

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMATİK DEMONTAJA UYGUN
KONSTRÜKSİYON**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Y. Müh. Bayram ÖZKAN**

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONSTRÜKSİYON

MAYIS 2003

OTOMATİK DEMONTAJA UYGUN KONSTRÜKSİYON

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Y. Müh. Bayram ÖZKAN
(503991113)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr. Serdar TÜMKOR
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Aybars ÇAKIR (İ.T.Ü.) (Tez Danışmanına
Vekaleten)

Doç.Dr. Erdem İMRAK (İ.T.Ü.)

Y.Doç.Dr. Şafak YILMAZ (İ.T.Ü.)

Araştırma Görevlisi Alper ALTINIŞIK (İ.T.Ü.)

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Artan çevre sorunları ve tüketimin artmasıyla azalan doğal kaynaklar yakın gelecekte dünyanın yaşanılabilirliğini tehdit etmekte ve şimdiden bazı tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu tedbirler arasında kullanılmış mamullerin geri kazanılması önemi giderek artan bir konudur. Bir mamulün yaşam döngüsü incelendiğinde kullanılmış mamullerin demonte edilerek geri kazanılması mevcut geri kazanım stratejileri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu konuda pek çok üniversite ve araştırma enstitüsünde çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Ülkemizi de yakından ilgilendiren ve yakın gelecekte önemi daha da artacak bu konularda gerçekleştirdiğim yüksek lisans tezimin gerek ülkem gerek insanlık adına faydalı olmasını temenni ediyorum.

Bu tezin ortaya çıkmasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme, tez danışmanım Y.Doç.Dr. Serdar TÜMKOR'a, Arçelik ATGM'den Serap Yıldır ÖZGÜN'e Berlin Teknik Üniversitesi'nden Thomas KEIL ve Bahadır BAŞDERE'ye ve proje sponsorları Arçelik, DFG ve İTÜ AES'ye katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Bayram ÖZKAN

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
SEMBOL LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. GERİ KAZANIM ve DEMONTAJ	4
2.1. Geri Kazanım	4
2.2. Mevcut Geri Kazanım Çalışmaları	5
2.3. Demontaj Fabrikaları	7
3. DEMONTAJ PLANLAMA SİSTEMATİĞİ	10
3.1. Parça Sınıflandırması	11
3.1.1 Tanımlayıcı Bilgiler	11
3.1.2 Fiziksel Özellikler	11
3.1.3 Demontaj Bilgileri	13
3.1.4 Parçayı Tanımlayıcı Anahtar Numara	17
3.2. Demonte Edilecek Parçaların Belirlenmesi	18
3.3. Otomatik Demonte Edilebilirlik Değerlendirmesi	20
3.3.1. Parça esaslı kriterler	21
3.3.2. Proses esaslı kriterler	23
3.3.3. Ekipman esaslı kriterler	25
3.4. Demontaj Proses Tipleri	26
3.5. Demontaj Bilgi Tabanı	29
3.5.1 Parça ve Proses Esaslı Demontaj Adım Grafikleri	29
3.5.2 Demontaj Süreleri Takip Çizelgesi	29
3.5.3 Demontaj Bilgileri Tablosu	30
4. DEMONTAJA UYGUN YENİDEN ŞEKİLLENDİRME	31
4.1. Yeniden Şekillendirme Gerekliliği	31
4.2. Şekillendirme Yönergeleri	32
4.2.1. Parça esaslı yönergeler	32
4.2.2. Proses esaslı yönergeler	37

5. ÖRNEK UYGULAMA - ÇAMAŞIR MAKİNALARININ DEMONTAJI	40
5.1. Pilot Demontaj Tesisi	41
5.1.1. Taslak planlama ve değerlendirme	42
5.1.2. Tesis araçları	43
5.1.3. Takımlar	44
5.2. Demontaj Planlama	49
5.2.1. Parça sınıflandırması	49
5.2.2. Demonte edilecek parça listesinin oluşturulması	49
5.2.3. Otomatik demonte edilebilirlik değerlendirmesi	52
5.2.3. Proses planlama ve demontaj bilgileri	54
5.3. Demontaja Uygun Şekillendirme Çalışması	60
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	63
KAYNAKLAR	65
EKLER	67
ÖZGEÇMİŞ	83

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Demonte edilecek parçaları belirleme tablosu	19
Tablo 3.2. Otomatik Demonte Edilebilirlik Değerlendirme Tablosu	22
Tablo 3.3. Demontaj süreleri takip çizelgesi	30
Tablo 4.1. Metallerde uyum	35
Tablo 5.1. Muhtemel geri kazanım oranları	49
Tablo 5.2. Parça malzeme sınıfları	51
Tablo 5.3. Otomatik demontaja uygunluk değerlendirme sonuçları	53
Tablo 5.4. Bağlantı tipleri ve adetleri	54
Tablo 5.5. Manuel ve otomatik demontaj işlem süreleri mukayese tablosu	57
Tablo 5.6. Toplam Demontaj Süreleri (sn)	58

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Çevrenin korunmasındaki aktörler	1
Şekil 1.2 : Yaşam Döngüsü	2
Şekil 3.1 : Demontaj planlama sistematigi	10
Şekil 3.2 : Eksen takımı tanımlama	13
Şekil 3.3 : Tutma Yönleri	15
Şekil 3.4 : Parçayı tanımlayıcı anahtar numara	17
Şekil 3.5 : Demontaj proses tipleri	27
Şekil 3.6 : Kullanılan ekipmanlar açısından demontaj proses tipleri	28
Şekil 3.7 : Demontaj proses tipleri	28
Şekil 4.1 : Ekonomik ve ekolojik şekillendirmenin gelişimi	31
Şekil 4.2 : Plastiklerde uyum	35
Şekil 4.3 : Klips bağlantı örneği	36
Şekil 5.1 : Çamaşır Makinası	40
Şekil 5.2 : Çamaşır makinası için geri kazanım oranları	41
Şekil 5.3 : Pilot demontaj tesisi gerçekleştirme adımları	42
Şekil 5.4 : Otomatik demontaj tesisinin simülasyon görüntüsü	43
Şekil 5.5 : Dodekapod	44
Şekil 5.6 : Otomatik ve manuel vida sökme takımları	45
Şekil 5.7 : Plazma yöntemiyle kesme takımı	46
Şekil 5.8 : Abrasif kesme takımı	47
Şekil 5.9 : Hidrolik makas	47
Şekil 5.10 : Vakumla tutucu takımlar	47
Şekil 5.11 : Parça yüzeyine göre şekil alan tutma takımı	48
Şekil 5.12 : İki parmaklı tutucu takım	48
Şekil 5.13 : Vidalı tutucu takım	48
Şekil 5.14 : Makaslı tutucu takım	49
Şekil 5.15 : Malzeme dağılım oranları	49
Şekil 5.16 : Parçaların ağırlık oranları	50
Şekil 5.17 : Parçaların maliyet oranları	50
Şekil 5.18 : Otomatik demontaja uygunluk değerlendirme sonuçları	52
Şekil 5.19 : Kazan grubu	55
Şekil 5.20 : İki parmaklı tutucu takım	55
Şekil 5.21 : Sürtünme katsayısı deney düzeneği ve takıma etkiyen kuvvetler.	56
Şekil 5.22 : Takıma etkiyen momentler	56
Şekil 5.23 : Otomatik demontaj için proses tipleri ve proses süreleri dağılımı.	59
Şekil 5.24 : Kazan grubu ve beton ağırlık	60
Şekil 5.25 : Geliştirilmiş yeni dizayn	62

SEMBOL LİSTESİ

A_i	: Parametrelerin %'lik oranları
F_1, F_2, F_3	: Ağırlık kuvvetleri
F_F	: Sürtünme kuvveti
F_G	: Takım tutma kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
L_1, L_2	: Uzunluklar
m_1, m_2, m_3	: Kütleler
M_X, M_Y	: Momentler
μ	: Sürtünme katsayısı
$\emptyset$	: Çap
S_i	: Parametreler toplamı

OTOMATİK DEMONTAJA UYGUN KONSTRÜKSİYON

ÖZET

Endüstriyel atıkların ve mevcut tüketimin çevreye olan zararlı etkilerini azaltmak ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak, günümüzde önemi giderek artan konulardır. Bir mamulün yaşam döngüsü incelendiğinde, mamulün geri kazanımı için demontajın anahtar bir rol üstlendiği görülecektir. Hem malzeme geri dönüşümü, hem de parçaların tekrar kullanımı için mamulü demonte etmek gerekmektedir. Bir mamulün demontajı çoğu zaman montajından farklı prosesler içermekte, demontaja özel esnek tesisler ve esnek demontaj takımları gerektirmektedir.

Teorik olarak bir mamulü tamamen manuel veya tamamen otomatik demonte etmek mümkündür. Ancak her iki yöntem de tek başına bazı güçlükler içermektedir. Bu nedenle mamullerin imalatında olduğu gibi, demontajında da manuel ve otomatik adımların birlikte yapılabildiği karma imalat sistemleri (Hibrid Sistem) kullanmak daha uygundur.

Bir mamulü geri kazanım amaçlı demonte etmek için, belli bir demontaj planlama sistematığının takip edilmesi gerekmektedir. Bu tez kapsamında oluşturulan sistematik çerçevesinde, öncelikle mamulü oluşturan parçalar incelenerek bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Parçalar hakkında detaylı bilgi toplamaya yarayan sınıflandırmanın ardından, demote edilecek parçalar belirlenmekte, demontaj proseslerine karar verilmekte ve demontaj adım sırasının optimizasyonu gerçekleştirilmektedir. Demontaj işlemi son şekline getirildikten sonra, demontaj bilgileri derlenerek tablo ve grafikler halinde sunulmaktadır.

Mevcut mamullerin konstrüksiyonu, geri kazanma maksatlı demontaj düşünülmeyen gerçekleştirildiğinden demontaj tatbikatlarında güçlüklerle neden olmaktadır. Özellikle otomatik demontaja ve geri kazanıma uygunluğu artırmak için belirlenen şekillendirme yönergeleri doğrultusunda mamullerin yeniden şekillendirilmesi faydalı olacaktır.

Mamullerin demonte edilerek geri kazanılmasına yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan biri olan Berlin Teknik Üniversitesi'nde kurulu, otomatik ve manuel demontaj istasyonlarını birlikte içeren pilot demontaj tesisinde, bu tez kapsamında çamaşır makinaları için otomatik demontaj gerçekleştirilmiştir. Demontaj denemelerinin ardından edinilen tecrübeler ve şekillendirme yönergeleri doğrultusunda çamaşır makinalarının bazı parçaları için demontaj ve geri kazanıma daha uygun yeniden şekillendirme gerçekleştirilmiştir.

DESIGN FOR AUTOMATED DISASSEMBLY

SUMMARY

Sustainable manufacturing and responsible use of resources are two basic issues which are getting important day by day in terms of recovery. Within the product lifecycle, disassembly has a key role since it enables the recovery of resources. In order to recycle or reuse a part, it is necessary to disassemble the product. Disassembly processes are generally different from assembly processes and need a flexible disassembly system and flexible disassembly tools.

A fully or partly automated system would allow an economic disassembly. Recent developments in this industrial field could not reach the promised goals of automation. At the moment, it is not possible to realize an economically working fully automated disassembly system. Like manufacturing lines, disassembly lines also should contain stations which will be used for manual and automated processes (Hybrid System).

In order to disassemble a product, disassembly planning steps should be defined. First, the parts of a product should be classified in terms of identification information, physical properties and disassembly information. Then the parts which will be disassembled, should be determined. For these parts, after deciding disassembly process types, disassembly sequence should be optimized and some tables and graphs about disassembly should be prepared.

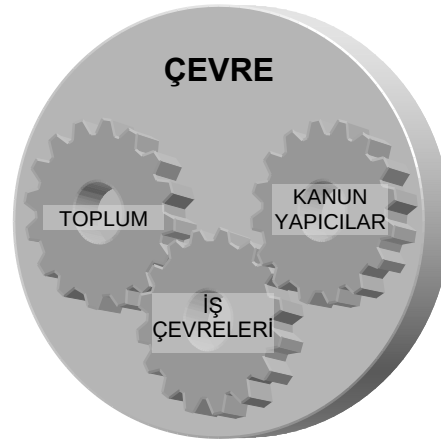
Existing products are designed according to easy, economic and robust assembly. Product variations, undefined product conditions and the lack of Design for Disassembly (DfD) cause difficulties for disassembly processes. In order to increase suitability for automated disassembly and recovery, some design guidelines should be determined and products should be redesigned according to these guidelines.

Within this work, a pilot disassembly cell at Technical University Berlin was used to realize automated disassembly for washing machines. Furthermore, with the help of the experience during disassembly and using determined design guidelines, a redesign study has been done to increase suitability for disassembly and recovery. Some concepts are proposed in this study.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Son yıllarda, doğal kaynakların daha verimli kullanılması ve mevcut tüketimin sebep olduğu atıkların çevreye olan etkilerinin azaltılması önemi her geçen gün artan konulardır. İmalatçı durumundaki iş çevreleri, tüketici durumundaki toplum ve kanun yapıcı durumundaki devlet yöneticileri bu konulara duyarlı olmak ve birlikte hareket etmek durumundadırlar (Şekil 1.1). Toplum tüketimde tercihlerini doğru yaparak ve sorumluluk bilinciyle tüketim gerçekleştirerek, devlet yöneticileri gerekli kanuni yaptırımları hazırlayıp uygulanmasını takip ederek, iş çevreleri ise gerek yeni imal edilecek mamullerde yapacakları değişikliklerle, gerek kullanılmış mamullerin geri kazanımı konusunda gerçekleştirecekleri çalışmalarla bu konuya katkıda bulunmaladırlar. [1]

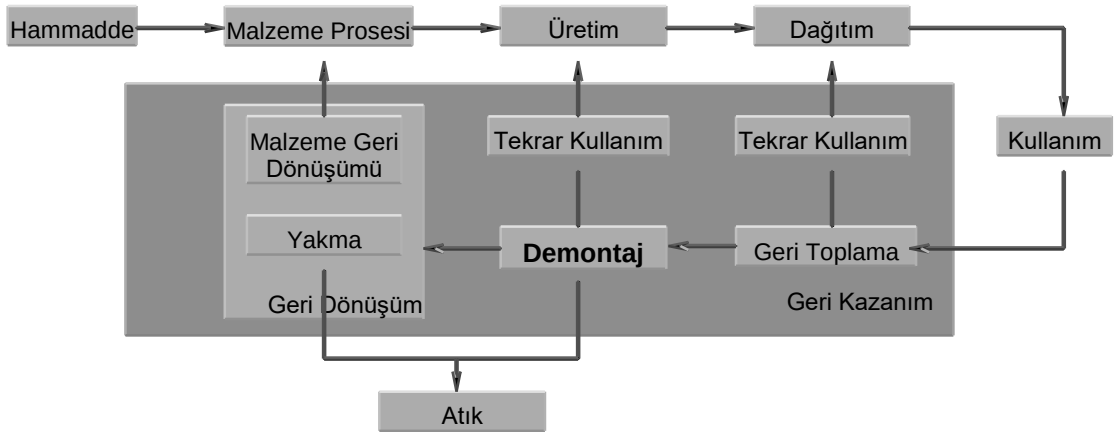


Şekil 1.1 Çevrenin korunmasındaki aktörler

Her mamul belli bir ömre sahiptir. Bu ömrü uzatmak için mamulün arızalanan kısımlarının tamirini yapmak yada geri kazanım metotları vasıtasıyla yeni mamullerin imalatında kullanmak mümkündür. İki yöntem de hammaddesi tamamıyla yeni bir mamul imal etmekten hem daha ekonomik hem de ekolojik yani çevreye olan etkileri açısından daha tercih edilebilir gözükmektedir. İki yöntem arasında temel bazı farklılıklar bulunmaktadır. Geri kazanımda, arızanın nerede olduğuna bakılmaksızın

kullanılmış mamul kısmen veya tamamen demonte edilmekte, uygun metodlarla hammadde yada parça olarak imalat hattına dahil edilmekte ve yeni mamullerin imalatında kullanılmaktadırlar. Oysa tamir edilerek kullanım ömrü uzatılmak istenen mamullerde arızanın tesbiti, sadece gerekli görülen kısımların demonte edilmesi ve yedek parçalarla değiştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda iki yöntem arasında mamul kalitesi ve mamul garanti koşulları arasında farklılıklar doğmaktadır. Geri kazanım metodlarıyla imal edilen yeni mamullerde yeni teknolojilerin kullanımına imkan sağlanmakta ve mamulün tüm parçaları garanti kapsamına girmektedir. Tamir edilen mamullerin ise mevcut teknolojisi devam etmekte ve garantisi tamiri yapılan parçayla sınırlı kalmaktadır. Bunun yanında tamir edilen mamul yine eski sahibine giderken yeniden imal edilen mamul daha önceki kullanıcısı belli olmayan parçalar veya malzemeler içeren bir mamul olarak farklı kullanıcılara gitmektedir. [2]

Şekil1.2’de sunulan yaşam döngüsü incelendiğinde geri kazanım gerçekleştirebilmek için demontaj prosesinin önemli bir fonksiyona sahip olduğu görülmektedir. [1,3] Hem geri dönüşüm, hem tekrar kullanım için demontaj gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu yüzden son yıllarda geri kazanıma yönelik gerçekleştirilen akademik çalışmalarda bir mamulün demonte edilerek geri kazanımı önemli ölçüde kabul görmeye başlamıştır. Bu çalışmalar sadece demontaj prosesi ve demontaj takımları gerçekleştirmeye sınırlı olmayıp demontaj tesislerinin oluşturulması, kullanılmış mamullerin toplanmasına yönelik kentsel gelişim ve lojistik ve demontaja uygun yani kolay demonte edilebilir mamul konstrüksiyonunu da içermektedir. [4]



Şekil 1.2 Yaşam Döngüsü

Bir mamulün demontajını manuel yada otomatik olarak gerçekleştirmek mümkündür. Ancak her iki yöntem de tek başına bazı güçlükler içermektedir. Bu yüzden bir

mamulün imalatını gerçekleştiren imalat hattında olduğu gibi demontaj hattında da bazı adımların manuel bazı adım otomatik olarak gerçekleştirildiği karma bir sistem kullanmak daha uygundur. Bu karma sistemlere *Hibrid Sistem* denilmektedir. Hibrid sistemler daha esnek demontaj proseslerine sahip oldukları için şekillendirme farklılıkları içeren mamullerin demontajında ve kullanım sonrası ortaya çıkacak mamul işletme şartlarındaki olumsuzlukların üstesinden gelebilmede yardımcı olacaktır (Bölüm 3).

Günümüzde imal edilen mamuller kolay, sağlam ve ekonomik imalat ve montaj düşünülerek tasarlanmış mamullerdir. Bu mamullerin demonte edilmesi düşünüldüğünde mamulü oluşturan parçalar hakkında demontaja yardımcı olacak bilgilerin edinilmesi ve taslak demontaj senaryoları geliştirilmesi gerekmektedir. Bölüm 3'te demontaj işleminin planlanmasına yönelik bir bilgi tabanı oluşturmaya ve demontaj planlama sistematizi geliştirmeye yönelik çalışmalar sunulmuştur.

Mevcut mamullerdeki şekillendirme özellikleri manuel veya otomatik demontaj uygulamalarında güçlükler neden olabilmektedir. Bu yüzden Bölüm 4'te, parçaların geri kazanılabilirliğinin artırılması amacıyla demontaja uygun yeniden şekillendirmenin gerekliliği ve mamullerin demontaja uygun yeniden şekillendirilmesinde kullanılabilecek bazı şekillendirme tavsiyeleri sunulmuştur.

Bölüm 5'te ise demontaj uygulaması olarak bir çamaşır makinası ele alınmış ve daha önceki bölümlerde bahsedilen demontaj planlama sistematizi, otomatik demontaja uygunluk değerlendirmesi ve demontaja uygun yeniden şekillendirme çalışmaları bu mamul için uygulanarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

2. GERİ KAZANIM ve DEMONTAJ

2.1. Geri Kazanım

Endüstriyel atıklar sonucu artan çevre kirliliği ve sıkılaştıran çevre yasaları, geri kazanımla ilgili çalışmaların artmasına sebep olmuştur. Avrupa Birliği üyesi ülkelerden oluşan Avrupa Parlamentosu bünyesinde kurulan bir komisyonda elektrikli ve elektronik cihazları kapsayan mamullerin geri kazanılması ve bu tür mamullere ait atıkların çevreye olan zararlı etkilerini azaltmayı hedefleyen ve üye ülkelere kanuni yaptırımlar getiren bir taslak yönerge hazırlanmıştır (Directive Of The European Parliament And Of The Council On Waste Electrical And Electronic Equipment (WEEE)). [5] Bu yönerge çerçevesinde tanımlanan geri kazanım metodları şu şekildedir;

Tekrar kullanım (reuse) : Atık elektrikli ve elektronik cihazlar için toplama noktalarının oluşturulması, bu mamullerin distribütörler, geri kazanım yapanlar ve üreticiler tarafından yeniden toplanması ve aynı amaçla kullanım devamının sağlanmasıdır.

Geri dönüşüm (recycling) : Atık malzemelerin yeni bir imalat prosesinde hammadde olarak kullanılmak üzere yeniden işlenmesi veya yanma özelliği gösteren atık malzemelerin yakılarak (incineration) enerji elde etmek için kullanılmasıdır.

Geri kazanım (recovery) : Yeniden kullanım ve geri dönüşüm uygulamaları da dahil olmak üzere aşağıdaki listede belirtilen uygulanabilir her türlü işlemi kapsamaktadır. Atık elektrikli ve elektronik mamullerden uzaklaştırılması gereken madde ve komponentler;

- Polychlorinated biphenyls (PCB) içeren kapasitörler
- Civa içeren komponentler
- Bateriler
- Yüzey alanı 10 cm²'yi aşan PCB'ler (Printed circuit boards)
- Toner kartuşları

- Plastic containing brominated flame retardants
- Asbestos ve asbestos içeren komponentler
- Katot ışıın túbü
- Chlorofluorocarbons (CFC), hydrochlorofluorocarbons (HCFC) or hydrofluorocarbons (HFC), hydrocarbons (HC)
- Gaz deşarj lambaları
- Yüzey alanı 100 cm²'yi aşan ve gaz deşarz lambalarıyla aydınlatılan LCD'ler (Liquid crystal displays)
- Elektrik kabloları
- Seramik fiberler içeren komponentler
- Radyoaktif maddeler içeren komponentler
- Elektrolit kapasitörler (yüksekliğı >25mm, çapı >25 mm olan veya eşdeğer bir hacime sahip olanları kapsamaktadır)

WEEE taslağına göre yukarıda tanımlanan geri kazanım metodları arasında özellikle tekrar kullanım teşvik edilmektedir. Herbir mamul grubu için hedef geri kazanım oranları belirlenmiştir. Bu hedef geri kazanımın geri dönüşüm ve tekrar kullanım ağırlıklı olarak gerçekleştirilmesi istenmektedir. Hedef geri kazanım oranları mamulün toplam ağırlığının %50-%80'i arasında olup kategorilere göre şu şekilde değişmektedir:

- Büyük ev eşyaları : %80-75
- IT ve tüketici cihazları : %75-65
- Gaz deşarz lambası : %80 (geri dönüşüm)
- Diğer : %70-50
- Tıbbi cihazlar için bir hedef yok

2.2. Mevcut Geri Kazanım Çalışmaları

Demontaj, kullanılmış mamullerin geri kazanımında anahtar rol oynamaktadır. Mamullerin çeşitliliğı, değişken mamul miktarları, ve kullanıma bağılı olarak değişen mamul kondisyonu, demontaj işleminin standartlaşmasını engelleyen ana sebeplerdir.

Demontaj prosesi personele bağılıdır, bu sebeple masraflıdır. Ayrıca işlem sırasında açığa çıkan malzeme ve operasyon atıkları sonucu tehlikeli hale gelebilen çalışma ortamı, gelecekte demontaj işlemini, kısmi bir otomasyona mecbur bırakmaktadır.[2] Mevcut otomasyon seviyesini yükseltmeye yönelik çabalar çeşitli endüstriyel mamul grupları için devam etmektedir. Bunların başlıcaları, arabalar, elektrikli ve elektronik eşyalar, ve çeşitli ev aletleridir. [1,6]

IPA Stuttgart'ta, araba demontajı için kurulan, iki robot, bir optik sistem ve demontaj için gerekli aletten oluşan sistemde kullanılmış bir araba kaportasının robot kontrollü demontajı incelenmiştir. IITB Karlsruhe'de, VISDOM (Visually Servoed Dismantling Operations of used Mobile Vehicles) projesi dahilinde sökme işlemleri için bir bilgisayar programı geliştirilmiş, bu program ilk olarak araba aküsünün sökülmesi işleminde test edilmiştir. Bu proje için, ikinci robota duyarlılığı yüksek, stereo optik algılayıcı monte edilmiştir. Bremen Üniversitesi'nde, NEUROBOT (Neural Network Based Robots for Disassembly and Recycling of Automotive Parts) projesi çerçevesinde, değişik robotlardan oluşan otonom ve akıllı bir hücre geliştirilmiştir. Sistem, endüstriyel bir robot, araba için eksenel hareket serbestisi olan bir kaldırıcı, 3-boyutlu optik algılayıcı ve çeşitli demontaj aletlerinden oluşmaktadır. Araba lastiğinin tahribat temelli demontajının teknik fizibilitesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. BTU Cottbus'ta, eski televizyonların robot destekli esnek demontajını gerçekleştiren bir demontaj hücresi geliştirilmiştir. Demontaj sistemi, alet seçici bir robotun ve altı eksen de işlem yapabilen başka bir robotun basit bir konveyör sistemi ile birleştirilmesinden oluşmaktadır. Araştırmanın başlangıç aşamasında amaç, sistemin ekonomik ve çabuk olarak kurulmasıyken daha sonra güvenilir operasyon aletlerinin dizaynı ve reaktif planlama sisteminin entegrasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır. Esprit III ADAS (Autonomus Disassembly by Advanced Shape Recognition) dahilinde, aynı mamul ailesine dahil çeşitli mamulleri, örneğin bilgisayar ekranları, tanıyıp demonte edebilen bir sistem üzerinde yoğunlaşmıştır. Sistem, bir demontaj robotu, optik sistem için taşıyıcı bir robot ve bir de operasyonu gerçekleştiren robottan oluşmaktadır ve demontaj işlemleri, bir neural network uygulaması ile kontrol edilmektedir.

IML Dortmund'da, mikro dalga fırınların demontajı için diğer bir prototip demontaj sistemi kurulmuştur. Bu sistem, otomatik olarak civataları sökerek kapakları demonte eden bir robottan oluşan, hibrid bir sistemdir. Diğer uygulamalar, portatif kamera ve telefon gibi, elektronik aletler üzerinde yapılmıştır.

Berlin Teknik Üniversitesinde otomatik ve manuel iş istasyonları ayarlanabilir bir taşıyıcı sistem yardımıyla birleştirilmiştir. Sistemin genel şekli, iki ara geçişi olan yıldız biçimindedir. Simetrik olarak yerleştirilen üç robot, modüler bir hücreye monte edilmiştir. Robotlardan biri, hegzapod kinematik tahrikli manipulatör ile yönlendirilmektedir. Sistem, tahribatlı ve tahribatsız işlemler için çeşitli robot kontrollü aletlerden oluşmaktadır. İlk uygulama olarak çamaşır makinasının demontajı gerçekleştirilmiştir..

