

85003

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROBOTLU PALETTEME SİSTEMLERİ

Gökhan Vargın GÖK

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faris KAYA

Prof. Nerak TAHRALI

Prof. Dr. Ahmet TOPRAK

İstanbul, 1999

ÖNSÖZ

Son yıllarda ülkeler arası gümrük duvarlarının indirilmesi ve dünyada bölgesel ekonomik işbirliği gruplarının oluşması, her türlü ürüne olan talebi arttırmıştır. Gelişmiş ülkelerdeki yoğun tüketim ve gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı kalkınma isteği bu talebin daha da artmasına neden olmaktadır. Ürünlerin yapılarında görülen bu değişim sonucunda, uluslararası rekabet içinde yerini korumak ve geliştirmek isteyen bir fabrika, üretim yapısını değiştirmek, pazar ve özel müşteri isteklerine uyum sağlayabilen bir yapıya kavuşmak zorundadır. Ürün çeşitliliğinde bu türden bir değişime uyum sağlayabilmek için fabrikanın ürün ve tip çeşitliliğini sergileyen bir üretim programına sahip olması gerekmektedir. Bunun anlamı da, üretimde esneklik, fabrika otomasyonu demektir. Dünya esnek üretime giderken, Türk sanayisinin yurt içi ve yurt dışı pazarlarda rekabet edebilmesi, ciddi teknolojik alt yapıya sahip olmasıyla mümkündür. Sanayi sürecinde belli bir aşamaya gelen ülkemizin, en önemli ihtiyacı olan bilgi ve teknoloji üretmede düşümlenmiş olması, araştırma ve geliştirme alt yapısının ülke sanayisi için ne denli önemli ve kaçınılmaz olduğunu ortaya koymuştur.

Bu gelişmeler karşısında dünyada üretimin büyük bir hızla robotlara ve onadayalı otomasyon sistemlerine devredilmesi, bizlere Türkiye'de bu teknolojiye en kısa sürede sahip olmanın ve robot üretiminin zorunlu olduğunu gösterdi.

Robotlar; çeşitli malzemeleri, özel amaçlı aletleri ve parçaları, bir dizi görevin gerçekleştirilmesi için programlandığı hareketler boyunca taşıyan ve farklı görevler için yeniden programlanabilen mekanik kollar olarak tanımlanır.

Robotlar bugün mevcut olan otomasyon sistemlerinden sadece birini oluşturmasına rağmen, en esnek otomasyon sistemi olma özelliğine sahiptir. Bir çok ileri sanayi ülkesinde, verimliliği artırma, kaliteyi yükseltme, insan sağlığını koruma, maliyeti düşürme ve ürün esnekliğine adaptasyon sağlama gibi özellikler öncelikle otomotiv endüstrisinde robotları ön plana çıkarmıştır.

Bu tezde endüstriyel robotların bir uygulama alanı olan paletleme üzerinde durulmuş ve paletleme sistemleri incelenmiştir.

Çalışmam süresince benden desteğini ve yardımını esirgemeyen, değerli hocam Prof. Dr. Faris KAYA' ya bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan Hakan Altınay, Can Bayar ve Gökay Kadir Hurmalı' ya, hazırlık aşamasında gösterdiği ilgi ve yardımlarından dolayı Nihal Gök, Nazik Kurtuldu ve Ömer Eren'e, diğer tüm Altınay çalışanlarına ve aileme teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	xi
SUMMARY	x
1. BÖLÜM I GİRİŞ	12
2. BÖLÜM II SANAYİ ROBOTLARI	14
2.1 Giriş	14
2.2 Sanayi Robotunun Tanımı	14
2.2.1 Sanayi robotlarının sınıflandırılması	15
2.2.1.1 Sanayi dallarına göre sınıflandırma	16
2.2.1.2 Uygulama alanlarına göre sınıflandırma	17
2.2.1.3 Robot türlerine göre sınıflandırma	18
2.3 Robot Sistemleri	20
2.3.1 Sanayi robotlarının kullanım alanları	22
2.3.1.1 Çapak alma uygulamaları	22
2.3.1.2 Robotlu kaynak sistemleri	24
2.3.1.2.1 Ark kaynağı robotları	27
2.3.1.3 Robotlar ile Hassas Montaj	29
2.3.1.3.1 Hassas montajda mikro konumlama tekniği	30
2.3.1.3.1.1 Giriş	30
2.3.1.3.1.2 Esnek ve hassas tutucu düzeneklerindeki hatalar	30
2.3.1.3.1.3 Robotla yönlendirilen hassas konumlama düzeneği	32
2.3.1.3.1.4 Minyatürleştirilmiş çok eksenli aktivasyon sistemi	32
2.3.1.3.1.5 Mikro-sensör sistemiyle pozisyon kontrolü	33
2.3.1.3.1.6 Mikro konumlama düzeneği için uygulama örneği	34

2.3.1.4 Hizmet Robotları	35
2.3.1.4.1 Dünyanın En Büyük Temizlik Robotu	35
2.3.1.4.2 Hemşire robot: HelpMate	36
2.3.1.4.3 Dağcı Rosy	36
2.4 Robot Seçimi	37
2.4.1 Çalışma hacmi	37
2.4.2 Tekrarlanabilirlik	38
2.4.3 Yük taşıma kabiliyeti ve hız	38
2.4.4 Kontrol ünitesi	38
2.4.5 Yazılım	39
2.4.6 Diğer Özellikler	39
2.5 Türkiye ve Dünyadaki Robot Kullanım Oranları	40
3. BÖLÜM III PALETLEME SİSTEMLERİ	49
3.1 Giriş	49
3.2 Paletleme Sistemleri	50
3.2.1 Ana besleme sistemi	51
3.2.2 Gruplama sistemi:	51
3.2.3 Palet ve karton hazırlama sistemleri	52
3.2.4 Paletleme Sistemleri:	54
3.3 Paletleme İşleminde Otomasyon	57
3.3.1 Sistem özelliklerini belirleyen kriterler	57
3.3.2 Malın cinsi	57
3.3.3 Malın şekli:	58
3.3.4 Malın boyutları	59
3.3.5 Malın ağırlığı	59
3.3.6 Palet ve yükün toplam ağırlığı	60
3.3.7 Birim zamanda paletlenmesi gereken mal sayısı	60
3.3.8 Palet boyutları	61
3.3.9 Kullanılabilir fabrika alanı	62

3.3.10 Fabrikanın maksimum tavan yüksekliği:	_____	62
3.3.11 Sistemin çalışacağı zemin ve eğim durumu:	_____	62
3.4 Bir Paletleme Sisteminden Beklenen Özellikler	_____	62
4. BÖLÜM IV BİR SİSTEMİN SİSTEMATİK TASARLANMASI	_____	66
4.1 Giriş	_____	66
4.2 Ürün veya Teknik Yapıt Fikrinin Oluşması:	_____	68
4.2.1 Ön projelendirme ve teklif hazırlama	_____	70
4.2.2 İşletme içi ürün planlaması	_____	72
4.2.2.1 Mamül (ürün) planlamasında izlenen adımlar:	_____	73
4.2.2.2 Durum analizi ve işletmenin hedefleri:	_____	74
4.3 Konstrüksiyon ve Konstrüktif Geliştirme Süreci	_____	75
4.4 Ödevin Analizi ve Kesinlik Kazanması (Faz 0):	_____	76
4.4.1 Konunun önemi	_____	77
4.4.2 Ödevi tanımlayan istek tipleri, İstekler listesi:	_____	78
4.4.2.1 İstekler listesine ait bazı örnekler:	_____	90
4.4.3 Makina sistemlerinin özellik kategorileri:	_____	99
4.4.3.1 Makina sistemlerinin sınıflandırılması:	_____	100
4.4.3.2 Niceliksel,niteliksel ve estetik özellikler:	_____	101
4.5 Faz 1.Fonksiyonel Sentez veya Tasarım:	_____	101
4.5.1 Temel prensip'in(Temel fonksiyonun) tanımlanması:	_____	102
4.5.2 Fonksiyon strüktüründen fiziksel etkiler ve fiziksel etki taşıyıcıları strüktürüne geçiş, çözüm arama yöntemleri:	_____	104
4.5.2.1 Sezgisel yöntemler:	_____	105
4.5.2.1.1 Düşünce şimşekleri (Brain Storming) metodu:	_____	106
4.5.2.1.2 "635" Metodu:	_____	109
4.5.2.1.3 Synektik:	_____	110
4.5.2.1.4 Delfi metodu:	_____	112
4.5.2.2 Bilinçli, metodik çözüm arama yolları:	_____	113
4.5.2.2.1 İteratif çözüm arama:	_____	113

4.5.2.2.2 Doğal strüktürlerin sistemlerin analizi: _____	115
5. BÖLÜM V SİMÜLASYON _____	117
5.1 Simülasyon Nedir? _____	118
5.2 Simülasyon Nerelerde Uygulanabilir? _____	119
5.3 Niçin Simülasyon ? _____	120
5.4 Simülasyonun Avantajları: _____	121
5.5 Simülasyonun Dezavantajları: _____	122
5.6 Endüstriyel Simülasyon Uygulamaları _____	122
5.7 Örnekler _____	123
5.7.1 Süreç Otomasyonu Ve Robotlu İş Merkezi Tasarımı _____	123
5.7.2 Otomobil Benzin Depoları Üretimiyle İlgili Montaj Hattının İncelenmesi	126
5.8 Sonuç: _____	129
6. BÖLÜM VI AYAKLI BARDAK PALETTEME SİSTEMİ TASARIMI _____	130
6.1 Giriş _____	130
6.2 Sistemin Kurulacağı İşletmenin Tanıtımı _____	130
6.3 Problemin Tanıtımı: _____	133
6.4 Sistemden Beklenen Özellikler _____	134
6.5 Paletlenecek Bardakların Özellikleri: _____	135
6.6 Ayaklı Bardak Paletleme Sistemi _____	138
6.6.1 Bardak besleme sistemi _____	138
6.6.1.1 Robot _____	145
6.6.1.1.1 Robot tipi: _____	145
6.6.1.1.2 Eksen Sayısının Belirlenmesi: _____	147
6.6.1.1.3 Tahrik Sistemi _____	148
6.6.1.1.4 Robot Hassasiyeti _____	148
6.6.1.1.5 Taşıma Kapasitesi _____	148
6.6.1.1.6 Çalışma Hız ve İvmeleri _____	148

6.6.1.1.7 Bakım	151
6.6.1.2 ROBOT ELİ	160
6.6.1.3 Bardak Besleme Konveyörü	163
6.6.1.4 Buffer-zone Konveyörü	163
6.6.2 Bardak Biriktirme Sistemi	163
6.6.2.1 Çözüm-1	166
6.6.2.2 Çözüm-2	168
6.6.2.3 Çözüm-3	170
6.6.2.4 Çözüm-4	172
6.6.2.5 Robot Eli	176
6.6.2.6 Bardak İndeksleme Sistemi:	177
6.6.3 Bardak Paletleme Sistemi	179
6.6.3.1 Robot Eli	182
6.6.4 Palet Verme Sistemi	185
6.6.5 Fens (Güvenlik Kafesi) Sistemi	189
7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	190
8. KAYNAKÇA	192
9. ÖZGEÇMİŞ	194

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sanayi dallarına göre sınıflandırılmış endüstriyel robotlar	16
Tablo 2.2 Uygulama alanlarına göre sınıflandırılmış endüstriyel robotlar	17
Tablo 2.3 Yıllık tahmini endüstriyel robot satışları 1990-1995	41
Tablo 2.4 Kullanılabilir endüstriyel robot stoku 1990-1995	42
Tablo 2.5 1995 yılı robot stoğunun ülkeler bazında, genel ve gelişmiş robotlara göre sayısal değerleri ve robot yoğunlukları	44
Tablo 2.6 Türkiye’de yıllık tahmini endüstriyel robot satışları 1990-1995	46
Tablo 4.1: İstekler listesinin hazırlanmasında kullanılacak format	81
Tablo 4.3 Bir karton düzeltme ve yapıştırma makinasına ait istekler listesi.	95
1- Planlama esasları	95
Tablo 4.5: İsteklerin tespiti için yardımcı tablo (Hansen (6)).	98
Tablo 6.1 Paletlenecek bardak boyutları	137
Tablo 6.2 Bardak Besleme Robotu Özellikleri	149

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2-1 Tekrarlanabilirlik, mutlak hata ve servo çözünürlüğü	38
Şekil 3-1-Örnek paletleme sistemleri	50
Şekil 3-2- Meşrubat kutusu gruplanması	52
Şekil 3-3- Palet verme sistemi	53
Şekil 3-4- Palet verme sistemli bir paletleme sistemi	54
Şekil 3-5- Palet verme sistemi	54
Şekil 3-6- Bir paletleme robotu	55
Şekil 3-7- Palet sitreçleme	56
Şekil 3-8- Kutu mamül paletleme kriterleri	57
Şekil 5-1: Kurulması önerilen sürecin RobCad simülasyonu(Makina Magazin)	117
Şekil 5-2 Robcad de tasarlanan robot iş merkezi(Makina Magazin)	119
Şekil 5-3: Tasarlanan İş Merkezinin Farklı İki Açıdan Görünüşü(Makina Magazin)	121
Şekil 5-4: RobCad ta Tasarlanıp Simülasyonu yapılan Gripper ve Taşıyıcı(Makina Magazin)	123
Şekil 5-5: Robot İş Başında. (Makina Magazin)	124
Şekil 5-6: Simule edilen benzin deposu montaj hattının OUEST' te genel bir görünüşü(Makina Magazin)	126
Şekil 5-7: Kaynak istasyonları(Makina Magazin)	126
Şekil 5-8 İki operatörlü iki hatlı iş istasyonları(Makina Magazin)	128
Şekil 5-9 Sızdırmazlık test istasyonu(Makina Magazin)	128
Şekil 6.1 Bardak sıraları	139
Şekil 6.2 Soğutma sonunda bardak algılama	140
Şekil 6.3 Bardakların besleme konveyörüne konma şekilleri	146
Şekil 6.4 Bardak besleme robotu	149
Şekil 6.5 Bardak besleme robotu X eksen	150
Şekil 6.6 Bardak besleme robotu Y eksen	150
Şekil 6.7 Bardak besleme robotu Z eksen	151
Şekil 6.8 Kramayer dişlinin yağlanması	153
Şekil 6.9 Tekerlek temas yüzeylerinin yağlanması	154
Şekil 6.10 Lineer yatakların yağlanması	155

Şekil 6.11.Z ekseni kramayerinin yağlanması	156
Şekil 6.12 X ekseninin yağlanması	157
Şekil 6.13 Y ekseninin yağlanması	158
Şekil 6.14 Z ekseninin yağlanması	159
Şekil 6.16 Bardak Besleme Robotu	160
Şekil 6.17. Bardak Besleme Sistemi Robot Eli	162
Şekil 6.18 Bardak biriktirme çözüm-1	166
Şekil 6.19 Çözüm 2	168
Şekil 6.19 Bardak biriktirme çözüm-2	168
Şekil 6.20 Bardak biriktirme çözüm-3	170
Şekil 6.21 Bardak biriktirme sistemi üstten görünüş	172
Şekil 6.22 Bardak Biriktirme Robotu	174
Şekil 6.24 Bardak Biriktirme Robotu Eli	177
Şekil 6.25 Bardak Biriktirme Sistemi	179
Şekil 6.26 Bardak Paletleme Robotu	182
Şekil 6.27 Paletleme robot eli	184
Şekil 6.28 Bardak Paletleme Sistemi	185

ÖZET

Ayaklı Bardak Paletleme Sisteminin tasarım ve üretimindeki ana amaç paletleme işlemini gerçekleştirecek hızlı, esnek ve doğru çalışan bir sistem geliştirmek olmuştur. Sistemde yer alan scara robotlar üretim hızının iki katı hızla çalışabilmekte ve robotlardan birinde arıza meydana gelse bile diğer robot paletleme işlemini aksatmadan devam ettirebilmektedir. Sistemin esnekliği tasarlanan özel eller sayesinde sistemin değişik boyutlardaki bardakları kolaylıkla tutabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Sistem tasarlanırken SDRC I-DEAS CAD ve katı modelleme programı kullanılmış, sonlu elemanlar yöntemiyle sistemin analizi yapıp ortaya çıkabilecek zorluklar önceden tesbit edilip bertaraf edilmiştir. Sistem elemanlarının fonksiyonlarını ve sistemin çalışma prensiplerini irdeleyip sistemin gerçek zamanlı simülasyonunu gerçekleştirmek için DENEBSimülasyon programı kullanılmıştır.

Scara robotların ve gantry robotların elleri ve otomatik palet verme sistemi özel olarak bu uygulama için tasarlanıp üretilmiştir. Ürün değişkenliği ve camı algılamanın zorluğundan dolayı bardakların (camın) hassas olarak algılanabilmesi için geniş çaplı AR-GE çalışması yürütülmüştür.

SUMMARY

The main idea in the desing and realization process of the Wine Glass Palletizing system has been to develop a flexible system that will perform the palletizing operation in a fast and correct manner. The scarar robots included in the system can operate at a rate twice faster than the production rate of the wine glasses, thus when one of the robots fails, the other one can meet the requirements of the whole system. The system flexibility is due to the specially designed robot hands that allow the handling of glasses having different shape and dimensions.

During the design time SDRC I-DEAS CAD and Solid Modeling software was used, the system analysís was done using finite element method and the possible errors have been figured out and eliminated. Deneb simulation software has been used in order to analyse the functions of the system components, see the systems working principles and perform the real time simulation.

The robot hands for the scara robots and the gantry robots and the automatic palletising system have been specially designed and manufactured for this project. A wide R&D process has been undergone because of the product variance and the difficulty in sensing glass.

1. BÖLÜM I

GİRİŞ

“Bir makina sıradan yüzlerce insanın yaptığı işi yapabilir, ancak sıradışı bir insanın yaptığı işi hiçbir makina yapamaz.”

Elbert Hubbard

2000 yılına yaklaşırken her alanda teknoloji geliştirmek ve teknolojik yenilikleri insan hayatının birer parçası haline getirmek tüm endüstri alanlarında yüksek kaliteli üretim gerçekleştirmek için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir.

İnsanın fiziksel gücü sınırlı olduğundan fazla fiziksel güç gerektiren işler için insan tarafından yönetilen makinalar geliştirilmiştir. Sanayi çağı bu makinaların çağıdır. Ancak bu makinaların kendi kendine karar verme kabiliyeti yoktur ve çalışmaları için genellikle sürekli (atanmış) bir kullanıcı gerekmektedir. Teknoloji alanındaki gelişmeler arttıkça insanın yerini alacak, kendi kendini kontrol edebilen otonom sistemler üzerinde durulmuştur. Bu şekilde insan sadece kendinde var olan düşünebilme yeteneği sayesinde onun yerine çalışacak, belli bir iş yapma konusunda uzman mekatronik elemanlar üretmiştir. Zamanla bu kavram genişlemiş ve bir işlemi başından sonuna kadar insan müdahalesi olmadan gerçekleştirebilecek robotlu otomasyon sistemleri ortaya çıkmıştır. Bilgi çağının ürünü olan bu komplike sistemler, çeşitli algılama elemanları yardımıyla çevresinden haberdar olan, çevereden gelen bu verileri ve kendi bilgi tabanındaki bilgileri kullanarak karar verebilen ve herhangi bir operatör yardımına gerek duymadan kararların sonuçlarını uygulayabilen sistemlerdir.

Sanayi robotlarının temel kullanım amacı, üretim maliyetlerini düşürürken üretkenliği ve üretim kalitesini artırmak, yapılması zor olan, insana fiziksel olarak zarar veren yorucu işlerde, sağlıksız ve zararlı (kimyasal madde, yüksek ısı, yüksek gürültü, titreşim, vs. bulunan) ortamlarda çalışmayı gerektiren uygulamalarda insanın yerine makina

kullanmaktır. Bu sayede insan kendine yakışan-bilek gücü değil, beyin gücü gerektiren işlere kaydırılabilecektir.

Endüstriyel robotlar için ilk teorik çalışma 1955 yılında Denavit ve Hartenberg'in geliştirdikleri kendi adlarıyla anılan homojen transformasyon matrisleridir. İlk endüstriyel uygulama ise 1961 yılında kalıp dökme makinasının bakımında kullanılan Unimate robotudur. O tarihten günümüze kadar robotlar, parça yükleme/boşaltma, parça işleme, kaynak, boyama, montaj, test gibi birçok farklı uygulama alanında kullanıla gelmiştir.

Bu tezde ise endüstriyel robotların kullanım alanlarından birisi olan paetleme uygulaması üzerinde durulurken endüstriyel robotlara ve bu robotlar ile birlikte çalışacak çevre otomasyon sistemlerine kısaca değinilmiştir.



2. BÖLÜM II

SANAYİ ROBOTLARI

2.1 Giriş

Günümüz çalışma şartları ve rekabet ortamında, yapılan işin mükemmelliği ve kalitesi büyük önem kazanmış durumdadır. İşte bu şartlar altında robot kullanımıyla, kalite arttırılmakta, standart üretim sağlanmakta, işçilik ve malzeme giderleri azaltılmaktadır. Böylece robot sistemine sahip şirketlerin rakipleriyle arasındaki rekabet güçleri artmaktadır. Bunların yanında, robotlar insanları monoton ve ağır hacimli işlerden, kaynakhane ve boyahanenin zehirleyici etkili ortamlarından kurtarırlar. Dar alanlarda bir çok işlemin yapılması imkanını tanırlar. Pek çok alanda üretime katkıları yadsınamayan robotlar, gelişimleri boyunca hep memnunlukla karşılanmamışlar, zaman zaman toplumsal çalkantılara da yol açmışlardır. Buna örnek olarak, otomatik dokuma tezgahlarının son yüzyılda neden olduğu işsizlik gösterilebilir.

Ancak, her seferinde teknolojik gelişmenin hemen ardından gelen nesil daha iyi koşullarda çalışmış ve çalışma zamanını kısaltmak suretiyle, daha çok serbest zaman elde etmiştir. Son zamanlarda yapılan ve gelişmiş ülkeleri kapsayan bir araştırmaya göre son 130 yılda kişi başına üretkenlik yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki ürün artışı diğer yarısında da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarı yarıya düşmesi şeklinde görülmüştür. Fiziki ürün artışı ancak, otomasyon, anında üretim (just-in-time) ve esnek (flexible) üretim ile gerçekleştirilmektedir. Bugün yarı yarıya çalışıp 13 kat daha yüksek bir refah seviyesinde yaşamak da sadece sanayi devriminin getirdiği makineleşme, otomasyon ve günden güne artan robot kullanımı sayesinde gerçekleşmiştir.

2.2 Sanayi Robotunun Tanımı

Robotların şimdiye kadar bir çok farklı tanımı yapılmıştır. Webster sözlüğünde robot, “genellikle insanların gerçekleştirdikleri işlevleri yerine getiren otomatik araçlar” olarak

tanımlanmaktadır. Ancak bu tanıma göre mesela bir çamaşır makinesi de robot sayılabilmektedir.

Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise, “malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç” şeklindedir. [12]

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır :

“Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör.”

Tanımda kullanılan terimlerin detaylı olarak açıklamaları aşağıdaki gibidir :

Programlanabilir. Programlanmış hareketleri veya yardımcı fonksiyonları fiziksel değişiklik yapmadan değiştirilebilen;

Çok amaçlı. Fiziksel değişikliklerle farklı bir uygulamaya uyarlanabilen

Fiziksel Değişiklik. Mekanik yapısında ya da kontrol sisteminde yapılan değişiklikler (programlama kasetinin, ROM, vs. değiştirilmesi hariç)

Eksen. Robotun doğrusal veya dairesel moddaki hareketini belirlemede kullanılan yön.

2.2.1 Sanayi robotlarının sınıflandırılması

Sanayi robotlarını bir çok farklı kategoride sınıflandırmak mümkündür. Aşağıda üç farklı kategorideki sınıflandırmalar verilmiştir : Sanayi dallarına göre, uygulama alanlarına göre ve robot türlerine göre sınıflandırma.

2.2.1.1 Sanayi dallarına göre sınıflandırma

Tablo 2.1 Sanayi dallarına göre sınıflandırılmış endüstriyel robotlar

A+B	Tarım, Avcılık ve Dağcılık + Balıkçılık
C.	Madencilik ve Taşçılık
15+16	Yiyecek ve içecek üretimi + Tütün mamülleri üretimi
17	Tekstil ürünleri üretimi
25.	Lastik ve plastik eşya üretimi
26.	Metal olmayan madeni eşya üretimi
27.	Ana metallerin üretimi
28.	Metal eşya imalatı (makina ve teçhizat hariç)
29.	Başka bir yerde tanımlanmamış makina ve teçhizat üretimi
30.	Büro makinaları, hesap makinaları ve bilgisayarlar
31.	Başka bir yerde tanımlanmamış elektrik makinaları ve aparatları üretimi
32.	Radyo, televizyon ve iletişim araçları üretimi
33.	Tıbbi, hassas ve optik aletler ve saatlerin üretimi
341.	Motorlu araçlar üretimi
342.	Motorlu araç gövdesi, treyler ve römork üretimi
343.	Motorlu araç parçaları ve aksesuarları üretimi
35.	Diğer taşıma araçları üretimi
36.	Mobilya üretimi
E.	Elektrik, gaz ve su donanımı
F.	Yapı malzemeleri
73.	Araştırma ve geliştirme
M.	Eğitim
	Diğer üretim dışı sektörler

2.2.1.2 Uygulama alanlarına göre sınıflandırma

Tablo 2.2 Uygulama alanlarına göre sınıflandırılmış endüstriyel robotlar

000	Tanımlanmamış
110	Kalıp işlemleri
	111 Döküm
	119 Diğer
130	Plastik döküm
140	Isıl işlemler
150	Pres/Demir dövme
160	Kaynak
	161 Ark kaynağı
	162 Punta kaynağı
	163 Gaz kaynağı
	164 Lazer kaynağı
	169 Diğer
170	Yüzey kaplama
	171 Boyama
	172 Sızdırmazlık, yapıştırma
	179 Diğer
180	Makinede işleme
	181 Yükleme
	182 Kesme/ bileme/ çapak alma/ polisaj
	189 Diğer
190	Özel işlemler
	191 Lazer kesme
	192 Su jeti ile kesme
	199 Diğer
200	Montaj

	201 Mekanik montaj/ birleştirme
	202 Ekleme/ monte etme/ kurma/ kesme
	203 Bağlama
	204 Lehim
	205 Montaj işlemi için taşıma
	209 Diğer
210	Paetleme/ paketleme
220	Ölçüm/ test/ kontrol
230	Malzeme taşıma
240	Eğitim/ araştırma
900	Diğer

2.2.1.3 Robot türlerine göre sınıflandırma

a) Eksen sayısına göre

- 3 eksenli robotlar
- 4 eksenli robotlar
- 5 veya daha fazla eksenli robotlar

Burada eksen sayısı olarak üretici tarafından sağlanan temel özellikler dikkate alınmalıdır. Kullanıcı tarafından uygulamaya göre sonradan eklenen eksenler bu sınıflandırmaya dahil değildir.

b) Kontrol türüne göre

- Ardışık kontrollü robotlar
- Yörünge kontrollü robotlar
- Adaptif robotlar
- Teleoperatörlü robotlar

Endüstriyel robotların kontrol tipine göre sınıflandırılması ISO 8373'e göre yapılmıştır.

Buna göre :

Ardışıl kontrollü robot: Robotun kontrol sistemi, makina hareketlerinin birbirini takip

eden sıralı bir düzende olmasını sağlar; bir hareket sonlandığında bir sonraki başlar. Burada robotun hareketleri ikilidir, on/off, başla/dur gibi. Robotun bütün konumları ve hareket dizileri, basit bir programlama aletinin yardımıyla programlanabilir. Ardışıl kontrolü robotların tipik uygulamaları noktadan noktaya (PTP, point-to-point) ve tekrarlamalı (playback) uygulamalardır.

Yörünge kontrollü robot: Şimdiki konumundan bir sonraki konumuna ulaşmak için gerekli olan zaman-tabanlı yörüngeyi belirleyen komutlara bağlı olarak, kontrol edilebilen 3 ya da daha fazla eksenin birlikte hareket edebilmesini sağlayan robot tipi (bu hareket normalde interpolasyon ile sağlanır). Bu türdeki robotlar genelde tekrarlamalı, CNC ya da sürekli yörünge robotları olarak tanımlanırlar.

Adaptif robot: Sensör kontrolü, adaptif kontrol ya da öğrenme kontrolüne sahip olan robotlardır. Sensörlerden gelen bilgilere ve geçmiş tecrübelerine dayanarak işleri ya da görevleri planlayabilme ve zamanlayabilme, iteratif davranışlar sonucunda öğrenme, bu tür fonksiyonlara birer örnektir. Parçaları toplarken görüntü işleme yardımıyla konumunu düzelten bir robot ya da sürekli dikiş takibini sağlayan fonksiyonlarla donatılmış bir kaynak robotu adaptif robotlar için tipik örneklerdir. Bu tanımda geçen bazı terimler ISO 8373 standardında şu şekilde tanımlanmıştır :

Sensör kontrolü: Robot hareketinin ya da kuvvetinin bir dış sensörden gelen bilgiler doğrultusunda ayarlandığı kontrol tipidir.

Adaptif kontrol: Kontrol sistem parametrelerinin proses boyunca algılanan şartlara göre ayarlandığı kontrol tipidir.

Öğrenme kontrolü: Bir önceki çevrimde elde edilen tecrübenin, kontrol parametrelerini ve/veya algoritmalarını değiştirmek için otomatik olarak kullanıldığı kontrol tipidir.

Teleoperatörlü robot: Bir operatör tarafından uzaktan kontrol edilen robot tipidir. Bu robotun fonksiyonu insanın sensör-motor fonksiyonlarını uzak mesafelere taşımaktır ve

operatörün davranışlarına göre makinanın vereceği tepkiler programlanabilir. Uzaktan kumandalı robot ya da bilgisayar destekli teleoperatör olarak bilinen sistemler bu kategoriye girerler. Bu tür robotlar basit ya da karmaşık kontrol yapısına sahiptirler, fiziksel (kablo, kablo kanalı, boru) ya da fiziksel olmayan (kablosuz) kanallar ile kumanda edilirler. Sadece mekanik bağlantılarla kumanda edilenler bu tanımın dışındadır.

c) Mekanik yapılarına göre

- Kartezyen ve gantry robotlar
- SCARA robotlar
- Mafsallı (articulated) robotlar
- Paralel robotlar
- Küresel, silindirik ve diğer robotlar

Bu sınıflandırmaya göre belirlene robot tiplerinin tanımları aşağıdaki gibidir :

Kartezyen robot: Kartezyen koordinat sistemiyle çakışan üç prizmatik eksene sahip robot

SCARA: Birbirine paralel iki dönel eksenin bir yüzey oluşturduğu robot.

Küresel: Eksenlerinin polar koordinat sistemi oluşturduğu robot.

Silindirik: Eksenlerinin silindirik koordinat sistemi oluşturduğu robot.

Mafsallı: En az üç dönel eksenden oluşan robot.

Paralel: Eş zamanlı çalışan prizmatik ya da dönel eksenlerden oluşan robot.

2.3 Robot Sistemleri

Endüstriyel uygulamalarda robotlar, her zaman daha büyük bir sistemin parçası olmak durumundadırlar. Böyle bir sistemde robotun yanında düşünülmesi gereken diğer parametreler, tanımlanması gereken hedefler, sistemin sağlanması gereken şartlar ve gerekli komponentler belirlenmelidir. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsünün (IEEE)'nin tanımına göre sistem, "Birbiriyle etkileşim içinde bulunan farklı yapılardan veya alt bileşenlerden meydana gelen ve bir bütünlük oluşturan tümleşik yapıdır". Diğer bir görüş açısına göre ise sistem belli bir amaca hizmet eden, yapısı ve sınırları

tanımlanmış bir varlıktır. Birlikte çalışan alt sistemlerin veya parçaların toplamı sistem olarak tanımlanabilir. Sistemler, bazı özel fonksiyonları gerçeklemek için alt sistemlerden oluşabilirler. Robotlu sistemler için bunlar denetim, görüntü algılama, konveyör, vs. gibi alt sistemler olabilir. Alt sistemler, kendi içlerinde bir bütün olmakla birlikte daha büyük bir sistemin parçasıdır. Alt sistemler, sistem hiyerarşisi içinde birden fazla sistemin parçası olabilirler.

Robotlu bir sistem planlanırken, birinci adım daima sistemin sağlaması gereken amaçların belirlenmesidir. Sonraki adım, amaçların analizi sonucunda, sistemin istenen hedeflere ulaşması için sağlaması gerekli olan şartların tanımlanmasıdır. Sistem gerekliliklerinin belirlenmesi için incelenmesi gerekli olan konuları ana başlıklar halinde şöyle sıralayabiliriz :

Sistemin kurulacağı çevre şartları: Robotun hangi şartlardaki bir ortamda çalışacağı incelenmelidir. Ortamın sıcak, nemli veya tozlu olup olmadığı, robot kollarının serbest olarak hareket imkanına sahip olup olmadığı, diğer ekipmanlar ve araçlar tarafından sınırlanıp sınırlanmadığı belirlenmelidir.

Hareket alanı: Kol hareketiyle ilgili aralıklar genelde şu şekilde belirlenir, 300 mm.'den küçük; 300-1000 mm. arası, 1000-3000 mm. arası ve 3000 mm.'den büyük. Bütün robotun hareketli (mobil) olmasının gerekli olup olmadığı, sadece kol hareketinin yeterli olup olmayacağı incelenmelidir.

Çalışma hızı: Kol, bilek, gripper ya da robotun diğer parçaları ne kadar hızlı olmalıdır. mm/s cinsinden lineer hareketler ve derece/s cinsinden dönel hareketler dikkate alınmalıdır. Burada hız aralıkları şu şekilde düşünülebilir :

Düşük Hız – 300 mm/s'den veya 60 derece/s'den daha küçük.

Orta Hız – 300-1500 mm/s veya 60-180 derece/s

Yüksek Hız – 1500 mm/s'den veya 360 derece/s'den daha büyük

Gerekli kontrol tipi:

Basit kuvvet kontrolü – Tek eksen boyunca kuvvetin algılanması

Karmaşık kuvvet kontrolü – iki ya da daha fazla eksendeki kuvvetin algılanması

Yüksek konum hassasiyeti – 0.5 mm.

Hassas (kesin) konumlama – 0.05 mm.

Sensörlü kontrol – görüntü, dokunma ya da kuvvet sensörleri kullanarak.

Sensör gereklilikleri: Yaklaşım sensörleri, kontak sensörleri, basit görüntü işleme ve kompleks görüntü işleme aygıtları.

Diğer ekipmanlarla etkileşimler: Bir çok uygulamada robotun parça taşıyan konveyörle senkronize olması, preslerde olduğu gibi bir başka makinanın işini veya başka bir robotla senkronize hareket etmesi gerekebilir.

2.3.1 Sanayi robotlarının kullanım alanları

2.3.1.1 Çapak alma uygulamaları

Temel robot kitaplarında bahsi en az geçen konulardan biri, çapak alma uygulamalarıdır. Bunun sebebi dünyada en az uygulaması olan robot konularından biri olmasıdır. Uluslararası robot federasyonunun 1993 yılında yayınladığı istatistiğe göre o tarihte dünyadaki yaklaşık 475.000 robotun yüzde 0.9'u mekanik kesme, polisaj ve çapak alma uygulamalarında kullanılmaktadır. Sadece çapak alma uygulamalarının oranı daha da düşüktür.

Esas itibariyle, çapak alma işlemi monoton, riskli ve zahmetli bir iş olmasından dolayı robotlar için çok uygun bir uygulama alanıdır. Fakat aynı zamanda robot uygulamalarının zor konularından biridir.

Uygulamanın zorluğu belirli bir yörünge takip etmeniz gerektiğinden ve aynı zamanda bu yörünge üstünde giderken belirli bir kuvvet uygulamanız gerektiğindedir. Kaynak ya da boya gibi uygulamalar belirli bir yörünge izlenmesini gerektirmekle birlikte, işlenen

malzemeye kuvvet uygulanmaz.

Bu uygulamalarda hassasiyetin sağlanması amacıyla yörünge takibinde görüntü işleme mekanizmaları, uygulanan kuvvetin algılanması amacıyla kuvvet sensörleri kullanılır.

Çapak alma uygulamalarındada iki tür yöntem izlenmektedir. Birinci yöntem, işlenecek parçanın robot eliyle tutulması, ve sabit bir yerdeki zımpara önüne götürülerek işlenmesidir. İkinci yöntem ise bunun tersidir. Robot bileğindeki aparat bu sefer bir zımpara aletidir. Sabit duran parçayı işlemek üzere bir yörünge çizer. Bu iki yöntem arasındaki tercih için kesin bir kriter olmamakla birlikte genelde küçük boyutlu parçalar için birinci yöntem, büyük boyutlu parçalar için ikinci yöntem kullanılır. Ancak işlenecek parçanın geometrisinden dolayı tersi durumlara da rastlanabilir.

Formaldehid'den üretilen klozet kapakları, presten çıktığı zaman kenarlarında çapaklar oluşmaktadır. Bu çapaklı kapaklar EV-6 robotunun bileğine monte edilmiş bir zımpara sistemi ile işlenmektedir. Kapaklar, işçi tarafından çift taraflı dönel bir indeks tablası üzerine yerleştirilmekte, sonra vakumlar ve merkezleme pimleri yardımıyla sabitlenmekte ve işlenmek üzere robotun önüne gitmektedir. Alt ve üst kapak olmak üzere 8 farklı çift model seçilebilmektedir.

Bu sistemin getirdiği yeniliklerden biri de, 8 ayrı modelde alt kapak, ve üst kapak olmak üzere toplam 16 kapak yörüngesinin işlenebilmesidir. Kullanılan robot bundan çok daha fazla kapak işleyebilir. (Yaklaşık 400) sistemde bunu için bir kısıtlama olmamakla birlikte, üretilen kapak modellerine göre bu sayı yeterli görülmüştür.

Robot uygulamalarındaki önemli tasarım gerektiren çalışmalardan biride, yapılacak uygulamaya göre robot bileğinin tasarlanması, ve işlenecek parçanın sabitlenmesidir. Bunu yapmak için, rotary table, vantuzlar, sabitleme üniteleri..... Farklı boydaki ve geometrideki elemanların sabitlenmesi amacıyla hareketli sabitleme mekanizmaları kullanılmıştır. Yapılan tasarım sayesinde bu sabitleme merkezlerinin her kapak için konumu değişse bile, aynı kapak modelleri aynı noktada sabitlenmesi sağlanmıştır.

Bütün sistemin kontrolü, bir PLC ile sağlanmıştır. Bu PLC ile kullanıcı panelinden gelen komutlar ve kullanıca panelinde gösterilecek olan mesajlar, dönel tablının kontolu, sistemle ilgili diagnostikler, robot hareketlerinin bütün sistemle entegre şekilde çalışmasının kontrol edilmesi.

2.3.1.2 Robotlu kaynak sistemleri

Tüm ölçekteki üretici kuruluşlar bugünün uluslararası pazarında rekabet edebilir bir çizgi yakalamak için robota dayalı kaynak sistemlerini tercih etmektedirler. Bu tercihte olan üreticiler kaynak kalitesini, verimliliğini ve esnekliğini arttırmak ve müşterilerinin dinamik ihtiyaçlarını karşılamak gerektiğini fark etmektedirler.

Robot kullanılarak yapılan kaynak göz önüne alınırsa, bu sistem, kullanılan kaynak telinin ± 1.5 katı kadar tekrarlanabilir hassasiyette kaynak kalitesinde parçalar içerir. Parçalar bu aralıkta tekrarlanabilir değil ise dokunma sensörü (Touch Sensor) veya herhangi bir dikiş izleme sistemi (Seam Tracker) veya ark sensörü (Arc Sensor) gerekecektir. Ark sensörü yardımı ile sürekli kaynak çizgisini takip ederken çalışılan parçanın üretiminde meydana gelen hata, ısıl gerilme vs. bağlı olarak meydana gelebilecek sapmaları düzeltmek mümkün olur. Dokunma sensörü yardımı ile kaynak başlama noktası en iyi şekilde bulunabilir.

Robot sistemi seçiminde diğer bir önemli ön adımda doğru kaynak prosesini ve uygulama ekipmanını seçmektir. Kaynak prosesinin seçimi kaynak görünümünü, kaynak genişliğini, ilerleme hızını, üretim kapasitesini ve parça kalitesini etkileyecektir. Elle kaynak yapılan benzer prosesler bazen robot sistemi tarafından yapılamayabilir. Bir robot parçalar arasında ayarlama yapamazken kaynakçı yapabilir. Ve yine bir robot genellikle bir kaynakçıdan iki hatta dört kat hızlı şekilde kaynak yapabilecek ve sabit sonuçlar elde ederek çalışacaktır.

Sonuçta hangi tip parçaların robotlu kaynak sistemiyle kaynak edilmesi gerektiğine karar vermek gerekir. Eğer parça listeniz çok geniş olursa bu sizi çok yüksek maliyetli bir robotlu kaynak sistemine götürür. Bunun için verilen parça ailesi içinden anahtar parçalar üzerinde odaklanmaya çalışın. Bu sizi robot sisteminin alınmasındaki finansal ayarlama da

rahatlatacaktır.

Sistemin baştan oluşturulan maliyeti ve sonradan basit sisteme eklenecek parçalarla oluşacak maliyeti arasında, finansal ömrü göz önünde bulundurularak bir optimum seçim yapmak gerekmektedir. Robot sistemi almaya karar vermek bir çok faktöre bağlı olacaktır.

Bunlar;

- Robot tecrübesi
- Eldeki insan gücü
- Eldeki bütçe
- Gerekli sistem performans seviyesi

Doğal olarak daha çok iş yapacak sistemin gereksinimi daha fazla maliyet demektir. Ama bireysel ihtiyaçları karşılamak için riski, insan gücünü, maliyeti ve performansı dengeleyecek yollar da bulunmaktadır.

Robot sistemi almayı üç şekilde kategorize edebiliriz:

- Tek tek istenilen özellikleri belirterek alınan sistemler
- Standart sistemler
- Anahtar teslimi, müşteri sistemleri

Tek tek istenilen özellikleri belirterek alınan sistemler

Robot sistemi almaktaki en zor nokta ise tüm sistemi seçmekten sorumlu olmaktır. Tek başınıza her bir sistem parçasını belirlemeniz ve uyumluluğu, performansı ve işin ilerleme planı ile tek başınıza ilgilenmeniz gerekir. Bu robot sistemi alımında en ucuz yol olabileceği gibi en pahalı yol da olabilir. Tek tek parçaların üreticileri tüm parçalar bir araya geldiğinde çalışacağını garanti etmek gibi bir yükümlük altında değildir ve kötü özelliklerin veya dikkatsiz kablolanmanın birçok pahalı ekipmanın dumanlar arasında yok olmasına sebep olabileceğini unutmayın.

Bu yüzden özellikleri belirtilerek alınan sistemler en yüksek riske sahip ve insan gücüne ihtiyaç duyan sistemlerdir. Ayrıca ilk finansal maliyeti ve seçiminizle orantılı performansı da en düşük olan sistemlerdir.

Standart sistemler

Robota dayalı standart bir sistem çözümü, bir robot üreticisinden robot ve kaynak ekipmanlarının alınmasıdır. Bu da risk, insan gücü ve maliyet konuları arasındaki dengeyi kurmayı sağlar. Paketlenmiş standart bir kaynak robotu sistemi ile tam çözüm ve işiniz için daha az özel ekipman ve programlama elde edilir. Bu da sistem parçalarının birlikte uyum içinde çalışacağını garanti eder. Robot, kaynak güç kaynağı, kaynak torçu, parça pozisyonlayıcısı, güvenlik ekipmanları ve diğer gerekli ekipmanların özellikleri bu konuda deneyimli robot sistemi sunan firmaya bırakılabilir.

Standart robot sistemi satın alımında riskler asgariye iner. Çünkü belirlenmemiş konu sadece standart sistemin ekipmanları ile göstereceği nihai performansıdır. Eğer standart sistem sunan firma da ekipmanları üçüncü bir noktadan almasına rağmen tüm sistem performansının sorumluluğunu alarak teklifte bulunabiliyorsa risk daha da düşecek ve anahtar teslimi sistemle karşılaştırılabilir hale gelecektir. İnsan gücü gereksinimi proje işletimi, programlama, sistemin kurulması ve çalıştırılması ile sınırlı kalacaktır. Maliyetler minimum seviyede tutulacaktır, çünkü müşteriye özel mühendislik hizmetine ve robot ekipmanlarında fiyat artışına ve işçilik hizmetine ücret ödemenize gerek kalmaz.

Anahtar teslimi, müşteri sistemleri

Anahtar teslimi robot sistemi almanın ana sebebi standart robota dayalı kaynak sistemlerinde olmayan size özgü kaynak gereksinimlerinizi karşılayacak bir sistem elde etmektir. Yararları ise sistemin riskini anahtar teslimi olması dolayısıyla üreticiye yüklemek ve tek noktadan sorumluluğa bağlı olarak insan gücü gereksiniminizi en aza indirmesidir. En büyük dezavantajı ise maliyetidir. Müşteriye özel mühendislik hizmetine, işçilik fiyat artımına, ekipman fiyat artımlarına sistemi üreten tarafından belirlenecek kadar ödeme yapma riskidir. Performans gereksinimi de, beklentilerinizi karşılanması konusunda garanti edilerek satış kontratına yazılabilir.

2.3.1.2.1 Ark kaynağı robotları

Ark kaynak robot sistemleri şu dört ana kısımdan oluşur.

Manipülâtör

Kontrol Ünitesi

Kaynak Ekipmanları

Pozisyonerler ve Slider'lar

Manipülâtör:

Kaynak işleminin gerçekleşmesi için gerekli hareketleri sağlayan mekanizmadır. Kaynak işlemlerinde en çok kullanılan eklem konfigrasyonları 6-eksenli antropomorfik (veya Vertical Articulated) ve 5-eksenli hibrit (Hybrid Articulated) yapısında olan robotlardır. 6-serbestlik dereceli robotlar çalışma uzayı içinde kalan her türlü yörüngeyi izleyebilmektedir ve genellikle 3- boyutlu parçaların kaynakla imalatında kullanılır. 5-serbestlik dereceli hibrit robotlar da ise hızlı ve düzlemsel (yatay) parçaların kaynağında tercih edilir.

Ark kaynağı işleminde genellikle hareket tekrarlama kabiliyetinin +0,1 ve -0,1 mm hata sınırında olması yeterlidir. Bir ark kaynağı robotunun yük taşıma kapasitesinin diğer robotlardaki kadar yüksek olmasına da gerek yoktur. Bu nedenle sanayide kullanılan ark kaynağı robotlarının büyük bir kısmı 4,5 ila 6 kg taşıma kapasiteli robotlardır.

Manipülâtör

Kontrol Ünitesi

El Terminali

Sistem Çalıştırma Paneli

Robot Kontrol Kabloları

İnverter Kaynak Güç Ünitesi

Kaynak Kontrol Kablosu

CO₂ Kaynak Üfleci (Darbe Sensörlü)

Üfleç Bağlantı Aparatları
Tel Besleme Ünitesi
Koaksiyel Güç Kablosu
Kablolar ve Gaz hortumları
Gaz Regülatörü
Tel Besleme Kablosu
Uzaktan Kumanda Standı

Kontrol ünitesi

Robot kaynak torcunun kaynak prosesi sırasında izlemesi gereken yörünge öğretme (teaching) programı ile belirlenir. Kullanıcı, robotun izlemesi gereken yörünge üzerinde referans noktalarını (knot points) ve bu noktalardaki kaynak parametrelerini robotun kendi programındaki komutlarla belirler. Kontrol ünitesinde bu değerlere göre robotun izlemesi gereken yörüngeyi ve yapılacak kaynak işlemini öğrenmiş olur. Elde edilen bu verilere ve pozisyon algılayıcılardan gelen geri besleme sinyallerine göre robot mafsal motorlarına uygulanması gereken dönme miktarı, hız ve moment değerleri robot kontrol ünitesi tarafından belirlenir.

Kontrol ünitesinin robotun 6 eksenini kontrol edebilmesi yeterli gibi gözükmemektedir. Bununla beraber eğer sisteme yardımcı ekipman (pozisyoner, slider, 2'nci bir robot) eklenirse kontrol ünitesi ek bir eksen kartıyla bu isteğe karşılık verebilecek yapıda olmalıdır. 15-eksene kadar çıkarılabilen eksen kontrolü sağlayarak, bu isteği fazlasıyla karşılayabilecek kontrol sistemleri vardır.

