

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

OTO İNŞA TEKNOLOJİSİ 2

ANKARA 2006

### Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. YIĞMA YÖNTEMİYLE MODELLEME YAPMAK .....	3
1.1. Modeli Bilgisayar Ortamında Tasarlama .....	3
1.2. STL Dosyası Olarak Kayıt .....	4
1.3. Damlacık Püskürtme Sistemleri .....	6
1.4. Sıvayarak Modelleme Yapma (FDM) .....	9
1.5. Makine Kartuşuna ya da Haznesine İnşa Malzemesi Yükleme .....	11
1.6. Makinenin Çalışma Sistemi .....	14
1.7. Tasarlanmış Model Datalarını Makineye Gönderme .....	15
1.8. Makineyi Çalıştırma .....	19
1.9. İşlem Bitince Modeli Makineden Alma .....	21
UYGULAMA FAALİYETİ .....	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	25
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	29
2. LAMİNASYON SİSTEMİ İLE MODELLEME YAPMAK .....	29
2.1. Laminasyon Makinelerinin Çalışma Sistemleri .....	29
2.1.1. İşlem Sırası .....	30
2.1.2. Hazırlama .....	31
2.1.3. İşleme .....	31
2.1.4. Son işlem .....	31
2.2. Lamine Malzemelerinin Çeşitlerini ve Özellikleri .....	39
2.3. Lamine Malzemelerini Makineye Bağlama .....	40
2.4. Makineyi Güvenli Kullanma .....	47
2.5. Modeli Makineden Alma .....	48
2.6. Modele Üst Yüzey İşlemleri Yapma .....	51
UYGULAMA FAALİYETİ .....	52
ÖLÇME DEĞERLENDİRME .....	54
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	56
CEVAP ANAHTARLARI .....	58
KAYNAKÇA .....	59

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>521MMI089</b>
<b>ALAN</b>	<b>Makine Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Bilgisayar Destekli Endüstriyel Modelleme</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Oto İnşa Teknolojisi 2</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bilgisayar desteğiyle yığma ve laminasyon metotlarını kullanarak endüstriyel modellemeyi anlatan öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/24
<b>ÖN KOŞUL</b>	Modelleme malzemeleri ve CAD 2 modüllerini almış olmak.
<b>YETERLİK</b>	Yığma ve laminasyon sistemi ile modelleme yapmak.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bilgisayarda tasarladığınız modelleri yığma ve laminasyon yöntemi ile modelleyebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> ➤ Gerekli donanım kullanılarak standartlara uygun olarak yığma yöntemiyle modelleme yapabileceksiniz. ➤ Gerekli donanım kullanılarak standartlara uygun olarak Laminasyon yöntemiyle modelleme yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Ortam: Bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli imalat laboratuvarı, oto inşa teknolojileri atölyesi Donanım: 3D printer yazıcı (damlacık püskürtme cihazları), FDM (harç yığma) ve Laminasyon modelleme cihazları, CAD programları, CMM (koordinat ölçme) cihazları Sınıfta ve Atölyede; büyük ekran televizyon, sınıf veya bölüm kitaplığı, VCD veya DVD çalar, tepegöz, projeksiyon, bilgisayar ve donanımları, internet bağlantısı, öğretim materyalleri vb.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içerisindeki her bir öğrenme faaliyetinden sonra belirtilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Modülün sonunda ise kazanmış olduğunuz bilgi, beceri ve davranışlarınız, öğretmen tarafından hazırlanacak ölçme araçları ile değerlendirilecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Oto inşa teknolojisi yöntemlerini öğreniyorsunuz. Bu modülleri başarı ile bitirdikten sonra hızlı modelleme yapabileceksiniz. Bunu başarabileceğinizi siz de biliyorsunuz. Zor olmadığını zaten siz de görmüşsünüzdür.

Temel olarak oto inşa dersleri, tasarım ve inşa kısımlarından meydana gelmektedir. Önce model, bilgisayarda CAD programları ile hatasız çizilir, sonra da 3D printer ( rapid prototip) tezgahları yardımıyla çizmiş olduğunuz sanal çizgiler gerçek modellere dönüşür. Tasarlarsınız ve uygularsınız. Düşünürsünüz, düşüncenizi eyleme çevirirsiniz. Çevrede görmüş olduğunuz her şeyin güçlü bir tasarım ve ciddi bir uygulama ile meydana geldiğini siz de takdir edersiniz. O halde, siz de düşündüğünüz hedeflerinizi gerçekleştirebilirsiniz. Hedeflerinizdeki büyüklük sizi yıldırmasın, çünkü büyük hedefler kolay vurulur. O halde yapmanız gereken tek şey inanmaktır.

Başarmayı hedefliyorsanız cesurca yürüyün. İnanın başarmak çok keyif vericidir.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Gerekli donanın kullanılarak standartlara uygun olarak yığma yöntemiyle modelleme yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Çalışma hayatında (iş ortamında) kullanılan tasarım programlarını ve özelliklerini araştırınız.
- Tasarım programlarında kullanılan dosya formatlarını ve özelliklerini inceleyiniz.
- Çalışma hayatında (iş ortamında) oto inşa tezgahlarını ve özelliklerini araştırınız.
- İnternet ortamında araştırma yapınız. Teknolojik bulguları inceleyiniz.
- Araştırma ve gözlemlerinizi rapor haline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta tartışınız.

## 1. YIĞMA YÖNTEMİYLE MODELLEME YAPMAK

### 1.1. Modeli Bilgisayar Ortamında Tasarlama

Modellenecek malzemenin bilgisayarda 3B-BDT (3 Boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılım paketi ile tasarlanması gerekmektedir. Bu amaçla çok farklı yazılımlar geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Modellemede kullanılan programlar

Makine teknolojileri için geliştirilen bu programların kullanımı mantık olarak birbirine benzer. Kullanımı da çok zor değildir. Az bir gayretle çok güzel modeller tasarlanabilir.

**Dikkat!** “Oto İnşa teknolojilerinde model tasarlarken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; yüzey model değil, katı model tasarımı yapılmasıdır.”

Sanatsal faaliyetlerde karşılaşılan kompleks şekilleri bu programlarda çizmek zor olabilir. Bunun için koordinat ölçme (CMM) cihazları geliştirilmiştir. Bu cihaz, modele ince uçları (prob) sayesinde temas ederek ölçüler alıp modeli bilgisayar ortamına aktarabilir. Ayrıca bazı CMM cihazları da lazer veya farklı ışınlar yardımıyla modeli tarayıp ölçüler alabilirler. Bu cihazlar sayesinde tasarımın detayları yeniden gözden geçirilip ölçeklenip, yenilenip güncellenebilir.

