

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ MEKANİK
TASARIM

Makine Müh. Saygın BAKIR

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr.Muharrem BOĞOÇLU

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTIMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 GİRİŞ.....	1
2 CAD/CAM SİSTEMLERİNİN GENEL YAPISI.....	2
2.1 CAD Sistemlerinin İmalatta Kullanımı.....	3
2.1.1 NC ve CNC Sistemleri.....	4
2.1.2 NC'nin Temelleri.....	5
2.1.3 NC Sistemlerinin Avantajları.....	6
2.2 CAD/CAM Sisteminin Fonksiyonları.....	6
2.3 CAD/CAM Uygulamaları.....	12
2.3.1 Otomotiv Sektöründe.....	12
2.3.2 Enjeksiyon Kalıbı Tasarımında.....	13
2.3.3 Hızlı Prototip İmalatında.....	14
2.4 CAD Yazılımlarının İç Yapısı.....	15
2.4.1 Geometri Oluşturma-Görüntüleme Safhası (Kernel-Visualization).....	16
2.4.2 Parametre-Kısıt Verme-Hareket.....	20
3 CAD / CAM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	23
3.1 2000-2005 Genel Değerlendirme.....	38
4 CAD DİZAYN PROSESİ.....	40
5 DİZAYNDA BİLGİSAYARIN KULLANIMI.....	44
5.1 Geometrik Modelleme.....	44
5.2 Mühendislik Analizi.....	44
5.3 Dizaynın Kontrolü ve Değerlendirilmesi.....	45

5.4	Otomatik Taslak Çizim.....	45
6	BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM YÖNTEMLERİ.....	47
6.1	Çizim.....	47
6.2	Tel Kafes Geometri.....	47
6.3	Yüzey Geometri.....	48
6.4	Katı Geometri.....	48
7	BİLGİSAYAR DESTEKLİ DİZAYNIN FAYDALARI.....	49
8	CAD YAZILIMLARI.....	51
8.1	Power Shape.....	51
8.2	CopyCAD.....	54
8.3	AutoCAD 2000i.....	58
8.4	AutoDesk Inventor 4.....	68
9	CAD YAZILIMLARI ÜZERİNDE YAPILABİLECEK DEĞİŞİKLİKLER.....	71
9.1	Giriş.....	71
9.2	AutoLISP Dosyalarının Yüklenmesi.....	71
9.3	LISP Dosyalarının Yapısı.....	73
10	PDM (ÜRÜN VERİ YÖNETİMİ).....	77
10.1	Özetle PDM.....	77
10.2	Veri Yönetimi Nedir?.....	77
10.3	Süreç Yönetimi Nedir?.....	79
10.4	Yararları Nelerdir?.....	82
11	BİLGİSAYAR DESTEKLİ MEKANİK TASARIM ÖRNEĞİ.....	86
12	SONUÇLAR.....	116
	KAYNAKLAR.....	117
	ÖZGEÇMİŞ.....	118

KISALTMA LİSTESİ

APT	Automatically Programmed Tool Language
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CDM	Collision Detection Manager
CL	Cutter Location
CNC	Computer Numerical Control
DCM	Dimensional Constraint Manager
DNC	Direct Numerical Control
FDM	Fused Deposition Modelling
FEA	Finite Element Analysis
FEM	Finite Element Method
HLM	Hidden Line Manager
LISP	List Processing
LOM	Laminated Object Manufacturing
MCAD	Mechanical Computer Aided Design
MDE	Multiple Design Environment
MDI	Multiple Document Interface
SET	Standard D'Echange et De Transfert
SGC	Solid Ground Curing
SL	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering
PDM	Product Data Management
PGM	Profile Geometry Manager
PLM	Product Lifecycle Management
SMP	Symmetric Multi Processing
UCS	User Coordinate System

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 "Kapak" adlı parçanın katı modeli.....	7
Şekil 2.2 Parçanın kütleli özellikleri.....	8
Şekil 2.3 Tasarım sürecinde FEA.....	9
Şekil 2.4 Bir FEA Modeli, (Solda küçük elemanlara bölünmüş model, sağda sınır şartlar altında parçanın analiz sonuçları görülmektedir).....	10
Şekil 2.5 Bir CAM yazılımında freze program doğrulama modülü.....	11
Şekil 2.6 CAD/CAM ve ürün geliştirme uygulaması.....	13
Şekil 2.7 Malzeme akış (doldurma "solda"), soğuma "ortada" ve çekme-çarpılma analizleri	13
Şekil 2.8 Tasarım süreci ve prototip.....	14
Şekil 2.9 Ürün geliştirme sürecinde prototip türleri ve süreçler.....	15
Şekil 2.10 ACIS içinde yaratılmış filtre- Autodesk Mechanical Desktop yazılımında.....	17
Şekil 2.11 Open CASCADE kullanılarak geliştirilmiş örnek model.....	17
Şekil 2.12 Arrow International, imajda görülen montajı modellemek için Unigraphics Solutions firmasının Parasolid-temelli Solid Edge yazılımını kullandı.....	18
Şekil 2.13 Varimetrix'in VX Vision UPG2 modelleme çekirdeğini kullanıyor.....	20
Şekil 3.1 1982 yılındaki katı modeller.....	24
Şekil 3.2 "The Romulus" katı modelleyicisi.....	25
Şekil 3.3 1986 yılındaki AutoCAD yazılımı.....	25
Şekil 3.4 1986 yılındaki EasyCAD yazılımı.....	26
Şekil 3.5 Airbus A320 ön kabininin katı modeli.....	26
Şekil 3.6 1988 yılında prototipleme.....	26
Şekil 3.7 1988 yılında Pro/Engineer yazılımı.....	27
Şekil 3.8 1989 yılında Reflection Mapping uygulaması.....	27
Şekil 3.9 1989 yılında NASA'da yapılan analiz.....	28
Şekil 3.10 1989 yılında insan simülasyonu.....	28
Şekil 3.11 1990 yılında sonlu elemanlar analizi.....	28
Şekil 3.12 1990 yılında Vericut NC simülasyonu yazılımı.....	29
Şekil 3.13 1990 yılında Bezier temelli sistem.....	29
Şekil 3.14 1990 yılında NASA'nın Freedom animasyonu.....	30
Şekil 3.15 1991 yılında Field View yazılımı.....	30
Şekil 3.16 1991 yılındaki yeni nesil yazılımların birinden elde edilen görüntü.....	30
Şekil 3.17 1991 yılında hızlı prototipleme yoluyla üretilen bir egzoz manifoldu modeli.....	31
Şekil 3.18 1992 yılında sanal gerçeklik teknolojisi.....	31

Şekil 3.19 1992 yılında mekanizma analizi.....	31
Şekil 3.20 1992 yılında Göze çarpan kısımların değerlendirilmesi (Highlight evaluation) ve Eğrilik derecesi değerlendirilmesi (Curvature evaluation).....	32
Şekil 3.21 1994 yılında Alias StudioPaint yazılımı.....	32
Şekil 3.22 1994 yılında Camand yazılımı.....	32
Şekil 3.23 1995 yılında nokta bulutu verisinden yüzey yaratma.....	33
Şekil 3.24 Üretim öncesi mühendislik aşamaları tamamen dijital ortamda gerçekleştirilen Dodge Intrepid modeli.....	33
Şekil 3.25 Solidworks ile yaratılan bir supercharger modeli.....	34
Şekil 3.26 CAD araçları ile tasarlanan tüketici ürünleri.....	34
Şekil 3.27 I-deas ile tasarlanan T-bird konsepti.....	34
Şekil 3.28 Plastik şişelerin gerilim testi.....	35
Şekil 3.29 Ensight yazılımı ile hava akışı analizi.....	35
Şekil 3.30 Web üzerinden çalışan ilk CAD yazılımı Alibre Design.....	36
Şekil 3.31 Alias/Wavefront Studio ile render edilen blender.....	36
Şekil 3.32 Ansys Multiphysics yazılımı.....	37
Şekil 3.33 Acc-U-Trans ile Pro/E dosyasından Catia dosyasına dönüştürülen model.....	37
Şekil 3.34 Fiziksel prototipi hazırlanmadan broşürlerde yer alan Jaguar modeli.....	37
Şekil 4.1 Genel dizayn prosedürü.....	42
Şekil 5.1. Dizayn prosesine bilgisayarların uygulanması.....	46
Şekil 9.1 AutoLISP dosyalarının yüklenmesi.....	73

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Akış.....	12
-----------------------	----

ÖNSÖZ

Günümüz mühendisliğinin önemli bir aracı olan bilgisayar ve bir mühendisin bilgisayarda kullandığı başlıca yazılım tipi olan “Bilgisayar Destekli Mekanik Tasarım Yazılımları” bu çalışmada anlaşılır bir şekilde ele alınmıştır. Aynı zamanda kısaca CAD olarak bilinen bu yazılımların benzer tip diğer yazılımlar ile, ve oluşturduğu veriyi kullanarak çalışan aygıtlar ile ilişkileri işlenmiştir.

Güncel ve önemli konuları barındıran bu çalışmada dikkate değer bir başka ayrıntı ise, kaynakların büyük bir çoğunluğunun internet kaynaklı olmasıdır. Bu, çalışmanın içerdiği konu ile bağdaşan bir özelliktir ve çağımızda bilgiye nasıl ulaşılabileceğine ve bilginin nasıl kullanılacağına bir ışık tutar.

Çalışmamın hazırlanmasında yardım ve desteklerini gördüğüm tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Muharrem BOĞOÇLU'ya, eski çalıştığım işyeri olan Geometri A.Ş.'nin sahibi ve genel müdürü Mak.Müh.Eyüp ERGEÇEN'e ve aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Rekabetin gittikçe arttığı, dolayısıyla verimli, doğru ve hızlı çalışmanın gittikçe önem kazandığı günümüz iş hayatında mühendislik kavramı da aynı paralelde güçlenmek zorundadır. Teknoloji dünyası hızla gelişmektedir ve takip etmek zorlaşmaktadır. Mühendislik dünyasında teknoloji açısından en hızlı gelişmeler de bir ürünün ortaya çıkmasında ve seri imalatında yaşanan tüm süreçlerde hız ve doğruluğu sağlayan “Bilgisayar Destekli Tasarım” yazılımlarında olmaktadır.

Bu çalışmada; kısaca CAD diye tabir edilen bu tür yazılımların iç yapıları, imalatta kullanımları, tarihçesi, kullanım süreçleri, yöntemleri, faydaları yer almakta, ayrıca en çok kullanılan birkaç örneğin açıklamaları bulunmaktadır. Bazı kısımlarında ise yakın gelecekte CAD ve PLM dünyasında ne gibi gelişmeler olacağı işlenmektedir. Ele alınan konu görsel bir konu olduğu için mümkün olduğu kadar çok şekil ile anlatıma yer verilmiştir. Ayrıca yabancı kelimelerin çok kullanıldığı ve bazı kelimelerin Türkçe karşılığının bile bulunmadığı bir dünya olmasından dolayı, çokça kullanılan bazı terimlere Türkçe karşılık önerileri verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Destekli Mühendislik, Bilgisayar Destekli İmalat, Ürün Yaşam Çevrimi, Taslak, Unsur, Obje, Prototip, Araç, Çekirdek, Katı Model, Yüzey, Kısıt

ABSTRACT

In today's business life where competition is getting warmer so, productivity, accuracy and fast working being more important, the engineering concept has to be more powerful. The world of technology is developing and it is hard to follow. The fastest developments are in the field of "Computer Aided Design" softwares. These softwares are making it able to be faster and accurate at all the periods of innovating a new product and manufacturing processes.

In this work, you can find the inner structure, the usage in production, history, usage periods, methods, values of CAD and plus some types of most-used CAD softwares. Besides, there are some opinions regarding the developments of CAD and PLM world. The theme dealt with in this work is visual so there are as many figures as it is possible. Plus, there are some suggestions regarding the Turkish meanings of some most-used terms which are in foreign languages because there are so many terms especially in English and some of them do not have a meaning in our mother tongue.

Keywords: Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM), Computer Aided Engineering (CAE), Product Lifecycle Management (PLM), Sketch, Feature, Object, Prototype, Tool, Kernel, Solid Model, Surface, Constraint.

1. GİRİŞ

CAD / CAM bilgisayar destekli dizayn ve bilgisayar destekli imalat anlamına gelen terimlerdir. Dizayn ve üretimde bir takım fonksiyonları yerine getirmek için dijital bilgisayarların kullanılmasıyla ilgili bir teknolojidir.

Bilgisayar destekli dizayn (CAD), mühendislik dizaynının ortaya çıkarılması, geliştirilmesi, analizi ve modifikasyonu desteklemek için bilgisayar sistemlerinin kullanılması olarak tanımlanabilir. Ürün tasarımcılarına; tasarımı yapılan ürünün geometrik bir temsilinin oluşturulması, ölçülendirme, tolerans verme, konfigürasyon (versiyon) yönetimi, arşivleme, parça ve montaj bilgisinin takımlar, organizasyonlar arasında paylaşılmasını sağlama, sonraki tasarım adımlarını besleme, analiz (CAE), imalat (CAM) konularında yardımcı olan metodlar ve araçlar grubundan oluşan bir bilgisayar sistemi olarak tam tanımı yapılabilir. CAD sistemi, kullanılan bir donanım (hardware) yazılım (software) ve kullanıcı üçlüsünden oluşur.

CAD donanımı, tipik olarak bir bilgisayarı, bir veya daha fazla grafik gösterimli terminali, klavyeyi, yazıcıyı, çiziciyi, sayısallaştırıcıyı ve diğer çevresel donanımı içerir.

CAD yazılımı, sistem üzerinde bilgisayar grafiklerini uygulamak için bilgisayar programlarını ve kullanıcı firmanın mühendislik fonksiyonlarını kolaylaştırmak için şu programların kullanılmasını içerir. Bu uygulamalar;

Çekme – yorulma deneyleri, mekanizmaların dinamik yapı analizleri, ısı transfer hesaplamaları ve nümerik kontrollü parça programlarıdır.

Bilgisayar destekli imalat (CAM), bir imalat tesisinin üretim kaynakları arasında oluşturulan bir bilgisayar etkileşim alanı vasıtasıyla tesisin faaliyetlerini ister direkt ister indirekt olarak planlaması, yönetimi ve kontrolü için bilgisayar sistemlerinin kullanımı olarak tanımlanabilir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere CAM' in uygulamaları iki geniş kategoriye ayrılır:

- a. Bilgisayarlı Gözetim ve Kontrol:** Bilgisayarların prosesin gözlenmesi veya kontrolü amacıyla imalat prosesine doğrudan doğruya bağlandıkları direkt uygulamalarıdır.
- b. İmalat Destek Uygulamaları:** Bilgisayarla imalat prosesi arasında direkt bir etkileşimin olmadığı, bilgisayarın tesis içindeki üretim faaliyetleridir.

2. CAD / CAM SİSTEMLERİNİN GENEL YAPISI

“ Bilgisayar Destekli ” ya da “ Bilgisayar Yardımlı ” kavramının etkinlik kazanması son 15 – 20 yılın ürünüdür. Ülkemizdeki gelişmeler dünya çapındaki bilgisayar destekli tasarım ve üretim uygulamalarına kıyasla daha yeni ve bir ölçüde de başlangıç aşamasındadır. Buna rağmen özellikle “ Bilgisayar Destekli Üretim ” dünya genelinde yeni gelişmeler göstermektedir ve özellikle “ Üretim Mühendisliği ” yeni bir meslek dalı olarak üniversitelerde gerçekleştirilme düzeyine gelmiş bulunmaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım aracılığıyla bilgisayar grafikleri, tasarımda devrim sayılabilecek gelişmeler sağlamıştır. Buna bağlı olarak üniversitelerde hem var olan mühendislik öğretim programlarının yeniden gözden geçirilmesi zorunluluğu doğmuş, hem de yeni bir disiplin olarak “ Üretim Mühendisliği ” gündeme gelmiştir.

Bilgisayar destekli imalat / tasarım genel anlamda bilgisayar teknikleri kullanan yeni bir çok disiplini içeren teknolojik alandır. Bu alanda çalışacak elemanların yüksek düzeyde yetişmiş olmaları gerekmektedir. Değişik mühendislik düzlemlerinden ortak bir proje üzerinde çalışacak takım üyelerinin ortak bir kavram bütünlüğüne ve ortak bir teknik dile sahip olmaları gerekmektedir.

CAD / CAM koşullarında önemli bir öge de bilgisayar grafikleridir. Bunlar tasarımcıya yeni bir ufuk yeni bir dünya açmıştır. Bilgisayar grafikleri ile üç boyutlu şekiller üzerinde düşünme ve istendiği biçimde müdahale olanakları doğmuştur. Bir motor ya da bir binanın değişik yönlerden kesitlerini değişik yönlerden görebilecek tasarımın başarı şansı arttırılabilmekte çok kısa sürede üretilen teknik resimlerle üretimde yer alanların karar alma verimlilikleri yükselebilmektedir. Bilgisayar grafikleri ile birlikte “ Sonlu eleman yöntemleri” tasarımcıya yeni düşünce boyutları açmıştır.

Özellikle son on yıl içinde (CAD / CAM) alanında meydana gelen önemli gelişmeler, bilgisayar destekli çizim dizgeleri mühendislik çözümleri ve makine işlemlerinin sayısal denetimi gibi uygulamalı alanlarda olmuştur. CAD / CAM’ in ilk örnekleri uygulanmaya başlandığı zaman, birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleştirilmekte ve tekil program uygulamalarında olduğu gibi veriler elden hazırlanmaktaydı. Buna bağlı olarak da tasarım ve üretim verilerinin işlenmesinde maliyet yüksek olmaktaydı. Zamanla mühendisler ve bilgisayar araştırmacıları veri akışındaki boşlukların farkına vararak bunları gidermeye çalışmışlardır. Bugün tasarım, üretim ve işletmecilikte CAD / CAM uygulamaları bilgisayar ile entegre edilmiş veri tabanları olmadan yapılamamakta, yapılsa da uygulama boyutları küçük olmaktadır. Bu bakımdan veri tabanı sorunu CAD / CAM dizgeleri ile veri tabanları

arasındaki uyum, aynı zamanda üretilmemeleri nedeni ile verimsiz ya da pürüzlü olabilir. Bu bakımdan söz konusu uyumsuzlukların yeniden gözden geçirilerek daha yeni kolaylıkların geliştirilmesi çalışmaları hız kazanmış durumdadır.

2.1 CAD Sistemlerinin İmalatta Kullanımı

1980 'lerde bilgisayarın NC (Numerical Control) kontrol üniteleri (entegre devreler) yerine kullanılmaya başlaması ile CNC (Computer Numerical Control) sistemleri daha kullanışlı, hızlı ve daha doğru parça üretiminde kullanılmaya başlanılmıştır. Grafik ekranda tasarlanmak istenilen parçanın katı modeli oluşturulup gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra, değişik şekillerde üretimi yapılabilmektedir. Bu şekilde ürün tasarımında kısa geliştirme zamanları ve düşük maliyetler elde etmek mümkün olabilmektedir. Bunun yanında bilgisayar ortamında analiz ve simulasyon imkanları kullanılarak daha doğru ve güvenilir tasarımlar yapılabilmektedir. Tüm bunlar uzun tasarım sürecini en aza indirmiştir.

Bilgisayar sistemlerinin imalatta, katı model parçalar oluşturma, tanımlama, analiz ve tasarımın optimizasyonu gibi işlerde kullanılması CAD (Computer Aided Design) olarak adlandırılır. Bu sistemler genel olarak yazılım ve donanım kısımlarından oluşur. Yazılım kısmı, parçaların gerilme-şekil değişimi analizinin yapılabildiği programlar, mekanizmaların dinamik cevapları, ısı transferi hesapları ve NC parça programlama gibi modülleri kapsamaktadır. CAM (Computer Aided Manufacturing) olarak isimlendirilen süreç ise, bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat işleminin kontrolünün doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmasıdır.

CAD/CAM sistemleri imalatta, tasarım, analiz, süreç planlama, parça programlama, program doğrulama, parça işleme, ve muayene gibi fonksiyonları etkin ve doğru bir şekilde yerine getirebilmektedir. Bu çalışmada, bilgisayarın kullanıldığı imalat metotlarından en önemlileri incelendi. İmalat ile CAD/CAM sistemlerinin entegrasyonunun nasıl yapılabileceği ve imalatın, uygulanan metoda göre hangi aşamasında ve ne şekilde kullanılabileceği araştırıldı. CAD/CAM fonksiyonlarının ilgili imalat metoduna uygulanmasının hangi aşamalarda yapılabildiği incelendi. İncelenen imalat metotları; otomotiv uygulaması, plastik enjeksiyon ve hızlı prototip imalatı. Bu uygulama alanlarında CAD/CAM sistemleri, karmaşık parçaların kolay ve esnek bir şekilde tasarlanmasına, analizin yapılabilmesine ve doğru bir şekilde kalıp imalatının yapılabilmesine imkan tanımaktadır.

2.1.1 NC ve CNC Sistemleri:

Sayısal Kontrol (Numerical Control-NC), II. Dünya savaşı sırasında, karmaşık ve daha doğru parça üretiminin sağlanabilmesi artan ihtiyaca cevap verebilmek için metal kesme endüstrisinde hızla gelişmiştir. 1952 yılında ilk olarak üç eksenli bir makine (Cincinnati Hydrotel Milling Machine) geliştirilmiştir. Dijital kontrollü bu tezgah ve teknolojisi NC olarak adlandırıldı. İlk gözlenen avantajları, karmaşık parçaların daha doğru imali ve kısa üretim zamanları idi [1]. İlk NC kontrolörü için 1950 'lerde vakum tüpler kullanıldı. Bunlar oldukça büyük parçalardı. 1960 'larda elektroniğinde gelişmesiyle dijital kontrollü transistörler kullanıldı. Üçüncü gelişme olarak ta; NC kontrolörü olarak entegre devre çipleri (chip) kullanılmaya başlandı. Bunlar ucuz, güvenilir ve küçük elemanlardı. En önemli gelişme; kontrol üniteleri yerine bilgisayarın kullanılması oldu (1970 'lerde). Böylelikle CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) sistemleri ortaya çıktı. CNC, basit NC fonksiyonlarını sağlayabilen ve bir karar veren bilgisayar sistemi bulunduran tek makinelerden oluşan sistemdir. DNC, bazı işleme sistemleri tek bir bilgisayardan kontrol edilir. CNC çok daha yaygın hale gelmiştir. Nedeni, esnek olması ve daha ucuz yatırımlar gerektirmesidir. Uygulama alanları; metal işleme, kaynak ve lazer ışını ile kesmedir.

CNC sistemlerinin yazılımları aşağıdaki ana grupları içerirler;

1. Parça Programı
2. Servis Programı
3. Kontrol Programı

Parça Programı: Genel olarak parça geometrisi ve işleme sırasındaki teknolojik bilgileri içerir.

Parçanın geometrisini yani takım yolunu ve kesme şartlarını tanımlar. Dönme hızı, ilerleme hızı, kesme hızı ve soğutma sıvılarını ve takım seçimlerini kapsar.

Servis Programı: Kontrol, düzeltme ve parça programının değiştirilmesi gibi işlemlerin yapıldığı ortamdır.

Kontrol Programı: Parça programını giriş bilgileri olarak alınarak, sinyallere dönüştürülüp hareket elemanlarına iletme işini yapar.

CNC kontrolleri özellikle 1980 'lerde daha güçlü ve kullanımı kolay bir hale gelmiştir. Test ve simulasyon gibi modüllerin eklenmesi ile daha güvenli işlem yapabilme olanağı sağlanmıştır. Modern makine kontrolleri yerel ağlarla (Local Area Network-LAN) diğer sistemler ile bilgi alış-verişi yapabilmektedir. Bu şekilde esnek imalatlar sistemlerin gelişmesi kolaylaşmıştır. NC sistemleri, tornalama, frezeleme, delme, taşlama, delik genişletme ve EDM (Electro Discharging Machine) makinelerinde başarı ile uygulanmaktadır.

CNC'lerin genel olarak kullanım alanları üç ana grupta toplanabilir;

1. İşleme Merkezi: Birkaç iş aynı tezgahta yapılabilir. Freze, delme ve delik genişletme gibi...
2. Tornalama Merkezi: Otomatik takım değiştirme sistemini de kapsayan tornalama işlemlerinin yapıldığı tezgah...
3. İşleme ve Tornalama Merkezi : Tornalama, frezeleme, delik delme, delik genişletme, taşlama gibi operasyonları kapsayan tezgahlar
4. Diğer NC makineler: Kaynak makineleri, çizim makineleri, muayene sistemleri, EDM, Laserle kesme gibi....

2.1.2 NC'nin Temelleri

Tipik bir NC ve CNC sistemi parça programına ihtiyaç duyar. Bu program bloklar halinde düzenlenir. Her blok sayısal bilgi içerir. Bu bilgiler parça geometrisi ve işlemeye bağlı teknolojik bilgileri kapsar. Klasik işleme ile NC sistemi karşılaştırıldığında; Klasik yöntemde, bir operatör parçayı istenilen şekilde işler. Kesme işlemi operatörün görmesi ve karar vermesi ile gerçekleştirilir. NC sistemde tecrübeli bir operatöre ihtiyaç yoktur. Yalnızca işlemlerin monitörden izlenmesi gereklidir. Bunun yanında parçanın tezgaha bağlanması ve alınması gereklidir. Parça programı manual olarak veya bilgisayar destekli bir dilde (Automatically Programmed Tool Language-APT) yapılabilir.

NC ve CNC makinelerde her eksen hareketi ayrı bir tahrik devresi ile kontrol edilir. Tahrik için bir DC motor, hidrolik aktuatör veya step motor kullanılabilir. Bunların seçimi istenilen güce göre değişir. Her hareket ekseninin ayrı bir kontrol çevrimi vardır. CNC sistemlerde iki tür kontrol devresi vardır. Kapalı kontrol devresinde mevcut pozisyon ile istenilen pozisyon karşılaştırılıp aradaki hata 0 (sıfır)'a getirilmeye çalışılır. Bu negatif bir geri besleme türüdür. Kontrol ünitesinden çıkan sinyaller, bir komparatör yardımıyla motora verilir; motor ve iletim sistemi kızıkla birlikte harekete geçer. Sezgi elemanı sürekli olarak kızığın gerçek konumunu ölçer ve komparatöre geri gönderir, burada gerçek değer ile istenilen konum karşılaştırılır. Farka göre motor yavaşlatılır veya hızlandırılır. Açık kontrol devresinde motora verilen sinyaller, motora ve buna bağlı olan ilerleme sistemini harekete geçirir ve kızıkları istenilen konuma gelir. Burada hareketi kontrol eden bir sezgi elemanı yoktur. Kızığın tam olarak istenilen konuma gelmesi bu sistemde ancak step motor ile mümkündür.

2.1.3 NC Sistemlerinin Avantajları

NC sisteminde insan faktörü azaltılarak hatalar minimum seviyeye indirilebilir. Bu sistemde bir operatör bir kaç makineye bakabilir. Klasik metotta bir adımdan diğer adıma geçerken bir duraklama yaşanır. Çünkü operatör kesmenin doğru olup olmadığını anlamak için ölçüm yapmak zorundadır. Operatörün yorulması ile üretim hızı düşer. NC sistemde böyle bir problem yoktur. Çünkü doğruluk her zaman nümerik kontrolle sağlanır. NC sisteminde yüksek doğrulukta parça üretilebilir. Karmaşık parçalar kolay ve doğru bir şekilde üretilebilir. Genel olarak özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Tam bir esneklik
- Yüksek doğruluk
- Karmaşık parçaların imali
- Kısa üretim zamanı
- Yüksek verimlilik

Programlama ise şu şekilde gerçekleştirilebilir:

- Elle yapılarak G-kodu çıkarma
- APT gibi programlama dilleri kullanılarak
- Grafik etkileşime dayanan sistemlerle; CAM
- Modele veya prototipe dayanan sayısallaştırma (digitizing) tekniği ile tersine mühendislik

Programlama işlemi şu an kullanılan CAD/CAM sistemlerinde otomatik olarak gerçekleştirilir

2.2 CAD/CAM Sisteminin Fonksiyonları:

CAD, bilgisayar sistemlerinin kullanılarak parça oluşturma, değiştirme, analiz ve tasarımın optimizasyonu gibi işlemleri kapsamaktadır. Bu sistemler yazılım ve donanım kısımlarından oluşur. Yazılım olarak, parçaların gerilme-şekil değişimi analizinin yapılabildiği programlar, mekanizmaların dinamik cevapları, ısı transferi hesapları ve NC parça programlama gibi örnekleri verilebilir.

CAM, bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat sürecinin kontrolünde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılarak yapılan işlemleri kapsamaktadır. İmalatta CAM örneği olarak NC parça programlamanın bilgisayar yardımıyla yapılması verilebilir. CAD/CAM teknolojisi tasarım ve imalatın daha fazla entegrasyonu yönünde gelişmektedir. CAM aşağıda sıralanan fonksiyonları yerine getirebilmektedir.

- Tasarım
- Analiz
- Çizim
- Süreç Planlama

- Parça Programlama
- Program Doğrulama
- Parça İşleme
- Muayene

Bu fonksiyonlar aşağıda açıklanmıştır.

Tasarım: Tasarımcı kafasındaki fikirleri bir grafik ekranına yansıtabilir (Şekil 2.1). Parçaların birbirine uygunluğunu görülebilir. Parametrik tasarım gerçekleştirilerek benzer ürün ağacından parçaların tasarımı için süre kazanmış olur. Değişken parametreler girilerek istenilen tasarım parametrik olarak elde edilebilir. Bu parametreler optimize edilebilir veya diğer bazı özelliklerin fonksiyonu olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.1 "Kapak" adlı parçanın katı modeli

Analiz olanakları: Tasarlanan parçanın ve onun kullanılarak oluşturulduğu montajın kütleli özellikleri tespit edilebilir ve sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method -FEM, Finite Element Analysis - FEA) kullanılarak çok amaçlı analizler yapılabilir.

Kütleli özellikler olarak; montajı oluşturan her bir parçanın ağırlığı, kesit atalet momenti, bir noktaya göre kütleli atalet momenti, ağırlık merkezi gibi büyüklükler kolayca elde edilebilir. Yine bu büyüklükler parametrik olarak tanımlanabilir. Parçanın bir boyutuna veya özelliğine göre tanımlanabilir ve optimize edilebilir. Yukarıda Şekil 2.1'de görülen "Kapak" adlı parçanın kütle özellikleri ilgili yazılımdan çıkarılmıştır.

VOLUME = 3.9287990e+03 MM ³		
SURFACE AREA = 2.8407676e+03 MM ²		
DENSITY = 2.7102000e-09 TONNE / MM ³		
MASS = 1.0647831e-05 TONNE		
CENTER OF GRAVITY with respect to KAPAK coordinate frame:		
X	Y	Z
0.0000000e+00	4.9931791e+00	0.0000000e+00
MM		
INERTIA with respect to KAPAK coordinate frame: (TONNE * MM ²)		
INERTIA TENSOR:		
Ixx	Ixy	Ixz
5.9197519e-04	0.0000000e+00	0.0000000e+00
Iyx	Iyy	Iyz
0.0000000e+00	1.7486712e-03	0.0000000e+00
Izx	Izy	Izz
0.0000000e+00	0.0000000e+00	1.8664661e-03
INERTIA at CENTER OF GRAVITY with respect to KAPAK coordinate frame: (TONNE * MM ²)		
INERTIA TENSOR:		
Ixx	Ixy	Ixz
3.2650519e-04	0.0000000e+00	0.0000000e+00
Iyx	Iyy	Iyz
0.0000000e+00	1.7486712e-03	0.0000000e+00
Izx	Izy	Izz
0.0000000e+00	0.0000000e+00	1.6009961e-03
PRINCIPAL MOMENTS OF INERTIA: (TONNE * MM ²)		
I1	I2	I3
3.2650519e-04	1.6009961e-03	1.7486712e-03
ROTATION MATRIX from KAPAK orientation to PRINCIPAL AXES:		
1.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	-1.00000
0.00000	1.00000	0.00000
ROTATION ANGLES from KAPAK orientation to PRINCIPAL AXES (degrees):		
angles about x	y	z
90.000	0.000	0.000
RADII OF GYRATION with respect to PRINCIPAL AXES:		
R1	R2	R3
5.5375093e+00	1.2262092e+01	1.2815144e+01
MM		

Şekil 2.2 Parçanın kütle özellikleri

FEA (Finite Element Analysis):

FEA ile mekanik bileşen ve yapıların lineer statik, dinamik, ısı transferi ve potansiyel akış davranışları modellenip analiz edilebilir. Burada amaç; daha kısa geliştirme süreleri ve düşük maliyetlerdir. FEA ile ürün veya model üzerinde yapılması gerekli denemeler bilgisayar ortamına kaydırılmış olur. Bu maliyeti düşüren bir etkidir. FEA aynı zamanda fiziksel ve matematik problemleri de temsil eder ve belli yaklaşımlar dahilinde fakat kabul edilebilir çözümler sağlayan nümerik metotlar kullanılır.

FEA ile elde edilen analiz sonuçları tasarıma uygulanır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Tasarım sürecinde FEA

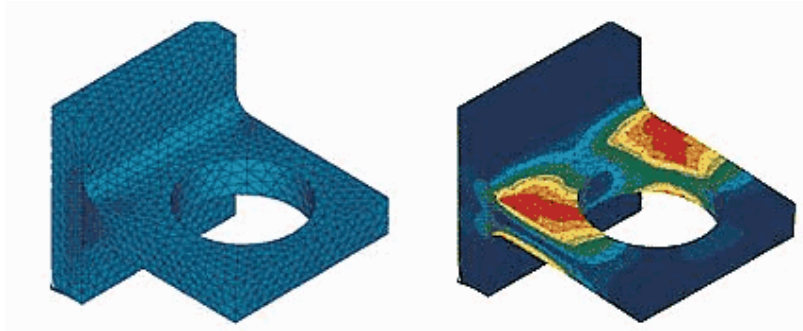
FEA temel olarak üç safhada gerçekleştirilir.

- Ön işlem: Model geometrisinin geliştirilmesi, fiziksel özellikler ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi, yükler ve sınır şartlarının tanımlanması ve modelin kontrol edilmesi,
- Çözüm: Lineer statik, lineer dinamik, ısı transferi ve potansiyel akış analizinin yapıldığı kısım,
- Son işlem: Analiz edilen büyüklüğün (gerilme, şekil değişimi, deformasyon vb.) görülebildiği ve maksimum müsaade edilebilir hasar, malzeme statik ve yorulma mukavemetleri gibi sonuçların kritik değerlerle karşılaştırılabildiği safhadır.

FEA aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Karmaşık parçalara rahatlıkla uygulanabilir. (Analizler, karmaşık ve büyüklük parçalar için kullanılan yazılım ve bilgisayar imkanlarıyla sınırlıdır)
- Sınır şartları ve malzeme özellikleri analiz sonuçlarının doğruluğu açısından çok önemlidir
- Uygulama herhangi bir tecrübe gerektirmez. Fakat daha önceden elde edilen bilgiler işleme aktarılabilir, test ve deney sonuçları kullanılabilir
- Parçanın tasarım ve imalatında karşılaşılabilecek bir çok büyüklük analizlerle elde edilebilir. Örneğin; yükleme şartlarına göre ortaya gerilme durumu veya imalatta parça üzerinde oluşacak sıcaklık gibi

- Simulasyon ile parça imalatında ortaya çıkabilecek muhtemel hataların en aza indirilmesi
- Üretilen parçaya göre optimizasyon stratejisi geliştirilebilir. Elde edilen analiz sonuçları tasarım aşamasında parçaya uygulanabilir
- Çok kademeli işlemlerin azaltılması için optimizasyon yapılabilir (süreç optimizasyonu)...
- FEM ve geometrik karmaşıklıklaştıkça analiz sonuçlarının elde edilmesi uzun sürebilir
- FEA maliyeti üretim giderleri düşünüldüğünde göreceli düşüktür, hızlıdır ve esnekliklidir



Şekil 2.4 Bir FEA Modeli, (Solda küçük elemanlara bölünmüş model, sağda sınır şartlar altında parçanın analiz sonuçları görülmektedir)

Çizim: Tasarlanan parçanın grafik ekranda oluşturulması.

Bilgisayar Destekli Süreç Planlama (Computer Aided Process Planning -CAPP): Her parça ürün ağacı için standart bir işlem planı yapılır. Bu plan bilgisayarda saklanır. Daha sonraki aynı ürün ağacında yeni parçalar için bu plan kullanılır. Bazı yeni parçalar için düzeltme gerekebilir. Bu, parçanın standarttan farklı olması durumunda yapılır.

Parça Programlama: Parça geometrisi tanımlanarak bir veri tabanı oluşturulur. Parça programı otomatik olarak oluşturulur. Bunun için APT türü programlama teknikleri kullanılabilir. Oluşturulan NC programlar APT/CL (cutter location) dosya formatında saklanır.

Program Doğrulama: CNC tezgah kullanıcıların, NC programlarının hazırlanmasından sonra üretime geçmeden önce daima zihinlerinde bir soru işareti kalır. "NC program gerçekten istenildiği gibi çalışacak mı?" Bu sorunun cevabını almak için genelde yapılan işlem, deneme kesimi yapmaktır. Bu işlem şirket için yüksek maliyetlidir ve büyük zaman kaybıdır. Kesim zamanı, kesim maliyeti ve herhangi bir hatada hatanın giderilmesi kalıp üreticilerine masrafı çok fazladır. Bu deneme kesimine son verecek en iyi çözüm yapılmış NC

programın bir simülasyonunun izlenmesidir. Çıkarılan parça programının işleme sokulmadan önce simülasyonunun izlenmesi yararlıdır (Şekil 2.5). Muhtemel büyük hatalar bu şekilde önlenebilir. Bu şekilde malzemenin kesim işleminde yerleştirilmesi, kesme programı ve parametrelerinin kontrolü yapılmış olur.



Şekil 2.5 Bir CAM yazılımında freze program doğrulama modülü

Parçanın grafik gösterimi tel kafes, yüzey model, katı model veya gölgelendirilmiş imaj şeklinde olabilir. Genelde takım yolu simülasyonunda parçanın tel kafes gösterimi kullanılır.

Parça İşleme: CAD/CAM sistemleri operatör için açıklamalar yönünden destekler. Bu bilgiler işleme ayarlarını (ilerleme ve hızlar) içerir. İleri bazı sistemlerde bu işlem grafik formatta yapılır.

Muayene: Karmaşık yüzeylere sahip parçaların muayenesinde kullanılır. Takımın aşınması geri beslemeli bir kontrol devresi ile gözlenebilir.

İşlemede CAD/CAM sistemlerinin kullanılmasının yararları özet olarak aşağıda verilmiştir;

- Parçanın istenilen açıda grafik ekranda görülebilmesi takım tasarımı açısından ve parça yerleştirilmesinde büyük kolaylıklar sağlar
- Bilgisayar ortamında katı modeli oluşturulan parçanın çeşitli analizleri yapılabilir
- İmalat resimlerini kolayca oluşturulabilmesi, parçada yapılan değişikliklerin ona bağlı tüm kalıp ve imalat resimlerine otomatik olarak yansıtılabilmesi. Perspektif ve diğer görünümünün kolay elde edilebilmesi. Özellikle montaj resimlerinde farklı renklerin kullanılabilmesi
- NC parça programının yapılabilmesi
- Parçanın işlenmesinde doğruluğun artırılması
- Tasarım ve imalat süreçlerinde zaman kazandırması ve maliyetlerin düşmesi

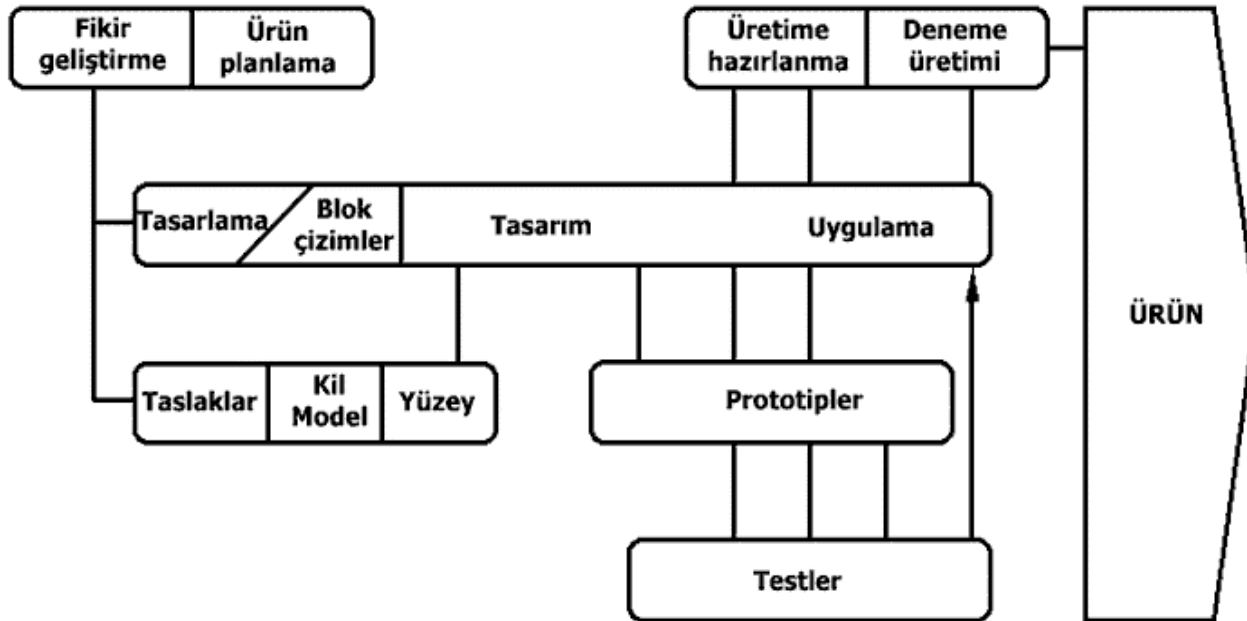
2.3 CAD/CAM Uygulamaları

CAD/CAM entegrasyonunun iyi bir şekilde sağlanmasıyla ürün kalitesi, maliyet ve sürelerde avantajlar elde edilebilir. Üründe veya imalatı sırasında ortaya çıkabilecek bir çok sorun daha CAD aşamasındayken kolaylıkla giderilebilir. Tasarım ve imalat sürecinde oldukça yüksek esneklik sağlar. İlk yatırım maliyetleri göreceli yüksek olsa da zamanla üretici kara geçecektir.

2.3.1 Otomotiv Sektöründe

Otomobil üreticileri bilgisayar tabanlı sistemleri kullanarak ürün kalitesini arttırmak ve kısa geliştirme zamanları elde etmeyi amaçlarlar. Şekil 2.6'da, ürün geliştirme işlemlerini ve bir araç tasarımında kullanılan destek sistemleri gösterilmiştir. Tasarım işi öncelikle fikir oluşturma (conceptualization) ile başlar ve ürün planlama ile devam eder. Bir otomobil temel üç bölümden meydana gelir. Bunlar; Motor bölümü, arka bagaj ve yolcu bölümü. Gövde resimleri model oluşturmada (prototip) kullanılır. Bu prototipler test edilir ve test sonuçları geri beslemeli olarak parça resimlerinde gerekli değişikliklere kadar gider. Bu akış aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Akış





Şekil 2.6 CAD/CAM ve ürün geliştirme uygulaması

2.3.2 Enjeksiyon Kalıbı Tasarımında

Seri üretimi yapılacak bir plastik tür malzemenin kalıbı çok önemlidir. Tasarım maliyetleri ve süresi düşünüldüğünde hatalar en aza indirilmiş olmalıdır. CAD/CAM entegrasyonu ile bu işlem daha kolay ve ucuz bir şekilde yapılabilmektedir. Bütün işler üretilecek parçanın CAD resminin oluşturulması ile başlar. Değişik katı model oluşturma ve yüzey modelleme işlemleri ile parça tasarımı kolaylıkla yapılabilir.

Parça tasarlandıktan sonra üretimi için kalıp tasarımına geçmek gerekir. Ancak bu plastik enjeksiyon üretiminin başarılı olup olmayacağından baştan bilinmesinde yarar vardır. Aksi halde imal edilecek pahalı kalıplar ve seçilecek plastik malzeme başarısız kalabilir. Bu nedenle parça tasarımı sonrası imalatın bir benzetimini yapmak gerekebilecektir. Bu tür çalışmalar geliştirilmiş özel programlar kullanılarak yapılabilir. Programın kullanılması için parçanın üzerine bir ağ geçirmek (meshing) gerekir. Sonra, plastik enjeksiyon işleminin benzetimi gerçekleştirilebilir. Burada kalıp boşluğuna zamana bağlı olarak erimiş plastik malzemenin nasıl dolduğunu görmemiz yararlı olacaktır. Yine aynı şekilde parçanın soğuma durumu ve ortaya çıkacak ürünün çekme ve çarpılma durumlarını da gözlemlemek bize kalıp tasarımında yarar sağlayacaktır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Malzeme akış (doldurma "solda"), soğuma "ortada" ve çekme-çarpılma analizleri

Benzetim çalışması ile kalıbın tamamen doldurulup doldurulamayacağı kontrol edilmiş olur. Bunun yanında kalıp dolduğunda parça üzerindeki sıcaklık dağılımını da görebilmeleri yararlı olmaktadır. İmalat hızının yüksek olması parçanın kısa zamanda kalıptan çıkarılması gibi faktörler bunu gerektirir. Plastik enjeksiyon işleminde sıvı ve sıcak olan plastiğin kalıp boşluğunun her tarafını doldurması istenir. Yani parçanın tam olarak elde edilmesi gerekir. Bunun için enjeksiyon basıncının iyi ayarlanması gerekir. Kalıp tasarımcılarının bu nedenle basınç dağılımını da incelemeleri gerekebilir. Bu da özel programdan elde edebilir. Tasarımcı tüm bu bilgileri kullanarak homojen bir dağılım sağlayabilir. Gerekli hallerde enjeksiyon noktası birden fazla verilebilir, kalıbı soğutma/ısıtma yöntemleri düzenlenebilir, yolluklar uygun şekilde tasarlanabilir.

2.3.3 Hızlı Prototip İmalatında

Bir fikrin tasarıma dönüşmesi için modelinin oluşturulması zorunludur. Grafik ekranda oluşturulan modeller bir yerden sonra ürünü tam olarak gösterebilme noktasında yararlı olamayabilir. Bazı geometrik ve fonksiyonel nedenler o tasarımın modelini gerekli kılmaktadır.