Kaynak Ekipmanları

Robotlarda ağırlıklı olarak CO₂, MIG, MAG ve TIG ark kaynağı yöntemleri kullanılmaktadır. Bunların içinde de en çok uygulama alanı bulan yöntem MAG kaynağıdır.

CO₂, MİG ve MAG ark kaynağı yöntemleri eriyen elektrodla kaynak, TIG kaynağı ise erimeyen elektrodla koruyucu gaz altında ark kaynağı metodudur. Koruyucu gaz, CO₂ ark kaynağında karbondioksit, MIG kaynağında saf Argon, MAG kaynağında Argon-CO₂ karışımı, TIG kaynağında saf Argon gazıdır.

Konvansiyonel tristörlü güç ünitelerine göre daha hızlı ark kontrolü ile çıkış akımı ve gerilimini daha hassas ayarlayabilen inverter kontrollü üniteler de mevcuttur. Bu uniteler ile ark başlama ve bitiş kabiliyeti iyileşir, kısa devre ark transferi rahatlıkla sağlanabilir. Herhangi bir frekans ve dalga formundaki darbeli akım kontrolü ile dikiş yüzeyinin kontrolü ve metal transferinin dengeli yayılması sağlanabilmektedir.

Pozisyoner ve Slider'lar

Robot kontrol ünitesi tarafından robotla senkronize olarak kontrol edilebilirler. Pozisyoner, dönel hareketleriyle kaynak edilecek parçaları tutarak istenen duruşa getirir. Pozisyonerler 1 ve 2 eksenli olabilmektedir. Slider ise, üzerine monte edilen robotun çalışma uzayını arttırır. Robotun aksenal hareketlerle ulaşamayacağı veya ulaşırken zorlanacağı hareketlere ilave eksen imkanı sağlarken bir yandan da standart ve seri üretim için yardımcı olmaktadır.

2.3.1.3 Robotlar ile Hassas Montaj

Hassas montaj işlemlerinde kullanılmakta olan mevcut teknoloji, orta seviyeli parça sayısına sahip değişik ürünlerin montajında gerekli esnekliği gösterememektedir. Bu alanda, imallattan otomatik montaja geçiş için daha fazla yatırım ile daha esnek ve hassas cihaz tekniklerinin geliştirilmesi büyük bir ihtiyaç halini almıştır Uygulanan mikro teknikler sayesinde bu amaca yönelik başarılı çözümlere ulaşılmaktadır.

2.3.1.3.1 Hassas montajda mikro konumlama tekniği

Kapsam

Hassas montaj işlemlerinde kullanılmakta olan mevcut teknoloji, orta seviyeli parça sayısına sahip değişik ürünlerin montajında gerekli esnekliği gösterememektedir. Bu alanda, imallattan otomatik montaja geçiş için daha fazla yatırım ile daha esnek ve hassas cihaz tekniklerinin geliştirilmesi büyük bir ihtiyaç halini almıştır. Uygulanan mikro teknikler sayesinde bu amaca yönelik başarılı çözümlere ulaşılmaktadır. Örneğin, robot destekli bir hassas konumlandırma sistemi, montajı yapılacak parçaların bağlantı yeri üzerinde hassas ve mevzi kontrolü mümkün kılmaktadır. Bu minyatür sistem, konum belirleyici bir mikro sensör, bağımsız bir kumanda ünitesi ve de pozisyonlamada iş parçası ve robot toleranslarını dengeleme amaçlı çok eksenli bir minyatür aktivasyon sistemiyle görevini gerçekleştirmektedir.

2.3.1.3.1.1 Giriş

Hassas işlenmiş parçaların montajı, yüksek tolerans ve kalite şartlarını beraberinde getirmektedir. Yüksek parça sayılarında, pahalı ve uygulama alanına özel tutucu sistemlerin yüksek hassasiyetlerle kullanılmasına rağmen hassas işleme endüstrisindeki küçük ve orta dereceli parça sayılarındaki montaj işlemleri hala manuel şartlarda sürdürülmektedir. Ancak, burada, küçük ve hassas parçaların elle hareket ettirilmesi sebebiyle hasar görmesi kaliteyi düşüren ve sıkça karşılaşılan bir problem oluşturmaktadır. Ekonomik açıdan bakıldığında ise, montajın tüm imalat süresinde büyük paya sahip olduğu ve buna bağlı yüksek personel maliyetleri içerdیđi dikkate alındığında, bir rasyonelleştirme (verimlilik) potansiyeline işaret ettiği görülmektedir.

2.3.1.3.1.2 Esnek ve hassas tutucu düzeneklerindeki hatalar

Parça sayısının az olduğu durumlarda hassasiyet şartlarının yüksek olması, ürün ve çeşitlerinin artması ve çoğunlukla karmaşık olan birleştirme hareketleri yüzünden hassas

montajın otomasyonu zorlaşır. Bunun için, endüstri robotları gibi daha esnek ve ucuz tutucu sistemlerinin kurulması bir çözüm sağlamaktadır. Piyasadaki standart endüstri robotları, serbest programlanabilme yetenekleri sayesinde geniş bir iş parçası spektrumuna uygun yüksek düzeyde esneklik gösterebilmektedir. Ancak, bunların çalışma hassasiyetleri, minyatür ürünlerin montajındaki birleştirme toleransları için yetersiz kalmaktadır. Piyasada mevcut bulunan 5-10 kg ortalama taşıma gücüne sahip 6 eksenli modern robotlar üzerinde yapılan laser ölçümleri 0.6 mm' ye kadar yol ve 40 (m'ye kadar da konum sapmaları vermiştir. Dolayısıyla, robot sisteminin kullanımı yukarıda belirtilen toleransları aşmayan montaj işleriyle sınırlanmıştır. Diğer bir problem de tutucuların özellikle yüksek ivmelerle hareket ederken atalet etkisi yüzünden meydana getirdikleri (hareket baş langıcında ve frenlemede) yapısal mekanik titreşimlerdir. Birleştirme yerine yaklaşırken çarpışmayı önlemek amacıyla hareket hızı zamanında azaltılmalı ve titreşimlerin kaybolması beklenmelidir.

Daha güçlü kumanda üniteleri ve iyileştirilmiş tahrik konseptleri sayesinde yeni gelişmeler gösteren robot tekniği daha hassas ancak pahalı robotların üretilmesini mümkün kılmıştır. Örneğin, yarı iletken elemanların montajında artık, konumlama hassasiyeti bir kaç mikrometreye ulaşabilen 6 eksenli, kollu robotlar kullanılmaktadır. Ancak bu düzeydeki bir hassasiyet, maliyeti oldukça yükselten bir teknik koşuldur. Klasik projelendirme metodlarıyla robot hassasiyetinin yükseltilmesi ancak dar bir kapsamda, sınırlı dinamik ve yüksek yatırım maliyetleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

Tutucuların konum hassasiyetlerinin yüksek olması, hassas montajın esnek türde otomasyonu için gerekli tek şart değildir. Çoğunlukla, birleştirme toleranslarının, montajı yapılan parçaların veya iş parçalarının üzerinde durduğu taşıyıcının toleransından düşük olması (örn. saat parçası montajında) nedeniyle montaj işlemi için verilen hedef konum genellikle belirsiz kalmaktadır. Bu durumda, işlemin tekrarlanabilir hassasiyette çalışmasını sağlayan ünitelere bağlı otomasyon etkisiz kalmakta ve toleransların dengelenmesi için ek önlemlerin alınması gerekmektedir. Genellikle klasik montaj tekniğinde kullanılan tutucu sistemler ve konum arama stratejileri, hassas montajda parçaların sert tutulmasına ve dolayısıyla hassas birleştirme parçalarının zarar görmesine

sebeplere olacağından, kullanışlı değildir. Dolayısıyla burada, toleransların dengelenebilmesi için hassasiyet ve ölçüm hızı için gerekli şartları yerine getiren yeni sensör destekli yöntemlerin geliştirilmesi zorunluluğu doğmaktadır.

2.3.1.3.1.3 Robotla yönlendirilen hassas konumlandırma düzeneği

Standart endüstri robotlarının hassas montaj uygulamalarındaki hassas konumlandırma şartlarında kullanılması, yeni ve düşük maliyetli bir imkan sağlamaktadır. Mikro sistem tekniği, bu amaçla yeni ufuklar açan bir gelişmedir. Günümüz olanaklarına bağlı tanımı yapılmakta olan bu teknoloji, hassas işleme tekniğiyle mikro teknik komponentlerin bileşiminden oluşan (hibrid sistemler) minyatür sistemlerde de kullanılmaktadır. Mikro konumlandırma düzeneği de aynı sisteme sahiptir.

Robot destekli hassas konumlandırma konsepti, kaba işlem (robot) ve hassas işlem (mikro konumlandırma düzeneği) gibi iki farklı çalışma grubuna ayrılmaktadır. Mikro konumlandırma ünitesi, robot koluyla, tutucu arasına yerleştirilmiştir. Taşıma ve montaj işlemleri robot tarafından yapılırken birleştirme yerine yakın bölgelerdeki hassas hareketler mikro konumlandırma sistemi yardımıyla gerçekleştirilir. Bunların ortak çalışması sayesinde montajı yapılan parçalar arasındaki konum sapmaları sensörler tarafından algılanıp konumu düzeltici hareketler yapılabilmektedir. Burada amaç, üç boyutlu (x, y ve z yönlerinde) olarak robot hassasiyeti, iş parçası ve başlama toleranslarının dengelemesidir.

2.3.1.3.1.4 Minyatürleştirilmiş çok eksenli aktivasyon sistemi

Dengeleme hareketi, minyatürleştirilmiş çok eksenli bir aktivasyon sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu aktivasyon sisteminin tasarımı, yüksek bir dinamiğin (titreşimlerden gelenmesi) oluşturulması ve yerleştirme şartlarının milimetrenin onda birine hassas düzeye getirilip toleransların dengelenmesi amacı doğrultusunda yönlendirilmiştir. Bunun sonucu olarak, bir taraftan hareket eden atalet ağırlıklarının en aza indirgenmesi lazım gelirken, diğer yandan da sistemin olabildiğince sağlam olması gerekmektedir. Bundan başka, ayarlanabilirliğin basit, hassasiyetin (yapışma, kayma, sürtünme, oynaklık) ise

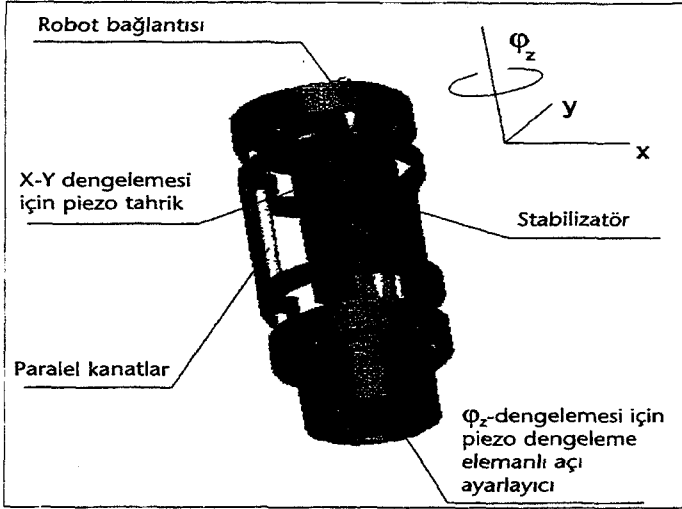
yüksek olması aktivasyon sisteminin geliştirilmesinde dikkate alınan diğer kriterlerdir.

Elektrodinamik ve elektromanyetik tahrik motorlarının hassas konumlama hareketleri için kullanılması çok zordur. Çünkü bunlarda ayarlamayı yapan parametre, mesafe sinyali değil bobin akımına bağlı kuvvettir. Sonuç olarak, piezo aktivasyona dayalı mikro hareketler konsepti gündeme gelmektedir.

"Piezo-Tripod"da yatay hassas konumlama hareketi paralel katmanlar üzerine yerleştirilmiş olan üç piezo aktivasyon elemanı ile sağlanmaktadır. Bu kine matik sayesinde piezo aktivasyon elemanlarının kısa hareketleri, dengeleme için istenilen ölçüye dönüşebilmektedir. Rotasyon hareketi için ise sistem, bir piezo-açı-ayarlama elemanı ile genişletilmektedir. "Piezo-pipet" konsepti, ince yapısı sayesinde girilmesi zor montaj bölgelerine ulaşmayı mümkün kılmaktadır. Konumlama, merkezdeki boru üzerine radyal olarak yerleştirilmiş üç adet piezo aktivasyon elemanı ile sağlanmakta ve boru ise küçük parçaların tutulmasında pipet tutucu işlevini görmektedir.

2.3.1.3.1.5 Mikro-sensör sistemiyle pozisyon kontrolü

Sistemin konum kontrolü montaja yakın bir mesafede, monte edilecek parçalar arasındaki sapmaların doğrudan bölgesel ölçümüyle gerçekleşmektedir. Böylece, parça ve yerinin toleranslarının da dengelenebilmesi mümkündür. Sensör sistemi, mikrooptik ve atalet sensör sistemi olarak iki kısma ayrılır. Mikro konumlama tertibatı destekli minyatür bir CCD-kamera ile monte edilecek parçaların ve yerlerinin arasındaki konum sapmaları yakın mesafede saptanır (Şekil 3). Bu sırada, ya monte edilecek her iki parça da aynı anda montaj kesit düzleminde görüntülenir, ya da kameranın yönlendiği nokta, birleştirme yerine olan relatif konumu ön ölçümlerle belirlenmiş malzeme üzerindeki karakteristik bir işaret olur. Kameranın resim alma hızı PAL standardıyla sınırlı olduğundan yüksek frekanstaki robot titreşimleri için üç eksenli bir ivme-sens sistemi gerekmektedir. Bu sistem, mikro yapıli kapasitif sensör elemanlarından meydana gelmiştir ve yapısal hacmin düşük olduğu durumlarda yüksek entegrasyon yoğunluğuna ulaşır.



2.3.1.3.1.6 Mikro konumlama düzeneği için uygulama örneği

Mikro konumlama düzeneklerinin kullanıldığı alanlar arasında hassas mekanik, optik, elektronik parça gruplarının montajı gösterilebilir. Elektronik endüstrisindeki hızlı gelişmeleri sağla-yan örnek uygulamalar sistemin avantajlarını bir daha vurgulamaktadır. Bu konuyla ilgili olarak SMD parçalarının püskürtme döküm devre kartı üzerine otomatik olarak yerleştirilmesi (3D-MID teknolojisi) ümit verici bir uygulama potansiyeli göstermektedir. İletken devre şeması basılarak yapılandırılabilen yüksek sıcaklığa dayanıklı termoplastiklerin kullanılması, hemen hemen kalıcı bir şekle sahip devre kartlarının imaline olanak sağlamaktadır. İmalattaki bu gelişme, elektriksel ve mekanik elemanların entegrasyonuna izin vermektedir. Bu sayede, yeni gerçekleştirilebilmekte ve ürünler minyatürleştirilebilmektedir. Bu tasarım, günümüzde mevcut otomatik cihazlarla montaj imkanlarının geliştirilmesine yöneliktir. Endüstriyel robotlar gibi altı eksenli tutucu cihazlar 3D-MID montajı için gerekli hareket kabiliyetini göstermelerine rağmen, konvansiyonel SMD montaj tekniğinin yüksek hassasiyet ve üretim kapasitesine ulaşamamaktadır. Üç boyutlu parça gruplarının montajı için gerekli amaçlara ulaşabilmek için, özel montaj sistemlerinin geliştirilmesi yanında, endüstriyel robotlara bağlı mikro konumlama tertibatlarının kullanılması da başka bir olasılıktır. Burada, ana sistemin düşük üretim kapasitesi ve düşük hassasiyete sahip olmasının beraberinde getirdiği dezavantaj, devre kartlarının karmaşık bir şekilde tasarımlanabilmesine olanak tanınması sayesinde dengelenebilmektedir.

2.3.1.4 Hizmet Robotları

Hizmet sektöründe artan istihdam fırsatları bir robot rönesansını müjdeliyor - hizmet robotları. Farklı uygulama alanları içerisinde temizlik, muayene, afet kontrol, atık tasnifi, işyerlerinde eşya taşıma, hastaneler ve hatta otomobil yakıt ikmali gibi alanlar sayılabilir. Bugün dünyada 1200'ün üzerinde hizmet robotu olduğu biliniyor. Hizmet robotları artık ticari olarak satışa sunulmuş durumda. Kıyaslamak gerektiğinde, bugün dünyada faal durumdaki endüstriyel robot sayısı ise 610 000 kadar. Fraunhofer IPA'nın (Otomasyon ve İmalat Mühendisliği Enstitüsü) hizmet robotlarının piyasaya sürülmesinde pazar potansiyeli, işlev beklentileri, teknik noksan ve kısıtlar üzerine yaptığı araştırmada yaklaşık 100 olası uygulama incelendi. Buna göre yalnız Almanya'da bu sektörün pazar potansiyeli 2010 yılında yaklaşık 17-45 milyar DM civarında tahmin ediliyor. 1996 yılı itibariyle hizmet robotlarının Almanya'daki pazar payı 8-12 milyar mark civarında.

IPA yetkililerinin açıklamalarına göre hizmet robotlarının bugün en büyük eksikliği ses tanıma, görüntü proses etme ve hareketlilik konularındaki "zeka" yetersizliği.

Hizmet robotlarının yaygınlaşması tabii ki ekonomik olmalarına bağlı ve uzmanlar yüksek fi-yatlar nedeniyle bunların daha önümüzdeki en az üç yıl için ev içinde kullanımlarının sözkonusu olamayacağını belirtiyorlar.

2.3.1.4.1 Dünyanın En Büyük Temizlik Robotu

Dünyanın en büyük temizlik robotu Lufthansa havayollarının uçak yıkama için iki adet satın aldığı yıkama robotu, Skywash. Robotun 33 metreye kadar uzayabilen kolu var ve 11 programlanabilir eksene sahip. Bunlar üzerine 1.6 metre uzunluğunda yıkama fırçaları monte ediliyor. Böylece 12 işçinin 8 saatte yapabildiği yıkama işi iki robot tarafından sadece 3 saatte yapılabiliyor. Sadece Lufthansa'nın bu robotun uygulanabileceği 250 uçağı var ve dünya ölçeğinde 14 000 potansiyel müşterisi var.

Otomobillere robot ile yakıt verilmesi konusunda Aral, BMW ve Mercedes Benz

tarafından yürütülen, ve IPA-Fraunhofer, Reis Robotics, Tankanlagen Salz-kotten, Albert Hiby ve Lengyel Industrial Design kuruluşlarının ortak olarak katıldıkları 5 yıl süren proje otomobillere yakıt verme süresini 2-3 dakikaya indiriyor. 15 milyon marklık proje keza sıvı hidrojen gibi geleceğin yakıtları için de uygulama imkanı veriyor. 150 000 mark kadar tutan otomatik yakıt verme istasyonu geleneksel el ile yakıt verme istasyonundan 50 000 mark kadar daha pahalı. Uygulamanın ticarileşmesi konusunda henüz negatif görüşler çoğunlukta olmakla birlikte uzmanlar 2 yıl gibi kısa bir süre içerisinde benzinlerimizi robotla dolum istasyonlarından dolduracağımız konusunda iyimserler.

2.3.1.4.2 Hemşire robot: HelpMate

Asansör ve yürüyen merdiven imalatçısı OTIS firması tarafından geliştirilen robot kısa masa-feli taşıma işlerini yaparak hastane personelinin daha acil işler için zaman ayırabilmesine imkan veriyor. Ray üzerinde veya tahsisli gezi yolları üzerinde seyredabilen geleneksel taşıma robotlarına kıyasla HelpMate böylesi bir altyapıya gerek duymuyor ve tekerlekleri üzerinde hareket ediyor. Programlandıktan sonra kullanımı son derece kolay: operatör ekranda beliren talimatları izleyerek gerekli adresleri seçer ve kodlar. Hastane planı zaten HelpMate'in belleğine yüklenmiştir. Kızıl-ötesi ve ultrasonik algılama sistemi yardımıyla sabit ve nazik bir şekilde hareketli manialara çarpmadan gideceği yere olan en kısa yolu seçebilir. HelpMate'in arka bölmesi özel durumuna göre (ilaç, alet, yemek tepsisi, tıbbi kayıtlar, posta ve paketler gibi) değişik hizmetlere adapte edilebiliyor. HelpMate bugüne kadar Lüksemburg'da Differdange'de Medical-Astrid Hospital'da "Max" adıyla, Fransa'da Montpellier Üniversite Hastanesinde "Joe le Robot" adıyla, Danimarka'da Odense Üniversitesi Hastanesinde, ve Al-manya'da Berlin, Walkrankenhaus hastanesinde görev başında.

2.3.1.4.3 Dağcı Rosy

Günlük yaşamda hemen her zaman yüksek bir yerde iş yapma gereği doğar: Cam temizlemeden bina cephesi boyamaya, baraj set yüzeylerinin incelenmesinden köprü askılarının tahribatsız muayenesine kadar. RoSy insanları bu tehlikeli ve zahmetli işlerden

kurtarıyor. YberleSysteme tarafından geliştirilen tırmanma robotu vakum emişli çanak ayakları yardımıyla duvarlarda tutunabiliyor ve her türlü yatay veya düşey zemin üzerinde görev yapabiliyor. Robot kolay kinematiği ile istenen ortada, hatta zig zaglı biçimde hareket edebiliyor. RoSy ile ultrasonik veya röntgen gibi tahribatsız yöntemlerle yüzey muayenesi yapmak mümkün olacak. Stuttgart'daki Fraunhofer Institute IPA yetkilileri 2005 yılına kadar Almanya'da ön yüzey ve cam temizliği için 5000 kadar temizlik robotuna ihtiyaç olacağını belirtiyorlar. Yetkililer aynı şekilde Almanya'da yaklaşık 40 000 kadar karayolu köprüsünün periyodik olarak tamamen muayene edilmesi gerektiğini belirtiyorlar. Özellikle ABD'nin bü-yük kentlerindeki çok katlı köprüleri dikkate aldığımızda bu robotlar için parlak bir gelecek olduğunu söylemek abartma olmaz.

2.4 Robot Seçimi

Robot sisteminde dikkate alınması gereken önemli faktörleri şöyle sıralayabiliriz.

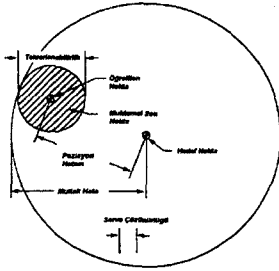
- Çalışma Hacmi
- Tekrarlanabilirlik
- Hız ve Yük Taşıma Kabiliyeti
- Kontrol Ünitesi
- Yazılım
- Diğer Özellikler

2.4.1 Çalışma hacmi

Robotun ulaşabileceği ve her türlü duruş ve konumu sağlayabileceği uzaysal hacimdir. Robotun mümkün olduğunca büyük bir çalışma alanına sahip olması istenir. Ancak müşterinin yapılacak işleme göre en uygun robotu seçmesi gerekir. Çünkü bir robotun çalışma alanının büyümesi, robot uzuv boyutlarının artması dolayısıyla ataleti, gerekli motor gücü, enerji tüketim miktarı ve robot fiyatının artmasıyla sonuçlanır. Gerekli çalışma alanı kimi zaman konumlandırıcılarla da artırılabilir. Bu nedenle önemli olan robot kollarının uzun olması değil işlevselliğidir.

2.4.2 Tekrarlanabilirlik

Robotun öğretilen bir noktaya göre tekrarlanan hareketlerinin sonucunda, robot uç noktası ile öğretilen nokta arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin $\pm 0,1\text{mm}$ ila $\pm 0,2\text{mm}$ olması yeterli olabilmektedir. Özel olarak ark kaynağı uygulaması düşünülürse tekrarlanabilirlik değerinin kaynakta kullanılacak tel çapının yarısından küçük olması istenir.



Şekil 2-1 Tekrarlanabilirlik, mutlak hata ve servo çözünürlüğü

2.4.3 Yük taşıma kabiliyeti ve hız

Maksimum yük taşıma kapasitesi, robotun minimum hızında tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük değeridir. Nominal yük taşıma kapasitesi de robotun maksimum hızda tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük miktarıdır. Bu yük taşıma kapasitesi değerleri taşınan malzemenin boyutu ve şekline bağlıdır.

2.4.4 Kontrol ünitesi

Kullanıcı açısından kontrol ünitesinin önemi kullanım esnekliğine dayanır. Varolan bir robot sistemine yeni bir konumlandırıcı eklemek ve yeni yapılanmalara gidilmek istendiğinde kontrol ünitesi birkaç ilave eksen kartı takılmasıyla bu ihtiyacınıza cevap verebilecek yapıda olmalıdır.

2.4.5 Yazılım

Programların oluşturulması aşamasında, program yapan kişi robot eksenlerini teker teker hareket ettirerek robotu istenen konum ve duruşa getirir. Programlama aşamasının basitleşmesi büyük ölçüde robot kontrol ünitesinin yazılımına bağlıdır. Yazılımda eksen hareket sisteminin yanında, kartezyen koordinat sistemi, takım koordinat sistemi gibi çok seçenekli koordinat sistemleri bulunması, programlamayı zevkli ve kolay bir uğraş haline dönüştürür. Bunun yanında kullanıcının kendi koordinat sistemini oluşturabilmesi gibi ekstra özellikler önemlidir.

Uygulamaya has komutlar bulunmalıdır. Örneğin ark kaynağı uygulamasında (weave) salınım komutu çok yararlı bir komuttur.

Yine yazılımda (jump) atlama, (shift) öteleme gibi komutlarla program satır sayısı ve program sayısı azaltılabilir. Dosyalama yapısı sadece hareket komutlarını içermemelidir. Kaynak parametreleri, salınım parametreleri gibi dosyalama yapıları program yazılımı ve modifikasyonu aşamalarında çok faydalı olabilmektedir.

Günümüzde kullanılmakta olan robotların hemen hepsi on-line programlanmaktadır. Tekrarlanabilirlik on-line programlanmada önem taşır. Robotlu sistemlerin geleceğinde önem taşıyacak bir başka önemli konu mutlak hatadır. Mutlak hata geleceğin teknolojisinde kullanılacak CAD-CAM kontrollü off-line programlamada önemli bir yer tutacaktır.

2.4.6 Diğer Özellikler

Hafif robot sistemi robotun çok çeşitli montajına imkan vermektedir. Özellikle tavana ve duvara montajda yatay çalışma alanının artması sağlanarak robotun en uygun pozisyonda çalıştırılabilme özelliği robota büyük bir avantaj sağlamaktadır.

2.5 Türkiye ve Dünyadaki Robot Kullanım Oranları

Endüstriyel robotların dünya genelindeki satışları 1994 yılında yaklaşık 60,000 adet olarak gerçekleşmiştir. 1995 yılında ise bir önceki yıla göre %26'lık artışla satış adeti 75,500'e yükselmiştir.

İngiltere dışındaki bütün gelişmiş ülkeler için 1995 yılı da satışlardaki artmanın hızla devam ettiği yıl olmuştur. Bir önceki yıla göre Amerika Birleşik Devletleri'nde pazar %34 büyümüş, Almanya'da %43'lük, İtalya'da %30'luk, Fransa'da %16'lık artışlar kaydedilmiştir. 1995 yılında sadece İngiltere'de yıllık robot satışları bir önceki yıla göre %27 düşmüştür. Bunun en önemli sebebi, 1994 yılının İngiltere için en yüksek satışın gerçekleştiği yıl olmasıdır. 1995 yılındaki satış değeri genelde en iyi üçüncü değere ulaşmasına rağmen bir önceki yıldaki rekor seviye nedeniyle satışlarda nisbi bir azalma olmuştur.

Diğer sekiz Batı Avrupa ülkesinde satışlar ortalama %11 oranında artmıştır. Satışlar Finlandiya ve İspanya'da sırasıyla %62 ve %53'lük artışlarla rekor seviyelere ulaşırken ortalamayı %29'luk düşüşle İsveç aşağılara çekmiştir. İsveç'teki düşüşün sebebi de İngiltere gibi ekonomik kriz değil de bir önceki yılın %157'lik satış değeridir.

Doğu Avrupa robot pazarında 1995 yılında 1994 yılına göre gözle görülür büyük bir değişiklik gözlenmemiştir.

Dört büyük Asya ülkesi; Avustralya, Güney Kore, Singapur ve Tayvan'da ortalama %20'lik bir artış gerçekleşmiştir. Avustralya ve Güney Kore %40'lık artışla başta giderken, Tayvan'da %10'luk bir artış gerçekleşmiştir. Güney Kore 1995 sonu itibarıyla dünyanın dördüncü büyük robot kullanıcısı ülke konumuna gelmiştir.

Tablo 2.3 Yıllık tahmini endüstriyel robot satışları 1990-1995

Ülke	Adet						1995/94
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	% değişim
Japonya	60,118	56,775	36,874	33,502	29,756	36,553	22.8
Amerika B.D.	4,327	4,466	4,561	6,048	7,634	10,198	33.6
Almanya	5,845	5,900	5,250	4,325	5,125	7,335	43.1
İtalya	2,500	2,036	2,478	2,471	2,408	3,120	29.6
Fransa	1,488	1,257	1,013	974	1,197	1,384	15.6
İngiltere	510	747	624	591	1,086	792	-27.1
Altı Büyükler	74,788	71,181	50,800	47,911	47,206	59,382	25.8
Avusturya	299	290	248	214	276	280	1.4
Benelüks	375	260	587	438	600	700	16.7
Danimarka	79	63	32	35	65	64	-1.5
Finlandiya	152	131	96	109	131	212	61.8
Norveç	34	28	21	28	32	41	28.1
İspanya	446	536	780	461	542	830	53.1
İsveç	328	308	451	252	648	461	-28.9
İsviçre	425	175	350	450	500	500	
Batı Avrupa-8	2,138	1,791	2,565	1,987	2,794	3,088	10.5
Çekoslovakya	153	51					
Slovakya			50	63	26	25	-3.8
Çek Cumh.			100	100	100	100	
Macaristan	61	30	8	10	8	15	87.5
Polonya	26	98	16	21	12	14	16.7
Slovenya			118	15	27	20	-24.8
Doğu Avrupa-6	240	179	292	209	173	174	0.8
Avustralya	153	154	118	145	15	214	37.2
Güney Kore	1,000	1,080	2,000	3,100	4,575	6,336	38.5
Singapur	166	281	318	1,751	4,010	4,010	

karşılaştırma noktası yine robot yoğunluğu olacaktır. Gelişmiş ülkelerde (Japonya hariç) 50 olan bu değer gelişmekte olan ülkelerde 5 ila 10 arasında yer almaktadır. Türkiyede ise robot yoğunluğu 0.7 mertebesindedir.

Gelecek 5 Yıla Ait Öngörüler: Gelişmekte olan ülkelerin yeni pazarlar olarak sektör pazarına dahil olmaları, yeni uygulama alanlarının oluşması ve yedek parça sektörünün gün geçtikçe ucuzlaması ile robot ve sistem fiyatlarının düşmesi gelecek yıllardaki hacmi de arttırmaktadır.

Tablo 2.7 Yıllık tahmini endüstriyel robot satışları 1994-1999

Ülke	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Japonya	29,756	36,553	46,500	56,500	67,000	77,100
Amerika B.D.	7,634	10,198	11,700	12,900	14,200	15,600
Almanya	5,125	7,335	7,700	8,200	9,000	9,900
İtalya	2,408	3,120	3,200	3,500	3,900	4,300
Fransa	1,197	1,384	1,500	1,700	1,900	2,100
İngiltere	1,086	792	1,000	900	1,200	1,600
Altı Büyükler	47,206	59,382	71,600	83,700	97,200	110,600
Avusturya	276	280				
Benelüks	600	700				
Danimarka	65	64				
Finlandiya	131	212				
Norveç	32	41				
İspanya	542	830				
İsveç	648	461				
İsviçre	500	500				
Batı Avrupa-8	2,794	3,088	3,700	4,300	4,700	5,200
Slovakya	26	25				
Çek Cumh.	100	100				
Macaristan	8	15				
Polonya	12	14				
Slovenya	27	20				
Doğu Avrupa-6	173	174	200	300	400	500
Avustralya	15	214				
Güney Kore	4,575	6,336				

Singapur	4,010	4,010				
Tayvan	569	630				
Asya-4	9,310	11,190	14,000	17,500	21,900	26,300
Rusya		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Diğer ülkeler	550	700	900	1,200	1,600	2,100
Genel Toplam	60,033	75,534	91,400	108,000	126,800	145,700



3. BÖLÜM III

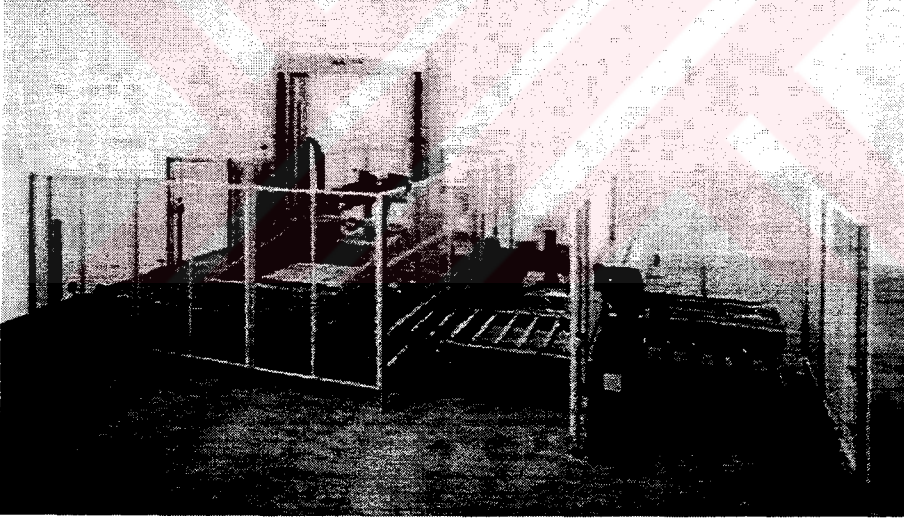
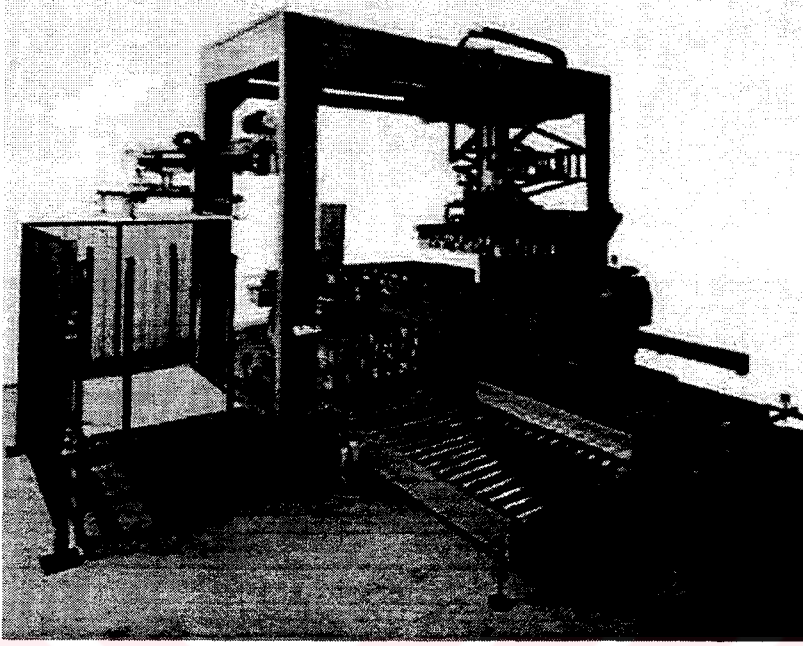
PALETLEME SİSTEMLERİ

3.1 Giriş

Belli bir düzen içerisinde yürüten imalat sisteminin herhangi bir aşamasında mamüllerin düzeni bozmamak için tahta veya plastik paletler üzerine kat kat dizilmesi işlemine paletleme işlemi denir.

Paletleme işlemi otomasyonun olmadığı uygulamalarda insanlar tarafından çoğunlukla bir konveyör veya bir buffer-zone (imalat sistemlerindeki aksamalar veya bakım esnasında üretilen mamüllerin toplandığı ara bölge) üzerinden tek tek veya çoklu biçimde alınarak palet üzerine dizmek şeklinde olmaktadır. Hemen hemen her uygulamada paletin üzerine paletle aynı yüzey alanına sahip bir karton konulur. Bundan sonraki her kattan sonra araya bir karton daha konulur. Böylece hem mamüllerin birbiri üzerinde kayması ve paletin düzeninin bozulması önlenmiş olur, hem de mamüllerin birbirlerine sürtünerek zarar vermeleri önlenmiş olur. İstenen sayıda kat oluşturulduktan sonra paletin etrafı streç film ile birkaç kez sarılır ve forkliftler veya transpaletler ile depolanacakları bölgeye nakledilir.

3.2 Paletleme Sistemleri



Şekil 3-1-Örnek paletleme sistemleri

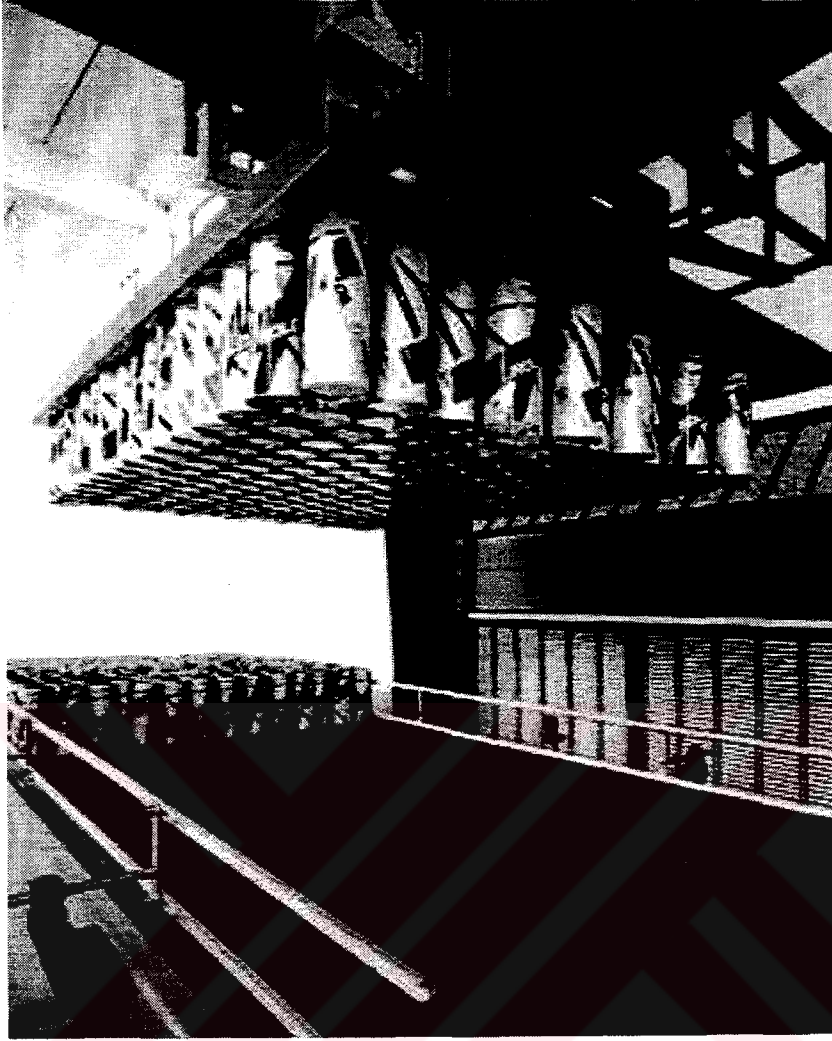
Paletleme işlemini yapan otomasyon sistemleri de aynı mantığı takip ederler. Bir paletleme otomasyon sistemi şu alt sistemlerden oluşur:

3.2.1 Ana besleme sistemi

Otomasyon sistemi mamülün paletleme öncesi işlem gördüğü son noktadan alınması ile başlar. Çoğunlukla bir ürünü imal eden sistem ayrı bir ünite, o sistemi paketleyen ve paletleyen sistemler ayrı ayrı ünitelerdir. Bu sistemler çoğunlukla ayrı firmalar tarafından dizayn edilmiştir. İmalatı yapan sistemin sonunda mutlaka mamülün akacağı bir hat mevcuttur ancak bu hat çoğu zaman takip eden paletleme veya paketleme sistemi için uygun değildir. Yüksek teknolojinin kullanıldığı ve fabrika yapılanmasının en baştan en ince detayına kadar düşünüldüğü fabrikaların imalat sistemleri bir bütün içerisinde tasarlandığından bu problemlerle pek karşılaşmaz. Ancak özellikle bizim ülkemizde olduğu gibi varolan eski teknoloji ile yapılan imalata bir hız ve kalite kazandırmak için yapılan otomasyon çalışmalarında bu tür problemler en önemli yeri tutmaktadır. İmalat sonu ile paletleme sistemi ara geçişinde sistem gereksinimlerine göre bir endüstriyel robot veya atanmış pnömatrik, mekanik veya hidrolik çalışan makineler kullanılmaktadır. Bu makineler paletleme sistemine düzgün bir biçimde mamül akışını sağlayan ana besleme sistemleridir.

3.2.2 Gruplama sistemi:

Paletleme sistemine alınan mamüller birçok uygulamada ilk önce belirli sayılarda bir düzen içerisinde gruplanırlar. Gruplama işleminde esas amaç sistemin takip eden üniteleri için zaman kazanmaktır. Gruplama işlemi ayrı bir ünite olduğundan ek bir yatırım ve işletme maliyeti demektir. Ancak pek çok uygulamada yapılması zorunludur. Çünkü birim zamanda gelen mamül miktarına yetişerek bunları boyutları çoğunlukla oldukça büyük olan paletler üzerine dizecek makineler yapmak çok daha maliyetli hatta mümkünün ötesinde olacaktır. Eğer paletleme sistemi bir paketleme istasyonunun arkasından geliyor ise gruplama paketleme aşamasında yapıldığından direk bu paketler paletlenebilmektedir. Bunun haricinde ise biriktirme konveyörleri ve sehpaları, çok odalı tutucular, birçok parçayı aynı anda tutan eller vb. kullanılmaktadır. Buralara mamülleri aktaran sistemler gene robotlu bir sistem olacağı gibi atanmış makineler de olabilmektedir.

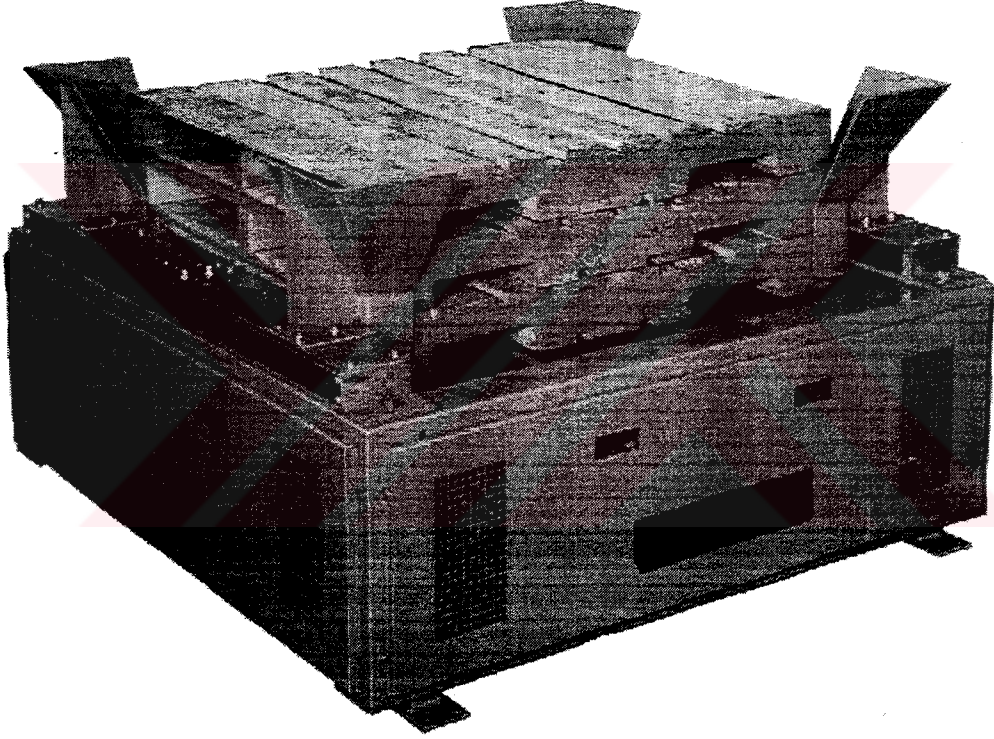


Şekil 3-2- Meşrubat kutusu gruplanması

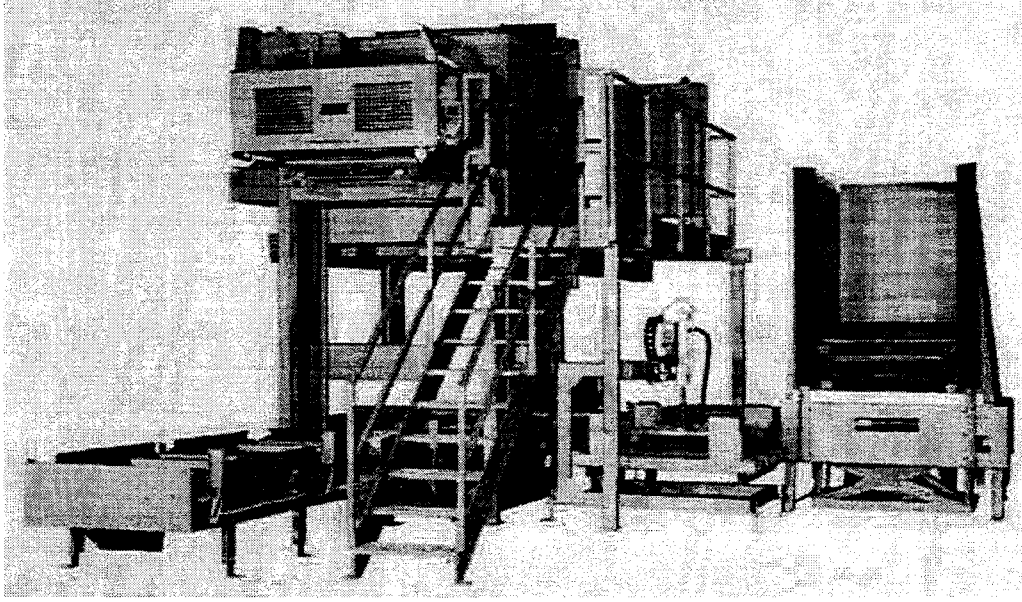
3.2.3 Palet ve karton hazırlama sistemleri

Gruplama istasyonunda işlem aşamaları devam ederken diğer bir sistemde de ürünlerin dizileceği palet ve bu paletin üzerindeki karton hazırlanır. Boş paletin doldurma istasyonuna taşınması ve dolu paletin sonraki palete yer açmak için buradan uzaklaştırılması gerekir. Bunu sağlamak için çoğunlukla ağır palet ağırlığını taşıyacak zincirli veya silindirik konveyörler kullanılır. Bu konveyör üzerinde paleti doldurma noktasında merkezleyen gerekiyor ise paleti konveyör seviyesinden yukarı kaldıran mekanizmalar olabilir. Palet taşıma konveyörüne palet tek tek bir işçi tarafından verildiği gibi bu iş için dizayn edilmiş palet verme sistemlerince de verilebilir. Palet verme sistemleri istiflenmiş çok sayıda paletten her defasında bir tanesini serbes bırakırlar. Karton

hazırlama sistemleri ise merkezlenen paletin ve sonra her katın üzerine bir adet karton konmasını sağlar. Önemli olan nokta palete konulacak ürün grubu hazır hale gelmeden palet ve kartonun hazırlanmış olmasıdır. Aksi durumda ana sistemde sürekli bir malzeme akışı olduğunu düşünürsek hazır grubun palet hazırlanıncaya kadar beklediği süre boyunca arkada bir birikme olacaktır. Bazı sistemlerde bunun önlemi birden çok biriktirme istasyonu kullanarak alınır. Böylece palet hazır hale gelinceye kadar arka tarafı sıkıştırmadan diğer istasyonda biriktirme yapılabilir. Ancak bu çözüm zorunluklar haricinde sistem maliyetini çok artıracığından kullanılmamaktadır.



