



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOTİV PLASTİK ENJEKSİYON PROSESLERİNDE
ENDÜSTRİYEL OTOMASYONUN ÜRETİME VE KARLILIĞA
ETKİSİ: ÖRNEK BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FIRAT KADIRHAN

ŞUBAT

FIRAT KADIRHAN

**TEKNOLOJİ VE İNOVASYON
YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

ŞUBAT 2022

**OTOMOTİV PLASTİK ENJEKSİYON PROSESLERİNDE ENDÜSTRİYEL
OTOMASYONUN ÜRETİME VE KARLILIĞA ETKİSİ: ÖRNEK BİR
UYGULAMA**

Fırat KADİRHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKNOLOJİ VE İNOVASYON YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Doç. Dr. Yusuf Kemal ÖZTÜRK

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2022

Fırat KADİRHAN tarafından hazırlanan “Otomotiv plastik enjeksiyon proseslerinde endüstriyel otomasyonun üretime ve karlılığa etkisi: Örnek bir proje” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Yusuf Kemal ÖZTÜRK

Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ÜNAL

Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cenk GEZEGİN

Enerji Tesisleri Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 09/02/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fırat KADIRHAN

09.02.2022

OTOMOTİV PLASTİK ENJEKSİYON PROSESLERİNDE ENDÜSTRİYEL
OTOMASYONUN ÜRETİME VE KARLILIĞA ETKİSİ: ÖRNEK BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Fırat KADİRHAN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2022

ÖZET

Bu çalışma otomotiv sektöründe plastik parçaların üretiminde oluşan ürün kalitesizlik maliyetlerinin azaltılması için endüstriyel otomasyon teknolojilerinin kullanımının etkilerini bir örnek proje ile sunmaktadır. Çalışmada sırasıyla otomotiv sektöründe bulunan endüstriyel işletmelerin yapısı incelenerek plastik enjeksiyon ile üretilen plastik parça ve birleştirme süreçleri hakkında bilgiler verilmiştir. Sonrasında plastik parçaların üretimindeki alışlagelmiş yöntemlerin dışında güncel otomasyon teknolojileri kullanılarak bir üretim süreci geliştirilmiş ve bunun geleneksel yöntemle yapılan üretim ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma olarak personel sayısı, operatöre bağlı çevrim süresi, hatalı ürün sayısı ve parça birleşmelerinden dolayı oluşan problemlere ve maliyetlere değinilmiştir. Çalışmada özellikle plastik enjeksiyon prosesine dahil edilecek endüstriyel otomasyon süreçlerinin işletmeye katacağı vizyon, katma değer, kalite ve en önemlisi karlılık oranlarından bahsedilmiştir. Tüm plastik parça üretim süreci değerlendirildiğinde bu çalışma kapsamında yapılan iyileştirmelerin kalite ve karlılığa etkilerine değinilmiş, somut hayata geçmiş projeler ile örneklendirilmiştir. Plastik enjeksiyon parça birleştirmede endüstriyel otomasyon ile ultrasonik kaynağın birlikte kullanılmasının firmaya kazandırdıkları hakkında bilgiler verilmiştir. Bu çalışma sonucunda endüstriyel otomasyonun üretim sürecindeki iyileştirmeler ile firmaya ve sektöre kısa vadede büyük kazanımlar sağladığı sonucuna varılmıştır.

Sayfa Adedi	: 45
Anahtar Kelimeler	: Ultrasonik kaynak, Plastik enjeksiyon, Endüstriyel otomasyon
Danışman	: Doç. Dr. Yusuf Kemal ÖZTÜRK

THE EFFECT OF INDUSTRIAL AUTOMATION ON PRODUCTION AND QUALITY
IN AUTOMOTIVE PLASTIC INJECTION PROCESSES- AN EXAMPLE PROJECT

(M. Sc. Thesis)

Fırat KADİRHAN

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2022

ABSTRACT

This study presents the effects of the use of industrial automation technologies in order to reduce the product poor quality costs in the production of plastic parts in the automotive industry with a sample project. In the study, the structure of the industrial enterprises in the automotive sector was examined, and information about the plastic parts produced by plastic injection and their joining processes were given. Afterwards, a production process was developed by using up-to-date automation technologies apart from the conventional methods in the production of plastic parts, and this was compared with the production made with the traditional method. As a comparison, the problems and costs caused by the number of personnel, the cycle time depending on the operator, the number of faulty products and the assembly of parts are mentioned. In the study, the vision, added value, quality and most importantly profitability rates that industrial automation processes to be included in the plastic injection process will add to the business are mentioned. When the entire plastic part production process is evaluated, the effects of the improvements made within the scope of this study on quality and profitability are mentioned and exemplified by concrete projects. Information is given about the benefits of using industrial automation and ultrasonic welding together in plastic injection parts joining. As a result of this study, it was concluded that industrial automation provides great gains to the company and the sector in the short term with the improvements in the production process.

Page Number : 45
Keywords : Ultrasonic welding, Plastic injection, Industrial automation
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Yusuf Kemal ÖZTÜRK

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda her konuda büyük bir sabırla danışmanlığımı yapan Sayın Doç. Dr. Yusuf Kemal ÖZTÜRK'e, tez sürecinde yaptığı yapıcı eleştiri ve yönlendirmeleriyle tezimin gelişiminde çok değerli katkıları olan hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Ünal ve Dr. Öğr. Üyesi Cenk GEZEGİN'e, tüm süreç boyunca yanımda olan Teknoloji Tasarım Öğretmeni Muhammed Kürşad LEBA'ya, eşim Fen ve Teknoloji Öğretmeni Merve KADİRHAN'a, kızım Asya KADİRHAN'a, mesleki ve akademik kariyer adımlarımı destekleyen PLASCAM A.Ş.'ne ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Problem Durumu.....	2
1.2.Araştırmanın Amacı ve Gerekçeleri.....	2
1.3.Araştırmanın Varsayımları.....	4
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1.İnovasyon Yaklaşımları.....	5
2.1.1. Doğrusal süreçler.....	6
2.1.2. Etkileşimli inovasyon süreci.....	7
2.1.3. Bütünleşik inovasyon süreci	7
2.2. Plastik Enjeksiyon Süreci.....	7
2.3. Ultrasonik Kaynak Süreci.....	10
2.4. Ülkemizdeki Endüstriyel Robotik Otomasyon Süreci.....	12
2.5. Robotik ve Otomasyon Süreçleri.....	13
2.5.1. Otomasyon Süreci.....	13
2.5.2. Robotik Süreci.....	14

	Sayfa
2.6. İşletmelerde Organizasyon Yapısı.....	16
2.6.1. Organizasyonda birimlerin görevleri.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Üretim Tesislerinde Teknoloji ve İnovasyon.....	19
3.1.1. Robotiğin üretime etkisi.....	19
3.1.2. Otomasyonun üretime etkisi.....	21
3.1.3. Endüstriyel otomasyonun işletmelere uyarlanması.....	22
3.2. İşletmelere Endüstriyel Otomasyonun Katılması ve Organizasyon Oluşumu..	23
3.3. Endüstriyel Otomasyon Ekibinin Kurulması ve Organizasyondaki Yeri.....	24
3.4. Endüstriyel Otomasyon Ekibinin Çalışma Süreci.....	24
4. BULGULAR.....	24
4.1. Üretim ve Kalite Birimlerinin Problemlerinin İncelenmesi.....	25
4.2. İşletmeye Kazandırılacak Projeleri Belirlenmesi.....	27
4.3. Projelerin Hayata Geçirilmesi.....	28
4.4. Kalite ve Karlılığa Etkisi Olan Örnek Proje.....	28
4.5. Yapılan Projenin Reel Kazancı ve İşletmeye Etkisi.....	35
4.6. Tez Çalışmasındaki İkinci Proje Uygulaması.....	37
5. SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İnovasyonun adımları ve gereklilikleri.....	6
Çizelge 4.1. Üç farklı madde ile yapılan kaynak denemeleri ve sonuçları.....	27
Çizelge 4.2. Otomasyon kullanılarak yapılan proje getirisi ve kalite etkisi tablosu.....	35
Çizelge 4.3. Genel kabuller.....	36
Çizelge 4.4. İşletmeye bir yıllık etkisi	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Örnek organizasyon şeması	16
Şekil 3.1. Ülkemizde yıllık kurulan robot sayısı.....	21



RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Plastik enjeksiyon makinası bölümleri.....	8
Resim 2.2. Plastik enjeksiyon evreleri.....	9
Resim 2.3. Ultrasonik kaynak makinası bölümleri.....	10
Resim 2.4. Endüstriyel otomasyonun seviyeye göre uygulama ekipmanları.....	12
Resim 2.5. Plastik enjeksiyon makinasına entegre edilmiş robot.....	15
Resim 3.1. Ülkemizdeki otomotiv üreticileri.....	18
Resim 3.2. Sanayi gelişim süreci.....	19
Resim 4.1. Isıtıcı uç ile birleştirme.....	26
Resim 4.2. Ultrasonik kaynak ile birleştirme.....	26
Resim 4.3. Üretilen ana gövde parça.....	29
Resim 4.4. Kaynatılacak ve aydınlatma kontrolü yapılacak parça.....	29
Resim 4.5. Aydınlatma tesisatı.....	29
Resim 4.6. Ses izolasyon süngerini.....	30
Resim 4.7. Montaj klipsi.....	30
Resim 4.8. Montajlı bitmiş ürün	30
Resim 4.9. Alışlagelmiş üretim yöntemi	31
Resim 4.10. Robotik otomasyon ile parça alım görüntüleri.....	32
Resim 4.11. Ultrasonik kaynak teknolojisi.....	33
Resim 4.12. Isıtıcı uç ve el ile kaynak görüntüsü.....	33
Resim 4.13. Ultrasonik kaynak görüntüsü.....	34
Resim 4.14. Isıtıcı uç kaynak görüntüsü.....	34
Resim 4.15. Akü kutusu ve ekipmanları.....	37
Resim 4.16. Ultrasonik kaynak ile tasarlanan üretim alanı.....	38

Resim	Sayfa
Resim 4.17. Vida dizme robotu	39
Resim 4.18. Parça al bırak robotu.....	39
Resim 4.19. Ultrasonik birleştirilecek parça.....	40
Resim 4.20. Ultrasonik kaynak makinası	40



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler

Açıklama

μm

Mikrometre

KN

Kilonewton

KHZ

Kilohertz

Kısaltmalar

Açıklama

FTT

First time true

PPM

Part per million

Q1

Kalitede bir numara

JLRQ

Jaguar, Land Rover quaility

VDA

Verband der deutschen automobilindustrie

TL

Türk lirası

SN

Saniye

RBA

Robotic proccess Automation

BT

Bilgi teknolojileri

1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründe plastik parçaların üretim süreçlerinin karlılığını artırması ve kalitesi ile rekabetçi olması için üretim yöntemlerini geliştirmesi ve değiştirmesi gerekir. Bu gelişimin ve değişimin en verimli yöntemi teknoloji ile tanışmak ve endüstriyel otomasyon çözümlerini sisteme dahil ederek üretim sürecini sürdürebilir, verimli, karlı ve kaliteli hale getirmektir. Bu çalışmada yaptığımız otomotiv sektöründeki plastik parça imalatına ait saha araştırmalarında ve literatür taramalarında karlılığı düşüren en büyük nedenin hatalı üretilen parçalar olduğu tespit edilmiştir. Üretilen hatalı parçaların geri dönüşümü bazı hammaddeler için mümkün olsa da asla geri dönüşüm şansı olmayan hammaddeler de mevcuttur. Geri dönüşümden elde edilen malzemelerin yeterli kalite parametrelerini karşılayamaması firmaların kalite yöneticileri tarafından iyi bilinmektedir. Kalite yöneticilerinin tecrübelerinden faydalanarak bu problemin en fazla gözlemlendiği enjeksiyon sürecinde iki plastik parçanın iki ayrı hatta üretilip sonrasında başka bir alanda birleştirilmesinden kaynaklanan problemler olduğunu tespit edilmiştir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için otomotiv sektöründe plastik enjeksiyon sistemlerinde üretilen plastik parçaların birleştirilmesi sırasındaki hataları ortadan kaldırmak, kaliteyi yükseltmek ve beraberinde firma için karlılığı ve üretim adetlerinin yükseltilmesini amaçlayan çalışmaların gereksinimleri belirlenmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada plastik enjeksiyon ve ultrasonik kaynak proseslerini birlikte inceleyerek tüm hata senaryolarını ortadan kaldırmak için üretim sürecinde robot kullanılarak gerçekleştirilen bir endüstriyel otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan endüstriyel otomasyon sistemi ile sistem ile üretim sürecinin ürün başına montaj süresi azaltılmış, ürünün iyi kontrol edilmesi yoluyla üretim kalitesini ve verimliliğini arttırmak ve seri üretimdeki birim zamanda üretim artışını ve maliyet düşüşleri ile karlılığı arttırmak amaçlanmıştır. Endüstrideki çeşitli süreçlerin otomasyonlu makinelerle yapılarak çevrim sürelerini ve iş gücüne olan ihtiyacı azaltmaktadır. Böylece otomasyon ile personel giderlerinden tasarruf sağlanabilir. Bir ürünün başlangıcından son ürüne kadarki tüm aşamalarında endüstriyel süreçlerin otomasyon sistemleri ile kontrol edilmesi ve izlenmesi üretim sayısını ve kalitesini arttırabilir. Otomasyon sistemleri üretim süreçlerinin bazı parametrelerinin manuel olarak kontrol edilmesi ihtiyacını tamamen ortadan kaldırabilir. Otomasyon teknolojilerinden yararlanan endüstriyel süreçler, kapalı çevrim kontrol

tekniklerini kullanarak süreç değişkenlerini belirlenen veya istenilen değerlere göre otomatik olarak ayarlar. Üretime endüstriyel otomasyon teknolojilerinin dahil edilmesi ile plastik enjeksiyon ve ultrasonik kaynak süreçlerindeki operatöre bağlı hataların önüne geçilerek üretim adetini, kaliteyi ve karlılığı belirli bir oranda arttıracaktır. Ayrıca bu artışlar başta firmanın ve sonrasında ülke sanayisinin gelişmesine yardımcı olacaktır.