Genelde test aşamasının daha düşük maliyette ve kısa zamanda yapılabilmesi için model üzerinde yapılacak analiz ve simulasyon işlemleri daha büyük önem taşır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Tasarım süreci ve prototip

Ürün geliştirme aşamasında modellere ve prototiplerin değişik formlarına ihtiyaç duyulur. Farklı ürün geliştirme aşamaları için de değişik şekillerdeki prototiplere örneğin; tasarım modeli, geometrik prototip, fonksiyonel prototip, teknik prototip ve üretim öncesi parça şeklinde ihtiyaç duyulur. Üretilen eş parçaların birbirlerine fiziksel olarak uygunluğunun görülmesi, geometrik prototiplerle mümkün olmaktadır. Fonksiyonel test aşamasında 2...5 kadar fonksiyonel prototip üzerinde yapılan testlerle parçanın alması istenilen form veya mekanik özellikler kontrol edilir. Takip eden geliştirme aşamasında, uygulamaya bağlı olarak 3...20 adet teknik prototip kullanılır (Çizelge 2.2).

Prototip Aşaması			Üretim Aşaması		
Prototip Tipi			Özellikler	Ürün Planlama	Süreç Planlama
Tasarım Modeli		→	<ul style="list-style-type: none"> • Parça sayısı :1 • Model malzemesi • Görsellik 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasarım çalışmaları • Ergonomi çalışması • Pazar araştırması 	
Geometrik prototip		→	<ul style="list-style-type: none"> • Parça sayısı :1 • Model malzemesi • Boyutlar 		<ul style="list-style-type: none"> • Parça ve montajın doğruluğu ve uygunluğu • Üretim planlama
Fonksiyonel prototip		→	<ul style="list-style-type: none"> • Parça sayısı :2-5 • Ürün malzemesine yakın • Fonksiyonel beklentiler 	<ul style="list-style-type: none"> • Çalışma prensiplerinin doğrulanması • Ergonomi çalışması • Pazar araştırması 	<ul style="list-style-type: none"> • İmalat çevrimi/montaj planı • Planlama • Kaynak planlama
Teknik prototip		→	<ul style="list-style-type: none"> • Parça sayısı :3-20 • Ürün malzemesine ve üretim sürecine yakın • Ön ürün beklentileri 	<ul style="list-style-type: none"> • Müşteri isteklerinin karşılanması • Uzun dönem testleri 	<ul style="list-style-type: none"> • İmalat süreci, uygulamaları
Ön üretim ürünleri		→	<ul style="list-style-type: none"> • Parça sayısı : 500'e kadar • Ürün malzemesi • Üretim süreci • Ürün beklentileri 	<ul style="list-style-type: none"> • Pazar testleri • Pazara sunuş 	<ul style="list-style-type: none"> • Süreç parametrelerinin belirlenmesi ve optimizasyonu

Şekil 2.9 Ürün geliştirme sürecinde prototip türleri ve süreçler

Bilgisayar yardımıyla katı modeli oluşturulan bir ürünün prototipi saatler mertebesinde (parçanın büyüklüğü ve prototipleme cihazının hızına bağlı) elde edilebilir. Parçanın karmaşık olması bunu etkilemez. Klasik imalat ile elde edilmesi imkansız prototipler bu yöntemlerle çok kolay şekilde imal edilebilirler. Prototipler mümkün olduğu kadar sonuç parçaya uygun olmalıdır. Prototip üzerinde karar verilen değişiklikler, parçanın CAD modelinde yapılarak tekrar prototipi üretilir. Böylelikle parça veya kalıp üretildikten sonra çıkması muhtemel istenmeyen durumlar, daha tasarım aşamasında iken çözülmüş olur. Bu amaçla bir çok hızlı prototip üretim yöntemleri ortaya çıkmış ve ülkemizde de yaygın hale gelmiştir. Bu teknolojilerden bazıları şunlardır; Stereolitografi (SL-Stereolithography), Eritilmiş Malzeme Yığılma (FDM-Fused Deposition Modelling), Tabakalı Nesne İmalatı (LOM-Laminated Object Manufacturing), Seçici Lazer Sinterleme (SLS-Selective Laser Sintering) ve Katı Tabaka Kurutma (SGC-Solid Ground Curing).

2.4 CAD Yazılımlarının İç Yapısı

CAD yazılımları temel olarak 5 ana başlık altında incelenebilir:

- Kernel - Geometric Engine
- Visualization (Görüntüleme)
- Parametric - Constraint Management (Parametre - Kısıt Verme Yönetimi)
- Motion (Hareket)
- 2D Drafting (İki boyutlu imalat resmi elde etme)

Her ana başlık ile ilgilenen ve kendi konusunda çalışma yapan farklı firmaların bir araya gelmesi ile bir katı model yazılımı oluşur.

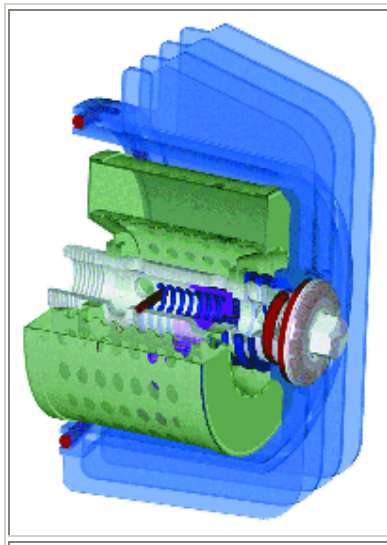
2.4.1 Geometri Oluşturma-Görüntüleme Safhası (Kernel-Visualization)

Günümüzdeki tüm katı modelleme sistemleri “kernel” olarak tabir edilen bir geometrik modelleme çekirdeği içerir. Kernel, modelleme motoru ya da geometri kütüphanesi olarak da adlandırılabilir. Kernel içinde bulunduğu uygulamanın kullanıcı arayüzü vasıtası ile girilen komutları kendi kütüphanesinde işler, içerdiği ana matematiksel fonksiyonları kullanır, sonuçları saklar ve çıktıyı 3D katı modeli oluşturması ve görüntülemesi için görüntüleme (visualization) paketine gönderir.

CAD geliştiren firmalar kendi kernel’larını kendileri de oluşturabilir, fakat daha çok karşılaşılan kernel geliştiren firmalar ile anlaşarak yazılımı geliştirmektedir. Aşağıda günümüzde en çok karşılaşılan kernel’lar yer almaktadır.

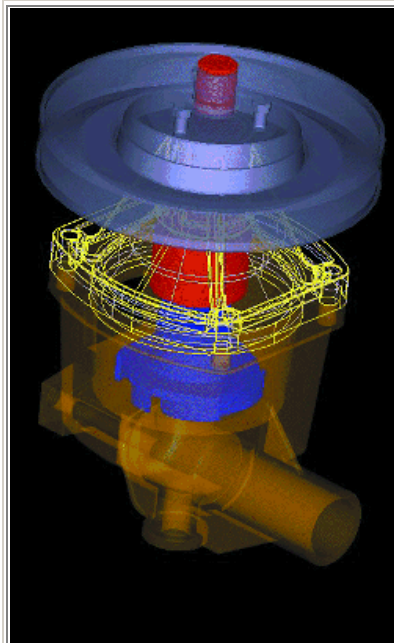
ACIS: Spatial firmasının lider ürünü, ACIS 3D aracı, MCAD, CAM ve CAE yazılım uygulamaları için 3D modelleme çekirdeğidir. (Şekil 2.10.).

ACIS 35 DLL’den oluşan nesne odaklı bir C++ geometri kütüphanesidir ve tel kafes, yüzey ve katı modellemeyi çok yollu veya tek yollu topoloji ile yazılıma entegre eder. Uygulama geliştiricilerine karışık modellerin oluşturulmasında yardımcı olmak üzere zengin bir geometrik operasyonlar seti sunar. Bu set kenar yuvarlatma (blending), yol izleme (sweeping), damgalama (imprinting), kaplama (covering), farklı kesitlerde yol izleme (loft), ciltleme (skinning), kontürleme (offset), dilimleme (slicing), dikme (stitching), bölümlendirme (sectioning), uygunlaştırma (fitting) ve yüzey iç değerleme (interpolating surfaces) operasyonlarını içerir. ACIS aynı zamanda düzenlenmiş ve düzenlenmemiş birleştirme (boolean) operasyonları ile uzunluk, alan ve kütle özellikleri soruşturması fonksiyonlarını da içerir. Sembolik matematiksel arayüzü ve NURBS-temelli şekil değiştirme olanağı ile yüzey ve katı modellemenin bir arada yapılabilmesini sağlar. ACIS çekirdeği SAT uzantılı bir dosya üretir ve bu format bu çekirdeği kullanan her uygulamada okunabilir.



Şekil 2.10 ACIS içinde yaratılmış filtre- Autodesk Mechanical Desktop yazılımında

Open CASCADE: Matra Datavision tarafından geliştirilen Open CASCADE, “Açık Kaynak (Open Source)” bir yazılımdır ve www.opencascade.org adresinden indirilebilir. Open CASCADE C++ geometri kütüphanelerinden oluşan bir settir ve alana özel karışık tasarım uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Open CASCADE kullanarak geliştirilen bir uygulama 2D ve 3D geometrik modelleme, analiz uygulaması, imalat uygulaması, simülasyon ya da görüntüleme aracı konularında faaliyet gösterebilir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Open CASCADE kullanılarak geliştirilmiş örnek model.

Open CASCADE, Windows NT, Sun, SGI, Linux, ve HP dahil olmak üzere çeşitli platformlarda kullanılabilir. 2D ve 3D geometrik modelleme ve görüntüleme araçları içerir ve obje görüntüleme ve görüntü hakimiyetini de içerir. İçerdiği bir uygulama çatısı; geometrik olmayan uygulamalar verisi ile modellerin sayısallaştırılması ve geometrisi uygulamalarının beraber çalışabilmesini sağlar. Aynı zamanda IGES ve STEP dosyalarını destekler ve çalışılan modelin bu formatlarda kaydedilmesini veya bu formatlardaki modellerin açılıp üzerinde çalışılmasını sağlar.

Parasolid: Unigraphics Solutions firmasının Parasolid (Şekil 2.12) yazılımı katı modelleme, hücresel modelleme, ve entegre edilmiş serbest formda yüzey modelleme ile sac metal modelleme desteği olan bir kenar görüntüleme modelleyicisidir. Parasolid'in "Yüksek Modelleme" teknolojisi karışık geometrileri modellemede becerikli tamamen entegre bir teknolojidir. Parasolid SMP (symmetric multiprocessing)'yi destekler. SMP ile çok işlemcili bilgisayarlarda daha çok performans elde edilir. Parasolid; Windows NT, UNIX, ve LINUX üzerinde çalışan uygulamalar için 600'den fazla obje odaklı fonksiyon içerir.



Şekil 2.12 Arrow International, imajda görülen montajı modellemek için Unigraphics Solutions firmasının Parasolid-temelli Solid Edge yazılımını kullandı.

Parasolid-temelli uygulamalar "Parasolid Pipeline" teknolojisi üzerinden açık XT formatı ile dosya dönüşümüne gerek kalmadan tasarım paylaşımı yapabilir. Unigraphics firmasının raporuna göre 220 Parasolid-temelli uygulama kullanan yaklaşık 500.000 son kullanıcı vardır. Parasolid kullanan başlıca firmalar ve yazılımlar; Unigraphics, Solid Edge, Parametric

Technology, SolidWorks, SDRC, Bentley Systems, Visionary Design Systems, CADKEY, ANSYS, Mechanical Dynamics, ve MSC.Software'dir.

SMLib: Solid Modeling Solutions firmasının SMLib yazılımı, geliştirilme aşamasında ve 7 senedir piyasada olan NURBS-temelli geometri kütüphanelerinden oluşan bir settir. Çeşitli bileşen kütüphaneleri halen 150'den fazla firma tarafından kullanılmaktadır. Tek yollu topoloji kütüphanesinin eklenmesi ile, SMLib ilk 1998'de geometrik modelleme çekirdeği olarak piyasaya sürülmüştür. SMLib; NURBS eğrileri ve yüzeyleri modelleyebilen fonksiyonlardan oluşan geniş bir seti içerir ve aynı zamanda objeden objeye hızlı ölçü alabilme özelliklerini içeren optimize edilmiş kodları barındırır. SMLib'in tek yollu "Merge" operatörü model oluşturma sürecindeki bağımsız kademeleri ve unsurları birleştirme konusunda çok kullanışlıdır. Örnek olarak, SMLib'in kabuk kontür (shell offset) işlemi büyük topoloji değişikliklerinde çok geniş kontürler çizebilir. SMLib kaynak kodunu kullanıcı başı telif hakkı mantığı ile vermez.

think3: think3 yazılımının merkezinde thinkkernel, güçlü bir şekil-temelli tek ortamlı çekirdek, yer alır. Bu eşsiz mimari tasarımcılara parametrik katılar oluşturma, ileri yüzey modelleme, tel kafes, ve 2D imalat resmi çıkarma gibi tüm özellikleri tek bir CAD sisteminde verir. thinkkernel'in tek yollu topolojisi yüzey ve katılarla karışık çalışabilme, bozuk 3D geometriyi "import" etme ve kullanma, 2D çizimleri 3D veritabanı ile tam entegre edebilme ve teşhis etme imkanlarını tek bir ortamda sunar. thinkkernel aynı zamanda değişik geometrik girdilere değişken toleranslar atayabilir. think3 kendi çekirdeğini içerdiğinden dolayı ürüne göre optimize edilebilir.

UPG2 (Varimetrix Corp.): UPG2 (Unified Parametric Geometry—Second Generation), sadece Varimetrix'in VX Vision CAD/CAM sisteminde kullanılan güçlü, tescil edilmiş bir geometrik modelleme çekirdeğidir. UPG2; katı, yüzey, tel kafes, ve taslak geometrilerini entegre ettiği gibi işlem, takım yolu ve diğer ürün bilgisini de tek bir bütünleştirilmiş veritabanında barındırır.



Şekil 2.13 Varimetrix'in VX Vision UPG2 modelleme çekirdeğini kullanıyor.

UPG2 çekirdeği; VX Vision'ın bütünleştirilmiş modelleme ortamı içinde; endüstriyel tasarımdan başlayıp, makine mühendisliğinden, kalıp ve takım tasarımına kadar olan süreçteki tüm 3D modelleme görevlerini gerçekleştirir. Bu ortam; karma modelleme tekniklerini saydam bir mantıkta gerçekleştirir, böylece tasarımcı katı, yüzey ve tel kafes tasvirleri içinde rahatça çalışıp hareket edebilir.

UPG2; tek yönlü şekiller, limitsiz geri al/yinele (undo/redo), obje versiyonlama, ileri serbest-form yüzey yaratma, karışık kenar yuvarlatma (fillet) ve gerçek anlamda montaj içinde parça düzenleme gibi onksiyonları destekler. Çekirdeğin "Proximity Compliant Tolerancing (Yakınlık İtaatkar Toleranslama)" teknolojisi ile sabit ya da ilişkili olması yerine dinamik yani modelleme sırasında iyileştirme yapılabilir. Bu özellik firmaya göre değişen performansta önemli bir gelişme sağlar.

Her yazılım içinde bulundurduğu kernel'in yeteneği doğrultusunda geometri oluşturabilir. Geometri oluştuktan sonra görüntüleme yazılımı üzerinden ekrana taşınır. Görüntüleme yazılımları içinde en yaygın olanı OpenGL'dir.

2.4.2 Parametre-Kısıt Verme-Hareket

Oluşturulan geometri ekrana geldikten sonra yapılan işlemler; mevcut geometriye kısıtlar, parametreler verme, hareket verme ve en son da "drafting" olarak tabir edilen 2D imalat resimleri çıkarma olarak kabaca gruplanabilir. Bu işlemlerin hepsinin yapıldığı alt yazılımlar ise çok yaygın olan D-Cubed firmasının yazılımlarıdır. CAD geliştiricileri hedeflediği yazılım yeteneğine uygun olarak D-Cubed yazılımlarından bir ya da birkaçını kullanabilir. Örneğin oluşturduğu geometrideki ölçüleri birbirleri ile bağlantılı yapmak istiyorsa 2D DCM ve 3D DCM yazılımlarını almalıdır, fakat farklı parçaların birbirleri ile kesişip kesişmediğini kontrol etmek istemiyor olabilir, bunun için kullanılan CDM yazılımını kullanmasına gerek yoktur.

Aşağıda D-Cubed firmasının CAD geliştiricileri için sunduğu yazılımların listesi ve ne işe yaradıkları yer almaktadır.

2D Dimensional Constraint Manager-2D Ölçüsel Kısıt Yönetimi

2D DCM, CAD/CAM/CAE uygulamalarına parametrik ve kısıt temelli tasarım fonksiyonunu getirir. Bu mantık, son kullanıcıya hem 2D uygulamalarda, hem de 3D parametrik modelleme sistemlerindeki 2D değişken taslaklarda (sketch) üretkenlik ve tasarım değişiklikleri uygulayabilmede yüksek verim kazandırır.

3D Dimensional Constraint Manager-3D Ölçüsel Kısıt Yönetimi

Mekanizma ve tasarımlarda parça pozisyonlaması, parçanın şeklinin kontrolü ve 3D taslak oluşturma için 3D geometrik kısıt çözümü.

3D DCM CAD/CAM/CAE uygulamalarına parametrik ve kısıt temelli tasarım fonksiyonunu getirir. Son kullanıcıya; mekanizma ve tasarımlarda parça pozisyonlaması, parçanın şeklinin kontrolü ve 3D taslak oluşturma için verimli bir şekilde ölçü kullanımı ve kısıt getirme imkanı tanır.

AEM-Hareket ve Simülasyon Yönetimi

CAD sisteminde 3D kesişme davranışı ve güç analizi temelli gerçek hareket simülasyonu.

AEM; CAD/CAM/CAE uygulamalarında parça ve mekanizmaların hareketini gerçeğe yakın bir şekilde simüle etme olanağı sağlar. Bu işlem, parçaların kütle özelliklerini dikkate alarak, mühendislikle ilgili güç ve aygıtların oluşturduğu hareketin ve birbirleri ile etkileşip hareket yaratan parçaların çözümlenmesi ile gerçekleşir. Son kullanıcı, sanal mekanizmasında analiz edebildiği fonksiyonlar ile zaman ve para tasarrufu sağlar, aynı zamanda tasarım hatalarını azaltır ve pahalı fiziksel prototipler üretme ihtiyacını minimuma indirir.

Collision Detection Manager-Kesişim Tespit Yönetimi

Kesişim tespiti ve açık mesafe hesaplamaları, mekanizma simülasyonu ve etkileşimli katı modelleme için tasarlanmıştır.

CDM, kesişim tespiti ve açıklık hesabı ihtiyacı olan CAD/CAM/CAE uygulamalarında kullanılır. Hatasız modellerde çok iyi sonuçlar verir. CDM etkileşimli mekanik tasarım işlemlerinin her aşamasında kullanılabilir.

Hidden Line Manager-Görünmez Hatlar Yönetimi

Görünmez hatlar hesaplamaları herhangi bir 3D modelleme ortamına entegre edilebilir.

HLM, tasarım modellerinde kesin görünmez hat görüntüsü ihtiyacı duyulan CAD/CAM/CAE uygulamalarında kullanılır. Son kullanıcıya, 3D modellerden imalat çizimleri çıkarma ve 3D tel kafes görüntülerde görünen ve görünmeyen çizgileri ayırıp daha doğru modelleme yapabilme imkanı sağlar.

Profile Geometry Manager-Profil Geometrisi Yönetimi

Profil Geometrisi Yönetimi (PGM), herhangi bir CAD/CAM/CAE uygulamasında 2D DCM temelli bir taslakta yer alan profillerin yüksek kademedeki kontrol edilebilmesi imkanı sağlar. PGM son kullanıcının taslak sistemlerindeki üretkenliğini özellikle profil kontürlleme (offset) operasyonunda geliştirir. Profil kontürlleme 3D parametrik CAD sistemlerinde çok başvurulan bir tasarım operasyonudur ve aynı zamanda CAM uygulamalarında takım yolu çıkartma işleminde kullanılır.

3. CAD / CAM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Hem CAD hem de CAM 1950' lerin başlarında doğmuştur. CAD' in evrimi geniş olarak bilgisayar grafiklerinin gelişmesiyle ilgilidir. Bilgisayar grafikleri alanında önemli projelerden biri 1950' lerin ortalarında ve sonlarında geliştirilen APT dilidir. APT İngilizce Automatically Programmed Tools sözcüklerinin (otomatik olarak programlanan araçlar anlamında) baş harflerinden oluşturulan bir terimdir. Bu proje bilgisayar kullanımında nümerik kontrollü parça programları için geometri elemanlarını tanımlamak için uygun bir yol geliştirilmesi ile ilgiliydi.

1960' ların başlarında General Motors, IBM, Lockheed – Georgia McDonnell – Douglas gibi endüstriyel kuruluşların tümü bilgisayar grafikleriyle ilgili projelerde aktif rol oynamışlardır. Bu projelerin çoğu sonuçta ticari ürünler şeklinde çıkmışlardır.

1960' ların sonlarında Calma (1968) ve Applican ve Computervision (1969)' u içeren pek çok CAD / CAM sistem satıcısı ortaya çıkmıştır. Bu sistemler kullanıcının ihtiyacı olan yazılım ve donanımın tümünü veya bir çoğunu içeren “ anahtar teslimi ” sistemlerini sunarlar.

CAM konusu öncülüğünü Air Force şirketinin himayesi altında çalışan N.I.T.' in yaptığı NC tezgahların keşfi (1950) ile ortaya çıktı. Bu eski cihazlar herhangi bir takım tezgahının hareketlerinin bir delikli banda bağlı elektronik kontrol mekanizması ile denetlenmesinin mümkün olduğunu kanıtladılar. Asıl gelişme parçanın fiziksel yapısına ve şekline bağlı olarak hazırlanan delikli bantların hızlı ve doğru bir çalışmayı mümkün kılması ile yaşanmıştır.

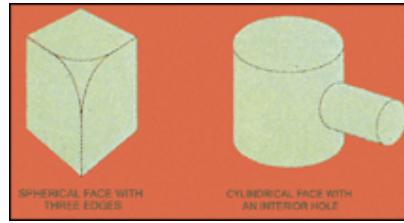
Bu gelişmeler NC takımların yaygın kullanımını sağlamıştır. 1960 ve 1970' lerde başta Avrupa ve Japonya' da olmak üzere bu endüstri hızlı bir gelişim göstermiştir. 1970' lerin başlarından itibaren (mikro ve mini bilgisayar teknolojisinin oluşmasıyla) yeni kontrol teknikleri geliştirilmiştir. Doğrudan nümerik kontrol (DNC) ve bilgisayarlı nümerik kontrol sistemleri daha geniş kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler bilgisayarlar ve makinelerin doğrudan ilişkisini sağlamıştır. Aynı şekilde operatöre makine fonksiyonlarını programlar vasıtasıyla kontrol şansı tanımıştır. Parça programı grup işleme uygun APT modu ile CAD aracılığında hazırlanan tasarımlardaki imal edilecek parçaların geometrik şekli baz alınarak hazırlanır.

Diğer CAM gelişmeleri 1970' lerde hızlanmıştır. Şu anda Amerika' da 3200, Batı Avrupa' da 1800 ve Japonya' da 4000 uygulaması bulunan robot teknolojisi, alma ve yerleştirme operasyonlarının tümü, kaynak yapma, yıkama, spreyci boyama ve montaj fonksiyonlarının tamamını yerine getirmektedir.

Son yıllarda CAD dünyasında yaşanan gelişmelerin kronolojik sıralaması:

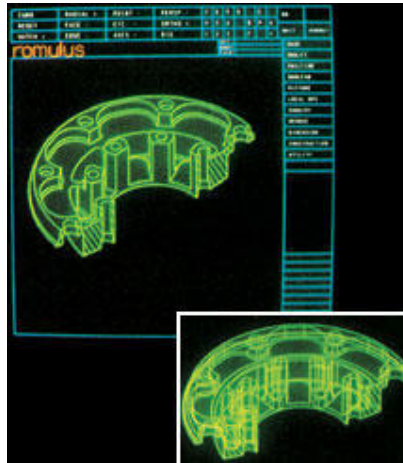
Mart 1982 Katı modelleme, bazı bilgisayar destekli tasarım yazılımı kullanıcıları tarafından bir oyuncak gibi görülmesine karşın, geri kalanları tarafından endüstri çözümü olarak nitelendirildi ve hızla çoğalarak 17 tedarikçinin sattığı CAD sistemleri haline geldi. (Bu tedarikçilerin başlıcaları Computervision, IBM, Prime, Control Data, ve Applicon.

Kasım 1982 Bu çağdaki modelleme sistemleri artık düzlemler, silindirler, koniler, küreler ile çalışabiliyordu fakat içinde delik içeren ya da dörtten fazla kenarı olan objeleri oluşturmada zorlukları vardı. Aynı zamanda serbest formlu yüzeyler oluşturma (kenarlar arasındaki köşe yuvarlatmalar [blend] gibi) sınırlı idi ve gelecekte var olacak bir CAD unsuru olarak görülüyordu.



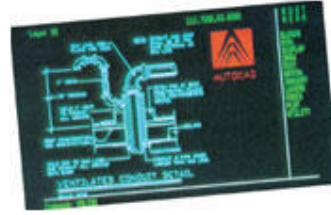
Şekil 3.1 1982 yılındaki katı modeller

Aralık 1983 İsveç'te geliştirilen The Romulus katı geometrik modelleyicisi, tasarımcılara 3D parçalarda görünmez çizgilerin istendiğinde ekranda olmasını istenmediğinde olmamasını sağladı. Bu özellik ile kullanıcı oluşturduğu objenin katı olduğunu daha iyi hisseder oldu ve her unsura ulaşım değiştirebilme özgürlüğüne sahip oldu.



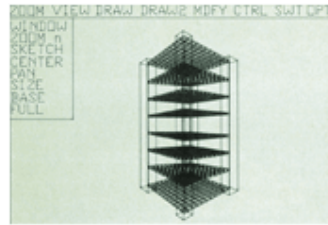
Şekil 3.2 "The Romulus" katı modelleyicisi

Mart 1986 Autodesk firmasının AutoCAD yazılımı polyline'lar, eğri oluşturma, etkileşimli obje seçimi gibi birçok özelliği ile en popüler microcomputer tasarım programı oldu. C dilinde yazılmış tek kullanıcıli bir programdı ve IGES standardını destekliyordu, böylece "Mainframe" olarak anılan büyük bilgisayar sistemlerine veri aktarımı sağlanabiliyordu.



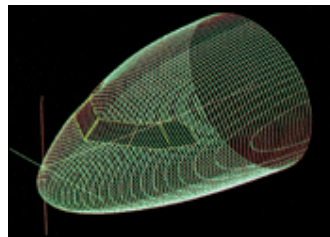
Şekil 3.3 1986 yılındaki AutoCAD yazılımı

Mart 1986 Macintosh'a benzeyen menüleri ile, EasyCAD CAD kullanamayan insanlar ve genel ofis kullanımı için tasarlandı. 2D çizim ve değişiklikler yapabilme özelliklerinin yanında program, girdilerin sürüklenip bırakılabilme, ayrı işlem yapılabilmesine olanak vermediği gibi otomatik ölçülendirme de içermiyordu.



Şekil 3.4 1986 yılındaki EasyCAD yazılımı

Haziran 1986 Avrupa'nın önde gelen uçak üreticileri Airbus A320 modelini yalnızca CAD sistemleri kullanarak ve grafiksel tasarım verisini tamamen farklı ve uzaktan kontrol edilebilen sistemlere aktararak tasarladı. Anahtar bir CAD veri dönüştürücüsü SET (Standard D'Echange et De Transfert) idi ve 1983'ten beri Aerospatiale mühendisleri tarafından geliştiriliyordu.



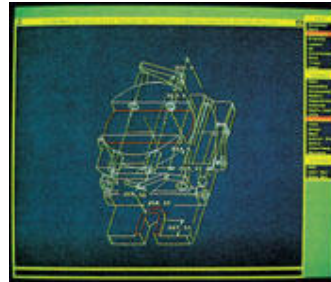
Şekil 3.5 Airbus A320 ön kabininin katı modeli

Mayıs 1988 Kasım 1987 Detroit Autofact fuarında ilk tanıtımı yapılan 3D Systems firmasının Stereo Lithography Aparatı'nın Haziran 1988'den itibaren satışa çıkarılacağı duyuruldu. Bu aparat 3D CAD verisi ile lazerleme kullanarak plastik polimer modeller yaratmak sureti ile prototipleme gerçekleştiriyordu.



Şekil 3.6 1988 yılında prototipleme

Mayıs 1988 Parçalar ve unsurlar arasında model değiştirildiğinde bile korunabilen fonksiyonel bağlar kuran ve tasarım yazılımlarına radikal bir yaklaşım getiren parametrik mantık, Parametric Technology Corp. firmasının Pro/Engineer programı önderliğinde hızla yayılmaya başladı.



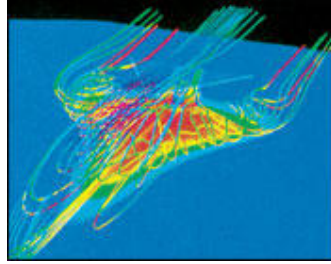
Şekil 3.7 1988 yılında Pro/Engineer yazılımı

Haziran 1989 Alias firmasının Natural Phenomena yazılımı gibi CAD modellerini görsel biçimde işleyen bilgisayar destekli endüstriyel tasarım yazılımları, metal yüzeyleri çok gerçekçi gösteren yansıma çözümlemesi (Reflection Mapping) gibi ileri düzey yazılım araçlarının bulunmasıyla yeni bir çağa girdi.



Şekil 3.8 1989 yılında Reflection Mapping uygulaması

Eylül 1989 NASA ileri düzey veri görüntüleme programları geliştirdi ve herkesin kullanabileceği şekilde yayınladı. Böylece bir araştırmacı mesela tasarladığı uçağın yüzeyindeki hava akışını ve oluşturduğu basıncı analiz edebiliyordu. Havacılık firmalarında çalışan kullanıcılar ve üniversiteler bu faydalı yazılımı mühendislik workstation'ları üzerinde kullanabilmek için çalışmalar yaptılar.



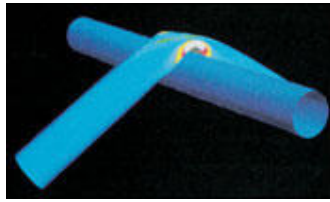
Şekil 3.9 1989 yılında NASA'da yapılan analiz

Ekim 1989 Ergonomik tasarım analizi için kullanılan insan hareketi simülasyonlarının satışa sunulan tiplerinin en önde gelenlerinden olan Envision, Deneb Robotics firması tarafından \$50,000 karşılığında piyasaya sürüldü. Bu arada, mekanik analiz firması MDI Android adlı bir yazılımı tamamlamak üzere idi. Bu yazılım; çarpışma analizi, ergonomi çalışmaları ve biyomedikal uygulamalar için kullanılan bir insan simülasyonu aracı idi.



Şekil 3.10 1989 yılında insan simülasyonu

Nisan 1990 Sonlu elemanlar analizi, yeni ve kolay kullanılabilen Aries, Rasna, ve MSC gibi yazılımlar sayesinde mühendislerin masa üstüne kadar taşındı. Uzman olmayan kişilerin bu tür analizleri yapabilmesi için daha en azından 10 sene var gibi gözüküyordu.



Şekil 3.11 1990 yılında sonlu elemanlar analizi

Eylül 1990 İmalatçılar NC simülasyonu yazılımları kullanarak takım yollarını grafiksel görebilme yöntemi ile gerçek metal işleme operasyonundan önce oluşabilecek muhtemel hataları tespit edebiliyordu. Deneb firmasının Vericut yazılımı gibi bazı araçlar tüm makinanın ve çalışma hücresinin simülasyonunu gerçekleştirebiliyordu.



Şekil 3.12 1990 yılında Vericut NC simülasyonu yazılımı

Ekim 1990 Eğrilerden oluşan yüzeylerin oluşturulması için hangi matematiksel metodun (NURBS mü Bezier mi) daha doğru olduğu tartışması merak uyandırdı. Çoğu CAD paketi NURBS içeriyordu ama Bezier temelli bir sistem (Şekil 3.13) de bazı avantajlar içeriyordu. Hangi tekniğin nasıl uygulandığının daha önemli olduğu sonucuna varıldı.



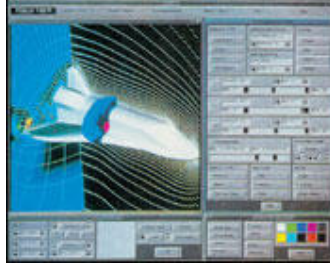
Şekil 3.13 1990 yılında Bezier temelli sistem

Kasım 1990 Freedom isimli uzay istasyonunun tasarım ve deneme sürecinin tamamlanmasında (zamanının en azimli CAD projesi) NASA mekanik modelleme için SDRC firmasının I-deas yazılımını ve tüm ana komplemin operasyonunun anime edilmesi için de Intelligent Light yazılımını kullandı.



Şekil 3.14 1990 yılında NASA'nın Freedom animasyonu

Ocak 1991 Stardent ve Intelligent Light yeni nesil bir görsellik yazılımı çıkardılar. Mühendisler için tasarlanan Stardent'in CFD Viewer ve Intelligent Light'ın Field View (Şekil 3.15), uygulama odaklı bir programın kullanım kolaylığı ile bilimsel bir görsellik aracının becerisini birleştirdi.



Şekil 3.15 1991 yılında Field View yazılımı

Haziran 1991 Alias Research, Evans & Sutherland ve Intergraph (Şekil 3.16) firmalarından çıkan endüstriyel tasarım paketleri CAD sistemlerinin mühendislik hassasiyeti ile animasyon programlarının artistik özgürlüğünü birleştiren yeni tür yazılımları tanıttılar.



Şekil 3.16 1991 yılındaki yeni nesil yazılımların birinden elde edilen görüntü

Aralık 1991 Hızlı prototipleme hızla yaygınlaşırken, (Artık bir düzineden fazla firma vardı), makinalar daha hızlı, daha doğru ve daha çok yönlü olmuştur. Artık karmaşık şekillere sahip parçaların (Şekil 3.17) üretilebildiği noktalara gelinmişti.



Şekil 3.17 1991 yılında hızlı prototipleme yoluyla üretilen bir egzoz manifoldu modeli

Mart 1992 Fake Space Labs tarafından geliştirilen BOOM görüntüsü gibi yeni etkileşimli aygıtlar, sanal gerçeklik teknolojisinin pratik uygulamalarda kullanılmasına yardımcı oldu. Burada, kullanıcı, NASA Ames'te bulunan sanal bir rüzgar tüneli ortamında uzay mekiğinde tasarım değişiklikleri yapıyor ve kanatlar üzerindeki hava akışının nasıl etkilendiğini inceliyor.



Şekil 3.18 1992 yılında sanal gerçeklik teknolojisi

Mayıs 1992 Cognition, Computervision, Rasna, ve Saltire firmalarının birkaç bin dolara sağlanabilen paketleri ile mekanizma analizi yaygınlaştı. Bu arada, MDI ve CADSI'nin ileri düzey sistemleri grafiksel kullanıcı arayüzleri ile kullanım kolaylığı sağladılar.



Şekil 3.19 1992 yılında mekanizma analizi

Kasım 1992 Göze çarpan kısımların değerlendirilmesi (Highlight evaluation) ve Eğrilik derecesi değerlendirilmesi (Curvature evaluation) gibi yeni yüzey görüntüleme teknikleri (Her ikisi de Alias Research's Studio paketinin unsurları) tasarımcılara ürün geliştirme çevriminin

ilk safhalarında karışık yüzeylerin karakteri ve bütünlüğünü görebilme konusunda yardımcı olmaya başladı.



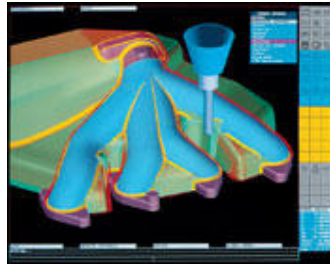
Şekil 3.20 1992 yılında Göze çarpan kısımların değerlendirilmesi (Highlight evaluation) ve Eğrilik derecesi değerlendirilmesi (Curvature evaluation)

Şubat 1994 Taslak yazılımlarında bir devrim olan Alias Research firmasının StudioPaint programı, Studio gibi diğer Alias programlarından 3D modellerle birleştirilen gerçek taslaklar yaratan 2D araçlar içeriyordu. Herhangi bir aşamada model daha ileri bir 2D konsept çalışması yapmak için veya 3D düzeltme ve render yapabilmek programlar arasında transfer edilebiliyordu.



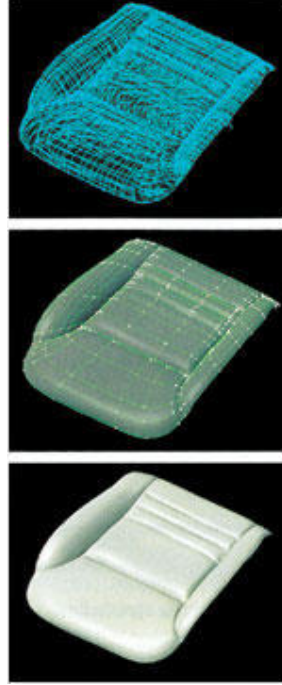
Şekil 3.21 1994 yılında Alias StudioPaint yazılımı

Kasım 1995 Plastik enjeksiyon kalıbı çıkarmak için CAD geometrisinden takım yolu çıkaran CAM yazılımı “modelden kalıba” zamanını etkili bir şekilde düşürüyordu. Camax firmasının lider Camand programı (Şekil 3.22) takım operasyonlarını simüle ediyor.



Şekil 3.22 1994 yılında Camand yazılımı

Mart 1995 Parametric Technology Corp., EDS, Matra, SDRC, ve Computer Design Inc. gibi lider CAD firmalarının yeni yazılımı (Şekil 3.23) 3D tarayıcılardan elde edilen nokta bulutu verisini kullanarak otomatik olarak yüzeyler yaratıp tersine mühendislik kavramını daha da kolay hale getiriyordu.



Şekil 3.23 1995 yılında nokta bulutu verisinden yüzey yaratma

Mart 1998 Chrysler tamamen dijital “Cyber-synthesis” işlemini gerçekleştiren ilk otomobil imalatçısı oldu. Tek bir CAD/CAM sistemi (Dassault Systems'ın Catia) kullanarak Chrysler mühendisleri 1998 Dodge Intrepid ürününü tasarladı, monte etti ve testlerini yaptı.



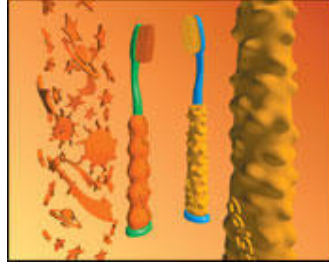
Şekil 3.24 Üretim öncesi mühendislik aşamaları tamamen dijital ortamda gerçekleştirilen Dodge Intrepid modeli

Haziran 1998 Mekanik CAD tedarikçileri orta-seviye pazarından pay almak için kıyasıya bir mücadeleye girdiler. AutoCAD Mechanical Desktop, SolidWorks (Şekil 3.25), PT Modeler, ve Solid Edge gibi programlar durmadan büyüyen kalabalık bir alanın liderleri oldular.



Şekil 3.25 Solidworks ile yaratılan bir supercharger modeli

Ocak 1999 CAD araçlarının Unix'ten masaüstü platformlara taşınması ile birlikte seçkin otomotiv tasarımları ile başlayan bilgisayar destekli endüstriyel tasarım artık tüketici ürünleri dünyasını da şekillendirmeye başladı. Yanda görülen ve Ashlar ile Alias|Wavefront yazılımları ile yaratılan diş fırçaları gibi.



Şekil 3.26 CAD araçları ile tasarlanan tüketici ürünleri

Temmuz 1999 Dijital stil yaratma araçları ve CAD/CAM/CAE sistemlerinin entegre edilmesi ile Detroit'li tasarımcılar yeni seri bir neo-klasik otomobil tasarımı yaptı. Ford bağlantılı PTC/ICEM Technologies firmasının ICEM Surf ile merkezi CAD sistemi, SDRC'nin I-deas Master Series yazılımı, bu T-bird konseptini yaratmada yardımcı oldu.



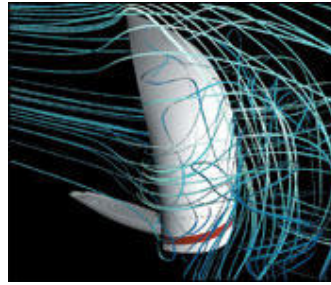
Şekil 3.27 I-deas ile tasarlanan T-bird konsepti

Mart 1999 Gerilim testi, daha önce sadece yüksek seviye ürünler ile sınırlı idi çünkü analiz yapabilmek için uzmanlık derecesinde bilgi gerekiyordu. Fakat MSC ve Ansys gibi CAE tedarikçilerinin piyasaya sürdüğü kolay kullanımlı yazılımlar sayesinde düşük bütçeli ürünlerde de kullanılmaya başlandı (Şekil 3.28)



Şekil 3.28 Plastik şişelerin gerilim testi

Aralık 1999 CAD ve CAE araçları ile Amerika Kupası takımları daha küçük ve daha hafif dolayısıyla daha hızlı araçlar tasarlayarak daha rekabetçi oldu. Prada takımı CEI'nin Ensignht bilgisayarlı akışkanlar dinamiği programını yat tasarımında aracın etrafındaki hava akışını analiz etmek için kullandı.



Şekil 3.29 Ensignht yazılımı ile hava akışı analizi

Ocak 2000 Tasarım Mühendisliği'nin masaüstünden Web'e taşınması ise Alibre firmasının Alibre Design yazılımını tanıtması ile oldu. Bu yazılım Internet üzerinden paylaşımlı parametrik katı modelleme programlarının ilkidir. Program ACIS çekirdeği ve STEP dosya biçimi temellidir.



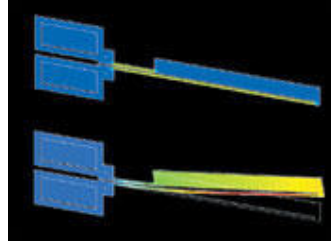
Şekil 3.30 Web üzerinden çalışan ilk CAD yazılımı Alibre Design

Mart 2000 Yeni konsept tasarım araçları, sanat ile ürün geliştirme bilimini birleştirdi. Alias|Wavefront'un Studio yazılımı, Şekil 3.31'de görülen blender'ın malzeme ve renginin gerçeğe uygunluğu, modelin yüzeylerinin oluşturulması ve tam hassasiyette bir CAD katı modeline dönüştürülmesi için kullanıldı.



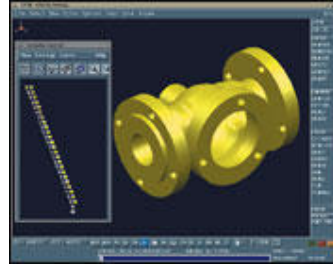
Şekil 3.31 Alias|Wavefront Studio ile render edilen blender

Haziran 2000 Birden fazla fiziksel etkinin bir dijital model üzerindeki etkilerini simüle etme kabiliyeti mühendislere gerçek dünyada olacakların önceden belirlenebilmesi için yardımcı olmaya başladı. Ansys Multiphysics yazılımı ile elektromanyetik ve termal analizler aynı anda yapılarak mikroeletiriksel mekanik bir sistemin gerilim cevabı simüle edilebilmiştir.



Şekil 3.32 Ansys Multiphysics yazılımı

Şubat 2001 CAD-dönüşümü yazılımlarının yeni nesil örnekleri 3D katı modellerin tüm verilerinin serbestçe bir programdan diğerine aktarımını mümkün kılar. Şekil 3.33'te görülen Catia modeli, tüm unsur ağacı ile birlikte bir PTC Pro/Engineer dosyasından Translation Technologies Inc. firmasının Acc-U-Trans yazılımı ile dönüştürülerek elde edilmiştir.



Şekil 3.33 Acc-U-Trans yazılımı ile Pro/Engineer dosyasından Catia dosyasına dönüştürülen bir model

Haziran 2001 Otomobilleri tasarlamada kullanılan CAD verisi aynı zamanda onları pazarlamada kullanılmaya başlandı. Jaguar tarafından tescilli yazılımlar kullanılarak oluşturulan veri, Burrows dizayn firmasının tasarımcıları tarafından CAD dosyalarından gerçek görümlü 3D modellere dönüştürüldü ve daha fiziksel anlamda bir prototipi yapılmadan TV ekranlarındaki reklamlarda yer almaya ya da teknik broşürlerin sayfalarını süslemeye hazırды.



Şekil 3.34 Fiziksel prototipi hazırlanmadan broşürlerde yer alan Jaguar modeli

3.1. 2000-2005 Genel Değerlendirme

Tarih 2000 yılını gösterdiğinde CAD yazılımı tedarikçilerinin de içinde bulunduğu IT endüstrisi hep korkulan Y2K problemlerinin o kadar da kötü olmadığını görünce rahat bir nefes aldı.

CAD yazılımı dünyasında gözler ilk Web tabanlı yazılım olan Alibre firmasının çıkardığı ve Spatial Technology'nin ACIS çekirdeği üzerine kurulu Alibre Design yazılımına döndü. Bu yazılım Internet üzerinden client-server mantığı ile 3D modelleme yapmaya olanak tanıyordu. Aslında Japonya'da Toyota Caelum'un TeamCAD yazılımı daha "client-server" terimleri popüler olmadan LAN üzerinden 3D modelleme yapmaya 1990'ların ortalarından başlamıştı.

Autodesk, 2000 yılının ortasında AutoCAD 2000i yazılımını piyasaya sürdü. Bu yazılım onların ilk Web tabanlı CAD yazılımı idi ve bir Web tarayıcı ile görüntülenebilen çizimler üretebiliyordu. Aynı zamanda Microsoft Net Meeting kullanarak basit bir online paylaşım içeriyordu.

İmalatçılar üzerindeki yeni ürün konsept>tasarım>detay>imalat>seri imalat sürecini azaltma baskısı son on yılda acımasızca artmıştı. 2000 yılı sonlarında Ford firması tamamen Internet üzerinden kullanılan ve kendi içinde geliştirdiği C3P (CAD CAM CAE PDM) platformu ile Mondeo modelini çıkararak alışlageldik zamanın 3'te 1'ini kullanarak 3D CAD yazılımı ile Internet üzerinden kullanılan PDM yazılımı birleşiminde paylaşımcı bir ortamda ne kadar başarı elde edilebileceğini gösterdi.

Aynı şeyi Boeing firması "sanal ürün geliştirme" yöntemi ile kilden yapılma prototipler yerine 3D modellerin oluşturduğu bir 3D ana komple üzerinde çalışıp ürün geliştirme zamanlarını azaltarak yapmıştı ve şimdi Ford otomotiv dünyasında bunu uyguluyordu. Artık CAD dünyası 1980 ve 1990'larda yapıldığı gibi unsurların karşılaştırılmasından çok tedarikçinin tasarım akışını ve mühendislik verilerini ne kadar iyi yönetebildiğine dönmüştü ve 3D katı model bu anlamda daha az önem kazanmaya başlamıştı.

