

**HASARLI MAKİNE ELEMANLARININ  
TERSİNE MÜHENDİSLİK İLE TASARIM VE  
İMALAT İÇİN YENİLENMESİ**

**2009  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE EĞİTİMİ**

**Mustafa AYYILDIZ**

**HASARLI MAKİNE ELEMANLARININ TERSİNE MÜHENDİSLİK İLE  
TASARIM VE İMALAT İÇİN YENİLENMESİ**

**Mustafa AYYILDIZ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2009**

Mustafa AYYILDIZ tarafından hazırlanan “HASARLI MAKİNE ELEMANLARININ TERSİNE MÜHENDİSLİK İLE TASARIM VE İMALAT İÇİN YENİLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU .....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında. Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26 / 06 / 2009

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan: Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ) .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ) .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU (KBÜ) .....

.../.../2009

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

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mustafa AYYILDIZ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **HASARLI MAKİNE ELEMANLARININ TERSİNE MÜHENDİSLİK İLE TASARIM VE İMALAT İÇİN YENİLENMESİ**

**Mustafa AYYILDIZ**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU**

**Haziran 2009, 106 sayfa**

Endüstride etkin kullanılan makine donanımlarından birisi de kalıplardır. Kalıpların kullanımını sırasında oluşan yüksek kuvvetler, kalıp elemanlarında aşınmalara, çatlak ve parçalanmalara neden olmaktadır. Sorunlar, genellikle kalıpların tekrar tamir veya imal edilmeleriyle giderilmeye çalışılmaktadır. Hasarlı parçaların resimlerinin temin edilememesi ve yeni kalıp elemanlarının yüksek imalat maliyetleri çözümü zorlaştırmaktadır. Bu tezde, hasarlı kalıp elemanlarının tamiri ve imali için Tersine Mühendislik (TM) destekli bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin kullanılabilirliği hasarlı/kırılmış kalıp elemanları üzerinde ispatlanmıştır. Hasarlı kalıp elemanı üzerinden ürününün elde edilebilen boyut bilgisi, 3B taşınabilir tarama cihazı yardımıyla nokta bulutları olarak alınmıştır. SolidWorks API fonksiyonları kullanılarak, Visual Basic’de geliştirilen bir arayüz Parça Yenileme Programı (PYP) aracılığıyla nokta bulutuna müdahale edilmiştir.

Daha sonra nokta bulutundaki ihtiyaç duyulan eksik geometri tamamlanmıştır. Böylelikle, elde edilen BDT modeli, onarılmış parçanın gerekli olan kısmının imalatı için kullanılabilir. Sistem, hasarlı makine elemanlarının yeniden yapımı için yüksek maliyet gereksinimini azaltılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler :** Kalıp elemanları tamiri, Tersine Mühendislik (TM), Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT)

**Bilim Kodu** : 626.08.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **RENEWING OF DAMAGED MACHINE COMPONENTS VIA REVERSE ENGINEERING FOR DESIGN AND MANUFACTURING**

**Mustafa AYYILDIZ**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Asst. Prof. Cevdet GÖLOĞLU**

**June 2009, 106 pages**

One of the machine equipments that is effectively used in industry is the dies. Higher forces arisen in utilization of dies cause abrasions, cracks and breaks on die components. These problems are generally sorted out by repairing and re-manufacturing the dies. The lacks on supplying drawings of damaged components and higher manufacturing costs of new die components make the solution difficult. In this thesis, a system that is assisted with Reverse Engineering (RE) is developed for repairing and re-manufacturing of the damaged die components. The usability of the developed system is proved with samples of damaged or broken die components. The obtainable geometrical size information of the component is acquired as point clouds by a mobile 3D scanning tool. The obtained point clouds are intervened with a Part Renewing Program (APP) that is developed by Visual Basic using SolidWorks API functions.

Then, the needed missing geometry on the point clouds is completed. Therefore, the CAD model obtained can be used for manufacturing of the needed section of repaired component. The system diminishes the needed higher costs on re-manufacturing of the damaged machine components

**Key Words** : Die components repairing, Reverse Engineering (RE), Computer Aided Design (CAD)

**Science Code** : 626.08.01



## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımnda bana destek veren danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr Cevdet GÖLOĞLU' a, çeşitli vesilelerle katkıda bulunan Prof. Dr. Kerim ÇETINKAYA' ya, Doç. Dr. Hamit SARUHAN' a, Yrd. Doç. Dr. Adem ÇİÇEK' e, Yrd. Doç. Dr. İlyas UYGUR' a, Arő. Gör. Cihan MIZRAK' a ve mesai arkadaşlarıma saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme de çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
TERSİNE MÜHENDİSLİK.....	3
2.1. TANIM .....	3
2.2. ÜRÜN GELİŞTİRME YAKLAŞIMLARI .....	6
2.2.1. Geleneksel Yaklaşım.....	7
2.2.2. Geleneksel Olmayan Yaklaşım .....	7
2.3. TERSİNE MÜHENDİSLİK METODU .....	7
2.3.1. Sayısallaştırma .....	8
2.3.1.1. Farklı Sayısallaştırıcıların Karşılaştırılması .....	11
2.3.2. Nokta Bulutunu Hazırlama.....	12
2.3.3. Modelin Uygun Kesitlerini Alma.....	13
2.3.4. Veri Noktalarını Düzeltme.....	14
2.3.5. Veri Noktalarını Azaltma.....	14
2.3.6. Yeni Nokta Bulutları Oluşturma .....	15
2.3.7. Yüzey Oluşturma.....	15
2.3.8. 3D Modelin Yapımı .....	16

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.3.9. Hızlı Prototipleme .....	17
2.4. TERSİNE MÜHENDİSLİKDE OLUŞAN HATALARIN GİDERİLMESİ ...	17
2.4.1. Veri Noktalarının Ön İşlemi İçin Program Geliştirme.....	18
2.5. LİTERATÜR TARAMASI .....	20
BÖLÜM 3.....	27
GELİŞTİRİLEN SİSTEM.....	27
3.1. TARAMA .....	28
3.2. NOKTA BULUTU HAZIRLAMA .....	29
3.3. NOKTA BULUTUNU DÜZELTME .....	32
3.3.1. Daire .....	33
3.3.2. Çizgi .....	36
3.3.3. Yay .....	39
3.4. NOKTA BULUTUNU TAMAMLAMA.....	42
3.5. NESNE OLUŞTURMA.....	44
BÖLÜM 4.....	47
GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA.....	47
4.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA.....	47
4.1.1. Hasarlı Parça Üzerinden Nokta Alma .....	50
4.1.2. Rhinoceros BDT programında koordinat yönlendirme.....	52
4.1.3. SolidWorks BDT Programında IGES Dosyasının Açılması.....	53
4.1.4. Hasarlı Geometri Seçimi ve Koordinatlarının Bulunması .....	54
4.1.5. Daire Seçim Düğmesi Seçimi .....	55
4.1.6. Düzleme Eğri Yansıtma .....	56
4.1.7. Extrude Seçim Düğmesi ile Derinlik Verme.....	58
4.1.8. Düzlem Atama ve Cut Seçim Düğmesi İle Çıkartma İşlemi .....	61
4.1.9. Sweep Cut Seçim Düğmesi ile Süpürme İşlemi.....	62
4.1.10. Fillet Seçim Düğmesi ile Fillet İşlemi.....	65
4.1.11. Hasarlı Kalıp Elemanının Onarımı Yapılmış Modeli .....	67
4.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT .....	68
4.2.1. Delik Delme İşlemi .....	69

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.2.2. Serbest Yüzey İşleme İşlemi .....	70
4.2.3. Kanal İşleme İşlemi.....	71
4.2.4. Kontur İşleme İşlemi .....	72
BÖLÜM 5.....	74
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	74
KAYNAKLAR.....	76
EK 1.....	79
GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN KODLARI.....	79
EK II.....	91
GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA 1 .....	91
A.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA.....	91
A.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT.....	97
EK III.....	99
GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA 2.....	99
B.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA.....	99
B.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT .....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	106

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.2.1. Ürünlerin Mühendislik İmalatı için Sırası (Sokovic ve Kopac, 2006)...	6
Şekil 2.3.1.1. Sayısallaştırma Teknikleri (Sokovic ve Kopac, 2006).....	9
Şekil 2.3.1.2. Farklı sayısallaştırma aletleri. ....	10
Şekil 2.3.2.1. Döndürme, transfer arayüzü (Hsiao ve Chuang, 2003).....	13
Şekil 2.3.2.2. Nokta bulutlarının görünüşü (Hsiao ve Chuang, 2003). ....	13
Şekil 2.3.3.1. Kesit alınan model ve arayüzü (Hsiao ve Chuang, 2003). ....	13
Şekil 2.3.4.1. Veri noktalarını düzeltme (Hsiao ve Chuang, 2003).....	14
Şekil 2.3.5.1. Veri azaltma oranları (Hsiao ve Chuang, 2003).....	14
Şekil 2.3.5.2. Azaltma yapıldıktan sonraki veri noktalarının dağılımı (Hsiao ve Chuang, 2003) .....	15
Şekil 2.3.7.1. Kesit eğrileri (Hsiao ve Chuang, 2003).....	16
Şekil 2.3.7.2. Oluşan yüzey (Hsiao ve Chuang, 2003).....	16
Şekil 2.3.8.1. 3D model yüzey (Hsiao ve Chuang, 2003). ....	16
Şekil 2.3.9.1. Hızlı prototiplemede üretilmiş ürün (Hsiao ve Chuang, 2003).....	17
Şekil 2.4.1.1. Geliştirilmiş sistemin akış algoritması (Budak vd., 2005). ....	19
Şekil 2.5.1. Geliştirilen yöntemin algoritması (Galantucci vd., 2008).....	22
Şekil 2.5.2. Geliştirilen düzeneç (Xinmin vd., 2001).....	23
Şekil 2.5.3. Önerilen unsur tabanlı tersine mühendislik uygulaması (Jun vd., 2001). .....	24
Şekil 2.5.4. Geliştirilmiş arayüz ve yüzeyler (Gattamelata vd., 2008).....	25
Şekil 2.5.5. Geliştirilen pin sıralı sayısallaştırma aleti (Tam ve Chan, 2007).....	25
Şekil 2.5.6. TYT akış şeması (Ye vd., 2007). ....	26
Şekil 3.1. Hasarlı kalıp elemanının tamiri için geliştirilen sistemin akış şeması.	28
Şekil 3.2. Hasarlı kalıp elemanının nokta bulutu. ....	29
Şekil 3.2.1. Parça Yenileme programı yönlendirme menüsü. ....	30
Şekil 3.2.2. Visual Basic ile Rhinoceros BDT programının birbiriyle iletişim kodları.....	30

Şekil 3.2.3.	Aç komut düğmesi kodu. ....	30
Şekil 3.2.4.	Taşıma komut düğmesi kodu. ....	30
Şekil 3.2.5.	Döndür komut düğmesi kodu.....	31
Şekil 3.2.6.	Kaydet komut düğmesi kodu.....	31
Şekil 3.2.7a.	Nokta bulutunun taşınmamış ve taşınmış hali.....	31
Şekil 3.2.7b.	Nokta bulutunun döndürülmemiş ve döndürülmüş hali.....	32
Şekil 3.3.1.	Eksik geometriyi düzeltme menüsü. ....	32
Şekil 3.3.2.	Visual Basic ile SolidWorks BDT programlarının iletişim kodları. ...	33
Şekil 3.3.1.1.	Seç komut düğmesinin komut satırı.....	33
Şekil 3.3.1.2.	SolidWorks’da nokta bulutu ve unsur ağacı. ....	34
Şekil 3.3.1.3.	Bul komut düğmesinin SolidWorks API fonksiyonu.....	35
Şekil 3.3.1.4.	Daire seçim düğmesinin komut satırı.....	35
Şekil 3.3.1.5.	Daire oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı. ....	36
Şekil 3.3.1.6.	Daire seçim düğmesiyle oluşturulmuş daire. ....	36
Şekil 3.3.2.1.	Çizginin noktalar kümesi. ....	37
Şekil 3.3.2.2.	Çizgi seçim düğmesinin komut satırı.....	38
Şekil 3.3.2.3.	Çizgi oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı.....	38
Şekil 3.3.2.4.	Çizgi seçim düğmesiyle oluşturulmuş çizgi.....	39
Şekil 3.3.3.1.	Yayın noktalar kümesi. ....	40
Şekil 3.3.3.2.	Yay seçim düğmesinin komut satırı.....	41
Şekil 3.3.3.3.	Yay oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı.....	41
Şekil 3.3.3.4.	Yay seçim düğmesiyle oluşturulmuş yay.....	42
Şekil 3.4.1.	SolidWorks- Sketch nokta bulutu tamamlama menüsü. ....	42
Şekil 3.4.2.	Dosya Aç komut düğmesi kullanıldığında açılan pencere.....	43
Şekil 3.5.1.	Nesne oluşturma menüsü .....	44
Şekil 4.1.1.	Geliştirilen program ve programla eş zamanlı çalışan SolidWorks programı için örnek arayüz.....	48
Şekil 4.1.2.	Program penceresi ve kontrol düğmeleri. ....	49
Şekil 4.1.3.	Hasarlı kalıp elemanı.....	50
Şekil 4.1.1.1.	Parça üzerinden orijin alma.....	51
Şekil 4.1.1.2.	Hasarlı parça üzerinden boyut bilgisi elde etme. ....	51
Şekil 4.1.1.3.	Rhinoceros BDT programındaki nokta bulutu görüntüsü.....	52

## **Sayfa**

Şekil 4.1.2.1. Taşıma ve Döndürme işlemleri. ....	53
Şekil 4.1.3.1. SolidWorks’da açılan IGES nokta bulutu. ....	54
Şekil 4.1.4.1. Seç düğmesi seçimi. ....	54
Şekil 4.1.4.2. Geometri seçim uyarısı. ....	55
Şekil 4.1.4.3. Düzlem seçim uyarısı. ....	55
Şekil 4.1.5.1. Front düzlem seçimi ve Geliştirilen program.....	55
Şekil 4.1.5.2. Daire geometrisi. ....	56
Şekil 4.1.6.1. Paralel-Nokta seçim uyarısı. ....	56
Şekil 4.1.6.2. Eğrileri referans olarak Düzlem atama.....	57
Şekil 4.1.6.3. Eğrilerin düzleme yansıtılması.....	57
Şekil 4.1.6.4. Line komut düğmesi ile yansıtılan eğrilerin tamamlanması. ....	58
Şekil 4.7.1.1. Noktayı referans olarak düzlem atama. ....	58
Şekil 4.1.7.2. Sketch seçim uyarısı.....	59
Şekil 4.7.3. Listbox1 listeleme kutusundan Sketch1 seçimi. ....	59
Şekil 4.1.7.4. Düzlem seçim uyarısı. ....	59
Şekil 4.1.7.5. Listbox2 listeleme kutusundan Plane1 ve Plane2 seçimi.....	60
Şekil 4.1.7.6. Extrude ile unsur oluşturma. ....	60
Şekil 4.1.8.1. Plane3 ve Plane4 düzlem atama. ....	61
Şekil 4.1.8.2. Sketch, Plane1 ve Plane2 seçimi. ....	61
Şekil 4.1.8.4. Cut ile unsur oluşturma. ....	62
Şekil 4.1.9.1. Plane3 ve Plane4 düzlem atama. ....	63
Şekil 4.1.9.2. Referans eğrileri kullanarak süpürülecek profili yansıtma. ....	63
Şekil 4.1.9.3. Referans eğrileri kullanarak süpürülecek yolu yansıtma. ....	64
Şekil 4.1.9.4. Süpürülecek profil ve yol taslaklarının seçimi.....	64
Şekil 4.1.9.5. Sweep Cut ile süpürme işlemi.....	65
Şekil 4.1.10.1. Plane7 düzlemi atama. ....	66
Şekil 4.1.10.2. Referans eğrinin taslağa yansıtma.....	66
Şekil 4.1.10.3. Yansıtılan eğrinin iki noktası seçimi ve Listbox1’e eklenmesi. ....	67
Şekil 4.1.10.4. Fillet seçim düğmesi ile fillet oluşturma. ....	67
Şekil 4.1.11.1. Hasarlı kalıp elemanının onarımı yapılmış modeli. ....	68
Şekil 4.2.1. SolidCAM BDİ programının arayüzü ve model. ....	69
Şekil 4.2.1.1. Delik delme işleminin takım yolu. ....	70

## **Sayfa**

Şekil 4.2.1.2. Delik delme işlemi BSD kodları. ....	70
Şekil 4.2.2.1. Serbest yüzey işleminin takım yolu. ....	71
Şekil 4.2.2.2. Serbest yüzey işleme BSD kodlarının bir kısmı. ....	71
Şekil 4.2.3.1. Kanal işleminin takım yolu. ....	72
Şekil 4.2.3.2. Kanal işlemi BSD kodlarının bir kısmı. ....	72
Şekil 4.2.4.1. Kontur işleminin takım yolu ....	73
Şekil 4.2.4.2. Kontur işleminin kodları ....	73
Şekil EKI.1. Yükle komut düğmesinin komut satırı. ....	79
Şekil EKI.2. Kaydet komut düğmesinin komut satırı. ....	79
Şekil EKI.3. Sketch Aç komut düğmesinin komut satırı. ....	80
Şekil EKI.4. Sketch Kapat komut düğmesinin komut satırı.....	80
Şekil EKI.5. Front, Top ve Right seçim düğmelerinin komut satırları. ....	80
Şekil EKI.6. Düzlem Ata komut düğmesinin komut satırı.....	81
Şekil EKI.7. Ref. Ata komut düğmesinin komut satırı. ....	81
Şekil EKI.8. Line komut düğmesinin komut satırı.....	82
Şekil EKI.9. Arc komut düğmesinin komut satırı. ....	82
Şekil EKI.10. Extrude seçim düğmesinin komut satırı. ....	83
Şekil EKI.11. Sweep ve Sweep Cut seçim düğmesinin komut satırı. ....	83
Şekil EKI.12. Fillet seçim düğmesinin komut satırları. ....	83
Şekil EKI.13. Hesapla komut düğmesinin komut satırı. ....	84
Şekil EKI.14. Mirror seçim düğmesinin komut satırı. ....	84
Şekil EKI.15. Trim seçim düğmesinin komut satırı.....	85
Şekil EKI.16. Trim – ve Trim + komut düğmelerinin komut satırı. ....	85
Şekil EKI.17. Extend seçim düğmesinin komut satırı.....	86
Şekil EKI.18. Extend komut düğmesinin komut satırı.....	86
Şekil EKI.19. Listbox1 listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı.....	87
Şekil EKI.20. Listbox1 listeleme kutusunun çift tıklama komut satırı. ....	87
Şekil EKI.21. Listbox2 listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı.....	88
Şekil EKI.22. Sağ, Sol, Çift seçim düğmelerinin komut satırı.....	88
Şekil EKI.23. Oluştur seçim düğmesinin komut satırı.....	89
Şekil EKI.24. Oluştur seçim düğmesinin komut satırı.....	90
Şekil A.1.1. Hasarlı kapak parçası. ....	91



## Sayfa

Şekil A.1.2.	Taranan nokta bulutu.....	92
Şekil A.1.3.	SolidWorks’de nokta bulutu ve Düzeltme programı.....	93
Şekil A.1.4.	Çizgi seçim düğmesi ile çizgi oluşturma.....	93
Şekil A.1.5.	Ref. Ata komut düğmesi ile eğri yansıtma, Trim ve Extend ile çizgi işleme.....	94
Şekil A.1.6.	Plane1 ve Plane2 düzlemleri arasında Extrude işlemi.....	94
Şekil A.1.7.	Plane1 üzerine Ref. Ata ile eğri atama. ....	94
Şekil A.1.8.	Plane1 ile Plane3 düzlemleri arasında Extrude işlemi. ....	95
Şekil A.1.9.	Plane3 düzlemi üzerine Ref. Ata ile eğri yansıtma. ....	95
Şekil A.1.10.	Plane3 ile Plane5 düzlemleri arasında Extrude işlemi. ....	95
Şekil A.1.11.	Plane2 düzlemi üzerine Ref. Ata ile eğri yansıtma. ....	96
Şekil A.1.12.	Plane1 ile Plane2 düzlemleri arasında Cut işlemi. ....	96
Şekil A.1.13.	Hasarlı parçanın onarımı yapılmış modeli. ....	96
Şekil A.2.1.	Delik delme işleminin takım yolu. ....	97
Şekil A.2.2.	Delik delme işleme BSD kodları.....	97
Şekil 4.3.4.	Serbest yüzey işleminin takım yolu. ....	98
Şekil 4.3.5.	Serbest yüzey işleme BSD kodlarının bir kısmı. ....	98
Şekil B.1.1.	Hasarlı parça. ....	99
Şekil B.1.2.	Taranan nokta bulutu. ....	100
Şekil B.1.3.	SolidWorks’de nokta bulutu ve Geliştirilen programı. ....	101
Şekil B.1.4.	Yay seçim düğmesi ile yay oluşturma.....	101
Şekil B.1.5.	Ref. Ata ile eğri yansıtma.....	102
Şekil B.1.6.	Extrude ile derinlik verme. ....	102
Şekil B.1.7.	Yan duvarları Cut ile kesme. ....	102
Şekil B.1.8.	Ref. Ata ile eğri yansıtma. ....	103
Şekil B.1.9.	Cut ile kesme. ....	103
Şekil B.1.10.	Fillet ve Hasarlı parçanın onarımı yapılmış modeli. ....	103
Şekil B.2.1.	Serbest yüzey kaba işleminin takım yolu. ....	104
Şekil B.2.2.	Form kaba işleminin kodları.....	104
Şekil B.2.3.	Serbest yüzey bitirme işlemini takım yolu. ....	105
Şekil B.2.4.	Serbest yüzey bitirme işlemi BSD kodlarının bir kısmı.....	105

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### KISALTMALAR

TM	: Tersine Mühendislik
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
KÖM	: Koordinat Ölçüm Makinesi
3B	: Üç Boyutlu
BDM	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
BDİ	: Bilgisayar Destekli İmalat
BSD	: Bilgisayarlı Sayısal Denetim
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
TYT	: Tersine Yenilikçi Tasarım

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ürünler gelişen teknolojinin yardımı ile on yıl öncesine göre daha formlu hatlara sahip olarak tasarlanmaktadır. Günümüzde müşteriler daha kişisel ve daha özelleştirilmiş ürünler talep etmektedir. Müşteri ihtiyaçlarındaki bu belirsizlik ve değişkenlik, rekabet güçlerini artırmak isteyen birçok işletmeyi yeni üretim ve pazarlama stratejileri uygulamaya zorlamaktadır. Bu işletmeler, müşteri ihtiyaçlarını tatmin ederek kâr elde etmek amacıyla geniş bir ürün yelpazesiyile pazara hâkim olmaya çalışmanın yanı sıra, pazara sürekli yeni ürünler sunmaktadır. Sunulan bu ürünlerin kaliteli olması ve pazardaki yerlerini en kısa zamanda alması ise işletmelere rekabet açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu koşullar altında varlıklarını sürdürmeye çalışan işletmeler, pazara küçük partiler halinde, özelleştirilmiş, çok kaliteli ürünleri düşük maliyetler ile sunmayı hedeflemektedir. Bu hedefi gerçekleştirmek kolay olmadığı gibi, bu iş için işletmelerin kitlesel üretim ve yalın üretimden çok daha güçlü olan çevik, tepkisel ve bileşik üretim/yönetim felsefelerine ihtiyaçları vardır. Bu yüzden son zamanlarda üretim dünyasında, müşteri isteklerine ve önceden kestirilemeyen pazar değişikliklerine çok çabuk uyum sağlayabilecek; çevik, tepkisel ve esnek üretim ve yönetim stratejileri, yöntemleri ve paradigmaları öne çıkmış bulunmaktadır.

Tasarımdan üretime ve üretimden de pazarlamaya kadar akıp giden tüm süreçlerin her zaman başlangıç noktası olması nedeniyle, "ürün tasarımı ve geliştirilmesi" alt süreci performansının tüm bu modern yöntemlerin başarılarında en büyük rolü oynadığı anlaşılmış bulunmaktadır. Ürün geliştirme zamanının azaltılması; esnekliğin, çabukluğun, çevikliğin ve tepkiselliğin bir ön şartı durumuna gelmiştir (Berbercuma, 2006).

Kalıpların kullanımı sırasında oluşan yüksek kuvvetler, kalıp elemanlarında aşınmalara, çatlak ve parçalanmalara neden olmaktadır. Sorunlar, genellikle kalıpların tekrar imal veya tamir edilmeleriyle giderilmeye çalışılmaktadır. İmal edilecek parçaların resimlerinin temin edilememesi ve yeni kalıp elemanlarının yüksek imalat maliyetleri çözümü zorlaştırmaktadır. Bu çalışma, hasarlı kalıp elemanlarının tamiri ve imali için tersine mühendislik destekli bir sistem sunmaktadır. Geliştirilen sistem kullanılabilirliği hasarlı/kırılmış kalıp elemanı üzerinde TM yaklaşımı destekli ürün bilgisini toplama ve yeniden imali amaçlı üç örnek uygulama ile ispatlanmıştır.

Hasarlı kalıp elemanı üzerinden ürününün elde edilebilen boyut bilgisi, üç boyutlu tarama cihazı (MicroScribe) yardımıyla nokta bulutları BDT programı Rhinoceros ile alınmıştır. SolidWorks API fonksiyonları kullanılarak Visual Basic'de geliştirilen bir arayüz Parça Yenileme programı aracılığıyla nokta bulutuna müdahale edilerek eksik geometri tamamlanmıştır. BDI (SolidCAM) programıyla elde edilen geometrinin imalat kodları çıkarılmıştır.

Bu çalışma içeriğinde, ilk bölümde Tersine Mühendislik tanımı yapılarak literatür araştırması yapılmıştır. Geliştirilen sistemin tasarım aşamaları takip eden bölümde, geliştirilen sistem üç hasarlı örnek parça üzerinde sistemin kullanılabilirliği ispatlanmıştır. Sonuçlarının açıklandığı son bölümde ise çalışmanın amacına uygun bir biçimde yorumlanarak sonuçlandırılmıştır.

## BÖLÜM 2

### TERSİNE MÜHENDİSLİK

#### 2.1. TANIM

Mühendislik, bir ürünün, sistemin veya bir yapının tasarımını, üretimini ve devamlılığını sağlayan bir uzmanlık alanı ve işkoludur. Mühendisliği en geniş anlamda iki kola ayırabiliriz; İleriye dönük (forward) mühendislik ve geriye dönük (reverse) mühendislik.

İleriye dönük mühendislik, bilinen, klasik anlamdaki mühendislik süreçlerini kapsar. Bu süreç sistemin ya da ürünün soyut anlamda (mantıksal/zihinsel) tasarımı ile başlar, sonra bu tasarım çeşitli işlemlerle hayata geçirilerek son noktaya getirilir. Bu işlemler teknik veriler, çizimler, malzeme bilgileri, model üretimi gibi olabilir. Bazı durumlarda yukarıda sayılan süreçlerin bir kısmı eksik olabilir. Örneğin elde ürünün kendisi varken bu üründen yapılacak üretim/çoğaltma işlemi için gereken teknik çizimi, bilgisayar modeli olmayabilir. Bu gibi durumlarda parçanın kendisinden hareket ederek geriye gitme işlemi, süreci geriye yürütme işlemi yapılır. Ürünün başlangıç aşamasındaki BDT modeli elde edilebilir. Bu işlemlere Tersine mühendislik denir (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007).

Tersine mühendislik Uygulama Sebepleri aşağıdaki gibi bahsedilmiştir (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007).

1. Üreticinin bir parçayı uzun zamandır üretmemesi ve tekrar üretmek istemesi.
2. Orijinal tasarımın yetersiz dokümantasyona sahip olması.
3. Bir ürünün orijinal üreticisinin artık bulunmaması fakat müşterilerin bu ürüne ihtiyacının olması.

4. Ürünün orijinal dokümantasyonunun kaybolması veya hiç var olmamış olması.
5. Ürünün bazı kötü özelliklerinin yeniden tasarlanmasına ihtiyaç duyulması
6. Ürünün uzun süreli kullanımına dayanarak ürüne ait iyi özelliklerin güçlendirilmesi.
7. Rakip ürünün iyi ve kötü özelliklerinin analiz edilmesi.
8. Ürünün performansını ve özelliklerini geliştirmede sonuca götürecek yeni yolların keşfedilmesi.
9. Rakip ürünlerin anlaşılması ve daha iyi ürünlerin geliştirilmesinde rekabete dayalı kıyaslama metodlarının elde edilmesi.
10. Orijinal BDT modelinin değişikliklere ya da güncel üretim yöntemleri için yeterli olmaması.
11. Orijinal üretici firmanın ek/yedek parçalar sağlamada yetersiz ya da isteksiz olması.
12. Orijinal üretici firmanın parça sağlamada aşırı ücret talep etmesi.
13. Modası geçmiş parçaların ya da eski üretim işlemlerinin bugünkü ve daha ucuz teknolojilerle güncellenmesi.

Kavramsal tasarım ile başlayan geleneksel mühendislik sürecinin aksine, TM sürecinde ürün tasarımına, gerçekte var olan bir modelin şekil bilgisinin elde edilmesi ile başlanır. Serbest ve karmaşık yüzeylere sahip olan gerçek parçaların geometrik bilgisinin elde edilmesi tersine mühendisliğin en önemli aşamalarından biridir. Yeniden yapılandırılacak parça modelinin kalitesi, başlangıç modelinin üzerine ölçülen noktaların sayısına, ölçüm tipine ve doğruluğuna ve ölçüm tekniğine (cihazın cinsi vb) bağlı olarak değişebilir (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007).

#### **Tersine mühendislik uygulamalarının en önemli elemanları;**

1. Üç boyutlu sayılaştırıcılar
2. Tersine mühendislik yazılımları
3. Hızlı prototipleme

Tersine mühendislikte, bir tasarım modelini oluşturmak için genel olarak aşağıdaki sıra takip edilir (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007);

1. Model belirlenir.
2. Modelin geometrik bilgileri uygun tarayıcıyla alınır.
3. Nokta işleme programına bilgiler çağrılır.
4. Oluşan nokta bulutları için kesme düzlemleri alınır.
5. Objenin kesitleri ardışık dizi ile tespit edilir.
6. Farklı nesne kesitleri ardışık ilişki, yerine tutabilecek unsur tespit edilir.
7. Nokta bulutlarının yeni biçim birimi oluşturulur.
8. Ürünün yüzeyleri yapılır.
9. Yüzeyin doğruluğu ölçülür.
10. Üç boyutlu model yapılır.
11. İstenirse hızlı prototipleme makinesiyle, ürün oluşturulur.

#### **Uygulama Alanları:**

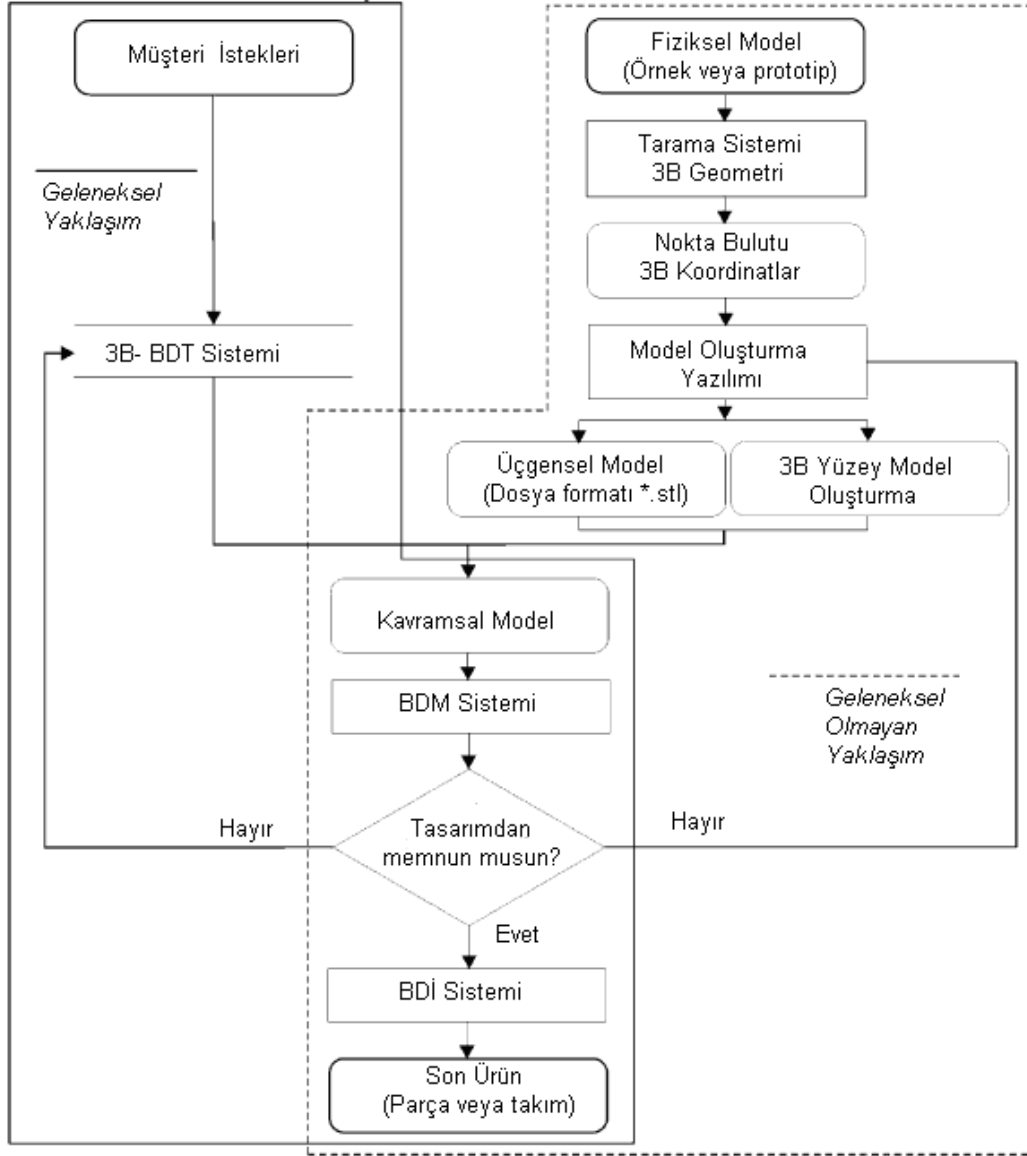
- Çamur, kil, köpük gibi malzemelerden el ile yapılmış endüstriyel tasarım modellerinin sayısallaştırılarak yüzey modellerinin oluşturulmasında.
- Rakip ürün incelemelerinde.
- BDT dosyası mevcut olmayan ürün, kalıp, aparat gibi parçaların bilgisayar ortamına aktarılmasında.
- Diş, protez, uzuv ve benzeri medikal uygulamaların sayılaştırılarak üretilmesinde.
- Sanat eserlerinin restorasyonunda.

#### **Kalite Kontrol Uygulama Alanlarından bazıları:**

- Koordinat Ölçüm Makinesinde (KÖM) ölçülemeyecek kadar büyük olan ürünlerin ölçümünde,
- Ürünün uygulama yerinde yapılacak olan ölçümlerde,
- Kalıp ve aparatların kalite kontrolünde,
- Üretim esnasında veya sonradan oluşan çökme, eğilme gibi fiziksel hataların ölçümünde (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007).