## 1.2. STL Dosyası Olarak Kayıt

Oto inşa makineleri, .STL dosya formatı kabul etmektedir. Çok az makine IGES dosya sistemiyle çalışmaktadır. Model, ticari yazılım programlarından birinde tasarlandıktan sonra bir standart haline gelen “.stl” dosyasına dönüştürülür. Bu işlem sırasında kritik olan husus hassasiyet değerleridir. Bilgisayarda 3 boyutlu halde modellenirken belli bir hassasiyet değerinde modellenen nesne, .stl dosyası haline getirilirken tekrar bir hassasiyet değerine tabi olur. Daha sonra oto inşa aşamasında da makineye ait hassasiyet değerleri söz konusu olacağından tüm bu hassasiyet değerlerinin önemleri göz ardı edilmemelidir. Modelleme bu hassasiyet değerlerine göre yapılmalıdır.



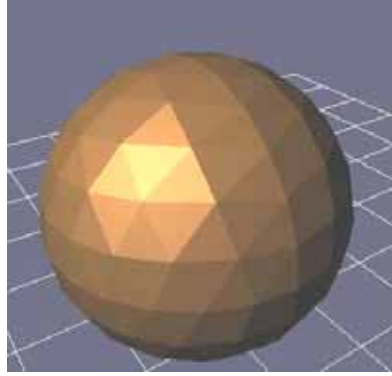
Bazı bilgisayar destekli tasarım programlarında tasarlanan modellerin STL formatına dönüştürülmesi ile ilgili adımlar Şekil 1.2’de verilmiştir.

<b>SolidWorks</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. File &gt; Save As</li><li>2. Save As &gt; STL</li><li>3. Options &gt; Resolution &gt; Fine &gt; OK</li><li>4. Save</li></ol>	<b>Unigraphics</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. File &gt; Export &gt; Rapid Prototyping</li><li>2. "Output type" Binary olarak belirleyin</li><li>3. "Triangle Tolerance" değerini 0.0025 yapın</li><li>4. "Adjacency Tolerance" değerini 0.12 yapın</li><li>5. " Auto Nor Gen" On</li><li>6. " Normal Disp" Off</li><li>7. " Triangle Display" On yapın</li></ol>	<b>Mechanical Desktop</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. "AMSTLOUT" komutunu kullanarak STL dosyası export edebilirsiniz</li></ol>
<b>AutoCAD</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Modelin tüm düzlemlerde artı değerlerde olmalı</li><li>2. "Facetres" değerini 10'a getirin</li><li>3. Komut satırına "STLOUT" yazın</li><li>4. STL olacak nesneyi seçin</li><li>5. Binary dosya olması için "y" yazın</li><li>6. Dosya adını girin</li></ol>	<b>I-DEAS</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. File &gt; Export &gt; Rapid Prototype File &gt; OK</li><li>2. Prototip yapılacak parçayı seçin</li><li>3. Prototype Device &gt; SLA500.dat &gt; OK</li><li>4. "absolute facet deviation" değerini 0.000395 'e ayarlayın</li><li>5. Binary seçeneğini seçin &gt; OK</li></ol>	<b>Pro/Engineer</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. File &gt; Save a Copy</li><li>2. STL dosya tipini seçin</li><li>3. "Chord height" değerine 0 girin</li><li>4. "Angle Control" değerini 1 yapınız</li><li>5. Dosya adı girin</li><li>6. OK</li></ol>

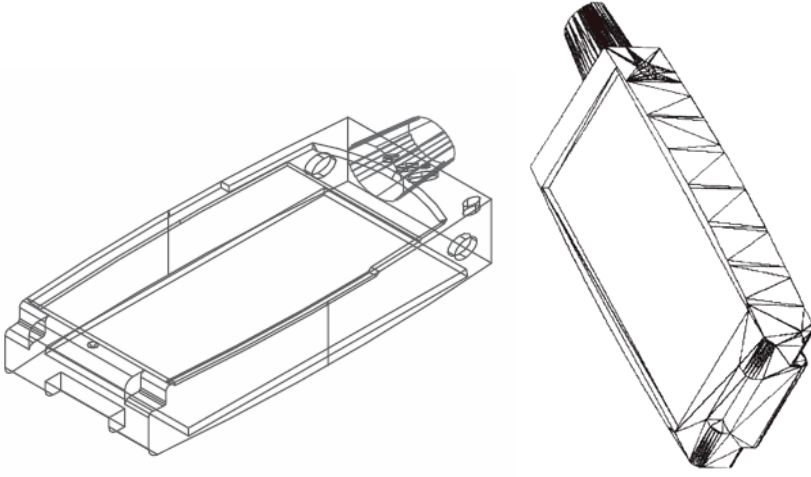
Şekil 1.2: Tasarımın bazı programlarda .stl formatına dönüştürülmesi

Veri dönüşümü sırasında, yani BDT modelini .STL formuna dönüştürürken matematiksel denklemlerle ifade edilmiş olan tasarım modeli, noktalar kümesiyle ve bunları birbirlerine bağlayan üçgen parçacıkları ile ifade edilir. Stl formuna dönüştürülmüş şekiller, Şekil 1.3 ve 1.4’te gösterilmiştir.

Stl formatındaki dosyalar oto inşa sisteminde inşa edilecekleri için tabakalara, diğer tabir ile dilimlere (slice veya layer) ayrılır. Bu dilimler makinelerin yapması gereken hareketleri belirler ve ilgili yazılımlar ile bu dilimler kodlara dönüştürülür.



Şekil 1.3: .Stl formatındaki katı küre modeli



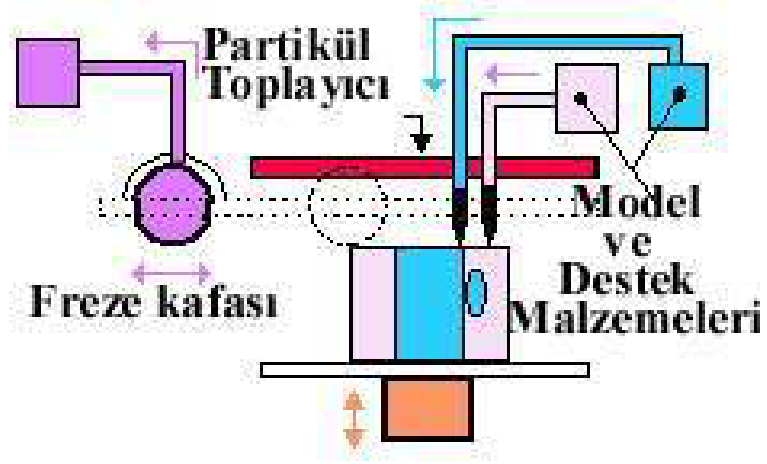
Şekil 1.4: Katı cep telefonu modeli ve .stl formatına dönüşmüş görünümü

