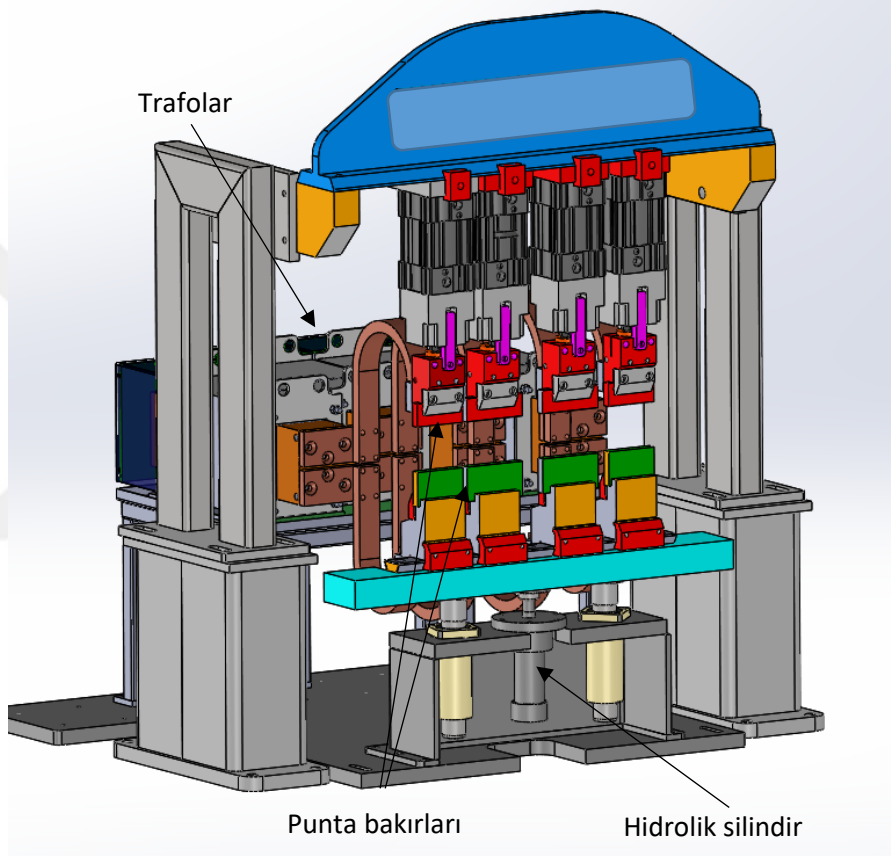
Şekil 3.17.'de merkezleme-uzun tel atma istasyonu istasyonunun üretilmiş çalışan hali görülebilmektedir.



Şekil 3.17. Merkezleme-uzun tel atma istasyonu

3.1.4.4. Kaynak İstasyonu Tasarımı

Punta kaynağının yapıldığı istasyondur. Üst baskı grubu pnömomatik, alt baskı grubu hidrolik tahrikli tasarlanmıştır. Şekil 3.18.'de kaynak istasyonu katı model tasarımında da görüleceği gibi trafolar enerji kaybının mümkün olduğunca az olması için bu tahrik gruplarına yakın konumlandırılmıştır.



Şekil 3.18. Kaynak istasyonu katı model tasarımı

Kaynak silindirlerinde, yüksek kuvvetlere çıkabilmek için yeterli alan olmadığından tandem silindirler kullanılmıştır. 80 mm çapındaki tandem silindirler aynı çaptaki silindirlere göre iki kat daha fazla kuvvet sağlayabilmektedir.

Silindir itme kuvveti hesabı denklem 3.1 olarak verilmiştir;

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \frac{P}{10} \quad (3.1)$$

F: Silindir itme kuvveti (N)

D: Silindir çapı (mm)

P: Basınç (bar)

Temsil etmektedir.

80 mm çapında 7 bar basınç ile çalışan pnömatik silindir için itme kuvveti;

$$F = \frac{\pi 80^2}{4} \frac{6}{10}$$

Tandem olmayan silindir için;

$$F = 3015 \text{ N}$$

Tandem silindir için;

$$F = 6030 \text{ N}$$

4 silindir için toplam oluşturulan kuvvet;

$$F = 24120 \text{ N}$$

Şeklinde bulunur.

80 mm çapa sahip silindir için kuvvet hesaplandığında 6 bar basınç altında 3015 N kuvvet alınabilmektedir. Kullanılan silindirler tandem silindir olduğu için bunun iki katı yani 6030 N kuvvet sağlamaktadırlar. Bulunan 4 silindir için ise toplam kuvvet 24120 N olmaktadır.

50 mm çapında 130 bar basınç ile çalışan hidrolik silindir için itme kuvveti;

$$F = \frac{\pi 50^2}{4} \frac{130}{10}$$

$$F = 25525 \text{ N}$$

Şeklinde bulunur.

50 mm çapında 130 bar basınç ile çalışan hidrolik silindir için itme kuvveti;

$$F = \frac{\pi 50^2}{4} \frac{150}{10}$$

$$F = 29452 \text{ N}$$

Şeklinde bulunur.

Yapılan tasarımda örs olarak çalışacak alt grubun bu kuvveti yenmesi gerekmektedir. Bu sebeple alt grupta hidrolik silindir kullanılmıştır. Silindir çapı 50 mm seçilmiştir. 50 mm çapta ve 130 bar basınçta 25525 N kuvvet sağlayan bu silindir güvenli çalışma koşullarında kullanılması için 150 bar basınç altında çalışacak şekilde tasarımı yapılmıştır. 150 bar basınçta 29452 N kuvvet vereceği için örs olarak kullanılmaya uygun görülmüştür.

Hidrolik silindiri tahrik etmesi için konumlandırılan hidrolik ünite Şekil 3.19.'da görülmektedir.



Şekil 3.19. Makinede kullanılan hidrolik ünite

Kaynak işlemi için dört ayrı kaynak grubu planlanmıştır. Her bir kaynak grubu 60 kVA gücünde olan trafolardan beslenmektedir. Bu kaynak gruplarının birbirlerini rahatsız etmemesi için bağımsız ve yalıtımlı olarak tasarlanmıştır. Bunun sebebi, bir grubun örneğin 5 tel kaynağı yaptığı esnada diğer grubun 3 tel kaynağı yapabilmesidir. Bu durumda bağımsız besleme ve trafolar istenilen güçte ayarlanabilmektedir.

Tüm kaynak grupları hareketli olduğu için enerji taşıyan bakır gruplar bakır bara olarak tasarlanmıştır. İletilecek akım iletilecek mesafe arttıkça daha fazla kesite ihtiyaç duyduğundan dolayı, trafolar güç kaybetmemesi için mümkün olduğunca kaynak bölgesine yakın tutulmuştur. Güç iletimini gerçekleştiren baraların fotoğrafı Şekil 3.20.'de verilmiştir.



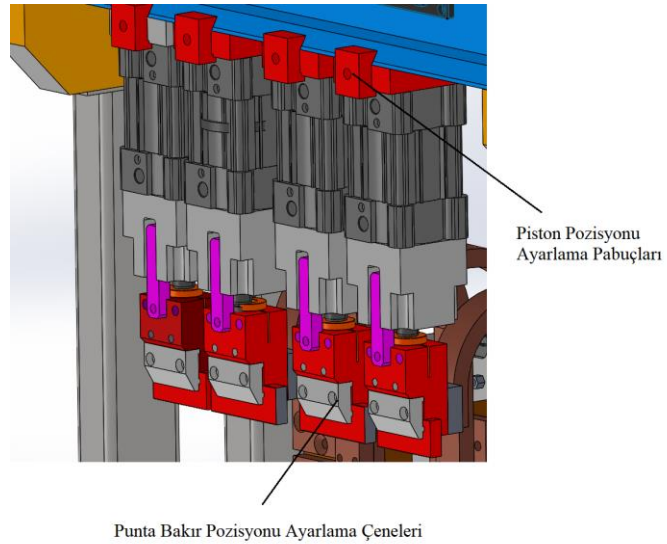
Şekil 3.20. Kaynak istasyonunda kullanılan bakır baralar

Kaynaktan oluşan ısınmalar için baraların ve punta bakırların soğutulması mümkün olmadığı için trafolar ve punta bakır tutucuları için soğutma suyu dolaşımı tasarlanmıştır. Bakırlarda bulunan soğutma suyu giriş ve çıkışları Şekil 3.21.'de görülmektedir.



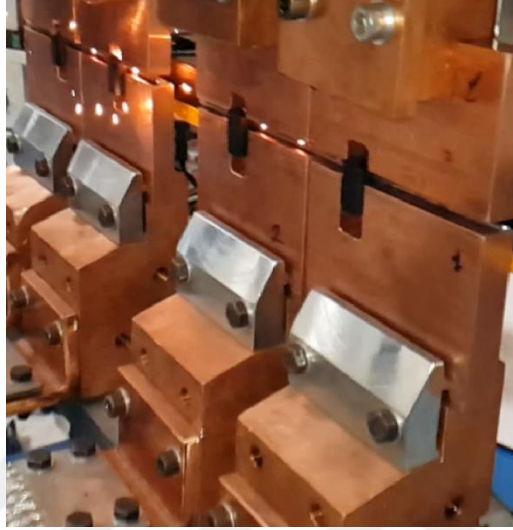
Şekil 3.21. Kaynak istasyonu soğutma suyu dolaşımı

Kaynak alt ve üst grupları ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır. Bu grupların tasarımı Şekil 3.22’de görülmektedir. Model dönüşlerinde, operatör tarafından, gerekli pozisyona ayarlayabilmektedir. Bunun için punta bakırları sıkımal çene şeklindedir.



Şekil 3.22. Kaynak istasyonu üst kaynak grubu detay görünümü

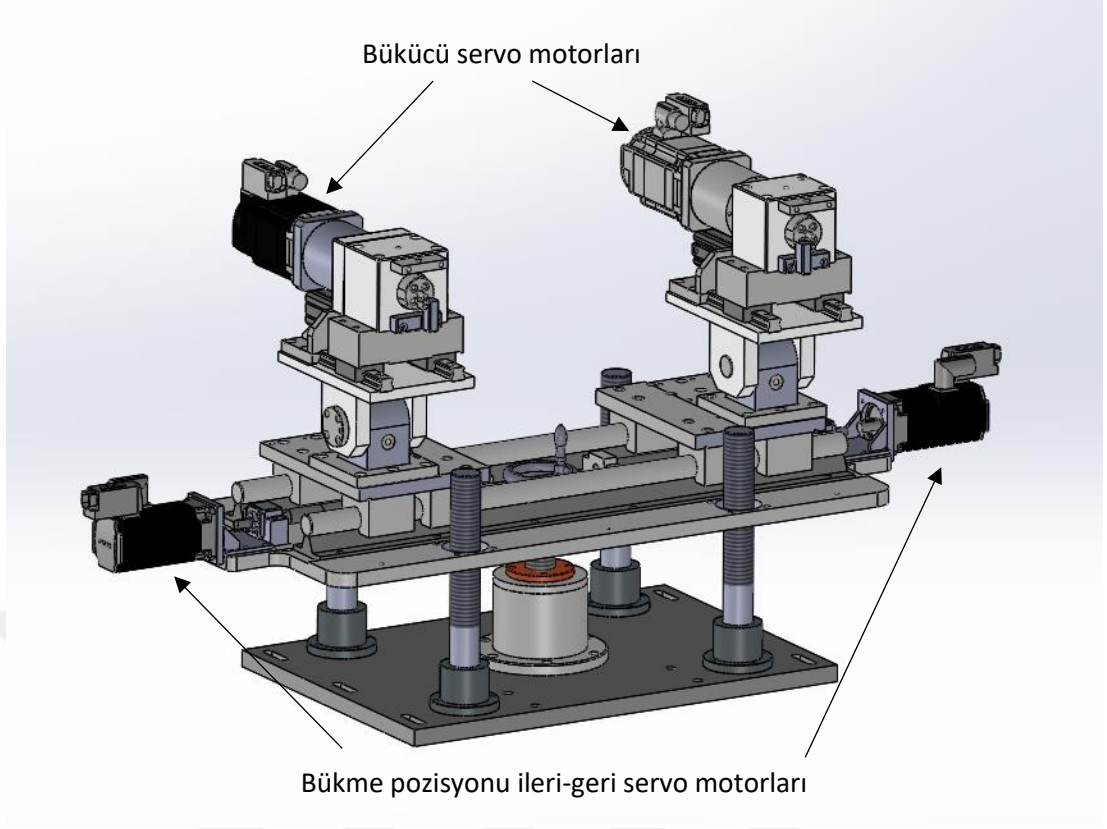
Alt ve üst punta bakırlarında kalıplarda bulunan uzun tel tutuculara denk gelen bölümlerde oyuntular açılması gerekmektedir. Alt ve üst punta bakırları Şekil 3.23'te görülmektedir. Bu sebeple, her punta grubu yapıldığı kalıba özeldir ve model dönüşlerinde değiştirilmeleri gerekmektedir.



Şekil 3.23. Kaynak istasyonu kaynak anı fotoğrafı

3.1.4.5. Büküm İstasyonu Tasarımı

Büküm istasyonu Şekil 3.3.'te örnek tabak tutucusunda görülebilen büküm işlemlerinin yapılabilmesi için tasarlanmıştır. Örnek tabak tutucuda ardışık olarak iki büküm yapılması gerekmekte ve bu bükümler 90 derecedir. Örnek dışındaki tabak tutucular farklı sayıda bükümlere ve farklı açılarda bükümlere sahip olabileceği için yapı bu farklı durumlara cevap verecek şekilde tasarlanmıştır.

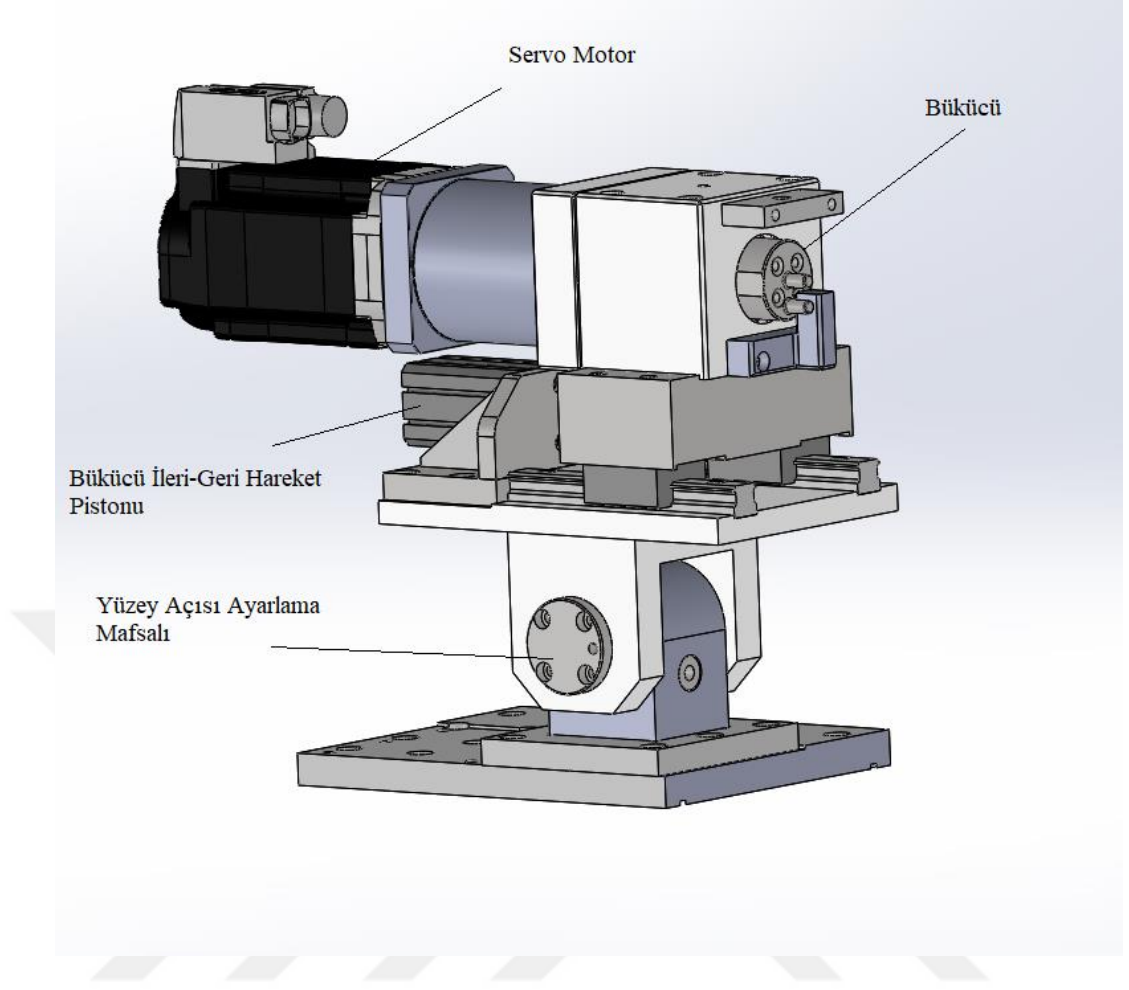


Şekil 3.24. Büküm istasyonu katı model tasarımı

İstasyonun sağ ve sol bükücü grupları birbirlerinden bağımsızdır. Bu nedenle Şekil 3.24’ te verilen büküm istasyonu katı model tasarımında da görüldüğü üzere sistemde 4 adet servo motor bulunmaktadır.