1990'larda üniversite araştırmalarında ortaya çıkan PLM "Product Life-cycle Management" terimi yaygınlaşmaya başlamış, 1990 sonlarında endüstride popüler olmuş ve artık önde gelen CAD tedarikçileri "3D CAD yazılımı satıcısı" kimliğinden çok "PLM çözümleri sağlayıcısı" kimliğine bürünmüşlerdi. Dört lider tedarikçi (Dassault Systems, Parametric Technology, Unigraphics Solutions ve SDRC) kurumsal imajlarını, pazarlama ve satış odaklarını değiştirme çalışmalarına hız vermiş ve sloganlar farklılaşmıştı. "Yüksek 3D modelleme hızı", "Şimşek gibi render yapabilme", "Hissedebileceğiniz kadar gerçek grafikler" gibi sözler

yerini “Daha yüksek değer kazanma”, “Portföy yönetimi”, “Yaşam Çevrimi Analizi” gibi sözlere bırakmıştı.

Ford kendi C3P platformunda SDRC'nin Metaphase PDM yazılımını kullanıyordu. SDRC 2000 yılı sonlarında Metaphase'in rakibi Sherpa'yı da alarak iyice güçlendi. Güçlü veritabanı ve ağ yönetimi yeteneklerinin yanında modern PLM çözümlerinde olması gereken bir özellik de 3D büyük montajların rahat görüntülenebilmesi olduğu için 2000 sonlarında Unigraphics Solutions firması lider 3D görüntüleyici (Viewer) tedarikçisi EAI'yi satın aldı.

Bu dönemdeki önemli olaylardan biri de Dassault Systems firmasının Spatial Technology firmasının ACIS 3D katı modelleme çekirdeğini (kernel) satın alması oldu.

2001 yılının başlarında, Unigraphics Solutions firması ismini UGS olarak değiştirdi ve SDRC firmasını satın aldı. Aynı zamanda EDS UGS'in 14%'lük kısmını satın aldı. Ford firması C3P platformu için SDRC firmasına muhtaçtı fakat ilerideki PLM çözümleri için çok tedarikçili bir çözüme gitme kararı aldılar. Bu karar doğrultusunda 2003 yılı başlarında IBM-Dassault Systems firmasının Catia ve Enovia yazılımlarını kullanacaklarını açıkladılar.

1987'de ProEngineer yazılımı çıktığından beri kayda değer çok önemli bir atılım olmamıştı. 3 D modellemede büyük kolaylık sağlayacak ve büyük değişiklik yaratacak belki bir ya da iki olay olmuştu. 2001 sonlarında think3 firması GSM "Global Shape Modeling" mantığını kullanan thinkDesign yazılımını piyasaya sürdü. Bu mantıkta NURBS yüzeyleri ile serbestçe oynamak mümkündü. 2003 yılı başında, PTC (eski Parametric Technology) yeni WildFire 3D CAD yazılımını çıkardı ve 3D geometriler oluşturmayı daha kolay hale getirdi.

Tek yeni 3D CAD tedarikçisi ImpactXoft olmuştu, bu firma 1999-2000'de IX/Speed ve Xxen CAD yazılımlarını Japon Toyota Caelum ile birlikte geliştirmişti. IX/Speed ve Xxen'in ilk versiyonları 2001 başında çıktı. Dassault Systems ImpactXoft'a 2002 sonunda bir yatırım yaptı ve IX, artık Toyota Caelum firmasından kopup, CATIA Bileşen Uygulama Mimarisi (Component Application Architecture)ni geliştiren Dassault Systems firmasının gittikçe büyüyen iş ortakları listesine girdi..

Günümüzde, CAD yazılımı dünyası 3 lider PLM çözümleri tedarikçisi, IBM-Dassault Systemes firması CATIA, Solidworks & ENOVIA yazılımları ile, UGS firması Unigraphics, SolidEdge & iMAN yazılımları ile, PTC firması Pro/Engineer & WindChill yazılımları ile, ve onların dışında Autodesk firması Inventor yazılımı ile domine edilmektedir ve sürekli gelişmektedir.

4. CAD DİZAYN PROSESİ

CAD herhangi bir araştırma geliştirme veya tasarım probleminin çözümünde, grafik özellikler kullanılarak iki veya üç boyutlu çizimlerin ve tasarımların, bilgisayar desteği ile oluşturulmasına dayanan çalışma yöntemlerinin tümüdür.

Modern CAD sistemleri (genellikle CAD / CAM sistemleri adı verilir) İnteraktif Bilgisayar Grafiklerine (ICG) dayanırlar. ICG' ler bilgisayarların şekil veya sembol formunda veri oluşturulması, iletmesi ve ekranda göstermesinde kullanılan, kullanıcıya dayanan sistemlerdir.

Bilgisayar Destekli Dizayn Sistemlerindeki kullanıcı, verileri ileten ve bilgisayara çeşitli girdi araçlarının herhangi biri vasıtasıyla komut veren desinatördür. Bilgisayar kullanıcısıyla katot ışın tüpü (CRT) yardımıyla iletişim kurar. Operatör (Teknik Ressam) CRT ekranı üzerinde, bilgisayarın belleğinde depolanmış arzu edilen yazılım alt programlarını çağıran bir giriş komutu ile bir görüntü (imaj) yaratır. Operatör, boyutlarda genişleme / daralma, rotasyon, ekran üzerinde başka bir konuma gitme vb. çeşitli manipülasyonlar yardımıyla, görüntünün istenen detaylarını komutlarla formüle edebilir. Günümüzde hassasiyetleri gitgide artan ve gerek renk ve gerekse gösterim yetenekleri yüksek ekranlar üretilmektedir. Bu ekranlar üzerindeki en basit bir bilgisayar grafik uygulaması dahi binlerce noktadan oluşmaktadır. Kapasiteleri çok büyük mikro çiplerin geliştirilmeleri sonucunda bellekte milyonlarca noktanın koordinatları depolanabilmektedir.

ICG sistemi CAD sisteminin bir bileşenidir. Diğer bileşen operatördür (kullanıcı). İnteraktif Bilgisayar Grafikleri, dizayn problemini çözmek için operatör tarafından kullanılan bir alettir. Operatör, insanın zihinsel yeteneklerine (fikir oluşturma, bağımsız düşünme) en çok uyan dizayn prosesini gerçekleştirir. Bilgisayarsa, kendi yeteneklerine (hesaplama hızı, gösterim yeteneği, bellek) en iyi uyacak şekilde görevini yerine getirir. Sonuç sistem bu iki bileşenin yeteneklerini aşar.

CAD sistemini kullanmanın temel nedenleri şunlardır:

1. Tasarımcının Üretkenliğini Arttırmak İçin: Bu, ürünün, alt montaj bileşenleri ve parçalarının tasavvur edilmesinde operatöre yardım ederek ve dizayndaki sentez, analiz ve döküm için gerekli zamana kısaltarak sağlar. Üretkenliğin gelişmesiyle sadece daha düşük dizayn maliyeti değil, aynı zamanda da daha kısa proje tamamlanma zamanı sağlar.
2. Dizayn Kalitesini Geliştirmek İçin: Bir CAD sistemi ile çalışmak, yapılan tasarımda daha çok alternatifin gözönüne alınması, düşünülen alternatiflerin hesaplarının yapılarak değişik durumlarda mühendislik analizleri yapabilme imkanı sağlayacaktır. Tüm bu

çalışmalar sırasında hassasiyet dizayn hatalarını minimuma indirecektir. Ayrıca ortaya çıkan çizimlerde minimum çizim hataları yaratılacak böylelikle daha temiz ve standartlara uygun çizimler elde edilecektir.

3. İmalat İçin Veri Tabanı Oluşturmak: Üretim için teknik dokümanların hazırlanması sırasında ürünün işlenebilmesi için gerekli olan datalar da gözönünde tutulacaktır. Bu datalar, ürünün geometrik boyutları, ürünün geometrisini oluşturan tanımlanmış temel elemanların neler olduğu, detayların nasıl birleştirileceği, detaylara ait malzeme bilgileri, mamulün işleneceği hammaddenin ölçüleri (kaba malzeme ölçüleri) vb. bilgilerdir. Bu bilgiler değişik formatlarda sistemden alınarak birbirinden farklı bir çok amaç için kullanılabilir.

CAD Dizayn prosesi altı safhayı içeren bir prosedür olarak karakterize edilebilir:

1. İhtiyacın Belirlenmesi: Bir takım düzeltici faaliyetlerin yapılması gerektiğinin bir kişi tarafından anlaşılmasıdır. Bu bir mühendis tarafından mevcut makine dizaynındaki bazı kusurların belirlenmesi veya bir satıcı tarafından yeni bir ürünün pazarlama fırsatlarının algılanması olabilir.

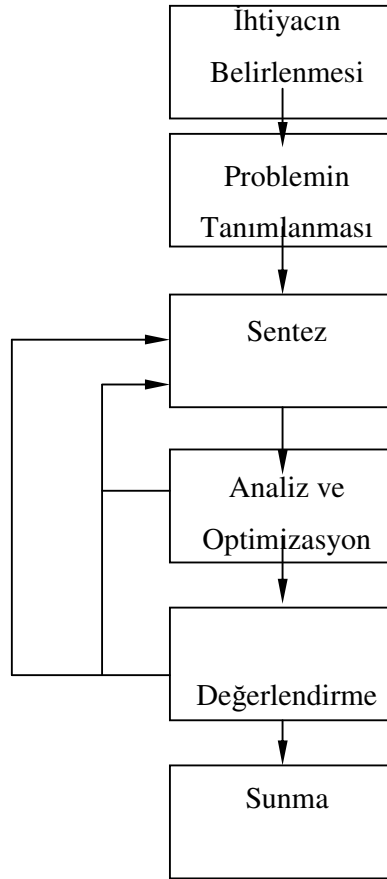
2. Problemin Tanımı: Dizayn edilecek parçanın tüm spesifikasyonlarını içerir. Bunlar fiziksel ve fonksiyonel karakteristikler, kalite ve işleme performansını kapsar.

3. Sentez (Mühendislik Tasarımı): Bilindiği üzere geleneksel mühendislik tasarımı, çizim masası üzerinde başlar ve orada ayrıntılı bir doküman – teknik resim haline dönüşür. Makine mühendisliğinde tasarım; bir ürünün onun alt parçalarının ve hatta bu ürünün imal edilmesi için gerekli olan takım ve tertibatların tüm teknik resimlerini içerir. Elektrik ve elektronik mühendisliğinde tasarım ise elektrik devre ve şemaların hazırlanması gibi işlemleri içerir. Buna benzer şekilde diğer mühendislik dallarında da yapılan tasarımların elle doküman haline getirilmeleri söz konusudur.

Mühendislik tasarımı geleneksel olarak tasarımın çizim masalarında detaylı mühendislik resimleri formunda dokümante edilmesi ile oluşurlar. Bilgisayar destekli tasarımda bir tasarım işleminde yapılması öngörülen bütün işlemler çizim masası yerine artık bir CAD sisteminden oluşur. Bir CAD sistemi şu kısımlardan oluşur:

- a) Tasarımcı
- b) Donanım (Hardware): Bilgisayar ve çevre birimleri (yazıcı, çizici vb.)
- c) Yazılım (Software): Genel sistem yazılımı ve CAD yazılımı.
- d) Problem; çözülmesi gereken tasarım problemi.

Tasarımcı, elindeki problemi önünde mevcut olan bilgisayardaki CAD programını kullanarak çözümler. CAD sisteminde kullanılan bilgisayar gerekli tasarımın yapılmasına olanak verecek bir CAD yazılımına sahiptir. Bu yazılım ile tasarımcı bilgisayarın çevre üniteleri ile (ekran, klavye vb.) sürekli etkileşim halindedir. Yapacağı tasarımın cinsine göre çeşitli geometrik çizim elemanlarının kullanılması ile çizimleri ekranda gerçekleştirilir. Yani geleneksel olarak çizim masasında kağıt üzerinde yapılan çizimler ve tasarımlar CAD sistemlerinde artık ekranda yapılır. Bu arada eğer tasarlanan geometri üzerinde yapılacak düzeltmeler, değişiklikler, büyütme, küçültme, kopyalama ve bunun gibi işlemler varsa bunlar rahatlıkla ekranda yapılabilmektedir. Böylece diğer tasarım yöntemlerindeki yorucu ve zaman alıcı işlemler bilgisayarlarda rahatlıkla yapılmış olmaktadır.



Şekil 4.1 Genel dizayn prosedürü

CAD ile tasarımcı yaptığı tasarımı çok daha rahat bir şekilde gözönünde canlandırabilir; birkaç alternatif tasarımı kısa bir sürede analiz edip, ilişkili alt parçaları ile birlikte kolaylıkla ekran üzerinde monte edilebilir ve bunlar üzerinde çok değişik analizler yapılabilir. Ayrıca yeni yapılacak tasarım, eski tasarımlarının bazı kısımlarının değiştirilmesiyle elde edilecekse

bu da son derece hızlı bir şekilde eski tasarımın ekrana çağrılıp üzerine gerekli değişikliklerin yapılması ile elde edilir. Özet olarak, tasarımcının üretkenliği CAD sistemlerinin kullanılmasıyla artmaktadır.

4. Analiz ve Optimizasyon: Sentez ve analiz etme dizayn prosesi ile yakından ilgilidir. Bir operatör tarafından belli bir bileşen veya tüm bir sistemin alt sistemi fikri oluşturulur, analiz edilir, analiz prosedürü ile geliştirilir ve tekrar dizayn edilir.

5. Değerlendirme: Dizaynı, problem tanımlama safhasında belirlenen spesifikasyonlara göre ölçmektir. Bu değerlendirme işletim performansı, kalite, güvenilirlik ve diğer kriterleri değerlendirmek için prototip modelin test edilmesi ve imal edilmesidir.

6. Sunma (Mühendislik Çizimlerinin Hazırlanması): Dizayn prosesinde en son safha sunmadır, yapılan mühendislik tasarımlarının belgelendirilmesi gereklidir. Bunlar genellikle teknik resimler ve raporlar şeklinde olabilir. Bunların hazırlanmaları imalat için şarttır. Bir CAD sisteminde yapılan tasarımların dokümantasyonu çiziciler ve yazıcıların kullanılmasıyla olur. Bu işlem direkt olarak bilgisayardaki çizimlerin kağıda yazıcı ve çiziciler yardımı ile aktarılması yoluyla gerçekleştirilir ve elde edilen çizimler geleneksel metotla yapılan teknik resimlere karşın çok daha hassas ve kaliteli olur.

Bu yapılan çalışmaların nedeni ise yapılan tasarımların daha sonra imalatta faydalanacak şekilde bir veri tabanı oluşturmasına imkan vermesidir. Geleneksel metotlarla yapılan tasarımlardan sonra imalat mühendisleri tarafından iki ayrı bölümde iki ayrı prosedür uygulanmaktadır. Böylece tasarım ve imalat birimleri tarafından aynı olan bazı işlemler tekrarlanmakta, dolayısıyla belirli ölçüde zaman kaybı ortaya çıkmaktadır. Buna karşın bir CAD / CAM sisteminde tasarım fazında bir veri tabanı oluşturulmakta ve aynı veri tabanı imalat için de kullanılmaktadır. Daha önce yapılan işlemler yinelenmemektedir. Bir başka deyişle, ekran başında tasarlanan parça, kalıp vb. ürün yine ekran başında işlenmektedir. Bu işleme sırasında sahip olunan takım tezgahının ve bu tezgahın mevcut kesici kalem vb.' nin özellikleri bilgisayarla simüle edilebilmektedir. Bu şekilde NC parça programlama yapılmış ve o parça için NC kodlama elde edilmiş olur. Daha sonra bu NC verileri takım tezgahına gerek şerit, gerek manyetik bant ve gerekse de doğrudan bağlantı ile aktarılır. Böylece imalatı düşünülen parça tasarımdan imaline kadar CAD sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiş olur.

5. DİZAYNDA BİLGİSAYARIN KULLANIMI

Bilgisayar destekli modern sistemler tarafından gerçekleştirilen dizayn ile ilgili işler dört fonksiyonel alanda gruplanabilir.

1. Geometrik Modelleme,
2. Mühendislik Analizi,
3. Dizaynın Gözden Geçirilmesi ve Değerlendirilmesi,
4. Otomatik Çizim

5.1. Geometrik Modelleme

CAD, en alt düzeyde parçanın resmini çizmek ile başlar. Şeklin yanısıra parça boyutları da girilebilir. Yalnız önemli olan nokta, tasarımı yapılan cismin geometrisinin matematiksel olarak tanımlanabilir olması gerektiğidir. Geometrik modellemede üç ana yöntem dikkati çeker. Bunlar:

- a) 2D Tasarım: İki boyutlu tasarım yöntemi düzlem objeler için kullanılmaktadır (Nokta, çizgi ve daire gibi).
- b) 3D Tasarım: Bu yöntem çok karmaşık 3D profillerin dizaynı için tasarımda kullanılmaktadır.

Bilgisayar geometrik modelleme prosesi süresince, komutları matematik modele çevirir, onları veri kütüklerinde depolar ve CRT ekranı üzerinde bir görüntü olarak gösterir. Model sonuçta, gözden geçirme, analiz etme veya değiştirme işlemleri için veri kütüklerinden çağrılabilir.

5.2. Mühendislik Analizi

Daha yüksek seviyede CAD programları hesap yapabilme yeteneğine sahiptir. Herhangi bir mühendislik probleminin çözülmesi için, problemin formülasyonunun yapılması gerekir. Bu formülasyon üzerine bir takım analiz yöntemleri uygulanabilecektir. Bu analizler çekme yorulma deneyleri, ısı transfer hesaplamaları veya dizayn edilen sistemin dinamik davranışlarını anlatmak için diferansiyel denklemlerin kullanılması gibi çeşitli hesaplamalardır. Bilgisayar bu analiz çalışmalarına destek olarak kullanılabilir.

CAD / CAM sistemlerinde kullanılan iki önemli analiz yöntemi şunlardır:

a) **Kütle Özelliklerinin Analizi:** En geniş uygulamaya sahip bir CAD sistemi özelliğidir. Bu analiz, yüzey alanı, ağırlık, hacim, ağırlık merkezi ve iç moment gibi katı cisimlerin özelliklerini analiz etme imkanı sağlar.

b) **Sonlu Eleman Analizi:** CAD sisteminin en etkili özelliklerinden biri de sonlu eleman metodudur. Bu teknikte nesne, düğümlerde toplanan ve birbirine bağlı bir şebeke oluşturan çok sayıdaki sonlu elemana (genellikle dikdörtgen veya üçgen şeklinde) bölünür. Hesaplama kabiliyeti yüksek bir bilgisayarla tüm nesne, her bir düğümde çekme – yorulma ısı transfer ve diğer karakteristikler hesap edilerek analiz edilebilir. Sistemdeki tüm düğümlerin birbirleri ile ilgili davranışları belirlenerek bütün nesnenin davranışlarına ulaşılabilmektedir.

5.3. Dizaynın Kontrolü ve Değerlendirilmesi

Dizaynın doğruluğunu kontrol etme işlemi bilgisayar terminali üzerinde rahat bir şekilde yerine getirilir. Boyut spesifikasyonlarını kullanıcı tarafından gösterilen yüzeylere atayan yarı – otomatik boyutlama ve toleranslama yöntemleri, boyutlama hatalarını azaltmaya yardımcı olurlar. Bunların yardımıyla operatör parça dizayn detayları üzerine doğru yaklaşır (700 m) ve daha yakın bir inceleme için grafik ekran üzerindeki görüntüyü büyültür.

Dizaynın gözden geçirilmesinde, genellikle “ çakıştırma ” adı verilen prosedür yardımcı olur. Çakıştırma için iyi bir örnek, bir makine parçasının en son şeklinin geometrik görüntüsünü kaba döküm kalıbı görüntüsü üzerine kapatmak olabilir. Bu analiz, dökümde sonuç makinenin boyutlarını gerçekleştirmek için yeterli malzemenin olduğunu temin eder.

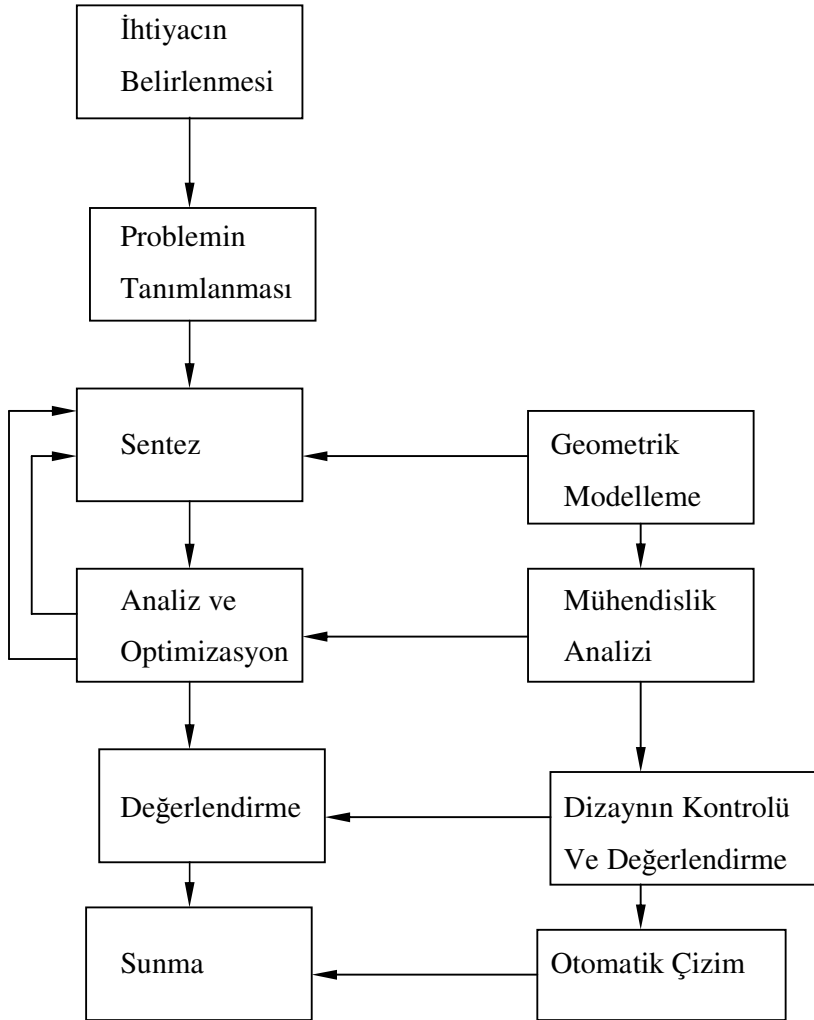
Bilgisayar destekli dizayn sistemlerinde en ilginç değerlendirme metotlarından biri “kinematik” tir. Uygun kinematik paketleri menteşe ve mafsal gibi basit dizayn mekanizmalarının hareketlerini canlandırma yeteneği sağlar. Bu yetenek, operatörün mekanizmasının işlemini görüntüleme yeteneğini artırır ve mekanizmanın diğer bileşenlere bir engel teşkil edip etmediğinden emin olunur.

5.4. Otomatik Taslak Çizim

Mühendislik çizimlerinin CAD’ in veri tabanından direkt olarak kopyalanmasıdır. CAD sistemleri çizim fonksiyonunun üretkenliğini kabaca elle çizimin 5 katı kadar arttırmıştır.

CAD’ in bazı grafik özellikleri çizim prosesine çok elverişlidir. Bu özellikler otomatik boyutlama, taralı alanların oluşturulması, ölçekli çizim, parçaların detaylarının görüntülerini büyütme ve bunların bazı bölümlerinin geliştirilmesi özelliklerini kapsar. CAD’ le taslak çizilmesi, parçanın rotasyonu ve görüntünün diğer transformasyonlarında (eğrilik, izomorfi

ve perspektif) önemli oranda destek sağlanır. Günümüzde birçok CAD sistemi bir parçanın altı farklı görüntüsünü oluşturma yeteneğine sahiptir.



Şekil 5.1. Dizayn prosesine bilgisayarların uygulanması

Yukarıda anlatılan 4 CAD fonksiyonuna ek olarak, CAD veri tabanının bir başka özelliği de parça sınıflandırma ve kodlama sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılabilmesidir. Parça sınıflandırma ve kodlama benzer parça dizaynlarının gruplanması ve bir kodlama şemasıyla bu benzerliklerin arasında bir ilişki kurulmasıdır. CAD bu konuda operatöre çok faydalı bir yardımcıdır.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM YÖNTEMLERİ

CAD' in temeli, geleneksel olarak teknik ressamlarca çizilen resimlerin yine teknik ressamlarca fakat bilgisayar kullanılarak çizilmesine dayanır. Burada sözkonusu olan iki boyutlu teknik resimlerin bilgisayar yardımı ile çizimi, olsa olsa CAD için ancak bir başlangıç seviyesi olabilir. CAD günümüzde en temel teknik resimlerin çizilip ölçülendirilmesinden, en karmaşık şekillerin gerçeğe yakın tasarlanıp görüntülenmesine kadar geniş olanakları içermektedir. CAD ile birlikte kullanıcı yazılımları, uzman sistemler, çözümlene yazılımları, sayısal denetim, robotlar, üretim planlama yazılımları, bilgisayar bütünlük üretim hedefinin birer parçasıdır. En genel yaklaşımla bir şekli CAD ile tasarlamak için dört temel yöntem kullanılır.

6.1. Çizim

Teknik resimlerin, geleneksel çizim aletleri yerine bilgisayar kullanımı ile çizilmesi için iki ve üç boyutlu çizim yazılımları kullanılır. Bir teknik ressamın çizebileceği her türden ürün, kalıp, parça, plan, proje vb. resmi mümkün olduğunca teknik ressamın çizim sırasında kullandığı yöntemlerle bilgisayar ekranına çizilir. Nokta, çizgi, yay, eğri, çokgen gibi temel elemanlardan hareketle çizim yapılır. Büyütme, küçültme, silme, çoğaltma, tarama vb. olanakları ile istenen değişiklikler yapılır. Resim üzerine istenen yazılar yazılır, istenen ölçü sisteminde otomatik ölçülendirme yapılır. Çok kullanılan çizim parçaları için arşiv oluşturulacak kolayca çizimde kullanılabilir. Çizim modülü ile iki boyutlu çizimin yanısıra izometrik çizim de yapılabilir.

6.2. Tel Kafes Geometri

Tel kafes geometri, bir şekil üç boyutlu olarak göstermenin en basit yoludur. Şeklin sadece sınırları ve kenarları çizgi ve eğrilerle gösterilir. Eğriler çok sayıda yayın birleşmesinden meydana gelir. Bir eğri uzayda serbestçe tanımlanabildiği gibi bir yüzey üzerine çizilmiş de olabilir. Eğriler matematiksel olarak polinomlarla tanımlanır. CAD yazılımlarında eğrilerin oluşturulması için üç yöntem vardır:

- a) Daire, yay, elips, parabol, hiperbol gibi yaygın, matematiksel olarak kolay ifade edilen eğriler.
- b) Karmaşık iki yüzeyin kesişimi, bir eğrinin bir yüzey üzerine izdüşümü vb. etkileşimli yöntemlerle belirlenen hesaplanmış eğriler.
- c) Bir dizi noktanın, teğet ve diklik kurallarına uyarak birleştirilmesi ile belirlenen eğriler.

6.3. Yüzey Geometri

Tel kafes geometri ile tanımlanan üç boyutlu şekillerin daha sıkı çizgilerle taranması ile oluşur. Çizgilerin arası yüzeylendirilerek gerçeğe yakın yüzeylerin görüntülenmesi sağlanır. Yüzey oluşturmak için, iki değişkenli polinomlarla tanımlanan denklemler kullanılır. CAD yazılımlarında çok kullanılan beş yüzey oluşturma metodu vardır:

- a) Koni, küre, silindir, spiral, düzlem yüzeyi gibi temel geometrik yüzeyler
- b) Uzayda eğriler arasının teğet ve diklik kurallarına uygun olarak doldurulması ile oluşturulan yüzeyler
- c) Yüzeylerin birbirine geçtiği hallerde oluşan kenarların yaylarla yumuşatılarak geçiş sağlanması ile oluşturulan yüzeyler
- d) Uzayda belirlenen noktalardan geçen teğet ve diklik şartlarını sağlayan çizgilerin oluşturduğu yüzeyler
- e) Bir yüzey üzerinde kapalı eğrilerle yüzey parçaları ayrılabilir. Eğer bir düzlem üzerinde yüzey parçası ayrılacaksa doğrular da kullanılabilir. Bu şekilde oluşturulan yüzey parçaları birleştirilerek yüzeyler oluşturulabilir.

6.4. Katı Geometri

Temel geometrik hacimlerden hareketle karmaşık şekillerin tasarlanması, katı geometri yazılımları ile yapılır. Yazılım, silindir, küre, koni spiral, piramit, küp eğri tabanlı prizma, çokgen tabanlı prizma, bir kesitin (düzlemin) bir eksen etrafında döndürülmesi ile oluşan hacimler gibi temel geometrik şekilleri tanımlayabilir. Karmaşık şekillerin oluşturulması için bu temel şekiller birleştirilir, birbirinden çıkarılır, deforme edilir, yüzeylerle kesilir. Görüntülerin daha gerçekçi olması için arkada kalan çizgiler görünmez yapılır, şekiller yüzeylendirilir.

Gelişmiş CAD yazılımlarında oluşturulan şekiller 16,7 milyona kadar varan renklerle ve (yarı) ışık geçirgen olarak tanımlanabilir. Çeşitli noktalarda ışık kaynakları tariflenerek şekillerin gölgelenmesi sağlanır. Şekiller sürekli döndürülebilir ve istenen yerde kesit alınabilir. 2 ve 3 boyutlu çizim modülü diğer model geometrilerin oluşturulabilmesi veya bir modülden diğer modüle bilgilerin aktarılabilmesi için temeldir. 2 ve 3 boyutlu çizim modülü ile çizilen resimler, tel kafes, yüzey ve katı model geometri modüllerinde çağrılıp üzerinde çalışılabilir. Bu modüllerde yaratılan şekiller 2 ve 3 boyutlu çizim modülüne aktarılabilir.

Birçok yazılımda bütün modüller ortak tek bir bilgi tabanı kullanırlar.

7. BİLGİSAYAR DESTEKLİ DİZAYNIN FAYDALARI

CAD' in pek çok faydası vardır. Ancak bunlardan sadece bazıları kolaylıkla ölçülebilir. Örneğin, iş kalitesinin gelişmesi, daha kullanışlı bilgi, kontrolün gelişmesi gibi belirli bir miktar ile belirlemenin güç olduğu soyut faydaları vardır. Bazı faydaları ise somuttur fakat bunlardan sağlanan faydaları üretim prosesinden bulup çıkarmak ve dolayısıyla dizayn safhasında bunları para miktarı ile ifade etmek güçtür. CAD sistemlerinin uygulanmasından sağlanan bazı faydalarsa direkt olarak ölçülebilirler. Aşağıda bütünleşik CAD / CAM sistemlerinden sağlanan faydalar şu şekilde sıralanabilir:

1. Mühendislik üretkenliğini geliştirir.
2. Daha kısa temin zamanları sağlar.
3. Mühendislik personelinin ihtiyaçları azalır.
4. Yapılmış tasarımlar üzerinde ortaya çıkan müşteri isteklerinin kolaylıkla yerine getirilmesi.
5. Piyasanın ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verilir. Gerekli veri tabanı oluşturulduktan sonra benzer yeni mamuller üretmek için gereken proje zamanlarını en aza indirerek, pazar rekabetinde avantaj sağlayacaktır.
6. Kopyalama (çizme) hataları minimuma iner.
7. Dizaynın doğruluğu artar.
8. Dizaynlar daha standart olur.
9. Analiz sırasında bileşenlerin birbirleriyle etkileşimleri daha kolay belirlenir.
10. Daha iyi bir fonksiyonel analiz sağlayarak prototip test sayısı azalır.
11. Dokümantasyon sağlamaya hazırlamaya destek sağlar.
12. Takım dizaynında üretkenliği artırır.
13. Maliyetler hakkında daha iyi bilgi sağlar.
14. Daha iyi bir dizayn sağlar.
15. NC parça programları ve rutin çizim görevleri için gerekli eğitim süresini azaltır.
16. NC parça programlarında daha az hata oluşur.
17. Mevcut parçaların daha fazla işlenmeleri ve kullanılmaları için bir potansiyel sağlar.
18. Dizaynın mevcut imalat tekniklerine uygun olmasını sağlar.

19. Algoritmaları optimalleştirerek malzemelerden ve makine zamanlarından tasarruf sağlar.
20. Projeler üzerinde çalışan dizayn personelinin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar.
21. Karmaşık parçaların incelenmesine yardımcı olur.
22. Mühendisler, tasarımcılar, yönetim ve farklı proje grupları arasında daha iyi bir anlaşma ve haberleşme ortamı sağlar.

8. CAD YAZILIMLARI

8.1. Power Shape

PowerSHAPE, DELCAM International Plc. firması tarafından kompleks parça tasarımı ve üretime yönelik modelleme için tasarlanmış CAD paketidir.

PowerSHAPE, 2 boyut çizim veya tamamlanmamış veya problemlili hazırlanmış kompleks kalıp modellerinin sorunsuz imalatı için eşsiz araçlar sunar. Üretim ve modellemeye yönelik tüm ihtiyaçlarınızı karşılayacak niteliktedir.

Esnek 3 Boyut Wireframe (tel kafes) ve ileri düzey yüzey modelleme teknikleri, katı modelleme, kalıp ayırım sınırlarının otomatik olarak saptanması, kalıbın dişi ve erkek yüzeylerinin saptanması, model üzerindeki minimum radyüs' lerin saptanması, ileri düzey Shading araçları, dinamik yüzey pozisyonlama ve düzenleme, yüzeylerin teğetsellik kontrollerini dinamik olarak düzenleyebilme, birden fazla model ile aynı anda çalışabilme özelliklerinde bazılarıdır.

PowerSHAPE ile kullanıcılar yepyeni ürünler tasarlayabilir veya diğer sistemlerde hazırlanmış problemlili dizaynlarına devam edebilirler. Dizaynlarına karmaşık fillet' ler, kalıp amaçlı split ve draft yüzeyler ekleyebilirler. Kısacası PowerSHAPE sorunsuz imalata ihtiyaç duyanlar için ideal bir yazılımdır.

PowerSHAPE' in başlıca felsefesi “ **Kolayca Yarat, Kolayca Değiştir.** ” dir.

Modern Windows tarzı kullanıcı arabirimi ile herkes tarafından adapte olunup kolayca öğrenilebilir.

İleri düzey modelleme için yardımcı araçları içerir.

- 3D kapalı eğri' den istenilen Nurbs derecelerinde yüzey yaratabilme.
- Yüzeyi oluşturan elemanları dinamik olarak düzenleme.
- Görsel tabanlı yardımcı araçları kullanarak düzenleme yapabilme özelliği ile PowerSHAPE daha kullanışlı ve daha hızlıdır.

Üretime yönelik ileri düzey yardımcı araçlar içerir

- Kalıplama için otomatik dişi-erkek ayırımı.
- Dizayn değişikliklerinin kolayca saptanması.
- Model üzerindeki ters açı yapan bölgelerin bulunması ve minimum radyüslerin bulunması.

Model Analizi

PowerSHAPE, bir model veya projeye başlarken yahut bitirilmiş projenin kompleksliğini, gerek duyulabilecek takım tip ve çaplarını, modellerde problem olup olmadığını analiz edebilecek güçlü araçlar ile donatılmıştır. Bunlardan bazıları;

Undercut Shading (Ters Açık Gölgeleme): PowerSHAPE' in Undercut Shading yardımcı aracı sayesinde modelde bulunabilecek ters açığa giren yerler otomatik olarak bulunur ve üreticinin projeye başlamadan önce kalıba eklenebilecek maçaların yerleri saptanır. Bu bölgelerin işlenmesi PowerMILL CAM yazılımı ile mümkündür.

Dynamic Hidden Line Removal (Görünmez Çizgileri Dinamik Kaldırma): Görünmez çizgileri kaldırma ile modeli daha iyi anlama ve kontrolü sağlar.

Dynamic Shading (Dinamik Gölgeleme): İleri düzey dinamik Shading ile yüzey üzerindeki teğetsellik ve pozisyonlama hatalarını detaylı inceleme olanağı.

Dynamic Sectioning (Dinamik Kesit Alma): Bakış açısına yada herhangi bir düzleme paralel olarak dinamik kesit alabilme ile modeli daha iyi anlayabilme.

Drafting within PowerSHAPE (Teknik Resim Hazırlama): PowerSHAPE' in Teknik Çizim modülü sayesinde modelinizi daha detaylı sunumunu gerçekleştirme, kesit görünüşler ile de problemlerinizi daha iyi anlatabilme olanağı.

Smoothness Shading: Bu özelliği kullanarak modeli oluşturan yüzeylerin kalitelerini yine dinamik olarak kontrol etme imkanı.

Minimum Radius Shading (Minimum Radyüs Gölgeleme): Verilen takımın çapına göre yapılan bu gölgeleme tekniğinde, takım çapının altında kalan radyüsler kırmızı renkte, eşit radyüsler beyaz renkte, üstünde kalan bölgelerde yeşil renkte boyanarak model üzerindeki işlenmesi gerekebilecek bölgelere uyan minimum takım çapları bulunur.

Modelleme Araçları

PowerSHAPE'in güçlü modelleme araçları modelinizi en kısa sürede sorunsuz olarak tamamlamanızı sağlar. Modelleme özelliklerinden bazıları;

Intelligent Cursor: Akıllı İmleç ile daha kolay ve kısa sürede modelleme.

Automatic Core&Cavity Detection (Otomatik Dişi Kalıp-Erkek Kalıp Ayrımı): PowerSHAPE modelin dişi ve erkek kalıp parçalarında kalması gereken yüzeyleri otomatik olarak saptar.

Multi Surface Offsetting (Çoklu Yüzey Offseti): PowerSHAPE çoklu yüzey ve komple katı offseti destekler. Bu sayede modelden kısa sürede mal paylı iç veya dış yüzeylerinizi elde edebilirsiniz.

Automatic Duplicate Surface Detection (Tekrarlanan Yüzeyleri Otomatik Bulma): Tekrarlanan yüzeyler - konstrüksiyon yüzeyleri gibi - ve diğer varlıklar otomatik olarak bulunup temizlenebilir.

Dynamic Surface Extension (Yüzeyleri Dinamik Olarak Uzatabilme): Bu sayede yüzeyler istenilen konuma getirilebilir. Yüzey kenarlarını uzatırken Lineer ve Curvature tipleri kullanılabilir.

Split Surfaces From Horizon Lines (Kalıp Ayrım Eğrisinden Kalıp Ayrım Yüzeyinin Çıkarılması): Kullanıcı tarafından veya otomatik olarak hazırlanmış bir eğriden kalıp ayrım yüzeylerinin otomatik olarak yaratılabilmesi.

Generating Fillet Surfaces (Fillet Yüzeyler Yaratma): PowerSHAPE' te kompleks fillet ihtiyaçlarını karşılamak üzere güçlü araçlar vardır. Opsiyonları;

i) Surface to Surface Filleting (Yüzeyler Arası Fillet): PowerSHAPE yüzey gruplarının herhangi kombinasyonu arasında Fillet atabilir.

ii) Surface to Curve Filleting (Yüzey ile Eğri Arası Fillet): PowerSHAPE' te fillet ille de yüzeyler arası atılmak zorunda değildir. Fillet bir eğri parçasından herhangi bir yüzey gurubu arasına atılabilir.

Variable Radius Filleting (Değişken Radyüslü Fillet): PowerSHAPE hem sabit değerli hem de değişken değerli Fillet' leri atabilmektedir. Değişken değerli Fillet' leri atarken istenilen geometriye dinamik olarak radyüs kesiti koyabilme imkanı da vardır.

3 Corner Filleting (3 Köşe Fillet): PowerSHAPE' in içerisinde bulunan fillet teknikleri 3 köşe fillet' i de içermektedir. Bu fillet tekniğinde 3 ayrı köşeden farklı radyüslerde gelen fillet' ler bir köşede buluşabilirler. Yaratılan bu filletler daha sonradan da edit edilebilirler.

Diğer Özelliklerden Bazıları

Multi Document Interface (Çoklu Doküman Arabirimi): PowerSHAPE içerisinde birden fazla pencere ve parça açılabilir ve bunlarla çalışılabilir. Bu pencereler arasında kes, kopyala, yapıştır özellikleri kullanılabilir.

Automatic Part Comparison (Otomatik Parça Karşılaştırma): PowerSHAPE iki parça arasındaki farkları otomatik olarak kontrol edebilir, değişiklikleri izleyebilir.

Drag and Drop Between Parts (Pencereler Arası Sürükle ve Bırak Özelliği): Çoklu doküman arabirimine sahip PowerSHAPE’ te açık olan dokümanlar arası sürükle ve bırak işlemleri yapılabilir.

Ek Modüller

PowerSHAPE ile kullanılabilen ek modüller;

PS-Draft

DELICAM tarafından sunulan PS-Draft eklentisi ile PowerSHAPE içerisinde kompleks yüzeylerden, 3 Boyutlu Tel kafes’ lerden ve katı modellerden 2 Boyutlu komple detaylandırılmış resimler yaratmak oldukça basittir.

PS-Mold

PS-Draft ile beraber çalışan bu modülde, bir enjeksiyon kalıbına ait tüm detaylandırmalar – plakalar, maçalar, malzeme listeleri ve işlem planlamaları otomatik olarak yaratılabilir.

PS – Render

PS-Render, modellerin foto-gerçekçi sunumlarını gerçekleştirebilmek için geliştirilmiş bir modüldür.

PS-Shoemaker

PS-Shoemaker DELICAM’ in ayakkabı taban, ökçe imalatçıları için geliştirdiği ve PowerSHAPE altında çalışan ek bir yazılımdır.

8.2 Copy CAD

Günümüz CAD / CAM uygulamalarında çoğunlukla bilgisayar ile oluşturulan 3 boyutlu modelden hareket edilerek uygun CNC data oluşturulması yoluyla üretim aşamasına geçilmektedir. Alternatif bir yol olarak “ reverse engineering ” diye tanımlanan bir yöntem de mevcuttur. Elde bulunan bir modeli bir tarayıcı ile taramak suretiyle oluşan dataları uygun şekilde düzeltip yüzey haline getirilmesinden sonra, CNC tezgahta işlemek için uygun forma sokulması işlemine "reverse engineering" adı verilir.

CAD / CAM uygulamacısının elinde teknik resim olmaması ve sadece modelin bulunması halinde “ reverse engineering ” yöntemi kullanmak kaçınılmaz olmaktadır.

CopyCAD var olan parçalardan veya fiziksel modellerden 3 boyutlu CAD bilgisayar destekli tasarım modelleri oluşturma işleminde kullanılan güçlü bir “ reverse engineering ” sistemidir. CopyCAD nokta bulut data setlerinin toplam kontrollerinden daha fazla kullanıcının yönlendirmesi doğrultusunda çalışan komple bir çözümdür.

Gelişmiş bir grafik kullanıcı arabirimine sahip CopyCAD’ in kullanımı oldukça kolaydır. Ekranın üst kısmında bulunan menü çubuğunda tüm seçenekler bulunmaktadır ve bu sayede klavye ile herhangi bir komut girmeye gerek kalmamaktadır. Basit kullanıcı arabirimi sayesinde kullanıcılar minimum zaman içinde üretken olurlar ve fonksiyonellik de herhangi bir kullanıcının yazılımı kolayca kullanmasını kolaylaştırır. Ayrıca profesyonel kullanıcılar için klavye ile komut girme seçeneği ve makro yaratma olanakları mevcuttur.

Doğrudan tarama verilerinden tezgah kesme verilerine geçilememesinin nedeni, model tarayıcı ile taranırken mekanik tarayıcı kullanılması halinde probun bazı yerlerde sapma yaptığı ve sağlıksız data topladığı görülür. Lazer tarayıcılarda ise bazı sapmalar ve tarayıcı ile ulaşılamayan yerler olacaktır. Bu tip hataları ortadan kaldırıp, datanın yüzey haline getirilip işlenebilir bir hale gelmesi için CopyCAD’ e ihtiyaç duyulmaktadır.

CopyCAD, dijitize datadan üretim aşamasına kadar olan yolu izleyen kullanıcılar için ideal bir çözüm olacaktır. CopyCAD yazılımı sayesinde dijitize verilerden CAD yüzeyleri elde etmek için geniş bir seçenek sunulmaktadır.

CopyCAD kullanıcılarına aşağıdaki olanakları sağlar:

- Kavramsal olarak hazırlanmış modelleri tarayarak teknik yüzeyler oluşturma,
- Elle optimize edilmiş prototiplerden, özellik içeren bölümleri tarayarak kullanma,
- 3 boyutlu hazırlanmış rölyefleri, taranmış model ve yüzeyler üzerine kompleks sarma işlemi yapabilme,
- Yüzey fileme özelliği sayesinde triangle ve nokta bulutlarından birbirleriyle teğetliği sürekli yüzeyler yaratabilme,
- Nokta bulutlarının hızlı prototipleme, 3 boyutlu görüntüleme, ürün arşivi, kopya frezeleme, sonlu elemanlar analizi ve akışkanlar dinamiği hesaplamada kullanabilmek için triangle dosya hazırlama,
- Bir parça yada yüzey özelliklerinin ürün yada CAD modelle karşılaştırılması,

- Diğer DELCAM paketleriyle benzersiz bir uyum içerisinde çalışarak konsept dizaynlardan üretime yönelik tüm ihtiyaçlarınızı karşılar.
- Çok daha fazla Reverse Engineering araçları sayesinde. Fiziksel bir datadan alınmış nokta bulut datalardan tam olarak yararlanmanızı sağlar,
- CopyCAD Reverse Engineering' in geleneksel kalıplarına zorunlu bırakmaz,
- Bunun yerine CopyCAD nokta bulut data setlerinin toplam kontrollerinden daha fazla kullanıcının yönlendirmesi doğrultusunda çalışan komple bir çözümdür,
- CopyCAD standart Reverse Engineering paketlerinden daha fazlasını kazandırır. Modüllerden oluşan toplam bir çözümdür. Bu sayede kullanıcının veriler üzerinde tam kontrolünü sağlar,
- DELCAM' in sunduğu diğer PowerSolutions paketleri ile OLE bağlantısı sayesinde tam uyum içerisinde çalışarak prototipten ürüne ulaşmada eşsiz imkanlar sağlar.

CopyCAD modülü mekanik, lazer ve diğer CMM gibi sistemlerden elde edilen x, y, z değerlerini kapsayan ASCII, takım yollarına ait NC, 3D Scanner ve Scantron lazerlerden elde edilen Binary, STL, DUCT picture, Triangle ve ArtCAM dosyalarını kabul etmektedir.

CopyCAD' de işlenmiş dijitize veriler IGES, DUCT ve opsiyonel olarak CADDs dosyaları olarak saklanabilmektedir.

