

**SAC LEVHALARDA BAĞLAMA NOKTALARININ
BELİRLENMESİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ
ÇÖZÜM İÇİN KULLANICI ARAYÜZÜ
GELİŞTİRİLMESİ**

**2009
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Harun GÖKÇE

**SAC LEVHALARDA BAĞLAMA NOKTALARININ BELİRLENMESİNDE
BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇÖZÜM İÇİN KULLANICI ARAYÜZÜ
GELİŞTİRİLMESİ**

Harun GÖKÇE

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

KARABÜK

Haziran 2009

Harun GÖKÇE tarafından hazırlanan “SAC LEVHALARDA BAĞLAMA NOKTALARININ BELİRLENMESİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇÖZÜM İÇİN KULLANICI ARAYÜZÜ GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim DEMİRCİ

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 16/06/2009

Ünvanı, Adı SOYADI

İmzası

Başkan: Doç. Dr. Mustafa YAŞAR (K.B.Ü)

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (K.B.Ü)

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim DEMİRCİ (K.B.Ü)

.....

Tarih .../.../2009

KBÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

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.”

Harun GÖKÇE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAC LEVHALARDA BAĞLAMA NOKTALARININ BELİRLENMESİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇÖZÜM İÇİN KULLANICI ARAYÜZÜ GELİŞTİRME

Harun GÖKÇE

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim DEMİRCİ

Haziran 2009, 71 Sayfa.

Otomotiv endüstrisindeki gövde ve diğer parçaların, sac metal montajları için bağlama aparatı imalatı, sadece planlanmış bir otomasyon ve standardizasyon ile sağlanabilir. Bağlama aparatlarında, parçanın geometrik kısıtlamalarını tayin eden destek yerlerinin sayısı ve konumları, parçanın deforme oluş şeklini ve ölçüsel değerlere etkisini belirler. Sac parçalarda bağlama aparatları üzerinde kendi ağırlığından dolayı sehimler meydana gelmektedir.

Bu çalışmada Bağlama Noktası Optimizasyon için bir makro uygulaması geliştirilmiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan iki farklı sac parçanın kaynak ile birleştirme işlemi için gerekli bağlama noktaları incelenmiş, kullanılacak bağlama aparatlarının parça üzerindeki en ideal konumu geliştirilen makro yardımı ile bulunmuştur. Elde edilen değerler geleneksel optimizasyon süreci ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; geliştirilen makronun endüstriyel uygulanabilirliği belirlenmiştir. Endüstride maliyet ve zaman kazancı gibi olumlu etkiler sağlandığı gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bağlama aparatı, Optimum Destek Noktası, Bağlama Aparatı Tasarımı, Tasarımda Optimizasyon

Bilim Kodu: 626.08.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF A USER INTERFACE FOR COMPUTER AIDED OF FASTENING POINTS IN SHEET METAL

Harun GÖKÇE

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor:

Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim DEMİRCİ

June 2009, 71 Pages.

Fixture manufacture for sheet metal assembly of body and other parts in automotive industry can only be achieved with a planned automation and standardization. The number and position of supports that establish geometric constraints on fixtures determine part's deformed shape and affected dimensional sizes.

The purpose of this thesis is to find and determine the optimal support points where deflection is minimum. Due to the weight of sheet metal parts fixturing equipments, the deflections are accoured by welding process in fixture.

In this thesis, a user interface about optimization of fixture points has been developed. Two different sheet metal used in automotive industry have been experimented for joining with welding operations. Optimum fixture points have been identified in sheet metal parts.

In conclusion, the results obtained has been evaluated and the macro developed has been seen as applicable in automotive industry and the user interface is cost effective.

Key Words: Fixture, Optimal Support Points, Fixture Design, Optimization of Design

Science Code : 626.08.01

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca bana her türlü desteği sunan ve kıymetli zamanını bana ayırmaktan çekinmeyen, bilimsel bakış açımın gelişmesinde bilgilerinden sonsuz faydalandığım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. H.İbrahim DEMİRCİ'ye, görüşleriyle çalışmama yön veren Doç. Dr. Mustafa YAŞAR ve Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOğLU'na ve öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3	9
BAĞLAMA APARATLARI VE TASARIMDA OPTİMİZASYON SÜRECİ	9
3.1. BAĞLAMA ELEMANLARI	9
3.2. BAĞLAMA ELEMANLARI ÇEŞİTLERİ	11
3.3. BAĞLAMA ELEMANLARININ BAŞLICA KISIMLARI	14
3.3.1. Bağlama Elemanlarında Yerleştirme Yüzeyleri ve Referanslama	14
3.3.2. Bağlama Elemanlarında Sıkma	16
3.4. TASARIMDA OPTİMİZASYON SÜRECİ	17
3.4.1. Optimizasyon Süreci	17
3.4.2. Bir Optimizasyon Probleminin İfadesi	18
3.4.3. Tek Değişkenli Klasik Optimizasyon Teorisi	19
3.4.4. Tasarım Değişkenleri	23
3.4.5. Amaç Fonksiyonu	23
3.4.6. Tasarım Kısıtları	24
3.4.7. Optimizasyonda Mühendislik Uygulamaları	25

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	25
4.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	25
4.2. YÖNTEM.....	25
4.3. GELİŞTİRİLEN KULLANICI ARAYÜZÜ İLE CATIA ENTEGRASYONU	27
4.4. GELİŞTİRİLEN ARAYÜZÜN UYGULAMA ÜZERİNDE ANLATILMASI	31
4.5. GELENEKSEL YÖNTEM İLE GELİŞTİRİLEN ARAYÜZ FARKI	43
BÖLÜM 5	45
TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	45
KAYNAKLAR.....	46
EKLER.....	49
EK AÇIKLAMALAR A.....	50
EK AÇIKLAMALAR B.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Bağlama Kalıbı Örneği Çeşitleri.....	9
Şekil 3.2. Çeşitli Bağlama Elemanları	10
Şekil 3.3. Bağlama Çeşitleri	11
Şekil 3.4. Punta Kaynak Bağlama Aparatları.....	12
Şekil 3.5. Punta Kaynak Bağlama Aparatları.....	12
Şekil 3.6. Gaz Altı Kaynak Bağlama Aparatları	13
Şekil 3.7. Robot Kaynak Bağlama Aparatları.	13
Şekil 3.8. Kontrol Bağlama Aparatları.....	14
Şekil 3.9. Sac Parça Destek Noktalarının Belirlenmesi.	15
Şekil 3.10. Fikstürlerde Mekanik Sıkma Elemanları.	16
Şekil 3.11. Fikstürlerde Akışkan Basıncılı Sıkma Elemanları.	17
Şekil 3.12. Optimizasyon Grafiği.	18
Şekil 3.13. Bölgesel Minimum / Maksimum Noktalar.	21
Şekil 3.14. X'de f(x)'in türevinin olmaması durumu.	22
Şekil 3.15. Durağan (dönüm) Nokta.	23
Şekil 3.16. Amaç Fonksiyon Grafiği.	24
Şekil 4.1. Bağlama Noktası Optimizasyon Yöntembilimi.	27
Şekil 4.2. VisualBasic İçerisinde CATIA Kodlarının Kullanımı	28
Şekil 4.3. Uygulamanın Kayıt Alanı.....	28
Şekil 4.4. CATIA İçerisine Makronun Eklenmesi.....	29
Şekil 4.5. Makronun Düğme Olarak Eklenmesi.....	30
Şekil 4.6. Bağlama Noktası Optimizasyon Arayüzü.	30
Şekil 4.7. Ön Kaput Sac Parça ve Destek Parçası Sayısal Modeli.	31
Şekil 4.8. CATIA Model Çağırma Ekranı.....	31
Şekil 4.9. Referans Eksen Takımı Tanımlama Arayüzü.	32
Şekil 4.10. Referans Eksen Belirlenmesi.	33
Şekil 4.11. Başlangıç Bağlama Noktası Oluşturma Ekranı.....	34
Şekil 4.12. Bağlama Noktası Devam Ekranı.....	34
Şekil 4.13. Başlangıç Bağlama Noktası Koordinatları.	35
Şekil 4.14. Analiz Arayüzü.	35

Sayfa

Şekil 4.15. OCTREE Triangle Mesh Arayüzü.....	36
Şekil 4.16. Kaporta Mesh Yapısı.....	36
Şekil 4.17. Bağlama Noktası Seçimi.	37
Şekil 4.18. Kuvvet Tanımlama Ekranı.....	37
Şekil 4.19. Yüzey Üzerinde Kuvvet Gösterimi.....	38
Şekil 4.20. Hesaplama Ekranı.	38
Şekil 4.21. Optimizasyon Öncesi Maksimum Deformasyon Değeri.....	38
Şekil 4.22. Optimizasyon Arayüzü.....	39
Şekil 4.23. Optimizasyon Öncesi PEO Arayüzü.....	40
Şekil 4.24. Optimizasyon Sonucu Bağlama Aparatı Koordinatları.....	42
Şekil 4.25. Optimizasyon Sonrası Maksimum Deformasyon Değeri.....	42
Şekil A.1. Araç Kaporta Sayısal Modeli.....	50
Şekil A.2. Yazılımın Çalışma Arayüzü.....	51
Şekil A.3. Parça Eksen Takımı ve Başlangıç Bağlama Noktası Koordinatları.....	52
Şekil A.4. Çamurluk Modelin Mesh Görüntüsü.....	52
Şekil A.5. Araç Kaporta Analiz GörüntüsüDeney sisteminin yapım resmi.....	53
Şekil A.6. Çamurluk Parçasının Optimizasyon Sonucu Bağlama Noktaları.	54
Şekil A.7. Modelin Optimizasyon Sonrası Yer Değiştirme Analiz Görüntüsü.....	54
Şekil A.8. CATIA Modelleme Ekranına Geçiş.....	55
Şekil A.9. Referans Eksen Tanımlaması.....	56
Şekil A.10. Yazılımın Çalışma Arayüzü.....	56
Şekil A.11. Analiz Modülüne Geçiş.	57
Şekil A.12. Analiz Tipinin Seçilmesi.	57
Şekil A.13. Model Manager Araç Çubuğu.....	58
Şekil A.14. 2D Property Seçim Ekranı.	58
Şekil A.15. Restraints Araç Çubuğu.....	58
Şekil A.16. Clamp Seçme Ekranı.	59
Şekil A.17. Connection Property Araç Çubuğu.	59
Şekil A.18. Fastened Connection Property Seçim Ekranı.	59
Şekil A.19. Loads Araç Çubuğu.....	59
Şekil A.20. Distributed Force Seçim Ekranı.....	60
Şekil A.21. Compute Araç Çubuğu.....	60

	<u>Sayfa</u>
Şekil A.22. Compute Seçim Ekranı.....	60
Şekil A.23. Product Engineering Optimizer Modülüne Geçiş.....	61
Şekil A.24. Product Engineering Optimizer Araç Çubuğu.....	61
Şekil B.1. Araç Kaporta Sayısal Modeli.....	63
Şekil B.2. Yazılımın Çalışma Arayüzü.....	64
Şekil B.3. Parça Eksen Takımı ve Başlangıç Bağlama Noktası Koordinatları.....	65
Şekil B.4. Tavan Sac Modelin Mesh Görünümü.....	65
Şekil B.5. Araç Tavan Sac Analiz Görüntüsü.....	66
Şekil B.6. Tavan Sac Parçasının Optimizasyon Sonucu Bağlama Noktaları.....	67
Şekil B.7. Modelin Optimizasyon Sonrası Yer Değiştirme Analiz Görüntüsü.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Yöneylem Araştırması Teknikleri.....	19
Çizelge 4.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri.....	41
Çizelge 4.2. Geliştirilen Arayüz ile Elde Edilen Veriler	43
Çizelge 4.3. Geleneksel Yöntem ile Elde Edilen Veriler.....	43
Çizelge A.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri	53
Çizelge B.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri.	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

PLM :Product Lifecycle Management (Ürün Yaşam Çevirimi Yönetimi)

CAD :Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

CAE :Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik)

CAM :Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)

PEO :Product Engineering Optimizer (Ürün Mühendislik Eniyilemi)

BNO :Optimization of Fixture Point (Bağlama Noktası Optimizasyonu)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üretimde standardizasyon, sac parçaların levha olarak girdikleri kalıplardan çeşitli proseslerle şekillendirilmesinden sonra, özel imalat araçlarından olan aparatlarda (fikstürlerde) işlenmesi, montajı ve kontrolünü zorunlu kılmaktadır. Bu özel imalat araçlarının önemli ayağını oluşturan bağlama aparatlarının kullanım amacı; üretimde standardizasyonun sağlanması, ölçme ve bağlama zamanlarının kısaltılması, hassasiyet, işçi sağlığı, iş güvenliği, bunlarla sıkı bir bağı olan verimlilik ve ergonomikliğin gerçekleştirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda üretilen bağlama elemanlarının optimum şartları sağlanması için öncelikle kendi içinde kararlı yapıda olmasını sağlayacak olan destek ve bağlama yerlerinin konumu büyük önem arz etmektedir.

Bilgisayar destekli modeli tamamlanmış bir ürünün analiz ve optimizasyon işlemleri ANSYS ve benzeri analiz programları ile dijital ortamda henüz ürün üretilmeden yapılabilmektedir. Bu işlemler firmaların yeni ürünlere geçişlerinde minimum maliyet ve zaman kaybı ile tasarım yapmalarını sağlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan CATIA programı cisimlerin statik, dinamik, termal, harmonik, elektro manyetik gibi birçok alanda analiz ve tasarım optimizasyonu işlemlerini yapabilmektedir. Dolayısıyla bir ürünün kaliteli ve minimum maliyetli olması için gerekli tasarım şartları bu programlar sayesinde kolayca bulunabilmektedir. En çok karşılaşılan durum ise ürünlerin malzeme ağırlıklarındaki iyileştirmelerdir. Minimum ağırlığa sahip ürün düşük maliyetli olur. Ancak bu sağlanırken firmalar kaliteden de ödün vermek istemezler. Bu doğrultuda yeni ürün geliştirme aşamasında tasarladıkları ürünü çok iyi bir tasarım optimizasyonu işlemine tabi tutarlar.

Bu çalışmada kaynak işlemi yapılacak sac parçaların, bağlama aparatları üzerine yerleştirilmesinde, kendi ağırlıklarından dolayı oluşan sehimlerin minimum olmasını sağlayan destek ve bağlama yerlerinin optimum değerlerini elde etmek amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk bölümlerinde, uluslararası literatürde bu konuyla ilgili

yapılan araştırmalar incelenmiş ve bu araştırmalardan çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Problem analiz ve çözümüne başlanmadan önce, endüstride kullanılan aparatlarla ilgili tasarım şekli, özellikleri, kalitesi vb. gibi konularla ilgili bilgi verilmiş ve resimlerle bu bilgiler desteklenmiştir.

Geliştirilen Kullanıcı Arayüzü bölümünde, sac parçaların kaynak operasyonu gibi bağlanması gereken durumlarda optimum bağlama noktalarını bulabilecek ‘Bağlama Noktası Optimizasyonu’ uygulaması anlatılmıştır. Geliştirilen makro tasarım, analiz ve optimizasyon olarak üç ana başlık altında toplanmıştır. Tasarım bölümünde kullanıcıların hızlı bir şekilde başlangıç bağlama noktalarının oluşturulması hedeflenmiştir. Son aşamada analiz ve optimizasyon prosesleri eklenmiştir. Başlangıç şartlarının sağladığı sehim değerleri sonlu elemanlar analizi yöntemleri uygulanarak bulunmaktadır. Bundan sonra sehim değerini minimum yapacak optimizasyon değişkenleri ve sabitleri tanımlanır. Belirlenen değerler içinde optimizasyon hesaplatması yapılır. Hazırlanan yazılım iki farklı endüstriyel parça üzerinde incelenmiş ve endüstride karşılaşılan bu tarz problemler için en iyi yaklaşım metodu belirlenmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kaynak kalitesini direkt olarak etkileyen destek yerleri ve bağlama kuvvetleri, fikstür tasarımının en hassas noktasıdır. Dolayısıyla, parça üzerindeki deformasyonların azaltılması için destek yerlerinin optimizasyonu ve bağlama kuvvetlerinin optimum olması gerekmektedir. Literatürde, destek yerlerinin optimizasyonu, optimum fikstür yerleşim planı, fikstürlerde destek yerlerindeki değişimin sac parçaya olan etkisi, fikstür yerleşimi için optimizasyon metotları ve yerleştirme açısından sac parça ve fikstür analizi gibi konularla ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde, bu konularla ilgili olarak çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalara özet halinde yer verilmiştir.

Li ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada, sac parçaların kaynak yerlerinin tasarımında fikstürlerin etkisini incelemiştir. Sac parça montajında, kaynak yerlerinin belirlenmesinde iki metot anlatılmıştır. Birincisi; “montaja yama” metodu. Bu metotta; kaynak uzunluğu ihmal edildiği için, kaynaklı montaj bölgesi sonuçları güvenilir olmamakta ve bazı kaynak bölgesi yerleşim sonuçları kötü değerler almaktadır. İkinci metot ise, “parçaya ve montaja yama” metodu. Bu metotta; daha iyi kaynak bölgesi yerleşim sonuçları elde edilmiş ve dolayısıyla gerçek kaynak uzunlukları elde edilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemleri ile yapılan analizlerde, gerekli minimum toplam kaynak uzunluğu elde edilmiş ve bu değerler kaynak yerleşiminin seçiminde yerleşim bölgelerine yerleştirilerek kullanılmışlardır. Sonuç olarak, bilgisayar destekli analiz yöntemi kullanıldığında, mantıklı ve gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.

Chung ve arkadaşları (1999) yapmış oldukları çalışmada, birbirlerine kaynakla birleştirilen iki sac parçanın fikstüre yerleştirilmesinde optimum destek yerlerinin belirlenmesi için sayısal çözümler üretmiş ve MATLAB programı yardımıyla elde ettiği denklemleri çözdürmüşlerdir. Ayrıca NASTRAN programını, MATLAB programı ile eşzamanlı kullanmış ve MATLAB çözümlerini NASTRAN’ da

uygulayarak sonlu elemanlar analizlerini çözdürmüştür. Sonuçta; NASTRAN programından elde ettiği değerler ile analitik sonuçlar birbirine benzerlik göstermektedir. Her parçada 4 destek yeri olduğu durumda elde edilen optimum destek yerleri (0.20, 0.22) ve (0.72, 0.22) olarak bulunmuştur.

Gopalakrishnan ve arkadaşları (2003) tarafından yapılmış çalışmada, endüstride birbirlerine kaynaklı montajı yapılarak kullanılan sac parçaların fikstürlerde yerleşiminde kullanılan modüler çene çeşitleri üzerine çalışılmıştır. İki tip çene kullanılmıştır. Birinci tip; silindirik, aşağıya doğru konik olan ve altlarından bağlanan çenelerdir. Bu tip çeneler parçalara kenarlarından temas etmektedir. İkinci tip çeneler ise, tek noktadan temas edenlerdir. İkinci tip çeneler, yerleştirme sonrası yapılacak olan kaynaklı montaj ve kontrol gibi işlemlerde geniş çalışma alanı sağlamaktadır. Her iki tip için de sonlu elemanlar analizleri yapılmış ve kenar temasının ve noktasal temasın yer değiştirmelere etkisi incelenmiş ve ikincil çenelerin yerleştirilmesi sonucunda noktasal temasta iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Lia ve Hu (1999), parçaların bağlama kuvvetlerinden kaynaklanan elastik yer değiştirmelerinin ve parçada bağlama sonucu yapısındaki kararlılığın değişimini inceleyen sonlu elemanlar metodu üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda; fikstürdeki destek yerleri ve bağlama klempleri ile sac parça ve fikstür arasında kabul edilebilir değerler elde edilmiştir. Ayrıca, bağlama kuvvetlerinin sac parçanın kararlılığı açısından bağlanması, işlem görmesi ve sökülmesi esnasında kazandığı önemi vurgulamışlardır. Sac parçanın sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen yer değiştirme değerlerinin kabul edilebilir ve gerçekçi olması sebebiyle gerçek uygulamalarda kullanılabilir metod geliştirmişlerdir.

Mendelsohn ve arkadaşları (2001) yaptıkları çalışmada, fikstürlerde dayama olarak dört nokta teması kullanıldığında, parçanın yükleme düzenine göre, yükleme pimleri altındaki yanal dirençlerin getirdiği teğetsel yer değiştirmelerin minimumda tutulabileceği gösterilmiştir.

Shen ve Shirinzadeh (2001), birçok çeşit üretim amacı için kullanılan, yüksek kapasiteli üretimlerde ekonomik ancak, uzun yükleme zamanları ve yüksek devreye alma maliyetleri olduğu için küçük üretim yerlerinde ekonomik olmayan fikstürlerin çeşitli Şekil ve ölçülerdeki iş parçalarının kolay ve hızlı yerleştirilmesi için tekrar şekillendirilebilir fikstür metotları geliştirmişlerdir.

Du ve Li (1998), düzlem sac parçalar için otomasyonlu esnek fikstür tasarımı geliştirmesi üzerine çalışmışlardır. Parça sekline göre ayarlanabilir dayama pimleri geliştirmiş ve bunları test etmişlerdir. Ayarlanabilir dayamalar, tekrar şekillendirilebilir ve otomasyonlu hale getirilmiş ve böylece değişik şekillerdeki sac parçalar için kullanılabilir hale gelmiştir. Du ve Li, bu bilgisayar ortamındaki çalışmalarını test etmek amacıyla prototipler yapmış ve gerçek uygulamalarda kullanılabilir değerler elde etmişlerdir.