### 1.3. Damlacık Püskürtme Sistemleri

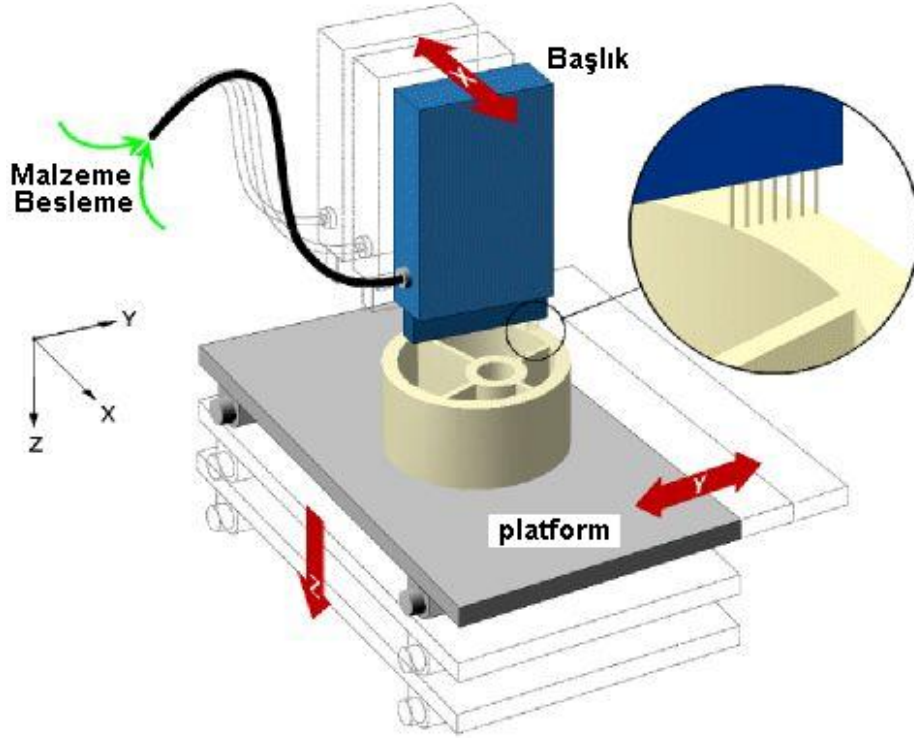
Püskürterek harç yığıma tekniğinde, akışkan halde olan inşa malzemesi bilgisayar kontrollü bir veya birden fazla meme yardımıyla damlacıklar halinde yüzeye püskürtülür. Model katmanlar halinde inşa edilir. Çoğunlukla (memeden çıkış öncesi veya sonrası) belli bir sıcaklıkta eritilerek sıvı hale getirilmiş polimer (wax - mum) inşa malzemesi kullanılır ve sertleşme soğuma ile veya kızıl ötesi ışınlarla gerçekleşir.

Bu teknolojiye genellikle yazıcı tipinde makineler kullanılır. Teknik olarak bu püskürtmeli cihazlara *jet* cihazlar denir.

İnşa malzemesi ve destek malzemesi için farklı memeler kullanılmıştır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Damlacık püskürtme sistemi şeması



Şekil 1.6 : Yazıcı tipinde damlacık püskürtmeli oto inşa makinesi çalışma şekli

Püskürtme sistemini 3D Systems firması geliştirmiştir. Püskürtme esaslı sistemlerde yüzlerce püskürtücü ucun bulunduğu bir kafa ile imalat gerçekleştirilir. Hızlı bir sistem olmasına karşın detaylarda üstün başarılı değildir.

Destek malzemesi inşa bitiminde özel bir sıvı banyosunda 10 dakikada eritilerek ayrıştırılır.

Damlacık püskürtmeli sistemlerde kullanılan makinelerden bazıları şunlardır;

**Solidscape, (3D Plotting):** Model ve destek malzemesini aynı anda farklı memelerden püskürten bir sistemdir. Destek malzemeler kısa sürede modelden temizlenebilir. Üç farklı modeli vardır. Bunlar model maker II, PatternMaster ve T66'dır.

**Sanders Design:** Solidscape ile hemen hemen aynı özelliktedirler. Fakat biraz daha hassas makineler oldukları için en çok kuyumculuk sektöründe kullanılırlar.

**3D Systems:** Diğerlerinden çok farklıdır. Ofis kullanımına uygun olarak tasarlanmıştır. Destek ve model malzemeleri kartuşlar halinde makineye yüklenir.

Püskürtme sistemli tezgahlardan istenilen genel teknik özellikler şunlardır;

- **İnşa zarfı:** X, y ve z boyutları verilen ölçüler tezgah platformunda modellenecek maksimum boyutları ifade etmektedir.
- **Katman kalınlığı:** Memenin her geçişte bıraktığı katmanın kalınlığını ifade eder.
- **Yüzey pürüzlülüğü:** Modellenen malzemenin yüzeyindeki pürüzlülük değeridir.
- **Detay büyüklüğü:** Tezgahın hassasiyetini belirler. Bu değer küçüldükçe daha verimli modeller üretilebilir.
- **Damlacık çapı:** Memenin ucundan düşen en küçük damlacık ölçüsüdür.
- **Meme (jet) sayısı:** Model ve destek malzemesinin püskürtüldüğü jet sayısı.
- **Kullanılabilecek inşa malzeme özellikleri:** Modelin inşa edileceği malzeme.
- **Kullanılabilecek destek malzeme özellikleri:** Modele destek olabilecek malzeme.