Almanya'nın dışında İsveç, Japonya ve Avusturya'da da çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. TU Viyana'da, elektronik PCB'lerin demontajı için prototip bir demontaj hattı geliştirilmiştir. Hat, tanıyıcı sistem, lehim sökücü makine ve demontaj robotundan oluşmaktadır. Aletler, konveyör hattı ile birleştirilmiştir. Hattın giriş ve çıkışı çalışanlar tarafından beslenmektedir. İsveç'te, Linköping Üniversitesi'nde, elektrik motorlarının demontajı, tanınması ve kalite kontrolü için bir iş istasyonu tasarlanmıştır. Çalışma hücresi, insan tarafından desteklenen bir endüstriyel robottan oluşmaktadır. Japonya'da, elektrikli ev aletlerinin; çamaşır makinası, klima gibi; demontajı için deneme amaçlı bir tesis kurulmuştur. Çeşitli malzemeler için geri dönüşüm sistemlerinin yanında, fabrikada robot kontrollü kesme işlemleri için tanıyıcı sistem geliştirilmiştir. Bütün aletler, esnek bir konveyör hattı ile bağlanmıştır.

Tüm sistemlerin ortak özelliği, tek bir mamule veya mamul sınıfına uygun olmalarıdır. Esnek bir taşıma sisteminin olmayışı ya da otomatik demontaj istasyonu bulunmaması nedeniyle, tanıtılan sistemler, daha çok bir demontaj hücresi özelliği göstermektedir.

Berlin Teknik Üniversitesi/Almanya'da geliştirilen sistemin en önemli özellikleri ise, esnek malzeme akışı ve farklı iş istasyonlarının entegrasyonu bakımından esnek olmasıdır. Diğer bir özelliği ise hibrid bir sistem olması; yani kullanım avantajını arttırmak için el kumandalı ve otomatik iş istasyonlarının birleşimi olmasıdır.

2.3. Demontaj Fabrikaları

Yakın zamana kadar üreticiler özellikle otomasyona yönelik kolay, ekonomik ve güvenilir montaj işlemleri sağlayan şekillendirme özelliklerini tesbit etmeye ve mamulleri bu doğrultuda şekillendirmeye çalışırlardı. Bir mamulün yada o mamulü oluşturan parçaların geri kazanılarak veya tamir edilerek kullanım ömrünün uzatılması için ortak nokta demontajın vazgeçilmez bir proses olarak karşımıza çıkmasıdır. Ancak mamul yelpazesindeki çeşitlilik, mamulün hangi şartlarda kullanıldığındaki ve kullanım sonrası

durumdaki belirsizlik, demonte edilecek mamul sayısındaki belirsizlik, tahmin edilmesi güç mamul kullanım ve ömür zamanları demontaj işlemini ve demontajı gerçekleştirecek tesisin özelliklerinin ve kapasitesinin belirlenmesini güçleştirmektedir. Mamuller dizayn edilirken mevcut demontaj imkanları gözönüne alınarak kolay demonte edilebilir konstrüksiyonlar gerçekleştirmek gerekmektedir. Geliştirilecek yeni demontaj yöntemleri ve demontaj takımları doğrultusunda demontaja uygun konstrüksiyonda da zamanla farklılık ve esneklikler oluşabilecektir.

Kullanılmış mamullerin geri kazanımı amaçlı demontaj fabrikalarının tasarlanması ve kurulması gelişmekte olan bir konudur. [6] Bu tarz bir tesisin istenen verimi sunabilmesi için gerekenleri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Otomasyonun artırılarak otomatik demontajın daha verimli hale getirilmesi
- Ekonomik demontajın sınırlarının tanımlanması
- Yüksek esnekliğe sahip demontaj tesisi kurmak için manuel ve otomatik iş istasyonlarının nasıl güvenilir ve ekonomik bir biçimde bu tesise entegre edilebileceğinin sınanması
- Demontaj proses zamanlarının değerlendirilmesi ve optimizasyonu
- Karmaşık bir sistemde yeni demontaj takımlarının uygulama ve optimizasyonu
- Demontaj planlama, mamul değerlendirme, mamul dizaynı ve lojistik alanlarında yeni gelişen fikirlerin değerlendirilmesi ve optimizasyonu

Yaşam döngüsü içinde kullanılmış mamullerin toplanması ve demontaj fabrikalarına ulaştırılması önemli bir lojistik konusudur. Mamullerin satış ağında olduğu gibi toplanmasında da bir lojistik organizasyonuna ihtiyaç vardır. Bu yapılanmayı etkileyecek 3 önemli konu vardır; mamullerin son kullanım yerleri hakkındaki belirsizlik, geri dönecek mamul sayısındaki belirsizlik ve ne zaman geri döneceği konusundaki belirsizlik. Bu konular lojistik yapılanmayı etkilediği gibi aslında demontaj fabrikasının sahip olması gereken kapasitesini de etkileyecek konulardır.

Mamullerdeki ve mamulleri oluşturan bağlantı tiplerindeki çeşitlilik, mamulün kullanımı esnasında yapılan değişiklikler, kullanım sonrası mamul son durumu hakkındaki belirsizlik gibi nedenlerle esnek bir demontaj tesisi kadar esnek demontaj proseslerine ve demontaj takımlarına da ihtiyaç vardır. Mevcut montaj prosesleri ve takımları demontaj amaçlı tasarlanmamışlardır. Bu takımlar bağlama elemanını çözmek için

moment yada kuvvet iletimini bağlama elemanı üzerindeki mevcut yüzeyleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu ise takım ve bağlama elemanı arasında hassas pozisyonlama ve oryantasyon gerektirmektedir. Ayrıca çalışma şartlarına bağlı olarak bu yüzeyler bozulmuş veya sıkışan parçanın sökülmesine yetecek momenti taşıyamaz hale gelmiş olabilir. Benzer şekilde parçaların demontaj işlemi esnasında sabitlenmesi veya demontaj işlemi sonrası tutularak taşınması için ihtiyaç duyulan satırlar da uygun olmayabilir. Bu yüzden genel olarak demontaj işlemlerinde kullanılacak takımların kendi çalışma yüzeylerini kendilerinin oluşturması demontaj işlemine önemli bir esneklik ve kolaylık kazandıracaktır. Yani;

- Geometri ve malzemeden büyük ölçüde bağımsız
- Erişilebilirlik için daha az uğraş gerektiren
- Düşük kuvvet ve momentlerle hareket iletim yüzeyleri oluşturabilen ve bu yüzeyler yardımıyla büyük kuvvet ve momentlerin iletimine imkan sağlayan
- Takımın yada demonte edilecek parçanın uygun pozisyona getirilmesinin daha kolay gerçekleştiği ve sensörlere olan ihtiyacın azaldığı
- Parçayı hasarsız demonte edilebilen
- Yerine göre, manuel veya otomatik olabilen

takımların tasarlanması gerekmektedir. Parçayı sökme işleminde kullanılan takımların yeniden tasarlanması veya mevcut takımların uygun şekilde demontaj işlemlerine adapte edilmesi yanında demontaj esnasında güvenliği artırıcı tedbirlerin (sensörler, kabinler vb.) de geliştirilerek sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. [6-9]

Demontaj fabrikalarının verimliliğini artıracak bir diğer önemli konu da mamullerin demontaja uygun yani kolay demonte edilebilecek şekilde tasarlanmalarıdır. Özellikle tekrar kullanılabilir ve malzeme olarak geri dönüştürülebilecek parçaların kolay demonte edilebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu tip parçalar için demontaja uygun, kolay erişilebilir ve kolay sökülebilir bağlantı noktaları ve bağlama elemanları geliştirilmelidir.

3. DEMONTAJ PLANLAMA SİSTEMATİĞİ

Bir mamulü demonte ederken farklı yöntemler kullanmak veya aynı yöntemleri farklı sırayla gerçekleştirmek mümkündür. Bu nedenle optimum demontaj planı oluşturabilmek için mamulün parçalarının sınıflandırılması ve demonte edilecek parça listesinin oluşturulması, otomatik demontaja uygunluk değerlendirmesi, mevcut imkanlar doğrultusunda (takımlar, demontaj tesisi vb.) gerçekleştirilebilecek alternatif demontaj proseslerinin tespit edilmesi ve optimizasyonu, demontaj adım grafiklerinin oluşturulması ve demontaj bilgilerinin derlenmesi gerekmektedir (Şekil3.1).



Şekil 3.1 Demontaj planlama sistemi

3.1. Parça Sınıflandırması

Demonte edilecek mamulün parçalarının demontaj açısından değerlendirilmesi öncesinde, bu parçaların sınıflandırılmaları gerekmektedir. EK1’de verilen sınıflandırma tablosu, demontaja yönelik parça sınıflandırması için genel bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı sistematik çalışmalar için çok genel tutulmuştur. Daha sonra, sınırlandırılarak farklı mamullerin demontajında mukayese maksadıyla kullanılabilecektir.

3.1.1 Tanımlayıcı Bilgiler

- Parça No: Parça veya parça gruplarına verilen sıra numarasıdır.
- Parça Adı: Parça veya parça gruplarına verilen addır.
- Fonksiyon: Parçanın mamul bünyesindeki işlevinin ne olduğunu anlatır.
- İmalatçı Firma: Parçanın hangi firma tarafından imal edildiğini gösterir.
- İmalat Tarihi: Parçaların hangi tarihte imal edildiğini gösterir.
- İmalat Parça Numarası: Mamul montaj hattında kullanılan parça numarasıdır.
- Seri Numarası: Genelde parçaların üzerine yazılan ve parçayı imal eden firmanın kullandığı parçayı tanımlayıcı numaradır.
- Parça Model Varyasyonu: Bazı parçalar farklı varyasyonlara sahip olabilmektedir. İşlevi aynı olsa bile estetik, ekonomiklik gibi nedenlerle bazı parçalarda birtakım değişikliklere gidilebilmektedir. Bu tip durumlarda parçaların hangi versiyona ait olduğunun anlaşılabilmesi için bu şekilde bir tanımlamaya ihtiyaç duyulabilmektedir.

3.1.2 Fiziksel Özellikler

Her bir parçayı fiziksel özellikleri açısından tanımlayan bilgileri kapsar.

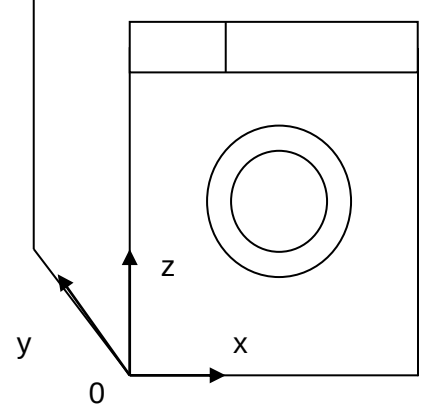
- Malzeme sınıfı: Parçaların malzemelerine göre sınıflandırıldığı kısımdır. Birden çok malzeme içeren parçalarda ağırlık veya hacimce en fazla orana sahip malzeme türleri dikkate alınır. Malzeme sınıfları şu şekildedir;
 1. Demir esaslı metal
 2. Demir dışı metal

3. Plastik
4. Lastik
5. Seramik
6. Cam
7. Ağaç
8. Diğer

- Malzeme: Bir önceki adımda malzemelerine göre kabaca sınıflandırılan parçaların tam olarak malzemesinin ne olduğunun bilgisini kapsar. Birden çok malzeme içeren parçaların malzeme tanımı yapılırken ağırlık veya hacimce en fazla orana sahip olan malzeme türleri dikkate alınır.
- Ağırlık: Parçanın ağırlık bilgisini içerir. Birimi [gr]'dır.
- Parça Boyutları: Her bir Parçanın sahip olduğu blok ölçüleri yani içine sığabileceği minimum ölçülerini tespit etmeye yarar. Silindirik parçalarda çap ve boy, karmaşık ve prizmatik parçalarda ise uzunluk, genişlik ve yükseklik değerleri esas alınmıştır. Birimi [mm]'dir
- Sertlik: Özellikle parçaların tutulma ve taşınmasında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde yararlanılan parça yüzey sertliği hakkında fikir verir.
 1. Sert
 2. Elastik
 3. Yumuşak
- Parça Yüzey Kalitesi: Özellikle parçaların tutulma ve taşınmasında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde yararlanılan parça yüzey kalitesi ve yüzey hassasiyeti hakkında bilgi içerir.
 1. Pürüzsüz yüzey
 2. Pürüzlü yüzey
 3. Süreksiz (parçalı) yüzey
 4. Hassas yüzey

3.1.3 Demontaj Bilgileri

Bir mamulün demontaj prosesleri ve demontaj planı tespit edilirken gerekli olabilecek, mamulü oluşturan parçalara erişebilirlik, parçaların sahip olduğu bağlantı tip ve sayıları, parçaların tutulabilme özellikleri gibi demontaj bilgilerini içermektedir. [10,11] Erişim ve tutma bilgilerini belirleyebilmek için öncelikle bir eksen takımı tanımlamak gerekmektedir (Şekil 3.2). Erişim bilgileri bir parçayı bağlamada kullanılan tüm bağlantılar söküldükten sonra parçanın



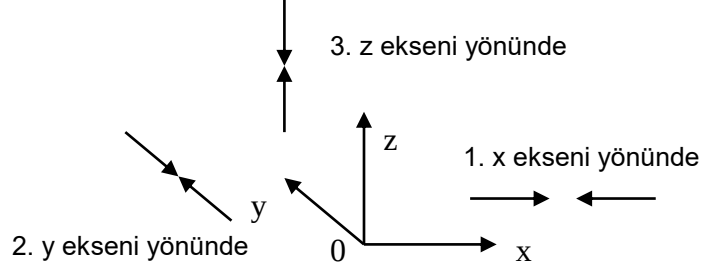
Şekil 3.2. Eksen takımı tanımlama

uzaklaştırılabilmesi için gerekli hareket serbestliği bilgileridir. Tutma bilgileri ise, demontajı gerçekleştirilen parçaların uygun şekilde mamulden uzaklaştırılabilmesi için nasıl tutularak taşınabileceğinin bilgileridir. Çoğu zaman demontaj işlemi esnasında da parçayı sabitlemek ihtiyacı doğabilmektedir. Tutma parametreleri özellikle otomatik demontaj işleminde tutmayı gerçekleştirecek aparatların dizaynı için yol gösterici olacaktır. Belirlenecek parametreler yardımıyla daha optimum ve doğru çözümlere ulaşmak mümkün olabilecektir. Demontaj bilgileri şu şekildedir:

- x yönündeki boşluk: Parçanın sökülebilmesi için x yönünde ne kadar boşluk olduğunu gösterir.
- y yönündeki boşluk: Parçanın sökülebilmesi için y yönünde ne kadar boşluk olduğunu gösterir.
- z yönündeki boşluk: Parçanın sökülebilmesi için z yönünde ne kadar boşluk olduğunu gösterir.
- Erişebilirlik Yön Sayısı: Parçanın tüm bağlantı noktaları söküldükten sonra uzaklaştırma işlemi için hareket serbestliğine sahip olduğu yön sayısını belirtir. Herbir eksen için yön sayısı pozitif (+) ve negatif (-) yön olmak üzere 2 adettir. Dolayısıyla her yönde yani maksimum hareket serbestliği olan bir parça için erişebilirlik yön sayısı 6'dır. Bu bilgi yardımıyla demontajı yapılan parçanın mamulden uzaklaştırılmasının zorluk derecesi konusunda fikir sahibi olunmaktadır.

- Doğrudan Erişilebilirlik / Görülebilirlik: Parçaya doğrudan erişilip, erişilemediği veya parçanın görülüp görülemediği konusunda bilgi sağlar. Şayet görmek veya erişmek mümkünse “1”, değilse “2” değerini alır.
- Uzaklaştırma Yolu: Parçanın bağlantıları sökülüp, parça mamulden uzaklaştırılmaya müsait hale getirildikten sonra uzaklaştırma için izlenecek yolun özelliğini belirtir. Şayet doğrusal hareket parçayı uzaklaştırmak için yeterli ise, “1”, yeterli değil ve farklı yönlerde karmaşık bazı hareketler gerekiyorsa “2” yazılır. Böylece demontajı yapılan parçanın mamulden uzaklaştırılmasının kolaylık derecesi konusunda fikir sahibi olunmuş olur.
- Tutma yüzeyleri arasındaki mesafe: Tutma yüzeyleri arasındaki mesafeler 7 gruba ayrılmıştır. Gruplar ardışık olarak birbirini takip etmemektedir. Çünkü buradan elde edilecek bilgi tutma mesafesi hakkında yaklaşık bir fikir vermek amaçlıdır ve bu değer kullanılabilecek farklı tutma yüzeyleri için de uygun olabilmelidir. Mümkün olabilecek tutma yüzeylerine karar verilir ve bu gruplardan uygun olan belirlenmiş olur.
 1. 1-2 mm arası
 2. 3-9 mm arası
 3. 12-20 mm arası
 4. 22-37 mm arası
 5. 42-83 mm arası
 6. 106-110 mm arası
 7. 110 mm ‘ den büyük
- Tutma Yüzeyi Boyutları: Tutma yüzeyi boyutları 4 gruba ayrılmıştır.
 1. 10 mm² ‘ye kadar
 2. 10-20 mm² arasında
 3. 20-30 mm² arasında
 4. 30 mm² ‘den büyük

- Tutma Yüzeyi Formu: Tutma yüzeyi formu 4 alt gruptan oluşmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre tutma yüzeyi düzgün ve iki boyutlu bir yüzey, çizgisel, noktasal ve karmaşık bir yapıya sahip bir yüzey olabilir.
 1. Düzgün yüzey
 2. Çizgisel
 3. Noktasal
 4. Karmaşık yüzey
- Öncelikli Tutma Yüzeyi Konumu: Tutma yüzeylerinin konumuna bağlı olarak tutma ekseninin yönünün tanımlanmasını sağlar (Şekil 3.3). Bir parçanın birden çok şekilde tutularak uzaklaştırılması mümkün olabilir. Burada yapılacak tanımlama mevcut



Şekil 3.3. Tutma Yönleri

alternatiflerin de göz önüne alınarak en uygun olan tutma yüzeyi konumu veya konumlarını belirlemektir. Eksen takımının konumu ve pozisyonu “Erişilebilirlik” kısmında gösterilen eksen takımıyla aynıdır. Daha sonra demonte edilmesi gerekli birçok parçadan oluşan alt montajlar veya parça grupları söz konusu olabilmektedir. Bu tipteki montaj grupları demonte edilerek uzaklaştırıldıktan sonra üzerindeki parçaların pozisyonları da orjinal pozisyonlarına göre değişikliğe uğramaktadır. Bu tip parçaları demonte ederken de “öncelikli tutma yüzeyi konumu” parçaların ilk sahip oldukları orjinal konumlarına göre tanımlanmalıdır. Bu tanımlama yöntemi, yani her ne şekilde demonte edilirse edilsin tüm parçaların tek bir eksen takımına göre tanımlanması uygulamada doğabilecek karışıklıkların önüne geçebilmek için önemlidir.

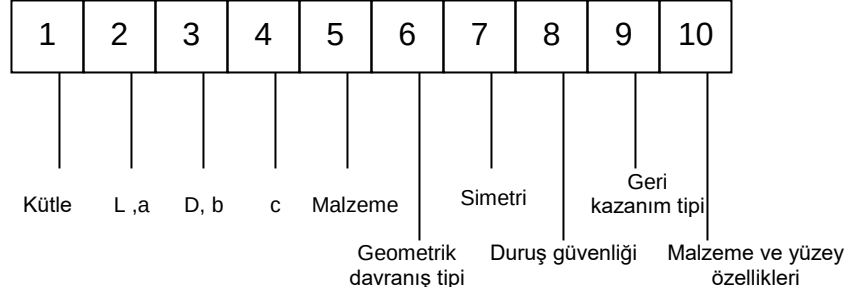
- Ağırlık Merkezi: Tutma esnasında ağırlık merkezinin tutma yüzeyine olan uzaklığı arttıkça parçayı tutmak ta zorlaşacaktır. Çünkü ağırlık merkezinin konumuna göre bir moment oluşacaktır. Bu moment ise parçayı belli bir yönde dönmeye

zorlayacaktır. Bu yüzden ağırlık merkezinin tutma yüzeyine olan mesafesi önem taşımaktadır.

1. 50 mm'den fazla mesafe
 2. 50 mm'den az mesafe
- Tutma Yüzeyleri Arasındaki Açık: Demontajı gerçekleştirecek Parçanın tutma yüzeylerinin birbirine göre paralelliği tutma işleminin kolay veya zor olmasını doğrudan etkiler.
 1. Paralel
 2. Paralel değil
 - Demontaj Seviyesi: Parçaların veya komponentlerin demonte edilmesinde farklı sıralamaya sahip demontaj adımları uygulanabilir. Yani demontaj işleminin herhangi bir adımında birden çok parçanın demonte edilmesi mümkün olabilmektedir. Demontajın ilk adımından son adımına kadar her bir adımda gerçekleştirilebilecek olan demontaj işlemlerinin tanımlanmasına yarayacak olan bu bilgiler demontaj seviyeleri olarak adlandırılmaktadır. İlk adımda gerçekleştirilebilecek demontaj işlemleri için 1 den başlayarak numaralandırma devam eder.
 - Bağlantı Tipi: Parçalar arasındaki bağlantı tipinin girildiği kısımdır.
 - Bağlantı Sayısı: Bağlantı tipinin ne olduğuna bakılmaksızın sökülmesi gereken kaç adet bağlantının mevcut olduğunu belirtir.
 - Bağlantı tipi sayısı: Parçalar arasındaki bağlantıların çeşit sayısını belirtir.
 - Bağlanılan Parça Numaraları: Demonte edilen parça veya komponentin mamul üzerindeyken hangi parça veya parçalarla arasında bağlantı olduğunu belirtir. Demontaj adımlarının sırası değiştikçe bu bilgide de değişiklikler söz konusu olabilmektedir. Çünkü demontajı gerçekleştirecek olan parçayla daha önceki demontaj adımlarında sökülmüş olan parçalar arasında bağlantılar mevcut olabilmektedir.
 - Birbirine Bağlı Parça Sayısı: Demontajı gerçekleştirilecek parça da dahil olmak üzere kaç adet parçanın birbirine bağlı olduğunu belirtir.

3.1.4 Parçayı Tanımlayıcı Anahtar Numara

Parçaları kısa yoldan tanımlamak için farklı pek çok yol bulunabilir. Bu çalışmada sunulan numaralandırma özellik esaslıdır. Parçayı tanımlayıcı anahtar numara 10 basamaktan oluşan bir sayıdır. Her basamak parçanın değişik özelliklerini belirtmektedir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Parçayı tanımlayıcı anahtar numara

- Kütle: Parçaya ait kütle bilgisini içerir. Kodlama için kütle değer aralıkları EK2’de verilmiştir.
- Boyutlar: Parçaya ait boyut bilgilerini içerir. L ve D silindirik parçalar için uzunluk ve çap değerlerini, a, b ve c ise prizmatik parçalar için kenar uzunluklarını belirtmektedir. Kodlama için boyut değer aralıkları Tablo 3.1’de verilmiştir.
- Malzeme: Parçaya ait malzeme bilgisini içerir. Kodlama için malzeme sınıfları Tablo 3.1’de verilmiştir.
- Geometrik Davranış Tipi: Parçaların geometrik şekillerine göre taşıma ve depolama davranışları farklıdır. Temel bazı geometrik şekiller ve ilave bazı geometrik şekilleri kapsayan 10 farklı sınıf oluşturulmuştur.

Uzun Parçalar: Boy ile genişlik yada boy ile çap oranı büyük olan yassı veya silindirik parçaları kapsar.

Karmaşık Parçalar: Geometrik özellikleri gereği kanca gibi asılabilecek, kelepçe gibi kendi kendini kilitleyebilecek yapıya sahip parça yada parça gruplarıdır.

Yassı Parçalar: Yassı parçalar genel yapısı itibariyle belli bir et kalınlığına sahip olan 2 boyutlu düzlemsel parçaları kapsar. Birçok farklı bağlantı şekline sahip olabilirler ancak kanca yada kelepçe türünde olamaz.

Silindirik Parçalar: Boyunun çapına oranı en az 0.5 olan silindirik iş parçalarıdır.

Blok Parçalar: Blok halindeki basit prizmatik parçaları yada bu parçaların birleşiminden oluşan parçaları kapsar.

Konik Parçalar: Tamamen konik yada yarı konik parçaları, silindirik başlayıp konik sonlanan parçaları kapsar.

Piramit Parçalar: Düzenli ve genel piramit formuna sahip parçaları kapsar.

Şapkalı Parçalar: Vida ve perçinler gibi silindirik, prizmatik yada piramit şekilli olabilen, genel görünüşü itibariyle mantara benzer şekilde şapkası bulunan parçaları kapsar.

Boşluklu Parçalar: Et kalınlığı ince, tüm kenarları kapalı ve derinlemesine boşluklar içeren parçalardır. Dış formu prizmatik, silindirik, konik yada farklı bir şekil olabilir.

Küresel Parçalar: Küresel yada küresele yakın formdaki parçaları kapsar.

- **Simetri:** Parçanın küresel, dairesel, prizmatik yada doğrusal bir simetriye sahip olup olmadığı bilgisini içerir.
- **Duruş güvenliği:** Parçanın depolanması esnasında güvenle durabileceği pozisyon sayısını belirtir. Kodlama için gruplamalar Tablo 3.1’de verilmiştir. Altında kesintisiz çizgi olan parametreler eğimsiz düz bir satıhta gerçekleşecek depolama için, kesikli çizgi olan parametreler ise 30° ‘ye kadar eğime sahip bir satıhta gerçekleşecek depolama için geçerlidir.
- **Geri kazanım tipi:** Bölüm 2’de tanımlanan çerçevede geri kazanımın ne şekilde yapılabileceğinin bilgisi içerir.
- **Malzeme ve yüzey özellikleri:** Parçanın demontajı, tutulup taşınması ve depolanması esnasında bilinmesi gereken malzeme ve yüzey özellikleri hakkında bilgiler içerir. Sınıflama için gruplar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.2 Demonte Edilecek Parçaların Belirlenmesi

Buraya kadar genel olarak makineyi oluşturan parçaların tanımlanmasına yönelik çalışmalar anlatıldı. Bu bölümde ise, makineyi oluşturan parçaların içinden demonte edilmeye değer parçaların belirlenmesinde kullanılacak olacak kriterler ve hızlı ve objektif bir değerlendirme için hazırlanmış tablo takdim edilmiştir (Tablo 3.1).