Li ve Melkote (1999), yaptıkları çalışmada, sac parçanın fikstürde yerleşiminin doğruluğunun fikstür yerleşim optimizasyonu ile geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Bu optimizasyon çalışmasında, nesnel fonksiyonlar ve sınırlamalar olarak fikstür yerleşim noktalarının elastik deforme olabilen sac parçanın yer değiştirmelerine olan etkisini minimuma indirmeyi amaçlamışlardır. Bunun için çeşitli lineer denklemler ve matrisler elde etmiş ve bu denklemleri çözmüşlerdir. Sonuçta; elde ettikleri matrisleri ANSYS programında çözdürmüş ve optimum çözümler elde etmişlerdir. Ayrıca elde ettikleri fikstür yerleşim planlarına göre parçadaki yer değiştirmeleri, parçayı 3 boyutlu modelleyerek ve ANSYS programında analizlerini yaparak karşılaştırmışlardır.

Vallapuzha ve arkadaşları (2002), fikstür yerleşim planlarının optimizasyon metotları üzerine araştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarında, fikstürdeki tasıma pim yerlerinin optimizasyonunun, parçadaki deformasyona etkisinin büyük olduğunu tespit etmiş ve bu çalışmanın sonucunda dört farklı optimizasyon metodu geliştirmişlerdir. Bunlardan birincisi; Devamlı GA; Sürekli interpolasyonla değerlendirme esaslı prosedür. (GA esaslı optimizasyon prosedürü). İkincisi; Ayrık GA; Ayrık interpolasyonla değerlendirme esaslı prosedür.(GA esaslı optimizasyon prosedürü). Üçüncüsü; Devamlı SQP; Sürekli interpolasyonla değerlendirme esaslı prosedür.

(SQP esaslı optimizasyon prosedürü). Dördüncüsü; Ayrık SQP; Ayrık interpolasyonla değerlendirme esaslı prosedür. (SQP esaslı optimizasyon prosedürü).

Sonuçta; fikstür yerleşim planı optimizasyonunda kullanılabilir olan Ayrık GA metodu, Sürekli GA metoduna yaklaşılabilmektedir. Çözümlerin tekrarlanabilirliği de bu metotlarla gösterilmektedir.

Raghu ve Melkote (2004) yaptıkları çalışmada, fikstür yerleşim hatalarında bağlama düzeninin etkisi üzerine analizler yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, parçadaki dayama ve bağlama kuvvetlerinin değişimine, fikstür yerleşim yerlerinden ve dolayısıyla reaksiyon kuvvetlerinden kaynaklanan hataların etkisinin %22,1 ile %29,9 arasında olduğu gösterilmiştir.

Pelinescu ve Wang (2002), çok amaçlı optimum fikstür yerleşim planı tasarımı üzerine çalışma yapmışlardır. Destek ve bağlama yerlerinin tespitinde optimizasyonda oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Öncelikle rastgele değerler atanmış daha sonra bu değerlerin yerleri değiştirilerek geliştirmeler yapılmış ve son olarak optimum sonuçların seçilmesi yapılmıştır.

Hunter ve ark. (2005), fikstür tasarım prosesi üzerine çalışma yapmışlardır. Özellikle kavram çalışması olan bilgi akısının, metot geliştirmenin üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada, fikstürün yapısı, elemanları, elemanların yerleri (optimum yerleşim tasarımı) vb. temel yapıların tespiti incelenmiş ve algoritmalar hazırlanmıştır. Toplanan veriler bir modüler aparat tasarımı üzerinde geliştirilmiş ve değişik tip parçalar için uygun ve kullanılabilir hale getirilmiştir.

Nil ve Mahadevan (2004), bu çalışmalarında, dört adet direnç kaynağıyla birbirine kaynaklanan parçanın üç boyutlu sonlu eleman modelini tasarlamış ve analizini MSC/NASTRAN programıyla yaparak, bağlamadaki gerilme ve yük dağılımlarını tespit etmişlerdir.

Siebenaler ve Melkote (2005), sonlu elemanlar metodunu kullanarak fikstürlerde sac parçanın deformasyonunun incelenmesi ve tahmini üzerine çalışma yapmışlardır. Fikstürlerin uygulanabilirliği ve maliyeti açısından analiz metotlarının

geliştirilmesinin önemi üzerinde durulmuştur. Parçanın üç boyutlu modellenmesi, sonlu elemanlar analizi için eleman tipinin secimi ve elemanlara ayrılması (mesh), kısıtların girilmesi ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözümlerin elde edilmesi üzerine çalışılmıştır.

Satyanarayana ve Melkote (2004) yapmış oldukları çalışmada, fikstüre tekil olarak temas eden sac parçanın sonlu elemanlar yöntemiyle analizi ve sonuçların deneysel olarak doğrulanmasını gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçları, küresel yüzey – düzlem yüzey teması ve düzlem yüzey düzlem yüzey temasının en iyi metot olduğunu göstermektedir. Her iki metotta da yapılan analizlerin ve deneysel sonuçların karşılaştırılmasında ortaya çıkan hata %4,93' tur.

Phuah ve Huang (2005), yaptıkları çalışmada, kompleks fikstür sistemlerinde, sac parçanın fikstürle temasındaki davranışlarını deneysel olarak araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada iki deney yapılmıştır: Birincisi; alüminyum profil teması ve ikincisi ise, çelik profil temasıdır. Sonuçta farklı parçaların verdiği sonuçlardaki farklılığın kritik etkisi %95 seviyesindedir.

Cai (2005), yapmış olduğu çalışmada, sac parça sağlam bir şekilde yerleşimini sağlamak üzere, yerleşim tasarımı üzerine çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda elde ettiği bulgular aşağıda belirtilmiştir.

1. 1-pim/delik ve 1-pim/slot yerleşim sisteminde, en iyi yerleşim düzenini elde etmek için slot un merkez çizgisi, pimin temas çizgisiyle aynı hizada olmalıdır.
2. İki pim arasındaki olcu, yerleşimin doğruluğu açısından büyük önem arz etmektedir. Bu mesafe aparatın izin verdiği kadar büyük olmalıdır.
3. Yerleştirmek için yardımcı pim veya pimler seçmek, kotu etki yapabilir, onların etkisi incelendikten sonra aparata ilave edilmelidir.

Li ve arkadaşları (2002), yapmış oldukları çalışmada, sac parçaların lazer kaynağı yöntemiyle birleştirilmesi için fikstür Şekil tasarımı üzerine geliştirmeler yapmışlardır. Fikstür konfigürasyonu sayesinde otomobilde sac parça montajı yöntemi geliştirilmiştir. Seçilen karşılıklı montaj parçaları örnek olarak seçilmiştir. Araç gövde parçalarının fiziksel modelinin doğru toleranslarda elde edilmesi için 3-

boyutlu-olcum cihazları kullanılmış ve buna bağlı olarak 3 boyutlu sonlu eleman modelleri hazırlanmıştır.

Sonuçta, kaynak bölgelerinin yerleşimi metodu kullanılarak, kenar hattında 35 mm kaynak uzunluğu değerı, kaynak alanı ve yerleştirme alanı belirlenmiştir.

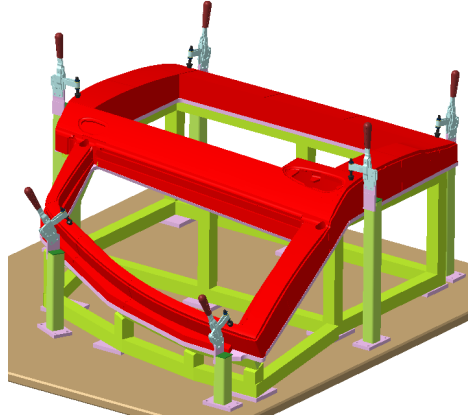
Li ve arkadaşları (2001), sac parçaların lazer kaynağı yöntemiyle birleştirilmesi için fikstür tasarımında sonlu elemanlar yöntemiyle modelleme ve tahmin ve düzeltme metotları üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında NASTRAN programını kullanarak, eleman tanımı, sınırlamalar ve yüklemeler gibi parametrik değerleri girerek sonuçlar elde etmişlerdir. Yapılan çalışmalar tekil kısa kaynak uzunluğu, tekil uzun kaynak uzunluğu ve çift kısa kaynak uzunluğu üzerine yoğunlaşmış ve bu çalışmaların fikstür yerleşimine etkisi gözlenmiştir.

BÖLÜM 3

BAĞLAMA APARATLARI VE TASARIMDA OPTİMİZASYON SÜRECİ

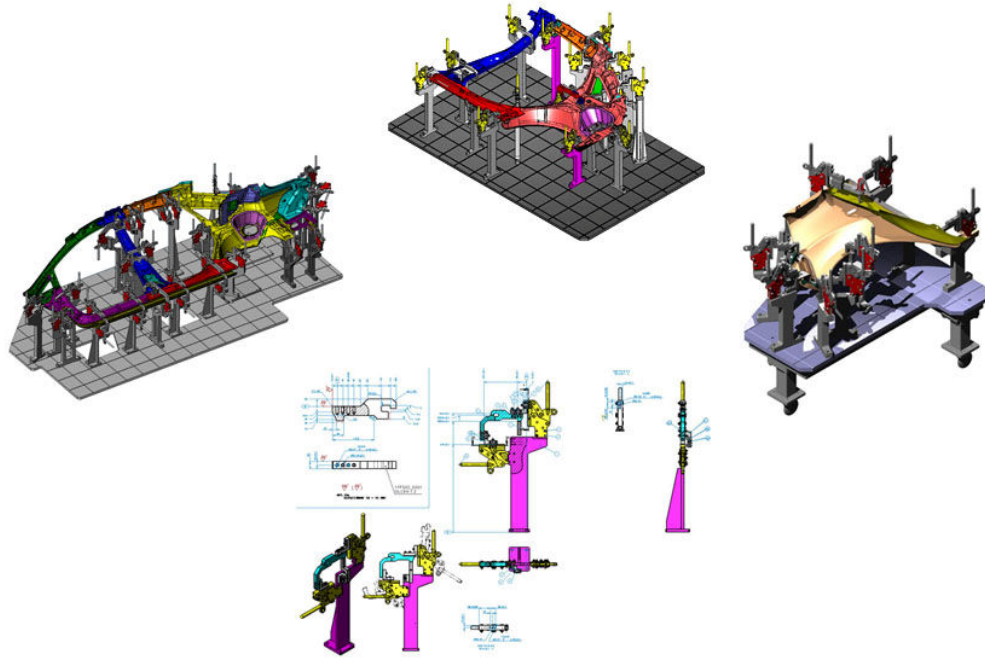
3.1. BAĞLAMA ELEMANLARI

Otomotiv sektöründe, sac parçanın kaynak yöntemiyle birleştirilmesi işlemlerinde, parçanın şekil değiştirebilir olduğu göz önüne alınarak, istenen pozisyonda yerleştirilmesi ve sabitlenmesi için aparatlar (fıkstürler) kullanılmaktadır. Aparatlar, kaynak ve montaj işlemlerinin yanında, kontrol ve talaşlı imalat işlemlerinde de kullanılmaktadır. Aparatların en önemli fonksiyonları, imalat işlemlerinin tasarım istekleri çerçevesinde doğru ve kolay bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktır. Günümüzdeki modern imalat sistemleri, isteğe bağlı olarak değişen ve farklı ürünlerin karşılaştığı küçük – orta hacimde parti ürünlere cevap veren sistemlerdir. Dolayısıyla, imalat yapısının sürekli değişen dinamik bir yapıda olması kullanılan imalat sistemlerinin de buna uyumlu olmasını beraberinde getirir. [Bir bağlama aparatından, is parçasını çabuk ve tam olarak ancak parçanın kendi ağırlığından kaynaklanan çökmenin (parçadaki yer değiştirmenin) minimum olmasını sağlayacak, dolayısıyla iç gerilmeleri de minimumda tutacak şekilde konumlandırmasını, uygun ve etkili bir şekilde desteklemesini, emniyetli bir şekilde operasyon sonuna kadar parçayı tutabilmesi beklenir (Kanık, T. 2005).]



Şekil 3.1. Bağlama Kalıbı Örneği (www.tofas.com.tr)

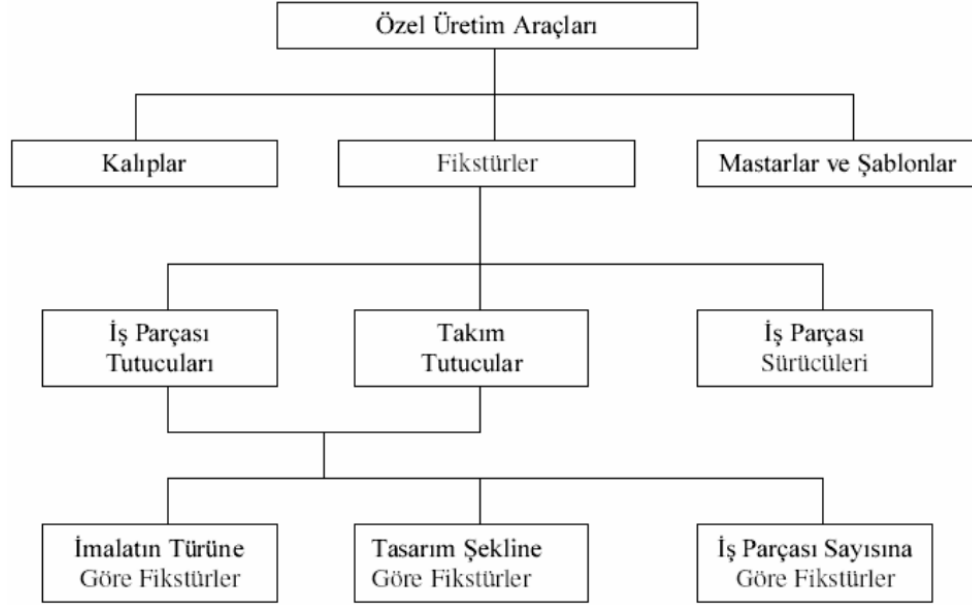
Ayrıca, esnek imalat sistemlerinin ortaya çıkması ile birlikte daha esnek ve hızlı aparat sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Klasik aparat sistemleri her bir parçaya özel yapıldığı için, benzer parçalar üreten üretim yerleri için modüler aparat sistemleri geliştirilerek isteklere cevap vermeye çalışılmıştır. Klasik aparat sistemleri ve modüler aparat sistemlerinin her ikisinde de, imalat esnasında parçanın optimum noktalardan desteklenmesi, hareketsiz biçimde tutulması ve istenen ölçü doğruluğunun sağlanması ortak amaçtır.



Şekil 3.2. Çeşitli Bağlama Elemanları (www.3d-animasyon.com)

Dolayısıyla bu sistemlerden hangisinin seçileceği, fonksiyonlarına göre değerlendirmeden başka, bir de ekonomiklik kriterine göre değerlendirilir. Burada en önemli faktör, yapılan işin devamlılığıdır. Özellikle yüksek hacimli üretimlerde klasik aparat sistemleri daha uygundur, küçük partilerden oluşan değişken parça geometrili üretimlerde ise modüler aparat sistemleri daha uygun olmaktadır. Ayrıca, klasik aparat tasarımında tasarımcının tecrübesi büyük önem kazanmaktadır (Kanık, T. 2005).

Mekanik üretimde otomasyon ve standardizasyonu gerçekleştirmek üzere, üretim türüne bağlı olarak birçok çeşitte fikstürler geliştirilmektedir. Bunları aşağıdaki şekilde toplu olarak görülebiliriz:

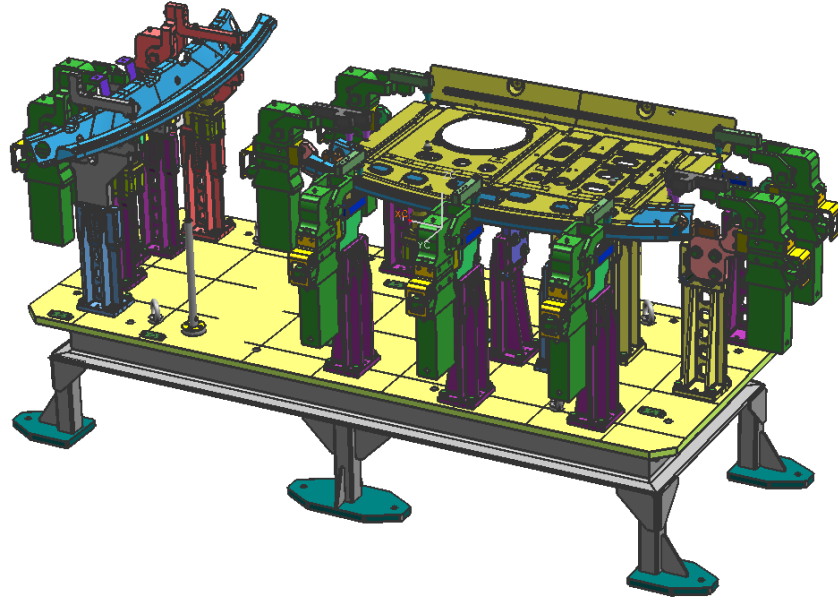


Şekil 3.3. Bağlama Çeşitleri (Kanık, T. 2005).

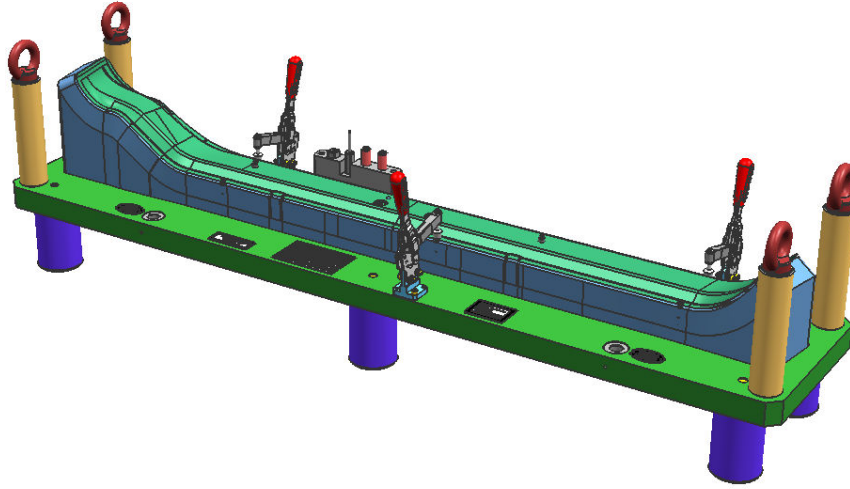
3.2. BAĞLAMA ELEMANLARININ ÇEŞİTLERİ

Aşağıdaki Şekil 3.4., 3.5., 3.6., 3.7., ve 3.8’de otomotiv endüstrisinde kullanılmakta olan çeşitli kaynak fikstür örnekleri yer almaktadır. Geliştirilen uygulamada punta kaynağı ve gaz altı kaynağı yapılan sac parçaların fikstürlerde yerleştirilmesine örnekler verilmiştir:

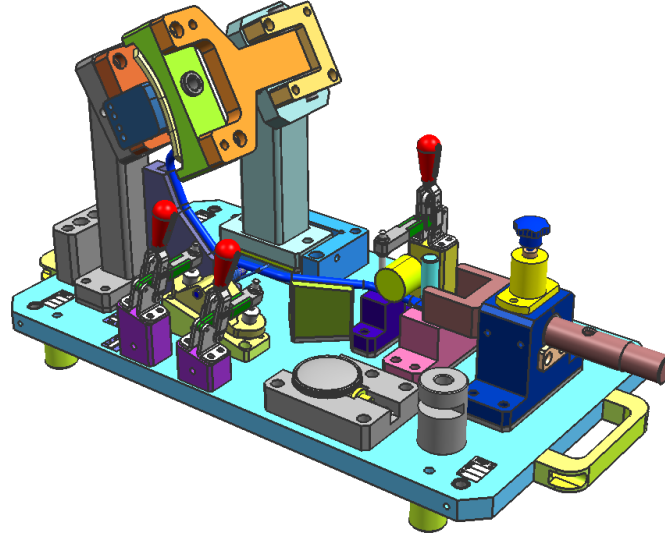
1. Kaynak Fikstürleri
2. Perçin Fikstürleri
3. Yapıştırma Fikstürleri
4. Presleme Fikstürleri
5. Özel Tasarım Fikstürleri



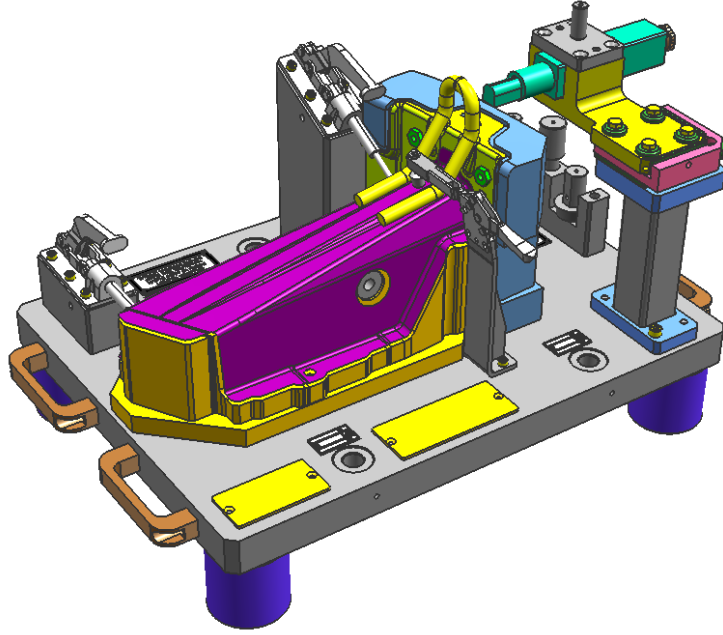
Şekil 3.4. Punta Kaynak Bağlama Aparatları (www.3d-animasyon.com).