**Resim 1.1:** Tipik bir damlacık püskürtme cihazı

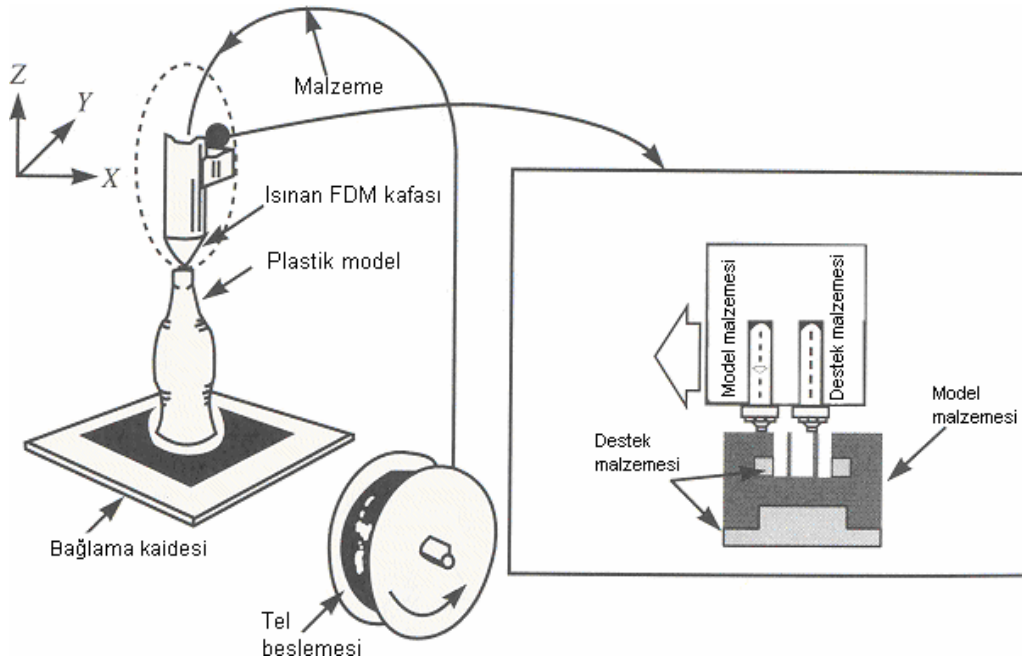
- Üstteki makine, Invision firması tarafından yapılmış olup teknik özellikleri şunlardır;
- Jet meme sayısı: 448 (224 adet inşa 224 adet destek malzemesi püskürtme için)
  - Model inşa zarfı: 298 x 185 x 203 mm (XYZ)
  - Çözünürlük: 328 x 328 x 606 DPI (XYZ)
  - Model inşa malzemesi: Accura® VisiJet M100 (makine için özel malzeme), Akirik fotopolimer reçine
  - Destek malzemesi: Accura® VisiJet S100(makine için özel destek malzemesi),, Parafin tabanlı termopolimer (mum). İnşa sonrası 70°C sıcaklıkta eritilerek kolaylıkla temizlenebilir.
  - Katman kalınlığı 606 DPI = 0,04 mm
  - İnşa hızı: Model karmaşıklığı, sayısı ve büyüklüğünden bağımsız 5 mm/saat yükseklik (Z)
  - 10/100 Ethernet LAN/WAN network uyumludur. 3 boyutlu bir ağ yazıcısı olarak çalıştırılabilir.
  - Elektrik ihtiyacı: 200-240 VAC, 50 Hz, 10A
  - Gürültü seviyesi: <70 dBA
  - "Client" Yazılımı için gerekli işletim sistemi: Windows XP Pro./2000/NT 4.0/Me/98
  - 3D Model data formatı: STL
  - Accura® VisiJet M100 model malzemesi mekanik özellikleri:
    - Çekme mukavemeti 24 MPa
    - Özgül kütle: 1.14 g/cm<sup>3</sup>
    - Kartuş kütlesi: 0.45 kg (her kolide 8 kartuş bulunmaktadır)
  - Cihaz kütlesi ve ölçüleri: 254 kg, 77 cm x 124 cm x 148 cm (genişlik, derinlik ve yükseklik)

## 1.4. Sıvayarak Modelleme Yapma (FDM)

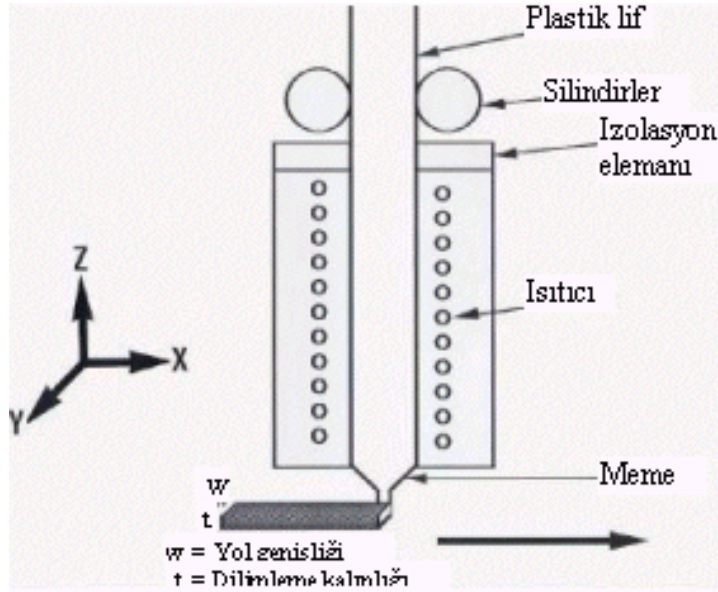
Lif halinde termoplastik malzemelerin eritilmesi sonucu oluşturulan tabakanın aniden soğutulup bir önceki tabakaya yapıştırılması esasına dayanan bir sistemdir. Bir ruloya sarılmış plastik lif halindeki tabaka malzemesi, ısıtılmış FDM kafasına doğru beslenir. Bu kafadaki memelere ekstrüzyon memeleri denir. Ekstrüzyon memeleri, bilgisayar destekli tasarım (BDT) dosyasından edindiği parça ile ilgili bilgilere göre tabakaları üst üste oluşturmaya başlar. Eriyik halde çıkan malzeme hemen katılır ve ana parçaya yapışır. İşlem parça bitinceye kadar devam eder. Bu şekilde birçok tabakanın yapışmasıyla model inşa edilmiş olur. Bu tekniğe FDM'de (Fused Deposition Modeling) denir.

Bu teknik ofis ortamında ve sessiz çalışılabilir. Yüzey kalitesi çok iyi değildir, ancak mekanik işlemler ile iyileştirilebilir. Rulolar sarılı termoplastik malzeme lifi yaklaşık 1.78 mm çapındadır. FDM işlemi termoplastik malzeme katılma noktasının biraz üzerindeki bir sıcaklıktadır. Bu sıcaklık ve ekstrüzyon memesine (Şekil 1.7 ve Şekil 1.8)) malzemenin pompalanması kontrol edilir. Her tabaka bir önceki tabaka ile eritilmek suretiyle yapıştırılır. Plastik liflerin beslenme hızları monitörden izlenebilmektedir. Herhangi bir zamanda verilen ekstrüzyon edilmiş malzeme miktarı kontrol edilir.