CopyCAD' in dinamik grafik özellikleri arasında dinamik işaretleme için display modu ve noktalar, yüzeyler ve üçgenler için renk display seçenekleri bulunmaktadır.

CopyCAD' e aktarılan taranmış verilerin datanın noktalarını düzenlemek için çeşitli seçenekler sunulmaktadır. Bunlardan bazıları:

- Etkileşimli nokta düzenleme veya verilen bir değer ile düzenleme olanağı,
- Nokta ekleme, silme, hareket ettirme, maskeleye ve işaretleme fonksiyonları,
- Sabit duvar kalınlığı için gerçek 3D ofset, çekme ve ölçme probu çapının kompanze edilebilme olanağı
- Model bir düzlem veya poligonla limit edilebilir,
- Poligonun içinde veya dışında nokta ve triangle silme olanağı,
- Nokta verilerin tarama çizgilerine dönüştürülmesi,
- Proben geri sapmalarının ve düzensiz tarama kenarlarının otomatik kompanzasyonu,

- Tarama çizgileri (noktalar seti) maskelenebilir veya silinebilir.

CopyCAD ile elde edilen nokta seti düzenlendikten sonra istenilen toleransla nokta modeli triangle modeline dönüştürülür. Gerek modelleme, gerekse işleme özellikleri gözönüne alınarak yaratılacak yüzeyler etkileşimli olarak triangle ağ üzerinde işaretlenerek oluşturulmaktadır.

CopyCAD içinde oluşturulan modelin daha iyi algılanması için malzeme rengi kütüphanesine sahip Colour Shading özelliği bulunmaktadır.

Yüzeyler oluşturulduktan sonra taranmış nokta data seti ile yüzeyler arasında kıyas yöntemiyle kontrol sağlanabilir. Bu sayede max / min hata payı saptanabilir.

Nokta bulutu verilerini okuma

- Her türlü ASCII ve Binary nokta bulut dataları okur.
- Konfigüre edilebilir bir Binary nokta okuyucu desteği sayesinde, kullanıcının tarayıcı sistemi tarafından direkt olarak okuduğu Binary dataları destekler.
- Tarama aygıtlarından doğrudan CopyCAD içine basit Visual Basic programları sayesinde data aktarılabilir.

Nokta işlemleri

- İleri düzey otomatik nokta filtreleri sayesinde nokta sayısını azaltma ve nokta bulutunda ' smoothing ' yapılabilir.
- Kullanıcı tarafından tanımlanabilen tam yetenekli nokta manipülasyon ve filtre araçları ile veri setlerindeki problemleri düzeltici araçlar içerir. Spike düzeltme, smoothing, karmaşık verilerde yada karmaşık olmayan triangulated modellerde.
- Koordinat ölçme makinelerinden yada ' touch trigger ' tarayıcılardan gelen verilerdeki prop radyüslerini otomatik olarak kompanze yeteneğine sahiptir.
- Sıralanmamış ve rasgele nokta veri setleri ile çalışabilir.
- Birden fazla data setiyle çalışırken bu data setlerini hizalamak için bazı yollar içerir.

Kaba hizalama: İki data setinde 3 bilinen noktayı grafik ekran üzerinde klikleyerek,

Hassas hizalama: Kullanıcı tarafından tanımlanan toleransa göre iki data seti içinde hizalanır,

Küre Hizalama: Kullanıcı hizalanmış data setlerinden önce fiziksel model üzerinde üç küre yüzey tanımlayabilir.

Triangulation (Polygonisation)

- Taranmış nokta verilerden ve dışarıdan okunmuş yüzeylerden “su sızdırmaz” yani aralıksız üçgen modeller yaratılabilmektedir. Sıralı noktalar sırasız noktalar tarama çizgileri düzenli grid datalar ve yüzeylerden Üçgen modeller oluşturulabilir.
- Rapid Prototyping ve işleme için STL formatında dosya oluşturulabilir.
- Üçüncü parti CAD sistemlerinden import edilmiş nokta bulut datalar, eksik yada hatalı üçgen modeller onarılır.
- Takım yolları üretimi için OLE bağlantısı ile üçgen modeller PowerMILL içine direkt olarak alınabilir.

Yüzey Yaratma

- İnteraktif kullanıcı arabirimi ve menü yapısı ile kullanıcılar kısa bir sürede yüzey oluşturabilir.
- Kullanıcı, yüzey yaratma için gereken yüzey kenarlarının saptaması esnasında, taranmış modelin karakteristik özelliklerini (eğriler, noktalar ve daha önce yaratılmış yüzeylerin kenarları kullanarak) sürekli olarak kontrol altında tutmaktadır.
- Kullanıcı yüzey yaratma işlemi esnasında, taranmış nokta kümesi ile oluşturulan yüzey arasındaki “fitting” kalitesini otomatik olarak güncellenen hata haritaları sayesinde eş zamanlı olarak görebilmekte ve fare ile ek kesitler eklenebilmektedir. Yaratılmış yüzeyler OLE bağlantısı ile düzenleme veya hibrid modellere ekleme amacı ile PowerSHAPE’ e doğrudan aktarılabilmektedir.
- Yüzeyler IGES dosya formatı ile herhangi bir CAD sistemine aktarılabilir.

8.3 AutoCAD 2000i

Autodesk, tüm pazar gruplarındaki profesyoneller için üretkenlik, esnek kullanım ve birbirleriyle bağlantı konusunda yeni standartlar belirleyen, yeni nesil tasarım yazılımı AutoCAD 2000i’ i duyurdu. Dünyanın en yaygın kullanılan PC tasarım yazılımı AutoCAD’ in yeni sürümü AutoCAD 2000i, kullanıcılar arası tasarım verisi paylaşımını modern yaklaşımlarla olanaklı hale getiriyor. Tasarım verisine ulaşımında getirdiği yenilikler ve beraber çalışan meslektaşlar arasındaki iletişimi kolaylaştıran özellikleri ile üretkenliğin artmasını sağlıyor.

AutoCAD 2000i tek başına kullanılabilen bir ürün olmasının yanı sıra, pazar gruplarına yönelik dikey çözümler için de güçlü bir platform olma özelliğine sahip. Mekanik, mimari,

arazi uygulamaları ve GIS pazarları için AutoCAD 2000i üzerine kurulu dikey yazılımlar, gerek Autodesk, gerekse üçüncü parti uygulama yazılımı evleri tarafından kısa sürede hazırlanacak. 2000i'li yıllarda tasarımın nasıl yapılacağını şekillendiren ve “Tasarım 2000i” diye adlandırılan bu oluşumun kalbinde, AutoCAD 2000i bulunuyor.

AutoCAD 2000i için kullanıcılarla birlikte hazırlanan bir sürüm diyebiliriz. Tüm üretim sürecinde, kullanıcılardan gelen istekler göz önüne alındı – ilk araştırmalardan üründe yer alacak özellik kararlarına, kullanım rahatlığından yazılımın güvenilirliğine ve en son olarak beta testlerine kadar her aşama, kullanıcılarla birlikte geçildi. Sonuç üründe 400 yenilik bulunuyor ve bunlar kullanıcılar tarafından en çok istenen özellikler. AUIG (Autodesk User Group International) istekler listesinde bulunan ve en çok istek alan 10 madde, AutoCAD 2000i ile fazlasıyla yerine getirilmiş durumda.

Hız, yeni bir sürümde başlı başına bir özellik sayılır. Ve AutoCAD 2000i, şimdiye kadar ki en hızlı AutoCAD olan R14' den bile daha hızlı. AutoCAD 2000i, görüntüleme, düzenleme, çıktı alma gibi işlemlerde Release 14' den ortalama % 10 daha performanslı.

AutoCAD 2000i' in tasarımı aşamasında 5 ana kavramsal grup üzerinde duruldu. Büyük kuruluşlardan tek kişilik üretim yapan şirketlere kadar her seviyede üreticinin 2000i' li yıllarda tasarım için ortak yaklaşımını oluşturan bu gruplar, AutoCAD 2000i' in şekillendirilmesinde de büyük rol oynadı.

Üretkenlik önemlidir. Tasarımda yazılım kullananların en önem verdikleri konu, üretkenliktir. AutoCAD 2000i geliştirilirken de en çok üzerinde durulan konu, üretkenlik artışının nasıl sağlanacağı oldu.

Tasarım yazılımı engelleri ortadan kaldırmalıdır. Kullanıcılar yaratıcı fikirleri ile bu fikirlerin bilgisayara taşınmasında kullanılan yöntemler arasındaki farkın en aza indirgenmesini isterler. En kötü durum, tasarım yazılımının bu anlamda engeller çıkarmasıdır. Dolayısıyla yazılım bu aşamada yöntem engellerini ortadan kaldırmalıdır.

Tasarım verisi dinamiktir. Hepimiz biliyoruz ki tasarım verisi dinamiktir – sürekli değişir. Dolayısıyla tasarım verisine ulaşmak, veriyi kontrol etmek ve tekrar kullanmak, bizler için bu kadar önemli olan tasarımda anahtar rol üstlenir.

Hiç kimse ada değildir. Bugünün dünyasında hızla gelişen teknoloji ve buna bağlı yenilenen iş yapma biçimleri, tasarım grupları arasında bağlantılı olmayı zorunlu hale getiriyor.

Tasarım, kişiye özgüdür. Tek bir çözüm, herkesin gereksinimini karşılamaz. Dolayısıyla tasarım yazılımı açık, esnek ve özelleştirilebilir olmalıdır.

AutoCAD 2000i' e eklenen yüzlerce yeni özellik, yukarıda adı geçen tanımlara karşılık gelen 5 anahtar alanı oluşturur. Bunlar:

1. Akıllı Tasarım Ortamı
2. Geliştirilmiş Kullanım ve Veri Ulaşımı
3. Tasarımdan Dokümantasyona Kolay Geçiş
4. Geliştirilmiş Erişim
5. Daha İyi Özelleştirme

Teknik Asistanlar

Daha hızlı, birçok yenilik içeren, daha akıllı ve bağlantıları kolaylaştıran AutoCAD iyi fakat paket açıldığı andan üretime geçene kadar olan süre, yani yazılımın hayata geçirilmesi de en az bu özellikler kadar iyi olmalı. Autodesk bu süreci kolaylaştırmak için de çalışıyor.

Öğrenme Asistanı (Learning Assistance): "AutoCAD Learning Assistance", AutoCAD' i kullanıcılara çok ortam derslerle öğreten bir yardımcıdır. İlk olarak R14 ile birlikte gelen ALA, AutoCAD 2000i için yenilendi ve ek dersler konuldu. 3 saatin üzerinde konu anlatımı, örnekler ve uygulamalar içerir.

Destek Asistanı (Support Assistance): Bu asistan, sık sorulan sorulara yanıtlar ve kullanıcıların karşılaştığı problemlere çözümler gibi destek konularını içerir. Yıllardır toplanan bilgiler ile hazırlanan bu bilgi bankasında teknik dokümanlar, sıkça alınan destek başvurularına yanıtlar ve hata bulma rehberleri yer alır. Destek asistanı web üzerinden düzenli olarak yenilenecektir.

Yenileme Asistanı (Migration Assistance): Yenileme asistanı, varolan sisteminizden AutoCAD 2000i'e geçişi kolaylaştıracak araçlar sunar. AutoLISP uyumluluk denetleyicisi, çizim çeviricisi, menü çeviricisi, uyumluluk detayları ve daha birçok araç ile AutoCAD 2000i'e yenilemenin en kısa zamanda gerçekleştirilmesi sağlanır.

Ekspres Araçlar (Express Tools): Daha önce armağan araçlar (bonus tools) adıyla anılan ekspres araçlar, AutoCAD 2000i'e onlarca yeni işlev ekler. Katmanlar, bloklar, yazı, ölçülendirme, seçim araçları, düzenleme, çizim ve genel araçlar kategorilerinde yer alan onlarca işlev, günlük kullanımı daha rahat hale getirir.

Sistem Gereksinimi

Windows 95 / 98 / NT 4.0

Pentium 133 işlemci

32 MB RAM

140 MB Hard-Disk alanı

1024x768 çözünürlük sağlayabilen ekran kartı

CD-ROM sürücü

İşaretçi (Seçimlik olarak Intelli Mouse)

Autodesk, AutoCAD 2000i ile önemli bir geçişi tamamlamış oldu; AutoCAD 2000i, DOS üzerinde çalışan, komut tabanlı, iki boyutlu çizim aracı olmanın çok ötesinde bulunuyor. Tamamen nesne tabanlı, Windows platformunun her özelliğini kullanan, üç boyutlu, Internet araçlarını içeren bir AutoCAD ile karşı karşıyayız.

Her ne kadar AutoCAD 2000i, 400'den fazla geliştirme ve yeni özellik içeriyorsa da, sadece zenginleştirilmiş bir araç kutusu olmanın çok ötesindedir. "Tasarım 2000i" kavramının temelinde yer alan AutoCAD 2000i, mekanik, mimari, arazi uygulamaları ve GIS pazarları için dikey yazılımlara çok güçlü bir platform oluşturuyor. AutoCAD 2000i, ulaşılabilir işlevselliği, teknolojisinin saydam olması, ve sizle tasarım verileri, tasarım grubu, web ve tasarım süreci arasında bağlantı kuran bir köprü olması ile, AutoCAD Release 14'den bile çekici.

Akıllı Tasarım Ortamı

AutoCAD' in "akıllı tasarım ortamı", klavye kullanımını minimuma indirir. Bu ortamla akıllı ve otomatik tasarım yöntemlerine geçilir. Yeni araçlarla varolan tasarım verilerinden yararlanma kolaylaşır böylece zaman kazancı sağlanır. AutoCAD ile çalışma yöntemleri basitleştirilir. Bu da daha fazla üretkenlik, çizim hassasiyeti ve tasarıma ayrılan daha fazla zaman demektir.

Birden fazla tasarım ortamı (MDE – Multiple Design Environment) ile kullanıcılar aynı anda birden fazla pencerede, farklı çizimlerle çalışabilirler. Sınırsız sayıda AutoCAD dokümanı, performans kaybı olmadan, tek AutoCAD oturumunda açılabilir. Çizimler arası sürükle-bırak yöntemiyle nesnelere taşınabilir veya kopyalanabilir. Aynı şekilde nesne özellikleri de transfer edilebilir. "Match Properties" komutu ile, bir çizimde yer alan nesnenin özelliklerini, diğer çizimdeki nesnelere aktarılabilir. Farklı çizimlerde farklı komutlar eşzamanlı çalışabilir. Örneğin bir çizimde çizgi çizmeye başlayabilir, komutun yarınındayken diğer çizime geçip başka geometriler oluşturabilir, daha sonra ilk çizime geri dönerek, çizgiye kaldığımız yerden

devam edebilirsiniz. Windows'un standart MDI (Multiple Document Interface) özelliklerinin tümünü barındıran MDE, MDI' ya tasarım çerçevesinde eklerde bulunur.

AutoCAD DesignCenter ile, tasarımlara ve içeriklerine tek bir arayüzden ulaşılabilir ve veriler tekrar kullanılabilir. Aslında bir projede, yeni çizimlerinizde, eskiden yarattığınız verileri yoğun olarak kullanırsınız. Varolan bloklarınız ve antetler, bunun en güzel örneğidir. AutoCAD DesignCenter, diğer çizimlerde yer alan bu tür verileri kolayca bulmak ve tekrar kullanmak içindir. Explorer benzeri bu arayüz, AutoCAD dosyalarının bileşenlerini (bloklar, ölçülendirme stilleri, katmanlar, yerleşimler, çizgi tipleri, yazı stilleri ve dış referanslar) bulmaya, görüntülemeye ve kullanmaya yarar. Ayrıca dosyalar lokal diskte yer almak zorunda da değil – ağ veya Internet üzerinden de bu verilere ulaşılabilir. Varolan verileri tekrar kullanmanız için tek yapmanız gereken işlem, sürükleyip bırakmaktır. AutoCAD DesignCenter ile sadece .dwg formatlı dosyalara değil, sistemde yer alan diğer dosyalara da erişebilirsiniz. "Find" aracı ile, dosya grupları üzerinde blok adı, katman adı, özet bilgisi gibi bilgilere göre arama yapabilir, sonucunda bulunan verileri çiziminize aktarabilirsiniz. Blok aktarımında ise, eğer birimler belirtilmişse, otomatik birim çevrimi yapılır, böylece ölçek uyumsuzluğu ortadan kalkar. Bu özellikler ile sadece varolan verileri kullanarak zaman tasarrufu sağlamış olmaz, aynı zamanda standardizasyonun önemli olduğu büyük projelerde ortak çalışma kurallarına daha rahat uyabilirsiniz.

Çabuk ölçülendirme (QDIM) ile ölçülendirme süreleri belirgin biçimde azalır. Ölçülendirme, tasarımın hayati bir bileşenidir fakat genellikle çok zaman alır. Yeni QDIM komutu, ölçülendirme işlemini kolaylaştırır ve hızlı yapılmasını sağlar. Ölçüleneceğiniz nesnelere ve ölçülendirme stilini belirtmeniz yeterlidir, gerisini AutoCAD 2000i otomatik yapar.

Kısmi açma (Partial Open) ve kısmi yükleme (Partial Load) özellikleri ile, çizimin sadece ilgileneceğiniz bölümünü yükleyebilirsiniz. Böylece daha az bellek gereksinimiyle daha hızlı çalışabilirsiniz. Bu özellik, büyük dosyalarla çalışanları yakından ilgilendirir. Büyük dosyaları açmak zaman alıcıdır. Genellikle de dosyanın tümü üzerinde çalışılmaz. Bu durumda dosyanın sadece ilgilendiğiniz sınırlar içine düşen bölümünü ve ilgilendiğiniz katmanları belirleyerek dosyayı açabilirsiniz. Ek detaya gereksinim olduğunda, yine ilgilenilen bölüm ve katmanlar belirtilerek kısmi yükleme yapılabilir. Kısmi açma ile hem bellek gereksinimi azalır, hem de açılma süresi düşer.

Yerinde referans düzenleme olanağı ile zaman kazanmak için blokları ve dış referansları, ana çizimlerine gitmeden yerleştirdikleri çizimin içinde düzenleyebilirsiniz. Çiziminizde bulunan dış referanslar, yine çalıştığınız çizimin içinde düzenlenebilir – geometri eklenebilir

veya değiştirilebilir. Değişiklikler, referans dosyasına saklanır. Aynı işlevler, bloklar için de geçerlidir. Bloğu patlatmadan düzenleyebilirsiniz. Değişiklikler saklandığında, çizimdeki tüm bloklar kendilerini yenileyeceklerdir. Dış referanslar için de bulunan diğer dış referanslar ve bloklar da, aynı Şekilde düzenlenebilir.

AutoCAD 2000i, günlük kullanımda çok sık tekrarlanan işlemleri de kolaylaştırıyor. AutoSnap' deki gelişmeler ve yeni AutoTrack ve PolarTrack zellikleri, nesneleri daha hızlı yaratmanızı sağlıyor. Yeni geometri yaratırken gireceğiniz koordinatlar eğer varolan nesnelere ile bir Şekilde ilgiliyse, AutoSnap, AutoTrack ve PolarTrack ile klavyeye hiç dokunmadan ve yardımcı inşa çizgileri çizmeden bu koordinatları belirleyebilirsiniz. AutoSnap' de iki yeni nesne kenetleme modu var: "Extension" ve "Parallel". "Extension" ile var olan nesnelere uzantısı yakalanabilir, örneğin bir yayın devamı. "Parallel" ile ise, var olan geometriye paralel çizim yapılabilir. PolarTrack ise, imlecin hareketini "ortho" modu gibi sınırlamaya yarıyor fakat bu sınırlama herhangi bir açıda olabiliyor. Örneğin imleci 30 derecelik açılara kenetleyebiliyorsunuz. AutoTrack ise, belirlenen nesne kenetleme modlarından yola çıkarak geçici koordinat okuma noktaları ve geçici yardımcı inşa çizgileri yaratmaya yarıyor.

3D Yörünge (3DOrbit) zelliği ile 3 boyutlu modelleri dinamik olarak yaratmak, görüntülemek ve düzenlemek olanaklı. Bu işlemler perspektif veya paralel görünümde herhangi bir açıdan geekleştirilebilir. Görünümler, tel kafes veya kaplanmış olabilir. Üstelik bu işlemler, gerçek zamanlı yapılır. Ek olarak, modelin tamamı değil, seçilen bölümü de kaplanmış olarak görüntülenebilir. Kaplanmış model üzerinde görsel olarak üç boyutlu kırpma geekleştirilebilir ve model incelenebilir.

3 boyutta çalışırken Kullanıcı Koordinat Sistemi (UCS), vazgeçilmez bir araçtır. AutoCAD 2000i'de gelen yenilik ise, KKS' lerin görünüm alanları için ayrı ayrı tanımlanabilmesi. Dolayısıyla görünüm alanları arasında geçiş yaparken, KKS' yi tekrar değiştirmek gerekmez, dolayısıyla kırık kalem ikonundan kurtulmuş olursunuz. Görünüm alanı başına KKS ile, üç boyutta çalışmak ve geometri yaratmak, eskisine göre çok daha kolay.

Gerçek zamanlı zum ve kaydırma işlemleri, Intelli Mouse desteği ile de geekleştirilebilir. Intelli Mouse tekerleğini döndürmek, gerçek zamanlı zum işlemini, tekerleği tıklayıp fareyi hareket ettirmek kaydırma işlemini ve çift tıklamak, sınırları görüntüleme işlemini çalıştırır. Tüm bu işlemler, saydamdır, yani başka komutlar yürürlükteyken de çalışır.

Ve daha onlarca özellik ile daha akıllı hale gelen tasarım ortamı, sizleri tasarım yaparken "angarya" işlerden kurtarır.

Geliştirilmiş Kullanım ve Veri Ulaşımı

İkinci kategori, geliştirilmiş kullanım ve veri ulaşımıdır. Bu alandaki eklentilerle yazılım tasarımı sürecinde daha saydam hale gelir. Tasarım yaparken yazılım sizi izler ve yöntemdeki engelleri ortadan kaldırır.

Bu kategorideki yeniliklerden birçoğu, Windows işletim sisteminin sunduğu en güçlü özelliklerden yararlanmak üzerinedir. Kısayol menüleri gibi özellikler, sık kullanılan komutlara hızlı erişim sağlar. İçerik duyarlı sağ tuş menüleri, komut alt seçeneklerini de içerecek şekilde geliştirilmiştir. Diğer özellikler ise günlük kullanımı rahatlatmaya yöneliktir.

Nesne özellikleri yöneticisi (Object Property Manager) ile birçok tanımdan oluşan nesne bilgilerine erişim ve değiştirme kolayca gerçekleştirilir. Nesne özelliklerine erişme ve değiştirme için kullanılan bütün komutlar, bu yeni diyalog kutusunun çatı altında toplanmıştır. Seçili nesnelerin özellikleri, bu diyalog kutusunda belirir. Değişiklik yapıldığında, sonuçlar çizime anında yansır. Değişiklikler, seçim setindeki tüm nesnelere veya belirlenenler üzerinde yapılabilir. Bu diyalog kutusu sürekli açık kalabilir; nesne seçtikçe özellikleri burada belirir.

Yenilenen **Katman Özellikleri Yöneticisi** ile renk, çizgi ağırlığı (lineweight) ve çıktı stili (plot style) gibi katman ayarlarına daha kolay erişilir. Katman adları, 255 karaktere kadar olabilir ve boşluk içerebilirler. Katman filtrelerine daha kolay ulaşılabilir ve saklanabilir. Katman bazında çıktı almama uyarısı yapılabilir.

Yeni **Çizim Özellikleri (Drawing Properties)** belirleme olanağı ile, çizimlere proje adı, müşteri gibi bilgiler atanabilir. Bu bilgiler, Windows Explorer'dan görüntülenebilir. AutoCAD DesignCenter ile, bu bilgilere göre arama yapılabilir. Çizim özellikleri, çizimleri sınıflandırma ve yönetme için kullanılır.

Yazı **bul ve değiştir (Find and Replace)** ile çizimdeki notasyonlar üzerinde değişiklik yapılabilir. Bulma ve değiştirme işlemi sadece yazılarla sınırlı değildir, blok nitelikleri, ölçülendirme notasyonları, "hyperlink"ler ve "hyperlink" tanımlarındaki yazılar da bulunur ve değiştirilir. Arama sonucu bulunan yazılar, "Zoom to" seçeneği ile ekrana getirilebilir. Bu komut, özellikle büyük paftalar ile çalışırken istenilen yere ulaşmada büyük kolaylık sağlar.

Çabuk seçme (Quick Select) ile seçim setleri kolay ve hızlıca yaratılabilir. Bu yeni komut, eski "Filter" komutunun yerini alır ve nesne özelliklerine göre seçim seti oluşturmaya yarar. Çizimdeki nesnelere, nesne tipine ve özelliklerine göre seçim setine dahil edilebilir veya çıkarılabilirler.

AutoCAD 2000i'de 3 boyutlu katı model yaratma ve **katı düzenleme** araçlarında yenilikler var. ACIS 4.0 katı modelleme motorunu kullanan AutoCAD 2000i'de karmaşık katı modeller oluşturulabilir. Katı oluşturulduktan sonra gövde, yüz ve kenar seviyesinde düzenleme yapılabilir. Gövdeler boolean işlemleri ile birleştirilebilir. Katı yüzler üzerinde, uzatma, taşıma, kopyalama, silme, döndürme, konikleştirme (taper), öteleme ve renk değiştirme yapılabilir. Kenarlar üzerinde, pah kırma ve yuvarlatma işlemleri yapılabilir. Ayrıca kabuk (shelling) ve iz düşüm (imprit) işlevleri de sağlanmıştır.

İçerik duyarlı **sağ tuş menüleri**, işlemlerin veya komutların seçeneklerine hızlı şekilde ulaşmanızı sağlar. Bu menüler içerik duyarlı olduğundan, farenin sağ tuşuna nerede bastığınıza veya hangi komutun içinde bastığınıza göre değişir. Hiç bir komut çalışmazken ve nesnelere seçiliyken, karşınıza düzenleme modu menüsü çıkar. Bu menüde sık kullanılan düzenleme işlevlerinin yanı sıra seçili nesnenin bazı özellikleri de gelir. Hiç bir komut yürürlükte değilken ve seçim seti yokken çizim alanı üzerinde sağ tuşa basarsanız, "default" menü ile karşılaşırız. Diyalog modu menüsü ise, diyalog kutularının içinde sağ tuşa basıldığında gelir. Her diyalog kutusunun kendine özel menüsü vardır. Örneğin katman diyalog kutusunda, tümünü seç, filtreleri kullan gibi seçenekler karşınıza çıkar. Eğer bir komut yürürlükteyken sağ tuşa basarsanız, komutun seçeneklerine (alt-komutlara) ulaşabileceğiniz bir menü ile karşılaşırız. Doğal olarak bu menü, her komut için farklıdır. Komut satırı, araç çubukları ve durum çubuğundaki tuşlar üzerinde de sağ tuş menüleri çalışır. Tüm bu sağ tuş menüleri, çizim yapana hız kazandırmak üzere tasarlanmıştır.

Uzun sembol adları ile katman, blok, ölçülendirme stili, vs. semboller, 255 karaktere kadar adlandırılabilir ve bu adlar boşluk ve bazı özel karakterleri içerebilir. **Yazı düzenleme** konusundaki yenilikler ise, satır arası boşluğu ayarlayabilme, kesirli sayılar yazma ve performans artışından oluşur. **Nesne özellikleri araç çubuğu**, yeni çizgi ağırlığı ve katman durumlarını da içerecek şekilde yenilenmiştir. Eskiden olduğu gibi nesne özellikleri, bu araç çubuğu aracılığıyla görüntülenebilir ve değiştirilebilir. Yeni **Ölçülendirme Stili** diyalog kutusuyla kullanıcı yaptığı tüm ayarları dinamik olarak görüntüler. Ölçülendirme stiller arasındaki farklar da, bu diyalog kutusu tarafından raporlanabilir. **Uygulama Yükleme (Appload)** diyalog kutusu ise, AutoCAD' e Visual Basic, Visual LISP, derlenmiş LISP ve ObjectARX uygulamalarını yüklemeye yarar. **Komut satırı standardizasyonu** ile komutların iletileri bir örnek haline getirilmiştir.

Tasarımdan Dokümantasyona Kolay Geçiş

Üçüncü anahtar alan, tasarımdan dokümantasyona kolay geçiştir. Basılı çıktılar, birçok durumda tasarım sürecinin son ve en önemli aşamalarındandır. Kullanıcılar doğru görünen bir final dokümanı elde etmek için çok zaman harcarlar. AutoCAD 2000i, basılı çıktı işlemini kolay ve elverişli hale getirecek birçok yenilik içerir. Tasarım yerleşimi, çıktı stilleri ve daha birçok yenilikle, basılı çıktı alma işini yeniden tanımlayarak, tasarım ve dokümantasyon arasındaki bağlantıyı sağlar.

Yeni **Yerleşim (Layout)** özelliği, tek çizimde aynı verinin farklı görünümlemlerle yerleştirilmesine ve basılı çıktı için yerleşim hazırlanmasına yarar. Kağıt düzlemi (Paper Space), Yerleşim ile tekrar tanımlanmış ve daha kolay kullanıma kavuşmuştur. Yerleşimi, üzerine geometrinin çeşitli görünümünün ölçekli olarak yerleştirildiği, antet bloğunun da yer aldığı ve sınır çizgilerinin çizildiği boş bir kağıt olarak düşünebilirsiniz. Çizimde bir tane model boşluğu yer alırken, dilediğiniz sayıda yerleşim yaratılabilir. Örneğin aynı kat planı çiziminden, mimari plan, elektrik planı ve aydınlatma planı yerleşimleri yaratılabilir. Her yerleşimde yer alan görünüm alanlarında, geometrinin farklı detayları ve katmanları görüntülenebilir. Çizici, kağıt boyutu, çıktı ölçeği gibi sayfa ayarları, her yerleşim için ayrı olarak tanımlanabilir. Bu ayarlar adlandırılarak saklanabilir ve tekrar kullanılabilir. Yerleşimlerde **dikdörtgen olmayan görünüm** alanları kullanılabilir veya görünüm alanları istenilen şekilde kırılabilir. Herhangi bir kapalı alan, yerleşimde görünüm alanı olarak tanımlanabilir. Görünüm alanları için çıktı ölçeği, standart ölçekler arasından seçilebilir veya diğer ölçekler tanımlanabilir. Belirlenen ölçek görünüm alanı için kilitlendiğinde, yanlışlıkla zoom oranı ile oynayıp ölçek değiştirmek engellenmiş olur. Yerleşimler ile çalışırken, geometrinin kağıda nasıl basılacağına bire bir şeklini görürsünüz.

Çizgi ağırlığı (lineweight) sayesinde, her nesnenin hem görüntüleme, hem de çıktı alma aşamasında kalınlığı olabilir. Çizgi kalınlığı, renk ve katman gibi bir nesne özelliğidir. Tanımlı endüstri standardı kalınlıklar, nesnelere veya katmanlara atanabilir.

Basılı çıktı alma ise, baştan aşağı yeniden tasarlanmıştır. **Çıktı Stilleri (Plot Style)** ve **Çıktı Stili Tabloları (Plot Style Tables)** ile nesne veya katman seviyesinde çıktılarının nasıl olacağı tanımlanabilir. Çıktı stili tabloları, kalem atamalarının yerine kullanılır. Çıktı stili tabloları, çıktı stillerinden oluşur. Çıktı stilleri ise, adlandırılarak saklanan ve çizgilerin ne şekilde çizileceğini belirleyen ayarları içerir. Nasıl yazı stilleri, çizimdeki yazıların yazılma şeklini belirliyorsa veya ölçülendirme stilleri, ölçülendirme formatını ayarlamak için kullanılıyorsa, çıktı stilleri de nesnelere çiziciden ne şekilde kağıda aktarılacağını belirler. Çıktı stilleri, renk

ve çizgi tipi gibi nesne özelliğidir ve nesnelere veya katmanlara atanabilir. Çıktı stillerinin etkileri ise, yerleşimlerde, çıktı öngörünümünde ve kağıt üzerinde görünür.

True-Color desteği ile de raster ve kaplanmış görüntüler 24-bit renk derinliğinde görüntülenebilir ve basılı çıktıları alınabilir.

Geliştirilmiş Erişim

Bir sonraki kategori, geliştirilmiş erişimdir. Bugünün hızlı ve birbiriyle bağlı dünyasında kullanıcılar, proje ve tasarım bilgisini hızlı ve etkin şekilde paylaşma gereği duyarlar. AutoCAD de bu anlamda sahnede yerini alıyor. Doküman paylaşımı için Internet'in kullanımı, AutoCAD 2000i ile olanaklı.

Direkt görüntüleyici erişimi ile AutoCAD 2000i, Internet'i tasarım ortamının içine katar. AutoCAD 2000i ile çizim ve ilgili verilere bilgisayarın diskinden, ağdan veya web' de bulunan herhangi bir yerden ulaşılabilir. Bu üç kaynak arasında AutoCAD açısından fark yoktur. AutoCAD' le gelen tümleşik Internet Görüntüleyicisi (Browser), çizim, referans ve destek dosyalarını Internet üzerinden açmaya ve saklamaya yarar. Örneğin dosya adı bölümüne <http://www.proje-x.com/planlar/kat1.dwg> yazabilirsiniz. Veya çiziminize bir blok yerleştireceğinizde, kaynak olarak bloğun bulunduğu Internet adresini girebilirsiniz.

"**Hyperlink**"ler aracılığıyla, çizim nesnelere diğer web sitelerindeki, diskteki veya ağ üzerindeki dokümanlar ile bağlanabilir. Çizimdeki bir nesneye başka bir çizim veya doküman bağlayabilirsiniz ve bu doküman Internet üzerinde yer alabileceği gibi lokal diskinizde bulunan herhangi bir dosya da olabilir. Örneğin çizimdeki bir parça resmine, o parçanın özelliklerini içeren elektronik tablo bağlanabilir. Parça resmine tıklanıldığında ilgili uygulama ve elektronik tablo açılır.

Çizimlerden web' de yayımlamak üzere **elektronik çıktı (ePlot)** alınabilir. Çizimler Internet üzerinden DWF formatı ile yayımlanabilir veya e-posta ile gönderilebilir. Gönderilen dosyada çıktı nitelikleri (kağıt boyutu, çizgi ağırlıkları, katmanlar gibi) de yer alır. Elektronik çıktılar, kağıt üzerine alınan çıktıların elektronik versiyonudur. Orijinal çizimden farklı olarak, üzerlerinde sınırlı değişiklikler yapılabilir. Elektronik çıktılar, Microsoft Explorer veya Netscape Navigator Internet görüntüleyicilerinden, ücretsiz WHIP! eklentisi aracılığıyla görüntülenebilirler. Vektörel formattadırlar, dolayısıyla üzerinde zoom ve kaydırma yapılabilir. İstenen katmanlar açılıp kapatılabilir. Çizgi ağırlıkları, görünüm alanları, pafta boyutları gibi yerleşimlerde yer alan tüm özellikler, elektronik çıktılarda da içerilir. Elektronik çıktılar, DWF formatındadır. Müşterinizle veya ortak çalıştığınız insanlarla kağıt pafta değişimi

yapacağınıza elektronik çıktıları tercih etmek, hem zaman kazandırır, hem de üzerlerinde daha esnek çalışılabilir.

Yeni "**dbConnect**" özelliği ile çizimler, dış veritabanları ile ilişkilendirilebilir. Nesnelere üretici, model numarası, malzeme gibi dış veritabanı kayıtları atanarak çizim akıllandırılır. Veritabanları ve çizim nesnelere görüntülenebilir, sorgulanabilir ve düzenlenebilir.

AutoCAD 2000i ile herhangi bir yerdeki, herhangi bir kişiyle, herhangi bir zamanda tasarım bilgisi alış verişinde bulunabilirsiniz.

Daha İyi Özelleştirme

Son kategorimiz, daha iyi özelleştirme. AutoCAD' in geleneksel açık ve esnek mimarisi, AutoCAD 2000i'de de güçlenerek devam ediyor. Varolan ObjectARX, Microsoft Visual Basic ve AutoLISP araçları geliştirildi ve yenileri eklendi.

AutoLISP' in güncel uyarlaması olan **Visual LISP** yazılım geliştirme ortamı, AutoCAD 2000i ile birlikte geliyor. Visual LISP, AutoLISP tabanlı uygulamalar geliştirmek, derlemek ve hata ayıklaması yapmak için modern bir yazılım geliştirme platformu. VBA (**Visual Basic for Applications**) konusunda ise, birden fazla projenin kullanılması ve çizimlere gömülmesi gelişmeleri var.

En basit araç çubuğu değişikliğinden en karmaşık uygulama yazılımı geliştirmeye kadar gereksinim duyacağınız her araç, AutoCAD 2000i ile birlikte kullanımınıza açık.

8.4 AutoDesk Inventor 4

Autodesk 1999 yılı Aralık ayında sadece Amerika'da satışa sunduğu tamamen yeni modelleme programı Inventor' 1, 4. sürümü ile beraber Avrupa ve Türkiye' de de satışa sunuyor. İlk çıkışının üzerinden yalnızca 16 ay gibi çok kısa bir süre geçmesine rağmen Inventor 4 oldukça ileri eklemeler ve geliştirmeler ile artık Türk MCAD sektöründeki rekabete fazlasıyla hazır durumda.

Programın ilk göze çarpan en önemli özelliği, AutoCAD tabanı üzerinde çalışmaması. Program tamamen sıfırdan ve sadece MCAD pazarının istekleri göz önüne alınarak hazırlanmış. Yaklaşık 4 yıl süren gizli bir proje sonucunda ortaya çıkan program, henüz daha ikinci sürümünde bile üst sınıf programları zorlayacak özelliklere sahip. Program MCAD sektöründe ihtiyaç duyulan tüm katı ve montaj modelleme yeteneklerini barındırıyor ve bunları çok pratik ve hızlı kullanıma uygun bir ortamda sunuyor.

Programın dikkat çeken temel özelliklerinde bazıları şunlardır :

- Parametrik Unsur Tabanlı Katı Modelleme
- Etkileşimli arayüzü
- Adaptive (Uyarlanabilir) eskiz ve parça işlemleri
- Montaj Modelleme
- Montaj üzerinde anında mouse yardımıyla simülasyon yapabilme
- Teknik resim oluşturma, parça listeleri
- Çizimlerin kullanım, revizyon vb. bilgilerinin takip edilmesi

Aşağıda Inventor 4' de göze çarpan bazı konuları bulabilirsiniz.:

Grup Çalışma Araçları

Inventor 4, Microsoft NetMeeting yazılımını kullanarak network üzerinde çalışılan parça ve diğer çalışmaların anlık görüntüleme ve kullanım işlemlerini kullanıcının hizmetine sunuyor. Bu yöntem sayesinde ilgili ürünler üzerinde çalışan bir grubun gerekli iletişimi, revizyon vb. işlemleri anlık olarak takip edebilme ve parçaların kullanımını organize etme imkanı doğuyor.

Inventor 4'de ayrıca Design Tracking (Tasarım İzleme) adıyla yeni bir takip aracı geliyor. Bu araç aslında web tabanlı bir modül. Bunun içeriğinde parça veya montajların görüntülenmesi, bunlar hakkında maliyet, hacim, parça listesi, sipariş numarası veya parça kodlarıyla takip, inceleme ve arama türü işlemler yapılabilir. Bu programın amacı Inventor' a sahip olmayan herhangi bir departmanın bilgisayarından da bu tür bilgilere ulaşılabilmesini sağlamak. Tüm bilgiler sürekli güncel olduğundan ürünlerle ilgili olarak yalnızca mühendislik departmanının değil, ilgili tüm yan departmanların ve yöneticilerin sürekli bilgi sahibi olmaları sağlanıyor.

Günlük Kullanımda Verimlilik

Inventor' ın en önemli özelliği kullanımının çok hızlı ve pratik olması. Kullanıcı arayüzü oldukça sadeleştirilmiş olan programda, en önemli farklılıklardan birisi de işlemlere veya verilen hata mesajlarına duyarlı çok detaylı ve yönlendirici bilgiler veren bir yönetici programına sahip olması. Program içinde bulunan Design Support System (Tasarım Destek Sistemi) tüm çalışma boyunca gereken yerde ilgili yazılı veya görsel yardımları kullanıcıya sunmakta ve gerekiyorsa kullanıcıyı ilgili derslere yönlendirmektedir. Ayrıca bu sistem içindeki Sketch Doctor (Eskiz Doktoru) parametrik kurallar ve ölçülendirmeler gibi konularda kullanıcıya yardımcı olmaktadır.

Montaj Modellemede Yenilikler ve Hız

Inventor' ın en önemli özelliği olan Adaptive Data Engine (Uyarlanabilir Veri Motoru) ve görsel / matematiksel anlamda ikiye bölünmüş veri yükleme ve kullanma yöntemi sayesinde çok büyük montajlarda dahi pazardaki en pahalı CAD ürünlerinde dahi daha hızlı ve verimli çalışmak mümkün olmaktadır. İlk sürümde dahi bu hız farkı 2 ila 10 kat arasında ölçülmüştür.

Montajlardan Patlatılmış Perspektiflerin Oluşturulması

Inventor 4, oluşturulan montajlardan patlatılmış (veya açılmış) perspektif görüşlerinin oluşturulmasını ve gerekli düzeltmelerin yapılmasını sağlıyor. Ayrıca bu tip perspektiflerin teknik resimlerini çıkarılması da sağlanmaktadır.

Montaj Canlandırmaları

Inventor 4, montajların canlandırılması ve ilgili sahnelerin bir animasyon dosyasına kaydedilerek kullanılmasını sağlamaktadır. Bu yöntem kullanılarak mekanizma analizleri, çalışma prensipleri, çalışma safhaları ve sökme/takma vb. konularda dokümantasyon hazırlamak mümkün hale gelmektedir.

Saç Metal Modelleme

Inventor 4, diğer birçok MCAD paketinde ek olarak sunulan saç metal modelleme modülünü ana programın içinde sunmaktadır. Saç metal komutları sabit saç kalınlığı ile çalışma, kenar / köşe türü ek elemanlar oluşturma, zımbalama türü işlemler yapma ve sonunda da istenilen anda tam otomatik açınım çıkarma özelliklerini içermektedir.

İşletim Sistemi

Inventor 4, Microsoft Windows 2000 Professional, Windows 98 ve Windows NT 4 işletim sistemlerinde çalışmaktadır.

9. CAD YAZILIMLARI ÜZERİNDE YAPILABİLECEK DEĞİŞİKLİKLER:

Günümüzde hemen her CAD yazılımı kişiselleştirilebilmeye olanak sağlamaktadır. Yazılımın menülerinden ulaşılabilen makro oluşturucu ile sektöre ve yapılan işe uygun olarak kolaylık getiren geliştirmeler yapılabilir. Bu geliştirmelerden en çok bilineni AutoCAD üzerinde yapılabilen AutoLISP uygulamalarıdır.

9.1 Giriş:

LISP programlama dili nesneye dayalı olmayan, medya öğelerini çok fazla kullanamayacağımız; Basic ve Pascal gibi makina dili haricindeki programlama dillerinden biridir. AutoLISP modül uygulamalarının AutoCAD ortamıyla bütünleştirilmesinin amacı; AutoCAD'e yüksek seviyeli dillerde olduğu gibi makro düzeyde program yazılmasına olanak sağlamaktır.

LISP programlama dili çok güçlü ve öğrenmesi çok kolay bir programlama dilidir. Asıl anlamda LISP, yapay zeka çalışmalarında kullanılan bir program dilidir. List Processing 'in (Liste işleme) kısaltılmış ifadesidir. AutoLISP ise LISP'in AutoCAD ile kullanılabilir şekilde uyarlanmış halidir. AutoLISP sayesinde kullanıcının AutoCAD'e yeni komutlar eklemesi kişiselleştirmesi ve ondan artan bir verim elde etmesi mümkündür. Tabii ki yeni komutlardan kastedilen, kullanıcının AutoLISP fonksiyonlarını kullanarak hazırladığı program dosyalarını AutoCAD ortamından çağırarak kullanmasıdır.

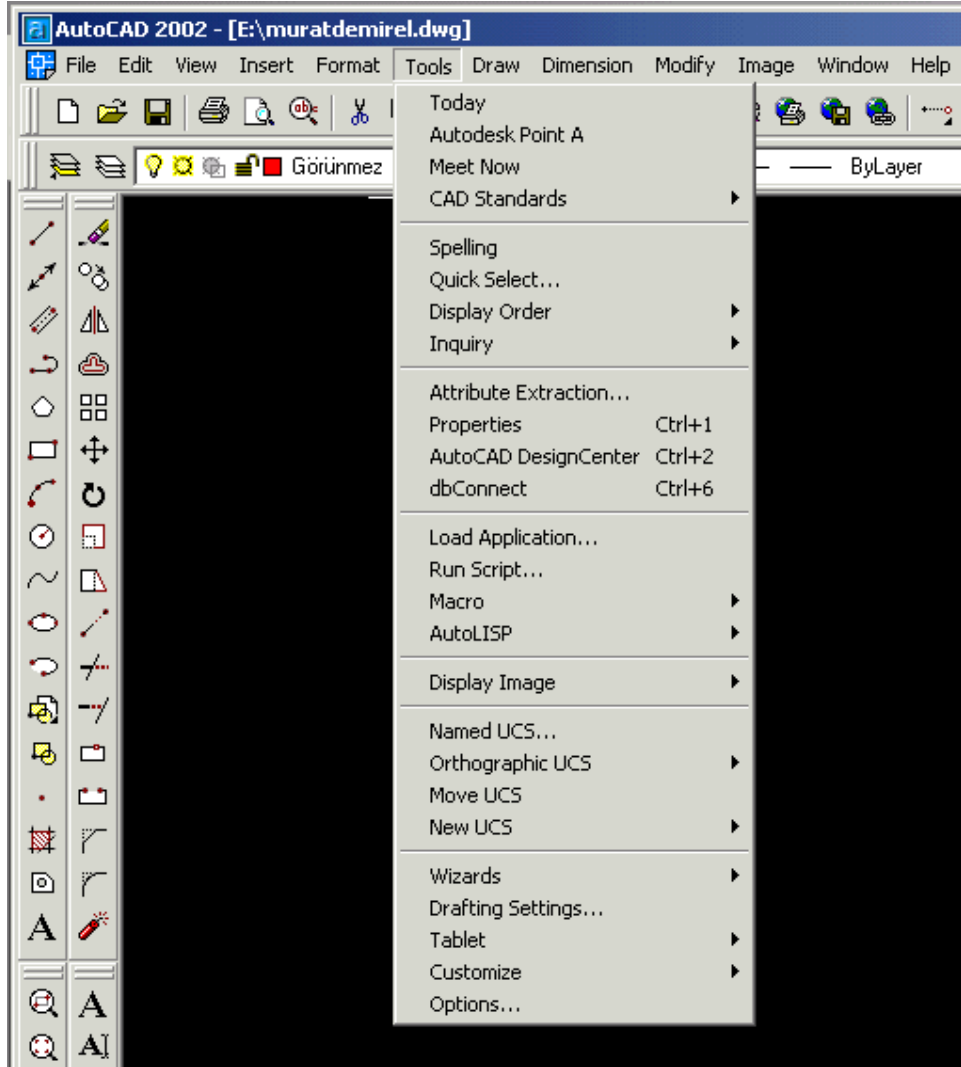
AutoLISP dosyalarının ASCII dosyalar oluşturabilen bir kelime işlemcide (text editor) hazırlanması ve uzantısının *.LSP olması bir zorunluluktur.