1.1. Problem Durumu

Otomotiv sektöründe plastik enjeksiyon işletmeleri, alışlagelmiş yöntemlerle üretime devam etmeleri durumunda, işletmelerindeki ana problemleri çalışan mavi yaka personelin hataları, kalitesizlik maliyetleri, uzun çevrim süreleri ve düşük karlılıktır olacaktır. Yapılan araştırmalarda plastik enjeksiyon prosesindeki parçaların birleştirilmesinden kaynaklanan problemlerden bahsedilmiştir. Bununla beraber üretimin hatlarında teknolojik yöntemlerle karlılığa doğrudan etki edecek endüstriyel otomasyonun sistemlerinin kazanımları da literatür taramalarında yer almaktadır. Plastik enjeksiyon prosesinde, parça birleştirmede kalite ve karlılık için kullanılan başlıca birkaç yöntem bilinmektedir. Bu yöntemler hammadde seçimleri, tecrübeli enjeksiyon operatörleri, seri çalışan enjeksiyon makinaları, kalıp tasarım analizleridir. Bilinenlerin aksine robotik otomasyon ve ultrasonik kaynaktan da bahsedilse de ayrı zamanlarda farklı lokasyonlarda planlandığı görülmüştür. Hatalı üretilen ve birleştirilen parçaların bazıları için geri dönüşüm şansı olsa da, geri dönüşüm şansı olmayan hammaddelere de rastlanmıştır. Fakat dönüşüm olan hammadde ile yapılan üretimlerde ise, çoğu zaman kaliteden ödün verildiği, plastik enjeksiyon firmalarında ki kalite yöneticilerinden öğrenilmiştir. Onlarında tecrübelerinden faydalanarak bu problemin en fazla gözlemlendiği enjeksiyon prosesinde iki plastiğin ayrı hatta üretilip, sonrasında birleştirilmesinden doğan problemler olduğu görülmüştür. Bu problemler ne kadar minimize edilirse işletme karlılığı ve kaliteleri o oranda artacağı düşünülmektedir.

1.2. Araştırmacının Amacı ve Gerekçeleri

Amacım, otomotiv sektöründeki plastik parça üreticileri için teknoloji dahil edilmesi ile işletmelerinin karlılığını yükseltmek, üretim çevrimlerini düşürmek, doğru ve kaliteli ürün üretmektir. Bu kazanımları yaparken de işletmeye katma değer katacak inovatif ve otomasyon prosesleri ile güçlendirmektir. Günümüz sanayilerinde bilindik yöntemleri geride bırakıp endüstriyel otomasyon proseslerini hayata geçirerek ulusal anlamda rekabet

edecek boyutlara ulaştırmayı hedeflemektedir (Türedi, 2016). Plastik enjeksiyon hatlarındaki problemlerin ana kaynakları incelediğimde işin operatör inisiyatifinde kaldığı sürece ne kadar profesyonel olursa olsun operatör o anına göre hareket edeceği için hataya mahal verecektir. Yapılan her hata önce yatırımcıya sonra ülkemiz adına maddi ve manevi kayıp sebebidir. Yerli ve yabancı yatırımcıların en başta dikkat ettikleri nokta üretilen ürünlerin yüzde kaçını sağlam ve sevk edilebilir olmasıdır.

FTT (First Time True) ilk seferde doğru üretim ve PPM (Part Per Million) milyonda bir parçada değişken parametreleri ile otomotiv sektöründe üretimler ve hata/hurda oranları belirlenir. PPM, kalite performansını ölçmek için kullanılan yaygın bir ölçümdür. Özellikle otomotiv sektöründe kontrollerde kalite performans ölçümünde kullanılmaktadır. Satın alınan 1 milyon parça içerisinde 1 adet hatalı parça tespit edilirse PPM değeri 1 olarak belirtilecektir. 1 PPM değeri, bir milyon içerisinde 1 hata olduğunu ifade etmektedir. Formül olarak ifade edilirse $PPM = (\text{Hatalı Parça Sayısı} / \text{Toplam Parça Sayısı}) * 1.000.000$ şeklindedir. FTT ise; bir süreci tamamlayan ve hurdaya ayrılmadan, yeniden çalıştırmadan, yeniden test edilmeden, çevrim dışı onarım için yönlendirilmeden veya iade edilmeden kalite yönergelerini karşılayan birimlerin yüzdesidir. Üretim sürecinin kalitesinin bir ölçüsüdür. Formülü $[(\text{Üreten birim} - \text{arızalı birim}) / \text{üretilen birim}]$.

O nedenle bu süreçlerde doğru teknikle üretildiğinde otomotiv sektöründe ki ana sanayilerinde yer almaları öncelikle ülkemiz adına gurur kaynağı olacaktır. Makine ne kadar hızlı olursa olsun üretim esnasında operatörün tecrübesi ve ortamın düzeni gibi etmenlerle hatalı parça üretilip sevk sebepleri olabilir. Sevk edilen parça müşteri tarafından beğenilmediğinde üreticiye iade edilmesiyle kalitesizlik maliyeti ortaya çıkmaktadır. Hataların devam etmesi halinde üretici yetkinliklerinin elinden alınmasına uzanan sonuçlara maruz kalabilirler. Plastik enjeksiyon hatalarını incelediğimde en fazla hatanın önüne geçerek üretici işletmelere fayda sağlamayı hedefledim. Bu sayede kaliteli ve doğru ürün üretilip, artan maliyetlerden minimum etkilenecek, ulusal anlamda rekabet eden yurt içi ve yurt dışı pazarda söz sahibi olacaklardır.

Araştırma ile şu sorulara yanıt aranmıştır:

1. Plastik enjeksiyon prosesinde bilindik yöntemlerle ile nereye kadar devam edilebilir?

Sektörde sıradan yöntemlerle devam edilmesi durumunda karlılıkları düşecek, istenen siparişlerin zamanında yetiştiremeyecek ve yenilikçi müşterilere ulaşamayacaktır. O nedenle işletmenin rekabeti zayıflayacak, pazardaki yeri geriye doğru düşecektir.

2. Plastik enjeksiyonda meydana gelen operatör hataları nasıl ortadan kaldırılır?

Operatör hataları taranan literatürlerde de ve işletmeler incelendiğinde bu sorunu eğitim ve tecrübeli personel seçimi ile ortadan kaldırmayı hedeflemişler. Sanayi devrimlerinin gelişip şu anda da endüstri 4.0 konuştuğumuz noktada sadece eğitim ve tecrübenin ziyadesinde teknolojiyi işletmelere kazandırarak tam anlamıyla ortadan kaldırılacağı düşünülmüştür.

3. Üretimdeki kalitesizlik maliyetlerinin işletme karlılığına etkisi ne düzeydedir?

Üretimdeki kalitesizlik maliyetleri projeye göre değişkenlik gösterse de genel kabullerde karlılığın 1/10000 değeri kabul edilebilir bir oran olduğu varsayılır.

4. Prosese kazandırılacak inovatif otomasyonun işletmeye sağlayacağı katma değer ne olacaktır?

Araştırmalara göre doğru mühendislik ile hazırlanmış her proje minimum %50 kar oranını arttırması hedeflenmiştir. Bu oran yapılan projenin ve araştırmanın büyüklüğüne göre limiti yoktur.

1.3. Araştırmacının Varsayımları

Plastik enjeksiyon prosesinde teknoloji yatırımı yapılmadığında ulusal anlamda rekabet edemeyecek olduğu varsayılmıştır. Yani dünya plastik enjeksiyon pazarındaki üreticiler gelişime ve teknolojiye önem vererek üretimlerine devam etmektedir. Kurumsal pazarda yer alan müşteriler endüstriyel otomasyonu destekleyen ve kendi bünyesine kazandıran üreticiler ile yollarına devam edeceklerini her fırsatta dile getirmektedir. Teknolojiye yönelmeyen işletmeler ise, rakipler arasında yeni projeler kazanamayacağı varsayılmıştır. Müşteriler projelerini dağıtırken seçim yapacakları en önemli nokta sürdürülebilir kaliteyi aramaktadır. Marka yetkinlik belgelerini (Q1-Ford, JLRQ-Land Rover Jaguar, VDA – Alman Otomotivciler) yenilemeleri ve kaybetmemeleri için hatalarını belli bir sınırdaki tutmaları gerekmektedir. Fiyatlandırma maliyetleri hangi işletme için düşük ise o işletmenin avantajları ön plana çıkacaktır.

Üretim yöntemi ve çalışan hatalarının önüne geçemeyecekleri için kalitesizlik maliyeti artacak ve işletme vizyonu itibar kaybedeceği varsayılmıştır. Maliyetler arttığı için işletme zarar edecektir. Hatalı ürünle üretilip ve kalite kontrolden de geçerek son kullanıcıya ulaştığında müşteri şikayetleri neticesinde itibar kaybı yaşanacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Araştırmamız sırasında kullanacağımız bazı temel kavramlar, süreçler ve organizasyonlar bu bölümde açıklanacaktır..

2.1. İnovasyon Yaklaşımları

İnovasyon kavramı akademik literatürde Avusturyalı iktisatçı ve siyaset bilimci J. Schumpeter ile özdeşleştirilmiştir. Schumpeter 1911 yılında kaleme aldığı bir kitabında inovasyon kelimesinden ilk kes bahsetmiş “Kalkınmanın itici gücü” olarak nitelendirmiştir. Kendisi dar anlamda inovasyonu yeni bir üretim fonksiyonu ortaya koymak olarak değerlendirmiştir. Neoklasik dönem yönetim bilimcilerinin, o dönemde henüz söz edilmeyen inovasyon kavramı yerine, teknolojik gelişmeyi kullanması, bunu tanımlarken ise yalnızca daha az girdi ile daha fazla çıktı elde etmek şeklinde yorumlaması, 1980’lerden sonra oluşan Shumpeterci görüş için çok dar ve özellikle rekabeti göz ardı eden bir tanımlama olarak nitelendirilmiştir. Schumpeter göre ise inovasyon, yeni bir ürün ya da üretim yolu geliştirmek, yeni bir pazar geliştirmek, yarı mamul ve ham madde temin etmek için yeni kaynaklar belirlemek ve herhangi bir endüstri dalında yeni bir örgüt oluşturmak gibi faaliyetleri içermektedir (Kurz, 2006). Günümüzde artık sıkça duyduğumuz inovasyon kelimesi; sürekli iyileştirmeye dayalı, ürün ve hizmet hizmetlerin geliştirilmesine dayanan bir tanımdır (Taşgıt, 2016). Bir fikir, yeni bir ürün veya yeni bir hizmet anlamında yeni çözüm gibi, düşünceye benzer bir yapı olan yenilik potansiyelinden ortaya çıkar. Uygulamada, bir açıklama ve taslak ile tek bir çağrı cihazında birleştirilebilir. Fikirlerin ilk olarak tanımlanması durumunda, fikrin şirket için neden alakalı olduğu, fikrin potansiyeli ve faydası önemlidir (Fritsch, 2001). Bir fikri gerçeğe dönüştürmek, bir inovasyon süreci oluşturmayı gerektirir. Bu süreç, doğru sorunu çözdüğünüzden, müşteri geri bildirimlerini düzenli olarak topladığınızdan, gerektiğinde yinediğinizden ve yeniliği tam olarak gerçekleştirmek için doğru kaynakları ve yöntemleri güvenceye aldığınızdan emin olmak

için farklı adımları düşünmeye zorlar. Yenilikler; belirsizlik, risk ve karmaşıklık ile karakterize edilen zorluklardır. Bunu geliştirme için bir yapı, sistem ve metodoloji iletmeyi daha da önemli hale getirir. Yeni ürünlerin geliştirilmesi ve uygulanması aynı zamanda, bir yandan yaratıcılık için yeterli alan bırakan, hedef odaklı bir şekilde yönlendiren farklı aşamalara göre pratik bir inovasyon sürecini de içerir. Belirlenen kriterler bazında şirketin potansiyel faydaları ve fizibilitesi değerlendirilir. Buna dayanarak, fikre öncelik verilir ve hedef ve beklentilerin de somutlaştırıldığı bir sonraki aşamanın yayınlanmasına karar verilir. Ürün ve hizmetlerin tasarımı (konsept geliştirme), somut hale gelmesi (uygulama), pazarlanması da bu sürecin adımlarıdır. İnovasyonun ilk adımı aslında ürün/hizmete dayalı bir fikir ile başlar. Özetlemek gerekirse;

Çizelge 2.1. İnovasyon adımları ve gereklilikleri

İNOVASYON ADIMLARI VE GEREKLİLİKLERİ		
KONSEPT GELİŞTİRME	UYGULAMA	PAZARLAMA
İhtiyaçlar	Yapılandırma	Üretim
Fikirler	Prototip geliştirme	Pazarlama
Değerlendirme	Demo/pilot uygulama	
Proje planlama	Test	

İnovasyon süresinde çeşitli yaklaşımlar ile karşılaşacağız. Bunlar;

- Birinci ve İkinci Nesil Yaklaşımlar (Doğrusal Süreçler)
- Üçüncü Nesil Yaklaşım (Etkileşimli İnovasyon Süreci Modeli)
- Dördüncü Nesil Yaklaşım (Bütünleşik İnovasyon Süreci Modeli)

2.1.1 Doğrusal süreçler

Birincil ve ikincil yaklaşımın olduğu evredir. Bu süreçte yenilik beklenirken geleneklerden ayrılabilir fakat faaliyetler bütün olarak değerlendirilir. Bu safhada da bakış açısı ikiye bölünür. Birincisi; bilim ve teknoloji odaklıdır. İsteğe göre şekillenir. Kalite ve karlılık gerçek hedefler içinde inovasyonun olmazsa olmaz olduğunu ortaya koyan yaklaşımdır. İkincisi; talebe göre inovasyon yaklaşımıdır. Müşteriler ile olan ikili ilişkiler sonucu özel

isteklere cevap verme aşamasında ortaya çıkar. Bu süreçte bilim ve teknolojinin kapısı açılır. İhtiyaçlara yönelik yenilikçilik, arge ve temel araştırmalara yer verilir. Tüm araştırmaların ortak havuzu olarak değerlendirilir. Süreç ne kadar kapsamlı olursa ilgili pazara ve topluma fayda seviyesi o kadar yüksek olur.