Şekil 3-3- Palet verme sistemi



Şekil 3-4- Palet verme sistemli bir paletleme sistemi



Şekil 3-5- Palet verme sistemi

3.2.4 Paletleme Sistemleri:

Gruplanarak paletlemeye hazır hale getirilen ürünler robotlar veya atanmış makineler tarafından alınarak hazırlanan paletler üzerine dizilirler. Bu işlemi yapan sistemler

çoğunlukla robot veya servo kontrollü eksenleri olan ve pnömatik ünitelerin akuple edildiği makinelerdir. Parçaları yerleştirirken mümkün olan en verimli alanı kullanmak için ürünün konumunu değiştirmek gerekebilmesi ve her katı dizdikten sonra sabit adımlarla da olsa dizme mesafesinin yükselmesi servo kontrol gerektirmektedir.



Şekil 3-6- Bir paletleme robotu

Palet Streçleme veya Shrinkleme Sistemleri

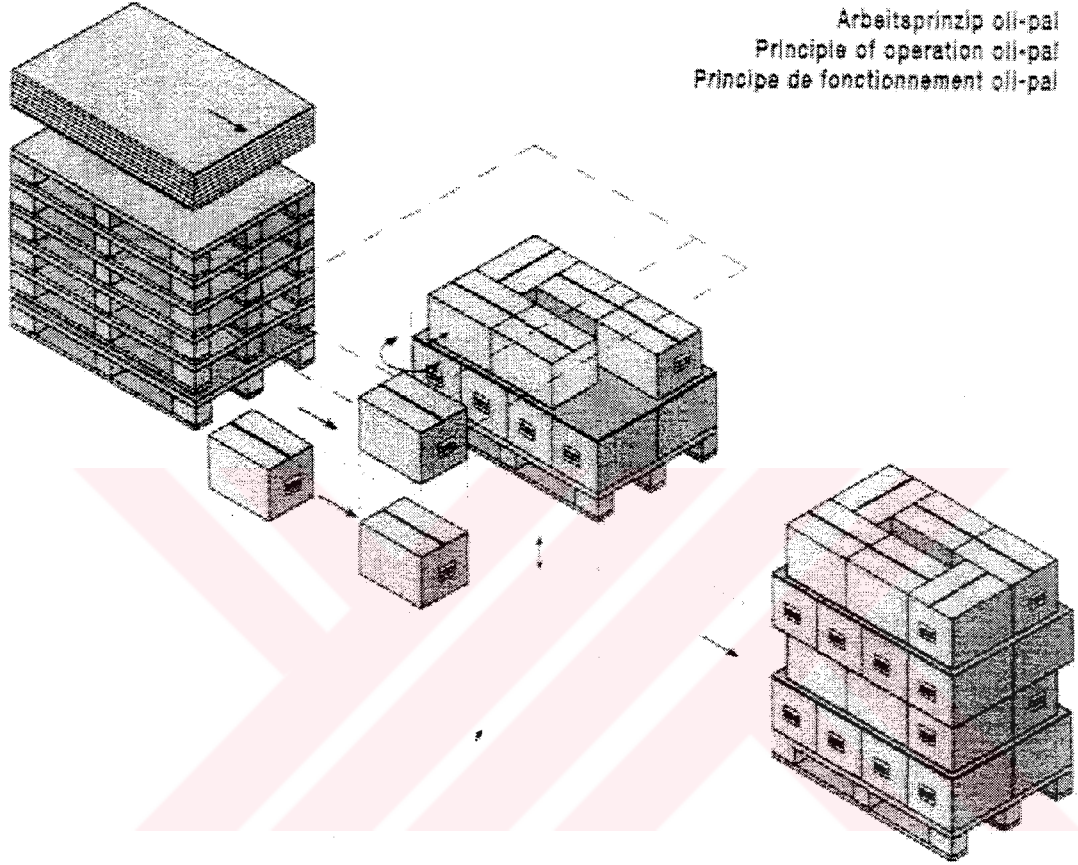
Bir paletin paletleme işlemleri tamamlandıktan sonra dağılmaması nakliye esnasında düzenin bozulmaması ve ürünlerin zarar görmemesi için etrafının sarılması gerekir. Bu iki şekilde yapılır. Paletin etrafının ince film bantları ile sarılmasına sitreçleme üzerinden naylon bir kap geçirilip bunun ısı etkisiyle daraltılarak sıkmasını sağlamaya da shrinkleme denir.



Şekil 3-7- Palet sitreçleme

3.3 Paletleme İşleminde Otomasyon

3.3.1 Sistem özelliklerini belirleyen kriterler



Şekil 3-8- Kutu mamül paletleme kriterleri

Bir palet verme sistemi paletlenmesi istenen mamülün fiziksel boyutları ve yapısal özellikleri göz önünde bulundurularak, ortam şartları da dikkate alınarak tasarlanır.

3.3.2 Malın cinsi

Paletli istiflenmeye uygun veya farklı ataşmanlarla istiflenme gereksiniminin olup olmadığının belirlenmesi için önemlidir. Basmaya karşı dayancı yüksek, şekil itibari ile sade ve simetrik boyut olarak çok küçük olmayan ürünler paletleme işlemi için

uygundurlar.

Gıda mamülleri, sıhhi mamüller sağlık koşullarına uygun sistemlerde paletlenmelidirler. Bu tür ürünler çoğunlukla paletleme öncesinde özel kutulara konulduklarından dış etkilere karşı korunmuşlardır. Fakat gene de sistemin genel temizlik koşullarına uygun olması gerekmektedir.

Hassas olarak işlenmiş makine parçalarının paletleme sırasında ve sonrasındaki nakliye işlemlerinde hiçbir zarar görmeyecek şekilde mümkün ise ayrı ayrı kutulara konularak paletlenmelerine dikkat edilmelidir.

3.3.3 Malın şekli:

Ürünün en az birbirine paralel ve mümkün olduğunca geniş alana sahip iki yüzeyinin olması gerekmektedir. Bu yüzeylerden biri taban biri ise tavan görevi yaparak paletin rijitliğini sağlayacaklardır. Oturma alanları ne kadar fazla ise üst katlar alt katlar üzerinde o kadar iyi tutunacaktır. Paletleme işlemi sırasında ara ünitelerde ilerletilmesi, durdurulması, biriktirilmesi ve sürüklenmesi gereken mallar düzgün yüzeylere sahip ise sorunsuz işlem görebilirler.

Malın şeklinin basit olması onun palete dizilme konumunun ayarlanmasında kolaylık sağlayacaktır. Karmaşık şekilli parçaların palete en doğru şekilde yerleştirilmesi için bazen birkaç eksenle konum değiştirmesi gerekebilmektedir. Bu da paletleme sistemi için ek bir yatırım ve işletme anında kayıp zaman demektir.

Mal üzerindeki süreksizlikler onun paletlemenin her aşamasında işlem görmesini zorlaştıracaktır. Süreksiz bölgelerden malı yakalamak mümkün olmadığından çok özel tutucular tasarlamak gerekebilecektir. Yüzeyleri süreklilik gösteren malzemeler yüzey şeklinin nasıl (silindirik, düz, göçük, oval, geniş kanallı vb.) olduğuna bağlı kalmaksızın kolaylıkla tutularak gruplama veya paletleme yapılabilmektedir.

3.3.4 Malın boyutları

Palet boyutları belirlenirken göz önünde tutulacak en önemli husus paletlenecek malın boyutlarıdır. Palet boyutları $a \times b$, malın boyutları $c \times d$, ve bir sırada $m \times n$ adet mal var ise:

- 1- $a > c$
- 2- $b > d$
- 3- $a - m.c < 0 \sim 50\text{mm}$
- 4- $b - n.d < 0 \sim 50\text{mm}$
- 5- Eğer mallar arasında bir t boşluğu bırakmak gerekiyor ise bu t değeri mal boyutlarına ilave edilerek yukarıdaki şartlar düşünülebilir.
- 6- Paletlenen malzeme silindirik ise $c=d=$ Malın çapı olarak alınabilir.(Silindiriklik ürün boyunca homojen değil ise en büyük çap göz önüne alınmalıdır.)

Malın boyutları ana besleme sisteminden paletleme sistemine kadar tüm sistemin ana boyutlarını belirleyecektir. Bu boyutlar direkt olarak sistem maliyetini etkilemektedir.

3.3.5 Malın ağırlığı

Bir palet üzerine n kat mal dizilecek ise ve bir malın ağırlığı G ise en alttaki malın üzerine:

$$G_{\text{Top}} = G.n$$

kadar bir ağırlık binecektir. Paletlenecek malın bu ağırlık altında zarar görmemesinden başka paletin rijitliği için hiçbir şekilde esnememesi de gerekir. Ayrıca paletin her katı üzerinde aynı miktarda yayılı yük vardır. Bu yük paletin alt katlarına gittikçe artmakta ve özellikle ardaki kartonların dış kısmından merkezine doğru giderek artan miktarlarda çökmelerine sebep olmaktadır. Bunun neticesinde üst katlarda yüzey düzgünlüğü ve stabilitesi kaybolmakta ve merkeze doğru bir çöküntü oluşmaktadır. Neticede üst katlarda gittikçe artan miktarlarda yandaki mallarda ara kartonlar üzerine zayıf bir tutunma ve alt

katlarda merkezde ise mallar üzerinde aşırı bir yüklenme söz konusu olacaktır. Özellikle boyut itibari ile küçük fakat ağır mamüller paletlenecek ise oluşturulacak kat sayısı bu unsurlar göz önünde tutularak belirlenmelidir.

Bir makinenin dizaynında göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan biri işlem görecektir malzemenin fiziksel büyüklükleridir. Şekil ve boyutları yukarıda açıklanan büyüklüklerden bir diğeri ise ağırlıktır. Ağırlık arttıkça makinelerde kullanılan motor güçleri artacak, yatak boyutları büyüyecek, artan yükleri karşılayacak kesitleri sağlayacak malzeme miktarı artacak dinamik kuvvetler arttığından sistemin kontrolü zorlaşacak, yük değişimleri boş ve dolu hali için büyük değişimler gösterdiğinden malzemeler daha fazla yorulmaya maruz kalacaktır. Tüm bu etkilerinden dolayı malın ağırlığı sistem gereksinimlerinin saptanmasında en önemli unsurlardan biridir.

3.3.6 Palet ve yükün toplam ağırlığı

Dolan her paletin bir şekilde nakledilmesi gerektiğinden ağırlığın çok fazla olması doğru değildir. Paletin ağırlığını kaldırabilecek makineler elde bulunması durumunda dahi nakledilecekleri yerlerdeki standart taşıma araçlarının da kolayca taşıyabileceği bir ağırlığı geçmemesine dikkat edilmelidir.

3.3.7 Birim zamanda paletlenmesi gereken mal sayısı

Pek çok paletleme uygulamasından 24 saat ve yılda 365 gün hiç durmaksızın malların paletlenmesi istenir. Paletleme sisteminden bu yüksek tempodaki çalışmaya mümkün olan en az bakım ve arıza zamanı ile cevap vermesi istenir. Birim zamandaki paletlenecek mal sayısı doğrudan sistemin çalışma hızını belirleyecektir. Bir sistemi oluşturan makinelerin ömrü ve bakım ihtiyaçları çalışma hızına bağlıdır. Bir makine kapasitesinden yüksek hızlarda çalıştırılır ise kendisinde doğacak hasarların yanı sıra tüm imalat sisteminde duraklamalara sebep olabilir.

Bir paletleme sisteminde birbirini takip eden aşamalarda makineler bir önceki aşamanın

hızına yetişemiyor ise gruplama yoluna gitmek gerekir. Örneğin dakikada 60 adet malın paletlenmesi isteniyor ise ve kurulacak sistemde palet değiştirme ve yeni paleti hazırlama süresi minimum 20 saniye ise 20 saniyelik bir süre boyunca paletleme yapılamayacağından palet hazırlama sistemi paletleme sisteminin hızına yetişemiyor demektir. Bu durumda paletleme istasyonunda minimum şartlarda 20 saniyelik bir biriktirme istasyonu gerekmektedir. Buda minimum 20 adet malın biriktirme istasyonunda bekletilmesi demektir. Böyle bir sistemde gruplama istasyonunda parça boyutları ve ağırlığı müsaade ediyor ise 20 adetlik bir gruplama yapılabilir. Bu gruplar tek seferde alınıp palete konulabilir. Böylece sistem bir süreklilik içinde çalışır. Hiç bekleme olmaz. Eğer malın fiziksel özellikleri tek gruplamaya imkan tanımıyor ise birden fazla gruplama istasyonu gereklidir. Örneğin farz edelim ki iki grup oluşturulabiliyor ve palet verme sistemi bir grubu palete 6 saniyede dizebiliyor. Palet hazır hale geldikten sonra arkadan gelen malların sıkışmaması için ilk grubun derhal ikinci grubun da 10 saniye sonra boşaltılması gerekir. Bu esnada ilk grup doldurulmaya devam ettiği için bir 10 saniye sonrada ikinci grubun alınması gerekir. Paletleme sistemi ilk 12 saniyede grupları palete dizecek; üçüncü 6 saniyede ise ilk 10 saniyede dolan 1. Grubu tekrar boşaltacaktır. Bu ana kadar paletleme sistemi hiç durmaksızın çalışacak sonra 2. Grubun dolması için 2 saniye bekleyecektir. Bundan sonra da her grubu palete koyduktan sonra bir sonraki palet değiştirme zamanına kadar 4 saniye yeni grubu bekleyecektir.

3.3.8 Palet boyutları

Çoğunlukla palet boyutu kullanılmak istenen sisteme göre seçilmesi ile birlikte bazı durumlarda paletlenecek malzeme için özel palet boyutları ve malzemesi gerekebilmektedir. Ayrıca birçok işletme üretiminin her aşamasında olduğu gibi paletlerde de bir standartizasyona gitmiştir ve bu standart paletlerin kullanılmasını öngörmektedir. Böyle durumlarda sistemin palet özelliklerine cevap verebilecek özelliklerde düşünülmesi gerekecektir.

3.3.9 Kullanılabilir fabrika alanı

Her sistemde olduğu gibi paletleme sistemlerinde de mamül özellikleri ne olursa olsun, kurulacak sistemin fabrika içersindeki öngörülen alana sığacak şekilde olması gerekmektedir. Çok yüksek maliyetler söz konusu olmadığı durumlarda fabrikanın mimari yapısında değişiklikler yapılabilir. Fakat bu değişiklikler fabrika alanının fonksiyonelliğini bozmamalıdır.

3.3.10 Fabrikanın maksimum tavan yüksekliği:

Seçilecek makineler binanın tavan yüksekliğinden ya da tavandaki aydınlatma, ısıtma cihazlar, boru vs. gibi elemanların aşağısında kalmalıdır.

3.3.11 Sistemin çalışacağı zemin ve eğim durumu:

Minimum sistem kurma maliyeti ve maksimum performans için zeminin düz olması gerekir. Bir çok hazır paletleme sistemi düz zeminler üzerine kurulmaya uygun olarak tasarlanmıştır. Sadece zemindeki ufak' kot farklarını tolere edebilmek için oturma ayaklarında ufak miktarlarda ayarlama yapılabilmektedir.

3.4 Bir Paletleme Sisteminden Beklenen Özellikler

Esneklik

Esneklik belirli zaman aralıklarında değişen üretim modellerine, o modellerin özelliklerine mümkün olduğunca az bağlı kalacak şekilde kolayca ve mümkün olan en kısa sürede cevap verebilme özelliğidir.

Paletleme sistemleri yalnızca bir çeşit ürünün paletlenmesi için dizayn edildiği gibi birden fazla ürün tipinin paletlenmesine uygun olarakta dizayn edilirler. Bir paletleme sisteminden, değişik ürünlerin paletlenmesinde mümkün olan en az mekanik ve elektronik ayar

gereksinimiyle cevap vermesi beklenir. Daha önceden açıklanan, paletli otomasyon sisteminin belirleyici kriterlerinde, paletlenen parça modelindeki değişikliklere bağlı olarak uyum problemi söz konusu olacaktır.Örneğin birbirinden farklı boyutta üç tip karton kutu paletlenecek ise üç farklı boyut ve ağırlık söz konusudur.Ana besleme sisteminden gruplama ve paletleme sistemine kadar üç değişik konum ve şartlarda ayarlamalar yapılır.İyi bir paletleme sisteminde bu ayarlamalar minimum düzeyde olmalıdır. Dördüncü bir kutu modelinin paletlenmesi gerekir ise sistem buna da ufak çapta modifikasyonlarla cevap verebilmelidir. Ayrıca fabrika tümünden üretim değişikliğine gidebilir ve tamamen farklı tipte mamüller paletlenmesi gerekebilir. Sistem bu esnekliğe sahip olmalıdır.

Model değişikliğinin yanı sıra üretim zamanlarında ve dolayısıyla paletleme sisteminin makina zamanlarında da belirli oranlarda değişiklikler olabilir. İyi bir paletleme sistemi artan veya azalan bu zamanlara, sistemin çalışma düzeninde herhangi bir aksaklık oluşturmayacak şekilde cevap vermelidir.

Kolay Yükleme ve Boşaltma

Paletleme sistemine, palet, karton, safya, sitreç filmi gibi malzemeler yüklenip dolu palet sistemden alınır. Sistemdeki birlikte çalışan makinaların bu yükleme ve boşaltma işlemini en kolaya indirgeyecek şekilde dizayn edilmiş olması gerekir.

Acil Durumlarda Kolay Müdahale

Sistemdeki çalışan makinalarda sıkışma, bozulma, iş kazası gibi durumlarda kolay ve çabuk bir şekilde müdahaleye imkan tanıyacak şekilde acil durum anahtarları (emergency stop button) bulunmalıdır.

Sisteme İnsan Müdahalesinin Az Olması

Bir otomasyon sisteminin ilk prensibi sistemde işi kontrol sisteminin kontrolü altında makinaların yapması, operatörlerin ise sadece kontrol sistemini yönetmesi ve acil

durumlarda müdahale etmesidir. En ideal paletli otomasyon sistemi sistemin girdilerinin (palet, karton, safya vb.) otomatik olarak sisteme beslendiği, tüm aşamalarda model değişikliklerindeki ayarlamalar da dahil makinaların kendi kendine yetebildiği, sonuçtaki dolu paletlerin sistemden konveyörler veya AGV' ler ile alınıp ve depolanmanın da otomasyon içerisinde olduğu sistemlerdir. Ancak ön yatırım maliyetinden dolayı bu sayılanların yapılabilmesi için gerçek anlamda fizibil olmaları gerekir.

Az Bakım ve Onarım Gereksinimi

Sistemin sürekli çalışma periyodu içerisinde imalatı aksatmayacak şekilde düzenli bakım periyodları haricinde arıza vermeyecek şekilde güvenli olması gerekir. Bakım zamanlarında büyük oranda makinaların çalışması mümkün olmadığından bu süre kısa olmalıdır.

İş Güvenliği Kurallarına Uygunluğu

Sistemin çalışma, bakım ve onarım durumlarında hiçbir şekilde operatörlerin güvenliğini riske atmaması gerekmektedir. Bunun için hiçbir maliyetten kaçınmadan gerekli tüm önlemleri almak şarttır. Sisteme çalışma esnasında hiçbir şekilde canlı giremeyeceği şekilde fens sistemleri (koruma kafesleri) ile donatmalı bunun mümkün olmadığı veya yetmediği durumlarda reflektörlü veya cisimden yansımaları geniş yüzeyde algılayabilen sensörler kullanılmalıdır. Sisteme çalışma esnasında dışarıdan yükleme yapılacak ise yükleme alanının hareketli makine elemanlarından, yüksek basınçta hava taşıyan hortumlardan, yüksek voltaj taşıyan elektrik kablolarından ve kontrol panolarından uzak olması gerekir. Açıkta hiçbir şekilde elektrik taşıyan kablo ve basınç hattına bağlı hortum bulunmamalıdır. Sistemin gerekli her yerine uyarı levhaları konmalıdır. Operatörlere sistem ilk kurulduğu anda gerekli eğitim verilmeli herhangi bir acil durum anında, servis ve bakım anında ne yapılıp ne yapılmaması gerektiği ayrıntılı olarak anlatılmalı hatta yazılı olarak tüm operatörlere ve yetkili şahıslara dağıtılmalıdır.

Kolay Devreye Alma, Çalıştırma - Sistem Basitliği

Kurulan sistemi çalıştıracak insanların birçok durumda daha önce hiç benzer bir sistem ile çalışmadığı düşünülür ise gerek o insanların gerekse sistemin güvenliği verimli çalışmalarını için çalıştırma mantığının basit kontrol yapısındaki ve mekanik sistemdeki operasyonların anlaşılır olması gereklidir. Sistemin ve sistemi oluşturan makinaların kullanım kitapçıkları eksiksiz, kolay anlaşılır ve basit bir dille yazılmış olması gerekir. Bunların ihtiyaç durumunda kolayca ulaşılabilecek bir yerde bulundurulması gereklidir.

Düşük Enerji Sarfıyatı

Makinelerde kullanılan motorların nominal gücü doğru hesaplanmış olmalı, gerekenden yüksek güçte motor seçilmemeli, hava tüketimi çok fazla olmayacak şekilde pnömatik sistem tasarlanmalı ve kaçak olmamasına dikkat edilmelidir.

Düşük Ön Yatırım Maliyeti

Kolay Bulunur ve Ucuz Yedek Parça

Sistem ekipmanlarından herhangi birisi arıza yaptığından onarılamayıp değiştirilmesi gerekiyor ise o ekipmanın elde edilme ve yerine takılma süresi kadar sistem duracaktır. Önemli aksamalara imkan tanımamak için mümkün mertebe bu tip elemanların işletmeci firma tarafından stoklarının tutulması ve kullanılan her elemanın yerine mutlaka yeni sipariş açılması doğru olacaktır. Ekipmanlar zor bulunur ve pahalı ise işletmeci firma zor durumlarda kalabilir

4. BÖLÜM IV

BİR SİSTEMİN SİSTEMATİK BİR YAKLAŞIM ile TASARLANMASI

4.1 Giriş

Toplumsal ve ekonomik gerekler çok değişik ve çeşitli ürünlerin, yapıtların, kısaca değişik sistemlerin tasarım ve üretimini gerektirir. Teknik yapıt veya daha kapsamlı bir tanımlamaya olanak sağlayan "Teknik sistem" kavramı, teknolojik üst sistem içinde belirli maksatlara hizmet eden basit bir gereçten, çok karmaşık bir çelik fabrikasına veya kimyasal maddeler kombinasına kadar olan yapıtları içine alır. Her karmaşık üst sistemi, buna nazaran daha az karmaşık alt sistemlere ayırmak ve bu işlemi dikey yönde karmaşıklık derecesi gittikçe azalan alt sistemlere göre devam ettirmek mümkündür. Örnek olarak bir çelik üretim fabrikası ele alınsa, bu sistem içinde, cevher hazırlama, kok fabrikaları, yüksek fırınlar., çelikhane, hadde tesisleri, yan ürün değerlendirme tesisleri v.s. alt sistemleri oluşturacaktır. Hemen görülür ki bu alt sistemlerin her biri de kendine göre daha az karmaşık olan. diğer alt sistemlere ayrılabilir. İleride bu konuya başka bir açıdan tekrar değinilecektir. Buradan sistem kavramının karmaşıklık derecesi bakımından relatif bir deyim olduğu görülmektedir. Teknik sistemlerin geliştirilmesi ve üretilmesi süreci. aralarında sıkı ilişkiler olan üç teknolojik süreçten oluşur. Bu süreçleri;

-Usul geliştirme süreci (UG3)

-Konstrüktif geliştirme süreci (KGS)

-Teknolojik geliştirme süreci (TGS)

olarak tanımlamak kabildir. Şüphesiz bu süreçler arasında sıkı pek çok ilişki ve girişimler mevcuttur. Usul veya daha uygun her deyimle teknik usul denildiği zaman "Çeşitli fiziksel etkilerden yararlanılarak, maddesel nesnelere bir durum değişimi veya bir durum sıklımını sağlayan operasyonlar kümesi" anlaşılır. Her teknik yapıt, kendisinden istenen fonksiyonu yerine getirebilmek için bir veya birden fazla teknik usulden yararlanır. Örnek olarak bir su türbini ele alınsın. Hareket halindeki suyun sahip olduğu potansiyel ve kinetik

enerji bazı fiziksel yasaların veya ana cümlelerin sonuçlarından (etkilerinden) yararlanılarak mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Burada uygulanan operasyonlar kümesi bir teknik usulü tanımlar.

Konstrüktif geliştirme süreci ise tarif edilmiş bir fonksiyonu yerine getiren bir teknik yapının (teknik sistemin) tasarımı, geometrik ve maddesel şekillendirilmesi ve üretim süreci (Teknolojik geliştirme süreci) için gerekli teknik dokümanların (teknik resimlerin) hazırlanması uğraşlarını içerir. Teknolojik geliştirme süreci ise üretim usullerini, organizasyonunu, planlanmasını kapsar. Daha evvelde belirtildiği gibi bu üç süreç yakın ilişkiler içindedir. Bazı üretim sistemlerinde de iç içe girmiş durumdadır.

Ürün geliştirme süreci sonunda ekonomik sisteme bir değer katılmaktadır. Bu sürecin hızlı ve optimal koşullarda işlemesi değer artış hızını doğrudan etkiler. O halde bu sürecin dolayısı ile onu meydana getiren alt süreçlerin rasyonel ve hızlı çalışan sistemler haline getirilmesi gerekir. Endüstri devrimi ile paralel yürüyen rasyonalizasyon çalışmalarında daha çok Teknolojik geliştirme sürecine ağırlık verilmiş ve çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Üretim sistemlerinin mekanizasyonu, otomatikleştirilmesi, otomasyonu ve son yıllarda komputer yardımı ile entegre edilmesi, genişleyen boyutlarda robotlaştırma bu gelişmenin aşamalarını vurgulamaktadır. Komputerle entegre edilmiş üretim sistemi (CIMS) içinde komputer yardımı ile konstrüksiyon (CAD), Komputer yardımı ile imalat (CAM), Komputer yardımı ile triboloji (CAT), Robotik ve bilgi-işlem birlikte düşünülmelidir.

Hemen görülmektedir ki, konstrüktif geliştirme sürecinin otomatikleştirilmesi, bu sürecin belli bir algoritma içine sokulmasını gerekli kılmaktadır. Her süreç bir operasyonlar kümesi olarak tanımlanabilir. Bazı operasyonlar ve bunları yürüten operatörler matematiksel veya formallojik işlemlerle tam olarak belirtilebilir. Bu operasyonlar lojik bir düzen içine yerleştirilebilir. Bu taktirde süreç için "determine bir algoritma", diğer bir deyimle matematiksel bir modelleme kurulabilir. Bazı operasyonlarda ise lojik bir düzen kurmak mümkün olduğu halde bunlara ait operatörler matematiksel veya formallojik olarak tanımlanamaz. Bu taktirde kurulacak modelde "heuristic bir algoritma" uygulamak, diğer

bir deyimle çalışmalarını "heuristik bir sistematiğe" yürütmek mümkündür. Konstrüktif geliştirmenin bazı süreçlerinde ise bunların hiç biri yapılamaz. Bu taktirde seçim ve karar sezgisel ağırlıklı olacaktır.

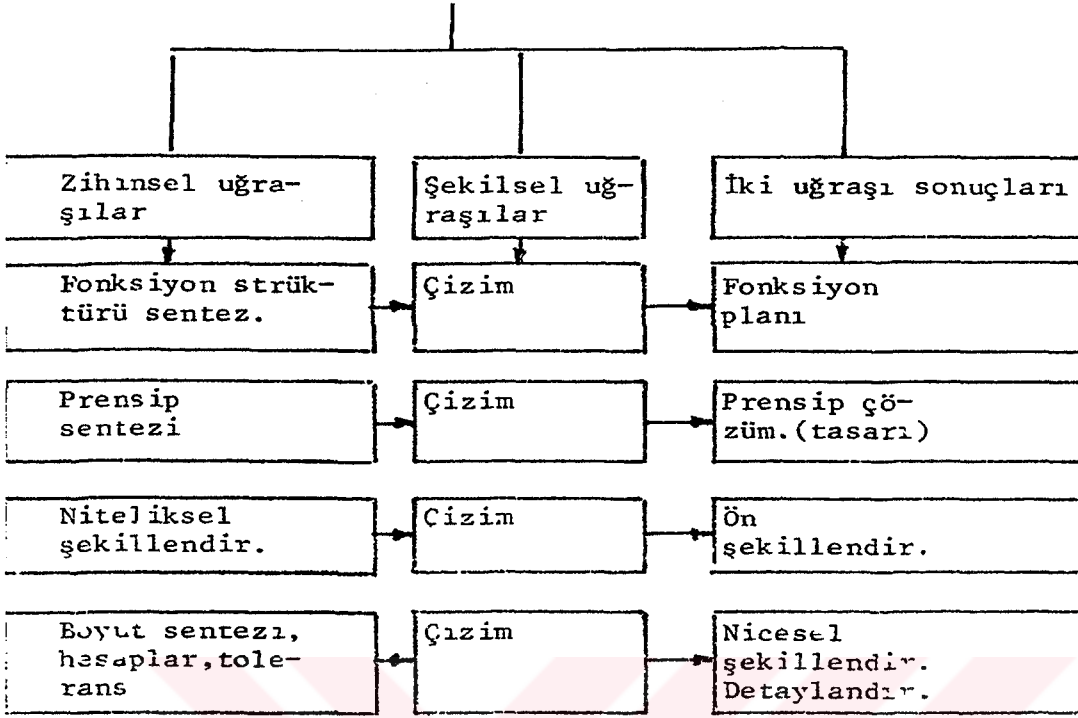
Şekil 4.1 de konstrüksiyondaki çeşitli uğraşlar gösterilmektedir. Bunlar kabaca düşünsel ve şekilsel uğraşlar olarak iki bölüme ayrılmıştır. Şekilsel olanlar belli bir algoritmaya bağlanabilir. Genellikle her türlü şekilsel sentez işlem için bir modelleme yapmalı, böylece işlemi otomatikleştirmek mümkündür. Güç olan husus zihinsel işlemlerin modellenmesidir. Özellikle yaratıcı davranış olarak nitelendirilen zihinsel uğraşlar daha ziyade sezgisel ağırlıklı olanlardır. Konstrüksiyon sistematiğinde ve özellikle tasarım fazında çalışmalar için sınırlı bir heuristik algoritma uygulanabilir.

4.2 Ürün veya Teknik Yapıt Fikrinin Oluşması:

Endüstriyel bir işletmeye ürün meydana getirme fikri doğrudan doğruya veya dolaylı olarak pazardan gelir. Entegre çelik üretim tesisleri, rafineriler, petro-kimya kombinaları, büyük enerji üretim tesisleri gibi büyük boyutlu teknik yapıtlar, ilgili işletmelere sipariş üzerine verilir. Bu siparişlerde:

- Ön projelendirme (teklif hazırlama)
 - Konstrüktif geliştirme
- aşamaları izlenir.

Konstrüktif geliştirme sürecindeki uğraşlar



Şekil 4-1.Konstrüksiyonda zihinsel ve şekilsel uğraşlar.

- 1-Üretim:
- 2-Montaj (fabrikada ön montaj, bazı hallerde deneme)
- 3-Tesisin kurulacağı yere nakli
- 4-Yerinde montaj
- 5-Deneme çalışması
- 6-Ön kabul ve kesin kabul

safhalarından geçilerek ödev sonuçlandırılmış olur.

Buna mukabil seri üretimi yapılan kısa veya uzun ömürlü tüketim mallarında, kısmen standartlaşmış üretim makinelerinde, ürün fikri dolaylı olarak pazardan gelir. İşletmede bulunan ürün planlama bölümü bu fikri geliştirir.

4.2.1 Ön projelendirme ve teklif hazırlama

Ulusal veya uluslar arası pazarda oluşan bir istek, ihale ilânı üretici işletmeyi bir ön projelendirme uğraşısına yönlendirir. Ön projelendirme çalışmaları, sadece teklif hazırlamaya yeterli olacak kadar bilgi yoğunluğuna sahiptir. Konstrüktif geliştirme süreci için de bir ön hazırlık niteliğindedir. Ancak bu çalışmanın müşterinin dikkat ve güvenini kazanmada büyük rol oynayacağı ve sonunda ihaleyi kazanma şansını arttıracığı unutulmamalıdır. Ön projelendirme çalışmalarının sonuçları gerek teknolojik ve gerekse ekonomik yönden yeterli boyutta bir ön değerlendirmeye olanak sağlamalıdır. Teklif veren firma sayısı genellikle birden fazladır. Bu nedenle de ön projelendirme sonucu teklif veren bir firmanın ihaleyi kazanma şansı % 100 değildir. Büyük tesis yapımında uzmanlaşmış firmaların kazandıkları ihale sayısının iştirak ettikleri toplam ihale sayısına oranı % 5 ile % 40 arasında değişir. Bu nedenle kazanma şansının yüksekliği üretici firmaların ön projelendirme aşamasındaki başarılı çalışmalarına bağlıdır. Ön projelendirme üç aşamada olabilir.

Temas teklifi aşaması

Yönlendirme teklifi aşaması

Kesin teklif aşaması

Pratikte temas teklifine "bağlayıcı olmayan ön teklif" de denebilir. Bu üretilmesi tasarlanacak olan sisteme ait önemli bazı büyüklükleri ve çok şematik bir sistem strüktürünü içeren bir takdim dokümanıdır. Esasen bu tip projeler tamamen yeniye dönük bir konstrüksiyonu içermezler. Teklif veren firmanın daha evvel yapmış olduğu benzer projeler nedeni ile hem deneyimi ve hem de güçlü bir arşivi mevcuttur. Bugün büyük firmaların fiziksel olarak benzer tesisler için hazırlamış oldukları genel komputer programları da mevcuttur. Bunlara teknolojideki son gelişmeler, firma araştırmalarının sonuçlarıdır.

özellikle teknik değeri arttıran, buna karşılık maliyet faktöründe fazla değişiklik yapmayan değişiklikler göze çarpıcı şekilde eklenecektir. Kesin teklif ise bağlayıcı niteliktedir.

ihaleye talip firmalar arasında bir ön seçim yapabileceği, dolayısı ile teklif edilen projelerin bir kısmını eleyebileceği bilgiler toplanmıştır. Müşteri seçtiği firmalarla daha sıkı temaslar kurarak son uygulanabilirlik etütlerini tamamlar ve üretici firmalara isteklerini iletir. Bu aşamada özellikle mali konular, kredi olanakları, ödeme şartları, süre (termin) önemli tartışma ve uzlaşma konularıdır. Bu ilişkiler sonunda hazırlanan. bilgi içeriği çok genişlemiş olan son teklif artık bağlayıcı niteliktedir. Son pazarlık aşamasından sonra teklif kesin siparişe bağlanır.

Üretici firma, müşteri ile üzerinde anlaştığı teknik-ekonomik ve yasal istekleri ve maddeleri içeren sözleşmenin açık, kolay anlaşılabilir (diğer bir deyimle çelişkisiz) ve alınan ödevi tanı tarifleyen bir doküman olmasına özen göstermelidir.

4.2.2 İşletme içi ürün planlaması

Seri halde ve büyük sayıda teknik yapıt üreten firmalar, yeni tipleri ve yeni modelleri pazar talebine uygun olarak geliştirmek zorundadırlar Bu nedenle, milli ve milletlerarası pazarda isim yapmış olan büyük firmalar bünyelerinde güçlü bir "ürün planlama bölümü" oluşturmuşlardır. Bu bölüm, konstrüksiyon, üretim ve pazarlama bölümleri ile sıkı ilişkiler içindedir. İşletmenin araştırma bölümü mevcut ise buradan gelen yeni bilgiler ve işletme dışı araştırma müesseselerinin bulguları sürekli olarak değerlendirilir.

Yeni bir ürün fikrinin oluşması için işletme içi ve işletme dışı itici etkenler mevcuttur. Bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

İşletme dışı etkenler:

- İşletme ürünlerinin tip, şekil, teknik ve ekonomik değerler bakımından yaşlanması. Bunun en belirgin göstergesi pazar talebindeki azalma eğilimidir.
- İşletme dışı araştırmaların, patentlerin ortaya koyduğu yeni tipler, yeni teknolojiler. Bu yönde en iyi örneği mekanik sistemlere elektronik yapıtların geniş ölçüde girmesi teşkil eder.
- Pazarın dinamik yapısının sonucu, pazar eğilim ve arzularındaki değişimler (yeni renk

kombinasyonları, fonksiyon bağımsız estetik formlar, kullanma kolaylıkları gibi)

- Ekonomi politikalarındaki değişmeler. Örnek olarak, dış pazara daha az bağımlılık, enerji politikasındaki değişmeler, yeni anlaşmaların ortaya çıkardığı pazar istekleri gibi hususlar gösterilebilir.
- Rakip firmaların ürünlerindeki yenilikler.

İşletme içi etkenler ise:

- Atıl kapasiteden yararlanma, yeni işbirliklerin sonu ortaya çıkan iş hacmindeki genişleme
- Satıştaki düşme eğilimi
- İşletme içi araştırmaların ortaya koyduğu yeni olanaklar
- Üretim metotlarında yapılan değişiklik ve geliştirmeler

4.2.2.1 Mamül (ürün) planlamasında izlenen adımlar:

Bir ürün planlama sisteminin strüktürü ve fonksiyonu -:çln değişik görümler mevcuttur. Ancak bunların hepsinde müşterek olan çalışma adımları aşağıdaki gibidir.

- Durum analizi ve işletmenin hedefleri
- Mamül fikrinin oluşması
- Seçim
- Tarif

İlk adımda işletmenin uğraşı alanına giren pazarın ve işletmenin iç yapısının kritik bir analizi yapılır. Dış pazardaki eğilimler ve işletme içindeki zayıf noktalar tespit edilir.

İkinci adımda ise, kısa ve uzun vadede pazara hangi tip ürünlerin (teknik sistemlerin) sunulabileceği niteliksel ve niceliksel olarak incelenir ve gerçekleştirilebilme olanakları tartışılır.

Üçüncü adımda ise belirli hedef ve değerlendirme kriterlerine göre, bu sistemlerin teknik,

ekonomik ön değerlendirilmeleri yapılır. Mevcut ürün fikirleri içinden en fazla pazar şansı görülenler seçilir.

Dördüncü adım, seçimi yapılan ürün tipleri için ödev tarifini kapsar. Bu tarif, konstrüktif geliştirme sürecinin ihtiyaç duyduğu açıklıkta ve belirlilikte olmalıdır.

Tamamen yeniye yönelik sistemlerin tariflenmesinde, ileride çözüm arama tekniklerinde ayrıntılı olarak verilen "Brainstorming" (beyin şimşekleri), synektik. Deiphi metodu gibi çeşitli fikir üretme tekniklerinden de yararlanır.

4.2.2.2 Durum analizi ve işletmenin hedefleri:

Bu önemli çalışma adımına, işletmenin (üretici firmanın) üretim ve ciro durumunun incelenmesi ile başlanır. Üretim sisteminde mevcut olabilecek boşlukların tespiti, cironun ve ciro bileşenlerindeki düşüşlerin veya yükseliş eğilimlerinin kritik bir gözle incelenmesi çok önemli noktaları ortaya çıkarır.

Pazarla ilgili inceleme alanları:

- Sosyal ve politik istekler, çevre sorunları, ilgili yasa ve yönetmelikler, yeni emniyet ve güvenilirlik eğilimleri ve istekleri
- Pazardaki büyüme ve genişleme eğilimleri, sınırları, bazı alanlardaki teşvik tedbirleri
- Pazarın dinamik yapısındaki değişimler, termin şartlarındaki değişimler
- Aynı pazar alanına giren firmalarla rekabet durumu, bu firmalardaki pazar eğilimlerinin incelenmesi
- Teknolojideki değişimler, yeni araştırma sonuçları ve bunların uygulama olanakları

Böyle bir pazar analizinde aşağıdaki zorluklarla karşılaşılması doğaldır:

- Pazarın kararsızlığı ve pazar dinamiğinin değişim eğilimlerinin ürün geliştirme süreci içinde ne olabileceğinin tahminindeki belirsizlik
- Ürünlerin pazar ömürlerinin kısalması ve bu kısalma eğiliminin tespiti

- Genellikle geleceğe ait tahminlerde (Prognose) yatan önemli hata olasılığı

İşletmenin iç durumunun analizi:

İşletmenin iç durumu analiz edilirken, sadece işletmeye doğrudan bağlı üretim merkezleri ele alınmaz. İşletmenin iştirakleri, bağlantılar kurduğu diğer işletmeler, kısaca işletmenin tüm potansiyel alanları inceleme ve değerlendirmeğe tabi tutulur. Durum analizi bünyesinde toplanan pazar ve işletme içi analizleri sonunda elde edilen bilgilerin bir ürün arama alanında uygulanabilmesi için işletme politikasının, diğer bir deyimle işletme hedeflerinin bilinmesine gerek vardır. Bilgiler bu hedefler doğrultusunda saptanacak kriterlere göre değerlendirilecektir. İşletme hedeflerini aşağıdaki önemli hususlar belirleyebilir:

- Pazarda satış yüzde payının artırılması ve artış eğilimin korunması
- Pazardaki talep eğilimine uygun bir esnekliğe ağırlık verilmesi
- Anapazar-ciro-kâr oranlarındaki hedeflere ulaşm.a v.s.

İç ve dış potansiyel alanlarından gelen bilgilerin, işletme hedefleri doğrultusunda incelemeye konulduğu yere "Fikir arama alanları denir". Burada yeni ürün veya teknik sistem fikirleri oluşacaktır.

Arama alanı sınırlarının genişliğini, işletmenin geleceğe yönelik planları, planın zamana bağlı olarak gelişme evreleri tanımlar. Buna bağlı olarak da alan sınırları geniş veya dar tutulmuş olabilir. Bu pratik olarak ürün geliştirme fikrinin tamamen yeni sistemlere mi, yoksa mevcut bir sistemin uygulama sınırlarını genişletmeye mi? yoksa tip miktarını mı, veya sayı miktarını mı arttırmaya yönelik olacağı gibi kararların alınması anlamına gelir.

4.3 Konstrüksiyon ve Konstrüktif Geliştirme Süreci

Pazardan doğrudan doğruya (müşteri talebi, ihaleler) veya dolaylı (ürün geliştirme bölümü çalışmaları) olarak konstrüksiyon bürosuna gelen ürün veya teknik yapıt fikri üzerine

konstrüktif geliştirme süreci başlar. Pazarda oluşan talep daha çok, teknik yapıtın giriş ve çıkış değerleri ile ilgilidir. Kullanıcı genellikle teknik sistemin iç yapısı ile (kara kutunun içinde neler bulunduğu) ilgili değildir. Bu nedenle pazardan konstrüksiyon bürosuna gelen ödevin bir kere daha kritik bir incelemeye tabi tutulması gerekir.

Not:Mamül planlama bölümü bu çalışmaları , pazarlama , konstrüksiyon ve üretim kesimleri ile sıkı ilişkiler içinde sürdürecektir . Bilhassa müessese içi ilişkilerde,iş hazırlamanın üretim planlama ve üretim yönetimi bölümlerinden gelen bilgilerin değerlendirilmesi önem taşır. Ürün fikri yanında bunun üretilebilir olup olmadığının işin başında bilinmesi işletmeyi lüzumsuz zaman ve para kayıplarından korur.

Ödev nasıl bir çözüm istemektedir,ödevdeki bilgiler yeterli midir? Lüzumsuz veya görüntü istekler mevcut mudur? meydana getirilecek teknik sistemin iç yapısı ile ilgili daha ne gibi problemlerin çözümüne ve bunlarla ilgili isteklere ihtiyaç vardır? Ödev tamamen yeniye yönelikse, dolaylı da olsa daha evvel çözülmüş ne tip problemlerle benzerlik kurulabilir? v.s. şeklinde pek çok sorunun konstrüksiyon bürosunda sorulmasına ve bunların cevabının hangi oranda verilen ödevde bulunduğu tespitine gerek vardır. Konstrüktif geliştirme sürecinin ön çalışması, veya verilen ödev tarifinin kesinleştirilmesi olarak tanımlanan bu çalışmalara sürecin 0 fazı denebilir. Bu faza sistem tekniğinde bilgi toplama fazı denir.

4.4 Ödevin Analizi ve Kesinlik Kazanması (Faz 0):

Ürün geliştirme sürecinde ürün fikrinin pazardan gelen isteklerle nasıl oluştuğu daha önce ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Konstrüksiyon bürosuna bir ödev şeklinde gelen ürün (veya teknik yapıt) fikri, daha çok gerçekleştirilmesi istenen sistemin çevre büyüklüklerini kapsar. Basit bir deyimle roüş-teri makinanın içinde neler olduğu "değil, makinanın ne yapması gerektiği ile ilgilidir. Konstrüksiyon bürosundaki uğraşı ise daha çok makinanın içinde neler olması gerektiğine yöneliktir. Bu iki farklı görüşü bağdaştırmak için "Ödev" in konstrüktör gözü ile de bir kere daha incelenmesi gerekecektir.

4.4.1 Konunun önemi

Konstrüktif geliştirme sürecinin bütün aşamalarındaki başarı şansı ödev tanımlamasının iki yönlü olarak tam bir kesinlik kazanmasına bağlıdır. Bu nedenle siparişin kesinleşmesinden sonra. İstek sahibi ve konstrüktör arasında bir diyalog kurulması zorunludur.

Böyle bir bilgi alış verişindü aşağıdaki sorulara bir kere daha cevap aramak gerekir:

- Esas problem nedir? Anlayış farkı var ise nasıl giderilir?
- Genellikle düşünülmüş olup, açıklanmamış olan arzular, beklentiler var mıdır? Talep edenir düşünemediği hesaba katamadığı ve özellikle sistemin iç yapısına bağlı hususlarda fikir birliğine varılabilir mi?
- Acaba ödev verilirken açıklanan şartların hepsi sistemden istenen fonksiyon için zorunlu mudur? Yoksa bilgi eksikliğinden ortaya çıkan görüntü şartlarda mevcut mudur?
- İstenen sistemin geliştirilmesi bakımından hangi yollar açıktır? ne gibi kısıtlayıcı şartlar vardır?

Bu çalışmalar esnasında hemen kesin maddesel çözümler ele alınmamalıdır. Hatta bu tip örnekler vermek bazan sakıncalı, diğer bir deyimle daha iyi çözümleri önleyici olabilir. Ödevi açıklığa kavuşturan ikinci bir sorular grubu da şunlar olabilir:

- Tasarlanacak çözüm hangi maksada yöneliktir?
- Hangi özelliklere sahip olmalı ve hangilerine sahip olmamalıdır?

Eğer konu ürün planlama bölümünce yeteri kadar incelenmemiş ise veya konstrüksiyon bürosunca böyle bir görüşe varılmış ise, aşağıdaki hususların bir kere de konstrüksiyon bürosunca ele alınması yerinde olur:

A) İşletmede gözlenen eksiklikler:

- Satış teşkilatına akseden müşteri şikayetleri ve bunların analizi.
- Montaj ve deney bölümlerinden gelen yakınmalar, eleştiriler.

B) Teknolojik durum:

- Rakip firma programları

- Benzer ödevlerle ilgili çözümler, bunlara ait eleştiriler
- Patent literatürünün incelenmesi

C) Kesin datalar, ağırlık noktaları:

- Uluslar arası tavsiyeler, standartlar (milli ve milletlerarası)
- İşletmenin ürünleri ile ilgili kurumların koydukları sınırlar kısıtlamalar (sağlık ve emniyetle ilgili)

D) Geleceğe dönük gelişmeler:

- Yapısal değişiklikler, model değişim eğilimleri
- Teknik-ekonomik politikalardaki değişim eğilimleri
- Kullanıcının gelecekteki davranışı ve istekleri ile ilgili var sayımlar

Bu sorulara verilen cevaplar, konstrüksiyon bürosuna gelen ürün fikri tanımlamasındaki eksiklikleri giderecek ve ödev- kesinlik kazandıracaktır.

4.4.2 Ödevi tanımlayan istek tipleri, İstekler listesi:

İstekler ödevin amaçladığı teknik sistemi tanımlayan çeşitli özellikleri niteliksel veya niceliksel olarak belirten büyüklüklerdir. Bunlar teknik sistemin giriş ve çıkış büyüklükleri kümesini meydana getiren çevre büyüklükleridir. Bu büyüklükler fonksiyonla ilgili olarak madde, enerji, sinyal türünde; insan makina ilişkilerine bağlı olarak ergonomik ve ekonomik koşullarla ilgili olarak çeşitli parasal boyutlarda olabilir. Genel olarak ödevi tarifleyen istekleri üç kategoriye ayırmak kabildir:

I- Ödevin çözümünde muhakkak yerine getirilmesi istenen istekler.