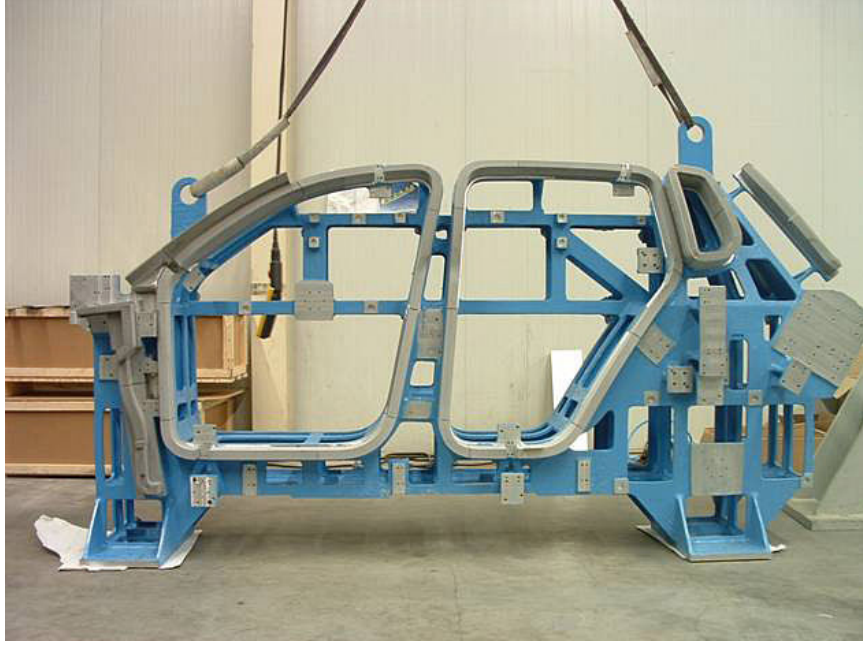
Şekil 3.5. Punta Kaynak Bağlama Aparatları (Grup Otomasyon, 2007).



Şekil 3.6. Gaz Altı Kaynak Bağlama Aparatları (www.3d-animasyon.com)



Şekil 3.7. Robot Kaynak Bağlama Aparatları (www.3d-animasyon.com).

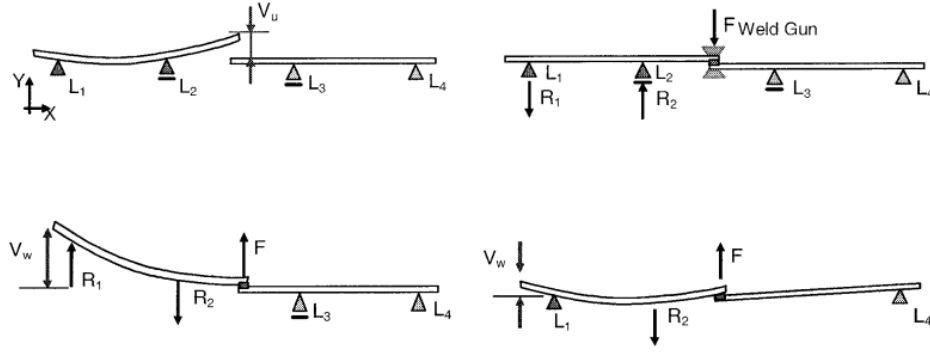


Şekil 3.8. Kontrol Bağlama Aparatları (www.dutch-shape.nl)

3.3. BAĞLAMA ELEMANLARININ BAŞLICA KISIMLARI

3.3.1. Bağlama Elemanlarında Yerleştirme-Dayama Yüzeyleri ve Referanslama

Bir cismin uzayda altı hareket serbestliği bulunmaktadır. Bunlar: x,y,z eksenlerinde öteleme ve dönme hareketleridir. Fikstürlerdeki amaç, işlem görececek sac parçanın bu serbestliğini istenen yönde kaldırırken, üretim yerinde de uygun yere getirmektir. Bu işlem fikstürde uygun noktalara yaslanarak yerleştirilmesi, dayanması ve düzlem yüzeylerden ve deliklerden referanslaşmasıyla olur.



Şekil 3.9. Sac Parça Destek Noktalarının Belirlenmesi (Jaime A. 2004)

Sac parçanın sabitlenmesi için ilk önce destek ve dayama yüzeylerinin seçilmesi gerekir. Bu destek elemanlarının konacağı yüzey parçanın alt yüzeyi olmalıdır ve parçanın yer çekim ivmesine bağlı olarak kendi ağırlığından kaynaklanan çökme değerlerinin minimum olduğu pozisyonda olmalıdır. Ayrıca bu destek elemanları, parçanın statik dengesi açısından oluşturdukları alan maksimum olacak şekilde yerleştirilmelidir ve parçanın ağırlık merkezinin bu alanın içinden geçmesi denge açısından gereklidir. Eğer parça alt yüzeyi büyükse, deformasyona uğrayacak bölgelere ek destek elemanları konabilir. Ancak, sac parçanın rijitliğine göre gereğinden fazla noktadan referanslanması, parçanın fikstüre düzgün oturtulmamasına sebep olacağından mümkün olduğunca kaçınılması gereklidir (Kanık, T. 2005).

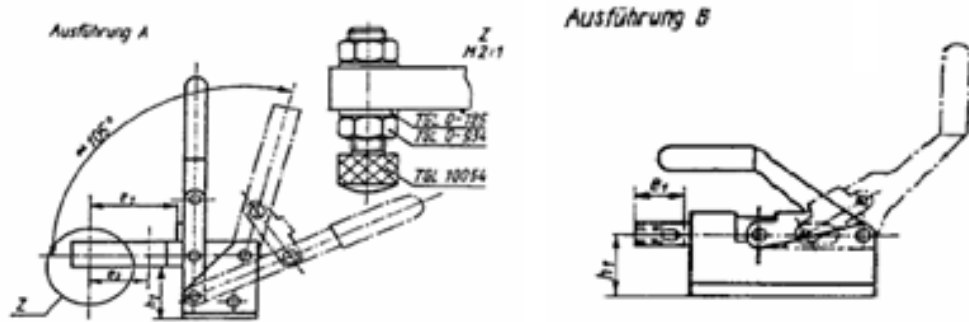
Parça üzerindeki deformasyonların azaltılması için bağlama kuvvetlerinin de optimum olması gerekmektedir. Ayrıca yine bağlama kuvvetlerinin optimizasyonu için ek destek elemanlarının konulması yerine mevcut destek yerlerinin optimizasyonu ile de deformasyonlar azaltılabilir. Analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme değerlerine göre, zorunlu kalınan, yer değiştirmenin fazla olduğu bölgelere ek destek elemanları konarak bu bölgelerdeki deformasyonlar sınırlandırılabilir. Fikstürlerin tasarımında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus ise; sac parça teknik resminde gösterilen tolerans değerlerinin dikkate alınmasıdır. Bu tolerans değerleri;

1. İş parçası ölçü toleranslarına göre sapmalar,
2. İş parçası form toleranslarındaki sapmalar,
3. Referans ve tutma noktaları arasındaki mesafelerden doğacak sapmalar,
4. Tutma elemanlarından, form toleranslarından kaynaklanan sapmalar dikkate alınarak fikstürde parça konumlandırılmalıdır.

3.3.2. Bağlama Elemanlarında Sıkma

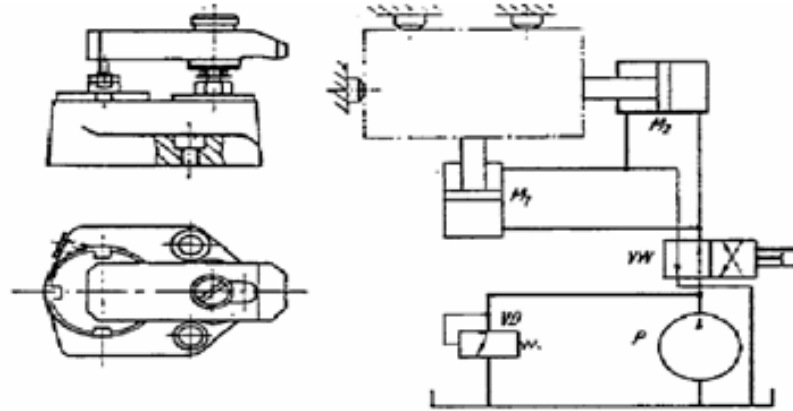
İmalat aşamasında iş parçasının emniyetli olarak konumunda kalmasını sağlamak üzere tespit edilmesi ve kilitlemesini sağlayan elemanlar sıkma elemanlarıdır. Sıkma elemanları; mekanik sıkma elemanları ve akışkan basınçlı sıkıcılar olarak iki çeşittir:

Şekil 3.10'da mekanik sıkma elemanları;



Şekil 3.10. Fikstürlerde Mekanik Sıkma Elemanları (A tipi ve B tipi) (Cadem,2003)

Şekil 3.11’de akışkan basınçlı sıkma elemanları;



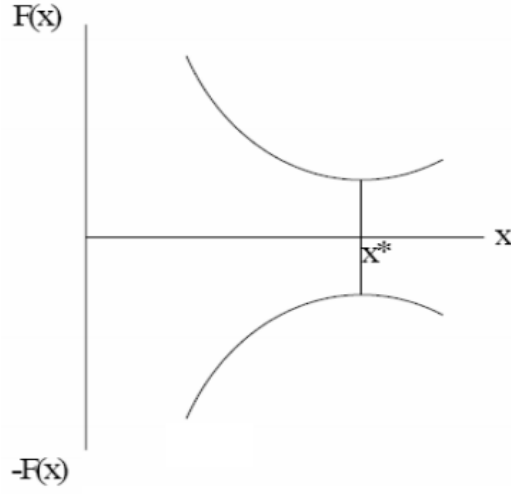
Şekil 3.11. Fikstürlerde Akışkan Basınçlı Sıkma Elemanları (Cadem, 2003)

3.4. TASARIMDA OPTİMİZASYON

3.4.1. Optimizasyon Tanımı

Optimizasyon verilen şartlar altında en iyi sonucun, elde edilmesi isidir. Herhangi bir mühendislik sisteminin planlanması, kuruluş bakımından mühendisler birkaç aşamada birçok idari ve teknolojik kararlar almak zorundadır. Böyle kararların son hedefi ya arzulanan kari maksimize yâda gerekli çabayı minimize etmektir (H.Bal,1995).

Gerçek hayatta istenen kar yâda gerekli caba belirli karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebildiğinden, optimizasyon bir fonksiyonun maksimum yâda minimum değerini verebilen şartların bulunması surecidir.



Şekil 3.12. Optimizasyon Grafiği (H.Bal, 1995)

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi x_0 noktası $f(x)$ fonksiyonunun minimum değeri ise, aynı nokta $-f(x)$ fonksiyonu için maksimum değer olur. Bu yüzden bir fonksiyonun maksimumu, aynı fonksiyonun negatif durumunun minimumu araştırılarak bulunacağından, optimizasyon minimizasyon anlamında kullanılabilir. Optimizasyon problemlerinin hepsini kesin olarak çözen tek bir yöntem mevcut değildir (H.Bal,1995).

3.4.2. Bir Optimizasyon Probleminin İfadesi

Optimumu (en iyi) araştıran yöntemler matematiksel programlama teknikleri olarak adlandırılır ve genellikle ayrılmaz bir parçası olduğu yöneyle araştırması içerisinde araştırılır. Bir optimizasyon veya bir matematiksel programlama problemi;

$$P_i(x) \leq 0, i = 1,2,\dots,m \text{ şartlarına göre } z = f(x)$$

Fonksiyonunu minimize eden $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ çözümünün bulunması işleminden oluşur. Aşağıdaki çizelgede görüldüğü gibi üç grup altında yöneylem araştırma teknikleri gruplandırılmıştır (H.Bal,1995).

Çizelge 3.1. Yöneylem Araştırması Teknikleri (H.Bal,1995)

Matematiksel Programlama Teknikleri	Stokastik Süreç Teknikleri	İstatistiksel Teknikler
Klasik Analiz (Calculus)	Istatiksel Karar Teorisi	Regresyon Analizi
Varyasyon Hesaplamaları	Markov Süreçleri	Kümeleme Analizi
Doğrusal Olmayan Programlama	Kuyruk Teorisi	Deney Düzenleme
Doğrusal Programlama	Yenilenme Teorisi	Diskriminant Analizi
Kareli Programlama	Benzetim Metodu	Faktör Analizi
Geometrik Programlama	Güvenilirlik Teorisi	
Dinamik Programlama		
Tamsayılı Programlama		
Stokastik Programlama		
Ayrılabilir Programlama		
Network Programlama		
Oyunlar Teorisi		
Cok Amaçlı Programlama		

Matematiksel programlama verilen kısıtlar altında çok değişkenli fonksiyonları minimumunu bulmada kullanılan en yararlı tekniklerdir. Çizelgede görüldüğü gibi matematiksel programlama başlığı altında verilen optimizasyon problemlerinin çözümü için pek çok teknik mevcuttur. Bu bölümde klasik Optimizasyon Teorisi kısaca anlatılmıştır.

3.4.3. Tek Değişkenli Klasik Optimizasyon Teorisi

Optimizasyon çözüm yöntemlerinden klasik optimizasyon metodu sürekli türevlenebilir fonksiyonların en iyileşmesinde kullanılır. Bu yöntemler analitiktir ve en iyi noktaların bulunmasında türev hesaplamalarına ilişkin teknikleri kullanır. Bazı pratik problemlerin amaç fonksiyonları sürekli veya türevlenebilir olmayacağından, klasik optimizasyon teknikleri gerçek hayat uygulamalarında sınırlı şekilde kullanılabilir. Ama bu sayısal tekniklerin gelişmesi için bir temel teşkil eder (H.Bal,1995).

Yeterince küçük pozitif ve negatif bütün h değerleri için $f(x_0) \leq f(x_0 + h)$ ise $f(x)$ fonksiyonu $x=x_0$ da yerel minimuma sahiptir. Benzer olarak sıfıra yeterince yakın bütün h değerleri için $f(x_0) \geq f(x_0 + h)$ ise x_0 noktasına yerel maksimum nokta denir. $f(x)$ in tanımlı olduğu bölgedeki bütün x değerleri için, sadece x_0 a yakın bütün

noktalar değil, $f(x_0) \leq f(x)$ ise $x=x_0$ da $f(x)$ mutlak veya bölgesel minimuma sahiptir. Benzer olarak tanım bölgesindeki bütün x ler için $f(x_0) \geq f(x)$ ise $x=x_0$ da $f(x)$ mutlak veya bölgesel maksimuma sahiptir.

Tek değişkenli optimizasyon problemi; $[a,b]$ aralığında $f(x)$ 'i minimize eden $x=x_0$ değerinin bulunmasıdır. Aşağıdaki iki teorem tek değişkenli bir fonksiyonun yerel minimumu için gerek ve yeterli şartları verir. Şekil 3.13'de yerel ve bölgesel minimum (maksimum) noktalar görülmektedir.

Teoremda $a \leq x \leq b$ aralığında tanımlı bir $f(x)$ fonksiyonu $a < x_0 < b$ olmak üzere $x=x_0$ da yerel minimuma sahip ise $x=x_0$ da türevi, $f'(x)$ var ve sonlu ise o zaman $f'(x)=0$ dır.

İspat: $f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} [f(x_0 + h) - f(x_0)] / h$ tanımlı ve var olduğu verilmiş x_0 yerel minimum nokta olarak verildiğinden sıfıra yeterince yakın bütün h değerleri için;

$f(x_0) \leq f(x_0 + h)$ olur. Bu yüzden,

$$[f(x_0 + h) - f(x_0)] / h \geq 0, h > 0 \text{ ve}$$

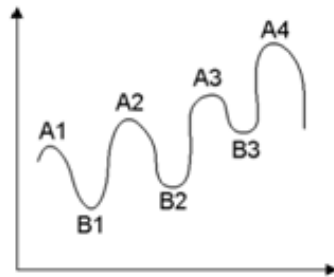
$$[f(x_0 + h) - f(x_0)] / h \leq 0, h < 0 \text{ yazılabilir.}$$

Şekilde 3.13'de $h \rightarrow 0$ olarak sağdan ve soldan limit alınır;

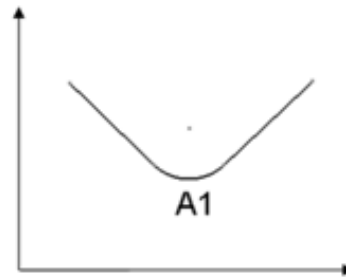
$$f'(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0^+} [f(x_0 + h) - f(x_0)] / h \geq 0, h \geq 0$$

$$f'(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0^-} [f(x_0 + h) - f(x_0)] / h \leq 0, h \leq 0 \text{ olur.}$$

$f'(x_0) \geq 0$ ve $f'(x_0) \leq 0$ olur. Buda $f'(x_0) = 0$ olmasını gerektirir (Şekil 3.13.).



(a) A1,A2,A3,A4: Yerel Maksimum Noktalar



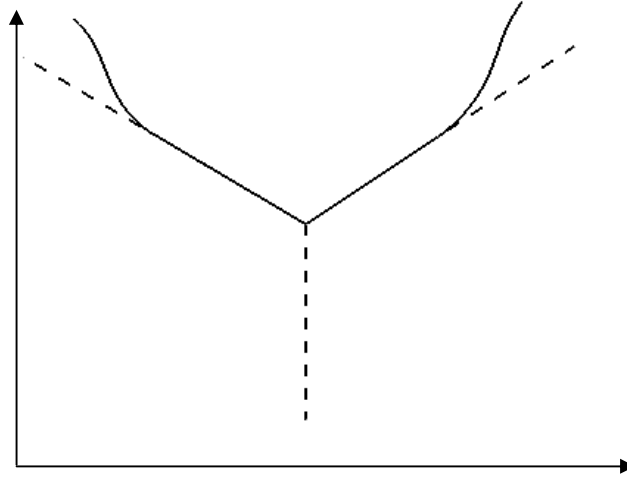
(b) A1:Yerel Minimum Noktası

Şekil 3.13. Yerel ve Bölgesel Minimum / Maksimum

Genel olarak $f'(x_0) = 0$ yapan tüm noktalara durağan veya kritik nokta adı verilir. Maksimum veya minimum noktalara da ekstremum (üç nokta) adı verilir.

Bu teorem için aşağıdaki noktalar tartışılabilir.

1. Teorem x_0 yerel maksimum olduğunda bile ispatlanabilir.
2. Teorem bir x_0 noktasında türev yoksa bu noktanın bir minimum veya bir maksimum olup olmadığı hakkında bir bilgi verilemez (Şekil 3.14).



x_0 [$f(x) - x$ grafiği]

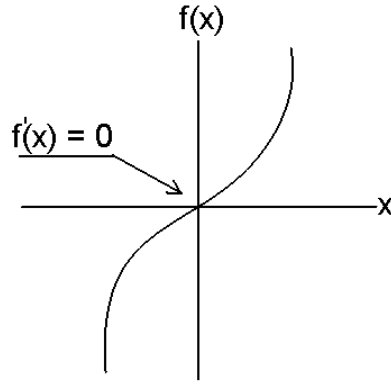
Şekil 3.14. x_0 da $f(x)$ 'in türevinin olmaması durumu

h sağdan ve soldan yaklaştıkça sırasıyla, $\lim_{(h \rightarrow 0^+)} [f(x_0 + h) - f(x_0)] / h \geq m^+$ (pozitif) veya m^- (negatif) olur. Burada m^+ ve m^- sayıları eşit olmadıkça $f'(x_0)$ türevi olmaz $f'(x_0)$ olmazsa yukarıdaki teorem uygulanamaz. Dikkat edilirse x_0 bir minimum noktasıdır.

3. Fonksiyon tanım aralığının üç noktalarında bir maksimum veya minimuma sahip olsa bile bu teorem uygulanmaz. Bu durumda;

$\lim_{(h \rightarrow 0^+)} [f(x_0 + h) - f(x_0)] / h$ türevi yalnızca h 'nin pozitif veya negatif değerleri için söz konusu olabilir ve bu yüzden türev uç noktalarda tanımlı değildir.