2.1.2. Etkileşimli inovasyon süreci

Etkileşimli kelimesinden de anlaşılacağı gibi yapılan teknolojik ve inovatif adımlar birbirini takip eden/etkileşen birbirleri ile bağımlı öğelerden oluşur. Bu bölüm, inovasyon sürecinin etkileşimli doğasına odaklanmaktadır. Bu süreçte çevre, teknoloji ve organizasyonlar arası bilgi paylaşımı ve tecrübe aktarımı önemlidir. Teknoloji araştırmaları yapılırken çevresel faktörlerin bir organizasyon tarafından değerlendirilerek yön verilmesinin ilk adımı olarak adlandırılır.

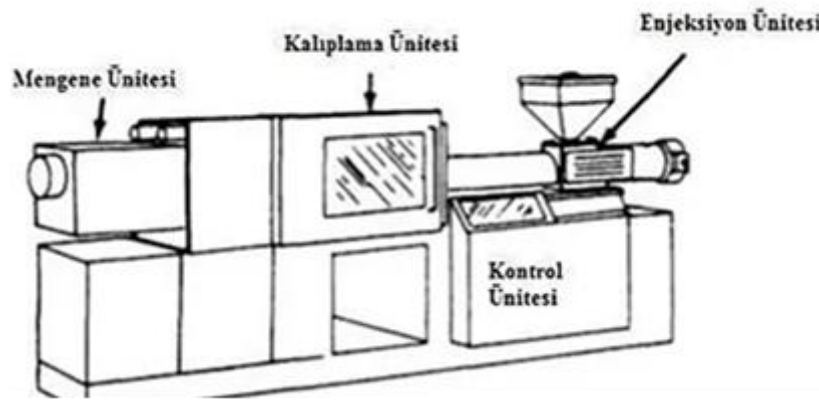
2.1.3. Bütünleşik inovasyon süreci

Bütünleşik İnovasyon süresi ise; ilk adımdan itibaren yani, fikir, arge, proje, üretim ve pazarlama faaliyetlerini ayırmadan kuvvetli bir bağ oluşturarak, müşterileri de dahil eden süreçtir. Şimdiye kadar, akademik literatürde eksiksiz bir yenilikçilik modeli neredeyse hiç test edilmedi. Araştırmacılar; bu nedenle çok az kayda değer sonuca ulaşır. Firmaları yenilikçi stratejileri hakkında veya tamamlanmamış bir inovasyon modeli kullanmaya iter. Modelde, firma içi ve firma dışı inovasyon belirleyicileri, nihai olarak işletmeyi etkileyen yenilikçi yeteneği belirler. Firmanın kendi pazarındaki rekabet gücü ve dolayısıyla finansal piyasayı, yenilikçiliğini ve şirketin üretim performans başarısı etkileyecektir. Genellikle ana sanayilerin kendilerine üretim yapan ya da hizmet veren firmalarını geliştirmek anlamında attıkları adımları içerir. Her işletme kendine çalışan alt firmalarının her bir adım önde olmasını amaçladıkları için hizmet aldıkları işletmeleri yapılan kontrol veya denetimlerle geliştirmeyi hedefler. Bu denetimlerde tüm süreçler dahil olduğundan her birim gelişimi kaçınılmaz olacaktır.

2.2. Plastik Enjeksiyon Süreci

Amerikalı mucit John Wesley Hyatt, kardeşi Isaiah ile birlikte 1872'de ilk plastik enjeksiyon makinesinin patentini aldı (Meade, 1923). Bu makine, günümüzde kullanılan makinelere

kıyasla nispeten basitti. Plastiği ısıtılmış bir silindirden kalıba enjekte etmek için bir piston kullanılmaktaydı. Endüstri yıllar içinde yavaş yavaş ilerledi ve yaka askıları, düğmeler ve saç tarakları gibi ürünler üretti. Arthur Eichengrün 1919'da ilk enjeksiyon kalıplama presini geliştirmiş ve 1939'da plastikleştirilmiş selüloz asetat enjeksiyon kalıplama patentini almıştır. Plastik enjeksiyon, ısı ile eritilmiş plastik granül hammaddelerin, bir kalıba enjekte edilmesi ve ardından soğutularak, katılaştırılmasıyla kalıplanmış ürünler elde etme yöntemidir. Bu yöntem, plastik karmaşık ve sade şekillere sahip tüm ürünlerin seri üretimi için uygundur. Enjeksiyon kalıplama işlemi, aşağıda gösterildiği gibi altı ana adıma ayrılmıştır.



Resim 2.1. Plastik enjeksiyon makinası bölümleri

Hammadde kurutma aşaması; hammadde kurutma ünitesinde enjeksiyonda kullanılacak hammaddenin cinsine göre uygun sıcaklıkta nemi alınır.

Plastikleştirme aşaması; nemi alınan hammadde kurutucu çıkışından sonsuz vidanın üzerine dökülür ve ocağa doğru itilir. Burada farklı sıcaklıklardaki ısıtılmış ocak içinden geçen eriyen hammadde enjekte memesine doğru harekete geçer. Ocak rezistanslarının sıcaklıkları, hammaddenin erime sıcaklığı, akışkanlık değeri, parça cidarı gibi faktörler göz önüne alınarak belirlenir.

Plastikleştirme aşamasının bitmesi; sonsuz vidanın hareketine verilen süre sona erdiğinde, enjeksiyon memesinde yeterince malzeme vardır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli şeylerden biri her seferinde aynı kalitede ve ağırlıkta malzeme almak için kalıba enjekte edilen malzeme miktarı her seferinde aynı olmalıdır.

Kalıbın kapanması; enjeksiyon başlamadan önce makinadaki hidrolik kontrollü mengenerler belli bir sıkıştırma tonajında, zamanında ve basınç da iki mengene birleştirilerek kalıp bütünlüğü sağlanır.

Enjeksiyon işleminin başlaması; granül halindeki plastik hammadde kurutucudan sonra sonsuz vida yardımıyla meme ucundan enjekte edilerek kalıplara aktarılır. Erimiş halde bulunan plastik malzemenin akış özelliklerinin değişimi ve karmaşıklığından dolayı enjeksiyon zamanının tam olarak belirlenmesi zor bir işlemdir (Noordin, 2009).

Soğuma aşaması; kalıp içerisine enjekte edilen plastik malzeme burada soğumaya başlar. Bu soğumanın sonucu olarak plastik malzeme enjekte edildiği kalıbın şeklini alarak katılaşmaya başlar. Gerekli soğuma süresince kalıp açılmaz. Bu süre çeşitli plastik malzemenin et kalınlığı, termodinamik ve mekanik özelliklerine göre hesaplanabilir.

Ürünün kalıptan dışarı atılması; belirli bir süre geçtikten sonra kalıp içerisinde soğuyan ve katılaşan malzeme kalıptan itici vasıtasıyla dışarı atılır. İtici kalıbın bir yarısına yerleştirilir ve kalıp açıldığında itici mil ileri hareket ederek pimleri harekete geçirir. Parça kalıptan dışarı atıldıktan sonra kalıplar tekrar mengene ünitesi tarafından birleştirilir ve bir sonraki enjeksiyon işlemine hazırlanır.



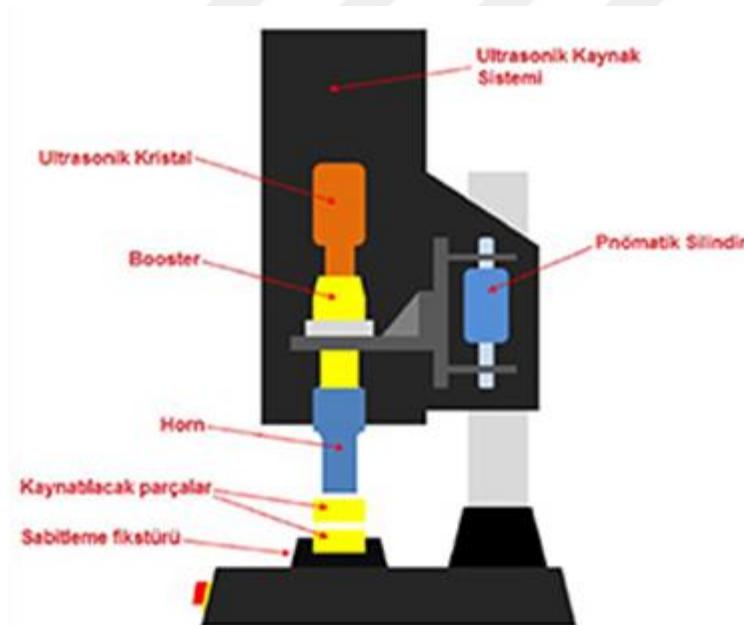
Resim 2.2. Plastik enjeksiyon evreleri

Proseste ütuleme ve soğutma zamanı kayıp zaman olmasının sebebi doğru basınç ve tonajda sıkıştırma yapılamaz ise bu süre olması gerekenden daha fazla olacaktır. Bunun önüne

geçmek için doğru mühendislik ile doğru makine tonajı ve soğutma için hesaplanan su sıcaklığından daha soğuk ve yüksek debide olması beklenir. Bu şartlar ne kadar iyi olursa ütüleme ve soğutma süresi o kadar kısa olur. Böylece toplam çevrim süresi düşer.

2.3. Ultrasonik Kaynak Süreci

Ultrasonik kaynak, termoplastik malzemeler ve demir dışı metaller için özellikle hassas bir birleştirme teknolojisidir. Plastik işleme endüstrisinde manuel iş istasyonları birçok şekilde kullanılmaktadır. Kullanıcı birleştirilecek plastik bileşenleri manuel olarak yükler ve kaynak işleminden sonra tekrar ultrasonik kaynak makinesinden çıkarır. Bileşenler, boyutlarına ve geometrilerine bağlı olarak bir veya daha fazla ultrasonik horn ile kaynaklanabilir. Kısmen otomatikleştirilmiş çözümler, yüksek kaliteli termoplastik ürünlerin üretimi için iş sürecini destekler. Ultrasonik kaynak, kaynak endüstrisinde kullanılan en popüler kaynak tekniklerinden biridir. Hızlı, ekonomik, kolay otomatikleştirilmiş seri üretim için çok uygundur.



Resim 2.3. Ultrasonik kaynak makinası bölümleri

Ultrasonik kaynak, düşük genlikli (1-25 μm) mekanik titreşimler üretmek için yüksek frekanslarda (20–40 kHz) ultrasonik enerji kullanır. Titreşimler, kaynak yapılan parçaların ortak ara yüzünde ısı üretir ve bu da termoplastik malzemelerin erimesine neden olur ve

soğuduktan sonra kaynak oluşur. Ultrasonik kaynak, tipik olarak 0,1 ile 1,0 saniye arasındaki kaynak süreleri ile bilinen en hızlı kaynak tekniğidir. Kaynağa ek olarak, ultrasonik enerji, metal parçaların plastiğe yerleştirilmesi veya farklı malzemelerden yapılmış bileşenlerin mekanik olarak sabitlenmesi için termoplastik parçaların yeniden şekillendirilmesi gibi işlemler için yaygın olarak kullanılır. Ultrasonik kaynak, otomotiv, elektronik gibi hemen hemen tüm büyük endüstrilerde kullanılmaktadır. Ultrasonik kaynağın bir sınırlaması, mevcut teknoloji ile büyük bağlantıların tek bir işlemde kaynaklanamamasıdır. Ayrıca özel olarak tasarlanmış bağlantı detayları gereklidir. Bu bağlantılar ultrasonik kaynak makinasını oluşturan ürün tasarımına uygun horn başlıklardır.

Ultrasonik titreşimler elektrikli bileşenlere zarar verebilir, ancak daha yüksek frekanslı ekipmanların kullanılması bu hasarı azaltabilir. Ultrasonik kaynak, hızlı, ekonomik ve kolay otomatikleştirilmiş olması nedeniyle termoplastiklerin birleştirilmesinde en popüler tekniklerden biridir. Yakın alan ultrasonik kaynakta, horn ve bağlantı ara yüzü arasındaki mesafe 6 mm veya daha azdır. Bu çalışma, amorf (akrilonitril-bütadien-stiren ve polistiren) ve yarı kristalli (polietilen ve polipropilen) polimerlerin yakın alan ultrasonik kaynağını da kapsamaktadır.

Polimerlerin dinamik mekanik modüllerini tahmin etmek için yüksek frekanslı ultrasonik dalga yayılımı ve zayıflama ölçümleri yapılmıştır. Tahmini modüller, ısıtma hızlarını ve enerji tüketimini tahmin etmek için toplu bir parametre modeline girilmiştir.