## 2.2. ÜRÜN GELİŞTİRME YAKLAŞIMLARI

Mühendislik ürün tasarım yöntemi Şekil 2.2.1’de sunulan iki yöntemle dayalı gerçekleştirilir. Bunlar geleneksel ve geleneksel olmayan yaklaşımlardır (Sokovic ve Kopac, 2006).



Şekil 2.2.1. Ürünlerin Mühendislik İmalatı için Sırası (Sokovic ve Kopac, 2006).



### **2.2.1. Geleneksel Yaklaşım**

Geleneksel yaklaşım BDT/BDM/BDİ teknikleri ile ürün geliştirmek için, bir BDT sisteminde geometrik modelliği kullanarak başlar. Geometrik model; katı, yüzey, tel kafes olarak temsil edilir. Kavramsal modelleme yoluyla üretilen BDT veri bilgisi IGES, points/STL binary, ASCII data, DXF polyline, VDA points veya IGES/STL surfaces gibi formatlara çevrilerek BDT ve BDM sistemlerde kullanılabilir. Sistemin veri tabanından, tasarım bilgisi otomatik olarak her uygulama arasında paylaşılabilir.

### **2.2.2. Geleneksel Olmayan Yaklaşım**

Geleneksel yaklaşım yoluyla ürün geliştirmek, tersine mühendislik hedefleri, BDT veri bilgileri olmayan parça/kalıp/takım için uygulanabilir değildir. Tersine mühendislik parça/takım/kalıp geometrisinden nokta bulutu oluşturmaya izin verdiğinden, kavramsal model oluşturularak BDT ve BDM sistemlerde kullanılabilir.

## **2.3. TERSİNE MÜHENDİSLİK METODU**

TM işlemini üç adıma bölebiliriz.

- Sayısallaştırma
- Datalara bölme
- Dataları bağlama

TM metodunun ilk amacı, prototip yada bir fiziksel örnek modelden kavramsal model oluşturmaktır. Bu bağlamda kavramsal model oluşturmak için uzman yazılımlar yardımıyla 3B tarayıcı (sayısallaştırıcı) teknikleri gereklidir.

3B tarayıcı; tanımlanmış 3B yüzeyden veri toplama işlemidir. Tarama işlemi boyunca sayısal tarama sustası (temaslı-temassız) bilinmeyen yüzeylerde ileri geri hareket ederek, yüzey hakkındaki sistem kayıt bilgisinin, nokta bulutu matrisini oluşturur. Bu veriyle BSD program oluşturulabilir. Veri başka işlemler için BDT/BDİ sistemlerde kullanılmak üzere çeşitli formatlara çevrilebilir. Bir parça

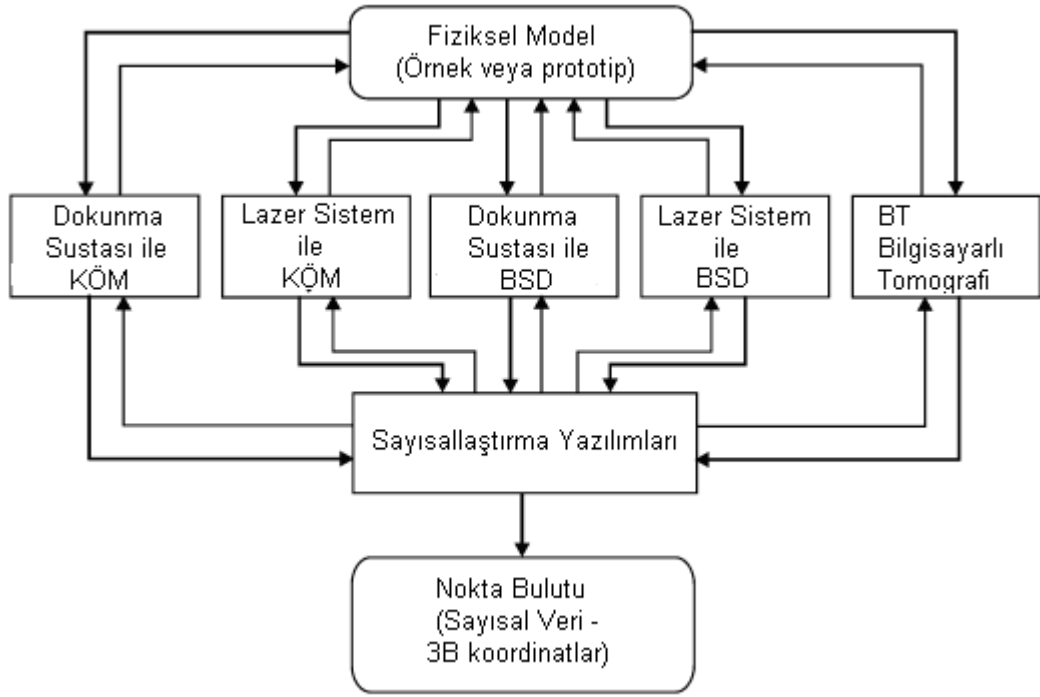
sayısallaştırdığında aşağıdaki maddelere dikkat edilmelidir (Sokovic ve Kopac, 2006);

- Model hangi malzemeden yapılmıştır?
- Modelin fiziksel koşulları nedir?
- Bağlama kalıbı gereklidir?
- Gereksinim sırası
- Sayısallaştırıcı hataları
- Uygun sayısallaştırıcılar

### **2.3.1. Sayısallaştırma**

Genel olarak sayısallaştırma terimi, dokunarak-tetikleme sustası kullanılarak bir yüzeyden nokta alma işlemidir. Yeni teknolojilerin girişiyle lazer, kamera, görsel ve sayısal sustalı sistemler ile bilgi yakalamak, sayısallaştırma teriminin genel ifadesi olarak kullanılır. Sayısal nokta bulutları farklı sayısallaştırma teknikleriyle yakalanabilir (Şekil 2.3.1.1) (Sokovic ve Kopac, 2006). İki ana grupta sınıflandırabilmektedir;

- Mekanik Teknikler (fiziksel temas sensörleri ile),
- Optik Teknikler (temassız nesnelere ile).



Şekil 2.3.1.1. Sayısallaştırma Teknikleri (Sokovic ve Kopac, 2006).

İlk grup koordinat ölçüm makinesi kullanılır (KÖM) ya da BSD frezesine bağlanan fiziksel sustası ile ölçülebilir (Şekil 2.3.1.2a).

İkinci grup KÖM ya da frezede, lazer ışın sustası kullanılarak ölçülür (Şekil 2.3.1.2b). İkinci grup bilgisayar tomografisi elde etmek mümkündür. Bu objenin iç geometrisini yakalamaya izin verir. Metris LC Mitutoyo, Comet T-Scan Steinbichler optik sensör ile ölçülebilir (Şekil 2.3.1.2c). ATOS II GOM mbH (Şekil 2.3.1.2d). 200 CogniTens temassız koordinat ölçme aleti görülmektedir (Şekil 2.3.1.2e) (<http://www.cognitens.com>, 2008).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 2.3.1.2. Farklı sayısallaştırma aletleri.

Sustalı ölçüm cihazlarında, ölçüm kolunun üzerinde elmas sertliğinde bir küre mevcuttur. Bu küre parçanın yüzeyinde, koordinatları belirlenmesi istenen noktaya değdiği anda, kolun üzerindeki koordinat belirleyici sistemi ile parçanın o noktadaki konumu, iş parçasının geometrik ve boyutsal verileri üç boyutlu uzayda (X, Y, Z) elde edilmekte ve cihazın üzerinde bulunan bilgisayara aktarılır. Sustalı sistemin dezavantajı, ölçüm alınabilmesi için probun yüzeye değme zorunluluğunun olmasıdır. Bu zorunluluk parçanın karmaşık şekilli olması durumunda, istenen değerlerin alınamaması sonucunu doğurabilir.

Lazerli sistemlerde, ölçüm/sayısallaştırma/tarama bir lazer huzmesi kullanılarak gerçekleştirilir. Parçanın ölçüm yapılmak istenen bölgelerine yollanan lazer ışını, kaynaktan gidiş ve dönüş zamanının, ışının hızıyla çarpılması sonucu otomatik olarak hesaplanır. Koordinatlar yine kolun üzerindeki bir adım koordinat belirleyici sayesinde alınır. Lazerin doğrusal hareket ettiği dikkate alındığında düz-yüzey tabir edilen yumuşak yüzeyli (arabaların kaportaları vb.) yüzeyler için oldukça idealdir. Karmaşık parçalar için, önerilen bir sistem değildir. Bunun nedeni ise lazer ışınının geri dönmesini söz konusu olamayacağı karmaşık şekilli ve içsel (delik içerisinde) unsurları bulunan nesnelerin katı modelinin oluşturulması ya da ölçümlerinin yapılmasında neden olduğu zorluktur. Bu sistemde veri toplanması, ilerleyen bir lazer ışınının, kusursuz üçgen tekniği olarak adlandırılan bir yöntem ile geri dönmesi sayesinde sağlanabilir.

Topometrik (kameralı) ölçüm/sayısallaştırma/tarama sistemlerinde, bir üç-ayağın üzerine sabitlenmiş olan ölçüm/sayısallaştırma/tarama kafası, hedef parçanın

yaklaşık 70–100 cm kadar ön tarafında tutulur. Ölçüm/sayısallaştırma/tarama sırasında parçanın yüzeyine kenar oluşumlarının izdüşümlerinin yansması sağlanır ve bu izdüşümler, ölçüm kafası içerisine sabitlenmiş olan bir kamera tarafından kaydedilir. Dijital görüntü işlemcisinin yardımıyla üç boyutlu koordinatlar yüksek bir hassasiyetle hesaplanır. Nesnenin tamamının sayısallaştırılması/taranması, birçok ayrı ölçümlerin bir araya getirilmesi ile oluşur ve bazen birden fazla görüş açısı veya bir başka deyişle kamera kullanılması gerekebilir. Günümüzde, bilgisayarlı görsel yazılım ve donanım teknolojisinin gelişimi zor (serbest yüzey) yüzey ve unsurlara sahip nesnelerin modellerinin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır.

İş parçasına temas etmeden çalışan algılayıcılarla ölçüm/sayısallaştırma/tarama işlemi uzaktan çok kısa bir sürede tamamlanabildiği halde, mekanik sustalar gibi iş parçasına temas eden algılayıcılar kullanıldığında işleme çevrimi durdurulup pozisyonluma yapılması gerektiğinden, ihmal edilemeyecek bir zaman kaybına neden olmaktadır. Fiyat bakımından incelendiğinde, iş parçasına temas etmeyen algılayıcıların diğerlerine göre oldukça ucuz olduğu görülecektir.

Temaslı/temassız sistemlerin hepsi de temelde aynı prensiple çalışırlar. Hedef bir nokta bulutu elde etmektir. Daha sonra bu nokta bulutu uygun yazılımlar ile birlikte anlamlandırılır, uygun yüzeyler türetilir ve BDT/BDİ süreçlerinde kullanılabilen uygun bir formata dönüştürülür. Böylelikle nesnenin model verileri bilgisayar üzerine aktarılmış olur. Elde edilen yüzey veya katı model üzerinde istenilen değişiklik veya geliştirmeler yapılabilir. Model son halini aldıktan sonra, modelin üretimi için gerekli takım yolları ve BSD parça programı elde edilebilir. Ancak, bu son işlemde önce bilgisayar üzerindeki modellerin hızlı prototipleme makineleri ile ön-gerçek modellerinin oluşturulması önerilir (<http://www.defnemuhendislik.com>, 2007).

### **2.3.1.1. Farklı Sayısallaştırıcıların Karşılaştırılması**

**CCD Kameralar:** Hızlıdır iki veya üç kamera eş zamanlı kullanılabilir. Parçanın rengini hissetmez. Temassız metotla çalışır. Yumuşak metallerin taranması mümkündür. Küçük alanlar taranabilir. Düz yüzeylerde tarama hızlıdır. Yüksek

malzeme fiyatı, kamera uzaklığına göre doğruluk azalır, yağlı ve ıslak parçaları taramak zordur.

**Lazer:** Hızlı ve tam tarama, temassız metot, yumuşak metalleri taramak mümkündür. Parçaları çok pahalıdır, yansıyan metalleri taramaz, havadaki toza duyarlıdır.

**Temaslı (klasik):** Tüm eksenleri tam tarama, parçaların geometrisini hızlı tarar, otomatik tarama mümkündür, el tarama ile büyük ürünleri taramak mümkündür. Yumuşak metalleri taramaz, bilinmeyen yüzeyleri taramaz, tarama işlemi çok yavaş ve hatalıdır.

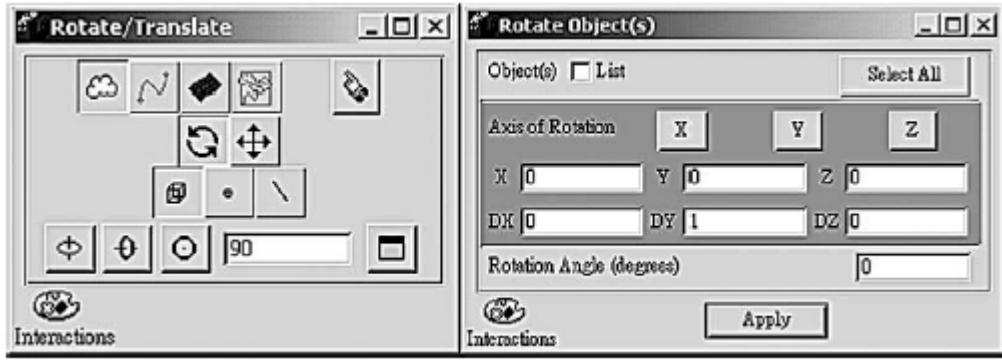
**Temaslı (Renishaw Cyclone2):** Ucuzdur, dik yüzeyleri tarar, yağlı, akışkanlı, tozlu yüzeyleri tarar, pürüzlü yüzeyleri otomatik uyarlar, klasikten 20 kat daha hızlıdır. Yumuşak metallerde uygun değildir, tarama hızı yavaştır (temassıza göre) (Berbercuma, 2006).

Çoğu uygulamalar, en iyi sonuçların doğruluk açısından ve yüzeylerin kalitesi açısından temaslı sensör kullanılır. Çok yumuşak ve kırılman metalleri taramakta temassız, lazer, optik sensörler kullanılabilir (Sokovic ve Kopac, 2006).

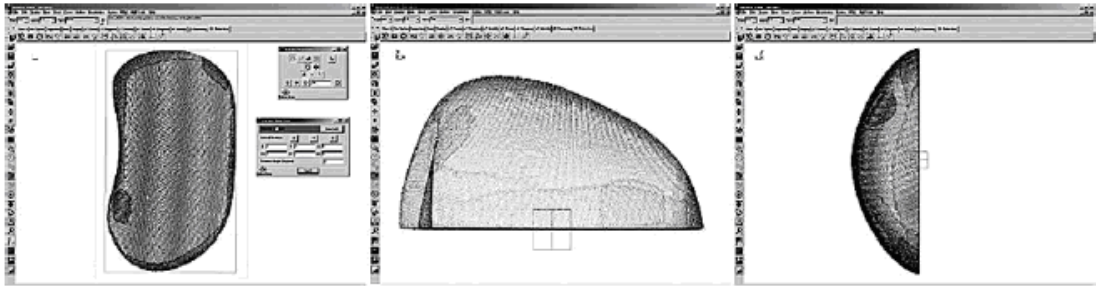
### 2.3.2. Nokta Bulutunu Hazırlama

Taranan verinin yerleşimi koordinat sistemi ile çakışmayabilir. Taranan nokta bulutunun yönü koordinat sistemi ile kesişmesi için düzenlenir. Bu ayarlama aşağıdaki gibi yapılır (Hsiao ve Chuang, 2003).

1. Orijinde üç temel çalışma düzlemi yapılır.
2. Referans plane olarak nokta bulutunun düz bir parçası seçilir.
3. Adım 2 de seçilen referans ile adım 1 de yapılan planelerden birinin üzerine nokta bulutu yapıştırılır.
4. Şekil 2.3.2.1' deki arayüzde döndürme, transfer işlemi yapılır.
5. Şekil 2.3.2.2' de doğru yön için nokta bulutlarını yöneltme gösterilmiştir.



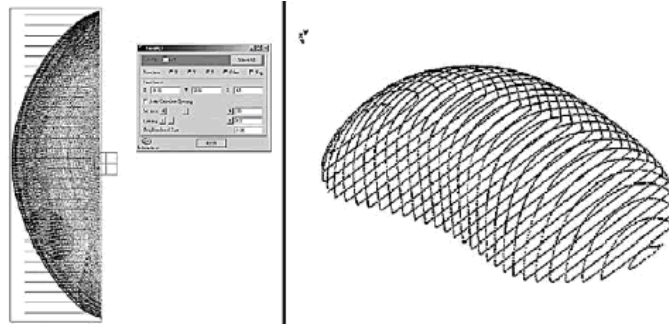
Şekil 2.3.2.1. Döndürme, transfer arayüzü (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.2.2. Nokta bulutlarının görünüşü (Hsiao ve Chuang, 2003).

### 2.3.3. Modelin Uygun Kesitlerini Alma

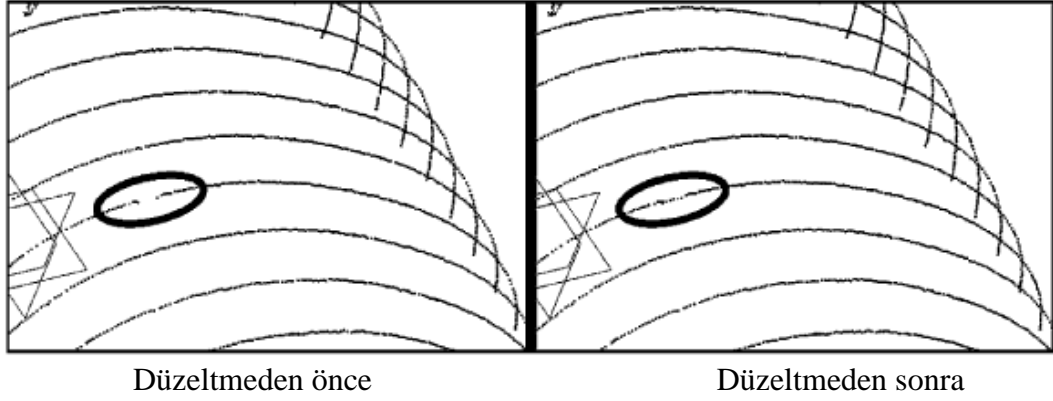
Nokta gruplarını sadeleştirmek ve birleştirmek için ürün modelden kesit almak için z eksenini boyunca, eşit boşlukta kesilir. Şekil 2.3.3.1’de kesit alınan model ve arayüzü görülmektedir (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.3.1. Kesit alınan model ve arayüzü (Hsiao ve Chuang, 2003).

### 2.3.4. Veri Noktalarını Düzeltme

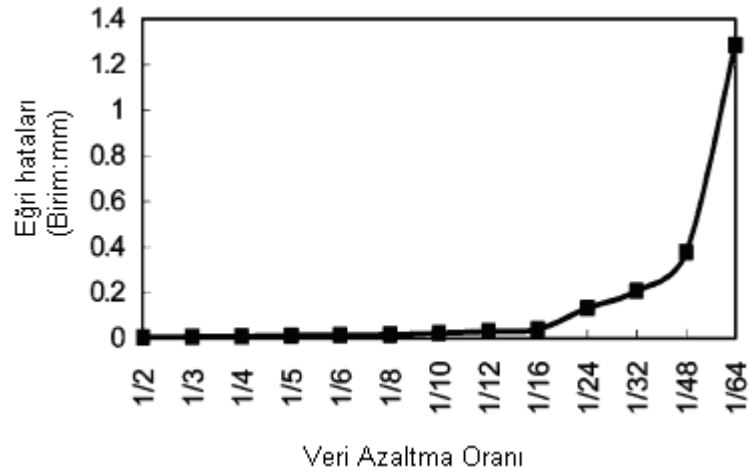
Taranan veri modeldeki iç bükeyden ve parçalı çizgilerden dolayı hatalar oluşabilir. Bu durumda veriyi düzeltmek gerekir. Burada interpolation metodu veriyi düzeltmek için kullanılmıştır. Şekil 2.3.4.1’de veri noktalarını düzeltme gösterilmiştir (Hsiao ve Chuang, 2003; Moenning ve Dodgson, 2003).



Şekil 2.3.4.1. Veri noktalarını düzeltme (Hsiao ve Chuang, 2003).

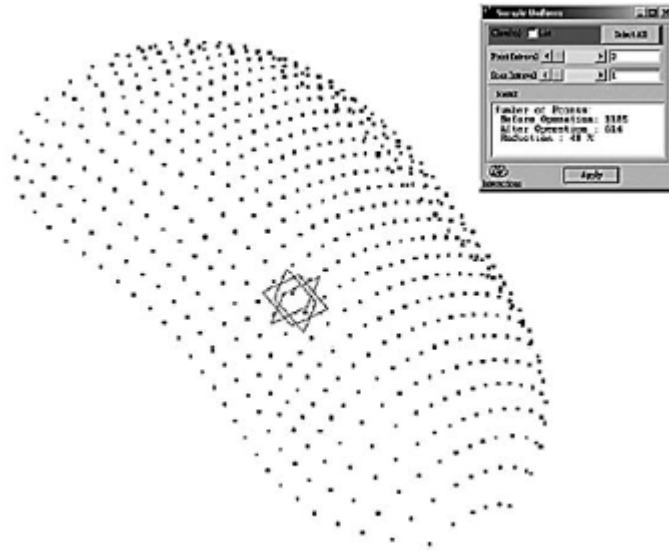
### 2.3.5. Veri Noktalarını Azaltma

Taranan bilginin yoğunluğu çok fazla olduğunda, veri noktalarının sayısı azaltılabilir. Nokta bulutuna önerilen, azaltma metodu uygulanmıştır. Şekil 2.3.5.1’de Data azaltma oranları verilmiştir. Şekil 2.3.5.2’de azaltma yapıldıktan sonraki veri noktalarının dağılımı görülmektedir (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.5.1. Veri azaltma oranları (Hsiao ve Chuang, 2003).





Şekil 2.3.5.2. Azaltma yapıldıktan sonraki veri noktalarının dağılımı (Hsiao ve Chuang, 2003).

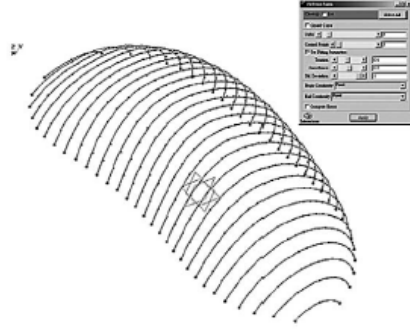
### 2.3.6. Yeni Nokta Bulutları Oluşturma

Yeni bir ürün şekli, iki farklı şekil ile harmanlayarak elde edilebilir. Burada dört harmanlama metodu benimsenmiştir. Bunlar aşağıda belirtilmiştir (Hsiao ve Chuang, 2003).

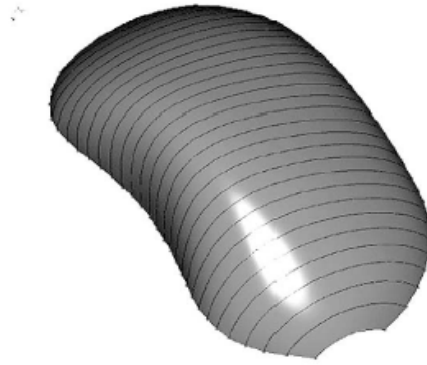
- Ağırlıklı aritmetik ortalama metodu
- Ağırlıklı geometrik ortalama metodu
- Ağırlıklı harmonik ortalama metodu
- Genellenmiş ağırlıklı ortalama metodu

### 2.3.7. Yüzey Oluşturma

Şekil 2.3.5.2'deki veri noktaları B-spline ile kesit eğrileri oluşturulur. Bu kesit eğrileri bir loft yüzey süpürme komutuyla yüzey oluşturulur (Hsiao ve Chuang, 2003).



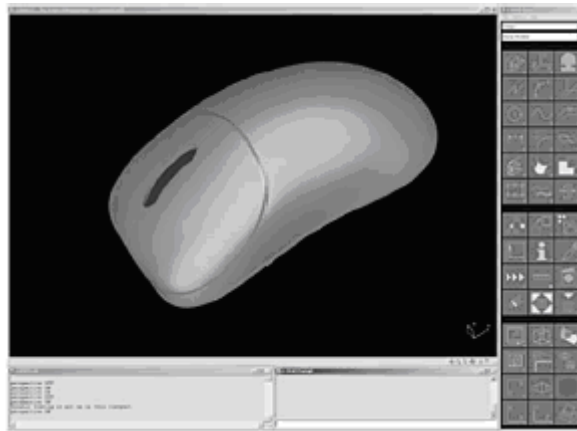
Şekil 2.3.7.1. Kesit eğrileri (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.7.2. Oluşan yüzey (Hsiao ve Chuang, 2003).

### 2.3.8. 3D Modelin Yapımı

Üste elde edilen yüzeyler IGES formatına dönüştürülür.3B model oluşturmak için BDT sistemine giriş yapılabilir (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.8.1. 3D model yüzey (Hsiao ve Chuang, 2003).

### 2.3.9. Hızlı Prototipleme

Şekil 2.3.8.1’de elde edilen 3B BDT modeli STL formatına çevrilerek, hızlı prototipleme makinesinde gerçek bir ürün elde edilebilir (Hsiao ve Chuang, 2003).



Şekil 2.3.9.1. Hızlı prototiplemede üretilmiş ürün (Hsiao ve Chuang, 2003).

Hızlı Prototipleme'nin potansiyel kullanım alanları aşağıdaki belirtilmiştir.

- Mimari uygulamalar, Otomotiv, Eğitim, Her nevi araç ve gereç üretimi, Kuyumculuk
- Ayakkabıcılık, Medikal uygulamalar, Moleküler Modelleme
- Ambalaj sektörü, Kalıpcılık

### 2.4. TERSİNE MÜHENDİSLİKDE OLUŞAN HATALARIN GİDERİLMESİ

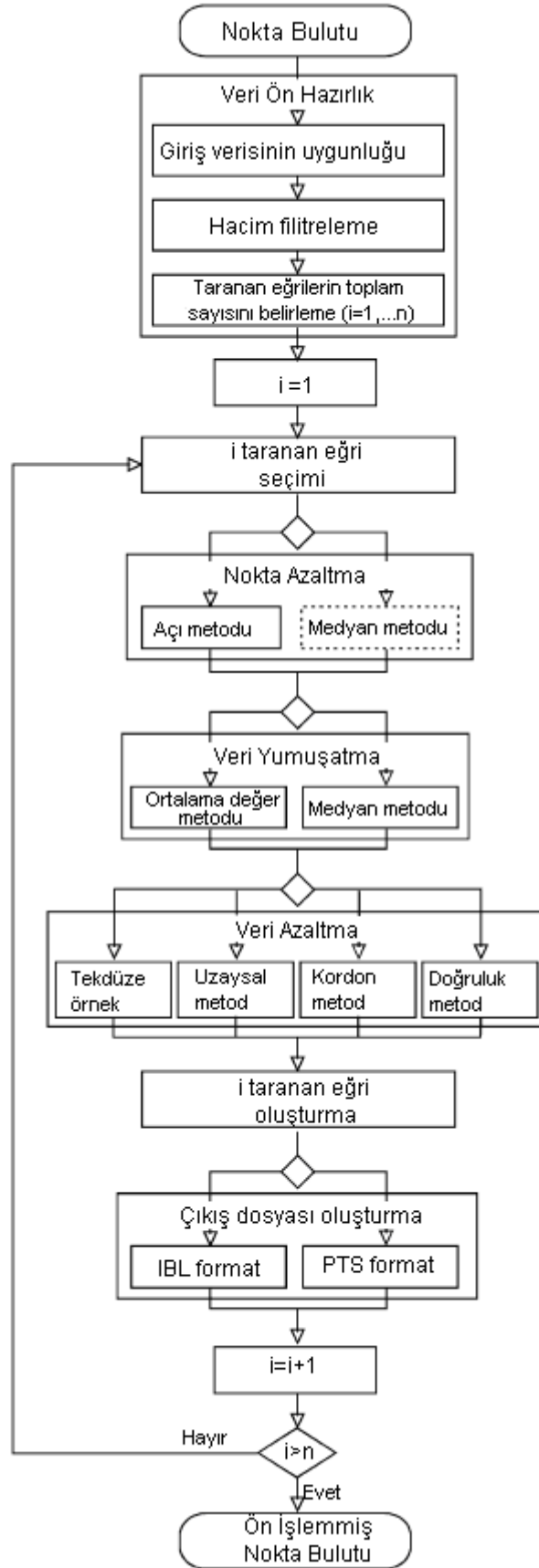
TM işleminde noktalar fiziksel bir modelden alınır. Bu model 3B sayısallaştırma evrelerinden geçirilir. Uygun BDT teknikleriyle dönüştürülür. Ancak bu işlem basit değildir. TM tekniklerinde son yıllarda önemli gelişmeler olması rağmen, belirli problemler vardır. 3B sayısallaştırma sonuçlarının özellikleriyle ilgili problemlerden biri, nokta bulutları olarak bilinen ve modelin verileri olan noktalarda sorun çıkmasıdır.

Farklı 3D sayısallaştırma sistemlerin çoğu gelişmiştir. Bilinenlerin arasında koordinat Ölçme Makinesi, bilgisayar tomografi (CT), CCD kamera, lazer tarayıcı vardır. Bunların geleninde ölçme hataları vardır ve eksik model oluştururlar. Oluşan noktaların çoğu bir yüzey model oluşturmak için yetersizdir. Bu yüzden, önce yüzey yapmak için nokta bulutu hazırlamak gerekir. Bu hazırlık ön işleme terimi olarak tanımlanır (Budak vd., 2005).

#### **2.4.1. Veri Noktalarının Ön İşlemi İçin Program Geliştirme**

TM işlemi, 3B sayısallaştırma sonuçlarının kalitesiyle ilgili olduğunda yüzeylerin oluşumunda ve karmaşık işlemler için önemlidir. BDT yazılımlarında yüzey oluşturmada modüller kullanılır. Bu modüllerde veri noktalarının ön işlemlerinin özellikleri hem zayıf hem de hepsinde mevcut değildir. Buradaki eksikliği 3B sayısallaştırma sonuçlarının ön işlemi, bir program sistemi ile geliştirilmiştir. Şekil 2.4.1.1'de geliştirilmiş sistemin algoritması gösteriliyor. Sistemin en basit elemanlar için, aşağıdaki adımlar seçilebilir (Budak vd., 2005).

- Data noktalarını hazırlama
- Hatalı noktaları süzme
- Data noktalarını düzeltme
- Data noktalarını azaltma
- Çıkış dosya formatı oluşturma



Şekil 2.4.1.1. Geliştirilmiş sistemin akış algoritması (Budak vd., 2005).

Geliştirilen veri ön işlem sistemi TM tekniklerin kesitsel olarak temel alınmıştır. Bu 3B sayısallaştırma sisteminden elde edilen veri noktalarına uygulanması için uygundur. Gelişmiş bu modül, bilinen metotlar kullanılmıştır. Hacim süzme, acı metotları, veri düzeltme, medyan-ortalama değer metodu, veri azaltma, uzaysal, teğet, doğruluk metotları uygulanmıştır. Program 6.5 Matlab'da yapılmıştır. Yeterli BDT modeli elde etmek için işlenmemiş 3B sayısallaştırma veri sonuçlarından yüzey yapmadan önce veri noktalarının ön işlemi yapılmalıdır. Burada veri noktalarının için bir program sistemi sunmuştur. Bir örnekle programın yararlı olduğu kanıtlamıştır (Budak vd., 2005).

## 2.5. LİTERATÜR TARAMASI

TM yaklaşımı, ürün geliştirme zamanının azaltılması için işletmelere mükemmel bileşik (eş zamanlı) mühendislik fırsatları sunar. Tersine mühendisliğin temel uygulamaları şu şekilde sıralanabilir (Berbercuma, 2006);

- Yeni bir parçanın tasarımı,
- Var olan bir parçanın kopyalanması,
- Yıpranmış veya hasar görmüş parçaların kurtarılması, düzeltilmesi ve yeniden tasarlanması,
- Model hassasiyetinin ve doğruluğunun geliştirilmesi,
- Nümerik modellerin denetlenmesi

Kruth ve arkadaşlarının çalışmasında düzgün olmayan bir B-Splines nokta bulutundan serbest yüzey modeli oluşturmak için geometrik sınır şartlarını (konumsal, teğetsel, eğrisel) birleştirmeyi öngörerek, çalışmayı bir rapor halinde sunmuşlardır (Kruth ve Kerstens., 1998).

Yin çalışmasında sınır şartlarına bağlı yüzey elde etmek için veri noktalarından NURBS yüzeyler oluşturmada yeni bir algoritma metodu önermişlerdir. Önerilen metot ilk NURBS yüzeylerin oluşturulması için kontrol noktaları olarak seçilmiş veri noktaları kullanılır. Seçilmiş veri noktaları, sınır kısıtlama şartları altında (pozisyon, normal ve diğer uygun sınır şartları) sapma azaltma ile yenilenir. Yenileme işlemi Lagrange çarpanları metodu ile çözmüştür (Yin, 2004).

Werghe ve arkadaşlarının çalışmasında tanımlanan eğri özellikleri için genel bir optimizasyon tersine modelleme stratejisi için en önemli tekniktir. Tekrar oluşturulan eğriler sadece uydurma hassasiyetini sağlamakla kalmamalıdır, ayrıca eğriler arasında geometrik kısıtlamalara da tabidirler. Geleneksel parametrik çözücü yüksek uydurma hassasiyeti ve ağır geometrik kısıtlamalardan dolayı bu işi göremez. Tersine mühendislik prosesinde eğri ve/veya yüzeyin tekrar oluşturulma prosesini çözmek için iki tipik nümerik metot önermişlerdir (Werghe vd., 1999).

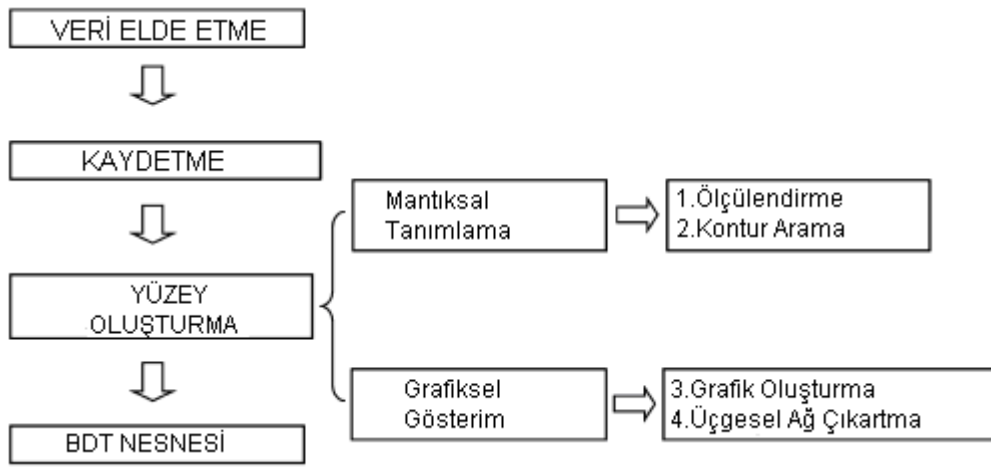
Fisher çalışmasında cep profilli parçaların, 3 boyutlu veri gruplarından parçanın modellenmesini oluşturan kısıtlamaları incelemiştir. Cep profiller, mühendislik bilgi çeşidi olan işlevsel sınırlama, pragmatik sınırlama olarak kategorilere ayırmıştır (Fisher, 2004).