- **Mevcudiyet:** Belli bir mamul tipinin genel değerlendirmesi için ortak parça listesi hazırlamak gerekir. Bu listede demonte etmek için seçilen parçaların, aynı tip mamullerde bulunması gereken ve temel veya yardımcı fonksiyonlardan birini yerine getiren parça veya komponentlerden olması mukayese bakımından faydalı olacaktır. Farklı modellerde, aynı fonksiyonun birden fazla fonksiyon taşıyıcısı ile ifa edilmesi veya birden fazla fonksiyonun tek bir fonksiyon taşıyıcısı ile yerine getirilmesi sebebiyle parça listesinde farklılık görülebilir.
- **Geri kazanım:** Parçaların geri kazanılabilirliği geri dönüşüm ve tekrar kullanım uygunluğu açısından değerlendirilmiştir. Parçalar bir veya birden fazla geri kazanım metoduna uygun olabilmektedir. Bir parçanın ekonomik olarak geri kazanılabilir olması o parçanın demonte edilmesi için önemli bir gerekçedir.
- **Malzeme:** Parçaların malzeme veya malzemelerinin incelendiği kısımdır. Tek malzemeden veya birbirleriyle uyumlu malzemelerden oluşan parçaların geri kazanımı çok daha kolay olduğundan, bu tip parçaların demonte edilmesi tercih nedenidir.
- **Maliyet:** Parçanın maddi değerinin incelendiği kısımdır. Demonte edilmesi düşünülen yaklaşık parça sayısına bağlı olarak parça başına düşen birim maliyetin üzerinde bir maliyete sahip olan parçaların bilgisini içerir.
- **Ağırlık:** Parçanın ağırlığının incelendiği kısımdır. Demonte edilmesi düşünülen yaklaşık parça sayısına bağlı olarak parça başına düşen birim ağırlığın üzerinde bir ağırlığa sahip olan parçaların bilgisini içerir.

Tablo 3.1. Demonte edilecek parçaları belirleme tablosu

Parça No	Parça Adı	Mevcudiyet			Geri Dönüşüm			Tekrar Kullanım			Malzeme			Maliyet			Ağırlık			Erişebilirlik		
		Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....	Mamul 1	Mamul 2	.....
1	Parça 1	+	+	..	+	+	..			..	+	+	..			..			..	+	+	..
2	Parça 2	+		..	+	+	..			..			..			..	+	+	..	+	+	..
3	Parça 3	+	+	..			..	+	+	..			..	+		..			..			..
4	.....	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
5	.....	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

- Erişebilirlik: İncelenen parçanın demonte edilmesinin, başka herhangi bir parçanın demontajı için önşart olup olmadığının bilgisini içerir.

Ayrıca parçaların çevreye olan etkisi ve demontaj ve geri kazanım ekonomisi bakımından da değerlendirilmeleri gereklidir, fakat bu faktörler değerlendirilmesi kolay olmayan faktörlerdir ve değişen kanunlarla her memleket için değişmektedir. Parça Ömür Sonu Stratejileri için bu konular halen araştırılmaktadır.

3.3. Otomatik Demonte Edilebilirlik Değerlendirmesi

Teorik olarak her parçanın otomatik demontajı mümkün olmakla birlikte, otomatik demontaja uygun dizayn edilmemiş bir mamulün otomatik demonte edilmesi pek kolay değildir. Demonte edilmesi düşünülen parçaların öncelikle bir değerlendirmeye tabi tutulması ve bu değerlendirme sonrasında otomatik demonte edilebilirliğine karar verilmesi daha uygun olacaktır. Bu nedenle bir otomatik demonte edilebilirlik değerlendirme metodu geliştirilmiştir (Tablo 3.2). [2,13] Değerlendirmede kullanılan kriterler 3 ana başlık altında toplanmıştır.

1. Parçayla ilgili kriterler
2. Prosesle ilgili kriterler
3. Ekipmanlarla ilgili kriterler

Herbir kriter için 3 değerlendirme parametresine sahiptir. İlk parametre otomatik demontajın kolaylıkla gerçekleştirilebileceğini, ikinci parametre normal güçlükte gerçekleştirilebileceğini ve üçüncü parametre ise zorlukla gerçekleştirilebileceğini ifade eder. Herhangi bir parça için otomatik demontaja uygunluk değerlendirmesi yapılırken, o parça için tek tek tüm kriterler incelenir ve herbir kriter için bu üç parametreden uygun olan seçilerek karşısındaki haneye “1” yazılır. Bütün kriterler için bu işlem tamamlandıktan sonra, metodu uygulayan kişinin verdiği şahsi değerlendirmeler kaydedilerek herbir parametrenin sahip olduğu puanlar toplanır (S_i) ve bu üç parametrenin birbirlerine göre yüzdelik oranları (A_i) tespit edilir. Böylece yüzde olarak fazla değer toplayan parametreye göre otomatik demontajın kolaylıkla veya zorlukla gerçekleştirilebileceğine dair fikir sahibi olunur. Bu metodla tam objektif bir değerlendirme yapılamasa da, hızlı bir değerlendirme için önyargıların bertaraf edilebilmesine imkan sağlar.

3.3.1. Parça esaslı kriterler

Şekil Karmaşıklığı: Parçanın geometrisinin karmaşıklığı hakkında bilgi verir. Geometri karmaşıklaştıkça otomatik demontajı da güçleştirmektedir. Parametreleri şu şekildedir;

Basit

Kısmen karmaşık

Çok karmaşık

Parça Boyutları: Parçanın demontajı esnasında yada demontajdan sonra taşınması esnasında tutulması düşünülen yüzeyleri arasındaki mesafedir. Bu mesafenin çok büyük veya çok küçük olması otomatik demontajı zorlaştırıcı bir etkiye sahiptir. Parametreleri şu şekildedir;

1-300 mm arası

0,5-1 mm ve 300-800 mm arası

<0,5 mm veya >800mm

Ağırlık: Parçanın ağırlığının incelendiği kriterdir. Ağırlığın çok az yada çok fazla olması otomatik demontajı güçleştirmektedir. Parametreleri şu şekildedir;

0,1-10 kg arası

10-50 kg arası

<0,1 kg veya >50 kg

Malzeme Türü: Parçanın malzemesinin sertliğini ifade eder. Parçanın demontajı veya taşınması esnasında tutulurken esneyip esnemeyeceği, yada dağılıp dağılmayacağı hakkında bilgi verir. Parametreleri şu şekildedir;

Rijit

Elastik

Yumuşak

Bağlantı Sayısı: Parçanın demonte edilebilmesi için çözülmesi gereken toplam bağlantı sayısının bilgisini içerir. Bağlantı sayısı attıkça otomatik demontajı güçleştirebilmektedir. Parametreleri şu şekildedir;

1-4 arası

5-10 arası

>10

Tablo 3.2. Otomatik Demonte Edilebilirlik Değerlendirme Tablosu

Otomatik Demonte Edilebilirlik Değerlendirmesi							
Demontaj yeri		Demontaj prosesi			Tarih:		
Demontaj görevi					Demontaj süresi:		
Kriter		Parametre					
Parçayla ilgili Kriterler	Şekil karmaşıklığı	Basit		Kısmen karmaşık		Çok karmaşık	
	Parça boyutları	1-300 mm		0,5 - 1 mm, 300 - 800 mm		< 0,5 mm >800 mm	
	Ağırlık	0,1-10 kg		10-50 kg		> 50 kg, < 0,1 kg	
	Malzeme türü	Sert		Elastik		Yumuşak	
	Bağlantı sayısı	1-4		5-10		>10	
	Bağlantı tipi sayısı	1		2-3		>3	
Prosesle ilgili Kriterler	Proses tipi	Hasarlı		Kısmen hasarlı		Hasarsız	
	Özel esnek ihtiyaçlar	Hiç		Biraz		Çok	
	Demontaj hareket türü	Yerçekimi yönünde doğrusal		Yerçekimi yönünde olmayan doğrusal		Karmaşık	
	Görülebilirlik	Direk ve tamamen		Direk fakat kısmen		Direk veya hiç görülemeyen	
	Bağlantı noktası / tutma yüzeyine ulaşılabilirlik	Sınırsız		Kısmen sınırlı		Oldukça sınırlı	
	Sensör ihtiyacı	Gereksiz		Standart sensör gerekli		Özel sensör gerekli	
	Demontaj prosesi için hassasiyet ihtiyacı	10 mm civarı		1 mm civarı		1 mm'den az	
	Demonte edilecek objenin sabitlenmesi	Gereksiz		Kısmen gerekli		Kesinlikle gerekli	
	Kontrol fonksiyonu yada çevrim gerekliliği	Gereksiz		Kontrol gerekli		Çevrim gerekli	
	Demontaj sonrası parça depolama	Katı malzeme. Türü ve depolama koşulları önemsiz		Katı malzeme. Türü ve depolama şartları belli		Belli şartlarda ve öncelikli pozisyona sahip	
Güvenlik ihtiyacı	Hiç yada genel makina güvenliği		Makina güvenliği ve yangından korunma		Özel korunma gereçleri		
Ekipmanlar	Gerekli ekipman sayısı	1		2		Daha fazla	
	Gerekli ekipman tipi sayısı	1		2		Daha fazla	
	Özel ekipman ihtiyacı	Yok		1		Daha fazla	
	Çok kullanımlı ekipman uygulaması	Hayır		Belki		Evet	
Toplam Si		S1=	0	S2=	0	S3=	0
Yüzdelik oran Ai		A1=	0.0	A2=	0.0	A3=	0.0
Değerlendirme Sonuçları		Kolay gerçekleştirilebilir		Gerçekleştirilebilir		Zor gerçekleştirilebilir	

Bağlantı Tipi Sayısı: Parçaların kaç farklı tipte bağlantıya sahip olduğunun bilgisini içerir. Farklı bağlantı tipi, o bağlantıyı çözmek için farklı takım gerektirebileceğinden, bağlantı tipi sayısının artması otomatik demontajı zorlaştırıcı bir etkiye sahiptir. Parametreler şu şekildedir;

1 adet

2-3 adet arası

>3 adet

3.3.2. Proses esaslı kriterler

İşlem Tipi: Demonte edilecek parçanın demontaj esnasında hasar görmesinin bir mahsurunun olup olmadığının bilgisini içerir. Parçanın hasarsız bir şekilde demonte edilmesinin gerekiyor olması demontaj işlemini güçleştirici bir etkiye sahiptir. Parametreleri şu şekildedir;

Hasarlı

Kısmen Hasarlı

Hasarsız

Özel Esnek İhtiyaçlar: Herhangi bir firmanın, herhangi bir mamulünün farklı modelleri için parça bazında doğabilecek şekil, malzeme vs. gibi farklılıkların, otomatik demontajı gerçekleştirecek takımlarda farklılıklara sebep olup olmayacağının değerlendirildiği kısımdır. Ne ölçüde özel, esnek ihtiyaçların gerekli olduğunun bilgisini içerir. Bu tarz ihtiyaçlar arttıkça otomatik demontaj güçleşmektedir. Parametreler şu şekildedir;

Hiç

Biraz

Çok

Demontaj Hareket Türü: Parça demonte edilirken gerçekleşen hareketler yerçekimi yönüne yaklaştıkça ve doğrusal oldukça demontaj daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. Parametreler şu şekildedir;

Yerçekimi yönünde doğrusal

Yerçekimi yönünde olmayan doğrusal

Karmaşık

Görülebilirlik: Parçanın açık bir biçimde görülebilir olması demontajı kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Parametreler şu şekildedir;

Direk ve tamamen

Direk fakat kısmen

Direk yada hiç görülemeyen

Bağlantı Noktası / Tutma Yüzeyine Ulaşılabilirlik: Bağlantı noktası yada tutma yüzeyine ulaşabilmek için demonte edilecek parça etrafında yeterli boşluk olup olmadığının bilgisini içerir. Parametreler şu şekildedir;

Sınırsız

Kısmen sınırlı

Oldukça sınırlı

Sensör İhtiyacı: Herhangi bir bağlantı noktasına yada tutma yüzeyine ulaşmak için sensöre ihtiyaç olup olmadığının ve bilgisini içerir. Parametreler şu şekildedir;

Gerek yok

Standart sensorler gerekli

Özel sensörler gerekli

Demontaj İşlemi İçin Hassasiyet İhtiyacı: Demontaj işleminin ne kadar bir sapmada dahi sorunsuz gerçekleştirilebileceğinin bilgisini içerir. Hassasiyet arttıkça otomatik demontaj güçleşmektedir. Parametreler şu şekilde tespit edilmiştir;

10 mm

1 mm

1 mm'den az

Demonte Edilecek Parçanın Sabitlenmesi: Demontajı gerçekleştirilecek olan parçanın sabit olup olmadığı, sabit değilse ne ölçüde sabitlenmesi gerektiğinin bilgisi tanımlanır. Sabitleme ihtiyacının olması demontajı zorlaştırıcı bir etkiye sahiptir. Parametreleri şu şekildedir;

Gereksiz

Kısmen gerekli

Kesinlikle gerekli

Kontrol Fonksiyonu yada Çevrim Gerekliliği: Gerçekleştirilmiş olan demontaj işleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilemediğinin kontrolünün gerekliliğine dair bilgiyi içerir. Kontrol fonksiyonun gerçekleşmesine yardımcı bilgi verir. Çevrim ise kontrol gerçekleştikten sonra geri beslemeyle proses üzerinde değişikliğe sebep olabilecek müdahalede bulunulmasıdır. Parametreleri şu şekildedir;

Gereksiz

Kontrol gerekli

Çevrim gerekli

Demontaj Sonrası Parça Depolama: Demontaj işleminden sonra parçaların depolanırken nasıl hareket edilmesi gerektiğinin bilgisini içerir. Parçaların malzemesine göre yada , belli bir pozisyonda yerleştirilmesi gerekliliğine göre otomatik demontaj işlemi zorlaşabilmektedir. Parametreleri şu şekildedir;

Katı malzeme, türü ve depolama şartları önemli değil

Katı malzeme, türü ve depolama şartları belli

Belli şartlarda ve öncelikli pozisyona sahip

Güvenlik İhtiyacı: Otomatik demontaj işleminin makinalar ve çevre güvenliği açısından bir risk taşıyıp taşımadığının ve ne tarz önlemler alınması gerektiğinin bilgisini içerir. Güvenlik ihtiyacı arttıkça otomatik demontaj güçleşmektedir. Parametreleri şu şekildedir;

Hiç yada genel makina güvenliği

Makina güvenliği ve yangından korunma

Özel koruma gereçleri

3.3.3. Ekipman esaslı kriterler

Herhangi bir parçanın demontajını gerçekleştirebilmek için gerekli, demontaj takımı, tutma takımı, transport için gerekli araçlar yada aletler, sensörler gibi yardımcı cihazlara ne ölçüde gerek olduğunun bilgisini içerir. Bu tarz ihtiyaçların sayısı arttıkça otomatik demontaj da karmaşılaşmakta ve güçleşmektedir.

Gerekli Ekipman Sayısı: Bir otomatik demontaj işlemi için ne ölçüde ekipmana ihtiyaç olduğunun bilgisini içerir. Parametreleri şu şekildedir;

1

2

Daha fazla

Gerekli Ekipman Tipi Sayısı: Bir otomatik demontaj işlemi için gerekli ekipman çeşidi sayısının bilgisini içerir. Parametreleri şu şekildedir;

1

2

Daha fazla

Özel Ekipman İhtiyacı: Özel ekipmanlara ihtiyaç olup olmadığının bilgisini içerir. Parametreleri şu şekildedir;

Yok

1

Daha fazla

Çok Kullanımlı Ekipman Uygulaması: Birden fazla prosesi birarada gerçekleştirebilen ekipmanlara olan ihtiyacı ölçüsüdür. Parametreleri şu şekildedir;

Hayır

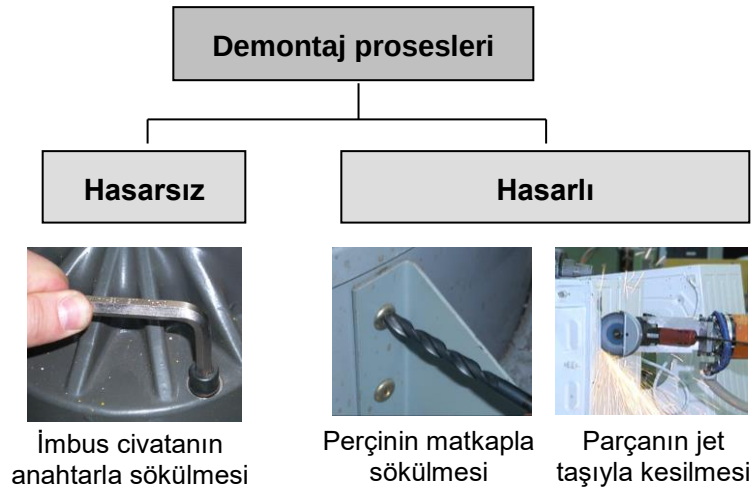
Belki

Evet

3.4. Demontaj Proses Tipleri

Mamullerin montajında kullanılan bağlama elemanları ve bağlama yöntemlerindeki çeşitlilik mamulün demontajında da farklı birçok prosese neden olmaktadır. Ancak çoğu zaman demontaj prosesleri montaj proseslerinden farklılıklar göstermektedir. Yani demontaj proseslerini montaj proseslerinden ayrı olarak ele alıp geliştirmek gerekmektedir. Benzer şekilde kullanılacak takımlarda da farklılıklar kaçınılmaz olmaktadır.

Demontaj proseslerini “Hasarlı” ve “Hasarsız” demontaj prosesleri olmak üzere iki ana sınıfa ayırmak mümkündür (Şekil 3.5). Hasarsız demontaj proseslerinde ne demonte edilecek parça ne de bağlama elemanı bir hasar görmeksizin demontaj işlemi gerçekleştirilir. Bu tür demontaj işlemleri özellikle tekrar kullanılmak istenen parçaların demontajında önem kazanmaktadır. Ancak hasarsız demontaj işlemlerini gerçekleştirmek genelde daha zor olduğu gibi birçok farklı ve gelişmiş takımlara olan ihtiyacı da artırmaktadır. Hasarlı demontaj işlemleri ise parça yada bağlama elemanının asıl fonksiyonunu artık gerçekleştiremeyecek şekilde hasara uğratılmasıyla yapılan demontaj işlemleridir. Şayet sadece bağlama elemanı hasara uğratılarak fonksiyonunu yitirmiş ve kısmen hasarlı bir demontaj prosesi gerçekleştirilmiş ise parçanın tekrar kullanımı mümkün olabilmektedir. Hasarlı demontajda genelde takım ve proses çeşitliliği daha azdır ve demontaj daha basit takımlarla, daha kolay ve hızlı gerçekleştirilebilmektedir. [2,8,9]

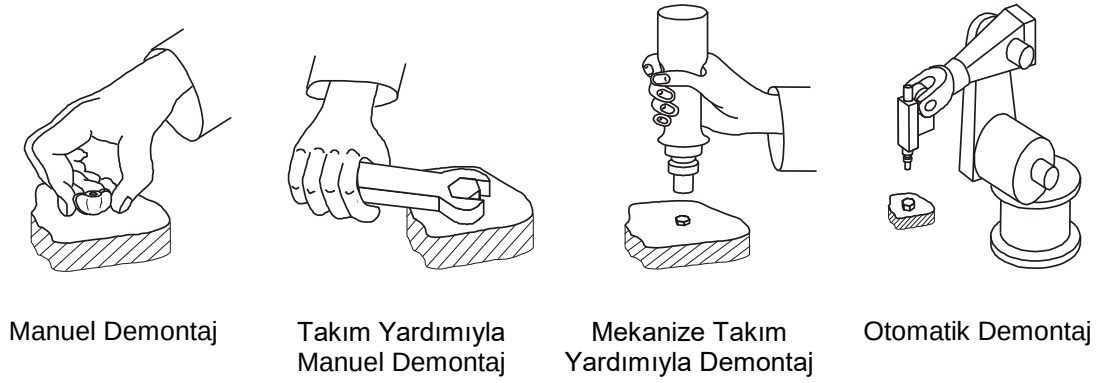


Şekil 3.5. Demontaj proses tipleri

Demontaj proseslerini hasarlı ve hasarsız olması yanında demontajı gerçekleştirmek için kullanılan ekipmanlar açısından da sınıflandırmak mümkündür (Şekil 3.6).

Manuel demontaj: Herhangi bir takım kullanmaksızın tamamen manuel gerçekleştirilen demontaj proses tipidir.

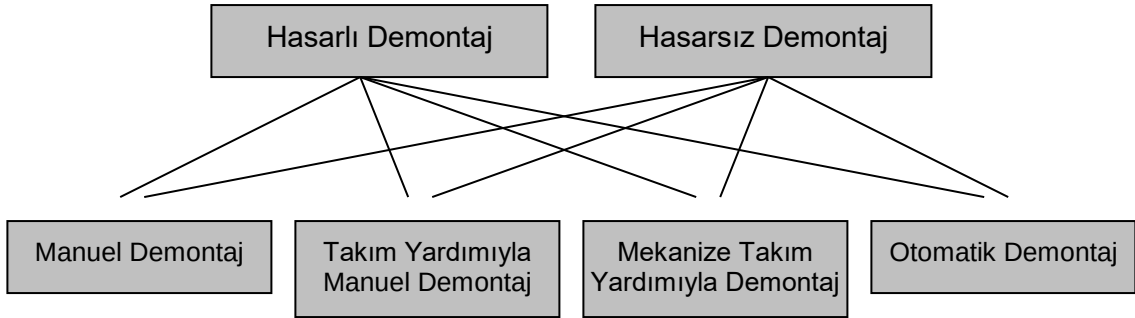
Takım yardımıyla manuel demontaj: Motorlu olmayan herhangi bir takım (tornavida, pense, yan keski vb.) yardımıyla ve manuel gerçekleştirilen demontaj işlemleridir.



Şekil 3.6. Kullanılan ekipmanlar açısından demontaj proses tipleri

Mekanize takım yardımıyla demontaj: Motorlu takımlar (şarjlı tornavida, jet taşıyla kesme vb.) yardımıyla manuel gerçekleştirilen demontaj işlemleridir.

Otomatik demontaj: Manuel işlem olmadan, robotlar yardımıyla tamamen otomatik olarak gerçekleştirilen demontaj işlemleridir.



Şekil 3.7. Demontaj proses tipleri

Hasarlı ve hasarsız demontaj proses tipleri ile kullanılan ekipmana göre ortaya çıkan demontaj proses tipleri arasında kombinasyonlar oluşturulabilir. Örneğin; takım yardımıyla gerçekleştirilen manuel demontaj işlemini hasarlı veya hasarsız şekilde gerçekleştirmek mümkündür. Bu şekilde bir kombinasyon sonucu toplam olarak 8 farklı demontaj prosesi tanımlamak mümkündür (Şekil 3.7).

3.5. Demontaj Bilgi Tabanı

Demontaj bilgi tabanı, belli bir mamulün parçaları için ayrıntılı parça sınıflandırması tamamlandıktan ve demonte edilecek parçalar ve demontaj proses tipleri belirlendikten sonra bu mamul hakkında alternatif demontaj senaryolarını da kapsayacak şekilde demontaj işlemine son şeklinin verilmesinde kullanılacak bilgilerin belli derlenip toplanmasını sağlar. [11,12]

3.5.1 Parça ve Proses Esaslı Demontaj Adım Grafikleri

Proses esaslı demontaj adım grafiği: Bir mamulün demonte edilişinin adım adım grafiği niteliğindedir. Grafik oluşturulurken prosesler esas alınır. Parça bir veya birden çok farklı bağlantı tipi kullanılarak monte edilmiş olabilmektedir. Dolayısıyla her bağlantı tipinin farklı takımlar kullanarak, farklı proseslerle demonte edilmesi gerekebilmektedir. Proses esaslı demontaj adım grafiği, parçaların demonte edilebilmesi için gereken bütün adımları gösteren bir grafikdir. Prosesler arası ilişkiler ve öncelik sırası da yine bu grafikten görülebilmektedir. Bu tarz bir grafik örnek uygulama için Bölüm 5 'de takdim edilmiştir.

Parça esaslı demontaj adım grafiği: Bir mamulden demonte edilecek parçaların parça listesi niteliğinde ve parçaların demontaj önceliğini gösteren bir grafikdir. Her parçanın demonte edilebileceği bir adım yani kendine ait bir demontaj önceliği vardır. Bu durum parçaya erişebilirlikle alakalıdır ve "seviye" olarak tanımlanır. Parça esaslı demontaj adım grafiği parçaların demontajı için gerekli prosesler belirtilmeden sadece erişilebilirlik seviyelerini gösteren bir grafikdir. Bu tarz bir grafik Çamaşır Makinası için Bölüm 5 'de takdim edilmiştir.

3.5.2 Demontaj Süreleri Takip Çizelgesi

Daha önce de belirtildiği gibi bir parçanın demontajı farklı prosesler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Önemli olan bu alternatif prosesler arasından en uygun olanını seçebilmektir. Bu seçimi gerçekleştirirken dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biri süredir. Yani en kısa sürede gerçekleşen demontaj prosesinin belirlenmesi tercih edilecek demontaj yöntemini tespit etmede önemli bir bilgidir. Bu nedenle herhangi bir parçanın demontaj yöntemi belirlenirken öncelikle yukarıda belirtilen 8 farklı proses arasından makul olan alternatif tüm demontaj prosesleri o parça için tatbik edilir ve Tablo 3.3'te bir kısmı verilen demontaj süreleri takip çizelgesi

doldurulur. Daha sonra alternatif demontaj yöntemleri arasından en kısa sürede gerçekleşeni tespit edilerek demontaj işleminin optimizasyonu gerçekleştirilebilir.

İşlem süresi: İşlem süresi parçanın sökölme işlemi için gereken ham süredir. Kullanılan takım yada sökülen parçanın taşınması gibi süreleri kapsamamaktadır.

Parçayı tutup taşıma süresi: Parçanın sökölmesi tamamlandıktan sonra tutulma ve taşınması esnasında geçen süredir.

Takım alma süresi: Gerçekleştirilecek demontaj prosesinin tipine göre kullanılacak takım veya takımların bulundukları yerden alınarak demontaj prosesine hazır hale getirilmeleri için gereken süredir.

Takım bırakma süresi: Demontaj işleminin tamamlanmasının ardından demontaj esnasında kullanılmış olan takım veya takımların alındıkları yere bırakılmaları için gereken süredir.

Tablo 3.3. Demontaj süreleri takip çizelgesi

Adım No	Parça Adı	Manuel Demontaj				Takım Yardımıyla Manuel Demontaj								
		Hasarlı		Hasarsız		Hasarlı				Hasarsız				
		İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	Takım Alma Süresi	Takım Bırakma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	Takım Alma Süresi	Takım Bırakma Süresi	
1	Parça 1	-	-	-	-	3.1	2.1	2.2	1.7	52.1	3.2	3.2	2.5	
2	Parça 2	-	-	2.2	2.9	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	Parça 3	-	-	14.1	2.1	6.2	2.2	2.2	2.1	9.3	2.5	2.2	2.1	
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

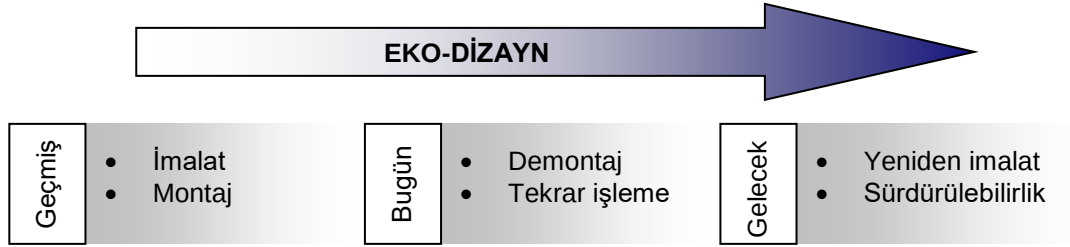
3.5.3 Demontaj Bilgileri Tablosu

Demontaj bilgileri tablosu demontaj proseslerinin tipine karar verildikten sonra demontaj işlemi adımlarının anlatıldığı bir tablo niteliğindedir. Demontaj işleminin manuel mi otomatik mi olduğu, hasarlı mı hasarsız mı olduğu, kullanılan takımlar, demontaj tesisinin yapısına bağlı olarak demontaj işleminin gerçekleştirildiği istasyon numarası, demontaj adım seviyesi, parçaların bağlantı tipleri, demontaj işleminin tarifi ve sökülen parçaların tek başına ve montaj halindeki resim kayıtları gibi bilgileri içermektedir (EK3).