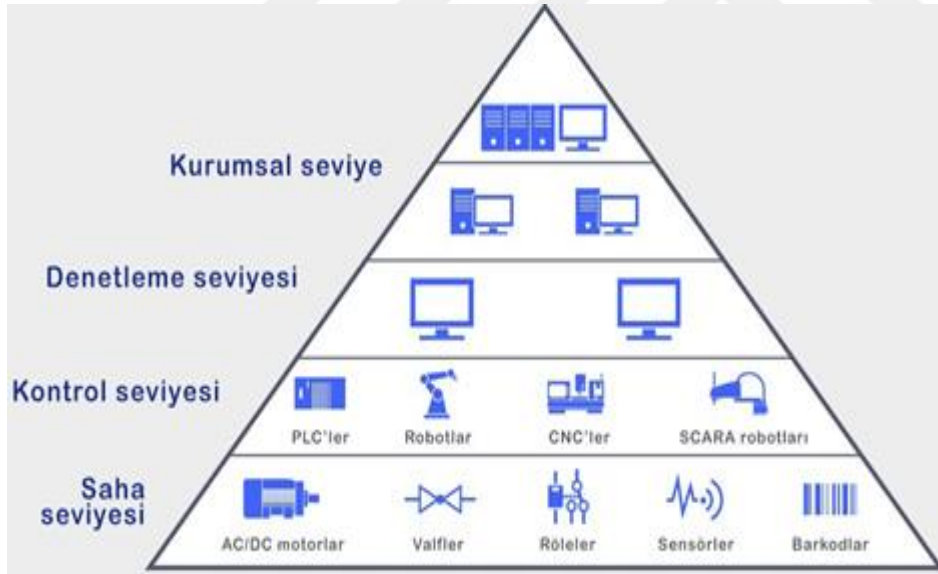
DeneySEL sonuçlar, kaynak basıncındaki değişikliklerin enerji kaybı veya bağlantı mukavemeti üzerinde çok az etkisi olduğunu göstermiştir. Titreşim genliğinin artırılması, enerji yayılımını ve kaynak mukavemetini arttırmıştır.

Yarı kristal polimerler için, kaynak süresinin artırılması, mukavemetin düzleştiği yerde 1.5 s'den daha büyük kaynak sürelerine kadar mukavemeti arttırdığı görülmüştür. Amorf polimerler için, artan kaynak süresi ile kaynak mukavemeti 0,8 s'ye kadar artmış, daha uzun kaynak süreleri için gereken güç çok yüksek olursa bu da ultrasonik kaynak makinasının aşırı yüklenmesine neden olur. Avantajları ve dezavantajları düşünülerek uygun malzemelerde günümüze kadar kullanılan ve sürekli gelişen bir kaynak tekniği olmuştur.

2.4. Ülkemizdeki Endüstriyel Robotik Otomasyon Süreci

Günümüzün endüstri üzerinde son derece artan rekabetçi fiyatlarla yüksek kaliteli ve tutarlı ürünleri talep etmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, çeşitli yeni ürün tasarımları ve otomatikleştirilmiş cihazların kullanımına paralel olarak entegre üretim teknikleri göz önünde bulundurulmuş endüstriyel otomasyon teknolojilerini ortaya çıkarmıştır.

Otomasyon, bir görevi gerçekleştirmek için insan yardımıyla belirli bir makine mekanizmasını kullanan mekanizasyonu bir adım öteye taşır. Mekanizasyon, insan karar vermesine bağlı olarak, elektrikli makineler kullanılarak bir görevin manuel olarak çalıştırılmasıdır. Öte yandan, otomasyon, insan katılımını mantıksal programlama komutlarının ve güçlü makinelerin kullanımıyla değiştirir. Endüstriyel otomasyon, yeni, yenilikçi ve entegre teknoloji ve hizmetleri benimseyerek üretim ve tasarım maliyetlerini düşürürken ürün kalitesini, güvenilirliğini ve üretim hızını artırmayı kolaylaştırır.



Resim 2.4. Endüstriyel otomasyonun seviyeye göre uygulama ekipmanları

Kısaca endüstriyel otomasyon, endüstriyel süreçlerin önemli bir insan müdahalesi olmaksızın otomatik olarak çalıştırılması ve kontrol edilmesini sağlayan ve manuel kontrolden daha üstün performans elde edilmesini sağlayan teknolojileri ve otomatik kontrol cihazlarının kullanılması olarak tanımlanabilir.

2.5. Robotik ve Otomasyon Süreçleri

İşletmelerde yapılması hedeflenen en başarılı süreçlerdir. İnsan gücü yerine otomatik makine ve robotların verimli, sürdürülebilir, kaliteden ödün vermeden çalıştığı süreçlerdir. Tüm yatırımlar kısa vade de üretimi arttıran, kalitesizlik maliyetlerini azaltan en etkin çözümdür (Dengiz, 2017). Bu yatırımlar planlanırken üretimin sürdürülebilir olması sebebiyle amortisman süreleri uzun olsa da totalde karlılık gösterecektir. Bazen robotik ve otomasyon terimlerini birbirinin yerine kullanılsa da, robotik süreç otomasyonu (RPA-Robotic Process Automation) ile süreç otomasyonu arasında bazı önemli faktörler ve farklılıklar vardır. Her ikisi de iş süreçlerini otomatikleştirirken, benzerliklerin bittiği birkaç olgu vardır.

Geleneksel süreç otomasyonu, uygulamalarında ve entegrasyonlarında çok daha geniştir. Görevleri, yazılımları, veri depolama sistemlerini ve entegrasyon faaliyetlerini gerçekleştirmek için makine kullanımını içerir. Bununla birlikte, robotik süreç otomasyonu, kritik faaliyetlere odaklanır ve çalışmayı bir insanın yapacağı şekilde taklit eder.

Süreç otomasyonu genellikle BT mühendislerinden ve geliştiricilerinden büyük bir girdi gerektirirken robotik süreç otomasyonu, eğitilebilen veya kendi kendine eğitilebilen robotları kullanır. RPA genellikle e-posta yanıtları, veri çıkarma ve bir insanın aksi takdirde gerçekleştireceği diğer temel sistem görevleri gibi BT işlevleri için kullanılır.

İş süreci otomasyonu çok çeşitli görevleri kapsar. Bunlar veri dosyalarını yönetme ve toplama, tekrarlayan görevleri otomatikleştirme, veri kaynaklarını ve hizmetlerini bağlama ve entegre etmedir.

2.5.1. Otomasyon süreci

Karmaşık iş süreçleri otomatikleştirmek için teknolojiyi kullanır. Tipik olarak üç işlevi vardır: süreçleri otomatikleştirmek, bilgiyi merkezileştirmek ve insanlardan gelen girdi ihtiyacını azaltmak. Şeffaflığı, departmanlar arası iletişimi ve işlem hızını artırırken darboğazları ortadan kaldırmak, hataları ve veri kaybını azaltmak için tasarlanmıştır. Otomasyon sürecini başlatmak öncelikle işletmede ki işlevlerin incelenerek analiz edilip yorumlanması gerekir. Süreç otomasyonu, hataları azaltan, teslimat hızını artıran, kaliteyi

artıran, maliyetleri en aza indiren ve iş sürecini basitleştiren insan girdilerini ortadan kaldırarak bir sistemi düzene sokar. Tamamen otomatikleştirilmiş bir iş akışı oluşturmak için yazılım araçlarını, insanları ve süreçleri birleştirir. Sonrasında ise bu işlevsellikler nasıl otomatik hale gelir, nasıl proses sadeleştirilir gibi soruların cevapları belirlenir. Bu süreçte analiz önemlidir.

Süreç uzmanlarının tecrübelerinden faydalanılabilir. Hali hazırdaki sistemlerde çalışan personellerin fikirleri işin analizi ve tasarımı aşamasında önem kazanacaktır (Çengelci, 2005). Otomasyon süreçlerinde organizasyonları daha karlı, esnek ve duyarlı hale getiren iş akışlarını düzene sokar. Ayrıca iş ortamında sıradan görevleri kaldırarak çalışan memnuniyetini, bağlılığını ve üretkenliğini artırır. Ayrıca aldığımız dönütlerle doğru bir adım atacağımız kaçınılmaz olacaktır. Bu işlemleri zamanında yaptığımızda sürecin tamamlanma aşamasında vakit kayıplarının da önüne geçmiş oluruz. Analiz ve saha dönütlerinin ardından yapılacak sürecin verimi belli olacaktır. Diğer bir evremiz ise tasarım; bu evreye kadar olan bütün bilgiler ve tecrübeler ışığında oluşan fikirlerin modellenmesidir (Karacak, 2019). Tasarım aşamasının doğru mühendislik ve fizibilite yapıp önceki evrelerde de tecrübeler birleştirilerek sonuçlandırıldığında ortaya çıkacak proje sürdürülebilir, verimli, kullanımı ergonomik, hatasız olacaktır.

2.5.2. Robotik süreci

Katma değeri çok kısa süre gözlemlenebilecek fakat amortismanı süreci en fazla olacak yatırımdır. Maliyetler başta yatırımcıyı korkutsa da uzun vadede kar ve kalite kaçınılmaz olacaktır. Robotik süreci otomasyonun bir adım önüne geçerek aslında sürdürülebilirliğin yanında tekrarlanabilirlik hassasiyeti, koordinatsal kararlılık gibi özellikleri barındırıyor. Bu özellik ile tutarlı ve hızlı sonuçlar elde edilir. O nedenle en verimli olduğu yatırımlar, özellikle uzun süreli çalışan ve tekrar eden proseslerdir. İnsanlar gibi yorulma sıkılma, dikkat eksikliği olmadığından hata ve riski sifra yakındır. İnsanlar yerine yazılım robotları, uygulamalarda ve sistemlerde oturum açmak, dosya ve klasörleri taşımak, verileri çıkarmak, kopyalamak ve eklemek, formları doldurmak ve rutin analizleri ve raporları tamamlamak gibi tekrarlayan ve daha düşük değerli işler yapar. Gelişmiş robotlar, metin yorumlama, sohbet ve konuşmalara katılma, yapılandırılmamış verileri anlama ve karmaşık kararlar almak için gelişmiş makine öğrenimi modelleri uygulama gibi bilişsel süreçleri bile gerçekleştirebilir (Atkinson, 2018). Robotlar bu tür tekrarlayan, yüksek hacimli görevleri

yaptığında, insanlar en iyi yaptıkları şeylere odaklanmak ve daha fazla keyif almak için özgürleşir yenilik yapmak, iş birliği yapmak, yaratmak ve müşterilerle etkileşim kurarlar. Ülkemizde otomotiv sektörü robotik otomasyonun öncülüğünü yapsa da gıda, plastik, lojistik, ahşap ve metal türevleri işleme gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Robotik otomasyonu birkaç sektörde sınırlayamadığımız gibi kesinlikle kullanılamaz diyeceğimiz sektör de yoktur. Mutlaka prosesin bir adımında destekleyici olacaktır. Robotik proses yönetiminde işletmedeki verimliliği artırmak, operasyonel aksiyonları azaltmak ve geleceğin teknolojilerine bugünden ayak uydurmak için teknolojik inovasyon tercih sebebidir. Yazılım ile müdahale edilebilen robotlar birbirini tekrarlayan, öngörülebilir işleri yapmakta büyük bir potansiyele sahiptir. Robotik otomasyonu, işle ilgili birçok çalışan davranışı öğretilir. Bu da işletmeler için; işlem maliyetlerinin azalması, süreçlerin kalitesinin ve tutarlılığının artması ve belki de hepsinden önemlisi işlerin ölçeklenmesinin desteklenmesi anlamına geliyor (Gönen, 2004).