Liu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, hızlı prototipleme ve tersine mühendisliği birleştirmek için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem konumlanmamış nokta bulutunu 2 boyut kesit alarak modelleyerek, dilimlere ayırmıştır. 2 boyutlu BDT modeli temel alarak, veri noktalarının hızlı prototipleme için dilimlere çevrilmiş ve hızlı prototipleme makinesine göndermiştir. Bu işlemde yüzey modeli, STL dosyasına çevrilmemiştir. Geliştirilen yöntem Unigraphics platformu altında C/C++ ile geliştirmişlerdir (Liu vd., 2003).

Kim ve arkadaşları tersine mühendisliğe yardımcı olacak serbest yüzeyli parçaların geometrik bilgilerini otomatik olarak elde edebilen, 640x480 çözünürlüğünde ve 0,1-0,001 mm hassasiyetinde adım adım resim çeken bir sayısallaştırma aleti tasarlamışlardır. Sayısallaştırma aletinin kullanılabilirliği deneysel olarak kanıtlamışlardır (Kim vd., 1999).

Benko ve arkadaşlarının çalışmasında sınır gösterim yaklaşımını bir algoritma ile tersine mühendisliği özetlemiştir. Algoritma, nokta bulutunu ayırma, profilleri sınırlayarak yüzeyleri yumuşatma ve doğrusal derinlik verme, sınır gösterim (B-rep) modelinin topolojisini oluşturma ve harmanlama işlemleridir (Benko vd., 2001).

Galantucci ve arkadaşların yaptığı çalışmada; bir nokta bulutundan başlayıp, hızlı prototipleme ve tersine mühendislik arasındaki bağlantıya odaklanarak oluşturulan yüzeyin analizini ve prototip imalatını yapmayı hedeflemiştir. Tersine mühendislik ve hızlı prototipleme arasındaki bağlantı üçgensel ağ örme ve hacimsel yaklaşım işlemi ile bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntemin ilk adımı 3 boyutlu taranan parçanın şeklinin mantıksal olarak ayırmışlar, sonraki adımda ise bir grafik model oluşturmak için mantıksal düzeyden elde edilen bilginin dönüşümünü sağlamışlardır (Şekil 2.5.1) (Galantucci vd., 2008; Fischer, 2000).



Şekil 2.5.1. Geliştirilen yöntemin algoritması (Galantucci vd., 2008).

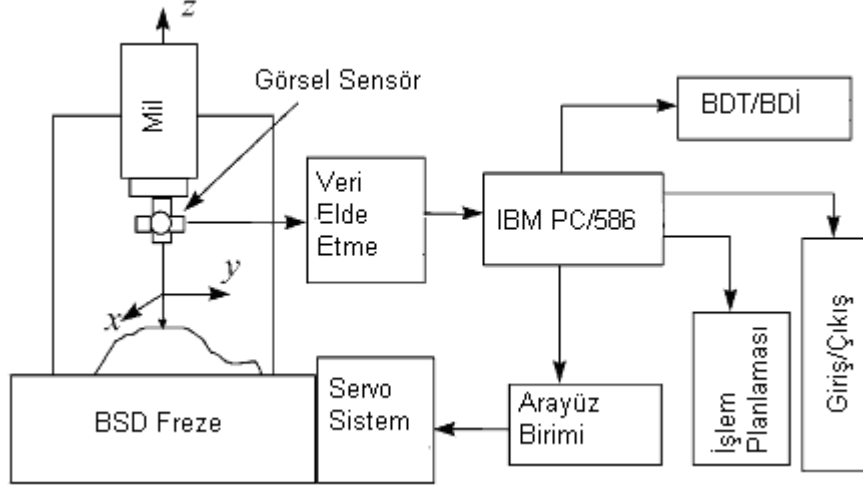
Ke ve arkadaşları yüzey oluşturmak için üçgenlere bölme işlemi kullanmadan nokta bulutundan modelleme yapmak için, yüzey ve bölgesel unsur tabanlı strateji olarak birleştirmişlerdir. Yöntemleri simetrik düzlem çıkartma, dört kıvrımlı yüzey tanıma ve optimizasyonu, derinlik ve dönel yüzey çıkartma, harmanlama unsur çıkartma işlemlerini önerilmişlerdir (Ke vd., 2006).

Mavromihales ve arkadaşları geniş kiriş havalandırma kanatlarının, tersine mühendislik tekniği kullanılarak, kanatların kalıp setlerinin nasıl imalatının olduğunu geliştirmek için imalat işlemlerini yapmışlardır (Mavromihales vd., 2003).

Xinmin ve arkadaşları tersine mühendislik sistemine yeni bir görsel sensör geliştirmişlerdir. Tersine mühendislik de yüzey oluşturma, sayısallaştırma gibi



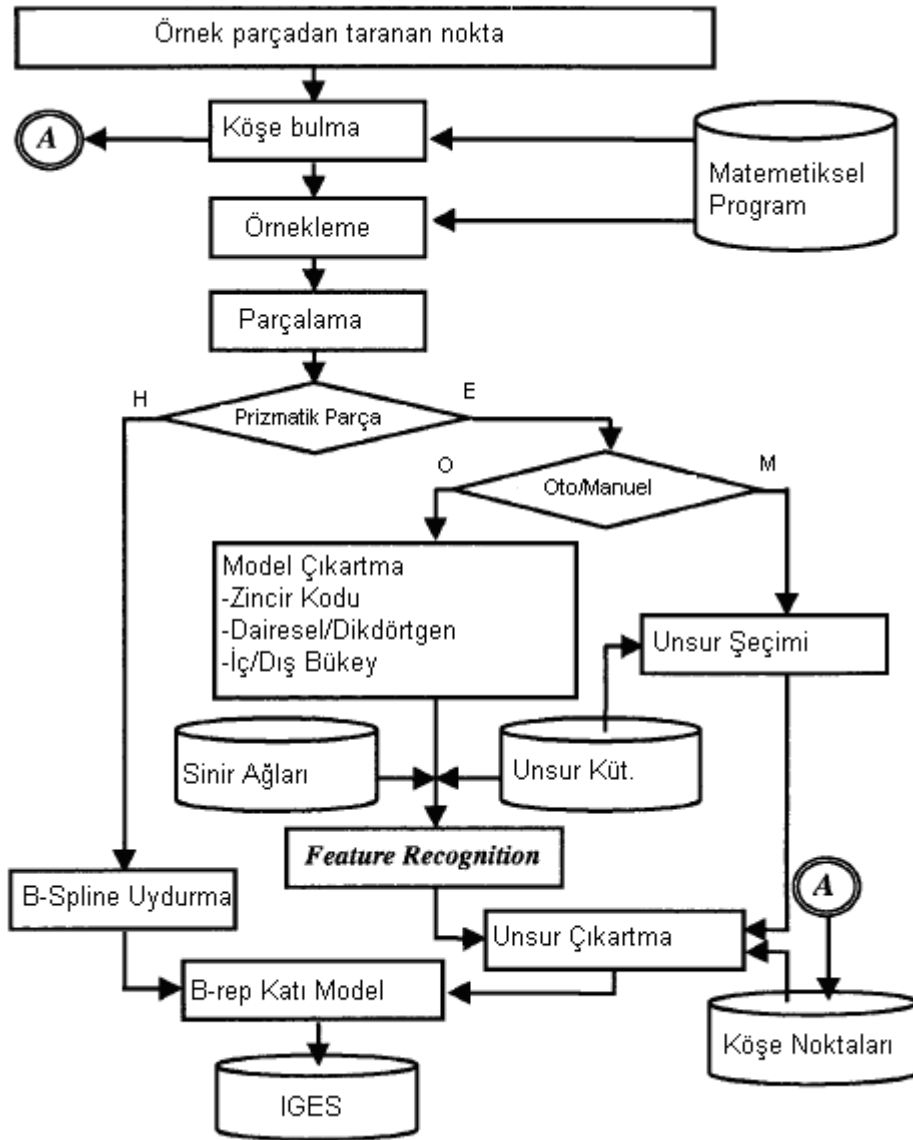
problemleri çözmek için, geliştirilen sensör, BSD, ilgili yazılım, serbest yüzey için tersine mühendislik sistemini kurmuşlardır (Xinmin vd., 2001) (Şekil 2.5.2).



Şekil 2.5.2. Geliştirilen düzenek (Xinmin vd., 2001).

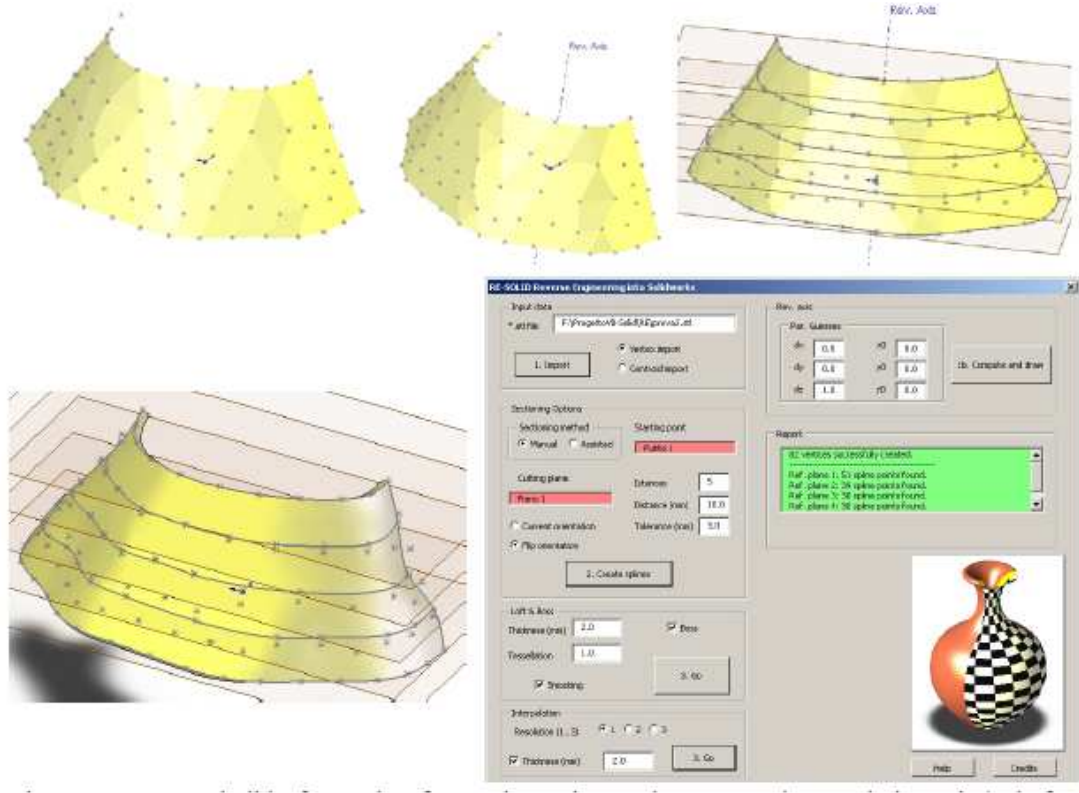
Jun ve arkadaşlarının çalışmasında 3 boyutlu taranan nokta gruplarından geometrik unsur çıkartmak için yeni bir yöntem önermişlerdir. Yöntem, yapay sinir ağları (YSA) ve unsur tabanlı teknoloji kavramlarını kullanılmıştır. YSA kullanımı, çeşitli unsurlarla ilgili öğretilmiş unsur tabanlı tersine mühendislik uygulamalarının geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Nokta veri azaltma modülü, kenar bulma modülü, YSA tabanlı unsur tanıma, unsur çıkartma modüllerini araştırmışlardır. Bu yaklaşım yaygın olarak makine mühendisliği ürünlerinin blok, cep, kademe, delik, boşluk, çukurluk gibi inşa edilmiş prizmatik unsurlar için uygun olduğundan sonuçlar, geliştirilmiş unsur tabanlı tersine mühendislik uygulamalarında kanıtlandığı gösterilmiştir (Jun vd., 2001) (Şekil 2.5.3).

Ruan ve arkadaşları oto panel kalıplarındaki kısmi fiziksel boşluk ya da yorgunluk aşınmasındaki sorunların tamiri için şekilsizlik unsur çıkartma özelliği kullanılarak, sayısal tamir analiz ile kontrol edilerek oluşan sorunları çözmeyi hedeflemişlerdir (Ruan vd., 2007).



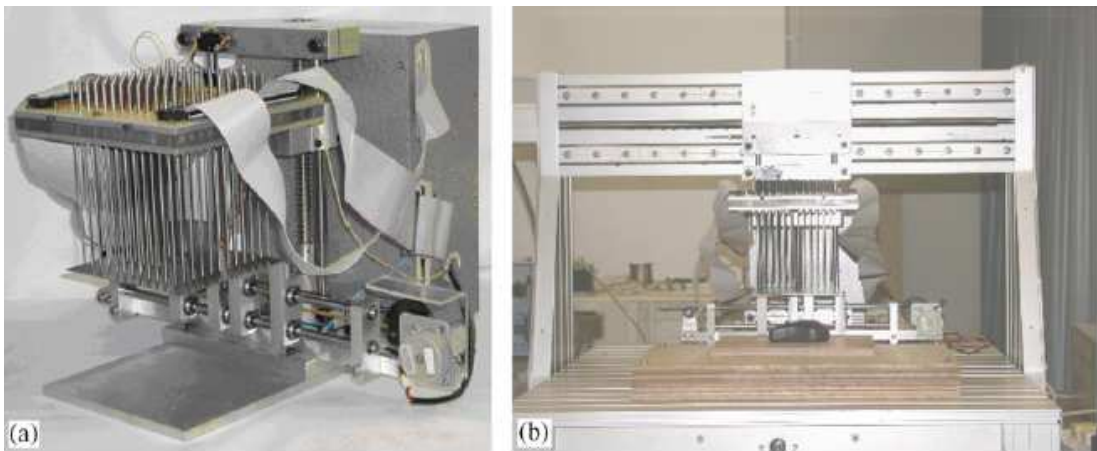
Şekil 2.5.3. Önerilen unsur tabanlı tersine mühendislik uygulaması (Jun vd., 2001).

Gattamelata ve arkadaşları bilgisayar destekli tasarım yazılımında sayısal ve işlemsel algoritmaları geliştirmek için Visual Basic uygulamalı programlanabilir arayüz (UPA) uygulamasını, 3 boyutlu lazer tarayıcı tarafından elde edilen yüzeylerin oluşturulması ve doğruluğu hakkında SolidWorks, UPA örneklerini sunmuşlardır (Gattamelata vd., 2008) (Şekil 2.5.4).



Şekil 2.5.4. Geliştirilmiş arayüz ve yüzeyler (Gattamelata vd., 2008).

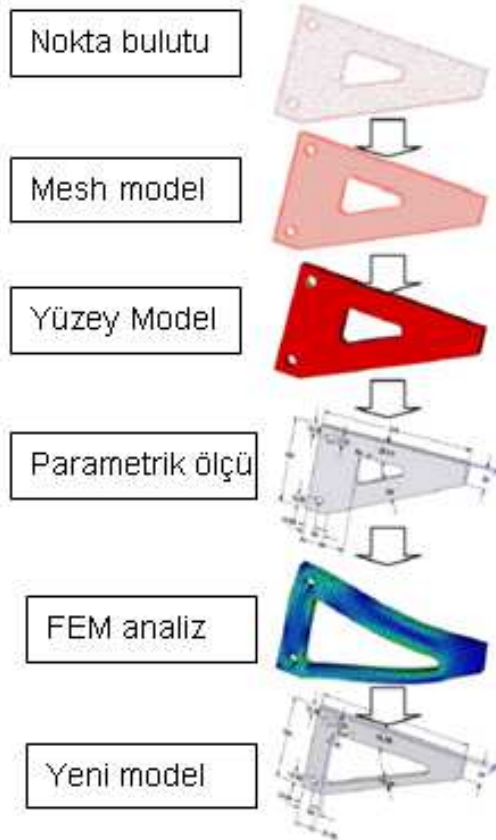
Tam ve arkadaşları ısı ile şekillendirme kalıbının tasarımı ve imalının verimliliği arttırmak için TM yaklaşımını kullanmışlardır. Geliştirilen pin sıralı bir sayısallaştırma aleti, bilgisayar yardımıyla kalıp tasarım ve imalatında kullanarak, geniş kapsamlı ve kısıtlı kaynaklarla çalışan şirketlere bir yaklaşım önermişlerdir (Tam ve Chan, 2007) (Şekil 2.5.5).



Şekil 2.5.5. Geliştirilen pin sıralı sayısallaştırma aleti (Tam ve Chan, 2007).

Chen ve arkadaşları türbin kanatlarının 3 boyutlu geometrik tasarımını yapmak için yenilenmiş model tabanlı sayısallaştırma işlemini, TM yaklaşımını kullanarak tek bir yüzeyde türbin kanadının modelleme işlemi ve yüzey sayısallaştırma işlemlerini birleştirmişlerdir. Bu yaklaşımı kullanarak doğru ürün BDT modellerini oluşturmayı amaçlamışlardır (Chen vd., 2000).

Ye ve arkadaşları Tersine Yenilikçi Tasarım ( TYT) olarak adlandırılan bir TM metodu önermişlerdir. Bu 3 boyutlu tasarımda, bilgilerin tekrar kullanımı ve tasarımı kolaylaştırmayı amaçlamışlardır. Temelinde taranan bilginin unsur tabanlı parametresinin yapısı ve tanımı vardır. Üç tane TM modelleme stratejisi olan; Organik şekiller için oto yüzey yapma, bir katı modellemede unsur tanıma ve yüzey tanıma, eğri tabanlı modelleme stratejilerini önermişlerdir (Ye vd., 2007), (Şekil 2.5.6).



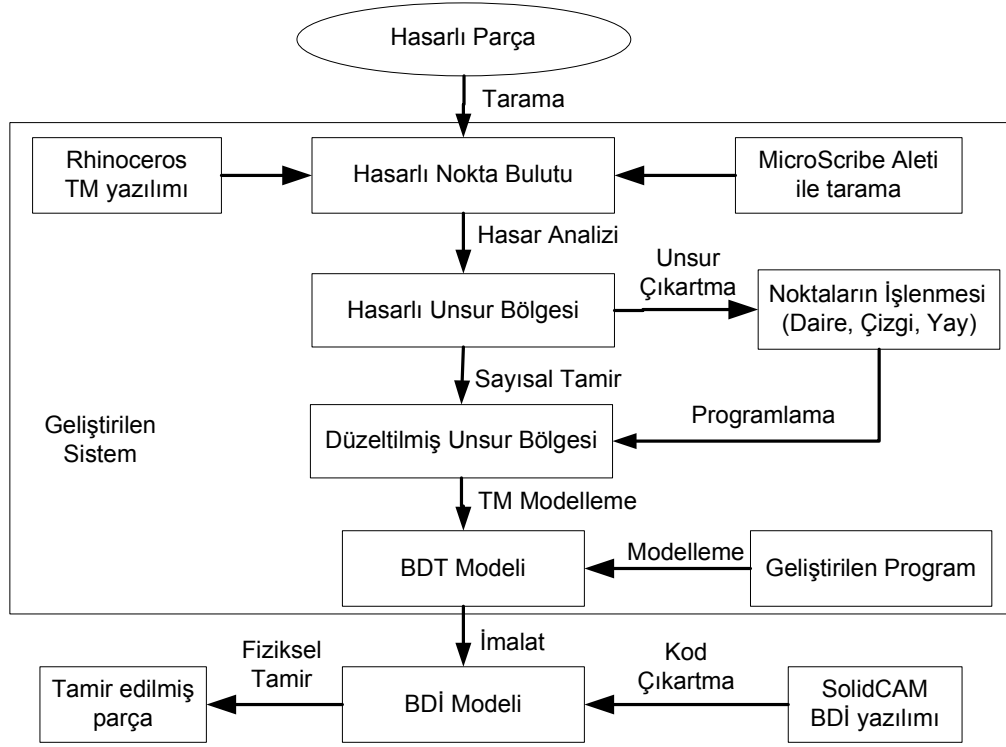
Şekil 2.5.6. TYT akış şeması (Ye vd., 2007).

## BÖLÜM 3

### GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Tersine mühendislikte, bir tasarım modelini oluşturmak için taranacak model belirlenir. Modelin geometrik bilgileri uygun tarayıcıyla alınır. Nokta işleme programına bilgiler çağrılarak unsurlar oluşturulur. Sonuç olarak BDT modeli ortaya çıkar.

Bu tezde, hasarlı (kırılmış veya parçalanmış) kalıp elemanları üzerinde TM yaklaşımı destekli olarak, ürün bilgisini toplama, BDT ortamında eksik bilgilerin tamiri ve tasarımını kolaylaştırmak için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu amaçla hasarlı kalıp elemanı tarama aleti kullanılarak nokta bulutu oluşturulur ve IGES formatında kaydedilir. Geliştirilen yazılım (Parça Yenileme Programı) ile IGES formatı BDT programında çağrılır. SolidWorks API fonksiyonlarını geliştirilen sistemde kullanarak eksik geometri (daire, çizgi, yay) tamamlanır (SolidWorks, 2008). Parça Yenileme Programı yardımıyla nokta bulutu tamamlanarak, model haline getirilir. Model BDT/BDİ uygulamaları için kolaylıkla kullanılabilir. Hasarlı parçanın tamiri için geliştirilen sistemin, uygulama adımlarının sırası aşağıda açıklanmıştır. Şekil 3.1'de hasarlı kalıp elemanının tamiri için geliştirilen sistemin akış şeması verilmiştir.

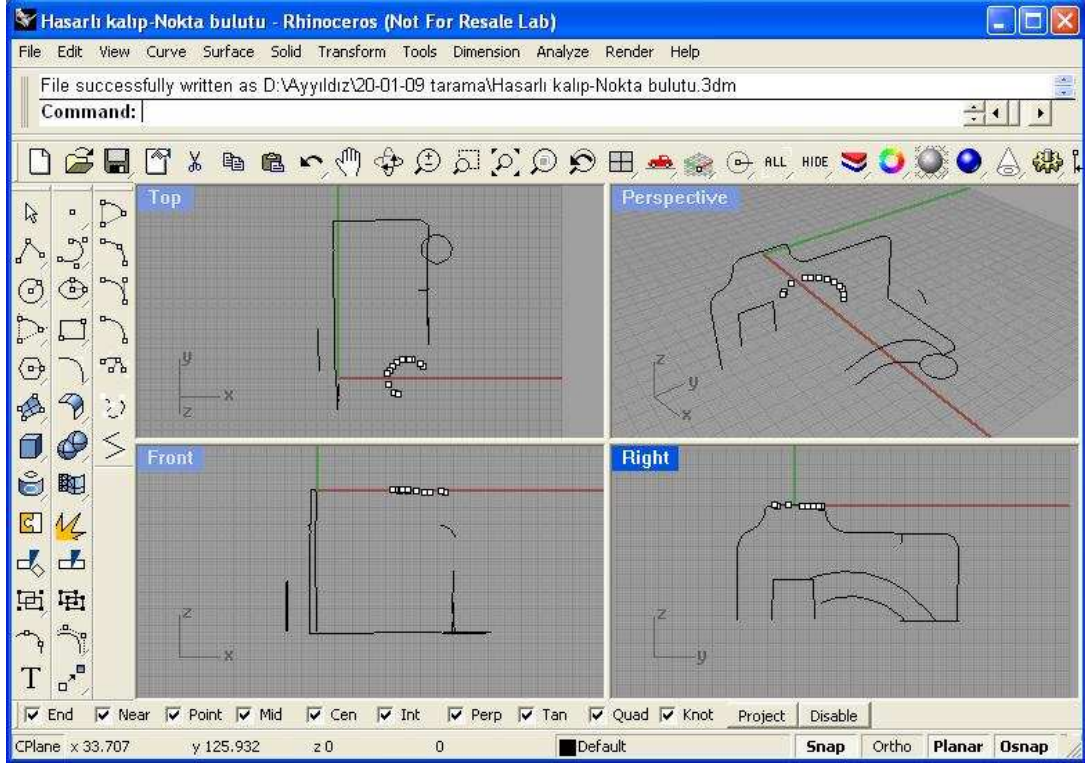


Şekil 3.1. Hasarlı kalıp elemanının tamiri için geliştirilen sistemin akış şeması.

### 3.1. TARAMA

Tanımlanmış olan 2B/3B bir yüzeyden veri toplama işlemidir. Tarama işlemi boyunca sayısal tarama sustası (temaşlı) ile koordinatı bilinmeyen yüzeylerde ileri geri hareket ederek, yüzey hakkındaki kayıt bilgisinin, nokta bulutu matrisini oluşturur. Üç boyutlu tarama aletiyle elde edilen nokta bulutu, BDT programına aktarılarak parçanın referans elemancıkları oluşturulmuştur. Veri başka işlemler için BDT/BDİ sistemlerde kullanılmak üzere çeşitli formatlara çevrilebilir.

Hasarlı kalıp elemanı üzerinden ürününün elde edilebilen boyut bilgisi, MicroScribe üç boyutlu tarama cihazı yardımıyla nokta bulutları Rhinoceros BDT programı ile alınmıştır. Şekil 3.2’de hasarlı kalıp elemanının nokta bulutu verilmiştir (Rhinoceros, 2008).



Şekil 3.2. Hasarlı kalıp elemanının nokta bulutu.

### 3.2. NOKTA BULUTU HAZIRLAMA

Taranan verinin yerleşimi SolidWorks BDT programında kullanılacak koordinat sistemi ile çakışmayabilir. Taranan nokta bulutunun yönü SolidWorks BDT programının koordinat sistemi ile üst üste gelmesi için düzenlenir. Nokta bulutunun orijinin tanıtılmasında oluşan hatalardan dolayı taşınması (yönlendirilmesi) gerekmektedir. Nokta bulutunu almakta kullanılan BDT programıyla, yönlendirme işlemi yapılarak, başka bir BDT programında yapılacak işlemlere temel olan nokta bulutu orijini elde etmek için gerekli bir ön hazırlık işlemidir. Parça Yenileme programı, Visual Basic ile Rhinoceros BDT programıyla iletişim kurarak yönlendirme ( taşıma, döndürme) işlemi yapılmıştır.

Yönlendirme işlemi bittiğinde geliştirilen programla nokta bulutu IGES formatı olarak bilgisayara kaydedilir. Rhino koordinat yönlendirme menüsünde Aç, Taşıma, Döndür, Kaydet komut düğmeleri yerleştirilmiştir. Şekil 3.2.1’de Parça Yenileme programı yönlendirme menüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.2.1. Parça Yenileme programı yönlendirme menüsü.

Visual Basic ile Rhinoceros BDT programının birbiriyle iletişimi için aşağıdaki kodları kullanılmıştır (Şekil 3.2.2).

```
Dim Rhino As Object  
Dim RhinoScript As Object  
Dim strFilename As Object  
Set Rhino = reateObject("Rhino3.Application")  
Set RhinoScript = Rhino.GetScriptObject()
```

Şekil 3.2.2. Visual Basic ile Rhinoceros BDT programının birbiriyle iletişim kodları.

Rhino koordinat yönlendirme menüsündeki *Aç* komut düğmesi açık olan Rhinoceros BDT programında taranmış olan nokta bulutunu çağırmaı sağlar. Şekil 3.2.3'de aç komutun kodu gösterilmiştir.

```
RhinoScript.Command "_Open"
```

Şekil 3.2.3. Aç komut düğmesi kodu.

*Taşıma* komut düğmesi açılmış olan nokta bulutunun tümünü seçerek istenilen yere taşınmasını sağlar. Taşıma yapılırken koordinat sisteminde birinci bölgeye taşınması gerekir. Taşıma SolidWorks BDT programında nokta bulutunu düzeltme ve tamiri için gerekli bir işlemdir. Şekil 3.2.7a ve şekil 3.2.7b'de nokta bulutunun taşınması ve döndürmesi görünmektedir. Şekil 3.2.4'de taşıma komutun kodları gösterilmiştir.

```
RhinoScript.Command "_selall"  
MsgBox ("Düzlemde Referans Bir Nokta Seçiniz.")  
RhinoScript.Command "_move"
```

Şekil 3.2.4. Taşıma komut düğmesi kodu.



*Döndür* komut düğmesi açılmış olan nokta bulutunu birinci bölgede döndürmek için kullanılır. Taşıma yapıldıktan sonra kullanılan bir komuttur. Şekil 3.2.5’de döndür komutunun kodları gösterilmiştir.

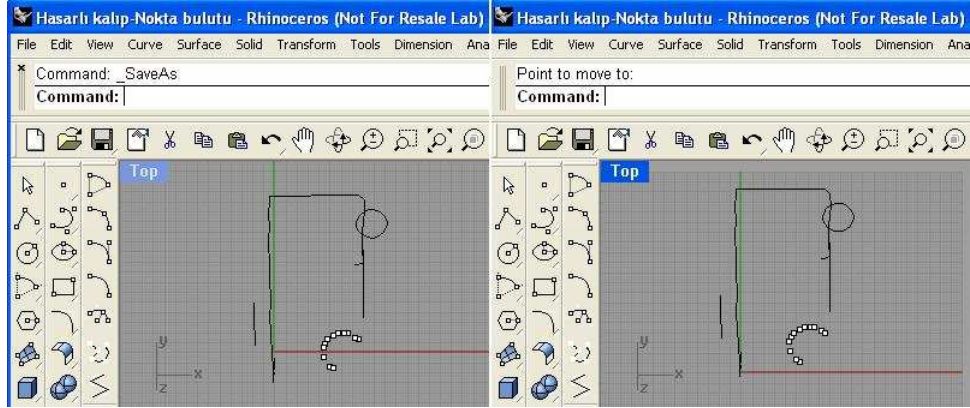
```
RhinoScript.Command "_selall"  
MsgBox ("Düzlemde Referans Bir Nokta Seçiniz.")  
RhinoScript.Command "_rotate"
```

Şekil 3.2.5. Döndür komut düğmesi kodu.

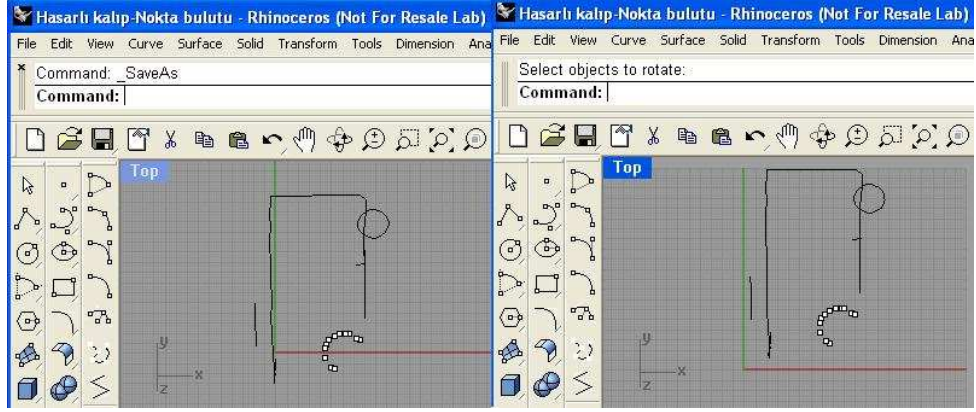
*Kaydet* komut düğmesi ise yapılan taşıma ve döndürme işlemlerinden sonra nokta bulutunu kaydetmekte kullanılır. Şekil 3.2.6’da kaydet komutunun kodları gösterilmiştir.

```
RhinoScript.Command "_saveas"
```

Şekil 3.2.6. Kaydet komut düğmesi kodu.



Şekil 3.2.7a. Nokta bulutunun taşınmamış ve taşınmış hali.



Şekil 3.2.7b. Nokta bulutunun döndürülmemiş ve döndürülmüş hali.

### 3.3. NOKTA BULUTUNU DÜZELTME

Taranan veri, modeli oluşturabilmek için gerekli düzeltme işlemleri gereklidir. Tezde, nokta bulutu BDT programında IGES formatına çevrilerek SolidWorks BDT programında çalışır hale getirilir. Hasarlı kısmın geometrisini (daire, çizgi, yay) oluşturmak için program yardımıyla müdahale edilerek geometri tamamlanır (Şekil 3.3.1).



Şekil 3.3.1. Eksik geometriyi düzeltme menüsü.

Bu işlem eksik geometriyi tamamlayıp, nesneye oluşturmada gereklidir. Burada SolidWorks API fonksiyonları kullanılarak seçilen eksik geometri tamamlanır. Düzeltilme menüsünde *Seç*, *Bul*, *Oluştur* komut düğmeleri ve geometri seçimi ise *Daire*, *Çizgi*, *Yay* seçim düğmeleri yerleştirilmiştir. Visual Basic ile SolidWorks BDT programının birbiriyle iletişimi için aşağıdaki kodları kullanılmıştır (Yanık, 2002) (Şekil 3.3.2).