4. Teorem türevin sıfır olduğu her noktada bir maksimum veya bir minimum olduğunu garanti etmez. Yani bir maksimum (minimum) varsa kesinlikle bu noktada türev sıfırdır, ama bir noktada türev sıfır ise noktada bir maksimum veya minimum olduğu hakkında kesin bir şey söylenemez (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Durağan (dönüm) Nokta

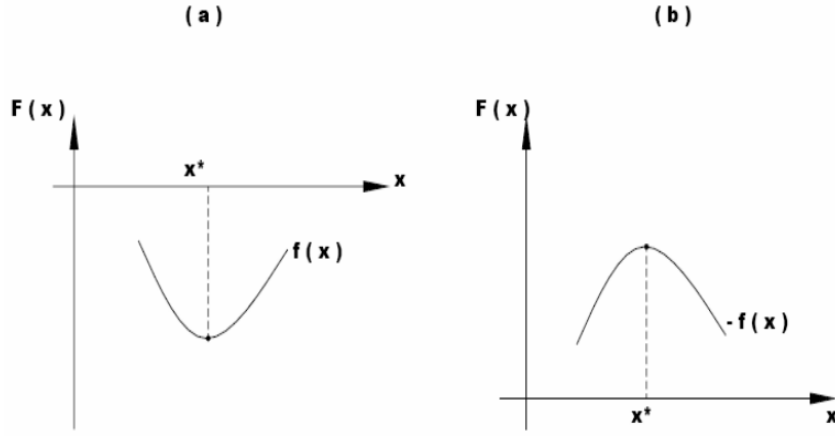
3.4.4. Tasarım Değişkenleri

Bir sistemin tasarımını tanımlamak için seçilen değişkenlere tasarım değişkenleri denir. Bu değişkenlere ilk olarak rasgele değerler verilerek sistem oluşturulur. Tasarım değişkenlerinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Bunlar, mümkün olduğu kadar birbirlerinden bağımsız olmalıdırlar. Bazen bağımlı tasarım değişkenleri seçilmezse de, bu problem formül tanımlamasının gereksiz yere karmaşık hale gelmesine neden olur (Kanık, T. 2005).

3.4.5. Amaç Fonksiyonu

Bir sistem ile ilgili birden fazla ve bazıları diğerlerinden daha iyi uygun tasarımlar olabilir. Bunları birbirleri ile kıyaslamak için bir kritere ihtiyaç vardır. İşte bu kritere optimum tasarım problemi için amaç fonksiyonu denir. Bu fonksiyon tasarım değişkenlerine bağımlıdır. x tasarım değişkeni vektörü olmak üzere, amaç fonksiyonu $f(x)$ ile gösterilir. Amaç fonksiyonunu doğru seçmek tasarım operasyonu için çok önemlidir.

Minimum maliyet, maksimum kar, minimum ağırlık, minimum enerji gibi birçok amaç fonksiyonu kullanılmaktadır. Eğer amaç fonksiyonu maksimum kar problemindeki gibi bir maksimum bulma problemi ise $-f(x)$ olarak alınır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Amaç Fonksiyon Grafiği (H.Bal, 1995)

Birçok tasarım problemlerinde, amaç fonksiyonu ve bunun tasarım değişkenleri ile nasıl bir ilişkisi olacağı açık değildir. Genelde bu tip problemler birçok alt probleme ayrılarak, her birinin optimizasyonu yapılarak çözülür. Örneğin, bir binek arabanın optimizasyonu için tasarım değişkenleri nelerdir? Amaç fonksiyonu nedir? Tasarım değişkenleri ile ifade edilecek fonksiyonel hali nasıldır? Bu oldukça karmaşık bir problemdir. Fakat problem, kapılar, yan paneller, tavan, süspansiyon sistemi, iletim sistemi vb. gibi alt problemlere ayrılıp her biri optimize edilerek çözülebilir. Birçok tasarım problemlerinde, amaç fonksiyonu ve bunun tasarım değişkenleri ile nasıl bir ilişkisi olacağı açık değildir. Genelde bu tip problemler birçok alt probleme ayrılarak, her birinin tasarım optimizasyonu yapılarak çözülür. (Kanık, T. 2005).

3.4.6. Tasarım Kısıtları

Optimizasyon problemleri kısıtlanmamış (unconstrained) ve kısıtlanmış (constrained) olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Adından da anlaşılacağı gibi kısıtlanmamış optimizasyon, amaç fonksiyonu üzerinde hiçbir kısıtlamanın olmadığı problemlerin optimum çözümünün bulunmasıdır. Kısıtlanmış optimizasyon ise en az bir adet kısıtlamanın tanımlandığı problemlerdir.

3.4.7. Optimizasyonda Mühendislik Uygulamaları

Herhangi bir mühendislik probleminde, optimizasyon kolayca uygulanabilir. Önemli olan amaç fonksiyonunu sağlamak için kullanacak parametreleri ve kısıtları yani optimizasyon değişkenlerini iyi belirlemektir. Optimizasyonun kullanılabileceği farklı alanlarda mühendislik uygulamalarına dair aşağıda birkaç örnek verilmiştir;

- Uzay yapıları ve uçakların minimum ağırlıkta tasarımı
- İnşaat yapılarının minimum maliyetlerde tasarımı ve yapımı
- Su kaynak sistemlerinin maksimum karlılıkta tasarımı
- Yapıların deprem, rüzgâr ve diğer tip düzensiz zorlanmalarda minimum ağırlıkta tasarımı
- Mekanizmalar, kamlar, dilsiler ve diğer makine elemanlarının optimum tasarımı
- İletim makinelerinin minimum maliyeti için
- Minimum üretim maliyeti için metal kesme işlemlerinde
- Elektrik ağlarının optimum tasarımında
- En kısa yol problemlerinde
- Boru hattı sistemlerinin tasarımında
- Sanayi için şehir seçimlerinde
- Kontrol sistemlerinin optimum tasarımında(Kanık, T. 2005)

BÖLÜM 4

GELİŞTİRİLEN KULLANICI ARAYÜZÜ

4.1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi gibi düşük tolerans ölçüleri ile çalışan imalatçı firmaların, ürettikleri sac parçaların montaj operasyonlarında kullandıkları bağlama aparatları büyük önem taşımaktadır. Büyük boyutlu sac parçalar, bağlama elemanları üzerinde kendi ağırlığından ve uygulanan operasyonlardan kaynaklanan yüklerden dolayı deformasyonlara uğramaktadır. Bu deformasyon, sehim olarak adlandırılır. Sehim değerinin minimum olduğu pozisyonu bulmak endüstride düşük toleransla çalışan firmalarda önem arz etmektedir.

Bu amaç doğrultusunda, endüstride buna benzer problemlerin hızlı ve kolay bir şekilde çözülmesi için bu çalışmada CATIA yazılımını kullanan kalıp tasarım firmalarına yönelik makro geliştirilmiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan iki farklı sac parçanın geliştirilen makro ile en iyi bağlama noktaları belirlenmiştir. İlk olarak parçalara ait başlangıç bağlama noktaları tanımlanmış ardından başlangıç değerleriyle sonlu elemanlar analizi yapılarak başlangıç deformasyon değeri elde edilmiştir. Son olarak hedeflenen sehim değeri ölçüsünde en uygun bağlama noktası bulmak için optimizasyon uygulanmış, uygulama sonunda ideal bağlama noktası koordinatları tespit edilmiştir.

4.2. YÖNTEM

Geliştirilen kullanıcı arayüzü üç başlıkta toplanmıştır. Birinci başlıkta problem tanımlaması ve başlangıç mesnet noktalarının belirlenmesi incelenmiştir. İkinci başlık altında model ağ yapısı, mesnet bağlantı tipi, parça üzerine gelecek yükler ve başlangıç sehim miktarı tanımlanmıştır. Son başlıkta da optimizasyon için gerekli değişkenlerin tanımlanması ve optimizasyon sonuçlarının hesaplanması ele alınmıştır. Şekil 4.1’de arayüzün işlem basamakları gösterilmiştir.

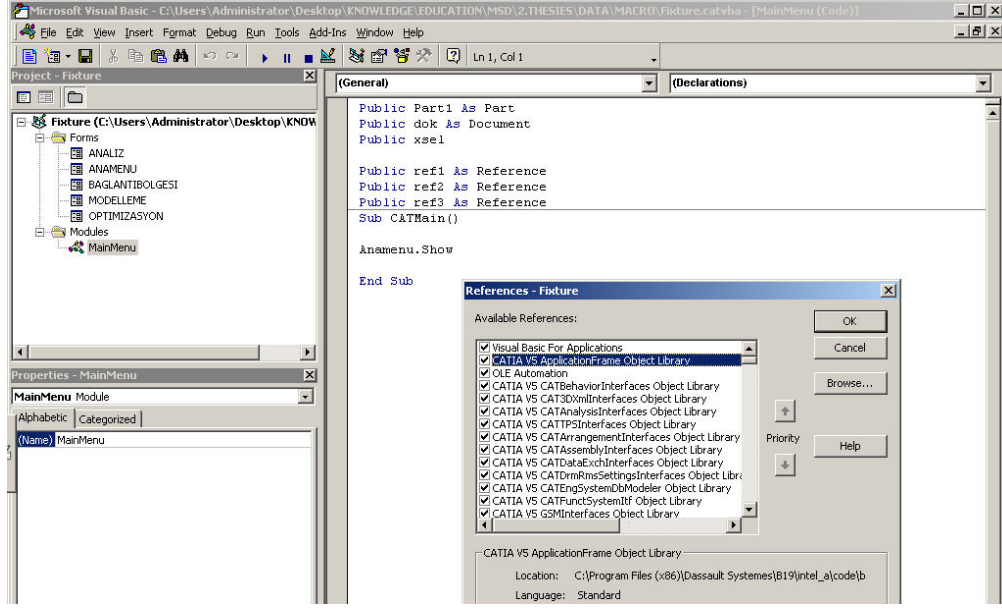


Şekil 4.1. Bağlama Noktası Optimizasyon Yöntemliliği

Geliştirilen makro Visual Basic programlama dili ile hazırlanmıştır. Yazılımda hedef, kalıp tasarımcılarının amaca yönelik çalışma yapabilmelerini sağlamaktır. Uygulama arayüzü tasarım, analiz ve optimizasyon olarak üç ana başlıkta toplanmıştır. Çalışmada kullanılan kodlar Ek-3’de sunulmuştur. Uygulamanın makro olarak CATIA içerisinde çalıştırılması sağlanmıştır. Şekil 4.2’de Visual Basic ara yüzü görülmektedir. Uygulama kullanım ve öğrenme açısından kolaylıklar sunmaktadır.

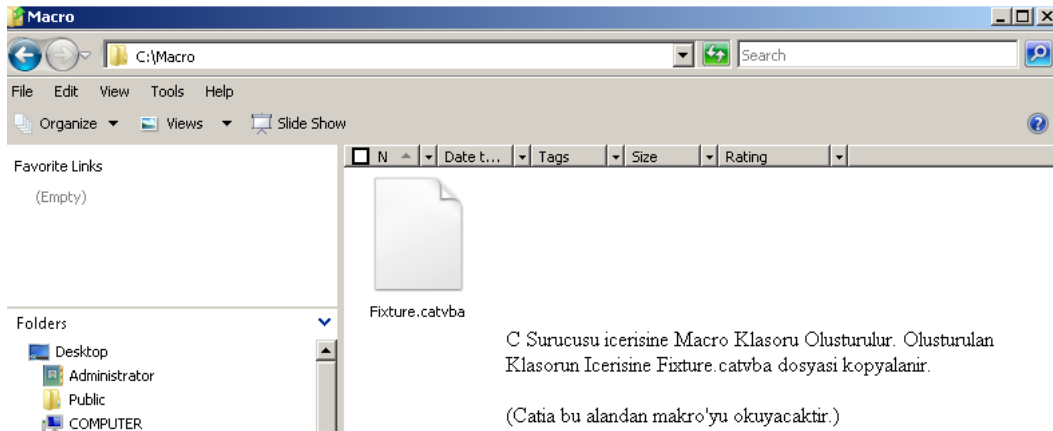
4.3.GELİŞTİRİLEN KULLANICI ARAYÜZÜ İLE CATIA ENTEGRASYONU

Visual Basic programlama dili ile CATIA entegrasyonu, CATIA’nın Object Library verileri ile gerçekleşmektedir. Visual Basic ekranında ‘Tools’ araç çubuğunda ‘References’ sekmesi içerisinde ‘CATIA V5 Application Frame Object Library’ işaretlenerek CATIA tabanlı kodların Visual Basic içerisinden çalıştırılması sağlanmıştır (Şekil 4.2).



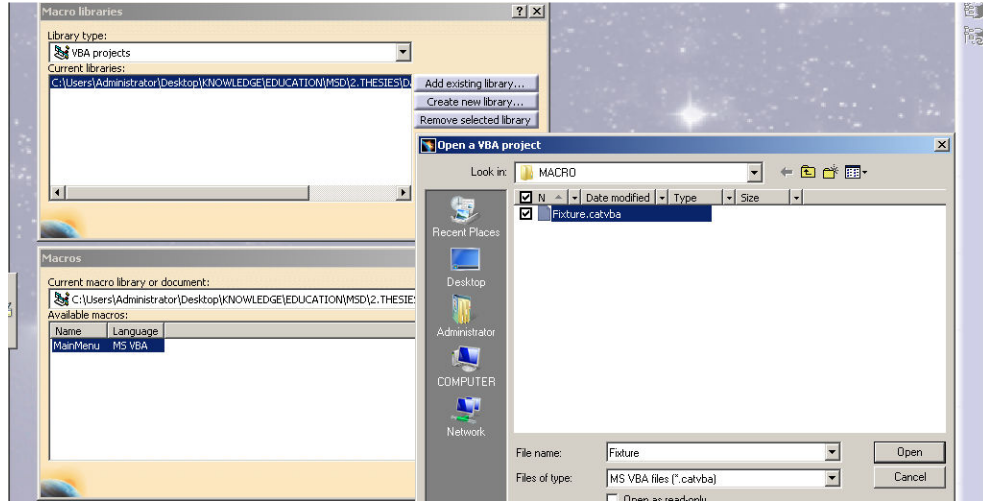
Şekil 4.2. Visual Basic İçerisinde CATIA Kodlarının Kullanımı

'Fixture.catvba' adlı makro 'C:\Macro' klasörü içerisine kaydedilmiştir. Uygulama bu klasör altından CATIA içerisine entegre edilmiştir. Birçok firma yaptıkları çalışmaların tasarım aşamalarını optimum seviyeye getirmeye çalışmaktadırlar. Bu uygulamada benzer bir çalışma yapılmış, operasyon sayısını en aza indirmek hedeflenmiştir. Uygulama kayıt alanı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



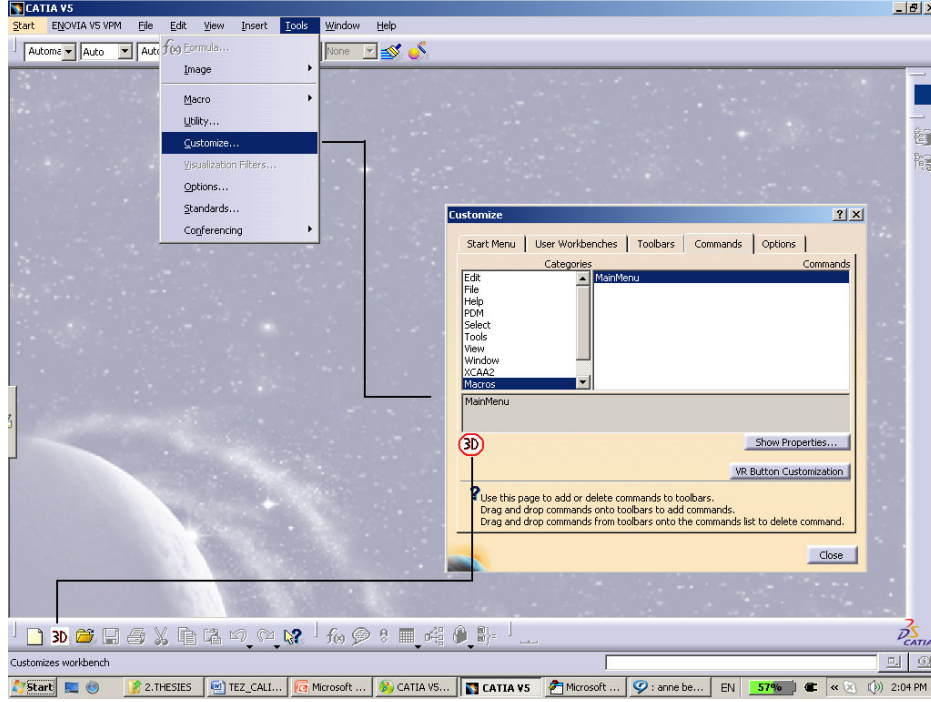
Şekil 4.3. Uygulamanın Kayıt Alanı

Uygulamanın CATIA içerisinde düğme yardımı ile kullanılabilmesi için CATIA üst menülerinden ‘Tools’ aracı seçilir. Gelen ‘Tools’ menüsünden ‘Macro’, ‘Macro’ alt menüsünden ‘Macros’ sekmesi işaretlenir. Şekil 4.4’de ‘Macros’ menüsü gösterilmiştir. Burada ‘Macro Libraries’ seçeneği işaretlenir. Bu bölüm yeni bir makro uygulamasının CATIA içerisine eklenmesini sağlamaktadır. ‘C:\Macro’ klasörüne kaydedilen ‘Fixture.catvba’ dosyası bu sekmeden seçilerek Şekil 4.4’de görüldüğü gibi CATIA’ya eklenmiştir.



Şekil 4.4. CATIA İçerisine Makronun Eklenmesi

CATIA ile entegrasyonu sağlayan uygulamanın düğme olarak kullanımı için ‘Tools’ araç takımından ‘Customize’ sekmesi seçilir. ‘Customize’ ekranında ‘Commands’ menüsü içinden ‘Categories’ bölümünde ‘Macro’ seçeneği işaretlenir. ‘Commands’ bölümünde Şekil 4.4’de eklediğimiz makro görülmektedir. Uygulama sürükleyip bırak ile istenilen araç takımı içerisine bırakılır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Makronun Düğme Olarak Eklenmesi

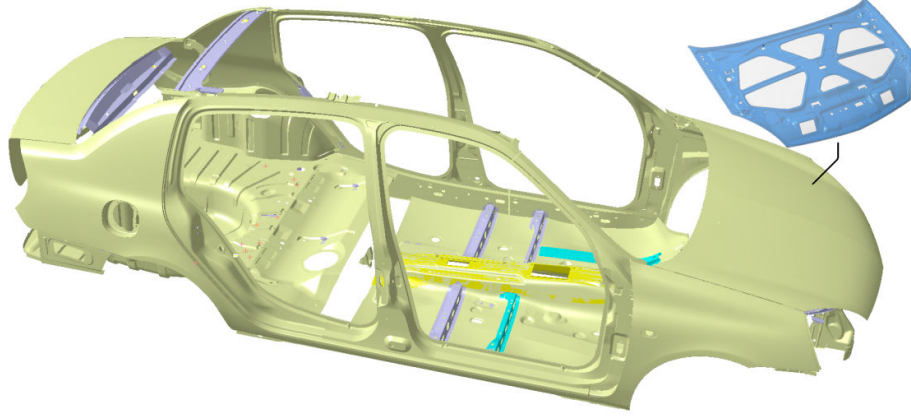
Uygulama standart araç takımı içerisine eklenmiş ve buradan çalıştırılmaktadır. Sac levha parçasının 'File' menüsünden 'Open' sekmesi ile çağrılmasının ardından makro eklenen düğme yardımı ile Şekil 4.6.'daki gibi çalıştırılır. Geliştirilen makro bir uygulama ile anlatılmıştır.