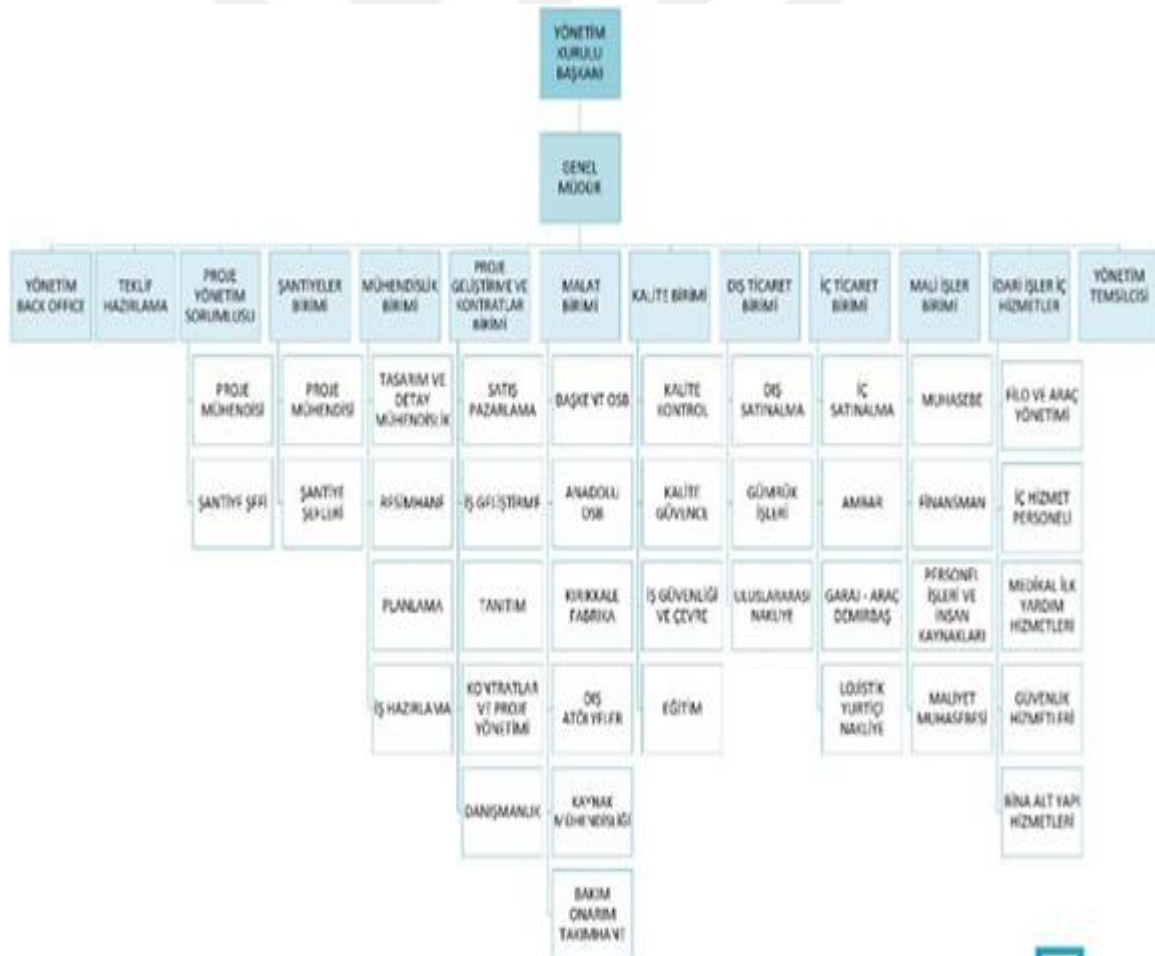


Resim 2.5. Plastik enjeksiyon makinasına entegre edilmiş robot

Sanayinin, işletmelerin teknoloji ve inovasyonu bu denle önemsemesinin sebebi; teknoloji birçok sürecin otomasyon ile yönetilmesi potansiyelini barındırıyor. Bu da iş süreçlerindeki karmaşıklığı azaltırken, verimi artırıyor. Aynı zamanda maliyetleri çok önemli oranda düşürüyor. Diğer taraftan mevcut insan kaynağının monotonluktan uzak, katma değeri daha yüksek işlere odaklanmasını sağlıyor.

2.6. İşletmelerin Organizasyon Yapısı

Her işletme kendi bünyesinde faaliyetlerinin işleyişine yön vermek, doğru adımlar atmak, doğru kişilere doğru işleri yaptırmak için işletme olarak organizasyon kurmaları gerekmektedir. Organizasyonu kurarken, işletmenin sahibi kendi politikalarını belirleyerek görev dağılımlarını sağlar. Hiçbir işletmeci olduğu yerde saymak istemediğinden, işleri ilerlettikçe, bu işleri yapacak personel sayısı da aynı oranda artacaktır. Personeller arttıkça da aralarında tecrübe, kademe, tahsil gibi farkları oluşacaktır (Yıldırım, 2020). Bunlardan dolayı o işletmede verimin artması için bölümlerin ayrılması, personel yeterliliklerinin belirlenmesi, yetki kademesi oluşturulması gerekeceğinden işletme için organizasyonun oluşumu ortaya çıkacaktır. İşletmeler bu konuda başarılı ve etkin olabilmeleri için genel de aşağıdaki gibi bir organizasyon oluşturur, doğacak ihtiyaçlara göre de revize ederler.



Şekil 2.1. Örnek Organizasyon Şeması

2.6.1. Organizasyondaki birimlerin görevleri

Üretim; üretim alanında personel ve makine kullanarak hammaddeyi ürün ve hizmete dönüştürerek son kullanıcıya ulaşmasının üstüne kurulan bir bölümdür.

Planlama; üretilen ürünlerin alıcıya/tüketiciye ulaşması için hedeflenen ya da müşteri özel isteğine göre üretimi yetiştirmeye çalışan bölümdür. En önemli bakış açısı; stok takibi, sipariş takibi, planlama ve üretim raporlarını inceleyerek görevini yerine getirmelidir (Demiral, 2019).

Lojistik; tedarikçiden işletmeye, işletmeden de müşteriye mal ve hizmet sevkini gerçekleştiren birimdir.

Bakım; işletmelerin çalışır halde kalmalarını sağlayan ve arızalanan makine ve ekipmanların bakım/tamirini gerçekleştiren bölümdür.

Araştırma- Geliştirme; bulundukları işletmeye ait yeni bir bakış açısı ile ürün ya da hizmet geliştirebilen birimdir.

Kalite; işletmeye gelen ürünlerin girişinden, üretim ve sevkine kadar olması gereken standartlarda olup olmadığını kontrol eden ve en hatasız şekilde işlevselliğini sağlayan bölümdür.

İnsan Kaynakları; işletmenin ihtiyacına göre personel alım değerlendirme, özlük işleri, eğitim, görev tanımı belirleme gibi konuları üstlenerek organizasyonun yapısına yön verir.

Satın Alma; ihtiyaç duyulan mal ve hizmetleri iç ve dış pazarda araştırmasını yaparak işletme menfaatlerini koruyarak işletme bünyesine katmak amacıyla çalışan bölümdür.

Proje; işletme kolunda yapılacak işlerin araştırması, mevcut işleyiş için revizyonlarla gelişimine destek olan bölümdür.

Tasarım; işletme bünyesinde ihtiyaç duyulan ürünlerin ya da işlevsel makine vb. cihazların tasarımı, yapılması planlanan ürünleri tasarımı, mevcut ürünlerin geliştirilmesi gibi konularda tüm bölümlere destek olan bölümdür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

İşletmelerdeki plastik enjeksiyon prosesinde üretilen ürünlerin, üretim yapıları incelenmiş oluşan hatalar gözlemlenmiştir. Kalitesizlik maliyetleri hesaplanarak işletmeye katma değer sağlanacak proseste kullanılan yöntemler değerlendirilmiştir. Doğru organizasyon yapısı ile geliştirilecek endüstriyel otomasyon teknolojileri ile projeler tasarlanmıştır. Gerçekleşecek tüm proses adımları prototiplenmiş maksimum verim sağlandıktan sonra hayata geçirilmiştir. Tezimi öncelikle ülkemizdeki otomotiv sektörünü ve bu sektöre hizmet veren plastik enjeksiyon firmalarını araştırıp pastanın büyük dilimini görmeye çalıştım. Ülkemizde 12 marka ile hizmet veren otomotiv ana sanayi 2022 itibari ile Honda'nın ülkeden ayrılması ile 11 marka ile hizmet vermektedir. 2021 yılı Ocak-Ağustos döneminde toplam üretim %14 daha artarak bu dönemde, toplam üretim ticari 814.520 adet, otomobil üretimi ise 511.766 adet düzeyinde gerçekleşti. Toplamda 1.327,286 adet taşıt hayata kazandırılıyor.

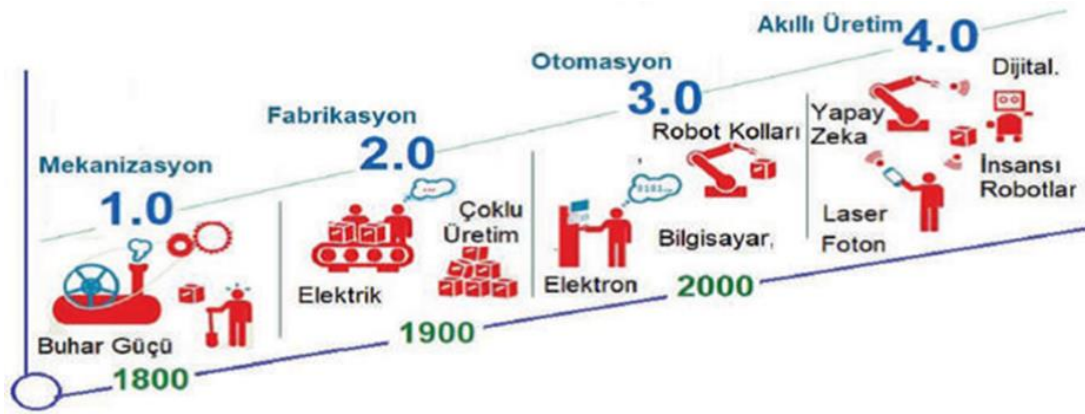


Resim 3.1. Ülkemizdeki otomotiv üreticileri

Ülkemizde 11 farklı marka ile üretim yapan otomotiv ana sanayinin 348 adet üretime destek veren plastik parçalarının üretildiği plastik enjeksiyon fabrikaları ile yan sanayileri oluşturduğunu araştırdım. Bu oluşumda üreticiler çeşitli yöntemler ile üretimlerini gerçekleştirmekte ve ana sanayinin montaj hatlarına parçalarını müşteri özel istekleri doğrultusunda sevk ettiklerini gördüm. Fakat bu parçalar araçlara montajlanmadan üretildiği fabrikalarda bazı kalite ve üretim problemleri ile karşı karşıya geldiklerini tespit ettim. (Türkiye Plastik Sektör Raporu, 2021).

3.1. Üretim Tesislerine Teknoloji ve İnovasyon

Sanayi gelişimi 2000 yılların başında robotlarla zirveye çıktığını düşünsek de 2013 yılından itibaren endüstri 4.0 kavramını yani 4. sanayi devrimi akıllı fabrikalar devrimi olarak da adlandırılır. Uzak izlemeler, bulutta veri saklamalar, sanal gerçeklikler vb. teknolojiyi sanayiye uyarlamamıza iter hale geldi.



Resim 3.2. Sanayi gelişim süreci

Ülkemizde de son yıllarda sıklıkla duyduğumuz endüstri 4.0, ülkemiz ekonomisinin tüm sektörlerini ve her ölçekten firmayı etkileyecek bir akış ve devrim beklemektedir. Bu akışın içinde yer almadan endüstriyel faaliyetlere devam etmek zorlayıcı görünmektedir. Kurumların, ileriye yönelik tüm strateji ve politikalarında, yatırım geliştirme, plan, proje ve uygulamalarında da büyük resme odaklı olarak özellikle iklim değişikliği hareketi ile birlikte, endüstri 4.0 dönüşümü de firmalar için zorlayıcı bir ana çerçeve niteliğindedir (Fırat, 2016).

Tesislerin gelişimi ve rekabet hızını arttıracak en temel yapı endüstriyel otomasyonlaşma ve robotikleşmedir. İki olmazsa olmaz konuları ele alalım.

3.1.1. Robotiğin üretime etkisi

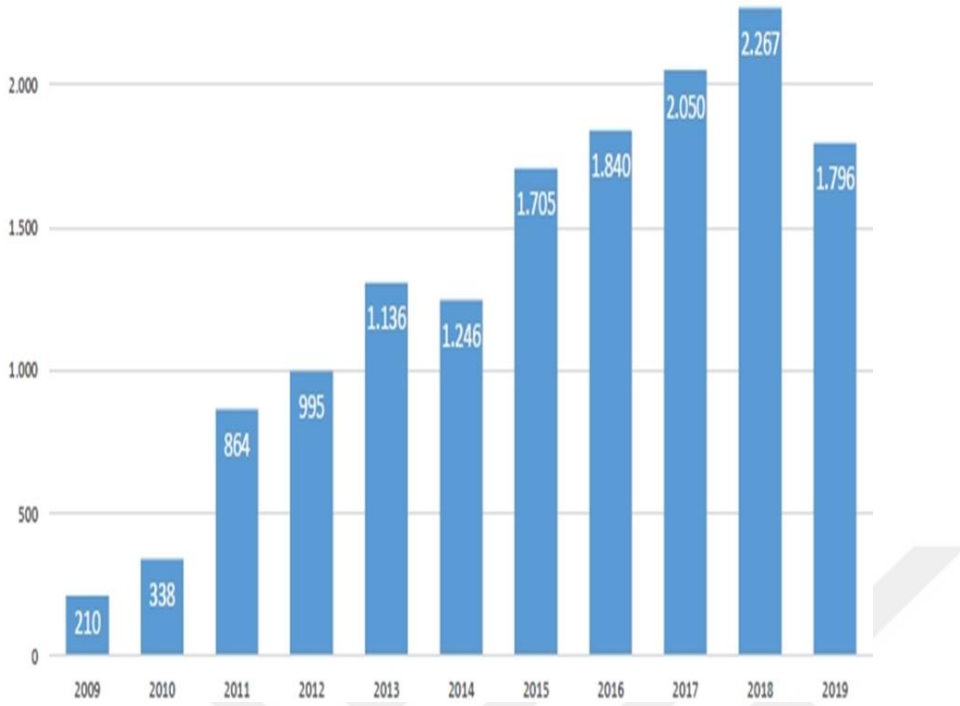
Endüstrilerin; üretim, kalite, montaj, revizyon, bakım vb. alanlarında insan gücü ve basit makinalar ile ilerlemesi çok zor hale gelmiştir. Çünkü bu işlevlerin yapıldığı zaman, maliyet, iş gücü ve kalitesi karşılaştırma yapıldığında bu yöntemlerin günümüzde yetersiz hale

gelmesi ile endüstrilere çeşitli inovasyonlar katılması kaçınılmaz oldu. Akla ilk gelen ve popüler olan robotik uygulamaları gelmektedir. Robotlar işlevlerine göre 3-4-5-6-7 eksen kartezyen (isteğe bağlı eksen artırılabilir), endüstriyel, scara, kolobratif, insansı robotlar olmak üzere çeşitlendirilebilir. Robotlar, üretkenliği artırmak için en önemli araçlardandır. Bugüne kadar, robotların benimsenmesinin çoğu, çeşitli manuel görevleri insanlardan daha verimli ve tutarlı bir şekilde gerçekleştirdikleri imalatlardır. Ancak devam eden inovasyonla birlikte robot kullanımı, tarımdan lojistiğe ve konaklamaya kadar ilk etapta akıllara gelmeyen sektörlerle yayılıyor. Robotlar, kısmen yapay zekâyı dahil ederek daha ucuz, esnek ve özerk hale geliyor. Bu eğilim devam ettikçe, robotların benimsenmesi, muhtemelen üretkenlik artışının önemli bir belirleyicisi olacak ve potansiyel olarak küresel tedarik zincirlerini yeniden şekillendirecektir.