4. OTOMATİK DEMONTAJA UYGUN KONSTRÜKSİYON

4.1. Yeniden Şekillendirme Gerekliliği

Mamul dizaynı, geri kazanım oranını belirleyen son derece önemli etkenlerden biridir. Akıllıca yapılmış bir şekillendirme demontaja uygunluğu artıracağı gibi geri kazanım



Şekil 4.1. Ekonomik ve ekolojik şekillendirmenin gelişimi

amacıyla tekrar kullanılacak parçaların temizlenmesi ve test edilmesini de kolaylaştıracaktır. İmalata, yani montaja uygun şekillendirme özellikleri uzun süredir bilinmektedir. Geri dönüşüm için şekillendirme özellikleri ise yeni gelişmekteki bir konu olup, sürdürülebilir bir ekolojik denge için gelişimi kaçınılmazdır. Geçmişteki çalışmalar daha çok ekonomik şekillendirme özellikleri ortaya koyarken şimdilerde hem ekonomik hem de ekolojik dizaynlara, “Eko-dizayn” ihtiyaç vardır. Halen bu iki kavramı biraraya getiren misaller çok olmasa da, yapılan çalışmalar bu yöndedir. [2]

Mamullerin ömrünü imalat, kullanım ve ömür sonu olmak üzere üç safhaya ayırmak mümkündür. Her safhanın kendine ait ekonomik ve ekolojik şekillendirme özellikleri mevcuttur. İlk iki safha yani, mamullerin imalat ve kullanım safhaları eko-dizayn nitelikleri açısından günümüzde belli bir seviyeye gelmiş safhalardır. Ancak ömür sonu ve kullanılmış mamullerin geri kazanımı safhası, yakın zamanlarda incelenmeye başlanmış bir safhadır. Bu maksatla konstrüktörlerin bir mamulü dizayn ederken kullanabilecekleri şekillendirme yönergeleri de tespit edilmemiştir. Bu bölümde geri kazanıma uygun şekillendirme yönergeleri önerilmektedir.

Mevcut mamuller geri kazanım amacıyla demonte edilğinde karşılaşılabilecek güçlükler yeniden şekillendirmeye olan ihtiyacı da sergileyecektir. Demontaj için yüksek süre ve yüksek efor gerektirmeyen, otomatik demontaja, malzeme geri dönüşümü ve parçaların tekrar kullanımı gibi geri kazanım metodlarına uygun konstrüktif özelliklerin yeniden şekillendirilecek mamullere uygulanması gerekmektedir.

4.2. Geri Kazanıma Uygun Şekillendirme Yönergeleri

Yeniden imalata yönelik geri kazanım metodlarını, geri dönüşüm ve tekrar kullanım olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Mamulün geri kazanım için demonte edilmesi, dolayısıyla demontaja uygun bir dizayna sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle şekillendirme yönergelerini geri kazanım açısından demontaja yönelik şekillendirme yönergeleri, tekrar kullanıma yönelik şekillendirme yönergeleri ve geri dönüşüme yönelik şekillendirme yönergeleri olmak üzere üç sınıfta değerlendirmek uygun olacaktır. Geri kazanıma yönelik şekillendirme yönergelerini yukarıdaki gruplamadan farklı olarak “Parçayla ilgili” ve “Prosesle ilgili” olmak üzere iki sınıfa ayırmak da mümkündür. [1,3,12-15]

4.2.1. Parça esaslı yönergeler

Parçayla ilgili şekillendirme yönergelerini bir mamulün parçalarının yerleşim özelliklerini düzenleyen “yapı” ile ilgili yönergeler, parçaların geometrik özelliklerini düzenleyen “şekil” ile ilgili yönergeler, parçaların malzeme özelliklerini düzenleyen “malzeme” ile ilgili yönergeler ve parçaları bağlamada kullanılan yöntemleri düzenleyen “bağlama elemanları” ile ilgili yönergeler olmak üzere dört gruba ayırmak mümkündür.

Yapıyla ilgili yönergeler: Bir mamulün parçalarının mamul içindeki yerleşim planı, parçaların birbirleri arasındaki yapısal ilişkiler ve genel olarak mamulün yapısına ilişkin kriterlerdir.

- Mamulü oluşturan tüm parçalar gözden geçirilmeli ve aynı işlevi yerine getirebilecek daha az sayıda parçaya sahip mamuller tasarlanmalıdır.
- Firmalar genellikle teknolojik, estetik veya kanuni yaptırımlar sonucu ürettikleri mamullerde çok sık model değişikliklerine gitmektedirler. Mamul yelpazesinde çeşitliliğe sebep olan ve geri kazanım amaçlı demontaj işlemlerini güçleştirecek bu değişiklikleri azaltmak için belli bir olgunluğa erişmiş ve çok sık müdahale gerektirmeyecek konstrüksiyonlara ulaşılmalıdır.

- Modüler dizayn geliştirilmeli ve mamuller değiştirilebilir blok veya modüllerden oluşturulmalıdır. “Modüler dizayn” farklı uygulamaların daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesini sağlayan fonksiyon ve/veya şekil bazındaki gruplamalardır. Modüler dizaynın avantajları;
 - Mamuldeki karmaşıklığın azalması
 - Mamul gelişimini hızlandırması
 - İmalat ve mamul geliştirme maliyetlerinin azalması
 - Mamul kalitesinin artması
 - Çevreye olan zararlı etkilerin azalması
 - Ortak malzeme kullanımı, uyumlu malzemelerin gruplandırılması ve geri dönüşüm kolaylığı
 - Yeniden kullanılabilir modüller yada parçalardan oluşması
 - Estetik, teknolojik ve kanuni yaptırımlara daha kolay uyum sağlayabilmesi
 - Bakım ve onarım servis kalitesinin artması
 - Yedek parça ve yan sanayi hizmetlerindeki kalitenin artması
 - Kişiye özel çeşitlilikte mamuller sunulabilmesi
- Benzer yada daha gelişmiş fonksiyonları yerine getirebilecek farklı parçaların mamul içine monte edilmesinde ortak arayüzler kullanılmalıdır. Yani fonksiyonel olarak bağımsız ama şekil olarak bağımlı modüller geliştirilmelidir. Böylece hem demonte daha kolay gerçekleşecek hem de teknolojik gelişmelere bağlı olarak oluşabilecek parça varyasyonlarının kullanımına imkan sağlanabilecektir.
- Tekrar kullanılabilir parçalar aynı modül üzerine yerleştirilmeli ve geri kazanım sözkonusu olduğunda kolayca bir grup halinde mamulden demonte edilerek uzaklaştırılabilmelidir. Benzer şekilde malzemesi birbiriyle uyumlu parçaların veya çevreye zararlı parçaların geri dönüşüm amacıyla fiziksel olarak bağımsız modüller halinde tasarlanması demontaj işlemini dolayısıyla geri kazanımı kolaylaştıracaktır.

Şekille ilgili yönergeler: Bir mamulün parçalarının geometrik özelliklerine ilişkin kriterlerdir.

- Karmaşık geometrili parçalardan kaçınılmalıdır. Özellikle demotaj esnasında parçaların tutulup taşınmasında güçlüklerle sebep olabilmektedir.
- Düzgün şekilli ve simetrik parçalar dizayn edilmelidir. Yine özellikle tutma ve taşıma işlemlerinde hem ağırlık merkezinin yerinin tesbiti hem de tutma işleminin daha rahat gerçekleştirilebilmesi için simetrik ve düzgün şekilli bir parça çok daha avantajlıdır.
- Otomatik olarak gerçekleştirilecek bazı demontaj işlemlerinde sensör kullanımına ihtiyaç olmaktadır. Şayet böyle bir durum sözkonusu ise parçanın sensörler tarafından kolayca algılanabilir bir geometriye sahip olması gerekmektedir. Keskin ve düz kenarlar, üzerinde eğim veya girinti ve çıkıntı olmayan düz yüzeylerden oluşan parçalar tasarlanmalıdır.
- Çok büyük ve çok küçük geometrilerden kaçınılmalıdır. Özellikle otomatik demontaj sözkonusu olduğunda robotların hareket hassasiyetleri ve yük limitlerine (parça geometrisi ve ağırlığı açısından) uygun şekillendirme gerçekleştirilmelidir.

Malzemeyle ilgili yönergeler: Bir mamulü oluşturan parçaların malzeme özelliklerinin nasıl olması gerektiğine ilişkin yönergelerdir. Daha çok geri dönüşüme yönelik şekillendirme yönergeleridir.

- Şekillendirmede kullanılan malzeme miktarı ve imalat esnasında çıkan malzeme firesi azaltılmalıdır.
- Çevre için zararlı, zehirli (kurşun, kadmiyum, asbestos, civa vb.) ve ozon tabakasını delici (Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), Chlorofluorocarbons (CFCs) vb.) maddelerin kullanımından kaçınılmalıdır.
- Geri dönüşüm imkanı olmayan kompozit malzemelerden kaçınılmalıdır. Termoplastik matrisli kompozitler tercih edilebilir. Fakat homojen malzemeler kullanılması geri dönüşüm açısından çok daha elverişlidir.
- Kullanılan malzeme çeşidi azaltılmalı veya farklı malzemeler kullanılacaksa birbiriyle uyumlu malzemeler tercih edilmelidir. Özellikle plastikler için yapılmış ve malzemelerin birbirleriyle uyumunun gösterildiği pekçok malzeme matrisleri mevcuttur (Şekil 4.2). Malzemelerin birbirine uygun olması demek birlikte işlenebilmeleri demektir. Çok çeşitli plastik malzemeler mevcut olmasına karşın

1990-1995 yılları arasında Kuzey Amerika'da yapılan bir araştırmada en çok kullanılan 7 plastik türü tespit edilmiştir:

1– Üretan: 454 mill. lbs, ± 493 mill. lbs.

2– Polipropilen (PP): 437 mill. lbs, ± 522 mill. lbs.

3–Akrilonitril/Bütadiyen/Sitren (ABS): 281 mill, ± 289 mill. lbs.

4– Polivinilklorid (PVC): 264 mill. lbs, ± 288 mill. lbs.

5– Nylon: 208 mill. lbs, ± 246 mill. lbs.

6– Polietilen (PE): 191 mill. lbs, ± 248 mill. lbs.

7– Polyester kompozit (SMC): 173 mill. lbs, ± 261 mill. lbs.

Şayet bir mamulde plastik malzeme kullanılacaksa yaygın olarak kullanılan bu malzemelerden birini seçmek daha doğru olacaktır. Metal malzemeler için de hazırlanmış uygunluk tabloları mevcuttur. (Tablo 4.1.)

Önemli Plastikler	PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBTP	PETP	PMMA
PE	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
PVC	○	●	○	○	○	○	○	●	●	○	○	●
PS	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PC	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
PP	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
PA	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
POM	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
SAN	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○
ABS	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○
PBTP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PETP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PMMA	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● Uyumlu
 ○ Sınırlı uyumlu
 ○ Az uyumlu
 ○ Uyumsuz

Şekil 4.2. Plastiklerde uyum

Tablo 4.1. Metallerde uyum

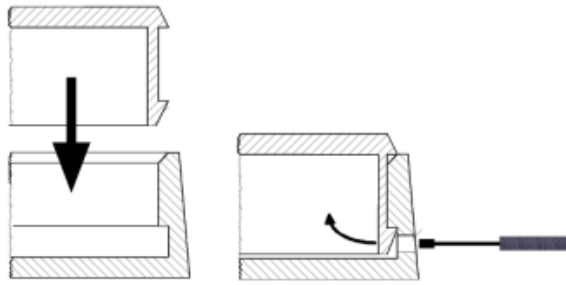
Metal	Malzemenin değerini düşüren elementler	Malzemenin değerini önemli ölçüde düşüren elementler
Bakır (Cu)	Hg, Be, PCB	As, Sb, Ni, Bi, Al
Alüminyum (Al)	Cu, Fe, Polimerler	Si
Demir (Fe)	Cu	Sn, Zn

- Parça malzemesi geri dönüşüme uygun veya geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş ve hammadde olarak tekrar kullanılacak malzemelerden seçilmelidir.

- Rijit malzemelerin kullanımı tercih edilmelidir. Şayet elastik veya yumuşak malzemeler kullanılacaksa, bu tür malzemeler rijit bir kabuk malzemeyle çevrelenmelidir. Örneğin elastik özellik gösteren elektrik kablolarının dizaynında, bu kabloları biraraya toplayan ve uygun bir pozisyonda sabitleyen konstrüktif tedbirler alınmalıdır.
- Özellikle plastik malzemelerden oluşan mamullerde farklı malzemeye sahip parçalar için farklı renkler kullanılarak, parçaların malzemeleri daha belirgin hale getirilmeli ve parçaların üzerine malzemelerin cinsini belirten malzeme kodları işlenmelidir.

Bağlama elemanlarıyla ilgili yönergeler: Bir mamulü oluşturan parçaların birbirine bağlanmasında kullanılan bağlantı metodunun özellikleri ile ilgilidir.

- Özel bağlantı tiplerinden kaçınılmalı, standartlarla belirlenmiş bağlama elemanları ve bağlantı yöntemleri kullanılarak parçalar birleştirilmelidir.
- Bağlama elemanlarının sayısı ve çeşidi mümkün oldukça azaltılmalıdır. Örneğin, bir bağlantı noktasıyla ikiden çok parçanın birbirine bağlanması ve birden fazla bağlantı için birbirinin aynı bağlama elemanlarının (örneğin, vida boyutu ve vida başı formu birbirinin aynı olan vidalar) kullanılması demontaj işlemini daha kolay ve çabuk bir hale getirilebilir.
- Bağlama elemanı olarak klipsli bağlantıların ve vidalı bağlantıların kullanılması, demontaj açısından daha uygundur. Klipsli bağlantılar, özellikle manuel demontaj için oldukça pratiktir. (Şekil 4.3) Otomatik demontaj için ise geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.3. Klips bağlantı örneği

- Yeniden kullanılabilir parçalar için klipsli bağlantıların kullanılması uygun olmakla birlikte uzun süreli çalışmada plastikler üzerinde oluşan sertleşme, yorulma ve çatlak oluşumlarının hesaba katılması gerekmektedir.
- Yapıştırma, lehimleme ve kaynaklı bağlantı yöntemleri demontaj açısından uygun olmayan bağlama yöntemleridir. Demontaj işlemini gerçekleştirebilmek için çok daha özel takımlar ve parçaya hasar verme riski yüksek prosesler gerektirmektedir. Yeniden kullanılması düşünülen bir parça için bu durum hiç elverişli değildir.
- Bağlama elemanlarının sökülerek değilde hasarlı demonte edilerek uzaklaştırılacak şekilde tasarlanması demontaj işlemini kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Bağlama elemanı hasarsız sökülme istense bile, bağlama elemanı üzerinde oluşabilecek yağ, kir, korozyon gibi tabakalar bağlama elemanının hasarsız sökülmesine engel olabilmektedir. Örneğin, civata gibi bağlama elemanlarının tekrar kullanım amaçlı hasarsız demontajı ekonomik olarak çok anlamlı değildir.
- Bağlama elemanlarının malzemesi, bağlamak için kullanıldığı parçayla aynı malzemeden yada yukarıda belirtilmiş olan birbirine uyumlu malzemelerden seçilmelidir. Şayet bağlanacak parçanın plastik ve bağlama elemanının metal olması gerekirse manyetik özellik gösteren metal bağlama elemanları tercih edilmelidir. Böylece geri dönüşüm prosesinde plastik ve metal parçacıkları birbirinden ayırmak çok daha kolay olacaktır.

4.2.2. Proses esaslı yönergeler

Prosesle ilgili şekillendirme yönergelerini bir parçanın demonte edilebilmesi için o parçaya erişebilirlik ve bağlantı noktalarının pozisyonlarını düzenleyen “erişebilirlik ve oryantasyon” ile ilgili yönergeler, bağlantıları sökülen bir parçanın kolaylıkla uzaklaştırılabilmesini düzenleyen “demontaj yolu” ile ilgili yönergeler, bağlantıların sökülmesini düzenleyen “demontaj prosesi” ile ilgili yönergeler, demontajda kullanılacak teçhizatı düzenleyen “araçlar” ile ilgili yönergeler ve kullanım şartlarını düzenleyen “servis koşulları” ile ilgili yönergeler olmak üzere beş gruba ayırmak mümkündür.

Erişebilirlik ve oryantasyonla ilgili yönergeler:

- Bağlantı noktalarına ve parçayı tutma pozisyonuna takımlar rahatça erişebilmeli
- Bir parçanın montajında kullanılan bağlantı noktaları aynı yüzey üzerinde ve belli bir simetriye sahip olacak şekilde yerleştirilmelidir.

- Parça direk olarak ve tamamen görülebilir olmalı
- Bağlantı noktalarına ve tutma yüzeylerine erişebilmek için sensör kullanımına ve yüksek hassasiyete gerek olmaksızın erişim gerekleştirilebilmeli

Demontaj yoluyla ilgili yönergeler:

- Uzun demontaj hatlarından kaçınılmalıdır. Örneğin, kaynaklı ve yapıştırmalı bağlantılar genellikle uzun demontaj yoluna sahiptirler.
- Mamulü oluşturan parçalar yerçekimi doğrultusunda katmanlar halinde yerleştirilerek montaj gerçekleştirilmelidir. Böylece demontaj işleminde esnasında parçaları sabitleme ihtiyacı olmaksızın her parçayı yerçekimi yönünde demonte ederek uzaklaştırmak mümkün olabilecektir.
- En kolay demontaj yolu doğrusal ve yerçekimi doğrultusunda olmalıdır.

Demontaj prosesiyle ilgili yönergeler:

- Tekrar kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir parçalara erişmek için gelecek demontaj adım sayısı azaltılmalıdır.
- Demontaj işleminde süresince, yani parçayı tutan bağlama elemanları sökülürken parçanın sabitlenme gereksinimi olmamalıdır. Ufak parçalarda parçayı hem tutup hem de sökme işleminde gerçekleştirmek pek kolay değildir.
- Parçaların hasarlı yada kısmen hasarlı prosesle demonte edilmeye uygun olması demontaj prosesini kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Özellikle geri dönüşümü düşünülen parçalar için uygulanabilir bir yöntemdir
- Birbirine yakın birden çok bağlantı noktası mevcutsa bu bağlantı noktalarının tek bir operasyonla sklebilmesini sağlayacak şekillendirmeler geliştirilmelidir. Örneğin PCB üzerindeki kablo bağlantı soketleri gibi.
- Kendisi gerçekleştirilmeden önce, başka bir demontaj prosesinin gerekleştirildiğe dair veya kendisinin gerçekleştirildiğine dair kontrol bilgisine ihtiyaç duyan proseslerden kaçınılmalıdır.
- Demontaj sonrası, özellikle yeniden kullanılabilir parçaların depolanması için kolay bir prosese sahip olmalıdır.

Araçlarla ilgili yönergeler:

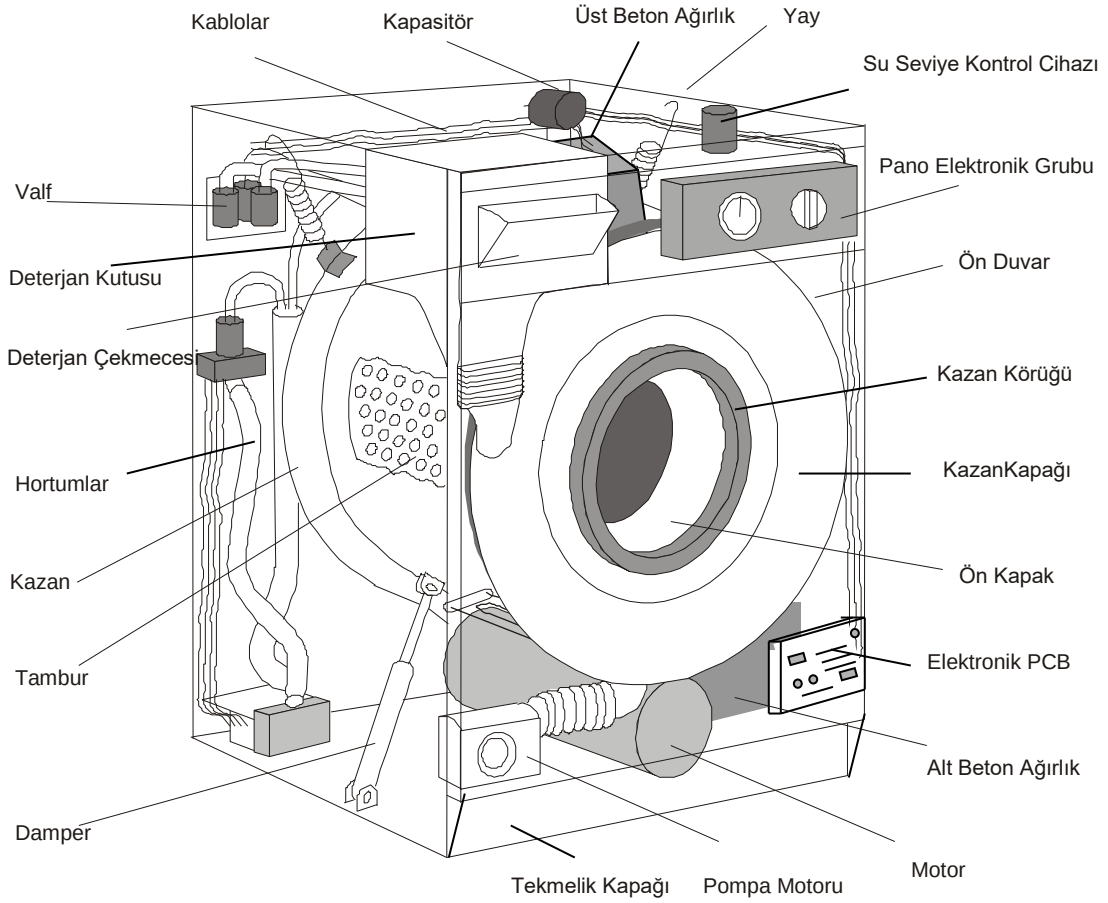
- Basit ve standart takımlar kullanılmalıdır.
- Kullanılacak takım sayısı ve takım çeşidi azaltılmalıdır.
- Aynı anda iki takım kullanmayı gerektiren demontaj proseslerinden kaçınılmalıdır
- Güvenlik tedbirleri almayı gerektirmeyen demontaj prosesleri geliştirilmelidir.

Servis koşullarıyla ilgili yönergeler:

- Özellikle yeniden kullanılacak parçaların geri kazanım amaçlı tekrar toplanma, taşınma, temizlenme, incelenme (test) yeniden montaj, tekrar dağıtım ve yeniden kullanım için gerekli sağlamlığa sahip olması gerekmektedir
- Tekrar kullanılması düşünülen parçalar için ekstra tedbirler alarak mamulün kullanımı esnasında hasar görmesi yada bazı fonksiyonlarını yitirmesi önlenmelidir.
- Tüketicilere geri kazanım hakkında bilgi verilmelidir.

5. ÖRNEK UYGULAMA - ÇAMAŞIR MAKİNALARININ DEMONTAJI

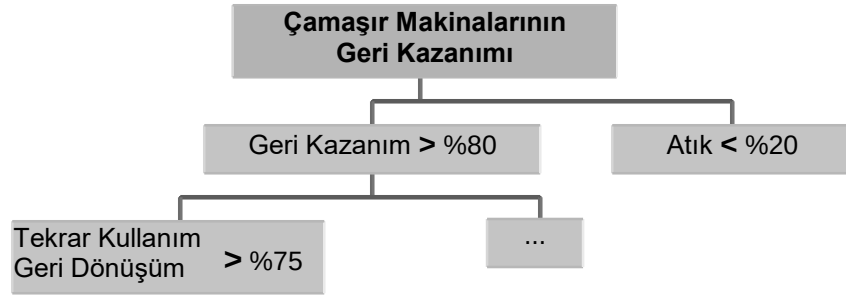
Örnek uygulama olarak çamaşır makinaları için demontaj planlaması ve geri kazanıma uygun yeniden şekillendirilmesi seçilmiştir. Şekil 5.1’de bir çamaşır makinasının sahip olduğu temel bazı parçalar görülmektedir.



Şekil 5.1. Çamaşır Makinası

Avrupa Birliği üyesi ülkelere oluşan Avrupa Parlamentosu’nda kurulan bir komisyonda, elektrikli ve elektronik mamullerin geri kazanılması ve bu tür mamullere ait atıkların çevreye olan zararlı etkilerini azaltmayı hedefleyen ve üye ülkelere kanuni yaptırımlar getiren taslak yönergeye (WEEE) göre üye ülkelere çamaşır makinasını

da içeren büyük elektrikli ve elektronik ev eşyalarının geri kazanımı için gerekli çalışmaların 31 Aralık 2006 tarihine kadar tamamlanması istenmiştir. Çamaşır makinası için ulaşılması istenen geri kazanım oranı ağırlık cinsinden en az %80'dir. Bu geri kazanım oranının ise en az %75'inin geri dönüşüm (recycling) ve yeniden kullanım (reuse) şeklinde olması istenmektedir (Şekil 5.2). [5]



Şekil 5.2. Çamaşır makinası için geri kazanım oranları

Ürünlerin demonte edilerek geri kazanılması amacıyla Berlin Teknik Üniversitesi'ne bağlı Makina Takımları ve Fabrika Yönetimi Enstitüsü'nde (Institute for Machine Tools and Factory Management of Technical University Berlin) bir pilot demontaj tesisi kurulmuştur. Bu tesis özellikle elektronik ve mekanik parçalar içeren ev eşyalarının demontajına yönelik düşünülmüş bir tesistir. Tesiste yürütülen ve tamamlanma aşamasına gelen ilk uygulama çamaşır makinalarının otomatik demontajıdır. İlk etapta Alman markalı çamaşır makinalarına uygulanan çalışmalara Türk markalı bir çamaşır makinası için devam edilerek bu tez kapsamında mevcut tesiste otomatik demontaj gerçekleştirilmiştir.