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Set swApp = Application.SldWorks
Set swModel = swApp.ActiveDoc
Set swSelMgr = swModel.SelectionManager
```

Şekil 3.3.2. Visual Basic ile SolidWorks BDT programlarının iletişim kodları.

Düzeltilme menüsündeki *Daire*, *Çizgi*, *Yay* seçim düğmeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### 3.3.1. Daire

Hasarlı kalıp elemanında tamir yapılacak kısım daire geometrisi olduğu durumda bu seçim düğmesi kullanılır. *Daire* seçim düğmesinin çalışma prensibi; Rhinoceros BDT programında taranan hasarlı kısmın yani daire geometrisini noktalar kümesi olarak alınmalıdır. Geliştirilen sistemde taranan nokta kümesinin birinci bölgede ve Front düzleminde olması gerekmektedir. Bu kabul ile noktalar kümesinin SolidWorks BDT programında okutulup her bir noktanın X, Y, Z koordinatlarının Excel dosyasında saklanması gerçekleştirilmiştir.

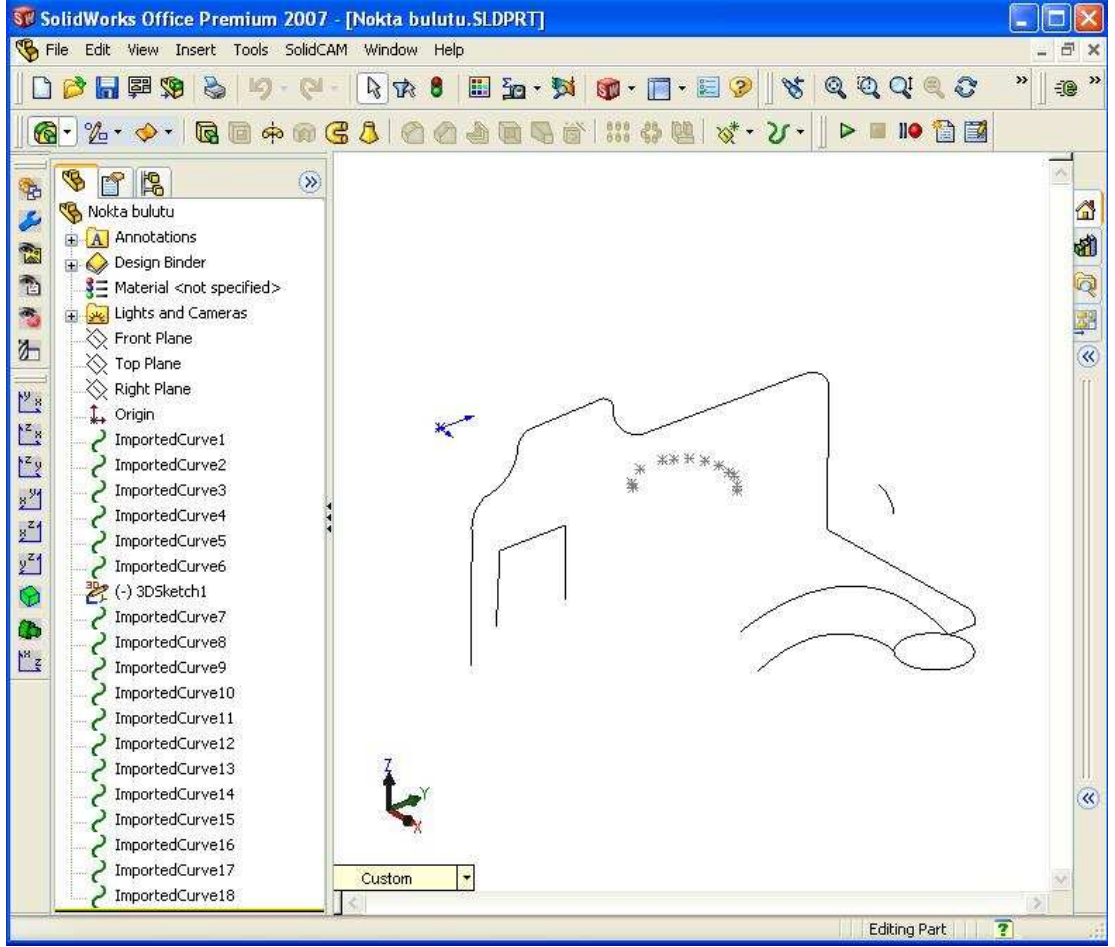
Rhinoceros BDT programından alınan noktalar kümesi, SolidWorks BDT programının unsur ağacında 3DSketch olarak görünmektedir. Düzeltilme menüsünden *Seç* komut düğmesi ile 3DSketch unsur ağacından seçilir. Şekil 3.3.1.1'de *Seç* komut düğmesi komut satırı verilmiştir. Şekil 3.3.1.2'de SolidWorks'da nokta bulutu ve unsur ağacını göstermektedir.

```
Dim Model, swApp, SelMgr As Object
Dim PickPt, pick As Variant

Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
Set Model = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = Model.SelectionManager