AutoLISP dosyaları aslında fonksiyonlardan meydana gelmektedir. Kullanıcı, bir takım standart fonksiyonları kullanarak veya kendisi çeşitli fonksiyonlar tanımlayarak yapmak istediklerini gerçekleştirir. Gerek standart fonksiyonlar, gerekse kullanıcı tanımlı fonksiyonlar; değişkenlere değerler atanması, bu değerlerin AutoLISP tarafından değerlendirilerek sonuçlar elde edilmesi mantığına göre çalışır. AutoLISP programlarda büyük küçük harf ayrımı yapmaz.

9.2 AutoLISP Dosyalarının Yüklenmesi:

AutoCAD ortamına herhangi bir daha önceden hazırladığımız AutoLISP programını aktarmak için iki farklı yol takip edilebilir birincisi; klavyeden Appload komutunu girilmesinin ardından çalıştırmak istediğimiz dosyayı seçip Load butonunu tıklayarak daha önceden hazırlanmış program AutoCAD ortamına aktarılabilir veya AutoCAD'de menü çubuğunda

menüde bulunan Tools sekmesine tıklayarak açılan pulldown menüden Load Application sekmesine tıklayarak dosya ekleme ekranına ulaşabiliriz buradan eklemek istediğimiz dosyayı konum sekmesinin yardımıyla bulup Load butonunu kullanabiliriz. (Bu yöntem Şekil 9.1'de ekran görüntüsüyle açıklanmıştır)



Şekil 9.1 AutoLISP dosyalarının yüklenmesi

Dialog tablosundaki Save List kutucuğu seçilirse AutoCAD aktif directory'de Appload.dfs adında bir dosya oluşturulur ve liste bu dosya içinde saklanır. Listenin korunmasını istiyorsak. Save List kutucuğunu seçin.

Eğer herhangi bir AutoLISP dosyasının AutoCAD açılışında dosyamıza eklenmesini istiyorsak Load Application ekranından sonra karşımıza gelen pencerede bulunan Startup Suite kısmında yer alan Contents... butonuna basarak karşımıza gelen önceden atadığımız AutoLISP dosyalarını AutoCAD ile ilişkilendirebiliriz.

9.3. LISP Dosyalarının Yapısı:

Bir LISP dosyası içinde tüm fonksiyonlar bir sol parantez "(" ile başlar ve bir sağ parantez ")" ile biter. Parantezler kuralına uyuldukça bir fonksiyon içinde başka alt fonksiyonlar da bulunabilir. AutoLISP dosyalarının ilk satırları daima "defun" ifadesiyle başlar. Bu AutoLISP'in en temel fonksiyonudur. defun fonksiyonu kullanılmadan AutoLISP programı yazılamaz.

Örnek:

```
(defun fonk.adi ( )
(sub.fonk1 (sub.fonk2))
) ; parantez sayısına dikkat ediniz.
```

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi fonksiyon "**defun**" ile başlamıştır. **Sub.fonk** olarak tanımlanan fonksiyonlar ana fonksiyon içinde kullanılan ve işlemleri yapan alt fonksiyonlardır. Bu alt fonksiyonlar genellikle, standart LISP fonksiyonları veya kullanıcıların tanımladığı fonksiyonlardır. Daha önce de belirtildiği gibi LISP dosyalarında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan bir tanesi parantezlerdir. Özetle şöyle söyleyebiliriz; **AutoLISP dosyasında açılmış olan parantez kadar parantezin program akışına göre uygun yerlerde kapatılması zorunludur.** Yazılan AutoLISP dosyaları AutoCAD ortamına çağrıldığında (bu işlem daha sonra detaylı olarak anlatılacaktır) daha önce de belirtildiği gibi AutoLISP tarafından değerlendirmeye alınır. Bu değerlendirme dosya AutoCAD ortamında çalıştırılmaya başlanmadan hemen önce yapılır. AutoLISP değerlendiricisine EVULATOR adı verilir. Değerlendirme esnasında ekranda Command: alanında ; n> ifadesi görülürse (n bir tamsayıdır) n kadar sağ parantezin eksik olduğu anlaşılır. Yani açılan sol parantezler içinde n tanesi sağ parantez kullanılarak kapatılmamıştır. Bu hatayı düzeltebilmek için LISP dosyanıza dönerek n tane sağ parantezi uygun yerlere koymanız gerekir.

Bazen programın başında açılmış olan bir sol parantez programın sonlarına doğru kapatılabilir (Yukarıdaki örnekte olduğu gibi). Tabii ki bu parantezlerin yeri fonksiyonun işlevi ile bağlantılıdır. Fonksiyonlar içindeki ifadeler birden fazla satıra taşabilir; bu yazı bir satırdan fazla olduğu için ikinci satıra da devam edebilir. Önemli olan açılmış sol parantezlerin sağ parantezler ile kapatılmasıdır.

Defun fonksiyonu ile program yazımına başladıktan hemen sonra bu fonksiyon bir sağ parantez ile kapatılmaz. (defun ile başlayan ve ardından fonksiyon adının yazıldığı bu fonksiyon içinde, yapılacak işlemleri tanımlayan alt fonksiyonlar yer alır.

Örnek:

```
(defun toplama ()
  (setq A (getint "BIRINCI SAYIYI GIRINIZ :"))
  (setq B (getint "IKINCI SAYIYI GIRINIZ :"))
  (setq C (+ A B))
  princ "\nSONUC : ")
(princ C)
(princ)
```

Yukarıdaki örnekte ilk satır fonksiyonun başlangıç satırıdır. İkinci satır ile kullanıcıdan bir sayı girmesi istenir. Girilecek sayı tamsayıdır. Bu sayı A değişkenine atanır. Üçüncü satırda ikinci tamsayı istenir. Bu sayı da B değişkenine atanır. Dördüncü satırda ise girilmiş olan iki tamsayı toplama işlemine sokulur ve sonuç C değişkenine atanır. Beşinci satırda belirtilmiş olan fonksiyon sayesinde üçüncü satırda elde edilmiş olan sonuç ekranın komut alanına yazdırılır. Son satırdaki parantez ile de ilk satırda açılmış olan parantez kapatılır. Bu örnekte AutoLISP'in standart fonksiyonlarından olan **setq** ve **princ** fonksiyonlarının nasıl kullanılabileceğini örneklenebilir.

Örnek Bir AutoLISP Programı ve Komut Açıklamaları:

Aşağıda detaylı olarak verilen bu örnek programı bilgisayarımıza da indirebilirsiniz:
[DELL.LSP](#)

XY DÜZLEMİNDE BULUNAN BİR KATI CİSMİN ÜZERİNDE
İSTENİLEN ÇAPTA BİR SİLİNDİR AÇAN PROGRAM :

```
(defun c:dell()
  (setq p1(getpoint "\nDelinecek nesne dışında bir nokta seçin:"))
  (setq p2(getpoint "\nDelinecek nesne içinde bir nokta seçin:"))
  (setq nesne(ssget "c" p1 p2))
  (setq yer(getpoint "\nMerkez noktası :"))
  (setq r(getreal "\nYarıçapı girin :"))
```

```
(setq h(getreal "\nYüksekliği Girin :"))
```

```
(command "ucs" "origin" yer)
```

```
(command "cylinder" "0,0,0" r h)
```

```
(command "subtract" nesne "" "last" "")
```

```
(setq nh(* -1 h))
```

```
(command "cylinder" "0,0,0" r nh)
```

```
(command "subtract" nesne "" "last" "")
```

```
(command "ucs" "world" "")
```

```
)
```

Programın Açıklaması:

(defun c:dell()) : Programı aktif etmek için kullanılacak komutu belirtir .

(setq p1(getpoint "\nDelinecek nesne dışında bir nokta seçin:"))

(setq p2(getpoint "\nDelinecek nesne içinde bir nokta seçin:"))

Yukarıdaki satırlar şekil içinde ve dışında birer nokta seçtirerek bu nokta koordinatlarını P1 ve P2 değişkenlerine aktarır.

(setq nesne(ssget "c" p1 p2)) : P1 ve P2 noktaları arasında nesneyi veya nesnelere seçerek bu nesneyi "nesne" değişkenine atar. Bu iki nokta arasında bulunan şekli seçmek için ise "c" parametresi kullanılmıştır.

(setq yer(getpoint "\nMerkez noktası :")) : Çizilecek silindirin merkezini belirlemek için bir nokta seçtirir ve yer değişkenine aktarır.

(setq r(getreal "\nYarıçapı girin :")) : Çizilecek silindirin yarıçapının girilmesi istenir ve bu değer "r" değişkenine atanır.

(setq h(getreal "\nYüksekliği Girin :")) : Çizilecek silindirin uzunluğunu ister ve bu değeri h değerine atanır.

(command "ucs" "origin" yer) : UCS yer değişkeninde saklanan noktaya taşınır.

(command "cylinder" "0,0,0" r h) : "0,0,0" noktası merkez olacak şekilde "r" yarıçapında ve "h" yüksekliğinde bir silindir çizer.

(command "subtract" nesne "" "last" "") : Son çizilen nesneyi yani silindiri "nesne" değişkenine atanmış olan nesneden çıkarır.

(setq nh(* -1 h)) : "h" değerinin çarpmaya göre tersini alır ve "nh" değişkenine atanır.

(command "cylinder" "0,0,0" r nh) : "0,0,0" noktası merkez olacak şekilde "r" yarıçapında ve "nh" yüksekliğinde bir silindir çizer. Fakat bu yeni silindir diğer silindirin tersi yönünde uzanır.

(command "subtract" nesne "" "last" "") : Son çizilen nesneyi yani silindiri "nesne" değişkenine atanmış olan nesneden çıkarır.

(command "ucs" "world" "") : UCS standart ayarına getirilir.

10.PDM (ÜRÜN VERİ YÖNETİMİ)

10.1 Özetle PDM

PDM; verilerinizin kontrolünü sağlarken ve bunları ihtiyacı olan kişilere, ihtiyaçları olduğu zaman dağıtarak, eşanlı mühendisliğin pazara çıkış zamanı için getirdiği yararları en üst noktaya çıkartmak iddiasıdır.

PDM sistemlerinin bu iddia ile başa çıkma şekli, verilerin tümleşikliğinin sağlama alınabildiği, güvenli bir “kasa”da asıl verilerin tutulması ve verilere yapılan tüm değişikliklerin izlenmesi, kontrol edilmesi ve kayıt edilmesidir.

Diğer yandan, asıl verilerin çoğaltılmış referans kopyaları, çeşitli bölümlerdeki kullanıcılara, tasarım, analiz ve onay için serbestçe dağıtılabılır. Yeni veri, daha sonra kasaya geri yerleştirilir. Veri üzerinde bir değişiklik yapıldığında, aslında ne olduğu; üzerinde değişiklik yapılmış verinin imzalı ve tarihli bir kopyasının, kalıcı kayıt olarak orijinal biçimdeki eski veri ile birlikte kasada saklanmasıdır.

10.2 Veri Yönetimi Nedir?

İmalatçı firmalar, genellikle parçaların (bileşenlerin) ve komplelerin çizimlerinin kayıtlarını sistematik olarak tutmakta oldukça iyidirler, fakat genellikle, “boyut”, “ağırlık”, “kullanıldığı yer” vb. gibi öznitelik bilgilerinin kapsamlı kayıtlarını tutmazlar.

Sonuçta, mühendisler sık sık gerek duydukları bilgilere erişme sorunu yaşarlar. Bu, onların ürün verilerini yönetme yeteneğinde olumsuz bir boşluk oluşturur.

Veri yönetim sistemleri; öznitelik ve belgesel ürün verisinin her ikisini de yönetebildiği gibi, ilişki veritabanı sistemleri aracılığı ile, bunların arasındaki ilişkileri de yönetebilmektedir.

Sınıflandırma, bir PDM sisteminin temel bir yeteneği olmalıdır. Benzer türdeki bilgilerin, isimlendirilmiş sınıflar içinde, birlikte gruplandırılma yeteneği olmalıdır. Belirli bir sınıfta yer alan her bileşenin asıl özelliğini tarif eden “öznitelik” kullanılarak, daha ayrıntılı sınıflandırma mümkün olmalıdır.

Bileşenlerin Sınıflandırılması

Bileşenler, sizin çalışma gereklerinize uyan, çok çeşitli sınıflar altında veritabanına girilecektir. Sınıflar kendi aralarında, uygun düşen genel başlıklar altında birlikte gruplanabilirler. Bu, şirketinizin çalıştığı tüm bileşenlerin, kolaylıkla izi sürülebilen, hiyerarşik ağ yapısı içinde organize edilmesini sağlar. Her bir parçaya kendisine ait öznitelik kümesi verilebilir. Ek olarak, bazı sistemler size, belirli bileşenlerin özgün, isteğe bağlı

öznitelikleri ile kaydedilmelerini sağlar. Süreç ve yönetim için Değerlendirme başlıklı bölümde ele alacağımız nedenlerden ötürü, bu malzeme listelerini (BOM) kontrol etmek çok değerli olabilir.

Dokümanların Sınıflandırılması

Bileşenlere ve komplelere ilişkin dokümanlar, benzer şekilde sınıflandırılabilir; örneğin; sınıflar, “Çizimler”, “3B Modeller”, “Teknik Yayınlar”, “Elektronik Tablo Dosyalar” vb. olabilir. Her doküman kendisinin öznitelik kümesine sahip olabilir – parça, numara, yapan, giriş tarihi gibi. Ve aynı zamanda dokümanlar ile bileşenlerin kendi aralarındaki ilişkiler sağlanabilir. Böylece, örneğin belirli bir mil yatağı kompleksi için 2B çizimleri, katı modelleri ve FEA dosyalarını içeren bir klasör doküman ayıklanabilir.

PDM sistemleri, sınıflandırma yetenekleri açısından büyük farklılıklar gösterebilir. Bazıları hiç sahip değildir. Diğerleri, sadece veri tabanı uygulamaya sokulurken sınıfları tanımlama yeteneğini destekler. Daha yakın zamanlardaki PDM sistemleri, organizasyon değişiklikleri sonucunda talep edildikçe değiştirilebilen ve tanımlanabilen yetenekleri sağlamış bulunuyor.

Ürün Yapısı

Ürün verilerine erişmenin üçüncü yolu ise, bunu ürün yapısı ile yapmaktadır. Seçilen herhangi bir ürün için, kompleler ile, bu kompleyi oluşturan parçalar arasındaki ilişkiler sağlanabilmelidir. Bunun anlamı, bir ürünün bütünü ya da onun bir kompleksi için dokümanları ve parçaları içeren tam bir malzeme listesini açabilmenizdir. Ortaya çıkan avantaj, sadece bir komple içindeki parçalar arasındaki fiziksel ilişkileri tutmak değildir, fakat aynı zamanda diğer tür yapılandırmalar, örneğin imalat, finansman, bakım ya da dokümanlar ile ilişkiler de başka avantajlardır. Böylece, uzmanlaşan ekip üyelerinin, ürünü kendi açılarından yapılandırılmış olarak görmeleri mümkün olur.

Verilerin Sorgulanması

Hayal edeceğimiz gibi, bileşenlere ve komplelere ait verileri, çeşitli yollardan giderek erişebilmeye gerek duyacaksınız. Bir sınıflandırma ağacı üzerinde aşağı yukarı hareket edebilirsiniz. İstedığınız veriyi, ismine ya da parça numarasına göre basit olarak çağırır veya bir öznitelik ya da özniteliklerin kombinasyonlarını belirleyerek, bir grup veriyi arayın, örneğin, uzunluğu 10 mm’den az, paslanmaz çelikten civataları görmeyi isteyebilirsiniz.

10.3 Süreç Yönetimi Nedir?

Şimdiye kadar verilere erişmeyi, referanslamayı kolaylaştırma ve çapraz referanslar – esas olarak edilgen yordamlar – üzerinde durduk. Diğer yandan, süreç yönetimi, kişilerin verileri yaratma ve üzerinde değişiklik yapma yollarının – etkin yordamlar – kontrol edilmesi hakkındadır.

Bu size, proje yönetimi için sadece yeni bir isim gibi gelebilir. Fakat değildir. Proje yönetiminin kendisi, sadece görevlerin yaptırılması ile ilgilendir. Süreç yönetimi ise, görevlerin üzerindeki etkisine işaret eder.

Süreç yönetimi sistemleri, normal olarak, üç ana işleve sahiptir.

1. Birinin veriler üzerinde çalıştığı zaman, verilere ne olacağını yönetirler. (İş yönetimi)
2. Kişiler arasındaki veri akışını yönetirler. (İş akışı yönetimi)
3. Bir projenin yürütülmesi sırasında, 1. ve 2. maddelerdeki işlevlerde meydana gelen olayların ve hareketlerin izlerini tutarlar. (İş tarihçesi yönetimi)

İş Yönetimi

Mühendisler, veriyi bir yaşam için yaratır ve değiştirir. Birşeyi tasarılma eylemi tam olarak böyledir. Örneğin, bir katı model, herbiri altında yatan mühendislik verisine kapsamlı değişiklik içeren yüzlerce tasarım değişikliğinden geçer. Sık sık mühendisler, özel bir yaklaşımı araştırmak isteyecek, daha sonra önceki versiyonun lehine ondan vazgeçecektir.

Bir PDM sistemi, mühendisin çalışma ortamı gibi davranarak, tüm yeni ve üzerinde değişiklik yapılan verileri, onlar türetildikçe yakalayarak, hangi versiyon olduğunun kayıtlarını tutarak, talep üzerine onları yeniden çağırarak ve mühendisin her hareketinin izini etkin olarak sürerek, çözüm sunar.

Doğal olarak, bir mühendisten bir tasarım üzerinde değişiklik gerçekleştirmesi istendiğinde, normal olarak, o Mühendislik Değişiklik Emri (ECO) ve orijinal tasarımdan daha fazlasına gerek duyacaktır. Bir çok dokümana, dosyaya ve forma başvurulmasına ve işin içindeki tasarım ekibinin diğer üyelerine de gerek duyulabilir. Geleneksel tasarım ortamında, ekibin gerektiğinde başvurabildiği bir klasör ya da bir dosya derleyecektir.

Şu andaki PDM sistemleri, değişiklik gösteren başarı dereceleri ile, bu gereklerin üstesinden gelmektedir. Bir yaklaşım, “ kullanıcı paketleri” olarak bilinen yöntemi kullanarak kağıt esaslı süreçleri taklit etmektedir.

Paketler, mühendisin bir çok farklı “ asıl” dokümanı yönetmesine ve üzerinde değişiklik yapmasına izin verdiği gibi, referans için, bir çok destekleyen dokümanları da sağlar. Bu yaklaşım, eşanlı mühendislik ilkesini de destekler. Örneğin, her ne kadar sadece bir kullanıcı esas tasarım üzerinde çalışabilir olsa da, aynı projede çalışan ekip üyelerinin paketlerinde kullanıma hazır edilir. Denetimli çıkış ile paketi alan sadece bir kişi tarafından üzerinde değişiklik yapılabilir, paketin içindekiler, diğerlerinin üzerinde değişiklik yapmaması için kilitlenir, fakat gerekli erişim haklarına sahip her kişi tarafından referans için kopyalanabilir.

İş Akışı Yönetimi

Paketler, anlamlı şekilde gruplanmış dokümanların ekip üyelerince paylaştırılmasını kolaylaştıran avantajlara sahiptir. Fakat başka bir nedenle de faydalıdır. Paketler, mantıklı organize edilmiş demetler halindeki işlerin, bölümden bölüme ya da kişiden kişiye dolaşmasını mümkün kılar.

Bir ürünün geliştirilmesi sırasında, binlerce parçanın tasarlanması gerekir. Her parça için, bir çok kişi tarafından, belki defalarca üzerinden yeniden geçerek, dosyaların oluşturulmasına, üzerinde değişiklik yapılmasına, görüntülenmesine, denetlenmesine ve onaylanmasına gerekir. Daha ötesi, her parça farklı tür geliştirme tekniği ve farklı tür veri – bazıları için katı modeller – diğerleri için devre şemaları, başka diğerleri için FEA verisi – ister.

Bu karışıklık yetmemiş gibi, bir de asıl dosyaların herhangi biri üzerindeki iş, diğer ilişkili dosyalar üzerinde potansiyel bir etkiye sahip olacaktır. Böylece, süreklilik gösteren karşılıklı kontrol, değişiklik, yeniden sunma ve yeniden kontroller gerekli olacaktır. Tüm bu üst üste binen değişiklikler ile, bir disiplindeki bir mühendisin dikkate değer zaman ve çaba harcayarak uğraştığı bir tasarımın, projenin diğer kısmında, diğer bir kişi tarafından yapılan bir iş ile, geçersiz duruma gelmiş olması çok kolaylıkla mümkün olabilir. Ürün veri yönetimi sistemlerinin en iyi yaptığı iş, bu oldukça karmaşık iş akışına bir düzen getirmesidir. Özellikle, PDM sistemleri bir sonraki aşamada kimin ne yapacağını belirleyen, binlerce, tek tek kararın, izini sürerler.

PDM sistemlerinin çoğu, önceden belirlenmiş “tetikleri” ve kuruluşun ya da dahil olunan geliştirme projesinin türüne göre değişebilen dolaşım listelerini kullanarak, proje yöneticisinin “durumlar” aracılığı ile projenin ilerlemesini kontrol etmesine izin verir. Sistemler arasındaki fark, onların ne kadar esnek oldukları ile ortaya çıkar. En katı sistemler, yordamlar üzerine dayanır. Her kişiye ya da kişilerin grubundan, yordam içinde bir “durum” temsil etmeleri istenir. – Başlatıldı; sunuldu; kontrol edildi; onaylandı; çıktı gibi. Bir dosya ya da kayıt, bir

kişiden ya da gruptan bir diğerine, durumu değiştirilmeden, geçirilemez. Bazı sistemler, üzerinde çalışan kişilerden ayrı olarak, bir kimlik verilmesine olanak kılar.

Örneğin, bir tasarım üzerinde çalışan bir mühendisin, tasarıma en iyi şekilde yaklaşım yapmak için meslektaşları ile fikir alışverişinde bulunmak istediğini düşünün, esas model ve tüm ilişkili referans dosyalar bir paket tarafından içerilsin ve kontrol ediliyor olsun, o zaman herhangi bir sayıda diğer kişiler arasında, durum değişikliği tetiklenmeden, bütün işi dolaştırmak kolaydır. Resmi iş akışı yordamı, bu resmi olmayan yeniden gönderme ile uyumsuz. Çünkü dosyanın durumunu değiştirecek yetkili, paket ile birlikte etrafta dolaşmaz. Seçilen kişi ile birlikte kalır.

Geliştirme yapan ekibin arasındaki iletişim de zenginleştirilir. Veri ve dosya paketleri etrafta dolaşırken, talimatlar, notlar ve yorumlar onlara eşlik edebilir. Bazı sistemler “kırmızılama” yeteneğine sahiptir, diğerleri, “post-it” notlarının elektronik eşiti ile dosyalar üzerinde not düşme imkanına dahi sahiptir.

Diğer bir deyişle, süreç yönetimi, onu kısıtlamak yerine, çalışma ortamını rahatlatmanın bir yolu gibi görülebilir. İddia, resmiyet içermeyen ekip çalışmasına ve işi sürdürmek için karşılıklı fikir aşılama ne kadar izin verebildiğiniz ve hala proje maliyetinin ve bitiş zamanlarının genel yönetimini kontrol altında tutabilmektedir.

Çoğu sistem, tüm destekleyici verisi ile birlikte, görevin güncel durumunun yetkili kişiler tarafından her zaman izlenmesine ve görülmesine izin verir.

Doğal olarak, binlercesinin bulunduğu bir ürün geliştirme projesinde, bir paket sadece bir görevi temsil eder. Her paket, sistem boyunca kendi dolaşım güzergahını izler, fakat paketler arasındaki ilişkiler de kontrol altında tutulmalıdır.

Böyle karmaşık iş akışlarının eşgüdümünü etkin olarak sağlamak için görevlerin arabağımlılıklarını tanımlamaya gerek duyacaksınız ki, böylece projenizin yapılandırma şekli uyumlu olsun. Bunlardan bir tanesi dosyalar arasındaki hiyerarşik ilişkilerin oluşturulabilmesi yeteneğine sahip olmaktır. Örneğin, bir komplemin tüm parçalarının tek tek çıkışı yapıncaya kadar, komplemin akışı için mühendisin imzasının önlenmesi için sisteme talimat verebilirsiniz.

İş Tarihçesi Yönetimi

Gördüğünüz gibi, ürün veri yönetim sistemleri, sadece, projenin geçerli durumunun kapsamlı veritabanı kayıtlarını tutmamalıdır, fakat aynı zamanda projenin başından geçen durumları da kaydetmelidir. Bunun anlamı, onların geçmiş denemelerin verisinin denetiminde, potansiyel

değerli bir kaynak olmasıdır. Süreç denetimlerinin düzenli aralıklarla gerçekleştirilebilme yeteneği, ISO 9000, EN 2900 ve BS 7550 gibi uluslararası kalite yönetim standartlarına uygun olmak için temel bir gerekliliktir. Fakat proje tarihçesi yönetimi bir projenin gelişimi içinde bir sorunun çıktığı ya da yeni bir geliştirmeye buradan başlamak istediğiniz, belirli bir noktaya, geriye doğru giderek iz sürmenize izin verdiği için de önemlidir.

Geliştirmenin belirli kilometre taşlarından hangilerinin sistem tarafından kaydedildiği önemlidir. Bazı sistemler, sadece dokümanın sahipliğindeki değişiklikleri kaydeder. Böylece zaman içindeki belirli bir noktada, yapılan değişikliğin kendisi değil, dokümanın sahipliğinin izi sürülebilir. Diğerleri değişiklikleri kaydetme yeteneğine sahiptir fakat sadece dosyanın “durumu” değiştiği zaman çekilen “şipşak” resimler serisi gibi kaydeder. Kullanıcı, “durumda” hiçbir değişiklik olmadan bir tasarım üzerinde haftalardır değişiklik yapıyor olabileceğinden ötürü, bu iş akışı tarihçesinde büyük boşluklar bırakabilir. Bazı sistemler, sizin tercih ettiğiniz, sistem tanımlı seviyede değişiklikleri kaydetmenize izin vererek, hareketleri resimlere benzer şekilde tarihsel kayıtları sağlarlar. Örneğin, değişiklik yapılan dosyanın her kaydedilmesinde.

10.4 Yararları Nelerdir?

Pazara Çıkış Süresini Kısaltma

Bu bir PDM sisteminin esas yararlarıdır. Bir ürünün pazara çıkış hızına sınır koyan üç etmen vardır. Birincisi, mühendislik ve üretime hazırlık gibi görevleri gerçekleştiriminin aldığı zamandır. Diğeri, görevler arasında boşa harcanan zamandır, bir üretim mühendisinin gelen evrak kutusunda ilgilenilme sırasını bekleyen yayınlanmış bir tasarımın oradaki durma süreci gibi ve üçüncüsü tekrar yapılan çalışmalarda kaybedilen zamandır.

Bir PDM sistemi, tüm bu üç zaman sınırlandırmayı azaltacak çok şey yapabilir.

- Gerekli olduğunda, verileri anında kullanıma sunarak görevleri hızlandırır.
- Eşanlı görev yönetimini destekler.
- Tüm ilgili verilere, her zaman, daima en son revizyon olma güvencesi ile yetkili ekip üyelerinin erişmesini sağlar.

Tasarım Üretkenliğini İyileştirme

Ürün Veri Yönetimi sistemleri, uygun araçlar kullanıldığı zaman, mühendislerinizin verimliliğini çok önemli derecede artırabilir. Bu verilere etkili olarak erişmek için doğru araçlar, onlara sağlayan bir PDM sistemi ile, tasarım sürecinin kendisini çarpıcı biçimde kısaltabilir.

Diğer bir etmen, tasarımcıların, tasarımın kendisi için daha fazla zaman harcamaları gerektiğidir. Tarihsel olarak bir tasarım mühendisi zamanının yüzde 25-30 gibi oranını, bilgiyi idare etmeye, yeniden edinmeye, çizimlerin kopyaları için beklemeye, yeni verileri arşivlemeye harcamaktadır. PDM, bu ölü zamanı tümünü ortadan kaldırır. Tasarımcının, yayınlanan tasarımların nerede olduğunu bulmak için bakınmaya artık ihtiyacı yoktur, bilgiler istek üzerine hazırdır.

Asıl zaman kazandıran üçüncü şey, “tekerleğin yeniden icat edilmesi” sendromunun yok edilmesidir. Muhtemelen daha önce çözülmüş bir tasarım problemini yeniden çözmek için tasarımcıların harcadığı zaman miktarı yüz kızartıcıdır. Yeniden kullanılabilen tasarım elemanlarını, izini takip edip bulmak, genellikle onu yeniden yapmaktan daha çabuk olduğu düşünülür. Bir PDM sistemi ile, yine de, var olan benzer tasarımların bulunması, yeniden kullanılması ve üzerinde değişiklik yapılması sıradan bir alışkanlık haline gelmelidir.

Tasarım ve İmalat Doğruluğunu İyileştirme

PDM sistemlerinin önemli bir yararı, proje içinde yer alan her kişinin, daima güncel, aynı veri kümesi üzerinde çalışıyor olmasıdır. Bir dosyanın aslı üzerinde çalışıyorsanız; biliyorsunuz ki; o yalnızca tektir. Bir referans kopyayı gözden geçiriyorsanız, biliyorsunuz ki, o en son asılın bir kopyasıdır. Böylece birbiri ile çatışan ve tutarsız tasarımlar, kişiler eşanlı çalışırken dahi, yok edilir. Doğal olarak bu, sadece imalat sırasında ya da kalite denetiminde ortaya çıkan çok daha az tasarım sorunlarına, daha az Mühendislik Değişiklik Emrine (ECO), daha başlangıçta daha çok doğru tasarımlara ve daha kısa sürede pazara çıkış yoluna götürür.

Ekibin Yaratıcı Becerilerinin Daha İyi Kullanımı

Diğer nedenler dışında, alternatif çözümleri araştırmanın çok zaman kaybettireceği riski nedeni ile, tasarımcılar problem çözmedeki yaklaşımlarında genellikle tutucu olurlar. Belki de başarısız olacak, kökten yeni bir tasarım yaklaşımı üzerine aşırı zaman harcamanın riskleri kabul edilmeyecektir. PDM, üç önemli şekilde yaratıcı süreçlerin önünü açar.

Birincisi, yeniden tasarımı çalışmasını ve potansiyel tasarım hatalarını en aza indirerek belirli bir ürün değişikliği ile ilgili tüm dokümanların ve test sonuçlarının izini tutar.

İkincisi, riski diğerleri ile paylaşarak ve verilerin hızlı şekilde doğru kişilerin kullanımına hazır ederek başarısızlık riskini azaltır.

Üçüncüsü, paketlerin dolaşım imkanını kullanarak, kişilerin birbirlerine fikirlerini ortaya atmalarını sağlayarak ekip halinde problem çözmeyi teşvik eder. (tüm ekip üyelerinin aynı probleme baktığını bilerek)

Kullanım Konforu

PDM sistemleri kullanıcı dostu olma seviyeleri açısından, her ne kadar çok çeşitlilik gösteriyorsa da, bir çoğu, önemli bir kopukluk olmadan var olan ürün mühendisliği işletiminin kurumsal yapısı içinde çalışmak için yola çıkarlar. Bu sistemler, aslında, alışılmış görevleri, daha önceden olduğundan daha çok kullanıcıya yönelik yaparlar. Kullanıcı, bir PDM üzerindeki bilgiye bakmak istediğinde, uygulama yazılımı otomatik yüklenir ve sonra da doküman yüklenir. Basmakalıp çalışma ortamlarında, kullanıcı bilgiye erişmek için ya çok daha becerikli olacak ya da daha az esnek bir biçimde onu kabule hazırlıklı olmak zorunda kalacaktır.

Veri Tümlleşikliği Güvence Altında

Merkezi tek kasa kavramı, ihtiyacı olanlar için verilere hemen erişimi sağlarken, tüm asıl dokümanların ve kayıtların tarihsel değişikliğini mutlak olarak doğru ve güvende kalmasını garanti altına alır.

Projelerin Daha İyi Kontrolü

Ürün geliştirme projelerinin hemen hemen her zaman gecikmesinin nedeni, onların daha başlangıçta kötü planlanmasından değildir, fakat projeler alışkanlık halinde kontrol dışına çıkarlar.

Neden? Çünkü, proje tarafından türetilen sınırsız hacimdeki veri, geleneksel proje yönetim tekniklerinin kapsamı ötesinde, hızla çığ gibi büyür. Ne kadar büyük rekabetçi zaman baskısı olursa, o kadar büyük kapsamda tutarsızlık ve büyük olasılıkla tekrarlanan çalışma ortaya çıkar. PDM sistemleri, temel alınan verilerin sıkı kontrol altında tutulmasını garantileyerek, projenin kontrolünü elde tutmanızı olanaklı kılar.

Ürün yapısı, değişikliklerin yönetimi, konfigürasyon kontrolü ve izlenirlik anahtar yaralardır. Otomatik veri yayınlama ve elektronik imza atma yordamları ile, kontrol daha da

zenginleştirilebilir. Sonuç olarak, takvime bağlanmış bir görevin göz ardı edilmesi ya da unutulması olanaksızdır.

Mühendislik Değişikliklerinin Daha İyi Yönetimi

Bir PDM sistemi, herhangi bir tasarımın birden çok revizyonunu ve versiyonunu veritabanı içinde yaratmaya ve korumaya izin vermelidir. Bunun anlamı bir tasarım üzerindeki tekrar tekrar yapılan çalışmaların, önceki versiyonların kayıp olacağı ya da kazara silineceği endişesi olmadan, yaratılabilmesi demektir. Geçerli tasarım hakkında herhangi bir belirsizliği ortadan kaldırarak ve değişiklik denemelerinin tam denetimini sağlayarak, her versiyon ve revizyon imzalanmalı ve tarihlenmek zorundadır.

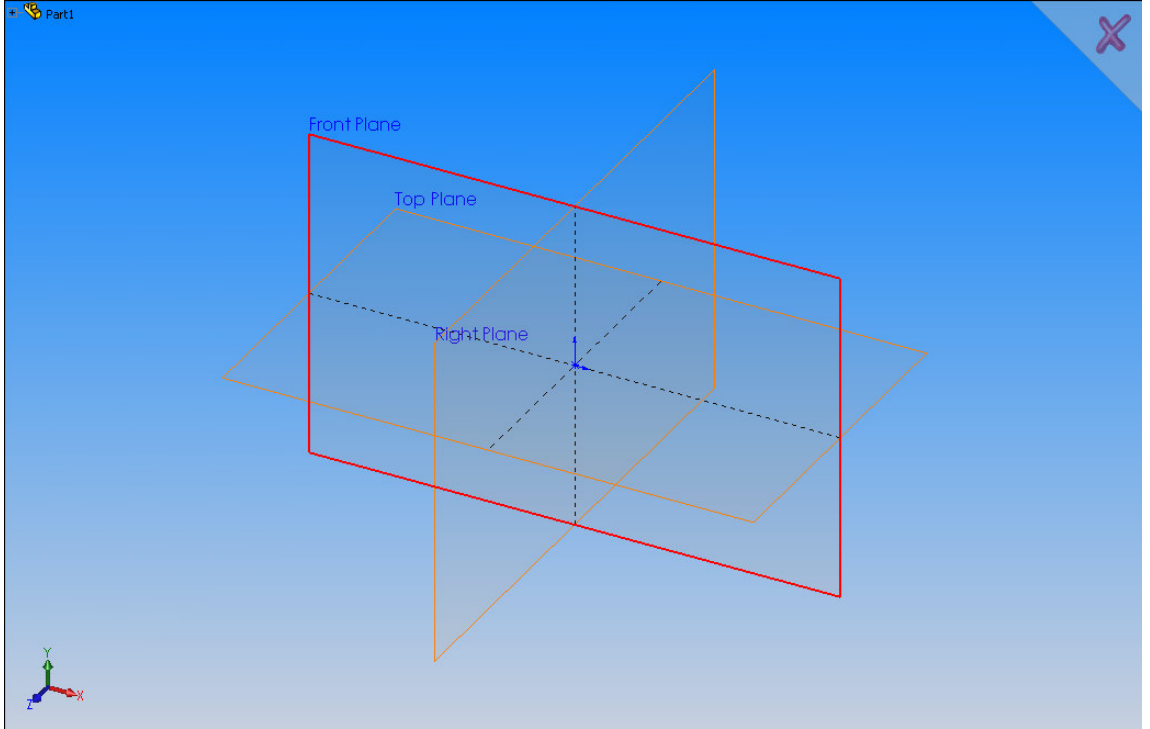
Toplam Kalite Yönetimine Doğru Önemli Bir Adım

Bir küme denetimden geçmiş tutarlı süreçleri, ürün geliştirme çevrimine tanıtarak, bir PDM sistemi, ISO 9000'e uygunluk ve Toplam Kalite Yönetimi (TKY) için bir ortam tesis etmeye doğru uzun yola gitmelidir. "Sorunu tanımlamak ve çözmek için kişiye yetki vermek" gibi TKY'nin bir çok temel ilkeleri, PDM'nin yapısının doğasında mevcuttur. Resmi kontroller, denetimler, değişiklik yönetiminin süreçleri ve tanımlanmış sorumluluklar, seçtiğiniz PDM sistemi ile bağlantılıdır ve uluslararası kalite standartlarına uygunluğunuz için katkı sağlamalıdır.

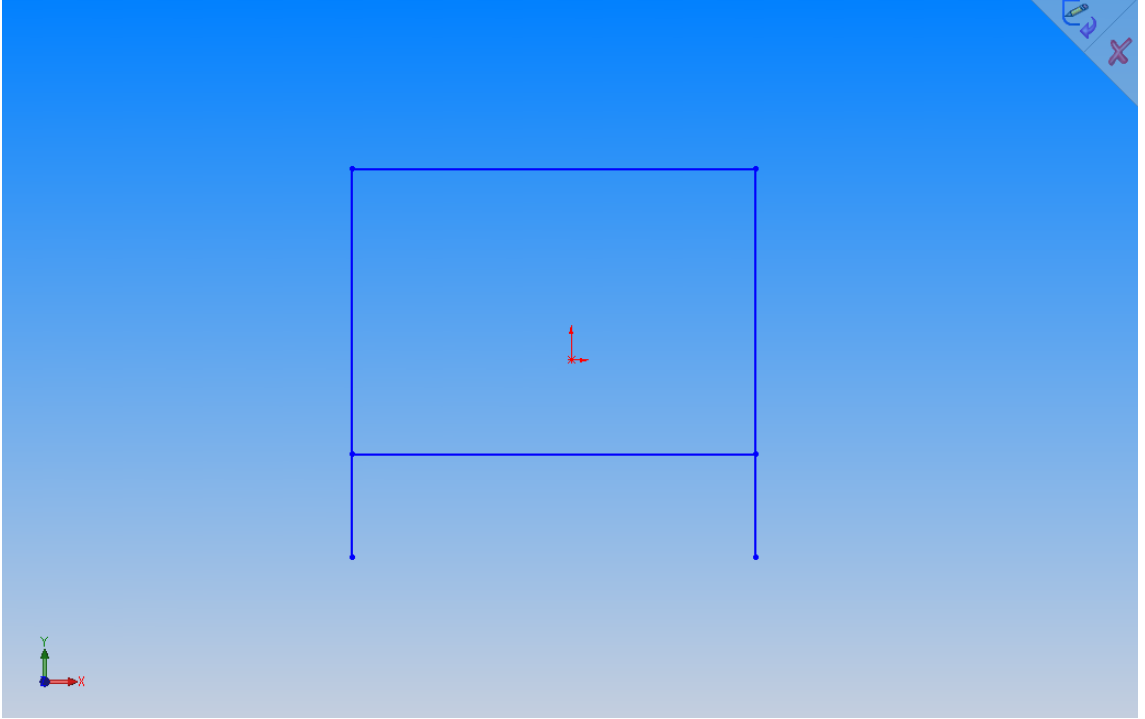
11. BİLGİSAYAR DESTEKLİ MEKANİK TASARIM ÖRNEĞİ

Aşağıda bu çalışmada şu ana kadar bahsi geçen konulara bir örnek teşkil etmesi açısından; iki boyutlu taslak oluşturma, katı model oluşturma, parçaları birleştirip montaj oluşturma, sac metal modelleme, montajda muayene ve kesişme analizi, bu analizler sonucu ölçü değişiklikleri uygulama, imalat resimleri çıkartma ve gerilme, deplasman analizlerinin çıkarılmasını içeren bir çalışmaya yer verilmiştir.

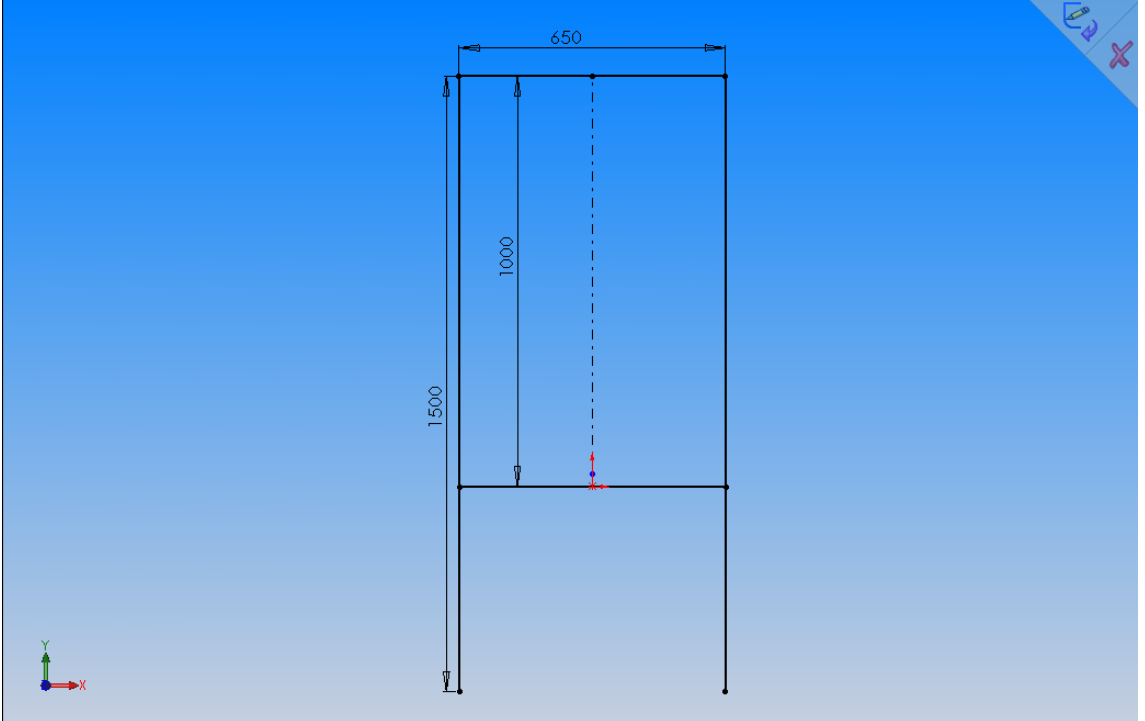
Parçanın oluşturulması için uygun bir düzlem seçilir.



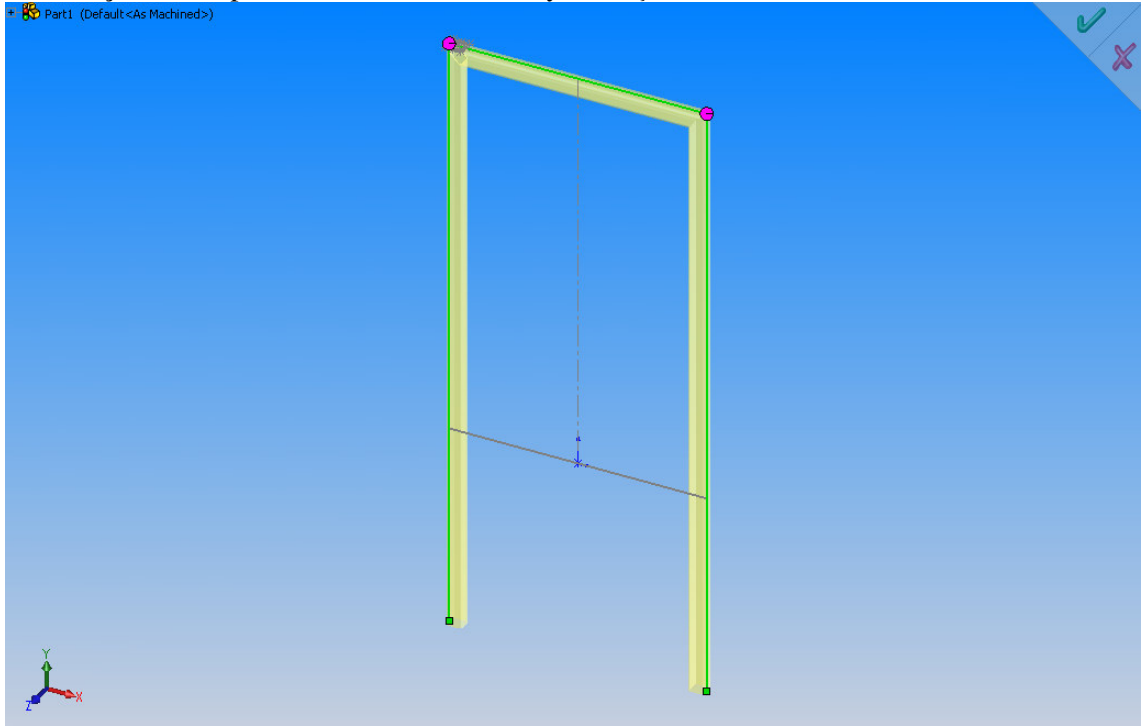
Seçilen düzlem üzerinde parçanın ana hatlarını oluşturan çizgiler çizilir.