Doğrusal hareketi gerçekleştiren servo motorlar bükme pozisyonunu belirlerken bükme hareketini sağlayan motorlarda değeri tayin edilen bükme açısını gerçekleştirilmesini sağlar. Doğrusal hareketin yapılmasını sağlayan motorlar vidalı milleri döndürmektedir. Burada istenilen hassasiyeti sağlayabilmesi için vidalı millerin hatvesi (1 devirde aldığı mesafe) 5 mm olarak seçilmiştir.

Eğer büküm yüzey ile açılı şekilde yapılması gerekirse yüzey açısı ayarlama mafsali ile açı ayarı yapılabilmektedir. Yüzey açısı ayarlama mafsali aşağıda verilen Şekil 3.25’te görülmektedir.



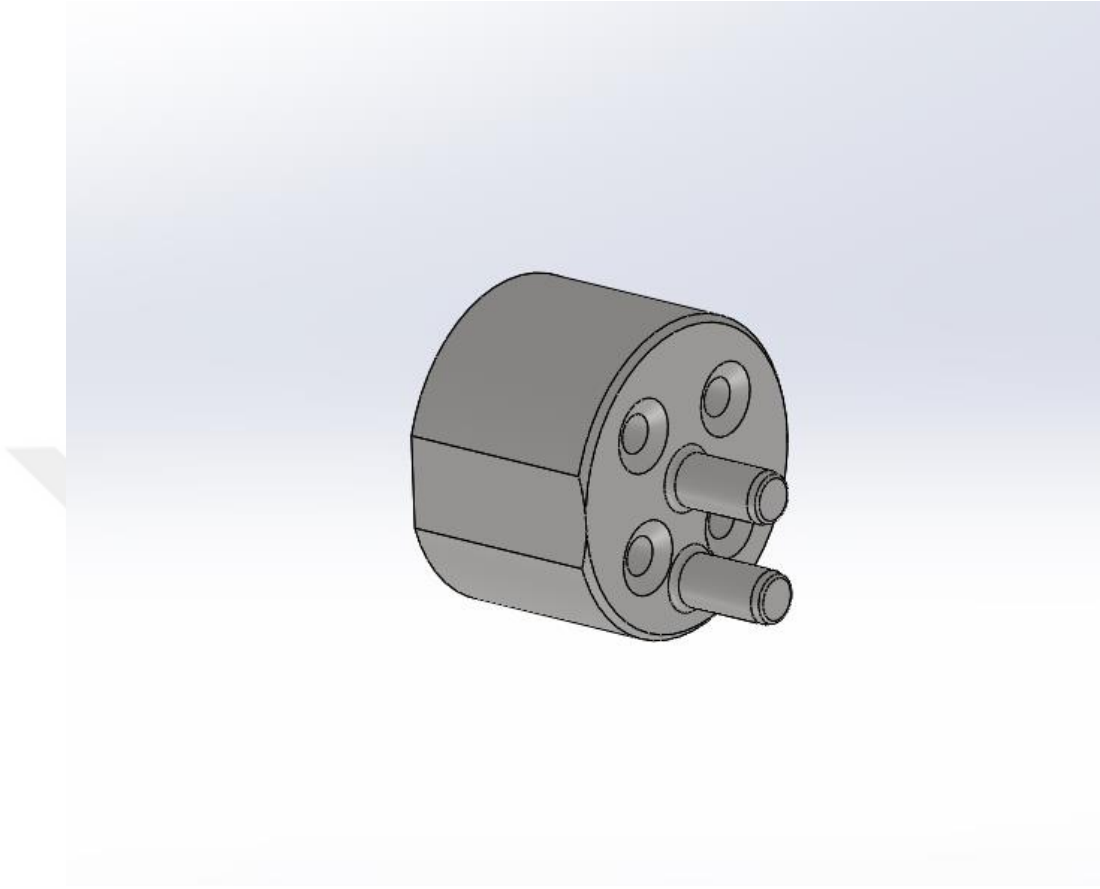
Şekil 3.25. Bükücü grubu katı model tasarımı

Şekil 3.25.'te bükücü grubu katı model tasarımında görüldüğü üzere, yüzey ile olan açı ayarlanabilir olduğunda, bükücünün tele girip bükme işlemini yapabilmesi için sistemin yüksekliği ayarlanabilir yapıda tasarlanmıştır. Bu sebeple sistem dört köşeden vida açılmış yataklar üzerinde tasarlanmıştır.

Döner tabla çalışması sırasında, bükücülerin döner tabla ile çarpışmaması gerekmektedir. Bunu önlemek için bükücüler, ileri-geri hareket edebilir yapıda tasarlanmıştır. Bu yapı, bükücü grubunu ray-araba üzerine alınarak tasarlanmıştır. İleri-geri hareketi pnömatik silindir ile gerçekleştirilmektedir.

Bükme işlemi, telin bükücünün merkezinde bulunan pim çıkıntısı etrafına döndürülmesi ile yapılmaktadır. Merkezde bulunan bu çıkıntının çapı bükme yarıçapını belirlemektedir. Merkezden kaçık olarak bulunan diğer pim çıkıntısı ise,

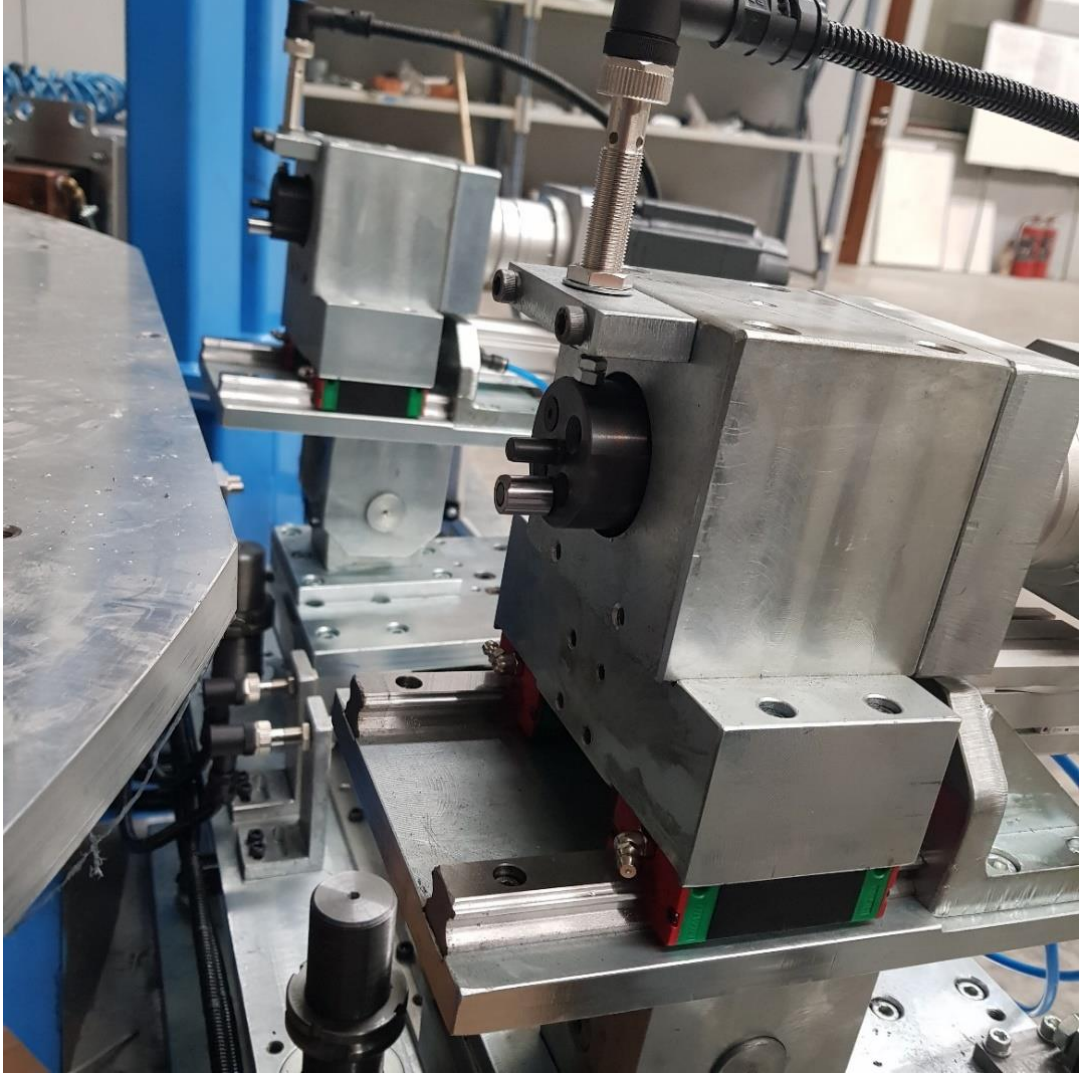
dönme esnasında telin merkez pim etrafında dönmesini sağlar. Bükücünün detay görünümü Şekil 3.26.'da verilmiştir.



Şekil 3.26. Bükücü katı model tasarımı

Bükücü sürekli kuvvetlere maruz kalacağı ve aşınmalara karşı dirençli olabilmesi için tasarımda malzeme olarak EN- X210Cr12 (DIN 1.2080) seçilmiştir.

Bükücünün dönmesi sırasında bükmenin tersi yönünde kuvvet oluşmaktadır. Bükme işlemi sırasında kaynağı yapılmış tabak tutucunun bükme yönünün tersine yapacağı tepki kuvvetini taşıması ve tabak tutucunun pozisyonunu kaybetmemesi için Şekil 3.25.'te bükücün altında görülen destek parçası tasarlanmıştır. Bu bükücü destek parçaları, maruz kalacağı sürtünmelerde aşınmaması için, AISI / SAE – 1050 malzemeden imal edilmiş ve ısıl işlem ile sertlikleri, HRC-50 (Rockwell) sertlik değerine getirilmiştir.



Şekil 3.27. Bükücü istasyonu

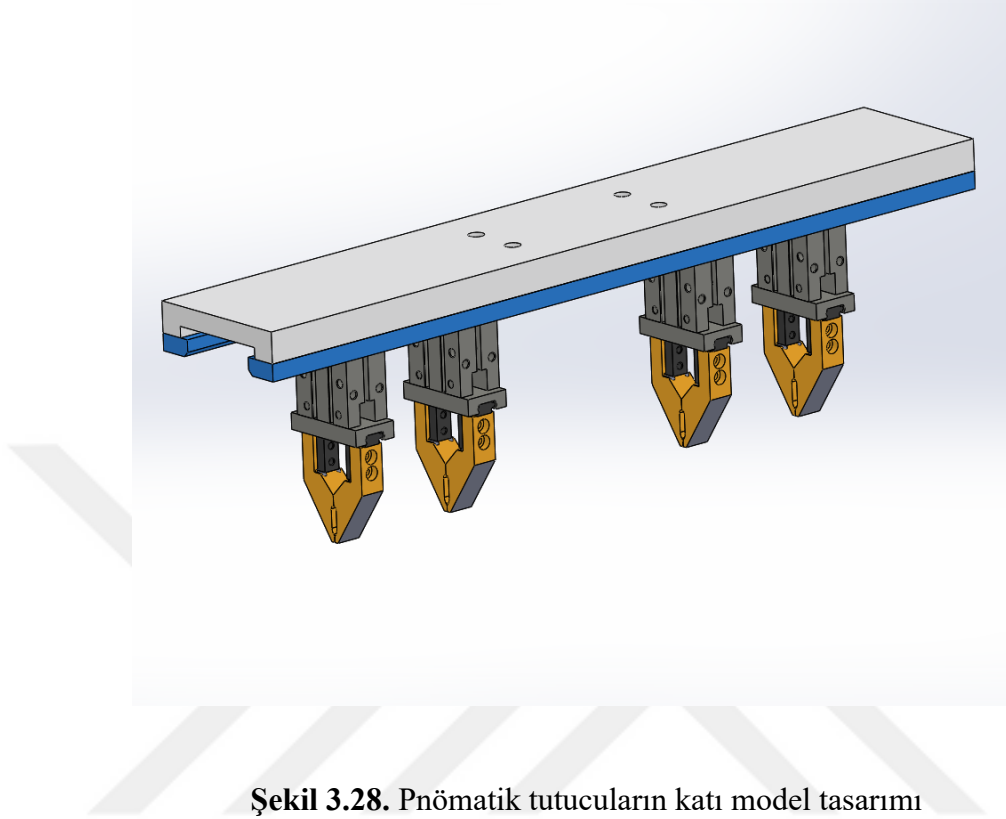
Şekil 3.27.'de bükücü istasyonunun katı model tasarımına uygun olarak üretilmiş hali görülmektedir.

3.1.4.6. Ürün Çıkarma İstasyonu Tasarımı

Ürün çıkarma istasyonunda, üretimi tamamlanmış tabak tutucuların makine dışına düzgün şekilde çıkartılması işlemi yapılmaktadır. Bu istasyon, çıkarıcı grup ve konveyör sistemi olarak iki ana bölümden oluşmaktadır.

Üretimi tamamlanmış tabak tutucuların düzgün şekilde kalıptan alınmasını sağlamak için her tabak tutucunun iki noktadan tutulması gerekmektedir. Bunun için

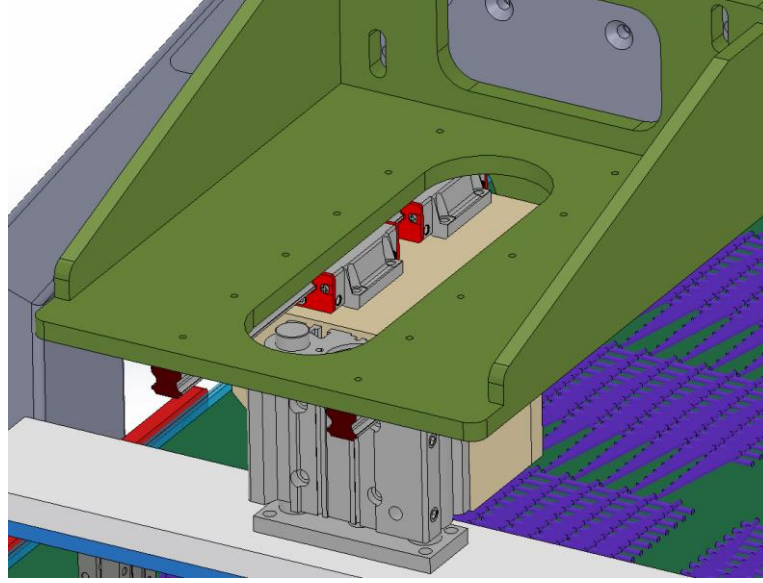
tutucu bölümde 4 adet pnömatik tahrikli tutucu tasarlanmıştır. Tasarlanan bu tutucuların katı model tasarımı Şekil 3.28.' de görülmektedir.



Şekil 3.28. Pnömatik tutucuların katı model tasarımı

Tasarlanan pnömatik tutucuların her döngüde aynı pozisyona gitmesi istenmektedir ve bu çalışma şekli üretimi yapılacak modelden bağımsızdır. Bu sebeple, makine içerisinden konveyör üzerine hareketi ve yukarı aşağı hareketi için pnömatik silindirler kullanılmıştır.

Bu hareketlerin düzgün yapılabilmesi için yukarı aşağı harekette kendinden yataklı silindir kullanılmıştır. İleri geri hareketin uzun olmasından dolayı standart silindir kullanılmış fakat sistem ray-araba mekanizmaları ile desteklenmiştir. Yapılan katı model tasarımı Şekil 3.29.'da ve üretilmiş görünümü Şekil 3.30.'da görülmektedir.