Bunlar "Kesin istekler olarak isimlendirilecektir". Kesin istek-leri de iki alt gruba ayırmak kabildir:

- a) Çok dar toleranslarda yerine getirilmesi gerekenler. Örneğin sistemin ağırlığı 1500 Kg (- 10 Kg) olacaktır gibi.

b) Bir üst veya alt sınır belirten istekler. Örneğin sistemin ağır-lığı 1500 Kg mı geçmeyecektir veya Tavan yüksekliği 8 m den daha küçük olma-yacaktır gibi.

a tipi isteklerde konstrüktör her hangi bir değişiklik yapamaz. Bunlar genellikle ödevin fonksiyonu ile doğrudan ilişkilidir. 1 b tipi isteklerde konstrüktör sınır değerlerin altında veya üstünde kalmaya çalışır. Fonksiyonu bozmaksızın erişilen değerler satış başarısını arttırır.

II- Arzu tipi istekler:

Bu tip isteklerin gerçekleştirilmesi zorunlu değildir. Ancak maliyet artışı olmaksızın veya müşteri ile anlaşarak çok az bir maliyet artışı karşılığında bunların yerine getirilmesi işletmenin pazar şansını arttırır. Bu tip istekleri bir önem sırasına göre dizmek, konstrüksiyonun değerlendirme aşamasında yarar sağlar. Örneğin bir hız değiştiricisi için ödev tarifinde değiştirme işinin el kumandası ile yapılması istenmiştir. Ayrıca, müşteri arzu tipi bir istek olarak ileride bunun otomatik kumandaya dönüştürülmesi imkanlarının da konstrüksiyon esnasında düşünülmesini arzulanabilir ancak şart koşmaz.

III- Hedef gösteren istekler:

Bu tip istekler müşteri, veya pazar talebi ile ilgili değildir. Konstrüktif geliştirme sürecinin ilerleyen fazlarında artan bilgiler, geliştirilmekte olan sistem veya bunun değişkenleri için geleceğe ait bazı konstrüktif yeniliklerin yapılabileceğini ortaya koyar. Bunların işletme içi bilgi olarak kaydedilmesi gelecek için yarar sağlar. Aynı teknik sistemin daha ileri kuşakları için bu istekler doğrultusunda araştırma ve inceleme-lerin yapılması, yeni ürün fikirlerinin oluşmasına yardımcı olur.

İstekler bir liste oluştururken bunların hangi türden oldukları yanlarında belirtilmelidir. Kesin istekler (K), arzu tipi istekler (A) ve hedef tipi istekler (H) ile belirtilebilir. Şüphesiz (H) tipi istekler sadece işletmenin kendine ait dokümanlarda belirtecektir. Uzun zaman alan konstrüktif çalışmalarda ortaya çıkan bazı (H) tipi istekler müşteri ile

anlaşmaya varılarak, kesin istek şekline dönüştürülebilir.

Bu ayırım dışında istekler listesinde her kategoriden istek için niceliksel ve niteliksel tanımlamalar yapılacaktır.

İstekler listesinin, eğer tanımlanmış ise, fonksiyon gruplarına veya yapıt gruplarına göre bir bölümlenmeye sahip olması önerilir. Gene istekler listesinde parasal koşullar, termin (bitiş süresi), yasal hususlar ayrı bölümler halinde belirtilmelidir. İstekler listesinin düzenleme şekli için standart bir format yoktur. Her işletme kendine uygun bir format geliştirmiştir. Ancak aynı bir işletmede yeni bir konstrüksiyonla, geliştirme veya alan genişletme konstrüksiyonları için hazırlanan istekler listeleri farklı olabilir. Çünkü, birinde yapıt mevcut değildir. Yeniden meydana getirilecektir. Diğerlerinde ise mevcut bir yapıtın geliştirilmesi veya daha büyük veya küçük tiplerinin yapılması bahis konusudur veya yapıtın sadece bazı alt elemanları değiştirilecektir. Bu farklılık istekler listesinin düzenlenmesinde de farklılar meydana getirir.

Çok büyük ve karmaşık sistemlere ait istekler listesinin hazırlanmasında, sistemi meydana getiren alt sistemler için istekler listesi ayrı ayrı hazırlanır. Örneğin Entegre bir çelik üretim tesisinde, sistem için global bir istekler listesine ek olarak, cevher hazırlama, yüksek fırınlar, çelikhane v.s. alt tesisler için ayrı istekler listesi hazırlanır.

Bir konstrüksiyon ödevine ait istekler listesi ilk defa hazırlanıyorsa şüphesiz bazı zorluklarla karşılaşılacağı doğaldır. İstekler listesi için Baumanın (11) tarafından tablo 4.1 deki format önerilmektedir. Pahl-Beitz (10) İstekler listesinin şekli için şekil 4.1 deki tabloyu örnek olarak vermektedir. İstekler listesinin hazırlanmasında acemi olanlar için istekler listesinde teknik sistemi tanımlayan önemli özellik tiplerini tablo 4.2 göstermektedir. Her istekler listesinde bu Özelliklerin bir kısmı kesin, bir kısmı arzu tipi olmak üzere, niceliksel veya niteliksel tanımlamalarla bulunacaktır.

Tablo 4.1: İstekler listesinin hazırlanmasında kullanılacak format (Baumann (11))**1-Müşteriyle ilgili****datalar:****1.1. Müşterinin kodu****1.1.1. Isim, Adres****1.1.2. Müşteriye ait sorumlu kimse****1.2. Projenin kodu****1.2.2. Proje veya sipariş numarası****1.2.3. Projenin genişliği çerçevesi****2- Üretici ile ilgili datalar****2.1. Üreticinin kodu****2.1.1. Isim Adres****2.1.2. Sorumlu bölüm, kişi****2.2. Üreticinin proje ismi****2.2.1. Proje sipariş no. (Üretici yönünden)****2.2.2. Projenin çerçevesi****2.3. Teknik sistemin tanımı****2.3.1. Teknik sistemin ismi****2.3.2. Teknik sistemin ilgi bölgesi****2.3.3. Teknik sistemin karmaşıklık düzeyi****2.3.4. Teknik sistemin klasifikasyon no.su****2.4. Termin**

– Taleb edilen

– Mümkün olan

2.5. Maksatla ilgili tanımlamalar**2.5.1. Proje maksadının tanımı****2.5.2. Teknik sistemin tanımı****3. Madde , Enerji, Sinyal**

– Bileşim

– Strüktür

3.2.1.1.2.2. Görünüm

– İç görünüm

– Dış görünüm

3.2.1.1.2.3. Özellikler

– Mekanik

– Fiziksel

– Teknolojik

3.2.1.2. Miktarlar

– Mutlak değerler

– Miktar dağılımı (Miktar strüktürü)

3.2.2. Enerji

3.2.2.1. Cins

3.2.2.1.1. Şekil

3.2.2.1.2. Kalite

3.2.2.2. Miktar

3.2.3. Sinyal

3.2.3.1. Cins

3.2.3.1.1. Şekil

3.2.3.1.2. Kalite

3.2.3.2. Miktar

3.3. İşletme gereksinimleri

3.3.1. Madde

3.3.1.1. Cins

3.3.1.1.1. Şekil

3.3.1.1.2. Kalite

3.3.1.2. Miktar

3.3.2. Enerji

3.3.2.1. Cins

3.3.2.1.1. Şekil

3.3.2.1.2. Kalite

3.3.2.2. Miktar

3.3.3. Sinyal

3.3.3.1. Cins

3.3.3.1.1. Şekil

3.3.3.1.2. Kalite

3.3.3.2. Miktar

4. Zamanlar

4.1. Zaman bilançosu

- Takvim
- İşletme zamanı
- Duruş zamanları (Kontrol içi)
- Faydalı zamanları
- Kesintiler (Kontrol dışı)
- Faydalı esas süre
- Faydalı yardımcı süreler

4.2. Zaman oranları (derecesi)

- Hizmete hazır olma oranı (derecesi)
- Kayıp zaman oranı (derecesi)

5. Çevre ve sistem etkileri

5.1. Çevre etkileri

5.1.1. Coğrafi etkiler

5.1.1.1. Konumla ilgili olanlar

5.1.1.2. Mevcut ulaşım olasılıkları

- Deniz taşımacılığı
- İç su taşımacılığı
- Demiryolu taşımacılığı
- Karayolu taşımacılığı
- Hava taşımacılığı

5.1.1.3. Yan sanayi Pazarı

5.1.1.4. Satış pazarı

5.1.2. İklim etkileri

- Sıcaklık Gündüz/Gece Yaz/Kış
- Nemlilik Gündüz/Gece
- Yağmurlu/Yağmursuz dönem
- Hava basıncı
- Hava hareketleri Rüzgar şiddetleri Rüzgar yönleri
- Hava analizi

Bileşim Önemli eser maddeler

5.1.3. Jeolojik etkiler

5.1.3.1. Zemin yapısı

- Zemin şekli
- Zemin altı İnşaat

5.1.3.2. Cevher ve Enerji zenginliği

5.1.3.3. Sismik durum

5.1.4. Biolojik özellikler

- Koruma alanları
- Zararlılar

5.1.5. Komşu teknik sistemlerin etkileri

- Sarsıntılar
- Zaman, toz
- Kimyasal aktif maddeler
- Gürültü

5.1.6. Beşeri durum

5.1.6.1. İş gücü durumu

- Uzmanlık Teknik alışkanlık
- Ücret seviyeleri
- Yetişkinlik Okuma-yazma oranı
- Erkek/Kadın iş gücü imkanları

5.1.6.2. Nüfus yapısı (Demografik etkiler)

- İskan yoğunluğu
- Toplumun davranış biçimi

5.1.6.3. Politik ve ekonomik strüktür

- Devlet formu
- Ekonomik sistem
- Endüstri ve zanaat yapısı oranları
- Zirai potansiyel ve şekiller

5.2. Sistem etkileri

6. Çevre ve sisteme bağlı şartlar

6.1. Çevre şartları

6.1.1. Artık madde depolama imkânları

6.1.2. Emisyon durumu

6.1.2.1. Havanın temiz tutulması

6.1.2.2. Suyun temiz tutulması

- Taban suyu
- Nehir ve göller
- Sahiller
- Açık deniz

6.1.2.3. Toprağın temiz tutulması

6.1.2.4. Doğanın korunması, peysajın bozulmaması

6.1.2.5. Aşağıdaki zararlı büyüklüklerin sınırlandırılması

- Gürültü
- Sarsıntı
- Isı
- Radyasyon
- Koku

6.2. Sisteme bağlı şartlar

6.2.1. Müşteri desteğinin cins ve genişliği

6.2.2. Aşağıdaki durumlara göre sistemin özellikleri

- Genişleme imkânı
- Yenilenme imkânı
- Değiştirilebilme imkânı

- Alt sistemlerin aralarında değiştirilebilme imkânı
- 6.2.3. Ek olarak talep edilen fonksiyon ve yan sistemler
- 6.2.4. Yan ürün talebine cevap verebilecek satıcıların tesbiti
- 6.2.5. Ek emniyet tedbirleri
- 6.2.6. Alt sistemler için gerekli özel hesap metot ve imkanları
- 6.2.7. Projelendirme ve konstrüksiyon aşamasında değişiklikleri tanımlayan datalar
- 6.2.8. Deneyimlere göre yan sistemlerin ve alt sistemlerin hesaplanması için gerekli datalar
 - Teknolojik sınır değerler
 - Hesaplar için gerekli karakteristik datalar
 - Sisteme özgü sabit değerle

7. Projelendirme ve konstrüksiyon şartları

7.1. Hesaplama adımlarının tespiti

- Usuller
- Sıra
- Uygulama

7.2. Standart ve seri parçaların kullanılması

7.3. İnşa serileri ve İnşa kasa sistemlerinin düşünülmesi (Tekrarlanan inşa gruplarının tespiti)

7.4. Genel uygulama kuralları

7.4.1. Estetik özellikler

- Şekil
- Renk
- Strüktür

7.4.2. Kullanılış özellikleri

- Kolay kullanma
- Kolay erişilebilirlik
- Belirlilik, açıklık

7.5. Dokümantasyon

- Çerçevesi
- Kolay anlaşılabilirlik
- Açık bir dil
- Sistematik içerik

8. Diğer teknik şartlar

8.1. Üretimle ilgili koşullar

8.1.1. Üretim bölümleri ile ilgili hususlar

- Üretim yeri
- Üretim usulü
- İşleme şekilleri

8.1.2. Üretim bölümlerinin kısıtları

- Üretilebilecek parça büyüklükleri, parça ağırlıkları
- Erişilebilecek tolerans ve işçilik kaliteleri
- Tercih edilen üretim usulleri

8.2. Atölyede montaj, sevk ve şantiyede montaj şartları

8.2.1. Atölyede ön montaj veya nihai montaja ait kurallar

8.2.1.1. Atölyede ve şantiyede yapılacak montaj işlerinin ayırımı

8.2.1.2. Şantiye yerinin işletme ve diğer özelliklerinin belirlenmesi

- İşletme sürekliliğinde müsaade edilebilen aksamalar
- Tercih edilen montaj zamanları (Tatiller, planlı bekleme süreleri)

8.2.1.3. Şantiyede montaj süresindeki iş yoğunluğu, işlerin yürütmesine etkili

hususlar.

- Personel durumu (Şantiye)
- İdari ve sosyal tesisler
- İletişim olanakları
- Çalışma ve depo alanları
- Nakil olanakları
- Montaj araç ve gereçleri
- Enerji
- Sarf malzemesi

8.2.2. İşletme sevk bölümüne tevcih edilen şartlar

- Sevk cinsi (Sevk araçları)
- Sevk yolu
- Ambalajlama, emniyet ve koruma
- Sevk sorumluluğu

8.2.3. Sevk bölümünden işletmeye tevcih edilen kısıtlar

- Ağırlıkların ve Boyutların sınırları

8.3. Tesisi devreye sokma ve işletme şartları

8.3.1. İşletmeye sokma koşulları

8.3.1.1. İşletmeye sokma bölümlerinin şartları

- Yedek parça , yardımcı parça ve stok durumu
- Mümkün olduğu kadar otomatik olarak devreye giren sistemler

8.3.1.2. Üretici firma ve müşteri müessese arasında karara bağlanmış devreye sokma şartları

- Sorumluluklar
- Personel ayırımı
- Yardımcı maddeler
- İşletme maddeleri
- Montaj tertibatı
- Genişletme siparişlerinde, çalışan sistemin etkileri
- Know-How bağlantıları

8.3.2. İşletme şartları

8.3.2.1. Müşteriden üretici firmaya tercih edilen işletme şartları

- Kesin kabule kadar müşteri kontrolünde, üretici tarafından yapılacak deneme
- işletme ve üretim süresi
- Üretici tarafından sistemin müşteriye öğretilmesi ve gerekli işletme bilgilerinin verilmesi.
- Garanti şeklinin süre ve cins olarak tespiti
- Yeterli yedek parça, anlaşmaya göre temin garantisi
- Bazı hallerde periyodik kontrol ve bakım anlaşmaları

8.3.2.2. Üreticiden müşteriye tevcih edilebilecek şartlar

8.3.1.2. dekilere ilâve bazı özel koşullar, ödeme şartları ve istekler listesine

konmuş olan özel maddeler

8.4. Deneme ve teslim şartları Deneme sınırları ve şartları kesin olarak

belirlenmelidir. Deneme cinsleri

- Malzeme, Fonksiyon, İşletme, güç ve emniyet koşulları boşa, kısmi ve tam
- yükleme hallerinde ve emniyet üst sınırlarında denenir. Bu hususlar istekler listesinde belirtilmiş olacaktır. Deneme zamanları, ölçme sistemleri, toleranslar, deneme sonuçlarının protokolla tespiti hususları

9.Sistemi çevreye bağlama koşulları Enerji, Madde, sinyal yönünden

İstekler listesinde kesin veya arzu tipi isteklerin hangi kaynaklara dayandığının da belirtilmesi (standartlar, ulusal veya uluslararası tavsiyeler, yönetmelikler v.s. gibi) uygun olur. Konstrüktif geliştirme süreci esnasında karşılıklı anlaşmalara dayanılarak yapılacak değişiklikler listeye tarih ve protokol no.su belirtilerek kaydedilmelidir.

4.4.2.1 İstekler listesine ait bazı örnekler:

Şekil 4.2 de yeni geliştirilmekte olan bir karton işleme makinasına ait istekler listesi gösterilmektedir. Görüleceği gibi listede niceliksel ve niteliksel istekler çoğunluktadır.İstekler K,A tipinde oldukları görülmektedir. Bazıları tam değer bazıları ise sınır değeri şart koşan kesin isteklerdir. Gene konstrüktif geliştirme sürecinde bazı değişikliklere gerek duyulmuştur. Örneğin makina için gerekli basınçlı hava çebekesindeki basınç için başlangıçta 8 at. şart koşulmuş, bu daha sonra 6 at. e indirilmiştir. Bu listenin bir özelliği de bazı hedef tipi isteklerin arzu tipi istekler içinde bulunmasıdır. Örneğin konstrüktif çalışmaların ileri aşamalarında gelişme ve bilgi yoğunluğunun artışı sonucu, yapıştırma usulünün daha dar zaman sınırlarında ve daha karmaşık bir sistemle yerine getirilmesinin uygun olacağı anlaşılması ve müşteri ile anlaşma yapılarak düşünülen yeni sistem uygulanmıştır. Şüphesiz bu değişiklik sistem maliyetini de etkilemiş ve bunda değişiklik yapılmasını gerektirmiştir. İstekler listesinin düzenlenmesi ile ilgili ikinci örneği bir geliştirme konstrüksiyonu teşkil etmektedir. (Şekil 4.3). Ödev, bir gaz türbininin susturucusunun geliştirilmesi ve daha iyileştirilmesi ile ilgilidir. Üretici firma bu nedenle

istekler listesini daha değişik bir yapıda düzenlemiştir. Bu çalışmada, sistem ve çözüm prensibi bilinmektedir ve elde bir örnek mevcuttur. Sadece sınırlı bazı değişikliklerin yapılması söz konusudur. Bu nedenle istekler listesini sistemin tamamen yeniden şekillendirilmesini gerektirecek tarzda hazırlamaya lüzum yoktur. Görüldüğü gibi bu halde istekler listesi daha çok bir sorular liütesi karakterinde düzenlenmiştir. Düzenlemede komputer kullanımını ağırlık verilmiştir. Değerler de buna göre seçilmiştir. Listeden teslim şartları doğrudan doğruya okunabilmektedir. Bu tip çalışmalarda ağırlık ikinci fazda, yani niceliksel konstrüksiyon fazında toplanmıştır. Konu yeni bir yakıt miktarı ölçme sisteminin geliştirilmesidir. İstekler listesi konstrüktif geliştirme sürecinin bütün fazları için gerekli bilgileri içerecek şekilde düzenlenmiştir.

Bu örnekler istekler listesinin konstrüksiyon ödevinin türüne göre (yeni, geliştirme v.s.) değişik yapılarda olabileceğini göstermektedir. Doğru ve yeterli olarak düzenlenmiş olan bir istekler listesi, ödevin tarifine açıklık kazandırdığı için, ileride üretici ve kullanıcı arasında çıkabilecek anlaşmazlıkların önlenmesinde veya uzlaşma sağlanmasında büyük faydalar sağlar. İstekler listesi ile ilgili olarak Baumann tarafından verilen bir kontrol listesi niteliğindeki formata ek olarak Hansen (6) tarafından önerilen diğer bir yardımcı tablo (tablo 4.3) aşağıda verilmiştir: Çok değişik listelerin verilmesindeki maksat öğrencinin çeşitli düzenleme şekilleri hakkında daha genel bir görüşe sahip olmasıdır.

Tablo 4.2 İstekler listesinin hazırlanmasında yararlanılabilecek sistem özellikleri

1	Geometrik özellikler	Büyükölük,yükseklik,genişlik,uzunluk,çap,alan ve hacim ihtiyacı,sayı,düzen,bağlantı,demontaj ve genişleme olanakları
2	Kinematik özellikler	Hareket cinsi,hareket yönü,hız,ivroe
3	Kuvvetler Kinetik özellikler	
		Kuvvet yonu,buyukluğu,değışıklığı,ağırlık,şekil değiş-tirme,rijitlik,yaylanma özellikleri,kitlesel kuvvet ve momentler stabilite,rezonans durumları

4	Enerji	Guç,verim,kayıp.sürtünme ve vantilasyon kayıpları, durum,durum büyüklükleri (basınç,sıcaklık gibi),ısınma»soğuma bağıl enerji,enerji biriktirme ,entalpi, erAropi enerji dönüşümü,enerji transferi v.s.
5 6	Madde	Madde akımı,iletimi,giren ve çıkan maddelerin fizik-sel ve kimyasal özellikleri,yardımcı maddeler,şart koşulan maddeler
	Sinyal	Giriş-çıkış ölçü büyüklükler.ı ,kontrol devreleri, ölçü aletleri ve gösterge tipleri,merkezi veya dağınmk kontrol sistemleri v.s.
7	Ergonomi	Insan-makina il işkisi,kullanmıf.,kullanma ve kumanda nûktalarının operatöre göre konuTrıJ.ariikon^rol alet-lerinin yeri ve gözlenme kolaylığı'-, ışık vf renk durumları,iş emniyeti,çevre emniyeti v.s.
8	Üretim ve üretim kontrolü	Fabrika ve iş yeri olanakları ve ortaya çıkan sınırlar, tercih edilen imal usulleri, olanak içi olan işleme du-yarlılığı ve toleranslar, hatalı üretim yüzdesi,süreç kontrol olanakları, firma ile işbirliği yapan diğer kuruluşların olanakları v.s.
9	Montaj ve iletim	Özel montaj koşulları, Temel durumu, iletim olanakları, köprü, tünel,karayolu,demiryolu,su ve deniz yolu ola-nakları ve kısıtlamaaları
10	Kullanma, bakım ve onarım	Sessiz ve sarsıntısız çalışma,aşınma derecesi,Yağlama ve yağlama koşulları,teknik yapıtın kullanıldığı orta-mın koşulları,bakım,bakımdan bağımsızlık derecesi,per-yodik bakım süreleri ve bakım programı,parça değıştir-me ve onarım olanakları v.s.
11	Temin (fiat) ve işletme giderleri	Uretim maliyeti,satış fiatı,takım masrafları,amortisman, işletme giderleri,operatör masrafları (çok veya az)
12	Teslim tarihi ve koşulları (Termin)	Ürün geliştirmenin,özellikle konstrüktif geliştirme süre-cinin zamansal olarak planlanması, süreden evvel bitirme veya süre aşımı tahminleri

Firma	Istek listesi Kısmi ödev: Karton düzeltme Bölüm 3	Sayfa 1	
Değişiklik Tarihleri	K A,H	İstekler (genel)	mesul gurup
	K	15 Karton/dak. düzelecek ve yapışacak	
	K	Kartonların giriş geometrileri:	
	K	Yerine göre: 500 x 500	
	K	400 x 400	
	A	45U x 450 (sadece % 10)	
	K	Beklenen ölçü farkı: 1 rom	
	H	Daha sonra otomatik bir vericinin inşası	
		düşünülecek (protokol 10/70)	
			M.
	K	Düzeltilmiş yapıştırılmış kartonlar	ve ekibi
		altdan geçen band koyvöyöre anılacak.	
	K	Tı-ansport bandının zeminden yüksekliği :	
		300 mm	

	H	Mamülün ileriml, iletin dizlemi içinde	
		kabilse üç yönde olmalı	
15.2.70	K	Ba&-,nç ¹ .L hava bağlantısı S atü, 6 atü	
	K	Hazırlanmış karton miktarını gösteren	
		sayıcı konacak	
	A	Makin,..., cekar ayarlama yapılmadan yer	
		değiştir&biime il	
			t
	K	Yapıtır-ia usulü: Karton düzeltnie makina-	
		sından çıkar çıkmaz tam bağlanmış ve	
		yüklenebilir olacak	
	A,H	Çalışma prensibi, makina gücünün	
		30 karton/dak çıkmasına ve otomatik	
		verici inşasına müsaade etmeli	
	K	Mak.Maliyet D.M. 15000 (Protokol, 20/70)	
	K	Termin:Ge liştirme sonu:	

		31.3.1971	
		Teslim: 1.7.1971	
21.1.71	K	Bağlama zamanı 1 s olan özel zamk	
		(Protokol 2/71 madde 2)	
29.1.71	K	Yapıştırma cihazı piyasadan temin	
		edilecek.Maliyetdeki bundan doğan	
		ek artış: DM 6000	
8.2.71	K	Makinanın çalışması iki el kumandalı	
		olacak (iş emniyeti)	
8.2.71	K	Tehlike halinde ani durdurma şalteri	
		bulunacak (iş emniyeti)	

Tablo 4.3 Bir karton düzeltme ve yapıştırma makinasına ait istekler listesi.

1- Planlama esasları

1.1: Tanımlama: Ek veya tamamlayıcı

1.2: Geliştirme tipi:

1.2.1 Yeni geliştirme

1.2.2 Olanı düzeltme

1.2.3 Standartlaştırma

1.3: Termin

1.3.1 Siparişle eş zamanda

1.3.2 Konstrüksiyon bitiminde

1.3.3 Seri üretimin başlamasında

1.4: Harcamalar:

1.4.1 Araştırma

1.4.2 Tasarım

1.4.3 Konstrüksiyon(Teknik resimler)

1.4.4 Deneyler

1.4.5 Prototip çalışmaları

1.5: Sorumluluk:

1.5.1 Tüm sorumluluk

1.5.2 Kısmi sorumluluk

2. Fonksiyonla ilgili istekler:

2.1: Temel fonksiyonla ilgili

2.1.1: Amaç

2.1.2: Etki tarzı (örneğin; mekanik, hidrolik, pnömatik, elektriksel, optik, manyetik, termik, akustik)

2.1.3: Fonksiyon bölgesi (dar veya geniş)

2.2: Tekil istekler:

2.2.1: Duyarlılık

2.2.2: Zorlanma sınırları (Ölçme basıncı, veya sıcaklık sınırı gibi)

2.2.3: Dönme hızları

2.2.4: Değerlerin kayıt ve gösteriliş Şekilleri (tek, kesintili, sürekli programlı, analog, dijital v.s)

2.2.5: Ölçme alanı değiştirme olanağı

2.3: Çalışma koşulları:

2.3.1: Çevre etkileri (hacimsel, mekanik, kimyasal, termik, elektriksel, iklimsel)

2.3.2: Çalışma süreleri, devreye girip çıkma miktarı, yük kolektifleri

2.3.3: Yerleştirme şekli

2.4: Dış şekillendirme: (Geometrisi)

2.4.1: Dış boyutlar, bağlantı boyutları

2.4.2: Ağırlık

2.5: Enerji gereksinimi

2.5.1: Tahrik sistemi, enerji kaynağı

2.5.2: Enerji kullanımı, verim

2.6: Ekonomik faktörler:

2.6.1: Ömür

2.6.2: İşletme emniyeti

2.6.3: Bakım, onarım

2.7: Kullanma (İnsan-makina ilişkisi)

2.7.1: Kumanda şekli (elle, otomatik, uzak-tantam otomatik, robot kontrol)

2.7.2: Güvenilirlik, redundans

2.7.3: Ergonomik koşullara uygunluk

2.8: Estetik görünüş, renk

2.8.1 Geometrik oranlar, renk uyumu, fonksiyonel renk ayırımı (kritik bölgelerin renklerle belirtilmesi gibi)

3. Üretimle ilgili istekler:

3.1: Parça sayısı (tek, küçük veya büyük seriler)

3.2: Montaj (inşa kasaları sistemi)

3.3: Uygulanacak tertibat:

3.3.1: Özel elemanlar, özel makinalar

3.3.2: Özel imal usulleri

3.3.3: Model, tertibat, takım

4. Özel hususlar:

4.1: Parça fiatı

4.2: Niteliksel koşullar

4.3: Termin toleransları, cezai hükümler

4.4: Yasal faktörler:

4.4.1: Yönetmelikler,yasalar

4.4.2: Patent hakları

4.4.3: Standartlar

4.5: Benzer ürünlerle ilgili bilgiler

4.6: Sistemle ilgili yayınlar, patent yazıları, inceleme yazıları, kataloglar.

Tablo 4.5: İsteklerin tespiti için yardımcı tablo (Hansen (6)).

(Not: Bu tablo düzenlenirken daha çok alet konstrüksiyonu ön planda ele alınmıştır)

Bazı firmalar çalışma alanları ile ilgili konularda istekler listesinin hazırlanmasında kolaylık sağlamak üzere çek-listeleri oluşturmuşlardır. Genel olarak istekler listesi hazırlanırken aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi faydalı olur: Eğer tamamen yeni bir konstrüksiyon ödevi bahis konusu ise, genel olarak istekler listesini bir önem sırasına veya belirli kategorilere göre dizmek kabil olmayabilir. Bu takdirde her hangi bir öncelik sırası düşünülmeden yapıt için önemli görülen bütün istekler alt alta yazılmalıdır. Daha sonra aşağıdaki sorulara cevap aramak suretiyle bunların tipi ve önem sıralara belirlenmelidir.

Sorular:

- Aranan çözümün esas itibariyle hangi maksadı yerine getirmesi istenmektedir?
- Yazılan istekler arasında bu maksatla doğrudan ilişkisi olanlar hangileridir?
- Yapıtın temel özellikleri neler olacaktır?
- Aranmayan özellikler nelerdir?
- Yapıtı tarifleyen isteklerin hangileri kesin, hangileri arzu tipi istekler kategorilerine girer?
- Arzu tipi istekleri bir önem sıralanasına sokmak mümkünmüdür? Kabilse bu sıra nedir?

İstekler düzenlenirken; Öncelikle temel fonksiyonu tarifleyen istekler, niceliksel büyüklükler, ele alınır. Çok karmaşık sistemlerde bir strüktürlemeye gidilerek, temel

fonksiyon alt fonksiyonlara bölünür ve bunlar için istekler listesi ayrı ayrı düzenlenir. Alt sistemleri de kendi aralarında bir öern sırasına sokmak faydalı olabilir. Yukarıda da belirtildiği gibi firma tarafından istekler listesi için bir format hazırlanması ve bu formatta genellikle üretim bölümlerinin, lisansör firmaların, karar organlarının ayrı yerlerinin bulunması ve isteklerin ait oldukları bölümlere yerleştirilmesi çalışmaları kolaylaştırır.

İstekler listesinde önemli anlaşmalar, ara protollar, hatta anlaşmalardaki belirsizlikler belirtilmelidir. Protokolların tarih ve numaraları kaydedilmelidir. İstekler listesinde müşteriye ait bilgiler, isim, kod no.su, sipariş tarih ve no.su gibi, aynı şekilde üretici firma ile ilgili bilgiler içinde listede ayrı bölümler bulunmalıdır. Tablo 4.1

Büyük tesislerde, çelik fabrikaları, petro kimya kompleksleri gibi, montaj yerine nakil montaj şartları, deneme çalışmaları ve süreleri, teslim koşulları ayrıntılı olarak belirlenmelidir.

Ortaya çıkabilecek çeşitli anlaşmazlıkların idari ve yasal çözüm şekilleri, cezai hükümler istekler listesinde bulunmalıdır.

İstekler listesinin hazırlanması belirli bir deneyimi gerektirir. Bu nedenle istekler listesi üzerinde son kontrol çalışmalarının, işletme içinde geniş deneyime sahip bir uzmanlar heyetince yapılması önerilir. Bu heyette; konstrüktörler, pazarlamacılar, bilgi işlemciler, üretim planlama uzmanları bulunmalıdır. Ekip elemanlarının birinci derecede projeden sorumlu kişilerden oluşması tavsiye edilir. Yapılan eleştiriler, daha sonra proje sorumluları tarafından tekrar kritik bir incelemeye tabi tutulacaktır.

4.4.3 Makina sistemlerinin özellik kategorileri:

İstekler listesi teknik yapının çeşitli özelliklerinden oluşan bir kümeyi meydana getirmektedir. Tablo 4.2 de bu özelliklere kısaca değinilmiş idi. Ancak konunun önemi nedeni ile burada daha ayrıntılı bir incelemenin yapılması yararlı görülmüştür, Teknik yapıtlar ekonomik ve sosyal hayatın çok değişik ihtiyaçlarına cevap vermek üzere büyük bir çeşitlilik gösterirler. Yapıtların kullanıldığı farklı alanlar, fonksiyonları aynı olsa dahi, bunların birbirinden farklı özelliklerde olmalarını gerektirir. Buna bağlı olarak, çöl şartlarında çalışan bir araca ait istekler listesi ile soğuk iklimlerde çalışacak aracın istekler

listesi farklı yapıda olacaktır.Makina sistemlerinin ve bunların kullanılma alanlarının çeşitliliği,özellik sınıflandırılmalarını da değişik tiplerde yapılmasını gerektirir.

4.4.3.1 Makina sistemlerinin sınıflandırılması:

Makina sistemleri aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırılabilir. Şüphesiz,belirli bir kritere göre sınıflandırma yapılırken, diğer kriterler parametrik değerler olarak sınıflandırılmaların içine girer.

Makina sistemleri;

- a) Teknik yapının fonksiyonuna göre,örneğin bağlama,dönüşüm,daha somut olarak, tornalama,transport makinaları olarak,
- b) Makina içindeki operasyon tiplerine göre, madde, enerji,,sinyal tipi büyüklüleriyle meydana getirilen çeşitli işlemlere göre,
- c) İş etkisini meydana getiren prensiplere göre; örneğin, mekanik, hidrolik, optik, kimyasal, elektronik v.s. makinalar gibi,
- d) Sistemin davranış biçimine göre,örneğin, güç büyüklüğüne (10 KW; 12,5 KW, 300 KW lik), hıza,çeşitli çevre koşullarına (soguk iklim,tropit koşullar v.s.) göre,
- e) Sistemin karmaşıklık veya teknolojik ilerilik derecesine göre;örneğin yüksek teknolojik,yüksek presisyon v.s. cihazları gibi,veya eleman, eleman grubu, makina,makina gurupları gibi,
- f) Üretim usulü benzerliklerine göre ;örneğin,döküm,talaş alma,presleme, v.s. yolu ile üretilen elemanlar gibi
- g) Geometrik şekillere göre
- h) Uygulanan malzeme tipine göre
- i) Konstrüksiyon, yeni,geliştirme,alan büyütme şeklinde yapılan ayırımına, göre
- j) Nihayet üretici firma isimlerine göre sınıflandırmalara tabi tutulabilir.

4.4.3.2 Niceliksel,niteliksel ve estetik özellikler:

Bazı özellikleri sayısal olarak değerlendirmek kabildir. Ne kadar, büyüklükte,ne ağırlıkta gibi soruların cevabı genellikle niceliksel ve bu nedenle de objektiftir.Ancak bu sisteme ne oranda güvenilir? şeklindeki bir soruya kesin sayısal bir yanıt vermek genellikle kabil değildir. Cevap olasıdır. Statistlik bir inceleme gerektirir. Çok daha zor cevaplandırılabilcek bir soruya ise,"Bu teknik yapıt güzel görünüşlümüdür?" teşkil eder. Estetik bir değerlendirmeyi gerektiren bu tip soruları nicelleştirmek kabil değildir. Güzel, çirkin, kaba, zarif gibi cevaplar subjektiftir ve kişisel taktire ve ilgili toplumn estetik yargılarına bağılıdır.

İstekler listesi mümkün olduğu kadar objektif olarak değerlendirilebilecek özelliklerden oluşturulalıdır.

4.5 Faz 1.Fonksiyonel Sentez veya Tasarım:

Fonksiyonel sentez sistematik konstürksiyonun ikinci ve en önemli adımını teşkil eder. İyi hazırlanmış bir istekler listesi ile ödev belirlenmiştir. Diğer bir deyimle meydana getirilmesi istenen teknik yapıttan (teknik sistemin) bütün çevre büyüklükleri bilinmektedir.Ancak henüz kara kutunun içi boştur.Bu fazda uygun bir sistematik yaklaşım için aşağıda şeması gösterilen yolu takip etmek önerilir.

-İstekler listesi

-Temel prensip veya

-Temel fonksiyonun tanımlanması.

-Genel anlamda fonksiyon strüktürünün teşkili

-Ayrıntılı fonksiyon strüktürlerinin teşkili

4.5.1 Temel prensip'in(Temel fonksiyonun) tanımlanması:

Özellikle yeni bir teknik sistemin tasarımında, ödevin özünü teşkil eden temel prensip istekler arasında saklıdır. Özü aramak için bir soyutlamaya gitmek gerekecektir. Şüphesiz bu noktada okuyucunun aklına şu soru gelecektir? İyi hazırlanmış bir istekler listesi ödevin tarifi olduğuna göre,öze inmenin amacı nedir?

İstekler listesi, niceliksel , niteliksel ve estetik karakterde bir özellikler kümesidir. Karmaşık bjr sistem tasarımında çok fazla sayıda elemana sahiptir. Diğer taraftan bunların sentezi tek bir çözüme götürmez, karşımızda bir çözümler kümesi bulunacaktır. Eğer bunların hepsi ile bir senteze gidilirse muhtemelen çözümler küresinden bir elemana ulaşılabacaktır.Bunundu çözümler içide en iyisi olduğu ileri sürülemez. o halde önerilen yol evvela ödevi yerine getirecek az ve gene kabil olduğu kadar soyut alt elemanlı bir soyut üst sistem meydana getirmek ve bunu çeşitli yönlerde geliştirerek birbirinden farklı özelliklere erişmektir. Zannediyorumki sistematik konstrüksiyonun getirdiği en büyük yenilik bu düşünce sisteminde yatmaktadır.

Hansen(6) temel prensipte bulunması, gereken karakteristik özellikleri şu şekilde belirtmektedir:

- Temel prensip,ödevin bütün çözümlerinde ve doğal olarakda en iyisinde de mevcuttur.
- Temel prensip,en son ortaya çıkacak olan teknik yapıt (niceliksel sentez sonunda ortaya çıkan sistem) de bulunması gerken ana özellikleri içerecektir.
- Temel prensibi tarifleyen ve sınırlayan koşullar öyle seçilmelidirki, bunlar ne bizi arzulanan çözümden uzaklaştırsın ve ne de çözüm alternatiflerini kısıtlasın.
- Her ödev için sadece bir temel prensip tanımlanabilir.Ancak bir temel prensip değişik ödev çözümleri için geçerli olabilir.

Temel prensip tanımlamasını bir örnek vererek açıklayalım:

Ödev olarak bir labirent sızdırmazlığın geliştirilmesi veya önemli değişikliklerle daha iyi

kümesi olup, istekler kümesi içinde bir alt küme oluşturur. O halde istekler listesi içinde, temel prensibi aramak ilk adımı teşkil edecektir

Ödevin özüne fonksiyonel ilişkilerin analizi ve aynı zamanda bunların adım adım soyutlanması ile erişilebilir. Aşağıdaki çalışma adımlarını izlemek yararlı olabilir:

1.ci adım: Evvela arzu türü istekler bir tarafa bırakılmalıdır.

2.ci adım: Ödevin fonksiyonu ile doğrudan ilişkili olmayan isteklerde ilk aşamalarda dikkate alınmalıdır.

3.cü: adım: Niceliksel bilgiler , niteliksel hale dönüştürülmeli ve bunlarında temel fonksiyon fonksiyon bakımından vazgeçilebilir olanları bu aşamada dikkate alınmalıdır.

4.cü adım: Ortaya çıkan ve üst düzeyde bir soyutluluk taşıyan ödev tanımlaması, daha evvel bir tarafa bırakılan önemli istekler yönlerinde geliştirilmelidir.

5.ci adım: Temel prensip, her hangi bir niceliksel çözüme bağlanmaksızın genel anlamda tariflenmelidir.

4.5.2 Fonksiyon strüktüründen fiziksel etkiler ve fiziksel etki taşıyıcıları strüktürüne geçiş, çözüm arama yöntemleri:

Fonksiyon strüktürü tasarlanacak teknik sistemin soyut düzeyde bir görüntüsüdür. Fonksiyonel analiz ve sentez sonucu, aynı temel fonksiyonu yerine getirecek genellik birden fazla fonksiyon strüktürü elde edilecektir. Niteliksel bazda bir değerle dirme işlemi sonunda bunların içinde başarı şansı olanlar, geliştirme konstrüksiyonlarında, mevcut olana nazaran daha basit veya daha iyi olanlar ayrılacaktır. Bunu takip edecek adım strüktürü meydana getiren alt fonksiyonların veya elementer fonksiyonların genel anlamda hangi fiziksel (özel olarak fiziksel, kimyasal ve biyoloji) etkilerle gerçekleştirilebileceğini aramak olacaktır.

Burada önemli bir hususa değinmek gerekli olacaktır. Sistemik konstrüksiyon üzerinde çalışan değişik araştırmacılar, tasarımın bu fazın da değişik öneriler öne sürmekte dir.

Rodenacker(5) ve Koller(8) elemanter fonksiyonlardan oluşan strütürleri, evvela fiziksel etkiler strütürleri haline getirmenin yeni çözümleri meydana getirmede en önemli bir aşama olacağını ileri sürmektedirler. Sonuncu araştırmacı özellikle çalışmalarını bu yönde yonunlaştırmış "sisematikler" veya "prensip katalogları" olarak isimlendirdiği çözüm "düzen gemalarının" hazırlanmasma ağırlık vermiştir. Buna karşın diğer bazı araştırmacılar, Hansen(6) , Palıl-Beitz (10) gibi, daha prat bir yolu,diğer bir deyimle niceliksel çözümün ilk aşaması olan fiziksel fonksiyon taşıyıcıları ile fonksiyon strütüründen-çözüm krokilerine geçmeği önermektedirler. Ele alınan konstruksiyon ödevinin niteliğine göre her iki önerinin veya bunların uygun bir sentezinin yapılması yararlı olabilir.Önemli olan husus,özellikle geliştirme konstruksiyonlarında mevcut sistem dışına çıkabilmenin,kısaca şartlanmadan kurtulmanın en iyi yolunu bulabilmedir.Ancak burada bir yanlış anlamayıda ortadan kaldırmak gerekir. Her bir konstruksiyon ödevini dünyayı yeniden keşfetme görüşüylede ele almamak gerekir.Doğada ve teknik sistemde örnek alınabilecek ve bunun üzerine yeni sistemler kurulabilecek pek çok strütür ve yapıtlar mevcuttur.Kısaca mevcut bir sisteme körü körüne bağlanarak bunun dışına çıkamama tehlikesi önlenmelidir.Mühendis yaratıcı bir düşünce yapısına sahip olmalı ve en önemliside düşünme ve çözüme gitme tekniklerini bilmeli ve uygulayabilmelidir.Aşağıda sırasıyla değişik çözüm arama yollarına değinilecektir.Bunları genel olarak iki gruba ayırmak kabildir:

Sezgisel yöntemler

Metodik yöntemler

4.5.2.1 Sezgisel yöntemler:

Bu yöntemler her yaratıcı davranışda baş vurulan yolları içerir.Bu yöntemler esas itibariyle kişide zaman içinde gözlemler ve deneyimler sonunda biriken bilinç üstü ve bilinç altı bilgilerin izlenimlerin, mevcut bir problemin çözümü için ortaya çıkarılması,yönlendirilmesine dayanır.

Çözüm için kendi kendine hedefe yönelik sorular sormak,kinematik tersiner durumların ne olabileceğini düşünmek,mevcut bir konstruksiyonu eleştirmek veya zayıf noktalarını aramak, belirli bir konstruksiyonun diğer alanlar için genişletilebilmesini incelemek alışlagelmiş konstrüktif zihinsel uğraşılardır.Genel olarak alışlagelmiş yöntemlerle veya.

metodik arama yöntemleri ile bir çözüm bulunamıyorsa, bu gibi hallerde, özellikle tamamen yeniye yönelik, diğer bir deyimle örneği bulunmayan konstrüktif problemlerde grup dinamiğine dayalı sezgisel yöntemler prensip çözümlerin bulunmasında yararlı olabilir. Aşağıda bunlara ait bazı örnekler verilmektedir.

4.5.2.1.1 Düşünce şimşekleri (Brain Storming) metodu:

Bu metodun esasını bir grup oluşturan kişilerin birbirlerini uyarlamaları ile bilinç altında veya üstündeki bilgi birikimlerini belirli bir problemin çözümüne yönlendirmeleri teşkil eder. Bu metod sadece teknik problemlerin değil, pek çok sosyol ve yönetsel problemlerin çözümünde de uygulanır. Büyük firmaların önemli konularda "Brain Storming" toplantıları düzenlediklerine sık sık rastlanır.

Bu metodu geliştiren Osborn(12) nun önerilerine göre çalışmanın aşağıdaki şekilde yapılması uygun olacaktır,

- Brain Storming grubu en az 5 en çok 15 kişiden kurulu olmalıdır. Grupda tartışmalara müdahale etmeksizin, çok fazla dağılma eğilimlerini frenleyen deneyimli bir idareci olmalıdır.
- Grubu oluşturanların aynı bir konunun uzmanı olmamaları, hatta değişik disiplinlerden olmaları uygun olur. Örnek olarak bir teknik problemin ele alındığı toplantıda bir matematikçinin, bir sosyoloğun veya bir psikoloğun da bulunması yararlı olabilir.
- Grupta, memur, amir ayırımı olmamalı, genellikle kişiler arasında hiyerarşik bir düzen bulunmamalıdır. Böylece sıkılganlık veya aşırı saygı gibi düşünce ve fikir kısıtlayıcı etkiler grup çalışmalarını etkilemeyecektir.
- Bir Brain Storming toplantısı genellikle yarım saatden daha fazla devam etmemelidir. Deneyimler daha uzun süren toplantıların yeni bir şey ortaya koymadığını, aynı görüşlerin tekrarlanmaya başladığını göstermektedir. Burada grup yöneticisinin toplantıyı kapama zamanını tespitde tartışmalarının gelişme durumunu yakından izlemesi önerilir. Eğer ilk toplantı yeteri kadar yeni fikir üretimine imkan vermemişse, bir ara zaman vererek iştirakçilere yeni bilgi edinme imkanı tanınmalıdır.