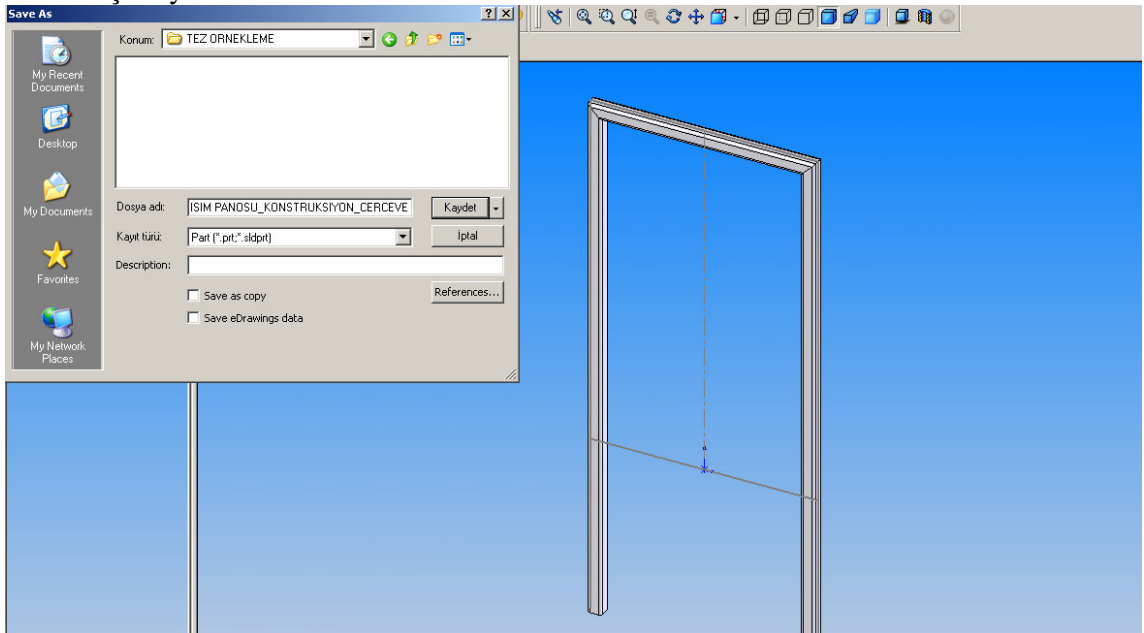
Bu çizgilere ölçüler atanarak ve yataylık, dikeylik, simetriklik gibi kısıtlar verilerek taslak çiziminin parametrik açıdan tam olarak tanımlı olması sağlanır.



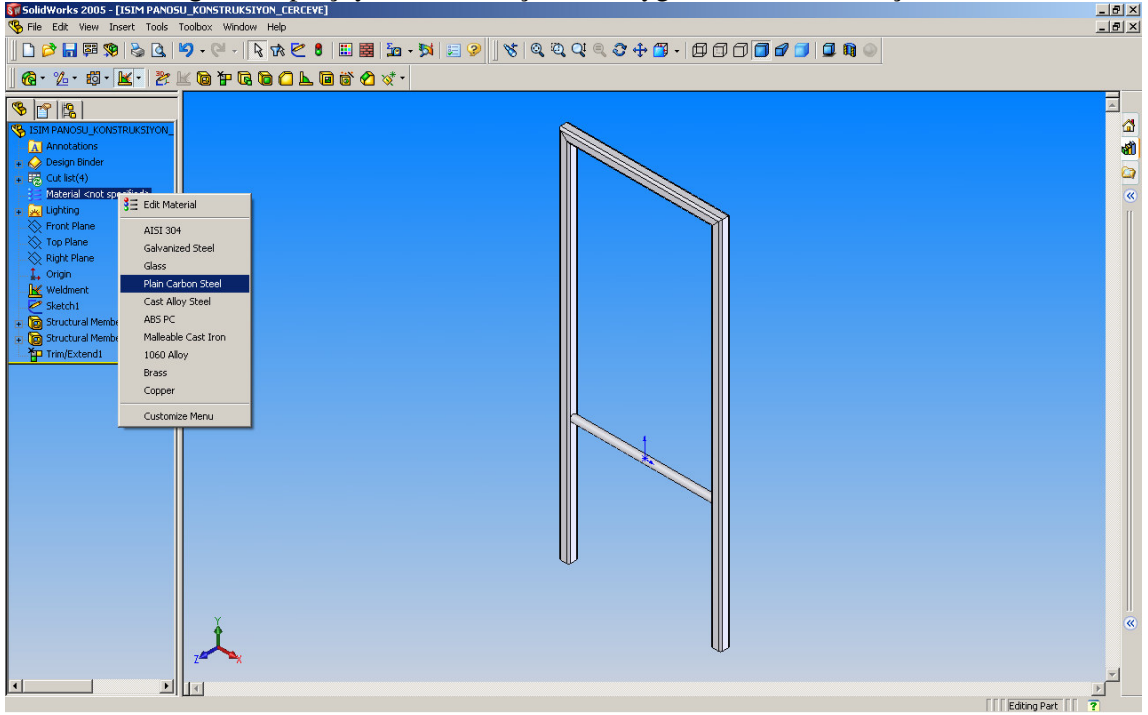
Taslak çizimi tamamlandıktan sonra, katı model parçayı oluşturma işlemine geçilir. Bu örnekte çelik kutu profillerden bir konstrüksiyon oluşturulacaktır.



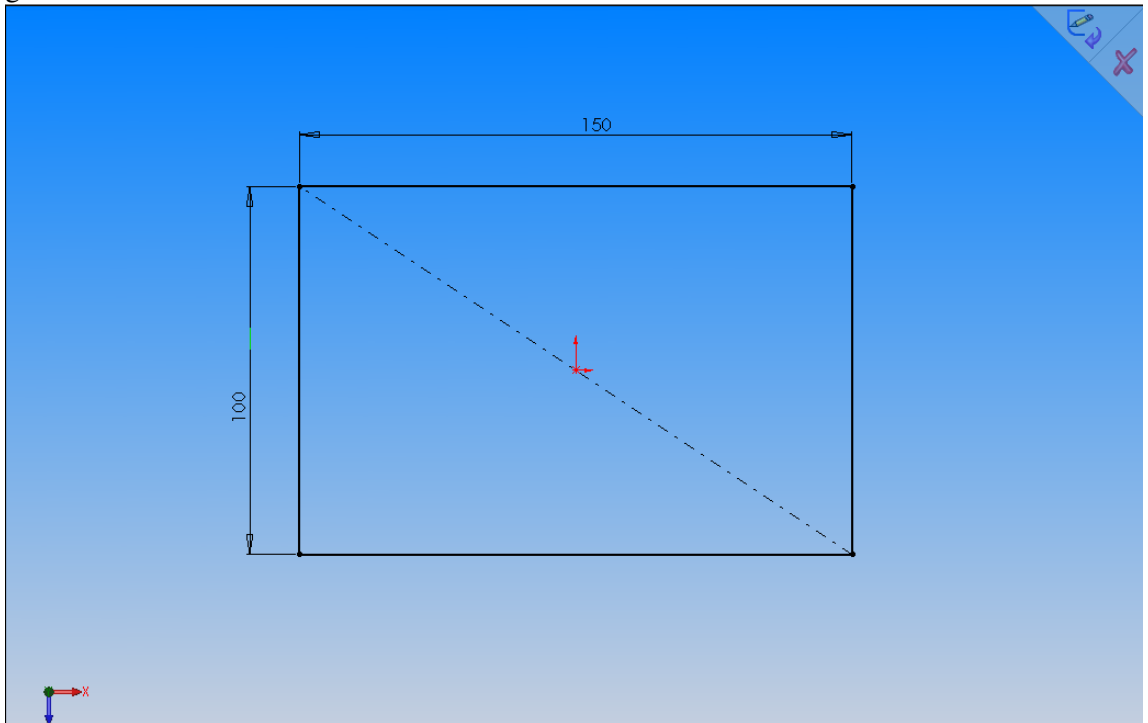
Parça çiziminin ilk safhası tamamlandıktan sonra, çalışma kaydediliyor ve rijitlik için araya bir boru çiziliyor.



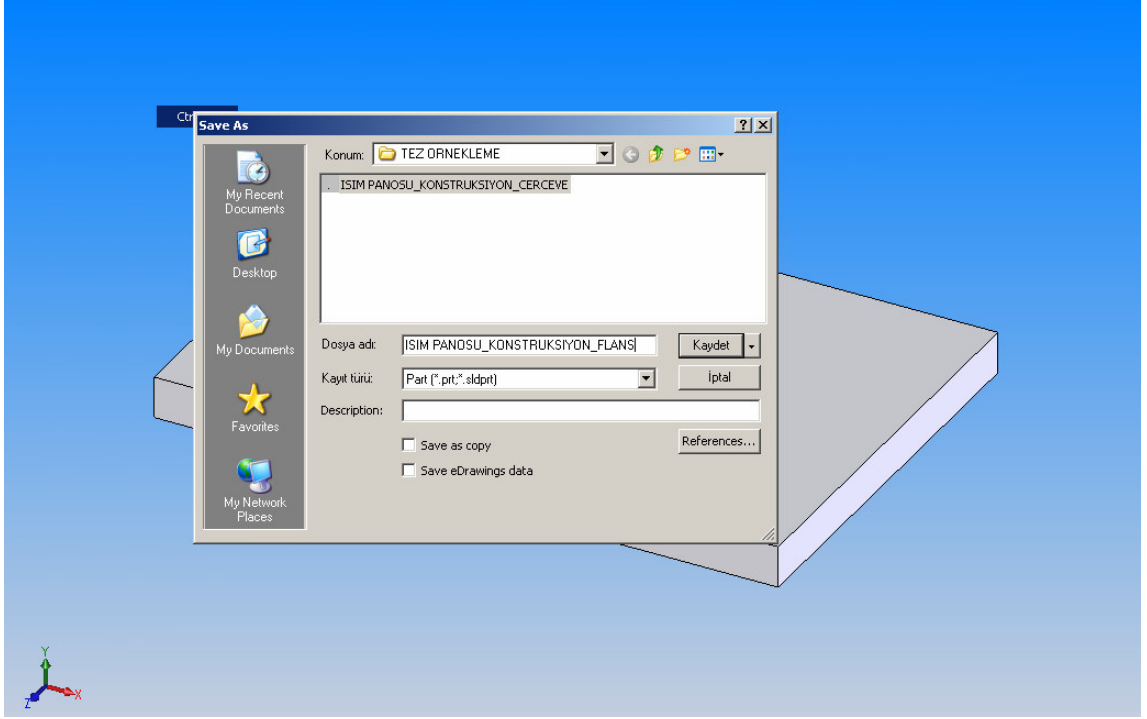
Konstrüksiyon katı modeli tamamlandıktan sonra, ağırlık hesabı ya da gerilme analizinde kullanılacak değerlerin parçaya atanması açısından uygun bir malzeme seçilir.



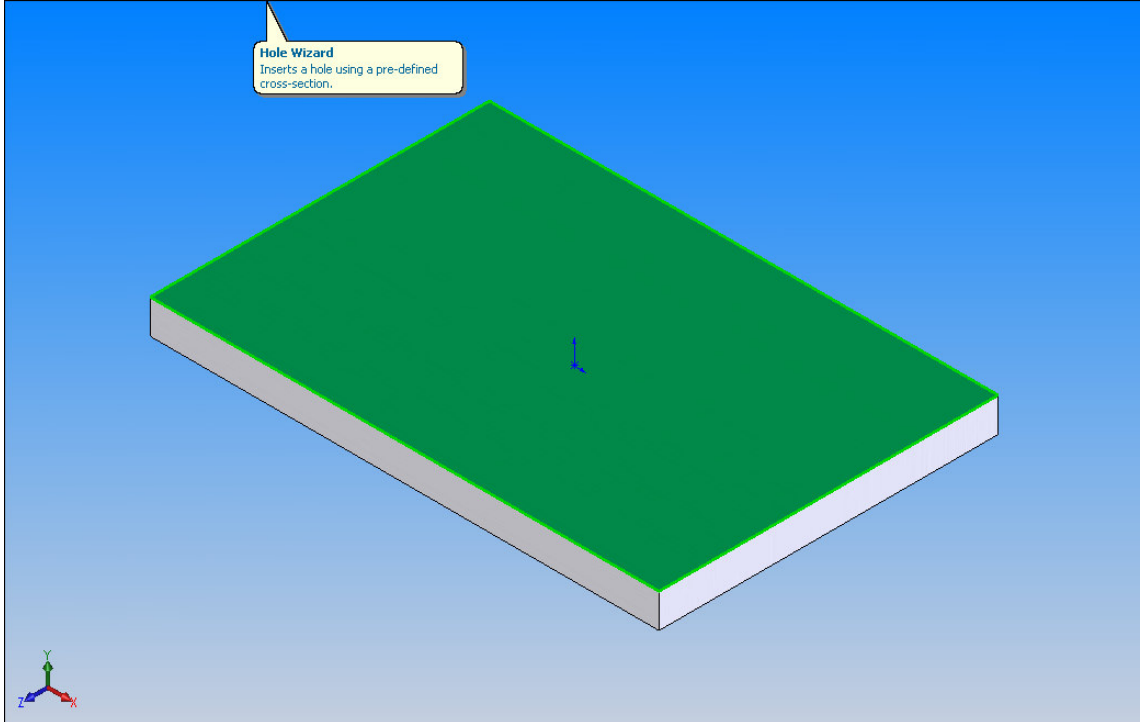
Konstrüksiyonun üzerinde duracağı flanşları çizmek için yeni bir parça dosyası açılır ve uygun bir düzlem seçilerek taslak çizimi oluşturulup, ölçüler ve kısıtlar verilerek tanımlı hale getirilir.



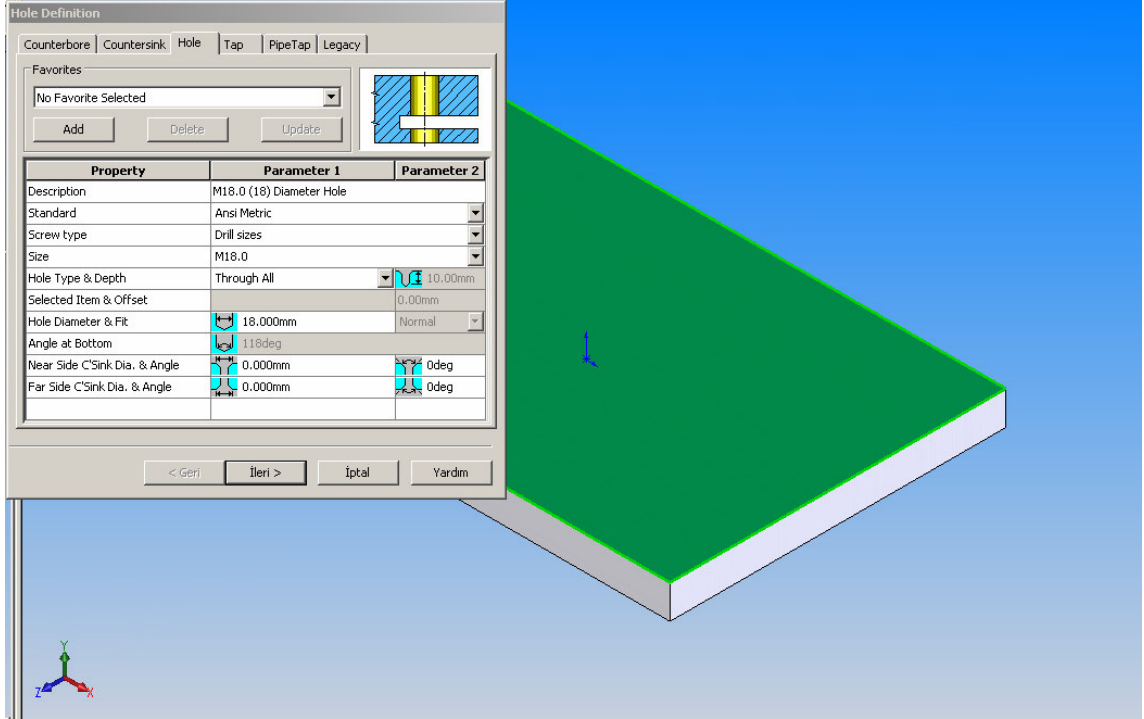
İki boyutlu taslağa bir kalınlık verilerek boyut kazandırılır. Böylece flanşın ana hatları ortaya çıkmıştır. Parça dosyası bir isim verilerek kaydedilir.



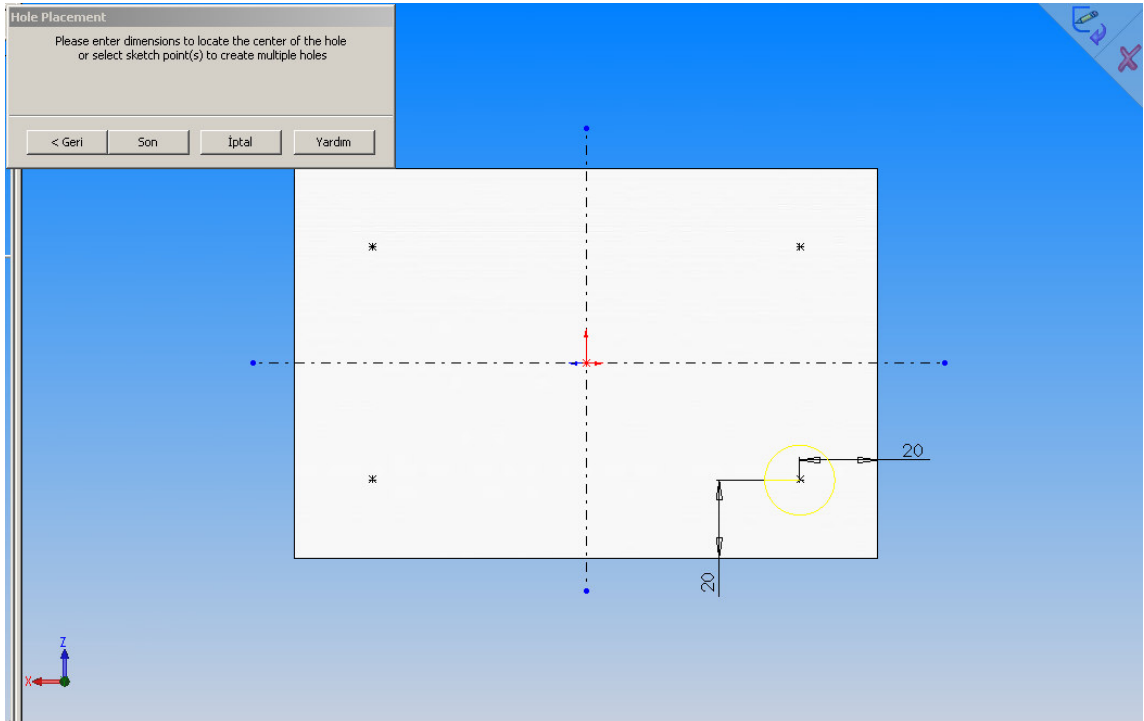
Flanş yere monte edilirken kullanılacak civataların geçeceği delikler için standart deliklerin bulunduğu komut açılır.



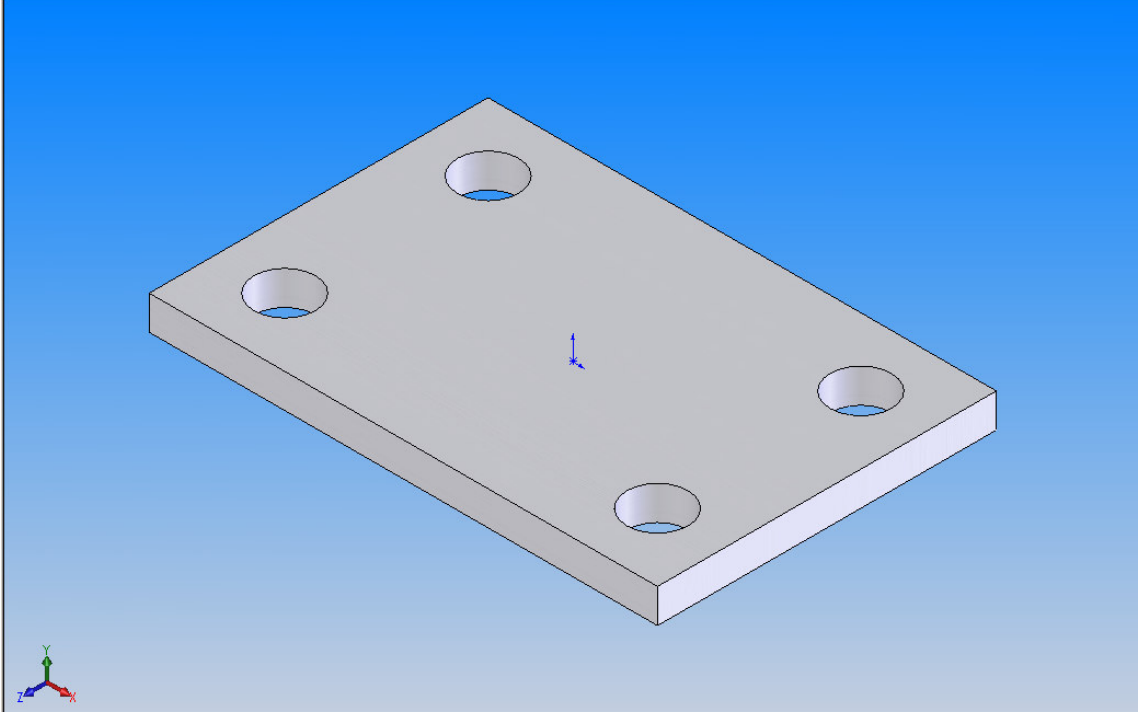
Delinecek deliğin tipi, ölçüleri seçilir.



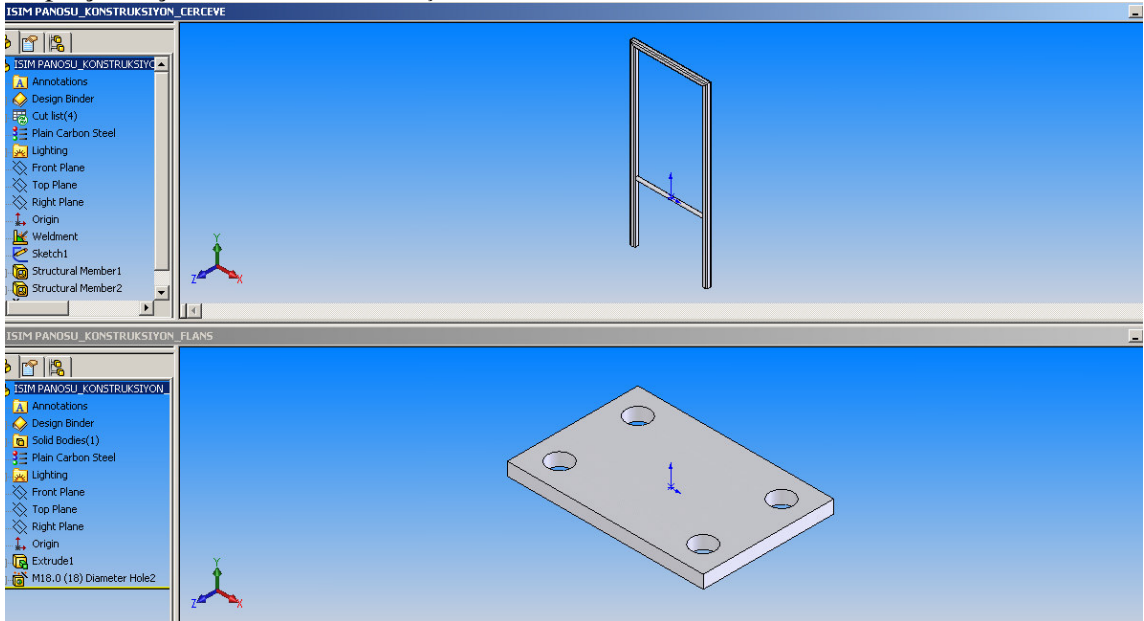
Delik yerlerinin belirlenmesi için parça üzerinde bir taslak çizimi yapılır, uygun ölçüler verilir ve komut sonlandırılır.



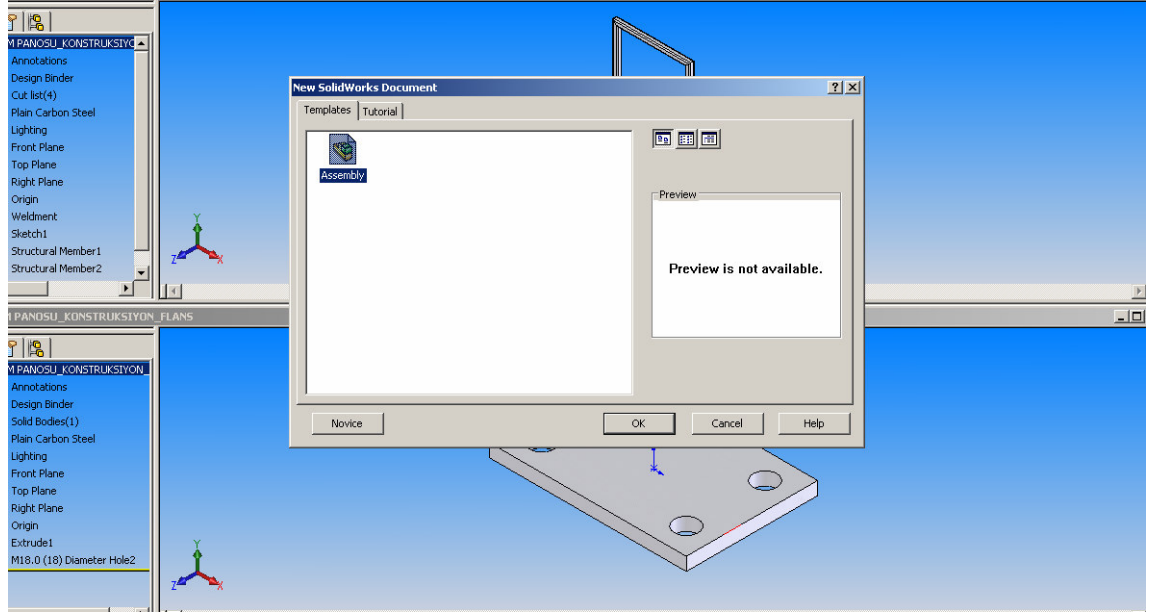
Flanş çizimi de tamamlanmıştır, uygun bir malzeme seçilir.



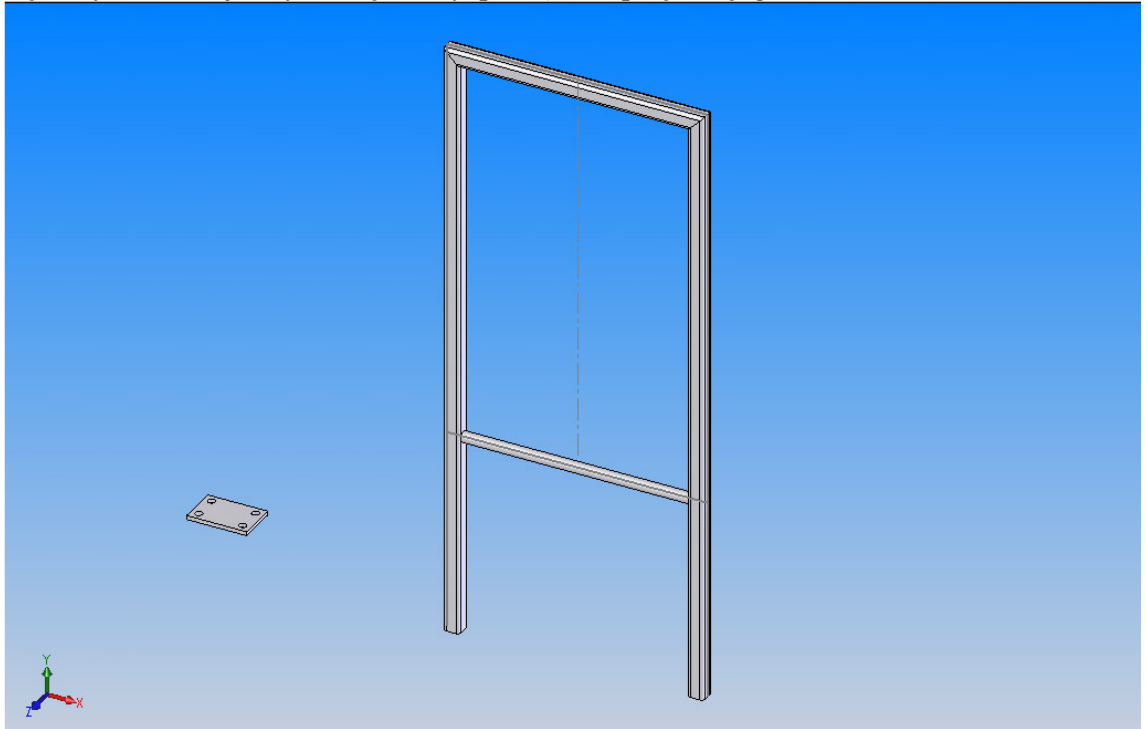
Konstrüksiyon alt montajının tamamlanması işlemine geçilebilir. Bu alt montajı oluşturacak iki parçanın çizimi de tamamlanmıştır.



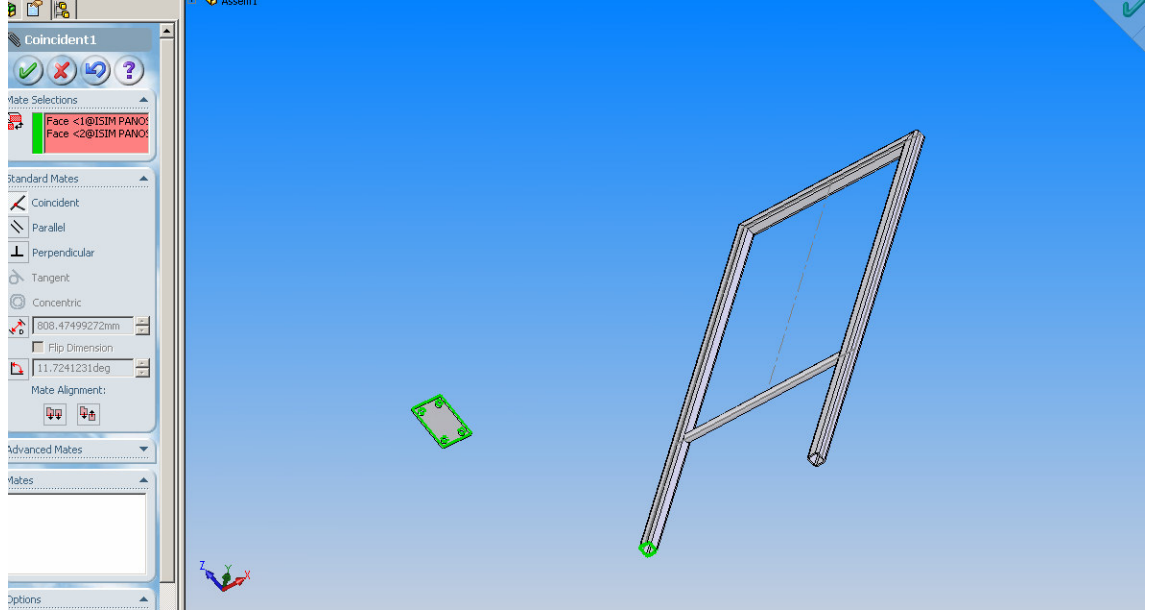
Parça çizimlerinin yapıldığı dosyadan farklı bir dosya olan montaj dosyası açılır. Montaj dosyasında çizimi hazır mevcut parçalar birleştirilir, parçaların birbirinden referans olarak çizimlerine devam edilebilir ya da mevcut parça / parçalardan referans alınarak yepyeni parçalar oluşturulabilir. Ayrıca standart parçalar kataloğundan civata, somun, pul vs. gibi parçalar seçilip montaja eklenebilir.



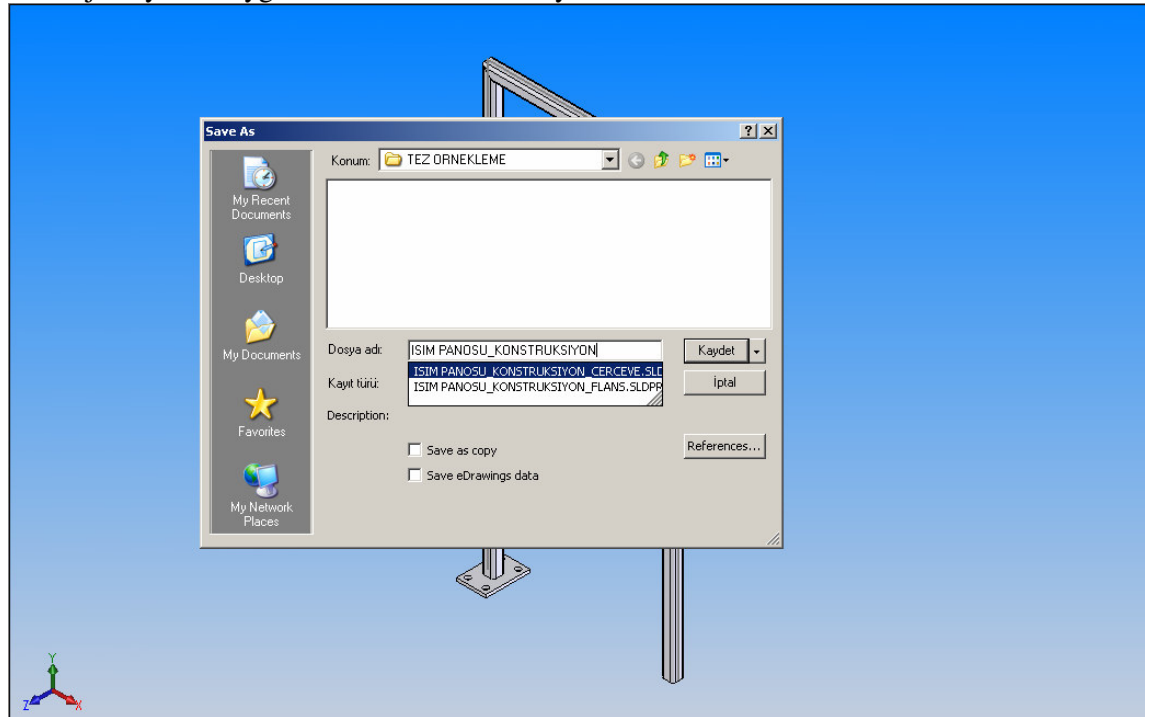
Açılan yeni montaj dosyasına çizimi yapılmış olan parçalar çağırılır.



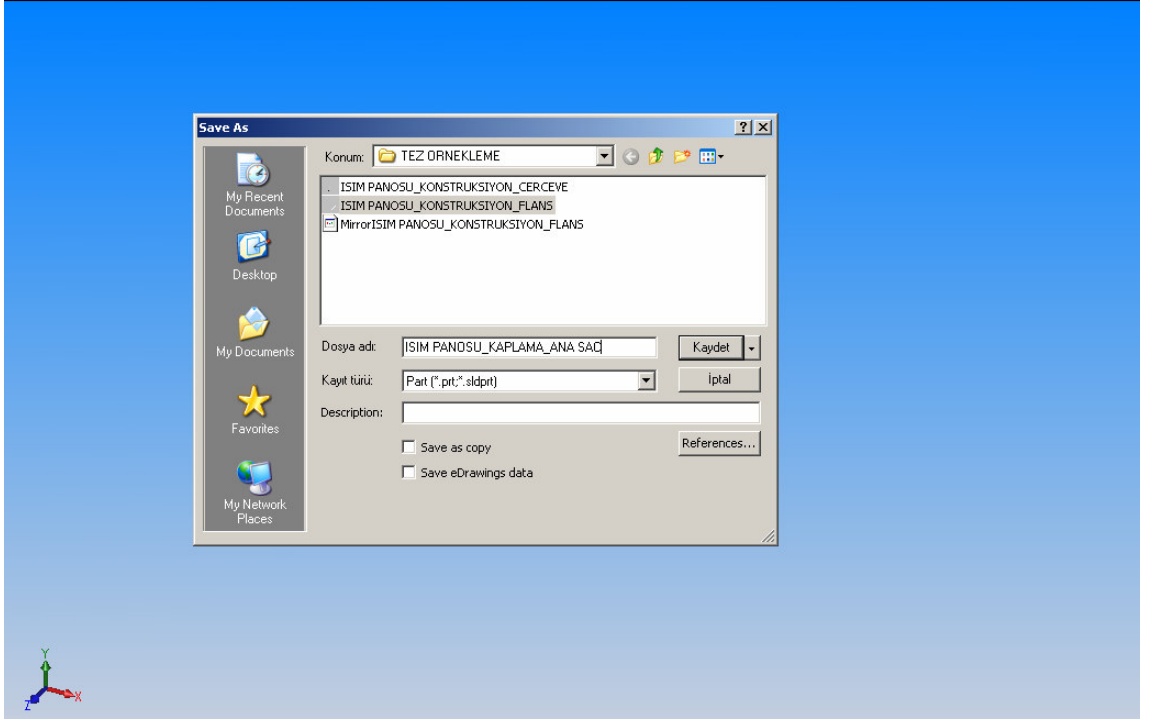
Parçalar birbiri ile ilişkilendirilerek, montajın parametrik olarak tanımlı olması sağlanır.



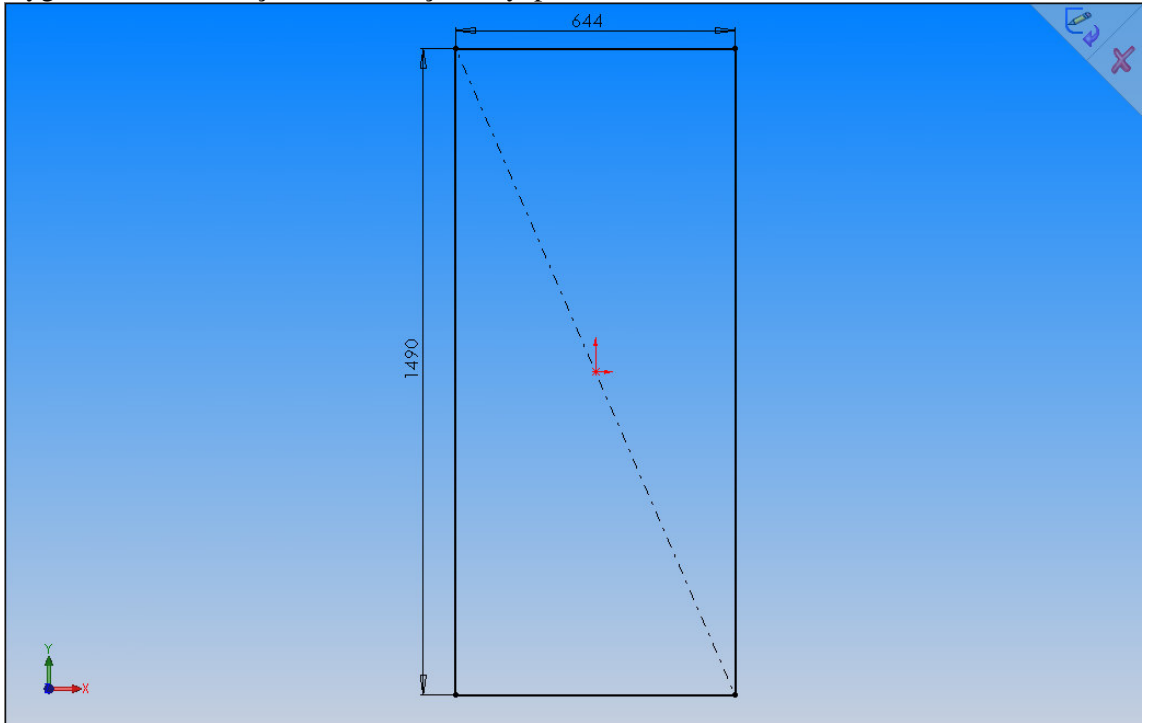
Montaj dosyasına uygun bir isim verilerek kaydedilir.



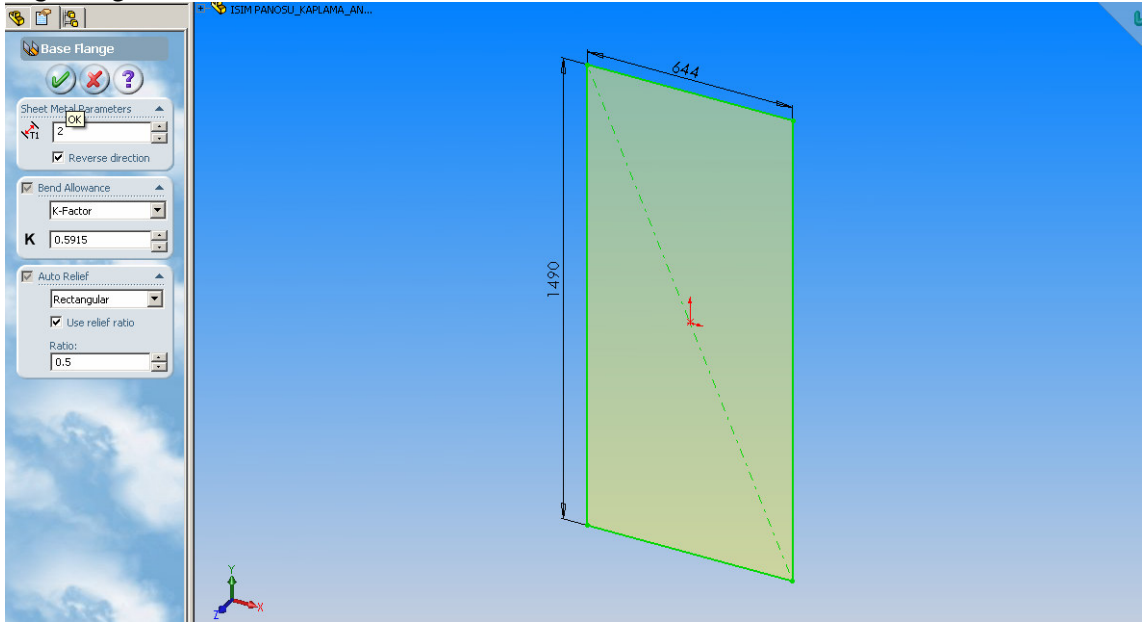
Konstrüksiyonun üzerine gelecek kaplamanın çizimi için yeni bir parça dosyası açılır ve uygun bir isimle kaydedilir.



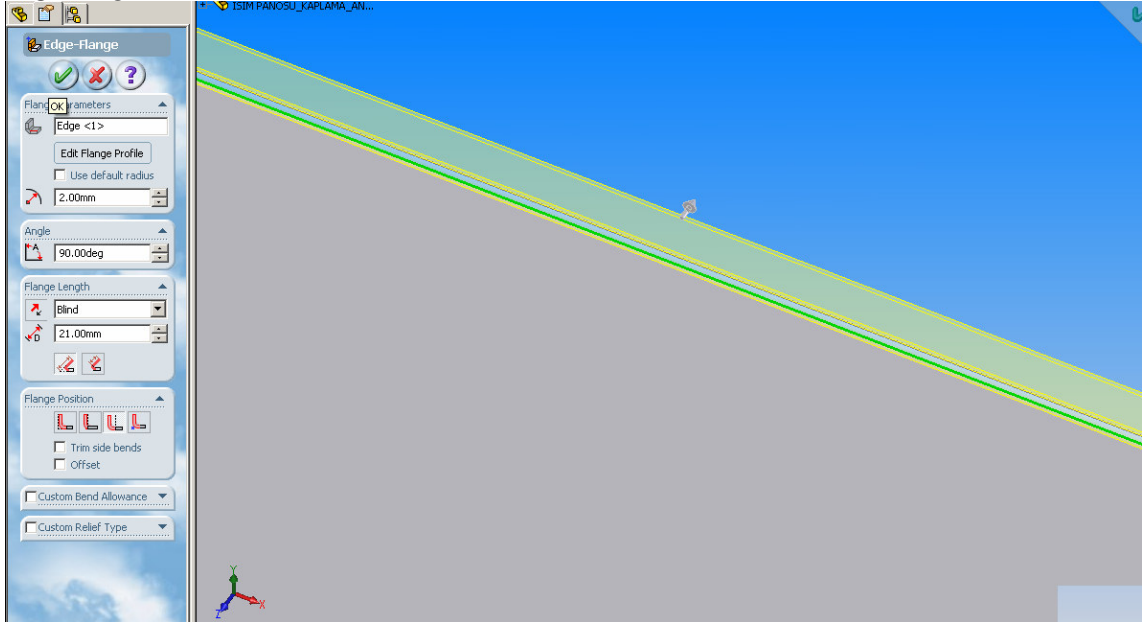
Uygun bir düzlem seçilerek taslak çizimi yapılır.



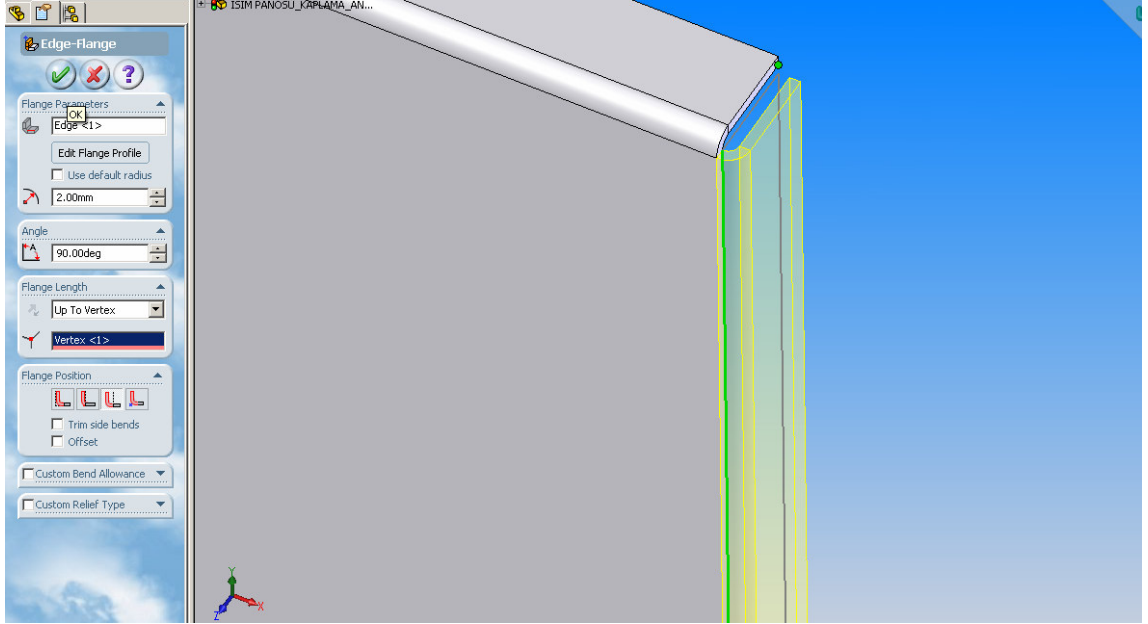
Sac metal oluşturma komutu ile sac kalınlığı, aınım hesabı için kullanılan K-faktörü gibi değerler girilir.