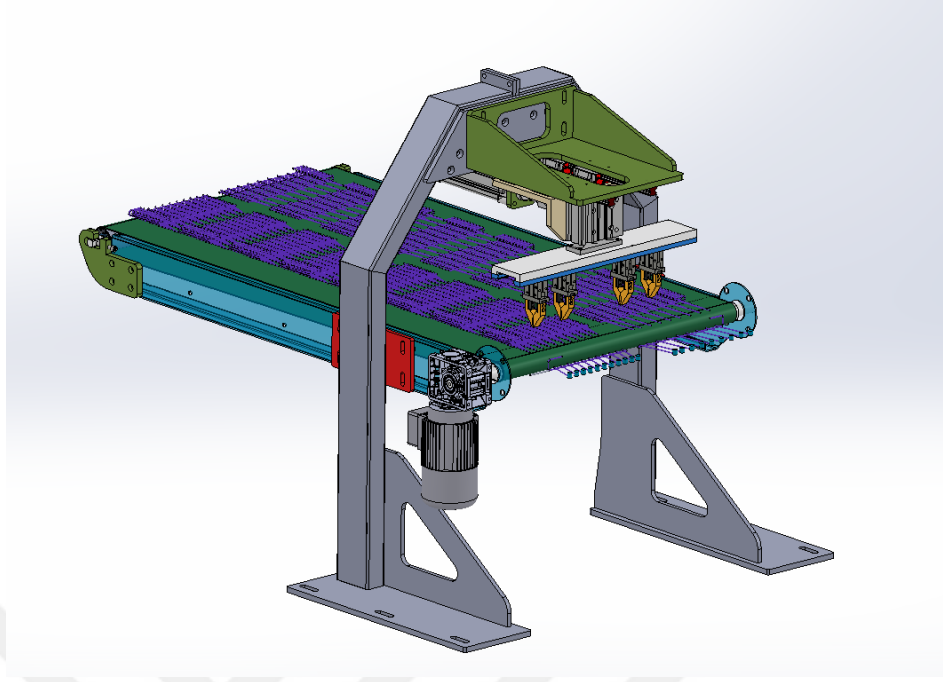


Şekil 3.29. Pnömatik tutucu tahrik mekanizması katı model tasarımı



Şekil 3.30. Pnömatik tutucu tahrik mekanizması

Tabak tutucuların sistem dışına alındıktan sonra kolay toplanabilmesi için istiflenmesi gerekmektedir. Bunun için sistem dışına konveyör tasarımı yapılmıştır. Kaynak esnasında ısınan ve üretim hızlı gerçekleştiği için soğumaya vakti olmayan ürünler sebebiyle konveyör bandı ısıya dayanıklı malzemeden seçilmiştir. Ürün çıkarma istasyonunun katı model tasarımı Şekil 3.31.' de verilmiştir.

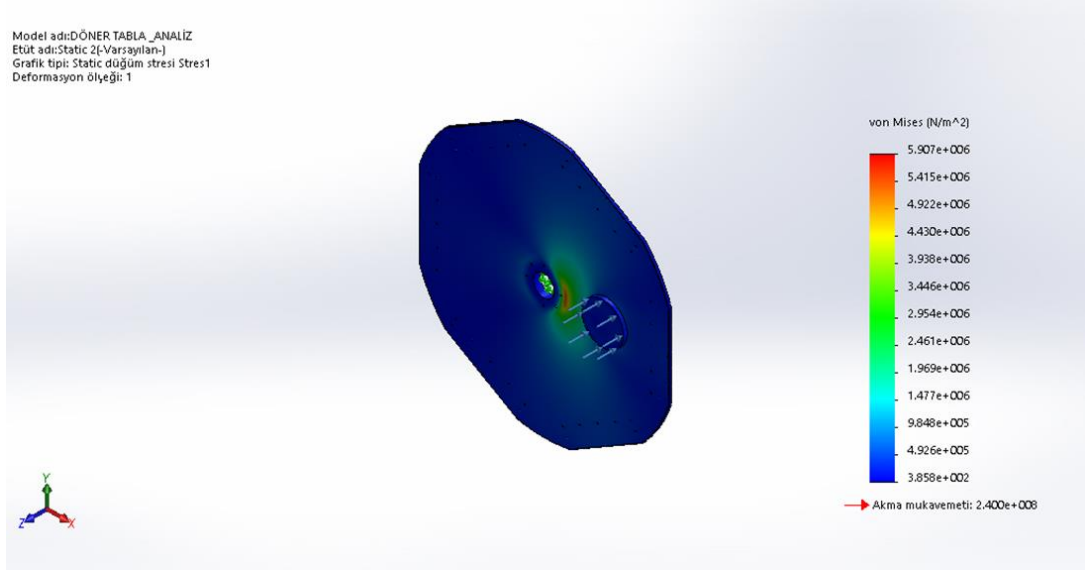


Şekil 3.31. Ürün çıkarma istasyonu katı model tasarımı

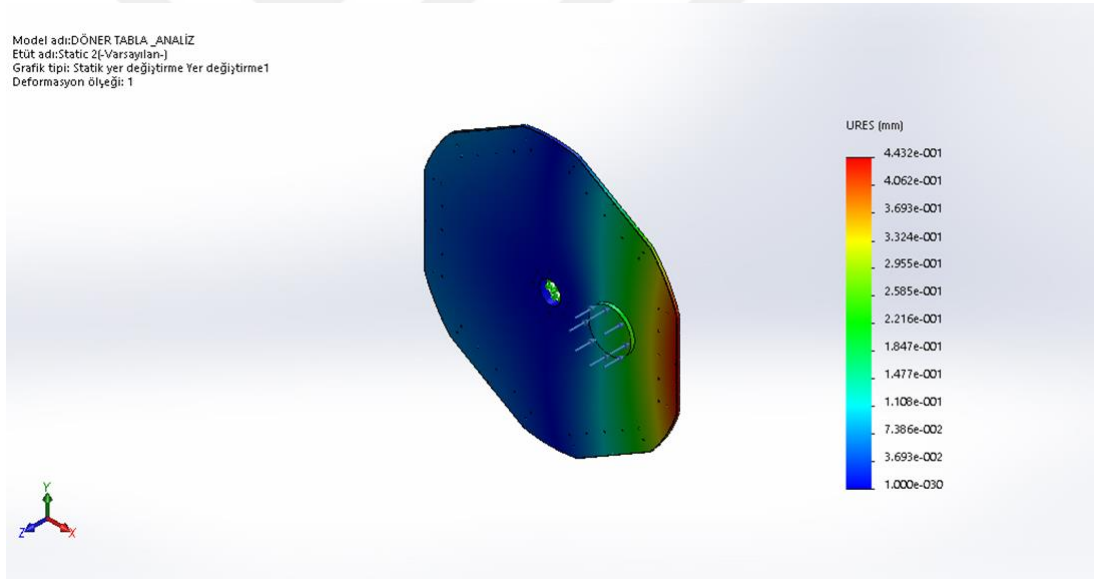
3.1.5. Döner Tabla Tasarımı

Döner tabla sistemdeki en önemli bileşendir. Makinenin düzgün çalışabilmesi için tüm kalıpların bağlandığı yüzeylerin altı istasyonda da yükseklikleri aynı olmalıdır. Bu sebeple malzeme olarak yüzeyi taşlanmış alüminyum seçilmiştir.

Model dönüşlerinde operatörün kalıp değişimi ya da kaynak istasyonu ayarı için üzerine çıkabilme ihtimali vardır. Bu sebeple operatörün döner tabla üzerine çıktığı koşul için yer değiştirme analizi Solidworks programında 981 N'luk sabit yük için yapılmıştır. Maksimum yer değiştirme 0.443 mm çıkmıştır. Diğer bir analizde ise von Mises stresine bakılmıştır. Akma mukavemetinden yüksek değer çıkmadığı için malzemede kalıcı şekil değiştirme olmamaktadır ve bu sebeple makinenin çalışmasına herhangi bir engel oluşturmayacağına karar verilmiş ardından döner tabla seçimine geçilmiştir. Yapılan analiz sonuçları Şekil 3.33. ve 3.34'te verilmiştir.



Şekil 3.32. Döner tabla von Mises stres analizi



Şekil 3.33. Döner tabla yer değiştirme analizi

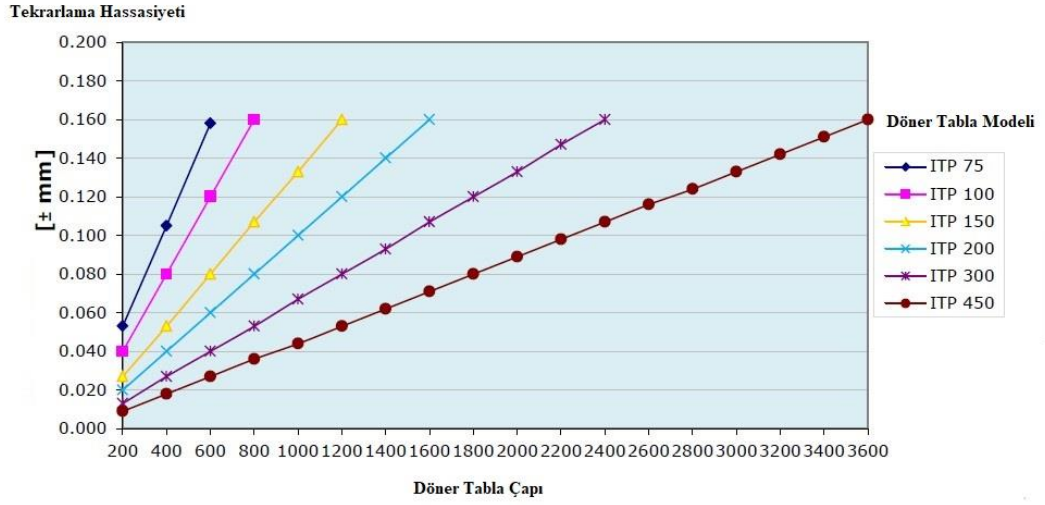
Tel büküm pozisyonlarının hassasiyeti için de dönüş pozisyonu tekrarlaması yüksek olmalıdır. Bunun için standart olarak bu tip işler için tasarlanmış döner tabla mekanizması sisteme eklenmiştir. Bu döner tabla tahrik mekanizmalarının, sonsuz vidaya benzeri tahrik millerinde düzlükler bulunur. Bu milin dönüşü sırasında bu düzlüklerde döner tabla yerinde sabit kalır bu da pozisyon hassasiyeti sağlamış olur. Şekil 3.34' te bu mekanizmanın görünümü verilmiştir.



Şekil 3.34. Döner tabla mekanizması

Sistemde kullanılacak döner tabla mekanizmasının seçimi için üreticinin verdiği grafikten yararlanılmıştır. Her döner tabla modelinin büyüklüğü farklı olduğu için, şase tasarımı döner tabla seçiminden sonra tamamlanmıştır. Tasarımı yapılan, kalıpların bağlandığı döner tablanın çapı 1800 mm'dir. Bu genişliğe göre Şekil 3.35' te verilen grafikten döner tabla modeli **ITP 300** olarak seçim yapılmıştır.

Döner Tabla Modeli	ITP 75	ITP 100	ITP 150	ITP 200	ITP 300	ITP 450
Max Tabla Çapı [mm]	600	800	1200	1600	2400	3600



Şekil 3.35. Döner tabla seçim grafiği

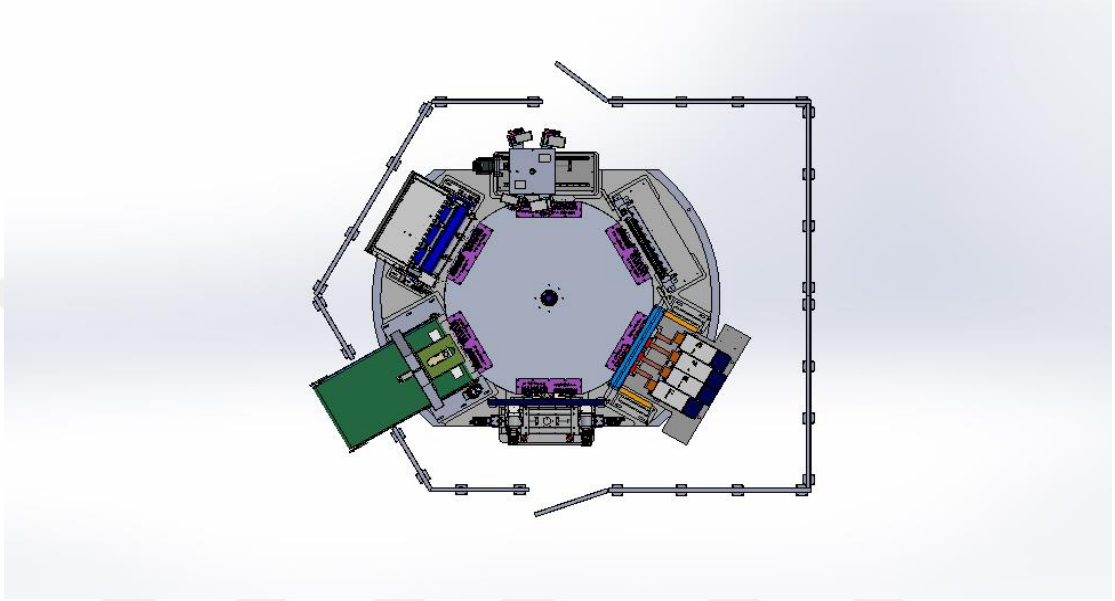
3.1.6. Tasarımın Sonlandırılması

Tüm istasyonların tasarımı yapıldıktan sonra, bu istasyonları üzerinde taşıyacak şase tasarımı yapılmıştır. İstasyon yüksekliklerinin tasarımlarına bu aşamada son şekli verilir.

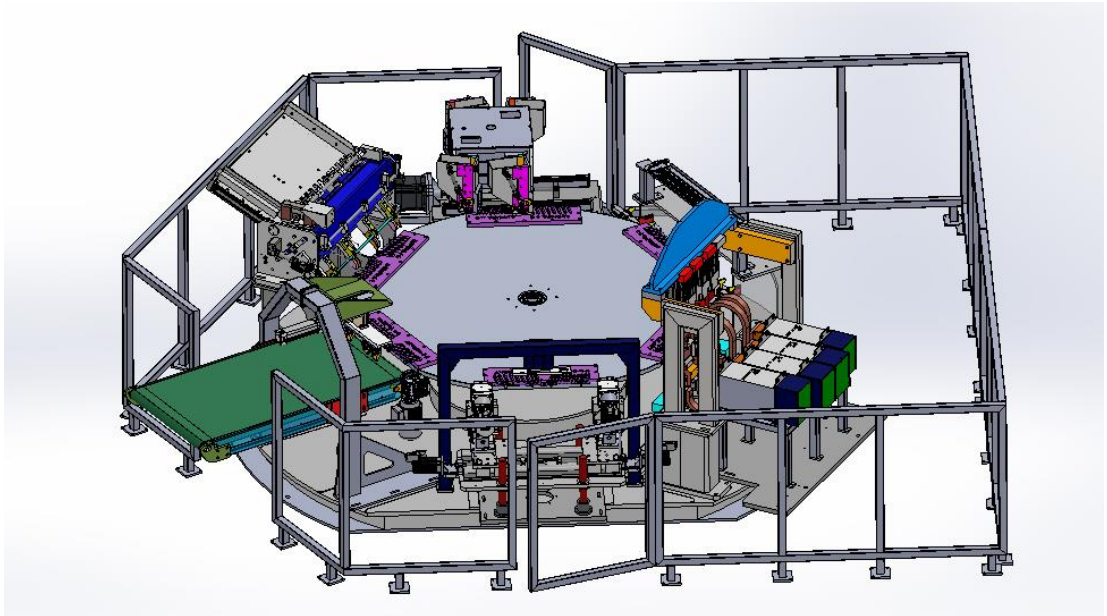
Aşağıda bulunan genel tasarım detayları bölümünde verilmiş olan dikkat edilecek hususlar tekrar gözden geçirilerek, tasarımdaki son düzeltmeler bu aşamada yapılır.

- Ürün Döngü Süresi
- Dayanıklılık
- Çalışma Ortamı
- Çalıştırma Şekli
- Kısıtlar

Son olarak iş ve çalışma güvenliği için makinenin etrafının çalışma koşullarına uygun olarak koruma altına alınması gerekmektedir. Uygun yerlere kapılar konumlandırılarak tel çit tasarımı yapılmış ve makinenin tasarımı tamamlanmıştır. Makinenin katı model tasarımı üstten ve perspektif görünümü olarak Şekiller 3.36. ve 3.37.' te verilmiştir.



Şekil 3.36. Makine katı model tasarımı üstten görünümü



Şekil 3.37. Makine katı model tasarımı perspektif görünümü

3.2. Kontrol ve Yazılım

Bu bölümde, elektriksel donanım seçimlerinin nasıl yapıldığı, seçilen bu donanımların yazılıma entegre edilmesi ve yazılımın hazırlanması anlatılmıştır.

3.2.1. Kontrol Donanımları ve Seçimleri

Donanım seçimine ilk olarak PLC seçimi ile başlanmıştır. Seçim yapılırken makinenin çalışma senaryosu ve tasarımda konumlandırılan motor, silindir ve valfler dikkate alınmıştır. Kullanılması düşünülen PLC modelleri ET200S, S71200, S7300 incelenmiştir.

S71200 PLC en fazla 8 modül desteklemektedir ve hafızası sınırlıdır, arttırılamamaktadır. Bir üst seri olan S7300 modül desteği 128 adet ve modül başına 32 bit desteklidir fakat maliyeti gerekenden yüksektir. Bu sebeple bu PLC'ler tercih edilmemiştir.

Siemens ET200S PLC'nin 64 adete kadar modül desteği vardır ve harici hafıza kartı kullanarak istenilen hafıza boyutuna çıkartılabilmektedir. ET200s modül başına 8 bit desteklidir. Bu çalışmada yapılacak iş için 8 bit yeterli gelmektedir. Bu sebeple Siemens ET200S PLC kullanılmıştır.