MsgBox ("Koordinatını bulmak istediğiniz 3DSketch seciniz.")
```

Şekil 3.3.1.1. Seç komut düğmesinin komut satırı.



Şekil 3.3.1.2. SolidWorks'da nokta bulutu ve unsur ağacı.

*Bul* komut düğmesi ile seçilen 3DSketch taslağındaki tüm noktaların koordinatlarını Excel dosyasına aktarılır ve bilgisayarda *c:\ koordinat* ismiyle saklanır. *Bul* komut düğmesinin SolidWorks API fonksiyonu Şekil 3.3.1.3'de gösterilmiştir. Kaydedilen Excel dosyası düzeltme menüsünden *Daire* seçim düğmesi seçildiğinde bütün noktaların X ve Y koordinatlarını dizilere saklanır. Diziler For-Next döngüsüne sokularak X koordinatının en büyük değeri ve hangi satırda olduğunu hesaplanır. Bu değer nokta kümesindeki noktalardan en büyük X koordinatına sahip olan noktadır. En büyük X koordinatına sahip olan nokta birinci referans noktasıdır. Aynı işlem X koordinatının en küçük değeri, hangi satırda olduğu ve Y koordinatının en küçük değeri, hangi satırda olduğu döngü ile bulunur. En küçük X koordinatına sahip olan nokta ise ikinci referans noktasıdır. En küçük Y koordinatına sahip olan nokta ise üçüncü referans noktasıdır. Bulunan üç referans noktalarını kullanarak üç nokta ile

bir daire oluşturma API fonksiyonuyla daire geometrisi oluşturulmasında kullanılacaktır. Şekil 3.3.1.4'de *Daire* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

<pre> Dim swApp      As SldWorks.SldWorks Dim swModel    As SldWorks.ModelDoc2 Dim swSelMgr   As SldWorks.SelectionMgr Dim swSelData  As SldWorks.SelectData Dim swSketch   As SldWorks.Sketch Dim swSketchPt As SldWorks.SketchPoint Dim swFeat     As SldWorks.Feature Dim vSketchUserPt, vSketchPt, vSketchPtID As Variant Dim bRet       As Boolean Dim x1, sheet As Object  Set x1 = CreateObject("Excel.Application") x1.Workbooks.Add Set sheet = x1.ActiveWorkbook.Sheets(1) x1.Visible = False  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swSelData = swSelMgr.CreateSelectData Set swFeat = swSelMgr.GetSelectedObject6(1, 0) Set swSketch = swFeat.GetSpecificFeature2 </pre>	<pre> vSketchUserPt = swSketch.GetUserPoints2 vSketchPt = swSketch.GetSketchPoints2  For i = 0 To UBound(vSketchPt) Set swSketchPt = vSketchPt(i) bRet = swSketchPt.Select4(True, swSelData) vSketchPtID = swSketchPt.GetID  sheet.Cells(1, 2).Value = "x" sheet.Cells(1, 3).Value = "y" sheet.Cells(1, 4).Value = "z" sheet.Cells(i + 2, 1).Value = "Nokta " &amp; i + 1 sheet.Cells(i + 2, 2).Value = swSketchPt.X * 1000 sheet.Cells(i + 2, 3).Value = swSketchPt.Y * 1000 sheet.Cells(i + 2, 4).Value = swSketchPt.Z * 1000 Next i sheet.Cells(1, 1).Value = i x1.ActiveWorkbook.SaveAs FileName="c:\koordinat.xls" x1.Application.Quit Set sheet = Nothing Set x1 = Nothing MsgBox ("Geometri seçiniz.") </pre>
---	--

Şekil 3.3.1.3. Bul komut düğmesinin SolidWorks API fonksiyonu.

<pre> Dim a, a1, temp, b, i As Integer Dim xlApp, wb, ws As Object Dim ab, ab1 As Double  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  b = ws.Cells(1, 1).Value ReDim sayi(b), sayi1(b) As Double  For i = 1 To b sayi(i) = ws.Cells(i + 1, 2).Value sayi1(i) = ws.Cells(i + 1, 3).Value Next i  ab = ab1 = 0; ab = sayi(1); ab1 = sayi1(1) </pre>	<pre> For i = 1 To b If sayi(1) &lt; sayi(i) Then sayi(1) = sayi(i) xb = i; End If If ab &gt; sayi(i) Then ab = sayi(i) xk = i; End If If sayi1(1) &lt; sayi1(i) Then sayi1(1) = sayi1(i) yb = i; End If If ab1 &gt; sayi1(i) Then ab1 = sayi1(i) yk = i; End If Next i  If yk = "" Then yk = 1 If xk = "" Then xk = 1 If xb = "" Then xb = 1  yayx = yayy = 0; yayx = sayi(1); yayy = sayi1(1)  xlApp.Application.Quit Set ws = Nothing Set wb = Nothing Set xlApp = Nothing </pre>
--	--

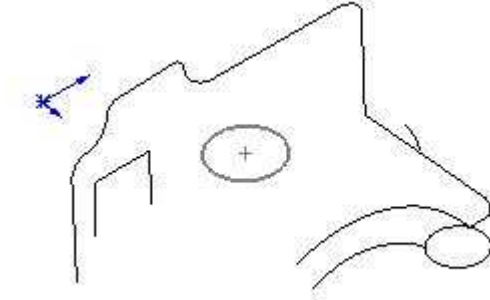
Şekil 3.3.1.4. Daire seçim düğmesinin komut satırı.

Bulunan üç referans noktaları *Oluştur* komut düğmesiyle *Daire* seçim düğmesini aktif olarak gördüğünde üç nokta ile bir daire oluşturma API fonksiyonuyla daire

geometrisi seçilen düzlemde (3DSketch taslağının bulunduğu düzlem) oluşturulur. Şekil 3.3.1.5'de Daire oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı gösterilmiştir. Şekil 3.3.1.6'da *Daire* seçim düğmesiyle oluşturulmuş daire gösterilmiştir.

<pre>Dim xlApp As Object Dim px1, py1, px2, px3, py2, py3 As Double Dim wb, ws As Object  Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  'daire işlemi If Option6.Value = True Then If Option1.Value = False And Option3.Value = False And Option3.Value = False Then MsgBox ("Düzlem Seçiniz.") Else</pre>	<pre>px1 = ws.Cells(xb + 1, 2).Value / 1000 py1 = ws.Cells(xb + 1, 3).Value / 1000 px2 = ws.Cells(xk + 1, 2).Value / 1000 py2 = ws.Cells(xk + 1, 3).Value / 1000 px3 = ws.Cells(yk + 1, 2).Value / 1000 py3 = ws.Cells(yk + 1, 3).Value / 1000  part.SketchManager.InsertSketch True part.ShowNamedView2 "*NormalTo", 0 part.ClearSelection2 True part.SketchManager.PerimeterCircle px1, py1, px2, py2, px3, py3  part.SetPickMode part.ClearSelection2 True part.SketchManager.InsertSketch True boolstatus = part.Extension.SelectByID2("3DSketch1", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) part.BlankSketch End If End If</pre>
---	---

Şekil 3.3.1.5. Daire oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı.

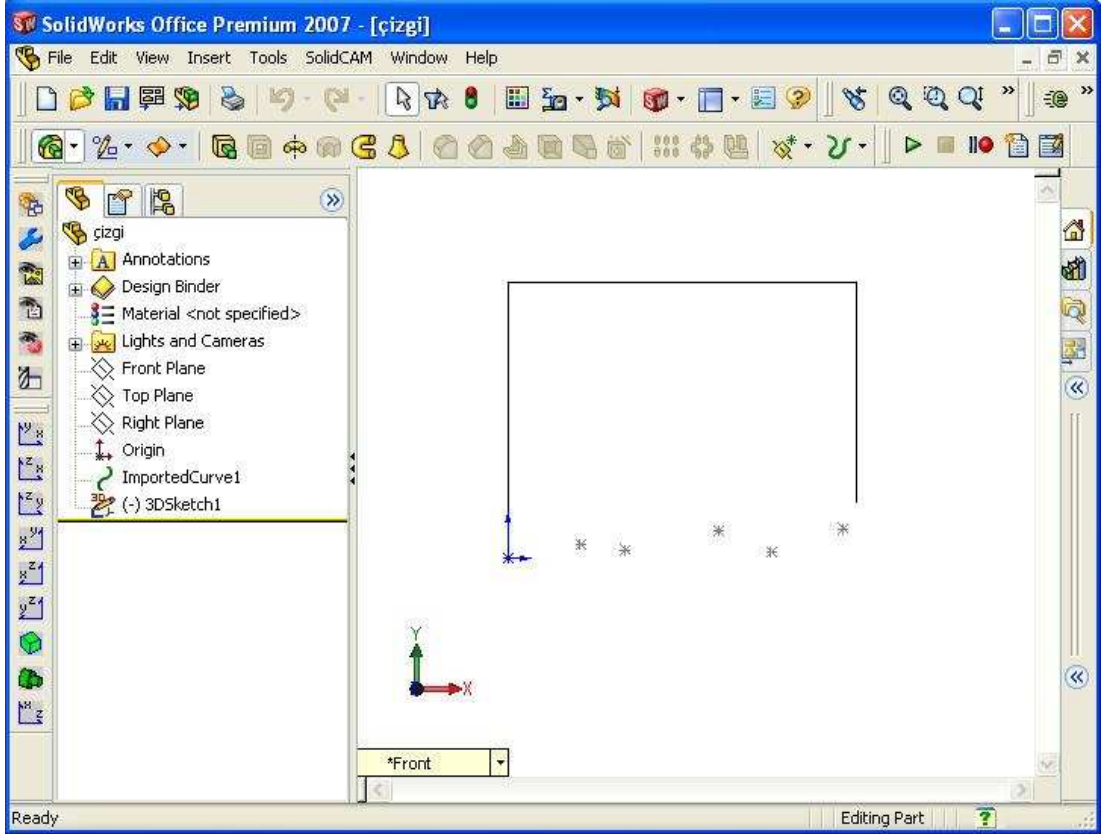


Şekil 3.3.1.6. Daire seçim düğmesiyle oluşturulmuş daire.

### 3.3.2. Çizgi

Hasarlı kalıp elemanında tamir yapılacak kısım çizgi olduğu durumda bu seçim düğmesi kullanılır. *Çizgi* seçim düğmesinin çalışma prensibi; Rhinoceros BDT programında taranan hasarlı kısmın yani çizgi, noktalar kümesi olarak alınmalıdır. Taranan nokta kümesi birinci bölgede olmalıdır. Çünkü bu noktalar kümesi

SolidWorks BDT programında okutulup her bir noktanın X, Y, Z koordinatları Excel dosyasında saklanacaktır. Rhinoceros BDT programından alınan noktalar kümesi, SolidWorks BDT programının unsur ağacında 3DSketch olarak görünmektedir. Düzeltme menüsünden *Seç* komut düğmesi ile 3DSketch unsur ağacından seçilir. Şekil 3.3.2.1’de çizginin noktalar kümesi gösterilmiştir.



Şekil 3.3.2.1. Çizginin noktalar kümesi.

*Bul* komut düğmesi ile seçilen 3DSketch taslağındaki tüm noktaların koordinatlarını Excel dosyasına aktarılır ve bilgisayarda *c:\ koordinat* ismiyle saklanır. *Bul* komut düğmesi SolidWorks API fonksiyonu Şekil 3.3.1.4’de gösterilmiştir. Kaydedilen Excel dosyası düzeltme menüsünden *Çizgi* seçim düğmesi seçildiğinde bütün noktaların X koordinatlarını ve Y koordinatlarının ortalama değeri hesaplatılır. Şekil 3.3.2.2’de *Çizgi* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmektedir. Noktalar kümesinin X eksenine paralel olması gerekir. Noktalar kümesini paralel yapmak için *Rhino koordinat yönlendirme* bölümünden yönlendirme işlemi yapılır.

<pre> Dim Y, z, X, a, ab, a1, ab1, temp, b, c, p As Integer Dim xlApp As Object Dim wb, ws As Object  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc  Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\ koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  X = Y = 0 cap = 0 </pre>	<pre> For a = 1 To ws.Cells(1, 1).Value - 1 X = X + ws.Cells(a + 2, 2).Value Y = Y + ws.Cells(a + 2, 3).Value z = z + ws.Cells(a + 2, 4).Value Next  tx = X / ((ws.Cells(1, 1).Value - 1) * 1000) ty = Y / ((ws.Cells(1, 1).Value - 1) * 1000) tz = z / ((ws.Cells(1, 1).Value - 1) * 1000)  xlApp.Application.Quit Debug.Print tx, ty, tz Set ws = Nothing Set wb = Nothing Set xlApp = Nothing MsgBox ("Düzlem Seçiniz.") </pre>
---	--

Şekil 3.3.2.2. Çizgi seçim düğmesinin komut satırı.

Hesaplanan ortalama Y değeri oluşturulacak çizginin orijinden yüksekliğini belirtir. Ortalama X değeri ise çizginin boyunu belirtir. Bu değerler başlangıcı 0 olan, ortalama Y yüksekliğinde, ortalama X değerinin iki katı boyunda bir çizgi *Oluştur* komut düğmesiyle oluşturulur. Çizgi boyu uzun olduğu durumda *Trim* ya da *Extend* seçim düğmesiyle istenilen uzunluğa getirilir. Şekil 3.3.2.3'de çizgi oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı gösterilmiştir. Şekil 3.3.2.4'de *Çizgi* seçim düğmesiyle oluşturulmuş çizgi gösterilmiştir.

<pre> Dim xlApp As Object Dim px1, py1, px2, px3, py2, py3 As Double Dim wb, ws As Object  Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  If Option8.Value = True Then If Option1.Value = False And Option3.Value = False And Option3.Value = False Then MsgBox ("Düzlem Seçiniz.") Else </pre>	<pre> part.SketchManager.InsertSketch True part.ShowNamedView2 "*NormalTo", 0 part.ClearSelection2 True  part.CreateLine2 0, ty, tz, 2 * tx, ty, tz  part.SetPickMode part.ClearSelection2 True part.SketchManager.InsertSketch True boolstatus = part.Extension.SelectByID2("3DSketch1", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) part.BlankSketch End If End If </pre>
---	--

Şekil 3.3.2.3. Çizgi oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı.

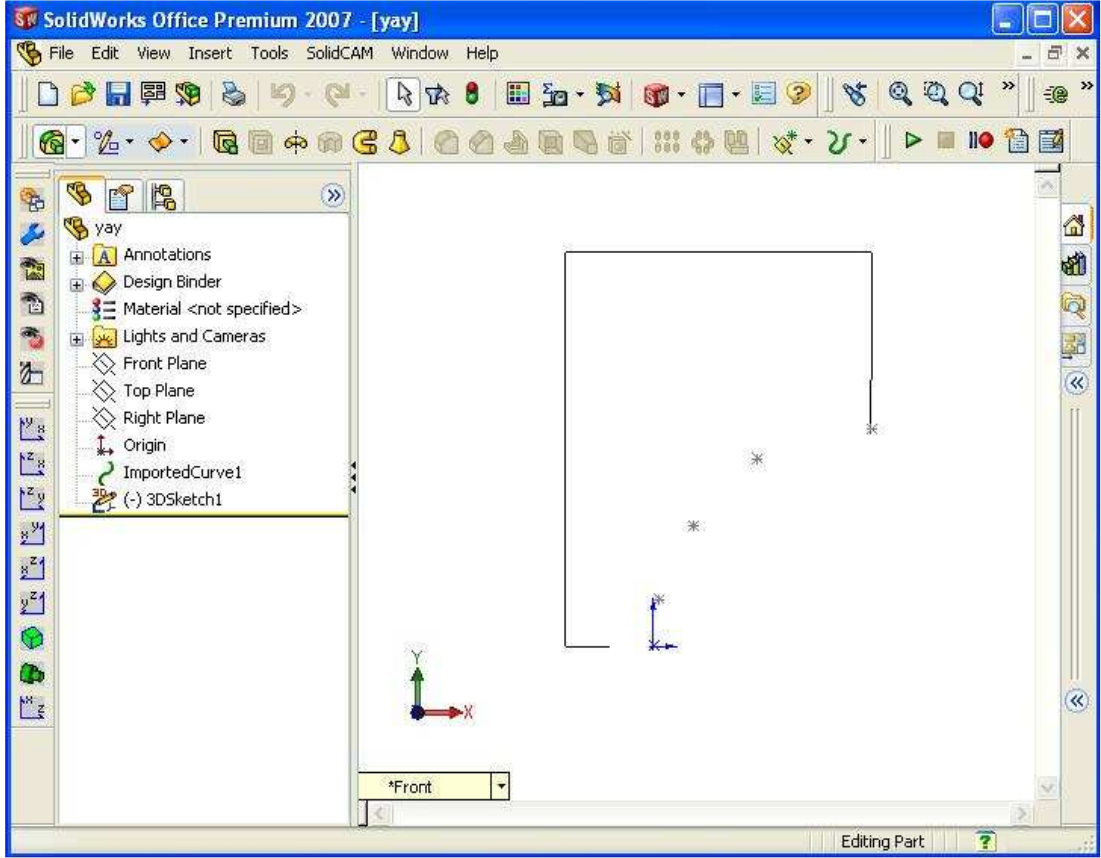




Şekil 3.3.2.4. Çizgi seçim düğmesiyle oluşturulmuş çizgi.

### 3.3.3. Yay

Hasarlı kalıp elemanında tamir yapılacak kısım yay olduğu durumda bu seçim düğmesi kullanılır. *Yay* seçim düğmesiyle çalışma prensibi; Rhinoceros BDT programında taranan hasarlı kısmın yani yay, noktalar kümesi olarak alınmalıdır. Taranan nokta kümesi birinci bölgede olmalıdır. Çünkü bu noktalar kümesi SolidWorks BDT programında okutulup her bir noktanın X, Y, Z koordinatları Excel dosyasında saklanacaktır. Rhinoceros BDT programından alınan noktalar kümesi, SolidWorks BDT programının unsur ağacında 3DSketch olarak görünmektedir. Düzeltme menüsünden *Seç* komut düğmesi ile 3DSketch unsur ağacından seçilir. Şekil 3.3.3.1’de yayın noktalar kümesi gösterilmiştir. *Bul* komut düğmesi ile seçilen 3Dsketch taslağındaki tüm noktaların koordinatlarını Excel dosyasına aktarılır ve bilgisayarda *c:\ koordinat* ismiyle saklanır. *Bul* komut düğmesinin SolidWorks API fonksiyonu Şekil 3.3.1.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3.3.1. Yayın noktalar kümesi.

Kaydedilen Excel dosyası düzeltme menüsünden *Yay* seçim düğmesi seçildiğinde bütün noktaların X ve Y koordinatlarını dizilere saklanır. Diziler For-Next döngüsüne sokularak X koordinatının en büyük değeri ve hangi satırda olduğunu hesaplanır. Bu değer nokta kümesindeki noktalardan en büyük X koordinatına sahip olan noktadır. En büyük X koordinatına sahip olan nokta birinci referans noktasıdır. Aynı işlem X koordinatının en küçük değeri, hangi satırda olduğu ve Y koordinatının en küçük değeri, hangi satırda olduğu döngü ile bulunur. En küçük X koordinatına sahip olan nokta ise ikinci referans noktasıdır. En küçük Y koordinatına sahip olan nokta ise üçüncü referans noktasıdır. Bulunan üç referans noktalarını kullanarak üç nokta ile bir yay oluşturma API fonksiyonuyla yay geometrisi oluşturulmasında kullanılacaktır. Şekil 3.3.3.2’de *Yay* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

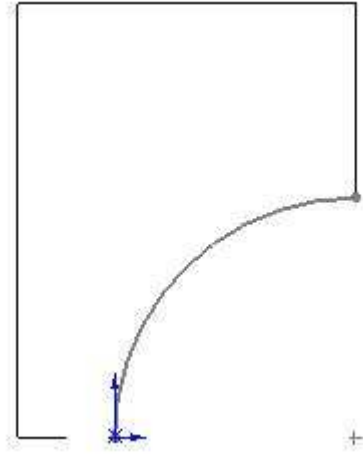
<pre> Dim Y, z, X, a, a1, temp, b, i As Integer Dim xlApp, wb, ws As Object Dim ab, ab1 As Double  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc  Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  b = ws.Cells(1, 1).Value ReDim sayi(b), sayi1(b) As Double  For i = 1 To b     sayi(i) = ws.Cells(i + 1, 2).Value     sayi1(i) = ws.Cells(i + 1, 3).Value Next i </pre>	<pre> ab = sayi(1) ; ab1 = sayi1(1)  For i = 1 To b     If sayi(1) &lt; sayi(i) Then sayi(1) = sayi(i)     If sayi1(1) &lt; sayi1(i) Then sayi1(1) = sayi1(i)     If sayi(i) &gt; sayi(1) Then ab = sayi(i)     If sayi1(i) &gt; sayi1(1) Then ab1 = sayi1(i) Next i  yayx = yayy = 0 ; yayx = sayi(1) ; yayy = sayi1(1)  xlApp.Application.Quit Debug.Print tx, ty, tz Set ws = Nothing Set wb = Nothing Set xlApp = Nothing MsgBox ("Düzlem Seçiniz.") </pre>
--	---

Şekil 3.3.3.2. Yay seçim düğmesinin komut satırı.

Bulunan bu referans noktası *Oluştur* komut düğmesiyle *Yay* seçim düğmesini aktif olarak gördüğünde API fonksiyonuyla yay geometrisi, seçilen düzlemde (3DSketch taslağının bulunduğu düzlem) oluşturulur. Şekil 3.3.3.3'de Yay oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı gösterilmiştir. Şekil 3.3.3.4'de *Yay* seçim düğmesiyle oluşturulmuş yay gösterilmiştir.

<pre> Dim xlApp As Object Dim px1, py1, px2, px3, py2, py3 As Double Dim wb, ws As Object  Set xlApp = CreateObject("Excel.Application") Set wb = xlApp.Workbooks.Open("c:\koordinat.xls") Set ws = wb.Sheets(1) xlApp.Visible = False  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  If Option7.Value = True Then If Option1.Value = False And Option3.Value = False And Option3.Value = False Then MsgBox ("Düzlem Seçiniz.") Else </pre>	<pre> part.SketchManager.InsertSketch True part.ShowNamedView2 "*NormalTo", 0 part.ClearSelection2 True  part.Create3PointArc 0, 0, 0, yayx / 1000, yayy / 1000, 0, 0, 0  part.SetPickMode part.ClearSelection2 True part.SketchManager.InsertSketch True boolstatus = part.Extension.SelectByID2("3DSketch1", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) part.BlankSketch  End If End If </pre>
---	--

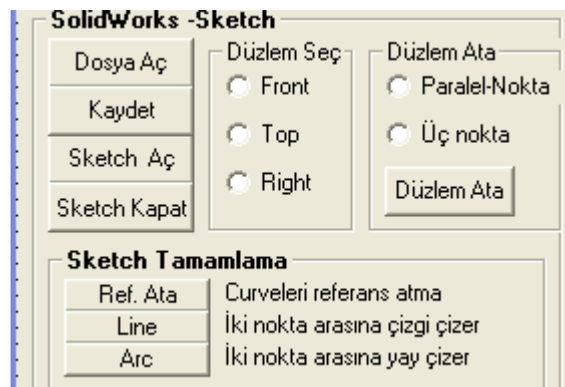
Şekil 3.3.3.3. Yay oluşturma SolidWorks API fonksiyonu ve komut satırı.



Şekil 3.3.3.4. Yay seçim düğmesiyle oluşturulmuş yay.

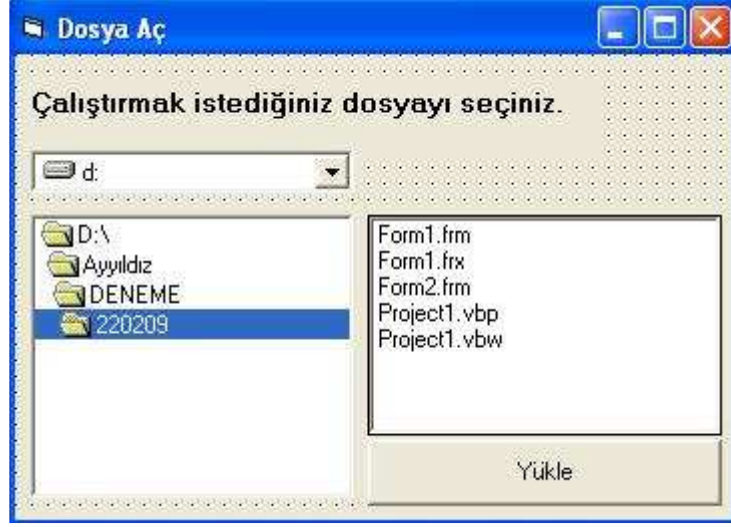
### 3.4. NOKTA BULUTUNU TAMAMLAMA

Eksik geometri tamiri yapıldıktan sonra nesneyi oluşturmak için gerekli referans profillere ihtiyaç vardır. Bu referans profiller, nokta bulutunu üzerinden geliştirilen program yardımıyla alınır. Oluşturulan referanslar nesnenin gerekli unsurlarını oluşturmak için yapılması gereklidir. Bu işlemi geliştirilen programda SolidWorks-Sketch bölümünde *Dosya Aç*, *Kaydet*, *Sketch Aç*, *Sketch Kapat*, *Düzlem Seç*, *Düzlem Ata*, *Sketch Tamamlama* komut işlemleriyle yapılır. Şekil 3.4.1’de SolidWorks-Sketch nokta bulutu tamamlama menüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.4.1. SolidWorks-Sketch nokta bulutu tamamlama menüsü.

*Dosya Aç* komut düğmesi açık olan SolidWorks BDT programında IGES uzantılı nokta bulutu dosyasını açmakta kullanılır. Şekil 3.4.2’de *Dosya Aç* komut düğmesi kullanıldığında açılan pencere gösterilmiştir.



Şekil 3.4.2. Dosya Aç komut düğmesi kullanıldığında açılan pencere.

Açılan *Dosya Aç* penceresinde sürücü, içindekiler, dosya listeleme kutuları ve yükle komut düğmesi vardır. *Yükle* komut düğmesiyle bilgisayarda kaydedilen nokta bulutu çağrılır. Şekil EKI.1’de *Yükle* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Kaydet* komut düğmesi SolidWorks BDT programında yapılan çalışmayı kaydeder. Şekil EKI.2’de *Kaydet* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Sketch Aç* komut düğmesi SolidWorks BDT programında seçilen düzlemde yeni çalışma taslağı açmak için kullanılır. Şekil EKI.3’de *Sketch Aç* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Sketch Kapat* komut düğmesi SolidWorks BDT programında yapılan çalışma taslağı kapatmak için kullanılır. Şekil EKI.4’de *Sketch Kapat* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

Düzlem Seç bölümü *Front*, *Top*, *Right* seçim düğmelerinden oluşur. Bunlar düzlem seçmek veya yeni bir çalışma taslağı oluşturulmasında referans olarak kullanılır. Şekil EKI.5’de *Front*, *Top* ve *Right* seçim düğmelerinin komut satırları gösterilmiştir.

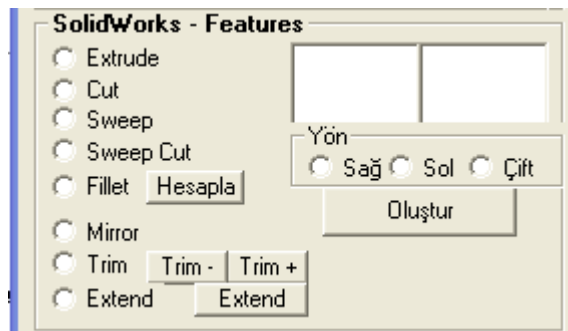
Düzlem Ata bölümü, *Paralel-Nokta*, *Üç Nokta* seçim düğmesi ve *Düzlem Ata* komut düğmelerinden oluşur. *Paralel-Nokta* seçim düğmesi, CTRL kontrol tuşu ile bir düzlem ve düzlem atamak istenilen yerdeki nokta seçilir. Bu nokta, nokta bulutu üzerinden alınabilir. *Paralel-Nokta* seçim düğmesi aktif hale getirilerek *Düzlem Ata* komut düğmesine tıklanarak düzlem atanmış olur. *Üç Nokta* seçim düğmesi, CTRL

kontrol tuşu ile üç nokta seçilerek düzlem atama işlemi yapılır. Bu noktalar, nokta bulutu üzerinden alınabilir. *Üç Nokta* seçim düğmesi aktif hale getirilerek *Düzlem Ata* komut düğmesine tıklanarak düzlem atanmış olur. Şekil EKI.6'da *Düzlem Ata* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

*Sketch Tamamlama* bölümünde *Ref. Ata*, *Line*, *Arc* komut düğmeleri yerleştirilmiştir. *Ref. Ata* komut düğmesi referans atama anlamına gelir ve çalışma taslağında seçilen nokta bulutu üzerindeki eğrileri (curve) referans alarak, düzlem üzerine eğriyi yansıtır. Şekil EKI.7'de *Ref. Ata* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Line* komut düğmesi çalışma taslağında seçilen iki nokta arasında çizgi çizmek için kullanılır. Şekil EKI.8'de *Line* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Arc* komut düğmesi çalışma taslağında seçilen iki nokta arasında yay çizmek için kullanılır. Şekil EKI.9'da *Arc* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

### 3.5. NESNE OLUŞTURMA

Nesneyi oluşturmak için nokta bulutunu tamamlama işlemiyle yapılan referans profiller, SolidWorks BDT programında, geliştirilen program yardımıyla referans profilleri kullanarak nesne unsurları oluşturulur (Şekil 3.5.1). Nesne oluşturma menüsü SolidWorks-Features bölümü altında *Extrude*, *Cut*, *Sweep*, *Sweep Cut*, *Fillet*, *Mirror*, *Trim*, *Extend*, *Sağ*, *Sol*, *Çift* seçim düğmeleri, *Hesapla*, *Trim -*, *Trim +*, *Extend*, *Oluştur* komut düğmeleri ve *Listbox* listeleme kutularından oluşmaktadır.



Şekil 3.5.1. Nesne oluşturma menüsü

*Extrude* seçim düğmesi referans profillerden oluşturulan taslak çalışmasını seçilen düzlemler arasında derinlik verir. *Sağ* seçim düğmesi koordinat sistemine göre artı

(+) yönde, *Sol* seçim düğmesi eksi (-) yönde, *Çift* seçim düğmesi ise her iki yönde derinlik verir. Düzlemlerin seçimi *Listbox* listeleme kutularından belirlenir. Şekil EKI.10'da *Extrude* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Cut* seçim düğmesi referans profillerden oluşturulan taslak çalışmasını seçilen düzlemler arasında boşaltma yapar. Komut satırı *Extrude* seçim düğmesi ile aynıdır.

*Sweep* seçim düğmesi referans profillerden oluşturulan taslak çalışmalarını, süpürülecek şekil ve süpürülecek yol taslaklar seçilerek süpürme işlemi yapılır. Aynı işlem *Sweep Cut* seçim düğmesi içinde geçerlidir. Ama *Sweep Cut* seçim düğmesi süpürme boşaltma işlemi yapar. Şekil EKI.11'de *Sweep* ve *Sweep Cut* seçim düğmelerinin komut satırı gösterilmiştir.

*Fillet* seçim düğmesi, *Hesapla* komut düğmesi ile seçilen referans profili ölçülendirir. Şekil EKI.12'de *Fillet* seçim düğmesinin komut satırları gösterilmiştir. Ölçülendirme *Fillet*'i oluşturmak için kullanılacak değerlerdir. Şekil EKI.13'de *Hesapla* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