**Şekil 1.7: Sıvayarak modelleme yapma teknolojisi şeması**



**Şekil 1.8: FDM ekstrüzyon kafası ve elemanları**

Her tabakanın kalınlığı malzemenin fiziksel özelliklerine, hareketli kafa hızına, ekstrüzyon basıncına ve meme çıkış çaplarına göre belirlenir. Tabaka kalınlığı, FDM kafasının hızına göre 0.1 mm ile 0.5 mm arasında değişmektedir. Yol genişliği 0.25 mm ile 6 mm arasında değişmektedir.

İşlem aşamaları şu şekildedir;

- BDT dosyası STL veya IGES tarafsız formatı kullanılarak makineye aktarılır.
- Dosya, StrataSlice veya Quick slice gibi yazılımlara getirilir.
- Burada düzenlemeler yapılabilir veya istenilen yüzey uyumu sağlanır.
- İstenilen tabaka kalınlıklarında dilimleme seçilir.
- Çıkış NC kodları (Belirli noktaların koordinatlarını içeren bir format) olarak alınır.
- 3D Modeller (tezgah) sistemi parçayı oluşturur.

FDM işlemi, genellikle yüksek kalitede ABS, termoplastik ve hassas döküm mumundan modeller üretir.

FDM işleminin en zor yönü, parça doğruluğu veya görünüşten sapma yapmadan hassas bir şekilde termoplastik malzemenin akışının başlatılabilmesi ve durdurulabilmesidir.

FDM 1600/1650 makinelerinde takım yolu 0.0127 mm'den daha küçük sapma değerleriyle oluşturulabilir. Bu doğruluk, FDM ekstrüzyon kafasının hareketini kontrol eden yazılımın devamlı geliştirilmesi ile elde edilebilir. Bunu Quickslice ve benzeri yazılımı temin etmektedir.

FDM işleminin bazı üstünlükleri şunlardır;

- Modellerin kısa zamanda ve hızlıca yapılabilmesi,
- Doğruluğun sağlanabilmesi, 3B BDT dosyalarından modellerin tekrar elde edilebilmesi,
- Bir ofis ortamında çalışılabilmesi, güvenli olması, zehirli olmayan maddelerin kullanılması, özel parçalara ve ek tesisatlara ihtiyaç duymaması,
- Son ısıtmanın (Post curing) gerekli olmaması,
- İşlenebilir mum, hassas döküm mumu ve naylon benzeri plastik malzemelerden seçim yapabilmeye olanağı,
- Düşük işletme maliyeti,
- 3D Modeller sistemi diğer BDT sistemleri arasındaki veri alışverişini desteklediğinden veriler IGES, NC veya STL formatında girilebilir.

## 1.5. Makine Kartuşuna ya da Haznesine İnşa Malzemesi Yükleme

Sıvayarak modellemede; ABS, döküm mumu, elastomer, polikarbonat, polisülfon malzemelerden model elde etmek mümkündür. Suda eriyebilen destekler imalatta kullanılabilir. İmalat sonrası işlemler oldukça kolaydır. FDM cihazlarında iki tip destek malzemesi kullanılır;

- **BASS (Break Away Support System, Kolay Kırılabilir Destek Sistemi)**

Bu destek malzemesi, inşa sonrasında elle kolayca ayrılacak bir kimyasal yapıya sahiptir (inşa malzemesine kuvvetli yapışmaz).

## ➤ **Water Works (Sulu Çalışma)**

Su tabanlı bir sıvı içinde bir süre bekletilip çözülerek (elle ulaşılması ve temizlenmesi zor veya imkansız) dar aralıklardan kolayca çıkarılabilir. Ayrışmanın daha kolay ve hızlı olması için çözme işlemi ultrasonik titreşimli bir tankın içinde yapılır. Bu sayede, çok parçalı ve hareketli mekanizmalar da dahil birçok karmaşık parçanın imalatı mümkün olabilmektedir.

Hızlı prototipleme teknolojilerinin kullandığı malzemeler, bu teknolojilerin katman örme prensibi ile çalışmalarını nedeniyle plastik enjeksiyon kalıplarına basılan malzemeler ile aynı özellikte değillerdir. Örneğin, Polyamid malzemeden üretilen bir prototipten, plastik enjeksiyon kalıbına Polyamid malzemeden basılan bir parçanın gösterdiği mukavemet, darbe dayanımı vb. özellikler beklenmemelidir. Prototip teknolojilerinde kullanılan malzemelerin çeşitli özellikleri hakkında hazırlanan tablolara bakmak gerekir.



**Resim 1.2: FDM makinesinin kartuşlarının görünümü**

Her tezgah için bu malzemeler farklı özelliklerde olabilir. Bunun için makine kullanma kılavuzu dikkatle incelenmelidir. Parçayı tezgahtan çıkarmadan önce destek ve model malzemeleri kontrol edilmelidir.

FDM 3000 tezgahında malzeme kontrolünün nasıl yapıldığını aşağıda inceleyelim.

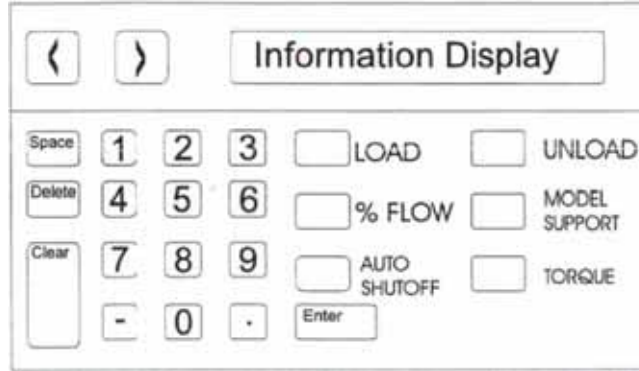
Destek ve model malzemelerinin doğru bir şekilde yerleştirildiğini akış testiyle doğrulamanız gerekmektedir.

### **Model malzemesini kontrol etme**

Model ve destek malzemesini kontrol etmek için makine kontrol paneli kullanılır (Şekil 1.9).



- “MODEL / SUPPORT” butonuna “MODEL %100” yazısını okuyuncaya kadar basınız.
- “LOAD” butonuna basınız ve 15 saniye kadar malzeme akışını görmek için bekleyiniz. Eğer malzeme akışı oluyorsa 20 saniye kadar bu işleme devam ederek akışı dikkatle izleyiniz.
- Akışı durdurmak için tekrar “LOAD” butonuna basınız.
- Eğer ekranda “LOAD TIME FAULT” uyarısını görürseniz, “Enter” tuşuna basarak işleme devam ediniz.