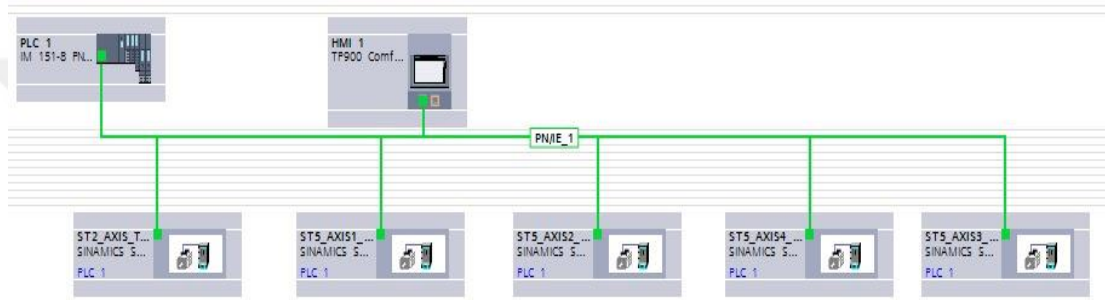
Kullanıcın makineyi kontrol edebilmesi için confort serisi kullanıcı paneli (HMI) kullanılmıştır. Confort serisinin özellikle seçilmesinin amacı reçete tanımının 500 adete kadar destek verebiliyor olmasıdır.

PLC seçimi yapıldıktan sonra makine çalışması senaryosu açık şekilde yazılır. Bu senaryoya göre saha bileşenleri belirlenir. Bu saha malzemelerine göre de PLC alt konfigürasyonu oluşturulur. Örneğin tel bükme için mekanik hesaplamalar yapıldığında 0,5 kW motorun (1:10 çevrimli) servo motorun yeterli geleceği öngörülmüştür. Buraya uygun olarak Siemens servo motor kataloğundan 0,82kw güce sahip 1fk-7042 servo motor seçilmiştir. Sonrasında, bu motora uygun olarak, PM (Power modül) ve kontrol ünitesi (CU305PN) seçimi yapılmıştır. Kontrol ünitesi PLC ve servo motor arasındaki iletişimi sağlar. Ve uygun kablo kesitleri belirlenir.

Sonrasında hazırlanan bu senaryoya göre I/O (giriş-çıkış) sayısı belirlenir ve I/O sayısını karşılayacak modüllerin seçimi yapılmıştır.

3.2.2. Belirlenen Donanımların PLC'ye Tanıtılması

Sistem yazılımını hazırlamak için 'TIA PORTAL V14 Service Pack 1 (Totally Integrated Automation Portal) programı kullanılmıştır. Siemens'e ait bu program PLC, HMI ve servo motorları programlamaya yarar. Belirlenen donanımlar TIA PORTAL programı içerisinde tanıtılır. Tanıtılmış donanımlar Şekil 3.38.'de görülmektedir.



Şekil 3.38. Tia Portal örnek donanım konfigürasyon seçimi

Şekil 3.38.'de tanıtılan donanımların açılımları;

PLC 1: Ana Sistem İşlemcisi

HMI 1: Kullanıcı Arayüz Ekranı

ST2 AXIS: Kısa Tel Atma İstasyonu Servo Motoru

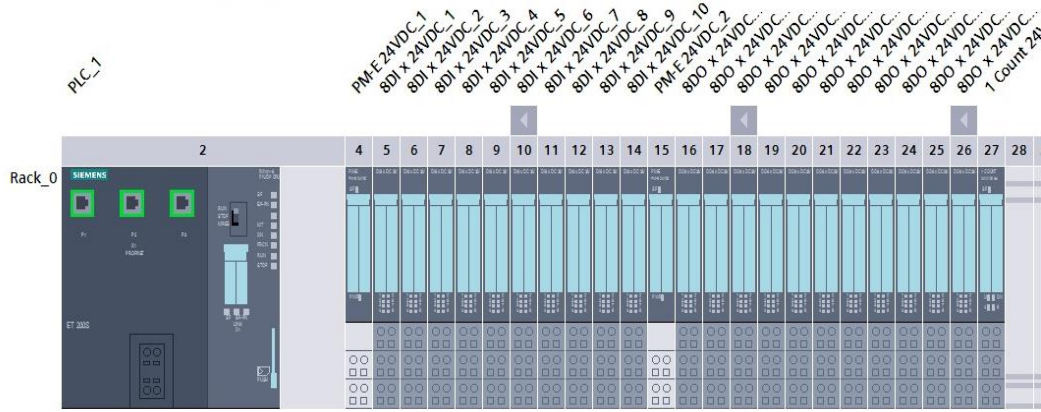
ST5 AXIS1: Büküm İstasyonu 1. Bükücü Eksen Pozisyonlama Servo Motoru

ST5 AXIS2: Büküm İstasyonu 2. Bükücü Eksen Pozisyonlama Servo Motoru

ST5 AXIS3: Büküm İstasyonu 1. Bükücü Bükme Servo Motoru

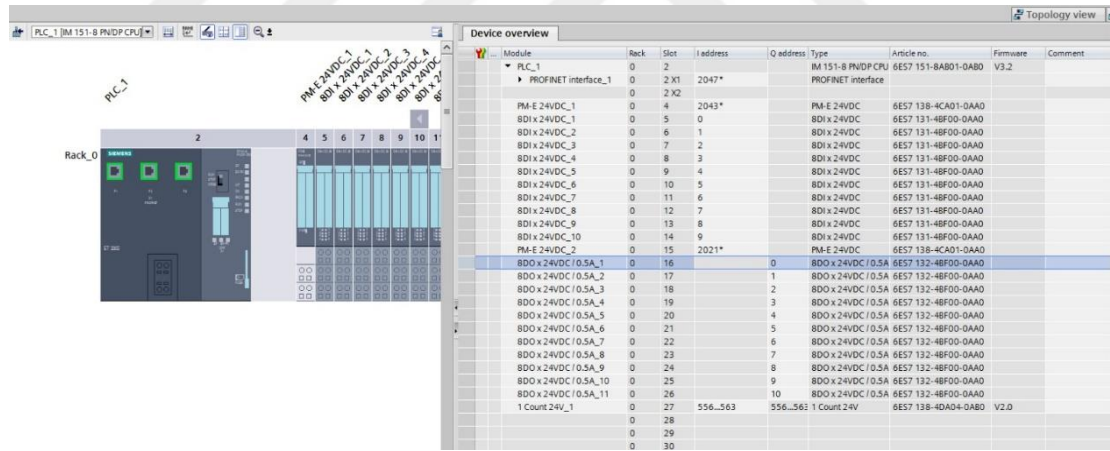
ST5 AXIS4: Büküm İstasyonu 2. Bükücü Bükme Servo Motoru

İhtiyaca göre belirlenen donanımlara uygun modüller seçilir. Bu modüller pano ve elektrik projesinde belirli bir yapıyla yerleştirilir. Pano imalatı da projeye uygun sıra ile yapılır. Projede çizilen bu modüllerin PLC tarafında da ray üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Yazılımda bu yerleştirme işlemi Şekil 3.39.'da görülmektedir.



Şekil 3.39. PLC üzerine sıralanmış modüller

Yazılımda yerleştirilen bu modüllere input adreslerinin ve output adreslerinin tanımlanması gerekmektedir. Şekil 3.40'ta tanımlı yapılan bu adreslerden bazıları görülebilmektedir.



Şekil 3.40. PLC üzerine sıralanmış modüllere I/O tanımlaması yapılması

3.2.3. Sembol Tablosunun Oluşturulması

I/O' lar çizilen projede yazılı olarak belirtilir. Örneğin I0.0 'Acil stop butonu', Q0.0 'Sinyal lambası (buzzer)' olarak projede geçer. Yazılımı daha rahat yazabilmek için projede belirtilen I/O'ların PLC sembol tablosuna yazılıp tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada hazırlanan sembol tablosu Şekil 3.41.'de verilmiştir.

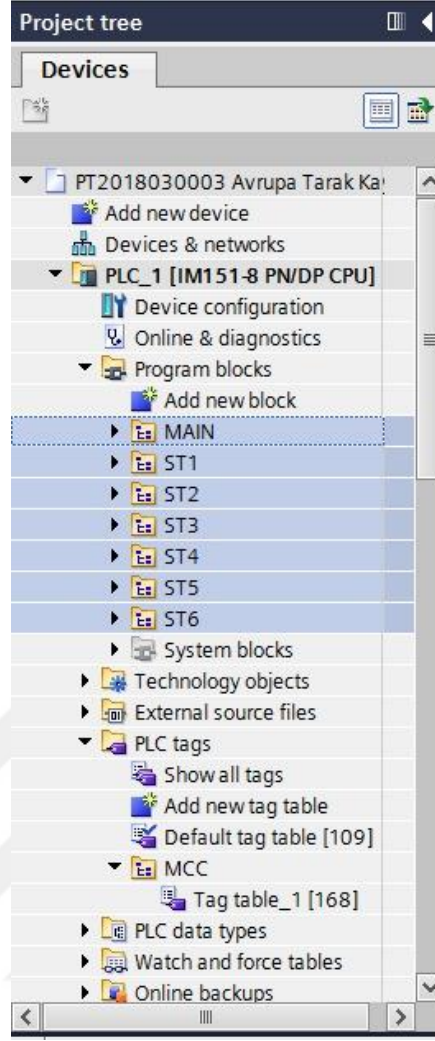
Name	Data type	Address	Retain	Access	Visible	Comment
1	Bool	%I0.0				
2	Bool	%I0.1				
3	Bool	%I0.2				
4	Bool	%I0.3				
5	Bool	%I0.4				
6	Bool	%I0.5				
7	Bool	%I0.6				
8	Bool	%I0.7				
9	Bool	%I1.0				
10	Bool	%I1.1				
11	Bool	%I1.2				
12	Bool	%I1.3				
13	Bool	%I1.4				
14	Bool	%I1.5				
15	Bool	%I1.6				
16	Bool	%I1.7				
17	Bool	%I2.0				
18	Bool	%I2.1				
19	Bool	%I2.2				
20	Bool	%I2.3				
21	Bool	%I2.4				
22	Bool	%I2.5				
23	Bool	%I2.6				
24	Bool	%I2.7				
25	Bool	%I3.0				
26	Bool	%I3.1				
27	Bool	%I3.2				
28	Bool	%I3.3				
29	Bool	%I3.4				
30	Bool	%I3.5				
31	Bool	%I3.6				
32	Bool	%I3.7				
33	Bool	%I4.0				
34	Bool	%I4.1				
35	Bool	%I7.4				

Şekil 3.41. PLC sembol tablosu

3.2.4. Yazılımın Hazırlanması

Genel hatlarıyla çalışan ana yazılım organizasyon blok içerisinde çalışır. Sistem küçük fonksiyon yapıları ve data blokları halinde kurulur. Kurulan bu yapıya yazılım adımları denmektedir. Yazılım adımları fonksiyon, fonksiyon blok ve data blok şeklindedir. Bu adımlar ana yazılım içerisinde çağırılabilir yapıda kurulur.

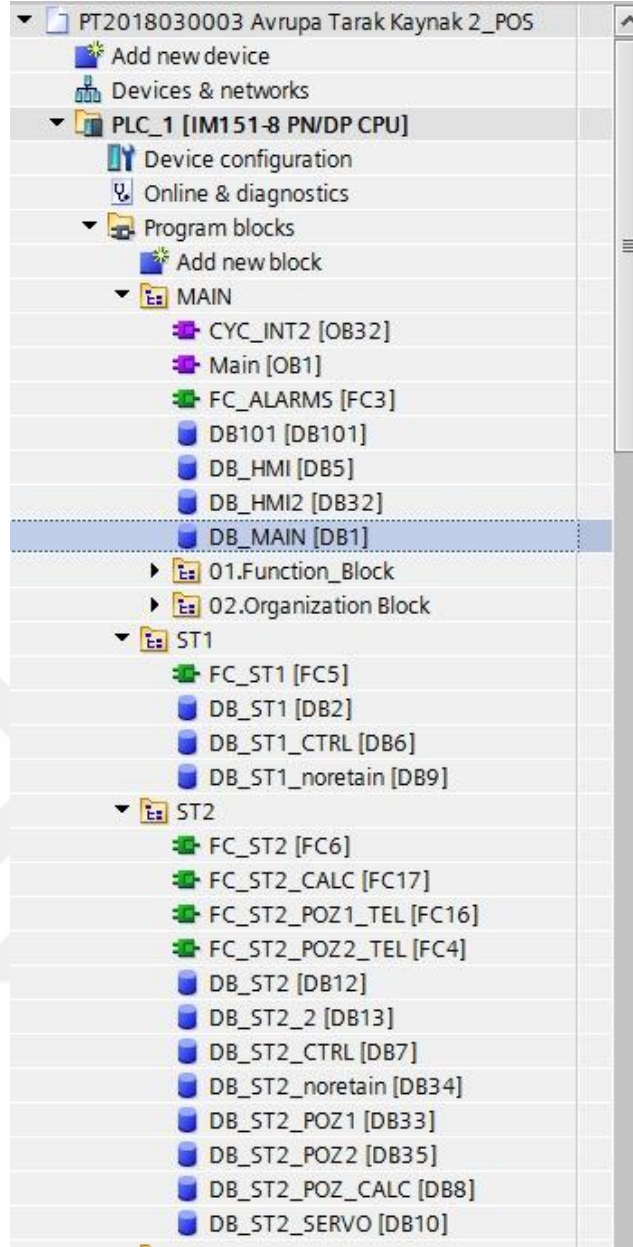
Sonraki adımda oluşturulan senaryoya göre istasyon grupları oluşturulur. Bu gruplar programın yapısını sadeleştirmek için ve müdahale esnasında daha rahat olunabilmesi için oluşturulur. Kurulan bu sistemde 6 istasyon grubu ve 1 ana grup kurgulanmıştır. Kurgulanan bu yapı Şekil 3.42.'de görülmektedir.



Şekil 3.42. PLC üzerinde oluşturulan yazılım grupları

3.2.4.1. Ana Grup Yazılımı

Ana grup içerisinde istasyonlardan bağımsız, makinenin genel çalışma durumlarını belirleyen adımlar yazılır. Bu genel çalışmalar bu proje için, hava var-yok kontrolü, soğutma suyu var-yok kontrolü, emniyet devresi ve genel alarm gibi unsurlardan oluşmaktadır. Şekil 3.43.'te ana grubun proje ağacı içerisindeki konumu görülmektedir.

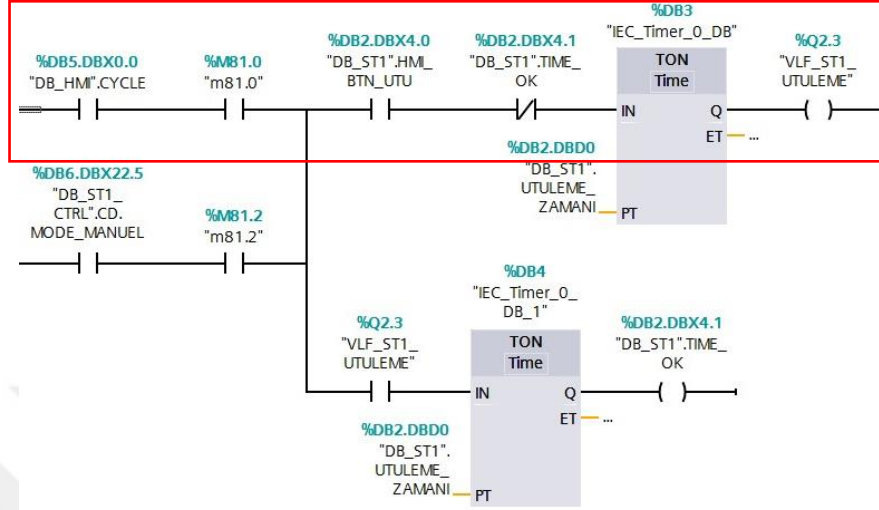


Şekil 3.43. Ana grubun proje ağacındaki konumu

3.2.4.2. Uzun Tel Atma İstasyonu Yazılımı

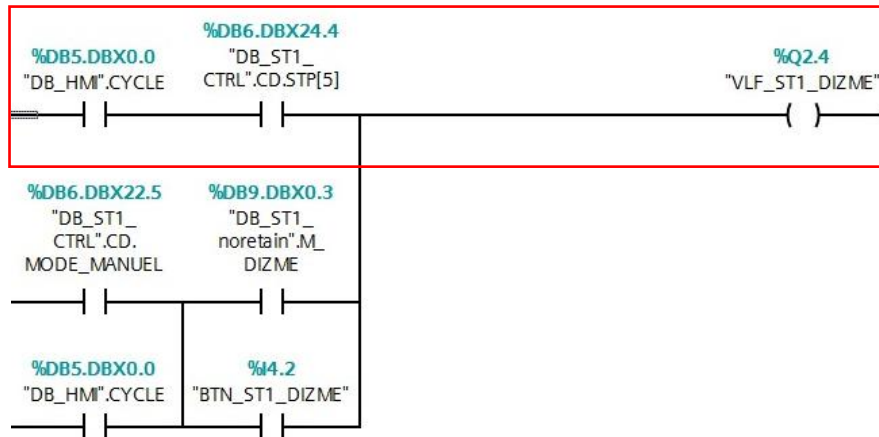
Bu istasyonda kaynağı yapılacak tabak tutucuların uzun telleri atılmaktadır. Bu teller ütüleme, dizme ve bırakma olarak üç adımda atılmaktadır. Dizme ve bırakma hareketlerini yapan 3 adet tek bobinli valf bulunur. Valflerin sürdüğü pnömatik silindirlerin konumları sensörler yardımıyla tespit edilmektedir. Aşağıdaki diyagramda valflerin otomatik ve manuel modda çalışmaları yer almaktadır.