Şekil 4.6. Bağlama Noktası Optimizasyon Yazılımı Arayüzü

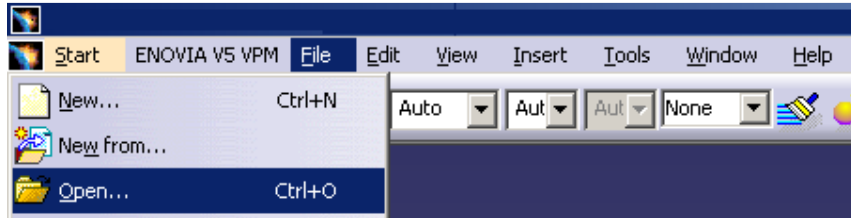
4.4.GELİŞTİRİLEN ARAYÜZÜN UYGULAMA ÜZERİNDE ANLATILMASI

Bu uygulamada otomotiv endüstrisinde kullanılan ön kaput sac parçasında imalat operasyonları için kullanılan bağlama aparatlarının parça üzerindeki en iyi bağlama noktaları geliştirilen makro ile hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Ön Kaput Sac Parça ve Destek Parçası Sayısal Modeli

Şekil 4.7'deki gibi büyük boyuta sahip parçaların kaynak ya da puntalama operasyonları sırasında sehim değerleri önemli bir rol oynamaktadır. Minimum sehim değerlerinde operasyonu gerçekleştirmek için bağlama noktalarının optimum noktalarda yapılması gerekmektedir. Bunun için bağlama noktası optimizasyon yazılımı ile üç boyutlu modelin sonlu elemanlar analizi yöntemi ile deformasyon miktarı elde edilir ve deformasyonun minimum olduğu optimum pozisyon hesaplatılır. Aşağıda parçanın optimizasyon süreci anlatılmıştır. Yazılım CATIA arayüzü içerisinde çalışmaktadır. İlk önce Şekil 4.7'deki yüzey model, CATIA arayüzünde açılır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. CATIA Model Çağırma Ekranı

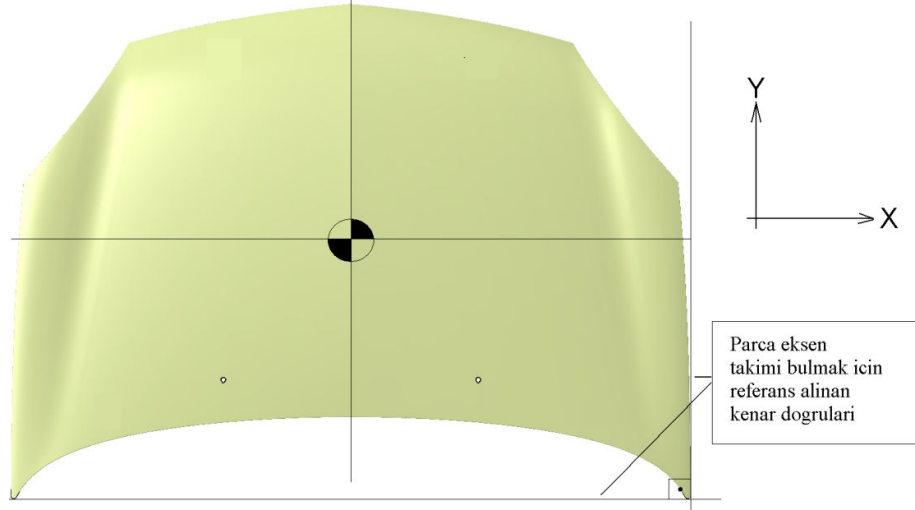
Makronun ana ekranındaki modelleme düğmesine basılarak bağlama noktası değişkenleri tanımlaması adım adım tamamlanır. Uygulamanın ilk adımında ana eksen takımı oluşturulması gerekmektedir. Yapılan tüm tasarım faaliyetleri bu eksen takımı referans alınarak yapılmaktadır. Çünkü parçanın sayısal modeli ile gerçek parça ilişkisi bu referans noktası üzerinden alınacaktır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Referans Eksen Tanımlama Arayüzü

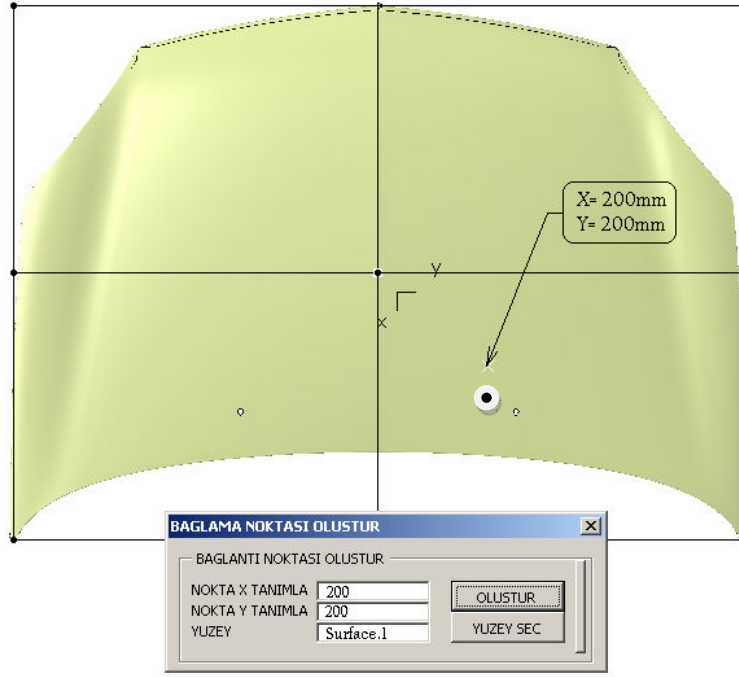
Burada parçanın referans düzlemi oluşturulur. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi parçanın kenarlarına dik geçen X-Y doğruları referans alınarak referans eksenleri oluşturulur. Referans düzleminin doğru belirlenmesi çok önemlidir. Tezgâh üzerinde parçanın hangi noktada duracağını ve bağlama elemanlarının konumlarını bu referans düzlemi belirleyecektir.

Referans eksen tanımla düğmesine basıldığında uygulama sizden yüzey modelin seçilmesini isteyecektir. Seçilen yüzeyin ağırlık merkezine göre referans eksenleri otomatik olarak oluşmaktadır. Program, seçilen yüzeyin maksimum ve minimum X ve Y noktalarını 'Extremum Points' yardımı ile bulur. Elde edilen bu noktalardan geçen doğrular oluşturmaktadır. Oluşan doğruların kesişimleri ile referans eksenleri tanımlanır (Şekil 4.10). Eğer farklı bir eksen tanımlaması yapılması isteniyorsa oluşan eksen takımı üzerinde iki kere tıklayarak değişiklik yapılabilir.



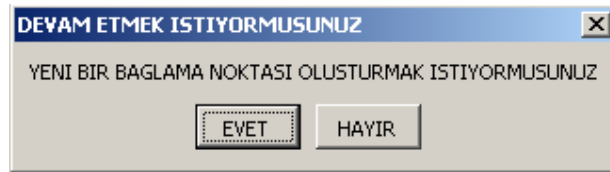
Şekil 4.10. Referans Eksen Belirlenmesi

Referans eksen tanımlaması sona erdikten sonra 'devam' düğmesine basarak başlangıç bağlama noktası tanımlama ekranına geçilir. Optimizasyon öncesi kullanıcı tarafından serbest olarak parça üzerinde verilen X-Y koordinatlar baz alınarak noktalar girilir. Burada, ilk olarak işlem yapılacak yüzeyin seçilmesi istenir. Daha sonra oluşturulan noktalar yüzey üzerinde meydana gelir. Şekil 4.11'de bir başlangıç bağlama noktasının oluşturulması gösterilmektedir. X ve Y koordinatları 200 mm olarak tanımlanan birinci nokta önceden belirlenmiş olan Surface.1 üzerinde oluşmaktadır Bu işlemi dört farklı nokta için tekrarlanmalıdır.



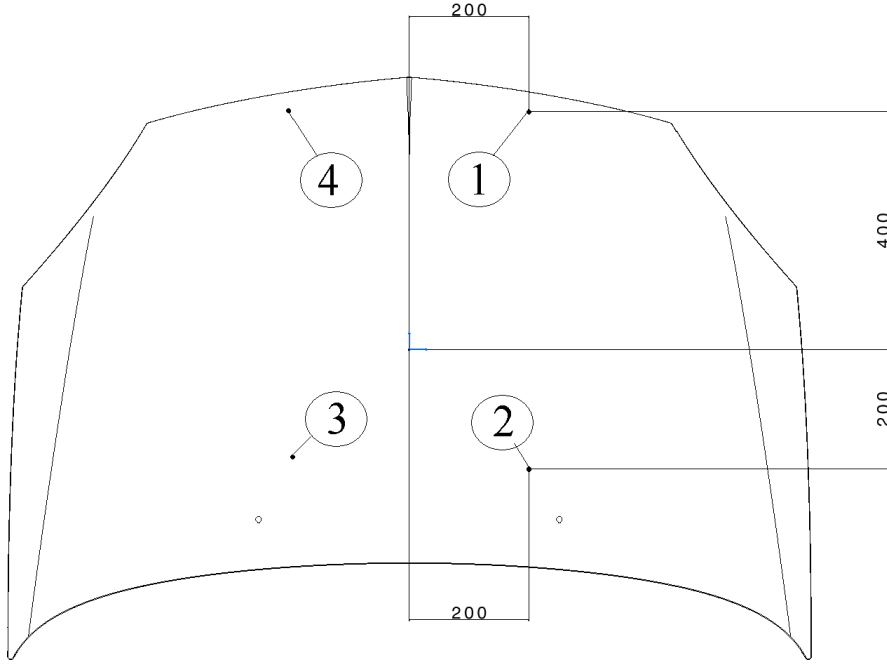
Şekil 4.11. Başlangıç Bağlama Noktası Oluşturma Ekranı

Optimizasyon değişkenleri oluşturulan eksen takımı ile noktaların uzaklıklarıdır. Buradaki değişken değerler optimizasyon ekranında serbest bırakılacak değerlerdir. Geliştirilen makro'da her oluşturulan başlangıç bağlama noktasından sonra operasyona devam edilip edilmeyeceğini sormaktadır. 'Evet' cevabı verildiğinde 'Bağlama Noktası Oluştur' ekranına tekrar dönlür. Eğer 'Hayır' düğmesi seçilirse uygulama analiz tanımlamaları için devam etmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bağlama Noktası Devam Ekranı

Belirlenen başlangıç bağlama noktaları Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Birinci nokta ile dördüncü nokta, ikinci nokta ile üçüncü nokta birbirlerinin simetriği olarak tanımlanmıştır.



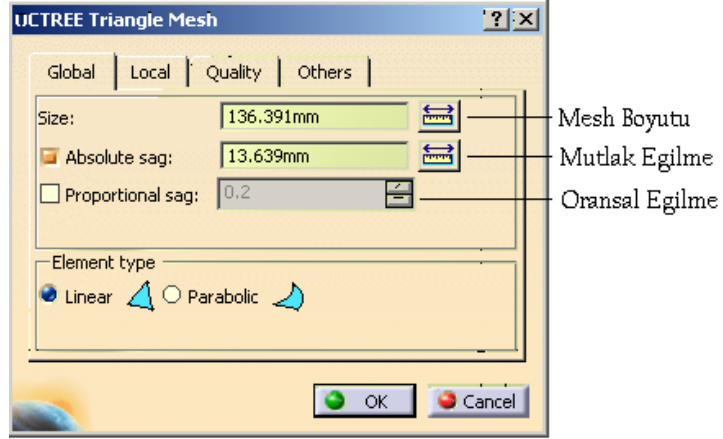
Şekil 4.13. Başlangıç Bağlama Aparatı Koordinatları

Başlangıç bağlama noktası oluşturma işleminin ardından ana menüde ikincin başlık olan analiz arayüzü ile kullanıcının başlangıç sonlu elemanlar analizi tanımlamalarını yapabilmesi sağlanmıştır. Analiz başlığında ilk olarak ağ örgü yapısı tanımlanmıştır. Şekil 4.13'deki 'Analiz Ağ Örgüsü Oluştur' düğmesi seçilir. Makro'da tüm ağ örgü tanımlamalarında 'OCTREE Triange Mesh' yapısı kullanılmıştır.



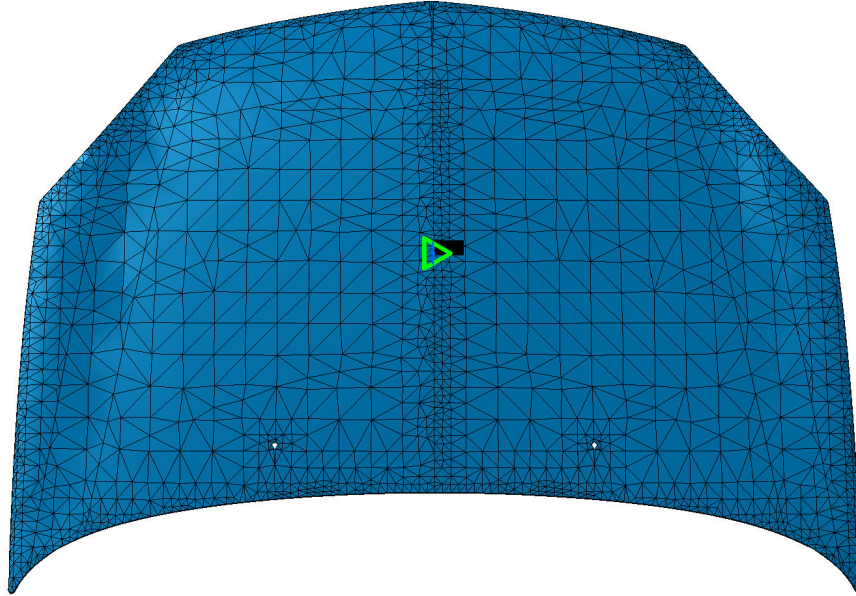
Şekil 4.14. Analiz Arayüzü

‘OCTREE Triange Mesh’ ekranı üzerinden mesh boyutu, mutlak eğilme ve sapma miktarı değişkenleri tanımlanabilmektedir (Şekil 4.14). Uygulamada mesh boyutu 136.391 mm, mutlak eğilme 13.639 mm ve oransal eğilme değeri 0.2 olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.15).



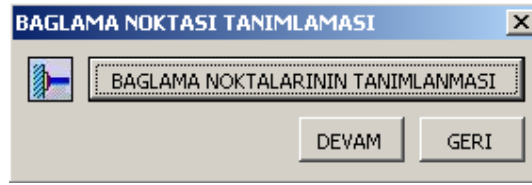
Şekil 4.15. OCTREE Triangle Mesh Arayüzü

Mesh tanımlamalarının ardından yüzeyin mesh yapısını görmek için Analiz menüsü altındaki ‘Compute’ düğmesi seçilir. Hesaplamanın sonuç görüntüsü Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



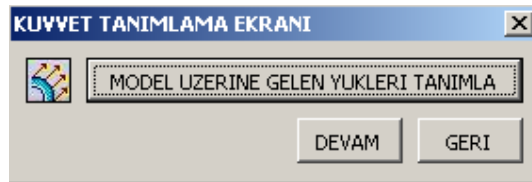
Şekil 4.16. Kaporta Mesh Yapısı

Ağ örgüsü tanımlama ekranından ‘Devam’ düğmesi ile bağlama noktası tanımlama ekranına ulaşılır (Şekil 4.17). Bağlama noktalarının tanımlama bölümünde kullanıcı mesnet noktalarını tanımlamaktadır. Tasarım bölümünde başlangıç bağlama noktası olarak belirlenen noktalar bu bölümde mesnet noktaları olarak tanımlanacaktır. ‘Bağlama Noktalarının Tanımlanması’ düğmesine basıldıktan sonra dört nokta teker teker seçilecektir. Seçim işlemi tamamlandıktan sonra ‘Devam’ düğmesi ile yük tanımlama ekranına geçiş sağlanır.



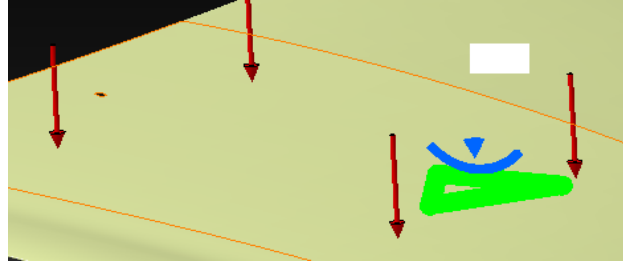
Şekil 4.17. Bağlama Noktası Seçimi

Kuvvet tanımlaması bölümünde kullanıcı sac parça üzerine gelebilecek maksimum kuvveti tanımlamalıdır (Şekil 4.18). Bu kuvvet parça üzerinde sanal ortamda sehimin oluşmasını sağlamaktadır. Bu sayede minimum sehim değerini elde edilecektir. Yapılan uygulamalarda parça üzerine ağırlığından dolayı oluşan kuvvet değeri 1N olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.18. Kuvvet Tanımlama Ekranı

Parça üzerine gelen yükler Şekil 4.19’deki gibi parça üzerinde oluşacaktır. Kuvvet parçanın tüm yüzeylerine oluşturduğumuz referans ekseninin Z doğrultusunda oluşturulacaktır. İşlemin ardından ‘Devam’ düğmesine basılarak analiz hesaplama menüsüne geçiş yapılır.



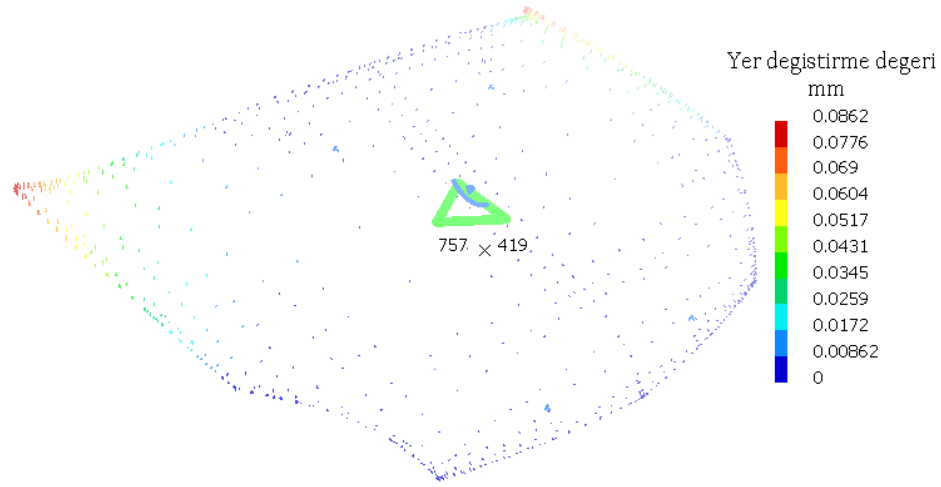
Şekil 4.19. Yüzey Üzerinde Kuvvet Gösterimi

Yapılan sonlu elemanlar tanımlamalarının ardından parça başlangıç şartlarına göre hesaplatılacaktır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler optimizasyon ekranında kullanılacaktır. Başlangıç maksimum yer değiştirme değeri, optimizasyonda hedef alınan değer olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.20).



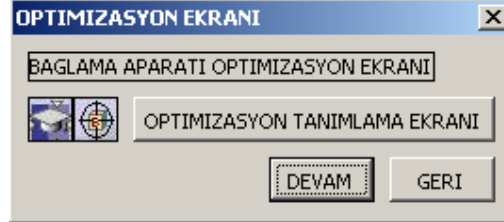
Şekil 4.20. Hesaplama Ekranı

Başlangıç değerlerine göre yapılan analiz sonucu aşağıdaki gibi alınmıştır. Başlangıç bağlama noktaları ile en yüksek sehim değeri 0.0862 mm olarak bulunmuştur. Bu değer minimum olması için optimizasyon tanımlamaları yapılmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Optimizasyon Öncesi Maksimum Deformasyon Değeri

Elde edilen başlangıç verileri üzerinden optimizasyon çalışması yapabilmek için geliştirilen makronun optimizasyon bölümü seçilir (Şekil4.22).

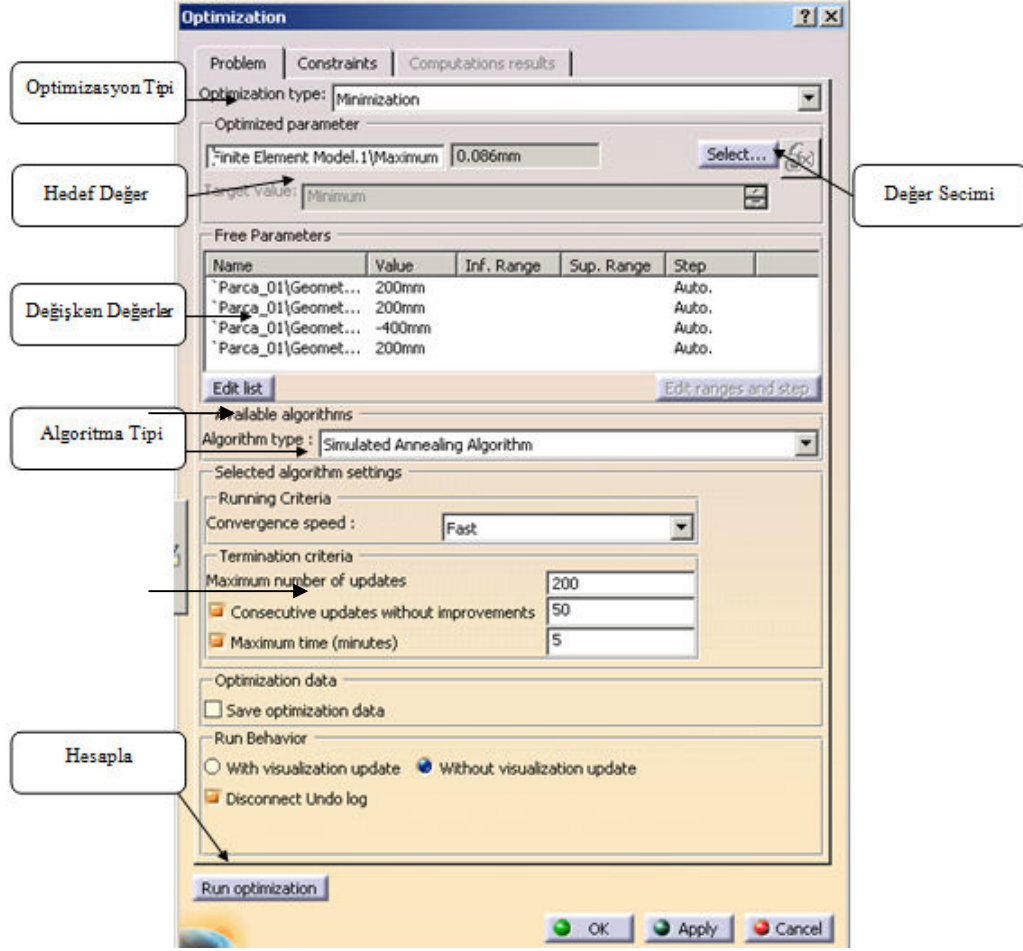


Şekil 4.22. Optimizasyon Arayüzü

Optimizasyon ara yüzünden optimizasyon tanımlama ekranı düğmesi seçilir. Secim işleminin ardından CATIA optimizasyon ekranı şekildeki gibi görülür. Bu ekranda optimizasyon değişken ve sabit değerlerin tanımlaması yapılmaktadır. Bu uygulama için optimizasyon tipi olarak minimizasyon seçilmiştir. ‘Optimized Parameter’ sekmesi içerisindeki ‘Select’ düğmesi ile başlangıç değerlerinde oluşturulan maksimum yer değiştirme değerleri ürün ağacından seçilerek optimizasyon minimizasyon değerleri olarak tanımlanmaktadır.