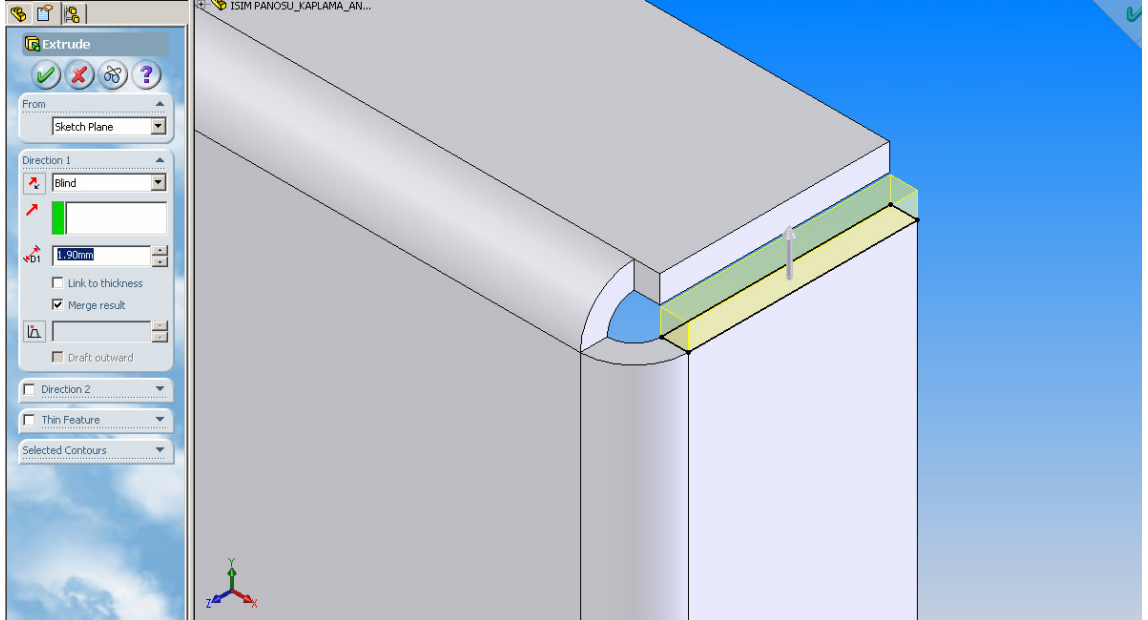
Sac bükümleri oluşturulur. Burada da büküm i yarıçapı, büküm tipi, ölçüsü, açısı gibi değerler girilir.



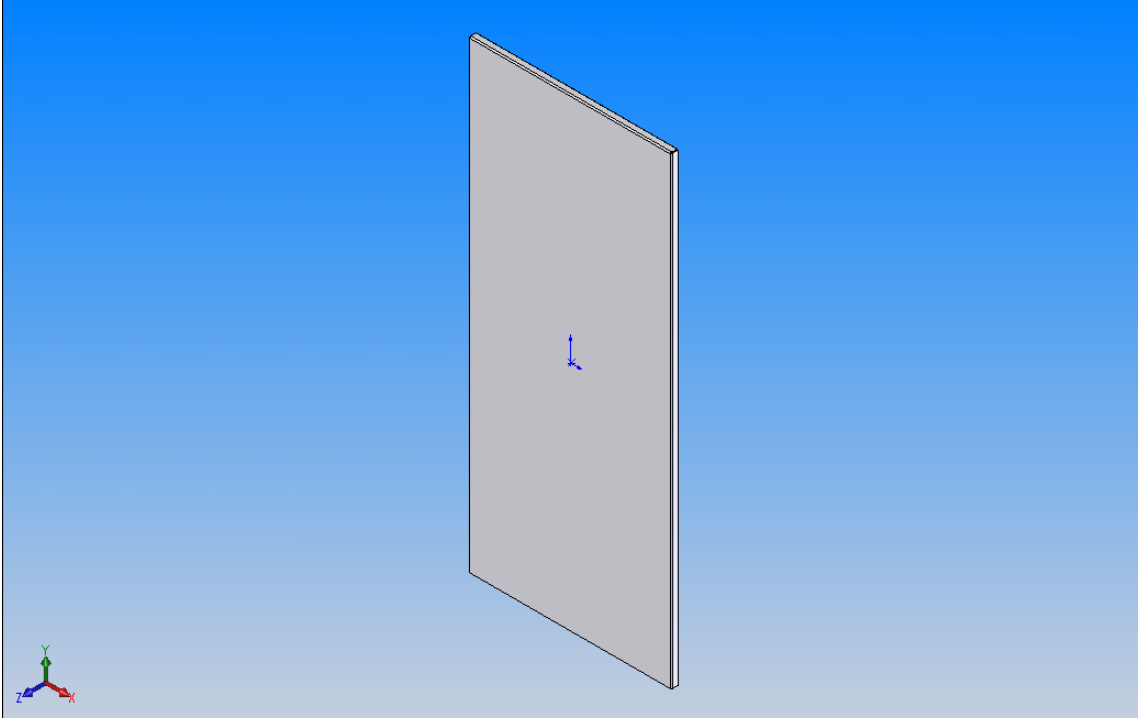
Aynı şekilde diğer bükümler de oluşturulur.



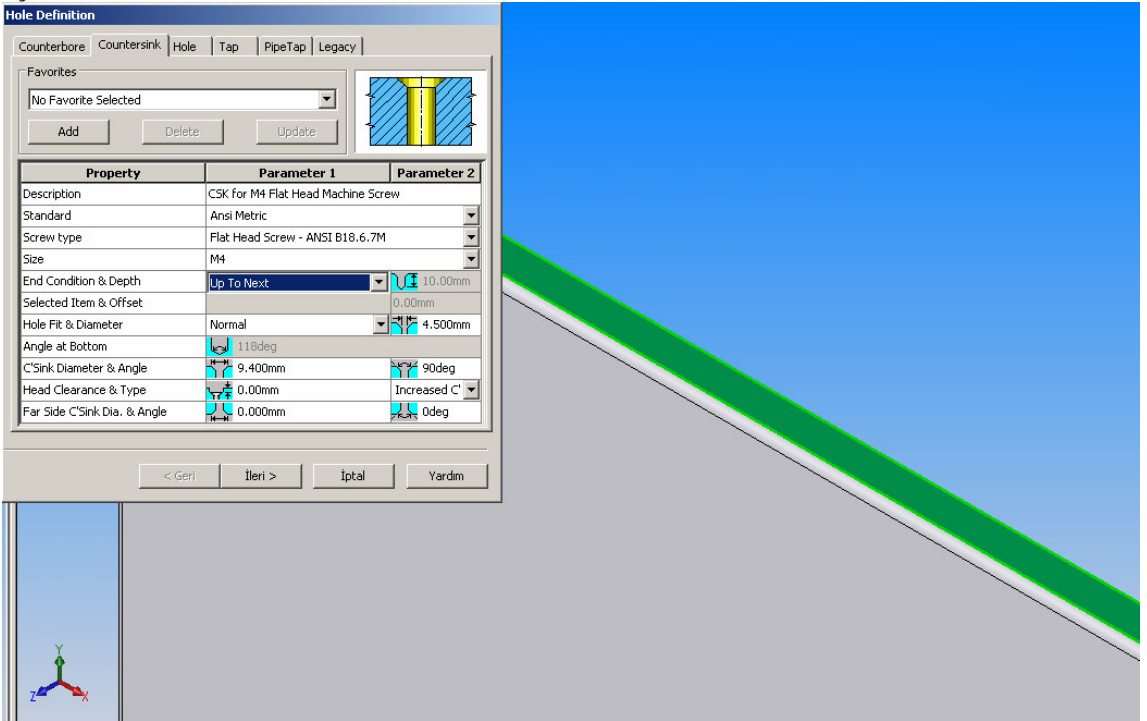
Köşe açıklıklarını kapatmak için birleşim yerlerinde uzatma işlemi yapılır.



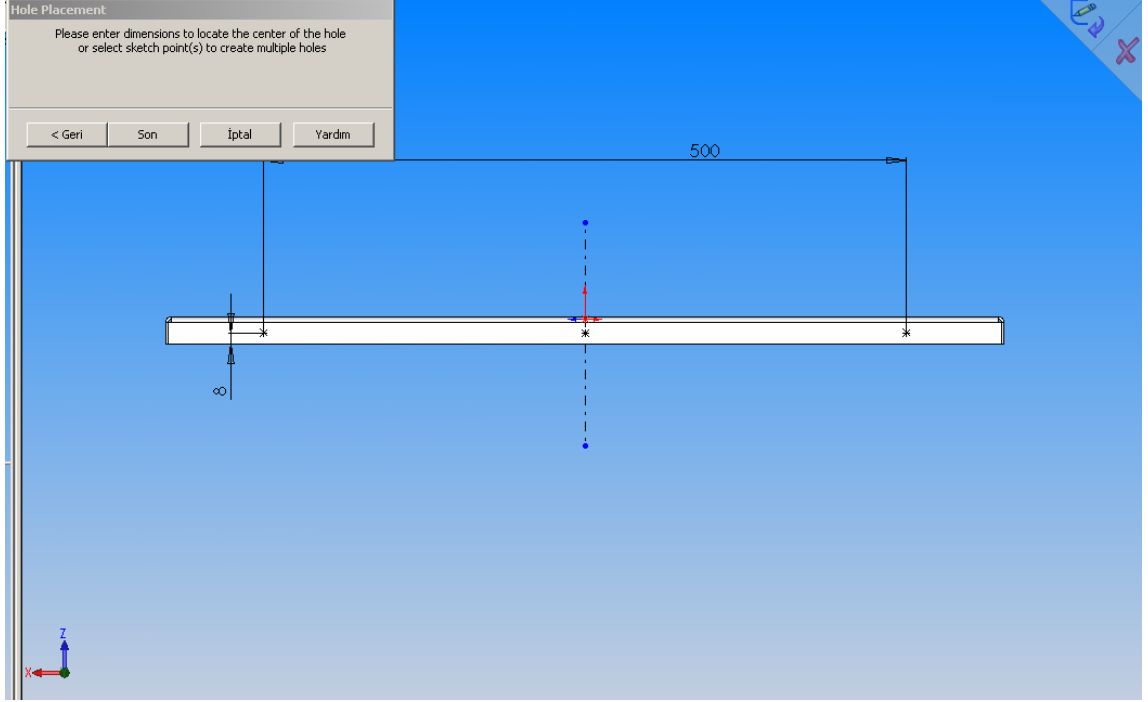
Kaplama ana hatları ortaya çıkmıştır.



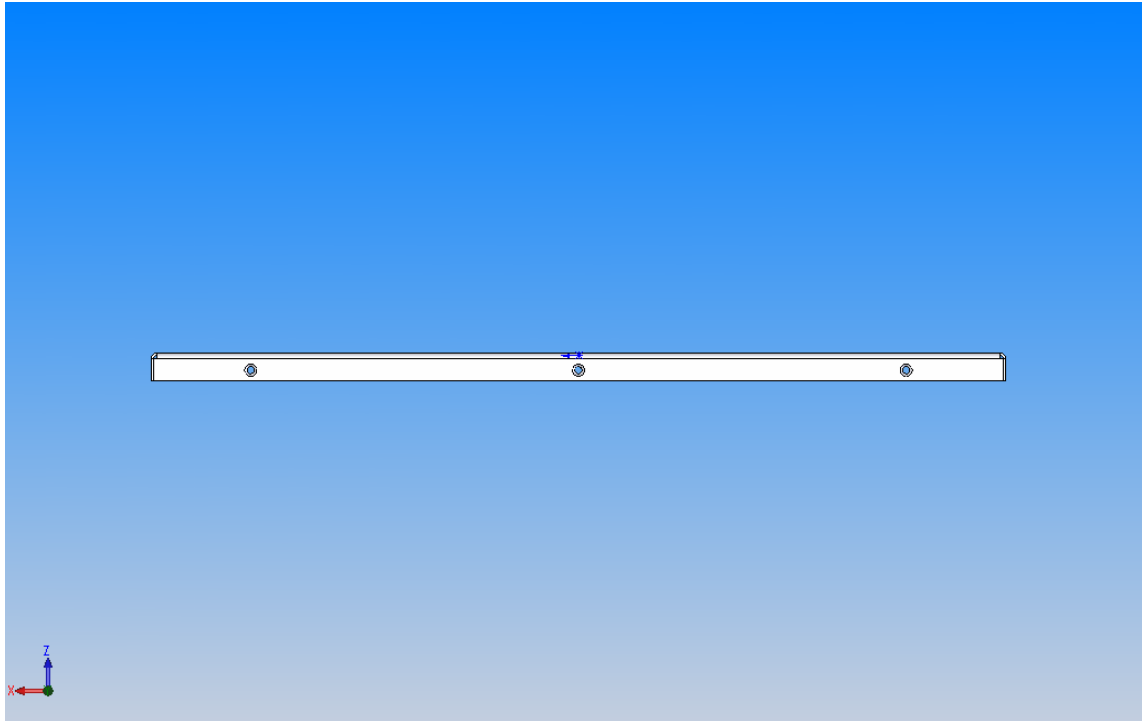
Konstrüksiyona vidalamak için kullanılacak deliklerin delinmesi işlemi için delik kataloğu açılır.



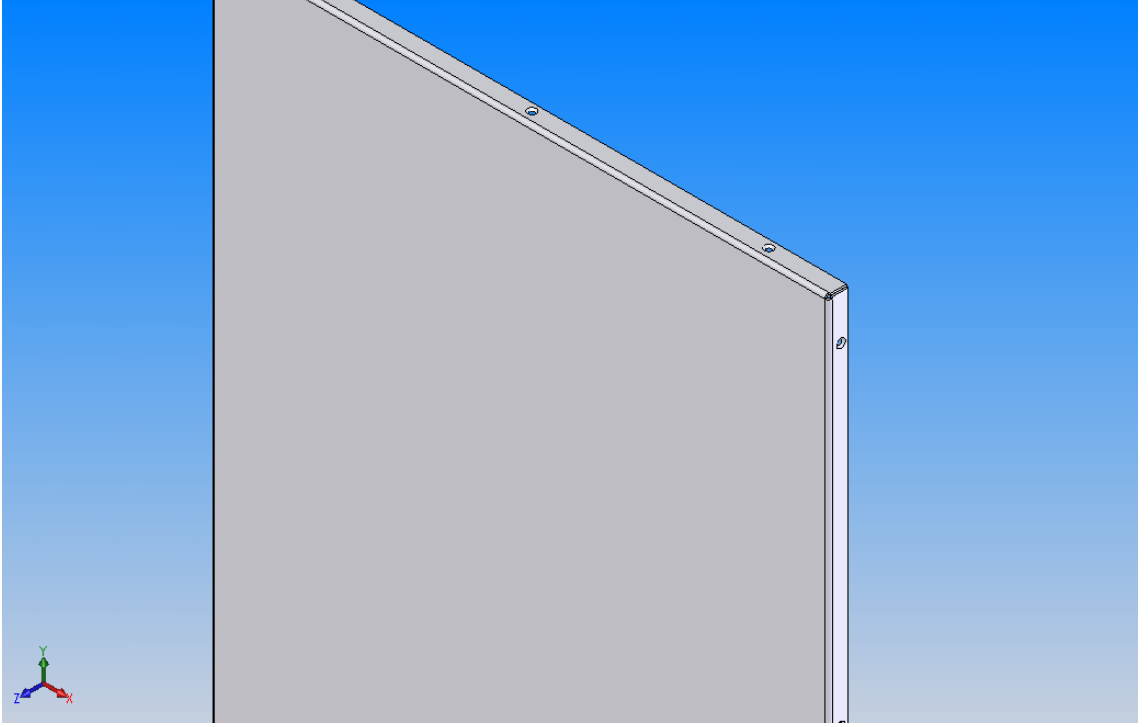
Kullanılacak vidaya uygun delik seçilir, taslak çiziminde yerleri belirlenir.



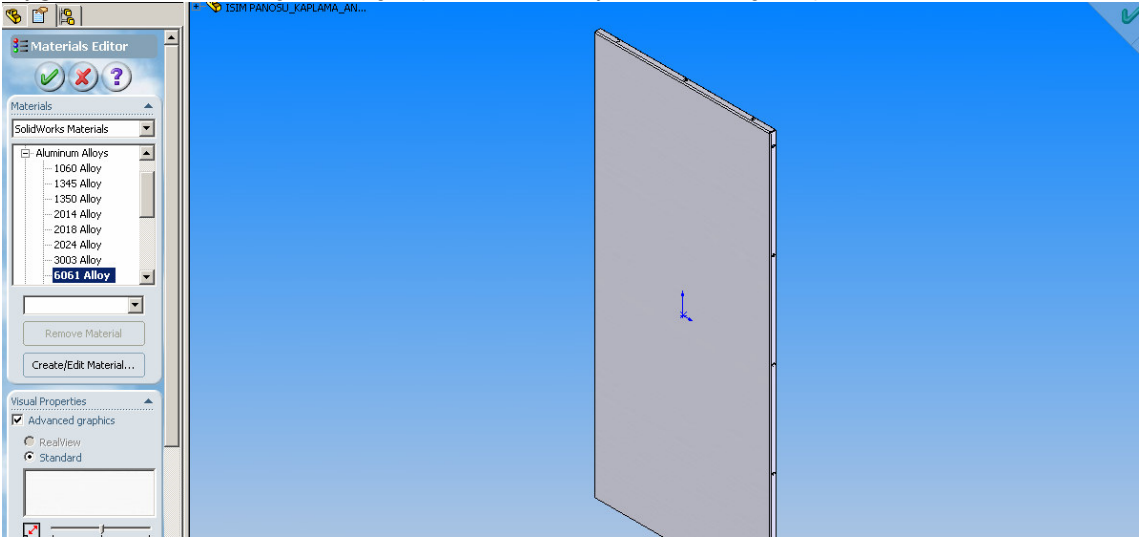
Komut sonlandırılır.



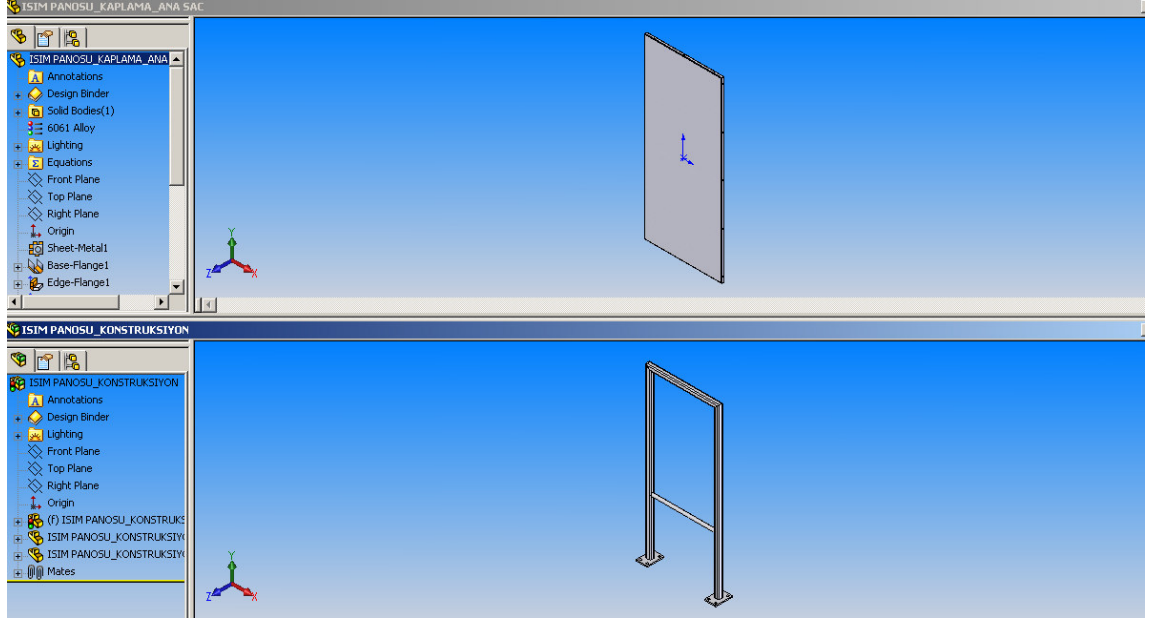
Kaplamanın katı modeli tamamlanmıştır.



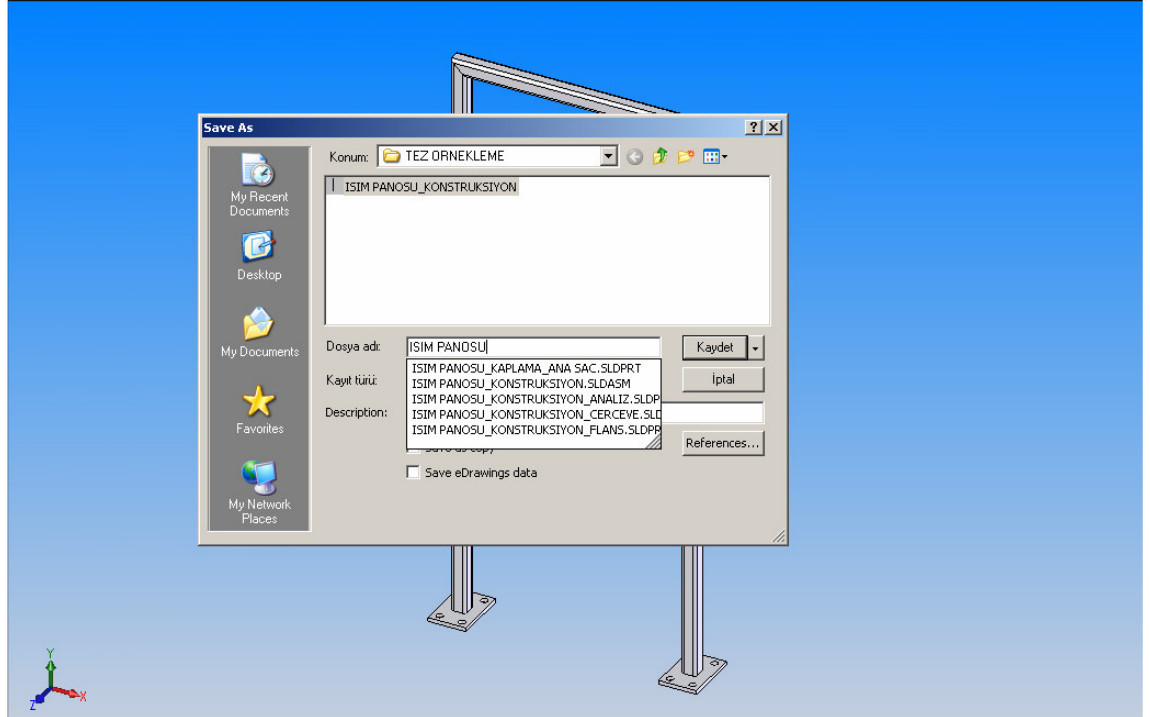
Uygun bir malzeme seçilir, bu çalışmada Alüminyum 6061 seçilmiştir.



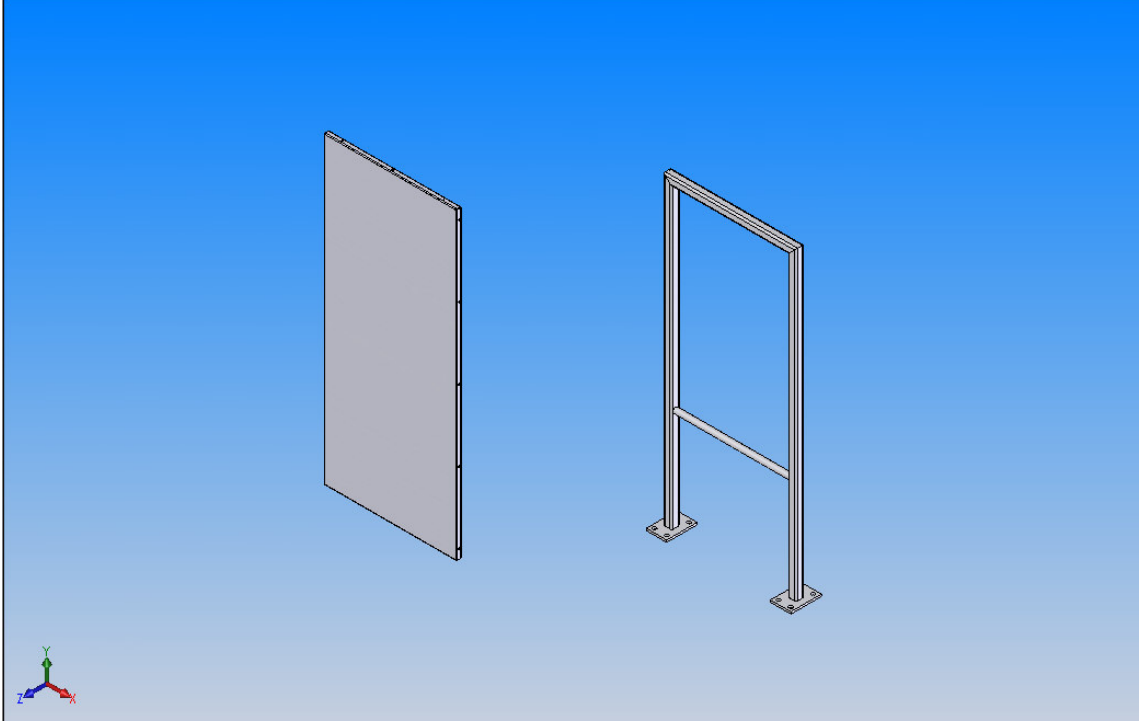
Ana kompleinin oluşturulmasına geçilebilir.



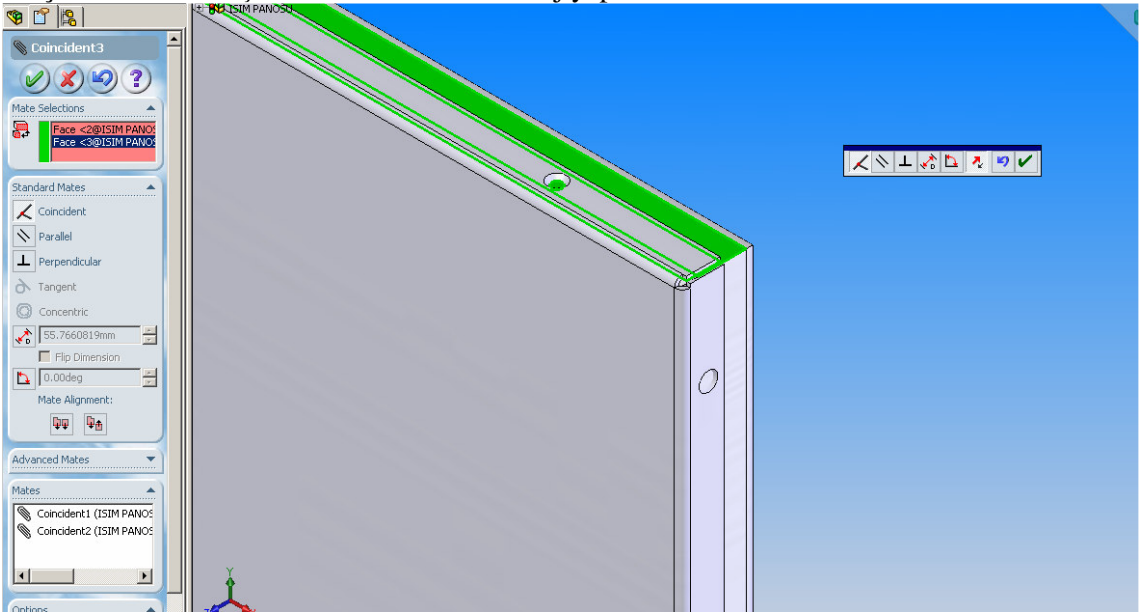
Yeni bir montaj dosyası açılarak uygun bir isimle kaydedilir.



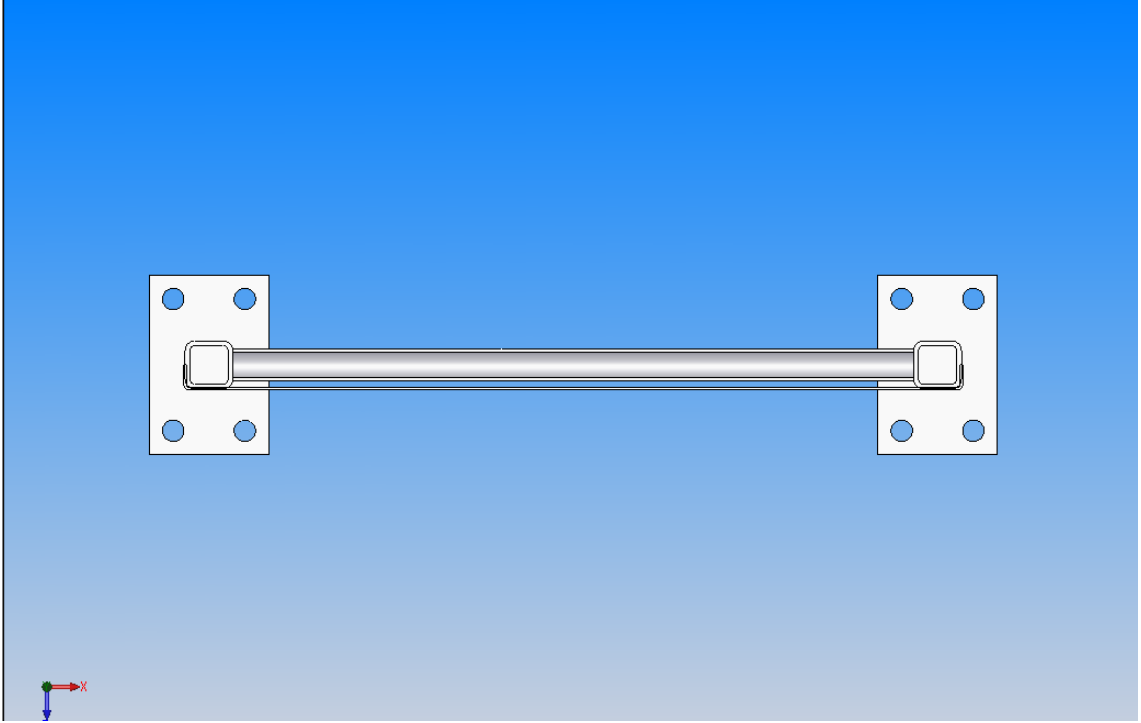
Konstrüksiyon alt kompleksi ve kaplama parçası montaj dosyasına çağrılır.



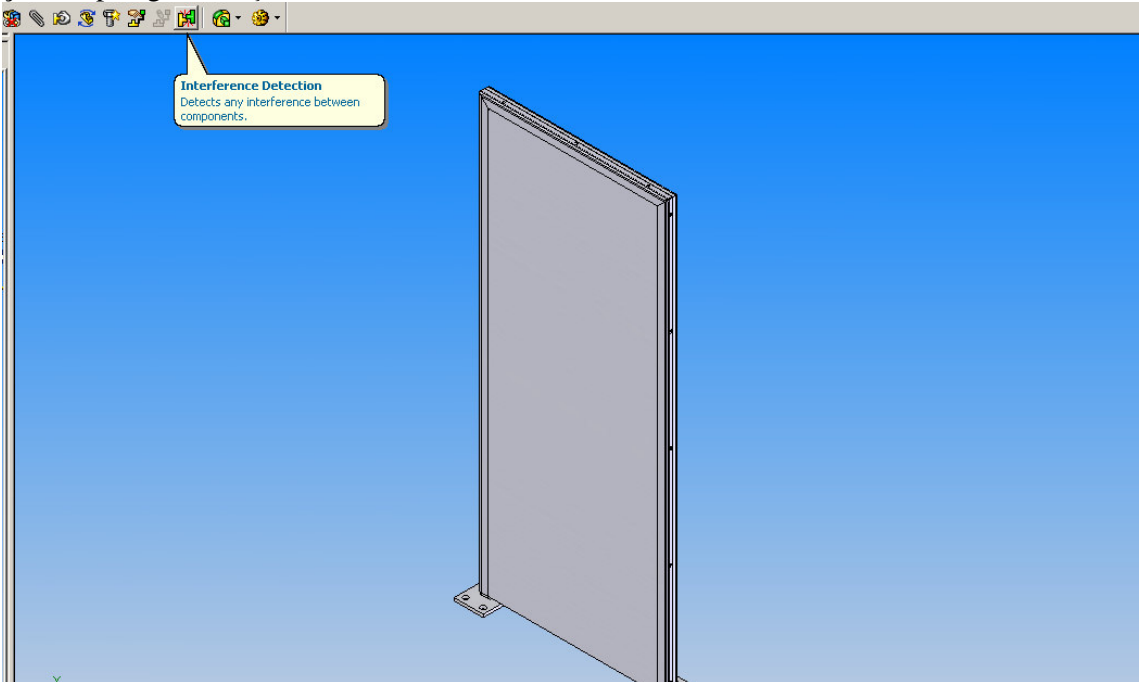
Parçalar arasında ilişkiler tanımlanarak montaj yapılır.



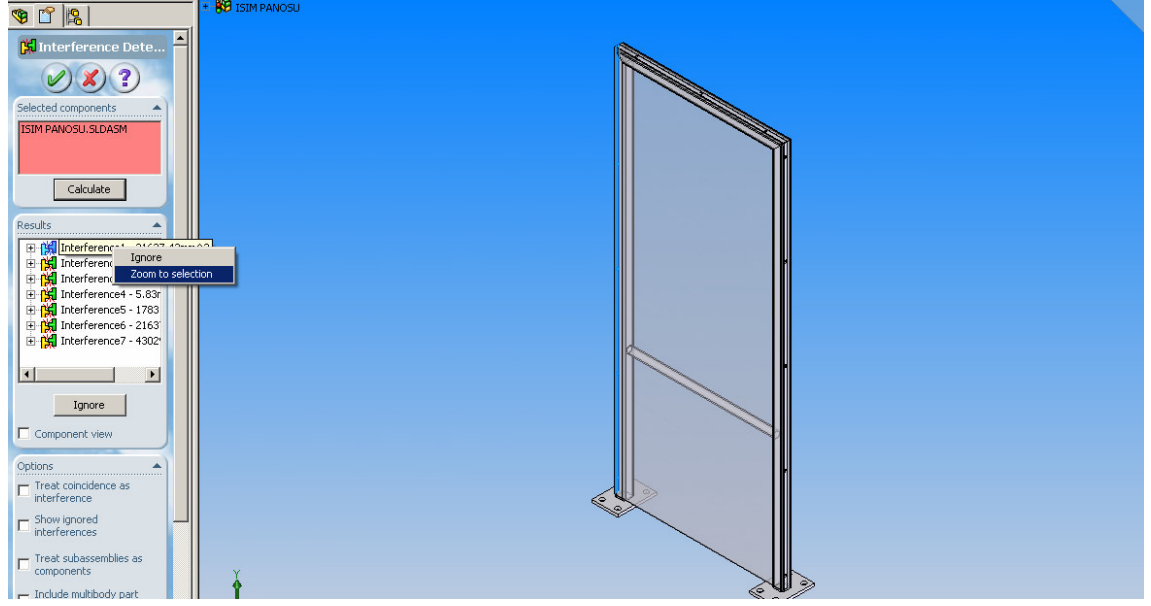
Bu aşamada çizimin ötesinde, farklı bir uygulama yapılarak çizilen kaplamamın konstrüksiyona uygunluğu analiz edilecektir.



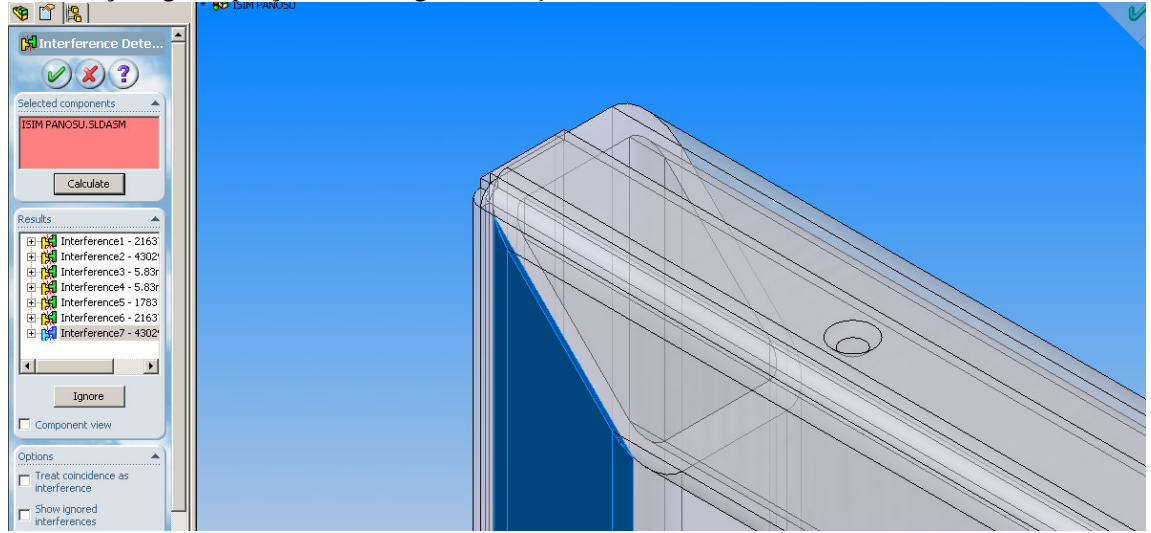
Bu analiz; oluşturulan parça ve alt montaj geometrilerinin birbiri ile kesişip kesişmediğini kontrol eder, dolayısıyla imalatta ortaya çıkacak ölçü uyumsuzlukları tasarımda ortaya çıkartılıp engellenmiş olur.



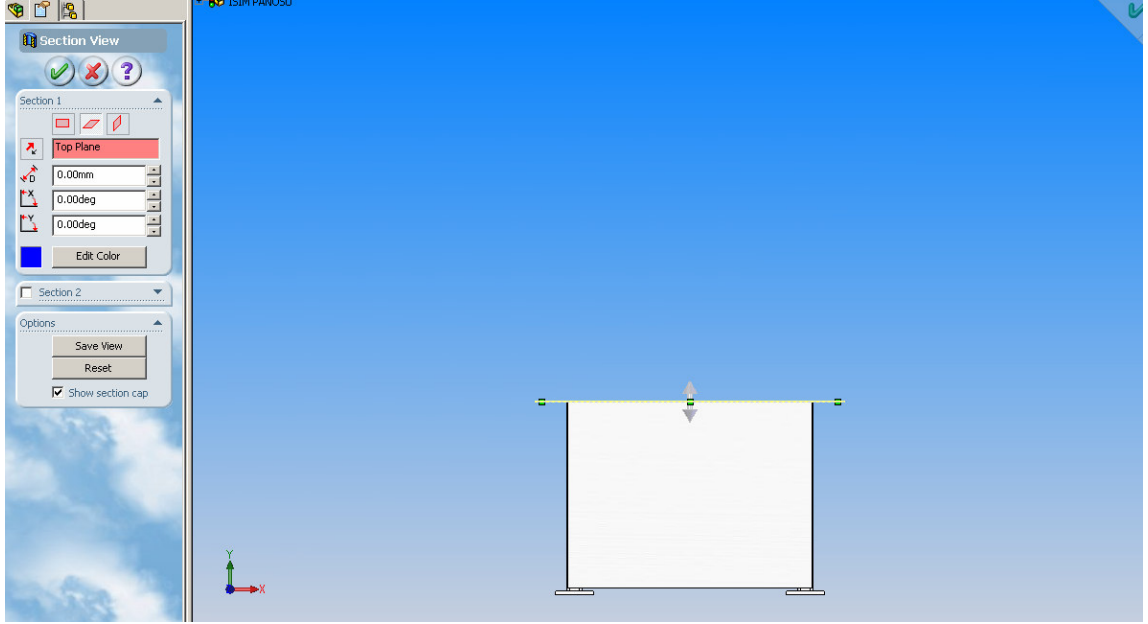
Analiz sonucunda ortaya çıkan geometri kesişmelerinin tespit edilmesi.



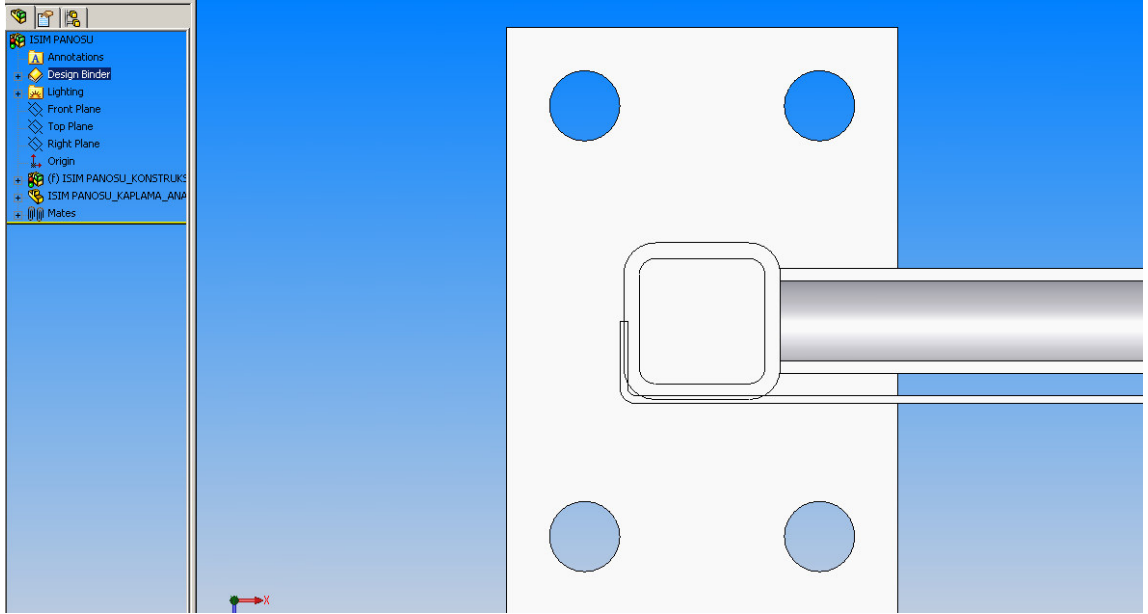
Birbiri içine giren parçalar renkli gösterilmiştir.



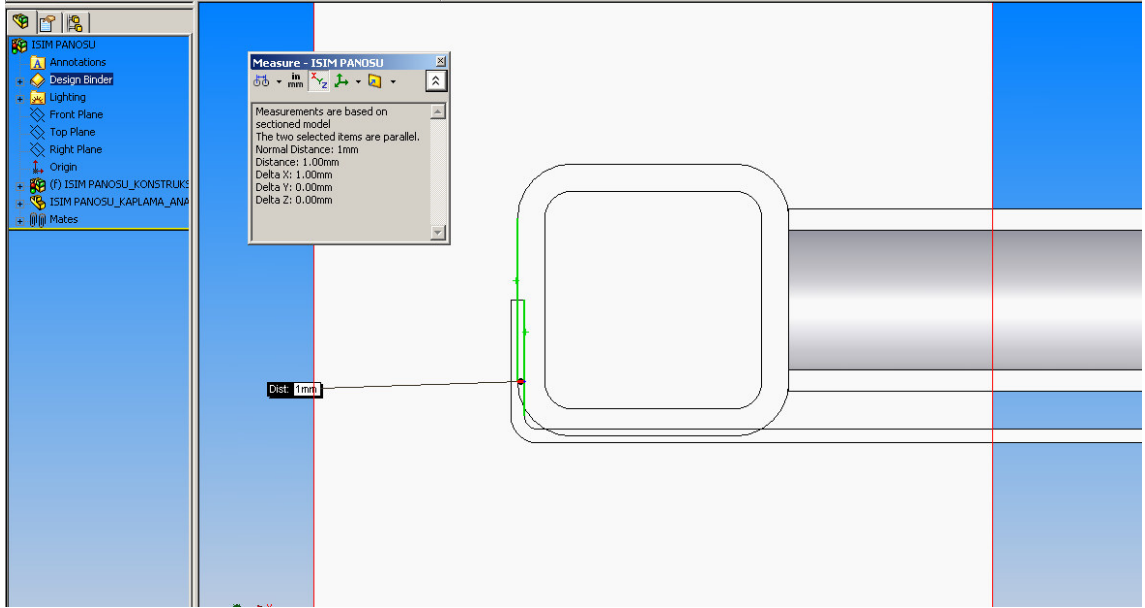
Gerekli değişiklikler yapılırken daha iyi gözlem yapabilmek için üst kesit alınır.



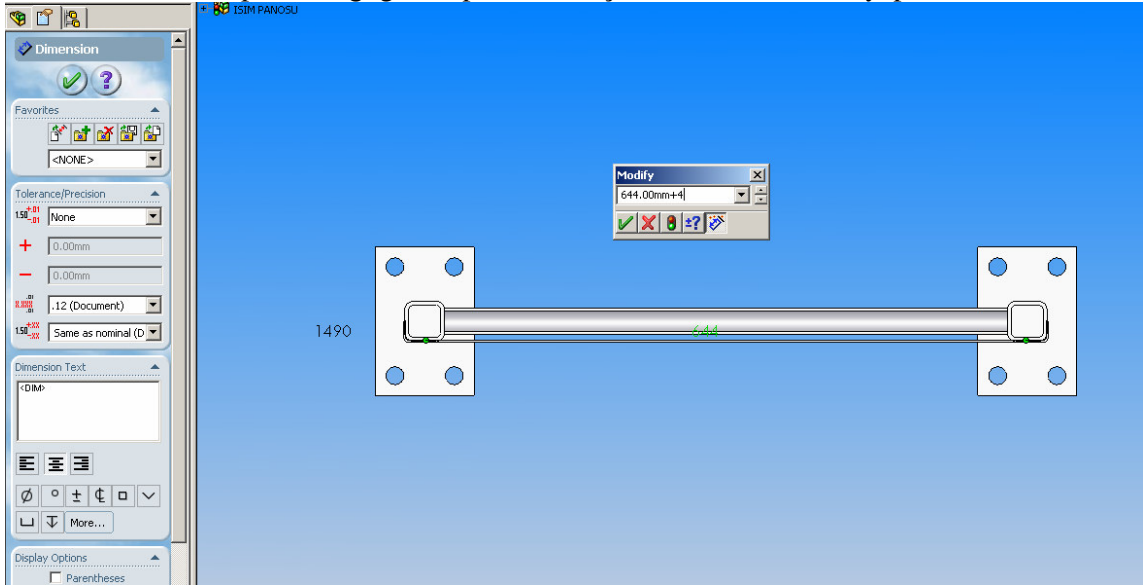
Problemin olduğu bölgeye yaklaşılır.