Uzun tel atma istasyonunda 3 ana işlem yapılır. Bunlar sırasıyla tel ütüleme, tel dizme ve tel bırakma işlemleridir. Bu işlemlerin yazılım yapıları Şekil 3.44, 3.45. ve 3.46.'da görülmektedir.



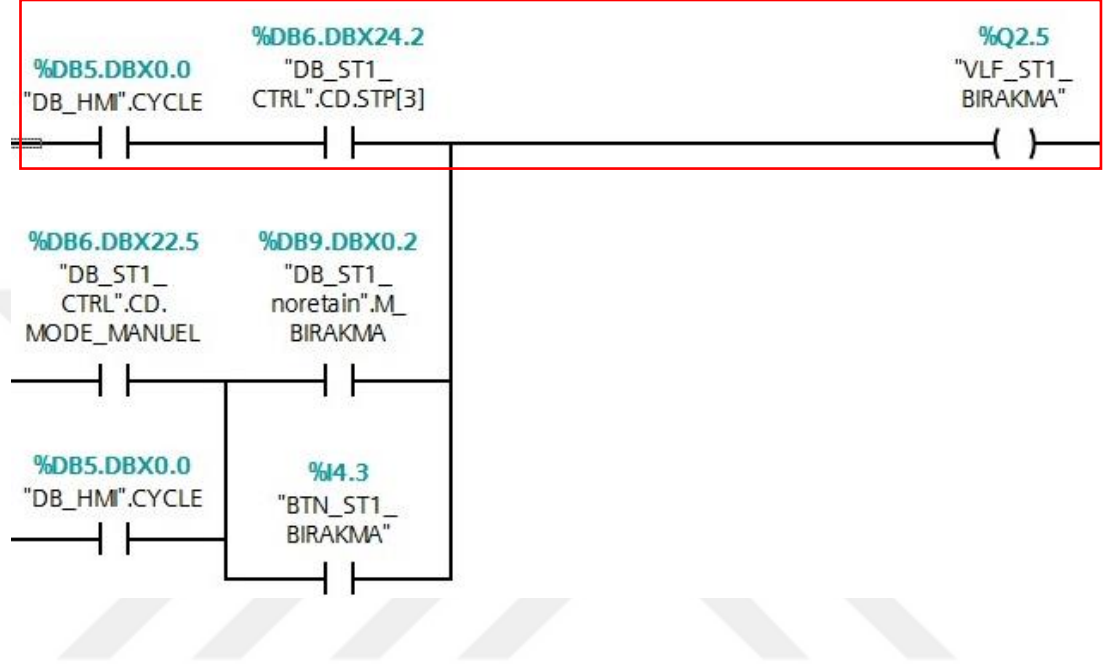
Şekil 3.44. Tel ütüleme yazılım kurgusu

Şekil 3.44.'te kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), tel ütüleme ekrandan aktive edilmiş (DB_ST1.HMI_BTN_UTU), başlama komutu verilmiş (m81.0), zaman sayıcı (IEC_Timer_0_DB) hedef zamana ulaşmış (DB_ST1.TIME_OK) ise ütüleyici valf çalışır (VLF_ST1_UTULEME).



Şekil 3.45. Tel dizme yazılım kurgusu

Şekil 3.45.'te kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), tel dizme ekrandan aktive edilmiş (DB_ST1.CTRL.CD.STP) ise tel dizme valfi çalışır. (VLF_ST1_DIZME).



Şekil 3.46. Tel bırakma yazılım kurgusu

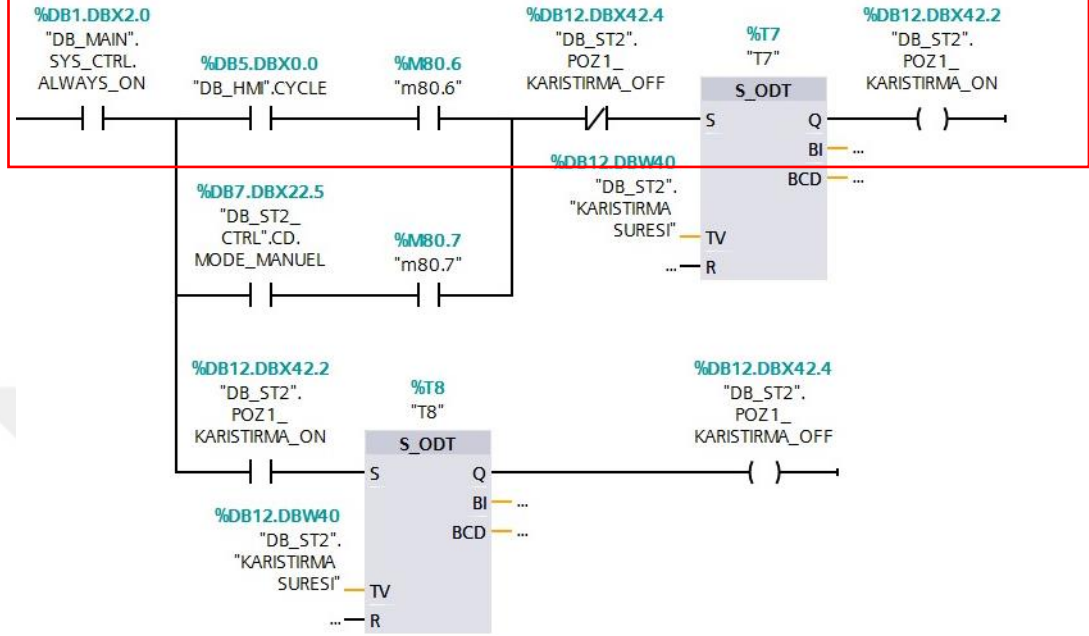
Şekil 3.46.'da kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), tel dizme işlemi tamamlanmış (DB_ST1.CTRL.CD.STP[3]) ise tel bırakma valfi çalışır. (VLF_ST1_BIRAKMA).

3.2.4.3. Kısa Tel Atma İstasyonu Yazılımı

Makinede kaynağı yapılacak tabak tutucuların kısa tellerinin atıldığı istasyondur. Bir önceki istasyonda atılan uzun tellerin üzerine üretilecek modele uygun kısa teller servo motor yardımıyla belirlenen pozisyonlarda atılır.

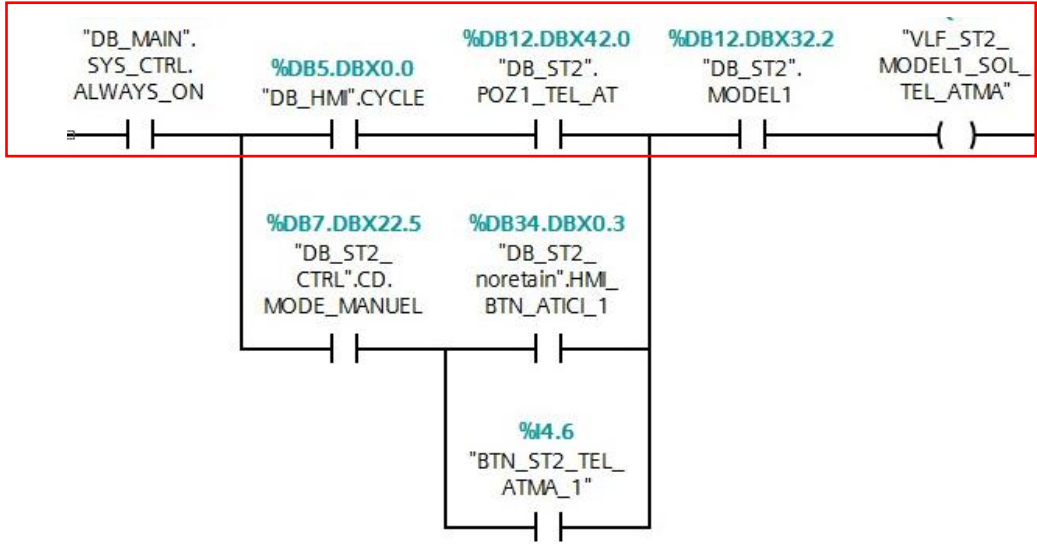
Kısa tel atma işlemi haznelerin içerisindeki karıştırıcılar yardımıyla kısa teller karıştırılarak, tel atma pistonları tetiklenerek atma işlemi yapılır.

Kısa tel atma istasyonunda tel atma işlemi iki atıcıyla gerçekleştirilir. Bunlar sağ ve sol atıcılardır. Karıştırma ve sol atıcı yazılım yapıları Şekil 3.47. ve 3.48.'de görülmektedir.



Şekil 3.47. Kısa tel karıştırma yazılım kurgusu

Şekil 3.47.'de kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Eğer ana sistem hazır konumda (DB_MAIN.SYS_CTRL.ALWAYS_ON), makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), başlama komutu verilmiş (m81.0) ise ekrandan seçilen sürelerde (T7) karıştırma valfi çalışır. (DB_ST2.POZ1_KARISTIRMA_ON).

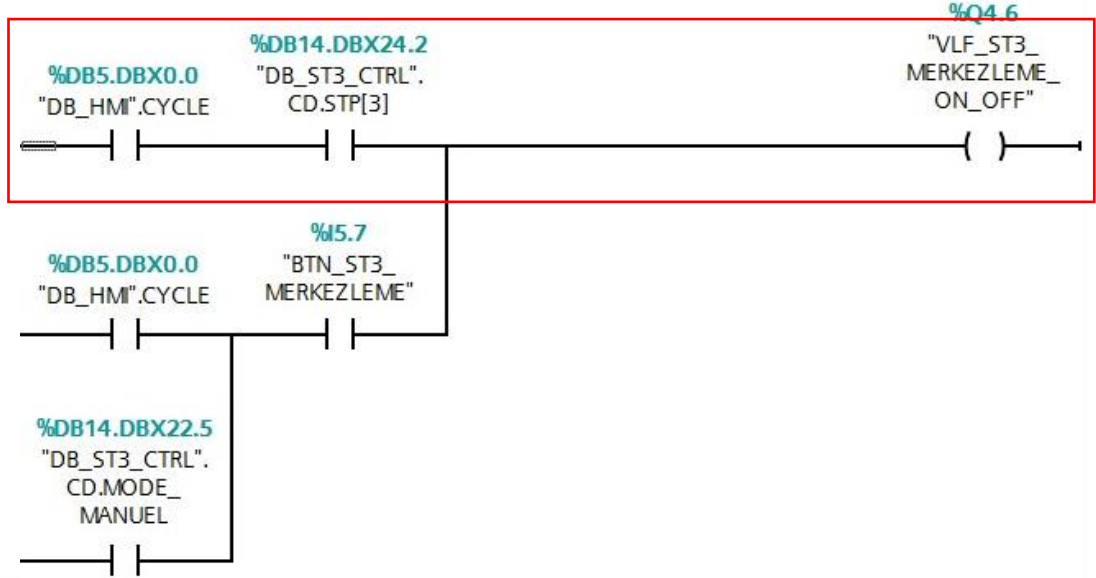


Şekil 3.48. Kısa tel atma (sol) yazılım kurgusu

Şekil 3.48.'de kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Ana sistem hazır (DB_MAIN SYS_CTRL.ALWAYS_ON), makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), atıcı modeli seçili (DB_ST2.MODEL1) ve atıcı ekranda yazılmış olan pozisyona geldi ise (DB_ST2.POZ1_TEL_AT) tel atma valfi çalışır (VLF_ST2_MODEL1_SOL_TEL_ATMA).

3.2.4.4. Merkezleme İstasyonu Yazılımı

Uzun tel atma istasyonunda ve kısa tel atma istasyonunda kalıp içerisine atılan teller mıknatıslar üzerinde düştükleri pozisyonlarda dururlar. Bu istasyonda, pozisyonlarında olmayan teller dayama işlemi yapılarak kalıplarda olması gereken pozisyonlarına dayayıcı silindir vasıtasıyla dayatılırlar. Bu işlemin yazılım yapısı Şekil 3.49'da görülmektedir.

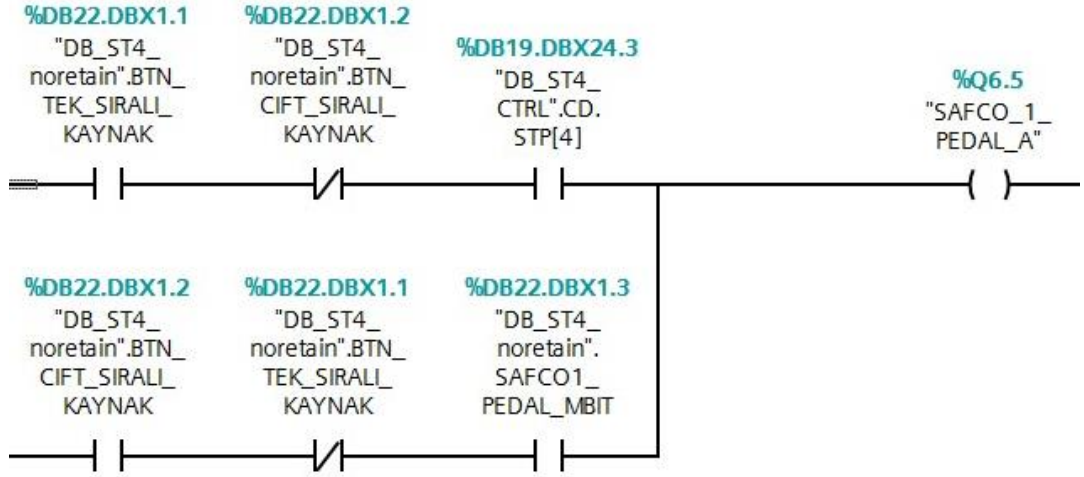


Şekil 3.49. Merkezleme yazılım kurgusu

Şekil 3.49.' da kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda çalışma senaryosudur. Makine otomatik modda (DB_HMI.CYCLE), kalıp pozisyona gelmiş (DB_ST3_CTRL.CD.STP[3]) ise merkezleme valfi çalışır (VLF_ST3_MERKEZLEME_ON_OFF).

3.2.4.5. Kaynak İstasyonu Yazılımı

Bu istasyonda tüm telleri atılmış ve pozisyonlanmış olan tabak tutucuların punta kaynağı yapılır. Kaynak işlemi için 4 adet 60kVA gücünde trafo ve bu trafoların kaynak kontrolü için Safco CS290P kontrol kartı kullanılmıştır. PLC yazılımında sadece istasyonun çalışması kurgulanmıştır. Kaynak ile ilgili tüm parametreler kontrol kartları tarafından yönetilmektedir ve bu parametreler kendi ekranları üzerinden ayarlanabilir yapıdadır. Yazılımda sadece şartlar sağlandığında kontrol kartına işleme başlayabilirsin bilgisi gönderilir. Kart kaynak işlemini bitirdiğinde yazılıma kaynak işlemi tamamlandı bilgisini göndererek yazılımda istasyonun başlangıç pozisyonlarına dönmesi adımları gerçekleştirilir. İlk kontrol kartının yazılım içinde çalıştırılma kurgusu Şekil 3.50'te gösterilmiştir.

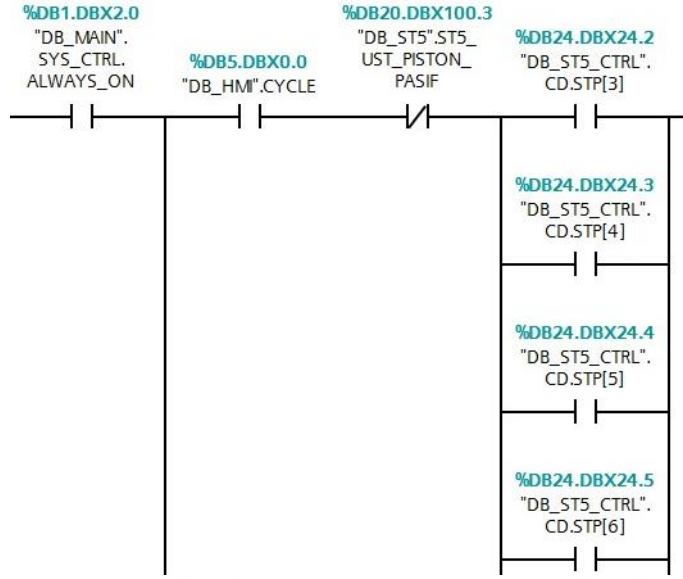


Şekil 3.50. Kaynak kartı çalışmasının yazılım kurgusu

Bu istasyonda kaynak işlemi sıralı olarak, yani ilk kart işlemini tamamlandıktan sonra ikinci kart, daha sonra üçüncü ve daha sonra dördüncü kart şeklinde yapılabildiği gibi, aynı zamanda ikili gruplar halinde de yapılabilmektedir. Bu seçim kullanıcı paneli üzerinden yapılabilir şekilde tasarlanmıştır. Tek sıralı ve çift sıralı seçim olarak Şekil 3.50.'de görülebilmektedir.