5.1. Pilot Demontaj Tesisi

Tesis temel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır;

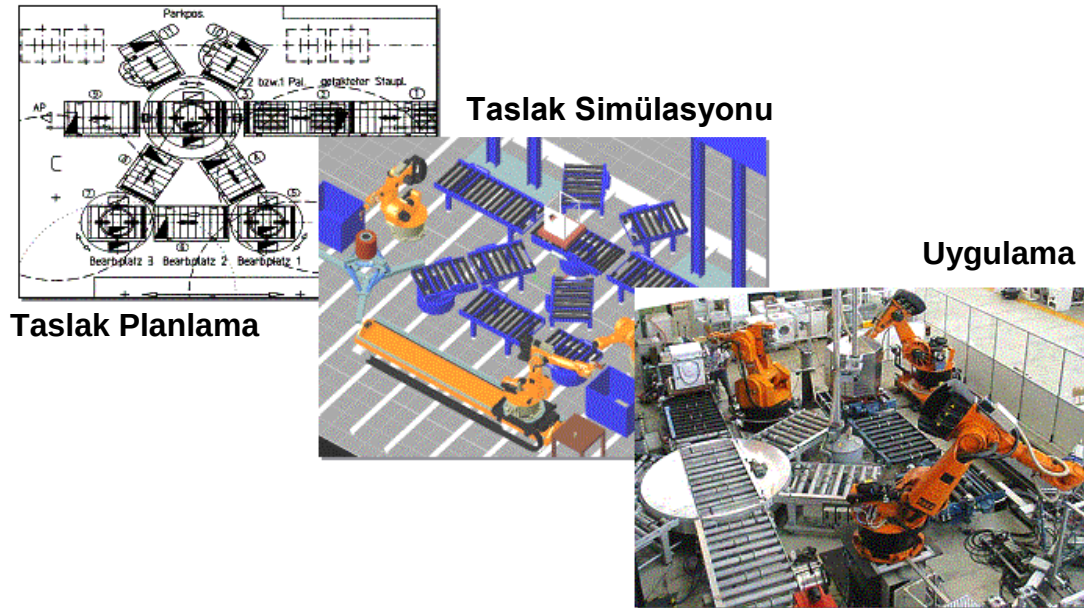
- Otomatik ve hasarlı demontaj istasyonu
- Otomatik ve hasarsız demontaj istasyonu
- Manuel iş istasyonu
- Takım değiştirme sistemi
- Tutma ve nakil sistemi

- Konveyör sistemi
- Sensör sistemi
- Kontrol sistemi

Ekonomik bir demontaj için hibrid bir sistem gerekmektedir. Hibrid sistemin özelliği manuel ve otomatik demontaj iş istasyonlarını içerdiği gibi bu istasyonlar arsında esnek malzeme akışına uygun nakil sistemlerini de içermesidir. Bunun yanında otomatik yöntemlerle demonte edilecek parçaların yine otomatik olarak nakli gerçekleştirilmelidir. Bu iş tek robotla yapılacaksa parçayı hem sökecek hem de tutacak bir takım gerekmektedir. Bu karmaşık ve pek esnek olmayan bir çözümdür. Bunun yerine iki robot kullanarak ve birisiyle parçayı tutarken diğeriyle sökme işlemini gerçekleştirme çok daha pratik ve esnek bir çözümdür. Bu yüzden otomatik demontaj iş istasyonlarında demontaj ikişer robotla gerçekleştirilecek şekilde bir demontaj tesisi tasarlanmıştır. [6]

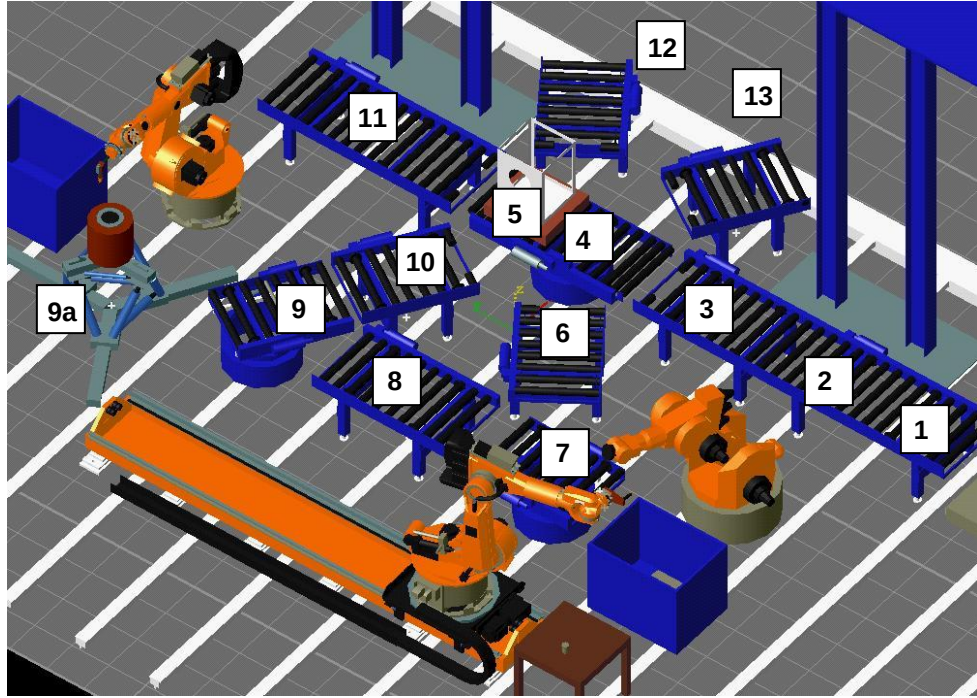
5.1.1. Taslak planlama ve değerlendirme

Pilot demontaj sistemi planlanırken demonte edilmesi düşünülen ürünler gözönüne alınmıştır. Örneğin bir çamaşır makinasının nasıl demonte edilebileceği düşünülmüş, sonrasında ihtiyaçlara cevap verebilecek bir demontaj tesisi tasarımına gidilmiştir. İş istasyonlarının şekli ve konumuna, iletim hatlarının şekli, çalışma prensibi ve



Şekil 5.3. Pilot demontaj tesisi gerçekleştirme adımları

konumlarına ve robotların konumu ve hareket alanının genişliğine bağlı olarak 30 farklı tesis taslağı oluşturulmuştur. Bunlar arasında esneklik, maliyet, güvenlik ve karmaşıklık açısından bir değerlendirme yapılmış ve taslaklardan en uygun olan tespit edilmeye çalışılmıştır. Tesisin esnek bir yapıya sahip olması en önemli kriter olarak gözönüne alınmıştır. Şekil 5.3'de taslaklar arasından seçilen pilot demontaj tesisinin taslak, simülasyon ve gerçekleştirilmiş hali görülmektedir. Şekil 5.4'de robotların bulunduğu ön kısımdaki iletim bantları (6, 8 ve 10) ve iş istasyonları (7, 9 ve 9a) otomatik demontaj, arka kısımdaki iletim bantları ve iş istasyonları (12 ve 13) ise manuel demontaj işlemleri için kullanılmaktadır. Bu taslağın en önemli avantajları manuel ve otomatik demontaj iş istasyonları arasında her iki yönde lineer transporta izin veren, ağır yüklerin iletimine son derece uygun, merdaneli yani dönerek iletim gerçekleştiren bir iletim hattına sahip olmasıdır.



Şekil 5.4. Otomatik demontaj tesisinin simülasyon görüntüsü

5.1.2. Tesis araçları

Otomatik demontaj tesisinde 2 adet KUKA150/200 , 1 adet KUKA 160/60 sanayi robotu mevcuttur. Bu robotlar yük taşıma kapasiteleri ve hareket serbestlikleri bakımından farklıdır. KUKA 160/60 60 kg yük taşıma kapasiteli ve izafi olarak daha kısa bir çalışma alanına hakimdir. Diğer iki KUKA 150/200 robotları ise 150 kg yük

kaldırabilmekte ve izafi olarak daha geniş bir alana hakim ve daha fazla hareket serbestliğine sahiptirler. Otomatik demontaj tesisinin simülasyon görüntüsüne göre (Şekil5.4) soldaki robot genellikle hasarsız demontaj işlerinde ve parçaların tutulup taşınması işlerinde kullanılmaktadır. Sağdaki robot demonte edilecek ürünün komple iş istasyonlarına nakli ve sökülen bazı parçaların da tutularak uygun şekilde taşınması için kullanılmaktadır. Ortadaki robot 4 m uzunluğundaki lineer bir bant üzerinde hareket kabiliyetine sahiptir ve farklı iş istasyonlarında görev almaktadır. Bu robotla özellikle hasarlı demontaj işlemleri gerçekleştirilmektedir. Diğer robotlarla birlikte çalışmaktadır. Bu şekilde demontaj için gerekli çalışma alanı arttırılmıştır. Bu robot demontajı gerçekleştirirken diğer robotlar demonte edilen parçayı yada parçaları tutmakta ve uygun şekilde uygun yerlere nakletmektedirler.

Sistem basıçlı havayla ve data transferi ile de desteklenmektedir. Bu yüzden demontaj adım sırası yada kullanılan takımlarda olabilecek değişiklikler sisteme kolayca adapte edilebilmektedir. Bu robotlar PC bazlı olarak, ölçme ve değerlendirme için analog giriş ve çıkış, network bağlantısı ve açık kontrol yapısı ile techiz edilmiştir. Bu robotların programlanmasında üretici firmanın kendi adına geliştirdiği Pascal ve Basic benzeri bir programlama dili KRL (Kuka Robot Language) kullanılmaktadır. Bütün robotlar Schunk firmasına ait, GWS 125 takım değiştirme sistemine sahiptir.

Bunlara ek olarak 12 serbestlik derecesine sahip 'Dodekapod' adında bir alt proje olarak yeni bir parça sabitleme (tutma) platformu dizayn edilmiştir (Şekil5.5). Bu platform üzerine konan demonte edilecek nesneyi uygun pozisyonda sabitleyerek demontajı gerçekleştiren robotların işlerini kolaylaştırmaktadır. Platform, yatayla 85°'lik açı yapacak kadar üzerine konan bir parçayı pozisyonlayabilmektedir.



Şekil5.5 Dodekapod

5.1.3. Takımlar

Takımlar, hasarlı ve hasarsız demontaj işlemlerini gerçekleştiren “demontaj takımları”, demonte edilen parçaların tutulmasını ve taşınmasını gerçekleştirecek “tutma ve taşıma takımları” ve hem demontaj işlemini gerçekleştiren hem de parçanın tutularak taşınmasını sağlayan “karma takımlar” olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. [6-8]

Demontaj takımları (disassembly tools):

- Vida sökme takımı (hasarsız demontaj)
- Plazma ark yöntemiyle kesme takımı (metal yüzeyleri kesmek için)
- Abrasif kesme takımı (metal yüzeyleri kesmek için)
- Hidrolik makas

Tutma ve taşıma takımları (handling tools):

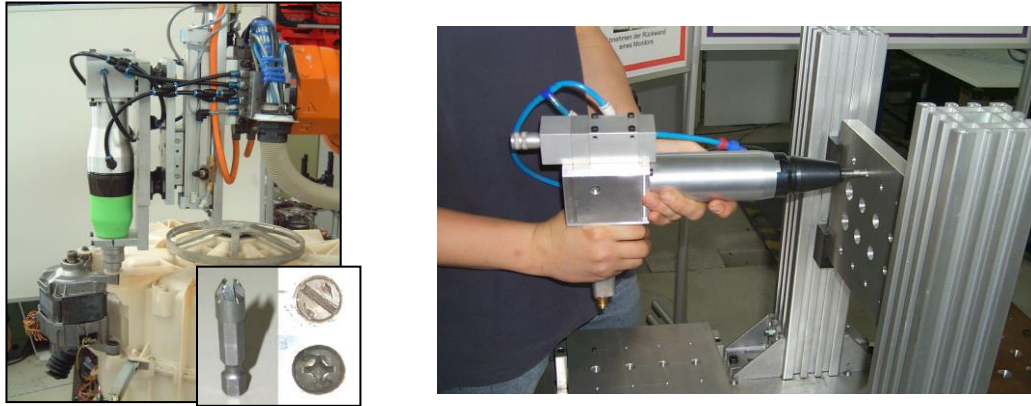
- Vakumla tutucu takım (yassı yüzeye sahip parçalar için)
- İki parmaklı tutucu takım (paralel yada silindirik yüzeye sahip parçalar için)
- Parça yüzeyine göre şekil alan tutucu takım (karmaşık yüzeyli parçalar için)
- Vidalı tutucu takım (ince plastik yada metal parçalar için)

Karma takımlar (mixed tools):

- Makaslı tutucu takım

Demontaj takımları: Demontaj takımları, bir ürünün parçalarını birarada tutmaya yarayan bağlantı noktalarının sökülmesinde veya parçalarına ayrılmasında kullanılan takımlardır. Bu takımlar, demontaj işlemini hasarlı veya hasarsız gerçekleştirebilmektedir.

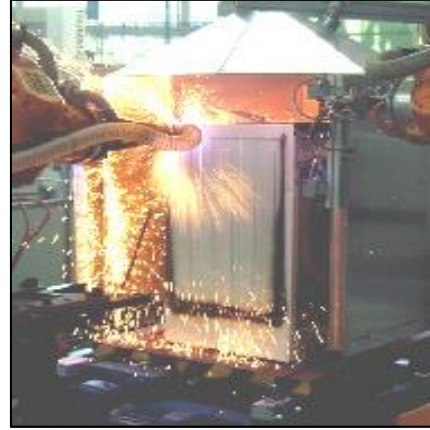
Vida sökme takımı: Vidalar hasar görmekle birlikte, demonte edilecek parçalar bakımından hasarsız demontaj gerçekleştiren bir takımdır. Vida başının geometrik yapısından bağımsız olarak hemen her tipte vidanın sökülmesi işleminde kullanılabilir. Manuel ve otomatik olmak üzere iki tipi mevcuttur (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Otomatik ve manuel vida sökme takımları

Otomatik olarak çalışan vida sökme takımının, vidanın yerini tespit edebilmesi için takıma bağlı olan bir kamera yardımıyla, vidalı bağlantıyı da içeren görüntü bir bilgisayara aktarılmakta, bir bilgisayar programı yardımıyla bu görüntü analiz edilmekte ve vidanın yeri tespit edilerek takım vidaya yanaşmaktadır. Takım, sökölme istenen vidanın başına dayandırıldıktan sonra takım tarafından, pnömatik olarak çalışan mekanizma yardımıyla oluşturulan ani darbelerle vida başı üzerinde bir iz (çalışma yüzeyi) meydana getirilmektedir. Darbeler esnasında kullanıcıya etkiyecek tepki kuvveti minimize edilmiştir. İzin oluşturulmasında maksimum 15 Joule enerji gerekmektedir. Darbelerin frekansı yaklaşık bir saniyede 50 kez olup kullanıcı tarafından vida boyutuna ve malzemenin sertliğine bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Oluşturulan bu iz yardımıyla takım tarafından üretilen moment vidaya aktarılır ve böylece vida sökölmeğe başlar. Bu işlem sırasında vida hasar görürken demontajı gerçekleşecek parçada herhangi bir hasar meydana gelmemektedir. Zaten vida gibi standart bağlama elemanlarının hasarsız demontajı çok da anlamlı değildir. Çünkü bu vidaların taşınması, temizlenmesi ve kontrolü yeni bir vidanın satın alınıp kullanılmasından çok daha masraflı bir iştir.

Plazma yöntemiyle kesme takımı: Hasarlı demontaj işlemi gerçekleştirmektedir. Yüksek kesme hızına sahiptir ve çapaksız yüzeyler sağlamaktadır. Bu yüzden ince kesitli ve metal malzemeli yüzeylere sahip ev eşyalarının demontajında oldukça kullanışlı ve düşük çalışma kuvvetlerinden dolayı avantajlıdır. En önemli dezavantajları bu yöntemin plastik vb. yanıcı özellik gösteren malzemeler için uygun olmayışı ve işlem sırasında oluşan

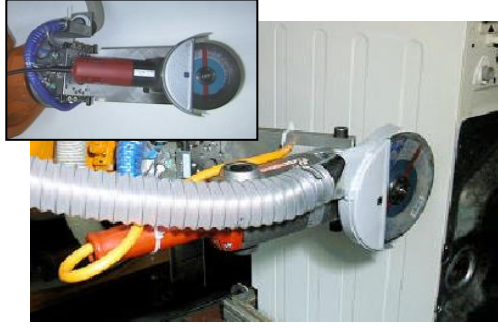


Şekil5.7 Plazma yöntemiyle kesme takımı

(Şekil5.7)

Abrasif kesme takımı: Hasarlı demontaj işlemi gerçekleştirmektedir. Normalde manuel kullanılan bir kesme takımı bir aparat yardımıyla robota bağlanmış ve robot kontrollü çalıştırılmaktadır. Karmaşık yüzeye sahip parçaların kesilmesinde kullanılabilir. Kesme esnasında çıkan toz ve dumanın ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Metal dışı malzemeler için de kullanılabilir. Metallerde kesme yüzeyinde çapaklar kalabilir. (Şekil5.8)

Hidrolik makas: Kurtarma ekiplerinin kullandığı türden hidrolik bir makastır. Uygun bir aparatla robota bağlanmakta ve robot kontrollü kullanılmaktadır. Hasarlı demontaj işlemi gerçekleştirmektedir. Yayların, damperlerin, kabloların, hortumların ve küçük yassı parçaların kesilmesinde kullanılmaktadır. Yüksek kesme kuvvetlerine ulaşabilmektedir. (Şekil5.9)



Şekil5.8 Abrasif kesme takımı



Şekil5.9 Hidrolik makas

Tutma ve taşıma takımları: Tutma ve taşıma takımları, bir ürünü oluşturan parçaların gerek demontaj işlemleri esnasında demontaj takımına yardımcı olmak maksadıyla sabitlenmesi, gerekse demontaj işleminden sonra parçaların taşınarak uygun şekilde depolanması işlerinde kullanılan takımlardır. Tutma ve taşıma işlemi hasarlı veya hasarsız olabilmektedir.



Şekil5.10 Vakumla tutucu takımlar

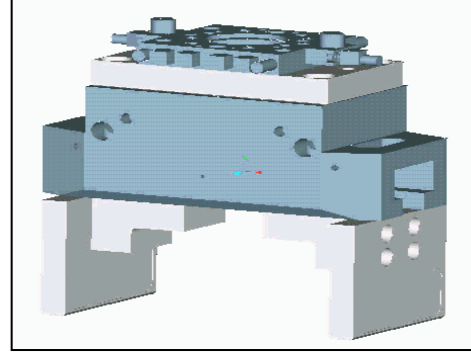
Vakumla tutucu takım: Yassı, düzgün ve pürüzsüz denebilecek yüzeye sahip parçaların tutularak taşınmasında kullanılmaktadır. Bu takımla hasarsız tutma gerçekleşmektedir. Kullanımı son derece pratik ve hızlıdır. Ancak yüzey formunda girinti ve çıkıntıların olması yada yüzey düzgünlüğünü bozan büyük katı tozların bulunması tutma işlemini engelleyebilir. Üç farklı tipi mevcuttur. Şekil5.10'da görülen vakumla tutucu takım demonte edilecek çamaşır

makinalarının demontaj hattına konmasında kullanılmaktadır. Diğer iki takım ise demonte edilen parçaların demontaj işlemleri esnasında sabitlenmesi / tutulması ve sonrasında taşınması işleminde kullanılmaktadır.

Parça yüzeyine göre şekil alan takım: İki çeneden oluşmaktadır ve her bir çenede pnömatrik olarak hareket eden 50 mm stroklu 100'ün üzerinde pim mevcuttur. Bu pimler, tutulmak istenen yüzeyin şekline göre ileride yada geride kalarak kendilerini ayarlar ve yüzeye dayanarak o yüzeyin şeklini alırlar. Yüzeyi karmaşık bir geometride dahi olsa her parçayı tutabilirler. Bu takımın dezavantajı bir nesneyi tutabilmek için karşılıklı iki yüzeye ihtiyaç duyuyor olmasıdır. Hasarsız bir tutma ve taşıma yöntemidir. (Şekil5.11)



Şekil5.11 Parça yüzeyine göre şekil alan tutma takımı



Şekil5.12 İki parmaklı tutucu takım

İki parmaklı tutucu takım: Genellikle paralel yada silindirik yüzeye sahip parçaların tutulup taşınmasında kullanılmaktadır. Pnömatrik olarak çalışan ve tutma işlemini gerçekleştiren iki adet parmak mevcuttur. Tutulacak yüzeyin formuna göre tutucu parmaklara şekil verilebilmekte ve taşıma işlemi şekil bağlı yada düz yüzeyler için sürtünme kuvvetinin büyüklüğüne bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Parmaklar üzerine yerleştirilmiş olan sensörler yardımıyla tutulacak yüzeylerin yeri otomatik olarak tespit edilebilmektedir. Hasarsız bir tutma ve taşıma yöntemidir. (Şekil5.12)

Vidalı tutucu takım: Son derece esnek bir takımdır. Geometrisi bilinmeyen ince metal yada plastik parçalar için oldukça uygundur. Takımın ucunda iki tane vida şeklinde parça mevcuttur. Tutulmak istenen yüzeye uygun dönme ve batma hızıyla batırılır ve malzeme içinde oluşturulan bu yeni yüzeyle parça tutulmuş olur. Vidaların malzemeye girdiği yerde az da olsa hasar meydana geldiğinden kısmen hasarlı bir tutma ve taşıma yöntemidir. (Şekil5.13)

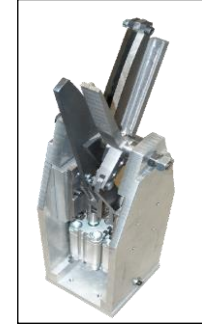


Şekil5.13 Vidalı tutucu

Karma takımlar: Karma takımlar, bir ürünü oluşturan parçaları hem birbirinden ayırmaya hem de sonrasında tutup taşımaya yarayan, yani başka bir takımın yardımına

ihtiyac olmaksızın demontaj işlemini tümüyle tek başına gerçekleştirebilen takımlardır. Bu tip takımlar işlevleri gereği karmaşık yapıda olabilmektedirler.

Makaslı tutucu takım: Elastik parçaların (kablo, hortum vb.) demontajında oldukça kullanışlıdır. Demonte edilecek parça öncelikle takım üzerindeki iki parmaklı tutucu ile sabitlenir. Sonrasında makas devreye girer ve kesme işlemi gerçekleştirilir. Demontajı tamamlanan parça taşınarak uygun şekilde depolanır. Hasarlı demontaj işlemi gerçekleştiren bir takımdır. (Şekil5.14)



Şekil5.14 Makaslı tutucu takım

5.2. Demontaj Planlama

5.2.1 Parça sınıflandırması

Bölüm 3.1’de daha önce anlatılan parça sınıflandırması çerçevesinde hazırlanan tablo demonte edilecek çamaşır makinasına ait parçalar için uygun biçimde doldurulmuş ve EK1’de sunulmuştur.

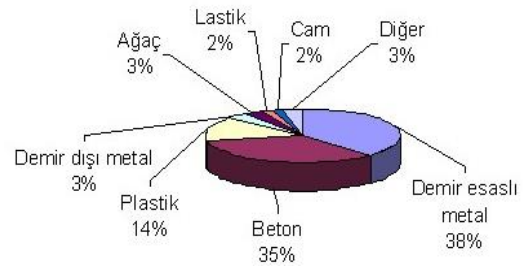
5.2.2 Demonte Edilecek Parça Listesinin Oluşturulması

Bütün parçalar Bölüm 3.2’de bahsedilen parametreler çerçevesinde mevcudiyet, geri kazanım (Tablo 5.1), malzeme (Şekil 5.15), ağırlık (Şekil 5.16), maliyet (Şekil 5.17) ve erişilebilirlik açısından değerlendirmeye tabi tutularak demontaj planlarının oluşturulmasında kullanmak üzere ortak parça listesi tespit edilmiştir (Tablo 5.2).

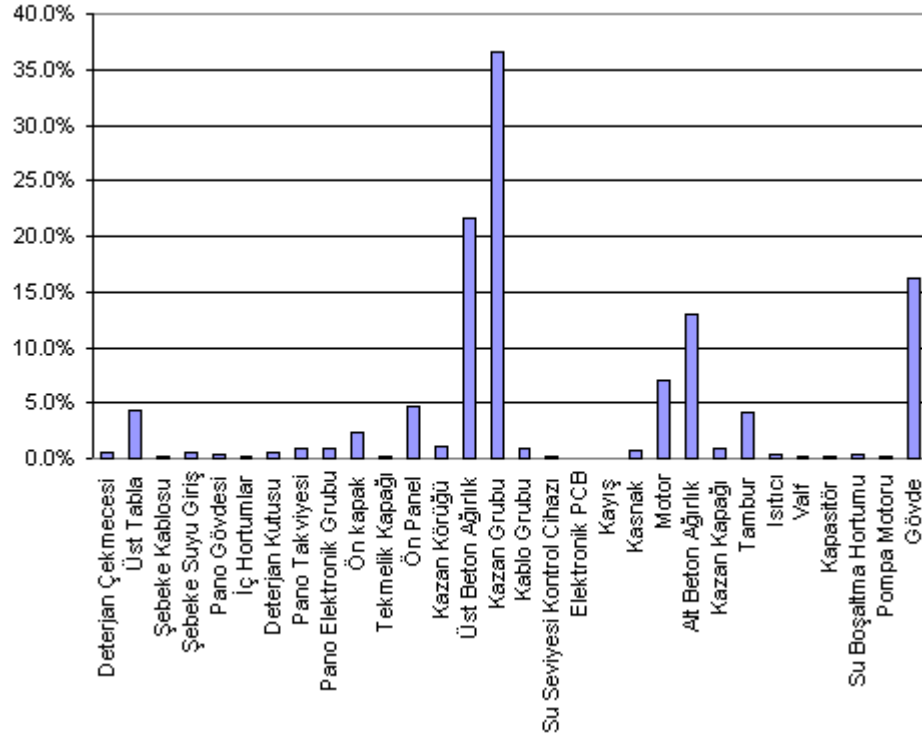
Çamaşır makinalarında yaklaşık 30 civarında demonte edilecek parça vardır. Bu nedenle ağırlık ve maliyet açısından değerlendirme gerçekleştirilirken toplam ağırlık ve maliyetin %4’ü ve üzerinde orana sahip olan parçalar dikkate alınmıştır.