*Mirror* seçim düğmesi çalışma taslağında aynalama işlemi yapar. Şekil EKI.14'de *Mirror* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

*Trim* seçim düğmesi çalışma taslağında line, spline, arc gibi unsurları kırpma için kullanılır. Şekil EKI.15'de *Trim* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Trim -* ve *Trim +* komut düğmeleri *Trim* seçim düğmesi aktif olduğunda yönlendirilir ve kırpma yönünü belirler. Şekil EKI.16'da *Trim -* ve *Trim +* komut düğmelerinin komut satırı gösterilmiştir.

*Extend* seçim düğmesi çalışma taslağında line, spline, arc gibi unsurları uzatma için kullanılır. Şekil EKI.17'de *Extend* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir. *Extend* komut düğmesi *Extend* seçim düğmesi aktif olduğunda yönlendirilir ve uzatma işlemini yapar. Şekil EKI.18'de *Extend* komut düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

*Listbox* listeleme kutuları *SolidWorks-Features* bölümündeki seçim düğmelerinin aktif olmasıyla istenen değerlerin listelenmesi sağlar. *Extrude* seçim düğmesi aktif olduğunda *Listbox1* listeme kutusuna unsur ağacındaki bütün taslakları, *Listbox2* listeleme kutusuna bütün düzlemleri listeler. Şekil EKI.19’da *Listbox1* listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı ve Şekil EKI.20’de *Listbox1* listeleme kutusunun çift tıklama komut satırı gösterilmiştir. Şekil EKI.21’de *Listbox2* listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı gösterilmiştir.

*Sağ*, *Sol*, *Çift* seçim düğmeleri *Extrude*, *Cut* unsurlarının yönlerini belirler. *Sağ* seçim düğmesi koordinat ekseninin artı yönünü, *Sol* seçim düğmesi eksi yönünü, *Çift* seçim düğmesi ise her iki yönü ifade eder. Şekil EKI.22’de *Sağ*, *Sol*, *Çift* seçim düğmelerinin komut satırı gösterilmiştir.

*Oluştur* komut düğmesi *SolidWorks-Features* bölümündeki *Extrude*, *Cut*, *Sweep*, *Sweep Cut*, *Fillet*, *Sağ*, *Sol*, *Çift* seçim düğmelerinin aktif olmasını göre çalışır. Şekil EKI.23’de *Oluştur* seçim düğmesinin komut satırı gösterilmiştir.

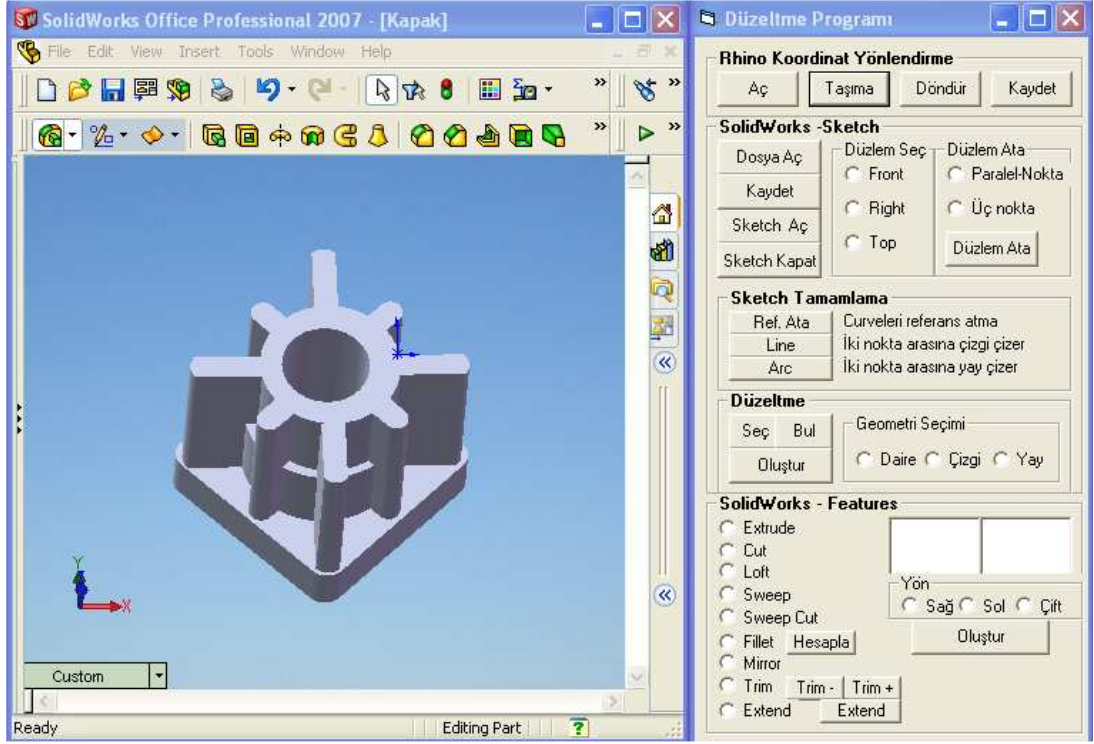


## BÖLÜM 4

### GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA

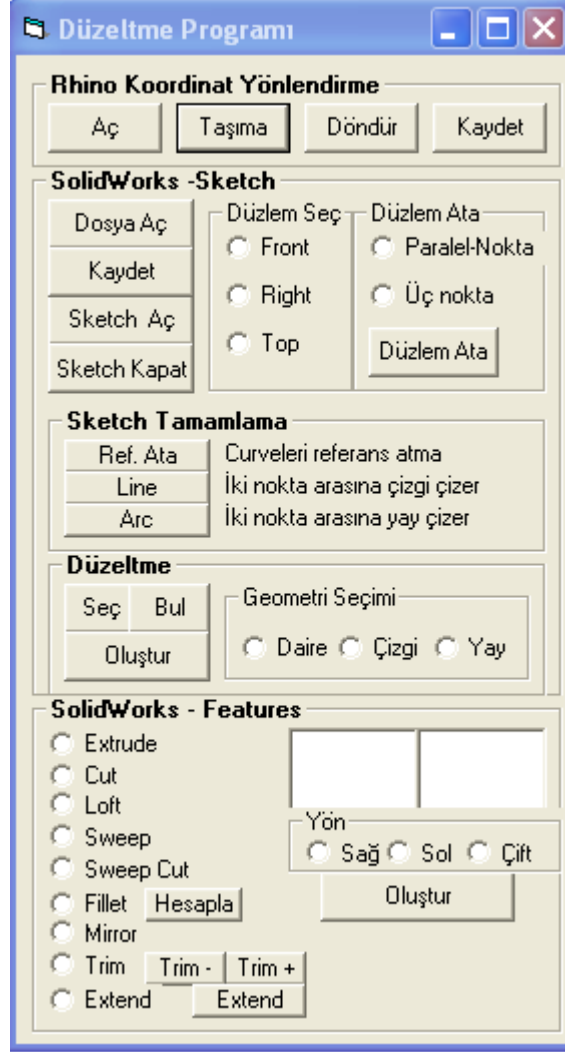
#### 4.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA

Bu tezde geliştirilen bilgisayar programı (Parça Yenileme Programı) Visual BASIC programlama dilinde yazılmıştır. BDT sistemi olarak SolidWorks ve Rhinoceroes paket programları kullanılmıştır. Visual BASIC programlama dilinden SolidWorks ve Rhinoceroes BDT programlarıyla iletişime geçerek Visual BASIC ile SolidWorks ve Rhinoceroes BDT programlarının eşzamanlı çalışması sağlanmıştır. Visual BASIC'te bir form oluşturularak formun üzerine SolidWorks'un farklı fonksiyonlarını kontrol eden ve düzeltme ve imalatta kullanılan çeşitli Visual BASIC kontrol düğmeleri yerleştirilmiştir. Daha sonra bu program EXE uzantılı bir dosya haline getirilerek ve masaüstüne bir kısa yolu yerleştirilerek Visual BASIC'ten bağımsız Windows tabanlı olarak çalıştırılmıştır. Sekil 4.1.1'de geliştirilen programın ve programla eşzamanlı çalışan SolidWorks penceresinin genel bir görünümü verilmiştir.



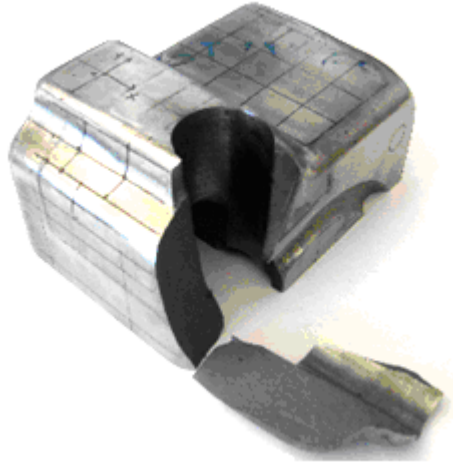
Sekil 4.1.1. Geliştirilen program ve programla eş zamanlı çalışan SolidWorks programı için örnek arayüz.

Tasarımı yapılan pencere Rhino koordinat yönlendirme, SolidWorks-Sketch, Sketch Tamamlama, SolidWorks-Features bölümlerinden meydana gelmektedir. Buradaki kontrol düğmelerini bölüm üçte tanımlanan işlemler yapılabilmektedir. Sekil 4.1.2’de program penceresi ve kontrol düğmeleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1.2. Program penceresi ve kontrol düğmeleri.

Geliştirilen sistem, hasarlı bir kalıp elemanı (kalıp lokması) üzerinde uygulama yapılarak açıklanmıştır (Şekil 4.1.3).



Şekil 4.1.3. Hasarlı kalıp elemanı.

Hasarlı kalıp elemanının onarımını gerçekleştirmek için sistemin akış şemasındaki basamaklar yerine getirilmiştir.

#### **4.1.1. Hasarlı Parça Üzerinden Nokta Alma**

Hasarlı parça düz bir zemin üzerine sabitlenir ve üzerinden ürününün elde edilebilen boyut bilgisi, MicroScribe üç boyutlu tarama cihazı yardımıyla nokta bulutları Rhinoceros BDT programı ile alınmıştır. Parçanın koordinatları Rhinoceros BDT programına tanıtılır (Şekil 4.1.1.1) ve susta ile parça üzerinden ürünün boyut bilgisi dokunarak elde edilir. Şekil 4.1.1.2’de hasarlı parça üzerinden boyut bilgisi elde edilmesi gösterilmiştir.

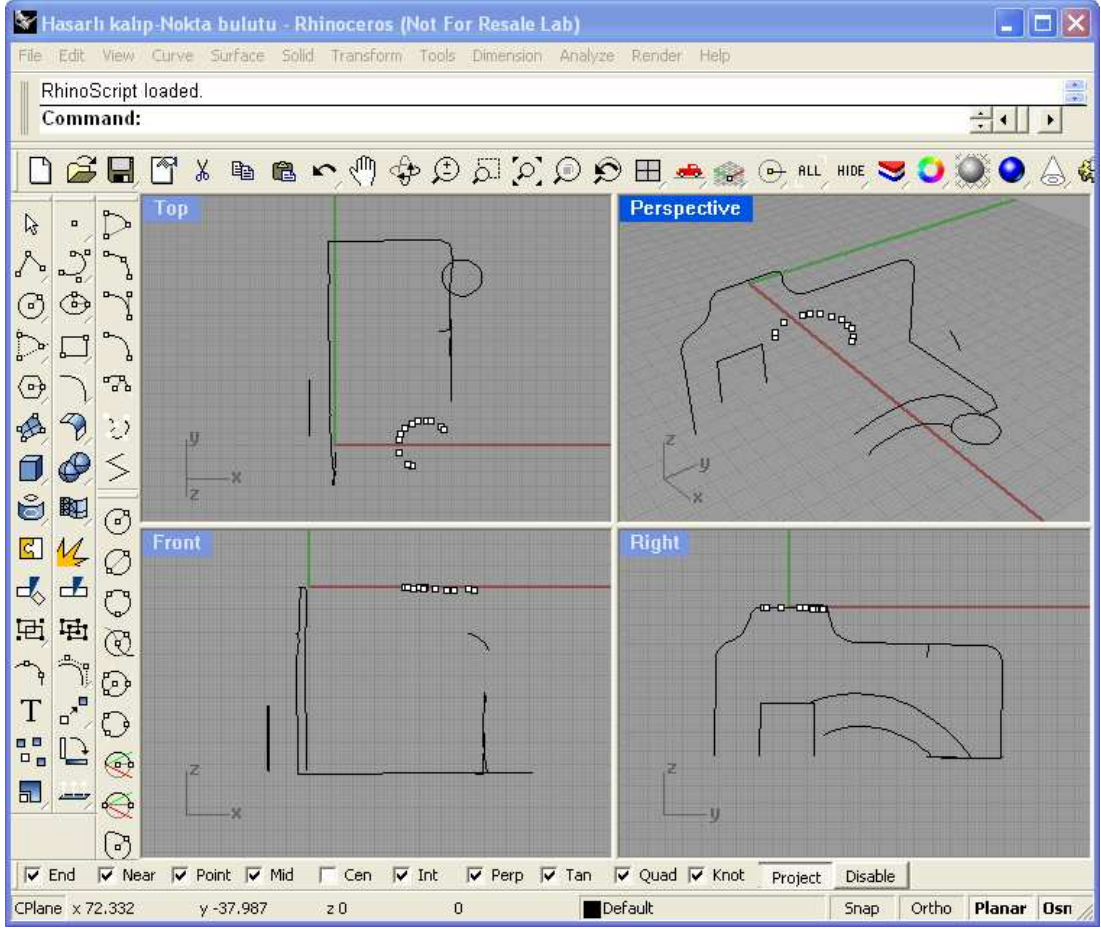


Şekil 4.1.1.1. Parça üzerinden orijin alma.



Şekil 4.1.1.2. Hasarlı parça üzerinden boyut bilgisi elde etme.

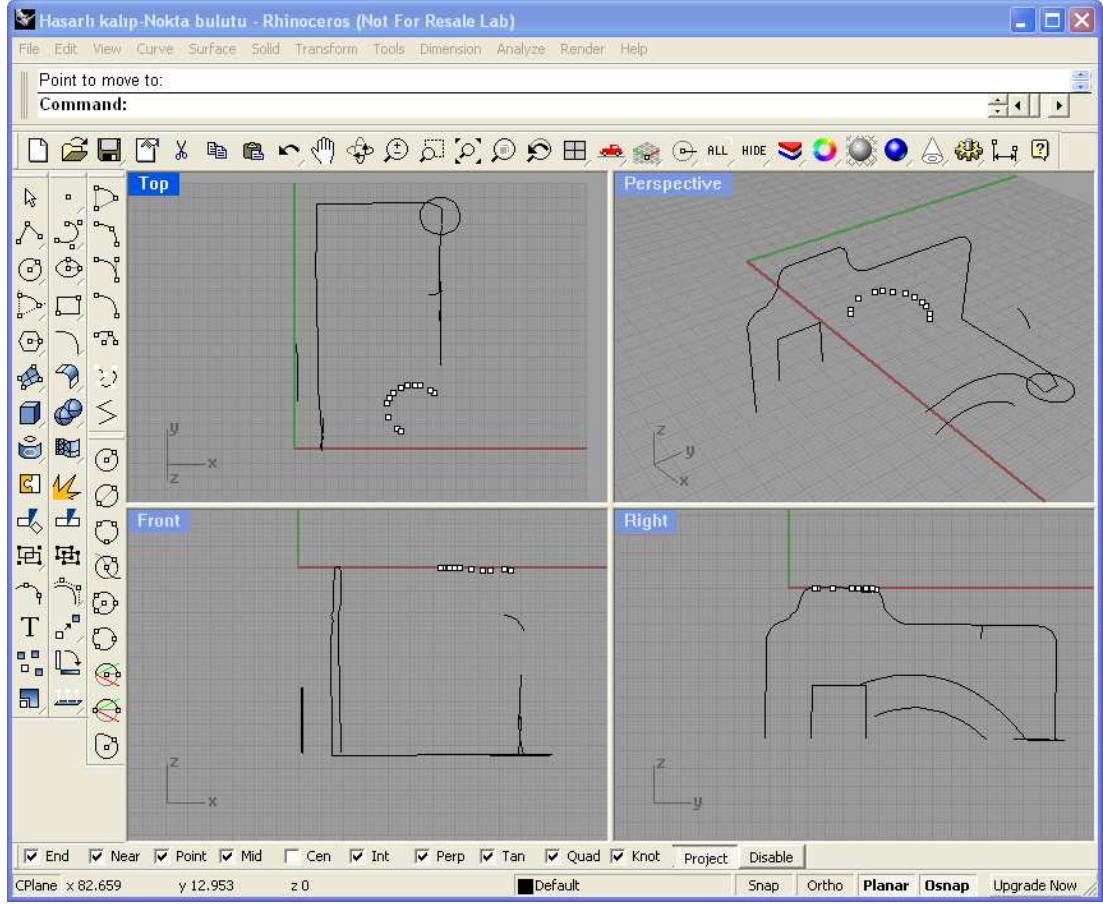
Hasarlı parça üzerindeki daire unsuru, nokta kümesi olarak susta ile programa aktarılmıştır. Parçanın nokta bulutundaki diğer kısımlar eğriler (curve) olarak taranmıştır. Şekil 4.1.1.3'da Rhinoceros BDT programında parça üzerinden elde edilen boyut bilgisi, nokta bulutu gösterilmiştir. Rhinoceros BDT programında parça üzerinden elde edilen boyut bilgisi IGES grafik standardı olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.1.1.3. Rhinoceros BDT programındaki nokta bulutu görüntüsü.

#### 4.1.2. Rhinoceros BDT programında koordinat yönlendirme

Geliştirilen programın Rhino koordinat yönlendirme bölümünden Aç komut düğmesine tıklandığında, IGES olarak kaydedilen dosya çağrılır. Nokta bulutunun orijinin tanıtılmasında oluşan hatalardan dolayı taşınması (yönlendirilmesi) gerekmektedir. Nokta bulutunu almakta kullanılan Rhinoceros BDT programıyla, yönlendirme işlemi yapılarak, SolidWorks BDT programında yapılacak işlemlere temel olan nokta bulutu orijinini elde etmek için gerekli bir ön hazırlık işlemidir. Geliştirilen yazılım, Visual BASIC ile Rhinoceros BDT programıyla iletişim kurarak yönlendirme, *Taşıma* ve *Döndür* komut düğmeleriyle yapılmıştır. Şekil 4.1.2.1'de Taşıma ve Döndürme işlemleri gösterilmiştir.

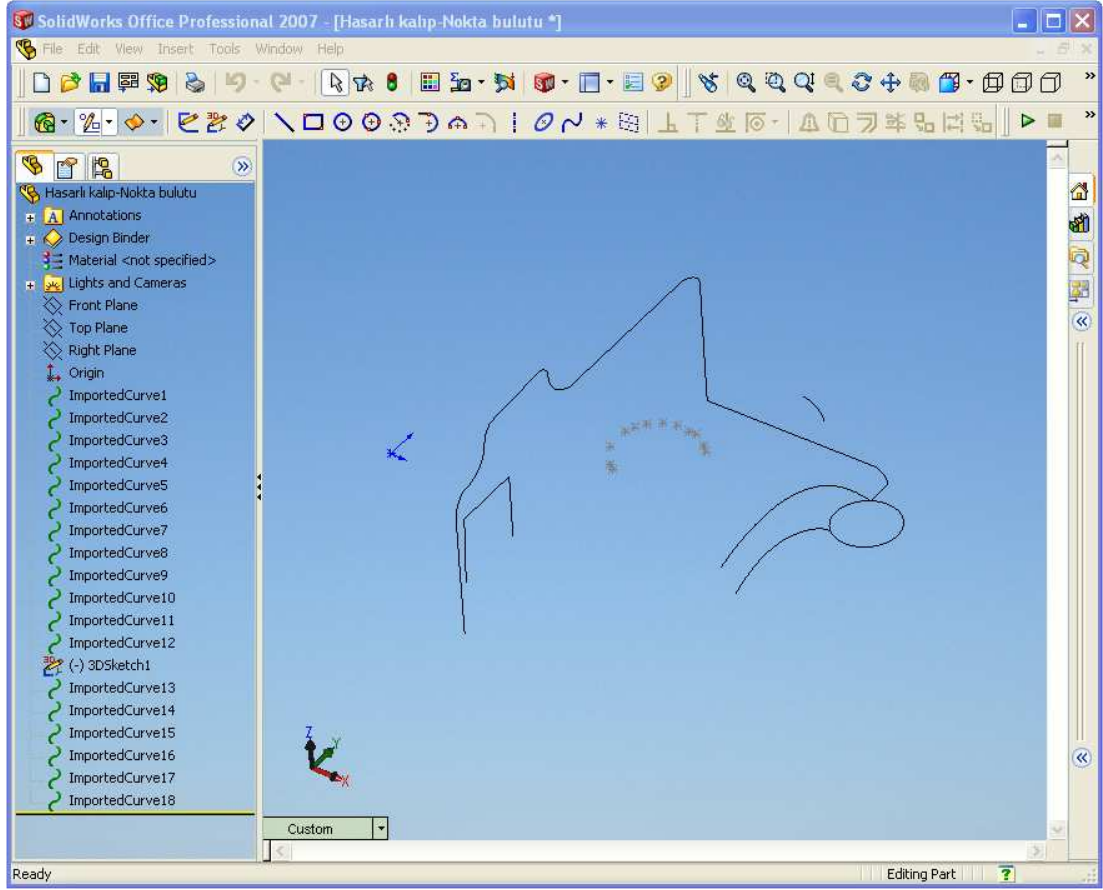


Şekil 4.1.2.1. Taşıma ve Döndürme işlemleri.

Taşıma işlemi daire geometrisinin nokta kümesinin koordinat sisteminde birinci bölgede olacak şekilde taşınmıştır. Yönlendirme işlemi bittiğinde *Kaydet* komut düğmesi ile dosya kaydedilmiştir.

#### 4.1.3. SolidWorks BDT Programında IGES Dosyasının Açılması

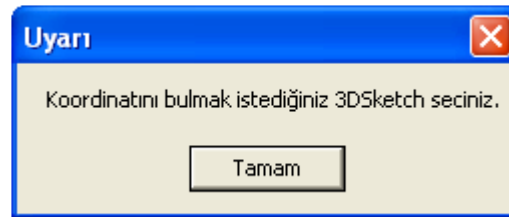
Gerekli olan yönlendirme işlemi yapıldıktan sonra SolidWorks-Sketch bölümünden *Dosya Aç* komut düğmesi ile kaydedilen IGES dosyası açılmıştır. Şekil 4.1.3.1'de SolidWorks'da açılan IGES nokta bulutu gösterilmiştir.



Şekil 4.1.3.1. SolidWorks’da açılan IGES nokta bulutu.

#### 4.1.4. Hasarlı Geometri Seçimi ve Koordinatlarının Bulunması

SolidWorks’da açılan IGES nokta bulutu 3DSketch ve eğrilerden (curve) oluşmuştur. 3DSketch nokta kümelerinden oluşmaktadır. Bu nokta kümeleri, hasarlı daire geometrisini tamamlamada referans olarak kullanılmıştır. Düzeltme bölümünden *Seç* düğmesi seçildiğinde koordinatını bulmak istenilen 3DSketch seçilmelidir (Şekil 4.1.4.1).



Şekil 4.1.4.1. Seç düğmesi seçimi.



Ustur ağacından 3DSketch seçilerek, Bul komut düğmesi tıklanılır ve 3DSketch taslağı içindeki nokta kümesinin her noktanın X, Y, Z koordinatları Excel dosyası olarak saklanır. Gelen “Geometri seçiniz” uyarısını kabul edilip (Şekil 4.1.4.2), Geometri seçimi bölümünden *Daire* seçim düğmesi seçilir (Şekil 4.1.4.3).



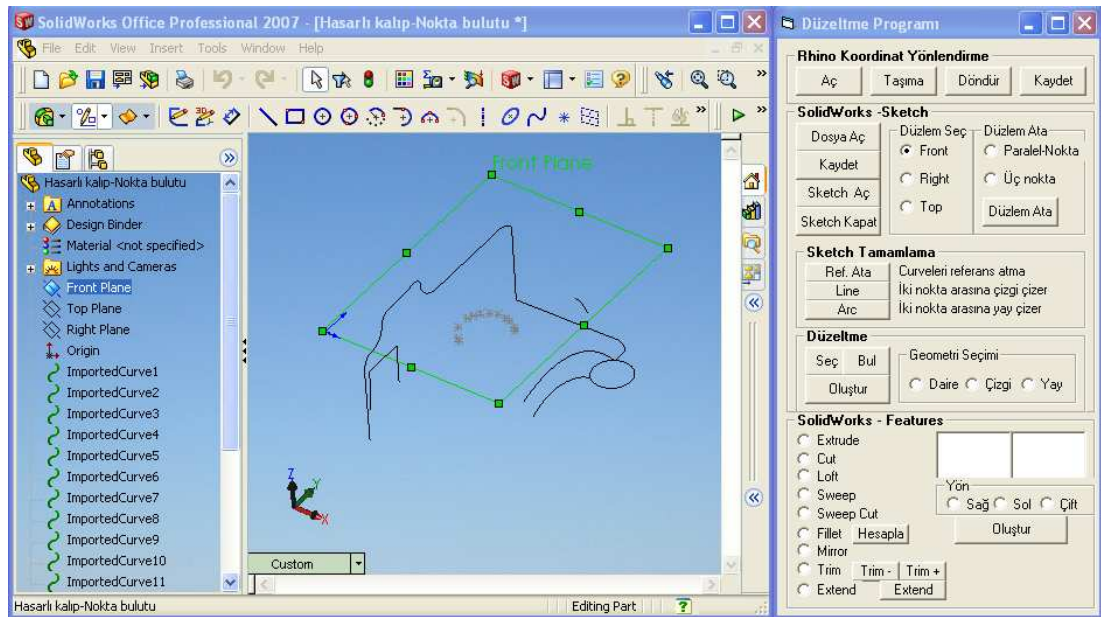
Şekil 4.1.4.2. Geometri seçim uyarısı.



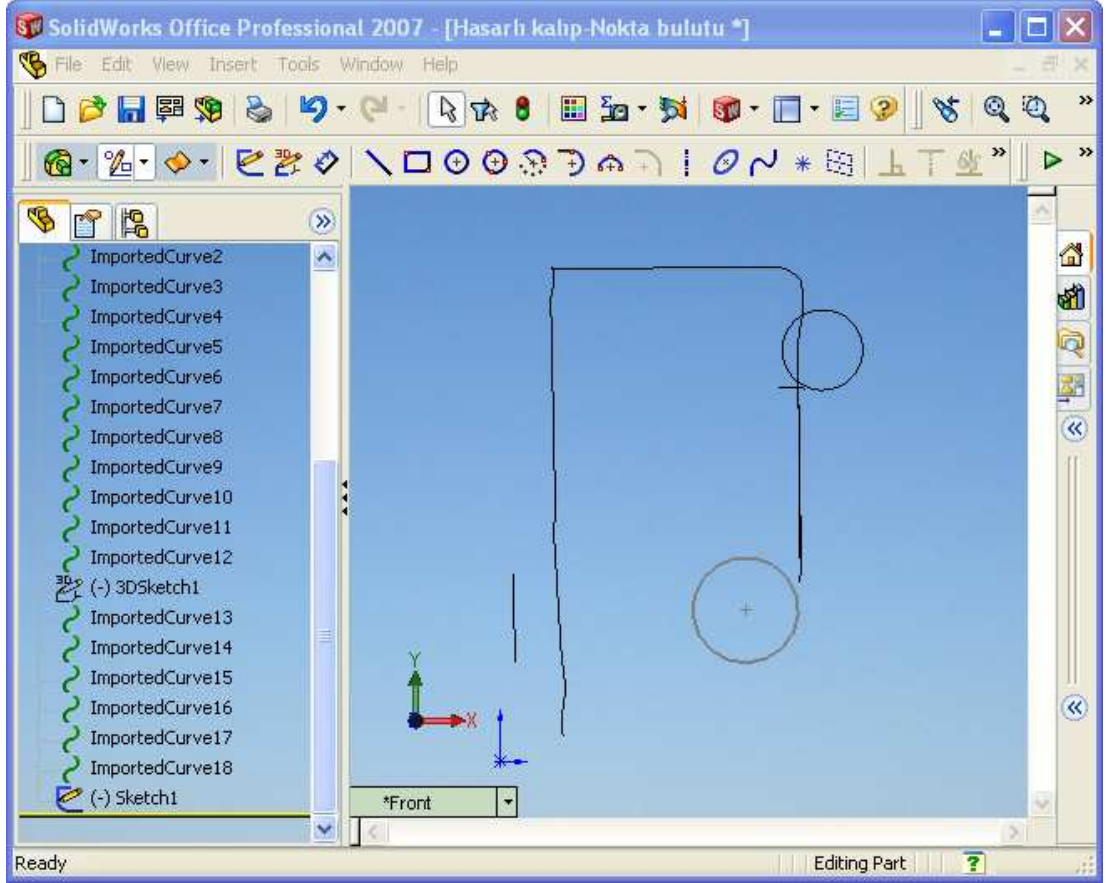
Şekil 4.1.4.3. Düzlem seçim uyarısı.

#### 4.1.5. Daire Seçim Düğmesi Seçimi

*Daire* seçim düğmesi seçildikten sonra nokta kümesi Front düzleminde tarandığı için Front düzlemi seçilir. *Oluştur* düğmesi Front düzleminde Excel dosyasındaki X, Y, Z koordinatlarını işleme sokarak eksik olan daire geometrisini tamamlar. Şekil 4.1.5.1’de Front düzlem seçimi ve Geliştirilen programı gösterilmiştir. Şekil 4.1.5.2’de Daire geometrisi gösterilmiştir.



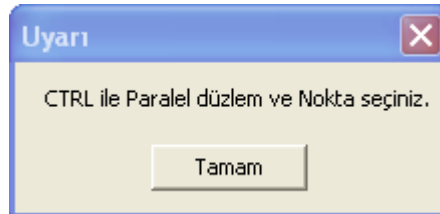
Şekil 4.1.5.1. Front düzlem seçimi ve Geliştirilen program.



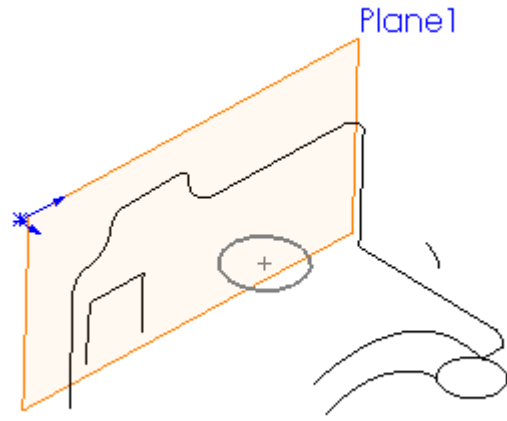
Şekil 4.1.5.2. Daire geometrisi.

#### 4.1.6. Düzleme Eğri Yansıtma

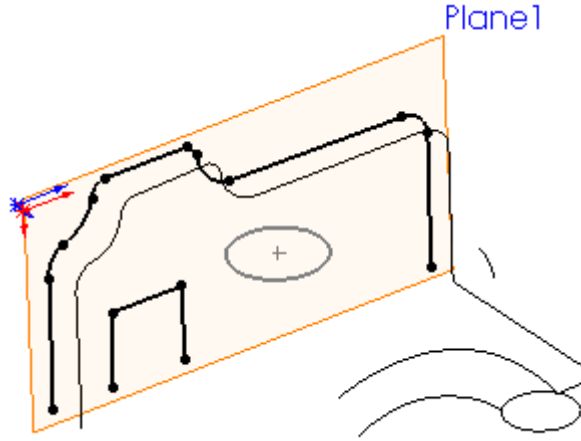
Modeli oluşturacak unsurların hazırlığı yapılarak, unsur oluşturacak eğriler düzlemlere yansıtılır. Atanan düzlem *Sketch Aç* komut düğmesi ile taslak oluşturulur. Oluşturulan taslağa referans eğriler yansıtılmıştır. Yansıtma işlemi Sketch tamamlama bölümünden *Ref. Ata* komut düğmesi ile yapılmıştır. Düzlem *Paralel-Nokta* seçim düğmesi ile atılmıştır (Şekil 4.1.6.1). Şekil 4.1.6.2’de eğrileri referans olarak düzlem atama gösterilmiştir. Şekil 4.1.6.3’de eğrilerin düzleme yansıtılması gösterilmiştir.



Şekil 4.1.6.1. Paralel-Nokta seçim uyarısı.

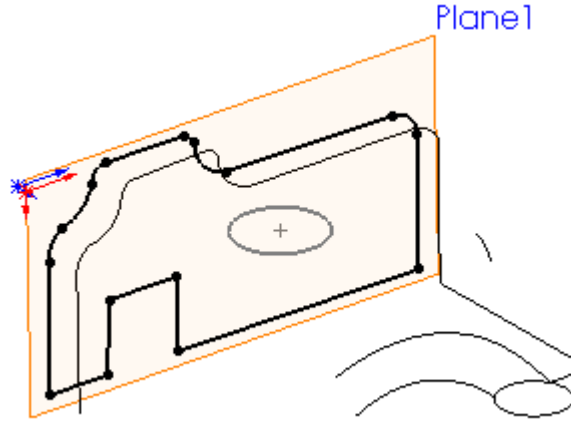


Şekil 4.1.6.2. Eğrileri referans olarak Düzlem atama.



Şekil 4.1.6.3. Eğrilerin düzleme yansıtılması.

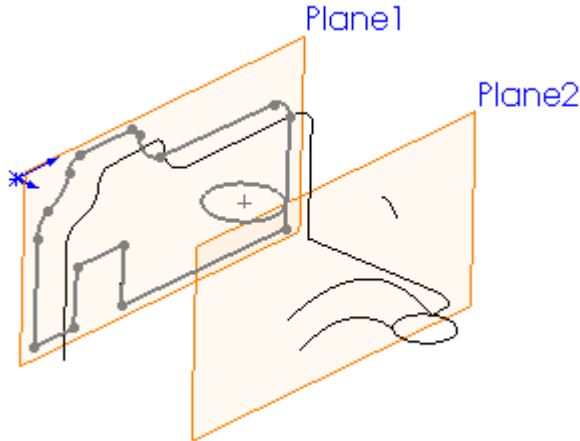
Yansıtılan referans eğrileri *Line* komut düğmesi ile tamamlanarak *Sketch Kapat* düğmesiyle taslak kapatılır. Şekil 4.1.6.4'de *Line* komut düğmesi ile yansıtılan eğrilerin tamamlanması gösterilmiştir.



Şekil 4.1.6.4. Line komut düğmesi ile yansıtılan eğrilerin tamamlanması.

#### 4.1.7. Extrude Seçim Düğmesi ile Derinlik Verme

Plane1 düzlemi üzerinde bulunan taslak, *Extrude* seçim düğmesi ile derinlik verilmesi için taslağın derinliğinin bulunması gerekmektedir. Plane1 düzlemi üzerindeki taslağın derinliğinin biteceği eğriye bir düzlem atılır (Şekil 4.1.7.1). Atılan Plane2 düzlemi ile Plane1 düzlemleri *Listbox2* listeleme kutularından seçilerek, düzlemler arasındaki mesafe ölçülür.

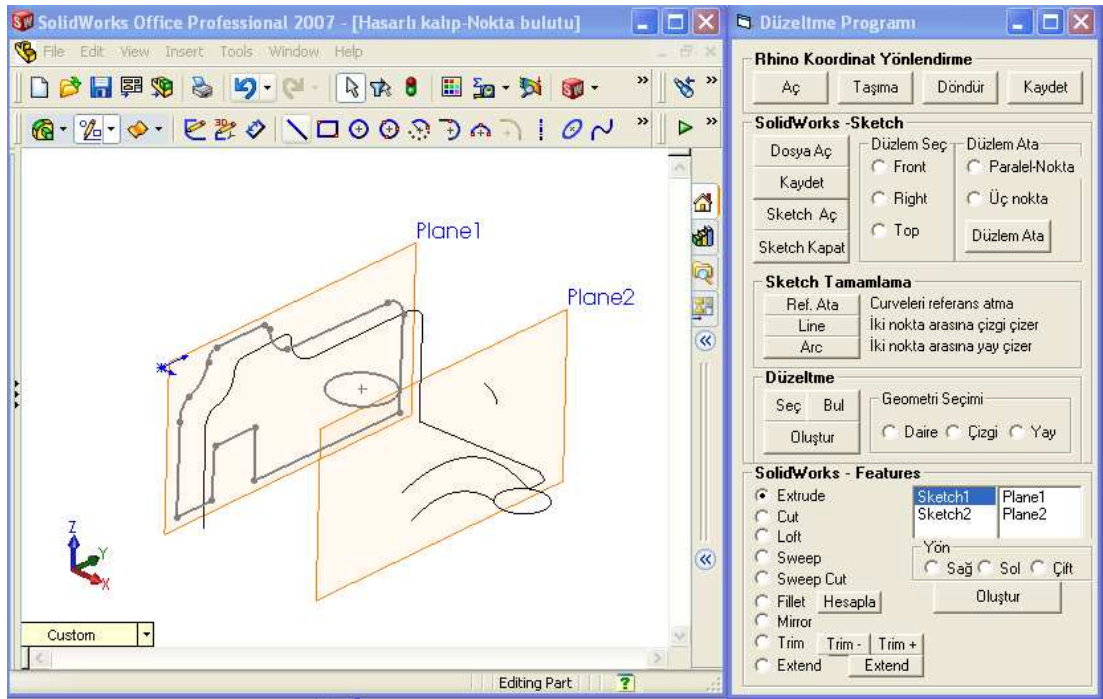


Şekil 4.7.1.1. Noktayı referans olarak düzlem atama.

Plane1 düzlemi üzerindeki Sketch1 taslağı derinlik vermek için; *Extrude* seçim düğmesi seçilir. Gelen uyarı onaylanarak (Şekil 4.1.7.2), *Listbox1* listeleme kutusundan Sketch2 seçilir (Şekil 4.1.7.3).

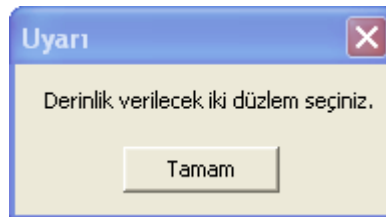


Şekil 4.1.7.2. Sketch seçim uyarısı.

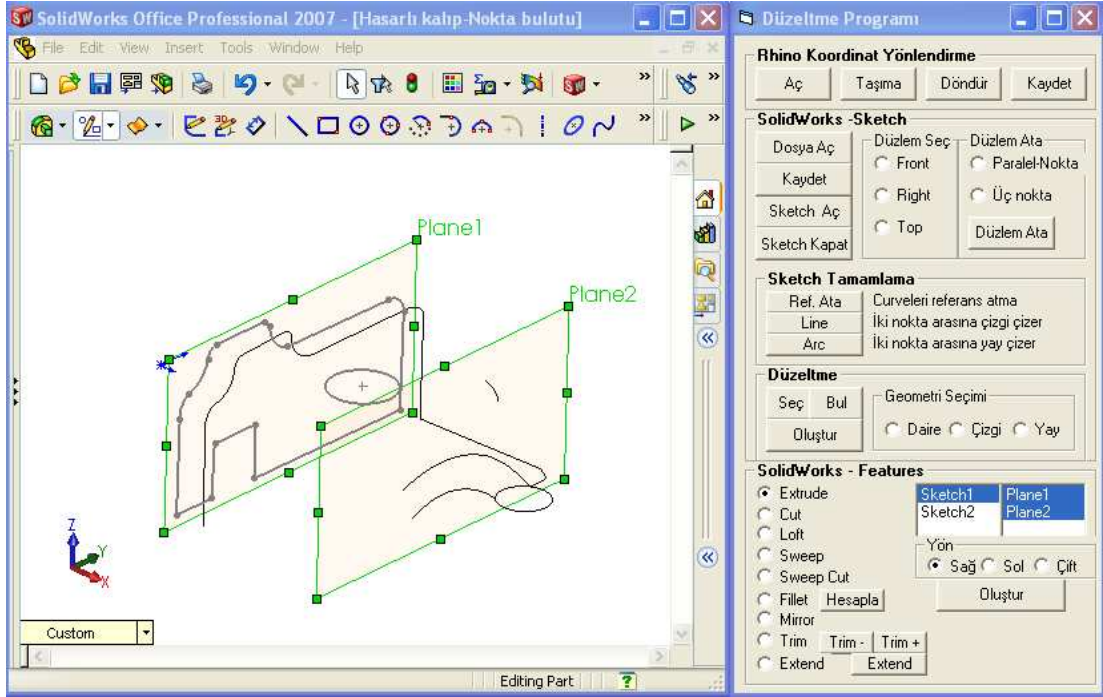


Şekil 4.7.3. Listbox1 listeleme kutusundan Sketch1 seçimi.

Gelen uyarı onaylanarak (Şekil 4.1.7.3), *Sağ* seçim düğmesi seçilir. “Derinlik verilecek iki düzlem seçiniz” uyarısı onaylanır (Şekil 4.1.7.4). *Listbox2* listeleme kutusundan Plane1 ve Plane2 seçilir (Şekil 4.1.7.5).

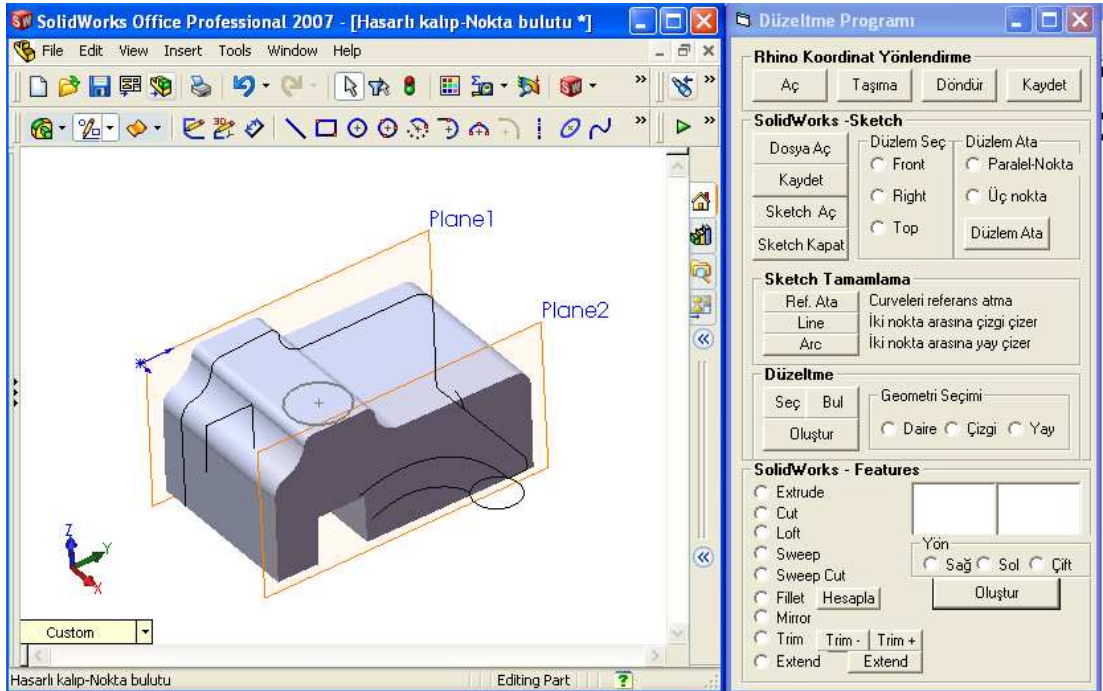


Şekil 4.1.7.4. Düzlem seçim uyarısı.



Şekil 4.1.7.5. Listbox2 listeleme kutusundan Plane1 ve Plane2 seçimi.

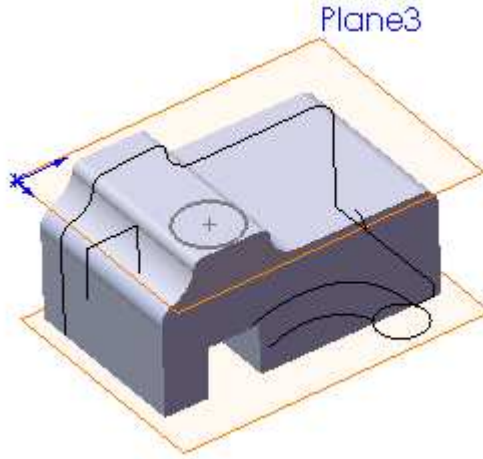
Plane1 ve Plane2 düzlemleri arasında, yönü artı "+Z" koordinatında olan unsur *Oluştur* komut düğmesi ile oluşturulmuştur (Şekil 4.1.7.6).



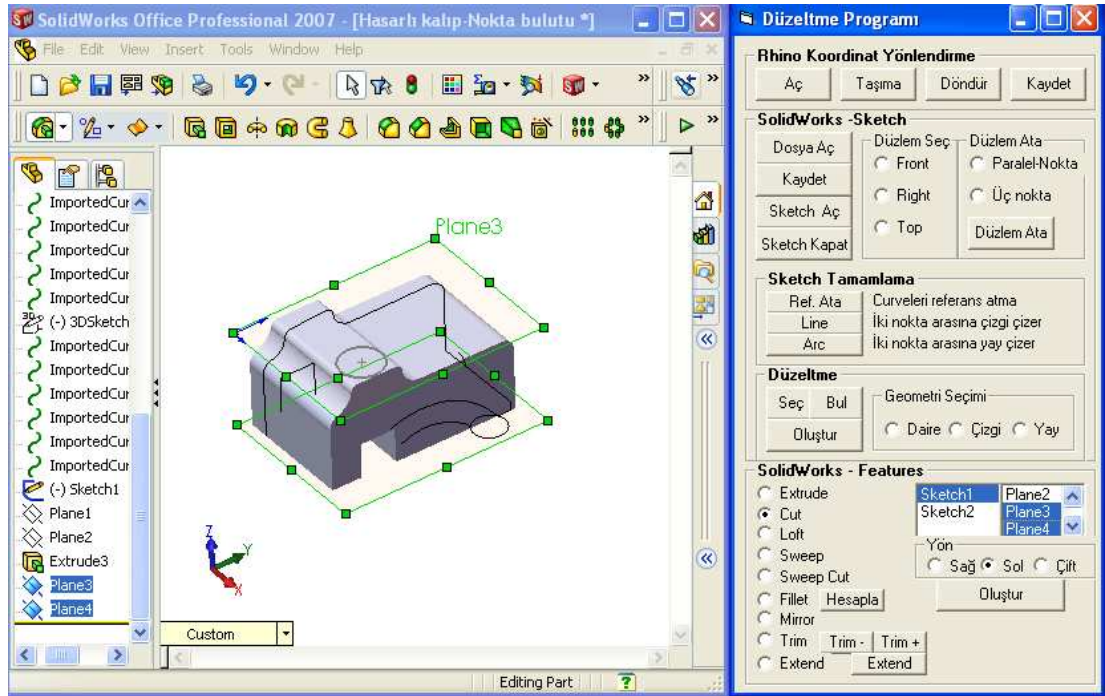
Şekil 4.1.7.6. Extrude ile unsur oluşturma.

#### 4.1.8. Düzlem Atama ve Cut Seçim Düğmesi İle Çıkartma İşlemi

Oluşturulan daire geometrisi, Plane3 ve Plane4 düzlemleri atanır (Şekil 4.1.8.1). Daire geometrisi modele uygun olan *Cut* seçim düğmesi ile çıkartma işlemi yapılır. *Cut* seçim düğmesi seçilerek, Listbox1 listeleme kutusundan daire taslağı, Listbox2 listeleme kutusundan derinlik verilecek düzlemler seçilmiştir (Şekil 4.1.8.2).

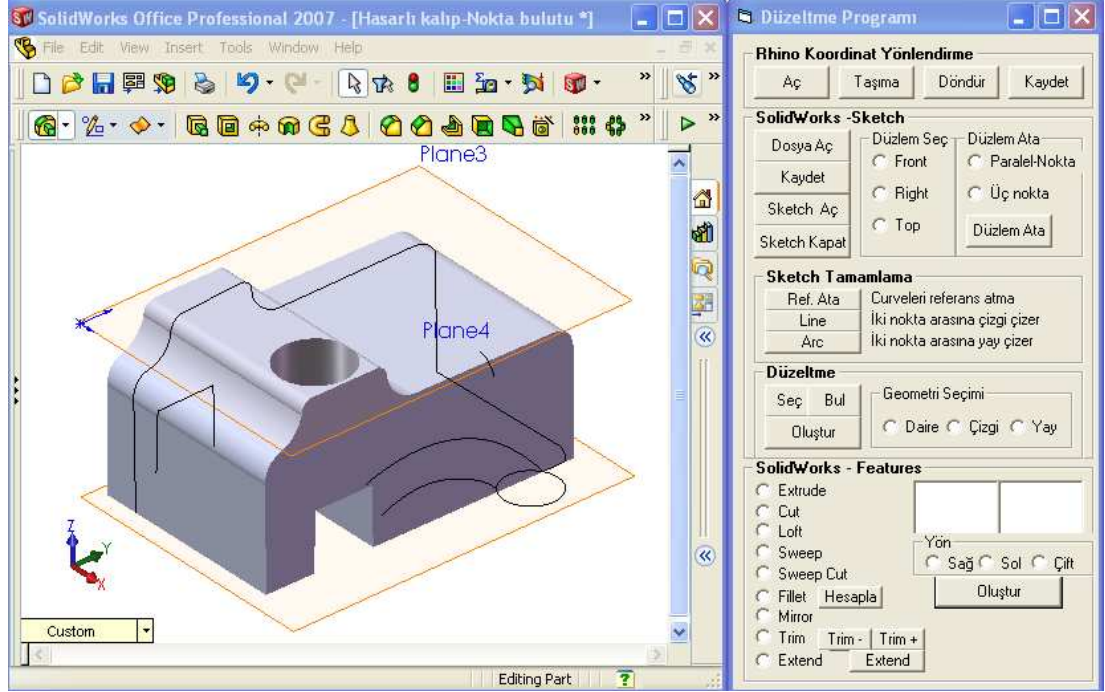


Şekil 4.1.8.1. Plane3 ve Plane4 düzlem atama.



Şekil 4.1.8.2. Sketch, Plane1 ve Plane2 seçimi.

Plane3 ve Plane4 düzlemleri arasında, yönü eksi “-Z” koordinatında olan unsur *Oluştur* komut düğmesi ile oluşturulmuştur (Şekil 4.1.8.3).

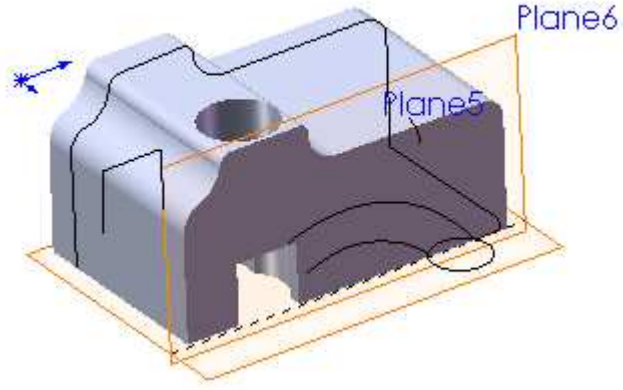


Şekil 4.1.8.4. Cut ile unsur oluşturma.

#### 4.1.9. Sweep Cut Seçim Düğmesi ile Süpürme İşlemi

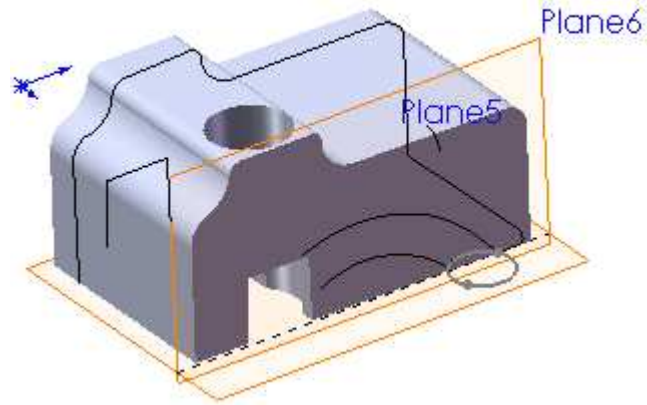
Hasarlı parça *Sweep Cut* seçim düğmesi seçilerek süpürme işlemi, ilk önce süpürülecek profil, daha sonra süpürülecek yol listbox listeleme kutularında seçilir. Süpürülecek profili seçmek için referans eğrilerden Plane5 düzlemi, süpürülecek yol için Plane6 düzlemleri *Paralel-Nokta* seçim düğmesi aktif yapıp *Düzeltilme Ata* komut düğmesi seçilerek atanır (Şekil 4.1.9.1).





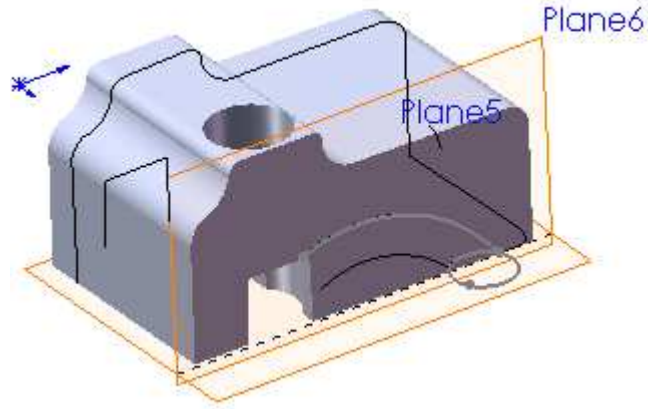
Şekil 4.1.9.1. Plane3 ve Plane4 düzlem atama.

Atanan Plane5 düzleminde yeni bir taslak açılarak süpürülecek profil, referans eğriler kullanılarak *Ref. Ata* komut düğmesi ile taslağa yansıtılır (Şekil 4.1.9.2).



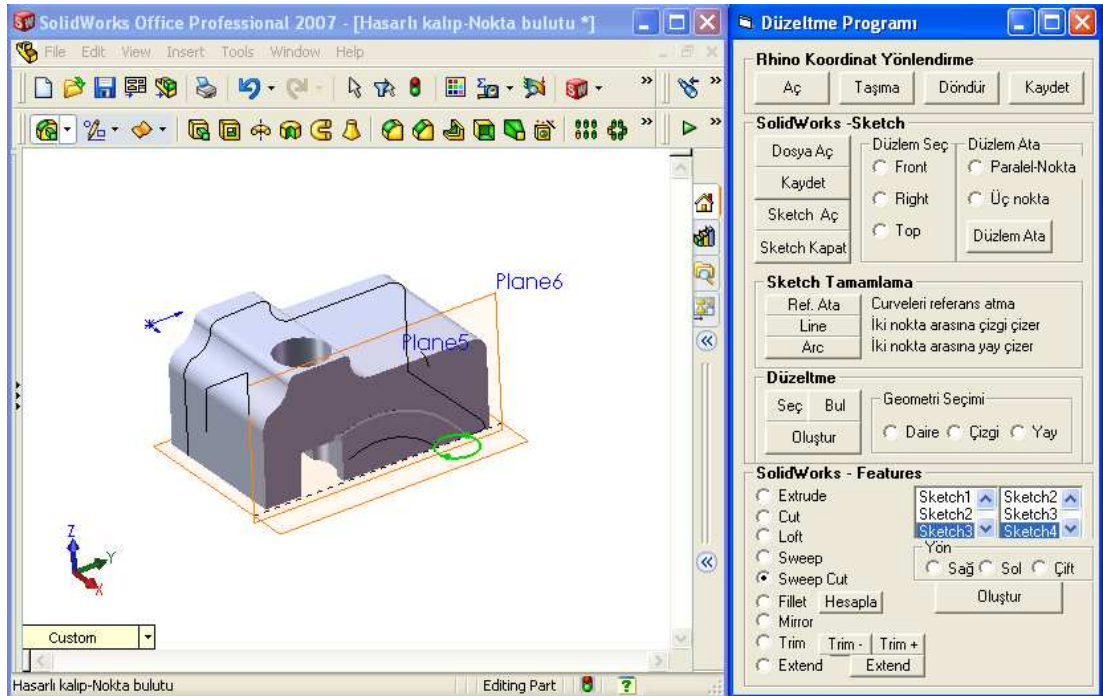
Şekil 4.1.9.2. Referans eğrileri kullanarak süpürülecek profili yansıtma.

Atanan Plane6 düzleminde yeni bir taslak açılarak süpürülecek yol, referans eğriler kullanılarak *Ref. Ata* komut düğmesi ile taslağa yansıtılır (Şekil 4.1.9.3).



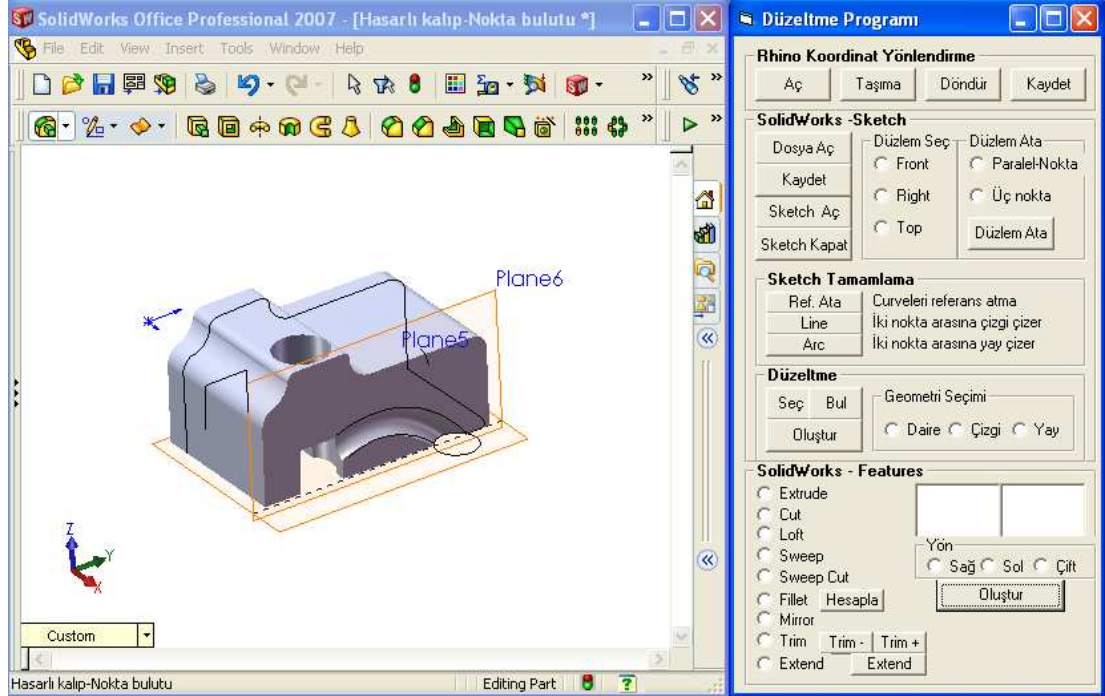
Şekil 4.1.9.3. Referans eğrileri kullanarak süpürülecek yolu yansıtmı.

Oluşturulan süpürülecek profil ve süpürülecek yol taslakları *Sweep Cut* işlemini gerçekleştirmek için gereken bir işlemdir. Geliştirilen programdan *Sweep Cut* seçim düğmesi seçildiğinde gelen uyarı ile *Listbox1* listeleme kutusundan süpürülecek profil taslağı ve *Listbox2* listeleme kutusundan süpürülecek yol taslakları seçilir (Şekil 4.1.9.4).



Şekil 4.1.9.4. Süpürülecek profil ve yol taslaklarının seçimi.

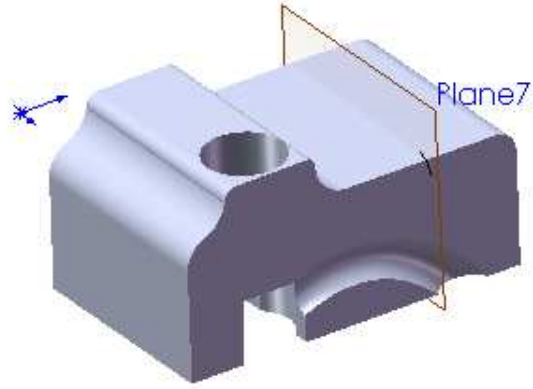
Süpürülecek profil ve yol taslaklarının seçildikten sonra *Oluştur* komut düğmesiyle süpürme işlemi gerçekleşmiş olur (Şekil 4.1.9.5).



Şekil 4.1.9.5. Sweep Cut ile süpürme işlemi.

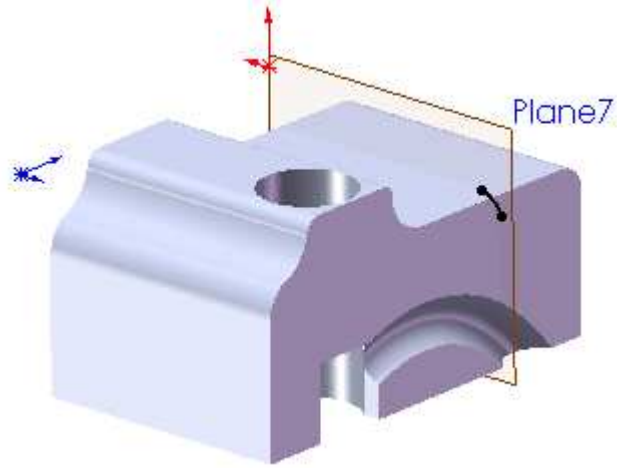
#### 4.1.10. Fillet Seçim Düğmesi ile Fillet İşlemi

*Fillet* seçim düğmesi ile fillet yapılması istenen kenardaki referans eğri düzleme yansıtılır. Yansıtılan eğrinin iki nokta arası mesafeleri seçilerek bulunur. Bulunan değer yapılacak olan filletin ölçüleridir. Fillet yapılmak istenilen kenara Plane7 düzlemi atılır (Şekil 4.1.10.1)



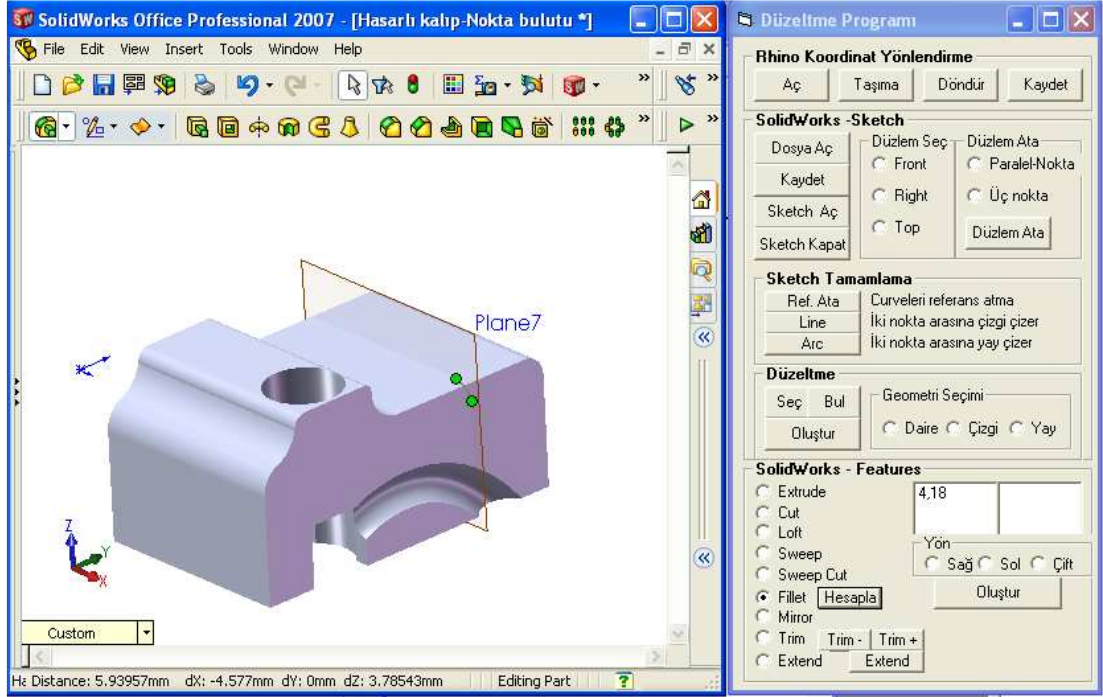
Şekil 4.1.10.1. Plane7 düzlemi atama.

Atanan Plane7 düzlemi üzerine bir taslak açılarak referans eğri, taslağa yansıtılır (Şekil 4.1.10.2).



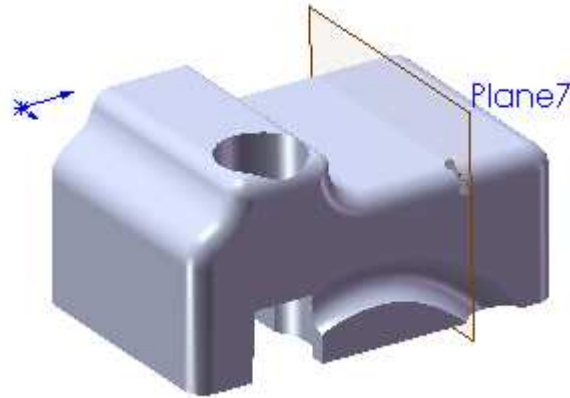
Şekil 4.1.10.2. Referans eğrinin taslağa yansıtma.

*Fillet* seçim düğmesi seçilerek gelen uyarı ile yansıtılan eğrinin iki noktası seçilir. *Hesapla* komut düğmesi seçilerek filletin boyutları hesaplanarak *Listbox1* listeleme kutusuna eklenir (Şekil 4.1.10.3).



Şekil 4.1.10.3. Yansıtılan eğrinin iki noktası seçimi ve Listbox1'e eklenmesi.

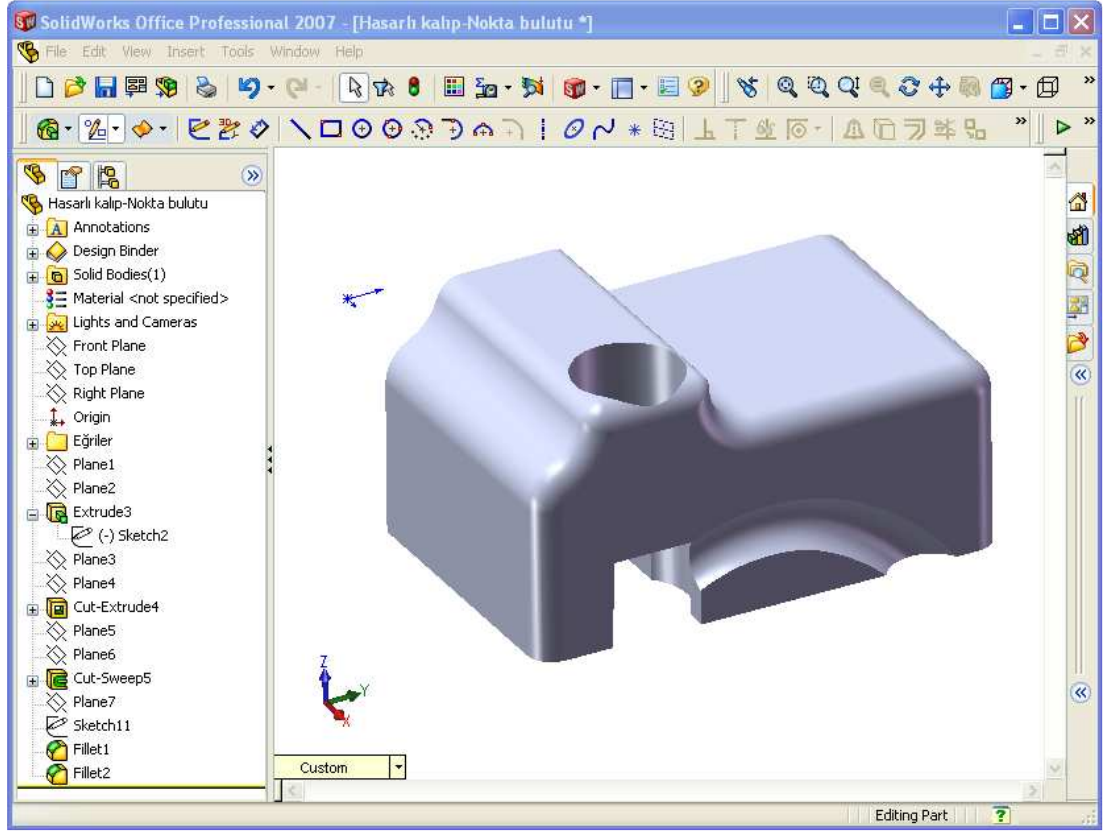
Gelen “Fillet yapmak istediğiniz köşeyi seçiniz” uyarısı ile istenilen köşeler seçilerek *Oluştur* komut düğmesiyle fillet işlemi gerçekleştirilir (Şekil 4.1.10.4).



Şekil 4.1.10.4. Fillet seçim düğmesi ile fillet oluşturma.

#### 4.1.11. Hasarlı Kalıp Elemanının Onarımı Yapılmış Modeli

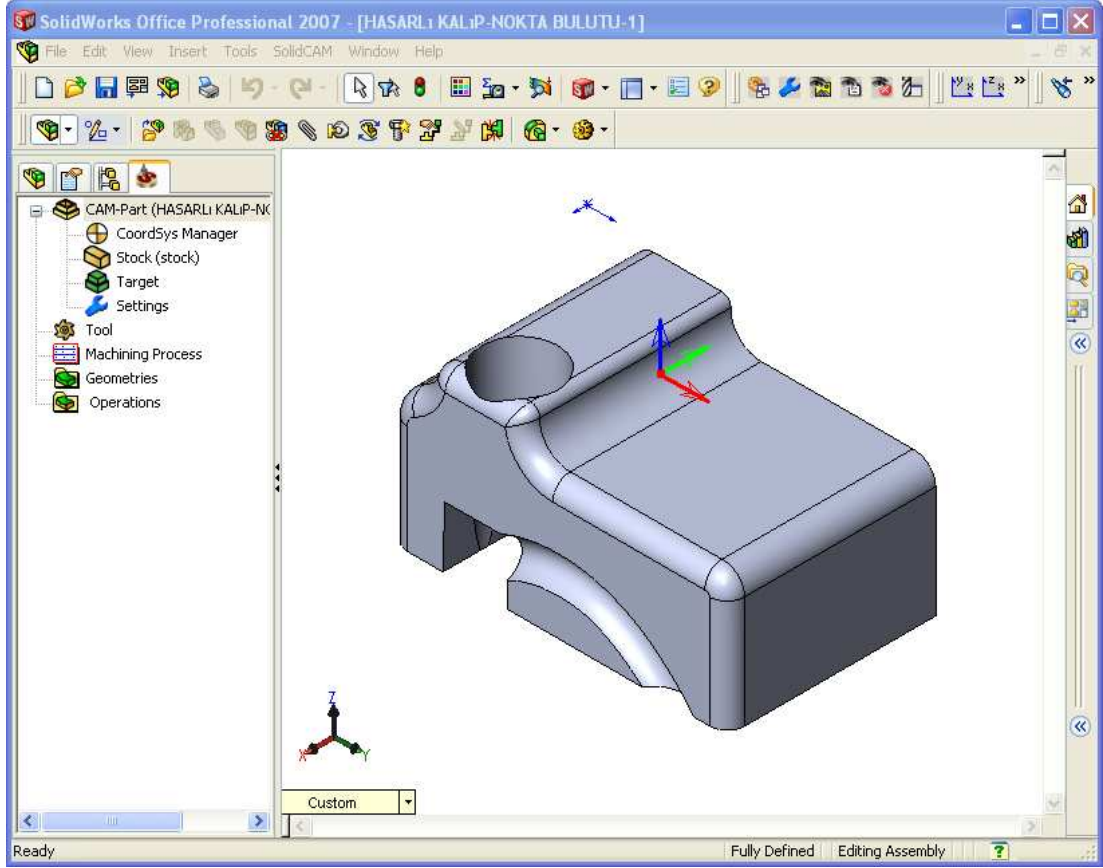
Hasarlı parça, referans eğrileri kullanarak unsurlar tamamlanmıştır. Hasarlı parçanın en son modele dönüşmüş hali şekil 4.1.11.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1.11.1. Hasarlı kalıp elemanın onarımı yapılmış modeli.

## 4.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT

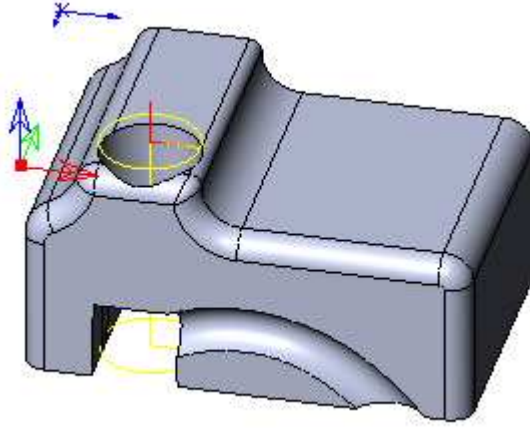
Hasarlı kalıbın tamiri olan modelin imali için SolidWorks BDT programında alt modülü olarak çalışan SolidCAM BDI programıyla kodları çıkarılır (SolidCAM, 2008). Şekil 4.2.1'de SolidCAM BDI programının arayüzü ve model gösterilmiştir. İmalat işleminin olabilmesi için hasarlı kısımdan kopan kısım lazer kaynak ya da diğer kaynak yöntemleri ile kaynatılır. Eğer kopan kısım yoksa kaynak ile kopan yer doldurulur. Kaynatılan parçanın, gerçek geometrisine sahip olması için imalat işlemleri yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.2.1. SolidCAM BDI programının arayüzü ve model.

#### 4.2.1. Delik Delme İşlemi

Parçanın BSD freze makinesine bağlama işlemi kurgu olarak tanımlanır. Birinci kurguda delik ve serbest yüzey, ikinci kurguda ise kanal işlenecektir. Birinci ve ikinci kurguda parça sıfırı, kütüğün köşe noktası alınmıştır. İmalat edilecek parçanın malzemesi sertleştirilmiş çeliktir. Birinci kurguda delik delme işlemi için Ø18 matkap uç ile kesme hızı 50 m/dk, deviri 750 dev/dk, ilerlemesi 200 mm/dk olarak seçilmiştir (Widia, 2009).



Şekil 4.2.1.1. Delik delme işleminin takım yolu.

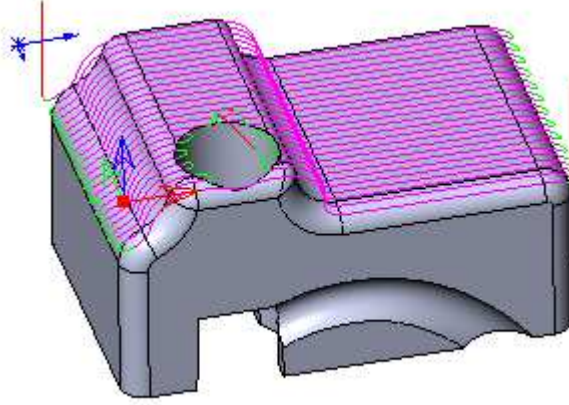
```
%  
O5000  
G90 G17  
G80 G49 G40  
G54 G91 G28 Z0  
G90 M01  
N1 M6 T1  
( TOOL -1- DRILL DIA 18.0 MM )  
G90 G00 G40 G54  
G43 H1 D31 G0 X20.995 Y9.87 Z50. S750 M3  
M8 X20.995 Y9.87 Z10.  
G98 G81 Z-40. R2. F200  
G80 M30  
%
```

Şekil 4.2.1.2. Delik delme işlemi BSD kodları.

#### 4.2.2. Serbest Yüzey İşleme İşlemi

Birinci kurguda serbest yüzey işleme için Ø10 küresel kesici ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 2500 dev/dk, tabla ilerlemesi 800 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).





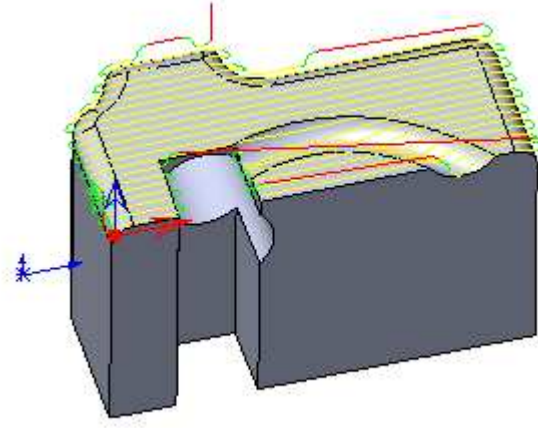
Şekil 4.2.2.1. Serbest yüzey işleminin takım yolu.

%	.....
O5000	.....
G90 G17	X-0.329 Z-10.897
G80 G49 G40	X-0.449 Z-10.924
G54	X-0.572 Z-10.937
G91 G28 Z0	X-0.696 Z-10.934
G90	X-0.819 Z-10.916
M01	X-0.938 Z-10.883
N1 M6 T2	X-1.052 Z-10.835
G90 G00 G40 G54	X-1.16 Z-10.774
G43 H2 D32 G0 X79.999 Y0.816 Z50. S1000 M3	X-1.259 Z-10.7
M8 X79.999 Y0.816 Z10.	X-1.348 Z-10.614
Z-10.083	X-1.426 Z-10.518
G1 X79.992 Z-10.204 F500	X-1.491 Z-10.413
X79.97 Z-10.323	X-1.543 Z-10.301
X79.934 Z-10.438	X-1.581 Z-10.183
X79.884 Z-10.549	X-1.604 Z-10.061
X79.821 Z-10.652	X-1.612 Z-9.938
.....	Z10. F800
.....	M30
	%

Şekil 4.2.2.2. Serbest yüzey işleme BSD kodlarının bir kısmı.

### 4.2.3. Kanal İşleme İşlemi

Aynı işlem ikinci kurgu, kanal işleme için Ø10 küresel kesici ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 2500 dev/dk, tabla ilerlemesi 800 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).



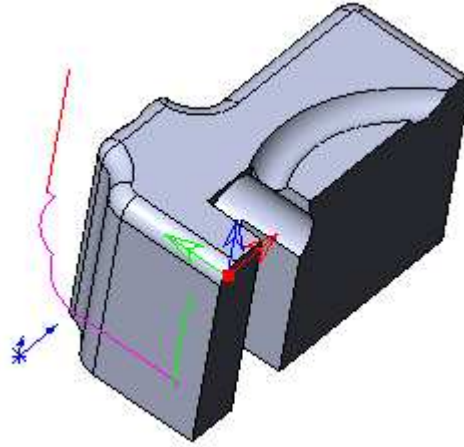
Şekil 4.2.3.1. Kanal işleminin takım yolu.

%	.....
O5000	.....
G90 G17	29.995 Z-1.048
G80 G49 G40	X30.112 Z-1.024
G54 G91 G28 Z0	X30.225 Z-0.987
G90 M01	X30.333 Z-0.937
N1 M6 T1	X30.434 Z-0.873
G90 G00 G40 G54	X30.527 Z-0.799
G43 H1 D31 G0 X-1.447 Y2.286 Z50. S1500	X30.61 Z-0.714
M3	X30.683 Z-0.619
M8 X-1.447 Y2.286 Z10.	X30.744 Z-0.517
Z-0.142	X30.792 Z-0.408
G1 X-1.44 Z-0.262 F100	X30.827 Z-0.294
X-1.418 Z-0.381	X30.848 Z-0.177
X-1.382 Z-0.496	X30.855 Z-0.058
X-1.333 Z-0.606	Z10. F800
X-1.271 Z-0.709	M30
.....	%
.....	

Şekil 4.2.3.2. Kanal işleminin BSD kodlarının bir kısmı.

#### 4.2.4. Kontur İşleme İşlemi

İkinci kurgu kontur işleminin için Ø18 parmak freze uç ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 1500 dev/dk, tabla ilerlemesi 500 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).



Şekil 4.2.4.1. Kontur işleminin takım yolu