**Şekil 1.9: FDM 3000 tezgahı üzerinde kontrol paneli**

- Eğer 10 saniye içerisinde malzeme akışı olmazsa “LOAD” butonuna basarak akış komutunu iptal ediniz.
- Yapmanız gereken şey, tezgahın kapısını açıp memelerin uçlarını temizlemek olacaktır. Bunun için tezgaha ait temizleyicilerden hariç bir malzeme kullanmamanız gerekir.

#### **Destek malzemesini kontrol etme**

- “MODEL/SUPPORT” butonuna “SUPPORT %100” yazısını okuyuncaya kadar basınız.
- “LOAD” butonuna basınız ve 15 saniye kadar malzeme akışını görmek için bekleyiniz. Eğer malzeme akışı oluyorsa 20 saniye kadar bu işleme devam ederek akışı dikkatle izleyiniz.
- Akışı durdurmak için tekrar “LOAD” butonuna basınız.
- Eğer ekranda “LOAD TIME FAULT” uyarısını görürseniz, “Enter” tuşuna basarak işleme devam ediniz.
- Eğer 10 saniye içerisinde malzeme akışı olmazsa “LOAD” butonuna basarak akış komutunu iptal ediniz.
- Yapmanız gereken şey, tezgahın kapısını açıp memelerin uçlarını temizlemek olacaktır. Bunun için tezgaha ait temizleyicilerden hariç bir malzeme kullanmamanız gerekir.
- 
- Eğer makineye yeni malzeme yükleyecekseniz şu adımları takip etmeniz gerekir.
- Makinenin arka kapağını açınız.

- Boş makarayı alınız, (model veya destek için), yeni bir makarayı dikkatlice yerleştiriniz.
- Yeni makara ile gelen nem emici paketleri yerleştirmeyi unutmayınız.
- Ön paneldeki "Load" butonuna basınız. "Model / Support" seçeneğine basınız. Konik haznede malzeme akışını dikkatlice gözleyiniz.

## 1.6. Makinenin Çalışma Sistemi

Daha önceki bölümlerde modeli tasarlama ve .stl formatına dönüştürme işlemlerini görmüştünüz. Bu bölümde makinenin çalışma sistemi hakkında biraz bilgi verilecektir.

Genellikle tezgahlara online bağlı olan bilgisayarlar vardır. Orada model tasarlandıktan sonra tezgaha gönderilir. Tezgahın işlem öncesi zarf (platform) ve kafa kısmının ısıtılması zorunludur. Şekilde görülen tezgahlar üç boyutlu oto inşa işlemlerini yapabilmektedir. İki makine birbirine benzer; ama farklı malzemelerle çalışırlar. Örneğin, soldaki makine FDM 2000 standart ABS veya hassas döküm mum malzemesiyle (ICW) çalışır. Sağdaki makine ise FDM 3000 su esaslı Water Works ABS malzemesiyle çalışır. Daha geniş bilgiler kullanım kılavuzlarından okunmadan işleme başlanmamalıdır (Resim 1.3).

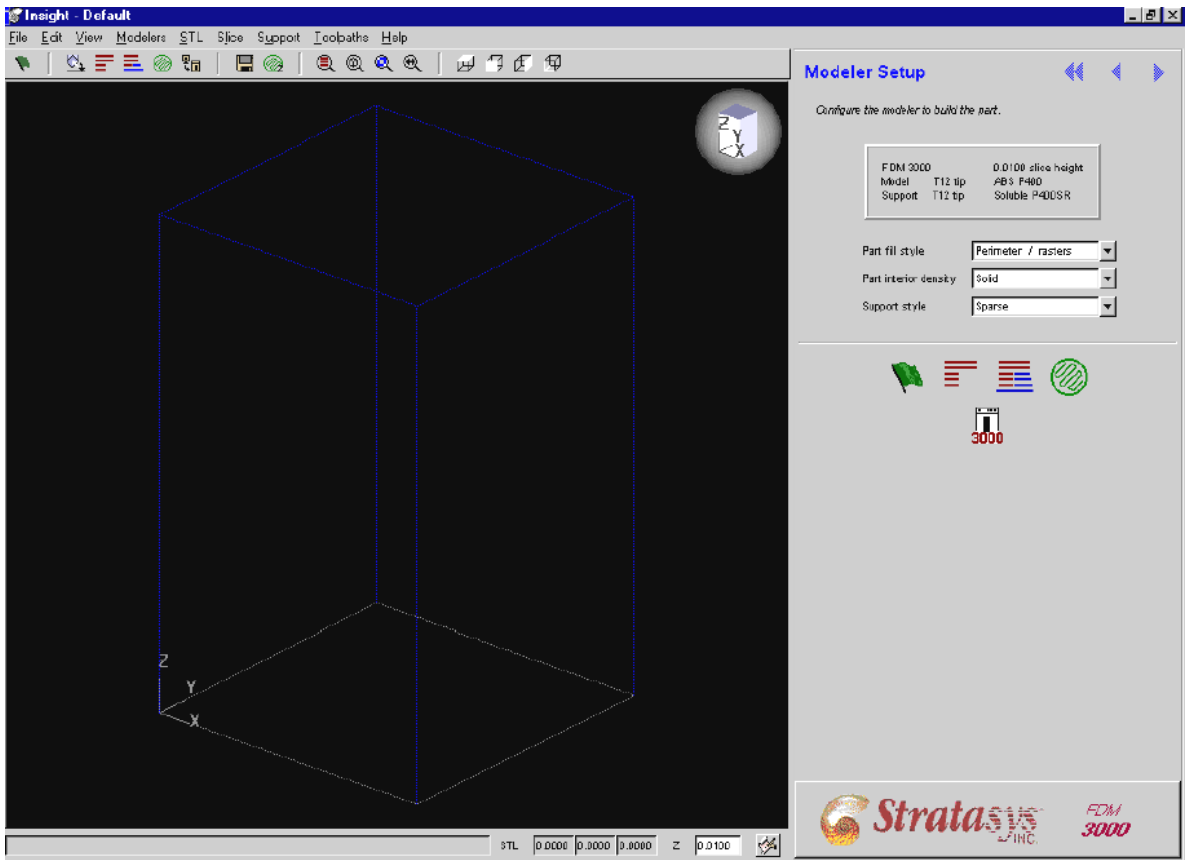


Resim 1.3: FDM 2000 ve FDM 3000 tezgahları

## 1.7. Tasarlanmış Model Datalarını Makineye Gönderme

Bu işlemi yapmak amacıyla FDM makineleri için Insight adı altında bir yazılım kullanılır. Farklı makineler için yazılmış birçok yazılımlar vardır. Ama hepsinin işleyiş mantığı birbirine benzer. Insight programı STL dotalarını işlemek ve makineye göndermek için kullanılır. Bu programda adım adım modelin tezgaha gönderilmesini görelim.