Tablo 5.1. Muhtemel geri kazanım oranları

Geri Kazanım Tipi	Ağırlık (gr)	Oran
Geri Dönüşüm	49241	80.2%
Tekrar Kullanım	4507	7.3%
TOPLAM	53748	87.5%

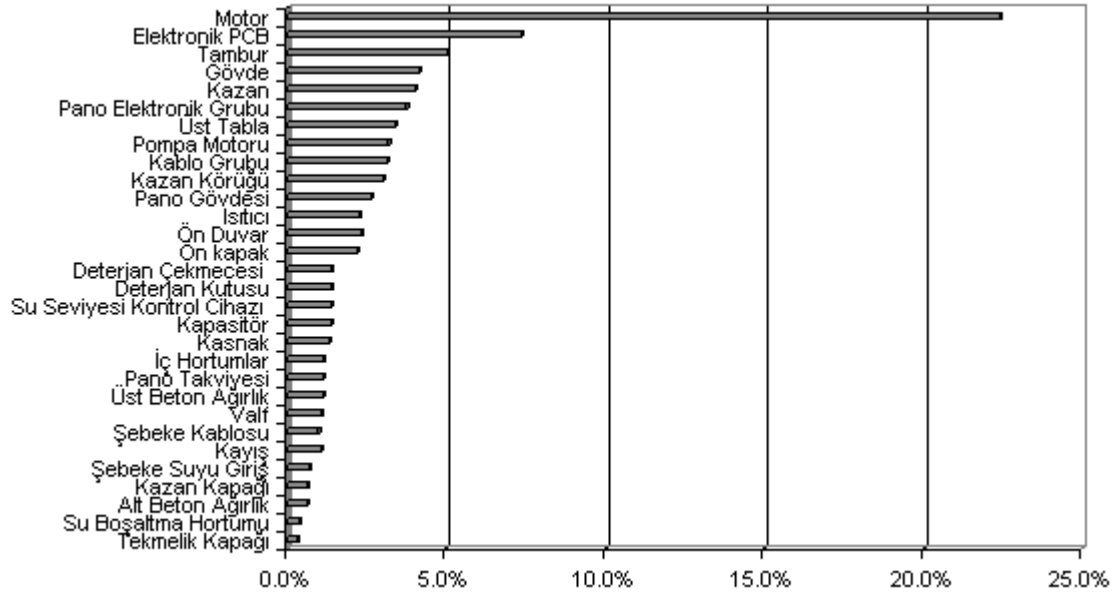


Şekil 5.15. Malzeme dağılım oranları



Şekil 5.16. Parçaların ağırlık oranları

Demonte edilmesi gereken en önemli parçalardan biri motordur. Motor, makinanın maliyet açısından %22'sini, ağırlık açısından %7'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle motorun tekrar kullanılabilmesi önemli bir geri kazanım olacaktır. Pompa motoru da



Şekil 5.17. Parçaların maliyet oranları

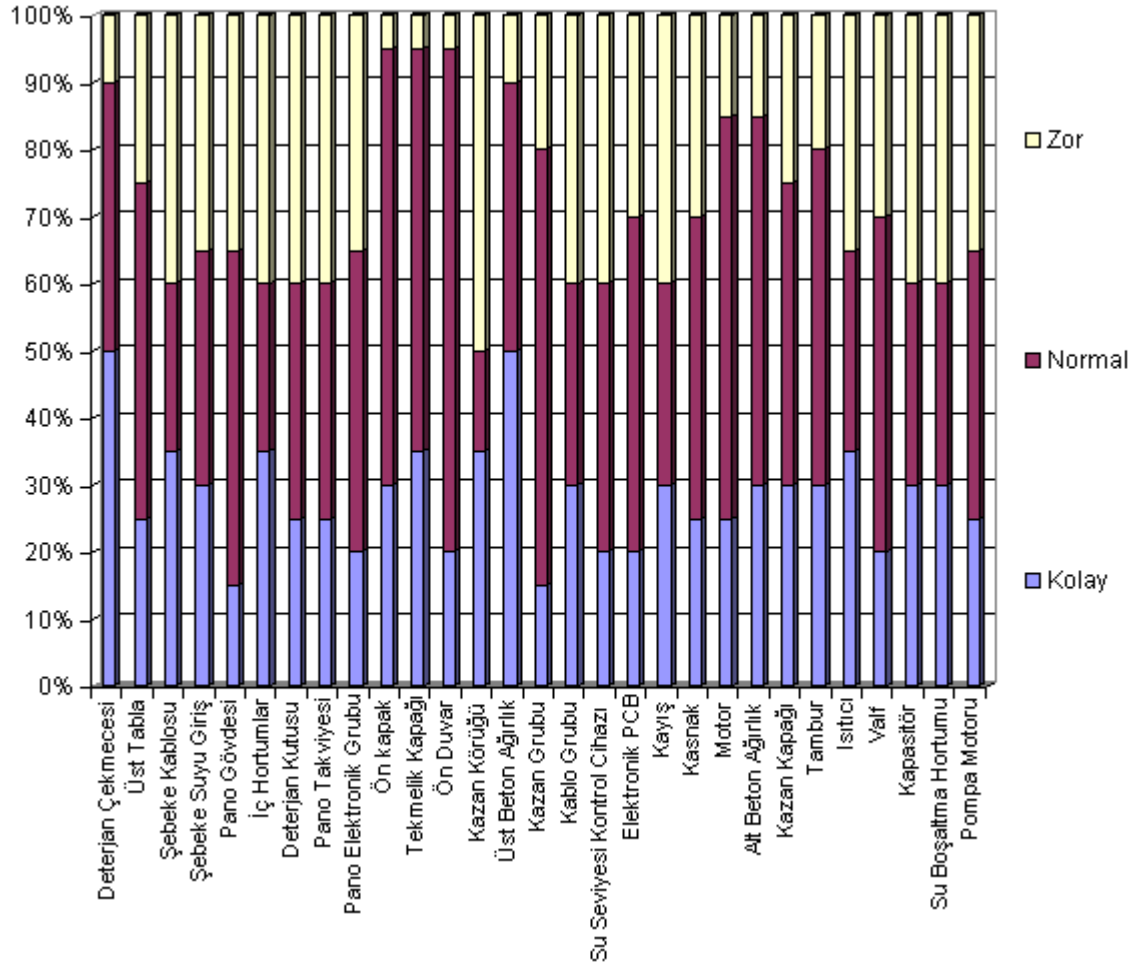
motor gibi tekrar kullanılabilir bir parçadır. Beton ağırlıklar düşük maliyete sahip olmasına karşılık makinenin ağırlığının yaklaşık %35'ini oluşturmaktadır. Geri kazanım değerlendirmelerinde ağırlık esas alındığından beton ağırlıkların geri kazanımı son derece önemlidir. Beton ağırlıklar hasar görmedikçe tekrar kullanıma uygun parçalardır. PCB ve diğer elektronik aksam ise maliyet bakımından tekrar kullanılması faydalı olacak parça gruplarını oluşturmaktadır.

Tablo 5.2. Parça malzeme sınıfları

PARÇA ADI	MALZEME SINIFI								TEK MALZEMELİ PARÇALAR
	Demir esaslı	Demir dışı	Plastik	Lastik	Beton	Cam	Ağaç	Diğer	
Deterjan Çekmecesi			+						X
Üst Tabla			+				+		
Şebeke Kablosu		+	+						
Şebeke Suyu Giriş Hortumu			+					+	
Pano Gövdesi			+						X
İç Hortumlar				+					X
Deterjan Kutusu			+						X
Pano Takviyesi	+								X
Pano Elektronik Grubu			+					+	
Ön kapak	+		+			+			
Tekmelik Kapağı			+						X
Ön Panel	+								X
Kazan Köprüğü				+					X
Üst Beton Ağırlık					+				X
Kazan Grubu	+		+					+	
Kablo Grubu		+	+					+	
Su Seviyesi Kontrol Cihazı			+					+	
Elektronik PCB		+					+	+	
Kayış				+					X
Kasnak		+							X
Motor	+	+						+	
Alt Beton Ağırlık					+				X
Kazan Kapağı	+		+						
Tambur	+								X
Isıtıcı	+							+	
Valf			+					+	
Kapasitör		+						+	
Su Boşaltma Hortumu			+						X
Pompa Motoru	+		+					+	
Gövde	+								X

5.2.3. Otomatik demonte edilebilirlik değerlendirme

Parçaların otomatik demonte edilmeye uygunluğunu değerlendirmek için Bölüm 3.3'te sunulmuş olan Tablo 3.3'ten yararlanılır. Bir önceki bölümde tespit edilen demonte edilecek parça listesindeki tüm parçalar bu tablo yardımıyla otomatik demontaja uygunluk açısından değerlendirmeye tabi tutulur. Bu değerlendirmeden elde edilecek sonuçlar hem bir sonraki adım olan demontaj proses tiplerinin, hem de otomatik demontaja uygun tekrar şekillendirmede kullanılacak parçaların belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Otomatik demontaja uygunluk değerlendirmelerinin sonuçları ise Şekil 5.18 ve Tablo 5.3'te verilmiştir. Demonte edilmesi planlanan parça sayısı 30'dur. Yani 29 adet demontaj işlemi söz konusudur. Tablo incelendiğinde bu adımlardan 2 tanesinin otomatik demontajının kolaylıkla gerçekleştirilebilir, 14 tanesinin normal zorlukta gerçekleştirilebilir, 1 tanesinin normal ile zor gerçekleştirilebilir arasında ve 12



Şekil 5.18. Otomatik demontaja uygunluk değerlendirme sonuçları

tanisinin ise güçlükle gerçekleştirilebilir olduğu görülmektedir. Ancak daha önce farklı marka ve modeller için gerçekleştirilmiş demontaj işlemlerinden elde edilen tecrübeler doğrultusunda, deterjan kutusu, kazan kapağı ve tambur gibi normal zorlukta otomatik demonte edilebilecek bazı parçaların manuel olarak demonte edilmesi tercih edilmiştir. Bunun en önemli sebebi bazı parçaların peş peşe ve manuel demonte edilmesinin daha kolay ve gerekli olmasıdır. Yerine göre manuel demontaj otomatik demontaja göre

Tablo 5.3. Otomatik demontaja uygunluk değerlendirme sonuçları

Parça No	Parça Adı	Gerçekleştirilebilir Değerlendirme Sonuçları						Öncelikli demontaj şekli	
		Kolay		Normal		Zor		Otomatik	Manuel
		Si	% Ai	Si	% Ai	Si	% Ai		
1	Deterjan Çekmecesı	10	50	8	40	2	10		+
2	Üst Tabla	5	25	10	50	5	25		+
3	Şebeke Kablosu	7	35	5	25	8	40		+
4	Şebeke Suyu Giriş Hortumu	6	30	7	35	7	35		+
5	Pano Gövdesi	3	15	10	50	7	35		+
6	İç Hortumlar	7	35	5	25	8	40		+
7	Deterjan Kutusu	5	25	7	35	8	40		+
8	Pano Takviyesi	5	25	7	35	8	40		+
9	Pano Elektronik Grubu	4	20	9	45	7	35		+
10	Ön kapak	6	30	13	65	1	5	+	
11	Tekmelik Kapağı	7	35	12	60	1	5		+
12	Ön Duvar	4	20	15	75	1	5	+	
13	Kazan Körüğü	7	35	3	15	10	50		+
14	Üst Beton Ağırlık	10	50	8	40	2	10	+	
15	Kazan Grubu	3	15	13	65	4	20	+	
16	Kablo Grubu	6	30	6	30	8	40		+
17	Su Seviyesi Kontrol Cihazı	4	20	8	40	8	40		+
18	Elektronik PCB	4	20	10	50	6	30		+
19	Kayış	6	30	6	30	8	40		+
20	Kasnak	5	25	9	45	6	30	+	
21	Motor	5	25	12	60	3	15	+	
22	Alt Beton Ağırlık	6	30	11	55	3	15	+	
23	Kazan Kapağı	6	30	9	45	5	25		+
24	Tambur	6	30	10	50	4	20		+
25	Isıtıcı	7	35	6	30	7	35		+
26	Valf	4	20	10	50	6	30		+
27	Kapasitör	6	30	6	30	8	40		+
28	Su Boşaltma Hortumu	6	30	6	30	8	40		+
29	Pompa Motoru	5	25	8	40	7	35		+
30	Gövde	-	-	-	-	-	-	-	-

daha kısa sürede gerçekleştirilebildiğinden ve otomatik demontajda hazırlık zamanı ve yatırım maliyeti yüksek olduğundan manuel demontaj daha avantajlı olabilmektedir. Sonuç olarak, 22 adet manuel demontaj adımı, 7 adet otomatik demontaj adımı yani, çamaşır makinasının yaklaşık %75'inin manuel, %25'inin ise otomatik demonte edilebilirliği söz konusudur.

5.2.3. Proses planlama ve demontaj bilgileri

Bağlama elemanının tipi bir parçanın demontaj proses tipinin belirlenmesindeki önemli etkenlerden biridir. Çamaşır makinası için, demonte edilecek parça veya parça gruplarını bir arada tutmaya yarayan bağlama eleman tiplerini vida, klips, kelepçe ve kablo bağı olmak üzere 4 sınıfa ayırmak mümkündür. Tablo 5.4'te demonte edilecek çamaşır makinasında bu bağlantı tiplerinden kaçar adet bulunduğu görülmektedir.

Tablo 5.4. Bağlantı tipleri ve adetleri

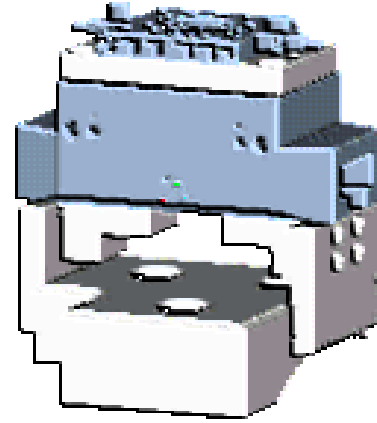
Bağlantı tipi	Adet
Vida	32
Klips	36
Kelepçe	33
Kablo Bağı	27

Manuel Demontaj: Bir parçayı demonte etmek için farklı proses tipleri kullanılabilir. Hangi prosesin daha uygun olduğuna karar verirken, proses için gerekli süre, maliyet efor, hassasiyet ve güvenlik ihtiyacı gibi birçok parametre tercih yapmada önemli etkenlerdir. Bu nedenle, öncelikle makinanın her bir parçası için Bölüm 3.4'de belirtilen proses tipleri çerçevesinde uygulanması mantıklı olan farklı demontaj prosesleri denenerek çamaşır makinası manuel olarak demonte edilmiş ve gerçekleştirilen demontaj işlemleri video kasetine kaydedilmiştir. Daha sonra bu kayıtlar kullanılarak, manuel demontaj adımları için gereken süreler ve toplam manuel demontaj süresi tespit edilmiştir. Ayrıca parçalar arası ilişkiler ve parçaların demontaj öncelik sıraları tespit edilmiş ve "Parça Esaslı Demontaj Adım Grafiği" (EK4) ve "Proses Esaslı Manuel Demontaj Adım Grafiği" (EK5) oluşturulmuştur.

Takım dizaynı ve imalatı: Çalışmalara Bölüm 5.2.2'de tespit edilen, otomatik demonte edilebilecek parçalar için devam edilmiştir. Öncelikle mevcut imkanların otomatik demontaj prosesleri için yeterliliği değerlendirilmiş ve geçmiş tecrübelerin de ışığında

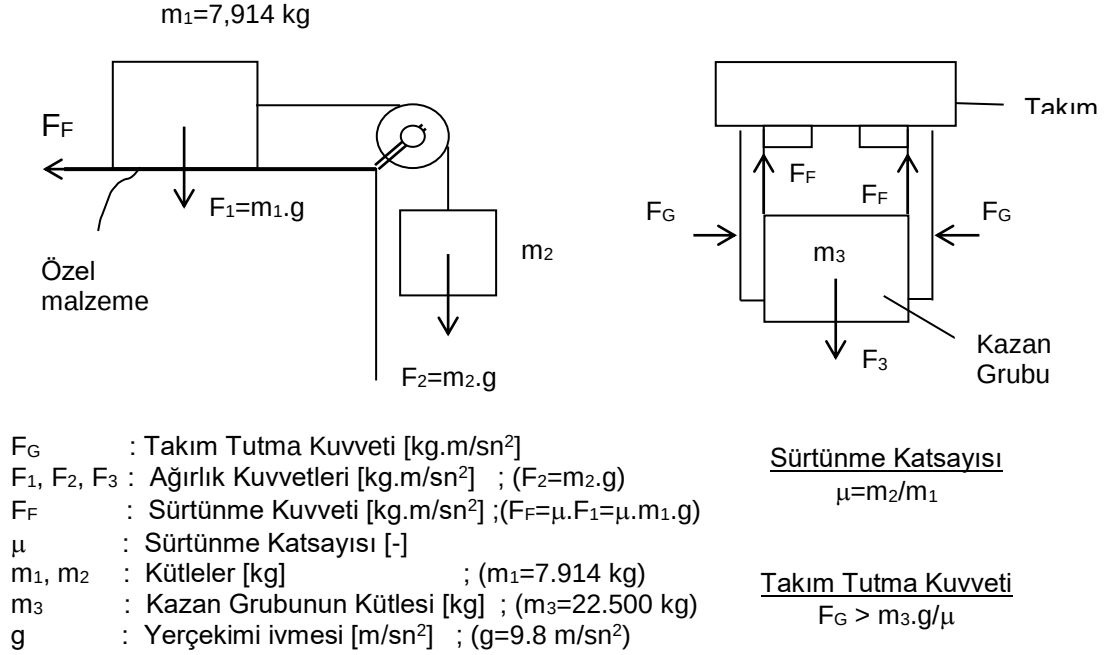


Şekil 5.19. Kazan grubu

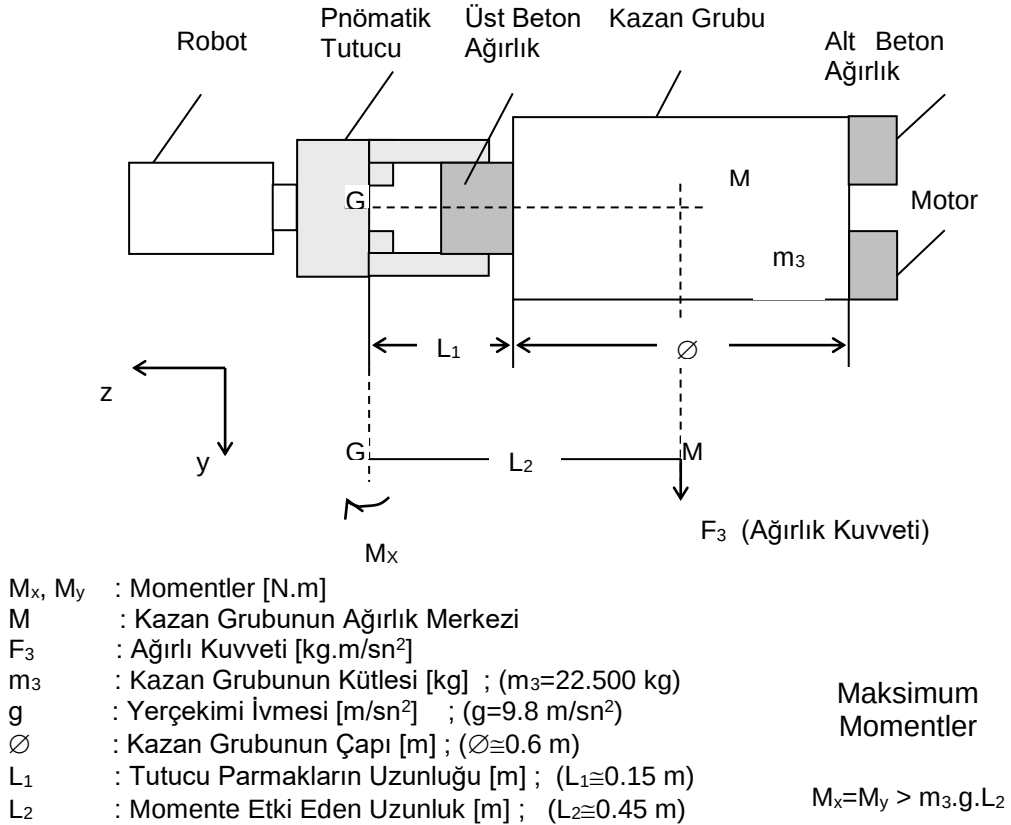


Şekil 5.20. İki parmaklı tutucu takım

uygun demontaj prosesleri tespit edilerek gerekli ekipman hazırlığına başlanmıştır. Bu çerçevede, Şekil 5.19'da gösterilen kazan grubunun otomatik olarak tutulup taşınmasında kullanmak için, üzerine yerleştirilmiş sensörler yardımıyla otomatik pozisyon ayarı yapabilen iki parmaklı bir pnömatik tutucu takım dizayn edilmiştir (Şekil 5.20). Tutma işlemi kazan grubu üzerindeki beton ağırlığın yan yüzeyleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yan yüzeyler düz bir forma sahiptir. Bu yüzden taşıma pnömatik tutucunun parmakları ve üst beton ağırlığın yan yüzeyleri arasında oluşacak sürtünme kuvvetiyle gerçekleşmektedir. Sürtünme kuvveti malzemelerin sürtünme katsayılarına bağlı olarak değiştiğinden, sürtünme katsayısının yüksek olması gerekli takımın daha ufak boyutlarda ve ekonomik olmasını sağlamaktadır. Tutucu takımın parmakları imalat çeliğindendir. İmalat çeliği ile beton arasındaki sürtünme katsayısı yüksek olmadığından, takımın tutma kabiliyetini arttırmak için tutucu parmaklarına yapıştırılmak üzere bazı malzemeler tespit edilmiş, bu malzemeler ve beton ağırlık arasında sürtünme katsayısını deneyleri yapılmıştır (Şekil 5.21). Deney sonuçlarına göre beton ağırlık ile en fazla sürtünme katsayısına sahip malzeme tespit edilerek bu sürtünme katsayısına sahip bir malzeme kullanıldığında kazan grubunu yerçekimi yönünde tutup taşıyabilecek takım tutma kuvveti hesaplanmıştır. Kazan grubu yerçekimi doğrultusunda tutularak taşındığı takdirde takım üzerinde moment etkisi yok denecek kadar azdır. Ancak kazan grubunun belli bir açıyla taşınması durumunda takım üzerine büyük momentler etkiyecektir. Takım özelliklerinin tam olarak belirlenebilmesi için takım üzerine etkiyebilecek maksimum momentlerin de hesaplanması gerekmektedir (Şekil 5.22).



Şekil 5.21. Sürtünme katsayısı deney düzeneği ve takıma etkiyen kuvvetler



Şekil 5.22. Takıma etkiyen momentler

Demonte edilecek çamaşır makinaları aynı marka ve model olmasına rağmen makinalarda farklı geometrilerde st beton ağırlıklar kullanılmıştır. Dolayısıyla dizayn edilen takım tüm varyasyonlara uygun ve yeterli açılıp kapanma stroğuna sahip bir takım olmalıdır. Ayrıca st beton ağırlık çamaşır makinasının dizaynı gereği sabit bir pozisyona da sahip değildir. Bu nedenlerden dolayı takım üzerine sensörler yerleştirilmiş ve beton ağırlığın geometrik farklılıklarından ve konumundaki belirsizlikten etkilenmeden kazan grubunu tutabilmesi sağlanmıştır.

Otomatik Demontaj: Otomatik demontajın gerçekleştirileceği tesiste 13 adet istasyon mevcuttur ve her istasyonda çamaşır makinasının belli bazı parçaları demonte edilmektedir. Demontaj işleminin daha pratik şekilde gerçekleştirilebilmesi için bazı demontaj adımlarının belli istasyonlarda birleştirilerek arka arkaya yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla otomatik demontaj adım sırası ve manuel demontaj adım sırası arasında bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu tarz adım sırası değişikliklerini de kapsayacak şekilde düzenlenmiş olan otomatik demontaja yönelik “Proses esaslı otomatik demontaj adım grafiği” EK6’te sunulmuştur. Manuel demontajda olduğu gibi otomatik demontaj uygulamaları da video kasetine kaydedilmiş, daha sonra bu kayıtlar kullanılarak otomatik demontaj adımları için gereken süreler tespit edilmiştir. Otomatik demote edilen parçalar için hazırlanmış Tablo 5.5 incelendiğinde, otomatik demontaj proseslerinin aynı işlevi yerine getiren manuel demontaj proseslerine kıyasla çok uzun sürdüğü görülmektedir.

Tablo 5.5. Manuel ve otomatik demontaj işlem süreleri mukayese tablosu

Parça Adı	Demontaj işlem Süreleri (sn)	
	Manuel	Otomatik
n kapak	14	65.9
n Duvar	39.4	104.2
Kazan Grubu	73.2	151.4
Kasnak	8.3	14.6
Motor	12.2	14.7

Tüm parçalar ve bu parçaların demontajı için uygulanan alternatif proses tipleri için hazırlanmış olan toplam demontaj süreleri Tablo 5.6’da sunulmuştur. Koyu renkteki rakamlar her bir parça için uygulanabilir en kısa süreli demontaj proses tipini belirtmektedir. Tüm proses tipleri için takım alma süreleri, demontaj işlemi süreleri,

parçayı tutup taşıma süreleri ve takım bırakma sürelerini de içeren detaylı tablo EK7’da sunulmuştur.

Tablo 5.6. Toplam Demontaj Süreleri (sn)

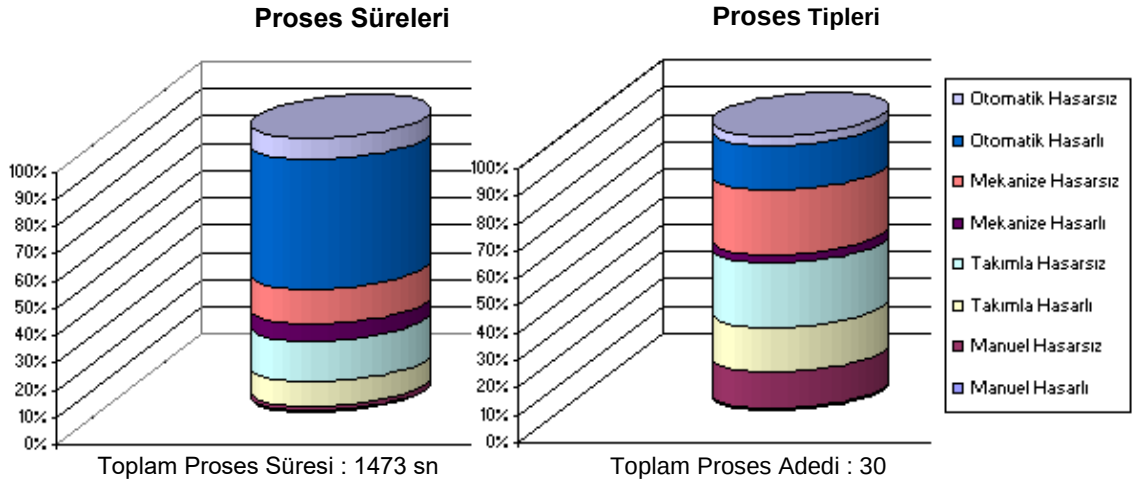
Parça Adı	Manuel						Otomatik	
	Takımsız		Takımla		Mekanize Takımla			
	Hasarlı	Hasarsız	Hasarlı	Hasarsız	Hasarlı	Hasarsız	Hasarlı	Hasarsız
Çamaşır Makinası	0	0	0	0	0	0	0	113.5
Deterjan Çekmecesi	0	5.1	0	0	0	0	0	0
Üst Tabla	0	0	0	29.3	0	26.5	0	0
Şebeke Kablosu	0	0	9.1	61	0	59	0	0
Şebeke Suyu Giriş Hortumu	0	16.2	12.7	16.1	0	0	0	0
Pano Gövdesi	0	0	0	33.6	0	37.9	0	0
İç Hortumlar	0	0	45.5	76	0	0	0	0
Deterjan Kutusu	0	0	61.2	42.8	62.8	44.5	0	0
Pano Takviyesi	0	0	121.6	0	87.9	0	0	0
Pano Elektronik Grubu	0	0	0	43.8	0	29.6	0	0
Ön kapak	0	0	0	26.3	0	22.6	116.2	0
Tekmelik Kapağı	0	0	0	16.5	0	0	0	0
Ön Duvar	0	0	79.6	83.7	58.2	57.9	149.3	0
Kazan Körüğü	0	0	11.8	12.7	0	0	0	0
Üst Beton Ağırlık	0	0	0	55.3	0	24.5	0	0
Kazan Grubu	0	0	93.8	96	0	0	282.7	0
Kablo Grubu	0	0	48.4	55.6	0	0	0	0
Su Seviyesi Kontrol Cihazı	0	0	39.6	37.4	33.9	26.6	0	0
Elektronik PCB	0	8.9	16.7	0	0	0	0	0
Kayış	0	7.1	8.3	0	0	0	0	0
Kasnak	0	0	0	40.7	0	17.7	75.8	0
Motor	0	0	0	46.6	0	23.6	76	0
Alt Beton Ağırlık	0	0	0	56.4	0	50.5	0	0
Kazan Kapağı	0	0	0	43.6	0	0	0	0
Tambur	0	6.1	0	0	0	0	0	0
Isıtıcı	0	0	0	46	0	19.5	0	0
Valf	0	0	0	14.6	0	0	0	0
Kapasitör	0	0	0	25.3	0	17.6	0	0
Su Boşaltma Hortumu	0	0	48.9	47.5	0	0	0	0
Pompa Motoru	0	0	25.5	23.5	0	0	0	0
Gövde	0	0	0	0	0	0	0	0

Çamaşır makinasının otomatik demontaj tesisi kullanılarak demonte edilmesi veya tamamen manuel demonte edilmesi durumunda gerekli en kısa toplam demontaj süreleri şu şekildedir;

Toplam Manuel Demontaj Süresi :	875.1	14.59
	sn	dk

Toplam Otomatik Demontaj Süresi :	1473	24.55
	sn	dk

Şekil 5.23'te otomatik demontaj için uygulanması öncelikli proses tipleri ve proses süreleri dağılımı görülmektedir. Şekil incelendiğinde otomatik demontaj adım sayısı toplam demontaj adım sayısının %20'si iken, otomatik demontaj adımları için gerekli süre toplam demontaj süresinin %50'sinden fazladır. EK7'da sunulmuş olan detaylı



Şekil 5.23. Otomatik demontaj için proses tipleri ve proses süreleri dağılımı

demontaj süreleri tablosu incelendiğinde otomatik demontaj işlemlerinde özellikle takım alma ve takım bırakma sürelerinde manuel demontaja kıyasla çok daha uzun süreler gerektiği görülmektedir.