```

%
O5000
G90 G17
G80 G49 G40
G54 G91 G28 Z0
G90 M01
N1 M6 T2
G90 G00 G40 G54
G43 H2 D32 G0 X-10.998 Y1.578 Z50. S1500
M3
M8 X-10.998 Y1.578 Z10.
Z2.
G1 Z-26. F80
X-8.999 Y1.545 F500
X-8.574 Y27.426
G2 X-8.572 Y27.504 R9.
X0.741 Y41.772 R16.216
X0.748 Y41.775 R9.
G3 X1.192 Y42.286 R0.837
G2 X14.011 Y51.561 R13.18
G1 X14.045 Y53.561
G0 Z10.
M30
%
```

Şekil 4.2.4.2. Kontur işleminin kodları

Hasarlı kalıp elemanının imalatı iki kurgu ile yapılarak; birinci kurguda delik delme ve serbest yüzey işleme, ikinci kurguda kanal işleme ve kontur işlemleri yapılmıştır. İmalat için gerekli olan kesici takımların kesme parametreleri ilgili kataloglar alınmıştır. Hasarlı kalıp elemanın malzemesi göre uygun kesici takımlar katalogdan seçilmiştir. Yapılan her işlemin kodları çıkartılarak imalata hazır hale getirilmiştir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kalıpların kullanımı sırasında oluşan yüksek kuvvetler, kalıp elemanlarında aşınmalara, çatlak ve parçalanmalara neden olmaktadır. Sorunlar, genellikle kalıpların tekrar imal veya tamir edilmeleriyle giderilmeye çalışılmaktadır. İmal edilecek parçaların resimlerinin temin edilememesi ve yeni kalıp elemanlarının yüksek imalat maliyetleri çözümü zorlaştırmaktadır. Bu tezde, hasarlı kalıp elemanlarının tamiri ve imali için tersine mühendislik destekli bir sistem sunulmaktadır. Geliştirilen sistemin kullanılabilirliği hasarlı/kırılmış kalıp elemanları üzerinde TM yaklaşımı destekli ürün bilgisini toplama ve yeniden imali amaçlı üç örnek uygulama ile ispatlanmıştır.

Bu bağlamda;

- Hasarlı kalıp elemanı üzerinden ürününün elde edilebilen boyut bilgisi, MicroScribe üç boyutlu tarama cihazı yardımıyla nokta bulutları Rhinoceros BDT programı ile alınmıştır. Nokta bulutu IGES formatına çevrilerek SolidWorks BDT programına aktarılmıştır. SolidWorks API fonksiyonları kullanılarak Visual Basic'de geliştirilen bir arayüz aracılığıyla nokta bulutuna müdahale edilerek eksik geometri tamamlanmıştır. Elde edilen geometri, BDT programıyla üzerinde çalışılan kalıp elemanlarının makine imalatının yapılabilmesi için SolidWorks BDT-BDİ programında kolaylıkla kullanılabilir. SolidCAM BDİ programıyla elde edilen geometrinin imalat kodları çıkarılmıştır.
- Geliştirilen program (Parça Yenileme Programı) Visual Basic programlama dilinde yazılmış olup, SolidWorks API fonksiyonları kullanılmıştır. SolidWorks API fonksiyonlarını kullanarak yapılan çalışmalar literatürde çok fazla

rastlanmamaktadır. Bu yönüyle çalışmanın orijinalliği ön plana çıkmakta ve literatüre yeni bir kaynak eklenmiştir.

- Geliştirilen program SolidWorks BDT programına ile eşzamanlı çalıştığı için sade bir arayüzle müdahalesi kolaylaştırılmış ve her kullanıcının anlayacağı şekilde tasarlanmıştır. SolidWorks BDT programının karışık arayüzü görüntüsü basitleştirilmiş ve bütün komutlar tek arayüzde görünerek kullanıcıya ulaşım kolaylığı sağlamıştır.
- Geliştirilen program açık kaynaklı olup, istenildiğinde güncellenebilmekte ve farklı BDT programlarına adapte edilebilmektedir. Geliştirilen program 886 komut satırı ile oluşturulmuştur.

Geliştirilen sistem çalışması hasarlı kalıp veya makine parçalarının tamir edilmesinde TM yaklaşımı uygulayarak bir çözüm sunulmuş, kısa zamanda hasarlı parçalarının tamiri sağlanmış ve kalıp elemanlarının yeniden yapımı için yüksek maliyetin azaltılması hedeflenmiştir.

Geliştirilen sistemin eksiklikleri ve ileriye dönük hedefler şöyle ifade edilebilir.

Geliştirilen sistemde bulunan daire, yay, çizgi geometrilerine spline vb. gibi geometriler eklenebilir. Geliştirilen sisteme iki boyutlu çalışıldığından, üç boyutlu yüzeylerde çalışma yapılabilir. Geliştirilen programın kullanıcı müdahalesi (seçim vb.) azaltılması yapılarak, olası sistem yönlendirmelerin artırılması yapılabilir.

Geliştirilen sisteme nokta bulutu oluşturulmasında temassız tarama aletleri kullanılarak, tümleşik hale getirilebilir. Geliştirilen programın kullanıcı arayüzünün etkiliğinin arttırılması yapılarak ileri çalışmalarda yapılabilir.

## KAYNAKLAR

Benko, P., Martin, R., Varady, T., “Algorithms for reverse engineering boundary representation models”, *Computer-Aided Design*, 33: 839-851 (2001).

Berbercuma, G., “Üç Boyutlu Tarayıcılar İle Veri Toplanması Ve CAD Ortamına Değişik Formatlarda Aktarılması”, Yüksek Lisans Tezi, *GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze, 1-15 (2006).

Budak, I., Hodolic, J., Sokovic, M., “Development of a programme system for data-point pre-processing in Reverse Engineering”, *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163: 730–735 (2005).

Chen, L., Lin, G., “Reverse engineering in the design of turbine blades - a case study in applying the MAMDP”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 16 161-167 (2000).

Fischer, A., “Multi-level models for reverse engineering and rapid prototyping in remote CAD systems”, *Computer -Aided Design*, 32: 27–38 (2000).

Fisher, R., “Applying knowledge to reverse engineering problems”, *Computer-Aided Design*, 36: 501–510 (2004).

Galantucci, L., Percoco, G., Dal Maso, U., “A volumetric approach for STL generation from 3D scanned products”, *Journal of materials processing technology*, 204: 403-411 (2008).

Gattamelata, D., Pezzuti, E., Valentini, P., “Using application programming interface to Integrate reverse engineering methodologies into Solidworks”, *University of Rome Tor Vergata*, Dept of Mechanical Engineering, 1-7 (2008).

Hsiao, S., Chuang, J., “A reverse engineering based approach for product form design”, *Design Studies*, 24: 155-177 (2003).

İnternet: Cognitens, “Temassız Koordinat Ölçme Aleti”, <http://www.cognitens.com/11-en/homepage.aspx>, (2009).

İnternet: Defne mühendislik, “Tersine mühendislik uygulamaları”, <http://www.defnemuhendislik.com>, (2008).

İnternet: Rhinoceros 3.0, “Rhino görsel programı”, [www.rhino.com](http://www.rhino.com), (2008).

İnternet: Widia Lit. Şir., “Widia kesici takımlar katalogu-Matkap uç kesme değerleri”, [http://www.widia.com/widia/en/widia/index.jhtml?\\_requestid=162977](http://www.widia.com/widia/en/widia/index.jhtml?_requestid=162977), (2009).

Jun, Y., Raja, V., Park, S., “Geometric Feature Recognition for Reverse Engineering using Neural Networks”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17: 462-470 (2001).

Ke, Y., Fan K., Zhu, W., Li A., Liu F., Shi X., “Feature-based reverse modeling strategies”, *Computer-Aided Design*, 38: 485–506 (2006).

Kim, S., Choi, Y., Oh, J., “Reverse engineering: high speed digitization of free-form surfaces by phase-shifting grating projection moire topography”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 39: 389–401 (1999).

Kruth, J.P., and Kerstens, A., “Reverse engineering modeling of free-form surfaces from point cloud subject to boundary conditions”, *Journal of Materials Processing Technology*, 76: 120–127 (1998).

Liu, G., Wong, Y., Zhang, Y., Loh, H., “Modelling cloud data for prototype manufacturing”, *Journal of Materials Processing Technology*, 138: 53–57 (2003).

Mavromihales, M., Mason, J., Weston, W., “A case of reverse engineering for the manufacture of wide chord fan blades (WCFB) used in Rolls Royce aero engines”, *Journal of Materials Processing Technology*, 134: 179-286 (2003).

Moening, C., Dodgson, N., “A new point cloud simplification algorithm”, *Presented at 3rd IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing*, Spain, 1-6 (2003).

Ruan, J.K., Ke, Y.L., Fan, S.Q., Dong, H.Y., “Research on rapid repairing techniques for auto panel dies”, *Journal of Materials Processing Technology*, 187–188: 69–72 (2007).

Sandvik Coromant Lit. Şir., “Sandvik Coromant ‘tan kesici takımlar katalogu-Coromil Plura kesme değerleri”, *Türkiye*, 100-200 (2008).

Sokovic, M., Kopac, J., “RE (Reverse Engineering) As Necessary Phase By Rapid Product Development”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 175: 398–403 (2006).

Teknolojik Yazılımlar, “SolidCAM 2008 programı ve Eğitim notları”, *Mecidiyeköy*, İstanbul, 1-20 (2009).

Teknolojik Yazılımlar, “SolidWorks 2007 programı ve Eğitim notları”, *Mecidiyeköy*, İstanbul, 1-50 (2008).

Tam, K., Chan, K., “Thermoforming mould design using a reverse engineering approach”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23: 305–314 (2007).

Werghi, N., Fisher, R., Robertson, C., Ashbrook, A., “Object reconstruction by incorporating geometric constraints in reverse Engineering”, *Computer-Aided Design*, 31: 363–399 (1999).

Xinmin, L., Zhongqin, L., Tian, H., Ziping, Z., “Study of a reverse engineering system based on vision sensor for free-form surfaces”, *Computer & Industrial Engineering*, 40: 215-227 (2001).

Yanık, M., “Visual Basic ile görsel programlama”, *Beta yayıncılık*, 115-120 (2000).

Ye, X., Liua, H., Chen, L., Chenc, Z., Panc, X., Zhang, S., “Reverse innovative design—an integrated product design methodology”, *Computer-Aided Design*, 40: 812-827 (2008).

Yin, Z., “Reverse engineering of a NURBS surface from digitized points subject to boundary conditions”, *Computers & Graphics*, 28: 207–212 (2004).



## EK 1

### GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN KODLARI

```
dosyaadi = "" & File1.FileName & ""  
dosyaadi2 = File1.FileName  
dosyayolu = "" & File1.Path & "\" & dosyaadi2 & ""  
  
Dim swImportData As SldWorks.ImportIgesData  
Dim Err As Long  
  
Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")  
Set swModel = swApp.LoadFile4(dosyayolu, "r",  
swImportData, Err)  
  
swApp.Visible = True  
  
If Command1.Enabled = True Then  
Form2.Visible = False  
End If
```

Şekil EKI.1. Yükle komut düğmesinin komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks  
Dim part As SldWorks.ModelDoc2  
Dim SelMgr As SldWorks.SelectionMgr  
  
Set swApp = Application.SldWorks  
Set part = swApp.ActiveDoc  
Set SelMgr = part.SelectionManager  
  
part.SaveAs2 " yeni.SLDPRT", 0, False, False
```

Şekil EKI.2. Kaydet komut düğmesinin komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim part As SldWorks.ModelDoc2
Dim SelMgr As SldWorks.SelectionMgr

Set swApp = Application.SldWorks
Set part = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = part.SelectionManager

part.SketchManager.InsertSketch True
part.ShowNamedView2 "*NormalTo", 0
```

Şekil EKI.3. Sketch Aç komut düğmesinin komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim part As SldWorks.ModelDoc2
Dim SelMgr As SldWorks.SelectionMgr

Set swApp = Application.SldWorks
Set part = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = part.SelectionManager

part.SketchManager.InsertSketch True
```

Şekil EKI.4. Sketch Kapat komut düğmesinin komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Dim swModelDocExt As SldWorks.ModelDocExtension

Set swApp = Application.SldWorks
Set swModel = swApp.ActiveDoc
Set swSelMgr = swModel.SelectionManager
Set swModelDocExt = swModel.Extension

boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2("Front Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2("top Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2("right Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
```

Şekil EKI.5. Front, Top ve Right seçim düğmelerinin komut satırları.

```
Dim swApp As Object
Dim part As Object
Dim SelMgr As Object

Set swApp = Application.SldWorks
Set part = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = part.SelectionManager

If Option18.Value = True Then
    part.CreatePlaneThru3Points3 True
End If

If Option4.Value = True Then
    part.CreatePlaneThruPtParallelToPlane True
End If
part.ClearSelection2 True

Option4.Value = False
Option18.Value = False
```

Şekil EKI.6. Düzlem Ata komut düğmesinin komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim part As SldWorks.ModelDoc2
Dim SelMgr As SldWorks.SelectionMgr

Set swApp = Application.SldWorks
Set part = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = part.SelectionManager

boolstatus = part.SketchUseEdge2(False)

part.ClearSelection2 True
```

Şekil EKI.7. Ref. Ata komut düğmesinin komut satırı.

```

Dim Model, swApp, SelMgr As Object
Dim PickPt, pick As Variant

Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
Set Model = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = Model.SelectionManager

PickPt = SelMgr.GetSelectionPointInSketchSpace(1)
pick = SelMgr.GetSelectionPointInSketchSpace(2)

If (SelMgr.GetSelectedObjectCount = 0) Then
    swApp.SendMsgToUser ("İki nokta seçiniz.")
Else
    Model.CreateLineVB PickPt(0), PickPt(1), 0#, pick(0), pick(1), 0#
End If

```

Şekil EKI.8. Line komut düğmesinin komut satırı.

```

Dim Model, swApp, SelMgr As Object
Dim PickPt, pick As Variant

Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
Set Model = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = Model.SelectionManager

PickPt = SelMgr.GetSelectionPointInSketchSpace(1)
pick = SelMgr.GetSelectionPointInSketchSpace(2)

If (SelMgr.GetSelectedObjectCount = 0) Then
    swApp.SendMsgToUser ("İki nokta seçiniz.")
Else
    Model.CreateTangentArc2 PickPt(0), PickPt(1), 0#, pick(0), pick(1), 0#, 1
End If

```

Şekil EKI.9. Arc komut düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swApp As Object Dim part As Object Dim SelMgr As Object Dim boolstatus As Boolean Dim Y, z, a, t, b, p,i As Integer  Dim swSpline As SldWorks.SketchSpline Dim swSplineHandle As Variant  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  Y = 0 p = 0 List1.Clear List2.Clear For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Sketch" &amp; i, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) </pre>	<pre> If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Sketch" &amp; i End If Next  For i = 1 To 50  boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Plane" &amp; i, "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)  If boolstatus = True Then Y = Y + 1 List2.AddItem "Plane" &amp; i End If Next  part.ClearSelection2 True MsgBox ("Sketch seciniz") </pre>
---	--

Şekil EKI.10. Extrude seçim düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swApp, part, SelMgr As Object Dim boolstatus As Boolean Dim Y, z, a, t, b, p,i As Integer  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  Y =p= 0 List1.Clear List2.Clear  For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Sketch" &amp; i, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Sketch" &amp; i List2.AddItem "Sketch" &amp; i End If Next  part.ClearSelection2 True MsgBox ("Referans profil için Sketch seçiniz") </pre>
---

Şekil EKI.11. Sweep ve Sweep Cut seçim düğmesinin komut satırı.

<pre> MsgBox ("CTRL ile yayın başlangıc ve bitiş noktalarını seçiniz.") </pre>
--

Şekil EKI.12. Fillet seçim düğmesinin komut satırları.

<pre> Dim swApp          As SldWorks.SldWorks Dim swModel        As SldWorks.ModelDoc2 Dim swSelMgr       As SldWorks.SelectionMgr Dim swSelObj1, swSelObj2 As Object Dim vPt1, vPt2    As Variant Dim nDist, nDist1 As Double Dim boolstatus    As Boolean Dim swFeatMgr As SldWorks.FeatureManager Dim SweepFeature As Object Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swFeatMgr = swModel.FeatureManager  If Option15.Value = True Then Set swSelObj1 = swSelMgr.GetSelectedObject5(1) Set swSelObj2 = swSelMgr.GetSelectedObject5(2) </pre>	<pre> nDist = swModel.ClosestDistance(swSelObj1, swSelObj2, vPt1, vPt2) Debug.Assert nDist &gt; 0# Debug.Assert Not IsEmpty(vPt1) Debug.Assert Not IsEmpty(vPt2) End If  If Option15.Value = True Then nDist1 = CLng(((Abs(vPt1(0) - vPt2(0)) + Abs(vPt1(1) - vPt2(1)) + Abs(vPt1(2) - vPt2(2))) / 2) * 100000)  List1.AddItem (nDist1 / 100) fillet = 0 fillet = nDist1 End If MsgBox ("Fillet yapmak istediğiniz köşe seçiniz.") </pre>
---	---

Şekil EKI.13. Hesapla komut düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swSketchMgr As SldWorks.SketchManager  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swModelDocExt = swModel.Extension Set swSketchMgr = swModel.SketchManager  swModel.SketchMirror swModel.ClearSelection2 True  List1.Clear List2.Clear </pre>
--

Şekil EKI.14. Mirror seçim düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swApp, part, SelMgr As Object Dim boolstatus As Boolean Dim Y, z, a, t, b, p,i As Integer Dim swSpline As SldWorks.SketchSpline Dim swSplineHandle As Variant  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  Y =p= 0 List1.Clear List2.Clear  For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Line" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Line" &amp; i List2.AddItem "Line" &amp; i End If Next </pre>	<pre> For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Arc" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Arc" &amp; i List2.AddItem "Arc" &amp; i End If Next  For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Spline" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Spline" &amp; i List2.AddItem "Spline" &amp; i End If Next  part.ClearSelection2 True MsgBox ("Trim yapacağınız Line seciniz") </pre>
--	--

Şekil EKI.15. Trim seçim düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swSketchMgr As SldWorks.SketchManager  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swModelDocExt = swModel.Extension Set swSketchMgr = swModel.SketchManager  swModel.SketchManager.SketchTrim 2, 0, 0, 0 swModel.ClearSelection2 True  Option16.Value = False List1.Clear List2.Clear </pre>	<pre> Dim swSketchMgr As SldWorks.SketchManager  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swModelDocExt = swModel.Extension Set swSketchMgr = swModel.SketchManager  swModel.EditUndo 1 swModel.SketchManager.SketchTrim 1, 0, 0, 0  Option16.Value = False List1.Clear List2.Clear </pre>
--	--

Şekil EKI.16. Trim – ve Trim + komut düğmelerinin komut satırı.

<pre> Dim swApp, part, SelMgr As Object Dim boolstatus As Boolean Dim Y, z, a, t, b, p,i As Integer Dim swSpline As SldWorks.SketchSpline Dim swSplineHandle As Variant  Set swApp = Application.SldWorks Set part = swApp.ActiveDoc Set SelMgr = part.SelectionManager  Y = p=0 List1.Clear List2.Clear  For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Line" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Line" &amp; i List2.AddItem "Line" &amp; i End If Next </pre>	<pre> For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Arc" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Arc" &amp; i List2.AddItem "Arc" &amp; i End If Next  For i = 1 To 50 boolstatus = part.Extension.SelectByID2("Spline" &amp; i, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0) If boolstatus = True Then p = p + 1 List1.AddItem "Spline" &amp; i List2.AddItem "Spline" &amp; i End If Next  part.ClearSelection2 True MsgBox ("Uzatma yapacağınız Line seciniz") </pre>
--	--

Şekil EKI.17. Extend seçim düğmesinin komut satırı.

<pre> Dim swSketchMgr As SldWorks.SketchManager  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swModelDocExt = swModel.Extension Set swSketchMgr = swModel.SketchManager  swModel.SketchManager.SketchExtend 0, 0, 0 swModel.ClearSelection2 True Option17.Value = False List1.Clear List2.Clear </pre>
--

Şekil EKI.18. Extend komut düğmesinin komut satırı.



```

Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Dim swModelDocExt As SldWorks.ModelDocExtension
Dim swFeatMgr As SldWorks.FeatureManager
Dim boolstatus As Boolean
Dim Y, z, a, t, b, p, i As Integer

Set swApp = Application.SldWorks
Set swModel = swApp.ActiveDoc
Set swSelMgr = swModel.SelectionManager
Set swModelDocExt = swModel.Extension
Set swFeatMgr = swModel.FeatureManager

If Option5.Value = True Or Option9.Value = True Or Option12.Value = True Or Option13.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
End If

If Option16.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List1.Text, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
End If

If Option17.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List1.Text, "SKETCHSEGMENT", 0#, 0#, 0#, False, 0, Nothing, 0)
End If

```

Şekil EKI.19. Listbox1 listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı.

<pre> Dim swApp As SldWorks.SldWorks Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2 Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr Dim swModelDocExt As SldWorks.ModelDocExtension Dim swFeatMgr As SldWorks.FeatureManager Dim boolstatus As Boolean Dim Y, z, a, t, b, p, i As Integer  Set swApp = Application.SldWorks Set swModel = swApp.ActiveDoc Set swSelMgr = swModel.SelectionManager Set swModelDocExt = swModel.Extension Set swFeatMgr = swModel.FeatureManager </pre>	<pre> If Option5.Value = True Or Option9.Value = True Then MsgBox ("Hangi yönde derinlik vereceksiniz?") End If  If Option12.Value = True Or Option13.Value = True Then MsgBox ("Süpürülecek yol için Sketch seçiniz.") End If  If Option16.Value = True Then MsgBox ("Referans line seçiniz.") End If  swModel.ClearSelection2 True </pre>
--	---

Şekil EKI.20. Listbox1 listeleme kutusunun çift tıklama komut satırı.

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Dim swModelDocExt As SldWorks.ModelDocExtension
Dim swFeatMgr As SldWorks.FeatureManager
Dim boolstatus As Boolean
Dim Y, z, a, t, b, p,i As Integer

Set swApp = Application.SldWorks
Set swModel = swApp.ActiveDoc
Set swSelMgr = swModel.SelectionManager
Set swModelDocExt = swModel.Extension
Set swFeatMgr = swModel.FeatureManager

If Option5.Value = True Or Option9.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List2.Text, "PLANE", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
End If
If Option12.Value = True Or Option13.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List2.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
End If
If Option16.Value = True Then
boolstatus = swModelDocExt.SelectByID2(List2.Text, "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
End If
```

Şekil EKI.21. Listbox2 listeleme kutusunun tek tıklama komut satırı.

```
MsgBox ("Derinlik verilecek iki düzlem seçiniz.")
```

Şekil EKI.22. Sağ, Sol, Çift seçim düğmelerinin komut satırı.

```

Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim swSelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Dim swSelObj1, swSelObj2, SweepFeature As Object
Dim vPt1, vPt2 As Variant
Dim nDist, nDist1, a As Double
Dim boolstatus As Boolean
Dim swFeatMgr As SldWorks.FeatureManager

Set swApp = Application.SldWorks
Set swModel = swApp.ActiveDoc

If Option15.Value = True Then
swModel.FeatureFillet5 195, fillet / 100000, 0, 0, 0, 0, 0
swModel.ClearSelection2 True
End If
Set swSelMgr = swModel.SelectionManager
Set swFeatMgr = swModel.FeatureManager
If Option5.Value = True Or Option9.Value = True Then
Set swSelObj1 = swSelMgr.GetSelectedObject5(1)
Set swSelObj2 = swSelMgr.GetSelectedObject5(2)
nDist = swModel.ClosestDistance(swSelObj1, swSelObj2, vPt1, vPt2)
Debug.Assert nDist > 0#
Debug.Assert Not IsEmpty(vPt1)
Debug.Assert Not IsEmpty(vPt2)
End If
swModel.ClearSelection2 True
If Option5.Value = True Then
If Option10.Value = True Then
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
swFeatMgr.FeatureExtrusion2 True, False, False, 0, 0, nDist, 0.01, False, False, False, False, 0, 0, False,
False, False, 1, 1, 1, 0, 0, False
End If
If Option11.Value = True Then
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
swFeatMgr.FeatureExtrusion2 True, False, True, 0, 0, nDist, 0.01, False, False, False, False, 0, 0, False,
False, False, 1, 1, 1, 0, 0, False
End If
If Option14.Value = True Then
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
swFeatMgr.FeatureExtrusion2 True, False, True, 6, 0, nDist * 2, 0.01, False, False, False, False, 0, 0,
False, False, False, 1, 1, 1, 0, 0, False
End If
End If
If Option9.Value = True Then
If Option10.Value = True Then
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
swFeatMgr.FeatureCut True, False, False, 1, 0, nDist, 0.01, False, False, False, False, 0, 0, False,
False, False, False, 0, 1, 1
End If
If Option11.Value = True Then
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
swFeatMgr.FeatureCut True, False, False, 1, 0, nDist, 0.01, False, False, False, False, 0, 0, False,
False, False, False, 0, 1, 1
End If

```

Şekil EKI.23. Oluştur seçim düğmesinin komut satırı.