- Toplantı süresince ortaya atılan fikir ve görüşleri alayla veya gülme ile karşılama, küçümseme v.s. gibi fikir beyanında kısıtlayıcı etki yapan davranışlardan kesinlikle kaçınılmalıdır. Bu hususta yöneticiye önemli görevler düşmektedir.
 - Toplantının başında fikir veya görüş belirtirken uygulama olanağına fazla ağırlık vermemelidir,
 - Ortaya atılan bir fikir veya görüş, müspet veya menfi yönde grup mensuplarında etkileşimler meydana getirecek, buna bağlı olarak yeni fikir veya görüşlerin ortaya atılmasına olanak sağlayacaktır.
 - Ortaya atılan bütün fikir ve görüşlerin her hangi bir yol ile kaydedilmesi gereklidir. Bu döküman daha sonra uzmanlar tarafından kritik bir incelemeye tabi tutulacak ve değerlendirilecektir.
 - Değerlendirme sonuçları yeni bir Brain Storming toplantısında tekrar tartışma konusu yapılacaktır. Ancak bu seferki tartışmalar belirli bir veya bir kaç hedefe yöneltileceği için, elde edilen sonuçlar daha belirgin ve daha problem çözümüne yakınsak olacaktır.
- 1970 li yıllarda "Konstrüksiyonda metoda bağlı bir çalışma ne şekilde olabilir" konusu üzerinde yapılan bir Brain Storming toplantısında aşağıdaki fikir ve görüşler protokola geçmiştir:

"Gözü açık tutmak, örnekleri tanımak, soru sormak, örnekler üzerinde sorular sormak, morfolojik tablolar hazırlamak, başarılı örnekleri analiz etmek, benzerlikleri (analoji) tespit etmek, kataloglar hazırlamak, sinektik uygulaması, fiziksel denklemlerin analizi ve konstrüksiyon için bunlardan sonuçlar çıkarmak, doğal sistemleri incelemek, fiziksel ve lojik fonksiyon elemanların veya fonksiyonların tespiti, Bool cebri uygulaması, problemlerin matris formunda takdim, enerji akımının incelenmesi, sezgiye ağırlık verilmesi, diverjan veya konverjan düşünme tekniklerinin uygulanması, hata kritiği, karşılıklı uyarma, rakip firmaların katalog ve prospekt lerinin incelenmesi, çeşitli dallardaki uzmanlar arasında diyalog, analog hesap makinalarına uygulanabilecek fonksiyon planlarının tespiti, soyut düşünme, konstrüksiyon problemlerini dijital hesap makinalarında işleme, büyük kaza ve arızaların analizi, optimizasyon kriterlerinin teşkili, tarihsel gelişmeyi inceleme, yeni buluş ve fikirleri krokiler haline dönüştürerek çözüm dökümanları oluşturma"

Bu görüşler daha sonra bir uzmanlar grubu tarafından bir sıralamaya tabi tutulmuş ve aşağıdaki öneriler paketi ortaya çıkmıştır:

1-Yeni bilgilerle sezgiyi(entüisyon'u) geliştirme:

- Etrafı incelemek, gözü açık tutmak,teknik olan herşeyle alakalı olmak
- Kendine sorular sormak,aksini iddia ederek,doğruyu bulmak (Negasyon).
- Tarihsel gelişmeyi incelemek
- Uyarmalar yolu ile düşünceleri belirli bir hedefe yönleltmek
- Dergi ve katalogları incelemek

2-Alışlagelmişden bilinçli olarak uzaklaşarak yeni fikirlere varmak

- Ömekleri kritik bir analize tabi tutmak
- Sınır halleri,büyük kazaları,tehlike sınırlarını incelemek
- Yeni problemler kurmak ve bunları analiz etmek
- Optimizasyon kriterlerini tespit etmek
- Fonksiyon strüktürleri kurmak

3-Analojilerden yararlanmak:

- Synektik yapmak
- Diğer alanları incelemek ve benzerlikler aramak
- Değişik konulardaki uzmanlarla diyalog kurmak

4-Sistemik arama

- Morfolojik tablolar(matrisler) hazırlamak
- Özellik listeleri,düzen şemaları,kataloglar,sistemikler hazırlama
- Sayısal değerlendirmelerle (teknik değer,ekonomik değer) karar vermeğe yardımcı

şemalar, tablolar hazırlama

5-Fiziksel etkilerden yararlanmak

- Yararlanılabilecek fiziksel etkileri bir matris formunda toplama
- Mevcut veya yeni bulunan fiziksel etkilere yeni uygulama alanları bulmak
- Fiziksel denklemlerin analizi, analiz sonuçlarının yeniden sentezi
- Enerji, madde, veya sinyal akım tabloları kurma
- Deneyler yapma

6-Hedefe yönelik çözüm arama ve elemanlar arasında çeşitli kombinasyonlar için elektronik hesap makinalarından yararlanma

- Data bankalarından yararlanma
- Makina hafızasına kaydedilmiş çözümlerden, belirli kriterler yardımı ile optimal çözümleri çıkarmak
- Fonksiyon yapılarını analog hesap makinalarına uygulamak

Hemen görülmektedirki, bu toplantı sonunda ortaya çıkan fikirler ve bunların uzmanlarca sıralanması ve tamamlanması bu gün uygulamakta olduğumuz konstrüksiyon sistematığının ana hatlarını oluşturmaktadır.

Bir problem için henüz gerçekleşme imkanı olan bir çözümün bulunamadığı, bilinen çözüm yollarının tıkanıdığı, alışılmış çözümlerin tamamen dışına çıkılması istenen hallerde faydalı olmaktadır.

4.5.2.1.2 "635" Metodu:

Bu metod "Brain Storming" metoğundan türetilmiştir. Ona nazaran en önemli farkı, bu metod da ödev evvela çok iyi tariflenmekte ve bir ön incelemeden geçirildikten ve belirli hazırlıklar yapıldıktan sonra grup tartışmasına sunulmaktadır. Gurup altı kişiden

oluşmaktadır. İlk turda her grup mensubuna ödevine ait üç çözüm şeklini önlerinde bulunan protokol kağıdına yazmaları istenmektedir. Beş dakikalık bir süreden sonra her iştirakçi hazırladığı protokolü yanındakine vermektedir. Bu turda, iştirakçiler diğerlerinin çözüm önerilerini incelemekte, eleştirmekte gerekiyorsa bu inceleme sonucu kendilerinde uyarlanmış olan yeni çözümleri bu protokola geçirmektedirler. Beşinci tur sonunda çalışma bitmektedir. Bu nedenle medoda "6 3 5" denmiştir.

Bu metodun "Brain Storming" ge göre avantajları:

Takdim edilen bir fikir sistematik olarak genişletilmekte ve daha mükemmel hale getirilmektedir.

Fikir geliştirme olayının adım adım takip edilmesi kabil olduğu için bir patent hakkının doğması halinde sahibinin kim olabileceği tespit edilebilmektedir.

Grup çalışmasının, bir yöneticiye ihtiyacı bulunmamaktadır.

Mahzurları ise problem sınırları tespit edildiği için çok yeni ve değişik fikirlerin ortaya çıkması olasılığı azalmaktadır.

4.5.2.1.3 Synektik:

Grekçeden alınmış olan bu kelime, farklı ve görünürse önemsiz sanılan kavramların birleştirilmesi anlamına gelir. Metod olarak, "Brain Storming" e benzer. Bundan farkı teknik problemlere çözüm aranırken, teknik olmayan veya kısmen teknik kapsamına girer. Problemlerin değişim ve gelişim hallerini örnek olarak ele almak ve bunlardan esinlenerek, teknik problem çözümünde yararlanmak şeklindeki çalışma tarzıdır. Gordon tarafından geliştirilmiş olan bu çözüm arama yönteminde aşağıdaki çalışma adımlarının uygulanması önerilir:

1. Problemin takdimi

2. Problemin analizi

3. Gurup üyeleri tarafından problemin anlaşılıp, anlaşılmadığının tahkiki, gereken açıklamalardan sonra belirsizlik ortadan kalkmışsa,

4. Ele alınan konudan uzaklaşıp, tamamen, başka bir alandaki, bir konuya geçmek; Burada yöneticinin yeni konuyu seçerken, iki konu arasında her hangi bir benzerlik bulunması gerektiğini unutmaması gerekir.

5. İki konu arasındaki benzerliklerin grup üyelerince analizi

6. Karşılaştırma

7. Karşılaştırma sonucu, ikincî için tanımlanmış çözüm yollarının birinci hale uygulanması

8. Ortaya çıkan çözüm fikrinin konstrüktif uygulama olasılıkları.

Bu metodla ilgili bir örnek Gordon tarafından verilmektedir:

Problem yeni bir dam kaplama malzemesinin bulunmasıdır. Bu malzemenin iklim şartlarına uygun özelliklere sahip olması da istenmektedir.

Problemin tariflenmesinden sonra analizi yapılmaktadır. Mevcut sistemlerin mahzurları, problemleri incelenmekte, bu inceleme sonunda grup üyelerince aşağıdaki noksanlar ve mahzurlar tespit ediliyor:

Uygulanmakta olan kiremitler pahalı bir işçilik gerektiriyor, tam sızdımazlık sağlamıyor, sıcak havalarda ve soğuk havalarda iyi bir yalıtkanlık sağlamıyor, özellikle küçük eğimlerde yağmur geçiriyor.v.s.

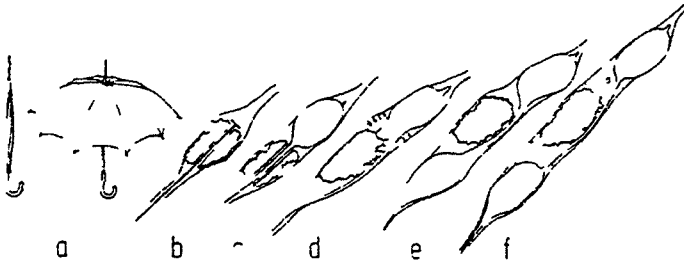
Ortaya benzer başka bir konu atılıyor.Pisi balığının sırtını kaplayan pullar ve bunların şekil ve özelliklerinin incelenmesi. İnceleme sonunda, Pulların birbirini çok iyi örttüğü, ortam şartlarına göre renk değiştirdiği, deri ile iyi bir organik bağkurduğu görülüyor. Bu incelemeden esinlenerek esas konuyla ilgili şu fikirler ortaya çıkıyor?

Güneş ışınlarının veya ortam sıcaklığının büyüklüğüne bağlı olarak renk değıştiren bir kiremit malzemesi bulunamaz mı? Şöyleki sıcak havalarda rengi açık olsun ve güneş ışınlarını yansıtın, soğuk havalarda ise rengi siyahlaşsın ve ışınları massederek evi ışıtsın.

Özel bir plastik maddeden balık pullarına benzer bir yapıda bağlama ve örtme imkanı yaratsın. Ayrıca ağırlığı az fiyatı yüksek olmasın.

Bu inceleme sonunda yeni bir dam kaplama malzemesi geliştirilmiş ve patenti alınmıştır.

Bir diğer örneğinde, tıkanan kan damarlarını açmak için bir teknik yöntem geliştirme çalışmasında synektik uygulanmış ve şemsiye benzerliğinden hareketle, baloncuk tekniği geliştirilmiştir.



:Damar açmada uygulanan baloncuk tekniğinin, şemsiye benzerliğinden yararlanılarak türetilmesi. Şemsiyenin kapalı iken bir kılıfa kolaylıkla girmesi, açıldığı zaman geriye çekilirken gerisindeki yabancı maddeleri süpürmesi, ancak probleme uygulamada, damara zarar vermemek için pıhtının iki baloncuk arasına sokulması, bir synektik toplantısında ortaya çıkan fikirlerdir.

4.5.2.1.4 Delfi metodu:

Delfi metodunda grup uzmanlardan oluşmakta ve bunların konu ile ilgili bilgilere sahip olmaları gerekmektedir. Grup üyelerine incelenen konu ile ilgili sorular yazılı olarak verilir ve onlardan bunları kısa sürede cevaplandırmaları istenir. Çalışma adımları aşağıdaki gibidir:

1.ci tur :Verilmiş olan problemin çözülebilmesi için verilenler tam mıdır? tam ise şu anda aklınıza gelen çözümleri yazınız.

2.ci tur :Size,bu problemle ilgili değişik çözümleri içeren bir liste verilmiştir. Listeyi inceleyin ve bu listeye eksik olan çözümleri yazın

3.cü tur :Size her iki turun sonuçlarını ele alan ve değerlendiren yeni bir liste verilmiştir.Bu listeyi inceleyin ve verilen çözümler içinde kanatınızca en iyi olanları işaretleyin.

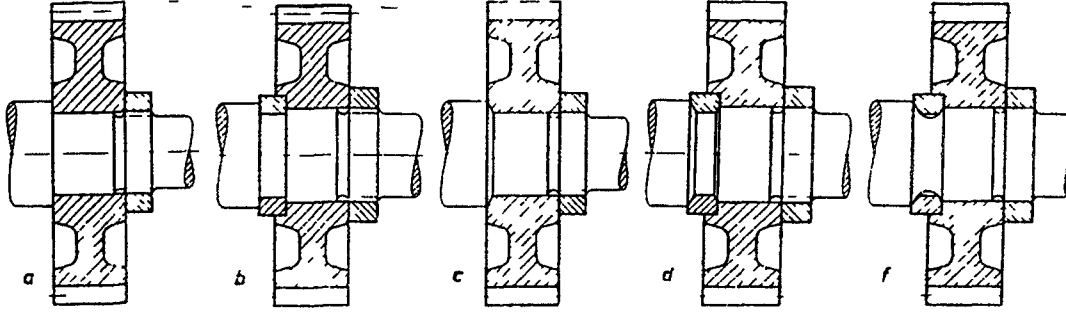
Delfi medodunda çok iyi bir ön planlama ve hazırlığa gerek vardır.Bu metod, konstrüksiyon çözümlerinden çok, işletme ve yönetim sorunları ile ilgili problemlerin çözümlerinde başarı ile uygulanmaktadır.

4.5.2.2 Bilinçli, metodik çözüm arama yolları:

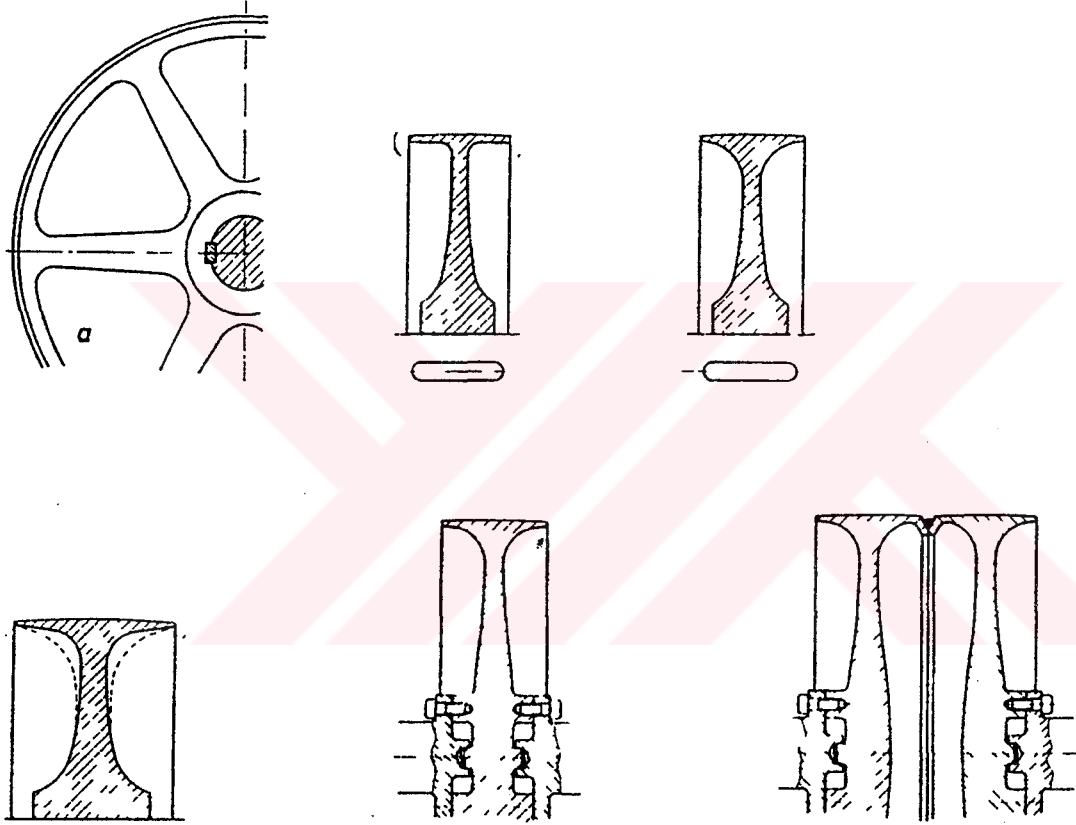
Aşağıda bahsedilecek çözüm arama yollarının bir kısmı eskiden beri bilinen bir kısmı da son yıllarda geliştirilen metodları içerir. Bunlarda işin başından itibaren hedefe yönelik bilinçli adım adım bir ilerleme mevcuttur. Şüphesiz bu çalışmalar da sezgi ve hayal gücünden tamamen uzak otomatik veya algoritmik bir yapıda değildir. Nasıl sezgisel çalışma yöntemlerinde de tamamen hoyristik bir çalışma tarzı mevcut değilse burada da tam algoritmik bir yapı kurulamaz.

4.5.2.2.1 İteratif çözüm arama:

Eskiden beri konstrüktörlerin uyguladığı bir çalışma şeklidir.Yeni bir çözüme iteratif (adım adım) yaklaşabilmek için evvela sezgiye dayanan bir buluştan hareket edilir. Bu buluş yukarıda bahsi geçen sezgisel çalışma metodları sonunda da ortaya çıkmış olabilir.Bulunan fikri veya çalışma prensipini, krokilerle maddesel bir yapıya dönüştürmeğe çalışılır. Krokiler üzerinde yapılan adım adım değişiklik ve düzeltmelerle en uygun bir çözüme yaklaşılr. Bu arada pek çok değişik çözüm şekilleri de ortaya çıkacaktır. Bu metola deneyimli bir konstrüktör ister. Genellikle karmaşık projelerde bir den fazla konstrüktör tartışarak uygun çözümlere yaklaşmağa gayret ederler. Bu metolla büyük buluşlar yapan konstrüktörlerden biri Kesselring dir. Bu metoda Kesselring metodu da denir.



Dişli gödbeği mil bağlantısının minimum çentik etkisi yönünden adım adım geliştirilmesi

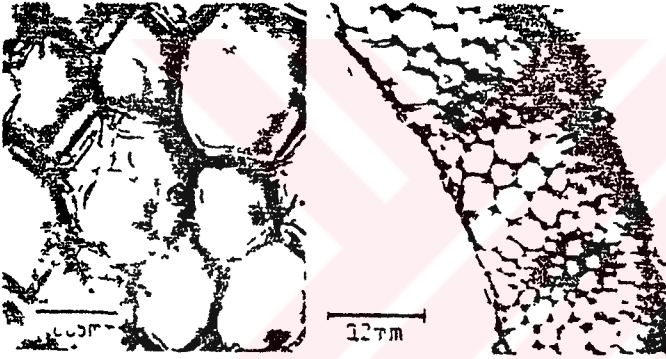


Normal bir kasnak konstrüksiyonundan yüksek hızlı kasnak konstrüksiyonuna geçiş

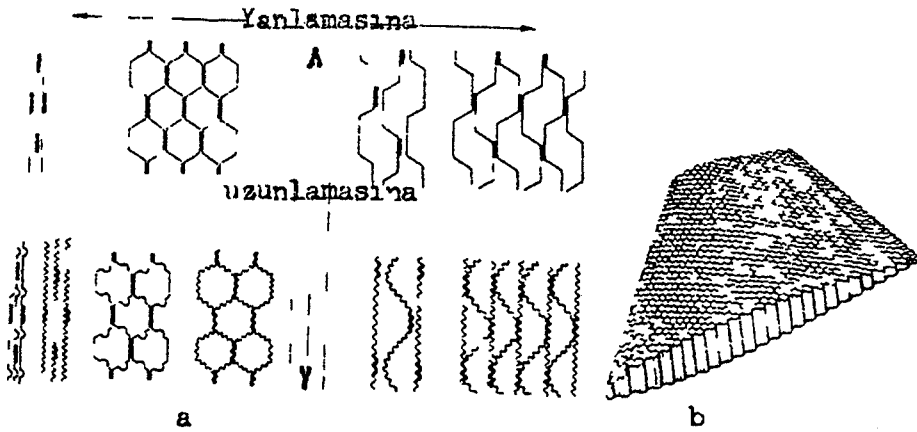
4.5.2.2.2 Doğal strüktürlerin sistemlerin analizi:

Doğada mevcut şekil, strüktür ve sistemlerin incelenmesi sonucu pekçok teknik problemin çözümünde yararlı olabilecek çözümler bulmak kabildir. Canlı ve cansız doğal sistemler uzun bir evolusyon sonunda oluşmuş optimal strüktürlere sahiptir. Özellikle çağımızda biyoloji ve teknik görüşün sentezinden yeni bağıntılar, yapılar, ilişkiler ortaya çıkarılmaktadır. Bu araştırmaları esas alan "Bionik"veya "Biomekanik" dalı son yıllarda üniversitelerde geniş bir ilgi ile karşılaşmaktadır.

Canlı doğal sistemlerde rastlanan, kabuk, kafes ve petek şeklindeki strüktürler teknikte hafif yapı konstrüksiyonlarında örnek alınmıştır. Aşağıda bir buğday sapında gözlenen petek (sandüviç) strüktür, uçak kanadı ve kabin panelleri konstrüksiyonlarında uygulanmıştır.



Duğday sapının kesiti



Şekil 5.27:Doğal strüktür ve teknik uygulamaları

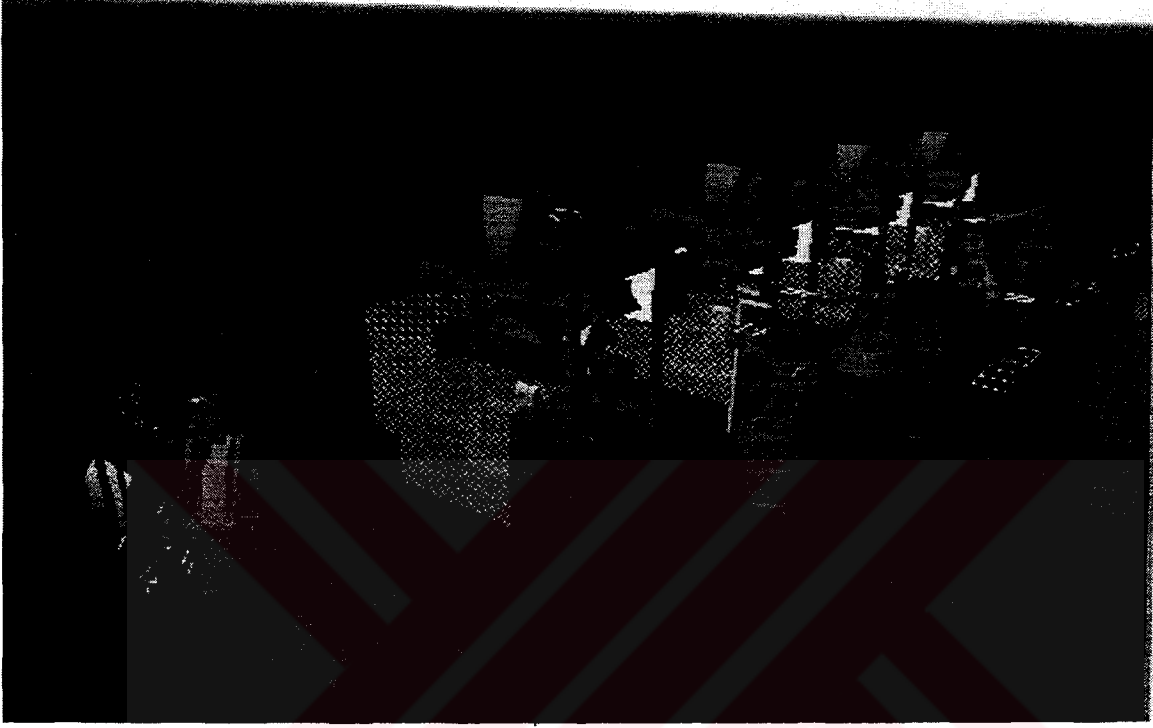
- a) Sandüviç yapılar
- b) Sandüviç kanat yapısı
- c) Taşıyıcı kenarları sandüviç konstrüksiyon kanat

Gene Mnh olimpiyat stadyumunda tribünlerin üstünü örten tenteyi taşıyan elik ađ formunun bir örümcek türüne ait ağdan esinlenerek meydana getirildiği bilinmektedir. Bir köpek balığının veya bir balının yüzgeç kesit formlar bunların göreceği fonksiyon için en optimal formlar olduğu görülmektedir. Kısacası, doğa yaratıcı uğraı için mühendise ilham verecek, yol gösterecek sayısız örneklere sahiptir. nemli olan husus bunları görebilecek tekniklerinin , merakın ve incelemenin bilinmesidir.



5. BÖLÜM V

ENDÜSTRİYEL SİSTEM TASARIMINDA SİMÜLASYON



Şekil 5-1: Kurulması önerilen sürecin RobCad simülasyonu (Makina Magazin)

Günümüzün oldukça karmaşık olan endüstriyel problemlerini çözmek için mühendislerin yeterince güçlü tekniklerle donatılmış olmaları gerekmektedir. Mühendislik faaliyetlerinin önemli bir bölümünün iletişim üzerine kurulduğu düşünülecek olursa, bu tekniklerin kolay ifade edilebilir, anlaşılabilir ve üçüncü şahıslara kolay aktarılabilir olması istenen birer özelliktir. İşte bu özelliklere uyan, ancak Türkiye'de endüstriyel yaşamın bir parçası haline henüz gelemeyen, özellikleri Amerika'da yaygın olarak kullanılan büyük firmaların kendi içlerinde kullanıcı ilgi grupları oluşturdukları SİMÜLASYON kullanımı gittikçe yayılmaktadır. Başlangıçta, simülasyonun, Türkçe karşılığı benzetimin, ne olduğu üzerinde durulacak, kullanım alanları ve sağladığı katkılar vurgulanacaktır. Daha sonra iki farklı konudaki uygulamaları anlatılacaktır.

5.1 Simülasyon Nedir?

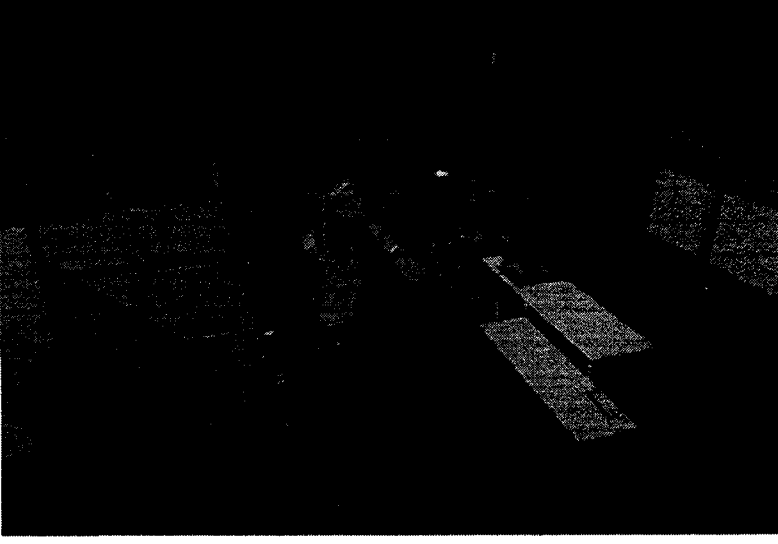
Simülasyon (Benzetim), dinamik bir sistemin özelliklerini ve davranışlarını bilgisayar aracılığıyla taklit eden ve sonuçlarını sayısal olarak değerlendiren bir tekniktir. Sonuçta elde edilenler, istenen model karakteristiklerine ait birer tahmindir. Gerçek dünya problemleri, geliştirilen pek çok deterministik modelin aksine devingendir. Bu yüzden, genellikle operasyonlara ait çevrim zamanları tek bir rakamla verilemez. Ancak, belli bir değişim aralığı saptanabilir. Makinalar ve diğer üretim kolaylıklarının bozulma ve tamir edilme süreleri sabit değildir. Ancak bunlara dair belli limitler, iyimser ve kötümser tahminler yapılabilir. İşte bu tür bilgiler simülasyon modellerinde birer istatistiksel dağılımla ifade edilirler. Analitik yaklaşımların aksine simülasyon modelleri, karmaşık problemlerin modellenmesi ve çözümünde daha başarılı olurlar. Değişkenler arasındaki etkileşimleri simülasyon modellerinde gözlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımını gerektirir. Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarlarda geliştirilen modellere uygulanarak sayısal bir takım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılarak söz konusu edilen sistem performans ölçütlerine ait bir takım kestirimlerde bulunulur. "En kötü durum" senaryoları da incelenebilir.

Bir simülasyonun çalışmasının temel amaçları şöyle sıralanabilir:

Bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek,

Gerçek sistemi, kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmek,

Elde edilen bilgiler ışığında, sistemle ilgili öngörülerde bulunabilme ve uygulamaya esas olan kararları belirleme.



Şekil 5-2 Robcad de tasarlanan robot iş merkezi(Makina Magazin)

5.2 Simülasyon Nerelerde Uygulanabilir?

Simülasyonun çalışma ortamımızda ve çevremizde görebileceğimiz bazı uygulama alanları şöyle sıralanabilir:

Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi

Montaj Hattı Dengeleme

İşgücü planlaması

Malzeme taşıma sistemleri

Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi,

Yeni askeri silah sistem ve taktiklerinin saptanması,

Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi,

Satış tahminleri

Üretim planlaması ve çizelgelemesi

İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollarının tasarımı,

Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım ve işletimi,

Trafik ışıklarının sürelerinin belirlenmesi

Uçak, taksi, ve otobüs çizelgelemesi

Hastaneler, itfaiye, postaneler ve fast-food restoranları gibi servis organizasyonları için değişik tasarım önerilerinin değerlendirilmesi,

Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması

Yangın söndürme istasyonlarının yerlerinin ve buralarda bulundurulması gerekli minimum araç sayılarının saptanması

Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi,

Dağıtım kanallarının tasarımı,

5.3 Niçin Simülasyon ?

Günümüzde endüstriyel problemlerin doğasındaki stokastik yapı ve karmaşıklık, maalesef pek çok analitik çözümü olanak dışı bırakmaktadır. Oysa, problemlerin yapısı değişen teknolojiyle birlikte karmaşılaşmakta ve entegre sistemlerin sayısı hızla artmaktadır. Değişkenler arasındaki etkileşim de o ölçüde önem kazanmakta ve günümüz yöneticileri için bu parametreleri yönetmek giderek daha da güçleşmektedir. Aşağıda, simülasyon çalışmalarının getirebileceği yararlar ve dikkat edilmesi gerekli bazı hususlara yer verilmiştir.

5.4 Simülasyonun Avantajları:



Şekil 5-3: Tasarlanan İş Merkezinin Farklı İki Açıdan Görünüşü(Makina Magazin)

Simülasyon esnek bir çözüm yöntemidir.,

Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı, büyük ve karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.

Bir başka yöntemle ele alınması olanaklı olmayan koşullar ve kısıtlar simülasyonla rahatça modellenebilir.

Sonuçları ancak aylar yıllar sonra alınabilecek kararlar, simülasyonla çok kısa sürede analiz edilebilir.

"What-if" türü senaryoların modellenmesiyle, yöneticilere değişik seçenekleri değerlendirme olanağı tanınır.

Simülasyon, modellenen sistemi değiştirmeden, yeni fikir ve politikaların model üzerinde ra-hatça uygulanmasına olanak verir. Mevcut sistemde önerilen değişiklikler veya mevcut olmayan sistemler analiz edilebilir.

Pek çok faktörün etkisi aynı anda ve etkileşimli olarak incelenebilir.

Deney koşulları üzerinde kullanıcı tam bir kontrole sahiptir. Simülasyonu istenen zamanda durdurup yeniden başlatabilir. Oysa gerçek sistemlerin içinde çalıştığı saat, geriye alınamadığı gibi durdurulamaz da!...

5.5 Simülasyonun Dezavantajları:

Şüphesiz yerinde, doğru ve bilinçli kullanılmadığı zaman simülasyon modellerinin bazı sakıncalarından da bahsedilebilir. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir:

İyi bir simülasyon modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalı olabilir.

Optimum sonuçlar üretmez. Bir çeşit deneme-yanılma yöntemidir. Yöneticiler denemek iste-dikleri alternatifler için tüm koşul ve kısıtları ortaya koymalıdır. Yoksa simülasyon kendi başına çözüm üretmez.

Her simülasyon modeli kendine özgüdür. Genelde bir başka problemin çözümünde aynen kullanılamaz.

Stokastik yapısı çok sayıda deneyi gerektiren istatistiksel analizleri öngörür.

Modellemede ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yalnız sonuçlara yol açabilir.

5.6 Endüstriyel Simülasyon Uygulamaları

Aşağıda yer alan üç değişik olay, Amerika'da faaliyet gösteren firmaların karşılaştığı gerçek problemleri aktarmakta ve bunları çözmede kullanılan üç farklı simülasyon çalışmasını

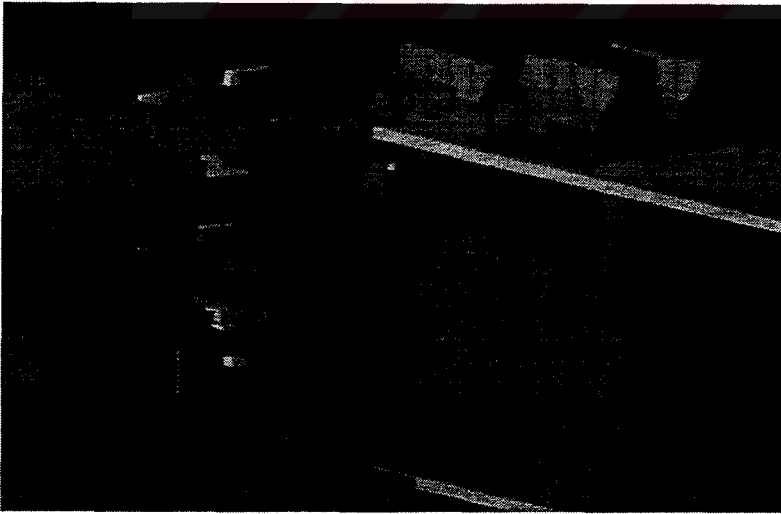
anlatmaktadır:

5.7 Örnekler

5.7.1 Süreç Otomasyonu Ve Robotlu İş Merkezi Tasarımı

Ünlü bir Amerikan otomobil üretici firmaya ait motor fabrikasında, motor döküm kalıplarına ait süreçlerin daha etkin hale getirilmesi için bir proje başlatılmıştı. Halen insanlar tarafından yapılan pek çok işin robotlar tarafından gerçekleştirilmesi öngörülmekteydi. Yapılan ilk hazırlık çalışmaları sonucunda, önerilen sistemin bilgisayar simülasyonunun hazırlanması önerisi benimsendi ve sağlıklı bir değerlendirme için bu konuda uzmanlaşmış bir danışmanlık kuruluşuna başvuruldu. Daha sonra bir sürprizle karşılaşmamak ve kurulacak bilgisayar modelinin gerçek verilerle donatılması için gerekli tüm bilgiler ilgili kuruluşa temin edildi.

İşe motor döküm kalıplarının gerçek boyutlarda modellenmesiyle başlandı. Arkasından kum kalıpların hazırlanacağı kalıplama makinalarının, teknik resimlerden elde edilen veriler ışığında



Şekil 5-4: RobCad ta Tasarlanıp Simülasyonu yapılan Gripper ve Taşıyıcı(Makina Magazini)

modellenmesine girişildi. Motor bloğu toplam dört ayrı kalıptan oluşmakta ve yeni süreç her bir bloğun ayrı bir kalıplama makinasında hazırlanmasını esas almaktaydı. Bu da iş merkezinde dört kalıplama makinası ve bunları yüklemekle görevli dört ABB 2000 tipi robotu gerektirmekteydi. Robotların kalıplama makinalarını boşaltması ve çıkarılan kalıpları konveyör üzerinde yer alan paletlere uygun şekilde yerleştirmesi öngörülmüştü. Sistemde yer alan iki konveyör döngüsünden birinin, fırın ve gerekli diğer işlemlerden geçmiş ya da geçecek olan kalıpları taşıması istenmekteydi. Diğerinin ise, robotların kalıplama makinalarını yüklemekten arta kalan vakitlerinde montajını yaptığı kalıpları taşıması planlanmaktaydı. Bu şekilde monte edilen motor blok kalıpları, bir başka konveyörle DISA makinasına ve oradan da dökümün yapıldığı yere aktarılacaktı. Oldukça ağır olan bu kum kalıplar, mevcut süreçte insan tarafından ikişer ikişer DISA makinasına yüklenmekteydi. Ancak bu işlemin de robot tarafından yapılması ilk tasarımda yer almaktaydı. Tüm bu sürece ait 3D animasyon, ilgili danışman kuruluş tarafından RobCAD'de hazırlandı. Tüm yeni süreç önerisi, artık 3-5 dakikalık bir video teyple yönetime sunulacak hale getirilmişti.



Şekil 5-5: Robot İş Başında. (Makina Magazin)

Ancak, üst yönetim tüm sürecin değiştirilmesi yerine, öncelikle DISA makinasının robot tarafından yüklenmesini benimseyen bir karar aldı. DISA makinasının bulunduğu alan ise kendi başına pek çok kısıtları beraberinde getirmekteydi. Kısıtlı kullanım alanı yüzünden robotun yerleştirileceği yer ve oryantasyonu çok önemliydi. Mevcut tasarım önerisinde,

DISA makinasının ön ayaklarından birinin kesilerek, Şekil 5.1'deki gibi yerleştirilen bir robot tarafından yüklenmesi öngörülmüştü. Ancak daha sonra Şekil 5.2 ve 5.3'te görülen yerleşimin daha uygun olacağına ve bunun için de mevcut platformun kesilerek kısaltılmasına karar verildi. Ancak tüm bu kararların, simülasyon çalışması yapılmaksızın alınması olanaksızdı. Daha da büyük bir sorun, belli bir çıktı/saat'lik kapasiteyi yakalamak için yükleme çevrim zamanlarının tutturulmasında yaşandı. Tek tek kum modellerin DISA makinasına yüklenmesi, kabul edilebilir limitler dışındaki çevrim zamanlarıyla sonuçlanmaktaydı. İstenen kapasite ancak iki motor kalıbının aynı anda taşınmasıyla tutturulabilecekti. Bu amaçla robot gripperinin tasarımı ve bununla ilişkili kalıpların taşınacağı paletlerin ve bunların oryantasyonlarının belirlenmesi sorunları aşılmalıydı. Şekil 5.4'teki gibi bir tasarım bu konudaki endişeleri giderdi. Bu sınırlamalar içinde robot kolu için en uygun taşıma yolu ve yerleştirileceği alan belirlendi. Oldukça ağır olan kalıpların yolda parçalanmadan yerleştirilmeleri çok önemliydi. Şekil 5.4'te detayları görünen aparat, özellikle bu iş merkezi için tasarlanmış olup robot gripperi ve palet tasarımıyla uyumlu çalışabilmesi öngörülmüştü. Robotun platforma yaklaşabilmesi için, paletlerin sistemden uzaklaştırılmasını sağlamaktaydı. Ayrıca iş merkezinde gerekli düzenlemeler yapılırken üretimde aksamalara yol açmamak için robotun doğru noktada ve oryantasyonda, en kısa sürede yerleştirilmesi ancak doğru ve sağlıklı bir simülasyon çalışmasıyla başarılabilirdi. Şekil 5.5, robot çalışırken iş merkezinin son halini göstermektedir.

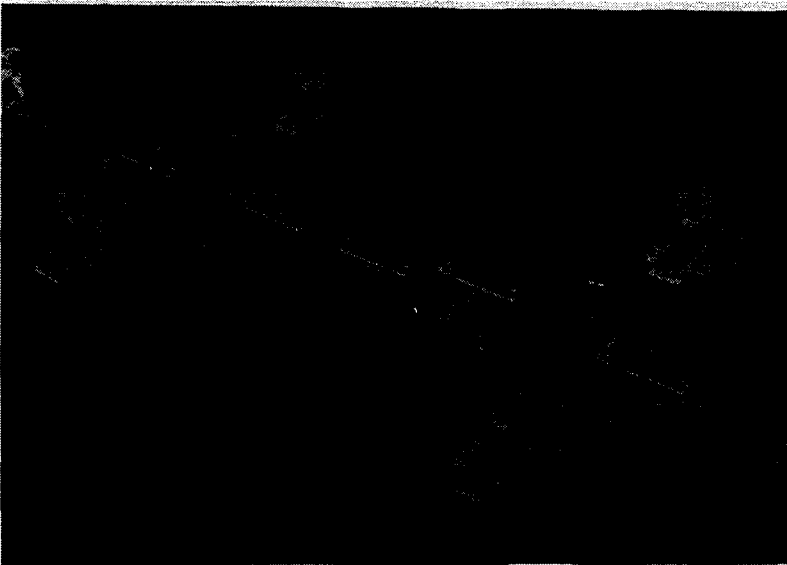
Sonuçta mevcut sistem simülasyon bulguları doğrultusunda modifiye edildi. Robotun oturacağı zemin ve oryantasyon ile Gripper ve palet tasarımları aynen simülasyondaki tasarımlarına uygun olarak imal ettirildi. Bu, üretimin aksatılmadan, yeni robotlu düzenin bir hafta sonunda devreye sokulabilmesinde önemli bir unsur oluşturdu. Böylece robotun ulaşması gerekli olan iş noktalarına uzanması ve sistemi oluşturan aparatların buna göre yerlerinin saptanmasında bir güçlükle karşılaşılmadı. Halen mevcut sistem, yapılan simülasyon çalışmasında belirlenen esaslar çerçevesinde çalışmaktadır.

5.7.2 Otomobil Benzin Depoları Üretimiyle İlgili Montaj Hattının İncelenmesi



Şekil 5-6: Simule edilen benzin deposu montaj hattının OUEST' te genel bir görünüşü(Makina Magazin)

Ünlü Amerikan oto üreticilerinden birine ait bir fabrikadaki benzin depolarının montaj hattında ciddi bir sorun vardı. Saatte 200-240 depo üretmek üzere tasarlanan sistem, ancak 100-110 depo/saat çıktı üretebilmekteydi. Hat sorumlularına göre sorun, operatörler tarafından gerçekleştirilen elle yapılan operasyonlardan kaynaklanmaktaydı. Operatör sayılarının artırılmasının, karşılaşılan üretim darboğazlarını aşmak için yeterli olacağı düşünülüyordu. İşte-nen çıktı sayısına ulaşabilmek için kaç operatörün daha sisteme eklenmesi gerektiğinin incelenmesi istenmekteydi.



Şekil 5-7: Kaynak istasyonları(Makina Magazin)

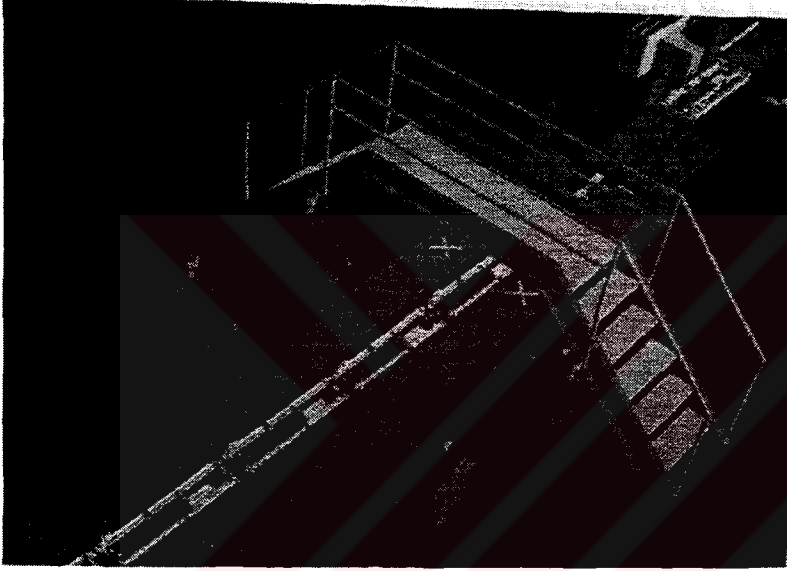
Yukarıdaki veriler ışığında, hattın sadece benzin deposunun alt ve üst panellerinin biraraya getirildiği bölümle, sızdırmazlık testinin yapıldığı bölüm arasında kalan kısmının simüle edilmesine karar verildi. Bu kısımdaki iş akışı özetle şöyleydi. Alt ve üst panelleri biraraya getirilen benzin deposu, konveyör bantlarla kenar kıvrırma işlemini yapan robotlara taşınmaktaydı. Kenarları kıvrılan yarı mamül, kaynak işlem alanına nakledilmekte, hattın iki alanına yayılan 4 robottan biri tarafından kaynak yapılmaktaydı. Daha sonra ana konveyör hattından mekikler (shuttle) aracılığıyla flanş kıvrırma makinalarına taşınmakta, oradan da operatörlerin çalıştığı alana nakledilmekte ve birtakım valflerin, civataların ve yalıtım yastığının takılması işlemleri gerçekleştirilmekteydi. Ana konveyör bandıyla tork ve arkasından tork kabul istasyonlarına taşınan yan mamül, buradaki bir robotla sızdırmazlık test alanına iletilmekteydi. Burası 8 pozis-yonda sürekli indeksleme yapan döner bir tabloydu. Bu testi geçen mamüller sonraki işlemlere yollanırken reddedilenler yeniden işleme tabi tutulmaktaydı.

Sistem, QUEST simülasyon programı kullanılarak geliştirildi. Şekil 5.6, simüle edilen hattın QUEST'teki genel bir görüntüsünü vermektedir.

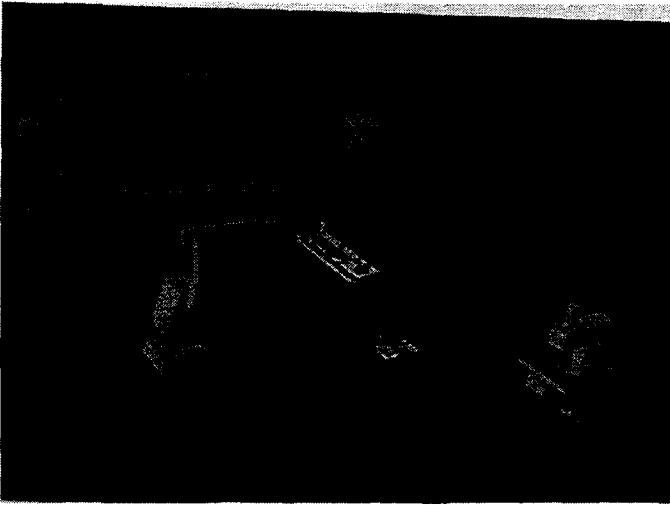
Şekil 5.7, 5.8, 5.9 sırasıyla; kaynak, operatörlerin çalıştığı alan ve test işlemlerinin yapıldığı bölümlerin yakından görüntüleridir. Simülasyon çalışması iki alternatifin karşılaştırılmasını hedef almıştı: Üç iş istasyonunun tek bir hat üzerinde yer aldığı mevcut durum ve her bir hatta iki iş istasyonunun yer aldığı iki hatlı tasarım önerisi (Şekil 5.8). Simülasyona sadece problem olduğuna inanılan, benzin deposunun alt ve üst parçalarının bir araya getirildiği kısımdan başlanarak sızdırmazlık testinin yapıldığı kısma kadar olan hat dahil edilmişti. Önceki diğer tüm bölümlerin, hattın bu kısmını besleyebilecek düzeyde çıktı sağlayabileceği varsayılmıştı. Makinaların etkinlik oranları, tamir ve bozulma sıklıklarının dikkatlice modellenmesine özen gösterilmişti.

Sonuçta elde edilen bulgular oldukça ilginçti. Öncelikle darboğaz oluşturduğu düşünülen iş istasyonları, üretim hızını belirlemede etkin değildi. Oysa kaynak işlemini yapan makinalar, problemin modellenen kısmında asıl darboğazı oluşturmaktaydı. Bunun gerçek

sebebi de, bu makinaların sıkça bozulmaları ve üretim dışı zamanlarının oldukça yüksek olmasıydı. Muhtemelen ilk tasarım aşamasında bu parametrelere yeterince önem verilmemişti. Sistem mevcut durumda ortalama 112 depo/saat çıktı verirken iş istasyonlarının sayısı artırıldığında bu rakam 118 depo/saat düzeyine çıkmaktaydı. Daha da önemli bir bulgu, hattın modellenen kısmından önce yer alan işlemler, hattın incelemeye alınan kısmını yeterince besleyememekteydi. Yapılan araştırmada, hattın önceki kısımlarında yer alan kaynak operasyonlarında çok daha önemli sorunlar olduğu ortaya çıktı.



Şekil 5-8 İki operatörlü iki hatlı iş istasyonları(Makina Magazin)



Şekil 5-9 Sızdırmazlık test istasyonu(Makina Magazin)

5.8 Sonuç:

Burada kısaca simülasyonun nerelerde ve nasıl kullanılabileceği ifade edildikten sonra üç değişik endüstriyel uygulamasına yer verilmiştir. Buralarda karşılaşılan sorunlar, nasıl giderildikleri, modellenen sistemlerin karmaşıklık düzeyleri, kullanılan programlar ve sonuçların uygulamaya aktarılması üzerinde durulmuştur. Açıkça görüleceği üzere, simülasyon çok kolay bir karar aracı değildir, sıkı bir çalışmayı gerektirir. Ancak elde edilen bulgular önemli kararların alınmasında ve sebep sonuç ilişkilerinin incelenmesinde oldukça etkilidir. Önemli tasarruflara yol açar.

Tüm bu çalışmalarda gözlenen ortak unsur, çalışmanın başlangıcında çalışmayı talep eden kuruluşun ulaşılacak hedeflere dair net tanımlamaları yapmakta çektiği güçlütür. Bu da sorunları tanımlamanın ne kadar önemli olduğunu bir kez daha vurgulamaktadır.



6. BÖLÜM VI

AYAKLI BARDAK PALETTEME SİSTEMİ TASARIMI

6.1 Giriş

Evlerde, barlarda, restoranlarda, otellerde hatta bürolarda sıkça kullanılan kadehler, ergiyik camı şekillendirme olan esas imalat aşamasından çıktıktan sonra pazarlama öncesi stok tutma ve uygun nakliye için düzenli bir şekilde istiflenmelidirler. Bu istifleme işlemini yapacak halihazırda tasarlanmış bir sistem yoktur. Mamüllere özel olarak bir sistem tasarlanması gerekmektedir.