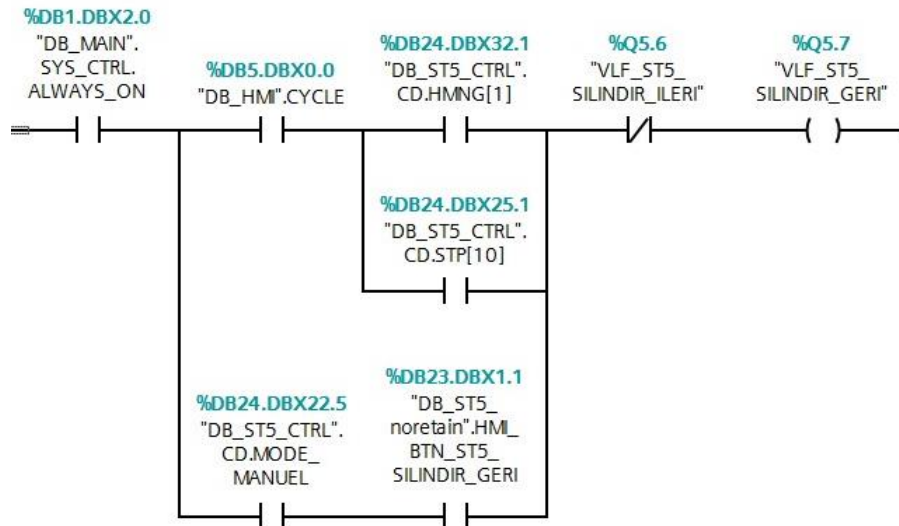
3.2.4.6. Büküm İstasyonu Yazılımı

Büküm istasyonunda kaynağı yapılmış olan tabak tutucuların uç bükümleri yapılmaktadır. Yazılımın yapısı her bükücü tek ya da iki büküm yapabilecek şekilde kurgulanmıştır. Bükücü pozisyonlaması ve bükücülerin bükme açısı servo motorlar ile gerçekleştirildiği için kullanıcı panelinden istenilen değerler girilerek yapılabilmektedir.



Şekil 3.51. Bükücü servo motorların tetiklenmesi yazılım kurgusu

Şekil 3.51.'de bükücü servo motorların işlem koşulları görülebilmektedir. Büküm işlemi yapıldıktan sonra bükücü motorları hareket ettiren pnömomatik silindirler geri çekilerek, bükücü grupların park pozisyonlarına gönderilmesiyle istasyon döngüsünü tamamlamaktadır. Büküm işlemi sonrası yazılım akışı Şekil 3.52.'de verilmiştir.

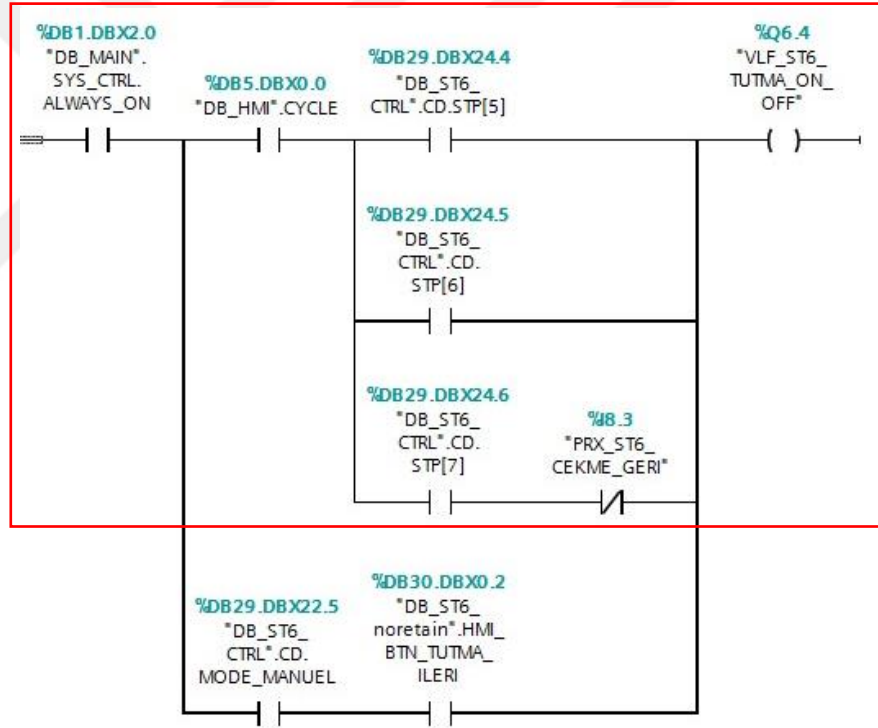


Şekil 3.52. Bükme istasyonu park pozisyonu yazılım kurgusu

3.2.4.7. Ürün Çıkarma İstasyonu Yazılımı

Ürün çıkarma istasyonu, kaynak ve büküm işlemleri tamamlanmış tabak tutucuların makine dışına çıkartılması işlemini gerçekleştirmektedir. Ürünün makineden alınmasının yanı sıra aynı zamanda çıkan ürünlerin düzgün bir istifleme yapılması da gerekmektedir.

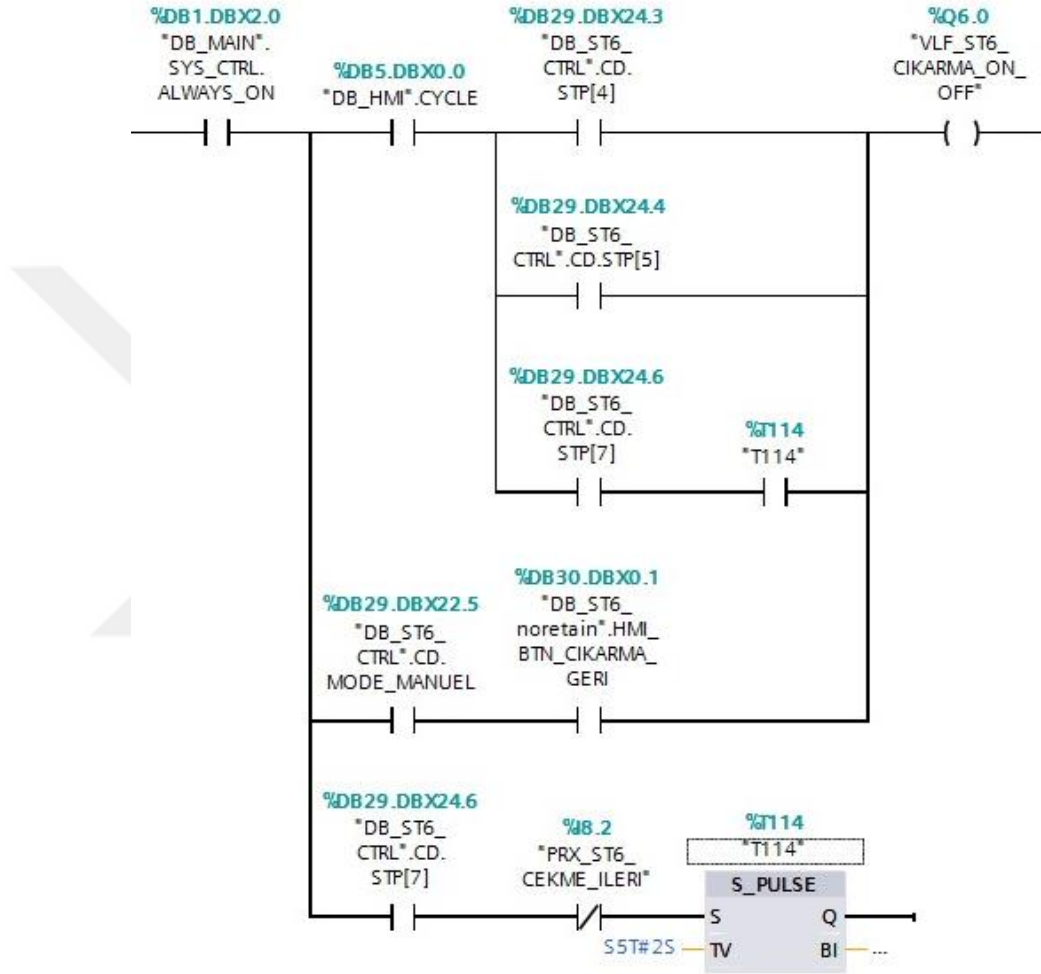
Ürünler pnömatik tutucular ile tutulur ve kalıp dışına pnömatik silindir tahrikli ray-araba mekanizmasıyla makine dışarısına çıkarılır. Daha sonra bu tutucular pozisyonlarına geldiklerinde yazılımda belirlenen sürelerde çalışan konveyör bandın üzerine ürünleri bırakır. Burada belirlenen süre ürünler arasındaki boşluk miktarını belirlemektedir.



Şekil 3.53. Çıkarma istasyonu ürün tutma senaryosu

Şekil 3.53.'te kırmızı kutu içerisinde gösterilmiş alan makinenin otomatik durumda istasyonun ana çalışma senaryosudur. Tutma işleminin hangi koşullarda gerçekleşeceğini belirtmektedir.

Şekil 3.54.'te ise tutulan ürünün bırakma senaryosu görülmektedir. Burada bulunan "T1 14" adımı süre sayacıdır ve konveyör motorunun tahrik edilmesi süresini belirlemektedir. Yazılım kurgusundan da görüleceği gibi tutucuların bırakmasından önce konveyör çalışmaktadır. Süre sayacı tamamlandıktan sonra pnömomatik tutucuları tahrik eden valf, yazılım tarafından kapalı konuma geçirilir.



Şekil 3.54. Çıkarma istasyonu ürün bırakma senaryosu

3.3. Makine verimliliği ve Performans Değerlendirmesi

Çalışmanın bu bölümünde, ilk olarak makine performansı çevrim süresi açısından incelenmiştir. Çevrim süresi hesaplamasında kronometre ve PLC verileri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Daha sonrasında ürün bazında kalite verimliliği ve makine performansı incelenmiştir.

3.3.1. Ürün Döngü Süresi

Ürün döngü süresi hesaplanmasında iki yöntem kullanılmıştır. Bunların ilkinde kronometre ile istasyon bazında ölçüm yapılmış ve ardından makine durdurulmaksızın 50 döngü çalıştırılmış ve toplam süre 50'ye bölünerek döngü süresine bakılmıştır. Bu şekilde başlatma ve durdurma arasında yapılan hatalar olabildiğince aza indirilmeye çalışılmıştır. İkinci yöntemde ise PLC' den alınan süre verileri kullanılmıştır. Yazılıma eklenen zamanlayıcı ile çıkarıcı robotun iki ürün çıkarma arasındaki zamanı ölçülmüştür.

3.3.1.1. Kronometre Ölçüm Verileri

Bu çalışmada makine, servo motorları %80 performans, döner tabla motoru 45 hertz ve hava basıncı 6 bar olarak çalıştırılmıştır. Aşağıdaki Tablo 3.1.'de görüleceği gibi istasyon süreleri ayrı ayrı alınmıştır. Tablo 3.1.'de verilen değerler saniye cinsindedir.

Tablo 3.1. Kronometre ile ölçüm tablosu

Makine Çalışma Süre Analizi							
	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon	Döner Tabla Dönüş
Kronometre ile Ölçüm	1,6	2,5	2	2,55	3	2,5	1,2
Kronometre ile Ölçüm	Döner Tablanın Tetiklenmesi İçin Geçen Süre						4,2

Son istasyon olan ürün çıkarma istasyonunda ilk ürünün konveyör üzerine bırakılmasıyla kronometre başlatılmış ve 51'nci ürünü bırakmasına kadar geçen süre 207,5 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değeri ürün sayısına böldüğümüzde 4,15 saniye olarak ürün döngü süresi bulunmuştur.

3.3.1.2. PLC Verileri

Bu çalışmada kronometre ile ölçümde çalışmasında olduğu gibi makine, servo motorları %80 performans, döner tabla motoru 45 hertz ve hava basıncı 6 bar olarak çalıştırılmıştır. Ölçüm hassasiyeti virgülden sonra iki hane olarak ayarlanmıştır. Tablo 3.2.'de verilen değerler saniye cinsindedir.

Tablo 3.2. PLC ile ölçüm tablosu

Makine Çalışma Süre Analizi							
	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon	Döner Tabla Dönüş
PLC'den Alınan Veri	1,53	2,64	2	2,45	2,91	2,4	1,22
PLC'den Alınan Veri	Döner Tablanın Tetiklenmesi İçin Geçen Süre						4,13

Tablo 3.2’de görüleceği üzere makinenin döngü süresi 4,13 saniye olarak bulunmuş olup, kronometre ile ölçümlerle herhangi bir tezat olmadığı gözlemlenmiştir. Hedef döngü süresi olan 4 saniyeden %3,2 fazla olduğu görülmektedir.

İstasyon bazında durumu analiz ettiğimizde, en uzun sürenin 2,91 saniye ile büküm istasyonunda geçtiği görülmektedir. Ölçüm sırasında üretimi yapılan ürünlerde ikişer büküm bulunmaktadır. Tek bükümlü ürünlerde hedef süresinin altına ineceği öngörülmektedir. Testi yapılan ürünler özelinde ise, hedef sürenin altına inmek için servo motorlar hızlandırılarak, ya da döner tabla motorunun çalışma frekansı 50 hertz’e çıkarılarak hedef döngü süresine girilebileceği öngörülmektedir.

3.3.2. Ürün Kalite Verimliliği

Döngü süresi hesaplama sırasında üretimi yapılan 50 ürün için ölçme çalışması yapılmıştır. AVRUPA 1 ve AVRUPA 2 olarak isimlendirdiğimiz kalıpta üretimleri yapılan 151361xx00/AB ve 151359xx00/AB kodlu ürünler üretilmiştir. Bu ürünlerin teknik resimleri Şekil 3.55. ve Şekil 3.56. olarak aşağıda görülebilmektedir. Ayrıca Ek-A olarak verilmiştir.

3.3.2.1. Toplam Ekipman Etkinliği

OEE: Overall Equipment Effectiveness

TEE: Toplam Ekipman Etkinliği

OEE bütün ekipmanların ne ölçüde kullanıldığına işaret eden bir TPM hesabıdır. Arızalar, ekipman ayarları, duruşlar, çalışma hızındaki azalmalar, ıskartalar ve yeniden işlem gibi kayıplar üzerine düşer. Amacı; şirketlerin eldeki makine ve ekipmanların performanslarının artırılmasına odaklanmaktır. OEE aşağıdaki gibi bulunur.

$$OEE[\%] = \text{Kullanılabilirlik Oranı} \times \text{Performans Oranı} \times \text{Kalite Oranı} \quad (3.2)$$

Kullanılabilirlik Oranı [%]: Ekipmana ait sebeplerden (arıza, ayarlama kaynaklanan duruş süresi vs.) kaynaklanan kullanılabilirlik miktarını gösterir.

Performans Oranı [%]: Çalışma hızlarında tasarımıyla belirlenmiş hızlara göre düşüşleri ve birkaç saniyelik duruşları hesap eder.

Kalite Oranı[%]: Toplam işlenen parçaların ıskarta ve yeniden işlem kayıplarının yüzdesidir.

1 saatlik çalışma sonucunda;

Toplam çalışma süresi 3603 saniye

Toplam efektif çalışma süresi 3343 saniye

Üretilen ürün sayısı 807 adet

Toplam hurda ürün sayısı 3 adet

$$OEE[\%] = \left(\frac{3343}{3603} 100 \right) \left(\frac{4 \times 807}{3603} 100 \right) \left(\frac{(4 \times 807) - (3 \times 4)}{4 \times 807} 100 \right)$$

$$OEE[\%] = \%92,78 \times \%89,59 \times \%99,62$$

$$OEE[\%] = \%82,80$$

Olarak bulunmuştur.

3.3.2.2. İstatiksel Süreç Kontrolü

İstatistiksel süreç kontrol işlemlerinde sürecin değişkenliğini göstermek ve sürecin yeterli olup olmadığını anlamak amacı ile sürecin uygunluk oranının bir göstergesi olarak Cp ve Cpk süreç yetenek katsayıları tanımlanmıştır. Cp süreç yetenek katsayısı olup, sürecin dağılımı hakkında bilgi verir.

$$Cp = \frac{\text{Spekt limit aralığı}}{\text{Kontrol limit aralığı}} \quad (3.3)$$

$$Cp = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{\text{ÜKL} - \text{AKL}} \quad (3.4)$$

Süreçler genelde maksimum %0,3 hata elde etmek için, ortalama değer, 3 sigma altından veya üstünden kontrol edilirler.

Süreç ortalama değerden artı/eksi 3 sigma (toplam 6 sigma) ile kontrol ediliyor ise;

$$Cp = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{6\sigma} \quad (3.5)$$

Bir sürecin yeterli olabilmesi için müşteri isteklerini belirleyen spesifikasyon aralığı (ÜSL - ASL) ile ürünlerin değişkenlik aralığı (ÜKL - AKL) arasındaki oran, yani Cp değerinin asgari 1.33 olması gerekmektedir. Cp değerinin 1 olması süreç yetenek katsayısı için minimum koşul olup, bu durumda dahi sürecin her an kontrol dışına kaçması mümkündür.