```

If Option14.Value = True Then
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
    swFeatMgr.FeatureCut True, False, False, 6, 0, nDist, 0.01, False, False, False, 0, 0, False, False,
False, False, 0, 1, 1
End If
End If
If Option12.Value = True Then
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List2.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
    swModel.ClearSelection2 True
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 1, Nothing, 0)
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List2.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 4, Nothing, 0)
    Set SweepFeature = swModel.FeatureManager.InsertCutSwept3(False, True, 0, False, False, 0, 0, False,
0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1)
End If
If Option13.Value = True Then
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List2.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)
    swModel.ClearSelection2 True
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List1.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, False, 1, Nothing, 0)
    boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2(List2.Text, "SKETCH", 0, 0, 0, True, 4, Nothing, 0)
    Set SweepFeature = swModel.FeatureManager.InsertProtrusionSwept3(False, False, 0, False, False, 0,
0, False, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1)
End If

Option5.Value = False
Option9.Value = False
Option10.Value = False
Option11.Value = False
Option12.Value = False
Option13.Value = False
Option14.Value = False
Option15.Value = False

List1.Clear
List2.Clear

```

Şekil EKI.24. Oluştur seçim düğmesinin komut satırı

## EK II

### GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA 1

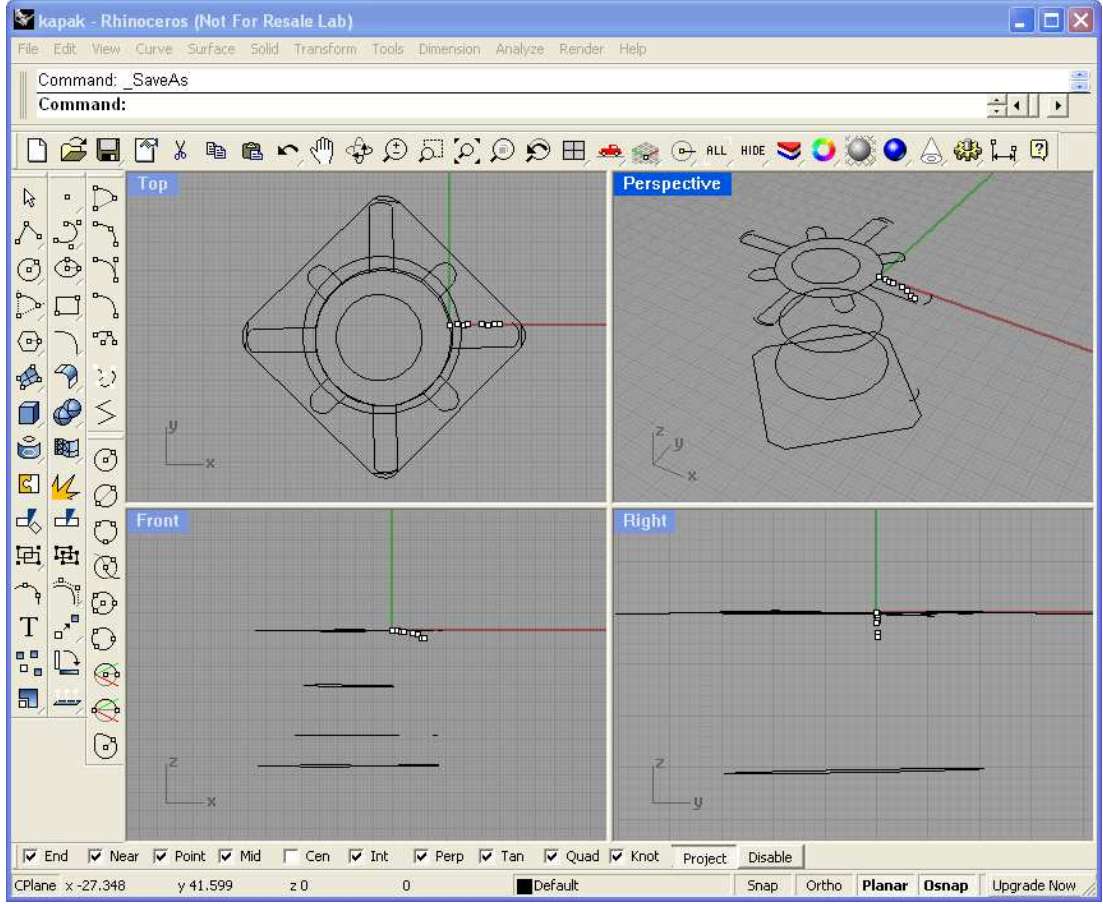
#### A.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA

Yapılan çalışmada örnek uygulama için hasarlı kapak parçası kullanılmıştır.



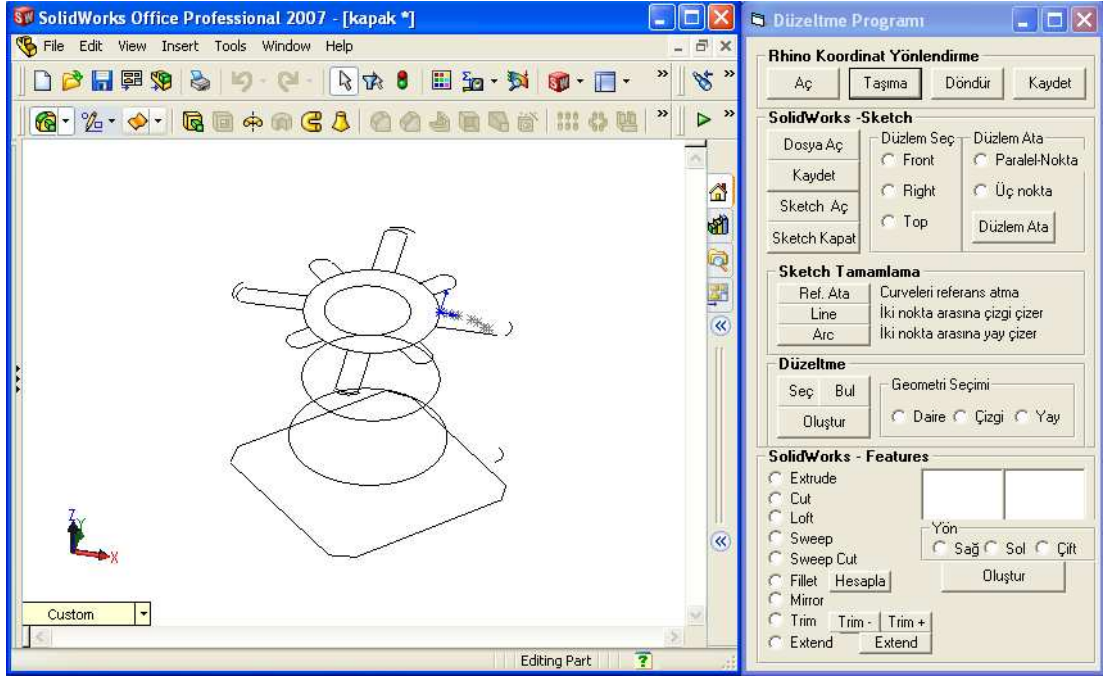
Şekil A.1.1. Hasarlı kapak parçası.

Düz bir zemine sabitlenen parça susta ile koordinatları Rhinoceros BDT programına tanıtılır. Parça üzerinden prob ile dokundurularak parçanın boyut bilgisi elde edilir (Şekil A.1.2).

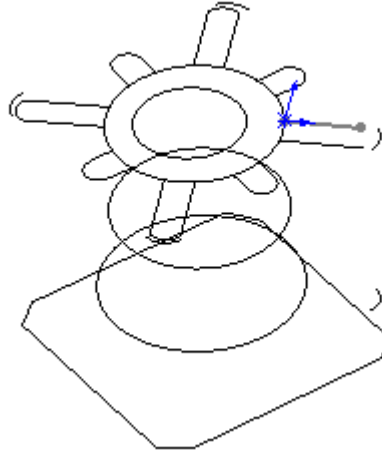


Şekil A.1.2. Taranan nokta bulutu.

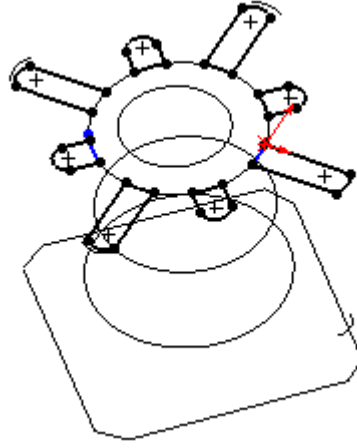
Taranan nokta bulutu geliştirilen programla yönlendirme işlemleri yapılarak IGES dosyası olarak kaydedilir. Kaydedilen IGES dosyası geliştirilen programla SolidWorks BDT programında açılır. İlk önce hasarlı olan kısmın yani çizgi geometrisi oluşturulur. Daha sonra *Extrude*, *Cut* işlemleri yapılarak model tamamlanır.



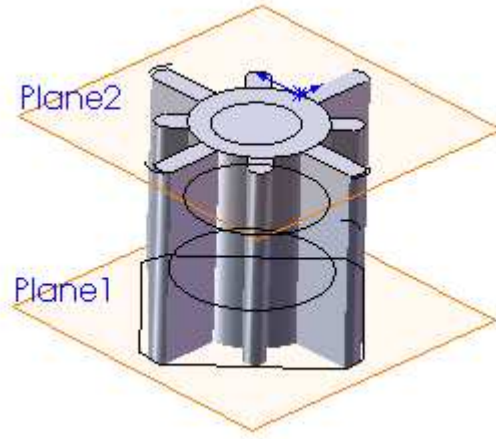
Şekil A.1.3. SolidWorks’de nokta bulutu ve Geliştirilen programı.



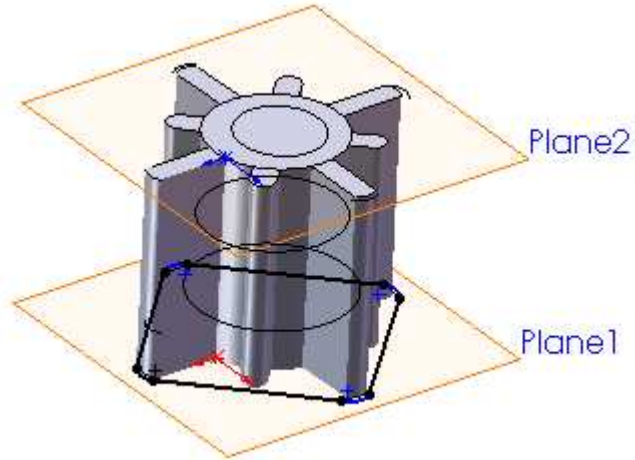
Şekil A.1.4. Çizgi seçim düğmesi ile çizgi oluşturma.



Şekil A.1.5. Ref. Ata komut düğmesi ile eğri yansıtma, Trim ve Extend ile çizgi işleme.

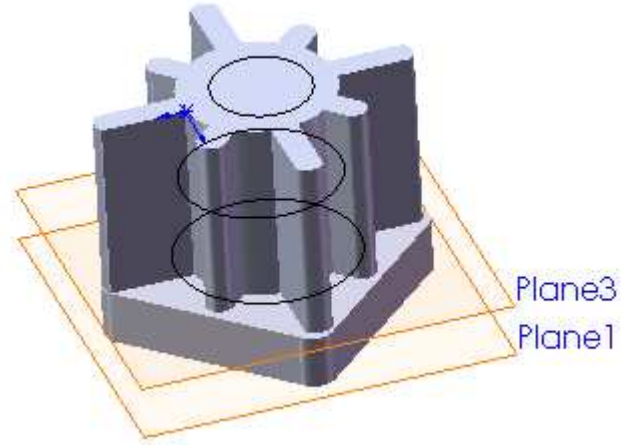


Şekil A.1.6. Plane1 ve Plane2 düzlemleri arasında Extrude işlemi.

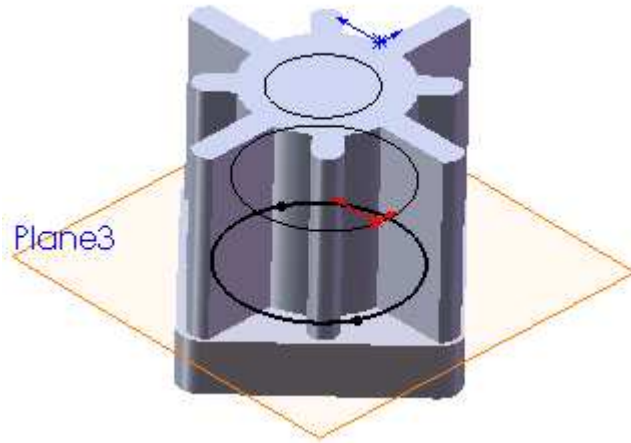


Şekil A.1.7. Plane1 üzerine Ref. Ata ile eğri atama.

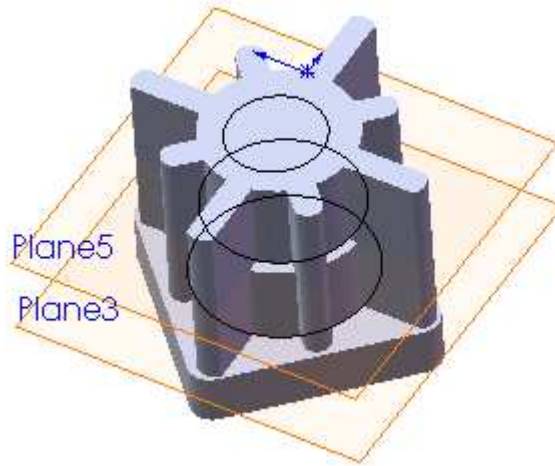




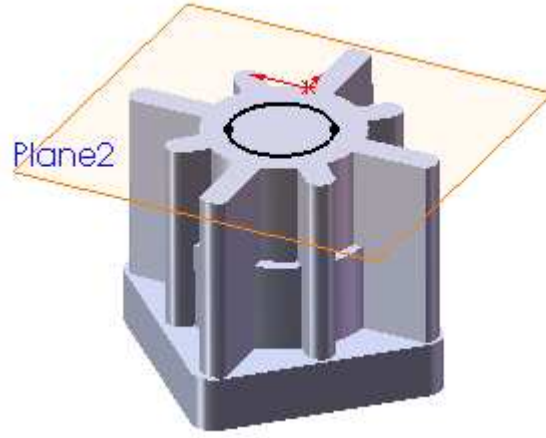
Şekil A.1.8. Plane1 ile Plane3 düzlemleri arasında Extrude işlemi.



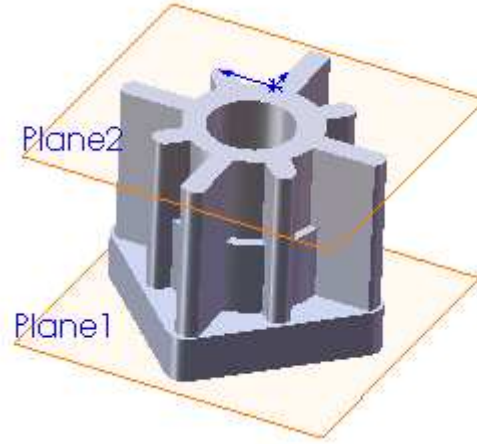
Şekil A.1.9. Plane3 düzlemi üzerine Ref. Ata ile eğri yansıtma.



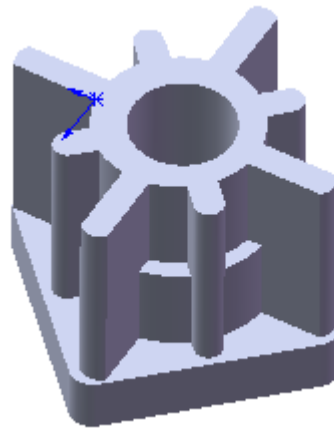
Şekil A.1.10. Plane3 ile Plane5 düzlemleri arasında Extrude işlemi.



Şekil A.1.11. Plane2 düzlemi üzerine Ref. Ata ile eğri yansıtma.



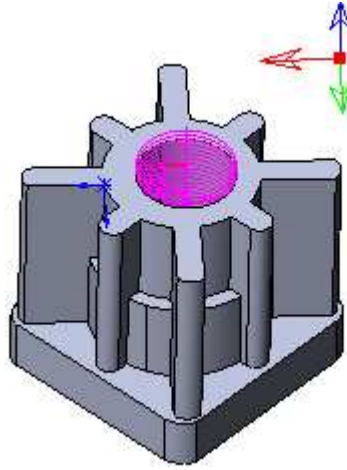
Şekil A.1.12. Plane1 ile Plane2 düzlemleri arasında Cut işlemi.



Şekil A.1.13. Hasarlı parçanın onarımı yapılmış modeli.

## A.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT

Model tek kurgu ile bağlanarak delik ve serbest yüzey işlenecektir. Parça sıfırı, kütüğün köşe noktası alınmıştır. Parçanın malzemesi düşük alaşımlı çelik olarak alınmıştır. Birinci kurguda delik delme işlemi için Ø15.5 maktap uç ile kesme hızı 50 m/dk, deviri 600 dev/dk, tabla ilerlemesi 200 mm/dk olarak seçilmiştir (Widia, 2009).

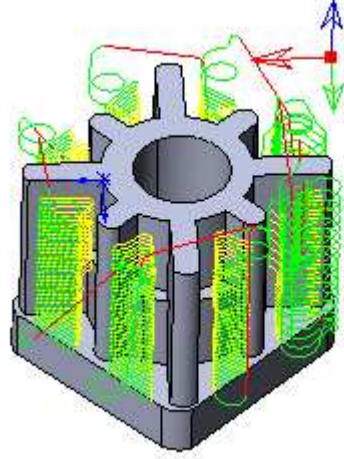


Şekil A.2.1. Delik delme işleminin takım yolu.

```
%  
O5000  
G90 G17  
G80 G49 G40  
G54 G91 G28 Z0  
G90 M01  
N1 M6 T2  
G90 G00 G40 G54  
G43 H2 D32 G0 X25.004 Y25.666 Z50. S600 M3  
M8 X25.004 Y25.666 Z10.  
G98 G83 Z-37.484 R2. Q1. F33  
G80  
M30  
%
```

Şekil A.2.2. Delik delme işleme BSD kodları.

Birinci kurguda serbest yüzey işleme için Ø6 küresel kesici ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 2500 dev/dk, tabla ilerlemesi 800 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).



Şekil 4.3.4. Serbest yüzey işleminin takım yolu.

%	
O5000	
G90 G17	
G80 G49 G40	
G54 G91 G28 Z0	
G90 M01	
N1 M6 T1	
G90 G00 G40 G54	
G43 H1 D31 G0 X6.469 Y29.87 Z50. S2500 M3	
M8 X6.469 Y29.87 Z10.	
Z4.975	
G1 X6.476 Y29.873 Z4.8 F400	
X6.497 Y29.881 Z4.627	
X6.532 Y29.895 Z4.457	
X6.581 Y29.915 Z4.291	
X6.643 Y29.94 Z4.129	
X6.718 Y29.969 Z3.975	
X6.805 Y30.004 Z3.827	
.....	
.....	
	.....
	X16.571 Y50.164 Z-28.874
	X16.41 Y50.162 Z-28.808
	X16.255 Y50.16 Z-28.727
	X16.108 Y50.158 Z-28.633
	X15.97 Y50.156 Z-28.527
	X15.841 Y50.154 Z-28.409
	X15.723 Y50.152 Z-28.281
	X15.617 Z-28.142
	X15.523 Y50.15 Z-27.995
	X15.443 Y50.148 Z-27.84
	X15.376 Z-27.679
	X15.323 Z-27.513
	X15.286 Y50.146 Z-27.342
	X15.263 Z-27.169
	X15.255 Z-26.995
	Z10. F800
	M30
	%

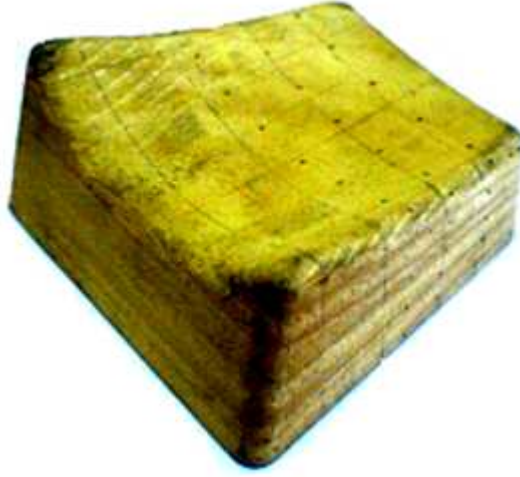
Şekil 4.3.5. Serbest yüzey işleme BSD kodlarının bir kısmı.

## EK III

### GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ÖRNEK ÇALIŞMA 2

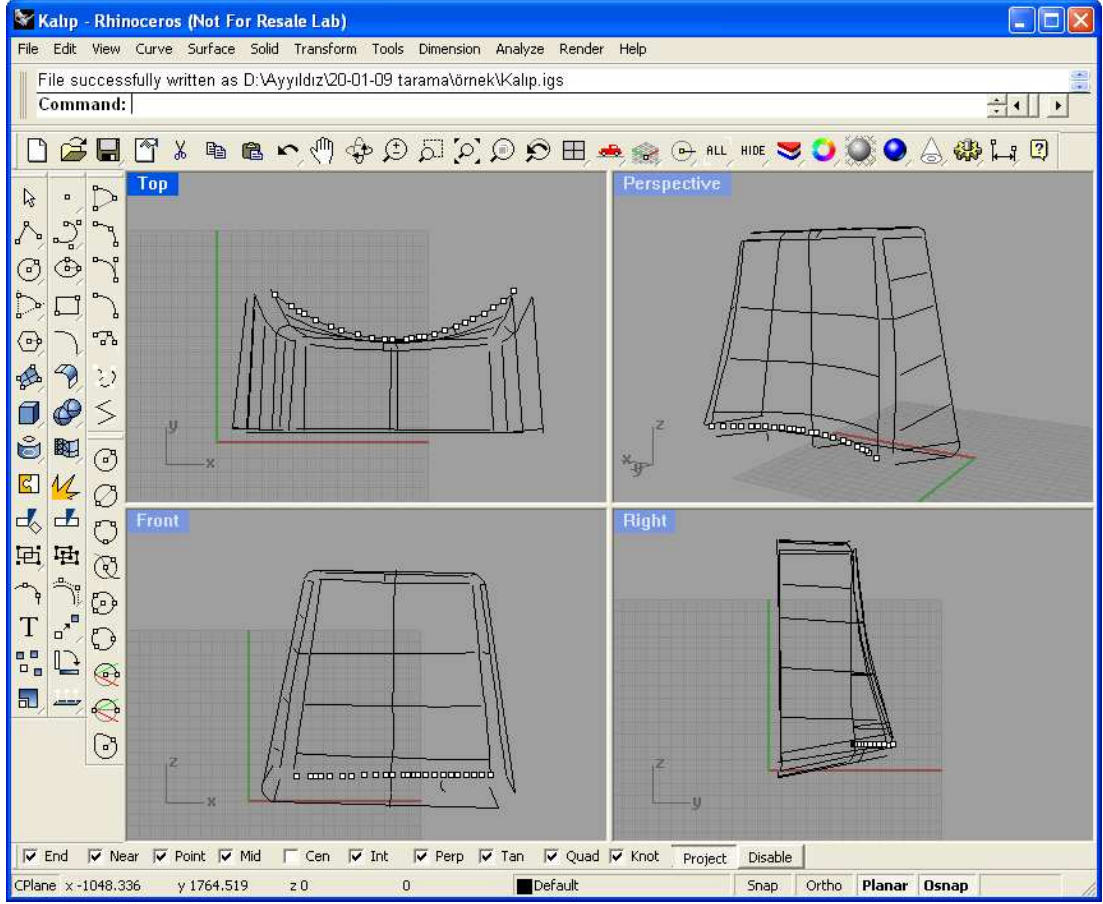
#### B.1. PARÇA TAMİRİ İÇİN VERİ TOPLAMA

Yapılan çalışmada örnek uygulama için hasarlı parça kalıp elemanı kullanılmıştır.



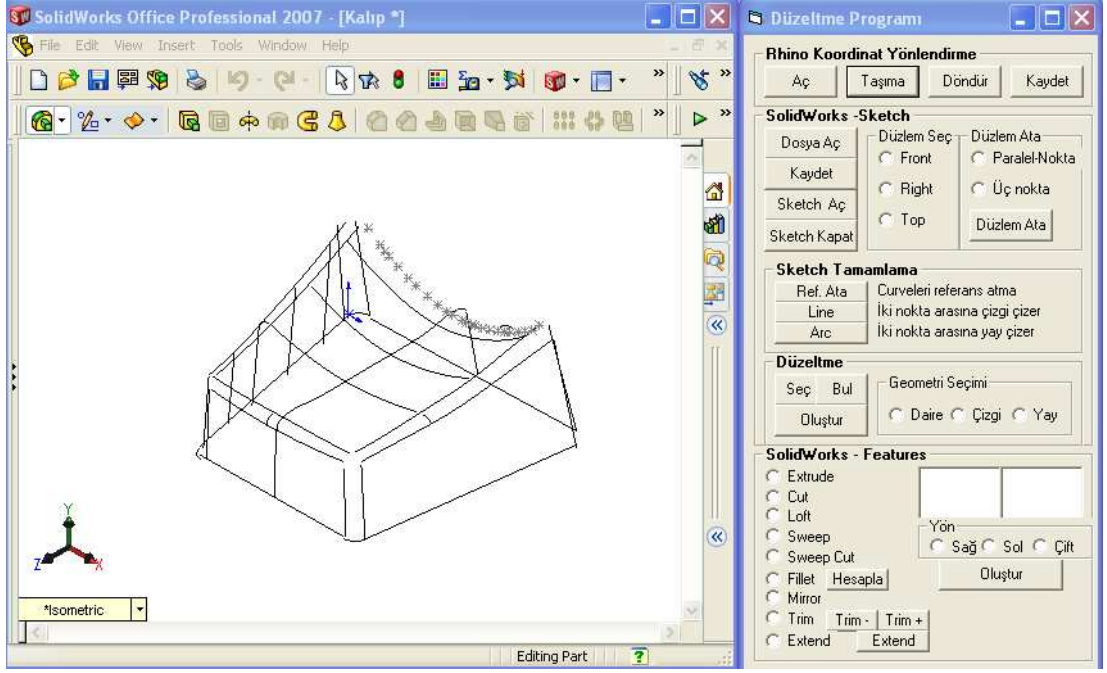
Şekil B.1.1. Hasarlı parça.

Düz bir zemine sabitlenen parça prob ile koordinatları Rhinoceros BDT programına tanıtılır. Parça üzerinden prob ile dokundurularak parçanın boyut bilgisi elde edilir (Şekil B.1.2).

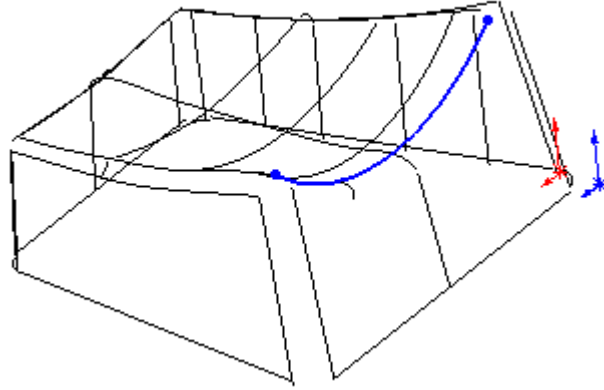


Şekil B.1.2. Taranan nokta bulutu.

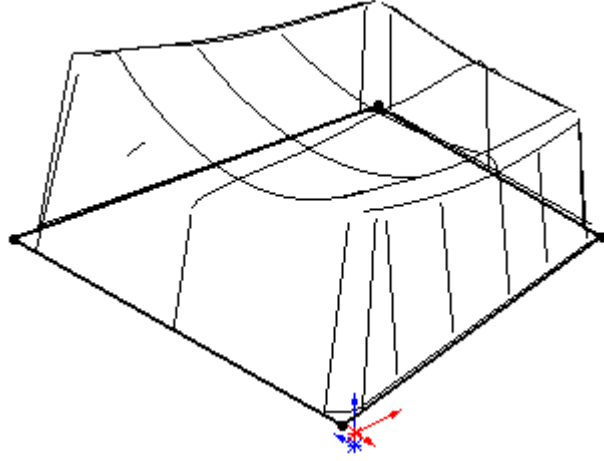
Taranan nokta bulutu geliştirilen programla yönlendirme işlemleri yapılarak IGES dosyası olarak kaydedilir. Kaydedilen IGES dosyası geliştirilen programla SolidWorks BDT programında açılır. İlk önce hasarlı olan kısmın yani yay geometrisi oluşturulur. Daha sonra *Extrude*, *Cut* işlemleri yapılarak model tamamlanır.



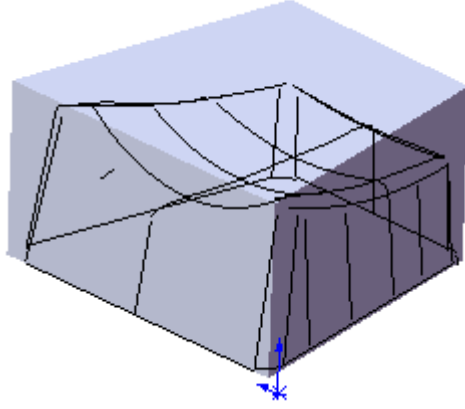
Şekil B.1.3. SolidWorks'de nokta bulutu ve Geliştirilen programı.



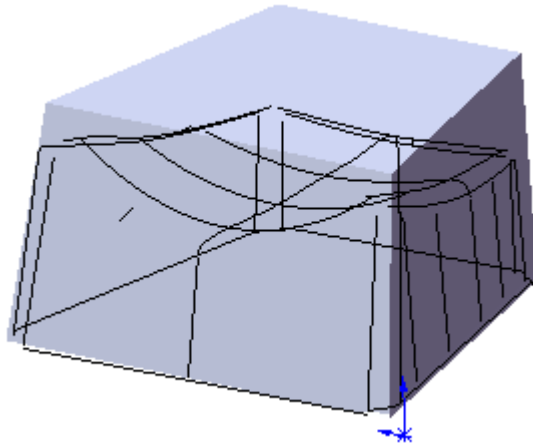
Şekil B.1.4. Yay seçim düğmesi ile yay oluşturma.



Şekil B.1.5. Ref. Ata ile eğri yansıtma.

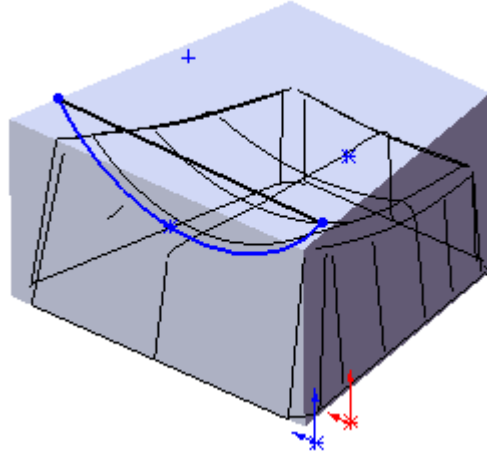


Şekil B.1.6. Extrude ile derinlik verme.

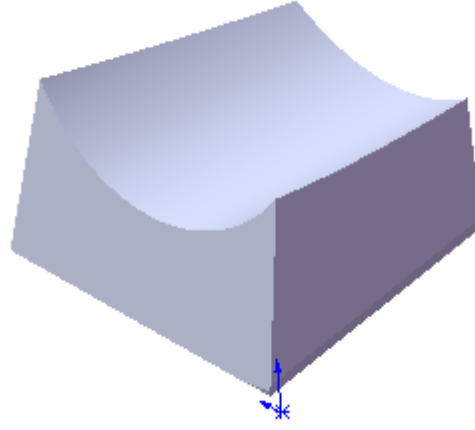


Şekil B.1.7. Yan duvarları Cut ile kesme.





Şekil B.1.8. Ref. Ata ile eğri yansıtma.



Şekil B.1.9. Cut ile kesme.



Şekil B.1.10. Fillet ve Hasarlı parçanın onarımı yapılmış modeli.

## B.2. PARÇANIN TAMİRİ İÇİN İMALAT

Model tek kurgu ile bağlanarak sadece serbest yüzey işlenecektir. Parça sıfırı, kütüğün köşe noktası alınmıştır. Parçanın malzemesi düşük alaşımlı çelik olarak alınmıştır. Kurguda serbest yüzey kaba işleme için Ø10 parmak freze ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 2500 dev/dk, tabla ilerlemesi 800 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).

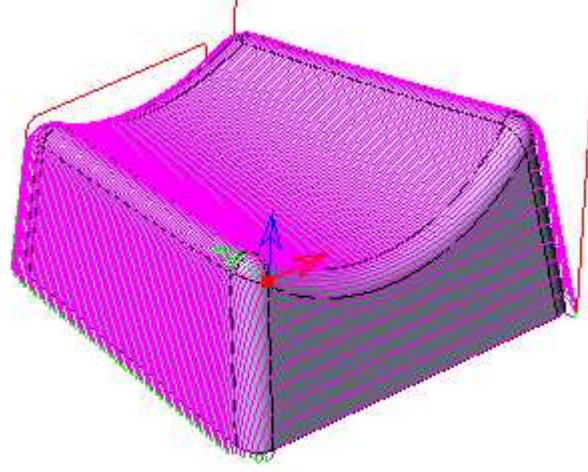


Şekil B.2.1. Serbest yüzey kaba işleminin takım yolu.

% O5000 G90 G17 G80 G49 G40 G54 G91 G28 Z0 G90 M01 N1 M6 T1 G90 G00 G40 G54 G43 H1 D31 G0 X44.278 Y51.19 Z50. S2500 M3 M8 X44.278 Y51.19 Z14. Z5.003 G1 X44.248 Y51.129 Z4.486 F500 X44.159 Y50.95 Z4.003 X44.018 Y50.665 Z3.589 X43.834 Y50.294 Z3.271 X43.62 Y49.862 Z3.071 X43.39 Y49.398 Z3.003 ..... .....	..... ..... X106.51 Y6.549 X100.648 Y35.49 X89.232 Y91.905 G3 X89.205 Y91.986 R10.353 G1 X89.094 Y92.532 G3 X88.174 Y94.38 R7.292 X86.432 Y96.404 R10.459 G2 X86.079 Y96.946 R1.25 F5000 G1 X85.919 Y97.438 Z-48.851 X85.769 Y97.897 Z-48.651 X85.641 Y98.291 Z-48.333 X85.542 Y98.593 Z-47.919 X85.48 Y98.783 Z-47.437 X85.459 Y98.848 Z-46.919 Z14. F800 M30 %
---	--

Şekil B.2.2. Form kaba işleminin kodları.

Birinci kurguda serbest yüzey bitirme işlemi için Ø6 uç ile kesme hızı 100 m/dk, deviri 2500 dev/dk, tabla ilerlemesi 800 mm/dk olarak seçilmiştir (Sandvik, 2008).



Şekil B.2.3. Serbest yüzey bitirme işlemini takım yolu.

%	
O5000	
G90 G17	
G80 G49 G40	
G54 G91 G28 Z0	
G90 M01	
N1 M6 T2	
G90 G00 G40 G54	
G43 H2 D32 G0 X100.2 Y-1.97 Z50. S2500 M3	
M8 X100.2 Y-1.97 Z10.	
Z-48.275	
G1 X100.192 Z-48.396 F200	
X100.171 Z-48.515	
X100.135 Z-48.63	
X100.085 Z-48.74	
X100.023 Z-48.843	
X99.948 Z-48.938	
X99.863 Z-49.024	
.....	
.....	
	X80.593 Z-49.821
	X80.717 Z-49.829
	X80.838 Z-49.821
	X80.957 Z-49.8
	X81.072 Z-49.764
	X81.182 Z-49.714
	X81.285 Z-49.652
	X81.38 Z-49.577
	X81.466 Z-49.492
	X81.54 Z-49.397
	X81.603 Z-49.293
	X81.652 Z-49.183
	X81.688 Z-49.068
	X81.71 Z-48.949
	X81.717 Z-48.829
	Z10. F800
	M30
	%

Şekil B.2.4. Serbest yüzey bitirme işlemi BSD kodlarının bir kısmı.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Mustafa AYYILDIZ 1984'de Sinop' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Sinop Anadolu Meslek Lisesi, Bilgisayar Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümüne girdi. 2007'de Makine Eğitimi Bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2007 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir. 2009 yılında girdiği Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

## **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Kalıcı Konutları 5. Bölge  
Bahçelievler Mah. 51 G7  
DÜZCE

Tel: (543) 915 73 32

E-posta: mustafaayyildiz57@gmail.com