6.2 Sistemin Kurulacağı İşletmenin Tanıtımı

Sistem, Paşabahçe Cam Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesindeki Cam Ev Eşya bölümünün Kırklareli' ndeki fabrikasına kurulmak üzere tasarlanmıştır. Bu fabrikada iş akışı, ergiyik camın hazırlanmasından itibaren üretim, soğutma sonu, paketleme ve ambarlama birimlerinde olmaktadır.

Üretim birimi ergiyik camın preslerde şekillendirilmesi, gerekiyorsa tavlama, soğutma ve tansiyon giderme fırınlarına verilmesi ve bu fırınlardaki kontrolleri ile ilgilenmektedir.

Soğutma sonu, tansiyonu alınan ve soğutma işlemi tamamlanan cam eşyaların soğutma fırını konveyöründen alınması varsa bunların paketleme hatlarına nakli, paketleme hattı yoksa bunların işçiler tarafından hemen soğutma konveyörü önünde veya daha uzaktaki bir gruplama ünitesinde paletlenmesi, bu esnada kalite kontrollerinin yapılması ve ambarlara sevkleri öncesi son kontrollerinin yapılması görevlerini yürütmektedir.

Paketleme birimleri, daha çok soğutma sonundan konveyör sistemleri ile gelen mamüllerin robotlu veya robotsuz otomasyon sistemleri ile paketlenmesi, sitreçlenmesi ve paletlenmesi işlemleri ile ilgilenmekte bu işlemleri yapan makinaların kullanımı, bakımı ve onarımı

işlemlerini yürütmektedir.

Ambarlama kalite kontrolden geçmiş mamüllerin onaylanması ve ambara kabulü, bunların ambara sevki, yerleştirilmesi, ambardan dışarıya nakledilmesi gibi görevleri yürütmektedirler.

Yukarıda yazılı birimlerden oluşan fabrikada birbirine paralel olarak yerleşmiş oniki adet hatta esnek bir biçimde cam ev eşyaları üretilmektedir. Bu hatlardan beş adetinde kadeh diye isimlendirilen ayaklı bardaklar üretilmektedir. Diğer hatlarda ise kavanoz, tabak, farklı tipte bardaklar, borcam tencere ve tabaklar gibi mamüller üretilmektedir. Hatların esnekliği, bir hatta üretilen mamülün imalat programında belirlenen zaman dilimleri içerisinde sürekli değiştirilmesinden gelmektedir. Örneğin bir hafta süresince düz tabak üreten bir hat, imalat programı gereği bir sonraki hafta kül tablası üretebilmektedir. Bu iki mamül imalatlarındaki ara geçişte sırasıyla şu işlemler yapılmaktadır:

A- Üretim Hattı

- 1- Damla mekanizmasında damla debisi ve makas kesme süresi ayarlanarak uygun hacimde sıvı camın kalıplara gönderilmesi sağlanır.
- 2- Preslerin kalıpları değiştirilir.
- 3- Kalıptan mamülü çıkaran ve diğer istasyonlara nakleden sistemlerin ayarı ve gerekli değişiklikler yapılır. (Kalıptan çıkan cam insan elinin dokunamayacağı (min 700-900 °C) sıcaklıklarda olduğundan mamül aktarımları tamamen otomatik sistemler tarafından yapılmaktadır.)
- 4- Mamüllerin soğutma sonu konveyörüne aktarılmasındaki gerekli ayarların yapılması. (Diziliş sıraları, aktarma zaman aralıkları, aktarma hız ayarları v.b.)
- 5- Deneme üretimlerinin yapılması ve yukarıdaki ayarlamaların kontrolü gerekiyor ise düzeltilmesi.

B- Soğutma Sonu

- 1- Soğutma sonu fırınlarında ve tavlama fırınlarında gerekli ısı işlem ve konveyör hızı ayarlarının yapılması.
- 2- Soğutma sonundan diğer birimlere nakli sağlayan makinaların gerekiyor ise ayarlanması

C- Paketleme Hattı

- 1- Tüm paketleme makinalarında gerekli ayarlamaların yapılması.

Yukarıda yazılı işlemlerin minimum zaman ve iş gücü harcanarak yapılması çok önemlidir. Camın ergitildiği fırınlar yıllarca hiç durdurulmadan çalıştırılmaktadırlar. Bunun sebebi, fırın kapatıldığında içerideki camı tam olarak boşaltmak mümkün olmadığından donup kalacak olması ve tuğlaların değiştirilmek zorunluluğunun doğması ve fırının yeniden devreye alınma maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Ayrıca fırında ergitilen cam mutlaka dışarı verilmeli içeride belli sınırların üzerinde biriktirilmemelidir. 12 hatta aynı anda cam besleyen bir fırının durdurulması tüm fabrikanın durdurulması anlamına gelmektedir. En acil durumlarda fırın yavaşlatılmakta ancak bu da belli sınırlar içerisinde yapılabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı imalat ara geçişlerinde damlalıktan ergiyik cam akmaya devam etmektedir. Bu cam bir su lülesinden geçirilip füzyon hattı denen camı yeniden kazanma hattına gönderilmekte ve yeniden fırında eritilmektedir. Bu gereksiz ek bir maliye demektir. Ara geçiş süresi ne kadar kısa olursa bu maliye o kadar aşağılara çekilebilir. Ayrıca imlattaki gecikmelerden kaynaklanan ürün kaybı (satışa sürülebilecek hazır ürün kaybı) yine ek bir maliyet getirmektedir. Gerek üretim hattında gerekse soğutma sonunda ve paketlemede çalışan tüm makinalar bu kriterler göz önüne alınarak tasarlanmışlardır.

Fabrikanın üretiminin büyük bir kısmını oluşturan ayaklı bardak üretim hatları esnekliğin en çok ihtiyaç duyulduğu hatlardır. Her bir hattan birbirini ana geometri olarak benzetmekle

birlikte değişik boyutlarda yirmiden fazla türde bardak imal edilebilmektedir. Üstelik model değişikliği diğer hatlardan çok daha kısa üretim sürelerini takiben yapılabilmektedirler. Birkaç günde bir ürün değiştirilebilmektedir. Bu durum bu bardakların imalatı ile ilgili tüm birimlerin çok daha esnek olmasını gerektirmektedir.

6.3 Problemin Tanıtımı:

Yukarıda tanıtılan fabrikada ayaklı bardak hattında üretilen bardaklar soğutma sonundan insanlar tarafından paletlere dizilmektedir. Her hatta soğutma sonu fırını çıkışında konveyörün üzerinde asılı banklara oturan iki adet işçi önlerinden geçen bardakları yakalamakta ve yanlarında duran paletlere dizmektedirler. Normal şartlarda imalat hızı 0.8 s/bardak değerlerine kadar çıkabilmektedir. Bu durumda her işçinin bardak başına 1.6 saniyesi vardır. Fakat işçiler bardakları sağ elde üç sol elde üç olmak üzere 6 şarlı gruplar halinde almaktadırlar. Bu durumda her işçi $1.6 \times 6 = 9.6$ saniyede bir önünden geçen bardakları almak için eğilmekte, bardakları yakalayarak doğrulup yan dönüp paletin üzerine düzenli bir şekilde yerleştirmektedir. Her 9.6 saniyede bir aynı işi yapmakta; böylece 8 saatlik vardiyada yaklaşık 3000 kez aynı işi tekrar etmektedir. Aynı işçiler her palet dolduğunda dolan paleti siteçleyip yerine götürüp yeni palet hazırlamakta ve sıralar arasına karton dizmekle de yükümlülerdir. Bunlar da hesaba katılacak olur ise bardak toplama süreleri 7 saniyenin altına inmektedir. Bu son derece yorucu ve monoton bir iştir. Üstelik çalışma ortamı bir fırın çıkışı olduğundan fanlardan sürekli kuru hava üflenmekte, ortam çok sıcak olmakta, bu da işçilerin sağlığı açısından olumsuzluklar doğurmaktadır. Ayrıca işçiler herdefasında bardakları sayarak ve aynı düzende yerleştiremediklerinden paletlerde bir homojenlik olmamakta ve her palette ne kadar bardak olduğu tam olarak bilinmemekte veya adetler hatalı tespit edilmektedir.

Çalışma koşullarının gerktirdiği, burada oldukça esnek, hızlı ve güvenilir bir otomasyon sistemidir.

6.4 Sistemden Beklenen Özellikler

Daha önce de değinildiği gibi fabrikanın ayaklı bardak hatlarında birbirinden farklı boyutlarda yirmiden fazla tipte bardak üretilmektedir. Bu bardakları paletleyecek sistemden beklenen özellikler:

1- Esneklik :

Paletleme sistemlerinden beklenen özellikler başlığı altında esnekliği ayrıntılı olarak açıklamıştık. Kadeh paletleme sistemi ise esnekliğin hat safhada gerektiği sistemdir. Yirmiden farklı tipte bardak modeli için sistem mümkün olan en kısa ve en az işçilik gerektiren ayar işleminden sonra modeller arası geçiş yapabilmelidir. Ayrıca ayar işlemleri son derece basit, herkesin kolaylıkla yapabileceği şekilde olmalıdır. Ayarlamalar sırasında yapılacak bir hatanın sistemin ve operatörlerin güvenliğini tehlikeye atmasına ihtimal bırakılmamalıdır.

Üretim hattında üretilen bardak modeline bağlı olarak birim zamanda gelen bardak sayısı sürekli değişmektedir. Sistem çok farklı hız aralıklarında çalışmaya uygun olmalıdır. Mümkün ise bardak debisine ve hattın gelme hızına bağlı olmaksızın tüm ayarlamaları kendisi otomatik olarak yapmalıdır.

2- Güvenilirlik :

Bir cam fabrikasında üretim hattının kolay kolay durdurulamadığını daha önce anlatmıştık. Bu sebepten dolayı tasarlanacak paletleme sistemi mümkün olduğunca az bakım gerektirmeli, bakım zamanlarındaki planlı duraklamalar haricinde hiç durmamalıdır. Ancak hiç arıza yapmayacak bir sistem yapmak özellikle bu sistem ilk kez tasarlanıyorsa pek mümkün değildir. Dolayısıyla sistemi tasarlarken, mekanik ve elektronik açıdan zayıf noktaları mutlaka tespit edilmeli bu noktalar güvenilir kılınmalı arıza yapması muhtemel bölgeler müdahalesi son derece kolay kılınmalıdır. Sistemin mekanik ve elektronik olarak imalatı bittikten sonra her koşulda uzun uzun denenmesi ve zayıf noktaların tespit edilip

güçlendirilmesi gerekir. Ancak imalatı bitmiş bir sistemin modifikasyonu hem zaman hem de para kaybı demek olduğundan, daha tasarım esnasında riskli görülen bölümlerin adım adım deneyerek değerlendirilmesi daha doğru olur.

3- Kolay Çalıştırma:

Şişecam bünyesinde çalışır durumdaki elemanlar, tasarlanacak sistemin başına operatör olarak atanacağından sistem basit bir eğitim programından sonra sıradan bir operatörün kolaylıkla devreye alabileceği, sistemi durdurabileceği, zaman zaman yapılması gereken ayarlanmaları yapabileceği şekilde olmalıdır. Sistem buna imkan tanıyacak basitlikte olmalıdır.

4- Kolay ve Ucuz Bakım ve Uzun Ömürlü Olma:

Günde yirmidört saat hiç durmadan çalışacak olan sistemin bakım gereksinimi az olmalı, bakımlar kolay yapılabilmesi, sık sık eleman değiştirmek zorunda kalınmamalı ve değişmesi gereken elemanların yedeği kolaylıkla bulunabilecek ve ucuz elemanlar olmasına dikkat edilmelidir.

5- Paletlenecek Üründen Dolayı Gereken Özellikler:

Paletlenecek ürün cam olduğundan belli hız limitlerinde çalışması gereken sistemin bardakları kırmayacak şekilde olması gerekir. Ayrıca birbirine sürekli belli bir kuvvetle sürtünen cam ürünlerin üzerinde istenmeyen çizikler olduğundan buna da dikkat edilmeli. Bir diğer önemli nokta bardakların formudur. Birçok modelde bardakların üzerinde hareket ettikleri ağız kısımları dardır ve buradaki malzeme azdır, üst kısımlar ise geniş ve ayak kısmı olduğundan malzeme yığılması vardır. Dolayısıyla ağırlık merkezi bardağın oturma yüzeyinden çok yukarıdadır. Bu da onun dengesiz olmasına sebep olmaktadır. Sistemin bardakların dengesizliğinden etkilenmeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

6.5 Paletlenecek Bardakların Özellikleri:

Paletlenecek bardak ölçüleri aşağıdadır.

Bardak No	D (+-1.5)	D1 (+-1.5)	D2 (+-1.5)	H
1	69	76	66	170
2	104		70	100
3	65	67	62	166
4	71		66	175
5	58.5	65	61	160
6	54		66	200
7	68	74	66	135
8	46	49	50	110
9	64	76	66	147
10	51	58	64	188
11	100	104	66	127
12	95	104	66	132
13	110		70	143
14	96		70	170
15	68	82	66	160
16	60	70	62	132
17	69.5		64	178
18	7		64	190
19	71.5	79.5	67	153
20	73.5	86	70	152
21	53	61	65	205
22	53	61	65	180
23	76	80	70	170
24	76	80	70	140
25	71	74	65	165
26	71	74	65	130

27	56	59	50	130
28	87	92	70	150
29	67		65	155
30	67	71	65	125
31	64		70	180
32	55		60	210
33	82	86	65	170
34	69	78	70	180
35	66	71	62	160
36	68	86	70	160
37	51	58	61	200

Tablo 6.1 Paletlenecek bardak boyutları

6.6 Ayaklı Bardak Paletleme Sistemi

6.6.1 Bardak besleme sistemi

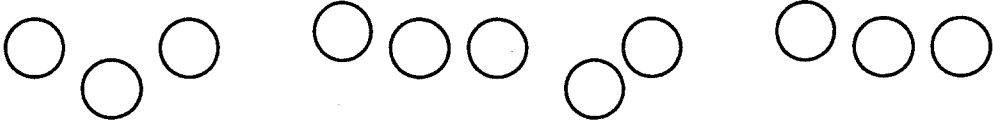
İmalat hattından sıcak olarak çıkan mamüller düzenli bir şekilde soğuyabilmeleri ve böylece sahip oldukları iç gerilmelerden kurtulabilmeleri için soğutma sonu fırınları denen fırınlara alınırlar. Bu fırınlar kademeli bölmelerden oluşmaktadır ve her bölmesi değişik sıcaklık bölgelerinde çalışmaktadır. Aşamalı olarak sıcaklık azaltılmakta böylece sıcak camın tansiyonu alınmaktadır. Ancak bu işlem aşamasında iç gerilmelerin belirli bir değerin üzerinde olduğu mamüller dayanamayarak fırın içerisinde patlamaktadırlar. Bu sebepten fırın girişine düzeli sıralar şeklinde yüklenen cam mamüller çıkışta düzenleri yer yer bozulmuş olarak çıkabilmektedirler. Ayrıca adet olarak da yaklaşık % 20 'lik bir kısmı fırın içerisinde patlamıştır.

Bardak besleme sisteminin ana görevi soğutma sonundan gelen bardak sıralarını tüm olumsuzluklara rağmen hatasız ve firesiz bir şekilde alması ve bu bardakları paletleme sistemine beslemesidir. Bu işlemi yaparken uyulması gereken kuralları şöylece sıralayabiliriz:

1-Sistem kendi içerisinde güvenli çalışırken hiçbir şekilde kendine zarar vermemeli: Soğutma sonundan sürekli akan imalatın, fırın içerisinde meydana gelen patlamalar sebebiyle düzensiz bir hal almasının sistemin çalışma esnasında güvenliğini olumsuz olarak etkilememesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Sistemin hiçbir şekilde düzeni bozulmuş bir bardağa veya etraftaki bir engele (engelin orada bulunduğu veya belli zaman periyotlarında orada bulunacağı belirlenmiş ise) çarpmaması gerekir. Aşağıda bunun nasıl yapılabileceği anlatılmaktadır.



1-İmalat hattından bardakların yükleniş formu



2-Soğutma sonundan bardakların geliş formu



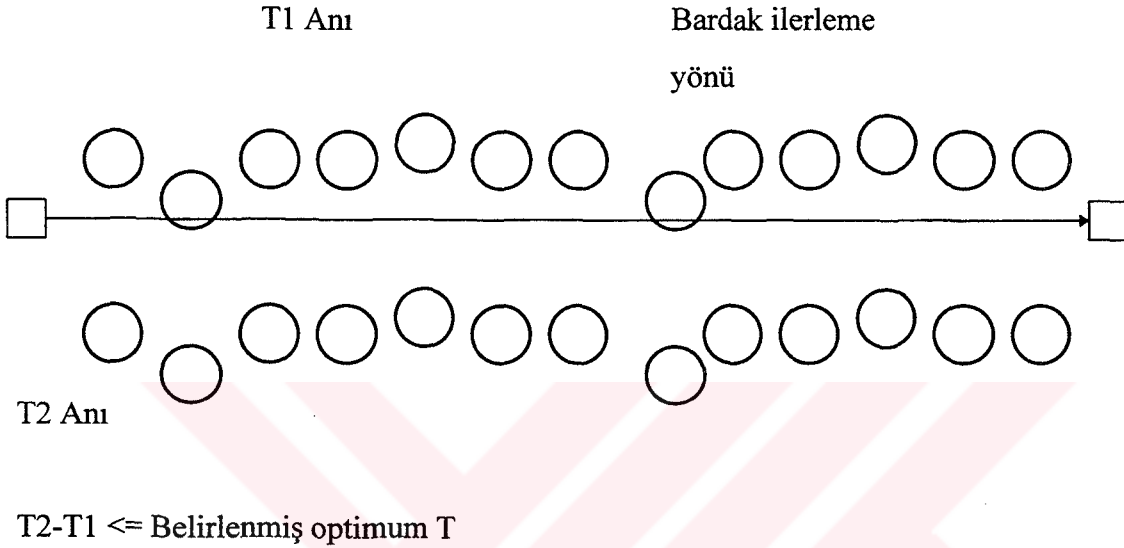
3-Paletleme sistemine bardakların yüklenmesi gereken form

Şekil 6.1 Bardak sıraları

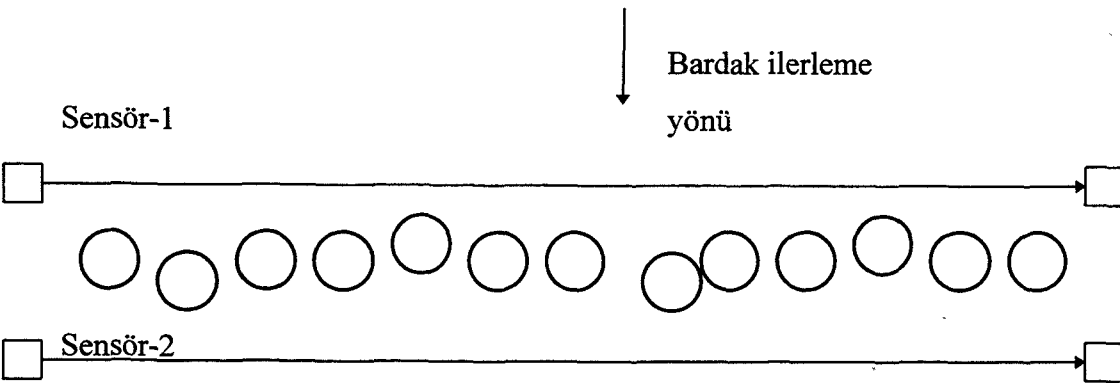
1. şekilde görülen formdaki bardaklar fırın içerisindeki koşullardan dolayı çıkışta ikinci şekilde görülen formu almaktadır. Amaç bu bardakları 3. şekildeki formda olduğu gibi paletleme hattına vermektir. Görüldüğü gibi esas işlem düzensiz formdaki bardaklara uygulanacaktır. İşlem esnasında bardakları tutup kavrayacak birimin doğru çevresel algılamalar sayesinde bardaklara çarpmayacak şekilde yörünge izlemesi gereklidir. Bunu sağlamanın önerilen yolları:

a) Soğutma sonuna yerleştirilecek reflektörlü veya karşılıklı alıcılı vericili optik sensörler sayesinde bir bardak sırasının geçme süresini hesaplamak, bu süre kabul edilen optimum süreden daha uzun ise bardak düzeni alma mekanizmasının alamayacağı derecede bozuktur kararını vermek ve o sırayı almaktan vazgeçmektir. Bu işlemde kullanılması önerilen optik sensörlerden karşılıklı alıcılı vericili olanı reflektörlü sensörlere göre daha avantajlıdır.

Reflektörlü sensörler 15 m mesafeye kadar algılama olanağına sahip olmaları ile birlikte doğrusal ve hassas algılama yapmaları mesafe arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi optik ışık kaynağı ve algılayıcı ile reflektör arasında bir ışık saçılması meydana gelmesidir. Reflektörlü sensörlerde de aynı problem mevcuttur fakat alıcı ve verici ayrı ayrı olduğundan bunların etkin yüzeylerine dik vektörlerin doğrultuları çakıştığında ancak algılama yapabildiklerinden saçılma ile hatalı algılama problemi ortadan kalkmaktadır.



b) Soğutma sonuna birbirine paralel iki optik sensör yerleştirilir ve bardak sıralarının alma esnasında bu sensörlerin görme alanının dışında olması şartı aranabilir.



Şekil 6.2 Soğutma sonunda bardak algılama

c) Bardak sıralarını alan sistemin uygun yerlerine optik mekanik veya kapasitif sensör ve siviçler yerleştirilerek güvenlik sağlanabilir. Bunun için alma sisteminin hareket

yörüngesinin çok iyi belirlenmiş olması gerekir. Bu yörünge boyunca sensörler önceden engel araştırması yaparlar ve bir engel varsa 1 sinyali üretirler. Bu sinyal PLC' de engel var olarak program mantığı içerisinde işlenir ve sistem ya durdurulur ya da gerekli güvenli hareketleri yapması sağlanır.

2- Sistem cam mamüllere karşı güvenli olmalı mamülleri kırmadan veya çizmeden sisteme beslemeli: Bir fabrikanın en başta gelen hedefleri kalite ve verimi artırmaktır. Bir cam ürünü ile herhangi bir işlem yapılacak ise camın kırılabilirliği ve ufak çiziklerin dahi çok önem arzettiği göz önünde tutulacak olursa tasarlanacak sistemin çok hassas olması gerektiği düşünülebilir. Kırılan her cam malzeme olarak herhangi bir kayıp yaratmasada direk olarak imalat verimini düşürmektedir. Cam üzerinde özellikle paketleme ve paletleme esnasında oluşacak çizikler ise bunların artık kalite kontrolden geçme şansları olmadığından doğrudan kaliteyi düşürücü etki yapabilmektedir. Bardakları bu şartlar ile alıp sisteme besleyecek yapının bardakları kavrayacak birimlerinin cama zarar vermeyecek yapıda olması gereklidir. Ayrıca taşıma esnasında bardakların birbirlerine çarpmasına dikkat etmek gerekmektedir. Bu kurallar paletleme sisteminin başından sonuna kadar her aşamasında geçerli olacaktır.

3- Sistem her koşulda (normal çalışma esnasında, bakım ve servis esnasında) sistem operatörlerine karşı güvenli olmalı: Sistemin hareketli birimleri tamamen korunmuş bir ortamda olmalı, bu sağlanamıyor ise çeşitli algılama sistemleri ile tehlike durumu belirlenmelidir. Gerekliyse güvenlik kafesleri kullanılmalı ve bu kafeslerin geçiş kapılarına güvenlik siviçleri yerleştirilmelidir.

4- Sistem ön görülen zamanı aşmadan tekrar eden işlem adımlarını gerçekleştirebilmeli işlem adımları arasında farklılıklar olsa bile toplam periyot mutlaka aynı ve imalat akış hızından belli bir miktar yüksek olmalı:

Yukarıda açıklanan şartları sağlayacak sistem,

1- Pnömatik elemanlardan oluşan atanmış bir makina,

- 2- Elektrik motorları ile tahrikli atanmış bir makina,
- 3- Hidrolik tahrikli atanmış bir makina,
- 4- Ana hareket eksenleri elektrik motorları ile tahrikli, yaklaşma, tutma ve alma gibi son hareketlerin pnömatik elemanlarla sağlandığı atanmış bir makina,
- 5- Elektrik motorları kullanılarak kam mekanizmaları ile çalışan atanmış bir makina,
- 6- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrollü bir makina sistemi,
- 7- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi,
- 8- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrollü bir makina sistemi,
- 9- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi olabilir.

Makinanın çalışması gereken koşullar çok iyi bir şekilde irdelenerek bu seçeneklerden birisi seçilebilir.

Seçenekler arasında basit bir kıyaslama yaparsak, tamamen pnömatik çalışan sistemlerde hızlar ve ivmeler hassas bir şekilde ayarlanamaz ve kontrol altında tutulamaz. Kuruluş aşamasında tüm pnömatik elemanlar belli hız değerlerine akış kontrol valflerinin ayarı ile ayarlanır. Fakat gerek işletmenin hava kaynağında meydana gelecek değişimler ve gerekse zaman içerisinde birlikte çalışan pnömatik ve mekanik elemanlar arasındaki farklı alışma karakteristiklerinden dolayı hızlar ayarlanan değerlerden sapacaktır. Doğru değerlere yeniden ayarlamak çok kolaydır. Ancak bu işlem esnasında makina duracağından imalatın aksaması söz konusu olacaktır. Tamamen pnömatik tahrikli sistemler hız ve kuvvet dengesinin çok önemli olmadığı meydana gelecek değişimlerden sistemin çok fazla etkilenmeyeceği yerlerde tercih edilmelidirler. Ayrıca tez tez hız değişikliklerine ihtiyaç duyulmayan koşullarda daha uygundur. Örneğin soğutma sonundan gelen mamüllerin

hızı zaman zaman değişiyor ise pnömomatik makinanın da bu hızlara göre yeniden ayarlanması gerekir. Bu gerek imalatın aksamasına sebep olacağından gerekse tama olarak doğru ayarlar yapılmadığında güvensizlik doğuracağından cazip değildir.

Elektrik motorları ile tahrikli makinelerde hız ve ivme değerleri hassas şekilde ayarlanabilir ve zaman içerisinde pek değişikliklere uğramaz. Ayrıca invertörler ile motorlara verilen elektriğin frekansı değiştirilerek sistem durdurulmadan çalışma esnasında dahi hız ve ivme değerleri istenilen şekilde ayarlanabilir. Ancak bu hız ayarları kullanılacak inverterin özelliklerine bağlı olarak özellikle düşük devirler için sınırlı olabilmektedir. Örneğin normal bir inverter ile 3000 devirde çalışan bir motorun 1000 devirin altında çalıştırılması pek istenmez. Son zamanlarda üretilen yüksek teknoloji inverterler düşük devirlerde de çalışabilmektedirler. Ancak sonsuz bir hız ayar bölgesi kullanılacak ise kontrol bilgisayarının veya PLC ' nin analog sinyal çıkışı olması gereklidir.

Hidrolik sistemler çok ağır çalışma koşullarında çok yüksek kuvvetler gerektiğinde tercih edilirler. Hız ve kuvvet değerleri sistemde kaçak olmadığı durumlarda kontrol altında tutulabilirler. Hidrolik silindirlere oransal valfler ile tahrik ediliyorlar ise hız ve ivme değerleri istenilen şekilde ayarlanabilirler.

Kam mekanizmaları elektrik motor tahrikli olduklarında hız ayarları istenilen şekilde ayarlanabilme özelliğine sahiptirler. Ayrıca kam millerinin formuna bağlı olarak her işlem için ayrı ayrı hız ve ivme değerleri verilebilir. Bu sistemlerin kam yapılarının imalatı oldukça güçtür ve pahalıdır. Karmaşık bir makina ise ve birbirine bağlı olarak çalışan birden fazla kam mili varsa bunların birbirlerine göre doğru şekilde ayarlanmaları da oldukça zordur. Bu sebeple zaman içerisinde meydana gelecek kaymaları düzeltmek çok uzun zaman alabilmektedir. Bunu önlemenin çeşitli yolları da vardır. Örneğin ayar aparatları yapmak, veya kam üzerine skalalar yerleştirmek gibi.

Bir robot kullanıldığı durumda hız ve ivme değerleri son derece esnek bir şekilde kontrol edilebildiği gibi gerektiğinde hareket mantığı ihtiyaca göre değiştirilebilir. Robot tahrikinde servo elektrik motorlar kullanılıyor ise 0,01 mm hassasiyette çalışmak mümkündür. Hiç

insan müdahalesi olmadan doğru oluşturulmuş program mantığı sayesinde robot ne zaman nasıl davranacağına kendisi karar verebilir ve çok çabuk uygulamaya geçebilir. Çalışma çevresinden çok değişik sinyallerle beslenebilir ve bunları kullanarak koşulların ağırlaştığı durumlarda dahi işini doğru şekilde yapabilir. Örneğin sıra sıra gelen mamülleri belli bir sıra ile alması, sıraların yerleşiminden dolayı mümkün olmuyor ise oluşturulmuş bir algoritmayı çalıştırarak, “Önce hangi sırayı alırsam diğerlerine ulaşabilirim?” sorusunu kendisi cevaplayarak atanmış bir makinayla yapmanın mümkün olmayacağı işlemleri yapabilecektir. Çevreden güvenlik ile ilgili olumsuz bir sinyal aldığı anda insan müdahalesi olmadan doğru hareketlere karar verip uygulayabilir bu işlemi yaparken imalatıda aksatmaz. Ancak bu insanla ilgili bir güvenlik olduğunda çoğunlukla tüm makinalarda olduğu gibi robotlarda da tamamen durma eylemi istenir. Herhangi bir sebepten robot işlemi tamamlanmadan durdurulduğunda (operatörün acil durum düğmesine basması, elektrik kesilmesi, güvenlik nedeni ile v.b.) kaldığı yerden devam edebilir. Elektrik kesilmesi durumunda kaldığı yerden devam edebilmesi için robot konumunun mutlak enkoderler ile tespit ediliyor olması gerekir. Aksi takdirde sıfırlanması gerekir.

Pnömatik tahrikli robotlar düşük kapasitelerde olabilirler. Örneğin bir paletleme robotunun 50 ile 200 kg arasında kaldırma kapasitelerinde olması istenir. Çok daha yüksek kapasiteli robotlar yapmak da mümkündür. Bu kapasitelerde robotları pnömatik yapmak mümkün değildir. Yapılsa bile yüksek hızlarda hassas bir şekilde kontrolleri mümkün olamaz. Bunun en büyük sebebi havanın sıkışabilir olmasıdır. Ayrıca işletmelerde kullanılan kompresörlerden elde edilen optimum hava basıncı 6 bar’dır. Bu değer maksimum 16 bar’a kadar çıkabilmektedir. Ancak birçok pnömatik eleman maksimum 10 bar’a kadar çalışabilmektedir. Bu durumda 50-200 kg ağırlığında bir kütleyi örnek değerler olarak 6 m/s^2 lik bir ivme ve 3.5 m/s lik bir hızla hareket ettirecek piston boyutları çok büyük olacaktır. Bu da sistemin hantallaşmasına sebep olacaktır. Pnömatik robotlar düşük yüklerde dahi servo motor tahrikli robotlar kadar hassas olamazlar. Hassasiyetleri maksimum 0,5 mm civarındadır.

Robotlar ana hareketleri yaparlar. Yani en uç noktasına yani bileğine takılan el adı verilen mekanizmaları uzayda kararlaştırılmış yere ve konuma götürürler. Esas işlemi ise ucundaki

eller yapmaktadır. Tutmak, delmek, boyamak, kaynak yapmak, cilalamak vb. Bu ellerin servo kontrollü olması çok esnek kontrolleri gerektiğinde tercih edilir. Örneğin bir boyama robotu boyanacak parçayı tutuyor ve bunu boya tabancasının önünde kendi eksen hareketlerinin müsaade edemeyeceği ölçeklerde uzayda bir yörüngede hareket ettirecek ise bunu sağlayacak elin servo kontrollü olması gerekir. Bir başka örnek hassas bir parça bir kuvvet uygulanarak tutulacak ise parçanın zarar görmemesi için kuvvetin kontrol altında tutulması gerekir. Bunun içinde çoğunlukla servo tork kontrollü motorlar ile tahrikli eller kullanılır. Bu gibi uygulamaların olmadığı durumlarda eller hep rutin şekilde çalışacak ise pnömatik tahrikli yapılırlar.

Soğutma sonundan bardakların bazen düzenleri bozulmuş olarak gelebildikleri ve geliş hızlarının soğutma sonu konveyörünün hızının, imalat hızına bağlı olarak ayarlanması ile değiştiği daha önceden anlatılmıştı. Soğutma sonunun fiziksel yapısı, mamüllerin akış durumu ve çevre şartları göz önünde tutulduğunda burada bir robot kullanılmasına ve bu robotun pnömatik tutuculu bir ele sahip olmasına karar verildi.

Bu durumda sistem şu ünitelerden oluşmaktadır:

6.6.1.1 Robot

Robot özelliklerinin belirlenmesi:

Robotun belirlenmesi gereken başlıca özellikleri şunlar:

6.6.1.1.1 Robot tipi:

Soğutma sonu boyutları oldukça büyük. Üzerinden geçen bardakları ancak bardakların da üzerinde asılı duran bir robotla almak mümkün. Bunu çeşitli şekillerde yapmak mümkün.

a) Mafsallı Robot: Soğutma sonu üzerine inşa edilecek bir tavana asılmış mafsallı bir robot kullanmak mümkün. Burada sıra sıra bardakları almak için ve gene sıra sıra besleme

konveyörüne yerleştirmek için robotun sahip olması gereken minimum eksen sayısı ikidir. İki eksen ile robot bir sıra bardağı alıp sıra ile aynı hizada ötede başka bir noktaya koyabilir.(Şekil-4) Ancak bu nokta sıra ile aynı doğrultuda olmayacak ise o durumda minimum dört eksen gereklidir.(Şekil-5)

Tutulan bardak sırası

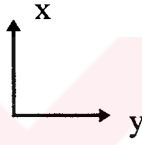


2 eksen yeterli

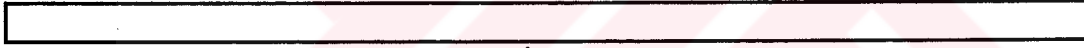
Bırakılan bardak sırası



Şekil-4



Tutulan bardak sırası



4 eksen yeterli

Bırakılan bardak sırası



Şekil 6.3 Bardakların besleme konveyörüne konma şekilleri

b) Scara Tipi Robot: Scara tipi robotun standart yapılması durumunda tavana asılması mümkün değildir. Çünkü bu robotun bileği hep yer büzlemine bakacak şekilde ve bu düzleme paralel yapılır. Tavandan asmak için nileğin 180^0 dönmüş olarak imal edilmesi gerekir. Scara robot bir platform üzerine oturtulabilir. Bardakları Şekil-4 ve Şekil-5 deki gibi koyması için üç eksenli olması gerekir. Eğer alma ve koyma esnasında aşağı yukarı hareketinde robot tarafından yapılması gerekiyor ise bu durumda dördüncü bir lineer

eksene ihtiyaç vardır.

c) **Gantry Robot:** Kartezyen kordinatlarda hareket edebilen gantry robotlar bu tip işlemlerde en çok tercih edilen robotlardır. Gerek maliyetlerinin diğer robotlara göre düşük olmasından gerekse çok büyük alanlara kompakt bir yapıda hizmet verebilen konstruktif yapılarından dolayı tercih edilirler. Bu robotların programlanmaları, bakım ve servisleri de çok kolaydır. Çok yüksek hızlarda ağır yükler altında başarı ile çalışabilirler. Ayaklı bardak paletleme sisteminde bardakların alma işlemini Şekil-4 deki gibi yapmak gerektiğinde 2 eksenli bir gantry robot yeterli olmakta, bu işlem Şekil-5 deki gibi yapılması gerektiğinde 3 eksen gerekmektedir.

Sonuç olarak en doğru seçim bir gantry robot kullanılmasıdır.

6.6.1.1.2 Eksen Sayısının Belirlenmesi:

Eksen sayısının bardak sıralarını koyma şekline bağlı olduğunu yukarıda incelemiştik . Burada bardakların hangi formda konması gerektiğine karar vermek gereklidir. Bardakların alındığı konveyör 20-50 mm/dak hızla hareket eden oldukça yavaş çelik bantlı bir konveyördür. Bardakların bu konveyör üzerinden sabit bir noktadan alındığı kabul edilebilir. Böylece alma işlemi için robot alma noktasına gidecek gelen bardakları almak üzere z yönünde aşağı inecek, el ile tutacak, yukarı çıkacak ve bırakmak için bardak besleme konveyörünün üzerine gelecek. İşte eksen sayısını belirleyecek kararı bu noktada vermek gerekli. Eğer bardaklar bu noktada durmakta olan bir konveyöre konulacak ise ve konveyör bardakları bırakma işlemi bittikten sonra hareket edecek ise y yönünde bir robot hareketine yani bir y eksenine gerek yoktur. Eğer bardak besleme sistemi sürekli hareket halinde bir konveyör ise ve hatta zaman zaman hızının değişmesi gerekiyor ise bu durumda bardakları devirmeden bu konveyör üzerine bırakabilmek için önce bu konveyör ile aynı yönde ve aynı hızda hareketli olmak yani konveyörü izlemek gereklidir. Bu durumda bir y eksenini olmalıdır. Konveyörün durduğu ve yüklenmeden sonra hareket ettiği durumda sistemin ilerleyen aşamaları da duracağından yükleme bölgesi ile besleme bölgesini ikiye ayırmak böylece robot bardak besler iken konveyör durduğu halde ilerideki sisteme bardak

beslenmesini kesmemek gerekir. Bu durumda kullanılacak iki konveyör arasındaki geçişin çok stabil olması gerekir. Yapısal özellikleri daha önce anlatılan bardaklar çok kolay devrilebildiklerinden bu durumun pek pratik olmadığı görülür. Gantry robot 3 eksenli olduğu durumda tek parça konveyör üzerinde sürekli bir mamül akışı sağlamak mümkün olabileceği gibi sistemin bu bölümleri hız açısından da oldukça esneklik kazanacaktır.

Sonuç olarak 3 eksenli gantry bir robota karar verildi.

6.6.1.1.3 Tahrik Sistemi

Daha önce değinilen koşullar çerçevesinde fırçasız (bakım gerektirmeyen) DC servo motorlar ile tahrik edilen mekanizmalar kullanılmasına karar verildi.

6.6.1.1.4 Robot Hassasiyeti

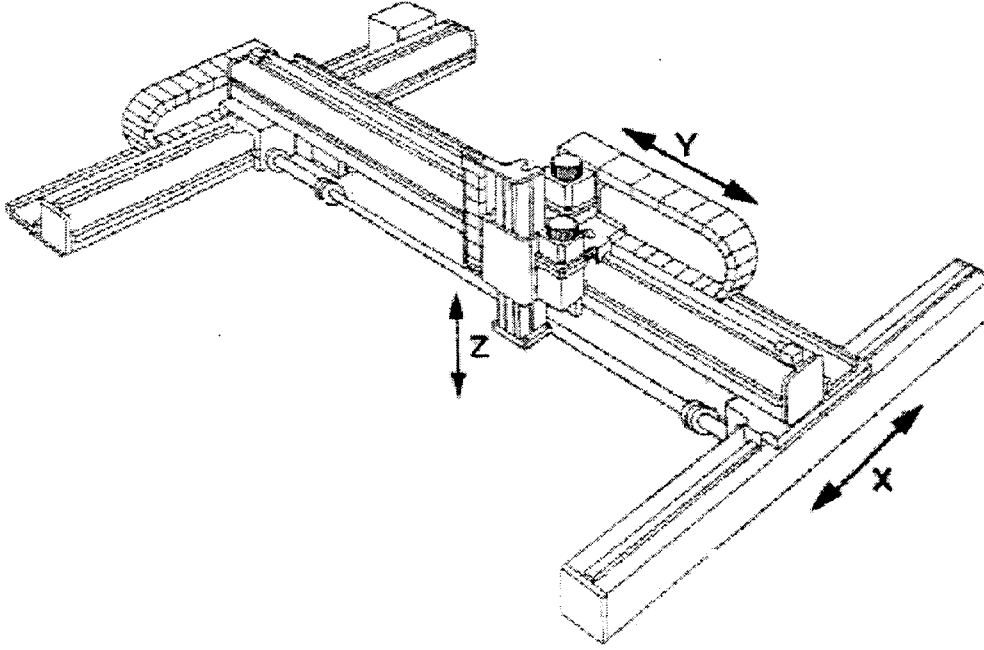
Yapılan iş tut ve koy işlemi ve tutma ve koyma noktaları çok hassas olmadığından standartlarda öngörülen robot hassasiyetleri temel kabul edilmiştir.

6.6.1.1.5 Taşıma Kapasitesi

Tecrübelerle dayanarak böyle bir sistemde tutucu elin tarif edilmiş boyutlar için 40 kg ağırlıkta olabileceği ve maksimum mamül ağırlığının 5 kg olduğu düşünülüp 50 kg taşıma kapasiteli robot kullanımına karar verildi.

6.6.1.1.6 Çalışma Hız ve İvmeleri

Sistemin çalışma periyodu hesapları verilmiştir. Burada verilmiş olan bir sıra bardağın gelme süresi olarak tanımlanan sürede robotun belli bir iyilik derecesi ile cevap verebilmesi için eksen hızları şöyle belirlenmiştir.

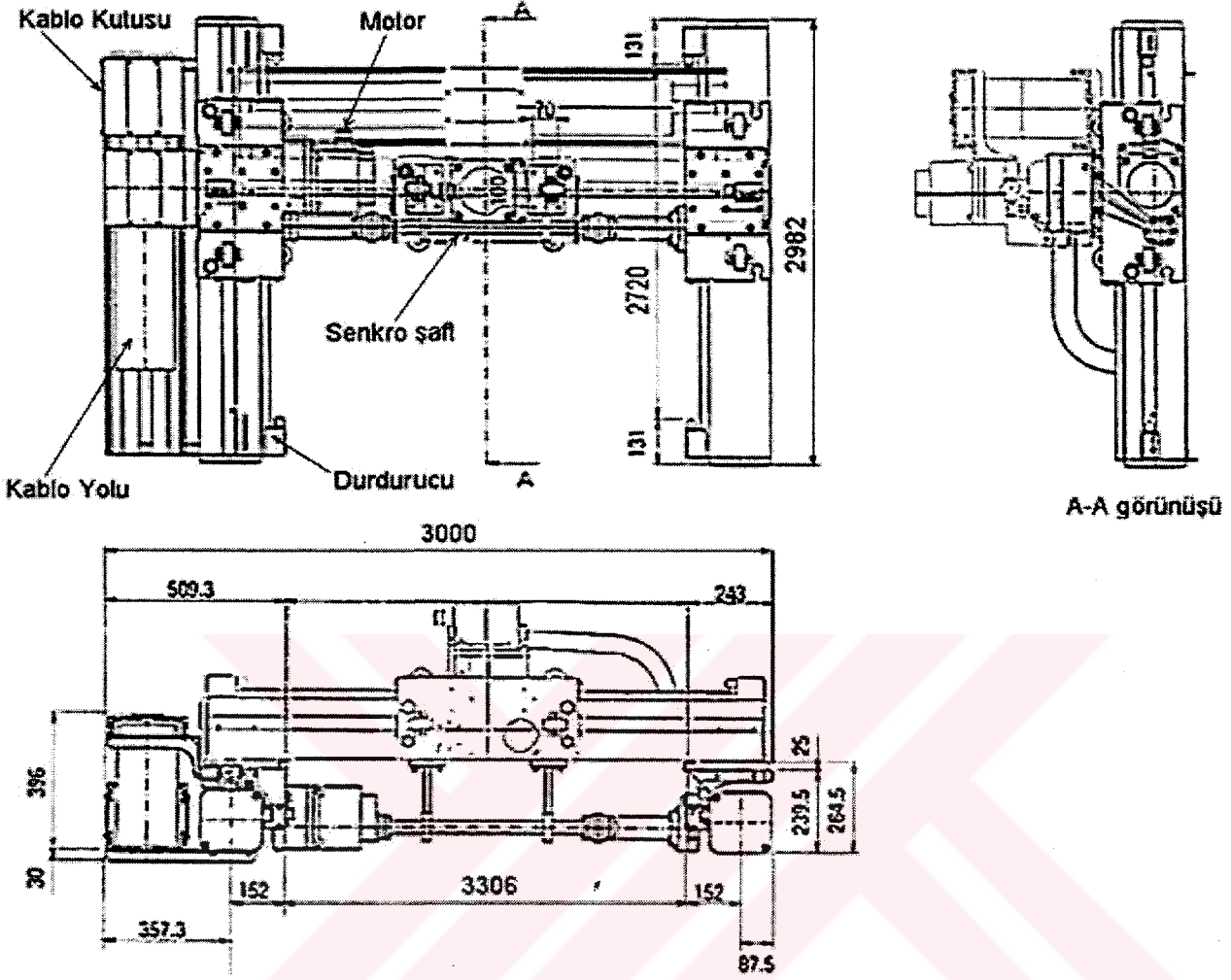


Şekil 6.4 Bardak besleme robotu

AKR - 50			XYZ
Yükleme Kapasitesi		kg	50
Moment Kapasitesi		kgf m	29
		N m	284.4
Maksimum Hız	X	m / dak	2.5
	Y	m / dak	2.5
	Z	m / dak	1.5
Tekrarlanabilirlik	X	(+,-) mm	0.2
	Y	(+,-) mm	0.2
	Z	(+,-) mm	0.1
Maksimum Strok (m)*3	X	m	20
	Y	m	5.1
	Z	m	1.5

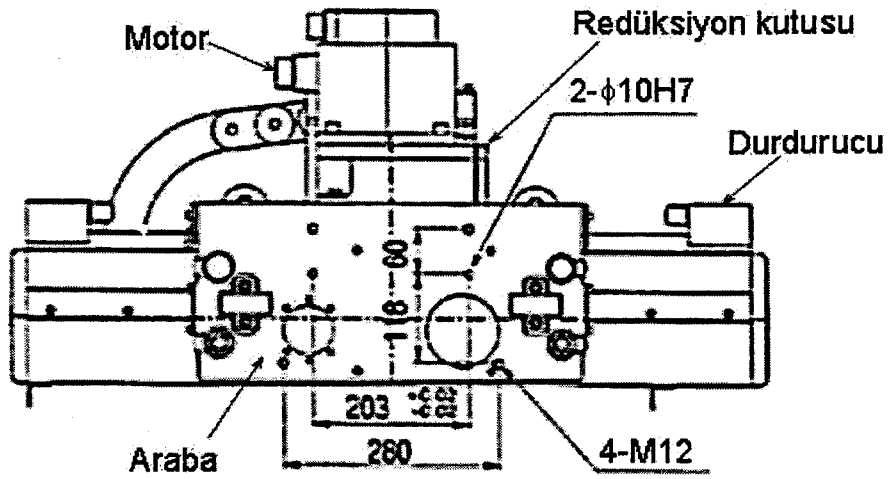
Tablo 6.2 Bardak Besleme Robotu Özellikleri

AKR-50 X-EKSENİ



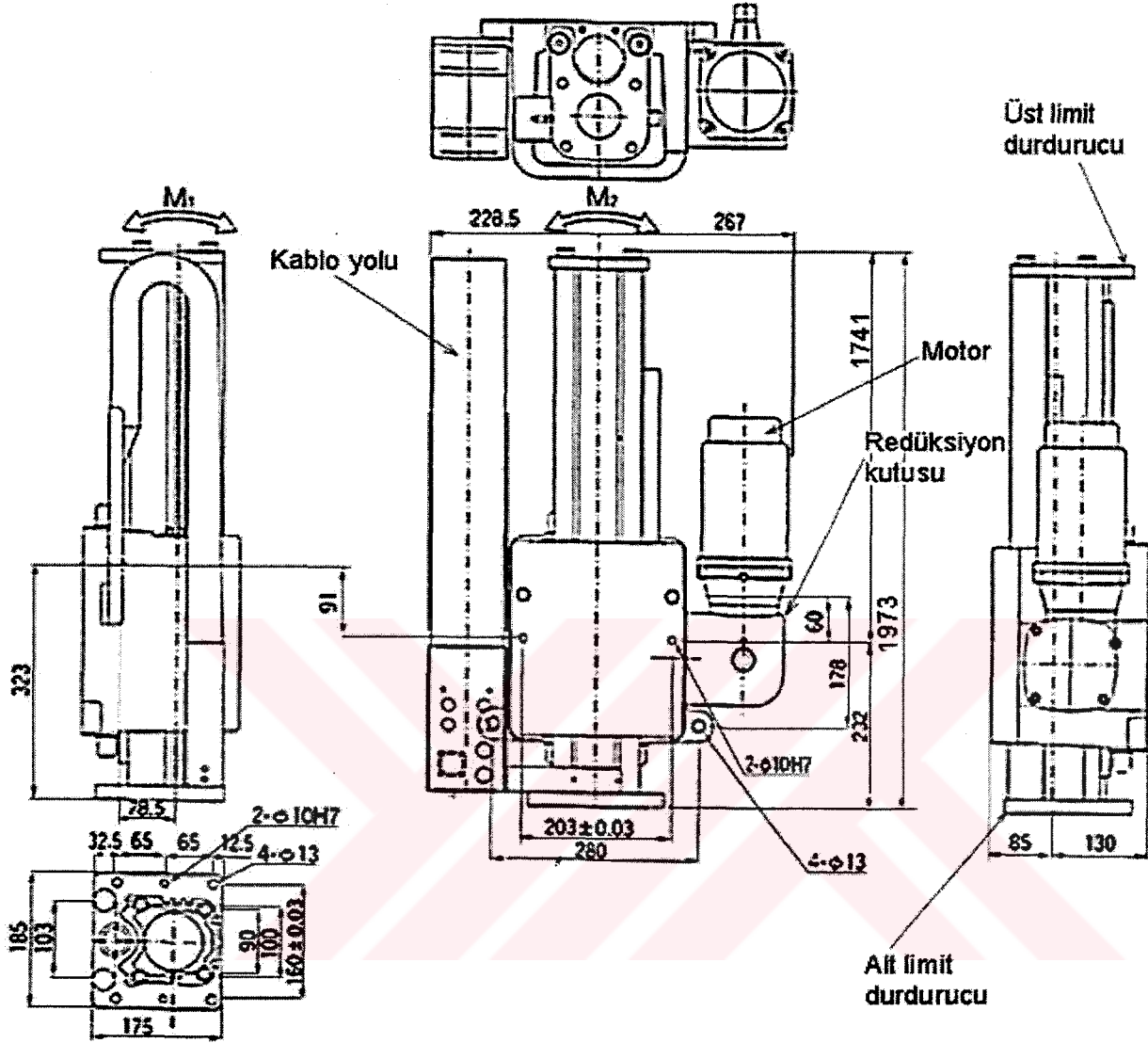
Şekil 6.5 Bardak besleme robotu X eksenini

AKR-50 Y-EKSENİ



Şekil 6.6 Bardak besleme robotu Y eksenini

AKR-50 Z-EKSENİ



Şekil 6.7 Bardak besleme robotu Z eksenini

6.6.1.1.7 Bakım

Bakım çizelgelerinde belirtilmiş olan yağlama işlemleri için tavsiye edilen ürünler aşağıda gösterilmiştir.