Robotlar ve diğer otonom sistemler, işlevsellik açısından gelişime, ileriye dönük maliyetlerde azalmaya devam ettikçe, bunların üretkenlik üzerindeki olası etkileri daha da önemli olacaktır. En azından bir sonraki inovasyon dalgasını oluşturmaya aday gibi görünmektedir. Nesnelerin interneti, gelişmiş robotik, blok zinciri, yeni malzemeler, otonom cihazlar ve yapay zekâ gibi süreçlerle robotik her geçen gün vazgeçilmez bir üretim aracı haline gelecektir. Belki de yapay zekâ, robotik verimlilik ve karlılık anlamında en önemli teknolojidir. Yapay zekanın öğrenme, anlama, akıl yürütme ve etkileşim dahil ancak bunlarla sınırlı olmayan birçok işlevi vardır. Programlanması kolay, hünerli ve nispeten uygun fiyatlı robotlar; tarım, üretim ve hizmet sektöründe bir dizi işlevin otomasyonunu sağlayabilir (Van der Aalst, 2018). Bu teknolojiler zaten piyasada olsa da tümü genellikle ekonomi çapında daha yüksek verimlilik artışı oranları sağlamak için yeterince yaygın olmamasının sebebi ilk yatırım maliyetlerinin pahalı olmasıdır.

Bu nedenle, örneğin, "Endüstri 4.0" teknolojileri üzerindeki heyecana rağmen, gelişmiş ülkelerdeki çoğu üreticinin benimsemenin çok erken aşamalarında olduğu kısmen kanıtlandığı gibi, büyük ölçekte benimsenmiş görünmüyorlar. Benzer şekilde, makine öğrenimi yazılım sistemleri hakkında önemli bir heyecan olsa da bazı umut verici erken uygulamalara rağmen, mevcut yetenekleri nispeten sınırlı kalmaktadır.

2009 yılından 2019 yılına kadar olan süreçte Türkiye’de kurulan robot sayısını görmekteyiz. 2020 ve 2021 yılı verileri açıklanmasa da pandeminin etkisiyle teknoloji yatırımları ile tekrar yıllık kurulumun 2000’ni geçtiğini düşünülmektedir.



Şekil 3.1. Ülkemizdeki yıllık kurulan robot sayısı

3.1.2. Otomasyonun üretime etkisi

Ülkemizde sanayimiz atölyelerimiz üretim hatlarımızda neredeyse alışıla gelmiş yöntemler ile yıllarca çeşitli sektörlerde üretim yaptık. Ya da öğretileni yapmaya çalıştık. Bir adım öteye gitmek için çabalayanlarımız olsa da yoğunluktan, imkansızlıktan, kalifiyetsizlik den dolayı bu gelişimi kısa vade de yapamadık. Piyasanın rekabetine uzun yıllar dayansak da 2010 yılından sonra sanayinin bu denli, gelişimine ancak rekabet edecek hale gelmek için 3.0 da ki gelişimi biraz daha robotiğe, otomasyona, uzaktan kontrol ve izlemeye geçmek kaçınılmaz hale geldi. O nedenle otomasyonu işletmelere kazandırıp, maliyetleri aşağı çekip, karlılığı arttırmak hedeflenmelidir. Bu geçiş sayesinde daha kısa zamanda daha kaliteli ürün üretileceğinden ilgili pazarın rekabetine yön verecek adım atmış hale geleceklerdir. Otomasyona geçişin kalite ve karlılık atışı ile pazardaki rekabeti de arttıracak kaçınılmazdır. Benzer sektördeki rakip firmaların yarışları eşitlenmesi için onlarında bu gelişime geçmeleri gerektiğini, aksi halde rekabet edemez hale geleceklerdir. Gelişimi desteklemediklerinde bir süre dayanabilir sonunda iflasın eşiğine gelecektir. O nedenle rekabet kaliteyi artırır anlayışı ile teknoloji ve otomasyona yatırım yaparak karlılıkları arttırmalıdır. (Sarıdoğan, 2020).

3.1.3. Endüstriyel otomasyonun işletmelere uyarlanması

İşletmeler hedefledikleri gelişim göstergelerinin içinde kaçınılmaz olan karlılığı göz ardı edemezler. O nedenle süreçler gözden geçirilip, o prosese neler katılabileceği, nasıl ergonomik hale gelmesi ve kalitesinin gelişimi için çaba göstermelidirler. Ancak bu hedefler doğrultusunda kaliteli ürün ve karlı kazanç elde edebiliriz. Kazanılan tecrübeleri, öğrenilen yöntemleri kendi işletmelerimize nasıl uyarlarız ya da nasıl kazandırırız gibi aksiyonları alıp bir an önce doğru ürün ve kaliteli mühendislik ile kazanımı sağlamalıyız. Katma değer ilkesi ile tüm sektörler hareket etmeli kendilerine, markalarına ve çalışanlarının hayat kalitesine değer katmalıdır.

Otomasyon, imalat endüstrisinde robotik kavrayıcı kollardan tarayıcılara kadar birçok farklı biçim alabilir. Sonuç olarak; otomasyon, ürünlerle çok sayıda yolla etkileşime girebilir. Üreticiler özellikle sabit, programlanabilir ve esnek olmak üzere üç tür otomasyon sistemine güvenirlir.

Sabit otomasyon; tek bir işlevi gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Yalnızca bir ürünü belirli bir şekilde yapmak için kullanılan bir montaj hattınız varsa, kullanabileceğiniz şey sabit otomasyondur. Tek bir şey yapmak üzere tasarlandığından, bunu maksimum verimlilikle yapabilir.

Programlanabilir otomasyon; birden çok işlevi gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Kısa bir süre içinde çok çeşitli şeyler üretmeyi düşünüyorsanız, farklı ürünler oluşturmak için çözümü yeniden programlamak için programlanabilir otomasyonu kullanabilirsiniz. Bu tür otomasyonun dezavantajı, onu yeniden programlamanın önemli miktarda zaman alması ve bu sırada hiçbir şey üretmemenizdir.

Esnek otomasyon; sabit ve programlanabilir otomasyon arasındaki orta yoldur. Farklı işlevleri yerine getirmek için yeniden programlayabilirsiniz, ancak yalnızca sınırlı bir dizi ürün için çalışmak üzere tasarlanmıştır. Bu özellik, yeniden programlamak için çok fazla zaman harcamadan birden fazla ürün için kullanmanıza olanak tanır.

Otomasyona güvenmek, imalat endüstrisini birkaç farklı şekilde etkiler. Pek çok kişinin düşündüğünün aksine, net etki doğal olarak olumlu veya olumsuz değildir. Otomasyon, iyi

ve kötü niteliklerin adil payıyla birlikte gelir. İşte otomasyonun ana avantajları ve dezavantajları.

Avantajları; doğru kullanıldığında otomasyon, imalat endüstrisine önemli ölçüde fayda sağlayabilir. Bu faydalar, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Çoğu durumda makineler insan işçilerden daha hızlı ve verimli çalışabildiğinden, üretimin daha hızlı ilerlemesine yardımcı olabilir. Makineler daha kısa sürede ürünler yaratabilir ve belirli bir zaman çerçevesinde daha fazlasını üretebilir. İnsan işçiler yanlış değerlendirmeye ve unutkanlığa karşı hassastır, ancak bunlar makinelerin yapma eğiliminde olmadığı hatalardır. İnsanların üretim sürecine bu kadar dahil olmaları gerekmediğinden, daha güvende kalabilirler. Montaj hattında bir şeyler ters giderse, en kötü durum senaryosu yaralı bir işçiden ziyade kırık bir makine parçası olabilir.

Dezavantajları; otomasyonun en sık belirtilen dezavantajı, çalışanların yerini alması ve insanları işsiz bırakmasıdır. Yine de bu fikir tam olarak desteklenmiyor. Tarih, otomasyonun kapandığı kadar çok iş fırsatı yaratacağını gösteriyor. Makineler verimli olabilir, ancak insanların çok yönlülüğüne veya yaratıcılığına sahip değiller. En ufak bir şey ters giderse, düzgün çalışmayı bırakabilirler, oysa insan işçiler sorunu çözmek için ustalık kullanabilirler. Bazı otomasyonlar, yakıt yaktığı ve enerji kullandığı için daha yüksek kirliliğe neden olur. Kullanılan makineye bağlı olarak bu her zaman böyle değildir. Otomasyon, çok fazla işçi maliyeti ödemek zorunda olmadıkları için uzun vadede üreticilerin paradan tasarruf etmesini sağlayabilir.

Ancak söz konusu teknolojiyi satın almanın ön maliyeti olduğunda, inanılmaz derecede pahalı olabilir. Bu yatırım maliyeti uzun vade de işletmecinin sağladığı kar ve işletmelerin vizyonu için de ayrıca önemlidir.

3.2. İşletmelere Endüstriyel Otomasyon Katılması ve Organizasyon Oluşumu

Günümüzde işletmelerde katma değer sağlanmanın en etkili yöntemidir endüstriyel otomasyon ve inovasyon kazandırmaktır. Yöntem değişikliği, teknoloji ile paralel ilerlemenin aşamalarından bahsedeceğiz. Bu süreçte doğru personellere doğru görevler verildiğinde projelerin ön hazırlığından sonuca kadar olan serüvenlerinde hem keyifli hem minimum kayıplarla sonuçlanacağı kaçınılmazdır.

3.3. Endüstriyel Otomasyon Ekibinin Kurulması ve Organizasyonda ki Yeri

Genelde işletmelerde yenilikleri bakım ekibi ya da arge ekiplerine yaptırır ya da yaptırmak isterler. Ama bu yolda profesyonel ilerlemenin şartlarından biri işletmede eğitimi ve yetenekleri ile teknik bir personel proje yürütücülüğü üstlenir. İstihdama da katkı sağlamak için ve tam profesyonel olmak için kendi içlerinde inovasyon / otomasyon bölümü kurulabilir. Kurulan bölüm içinde görev tanımları ve dağılımı yapıp işletme organizasyon şemasına eklenir. Bölümdeki arkadaşlar işin fizibilitesini yaparken saha incelemeleri, benzer uygulama incelemeleri, teknoloji yöntem araştırmalarını da yaparlar. Bunun yanında mutlak suretle işi yapan personel ve ilk amirinin fikirleri işin kolaylığının yanında etkin kullanımına katkı sağlayacaktır. Günümüzde odak noktası ‘iş olsun, nasıl olur olsun’ düşüncesini yıkıp iş olsun hem de etkin, verimli ve sürdürülebilir olsun fikrini benimseyerek hareket etmeliyiz. Bu fikri iş ahlakı kabul edip örnek olunmalıyız.

3.4. Endüstriyel Otomasyon Ekibini Çalışma Süreci

Bölümün çalışması sürekli ve sürdürülebilir anlayışla devam edecek yapıya sahip olması gerekir. Fizibilite araştır, düşün, tasarla, yap, üret modeli süreçlerin evreleri olarak benimsenmelidir. Bu evrelere riayet edilerek projeler yürütülüp uygulamaya başlanır. Ekipteki tüm personellerin ilgili alanlarda yetkinliklerine dikkat edilmeli, analitik düşünme anlayışına sahip olmaları hatırlatılmalıdır.

4. BULGULAR

Literatürler ve üretici problemlerini incelediğimde bunların büyük çoğunluğunu operatör ve operasyon problemlerinden kaynaklandığını gördüm. Yaklaşık 8 ay benzer işletme sorunları ile ilgili cevap aradığım teknik geziler yaptım. Bu problemle alakalı literatürleri taradım. Fakat literatürlerde karşılaşmadığım plastik enjeksiyonda parça birleştirme ve operatör hatalarının endüstriyel otomasyon ve ultrasonik kaynağa yer verilmemesinden yola çıktım. Yapılan araştırmalar ve geliştirilen yöntemler alt başlıklarda açıklanacaktır.

4.1. Üretim ve Kalite Birimlerinin Problemlerinin İncelenmesi

İşletmeler varlıklarını sürdürebilmeleri ve hedeflerine ulaşabilmeleri için kendilerine yenilik katarak sağlayacaktır. Kalite, karlılık üretim alanlarındaki yoğun rekabette inovasyon yapmaları ve bunları hayata geçirmeleri ile mümkündür. İnovasyon, ekonomik kalkınmanın ve işletme kalitesinin önemli bir kaynağıdır (Özek, 2011).

İşletmeler gelişimlerinde, yeni pazarlama yöntemlerinin ve belki de en önemli olarak ürün alanında yapılan yeniliklerin, işletmenin üretim faaliyetlerini direkt olarak etkileyeceği ifade edilebilir. İnovasyon çabaları organizasyondaki personellerin öğrenmesini sağlayarak, işlemlerin hızını ve kalitesini artırmaktadır.