Kullanıcı üst menüden optimizasyon tanımlama ekranını seçtiğinde aşağıda görülen optimizasyon ekranına gelir. Burada optimizasyon için gerekli değişken, sabit, optimizasyon tipi ve optimizasyon algoritma seçimleri yapılabilir ve yapılan seçimler ile optimizasyon hesaplaması tamamlanır. Optimizasyon Algoritma tipi olarak benzetilmiş tavlama algoritması seçilmiştir.

Benzetilmiş tavlama algoritması, pek çok değişkene sahip fonksiyonların en büyük veya en küçük değerlerinin bulunması ve özellikle pek çok yerel en küçük değere sahip doğrusal olmayan fonksiyonların en küçük değerlerinin bulunması için tasarlanmıştır. Diğer olasılıksak yaklaşımlar (genetik algoritmalar, tabu arama vb.) gibi en iyi çözümün en kısa zamanda üretimini sağlar. Bu sebeple, özellikle matematiksel modellerle gösterilemeyen kombinasyon el problemlerin eniyileme uygulamalarında tercih edilir. Benzetilmiş tavlama algoritması; elektronik devre tasarımı, görüntü işleme, yol bulma problemleri, seyahat problemleri, malzeme fiziği simülasyonu, kesme ve paketleme problemleri, akış çizelgeleme ve iş çizelgeleme problemlerinin çözümlerinde başarılı sonuçlar vermiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Optimizasyon Öncesi PEO Ekranı

Optimizasyon da tanımlanan değişken değerler bağlantı noktalarının koordinatları olarak belirlenmiştir. Bu sebeple başlangıç tasarımında oluşturulan nokta koordinatları 'Free Parameters' ekranına 'Edit List' düğmesi yardımı ile girilir.

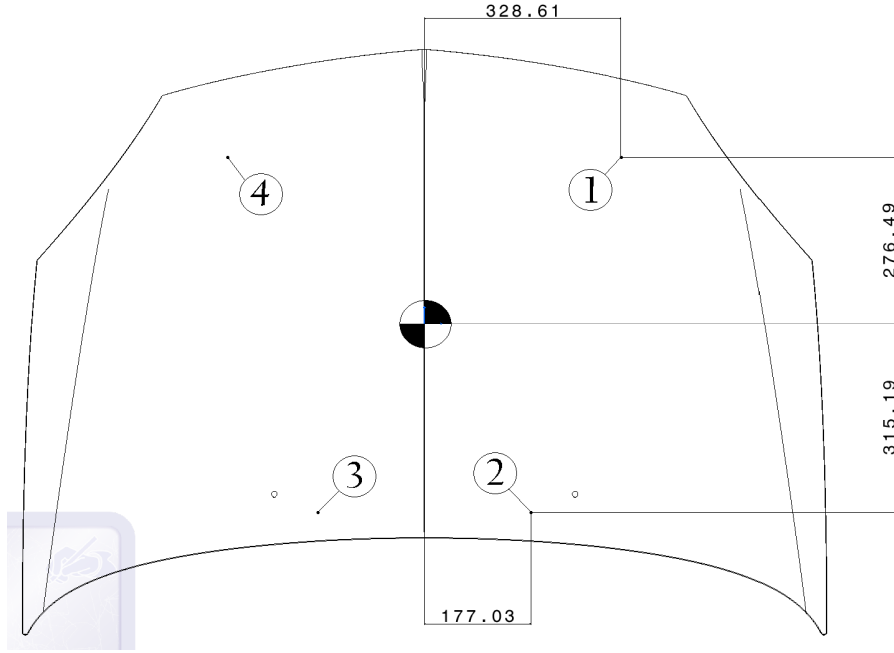
Optimizasyon parametrelerinin tanımlanmasının ardından hesaplamının başlatılması için 'Run' Optimization düğmesi işaretlenir. Ardından sizden optimizasyon çözümlerini kaydedeceği kayıt menüsü açılır ve sabit diskinizden bir alana sonuçları kaydetme işlemi yapılır. Seçim işleminin ardından optimizasyon hesaplama ekranı çıkar. Hesaplama suresince optimizasyon ekranının dolmasını beklenir.

Optimizasyon sonunda Çizelge 4.1'deki veriler elde edilmiştir. Veriler 149. hesaplamada yakınsamış ve hesaplama için en uygun değer olarak görülmüştür. 1N kuvvet altındaki bu parça için minimum 0.07 mm sehim değeri elde edilmiştir. Sehimin yakalanabilmesi için elde edilen koordinatlara göre yeni bağlama bölgeleri tanımlanmıştır (Çizelge 4.1).

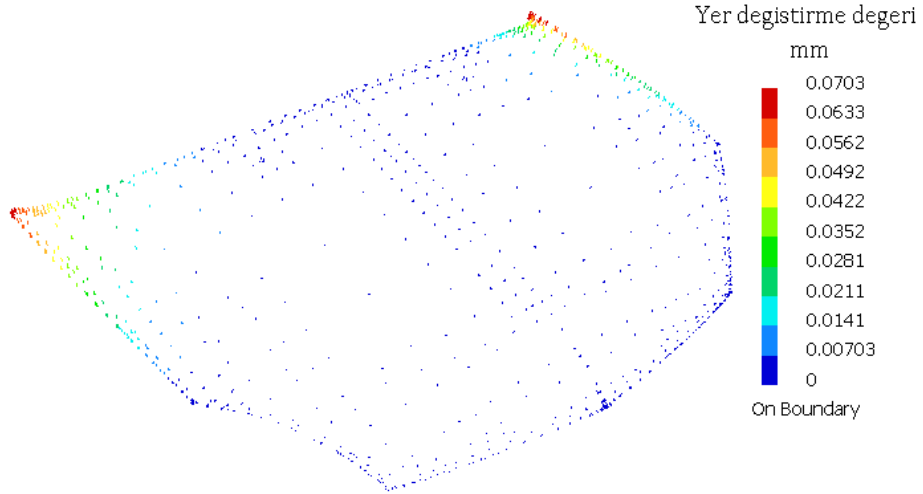
Çizelge 4.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri

No	Sehim Miktarı (mm)	1.Nokta X Koordinatı	1.Nokta Y Koordinatı	2.Nokta X Koordinatı	2.Nokta Y Koordinatı
0	0.08622	200	200	-400	200
1	0.08239	198.532	189.868	-389.720	195.125
2	0.08239	196.477	175.685	-375.329	188.300
3	0.08215	210.516	173.411	-363.452	187.43
	---	---	---	---	---
59	0.07893	277.564	187.694	-284.449	206.480
60	0.07893	285.192	199.243	-275.963	216.940
61	0.07893	295.684	182.008	-267.793	198.777
62	0.07855	320.315	181.781	-287.012	197.926
	---	---	---	---	---
147	0.0708	315.022	177.026	-276.488	328.613
148	0.0707	314.963	176.801	-276.433	325.685
148	0.0703	298.532	189.860	-389.720	195.125
149	0.0703	315.187	177.026	-276.488	328.613

Birinci nokta için ilk koordinatları X=200 mm Y=200 mm iken en uygun şekle sokma sonunda X=315.187 mm Y= 177.026 mm olarak bulunmuştur. İkinci noktanın başlangıç koordinatları X=-400 mm Y=200 mm iken optimizasyon sonunda X= -276.488 mm Y=328.613 mm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.24 Optimizasyon Sonucu Bağlama Aparatı Koordinatları



Şekil 4.25. Optimizasyon Sonrası Maksimum Deformasyon Değeri

4.5. GELENEKSEL YÖNTEM İLE GELİŞTİRİLEN ARAYÜZ FARKI

Geleneksel yöntem ve geliştirilen makro ile otomotiv endüstrisinde kullanılan iki farklı sac parçanın optimum bağlama noktaları bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan CATIA bilgisayar destekli mühendislik yazılımından faydalanılmıştır. Geliştirilen arayüz ile geleneksel çözüm yolu iki farklı yüzey model üzerinde karşılaştırılmıştır. Geleneksel çözüm yolu ile yapılan çalışma Ek1 ve Ek2’de gösterilmiştir. Aynı modeller üzerinde on farklı kalıp tasarımcısına uygulamanın faydasının belirlenmesi için Çizelge 4.2’deki sorular sorulmuştur. Sorulara verilen cevaplar beş basamakta incelenmiştir.

Çizelge 4.2. Geliştirilen Arayüz İle Elde Edilen Veriler

5 Çok Fazla	4 Fazla	3 Orta	2 Az	1 Çok Az	
-	-	-	3	7	Alan Bilgisi İhtiyacı
-	-	1	6	3	Hata Yapma İhtimali
-	-	-	1	9	Sonuç Bulma Suresi
9	1	-	-	-	Kolay Öğrenme
10	-	-	-	-	Kullanıcıya Sağladığı Bilgi Yeterliliği
6	2	2	-	-	Kullanım Rahatlığı
-	-	-	2	8	Yazılımın Kapladığı Alan
6	3	1	-	-	Hata Geri Donus Sureci
-	-	4	6	-	Yardımları İhtiyacı
-	-	7	2	1	Sistem Gereksinimi

Çizelge 4.3. Geleneksel Yöntem İle Elde Edilen Veriler

5 Çok Fazla	4 Fazla	3 Orta	2 Az	1 Çok Az	
1	9	-	-	-	Alan Bilgisi İhtiyacı
8	2	-	-	-	Hata Yapma İhtimali
10	-	-	-	-	Sonuç Bulma Suresi
-	-	-	4	6	Kolay Öğrenme
10	-	-	-	-	Kullanıcıya Sağladığı Bilgi Yeterliliği
-	-	-	5	5	Kullanım Rahatlığı
9	1	-	-	-	Yazılımın Kapladığı Alan
-	5	5	-	-	Hata Geri Donus Sureci
9	1	-	-	-	Yardımları İhtiyacı
10	-	-	-	-	Sistem Gereksinimi

Kullanıcıdan elde edilen veriler ışığında geliştirilen arayuzun avantajları elde edilmiştir.

6. Arayuzun hedefe yönelik olması kullanımını kolaylaştırmıştır.
7. İşlemlerin basamak halinde yapılması hata yapma ihtimalini azaltmıştır.
8. Bağlama noktalarının tanımlanması gibi bazı operasyonların işlem basamakları azaltarak işlem zamanının en aza indirgemıştır.
9. Hedefe yönelik çalışarak alan bilgisi ihtiyacını en aza indirmiştir.
10. Sonuç verileri diğer yazılımlar içerisinde beraber okunmaktadır.
11. Kullanıcıya kullanım rahatlığı sunmaktadır.
12. Geleneksel uygulama ile üç farklı parça kullanılmaktadır. Geliştirilen makro ile tek bir modül üzerinden çalışmalar yapılabilir. Bu maliyetin azalmasını sağlamıştır.

Günümüz endüstrisinde farklı uygulamalar için bu tarz ara yüzler geliştirilmekte ve işlerin hızlı ve hatasız olması sağlanmaktadır. Bu arayüzünde kalıp tasarımı üzerine çalışan firmalar için geliştirilerek kullanılması sağlanması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada endüstride kullanılan sac levhaların imalat süreçlerinde ağırlıklarından ya da operasyondan kaynaklanan yüklerle karşı en iyi bağlama noktalarının tespiti araştırılmıştır. Buna göre;

1. Otomotiv sektöründe kullanılan iki farklı sac parça üzerinde mesnet noktalarının optimizasyon değerleri alınmış, ardından elde edilen veriler ışığında optimum bağlama noktalarının bulunmasında bir metodoloji geliştirilmiştir.
2. Geliştirilen metodoloji bir yazılım üzerine inşa edilmiş ve bundan sonraki endüstriyel çalışmalarda prosesin hızlandırılması sağlanmış ve sistem karmaşıklığı ortadan kaldırılmıştır.
3. Elde edilen yazılım ile otomotiv endüstrisinde kullanılan iki farklı dış sac parça üzerinde optimizasyon yöntemi uygulanmış ve optimum mesnet koordinatları elde edilmiştir. Bu uygulamanın endüstride bu tarz problemlerde çözüm metodoloji olması amaçlanmıştır.
4. Sistem CATIA arayüzünde çalıştığı için diğer bilgisayar destekli yazılımlarda uygulanamamaktadır. Yazılımın geliştirilerek diğer tasarım yazılımları içerisinde entegrasyonu sağlanması hedeflenmektedir.
5. Bilgisayar destekli bağlama aparatı operasyonunun sisteme eklenerek komple sistem analizi yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Bal, H. "Optimizasyon Teknikleri" (1995).

Cai, W. "Robust Pin Layout Design For Sheet Panel Locating", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 706-713 (2005).

Chung, F. Abramovich, G. Hart, J. Lee, K., "Optimal Fixture Design for Welding of Deformable Sheet Metal Parts", *International journal, advanced manufacturing technology* 31-38 (1999).

Gene, L. Jack, H., "Flexible Multibody Dynamics Based Fixture Workpiece Analysis Model for Fixturing Stability", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 343-362 (2000).

Gopalakrisnan, K. Zaluzec, M. Deneszczyk, P., "Unilateral Fixturing of Sheet Metal Parts Using Modular Jaws With Plane-Cone Contacts". *International Conference On Robotics & Automation, International Conference On Robotics & Automation* 3953-3958 (2003).

Hunter, R. Vizan, A. Perez, J. "Knowledge Model As An Integral Way To Reuse The Knowledge For Fixture Design Process", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 1510-1518 (2005).

Li, B. Shiu, B. Lau, W., "Fixture Configuration Design For Sheet Metal Assembly With Laser Welding", *International journal, advanced manufacturing technology* 501-509 (2002).

Mendelsohn, D. Gross, T. Young, J. Chen, F. Goulet, F. "Geometry And Load Fixture Effects In The Four-Point-Bend Mixed Mode Fracture Specimen", *Engineering Fracture Mechanics* 587-604 (2001).

Kaya, N. “Kurgu Planlama ve Modüler Aparat Tasarımında Unsur Kullanımı”, *Uludağ Üniversitesi*, Bursa (1999).

Li, B. Melkote, N. “Improved Workpiece Location Accuracy Through Fixture Layout Optimization”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 871-883 (1999).

Li, B. Shiu, B.W Lau, K.J. “Weld Pattern Design for Sheet Metal Laser Welding Considering Fixturing Quality”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 418-425 (2002).

Li, B. Shiu, B.W Lau, K.J. “Principle And Simulation of Fixture Configuration Design For Sheet Metal With Laser Welding, Finite-Element Modelling and A Prediction and Correction Method” *International journal, advanced manufacturing technology* 266-275 (2001).

Nil, K. Mahadevan, S. “Strain-Based Probabilistic Fatigue Life Prediction of Spot Welded Joints”, *International Journal of Fatigue* 763-772 (2004).

Pelinescu, D.M. Wang, M.Y. “Multi Objective Optimal Fixture Layout Design”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 365-372 (2002).

Raghu, A.Melkote, S.N. “Analysis of The Effects of Fixture Clamping Sequence on Part Location Errors”, *International journal of machine tools and manufacture* 373-382 (2004)

Ratchev, S. Phuah, K. Lammel, G. Haung W. “An Experimental Investigation of Fixture-Workpiece Contact Behaviour For The Dynamic Simulation of Complex Fixture Workpiece Systems”, *Journal of Materials Processing Technology* 1597-1606 (2005).

Siebenaler, S.P. Melkote, S.N. “Prediction of Workpiece Deformation In A Fixture System Using The Finite Element Method”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 1-8 (2005).

Satyanarayana, S. Melkote, N. “Finite Element Modeling of Fixture Workpiece Contacts: Single Contact Modeling And Experimental Verification”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 903-913 (2004).

Shen, Y. Shirinzadeh, B. “Dynamic Analysis Of Reconfigurable Fixture Construction By A Manipulator”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 367-377 (2001).

Sipahi, E. “Dip Klepesinin ANSYS ile Tasarım Optimizasyonu”, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, (yayınlanmamış) 10-45 (2004).

Vallapuzha, S. Meter, E.C. Choudhuri, C. Khetan, R.P. “An Invistigation of The Effectiveness of Fixture Layout Optimization Methods”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*: 251-263 (2002).

<http://www.aws.org>

<http://memento.ieor.berkeley.edu/fixture>

<http://www.dutch-shape.nl>

<http://www.rotech.se>

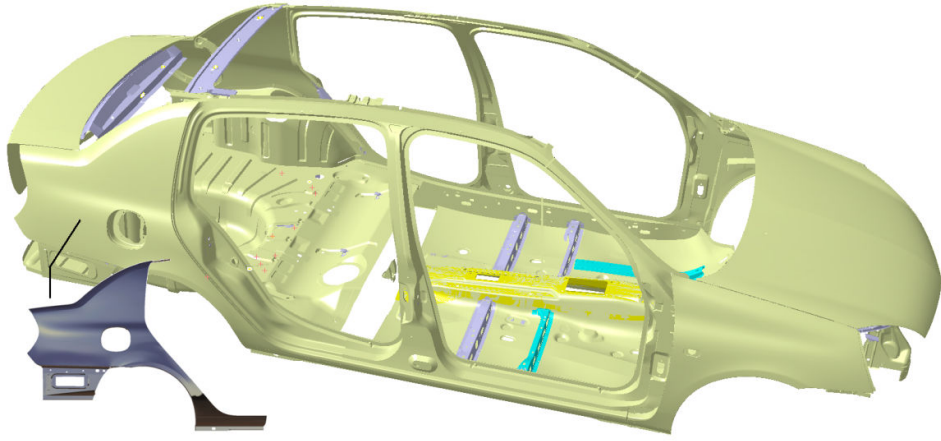
EKLER

EK AÇIKLAMALAR A

ÇAMURLUK PARÇASININ GELİŞTİRİLEN ARAYÜZ VE GELENEKSEL YÖNTEM İLE OPTİMUM BAĞLAMA NOKTALARININ BULUNMASI

EK A.1. ÇAMURLUK PARÇASININ ÖNERİLEN MAKRO İLE OPTİMUM BAĞLAMA NOKTALARININ BULUNMASI

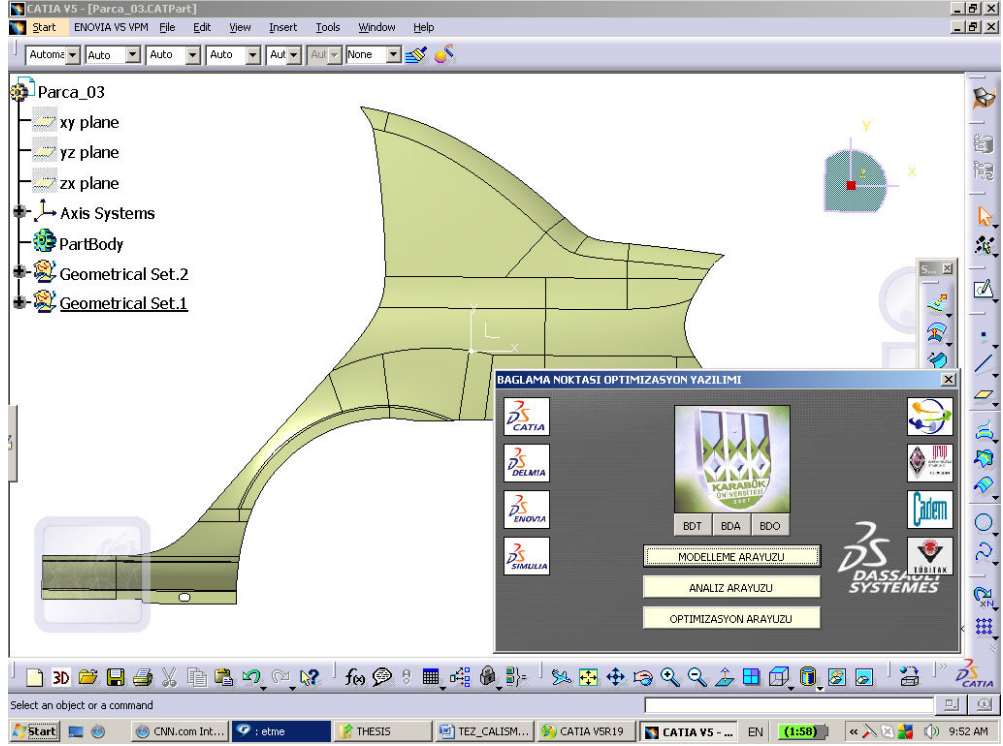
Bu uygulamada arka çamurluk parçası kullanılmış (Şekil A.1), kaynak operasyonu için bağlanma noktalarının optimum olduğu koordinatların bulunması istenmiştir. Uygulama için geliştirdiğimiz makro uygulamasından faydalanılmıştır. Optimizasyon, hesaplamaların son adımında yakınsamaya başlamış, hedef bağlama noktaları koordinatları elde edilmiştir.