Demontaj Bilgileri: Uygulanabilir manuel ve otomatik demontaj proseslerinin denenmesi ve uygun demontaj proseslerine karar verilmesinin ardından, otomatik demontaj tesisi kullanılarak gerçekleştirilen bir demontaj planı hazırlanmıştır. Bu plan

doğrultusunda demontaj işleminin nasıl gerçekleştiği hakkında detaylı bilgi içeren demontaj bilgileri tablosu doldurulmuş ve EK3'de sunulmuştur.

5.3. Demontaja Uygun Şekillendirme Çalışması

Demontajı gerçekleştirilen çamaşır makinası geri kazanım amacıyla demonte edilmeye uygun şekillendirilmediğinden demonte edildiğinde karşılaşılan güçlükler çamaşır makinasının hemen her parçasının yeniden şekillendirmeye olan ihtiyacını da sergilemiştir. Demontaj için yüksek süre ve yüksek efor gerektirmeyen, otomatik demontaja, malzeme geri dönüşümü ve parçaların tekrar kullanımı gibi geri kazanım metotlarına uygun konstrüktif özelliklerin yeniden şekillendirilecek parçalara uygulanması gerekmektedir. Bu maksatla tez kapsamında çamaşır makinasının birçok parçası için geri kazanım amaçlı ve demontaja uygun yeniden şekillendirme gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, yeniden şekillendirilen parçalar arasından beton ağırlıklar için gerçekleştirilen çalışmalardan bahsedilecektir.

Beton ağırlıklar her makina da bulunan ve genellikle kazan grubunun üzerine yerleştirilen parçalardır (Şekil 5.24). Önden yüklemeli çamaşır makinalarının çalışma prensibi gereği kazan grubunda titreşimler meydana gelmektedir. Özellikle yıkanan çamaşırın sıkılması esnasında frekansı artan titreşimlerin genliğinin düşürülmesi amacıyla kazan grubunun ağırlığı beton ağırlık kullanılarak artırılmaktadır.



Şekil 5.24. Kazan grubu ve beton ağırlık

Yeniden şekillendirmeye geçmeden önce beton ağırlıkların mevcut hali geri kazanım ve demontaja uygunluk açısından değerlendirmeye tabi tutulmuş, avantajlı ve dezavantajlı

yönleri tespit edilmiştir. Daha sonra dezavantajlı yönler Bölüm 4'te bahsedilmiş olan şekillendirme yönergeleri doğrultusunda geliştirilerek parça demontaj ve geri kazanıma uygun biçimde yeniden şekillendirilmiştir.

Değerlendirme : Beton ağırlıklar kullanım amaçları gereği ağır parçalardır. Bu nedenle demontaj esnasında manuel olarak tutularak taşınması yorucu parçalardır. Bununla birlikte beton ağırlığı kazan grubuna bağlayan vidalar söküldüğünde, beton ağırlığı kazan grubunun üzerinde sabitleyecek konstrüktif bir yapı bulunmadığından, sökme esnasında bir taraftan da beton ağırlığın sabitlenmesi gerekmektedir. Bu durum parçanın ağırlılığı nedeniyle manuel demontaja uygun olmayıp düşmesi durumunda istenmeyen neticelere yol açabilecektir. Bu nedenlerden dolayı beton ağırlıkların kolayca otomatik demonte edilebilecek şekilde yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir.

Kazan grubu makina gövdesine yaylarla tutturularak asılı vaziyette monte edildiğinden sabit bir pozisyona sahip değildir. Dolayısıyla beton ağırlık ta hassas bir pozisyona sahip değildir. Bu durum otomatik demonte edilmesi düşünülen beton ağırlığın pozisyonunun sensörler yardımıyla tespit edilmesini gerektirmektedir. Mevcut beton ağırlıklar sahip oldukları düz yüzeyler ve keskin köşe hatlarıyla sensörler tarafından algılanmaya müsait bir geometriye sahiptir. Bu yüzden benzer özellikler yeniden şekillendirilecek beton ağırlıklarda da korunmalıdır. Ancak mevcut yüzey kalitesinin artırılarak daha pürüzsüz hale getirilmesi sensörlerle algılamaya yardımcı olacaktır.

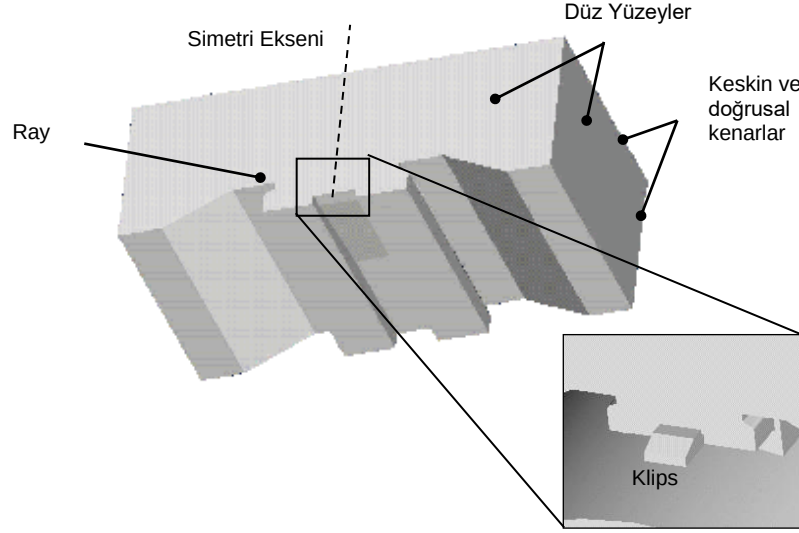
Beton ağırlık kazan grubuna 3 adet metal civata kullanılarak bağlanmaktadır. Civatalar sahip oldukları farklı derinlik ve asimetrik pozisyonlarıyla otomatik demontaja, malzemeleriyle de geri kazanıma uygun değildir.

Mevcut beton ağırlıklar birkaç tane varyasyona sahip olduklarından otomatik demontaj zorlaşmaktadır. Ayrıca geometrik olarak bir simetri merkezine de sahip olmadıklarından ağırlık merkezinin tespit etmek ve tutma esnasında takıma etkiyecek momenti azaltmak güçleşmektedir.

Yeniden Şekillendirme : Bölüm 4'te bahsedilen şekillendirme yönergeleri ve yukarıdaki değerlendirmeler ışığında beton ağırlıklar yeniden şekillendirilmiştir (Şekil 5.25). Yeni dizaynda bağlama elemanı olarak kullanılan civataların yerini malzemesi kazan malzemesiyle aynı olan ve kazan üzerindeki bir klips almıştır. Yine kazan üzerine iki adet ray biçiminde bir şekil verilerek, beton ağırlığın bu raylar arasında ve klips yardımıyla sabitlenmesi sağlanmıştır. Böylece otomatik demontaj esnasında parçayı sabitleye gerek olmaksızın, basit iki parmaklı bir tutucu takımla klips bastırılarak beton

ağırlık tutulabilecek ve klips yönünde raylar arasından lineer bir hareketle parçayı kazan grubundan demonte etmek mümkün olabilecektir.

Sensörlerin algılamasına yardımcı olmak amacıyla yeni dizaynda da mevcut beton ağırlıklara benzer şekilde düz yüzeyler ve keskin köşe hatları kullanılmış, ilave olarak parçaya simetrik bir yapı kazandırılmıştır.



Şekil 5.25. Geliştirilmiş yeni dizayn

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmayla, kullanılmış mamullerin geri kazanımına ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına yönelik bir strateji olan mamulün demonte edilerek geri kazanılması konusunda teorik ve pratik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Öncelikle konunun önemi belirtilmiş ve otomatik demontaj maksatlı Berlin Teknik Üniversitesi'nde kurulu pilot demontaj tesisinden yararlanılmıştır. Tesis, bu konuda gerçekleştirilmiş en iyi çalışmalardan biridir. İlk yapılan demontaj denemeleri için çamaşır makineleri seçilmiştir. Bu tez kapsamında bir Türk markalı çamaşır makinesi için sistem uyarlanmış ve otomatik demontaj gerçekleştirilmiştir.

Demontaj planlama sistemi çerçevesinde öncelikle çamaşır makinesinin tüm parçaları incelenmiş ve parçalar hakkında detaylı bir bilgi tabanı niteliğindeki parça sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Sonrasında bu bilgiler kullanılarak, demonte edilecek parçaların tespiti için değerlendirme yapılmış ve 30 parçanın demontajına karar verilmiştir. Bu parçaların geri kazanılması durumunda ağırlıkça %85 mertebelerinde geri kazanım gerçekleşmiş olacaktır. Çamaşır makinesinin %38'i demir esaslı metal malzemelerden, %35'i beton ağırlıklardan ve %14'ü plastik malzemelerden oluşmaktadır. Özellikle homojen bir malzemeden oluşan beton ağırlıklar geri dönüştürülerek veya tekrar kullanılarak geri kazanılmalıdır. Gerek ağırlık (%7) gerek maliyet (%25) olarak makinenin geri kazanılması gereken en önemli parçalarından bir diğeri ise motordur. Gerekli performans testlerinin ardından motorun tekrar kullanılması mümkün olabilecektir.

Demontaj proses tipine karar vermek için otomatik demonte edilebilirlik değerlendirmesi yapılmış daha önce edinilmiş tecrübelerin de ışığında otomatik demontaja uygun parçalar tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre makinenin 7 parçası (%25'i) otomatik demontaja uygun bulunurken, 23 parça (%75'i) manuel demontaja uygun bulunmuştur. Manuel veya otomatik, olabilecek demontaj prosesleri incelenmiş, manuel demontaj proseslerinin otomatik demontaj proseslerinden çok daha kısa sürdüğü tespit edilmiştir. İlk bakışta bu durum zaten yatırım maliyeti yüksek

olan otomatik demontaj tesisi kurma yerine demontajın manuel yapılmasını cazip gösterebilir. Ancak mamullerin imalatında da olduğu gibi bazı parçaların otomatik demonte edilmesi gerekmektedir. İnsan sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeli durumlar doğurabilen, ağır ve yorucu parça veya demontaj proseslerinin manuel gerçekleştirilmesi uygun değildir. Ayrıca mamul miktarının ve yeniden kullanım mecburiyetinin artması otomatik demontajı gerekli kılan diğer sebeplerdir. Mevcut çamaşır makinaları demontaja uygun dizayn edilmemişlerdir. Bu haliyle dahi kolay gerçekleştirilebilir %25'lik bir otomatik demontaj payına sahip olması küçümsenemez. Yapılan yeniden şekillendirme çalışmaları da bunu desteklemektedir. Çünkü otomatik demontaja uygun gerçekleştirilen bir şekillendirme demontajı kolaylaştırmakla birlikte hızlandırmakta ve hatta birçok prosesin iptal edilerek, kullanılacak demontaj takımlarının da çeşit, adet ve karmaşıklığını azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Askiner, G., Surendra, M.G.**, 1999. Issues in Environmentally Concious Manufacturing and Product Recovery: A Survey, *Computers & Industrial Engineering*, **36**, 811-853.
- [2] **Steinhilper, R.**, 1998. Remanufacturing The Ultimate Form of Recycling, Fraunhofer IRB Ferlag, Stuttgart.
- [3] **Lily, H.S., Woodie, C.F.**, 1999. Application of a Design for Remanufacture Freamework to the Selection of Product Life-Cycle Fastening and Joining Methods, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **15**, 179-190.
- [4] <<http://www.sfb281.de>> , Nisan 2003.
- [5] **Legislative Acts and Other Instruments**, 2002. Directive of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment (WEEE), Brussels , November 2002.
- [6] **Uhlmann, E., Seliger, G., Haertwig, J.P., Keil, T.**, 2000. Pilot Disassembly System, *Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Manufacturing Processes and Systems* , Cambridge, June 2000, pp. 453-456.
- [7] **Zuo, B.R., Stenzel, A., Seliger, G.**, 2000. Flexible Handling in Disassembly with Screwnail Indentation , *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation* , San Francisco, April 2000, pp. 3681-3686.
- [8] **Seliger, G., Keil, T., Rebafka, U., Stenzel, A.**, 2001. Flexible Disassembly Tools, *Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 2001, pp. 30 -35.
- [9] **Feldmann, K., Trautner, S., Meedt, O.**, 1999. Innovative Disassembly Strategies Based on Flexible Partial Destructive Tools, *Annual Reviews in Control*, **23**, 159-164.
- [10] **Askiner, G., Surendra, M.G.**, 1997. An Evaluation Methodology for Disassembly Processes, *Computers & Industrial Engineering*, **33**, 329-332.
- [11] **Kroll, E., Carver, B.S.**, 1999. Disassembly Analysis Through Time Estimation and Other Metrics, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **15**, 191-200.

- [12] **Boothroyd, G., Dewhurst, P.**, 1989. Product Design for Assembly. Boothroyd Dewhurst Inc., Kingstone.
- [13] **Keil, T., Özkan, B., Seliger, G., Tümör, S.**, 2003. Suitability for Automated Disassembly, *Proceedings of the Colloquium e-ecological Manufacturing* , Berlin, March 2003, pp. 79-82.
- [14] **Kriwet, A., Zussman, E., Seliger, G.**, 1995. Systematic Integration of Design for Recycling into Product Design, *International Journal of Production Economics*, **38**, 15-22.
- [15] **Pahl, G., Beitz, W.**, 1996. Engineering Design, Springer-Verlag London Limited, Great Britain.

EKLER

	<u>Sayfa No</u>
EK1 - Parça sınıflandırması tablosu	68
EK2 - Parçayı tanımlayıcı anahtar numara tablosu	72
EK3 - Demontaj bilgileri tablosu	73
EK4 - Parça esaslı demontaj adım grafiği	77
EK5 - Proses esaslı manuel demontaj adım grafiği	78
EK6 - Proses esaslı otomatik demontaj adım grafiği	79
EK7 - Demontaj süreleri tablosu	80
EK8 - Demonte edilecek parça listesi	82

Parça No	Parça Adı
1	Deterjan Çekmecesi
2	Üst Tabla
3	Şebeke Kablosu
4	Şebeke Suyu Giriş Hortumu
5	Pano Gövdesi
6	İç Hortumlar
7	Deterjan Kutusu
8	Pano Takviyesi
9	Pano Elektronik Grubu
10	Ön kapak
11	Tekmelik Kapağı
12	Ön Panel
13	Kazan Körüğü
14	Üst Beton Ağırlık
15	Kazan Grubu
16	Kablo Grubu
17	Su Seviyesi Kontrol Cihazı
18	Elektronik PCB
19	Kayış
20	Kasnak
21	Motor
22	Alt Beton Ağırlık
23	Kazan Kapağı
24	Tambur
25	Isıtıcı
26	Valf
27	Kapasitör
28	Su Boşaltma Hortumu
29	Pompa Motoru
30	Gövde

Tanımlayıcı Bilgiler

Fonksiyonu

Deterjan ve yumuşatıcı haznesi
Çamaşır makinasının üstünü kapamak
Çamaşır makinasına elektrik sağlamak
Çamaşır makinasına su sağlamak
Elektronik parçaları muhafaza etmek
Makina içinde su dağıtımını sağlamak
Deterjan çekmecesini çevrelemek
Makinanın dayanımını artırmak ve elektronik grubuna iskelet teşkil etmek
Yıkama işlem tipinin ayarlanmak ve makinayı kumanda etmek
Çamaşır yükleme ve boşaltmasının yapıldığı yeri kapamak
Pompa kapağının da bulunduğu makinanın ön yüzeyinin alt kısmını kapamak
Makinanın ön yüzeyini kapamak
Ön panel ve kazan grubunu elastik olarak birbirine bağlama
Kazan grubunu ağırlığını artırarak çalışma esnasında oluşacak titreşimlerin azaltılmasını sağlamak
Tamburun etrafını çevrelemek
Makina içi elektrik dağıtımını sağlamak
Kazan grubu içindeki su seviyesinin kontrol etmek
Mkinanın seçili programa göre çalışmasını sağlamak
Moro ve kasnak arasında hareket iletimini sağlamak
Motordan alınan dönme hareketini tambura iletmek
Dönme hareketi üretmek
Kazan grubunu ağırlığını artırarak çalışma esnasında oluşacak titreşimlerin azaltılmasını sağlamak
Kazan grubunun ön kısmını kapamak
Döndürülerek çamaşırların yıkanmasını sağlamak
Makina içindeki suyu ısıtmak
Gerekli su miktarına göre şebeke suyunun makinaya alınıp alınmamasını sağlamak
Elektrik depolamak
Atık suyun makinadan uzaklaştırılmasında yardımcı olmak
Atık suyun pompalanmasını sağlamak
Makinanın etrafını çevrelemek ve diğer parçalar için iskelet oluşturmak

					Fiziksel			
Üretici	Üretim tarihi	İmalat parça No	Seri No	Parça model varyasyonu	Malzeme sınıfı	Malzeme	Ağırlık (gr)	Uzunluk
-	-	2800900100	-	-	2	ABS	296	240
-	-	2811200100	-	-	2,6	PP,Ağaç	2632	590
-	-	2820800300	-	-	2,1	PVC,Cu	124	1220
-	2002	2808700300	-	-	2	PVC	324	1580
-	1998	2803800201	-	-	2	ABS	253	590
-	-	-	-	-	3	EPDM	88	150~230
-	1997	2800910100	-	-	2	PP	291	250
Arçelik	-	2800150500	-	-	0	PP,Çelik	581	580
-	-	-	-	-	1,2		548	-
-	-	2801900300	-	-	2,5	ABS,Cam	1384	370
-	1996	2800450300	-	-	2	ABS	72	595
Arçelik	-	2800021000	-	-	0	Çelik	2855	595
-	-	2800840100	-	-	3	EPDM	685	80~160
-	2001	2805010100	-	-	9	Beton	13235	290
-	-	-	-	-	0,2	PP,Çelik	22500	440
-	-	-	-	-	2,1	PVC,Cu	525	-
-	-	-	-	-	1,2		74	50
-	-	-	-	-	1,2,9		42	90
-	-	2005170300	-	-	3	EPDM	45	1235
-	1998	2801650100	-	-	1	Al	394	33
Arçelik	-	2802010600	AV 550-01	-	0,1,9	Çelik,Cu,Al	4270	220
-	1999	2800750100	-	-	9	Beton	7914	190
Arçelik	2001	2804300700	-	-	0,2	PP,Çelik	600	320
Arçelik	-	-	-	-	0	Çelik	2576	400
-	-	2703370500	-	-	0	Çelik	273	310
-	-	2801550100	-	-	0,1,2,9		83	80
-	-	2707010200	-	-	0,1,2,9		137	110
-	-	2810700100	-	-	2	PP	210	2400
-	-	2801100400	-	-	0,2	PP,Çelik	154	145
Arçelik	-	2800010100	-	-	0	Çelik	10000	810

I Parametreler								
Genişlik	Yükseklik	Çap	Sertlik	Yüzey kalitesi	x yönündeki boşluk	y yönündeki boşluk	z yönündeki boşluk	Erişebilirlik yön sayısı
208	120	-	2	1	-	Sınırsız -	0	1
550	35	-	1	1	-	-	Sınırsız +	1
-	-	8	3	1	Sınırsız	Sınırsız +	Sınırsız	5
-	-	20	3	1	-	Sınırsız +	-	1
120	50	-	2	1	-	Sınırsız -	-	1
-	-	15~35	3	1	-	-	-	-
180	145	-	2	1	20	50	Sınırsız +	1
140	150	-	2	1	-	Sınırsız -	-	1
-	-	-	2	3	-	Sınırsız +	-	1
-	-	80	1	1	-	Sınırsız -	-	1
85	25	-	2	1	-	Sınırsız -	-	1
585	30	-	1	1	-	Sınırsız -	-	1
-	-	360	3	1	-	Sınırsız -	-	1
260	95	-	1	2	-	-	Sınırsız +	1
-	-	600	2	3	-	Sınırsız -	Sınırsız +	2
-	-	-	3	3	-	-	-	-
-	-	80	2	3	-	Sınırsız -	-	1
68	30	-	2	4	-	Sınırsız -	-	1
12	3	-	3	1	Sınırsız	Sınırsız +	Sınırsız	5
-	-	330	1	1	-	Sınırsız +	-	1
215	140	-	1	3	-	Sınırsız +	-	1
155	140	-	1	4	-	-	Sınırsız -	1
-	-	540	2	3	-	Sınırsız -	-	1
-	-	465	1	1	-	Sınırsız -	-	1
70	25	-	1	3	-	Sınırsız -	-	1
65	60	-	2	3	-	Sınırsız -	-	1
80	52	-	2	1	-	Sınırsız -	-	1
-	-	20	3	3	-	-	-	-
110	100	-	2	3	-	450	Sınırsız +	2
600	480	-	1	1	Sınırsız	Sınırsız	Sınırsız	6

Demontaj Bilgileri

Demontaj hareketi: Doğrusal 1 Karmaşık 2	Tutma yüzeyleri arasındaki mesafe	Tutma yüzey boyutları	Tutma yüzeyi formu	Öncelikli tutma yüzeyi pozisyonu	Ağırlık merkezinin yeri	Tutma yüzeyleri arasındaki açı	Seviye
1	7	4	1	3	1	1	1
1	7	4	1	1,2	2	1	1
1	2	1	2	1,2,3	2	1	1
1	3	1	2	1,2,3	2	1	1
1	7	4	1	1,2	2	1	2
2	3,4	1	1	1,2,3	2	1	2
1	7	4	1	3	1	2	3
1	2	4	1	2	2	1	3
1	-	-	4	1,2,3	2	1	4
1	3	4	1	1,2	2	1	1
1	7	4	1	1	2	1	1
2	1,7	4	1	1,2	2	1	4
1	2	4	1	1,3	2	2	5
1	7	4	1	3	2	1	2
1	7	1	3	3	2	1	5
2	-	-	4	1,2,3	2	2	5
1	3	4	4	2	2	2	5
1	2	4	4	2	2	1	5
1	2	4	1	1	2	1	6
1	2	4	1	1,3	2	1	6
1	7	4	4	1,2	2	1	7
1	7	4	1	3	2	1	6
1	2	4	4	2	1	2	7
1	2	4	1	2	2	2	8
1	3	4	1	3	1	1	5
1	4	4	4	1,3	2	1	2
1	6	4	1	1,3	2	1	2
2	4	1	2	1,2,3	2	1	6
1	6	4	4	1,3	2	2	5
-	2	4	1	1,2	2	1	7

Bağlantı tipi	Toplam bağlantı sayısı	Bağlantı tipi sayısı	Bağlandığı parça numaraları	Bağlandığı parça sayısı	Ağırlık kodu	Boyut kodu a
1 klips	1	1	7	2	1	6
2 vida	2	1	30	2	4	8
2 vida	2	1	30,16	3	1	9
1 vida	1	1	26	2	1	9
1 vida, 4 klips	5	2	8	2	1	8
4 kelepçe	4	1	7,15,23,26	5	0	5,6
1 vida, 3 kelepçe	4	2	8,30	3	1	6
4 vida, 16 kablo bağı	20	2	30	2	3	8
2 vida, 10 klips	12	2	8	2	2	-
2 vida	2	1	12	2	3	7
2 klips	2	1	30	2	0	8
3 vida, 1 klips	4	2	30,13	3	4	8
1 kelepçe	1	1	12	2	2	4
3 vida	3	1	15	2	6	7
3 kelepçe	3	1	30	3	7	8
3 kelepçe, 6 klips	9	2	12,15,17,18,21,25,26,27,28	11	2	-
1 vida, 5 klips	6	2	30	2	0	3
2 klips	3	2	16	2	0	4
-	1	1	20,21	3	0	9
1 vida	1	1	24	2	1	3
1 vida	1	1	15	2	5	6
2 vida	2	1	15	2	5	6
13 kelepçe	13	1	15	2	2	7
1 vida	1	1	20	2	4	7
1 vida	4	2	23	2	1	7
1 klips	1	1	30	2	0	4
2 vida, 2 klips	4	2	30	2	1	5
6 kelepçe	6	2	29,30	3	1	9
2 vida	2	1	30	2	1	5
-	-	-	-	-	5	9

Classification key number

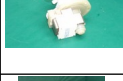
Boyut kodu b	Boyut kodu c	Malzeme kodu	Geometrik davranış tipi kodu	Simetri kodu	Duruş güvenliği kodu	Geri kazanım tipi kodu	Malzeme ve yüzey özellikleri kodu
6	5	2	8	-	2,8	2	0
8	3	2,6	2	3	1,7	2	0
1	-	2,1	0	-	4,9	2,3	0
2	-	2	0	3	4,9	3	0
5	3	2	8	-	1,7	2	0
2,3	-	3	0	1	4,9	3	0
6	5	2	8	-	2,8	2	0
5	5	0	8	-	1,7	2	0
-	-	1,2	4	-	-	3	0
4	-	2,5	5	1	1,,7	2	7,2
4	2	2	8	3	1,7	2	0
8	3	0	2	-	1,7	2	0
7	-	3	8	1	1,7	3	0
7	4	9	4	-	2,8	1	0
8	-	0,2	3	-	1,7	1,2,3	0
-	-	2,1	1	-	4,9	2,3	0
4	-	1,2	3	-	1,7	2	0
4	3	1,2,9	2	-	1,7	3	1
2	0	3	0	3	4,9	3	0
7	-	1	8	1	1,6	1,2	0
6	5	0,1,9	1	-	2,8	1,2	0
5	5	9	4	-	2,8	1	0
8	-	0,2	8	-	1,7	2	0
8	-	0	8	1	0,6	2	0
4	2	0	1	-	1,7	2	0
4	4	0,1,2,9	1	-	2,8	3	0
4	4	0,1,2,9	3	-	2,8	3	0
2	-	2	0	1	4,9	2	0
5	4	0,2	1	-	2,8	1,2	0
8	8	0	8	-	4,9	2	0