Endüstriyel otomasyonun, ürünlerin kalitesinin artırılması, üretim maliyetlerinin azaltılması ve üretim esnekliğinin artırılması gibi üretim amaçlı yapılmaktadır. Üretim performansının yükseltilmesi açısından düşünüldüğünde, otomasyonların özellikle üretimsel süreçlerin en kısa zamanda, en düşük maliyet ve en yüksek kalitede gerçekleştirilmesini sağlamaya dönük olarak gerçekleştirilme eğilimiyle ele alındığı anlaşılmaktadır. Buna göre otomasyonun sağladığı katkı ve fayda oranında üretim performansını artıracı olanlardır (Toraman, 2008). Ürün geliştirme faaliyetleriyle inovatif fikirlerin yaratılması ve müşteri beklentilerini karşılayacak ürünlerin araştırılması ve sonrasında pazar ihtiyaçlarının göz önünde bulundurularak, geri bildirimler sonucu üretim yapılması önemlidir. Kısaca, üretim performansını artırıcı inovatif fikirlerin, organizasyona hem içsel hem de dışsal olabileceği ifade edilebilir. Buradan hareketle inovasyon ile üretim ve kalite performansı arasındaki ilişkiyi olumlu yönde ilerletmektedir.

Özellikle otomotivde üretilen plastik parçaların birleştirilmesinde kullanılan iki yöntem vardır. Biri ısıtıcı yardımıyla birleştirme ve diğeri ise ultrasonik birleştirmedir. Isıtılarak birleştirme yöntemi resim 4.1 ısıtıcı uç il birleştirme; adından da anlaşılacağı üzere bir ısıtıcı ucun erime ısısına geldikten sonra plastiklerin eritilerek yapıştırılmasıdır. Diğeri ise resim 1.2 ultrasonik kaynak; iki farklı plastik parçanın, ses dalgalarını üreterek belli bir frekansta çarpışmasıyla plastiklerin tek bir gövdede birleştirilmesine olanak sağlayan kaynak tekniğidir.



Resim 4.1. Isıtıcı uç ile birleştirme



Resim 4.2. Ultrasonik kaynak ile birleştirme

Ultrasonik kaynak haricindeki yöntemde görünür yüzeylerde müşterinin beğenmediği son kullanıcı tarafından retleneceğini düşüldüğü görüntüler oluşmaktadır. Aynı zamanda kopma mukavemeti istenilen değerlere yakın ya da sınırda çıkabilmektedir. Son kullanıcıların şikâyet ve müşteri memnuniyetsizlik riskini almadıkları için plastik enjeksiyon üreticileri

için pek tercih sebebi olmamaktadır. Bunun gibi şikayetlerin ana sanayine geri dönüşü hem maddi hem de manevi itibar kaybı olduğundan tercih edilmez. Bu problemlerin tek çözümü doğru mühendislik tasarımı ile hazırlanmış ultrasonik kaynak hornu ve hesaplanmış parametre değerleriyle yapılacak ultrasonik kaynaktır (Moldovan, 2010). Ultrasonik kaynak ile birleştirilen parçalarda öncelikle görseli göz hitap eden profesyonel görüntüye sahip olur. Kopma mukavemetleri ısıtıcı uç kaynağı ile kıyaslanmayacak seviyede kalitelidir. Bu proseste en önemli parametreler doğru horn tasarımı, ultrasonik frekans, kaynak süresi ve soğutma (bekleme) süresidir. Bu parametreler doğru değerle ayarladığı sürece ne üretim işletmesinde ne de son kullanıcıda birleşim kaynaklı şikâyet gelmeyecektir. Olabilecek şikayetler ancak yanlış montaj işleminden olduğu araştırmalarda karşımıza çıkan net sonuçtur (Yadav, 2018).

Çizelge 4.1. Üç farklı hammadde ile yapılan kaynak denemeleri ve sonuçları

100 adet için yapılmış denemelerdir	Isıtıcı Uç	Ultrasonik Kaynak	Görsel Durum	Kopma Kuvveti (KN)	Kaynak Süresi (SN)	Hata Sayısı (Adet)
A Parçası (Polipropilen)	X		Kötü	25	3,5	35
		X	Çok İyi	170	1,1	2
B Parçası (Polikarbonat)	X		Kötü	33	2,8	24
		X	Çok İyi	190	0,7	1
C Parçası (Naylon)	X		İyi	70	5	19
		X	Çok iyi	300	2	1

Üç farklı hammadde ile 100 er adet üretim yapılarak alınan sonuçlara da baktığımızda ultrasonik kaynak hem hızlı, hem de kopma mukavemeti yüksektir. Aynı zamanda görseli istenen seviyededir. Bu sisteme birde robotik otomasyonu entegre ettiğimizde üreticinin totaldeki kalite ve karlılığı ortalama 4 katına çıkacaktır.

4.2. İşletmeye Kazandırılacak Projelerin Belirlenmesi

İşletmelere yapılacak/yapılan projelerden hayata geçirmeye karar vermeden önce ne kadar proje var ne kadar iyileştirme sağlayacak bakılmalıdır. Maddi kazancı, çalışma kolaylığı ve

verimi değerlendirilip kurulan ekip tarafından puanlanmalıdır. En yüksek puanı alan proje hayata geçirilmelidir. Benim de tezimde belirlediğim sorun plastik enjeksiyondaki plastik parça birleştirmeleri ve üretim yöntemleridir (Pınar, 2010). Kocaeli /Gebze lokasyonun da bulunan otomotiv ana sanayisine çalışan, bakım şefliğini yaptığım plastik enjeksiyon fabrikasına ve sektördeki diğer işletmelere katma değer sağlamak amacıyla problemli prosesi 8 ay süre ile inceledim. Geçmiş problemlerini araştırdım. Gelen müşteri şikayetleri, üretim hataları, iade sebepleri ve maliyetlere ait belgeleri işletme yetkililerinden alarak fikirlerimi hayata geçirmeye başladım.

4.3. Projenin Hayata Geçirilmesi

Bu bölümde gerçek bir endüstriyel otomasyon ve inovasyon projesi ele alınmıştır. Otomotiv ana sanayine çalışan bir işletmede en fazla zaman kaybı yaşanan, kâr marjı düşük ve kalitesi yeterli olmayan bir ürünün üzerinden somut bir örnekle irdeleyip proje konumuzun önemini ve işletmelere olan etkilerini göreceğiz. 7 yarı mamulden oluşan bir plastik otomobil parçasını inceleyeceğiz. Önce parçalarımızı ve prosesi tanıyalım.

4.4. Kalite ve Karlılığa Etkisi Olan Örnek Proje

Prosesimiz plastik enjeksiyon prosesidir. İşletme alışlagelmiş yöntem ile plastik parça üretimi için enjeksiyon makinası almış ve o makinada çalışacak personeller istihdam ettirmiştir. Bu yöntem ile üretim şöyle yapılır. Plastik hammadde makine ocağı içerisinde ısıtılıp eritilir. Eritilen plastik kalıp içine enjekte edilir. Kalıplama sırasında soğutulur, kalıp açıldığında ürün üretilmiş olur. Bu ürünü almak için bulunduğu çalışma masasından makine başına yürür ve makine kapısını açar. Makinanın içine girerek parçayı alır. Makine kapısını kapatıp tekrar çalışma masasına gider. Eğer parça problemli ise ayırır, değilse ambalajına yerleştirir. Bu çalışmanın dezavantajı operatör inisiyatifinde olup, operatörün yavaşlığı birim başı çevrimi arttıracaktır (Akyürek, 2009) .Operatör sürekli hareket halinde olduğu için iş kazasına davetiye çıkarabilir. Kalıptan parçayı aldığı anda ya da ambalajladığında çizebilir, bu yüzden kalitesizlik maliyeti çıkabilir. Ayrıca parçada ki ek fonksiyon kontrolleri de inisiyatife dayalı yapılacağından hata olasılığı yüksek olacaktır (Bozdemir, 2017).



Resim 4.3. Üretilen ana gövde parça



Resim 4.4. Kaynatılacak ve aydınlatma kontrolü yapılacak parça



Resim 4.5. Aydınlatma tesisatı

Resim 4.3 Üretilen ana gövde ve birleşecek resim 4.4 aydınlatma parçası. Bu parça birleşimin amacı resim 4.5'in eklenmesi ile ana gövde de aydınlatma yapmasıdır.



Resim 4.6. Ses İzolasyon sünger



Resim 4.7. Montaj klipsi



Resim 4.8. Montajlı bitmiş ürün

Resim 4.6 ve resim 4.7'nin eklenmesi parçanın otomobilin gövdesinde sabitlenmesini sağlayacağı parçalardır.



Resim 4.9. Alışlagelmiş üretim yöntemi

Aynı prosese endüstriyel otomasyon ve ultrasonik kaynak kazandırdığımız; Makine üzerine 3 eksen Kartezyen robot, çalışma masası ve makine arasına konveyör ekleyerek neler kazanabileceğimize bakalım. Bu prosese böyle bir robotik otomasyon sistemi kurarsak kazançlarımıza bakalım. Öncelikle operatör hareketi kaldırdığımız için güvenli çalışacak. İnisiyatifi kaldırdığımız için tüm çevrimler aynı sürede olacak ve kalitesizlik maliyeti %90 azalacak (Choi, 2012). Aynı zamanda ek fonksiyonlar otomasyona dayalı sensör kamera vb. ekipmanlar ile işin sağlanması yapıldığından ve plastik kaynakları havya yerine, ultrasonik kaynak kullanıldığından bu yönde ki kalitesizlik maliyeti sıfırlanmış olacaktır. Robotun ürünü alıp konveyöre bırakması operatörden çok hızlı olacağından çevrim çok ciddi sürede düşecek, bu sayede üretim adedi artacaktır (Kefe, 2014).



Resim 4.10. Robotik otomasyon ile parça alım görüntüleri

Prosesin önemli adımı olan robotik otomasyonun sürece dahil edilmesi ile iş ve işçi güvenliği için de önemli bir adım atılmış oldu. Bu adım hem işin kalitesini hem de çalışan mutluluğu arttıran sebeplerdendir. Operatör hatalarının önüne geçmenin bir yöntemidir aslında çalışan huzuru, memnuniyeti ve güveni. İş verenler süreçlerini iyileştirmeyi hedeflerken tabiki kalite ve karlılıkları ön planda olacaktır ama unutulmamalıdır ki bütün başarılar işletmedeki ekip ruhuyla aşılır.



Resim 4.11. Ultrasonik kaynak teknolojisi



Resim 4.12. Isıtıcı uç ile el ile kaynak.



Resim 4.13. Ultrasonik kaynak görüntüsü



Resim 4.14. Isıtıcı uç kaynak görüntüsü

4.5. Yapılan Projelerin Reel Kazancı ve İşletmeye Etkisi

Çizelge 4.2. Endüstriyel Otomasyon Kullanılarak Yapılan Proje Getirisi

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON KULLANILARAK YAPILAN PROJE GETİRİSİ VE KALİTE ETKİSİ TABLOSU			
PROJE MALİYET TABLOSU		ALIŞILAGELMİŞ ÇALIŞMA	ROBOTİK OTOMASYONA GEÇMİŞ ÇALIŞMA
	Çalışacak Personel Sayısı	3	2
	Aylık Brüt Personel Maaşı (TL)	3 200	3 200
	Aylık Personel Gideri (TL)	9 600	6 400
	Çevrim Süresi (SN)	135	70
	Enerji Maliyeti (1 Adet)	1	1
	Aylık Enerji Maliyeti (TL)	5 779	5 775
	Aylık Kalitesizlik Maliyeti (Ayıklama) (TL)	2 500	450
	Aylık Kalitesizlik Maliyeti (İade)	7 000	0
	Yıllık Kalitesizlik Maliyeti (TL)	114 000	5 400
	Aylık Üretim Adedi	3 840	7 500
	Yıllık Üretim Adedi	46 080	90 000
	Hammadde ve Ekipman Maliyeti (TL)	39	39

Çizelge 4.2. (devamı)

TEKNOLOJİ VE İNOVASYON KULLANILARAK YAPILAN PROJE GETİRİSİ VE KALİTE ETKİSİ TABLOSU			
PROJE MALİYET TABLOSU		ALIŞILAGELMİŞ ÇALIŞMA	ROBOTİK OTOMASYONA GEÇMİŞ ÇALIŞMA
	HAMMADDE VE EKİPMAN MALİYETİ (AYLIK)	149 760	292 500
	TOPLAM MALİYET YILLIK	2 093 274	3 661 500
	1 ADET PARÇA MALİYETİ	45	41
	KAR PAYI %10	5	4
	BİRİM SATIŞ FİYATI	50	45
	YILLIK SATIŞ GELİRİ	2 302 602	4 027 650
	NET KAR	209 327	366 150

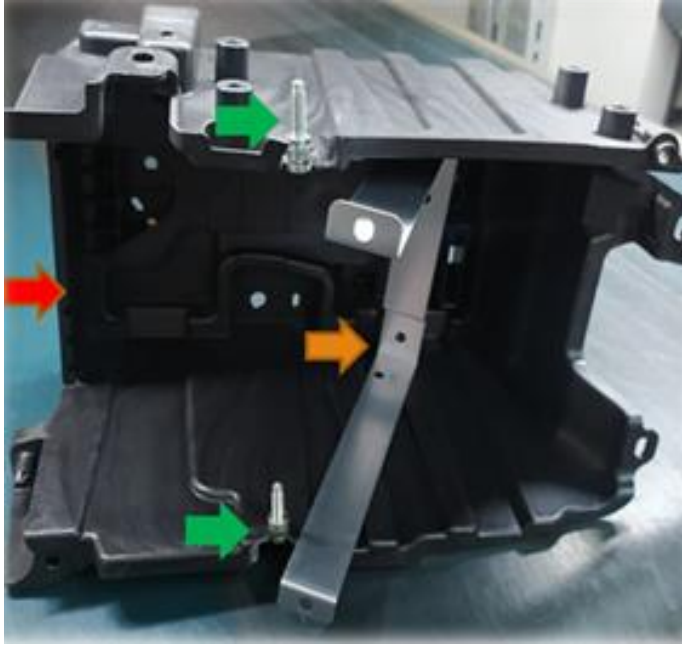
Çizelge 4.3. Genel Kabuller

GENEL KABULLER		
HAMMADDE VE EKİPMAN GİDERİ (1 ADET)	KWH BİRİM FİYATI	MAKİNA GÜCÜ
39 TL	0,42 TL	90 KW

İyileştirme olarak savunduğum tezi bu projede 11.11.2018 tarihinde Euro kuru 6,17 iken 40 000 Euro + KDV 291 224 TL harcanmıştır. Üretim miktarı 46 080'den 90 000 adede çıkarak neredeyse %100 üretim miktarı atmıştır. Maddi karlılık ise 210 726 TL'den, 838 500 TL ye 4 kat kazanç artmıştır. Yaklaşık 4.1 ayda kendi yatırımını amorti etmiş, işletmenin kalitesine ve karlılığına yeni bir vizyon katmıştır. Hatasız üretim, sipariş adedine tam uyum, kritik stok gibi konularda da işletme güçlendiği için müşterileri tarafından en üst segment tedarikçi hem de güvenilir tedarikçi listelerine girmiştir (Kadirhan, 2018).