- FDM tezgahına bağlı bilgisayarda insight programını açınız. Program açıldığında Resim 1.4’te görünen pencere belirecektir.



Resim 1.4: Insight programının görünüşü

- Program ekranının sağ üstündeki ‘modeler setup’ kısmında makinenin doğru tezgahla ve malzemelerle çalıştığını mutlaka kontrol ediniz (Şekil 1.10).

FDM 3000	0.0100 slice height
Model T12 tip	ABS P400
Support T12 tip	Soluble P400SR

Şekil 1.10: Modeler setup kısmı

- Programın ‘menü’ kısmında kullanabileceğiniz çok sayıda komut göreceksiniz.

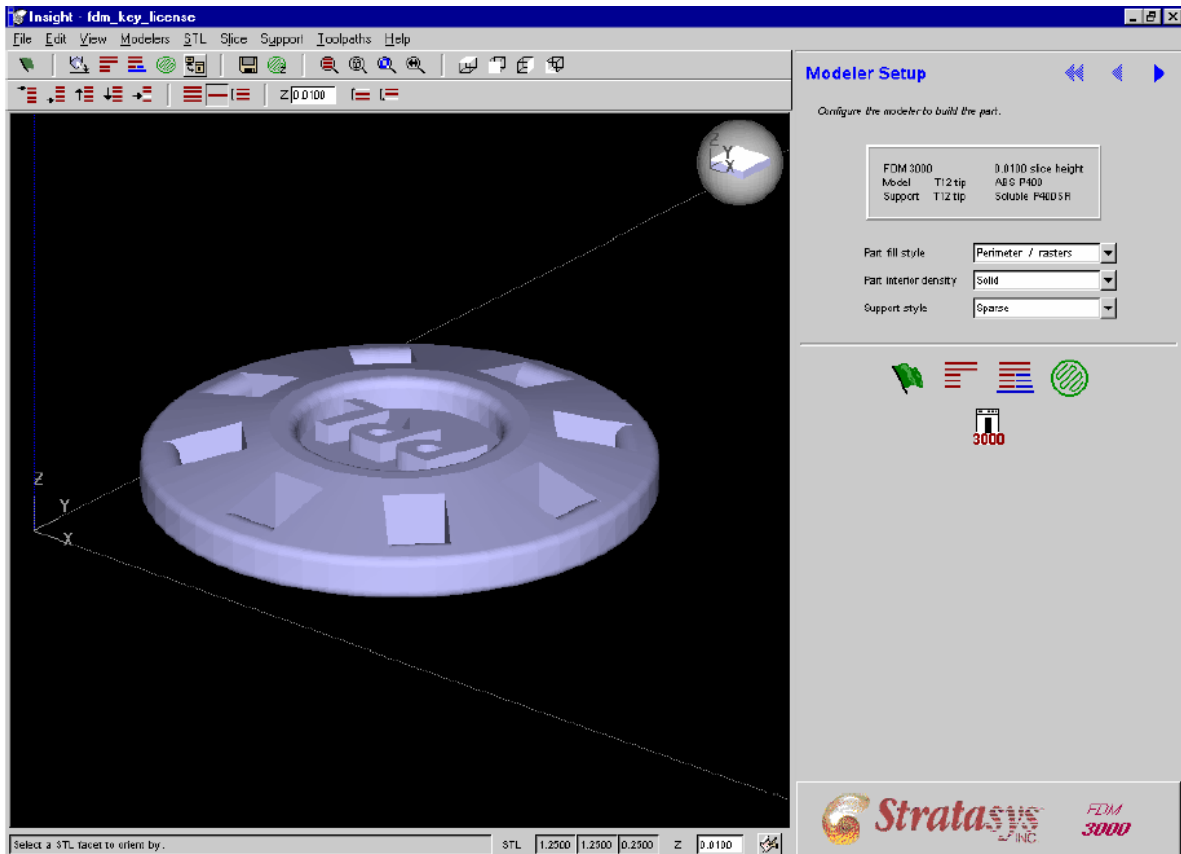


Şekil 1.11: Insight programının menüsü


Bu komutlardan ‘File>open stl file’ komutunu işaretleyerek daha önce oluşturduğunuz dosyayı açınız.

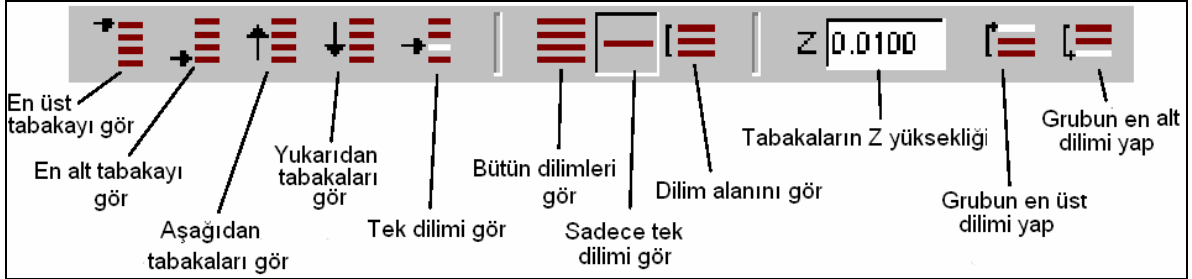
- Modeli bilgisayara çağırdığımızda yapmanız gereken ilk şey, modeli konumlandırmaktır. Birincisi ‘orient by facet’ komutunu kullanarak modelin alt ve üst yüzeylerini seçip konumlandırmaktır. İkincisi .STL menüsünden ‘Automatic Orientation’ komutunu seçerek modeli konumlandırmaktır.