$Cp < 1$ ise, o takdirde ($1-Cp$) süreçte çıkan spesifikasyon dışı hurda ürün oranını göstermektedir.

Cp değeri arttıkça sürecin yeterliliği artmaktadır. Sürekli iyileşme felsefesini benimsemiş olan kuruluşlarda Cp değerleri sürekli olarak iyileştirilmekte ve 1.33 den de öteye, sırası ile 1.67, 2.0 ve 3.0 seviyelerine ulaşacak şekilde devamlı olarak arttırılmaktadır.

Cpk süreç yetenek katsayısı olup, hem sürecin dağılımı, hem de sürecin meydana getirilişi hakkında bilgi verir. Bazen sürecin dağılımı simetrik değildir. Simetrik olmayan durumlarda kontrol limitlerinin aşılması riski daha fazladır, çünkü dağılımın yaslandığı taraf kontrol limitine daha yakındır.

Cpk şu şekilde ifade edilir;

$$Cp = \frac{USL - ORT}{3\sigma} \text{ veya } Cp = \frac{ORT - ASL}{3\sigma} \quad (3.6)$$

3.6 numaralı denklemlerden hangi ifade pozitif ise o seçilir.

Başarılı bir sonuç için sürekli iyileştirme (Kaizen) prensiplerine göre, teknik resimleri verilen ürünler için makinenin tolerans ve kritik ölçü tablosundaki hassasiyet ile çalışması beklenmektedir. Makinenin Cpk değeri 1,33 değerinin üzerinde ve OEE değeri %85 üzerinde olmalıdır.

3.3.3. Ürün Ölçüm ve Verileri Girilmesi

Bu süreçte üretimi yapılan 50'şer adet ürünün Tablo 3.3. ve Tablo 3.4.' de verilen kritik ölçülerden 1,2,3,5 ve 8 numaralı ölçüleri alınmıştır. OEE ve Cp - Cpk analizleri için Minitab 2018 programı kullanılmıştır.

Şekil 3.55. ve Şekil 3.56.'da verilen teknik resimlerde numaralandırılmış ölçülere ait tolerans tabloları milimetre biriminde Şekil 3.57. ve Şekil 3.58.'de verilmiştir.

Kritik Ölçüler (mm)					
Ölçüm No	Resim Ölçüsü	Tolerans(+)	Tolerans(-)	Üst Limit	Alt Limit
1	222,2	1,00	1,00	223,20	221,20
2	38,3	1,00	1,00	39,30	37,30
3	11,1	1,00	1,00	12,10	10,10
4	0	0,70	0,00	0,70	0,00
5	26,7	0,30	0,30	27,00	26,40
6	3,5	0,00	0,05	3,50	3,45
7	15	1,00	1,00	16,00	14,00
8	90	0,50	0,50	90,50	89,50
9	2,8	0,00	0,05	2,80	2,75
10	16,7	1,00	1,00	17,70	15,70
11	18,2	1,00	1,00	0,00	17,20
12	18,2	1,00	1,00	0,00	17,20
13	19,3	1,00	1,00	20,30	18,30
14	19,3	1,00	1,00	20,30	18,30
15	19,3	1,00	1,00	20,30	18,30
16	19,3	1,00	1,00	20,30	18,30
17	18,8	1,00	1,00	19,80	17,80
18	18,8	1,00	1,00	19,80	17,80
19	18,8	1,00	1,00	19,80	17,80
20	70	1,00	1,00	71,00	69,00
21	280,7	0,30	0,30	281,00	280,40

Şekil 3.57. 151361xx00/AB ürünü ölçü tolerans tablosu

Kritik Ölçüler (mm)					
Ölçü No	Resim Ölçüsü	Tolerans (+)	Tolerans (-)	Üst Limit	Alt Limit
1	241,9	1,00	1,00	242,90	240,90
2	26,7	0,30	0,30	27,00	26,40
3	39,2	1,00	1,00	40,20	38,20
4	0	0,70	0,00	0,70	0,00
5	8,7	1,00	1,00	9,70	7,70
6	3,5	0,00	0,05	3,50	3,45
7	10	1,00	1,00	11,00	9,00
8	90	0,50	0,50	90,50	89,50
9	2,8	0,00	0,05	2,80	2,75
10	19,7	1,00	1,00	20,70	18,70
11	27,6	1,00	1,00	0,00	26,60
12	27,6	1,00	1,00	0,00	26,60
13	27,6	1,00	1,00	28,60	26,60
14	27,6	1,00	1,00	28,60	26,60
15	27,6	1,00	1,00	28,60	26,60
16	27,6	1,00	1,00	28,60	26,60
17	25,6	1,00	1,00	26,60	24,60
18	301,3	0,50	0,50	301,80	300,80

Şekil 3.58. 151359xx00/AB ürünü ölçü tolerans tablosu

Ölçümler 300 mm kapasiteli dijital kumpas ve mekanik açılörler ile yapılmıştır. Ölçüm sonuçları milimetre biriminde Şekil 3.59.'da görülebilmektedir.

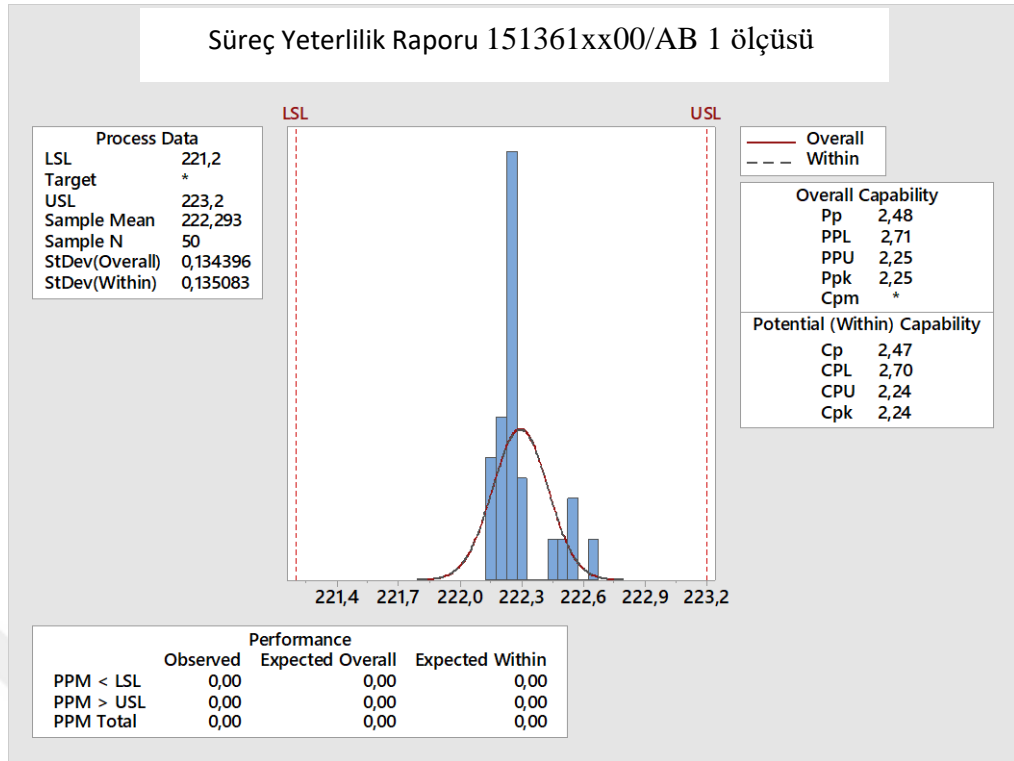
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	↑	↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	↑
	1 Ölçüsü	2 Ölçüsü	3 Ölçüsü	5 Ölçüsü	8 Ölçüsü				1 Ölçüsü	2 Ölçüsü	3 Ölçüsü	5 Ölçüsü	8 Ölçüsü		
1	222,25	38,75	11,24	26,78	90,0			1	241,95	26,82	39,52	8,41	90,0		
2	222,25	38,69	11,24	26,75	89,5			2	241,95	26,85	39,24	8,59	90,0		
3	222,20	38,53	11,20	26,71	90,0			3	241,75	26,80	39,50	8,36	90,0		
4	222,15	38,68	11,35	26,66	90,0			4	241,75	26,87	39,50	8,52	90,5		
5	222,25	38,49	11,10	26,63	90,5			5	241,65	26,80	38,87	8,16	90,5		
6	222,15	38,65	11,38	26,63	90,5			6	241,80	26,91	39,50	8,13	90,5		
7	222,65	38,40	11,60	26,50	90,0			7	241,75	26,90	39,48	8,45	90,0		
8	222,55	38,35	11,20	26,66	90,0			8	241,75	26,91	38,95	8,50	90,0		
9	222,50	38,58	11,14	26,66	90,0			9	241,75	26,85	39,35	8,29	90,0		
10	222,25	38,50	11,21	26,62	89,5			10	241,75	26,81	39,44	8,30	90,0		
11	222,45	38,75	11,16	26,75	90,0			11	241,80	26,85	39,28	8,45	90,0		
12	222,15	39,02	11,01	26,61	89,5			12	241,70	26,85	39,12	8,69	90,0		
13	222,30	38,53	11,50	26,63	89,5			13	241,75	26,80	39,18	8,69	90,0		
14	222,20	38,30	11,50	26,64	90,0			14	241,75	26,83	39,56	8,48	90,5		
15	222,30	38,48	11,24	26,77	90,0			15	241,80	26,82	39,50	8,60	90,5		
16	222,30	38,72	11,13	26,60	90,0			16	241,80	26,83	39,60	8,44	90,0		
17	222,25	38,63	11,58	26,61	90,0			17	241,80	26,80	39,40	8,50	89,5		
18	222,55	38,30	11,29	26,72	90,5			18	241,75	26,83	39,51	8,80	90,0		
19	222,25	38,80	11,24	26,70	90,5			19	241,75	26,80	39,60	8,60	90,0		
20	222,25	38,75	11,24	26,70	90,5			20	241,75	26,81	39,70	8,60	90,5		
21	222,20	38,63	11,07	26,72	90,0			21	241,75	26,85	39,50	8,30	90,5		
22	222,25	38,51	11,17	26,67	90,0			22	241,70	26,91	39,53	8,50	90,0		
23	222,20	38,51	11,35	26,67	90,0			23	241,75	26,88	39,46	8,70	90,0		
24	222,25	38,43	11,22	26,66	90,0			24	241,85	26,82	39,61	8,60	90,0		
25	222,25	38,70	11,55	26,78	89,5			25	241,80	26,91	39,20	8,60	89,5		
26	222,25	38,75	11,24	26,78	90,0			26	241,95	26,82	39,52	8,41	90,0		
27	222,25	38,69	11,24	26,75	89,5			27	241,95	26,85	39,24	8,59	89,5		
28	222,20	38,53	11,20	26,71	90,0			28	241,75	26,80	39,50	8,36	89,5		
29	222,15	38,68	11,35	26,66	90,0			29	241,75	26,87	39,50	8,52	90,0		
30	222,25	38,49	11,10	26,63	90,5			30	241,65	26,80	38,87	8,16	90,0		
31	222,15	38,65	11,38	26,63	90,5			31	241,80	26,91	39,50	8,13	90,0		
32	222,65	38,40	11,60	26,50	90,0			32	241,75	26,90	39,48	8,45	90,0		
33	222,55	38,35	11,20	26,66	90,0			33	241,75	26,91	38,95	8,50	90,5		
34	222,50	38,58	11,14	26,66	90,0			34	241,75	26,85	39,35	8,29	90,5		
35	222,25	38,50	11,21	26,62	89,5			35	241,75	26,81	39,44	8,30	90,5		
36	222,30	38,48	11,24	26,77	90,0			36	241,75	26,81	39,70	8,60	90,0		
37	222,25	38,72	11,13	26,60	90,0			37	241,75	26,85	39,50	8,30	90,0		
38	222,55	38,63	11,58	26,61	90,0			38	241,70	26,91	39,53	8,50	90,0		
39	222,25	38,30	11,29	26,72	90,5			39	241,75	26,88	39,46	8,70	90,0		
40	222,25	38,80	11,24	26,70	90,5			40	241,85	26,82	39,61	8,60	89,5		
41	222,20	38,75	11,24	26,70	90,5			41	241,80	26,91	39,20	8,60	90,0		
42	222,25	38,63	11,07	26,72	90,0			42	241,75	26,85	39,35	8,29	89,5		
43	222,20	38,51	11,17	26,67	90,0			43	241,75	26,81	39,44	8,30	90,0		
44	222,25	38,51	11,35	26,67	90,0			44	241,80	26,85	39,28	8,45	89,5		
45	222,25	38,43	11,22	26,66	90,0			45	241,70	26,85	39,12	8,69	90,0		
46	222,25	38,70	11,55	26,78	90,0			46	241,75	26,80	39,18	8,69	90,0		
47	222,45	38,50	11,21	26,62	90,0			47	241,75	26,83	39,56	8,48	90,5		
48	222,15	38,75	11,16	26,75	90,0			48	241,80	26,82	39,50	8,60	90,5		
49	222,30	39,02	11,01	26,61	90,5			49	241,80	26,83	39,60	8,44	90,0		
50	222,20	38,53	11,50	26,63	90,5			50	241,80	26,80	39,40	8,50	90,0		

151361xx00/AB ölçüm sonuçları

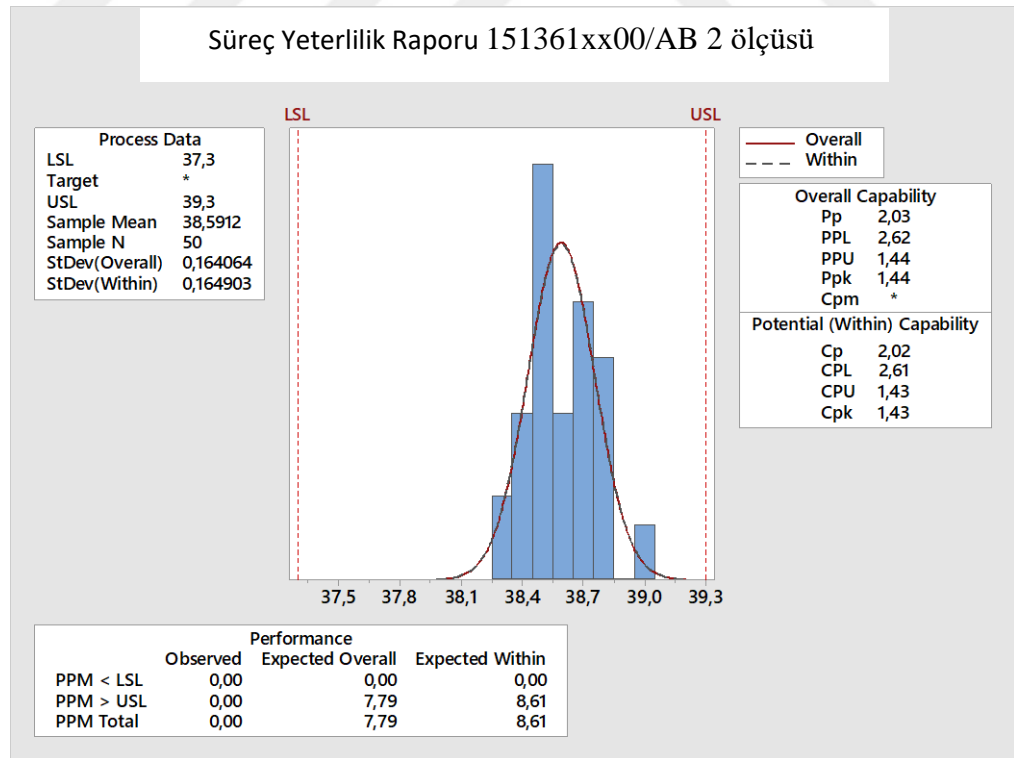
151359xx00/AB ölçüm sonuçları

Şekil 3.59. Ölçüm sonuçları

Şekil 3.59.'da görülen ölçüm sonuçlarından analiz için 151361xx00/AB kodlu ürüne ait 1,2,3 ve 5 ölçüleri alınmış, Cp ve Cpk analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sırasıyla Şekiller 3.60.-3.63.'te görülmektedirler.