Şekil A.1. Araç Kaporta Sayısal Modeli

Bu doğrultuda, geliştirilen makro uygulamasının yöntem biliminden faydalanılmış, parçanın optimum bağlama noktaları bulunmuştur. Aşağıda uygulama prosesi basamak halinde anlatılmıştır.

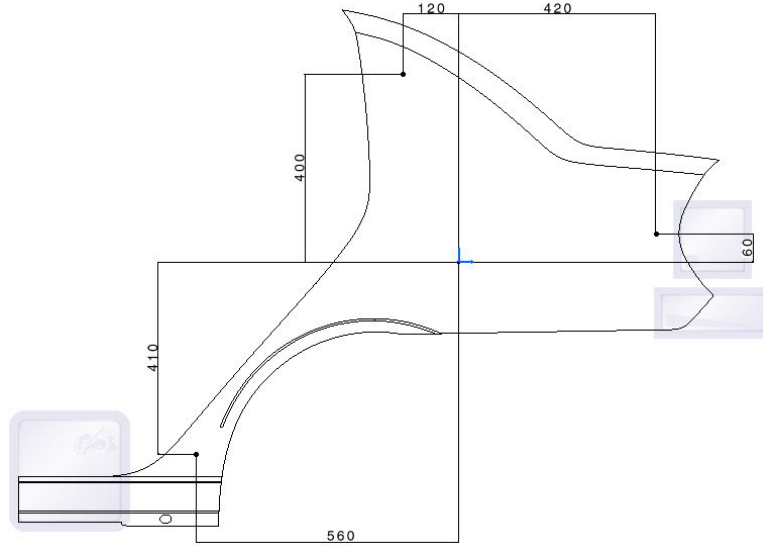
Sayısal model CATIA yazılımında üst menü içerisindeki 'File' menüsünden çağırılır. Sayısal modelin CATIA arayüzünde açılmasının ardından makro'ya Şekil A.2'de gösterildiği gibi geçiş yapılır. Standart araç takımı içerisinde oluşturulmuş düğme yardımı ile geliştirilen yazılımın çalıştırılması sağlanır.



Şekil A.2. Yazılımın Çalışma Arayüzü

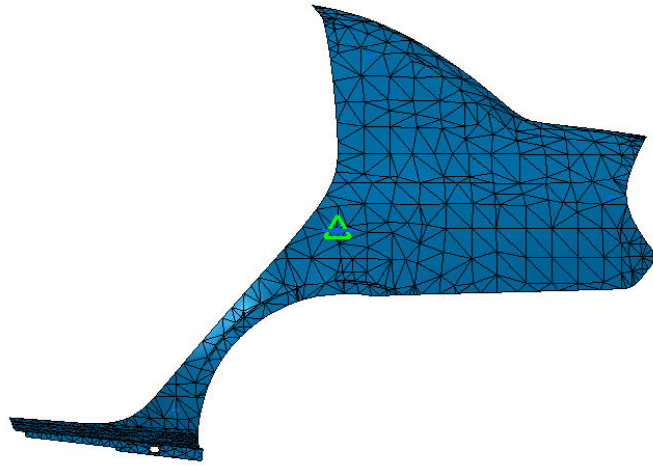
Parçanın başlangıç bağlama noktalarının tanımlanması için eksen takımının oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla yazılımın arayuzu içerisindeki modelleme düğmesi seçilir. Seçim sonrasında modelleme arayuzu karşımıza gelecektir. Modelleme arayüzündeki ilk seçenek olan eksen tanımlama düğmesi seçilir. Burada oluşturulacak eksen takimi parça kenarlarından yâda deliklerinden referans alınarak yapılması gerekmektedir. Bu eksen takimi gerçek parça ile sanal model arasında referans olacaktır. Parçanın gerçek bağlama elemanları üzerine yerleştirilmesinde parça konumlandırması bu eksen takımına göre yapılacaktır. Bu uygulamada eksen takimi şekilde görüldüğü gibi parça kenarlarından geçen ve parçayı teğet kesen doğruların kesişimlerinin ortalamasından bulunmuştur.

Oluşturulan referans takımının başlangıç bağlama noktaları oluşturulur. Oluşturulan bağlama noktalarının eksen takımına uzaklıkları Şekil A.3'deki gibi ölçülendirilmiştir.



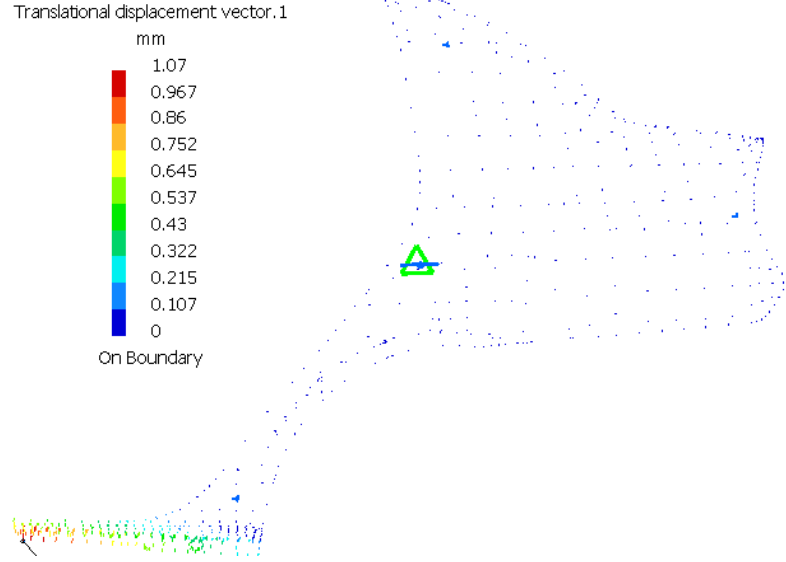
Şekil A.3. Parça Eksen Takımı ve Başlangıç Bağlama Noktası Koordinatları

Başlangıç sehim değerinin elde edilmesi için yazılım arayüzünde bulunan analiz ekranı oluşturulmuştur. Analiz hesaplamaların yapılması için gerekli sonlu elemanlar analiz tanımlamaları bu ekran altında yapılmalıdır. Mesnet tanımlaması, mesnet bağlantı şekli, başlangıç kuvvet tanımlaması gibi analiz için gerekli tanımlamalar bu ekranda alınmıştır. Uygulama için 1N kuvvet tanımlaması ve üç farklı mesnet noktası tanımlanmış aşağıdaki şekilde eksen takımına mesafeleri gösterilmiştir (Şekil A.4).



Şekil A.4. Çamurluk Modelinin Mesh Görünümü

Başlangıç değerleri ile analiz sonuçları Şekil A.5'deki gibi elde edilmiştir. Elde edilen başlangıç sehim değeri çizelgede birinci satırda görülmektedir. Optimizasyon yapılması planlanan ilk sehim değeri 1,07 mm olarak bulunmuştur

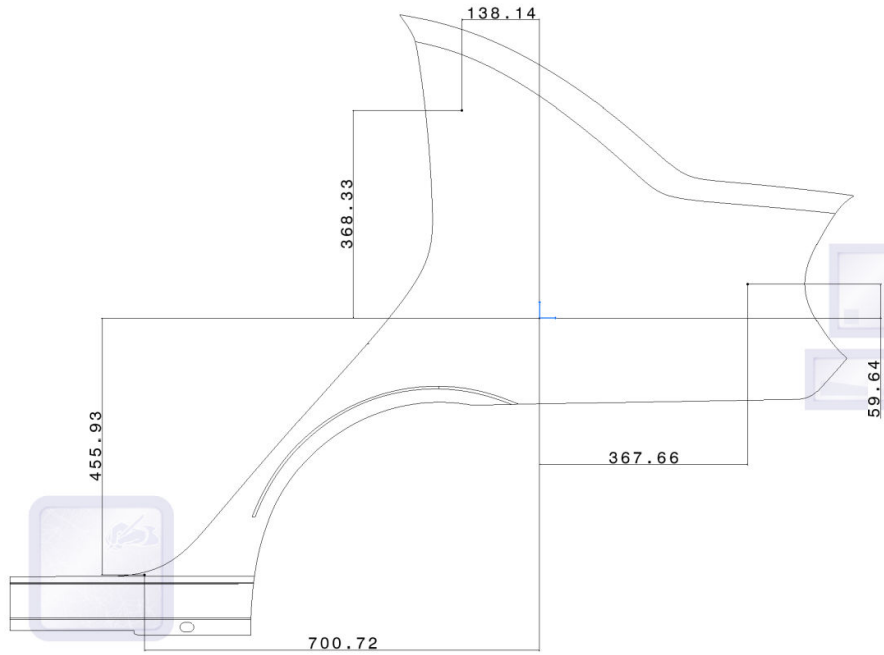


Şekil A.5. Araç Kaporta Analiz Görüntüsü

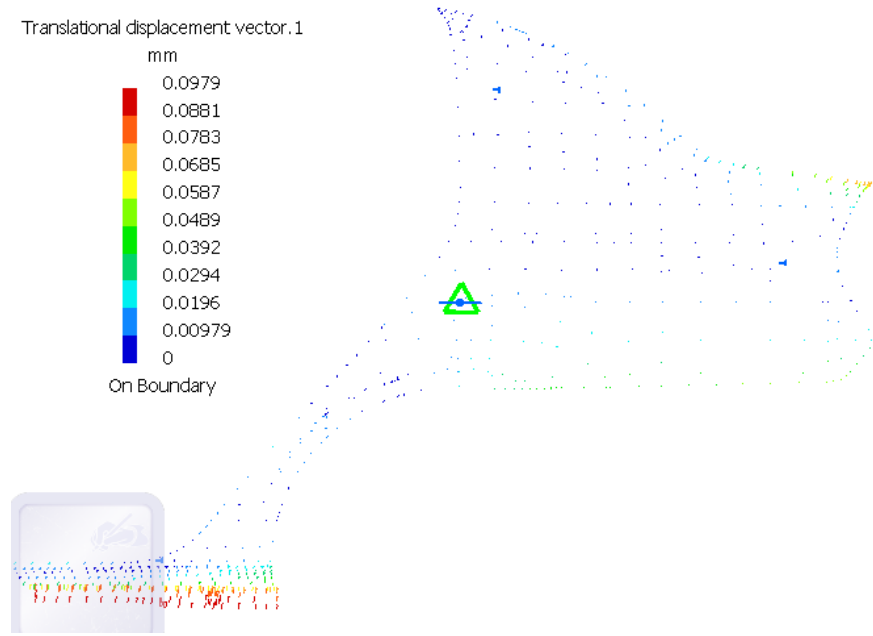
Bağlama noktası optimizasyon yazılımının son aşaması olarak optimizasyon bolumu incelenmiştir. Başlangıç analiz sonuçları ve bağlama noktası koordinatları değişken olarak optimizasyon ekranında tanımlanmıştır. Optimizasyon şekilde görüldüğü gibi çalıştırılarak çizelgenin son satırındaki optimum sehim değeri bulunmuştur. Optimum sehimin oluşması için gerekli mesnet koordinatlarda aynı satırda gösterilmiştir (Çizelge A.1).

Çizelge A.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri

No	Sehim Miktarı	1.N. X Koord.	1.Nokta Y Koord.	2.Nokta X Koord.	2.Nokta Y Koord.	3.Nokta X Koord.	3.Nokta Y Koord.
0	1.07494	-560	-410	-120	400	420	60
1	1.07494	-555.890	-389.231	-116.916	390.250	444.083	60.818
2	1.07494	-565.719	-397.065	-119.100	401.277	451.309	61.997
125	0.11377	-682.737	-467.876	-141.043	371.148	356.513	59.336
126	0.11377	-675.878	-458.642	-138.239	380.384	363.467	59.325
-	-	-	-	-	-	-	-
200	0.0978	-555.890	-389.231	-116.916	390.250	444.083	60.818
201	0.0978	-700.716	-455.932	-138.139	368.330	367.658	59.637



Şekil A.6. Çamurluk Parçasının Optimizasyon Sonucu Bağlama Noktaları

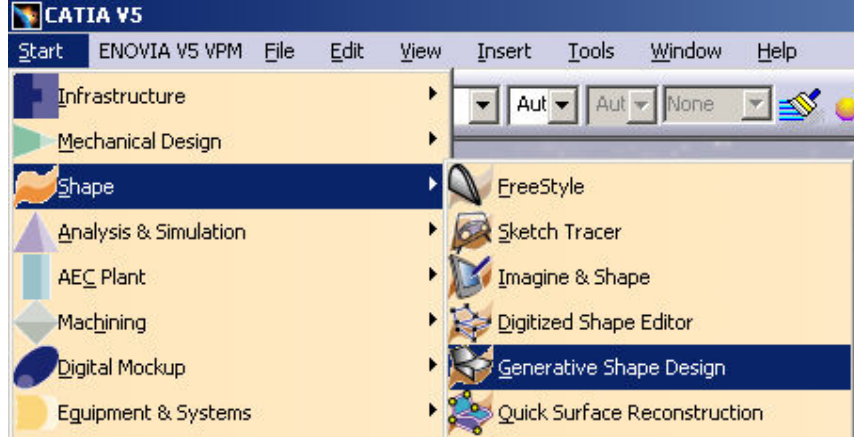


Şekil A.7. Modelin Optimizasyon Sonrası Yer Değişirme Analiz Görüntüsü

EK A.2. ÇAMURLUK PARÇASININ GELENEKSEL YAKLAŞIM İLE OPTİMUM BAĞLAMA NOKTALARININ BULUNMASI

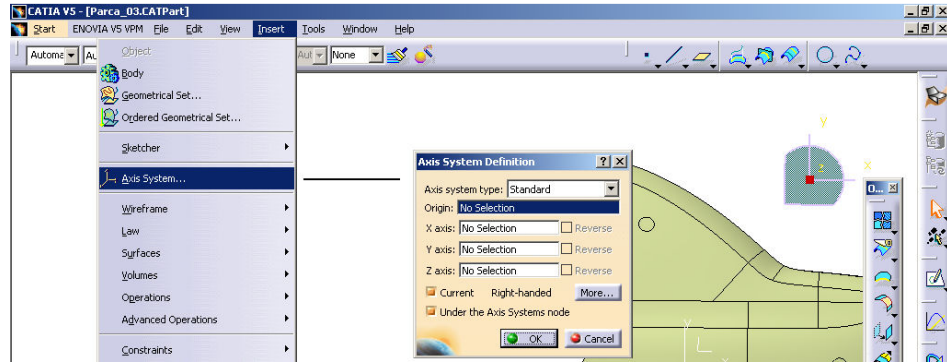
Çamurluk parçasının kaynak operasyonu için bağlanma noktalarının optimum olduğu koordinatların bulunması istenmiştir. Optimum bağlama noktaları CATIA Bilgisayar destekli tasarım yazılımı ile gerçekleştirilmektedir. Bunun için üç farklı modülden faydalanılacaktır. ‘Generative Shape Design’ modülü ile başlangıç bağlama noktalarının konumları belirlenecek, ‘Generative Structural Analysis’ ile başlangıç yer değiştirme analizi yapılacaktır. Son olarak ‘Product Engineering Optimizer’ modülü ile optimum bağlama noktaları elde edilecektir.

Ana menüden ‘File/Open’ seçilerek modelin CATIA içerisinde açılması sağlanır. Ardından ana menüden ‘Start’ / ‘Shape Design’ / ‘Generative Shape Design’ seçeneği işaretlenerek başlangıç bağlama noktalarının tanımlanacağı modelleme modülüne geçiş sağlanır (Şekil A.8.)



Şekil A.8. CATIA Modelleme Ekranına Geçiş

Referans eksen tanımlaması için ana menüden 'Insert' düğmesi seçilir. 'Insert' menüsünden 'Axis System' sekmesi seçilir. Secim sonrası 'Axis System' seçeneği Şekil A.9'daki gibi karşımıza gelecektir. Burada referansın konum bilgileri tanımlanmaktadır. Bu uygulama için ağırlık merkezi referans eksen olarak alınmıştır. Parça üzerinde herhangi bir nokta seçerek referans olarak tanımlanabilir. Bağlama noktaları bu referans eksenine göre konumlandırılacaktır.

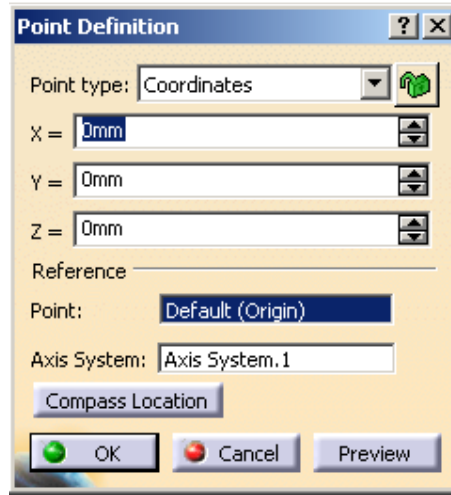


Şekil A.9. Referans Eksen Tanımlaması

Başlangıç bağlama noktası oluşturmak için Wireframe araç çubuğundan point düğmesi seçilir. Secimin ardından nokta tanımlama ekranı karşımıza gelir. Menüün en alt sekmesindeki Axis System seçeneğinde yukarıda oluşturduğumuz referans eksen takimi seçilmelidir. Bu eksen takımına göre oluşturulması istenen nokta X.Y

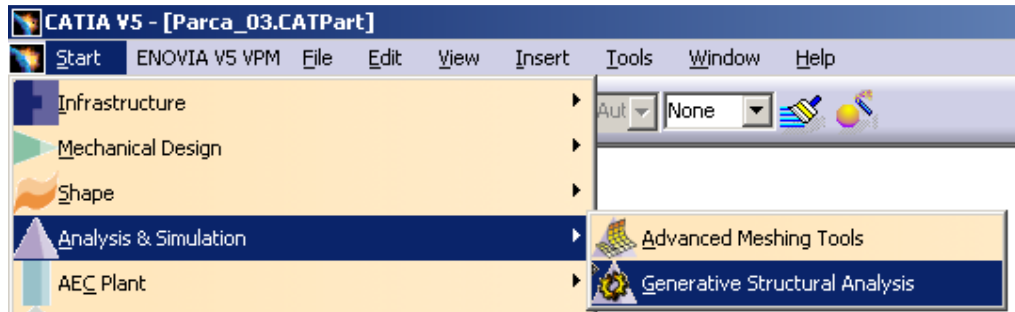
ve Z doğruyu ölçüleri girilerek oluşturulur. Bu işlem kaç tane nokta oluşturulması hedefleniyorsa hepsi için teker teker yapılır.

Oluşturulan eksen takimi referans alınarak şekildeki gibi başlangıç bağlama noktaları oluşturulur. Oluşturulan bağlama noktalarının eksen takımına uzaklıkları aşağıdaki gibi ölçüleştirilmiştir.



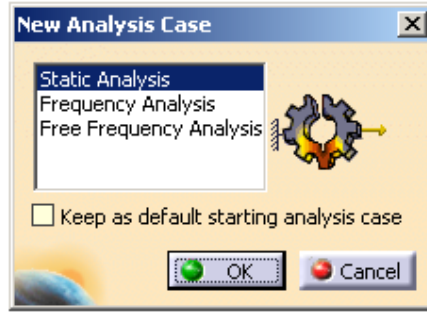
Şekil A.10. Yazılımın Çalışma Arayüzü

Başlangıç bağlama noktası oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra başlangıç sehim değeri elde işlemi için Generative Structural Analysis modülüne geçiş yapılır. Burada 'Generative Shape Design' modülünde olduğu gibi ana menüden 'Start' \ 'Analysis' & 'Simulation' \ 'Generative Structural Analysis' düğmesi seçilir (Şekil A.11).



Şekil A.11. Analiz Modülüne Geçiş

Analiz hesaplamaların yapılması için gerekli sonlu elemanlar analiz tanımlamaları bu ekran altında yapılmalıdır. Mesnet tanımlaması, mesnet bağlantı şekli, başlangıç kuvvet tanımlaması gibi analiz için gerekli tanımlamalar bu ekranda alınmıştır. Analiz arayuzu karşımıza gelmeden önce çalışmanın ne tür bir analiz çalışması olduğu New Analysis Case menüsünden seçilmelidir. Bu operasyon için statik analiz yapısı seçilmiştir (Şekil A.12).



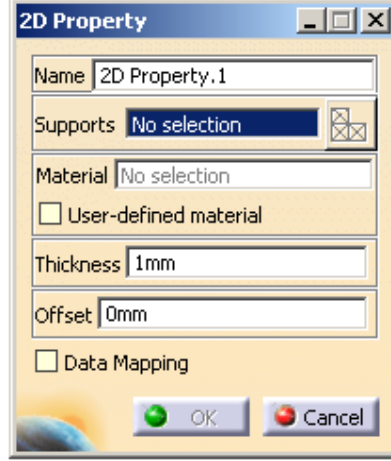
Şekil A.12. Analiz Tipinin Seçilmesi

Analiz çalışmasına parçanın mesh tanımlaması yapılarak başlanır. Model Manager araç çubuğundan Octree Triange Mesh düğmesi seçilir. Sac levha parçaları için en ideal mesh OCTREE Triangle yapısı olarak belirlenmiştir (Şekil A.13). OCTREE Triange Mesh ekranı üzerinden mesh boyutu, mutlak eğilme ve sapma miktarı değişkenleri tanımlanabilmektedir.