Bakım esnasında kullanılacak gres yağları tabloda belirtilmiştir.

Üretici Firma	Ürün Kodu
Shell Oil	Nerita HV
Mobil	Mobilith SHC 100
Mobil	Mobil UX-EP-0

(1) Lineer yataklar; Mobilith SHC 100 gres yağı ile yağlanır. Gres yağının

yetersizliği fazla sürtünme ve gürültüye neden olur.

Uygulama esnasında özellikle aşırı yağlamadan kaçınılmalıdır. Bu durum motora zarar verebileceği gibi robot ve çalışma parçasının kirlenmesine neden olabilir.

(2) Nerita HV Kremayer ve Pinyon dişlileri içindir. Gres yağının yetersizliği aşırı sürtünme ve gürültüye neden olur.

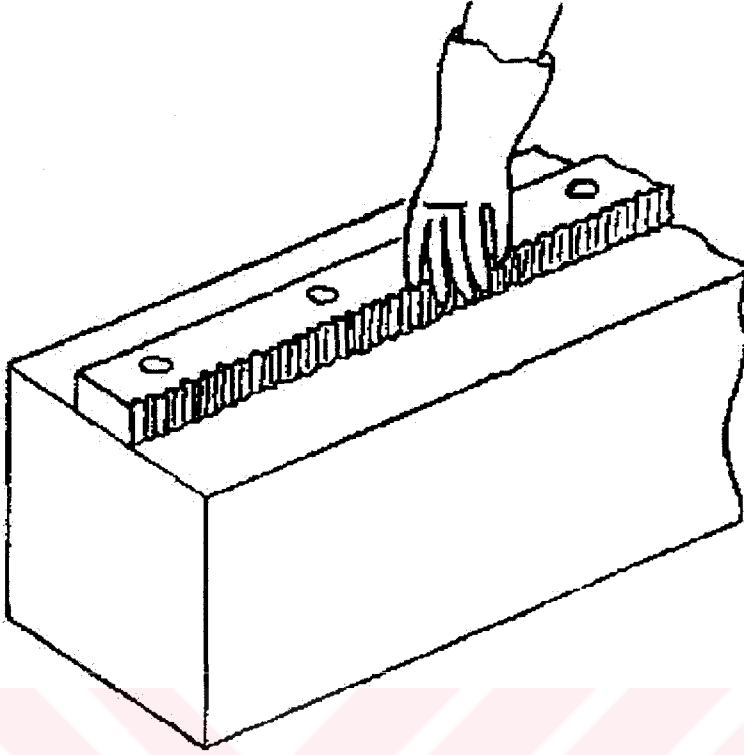
(3) Mobil UX-EP-0, redüktörler için kullanılır. Gres yağının yetersizliği dişlilerin zarar görmesine yol açar.

Kremayer dişlisinin yağlanması

Uygulama modülü:	X Ekseni, Y Ekseni
Gerekli ekipman:	Gres yağı ve iş eldiveni
Bakım süresi:	10 dakika
Bakım aralığı:	3 ay

İşlem tanımı

- (1) Gres yağı elle kremayer profil üzerine uygulanır.
- (2) Araba elle hareket ettirilmek suretiyle gres yağının yayılması sağlanır.



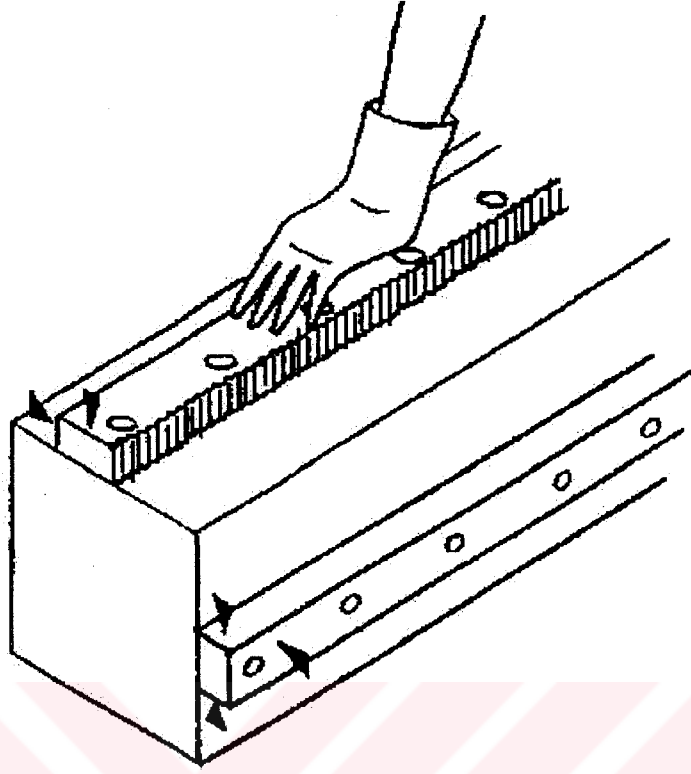
Şekil 6.8 Kramayer dişlinin yağlanması

Tekerlek temas yüzeylerinin yağlanması

Uygulama modülü:	X Ekseni, Y Ekseni
Gerekli ekipman:	Gres yağı ve İş eldiveni
Bakım süresi:	3 dakika
Bakım aralığı:	1.5 ay

İşlem tanımı

- (1) Gres yağı elle tekerlek temas yüzeylerine uygulanır
- (2) Araba elle hareket ettirilmek suretiyle gres yağının yayılması sağlanır.



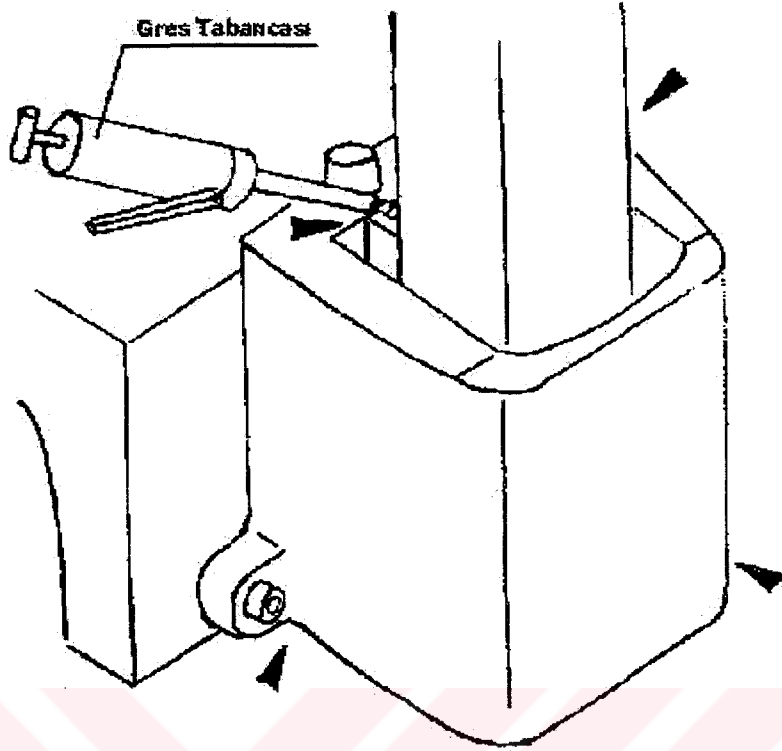
Şekil 6.9 Tekerlek temas yüzeylerinin yağlanması

Lineer Yatakların Yağlanması (Z Ekseni)

Uygulama modülü:	Z Ekseni
Gerekli ekipmanlar:	Gres yağı tabancası Gres yağı Altı köşe anahtar
Bakım süresi:	5 dakika
Bakım aralığı:	3 ay

İşlem tanımı

- (1) Gres yağı şekilde gösterildiği gibi meme uçlarından uygulanır. (uygulama 4 noktadan yapılır)

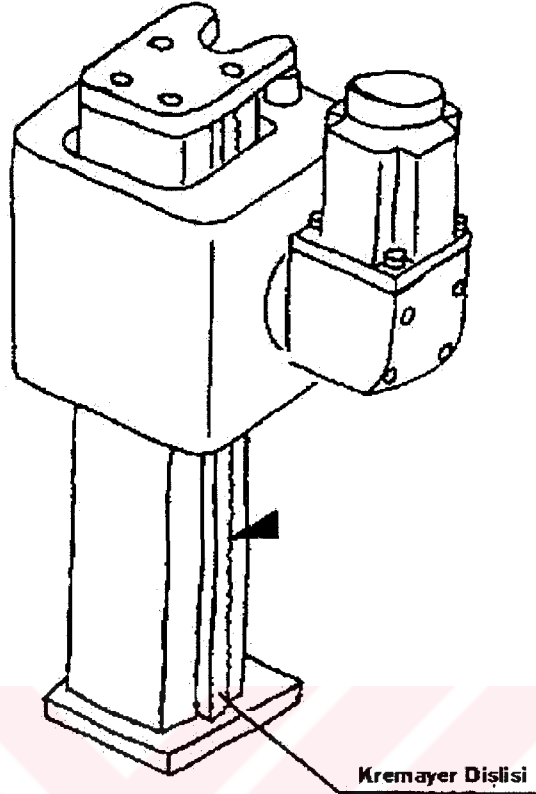


Şekil 6.10 Lineer yatakların yağlanması

Kremayer Dişlisinin Yağlanması (Z Eksenini)

İşlem tanımı

- (1) Z eksenini en alt konuma indirilir. Güç kesilir ve gres yağı kremayer üzerine uygulanır.
- (2) Sisteme güç verilerek Z eksenini en üst konuma hareket ettirilir. Güç tekrar kesilerek gres yağı kremayerin diğer tarafına uygulanır.
- (3) Güç açılarak Z eksenini yukarı ve aşağı birkaç kez hareket ettirilerek gres yağının tüm yüzeye yayılması sağlanır.



Şekil 6.11.Z eksenini kramayerinin yağlanması

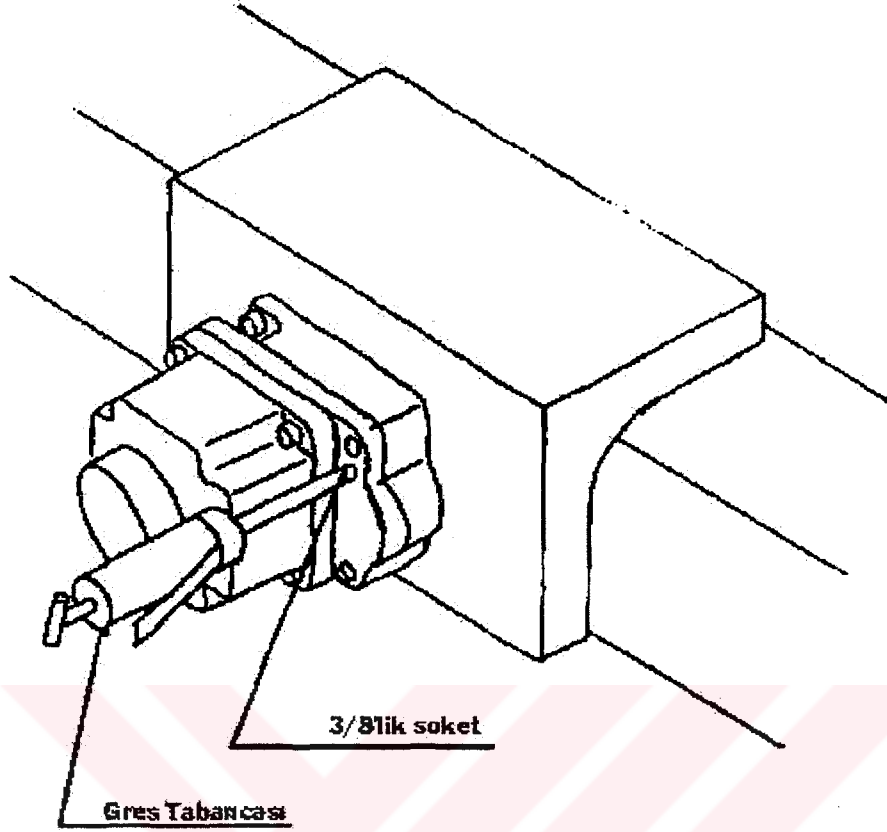
X Ekseninin Yağlanması (1/2 Redüksiyon)

Bakım zamanı: 10 dakika

Bakım aralığı: 3 ay

İşlem tanımı

- (1) 3/8'lik soket sökülür.
- (2) Gres yağı tabancasıyla yağlama yapılır.
- (3) Yağlama sonrası soket tekrar yerine takılır.
- (4) Gres yağının yayılması için araba elle itmek suretiyle hareket ettirilir.



Şekil 6.12 X ekseninin yağlanması

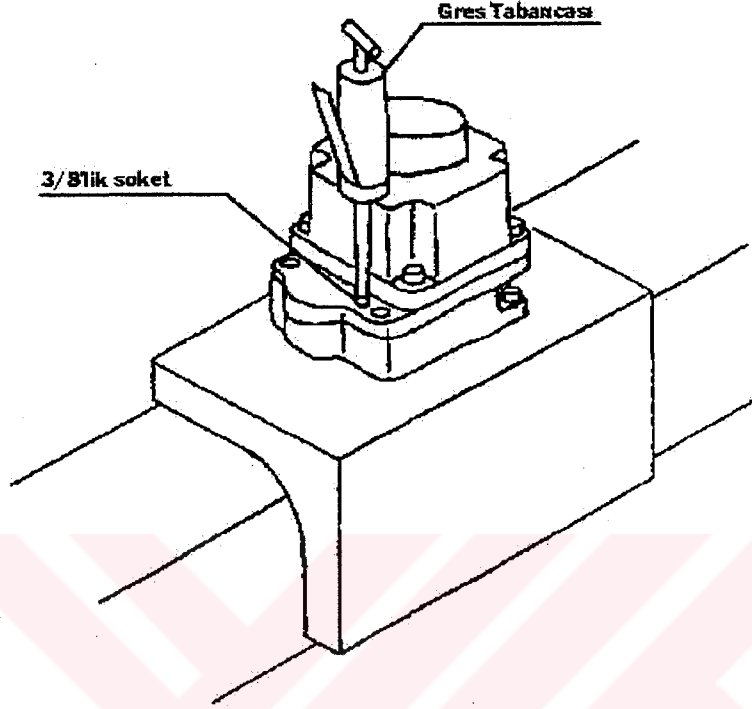
Y Ekseninin Yağlanması (1/2 Redüksiyon)

Uyugulama modülü:	Y Ekseni
Gerekli ekipman:	Gres yağı tabancası Altı köşe anahtar
Bakım zamanı:	10 dakika
Bakım aralığı:	3 ay

İşlem tanımı

- (1) 3/8'lik soket sökülür.
- (2) Bir seviye tesbit çubuğu ile içerideki yağ miktarının seviye kontrolü yapılır. Yağ miktarı çubuğa göre 25 mm'den daha fazla ise yağlama işlemine gerek yoktur.

- (3) Yağlama gerekiyorsa Gres yağı tabancası şekildeki pozisyonda tutulmak suretiyle yağlama yapılır.
- (4) Yağlama sonrası gres yağı seviyesi aynı metotla kontrol edilir.



Şekil 6.13 Y ekseninin yağlanması

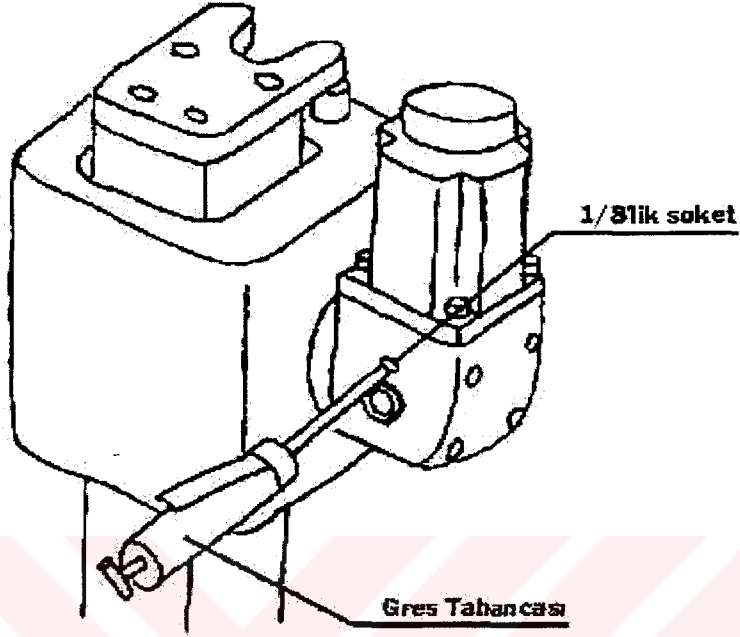
Z Ekseninin Yağlanması (1/3 , 1/5 Redüksiyon)

Uyugulama modülü:	Z Ekseni
Gerekli ekipmanlar:	Altı köşe anahtar Gres yağı tabancası
Bakım zamanı:	10 dakika
Bakım aralığı:	3 ay

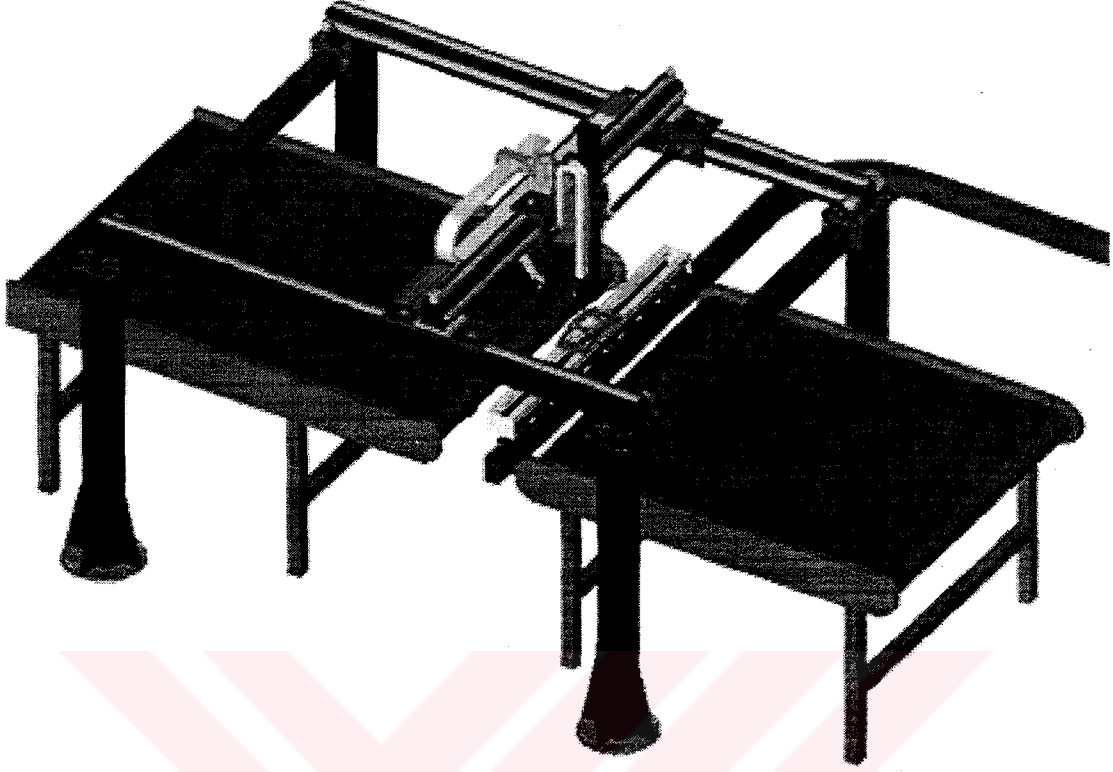
İşlem tanımı

- (1) 1/8'lik soketin sökülmesi.
- (2) Gres yağı tabancası ile şekildeki gibi yağlama işlemi yapılır. Buarada gres yağının dışarıya taşmamasına dikkat edilmelidir.

(3) Yağlama sonrası soket yerine takılır.



Şekil 6.14 Z ekseninin yağlanması



Şekil 6.16 Bardak Besleme Robotu

6.6.1.2 ROBOT ELİ

Gantry roboton z ekseninin ucuna akuple edilecek elin şu özelliklere sahip olması gereklidir:

- 1- Robot seçiminde ön şart olarak belirlenen ağırlık sınırlarını aşmaması.
- 2- Bardak sıraları düzensiz geldiği takdirde dahi belli bir düzensizliğe kadar bu sıraları alabilmesi.
- 3- Alma ve bırakma esnasında bardakları devirmeyecek şekilde olması.
- 4- Alma ve bırakma işlemini mümkün olan en hızlı biçimde fakat tarif edilmiş doğruluk sınırları içerisinde yapabilmeli.
- 5- Bardakları çizmemeli ve kırmamalı.
- 6- Son derece güvenli ve dayanıklı bir mekanik yapıya sahip olmalı.

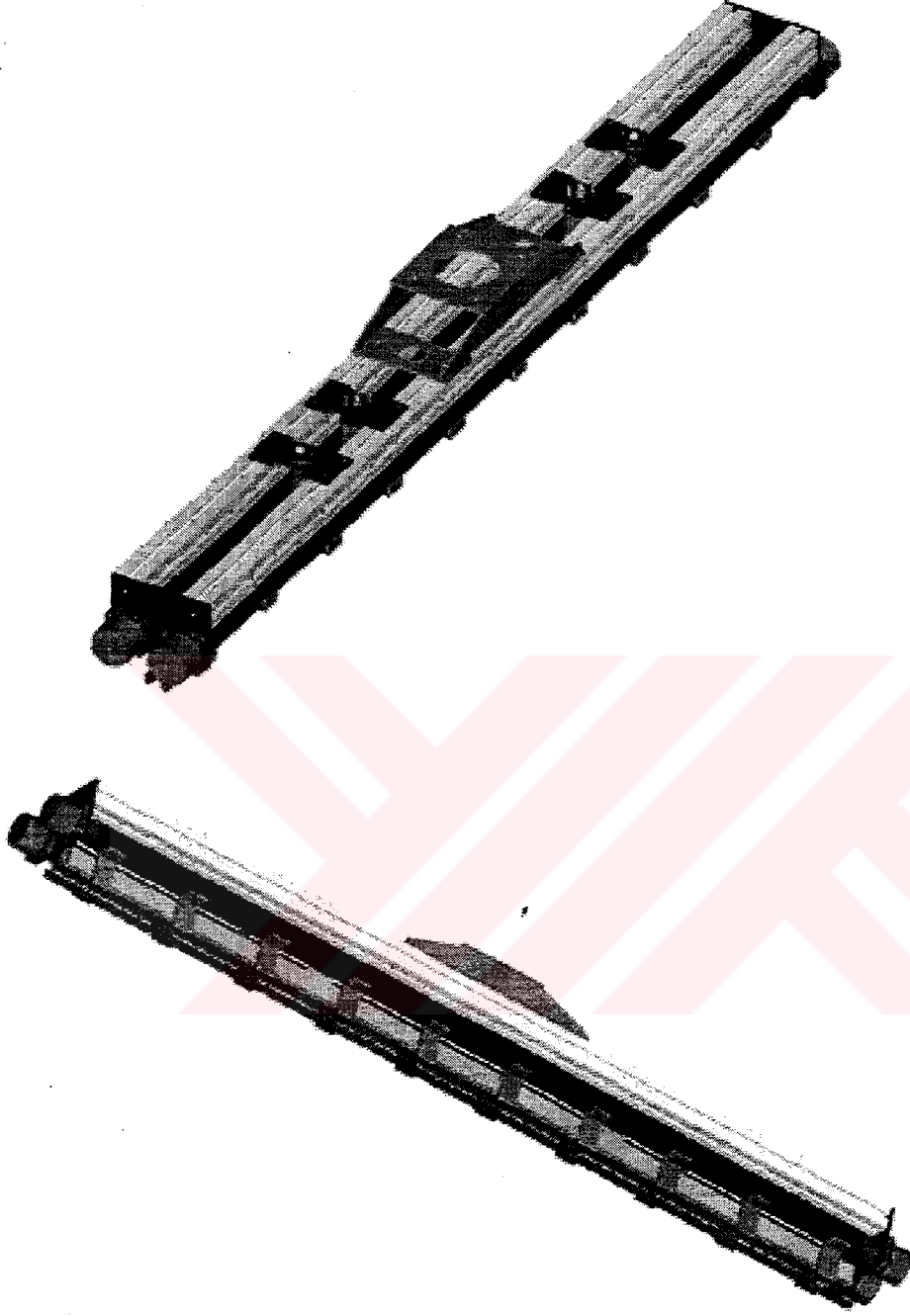
Bu özellikleri sağlayacak el opsiyonu ikidir.

Pnömatik silindirler ile tahrik edilen çubuklar kullanılarak bardakları yanlarından sıkarak kavramak veya bardakları arasına aldıktan sonra şişerek genişleyen iki uzun baloncuk ile kavramak.

Baloncuk kullanımı işlem olarak çok kolaydır. Robot tutma noktasına indiği anda balonlara hava verilir genişleyen iki balon arasında kalan bardaklar sıkışır ve böylece çok sıkı şekilde kavranmış olur. Ancak bu yapıda balonların arası belli bir ölçüyü aşamayacağından sıraların daha düzenli olması durumunu gerektirmektedir. Ayrıca alma ve bırakma zamanları havanın dolma ve boşalmasının beklenmesi gerektiğinden uzundur. Sabit bir noktaya bırakmakta başarılı olsada hareketli bir konveyör üzerine bırakmakta uygun değildir.

Çubuklu tutucu sisteminde ise çubuklar bir merkez etrafında döner yapıldığında bozuk sıra tolerasyonu oldukça artırılabilir. Tutma ve bırakma süresi çok kısa olabileceği gibi hareketli konveyör üzerine de bardakların stabilitesini bozmadan bırakabilecektir. Mekanik olarak balonlu sisteme göre daha karmaşık olacak ve maliyeti de daha yüksek olacaktır.

Sonuç olarak çubuklu el sistemine karar verildi.



Şekil 6.17. Bardak Besleme Sistemi Robot Eli

6.6.1.3 Bardak Besleme Konveyörü

Bardak besleme konveyörünün tek parça olmasına ve sistem devrede iken sürekli çalışır durumda olmasına karar verilmişti. Bu konveyörün esas görevi bardak besleme robotundan aldığı bardakları bardak sıralama sistemine iletmektir. Bardak sıralama sisteminde herhangi bir problem olduğunda bu konveyör bardak taşıma işlemini durdurmalı ve bardaklar bir bölgede biriktirilmelidir. Bu bölge Buffer-zone konveyörüdür. Bardak sıralama sistemindeki problem giderildiğinde bardak besleme robotu Buffer-zone üzerinde biriken bardakları da sisteme geri beslemelidir. Bu durumda bardak yoğunluğu yaklaşık %30 artacaktır. Bardak besleme konveyörü eskisine göre bardak yoğunluğuna da bağlı olarak %30 lara varan oranlarda hızlanacaktır. Üstelik bu hızlanma sonsuz aralıklarda olabilmektedir. Ayrıca bu konveyör üzerinde ilerleyen bardaklar bardak biriktirme sisteminin ilk birimi olan bardak algılama biriminde konveyör üzerindeki konumu tam olarak belirlenecek ve boy analizine tabi tutulacaktır. Bunun mümkün olması için konveyör üzerinde saptanan bir noktanın hassas bir şekilde herhangi bir t anında nerede olduğunu bilmek gerekmektedir. Bu da ancak konveyörün servo kontrollü olması ile mümkündür. Bardakların üzerinde hiçbir şekilde devrilmemesi için hız değişimlerinin çok iyi şekilde kontrol edildiği ve taşıyıcı bant olarak çift taraftan teflon yataklarda gaytlanmış zincir taşıyıcılı plastik bantları olan konveyör kullanılması öngörülmüştür.

6.6.1.4 Buffer-zone Konveyörü

Yukarıda da anlatıldığı üzere sistem de herhangi bir problem olduğunda bardakların ziyan olmaması için geçici bir süre için depolandığı konveyördür. Bu konveyör plastik bantlı ve inverter kontrollü olarak düşünülmüştür. Dolduğunu anlamak için sonunda bir sensör ve geri besleme esnasında bardak sırasının robot alma noktasına geldiğini anlamak için de başında bir sensör vardır. Bu sensörler optik, reflektörlü sensörlerdir.

6.6.2 Bardak Biriktirme Sistemi

Bardak besleme sisteminin kesintisiz olarak gönderdiği birbirleri arasında bardak besleme

konveyörünün hızına bağlı olarak hep sabit zaman olan bardakların palete dizilebilmeleri için uygun bir şekilde düzenlenmesi gereklidir. Burada bardakların bardak besleme konveyörü üzerinden tek tek veya gruplar halinde alınarak palete dizilmesi çok zordur. Maksimum bardak yoğunluğunda 0,6 s' de bir bardak gelmektedir. Bardakları bardak besleme konveyörü üzerinde gruplamak arkadan gelen bardaklarda düşünülecek olduğunda mümkün olmadığı görülür. Tek tek almaya da hiçbir şekilde zaman yetmeyecektir. Bu durumda gruplamanın başka bir sistemde yapılması gereklidir. Böylece bardak besleme sistemide çalışma mantığı açısından daha serbest kalacaktır. İşte bu gruplamayı yapan sisteme bardak biriktirme sistemi denmektedir.

Bardak biriktirme sistemi de bardak besleme sisteminde olduğu gibi değişik mekanik sistemler şeklinde düşünülebilir.

- 1- Pnömatik elemanlardan oluşan atanmış bir makina,
- 2- Elektrik motorları ile tahrikli atanmış bir makina,
- 3- Hidrolik tahrikli atanmış bir makina,
- 4- Ana hareket eksenleri elektrik motorları ile tahrikli, yaklaşma, tutma ve alma gibi son hareketlerin pnömatik elemanlarla sağlandığı atanmış bir makina,
- 5- Elektrik motorları kullanılarak kam mekanizmaları ile çalışan atanmış bir makina,
- 6- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrolü bir makina sistemi,
- 7- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi
- 8- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrolü bir makina sistemi,
- 9- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi olabilir.

Bardak biriktirme sistemi 'Ayaklı Bardak Paletleme Sistemi' nin en önemli aşamasıdır. Bardaklar burada uygun zamanlarda doğru şekilde gruplanmalıdır. Bu gruplar son derece düzenli olmalıdır. Aralarında boşluk olmayan, hep aynı sayıda bardakların oluşturduğu sıralar oluşturulmalıdır.

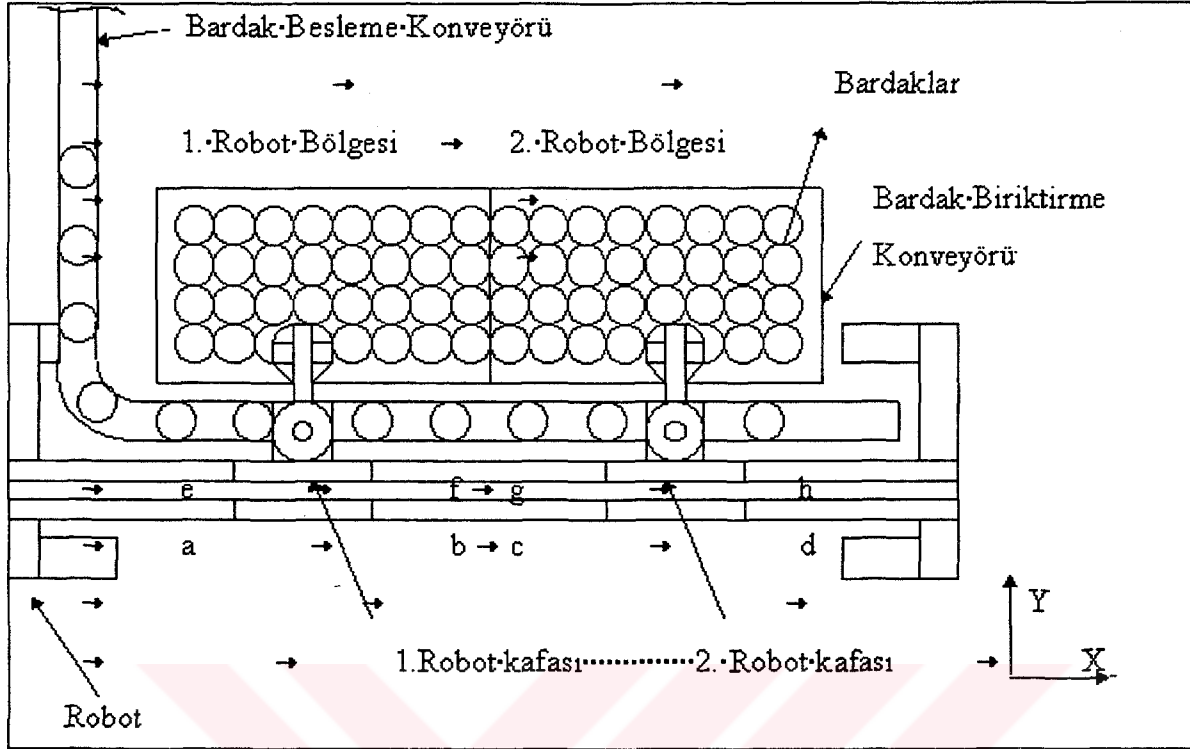
Pnömatik sistemlerin daha önce de anlatılan dezavantajlarından dolayı burada uygun olmayacağı düşünülmektedir. Bardak biriktirme sistemi hız, ivme ve konumla açısından son derece esnek olmalıdır. Bu da ancak robot kullanımı ile mümkündür. Bu noktada burada kullanılacak robot tipine ve gruplama sisteminin ana yapısına karar vermek gereklidir.

Bir bardağın bardak biriktirme sistemine gelme süresi: 0,6 s

Bu sürede bir bardağı alıp biriktirme bölgesine koymak ve ikinci bardağı alma noktasına gitmek çok kolay olmayacaktır. Bu nedenle iki ayrı birim ile alma işleminin yapılması başlangıçta daha uygun görülmektedir. Bu durumda bir alma sistemine düşen zaman 1,2 s'ye çıkacaktır.

Bu temel mantık üzerinden gidildiğinde aşağıdaki çözümler düşünülebilir:

6.6.2.1 Çözüm-1



Şekil 6.18 Bardak biriktirme çözüm-1

1. robot a noktasından ilk bardağı alır ve e noktasına koyar,
2. robot c noktasından ilk bardağı alır ve g noktasına koyar.

Böylece aynı X eksenini üzerinde çalışan robot kafalarının çalışma uzaylarının hep ayrık kalması sağlanmış olur. Bu yerleştirmede f noktasının hem sağında hem de solunda bardak varken bu noktaya bardak konulması gerekmektedir. Bu durumda bardağın diğer bardaklara dokunmadan veya onların pozisyonunu hiç bozmadan araya sokulması oldukça güç olacaktır. Bu sebepten yerleştirmede şöyle bir değişikliğe gidilebilir:

1. robot b noktasından ilk bardağı alır ve f noktasına koyar,
2. robot c noktasından ilk bardağı alır ve g noktasına koyar.

Böylece robotlar başlangıçta en yakın pozisyondan başlar ve sıranın sonuna gidildikçe birbirlerinden uzaklaşırlar. Burada robot kafaları bardakları sıra ile almaktadırlar. 1. Robot bir bardağı alırken diğerini pas geçmekte diğer robot ise kendisine gelen her bardağı almaktadır.

Şekilde de görüldüğü gibi böyle bir yapılanmada bir gantry robot kullanılabilir. Şekil 6.18 deki yapılanmada tek bir X eksenli olan gantry robota birbirinden bağımsız olarak çalışan iki adet kafa bağlıdır ve bu kafaların bardakları aldıktan sonra yukarı kaldırabilmeleri için birer Z eksenleri ve bardakları biriktirme konveyörü üzerine götürebilmeleri için birer tane Y eksenleri vardır. Toplam 6 eksenli bir sistemdir.

Bu sistemin en büyük dezavantajı aynı X eksenli üzerinde çalışan kafaların birbirleri ile uyumlu bir oryantasyon ile çalışmalarını sağlayarak hiçbir zaman çarpışmalarını sağlamanın güç olmasıdır. Ancak bunu sağlamak kesinlikle mümkündür.

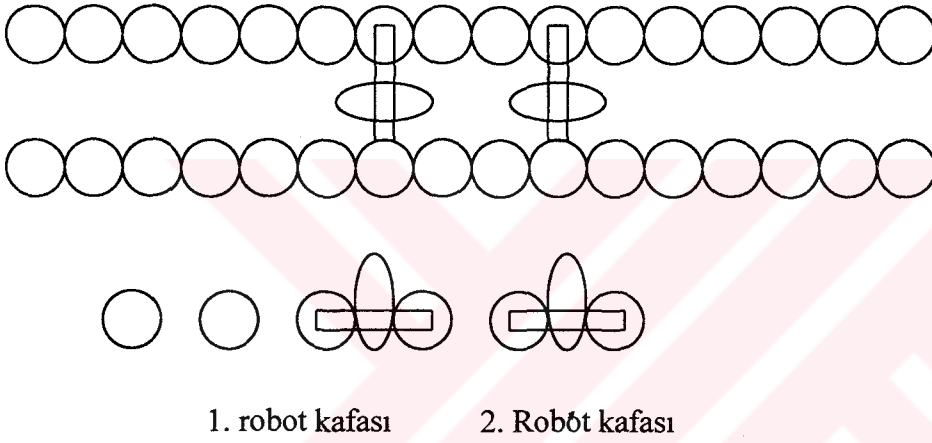
Her iki robot kafası birlikte tek bir sırayı oluşturmaktadır. Bir sıra bitirildikten sonra robotlar başlangıç pozisyonundan yeni sıraya başlarken bardak biriktirme konveyörü de bir bardak maksimum çapı kadar adım atarak yeni sıra için boşluk açar. Bu işlem sürekli tekrarlanır ve oluşturulan sıralar sistemin bir sonraki adımı olan bardak paletleme sistemi tarafından alınacak sayıya ulaştığında bu sistem tarafından alınırlar. Aynı akış sürekli tekrarlanır.

Bardak paletleme sisteminin alması için kaç sıra bardak dizilmesi gerektiğine ise ileride anlatılacak süre hesapları ile karar verilir.

Bardaklar X yönünde boşluksuz bir sıra oluşturmalıdır; Y yönünde ise araları açık olabilir.

6.6.2.2 Çözüm-2

Bardak besleme konveyöründen hemen hemen eşit aralıklarla gelen bardaklar ikişer ikişer yakalanıp sonra 90° çevrilerek biriktirme konveyörüne konulabilirler. Böylece iki sıra aynı anda oluşturulmuş olur. Bu durumda ilk bakışta tek robot kullanılabilirmiş gibi görülse de ilk bardağı yakaladıktan sonra ikinci bardağı yakalamak için ek bir süre harcanacağından tek robotun bardak alma ve koyma süresi hiçbir zaman 1,2 s olamayacaktır. Fakat 0,6 s' den fazla olacaktır. Sistemin güvenilir olabilmesi için gene iki robot kullanılması doğru olacaktır.



Şekil 6.19 Çözüm 2

Bu mantık yapısı ile bardak sıraları oluşturabilmek için üç adet sensöre ihtiyaç vardır.

Şekil 6.19 Bardak biriktirme çözüm-2

1. Sensör iki bardak arası mesafeyi ölçer
2. Sensör: Eğer bardaklar arası çok açık ise robot 1. Bardağı alır. 2. Bardak kabul edilmiş bir t_1 süresi içerisinde 1. Sensöre görülmemiş ise robot 2. Sensörün önüne gider ve 2. Sensör bardağı gördüğü anda alır. Böylece o bardağın hemen arkasındaki bardak gruplarını almak için 3. Sensör ile 2. Sensör arasındaki bardak besleme konveyörünün hızına bağlı olan t zamanı kazanılmış olur.
3. Sensör bardak araları normal sınırlar içerisinde ise bardak alma noktasına geldi sinyali üretir. Robot bu sinyali aldığı anda bardağı alır.

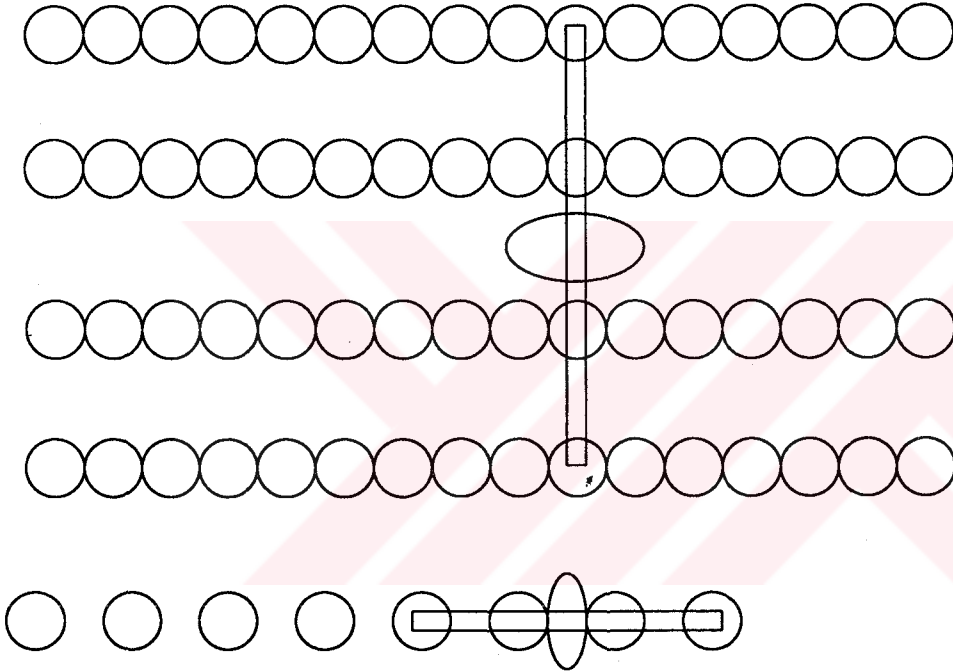
2. robota gelen bardak ile 1. robota gelen bardak arası çok açık olduğunda (sıranın en son bardağı için) 1. robota bir sonraki sıranın bardağı erken gelir ise 2. robot tarafından 1. sıranın en sonuna bardak konmadığından bardak biriktirme konveyörü adım atamaz.. Öte yandan 1. robot o sıra için işini tamamladığından kendisine ait sıradaki bardakları alacaktır ancak önündeki sıra doluluğundan bu bardakları koyamayacaktır. Bu durumun oluşmaması için;

1) 1. robot normal çalışır, bu robot bardak sırasında kendisine düşen kısmı tamamladıktan sonra bardak biriktirme konveyörü adımını atar. 2. robot gecikmeli gelen bardakları bir adım ilerideki sıraya bırakarak o sıra ile ilgili işini tamamlamış olur. Fakat bu durumda robot hızı yetişmez ise (1,2 s den az bir sürede bu koyma işlemini tamamlayamaz ise) 2. Robot giderek artan sayıda sıraların sonuna eksik bardak bırakacaktır.

1) Her iki robotun alma noktası orta noktaya ve birbirine yakın seçilir. Böylece boşluk olsa dahi 1. robota daha erken bardak gelmez.

6.6.2.3 Çözüm-3

Bardak alma işlemini 3 eksenli bir gantry veya 3 veya 4 eksenli bir scara robot tek başına yapabilir. Bu durumda bardaklar dörderli gruplar halinde 2. Çözümdeki ile aynı mantık ile alınmalıdır. Robot her defasında aldığı dört bardağı Şekil 6.20 deki gibi bardak biriktirme konveyörüne dizer ve 4 sıra aynı anda oluşturulmuş olur. Bu durumda bardak biriktirme konveyörü her dörtlü sıradan sonra dört bardak sırası kadar adım atmalıdır. Bu işlemi yapabilmesi için $0,6 \times 4 = 2,4$ s süresi vardır.



Şekil 6.20 Bardak biriktirme çözüm-3

Bir dörtlü grup oluşturma süresi:

Bardakların yerleştirileceği paletin en büyük ölçüleri: 1200x1000 mm

(Bardak sıraları 1200' lük kenar doğrultusunda konacak)

Optimum bardaklar arası zaman: 0,6 s

0,8 s de gelen en küçük bardak maksimum çapı: 50 mm

Bir sıraya sığan bardak sayısı: $1000/50=20$ bardak

Dört sıradaki toplam bardak sayısı: $20 \times 4 = 80$ bardak

Bir dörtlü grup oluşturma süresi: $80 \times 0,6 = 48$ s

Eğer bu bardak sıraları bir tek seferde alınıp palet üzerine konulacak ise zamana en çok ihtiyaç duyulacak palet verme ve karton besleme anında 48 saniye süre olacaktır. Eğer tek tek veya ikişerli gruplar halinde palete dizilecekler ise daha az zaman kalacaktır. Yaklaşık bir zaman hesabı yapacak olursak:

Bir sıra bardak palete dizme süresi : 6 s

Palet verme süresi : 12 s

Karton koyma süresi : 6 s

En çok zamana ihtiyaç duyulan an bir paletin son katını bitirdikten sonra:

- 1- En üste karton konacak
- 2- Kartonun üstüne safya konacak
- 3- Yeni palet verilecek
- 4- Yeni paletin üzerine karton konulacak
- 5- İlk bardak sırası dizilecek.

Bu işlemler yapılırken bardak biriktirme konveyörünün kesinlikle dolmamış olması gereklidir. Bütün bu işlemler için gerekecek toplam süre:

$$6+6+12+6+6=36 \text{ s' dir}$$

Bu 36 saniye boyunca bardak biriktirme sistemi sürekli çalıştığından yeni süreler oluşturacaktır.