4.6. Tez Çalışmasındaki İkinci Proje Uygulaması

Bu projede ise ilk proste edindiğim tecrübeyi direk sergileyerek tasarladığım projeyi hayata geçirdim. Proste bir plastik parça üretilip metal parçayı yine ultrasonik kaynak ile birleştireceğim. Ön görülen maliyet ve çevrim süresini proje sonunda ki maliyet ve çevrim sürelerini göstereceğim. Kalite ve üretim problemleri bir önceki proses ile aynı parametreler olduğunda bunları detayına bu sefer girmeyeceğim. Parçamız bir otomobilin akü kutusu olarak üretilmekte. Öncelikle yeşil işaretli parçaları dizici ve 6 eksen robot yardımıyla plastik parçanın üretildiği kalıba yerleştiriyorum. Kalıpta vidalar yerleşik halde enjeksiyon yaparak kırmızı işaretli parçayı üretiyorum. Sonrasında turuncu işaretli parçayı ön görülen birleşim yerinden ultrasonik kaynak ile birleştiriyorum.



Resim 4.15. Akü kutusu ve ekipmanları

Bu proje alışlagelmiş yöntem ile yapılsaydı ön görülen çevrim süresi 8 dk. ve çalışan personel sayısı 2 kişi olacaktı. Fakat ultrasonik kaynak ve robotik otomasyonu birleştirerek çalışma hücresi tasarladım.



Resim 4.16. Ultrasonik kaynak ve endüstriyel otomasyon ile tasarlanan üretim alanı

İşaretler;

Turuncu: enjeksiyon makinası

Kırmızı: parça alıp bırakma ve vida yerleştirmede kullanılan 3 eksen robot

Yeşil: vidaları diziciden alıp, 3 eksen robot koluna dizmede kullanılan 6 eksen robot

Mavi: vida dizici

Mor: Ultrasonik kaynak makinası

Üretim başlamadan resim 4.15'deki gibi vidalar (yeşil işaret) 6 eksen robot ile 3 eksen robot koluna yükleniyor. Sonrasında kalıp içine 3 eksen robot yerleştirip parçanın enjeksiyon edilmesini bekliyor. Üretilen parçayı tekrar 3 eksen robot alıp operatöre parça birleşimi için veriyor.

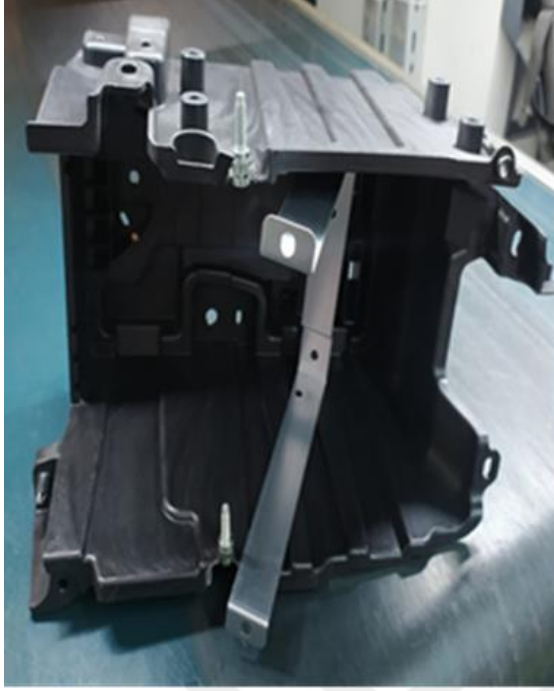


Resim 4.17. Vida dizme robotu



Resim 4.18. Parça al bırak robotu

Parçayı alan operatör ultrasonik kaynak makinasındaki fikstüre metal braketini yerleştirip üzerine akü kutusunu koyarak kaynatıyor.



Resim 4.19. Ultrasonik birleştirilecek parça



Resim 4.20. Ultrasonik kaynak makinası

Bu proje için 06.04.2020 tarihinde Euro kuru 7,32 iken 72 000 Euro + KDV 527 044 TL harcanmıştır. Yaklaşık 6 ayda kendini amorti etmiş. Bu sayede bir önceki projedeki tecrübelerim ile işletmedeki kaliteyi, karlılığı arttırıp, sürdürülebilir hale getirdim.

Yılda 200 000 adet üretilmesi planlanan parça için ön görülen süre 5 dk. iken yaklaşık 83 000 parça, otomasyon projesi ile 213 000 parça üretilmiştir.

Çizelge 4.4. İşletmeye 1 yıllık etkisi

PROJE GETİRİSİ		
	ELLE	OTOMASYONLA
ÖN GÖRÜLEN ÜRETİM MİKTARI ADET	83 000	213 000
ÖN GÖRÜLEN ÇEVİRİM SÜRESİ DK	5	2,1
BİRİM MALİYET TL	20,49	20,49
BİRİM SATIŞ TL	25,62	25,62
YILLIK MALİYET TL	1 700 670	4 364 370
YILLIK SATIŞ TL	2 126 460	5 457 060
NET KAR TL	425 790	1 092 690

5. SONUÇ

Endüstriyel otomasyona uzak her proses ve her işletme için mutlaka iyileştirme projesi geliştirilebilir. Bu projeler içinden de en yüksek önem taşıyandan itibaren hayata geçirildiğinde o işletmenin kalitesi, karlılığı, vizyonu ve marka değerinin artması kaçınılmaz olacaktır. Özellikle otomotiv sanayine çalışan plastik enjeksiyon firmaları rekabetçi olabilmeleri kalitelerini üst segmentte tutabilmeli, maliyetlerini düşürmeli, çalışan inisiyatifinden kopacak üretim teknikleri geliştirmelidir. İşletmeler içinde çalışan motivasyonu ve çalışan gelişimi katma değeri için tüm çalışanlarını bir üst eğitime teşvik etmelidir. Böylelikle tezimde de belirttiğim gibi ciddi karlılıklar elde edecek, yatırım amortismanlarını düşüreceklerdir. Unutmayalım ki, işletmelerinizde uzun soluklu çalışıldığında meslek körlükleri ve kazanılmış alışkanlıklardan vazgeçememe problemi ile karşılaşılacaktır. O nedenle işletmenizin adım adım ileri taşıma fikri oluştuğunda iş yoğunluğundan iyileştirme, araştırma geliştirme ve projeler için vakit ayıramıyorsanız, işletmenizin yerinde saymasına ya da geriye gitmesini istemiyorsanız profesyonel firmalardan destek almak işletmenizin geleceği için kurtarıcınız olacaktır.

Ben de tez çalışmaları ve yaptığım araştırmalar sonucunda edindiğim tecrübeler ile otomotiv plastik enjeksiyon yatırımcılarını global anlamda rekabet etmeleri için yöntemlerini ve proseslerini doğru tasarladıklarında kalite ve karlılık oranlarını yükselteceğim. Çizelge 4.1.

Üç farklı hammadde ile yapılan çalışmada da görüleceği üzere plastik parça birleştirmeni en doğru yöntemi olduğunu görüyoruz. Ultrasonik kaynak ile görüntü, süre ve mukavemet yüksek oranda iyileştiğini gösteriyorum. Ultrasonik kaynak prosesine komple plastik enjeksiyon ile entegre etmek için de robotik otomasyonu birleştirmek kaçınılmaz olacaktır. Karşılaştığımız tüm problemleri yüksek oranda iyileştirdiğimizi de yaptığım 2 projede de ispat ediyorum. Tüm süreçleri göz önünde bulundurur isek; otomotiv plastik enjeksiyon proseslerinde parça birleşimini yapılacak projelerde ultrasonik kaynak ve robotik endüstriyel otomasyonu dahil ederek işletme karlılıklarını ortalama 3 katına çıkardım, kalitelerini %98 iyileştirdim, marka değerlerinin en üst noktaya taşıdım. Ülkemizde ki 348 işletmede 1 adet ultrasonik kaynak ve otomasyon gerektiren proses olduğunu varsayar isek (iki proje ortalama kar 965 000 TL x 348 işletme) 335 820 000 TL ülkemizdeki yatırımcının kar etmesine vesile olacağım.

KAYNAKLAR

- Akyürek, A. (2009). *Plastik enjeksiyon süreci optimizasyonunda yapay zekâ tekniklerinin kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bursa.
- Atkinson, R. D. (2018). Which Nations Really Lead in Industrial Robot Adoption?. *Information Technology & Innovation Foundation*. (November 2018).
- Bozdemir, E., & Önder, U. L. U. (2017). Kalite maliyetlerinin bir otomotiv yan sanayi işletmesinde paf modeline göre analizi. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 23-43.
- Choi, S., Zhang, G., Fuhlbrigge, T. A., & Nidamarthi, S. (2012, April). Vibration anaysis in robotic ultrasonic welding for battery assembly. In *2012 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Çengelci, B., & Çimen, H. (2005). Endüstriyel robotlar. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 69-78.
- Demiral, G. (2019). Endüstri 4.0'ın İnsan Kaynaklarına Yönelik Etkileri: Teknolojik Değişim Farkındalığı Üzerine Bir Araştırma. *Ekev Akademi Dergisi*, (80), 191-208.
- Dengiz, O. (2017). Endüstri 4.0: Üretimde kavram ve algı devrimi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 15(1), 38-45.
- Fritsch, M., & Meschede, M. (2001). Product innovation, process innovation, and size. *Review of Industrial organization*, 19(3), 335-350.
- Gönen, S., & Çelik, M. (2004). Esnek Üretim Sistemleri Uygulayan İşletmelerde Üretim Maliyetlerinin Değerlendirilmesi. *Ege Academic Review*, 4(1), 133-143.
- Kefe, İ., & Naci Tanış, V. (2014). Kalite Maliyetleri ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *World Of Accounting Science*, 16(1).
- Kurz, H. D. (2006). Whither the history of economic thought? Going nowhere rather slowly?. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 13(4), 463-488.
- Moldovan, O., Predrag, D., & Csokmai, L. S. (2010). ROBOTIZED ULTRASONIC WELDING OPERATION FOR PLASTIC MATERIALS. *Revista de Tehnologii Neconventionale*, 14(1), 26.
- Noordin, M. N. (2009). *Sink marks defect on injection molding using different raw materials* (Doctoral dissertation, UMP).
- Özek, C., & Çelik, Y. H. (2011). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Enjeksiyon Sürelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *Firat University Journal of Engineering*, 23(1).

- Pınar, E. (2010). *Plastik enjeksiyon yöntemiyle imalatatta hataların tespiti ve proses şartlarının optimizasyon uygulaması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sarıdoğan, Ö. Ü. A. A. (2020). Bölüm 16 Endüstri 4.0'ın Stratejik Maliyet Yönetimine Etkileri. *Dijital Gelecekte Mesleklerin ve Sektörlerin Dönüşümü*, 220, 107460.
- Taşgit, Y. E., & Demirel, O. (2016). İnovasyon Süreci Performansı Ölçüm Kriterlerini Nitel Bir Araştırma İle Belirleme: Bilişim Sektöründen Bulgular. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 307-330.
- Toraman, C., & Abdioğlu, H. (2008). İMKB kurumsal yönetim endeksinde yer alan şirketlerin kurumsal yönetim uygulamalarında zayıf ve güçlü yanları: derecelendirme raporlarının incelenmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (40), 96-109.
- Türedi, A. T., Bircan, D. A. (2016) Endüstriyel Robotik Otomasyon Sistemlerinde Görülen Hataların ve Sistem Güvenilirliğinin Hata Türleri ve Etkileri Yöntemi ile Analizi, *Mühendis ve Makina*, 57(672), 56-61
- Van Der Aalst, W. M. P., Bichler, M., & Heinzl, A. (2018). *Robotic Process Automation. Business & Information Systems Engineering*, 60 (4), 269–272.
- Yadav, P., Mauk, M. G., Ruiz, C., & Chiou, R. Y. (2018, November). Manufacturing science laboratory: robotic ultrasonic welding. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (In ASME'18)*, Pittsburgh, USA
- Yıldırım, Y. (2020). Farkli Disiplinlerde Endüstri 4.0. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(21), 756-789.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Fırat KADİRHAN

Bilimsel Faaliyetler

1. 500 KVA Yakıt Pili Projesi, 2007 TÜBİTAK
2. TAYSAD Dergisi 105.sayı, 2018 Gebze
3. 8.Uygulmalı Bilimler Konferansı, 2021 Diyarbakır