Tablo 3.1. Parçayı tanımlayıcı anahtar numara tablosu

Kod	Kütle (kg)	Boyutlar (mm)	Malzeme	Geometrik davranış tipi	Simetri	Duruş güvenliği	Geri kazanım tipi	Malzeme ve yüzey özellikleri
0	0-0.1	0-4	Demir esaslı metal	Uzun parçalar	Küresel	<u>1 kenar üzerinde</u>	Diğer	Hassas olmayan
1	> 0.1-0.4	> 4-10	Demir dışı metal	Karmaşık parçalar	Dairesel	<u>2 kenar üzerinde</u>	Tekrar kullanım	Yüzey hassasiyeti
2	> 0.4-1.0	> 10-25	Plastik	Yassı parçalar	Prizmatik	<u>> 2 kenar</u>	Geri dönüşüm	Kırılma Hassasiyeti
3	> 1.0-2.5	> 25-50	Lastik	Silindirik parçalar	Doğrusal	<u>Bütün kenarlar</u>	Yakma	Şekil Hassasiyeti
4	< 2.5-4.0	> 50-100	Seramik	Blok parçalar				Aşındırıcı
5	> 4.0-10	> 100-160	Cam	Konik parçalar				Sıcak
6	> 10-16	> 160-250	Ağaç	Pramit parçalar		<u>1 kenar üzerinde</u>		Üst üste yığılamaz
7	> 16-25	> 250-400		Şapkalı parçalar		<u>2 kenar üzerinde</u>		Saydam
8	> 25-40	> 400-630		Boşluklu parçalar		<u>> 2 kenar</u>		
9	> 40	> 630	Diğer	Küresel parçalar		<u>bütün kenarlar</u>		

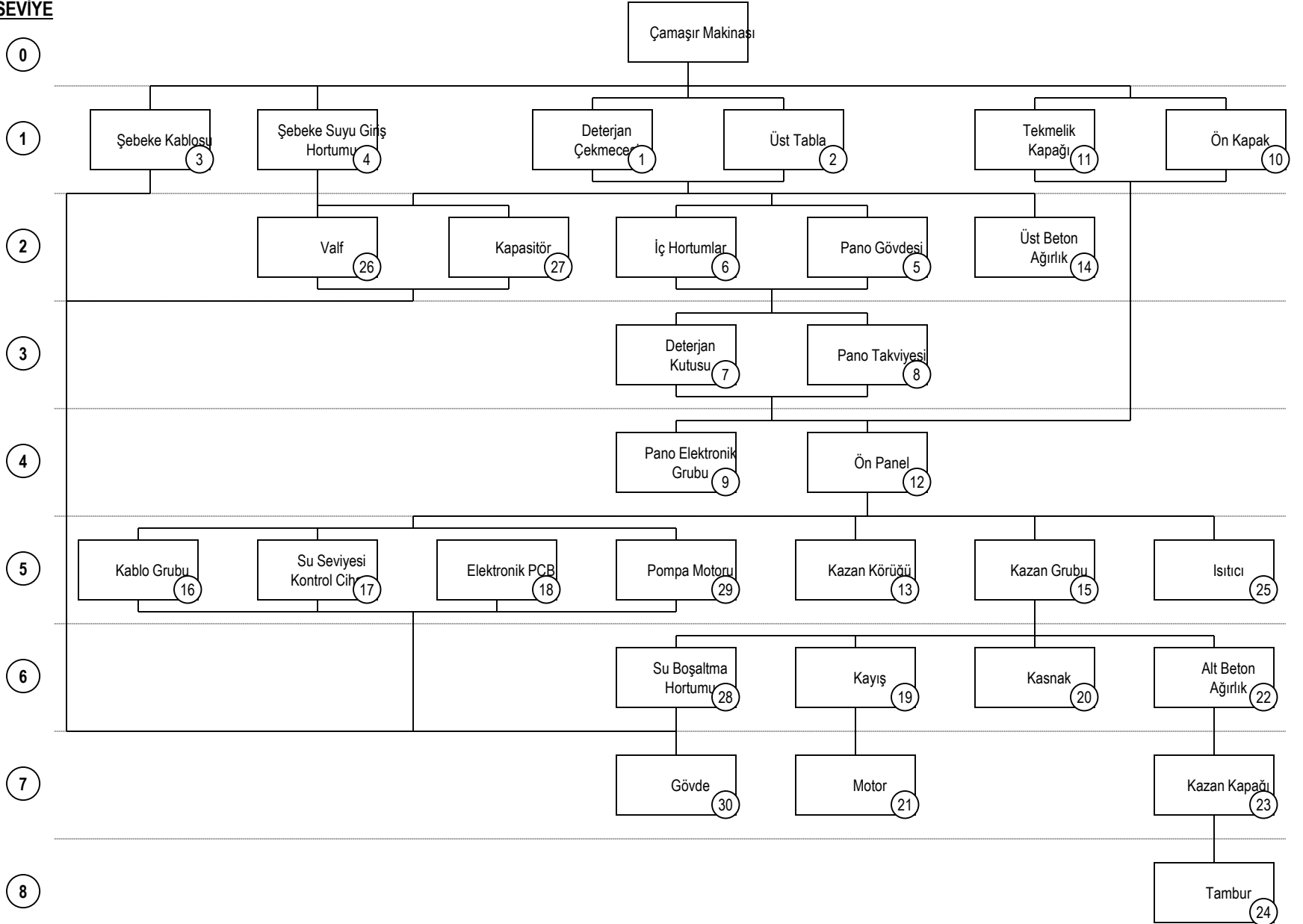
Tanımlayıcı Bilgiler			Demontaj Adım Karakteristikleri										Demontaj Bilgileri					Resim	
Adım No	Adım No (Manuel)	İşlem Adı	Demontaj						Tutma ve Taşıma				İstasyon No	Demontaj Adım Seviyesi	Bağlantı Tipi	İşlemin Tanımı	Uyarı	Parça Resmi	Montaj Halinde Parça Resmi
			Demontaj Prosesi	Manuel 1 Otomatik 2	Hasarlı 1 Hasarsız 2	Demontaj Takımı	İlave Demontaj Takımı	Demontaj Kuvveti	Manuel 1 Otomatik 2	Hasarlı 1 Hasarsız 2	Tutma ve Taşıma Takımı	Tutma ve Taşıma Kuvveti							
0	0	Çamaşır Makinası	Yerleştir	-	-	-	-	-	2	2	Vakumlu Tutucu 1	Yüksek	2	0	-	Çamaşır makinası otomatik demontaj hattına uygun biçimde yerleştirilir.			
1	11	Tekmelik Kapağı	Klipsi Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	0	1	2 Klips	Bir tornavida yardımıyla bağlantı noktaları çevrilerek parça sökülür ve uzaklaştırılır.			
2	1	Deterjan Çekmecesı	Çıkar	1	2	-	-	Düşük	1	2	-	Düşük	13	1	1 Klips	Sifon üzerindeki klips bastırılır, parça çekilerek çıkarılır ve uzaklaştırılır.			
3	2	Üst Tabla	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Yüksek	1	2	-	Düşük	13	1	2 Vida	Vidalar sökülür ve tabla arkaya doğru itilerek uzaklaştırılır.			
4	3	Şebeke Kablosu	Kes	1	1	Yan Keski	-	Orta	1	2	-	Düşük	13	1	2 Vida, 2 Klips	Yan keski kullanılarak kablo kesilir ve uzaklaştırılır.			
5	4	Şebeke Suyu Giriş Hortumu	Vidasını Sök	1	2	Pense	-	Orta	1	2	-	Düşük	13	1	1 Somun	Hortumu makineye bağlayan somun pense yardımıyla sökülür ve parça uzaklaştırılır.			
6	5	Pano Gövdesi	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	13	2	1 Vida, 4 Klips	Vida sökülür ve 4 klips bir tornavida yardımıyla gevşetilerek parça uzaklaştırılır.			
7	6	İç Hortumlar	Kelepçeleri Sök	1	1,2	Pense	-	Orta	1	2	-	Düşük	13	2	4 Kelepçe	Kelepçeler pense yardımıyla sökülür ve parçalar uzaklaştırılır.			

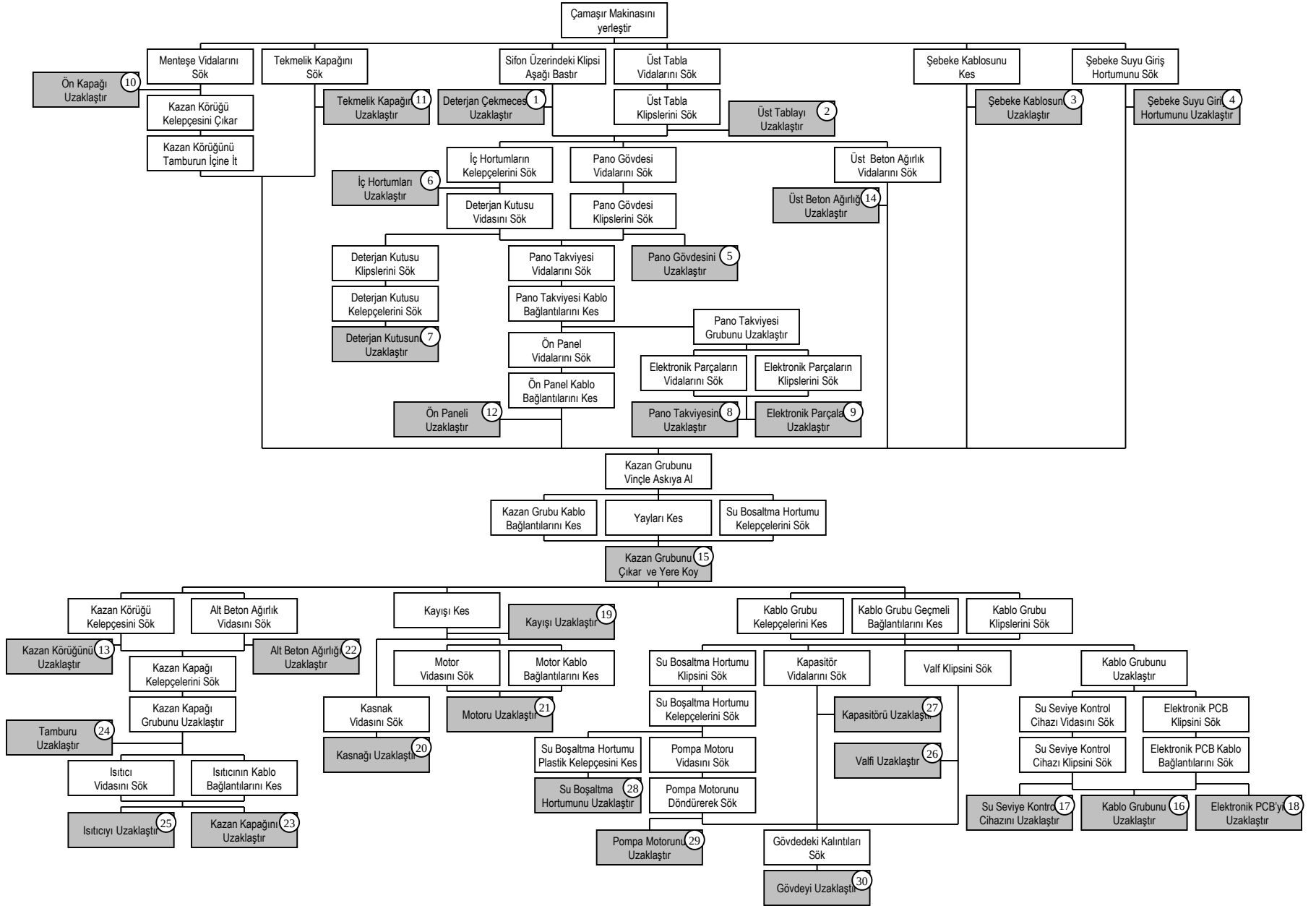
8	7	Deterjan Kutusu	Sök	1	1,2	Tornavida	Pense	Orta	1	2	-	Düşük	13	3	1 Vida, 3 Kelepçe	Önce tornavida yardımıyla vida ardından pense yardımıyla kelepçeler sökülür ve parça uzaklaştırılır.		
9	8	Pano Takviyesi	Vidalarını Sök	1	1	Tornavida	YanKeski	Orta	1	2	-	Düşük	13	3	6 Vida, 16 Kablo Bağı	Tornavida yardımıyla vidalar sökülür ve kablolar kesilerek parça uzaklaştırılır.		
10	9	Pano Gövdesi Elektronik Grubu	Uzaklaştır	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	13a	4	2 Vida, 10 Klips	Tornavida yardımıyla ufak program düğmeleri ve büyük program seçme düğmesi sökülerek parçalar uzaklaştırılır.		
11	10	Ön Kapak	Kes	2	1	Jet Taşıyla Kesme Takımı	-	Yüksek	2	2	Vakumlu Tutucu 2	Yüksek	7	1	2 Vida, 1 Klips	Önce ön kapak kilidi kesilir, sonra parça tutulur ve menteşe kısmı da kesilerek parça uzaklaştırılır.		
12	12	Ön Panel	Kes	2	1	Jet Taşıyla Kesme Takımı	-	Yüksek	2	2	Vakumlu Tutucu 3	Yüksek	7	4	3 Vida, 2 Klips	Önce ilk 2 vida kesilir, sonra parça tutularak 3. vida ve klipslerden biri kesilir ve parça uzaklaştırılır.		
13	15	Kazan Grubu	Kes, Çıkar ve Yerleştir	2	1	Hidrolik Makaslı Kesme Takımı	-	Yüksek	2	2	İki Parmaklı Tutucu	Yüksek	9	5	3 Kelepçe , 4 Klips	Üst beton ağırlığın kenarlarından kazan grubu tutularak askıya alınır. Yay, damper, kablo ve hortumlar kesilir ve kazan grubu makina gövdesinden çıkarılarak bir platform üzerine yerleştirilir.		
14	19	Kayış	Kes	1	1	Yan Keski	-	Orta	1	2	N/A	Düşük	9a	6	-	Parça yan keski yardımıyla kesilerek uzaklaştırılır.		
15	20	Kasnak	Vidasını Sök	2	2	Otomatik Vida Sökme Takımı	-	Yüksek	2	2	N/A	Düşük	9a	6	1 Vida	Otomatik vida sökme takımıyla vida sökülür ve parça manuel olarak uzaklaştırılır.		
16	21	Motor	Vidalarını Sök	2	2	OtomatikVida Sökme Takımı	Hidrolik Makaslı Kesme Takımı	Yüksek	2	2	Parça Yüzeyine Göre Şekil Alan Tutucu	Yüksek	9a	7	1 Vida	Otomatik vida sökme takımıyla vida sökülür ve parça robot tarafından uzaklaştırılır.		
17	16	Kablo Grubu	Kes	1	1	Yan Keski	Tornavida	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	3 Kelepçe, 6 Klips	Yan keski yardımıyla kelepçeler kesilir, tornavida yardımıyla klipsler sökülür ve kablo grubu uzaklaştırılır.		

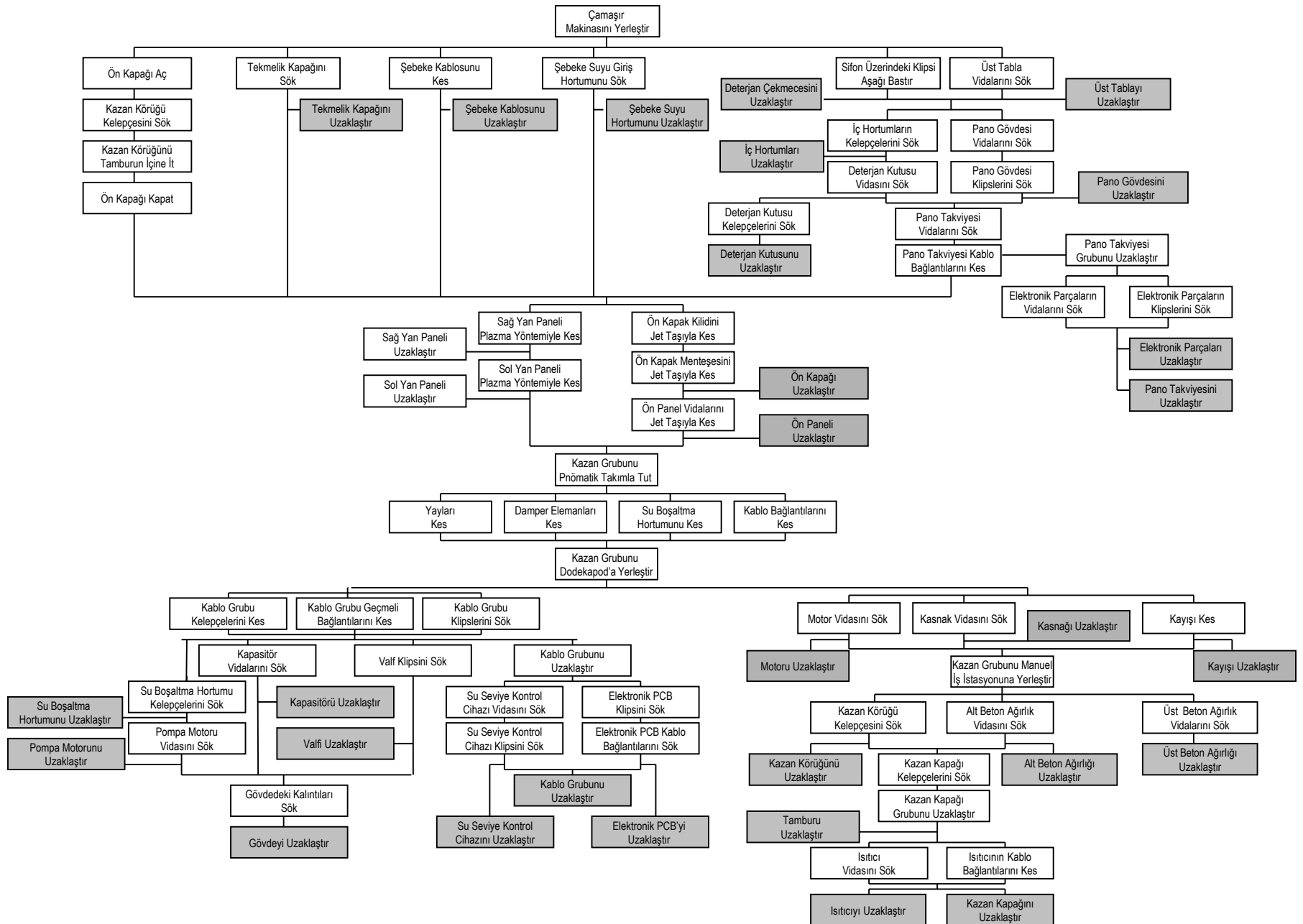
18	17	Su Seviyesi Kontrol Cihazı	Vidayı Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	1 Vida	Tornavida yardımıyla vida sökülür ve parça uzaklaştırılır.			
19	18	Elektronik PCB	Klipsi Sök	1	2	Pense	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	2 Klips	Tornavida yardımıyla klipsler sökülür ve parça uzaklaştırılır.			
20	26	Valf	Klipsi Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	2	1 Klips	Tornavida yardımıyla klips sökülür ve parça çevrilerek uzaklaştırılır.			
21	27	Kapasitör	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	2	2 Vida, 2 Klips	Tornavida yardımıyla vidave klipsler sökülerek parça uzaklaştırılır.			
22	28	Su Boşaltma Hortumu	Uzaklaştır	1	1	Pense	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	6	3 Kelepçe	Pense yardımıyla kelepçeler sökülerek parça uzaklaştırılır.			
23	29	Pompa Motoru	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	2 Vida	Tornavida yardımıyla vida sökülür ve parça çevrilerek uzaklaştırılır.			
24	30	Gövde	Uzaklaştır	1	2	-	-	Düşük	1	2	-	Düşük	12	7	-	Gövde üzerinde kalan artıklar temizlenir ve gövde uzaklaştırılır.			
25	14	Üst Beton Ağırlık	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	2	3 Vida	Anahtar tornavida yardımıyla vidalar sökülür ve parça uzaklaştırılır.			
26	22	Alt Beton Ağırlık	Vidalarını Sök	1	2	Tornavida	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	6	2 Vida	Anahtar tornavida yardımıyla vidalar sökülür ve parça uzaklaştırılır.			
27	13	Kazan Körüğü	Kelepçeleri Sök	1	1,2	Tornavida	YanKeski	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	2 Kelepçe	Yan keski kullanılarak kelepçe kesilir ve parça uzaklaştırılır.			

28	23	Kazan Kapağı	Kelepçeleri Sök	1	2	Pense	-	Orta	1	2	-	Düşük	12	7	13 Kelepçe	Pense yardımıyla kelepçeler sökülerek parça uzaklaştırılır.			
29	25	Isıtıcı	Vidalarını Sök	1	1,2	Tornavida	Tokmak	Orta	1	2	-	Düşük	12	5	1 Vida	Tornavida yardımıyla vida sökülür ve bir tokmak yardımıyla parça uzaklaştırılır .			
30	24	Tambur	Çıkar	1	2	-	-	Düşük	1	2	-	Düşük	12	8	-	Tambur tutularak kazan içinden çıkarılır ve uzaklaştırılır.			

SEVİYE







Adım No	Parça Adı	Manuel Demontaj				Takım Yardımıyla			
		Hasarlı		Hasarsız		Hasarlı			
		İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	Takım Alma Süresi	Takım Bırakma Süresi
0	Çamaşır Makinası	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Deterjan Çekmecesi	-	-	2,2	2,9	-	-	-	-
2	Üst Tabla	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Şebeke Kablosu	-	-	-	-	3,1	2,1	2,2	1,7
4	Şebeke Suyu Giriş Hortumu	-	-	14,1	2,1	6,2	2,2	2,2	2,1
5	Pano Gövdesi	-	-	-	-	-	-	-	-
6	İç Hortumlar	-	-	-	-	36,9	3,2	3,2	2,2
7	Deterjan Kutusu	-	-	-	-	47,1	3,5	6,3	4,3
8	Pano Takviyesi	-	-	-	-	100,2	3	12,1	6,3
9	Pano Elektronik Grubu	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Ön kapak	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Tekmelik Kapağı	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Ön Duvar	-	-	-	-	66,1	4	5,4	4,1
13	Kazan Körüğü	-	-	-	-	4,2	3,2	2,2	2,2
14	Üst Beton Ağırlık	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Kazan Grubu	-	-	-	-	73,2	5,2	9,1	6,3
16	Kablo Grubu	-	-	-	-	34	3,1	6,2	5,1
17	Su Seviyesi Kontrol Cihazı	-	-	-	-	27	2,2	5,2	5,2
18	Elektronik PCB	-	-	7,1	1,8	11,1	1,2	2,2	2,2
19	Kayış	-	-	4,2	2,9	2	3,1	2,2	1
20	Kasnak	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Motor	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Alt Beton Ağırlık	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Kazan Kapağı	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Tambur	-	-	2	4,1	-	-	-	-
25	Isıtıcı	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Valf	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Kapasitör	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Su Boşaltma Hortumu	-	-	-	-	38	3,2	3,5	4,2
29	Pompa Motoru	-	-	-	-	17,1	3,1	3,1	2,2
30	Gövde	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

Otomatik Demontaj							Toplam Demontaj Süreleri					
Hasarlı			Hasarsız				Manuel					
Parçayı Tutup Taşıma Süresi	Takım Alma Süresi	Takım Bırakma Süresi	İşlem Süresi	Parçayı Tutup Taşıma Süresi	Takım Alma Süresi	Takım Bırakma Süresi	Takımsız		Takımla		Mekanize Takımla	
							Hasarlı	Hasarsız	Hasarlı	Hasarsız	Hasarlı	Hasarsız
-	-	-	-	94,2	8,1	11,2	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	5,1	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	29,3	0	26,5
-	-	-	-	-	-	-	0	0	9,1	61	0	59
-	-	-	-	-	-	-	0	16,2	12,7	16,1	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	33,6	0	37,9
-	-	-	-	-	-	-	0	0	45,5	76	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	61,2	42,8	62,8	44,5
-	-	-	-	-	-	-	0	0	121,6	0	87,9	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	43,8	0	29,6
14,1	15,9	20,3	-	-	-	-	0	0	0	26,3	0	22,6
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	16,5	0	0
8,9	26,1	10,1	-	-	-	-	0	0	79,6	83,7	58,2	57,9
-	-	-	-	-	-	-	0	0	11,8	12,7	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	55,3	0	24,5
51,3	44,1	35,9	-	-	-	-	0	0	93,8	96	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	48,4	55,6	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	39,6	37,4	33,9	26,6
-	-	-	-	-	-	-	0	8,9	16,7	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	7,1	8,3	0	0	0
25,5	16,1	19,6	-	-	-	-	0	0	0	40,7	0	17,7
25,6	16,1	19,6	-	-	-	-	0	0	0	46,6	0	23,6
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	56,4	0	50,5
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	43,6	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	6,1	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	46	0	19,5
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	14,6	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	25,3	0	17,6
-	-	-	-	-	-	-	0	0	48,9	47,5	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	25,5	23,5	0	0
-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0

Toplam Manuel Demontaj Süresi

Toplam Otomatik Demontaj Süresi

Otomatik		Parça Adı	Adım No
Hasarlı	Hasarsız		
0	113,5	Çamaşır Makinası	0
0	0	Deterjan Çekmecesı	1
0	0	Üst Tabla	2
0	0	Şebeke Kablosu	3
0	0	Şebeke Suyu Giriş Hortumu	4
0	0	Pano Gövdesi	5
0	0	İç Hortumlar	6
0	0	Deterjan Kutusu	7
0	0	Pano Takviyesi	8
0	0	Pano Elektronik Grubu	9
116,2	0	Ön kapak	10
0	0	Tekmelik Kapağı	11
149,3	0	Ön Duvar	12
0	0	Kazan Körüğü	13
0	0	Üst Beton Ağırlık	14
282,7	0	Kazan Grubu	15
0	0	Kablo Grubu	16
0	0	Su Seviyesi Kontrol Cihazı	17
0	0	Elektronik PCB	18
0	0	Kayış	19
75,8	0	Kasnak	20
76	0	Motor	21
0	0	Alt Beton Ağırlık	22
0	0	Kazan Kapağı	23
0	0	Tambur	24
0	0	Isıtıcı	25
0	0	Valf	26
0	0	Kapasitör	27
0	0	Su Boşaltma Hortumu	28
0	0	Pompa Motoru	29
0	0	Gövde	30

875,1	14,585
sn	dk

1473	24,55
sn	dk

ÖZGEÇMİŞ

08.05.1977 tarihinde Mudanya'da doğdu. 1994 yılında Bursa Cumhuriyet Lisesi'nden mezuniyetinin ardından İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü kazandı. İngilizce Destekli Öğretim (İDÖ) kapsamında gerçekleştirdiği Makina Mühendisliği eğitimini 1999 yılında tamamladı. Aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Eylül 2001'de enjeksiyon yöntemiyle plastik mamuller üreten AKPA adlı bir firmada kalıp tasarımı ve imalatının (CAD/CAM) gerçekleştirilmesine yönelik 9 ay süreyle mühendislik yaptı. Ağustos 2002'de Berlin Teknik Üniversitesi'ne bağlı Makina Takımları ve İmalat Teknolojileri Enstitüsü'nde yüksek lisans tezini hazırlamak üzere Almanya'nın Berlin kentine giderek burada 9 ay süreyle araştırma görevlisi olarak çalıştı.