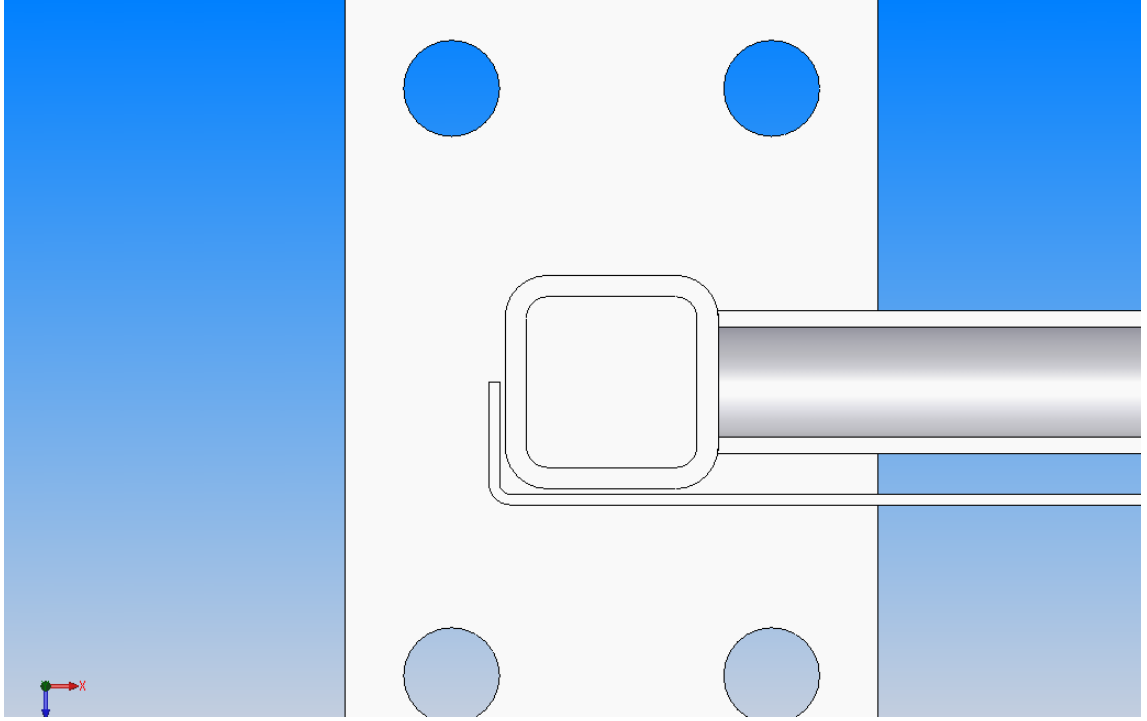
Parçalar arasında gerekli ölçüler alınarak ne kadarlık bir ölçü değişikliği yapılması gerektiği saptanır. Bu örnekte, kaplama konstrüksiyonunun içine 1 mm girmiştir. Bu durumda, kaplama eninin konstrüksiyon ile arasında bırakılacak mesafe de eklenirse tek kenardan 2 mm, toplamdan ise 4 mm uzatılması gerekir.



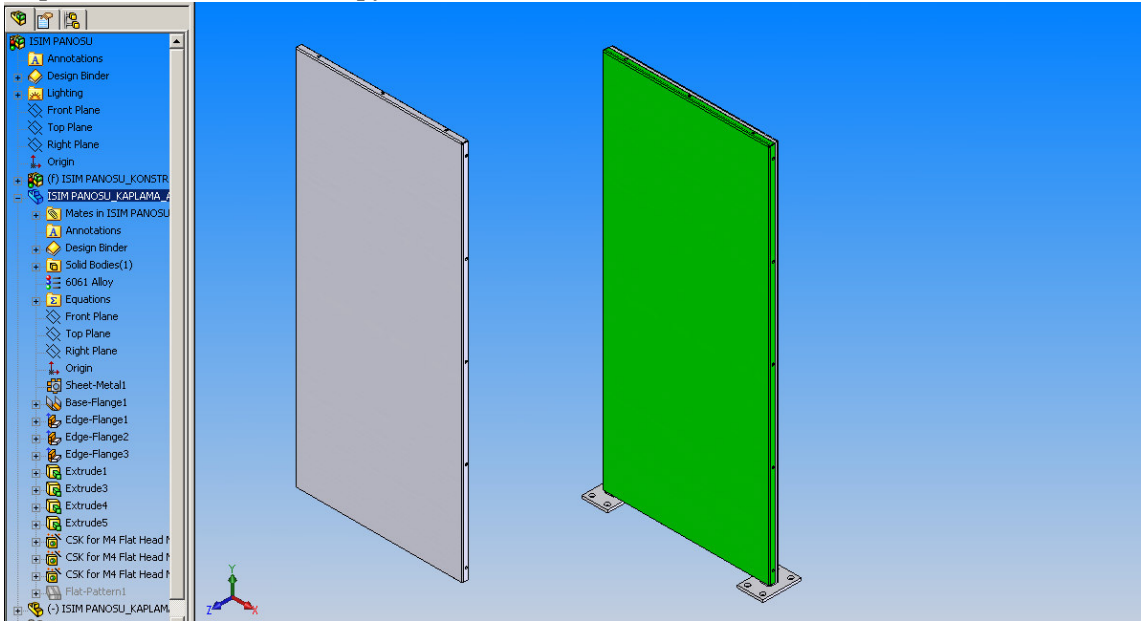
Montaj dosyasında parça üzerine çift tıklanarak ölçülerine ulaşılabilir ve değişiklik yapılabilir. Burada önceden tespit edildiği gibi kaplama en ölçüsüne 4 mm ekleme yapılmaktadır.



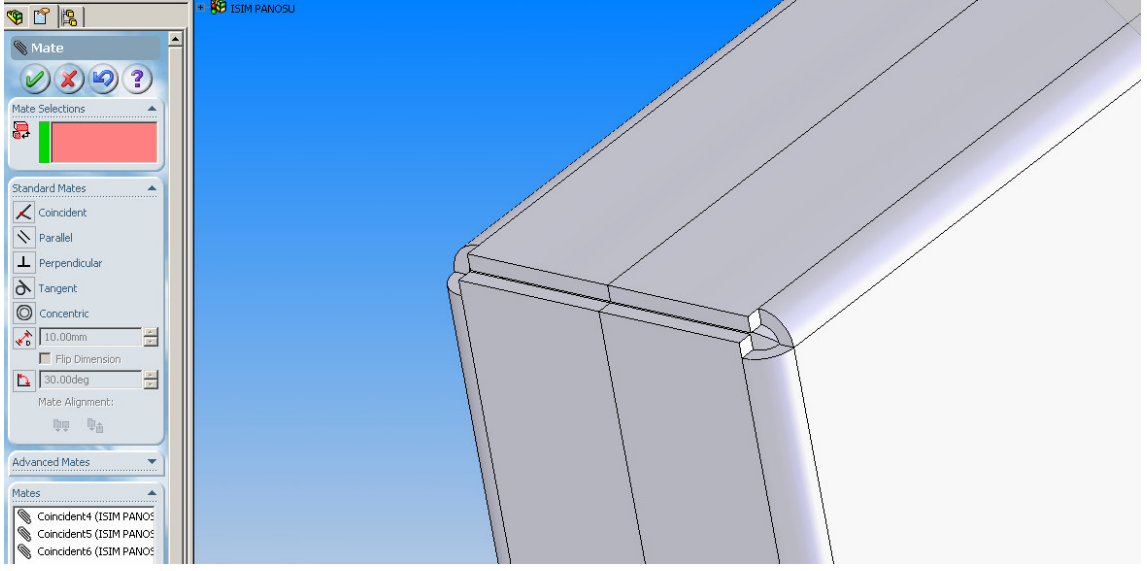
Değişikliklerden sonra montaj detayı problemi giderilmiştir.



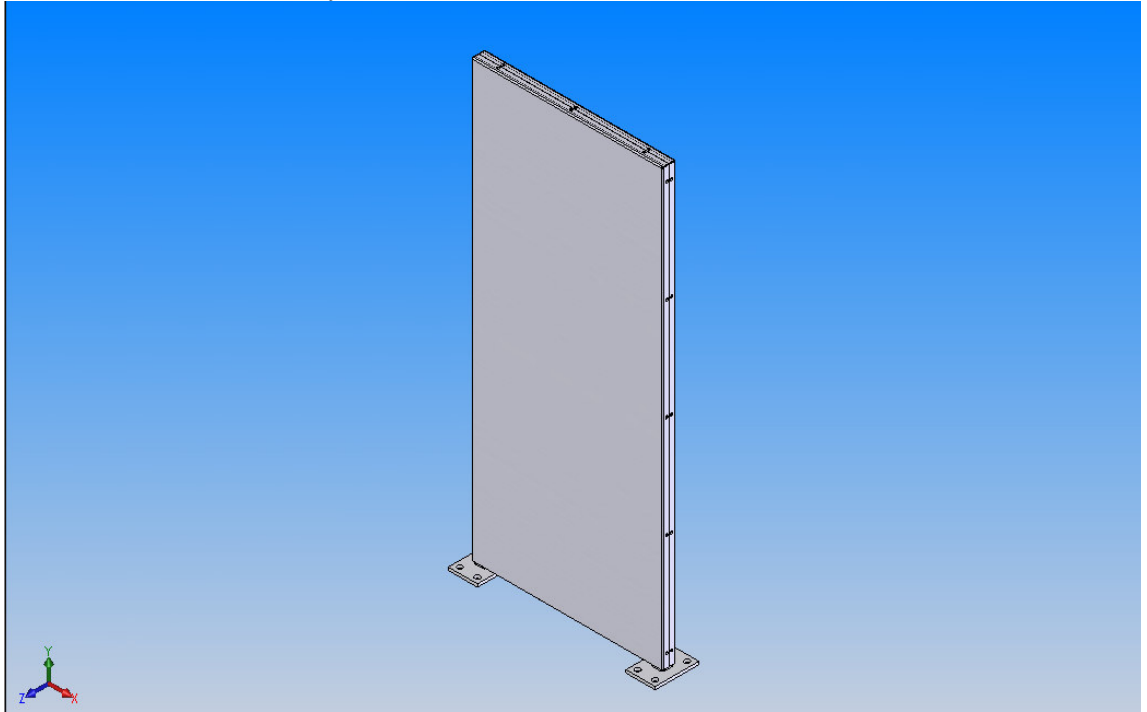
Kaplamadan bir tane daha kopyalanır.



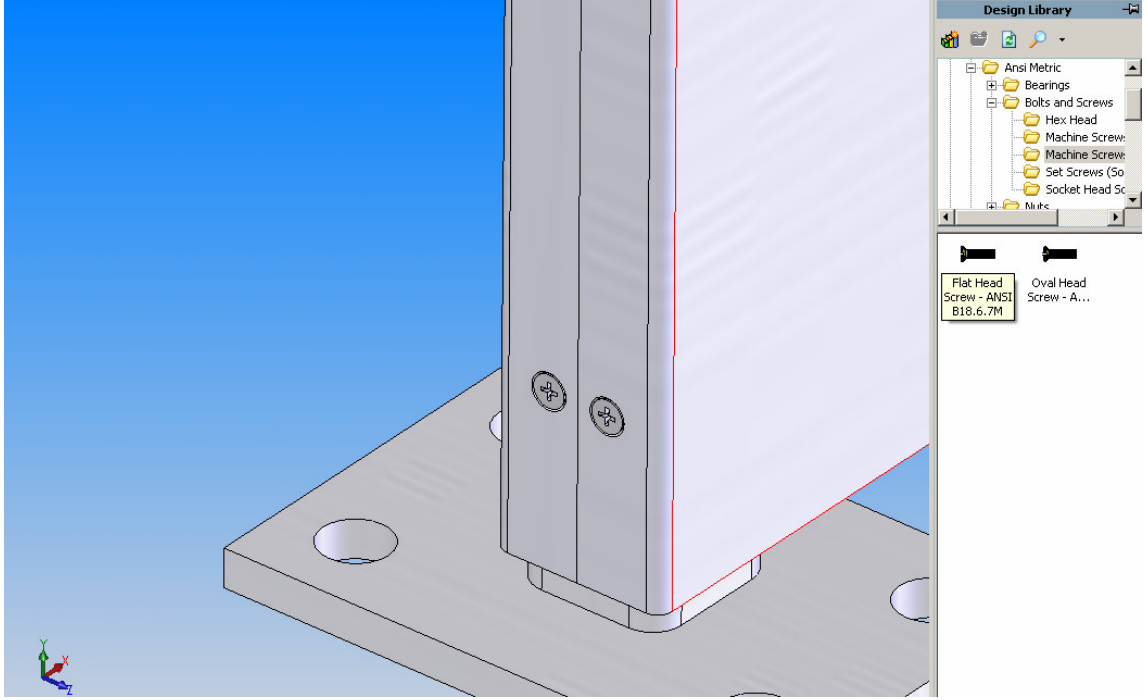
Diğer parçalar ile ilişkilendirilerek montajı yapılır.



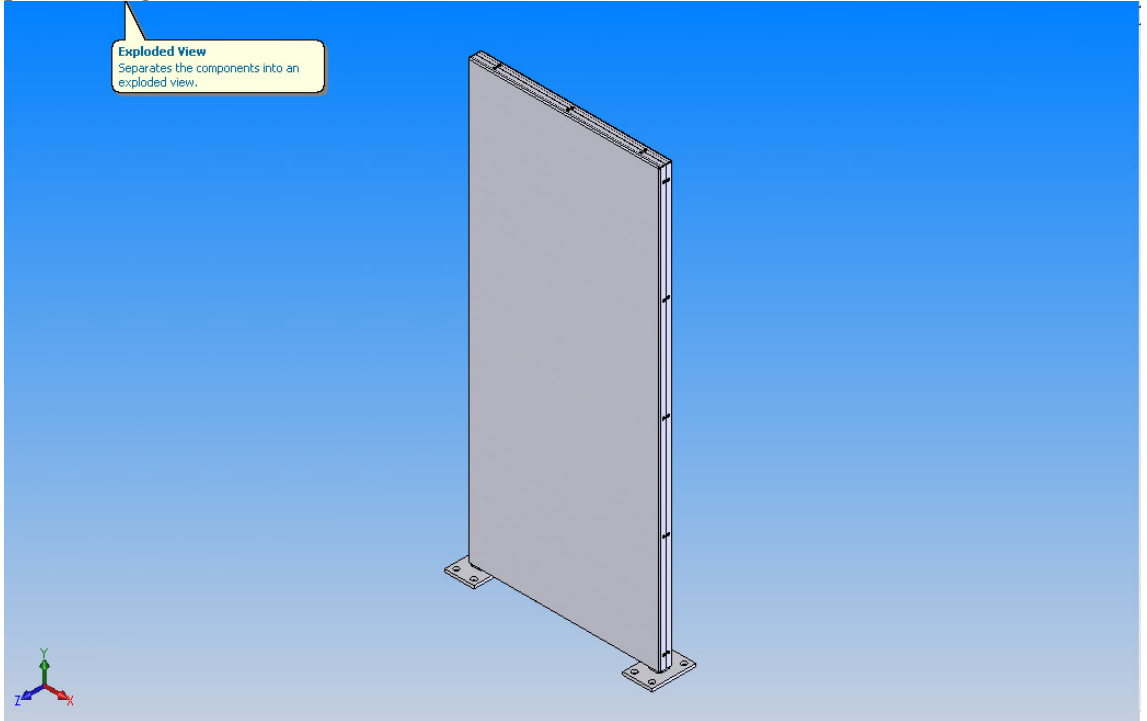
Ürünün katı modeli neredeyse hazırdır.



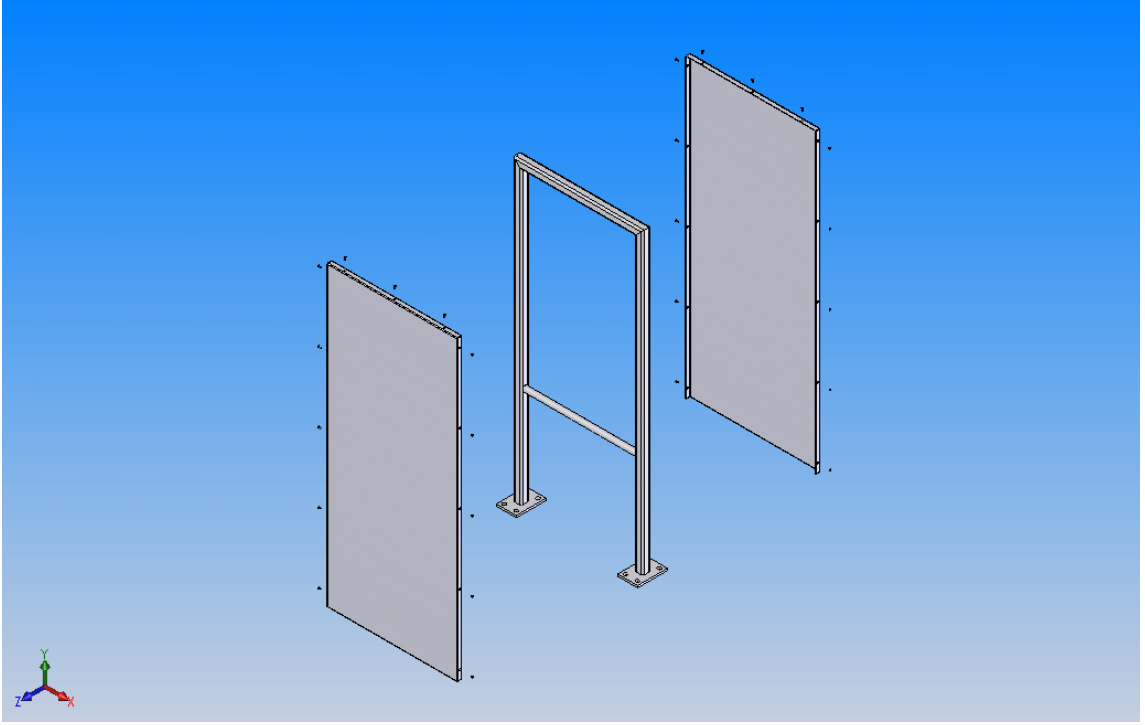
Katı model oluşturmanın son safhasında yazılımın kütüphanesinde bulunan standart parçalardan seçim yapılarak önceden çizilen deliklere otomatik olarak ilişkilendirilir.



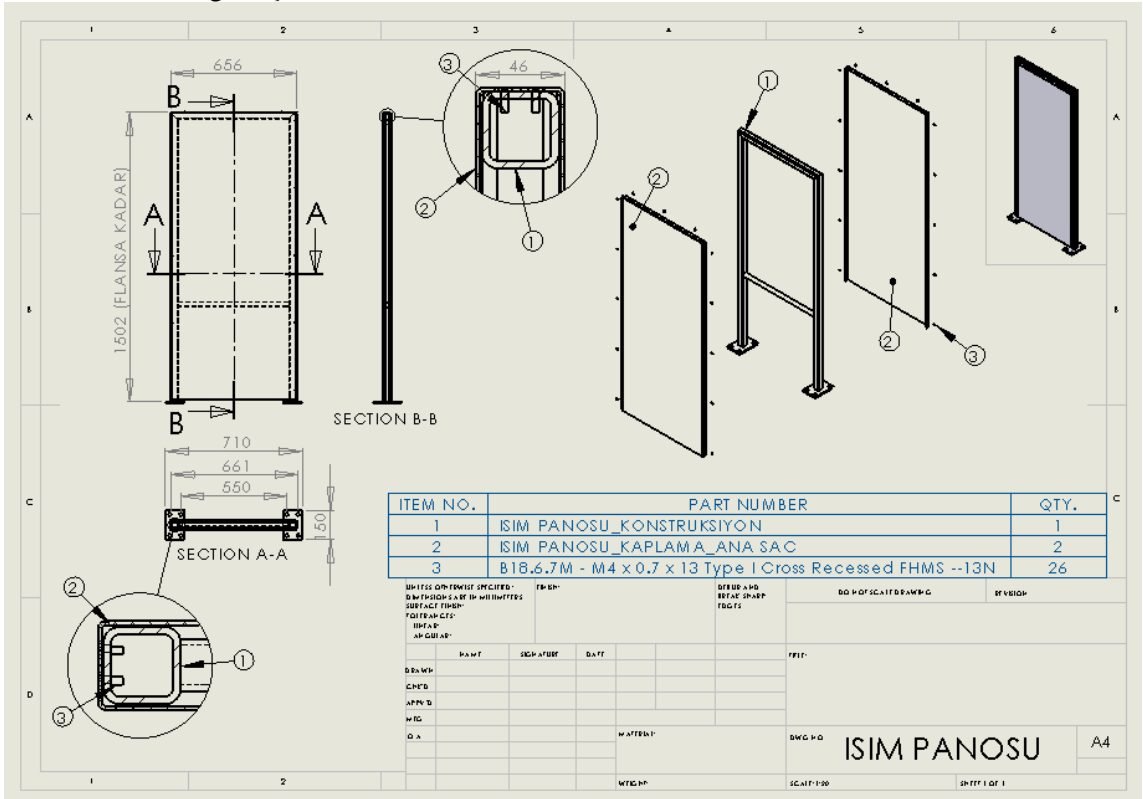
İmalat resimleri hazırlanmasında veya montaj-bakım kitapçığında kullanılmak üzere modelin patlatılmış görüntüsü oluşturulur.



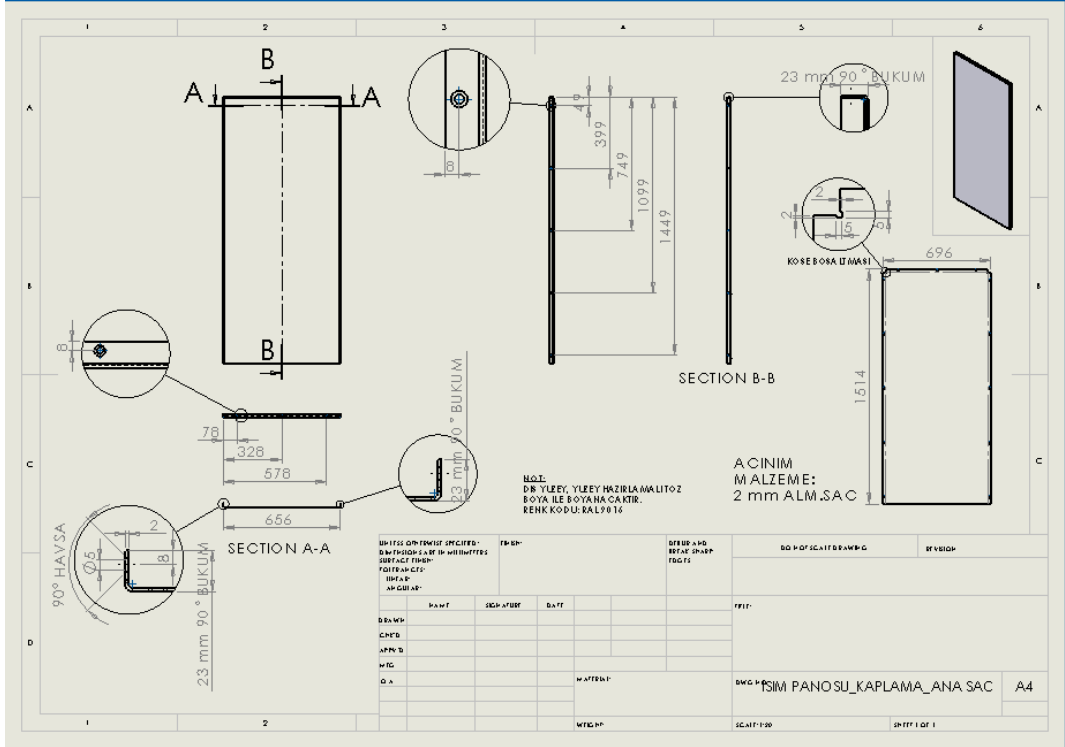
Katı model oluşturma işlemi bitmiştir. Artık katı modelin kullanıldığı diğer aşamalara geçilebilir.



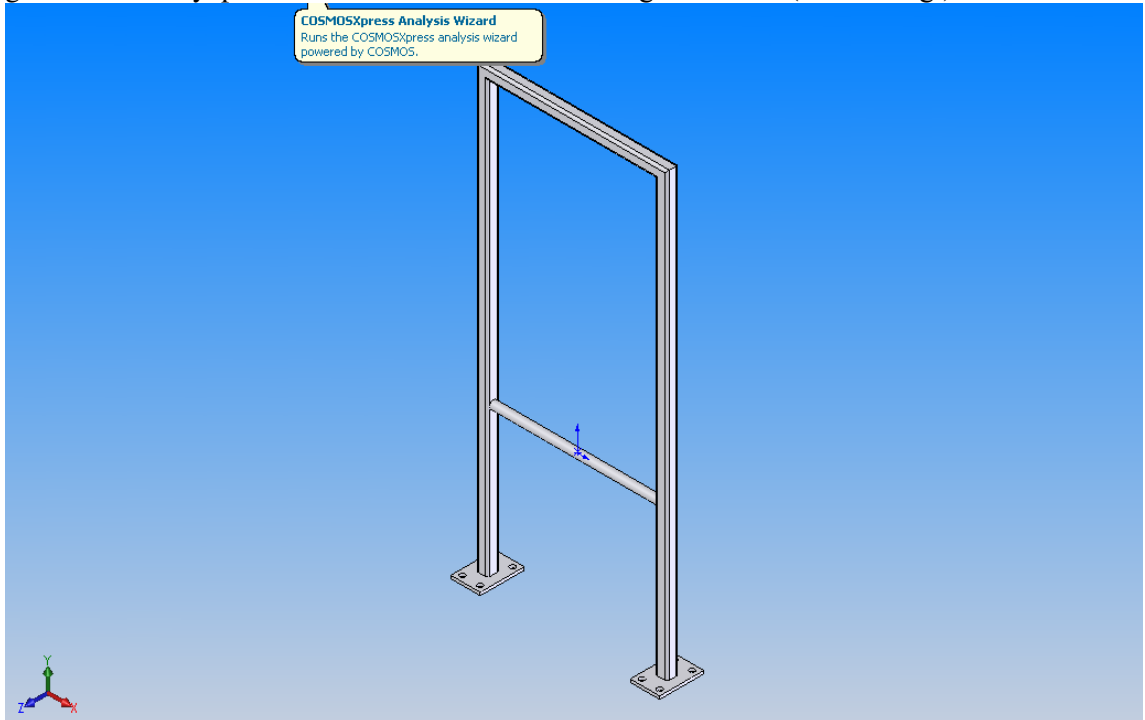
Aşağıda ana komplemin montaj resmi görülmektedir. Katı model oluştuktan sonra modelin tüm görünüşleri, kesitleri, detay görüntüleri, ölçülendirme, parça listesi oluşturma, numaralandırma gibi işlemler kısa sürede tamamlanmaktadır.



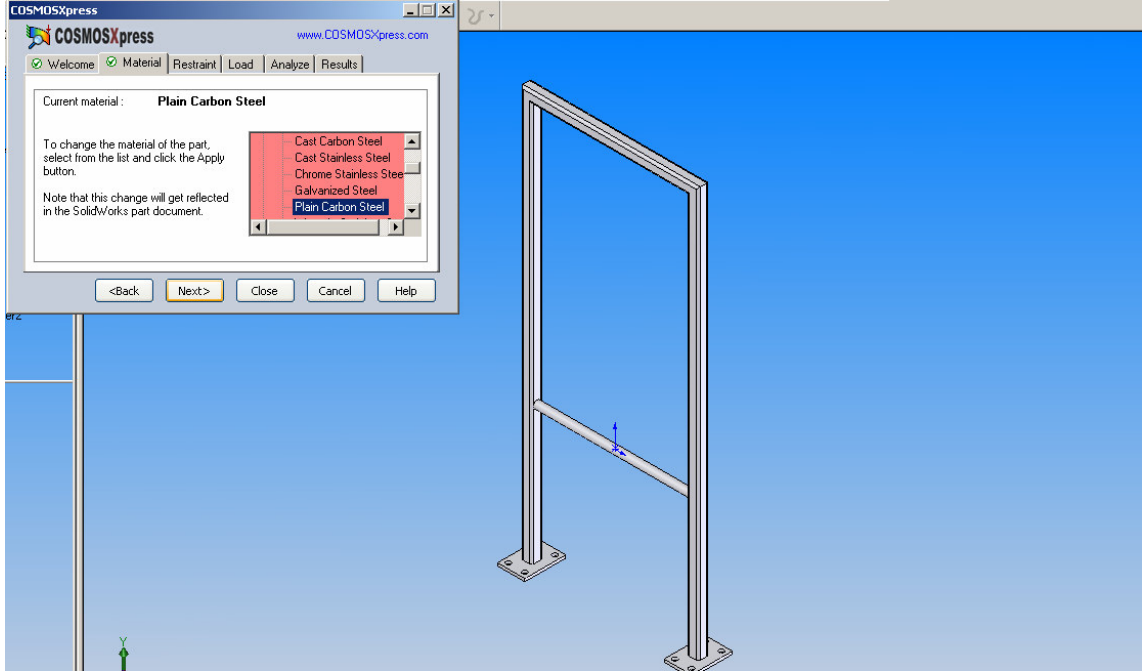
Bu görüntüde ise kaplamanın imalat resmi yer almaktadır. Montaj resminde olduğu gibi tüm görüntü, ölçü vs. detaylar kısa sürede ortaya çıkarılmıştır. Ek olarak sac acınımı otomatik çıkarılmış ve resme eklenmiştir. Ayrıca açınımın bilgisayar ile programlanan “punch” gibi makinalara girdi verisi olarak kullanılması ile bilgisayar destekli imalata geçiş yapılmış olur. Böylece hatasız parça ebatlama ile imalat gerçekleştirilmiş olur (CAM örneği).



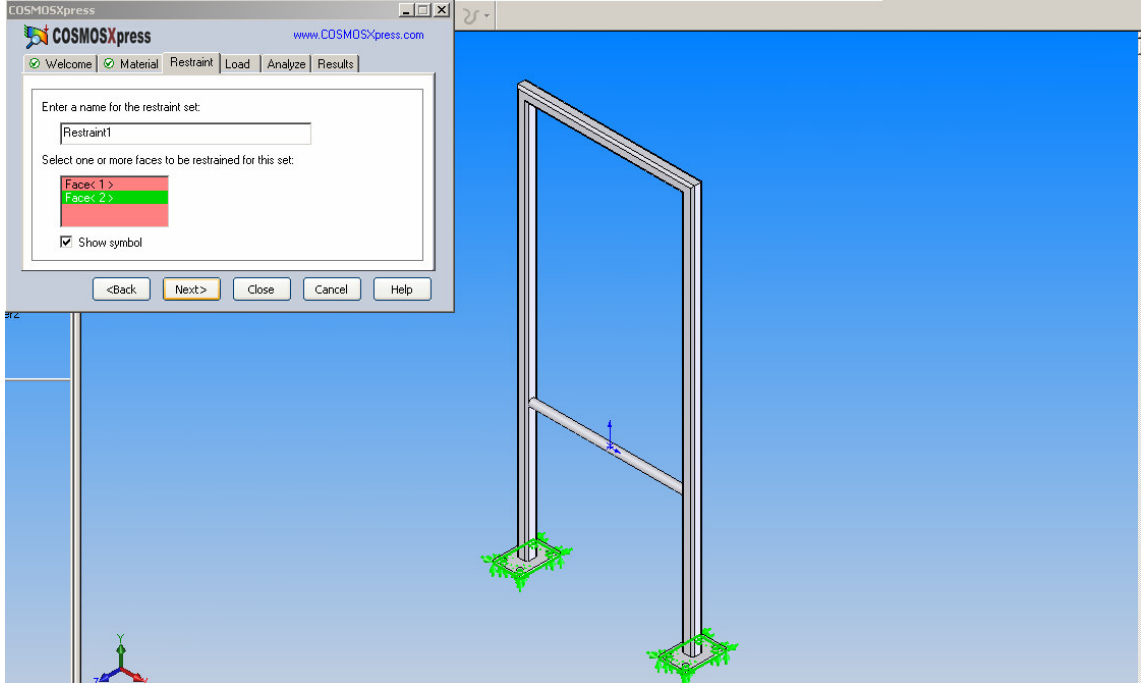
Bu dokümanların elde edilmesinden sonra yapılacak işlem; sonlu elemanlar metodu ile gerilme analizi yapılarak mukavemet kontrolünün sağlanmasıdır (CAE örneği).



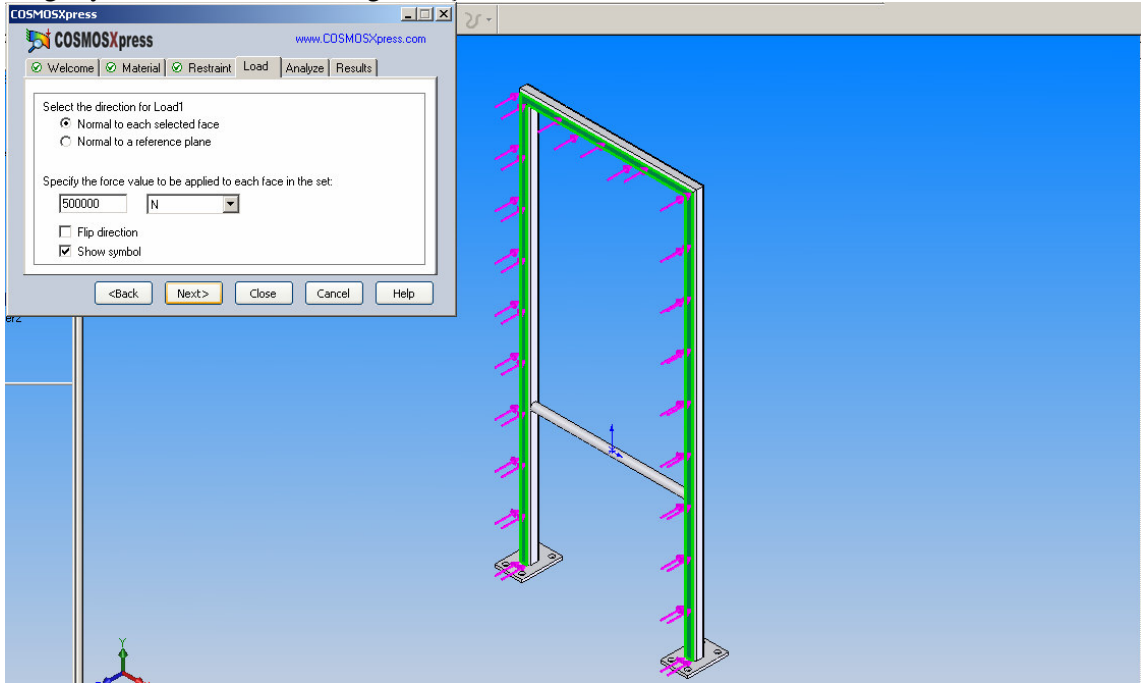
Daha önce seçilen malzeme özellikleri otomatik olarak atanır.



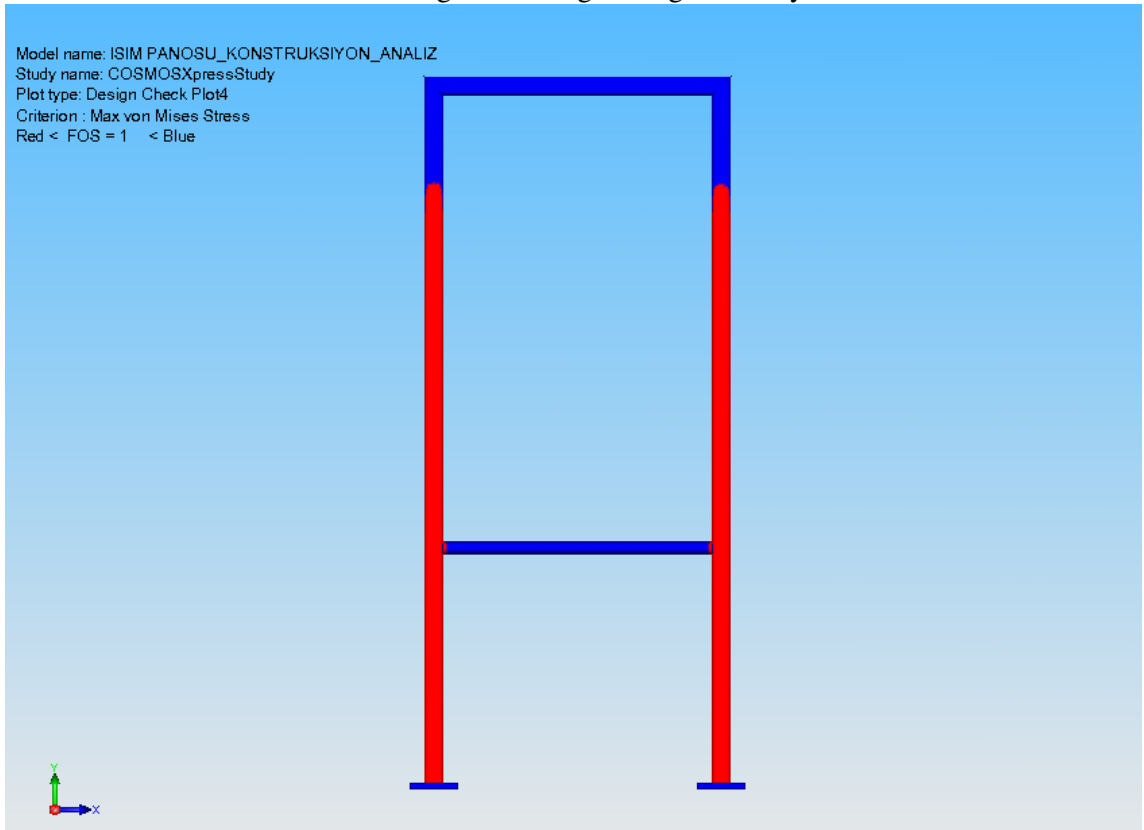
Sabit yüzeyler seçilir ve mesnet kabul edilir.



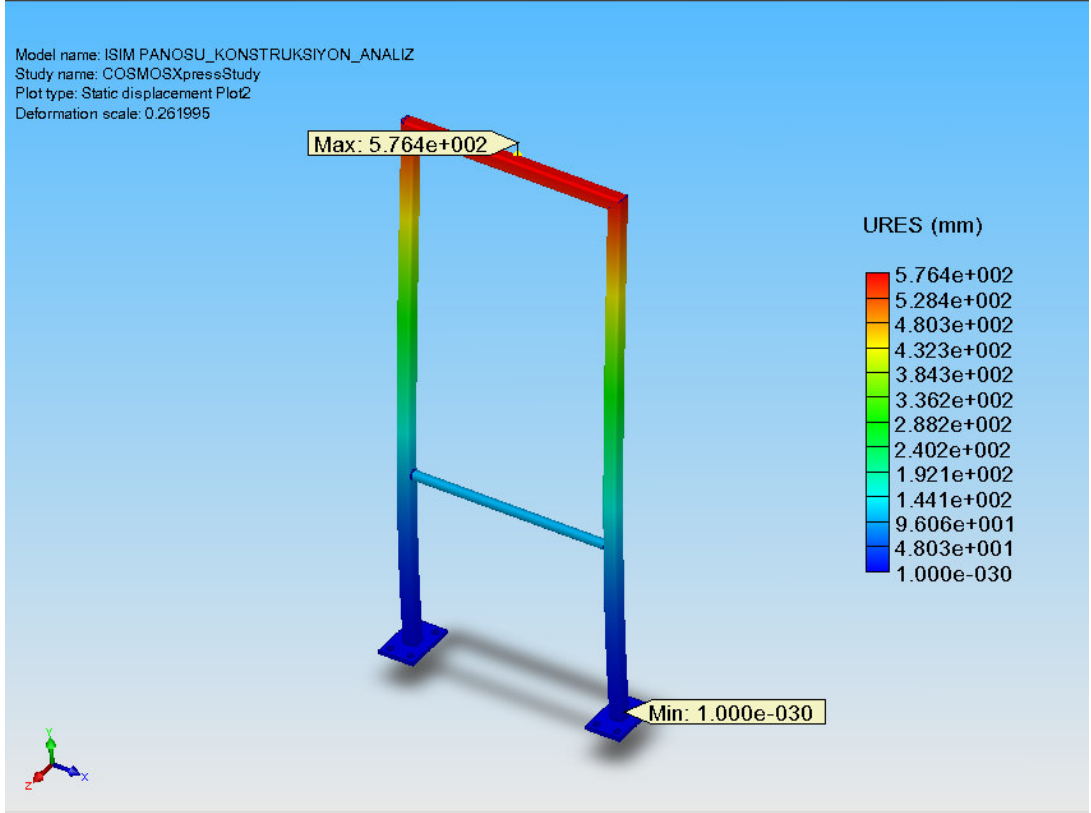
Kuvvete ya da basınca maruz yüzeyler belirlenir. Bu çalışmada konstrüksiyona etki edecek rüzgar yükü olarak 500000 N girilmiştir.



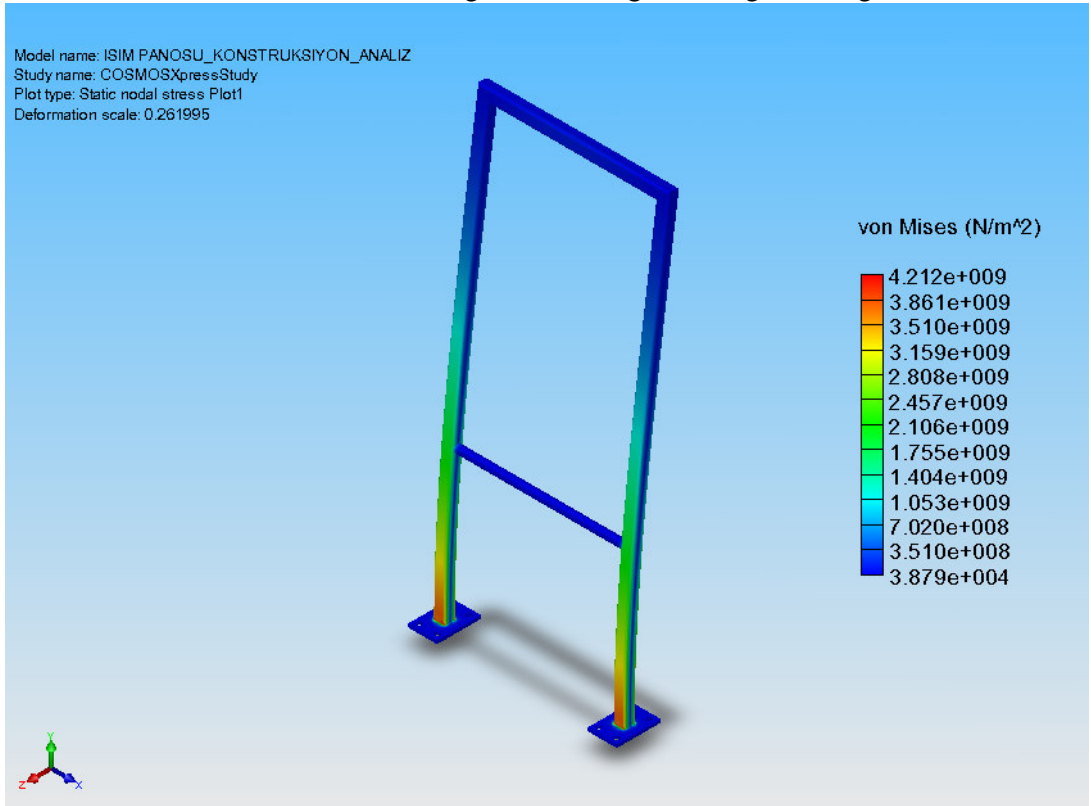
Bu seçimlerden sonra analiz yapılır. Aşağıdaki şekilde analiz sonucu güvenlik katsayısının altında kalan ve kuvvetlendirilmesi gereken bölgelerin gösterimi yer almaktadır.



Bu şekilde ise model üzerindeki deplasman dağılımı ve maksimum deplasman bölgesi ve değerinin grafiksel gösterimi yer almaktadır.



Son olarak model üzerindeki von Mises gerilmeleri dağılımının grafiksel gösterimi.



12. SONUÇLAR

1980'lerden itibaren hızla gelişmeye başlayan bilgisayar teknolojileri paralelinde CAD yazılımları da yaygınlaşmaya başlamıştır. 1980'li yılları sadece özel bilgisayarlarda kullanılarak ve bir yandan da yetenekleri arttırılarak geçiren bu tür yazılımlar, 1990'lı yıllarda artık kişisel bilgisayarlarda da kullanılmaya başlanmış ve 2000'li yıllara yaklaşıldığında mühendislik okullarında gösterilen ve her mühendisin bilmesi gereken, rahatça öğrenebildiği ve kullanabildiği programlar haline gelmiştir.

Günümüzde artık her imalatçı firmanın kullandığı çeşitli CAD yazılımları, bir mühendisin kullandığı araçlar arasında en ön sıralarda yer almaktadır. Dünyada CAD yazılımlarının otomasyonuna dayanan ve tüm mühendislik süreçlerini tek bir çerçeve altında toplayan hatta bir firmadaki tüm departmanların da işlerini kolaylaştıran PLM yazılımları yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu bağlamda, CAD kültürünün iyi anlaşılıp, bilinçli öğrenilip, bir üst kademedeki yer alan mühendislik disiplinlerine sağlıklı geçiş yapılması gerekir.

KAYNAKLAR

AKKURT M., "Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri ", Birsen Yayınevi, 1996

ASIA, K., TAKASHIMA S., "Manufacturing, Automation Systems and CIM Factories ", Chapman & Hall, 1994

ASM INTERNATIONAL "Metals Handbook Ninth Edition ", Volume 16, 1989

Dalgıç, A., Takım Tezgahlarının Nümerik ve Bilgisayarlı Nümerik Kontrolü, Elektrik Müh. Dergisi, 308, Haziran 1984

Gülesin, M., NC Makine Programcılığı ve Program Tasarımı, MEB Yayınları, Ankara,1994

Özgürler, M., Üretim Sistemleri Ders Notları, YTÜ, 2001

PFEIFER T., EVERSHEIN W., "Manufacturing Excellence", Chapman & Hall, 1994

INTERNET KAYNAKLARI

[1]<http://www.cagcadcam.com/>

[2]mbinfo.mbdesign.net

[3]portal.acm.org

[4]www.vickers.de

[5]www.plmworld.org

[6]www.nasatech.com

[7]www.turkcadcam.com

[8]www.autodesk.com

[9]www.ugs.com

[10]www.cadem.com

[11]cgw.pennnet.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.07.1978	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1989-1996	İzmir 60.Yıl Anadolu Lisesi
Lisans	1996-2001	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mak. Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı

Çalıştığı kurumlar

2002-2003	Özlümak Makina Ltd Şti.
2003-2004	Geometri A.Ş.
2005-Devam ediyor	Nova Reklamcılık A.Ş.