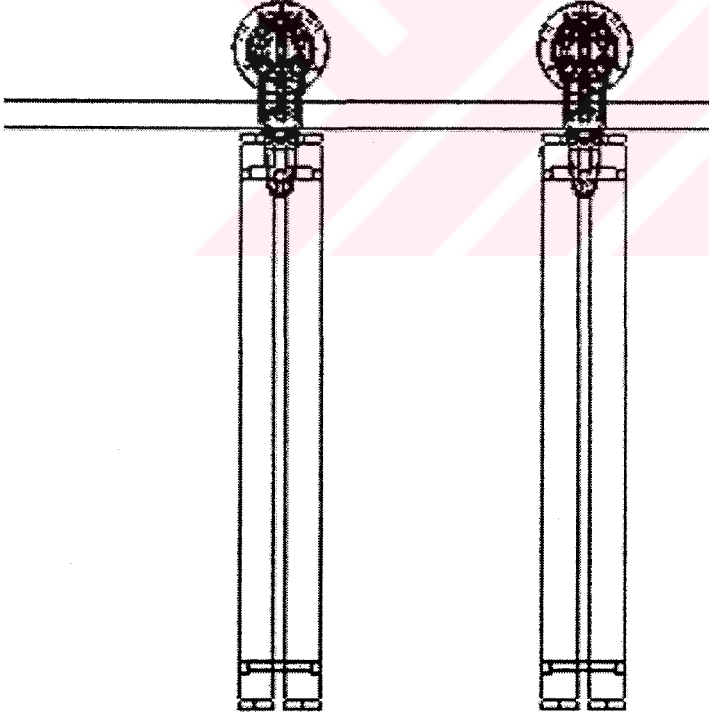
Bir tek sıra oluşma süresi: $0,6 \times (1000/50) = 12$ saniyedir.

36 saniyede 3 sıra daha oluşturulacak demektir. Bardak paletleme sistemi daha önceden hazırlanmış 4 sıra bardağın yanı sıra bu 3 sıra bardağı da bir sonraki kartonu koymadan sahip olduğu süreyi aşmayacak şekilde paletleyebilmek zorundadır. Bardak biriktirme

konveyörü sadece dört bardak sırası uzunluğunda olur ise bir sıra oluşturma süresi 12 saniye bu sırayı paletleme süresi 6 saniye olduğundan birikme olmadığı düşünülür ise palet değişme ve yeni kartonları koymak için $6+12 \times 3=42$ saniyelik süre tanır. İhtiyaç duyulan süre ise 36 saniye idi. Eğer bardak biriktirme konveyörü ek bardak sıraları alacak şekilde uzun tutulur ise alabileceği her bardak sırası için 12 saniye ek zaman kazanılmış olur.

6.6.2.4 Çözüm-4

Yukarıda anlatılan çözümlerin hepsinde bardak biriktirme işlemi tek bir konveyör üzerinde yapılmaktadır. Bu sistem maliyeti açısından oldukça cazip olmasına rağmen temel zaman hesaplarından da görüleceği üzere sistemin esnekliğini azaltmaktadır. Ayrıca iki robot kullanımı durumunda tek konveyör üzerinde iki robot sürekli birbirine bağlı kalmaktadır. Bu nedenle yukarıda anlatılan çözüm önerileri temel kabul edilerek aşağıda açıklanan yeni bir bardak biriktirme sistemi mantığı oluşturulmuştur.



Şekil 6.21 Bardak biriktirme sistemi üstten görünüş

Bu sistem mantığında dört adet birbirinden bağımsız biriktirme konveyörü vardır. Bu

konveyörlere iki adet scara tipi dört eksenli robot bardak yüklemektedir. 1. Robot bir bardak alıp ikinci bardağı atlamakta 2. Robot ise kendisine gelen her bardağı almaktadır. Her robotun önünde ona ait iki adet biriktirme konveyörü vardır. Robotlar her defasında yalnızca bir konveyörlerini doldurmaktadırlar. Eğer doldurdıkları konveyörün bardak paletleme sistemi tarafından boşaltılması gecikir ise ikinci konveyöre doldurmaya başlarlar. Robot bardak besleme konveyöründen tek tek aldığı bardakları bu biriktirme konveyörleri üzerine bırakır ve biriktirme konveyörü kontrollü hız ve ivmeler ile bir bardak maksimum çapı kadar adım atar. 1200 mm' lik uzunlukta bardak sırası oluşturulduktan sonra (bu uzunlukta sırayı her bardak modeli farklı sayılarda sağlayabilir) bardak paletleme sistemi tarafından bu sıralar alınır. Her robotun önünden geçen bardağı yakalaması ve biriktirme konveyörüne bırakıp yeni bardağı almaya gitmesi için 1,2 saniye süresi vardır. Bu sistemde robotlardan veya biriktirme konveyörlerinden birisi arızalandığında ikiye bölünmüş sistemin problemsiz tarafı çalışmasına devam edebilir. Eğer zaman olarak yetişemez ise bardak besleme sistemi fazla gelen bardakları bardak besleme konveyörüne değil Buffer-Zone' ye besleyebilir. Problem giderildiğinde bu bardaklar tekrar bardak besleme konveyörüne beslenerek imalata hiçbir şekilde aksama olmadan devam edilmiş olur.

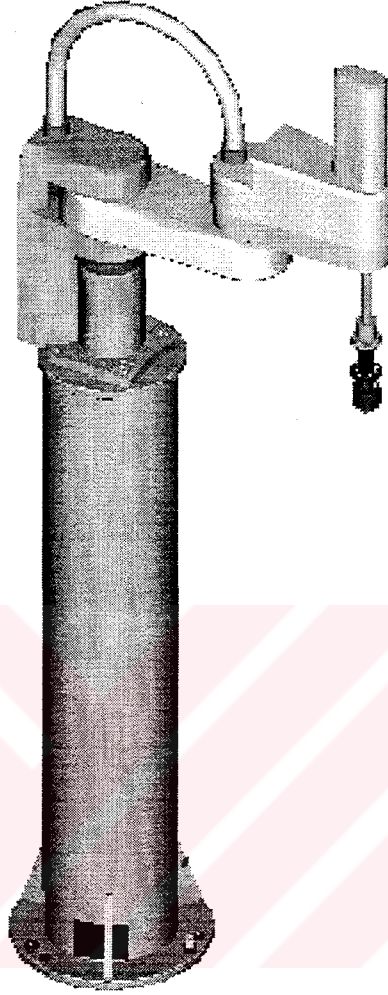
Bu sistemde kullanılan konveyörler servo motorlar ile tahrik edilmektedirler. Bunun iki nedeni vardır:

- 1- Üzerine bırakılan bardağı devirmeden atması gereken adımı atabilmesi,
- 2- Bardak sırası tamamlandıktan sonra bu sırayı bardak paletleme sisteminin önüne götüreceğinden bu işlemi her çaptaki bardak modeli için herhangi bir mekanik ayara ihtiyaç duymaksızın yapabilmesidir.

Sistemde kullanılan robotlar dört eksenli 600 mm kol açıklığı olan scara tipi robottur. Bu robotlar şu amaçlardan tercih edilmişlerdir:

- 1- Sistemin genel konstrüktif yapısı incelendiğinde buraya birbirinden bağımsız çalışacak iki gantry robot koymak pek mümkün değildir.
- 2- Aynı işlemi yapacak mafsallı robotlar çok daha maliyetli olacaktır ve eksen sayısının

fazlalığından scara robotlara göre daha yavaş kalacaktır.



Şekil 6.22 Bardak Biriktirme Robotu

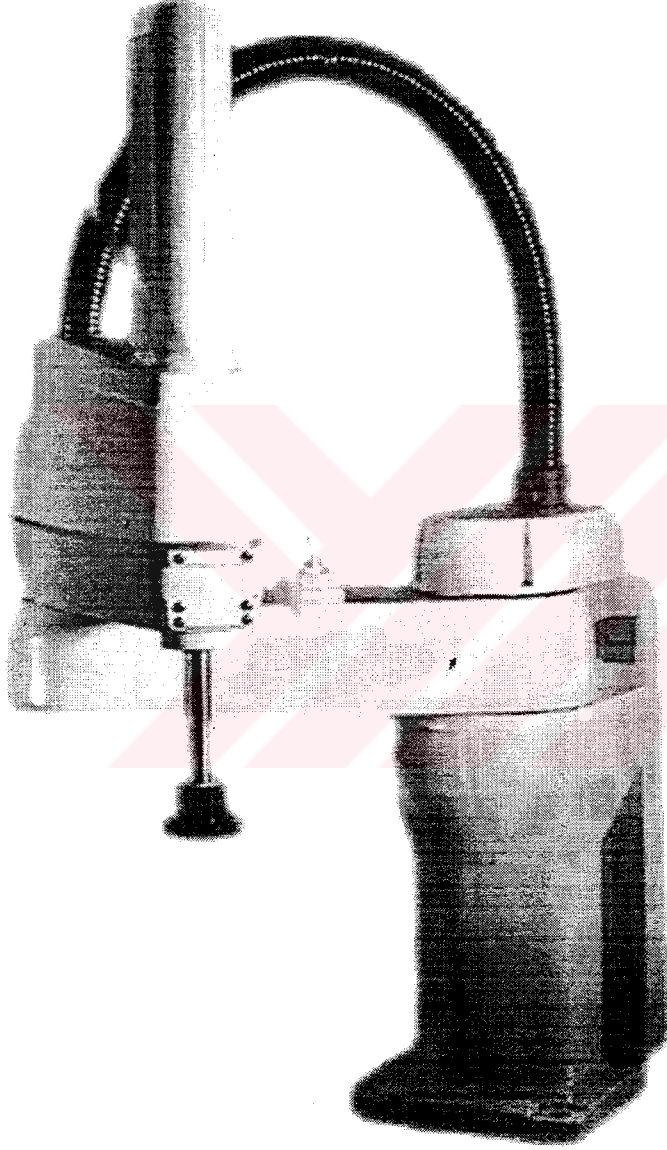
Sistemde kullanılan scara robotların özellikleri aşağıdadır.

Özellikler:

- 5.5 kg yük kapasitesi/600 mm erişme uzaklığı
- 0.025 mm tekrarlanabilirlik
- Az yer kaplayan masaüstü tasarımı
- Güçlü kontrol ünitesi ve V+ programlama dili

Avantajlar:

- Hafif yüklü montaj ve taşıma uygulamaları için ideal
- Yüksek iş verimi, tutarlı ve yüksek kaliteli üretim
- Verimli çalışma alanı kullanımı
- Minimum ek geliştirme gerektiren mükemmel otomasyon performansı



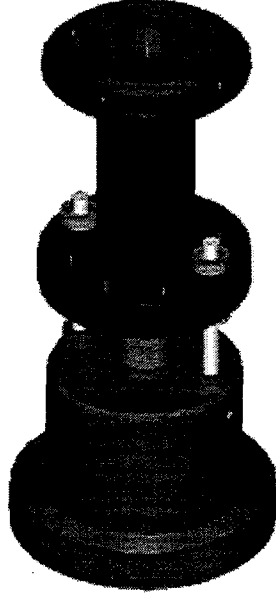
- Şekil 6.23 Scara robot

Eksen sayısı	4	
Maksimum yük	5.5 kg	
4. eksen momenti	450 kg-cm ²	
Tekrarlanabilirlik	±0.025 mm	
Kontrol Ünitesi	Adept MV	
Programlama dili	V+	
COBRA 600	Çalışma Alanı	Maksimum Hız
1. Eksen	105°	360°/s
2. Eksen	150°	672°/s
3. Eksen	210 mm	1100mm/s
4. Eksen	360°	1200°/s

6.6.2.5 Robot Eli

Scara robotların bardakları 1,2 saniyede tutacak çok yüksek robot hızlarında dahi bırakmayacak ve bardak biriktirme konveyörüne devirmeden yerleştirilmesini sağlayacak ellere ihtiyaçları vardır. Bu amaçla düşünülen el vakumlu, 20 mm güvenlik sıkışmasına sahip üç ayrı lineer yatak ile yataklanmış özel bir eldir.

Her robot eli bardakları yaklaşık 100 N ile tutmaktadır. Bardak ağırlığı 200 gramı geçmese de yüksek robot ivmelerinden dolayı çok yüksek yatay kuvvetler etkimektedir.



Şekil 6.24 Bardak Biriktirme Robotu Eli

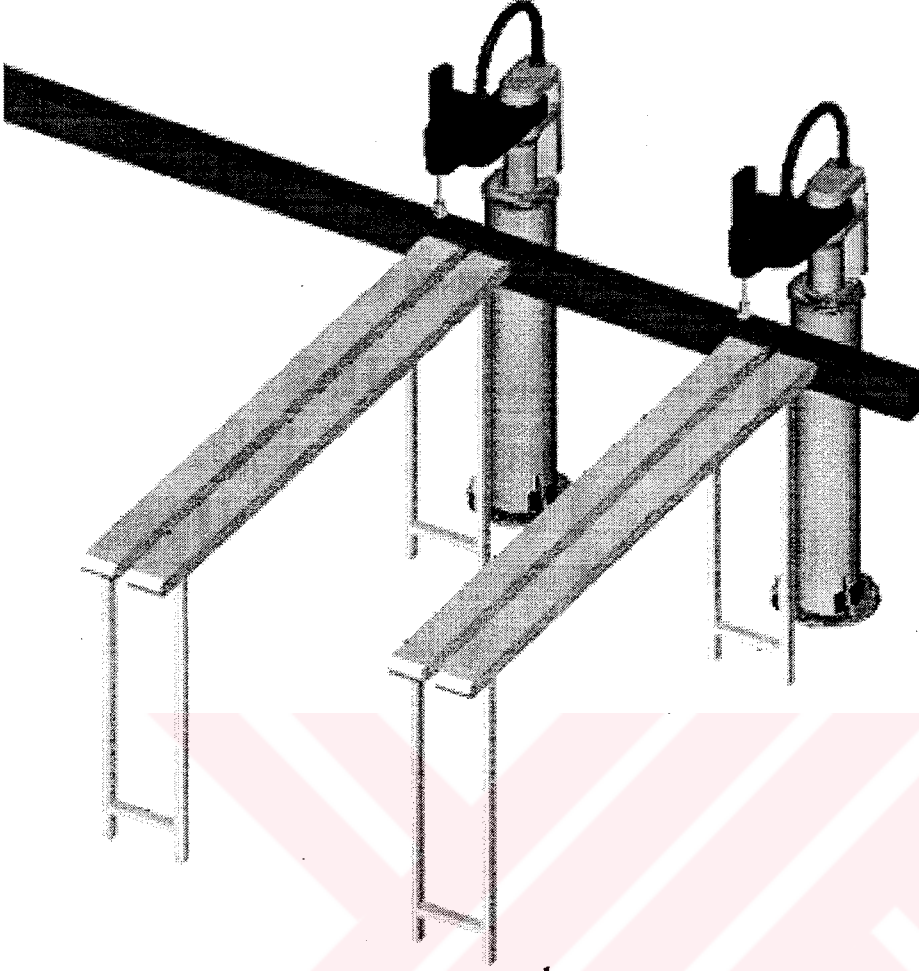
6.6.2.6 Bardak İndeksleme Sistemi:

Bardak biriktirme sistemine gelen bardakların robotlar tarafından alınabilmesi için üç ana kontrolden geçmesi gerekir. Bu kontroller;

- 1- Konum belirleme kontrolü
- 2- Alçak bardak kontrolü
- 3- Yüksek bardak kontrolü

Bu kontroller bardak besleme sistemi üzerine yerleştirilmiş, üç adet reflektörlü sensör ile yapılmaktadır. Bu sensörler cam için özel olarak tasarlanmış sensörlerdir. Bardaklar ilk olarak konum belirleme sensörü önüne gelmektedir. Bu sensör önünden geçen bardağın bardak besleme konveyörü üzerindeki yerini belirlemiş olur. Bardak besleme konveyörü servo motor tahrikli olduğundan bu bardağın herhangi bir t anında konveyör üzerinde ne kadar yol aldığı konveyör motoru üzerindeki enkoderden alınan bilgi doğrultusunda belirlenebilir. Konumu belirlenen bardak ikinci aşamada alçak bardak sensörü önüne gelir. Hangi bardağın bu sensör önüne geldiği konum kontrol sensöründen alınan bilginin ana kontrol sisteminde işlenmesi ile belirlenir. Bu işlem kısaca şu şekilde olmaktadır. Konum

sensörünün bardağı gördüğü anda enkoderdan okunan konveyör konum değeri saptanır. Konveyörün hızı gene enkoderdan alınan bilgi doğrultusunda bellidir. Konveyör bardağı alçak bardak sensörü önüne getirinceye kadar hızlanabilir, yavaşlayabilir, hatta bir mantığı olmasa da yanlış bir işlem sonucu ters yönde de hareket edebilir. Her ne olursa olsun bir kere konum sensörü tarafından belirlenen konum hep belirlidir. Bu konumdaki bardağın alçak bardak sensörü önüne geldiği enkoderdan alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmiş olur. Konum sensörü ile alçak bardak sensörü arasında aynı anda birçok bardak olabilir. Her bardağın konveyöre göre konumu ayrı ayrı belirlendiğinden ve ana kontrol bilgisayarında hafızada tutulduğundan hangi bardağın alçak bardak kontrolünden geçtiği her an bilinmektedir. Alçak bardak sensörü bardak modeline bağlı olarak belli bir yüksekliğe ayarlanmıştır. Bu sensörün önünden geçen bardağın sensör tarafından algılanıp algılanılmadığına bakılır. Eğer bardak algılanıyor ise normal boyutlar içerisinde. Bardak algılanamıyor ise normalden kısa demektir. Bu bardak robotlar tarafından alınmaz ve bardak besleme konveyörünün sonundaki defolu bardak kutusuna düşer. Yüksek bardak kontrolünde ise alçak bardak kontrolünden geçen bardaklar kontrol edilir. Konveyör üzerindeki konumu belirli olan bardaklar, bu sensörün önüne geldiğinde, bardak modeline bağlı olarak belli bir yüksekliğe ayarlanmış olan sensörün, bu bardağı algılayıp algılayamadığı sorgulanır. Sensör bardağı algılayamıyor ise normal boyutlarda demektir. Eğer sensör bardağı algılar ise normalinden yüksek demektir. Yüksek bardak kontrolünden geçemeyen bardaklar da bardak besleme konveyörünün sonundan defolu bardak kutusuna düşerler. Her iki kontrolden geçen bardaklar ise robotlar tarafından alınarak bardak biriktirme konveyöründe sıralanırlar.



Şekil 6.25 Bardak Biriktirme Sistemi

6.6.3 Bardak Paletleme Sistemi

Bardak biriktirme sisteminin oluşturduğu sıraları teker teker alıp palet verme sistemi tarafından beslenen paletler üzerine dizme işlemini yapan sistemdir. Bardak paletleme sistemi ayrıca bardak katları arasına karton koyma işlemini yapmak durumundadır. Bu işlemi yapacak sistem diğer sistemlerde olduğu gibi:

- 1- Pnömatik elemanlardan oluşan atanmış bir makina,
- 2- Elektrik motorları ile tahrikli atanmış bir makina,
- 3- Hidrolik tahrikli atanmış bir makina
- 4- Ana hareket eksenleri elektrik motorları ile tahrikli, yaklaşma, tutma ve alma gibi son

hareketlerin pnömatik elemanlarla sağlandığı atanmış bir makina,

- 5- Elektrik motorları kullanılarak kam mekanizmaları ile çalışan atanmış bir makina,
- 6- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrollü bir makina sistemi,
- 7- Ana hareketlerin servo motorlarla tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi
- 8- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin de yine servo kontrollü motorların tahrik ettiği ünitelerce gerçekleştirildiği kontrolü bir makina sistemi,
- 9- Ana hareketlerin oransal valfler kullanılarak pnömatik tahrikli bir robot tarafından yapıldığı son işlemlerin pnömatik elemanlarca yapıldığı kontrollü bir makina sistemi olabilir.

Sistemin görev analizini yapacak olursak:

- 1- Dört ayrı biriktirme konveyöründen dolan sırayı almak,
- 2- Her bardak sırası arasına karton koymak,
- 3- Her palet tamamen doldurulduktan sonra en üste sert mukavvadan yapılmış mukavva safyayı koymak.

Bu görevlerin her biri için sistemin ayrı ayrı noktalara gitmesi gerekmektedir. Ayrıca her bardak sırasını almak için sabit olan dört nokta vardır. Kartonları almak için gitmesi gereken X ekseninde sabit, Z ekseninde ise karton deposunun doluluk oranına bağlı olarak sonsuz nokta vardır. Bu kartonları koymak için bardak modellerinin yüksekliklerine bağlı olarak sonsuz nokta vardır. (Sonsuz noktadan kastedilen Z stroku boyunca sistemin varması gerekebilecek farklı nokta sayısıdır. Bir bardak modeli paleti 13 sıra ile dolduruyor ise 13 farklı nokta vardır. Ancak başka bir bardak modeli 17 sıra ile dolduruyor ise birçoğu kesişmeyen 17 farklı sıra vardır. 37 çeşit bardak olduğu düşünülür ise nokta sayısının sonsuza ulaştığı görülür.) Aynı şekilde bardak sıralarını koymak içinde Z eksenini doğrultusunda sonsuz nokta sözkonusu iken X eksenini yönünde de sonsuz binlerce nokta

gereklidir. Her bardak maksimum çapına bağlı olarak X yönündeki bırakma yeri değiştiğinden bu yönde nokta sayısı bu kadar artmaktadır. Sert safyanın alınma noktası X te sabit Z te sonsuz iken bırakma noktasında yaklaşık 100 mm'lik bir yükseklik içerisinde değişmektedir. Atanmış bir makina sistemi ile bu kadar çok noktaya ulaşımı sağlamak ve bu noktalarda tanımlanmış işlemleri icra etmek olası değildir. Sadece bu sebep burada robot kullanımını zorunlu kılmaya yetmektedir.

Kullanılacak robot tipine karar vermede en önde göz önünde bulundurulması gereken kriter ulaşım çalışma alanının çok geniş olması. Bardak biriktirme konveyörleri, karton deposu, safya deposu, palet yan yana geldiğinde tek eksenle yaklaşık 6 metrelik bir çalışma uzayı gerektirmektedir. Palet doldurma yüksekliği de yaklaşık 1500 mm ise 1500x6000 mm lik bir alanda çalışılacaktır. Bir scara robotun veya bir mafsalı robotun bu uzayda çalışmasına imkan yoktur. Bu tip robotlar ancak üzerine yerleştirilecekleri slider denen kayar üniteler sayesinde çalışma uzayları artırılarak kullanılabilirler. Ancak bu durumda maliyeti zaten yüksek olan bu robotlara ek olarak birde slider maliyeti eklenecektir. Oysa onlarca metre stroklarda çalışabilen ve maliyetleri diğer robot tiplerine göre düşük olan gantry tipi robot kullanıldığında sadece iki eksenle tüm bu uzayı kullanmak mümkün olacaktır. Sonuç olarak 2 eksenli gantry bir robota karar verildi.

3) Tahrik Sistemi: Daha önce değinilen koşullar çerçevesinde fırçasız (bakım gerektirmeyen) DC servo motorlar ile tahrik edilen mekanizmalar kullanılmasına karar verildi.

4) Robot Hassasiyeti: Yapılan iş tut ve koy işlemi ve tutma ve koyma noktaları çok hassas olmadığından standartlarda öngörülen robot hassasiyetleri temel kabul edilmiştir.

5) **Taşıma Kapasitesi:** Tecrübelerle dayanarak böyle bir sistemde tutucu elin tarif edilmiş boyutlar için 35 kg ağırlıkta olabileceği ve maksimum mamül ağırlığının 3.5 kg olduğu düşünülüp 50 kg taşıma kapasiteli robot kullanımına karar verildi.

6) **Çalışma Hız ve İvmeleri:** Sistemin çalışma periyodu hesapları verilmiştir. Burada verilmiş olan bir sıra bardağın gelme süresi olarak tanımlanan sürede robotun belli bir

sınırları içerisinde yapabilmeli.

- 5- Bardakları çizmemeli ve kırmamalı.
- 6- Son derece güvenli ve dayanıklı bir mekanik yapıya sahip olmalı.

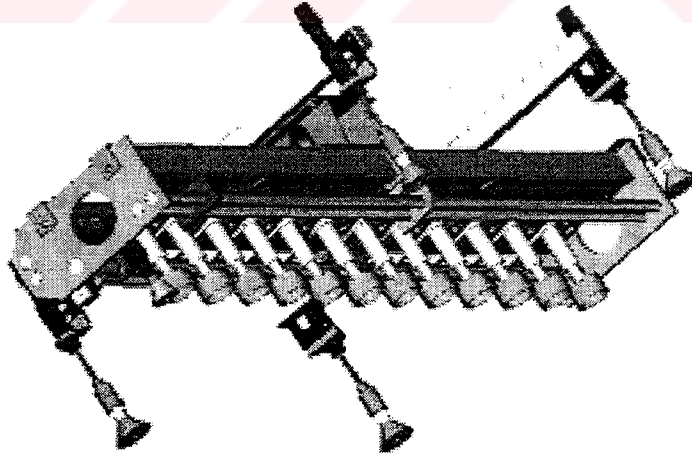
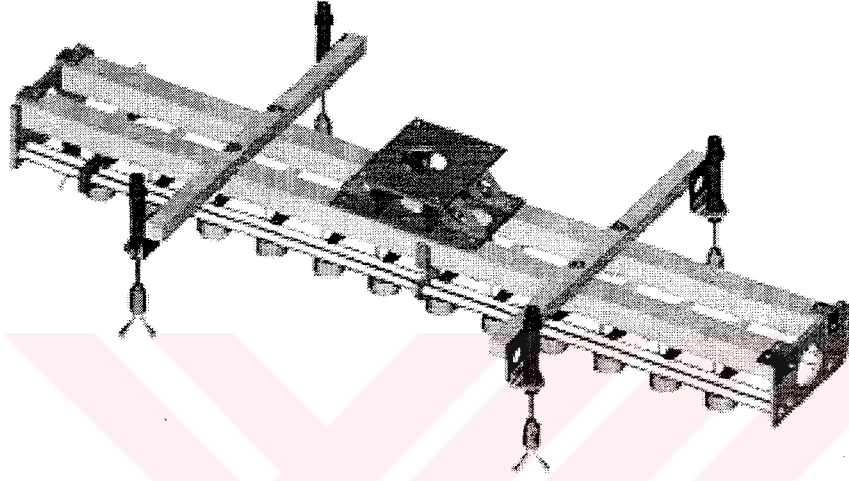
El iki ayrı birimden oluşmaktadır:

- 1- Bardak alma birimi,
- 2- Karton ve safya alma birimi.

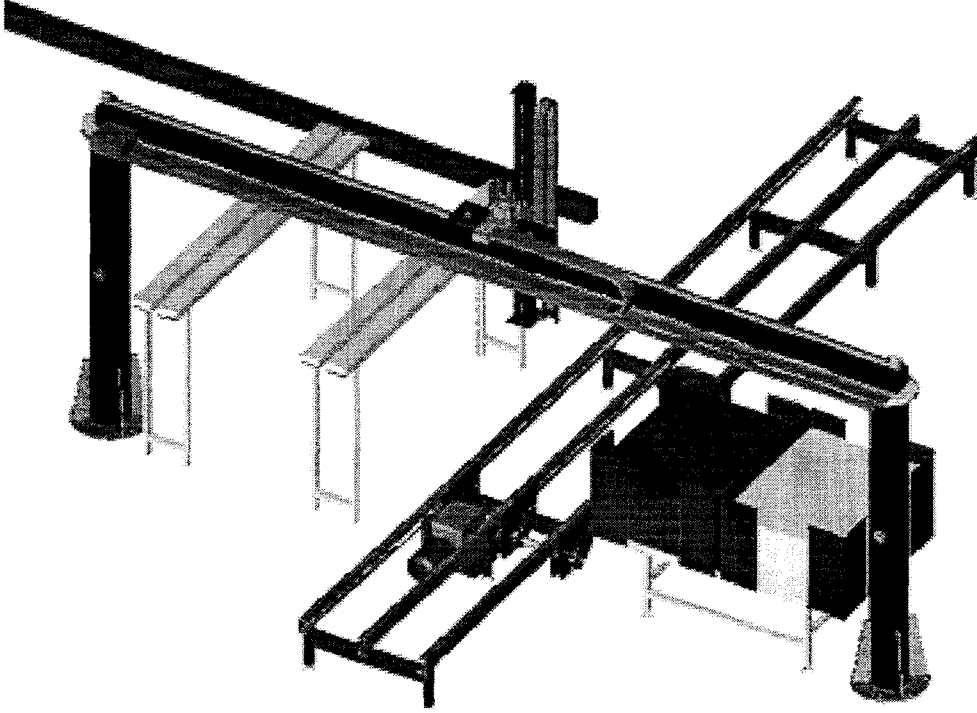
Bardakların el üzerinde birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilen vakum kafaları ile tutulması düşünülmüştür. En küçük çaptaki bardaktan bir sırada $1200/50=24$ adet, en büyük çaptaki bardaktan bir sırada 10 adet vardır. Bu bardakları bardak modeline göre 10 ile 24 arasında değişen vakum kafaları ile tutmak gerekmektedir. Üstelik her vakum kafası arasındaki mesafe bardak modeline göre değişmektedir ve ayarlı olmalıdır. Örneğin bardak maksimum çapı 80 mm ise bir sıraya $1200/80=15$ bardak sığmaktadır. Bu durumda el üzerinde 15 aktif vakum kafası olması diğerlerinin ise bardaklara çarpıp devirmemeleri için pasif durumda olması gerekmektedir. Vakum kafaları merkezleri arası ise maksimum bardak çapı kadar yani 80 mm olmalıdır! Aşağıda bu kriterler göz önünde bulundurularak dizayn edilmiş robot elinin bir resmi vardır.

Kartonlar ve safyalar dört ayrı noktadan, sadece karton ve safya alma esnasında pistonlar tarafından aktif hale getirilen vakum kafaları tutmaktadır. Bu vakum kafaları 40 mm stroklu birer silindirin ucuna bağlanmıştır. Karton alma esnasında bu pistonlar 40 mm aşağı iner ve kartona sadece bunların ucundaki vakum kafaları temas eder. Kartonlar ve safyalar kendilerine ait depolarda durmaktadırlar. Bu depolarda her an farklı miktarda karton ve safya bulunabilir. Robotun en üstteki karton veya safyanın hangi seviyede olduğunu bilmesi gerekir. Bu bilgi iki sensör tarafından sağlanır. Bu sensörlerden birincisi kartona yaklaşım sensörüdür. Robot eli X ekseninde karton alma noktasına geldikten sonra yaklaşım sensörü görünceye kadar (kartonun üst seviyesine yaklaşık 100 mm kala) Z ekseninde hızlı bir şekilde hareket eder. Yaklaşım sensörü gördüğü anda robot yavaşlar. Bu noktadan sonra ikinci sensör devreye girer. Bu sensör vakum kafalarının kartonun tutup

tutmadığını anlayan vakum sensörüdür. Vakum kafaları kartonu tuttuğu anda bir sinyal üretir ve robot kartonu aldığı anlar. Ayrıca sensörlerdeki herhangi bir arıza durumunda robot elinin kartonlara çarpmasını önlemek için birde mekanik siviç vardır. Bu sensörler görmeden robot eli kartona güvenlik sınırları dışında yaklaşacak olur ise bu siviç aktif hale geçer ve robotu durdurur.



Şekil 6.27 Paletleme robot eli



Şekil 6.28 Bardak Paletleme Sistemi

6.6.4 Palet Verme Sistemi

Palet verme sistemi her palet dolduğunda paletleme robotunun önüne yeni bir palet besler. Bu işlem bardak modeline bağlı olmakla birlikte 16 dakika ile 80 dakika arasında değişmektedir. Bu süreler bir paletin dolma süresidir. Palet verme sisteminin beslemesi gereken palet ölçüleri 1200x1000 mm' dir. Paletin uzun kenarı bardak paletleme robotuna dik olacak şekilde beslenmesi zaman kazancı açısından daha doğrudur. Bunun sebebi bardak biriktirme sisteminin oluşturacağı sıralar ne kadar uzun olur ise bardak paletleme sistemine ve palet verme sistemine o kadar çok zaman kalacaktır. Örneğin 1000 mm lik sıralar oluşturulduğunda 100 mm çaplı bardaklar için her sıra 10 bardakx 0.6 saniye=6 saniyede oluşturulur iken 1200 mm lik sıralar oluşturulduğunda bu süre 7.2 saniyeye çıkacaktır. Böylece bardak paletleme sistemi her altı saniyede değil 7.2 saniyede bir bardak paletleyecektir.

Palet verme işlemi bir haznede birbiri üzerine dizilmiş bir grup paletten en alttakini palet besleme konveyörü üzerinde serbes bırakmaktan ibarettir. Bunun için en alttaki palet

serbest kalacak şekilde diğer paletler bir miktar yukarı kaldırılır. En alttaki palet palet verme sisteminden tamamen çıktığında bütün diğer paletler hep birlikte palet beslem konveyörü üzerine indirilir. Bu işlem elektrik motorları ile çalışan veya pnömatik pistonlar ile çalışan mekanizmalar ile yapılabilir. Aşağıda anlatılan sistem tamamen pnömatik pistonlar kullanılarak tasarlanmıştır.

Bu sistemde birbiri ile eşlenik olarak çalışma zorunda olan karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki mekanizma vardır. Bu mekanizmalar aşağı yukarı hareket eder ve üzerinde taşıdığı çatallar dönme hareketi yaparak açılır ve kapanır. Palet besleme anında mekanizmayı tahrik eden ana piston, bu piston üzerine yerleştirilmiş “çatal uygun boşlukta” sinyalini üreten sensör hizasına kadar çıktığında çatalları açan döner pistonlar tetiklenir ve çatallar açılır. Eğer çatallar bir problemten dolayı açılmamış ise gene ana tahrik pistonu üzerindeki “çatal açıldı mı?” sensörü önüne geldiğinde çatalların açık ve kapalı konumunu algılayan mekanik siviçler sorgulanır. Eğer ilgili siviçler tetiklenmiş ise çatallar doğru biçimde açılmış demektir. Bu durumda üstteki paletler yukarı kaldırılacaktır ve en alttaki palet ilerleyecektir. Eğer “çatal açıldı mı?” siviçleri tetiklenmemiş ise bir problem var demektir. Bütün pistonlar güvenlik pozisyonu olan başlangıç pozisyonuna çekilir ve arıza var sinyali verilip işlem durdurulur. Karşılıklı çalışan mekanizmalardan istenen öncelikle eşlenik çalışmalarıdır. Yani ana pistonlar çatalları aynı zamanda hep aynı zamanda konumlandırmalı ve çatallar da aynı zaman dilimi içerisinde açılabilmesi ve kapanabilmesidir. Bunun kontrolü ana tahrik pistonları üzerindeki sensörler aracılığı ile yapılır. Her iki mekanizmadan ayrı ayrı alınan sensör sinyalleri arasındaki zaman farkı ölçülür. Bu zaman farkı başlangıçta belli bir değere ayarlanmıştır. Bu değer sıfıra yakın bir değerdir. İki mekanizma arasında belli bir zaman farklılığı sınır kabul edilir ve ölçülen değerler bu sınır değere göre kontrol edilir. Eğer ölçülen değer sınır değeri aşmış ise “mekanizmaları eşlenik çalışma ayarını yap” mesajı üretilir. Bu mesaj dan sonra sistem genede bir süre çalışmasına devam eder. Çünkü başlangıçta belirlenen fark zamanı güvenlik sınırları içerisindedir. Fakat zaman ayarı zamanında yapılmazsa ve bu fark gittikçe artarsa güvenlik sınırlarının dışına çıkabilir. Denemeler ile belirlenen güvenlik sınırına yaklaşıldığında aynı mesaj tekrarlanır ve sistemin çalışmasına son verilir. Bu işlem tamamen sistem güvenliği açısından düşünülmüştür. Normal çalışma koşullarında iki

mekanizma arasında herhangi bir gecikme olmaması gerekir. Ancak tüm mekanik ve pnömatik sistemlerde olduğu gibi bu sistemde de uzun zaman içerisinde gerek birlikte çalışacak elemanların farklı alışmasından gerekse pnömatik hatta oluşabilecek hava kaçaklarından gecikmeler oluşabilir. Bu gecikmeler güvenlik sınırını aştığında önlem alınmaz ise mekanizmanın sıkışmasına sebep olabilir. Bu da mekanik hasarlar doğurabilir. Mümkün olduğunca imalatın aksamasına sebep olmayacak bir sistem için bu güvenlik önleminin alınması gereklidir.

Palet verme sistemi ile ilgili teknik bilgiler:

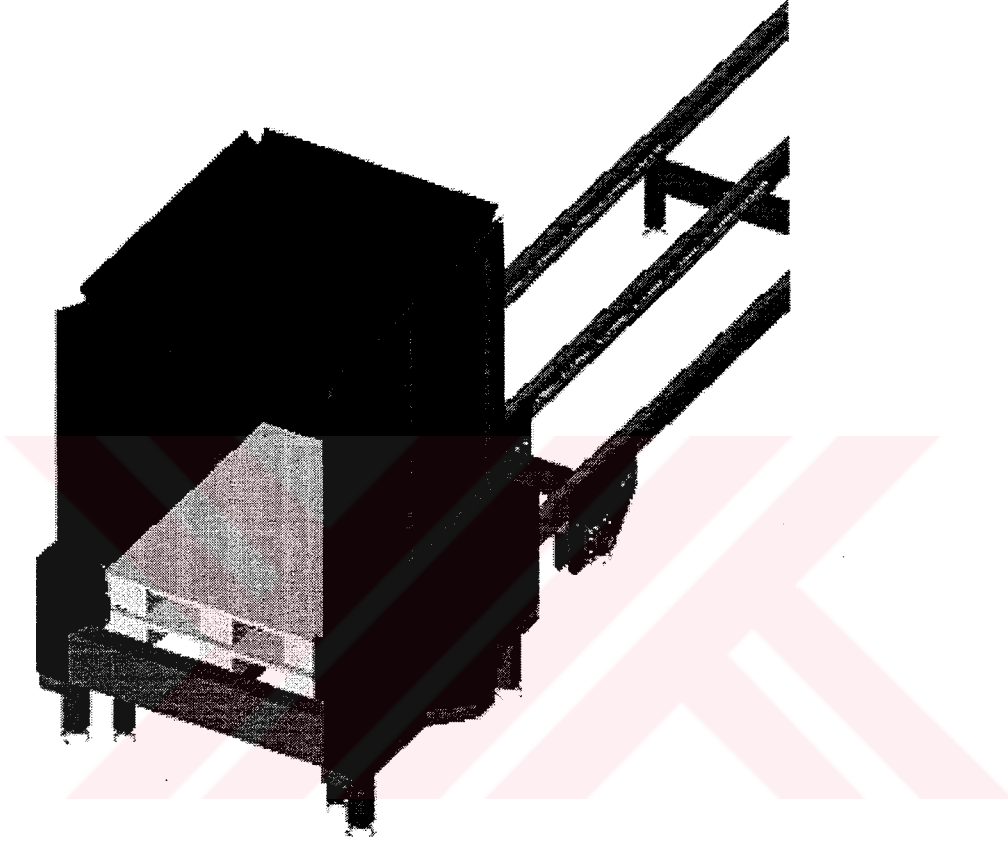
Besleyebileceği palet ölçüleri	: 1200x1000 mm
Palet besleme süresi	: 10 palet/dakika
Palet kapasitesi	: 10 palet
Maksimum taşıma kapasitesi	: 2500 N
Palet verme sistemi tahriği	: Pnömatik piston tahrikli
Palet konveyörü genişliği	: 1000 mm
Palet konveyörü uzunluğu	: 7000mm
Palet konveyörü tahriği	: İnverter kontrollü elektrik motoru

Palet verme sisteminin verdiği paletleri sisteme besleyen palet besleme konveyörü inverter kontrollüdür. Bunun sebebi dolu paletlerin üzerindeki bardakları devirmeden konveyörün en sonuna kadar götürebilmesini sağlamaktır. İnverter ile konveyörün hızı ve ivmesi istenildiği gibi kontrol edilir.

Bu konveyör üzerinde üç istasyon vardır:

1. istasyonda palet verme sistemi yerleştirilmiştir.
2. istasyon palet bardak paletleme sisteminin çalışma alanıdır. Buraya gelen palet stoperler ile durdurulur ve dolu palet konveyörün en ucuna gidinceye kadar yukarı kaldırılır. Bunun nedeni konveyörün zincirlerinin paletin altına sürtünmesine engel olmaktır.

3. istasyon ise dolu paletin forkliftler tarafından alınmak üzere getirildiği en uçtaki istasyondur. Bu istasyonda palet alınmadan önce etrafı sitreç film ile sarılır. Amaç nakliye sırasında bardak sıralarının bozulmasını engellemektir.



Şekil 6.29 Palet Verme Sistemi

6.6.5 Fens (Güvenlik Kafesi) Sistemi

Tüm robotlu sistemlerde güvenlik kafesleri sistemin ayrılmaz bir parçasıdır. Sanayi robotları oldukça yüksek hızlarda çalışan ve ufak bir ihmalde ölümcül kazalara sebep olabilecek makinalardır. Bir fens sistemi tasarlanırken şu kriterler göz önünde bulundurulur:

- 1- Fen sistemi insan güvenliğini maksimum kılacak şekilde düşünülmelidir.
- 2- Acil durumlarda müdahale etmeyi zorlaştırmayacak şekilde girişleri olmalıdır.
- 3- Tüm giriş kapılarında güvenlik siviçleri olmalıdır ve bu kapılar açık iken sistem kesinlikle çalışmamalıdır.
- 4- Robotların çalışma uzaylarının dışında kalmalıdır.
- 5- Servis verme esnasında operatörler alan darlığı yaşamamalıdır.
- 6- Sistemin genel bütünlüğünü bozmamalıdır.
- 7- Sağlam bir konstrüksiyonu olmalıdır.
- 8- Canlı elektrik hatlarından korunmalıdır ve fens kapılarına yerleştirilecek siviçler 24 V DC siviçler olmalıdır. (220 V siviçler olmamalıdır.)
- 9- Fens sistemi üzerinden hiçbir şekilde elektrik ve hava kablosu taşınmamalıdır.

7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Gelişmiş ülkelerde endüstri, günden güne artan bir hızla robotlaşma yolunda ilerlerken malesef ülkemiz endüstriyeli gerek eğitimden kaynaklanan temel sorunlardan gerekse ekonomik sorunlardan dolayı bu alana yeter derecede yatırım yapmamaktadırlar. Fakat görünen odurki 2000 yılları robot teknolojisi yılları olacaktır. Robot teknolojisi hem endüstride hem de hizmet sektöründe çok daha ileri noktalara gelecektir. Ülkemizin böyle bir yapılanma içerisinde geri kalmamasını sağlamak, akademik kuruluşların ve otomasyon sektöründe hizmet veren şirketlerin, hem kendi bünyesel yapılarını bu yönde gerektiği şekilde güçlendirmeleri, hem de diyalog halinde buldukları tüm endüstriyel içerikli kuruluşları bilgilendirmeleri ile mümkün olabilir. Bu yaklaşım çerçevesinde endüstriyel robotlar ve onların bir uygulama alanı olan paletleme sistemleri bu tezde incelenilmiştir.

Tezde sistematik bir tasarım mantığı anlatıldıktan sonra, yaklaşık olarak fikri planda bu mantık çerçevesinde tasarlanmış bir örnek sistem ele alınmıştır. Bu sistem kadeh paletlemek için özel olarak tasarlanmıştır ve örnek teşkil edecek başka bir benzeri yoktur. Bu nedenle özellikle tasarımın her aşamasında son derece kontrollü gidilmiş, sistem esnekliği ve çalışma mantığının güvenilirliği ön planda tutulmuştur. Bu projenin, Türk insanının kendi endüstrisini geliştirebileceği ve bunu çok daha düşük maliyetlere çok daha yüksek kalitelere yapabileceğini göstermek açısından önemli bir proje olduğu düşünülmektedir.

Esnekliğin en ön planda tutulduğu sistemde çok az manuel müdahaleye ihtiyaç vardır. Bu müdahaleler de çalışma esnasında değil tamamen bardak modeli değişimindedir. Fakat daha fazla tasarım zamanı, daha fazla mali güç ve bunların teknik beceri ile doğru şekilde birleştirilmesi sonucu model değişiminde dahi hiç insan müdahalesine ihtiyaç duymayan hatta bardak modelini bile kendisi tanıyan, biraz daha ileri gidecek olur isek kendi arızasını tespit eden ve gideren son derece akıllı bir sistem yapmak mümkündür. Aslına bakılacak olunur ise tarif edilen bu sistem şu anda çalışır durumdaki sisteme çok uzak değildir. Manuel ayarlanan paletlem robot eli servo yapılabilir. Eğer sensör ayarlama mekanizmaları da servo yapılırsa ise -ki bu çok kolaydır, sistem hiçbir manuel ayara gerek kalmaksızın kendi

ayarlarını kendisi yaparak çalışır.

Ülkemizin teknolojik bilgi altyapısının yeterli, eğitim kalitesinin ise almak isteyenler için yüksek seviyede olduğunu düşündüğümüz bu ortamda dah nice yüksek teknoloji sistemler yapılacağını ve bu ülkenin kendi endüstrisini kendisinin şaha kaldıracağını düşünmekteyiz.



8. KAYNAKÇA

Kitaplar:

- [1] J.J.Craig, Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Addison Wesley, 1989
- [2] A.J.Critchlow, Introduction to Robotics, Macmillan, 1985
- [3] K.Asai, S.Takashima, Manufacturing, Automation Systems and CIM Factories, Chapman&Hall, 1994
- [4] C.Ray.Asfahl, Robots and Manufacturing Automation, John Wiley & Sons, 1992
- [5] Richard.P.Paul, Robot Manipulators : Mathematics, Programming, and Control, The MIT Press, 1981
- [6] D.McCloy, D.M.J.Harris, Robotics : An Introduction, Open University Press, 1986
- [7] Francis N-Nagy, Andras Siegler, Engineering Foundations of Robotics, Prentice-Hall, 1987
- [8] Haruhiko Asada, Jean-Jacques E.Slotine, Robot Analysis and Control, John Wiley and Sons, 1987
- [9] Richard D. Klafter, Thomas A. Chmielewski, Michael Negin, Robotic Engineering, An Integrated Approach, Prentice Hall, 1989
- [10] Shimon Y. Nof, Editor, Handbook of Industrial Robotics, John Wiley&Sons, 1985
- [11] The International Federation of Robotics, World Industrial Robots 1997, United Nations Publication, 1997
- [12] Gordon M. Mair, Industrial Robotics, University of Strathclyde, 1988
- [13] R. Andrew Russell, Robot Tactile Sensing, Prentice Hall of Australia Pty Ltd. 1990
- [14] Mark H. Lee, Intelligent Robotics 1989
- [15] Robert J. Schilling, Fundamentals of Robotics Analysis and Control, Associate Professor Clarkson University 1990
- [16] Shimon Y. Nof Handbook of Industrial Robotics, John Wiley sons Inc. 1985
- [17] Chris Morgan, Robots(Planning and Implementation) IFS.Ltd.UK 1984
- [18] C.RAY ASFAHL,(Robots And Manufacturing Automation),University of Arkansas,Fayetteville 1985
- [19] Mikell p. Groover, Mitchell Weiss, Roger N. Nagel, Nicholas G.Odrey,(Industrial Robotics),1986

[20]L. Ulukan Sistematik Konstrüksiyon Ders Notları

Sürelî Yayınlar:

- [1] Paul Mills, Applying Robotics to Your Paint Line, Products Finishing, July 1996
(internet)
- [2] Peter Hertling, Lars Hog, Rune Larsen, John W. Perram, and Henrik Gordon Petersen,
Task Curve Planning Modeling and Calibration, IEEE Transactions on Robotics and
Automation, Vol.12, No.2, April 1996
- [3] Makina Magazin Karmaşık Endüstriyel Sistemlerin Tasarım ve Analizi İçin Simülasyon,
Kasım 1996
- [4] Makina Magazin, Hizmetler Robotları İçin Parlak Bir Gelecek, Haziran 1996

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

9. ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Erzurum’ da doğdu. İlk ve orta tahsilini Erzurum’ da tamamladı. Liseyi 1992 yılında İstanbul Kartal Lisesi’nde bitirdi. Aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliğini kazandı. 1996 yılında mezun oldu ve Altınay Robotik ve Otomasyon A.Ş. firmasında çalışmaya başladı. Aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü Makina Mühendisliği Konstrüksiyon Bölümü’nde Yüksek lisansa başladı. Halen Altınay Robotik ve Otomasyon A.Ş. firmasında mekanik sistemler sorumlusu olarak çalışmaktadır.