Şekil A.13. Model Manager Araç Çubuğu

Ağ örgüsü tanımlamasının ardından sac parçamızın malzeme özellikleri tanımlanmalıdır. Model Manager araç çubuğundan 2D Property düğmesi seçilir. Bu alanda parçanın malzeme turu ve kalınlığı gibi değişkenler girilmektedir (Şekil A.14.)



Şekil A.14. 2D Property Seçim Menüü

Malzeme tanımlaması ve parça kalınlığı değişkenlerinin tanımlanmasının ardından bağlama noktalarının tanımlanması gerekmektedir. Restraints araç çubuğundan Clamp düğmesi seçilir. Önceden oluşturulan noktalar burada tek tek secilere başlangıç bağlama bölgesi olarak tanımlanır (Şekil A.15).



Şekil A.15. Restraints Araç Çubuğu



Şekil A.16. Clamp Seçme Menüü

Bağlantı noktalarının tanımlanmasının ardından bağlantı tipi tanımlaması yapılmalıdır. Bağlama aparatları için bu uygulamada Connection Property araç çubuğundan Fastened Connection Property tipi seçilmiştir. Noktalar teker teker seçilerek bağlama tipi tanımlaması yapılır (Şekil A.17).



Şekil A.17. Connection Property Araç Çubuğu



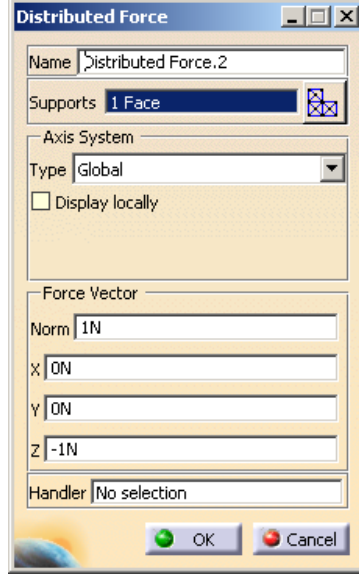
Şekil A.18. Fastened Connection Property Secim Ekranı

Bağlama noktası tanımlamalarının ardından model üzerine gelen yüklerin tanımlanması gerekmektedir. Bunun için 'Loads' araç çubuğundan 'Distributed Force' düğmesi seçilir (Şekil A.19).



Şekil A.19. Loads Araç Çubuğu

Uygulamada parça üzerine sabit 1N yük uygulanmıştır. Bu kuvvet parçanın üstüne Z doğrultusuna dik olarak oluşturulmuştur (Şekil A.20).

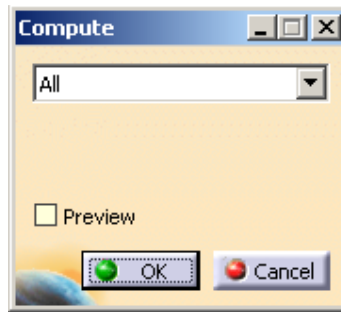


Şekil A.20. Distributed Force Seçim Ekranı

Tüm tanımlamaların ardından başlangıç sehim değerinin elde edilmesi gerekmektedir. 'Compute' araç Çubuğundan 'Compute' düğmesi seçilir (Şekil A.21). Burada alınan sonuçlar optimizasyon ekranında kullanılacak ve değerler optimize edilecektir.



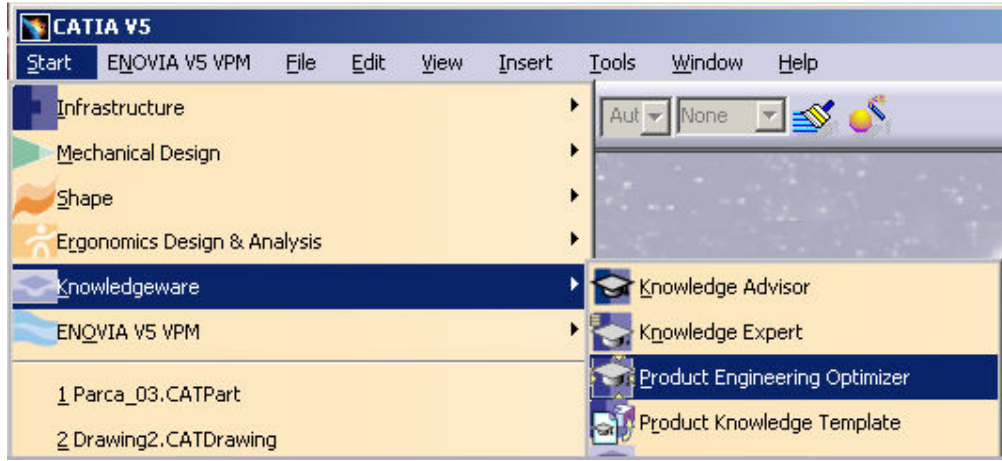
Şekil A.21. Compute Araç Çubuğu



Şekil A.22. Compute Seçim Ekranı

Başlangıç değerleri ile analiz sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen başlangıç sehim değeri çizelgede birinci satırda görülmektedir. Optimizasyon yapılması planlanan ilk sehim değeri 1,07 mm olarak bulunmuştur.

Son aşama olarak optimizasyon bolumu incelenmiştir. Başlangıç analiz sonuçları ve bağlama noktası koordinatları değişken olarak optimizasyon ekranında tanımlanmıştır. Optimizasyon modülüne Şekilde görüldüğü gibi geçiş yapılır (Şekil A.23). Optimum sehimin oluşması için gerekli mesnet koordinatlarda aynı satırda gösterilmiştir.



Şekil A.23. Product Engineering Optimizer Modülüne Geçiş

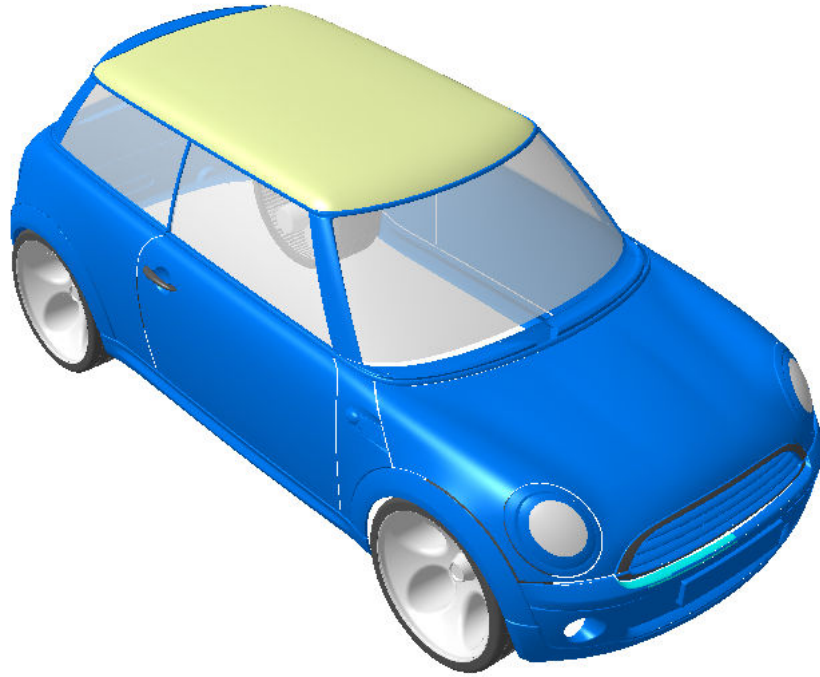
Şekil A.24'deki gibi 'Product Engineering Optimizer' araç çubuğundan 'Optimization' düğmesi seçilir. Bundan sonraki çalışma yöntemi geliştirilen yöntem ile aynıdır. Karsımıza gelen optimizasyon ekranından gerekli parametre değişkenlerinin tanımlanması ile optimizasyon hesaplaması tamamlanır.

EK AÇIKLAMALAR B

**TAVAN SAC PARCASININ GELİŞTİRİLEN ARAYUZ VE GELENEKSEL
YÖNTEM İLE OPTİMUM BAĞLAMA NOKTALARININ BULUNMASI**

EK B.1. TAVAN SAC PARÇASININ GELİŞTİRİLEN ARAYÜZ İLE OPTİMUM BAĞLAMA NOKTALARININ BULUNMASI

Bu uygulamada ön kaporta parçası kullanılmış (Şekil B.1), kaynak operasyonu için bağlama noktalarının optimum olduğu koordinatların bulunması istenmiştir. Uygulama için geliştirdiğimiz makro uygulamasından faydalanılmıştır. Optimizasyon, hesaplamaların son adımında yakınsamaya başlamış, hedef bağlama noktaları koordinatları elde edilmiştir.

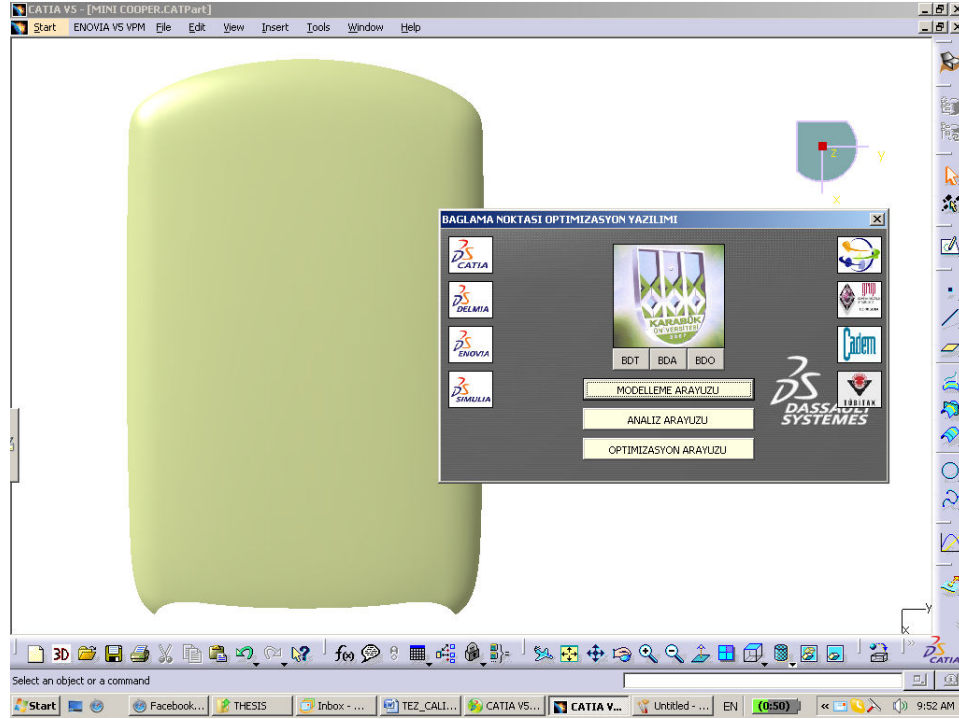


Şekil B.1. Araç Kaporta Sayısal Modeli

Bu doğrultuda, geliştirilen makro uygulamasının yöntem biliminden faydalanılmış, parçanın optimum bağlama noktaları bulunmuştur. Aşağıda uygulama prosesi basamak halinde anlatılmıştır.

Sayısal model CATIA yazılımında üst menü içerisindeki 'File' menüsünden çağırılır. Sayısal modelin CATIA arayüzünde açılmasının ardından makro'ya Şekil B.2'de gösterildiği gibi geçiş yapılır.

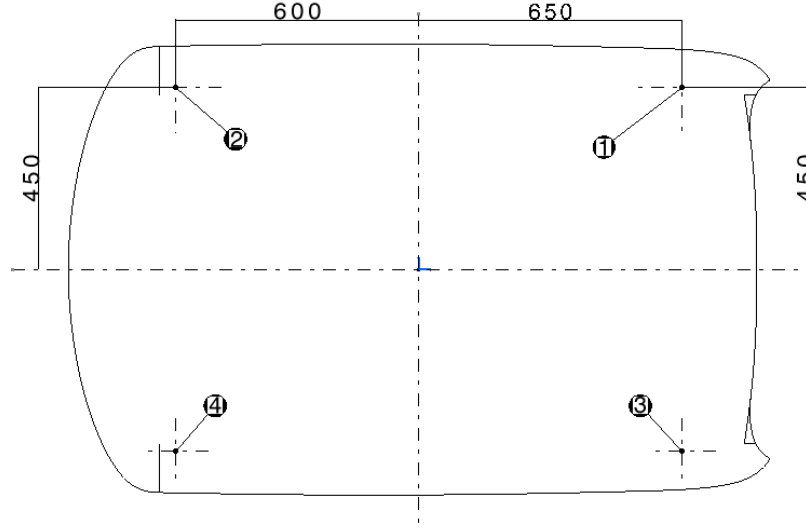
Standart araç takımı içerisinde oluşturulmuş düğme yardımı ile geliştirilen yazılımın çalıştırılması sağlanır.



Şekil B.2. Yazılımın Çalışma Arayüzü

Parçanın başlangıç bağlama noktalarının tanımlanması için eksen takımının oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla yazılımın arayuzu içerisindeki modelleme düğmesi seçilir. Seçim sonrasında modelleme arayuzu karşımıza gelecektir. Modelleme arayüzündeki ilk seçenek olan eksen tanımlama düğmesi seçilir. Burada oluşturulacak eksen takimi parça kenarlarından yâda deliklerinden referans alınarak yapılması gerekmektedir. Bu eksen takimi gerçek parça ile sanal model arasında referans olacaktır. Parçanın gerçek bağlama elemanları üzerine yerleştirilmesinde parça konumlandırması bu eksen takımına göre yapılacaktır. Bu uygulamada eksen takimi şekilde görüldüğü gibi parça kenarlarından geçen ve parçayı teğet kesen doğruların kesişimlerinin ortalamasından bulunmuştur.

Oluşturulan referans takımının başlangıç bağlama noktaları oluşturulur. Oluşturulan bağlama noktalarının eksen takımına uzaklıkları Şekil B.3'deki gibi ölçülandırılmıştır.



Şekil B.3. Parça Eksen Takımı ve Başlangıç Bağlama Noktası Koordinatları

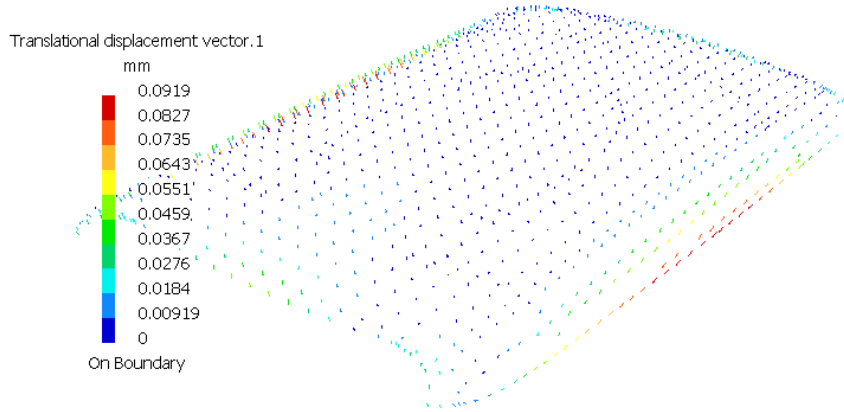
Başlangıç sehim değerinin elde edilmesi için yazılım arayüzünde bulunan analiz ekranı oluşturulmuştur.

Analiz hesaplamaların yapılması için gerekli sonlu elemanlar analiz tanımlamaları bu ekran altında yapılmalıdır. Mesnet tanımlaması, mesnet bağlantı şekli, başlangıç kuvvet tanımlaması gibi analiz için gerekli tanımlamalar bu ekranda alınmıştır. Uygulama için 1N/m^2 kuvvet tanımlaması ve dört farklı mesnet noktası tanımlanmış aşağıdaki şekilde eksen takımına mesafeleri gösterilmiştir (Şekil B.4).



Şekil B.4. Tavan Sac Modelinin Mesh Görünümü

Başlangıç değerleri ile analiz sonuçları Şekil B.5'deki gibi elde edilmiştir. Elde edilen başlangıç sehim değeri çizelgede birinci satırda görülmektedir. Optimizasyon yapılması planlanan ilk sehim değeri 0,09 mm olarak bulunmuştur



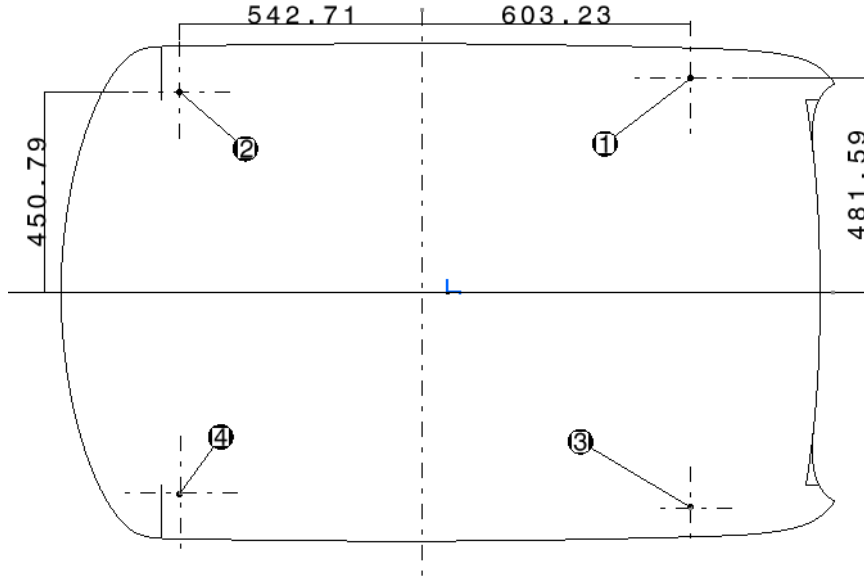
Şekil B.5. Araç Tavan Sac Analiz Görüntüsü

Bağlama noktası optimizasyon yazılımının son aşaması olarak optimizasyon bolumu incelenmiştir. Başlangıç analiz sonuçları ve bağlama noktası koordinatları değişken olarak optimizasyon ekranında tanımlanmıştır. Optimizasyon şekilde görüldüğü gibi çalıştırılarak çizelgenin son satırındaki optimum sehim değeri bulunmuştur.

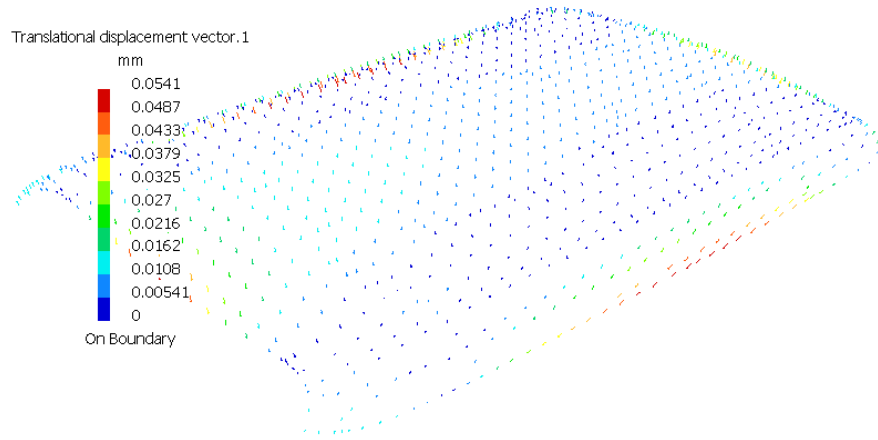
Optimum sehimin oluşması için gerekli mesnet koordinatlarında aynı satırda gösterilmiştir (Çizelge B.1).

Çizelge B.1. Optimum Bağlama Noktası Değerleri

No	Sehim Miktarı	1. Nokta Y Koordinati	1. Nokta X Koordinati	2. Nokta X Koordinati	2. Nokta Y Koordinati
0	0.0918	450	650	600	450
1	0.088	446.698	617.073	584.58	439.0321
90	0.0553	487.571	592.672	529.808	459.605
91	0.0551	487.571	592.672	529.659	459.605
92	0.0551	487.575	592.671	529.45	459.605
126	0.0541	481.109	603.368	542.723	447.463
126	0.054	446.698	617.073	584.58	439.032
127	0.054	481.588	603.234	542.711	450.786



Şekil B.6. Tavan Sac Parçasının Optimizasyon Sonucu Bağlama Noktaları



Şekil B.7. Modelin Optimizasyon Sonrası Yer Değiştirme Analiz Görüntüsü

ÖZGEÇMİŞ

Harun GÖKÇE 1983'de Çankırı'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Konya'da tamamladı. Konya Meram Anadolu Teknik Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2001 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'ne girdi; 2005'de "iyi" derece ile mezun oldu. Kanada'da uluslar arası bir şirkette Tasarım Uzmanı olarak çalışmaktadır. Halen 2009 yılında girdiği Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: 42 Chestermere Blvd. Scarborough On. M1J 2X9 Canada

Tel: +90 532 7999314 - +01 416 871 4105

E-posta: hgokce@plmcenter.net