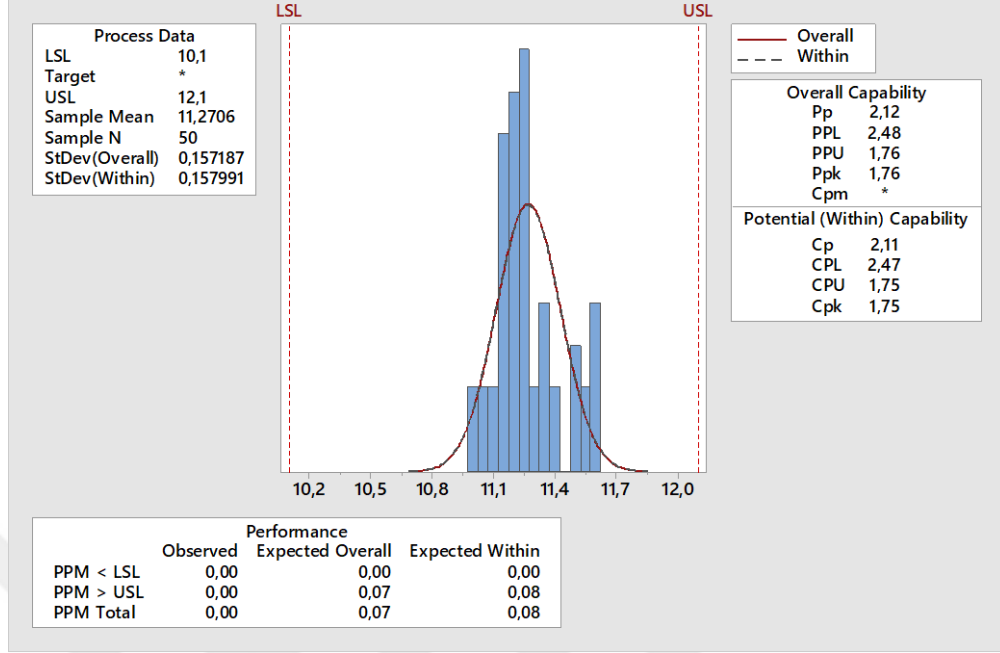


Şekil 3.60. 151361xx00/AB 1 ölçüsü Cp ve Cpk analizi



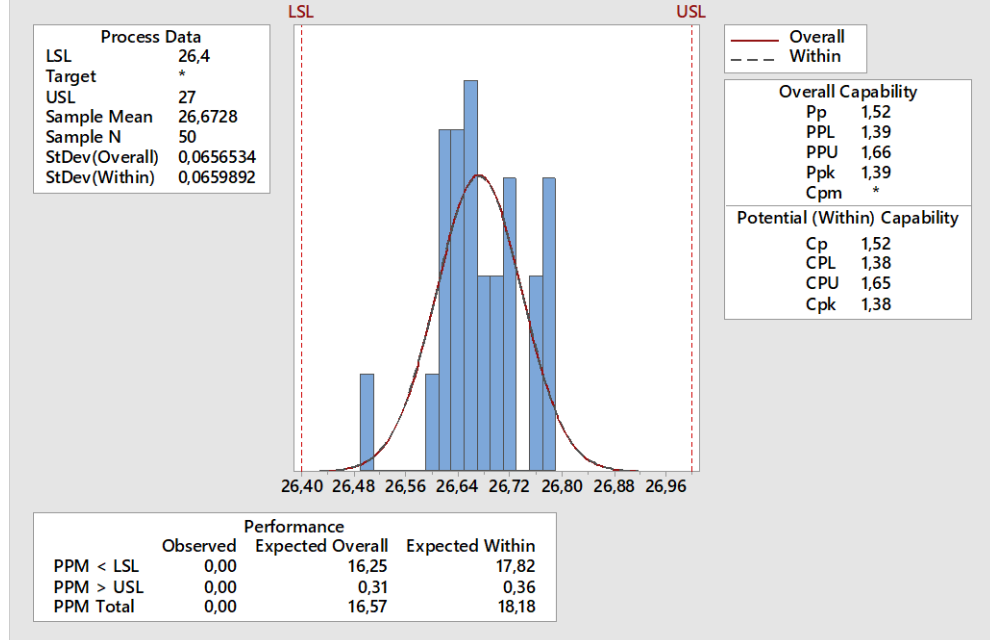
Şekil 3.62. 151361xx00/AB 2 Ölçüsü Cp ve Cpk analizi

Süreç Yeterlilik Raporu 151361xx00/AB 3 ölçüsü



Şekil 3.61. 151361xx00/AB 3 Ölçüsü Cp ve Cpk analizi

Süreç Yeterlilik Raporu 151361xx00/AB 5 ölçüsü



Şekil 3.63. 151361xx00/AB 5 Ölçüsü Cp ve Cpk analizi

Analizlerden görüldüğü gibi tüm Cpk değerleri 1,33'ten daha yüksek çıkmıştır. Çünkü Cpk değeri ölçülerin düzgün dağılmasıyla yükselir. Yani tüm değerler (+) toleransta ve (-) toleransta salınmalı ve ölçüler düzgün dağılım göstermelidir. Kullanıcı panelinden (+) ve (-) tolerans içerisinde eşit dağılım sağlamak için değer değişikliği yaparak, hedeflenen Cp ve Cpk değerlerinin daha fazla yükseltilebileceği öngörülmektedir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın makine verimliliği ve performans değerlendirmesi bölümünde ölçülen makine döngü süresi 4,13 saniyedir ve bu döngü süresine göre performans değerlendirmesi yapılmıştır. Hedef çalışma döngü süresi olan 4 saniyeye göre OEE hesaplaması yapıldığında %82 olarak bulunmuştur. OEE hesaplamasında etkin çalışma, döngü süresi ve ürün kalitesi etkili olduğu için üç konu üzerinde de ek çalışma yapılmıştır.

Ek çalışma yapılmadan önceki 1 saatlik çalışma sonucunda;

Toplam çalışma süresi 3603 saniye
Toplam efektif çalışma süresi 3343 saniye
Üretilen ürün sayısı 807 adet
Toplam hurda ürün sayısı 3 adet

İlk olarak makinede yaşanan duruş problemi ele alınmıştır. Duruş yaşanan 260 saniyenin tamamı kısa tel atma istasyonunda bulunan kısa tel atıcılarının tıkanması olarak tespit edilmiştir. Tıkanma ve tel atamama probleminin en önemli sebebinin, atıcıya yüklenen tellerin eğri olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Eğri tellerin sorunsuz atılabilmesini sağlamak için, tasarım bölümünde detayları Şekil 3.14'te verilen atıcının tasarımında değişiklik yapılmıştır. 3.3 mm olan tel akma kanal genişliği derinleştirilerek 3.8 mm'ye çıkartılmıştır.

İkinci olarak makinenin döngü süresi ele alınmıştır. Makine verimliliği ve performans değerlendirmesi bölümünde bulunan Tablo 3.2. incelendiğinde, döngü sırasında en fazla vakit harcanan istasyonun büküm olduğu görülmektedir. Buradaki hızın artırılması için ilk olarak servo motorların hızı %80'den %95'e çıkarılmıştır. İkinci olarak istasyonun çalışması sırasında, işlem adımları arasına koyulmuş bekleme süreleri için yazılıma müdahale edilmiştir. 250 milisaniye olan bekleme sürelerinin tamamı 100 milisaniyeyi aşmayacak şekilde düzenlenmesi yapılmıştır.

Son olarak hurda ürün konusu ele alınmıştır. Çıkan hurdalar incelendiğinde zayıf kaynak olduğu tespit edilmiştir. Kaynak bölümü incelendiğinde, zayıf kaynağa sebep olan durumun alt bakır gruplarının uzun tele tam temas etmediği ve güvenli kaynak yapılmadığı görülmüştür. Bu sorunun giderilmesi için alt hidrolik tahrik pistonu ve grubu, makine şasesi üzerinde 1.5 mm yükseltilmiştir.

Yapılan bu ek çalışmaların sonucunda makine tekrar 1 saatlik çalışmaya alınmış ve aşağıdaki veriler elde edilmiştir;

Ürün döngü süresi 3.91 saniye
Toplam çalışma süresi 3623 saniye
Toplam efektif çalışma süresi 3538 saniye

Üretilen ürün sayısı 855 adet
Toplam hurda ürün sayısı 0 adet

Elde edilen yeni verilere göre OEE hesaplaması yapıldığında;

$OEE[\%] = \text{Kullanılabilirlik Oranı} \times \text{Performans Oranı} \times \text{Kalite Oranı} \text{ (3.2)}$

$OEE[\%] = \%97,65 \times \%94,39 \times \%100$

$OEE[\%] = \%92,17$

Olarak bulunmuştur.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmanın sonucunda, Türkiye'nin önemli sanayi kollarından olan beyaz eşya üretim sektörüne hizmet edebilecek, otomatik tabak tutucu üretim makinesi ortaya çıkmıştır.

Makinenin tasarımı seri üretim koşullarında uzun süreler çalışabilecek şekilde yapılmıştır. Kullanılan standart donanımlar da bu koşullar göze alınarak seçilmiştir. Tasarım bölümünde tasarım detayları ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Yazılım bölümünün tasarım bölümü ile uyumunun önemine vurgular yapılmış ve başarılı bir sonuç için mekanik tasarım ve yazılım kontrolünün beraber ele alınması gerektiği görülmüştür.

Çalışmanın kontrol ve yazılım bölümlerinde, makine pano tasarımı ve elektrik proje çizimine de yer verilmiştir. Yazılım adımları, tasarımı yapılan elektrik projesinin üzerinde şekillendirilmiş ve çalışır hale getirilmiştir.

Çalışmanın konusu olan, otomatik tabak tutucu üretim makinesinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen makine çalıştırılıp projenin başında amaçlanan hedef döngü süresi ve ürün kalitelerinin kontrolü yapılmıştır. 4 saniye olarak hedeflenen döngü süresi ilk denemelerde 4,13 saniye olarak elde edilmiştir. Sonrasında yazılımda yapılan iyileştirmeler ile bu sürenin 3,95 saniyeye kadar düşmesi sağlanmıştır. Bu hızlandırma ve duruşların azaltılması sonucunda makinenin OEE' si %82'ten %93 seviyesine çıktığı ölçülmüştür.

Yapılan çalışmanın sonunda, mevcut durumda yarı otomatik ve manuel olarak üretimi yapılan bulaşık makinesi sepeti tabak tutucularının tek makine ile tam otomatik üretilmesini sağlanmıştır. Çıkan sonuçlara göre muadili bulunmayan ihraç edilebilir ürün ortaya çıkmıştır. Bu sayede, beyaz eşya sektörüne fayda sağlanırken makine sektörünün de ülkemizde gelişmesine ve yurtdışı ile rekabet edebilir seviyelere çıkmasına katkı sağlanmıştır.

Çalışmanın devamı olarak daha verimli mekanizmaların tasarlanması ve makinenin yazılımda yapılacak iyileştirmeler ile daha hızlı ve verimli bir makine ortaya çıkarılmasının mümkün olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yurtiçi ya da yurtdışında muadil ve benzeri bir makinenin olmaması ve fikri mülkiyet haklarının korunabilmesi için söz konusu çalışma için patent başvurusu yapılmıştır.

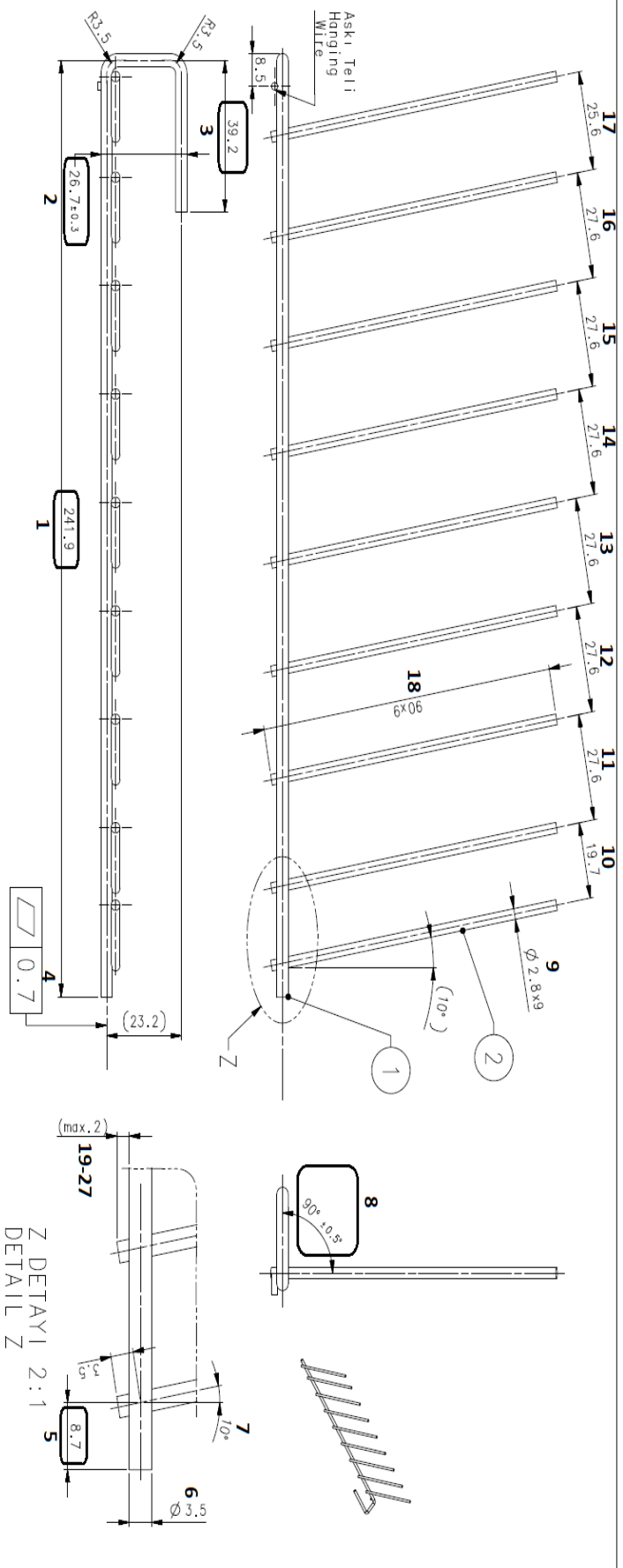
KAYNAKLAR

- [1] Edgar, T. F., & Pistikopoulos, E. N., Smart manufacturing and energy systems. Computers & Chemical Engineering, 2018, DOI:10.1016/201710027.
- [2] Yaşar, O., Türkiye’de Beyaz Eşya Sanayisi, Marmara Coğrafya Dergisi, 2010, 21, 150-185 s.
- [3] Öztürk, A., Beyaz Eşya Sektörü Raporu, İş bankası, İstanbul, 2016, 9-14 s.
- [4] Gref, L., The rise and fall of American technology, Algora Pub., New York, 2010, 75-76 s.
- [5] Livens, W. H. Improvements in apparatus for washing household crockery and the like. UK Patent No. FR579765. London, UK Patent and Trademark Office, 1924.
- [6] BİLİM, T. & SANAYİ, V. T. B.. Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi 2017-2020, Ankara, 2017.
- [7] MAKFED. Makine Sektörüne Genel Bakış. Makfed yayınları, Ankara, 2017, 23 s.
- [8] Segovia, V. R., & Theorin, A.. History of Control History of PLC and DCS. University of Lund, Lund, 2012, 2-6 s.

EKLER

EK A. (Teknik resim, 151361xx00/AB ve 151359xx00/AB teknik resmi)





NOTLAR :

- 1-) Parça tamamen çapaksız olacaktır.
- 2-) Tüm tel uçları pahlı olacaktır.
- 3-) Teli in kesilen yüzeyi çapaksız olacak ve boya ile kaplanacaktır.
- 4-) Kaplama kalitesi Poliamid 11 (RILSAN 11/ATO Tgr'is 7458)
- 5-) Kaplama kalınlığı : 0.35 ±0.1 mm
- 6-) Malzeme RoHS recast Directive (2011/65/EU) uygun olacaktır. Malzeme REACH Directive (1907/2006/CE) uygun olacaktır.

NOTES :

- 1-) No burrs permitted.
- 2-) All the wire tips will be chamfered.
- 3-) Hanging wire (ALSI304) must be burr free and coated with paint
- 4-) Coating material Poliamid 11 (RILSAN 11/ATO Tgr'is 7458) or Vestosint PA 12 (HULS)
- 5-) Coating thickness : 0.35 ±0.1 mm
- 6-) Material should conform to RoHS recast Directive (2011/65/EU) Material should conform to REACH Directive (1907/2006/CE)

REF.	Ø(mm)	Bükülme'nin uzunluk (mm)	Adet	Açıklama	Stok no
1	3.5	28	1	Formlu tel	151 359 9000
2	2.8	90	9	Düz tel	173 346 4700

19-27

02 Rel 7037
01 Rel 7016
00 Kaplamasız
St. Değ.

MALZEME/MATERIAL
Soğuk çekilmiş çubuk S437 (DB-2)
Cold drawn wire S437 (DB-2)
61gr (30)

PARÇA/GRUP ADI
ALT SEPET TABAK TUTUCU ARKA SOL 1
LOWER BASKET PLATE HOLDER BACK LEFT 1

PARÇA/GRUP/PARTIA NUMARASI
151 359x007/AB

ÖLÇEK
1:1

YERİNE GEÇTİ A.3

ÖZGÜT	Standart	D	Ab	D.T. NO.	TARİH	D. YAPANI	OKUY	İzlenim	Kontrol	YERİNE GEÇTİ
AA	BW7344	24.03.17	A.G.O.A.	OKAY						

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat Gökhan UMDU SOYADI

Doğum Yeri ve Yılı : Manisa, 1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : mgokhanumdu@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Manisa Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, 2007

Lisans Bölümü, 2014 : Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Makine Mühendisliği

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2019

Mesleki Deneyim

Mekatronik Mühendislik LTD. ŞTİ. - Proje Yöneticisi 2014-(halen)