**Dikkat!** Modelin Z eksenini doğrultusunda inşa edileceği unutulmamalıdır.



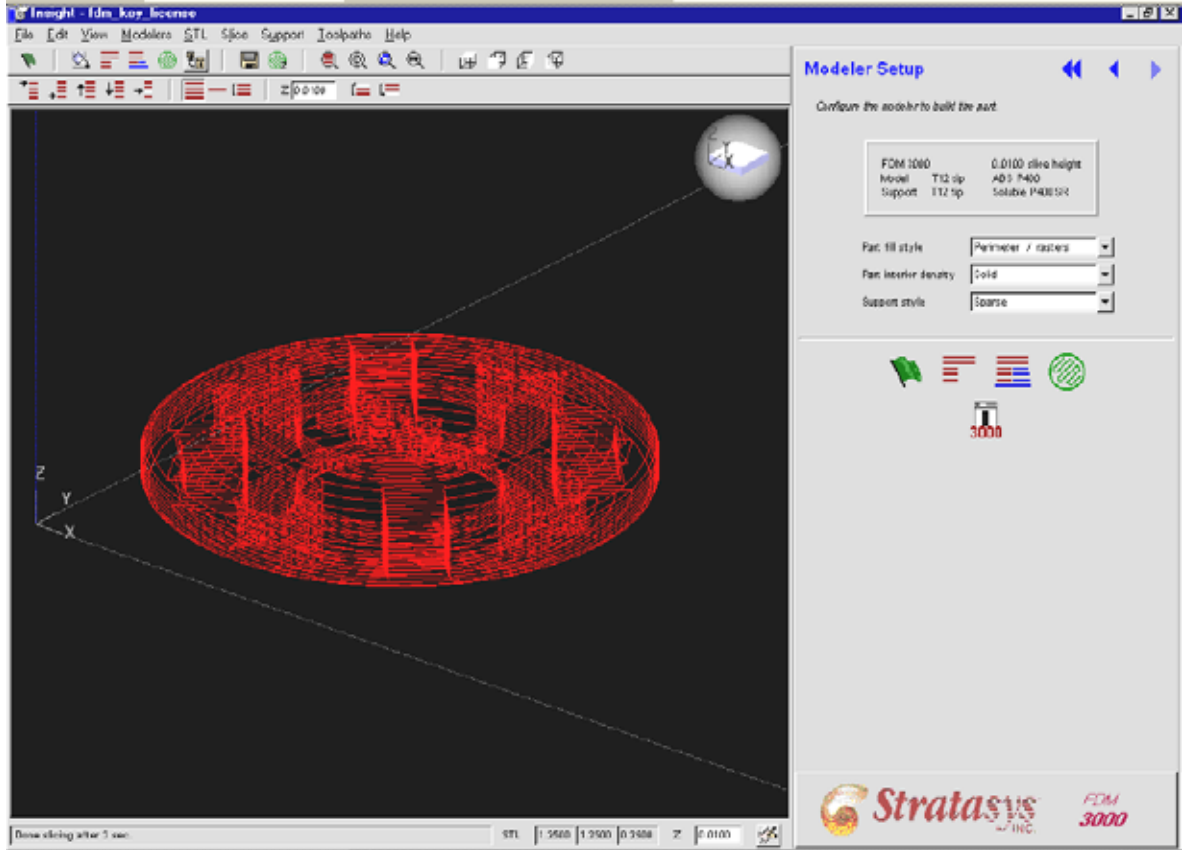
Resim 1.5: Modelin bilgisayarda görülmesi

- İnşa dilimlerinin belirlenmesinde 'slice'  komutu kullanılır. Bu komut kullanıldığında arkasından şu menü gelecektir.




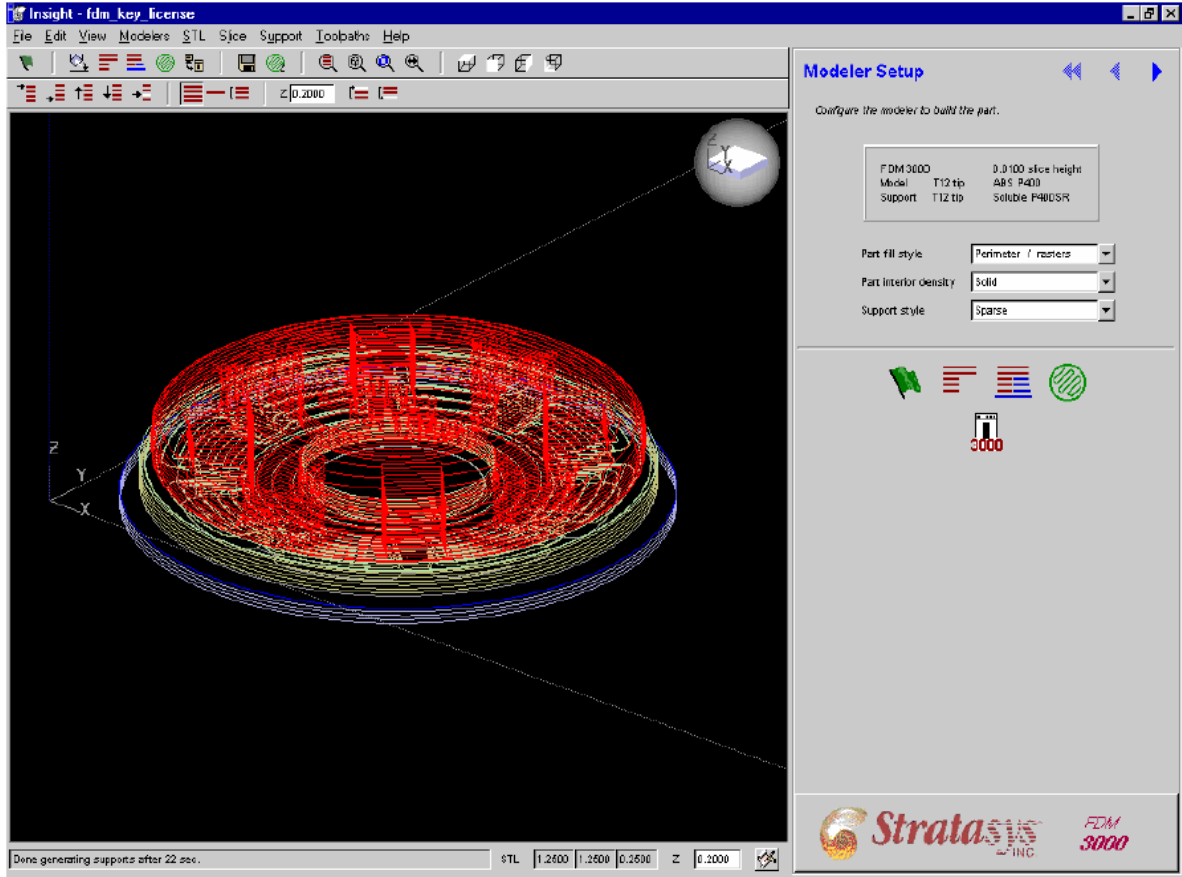
Şekil 1.12: Slice komutu altındaki menüler

- “View all slices” komutuna tıklayınca aşağıdaki görüntü meydana gelecektir. Bütün dilimler belirtilen Z yüksekliği ölçüsündedir.




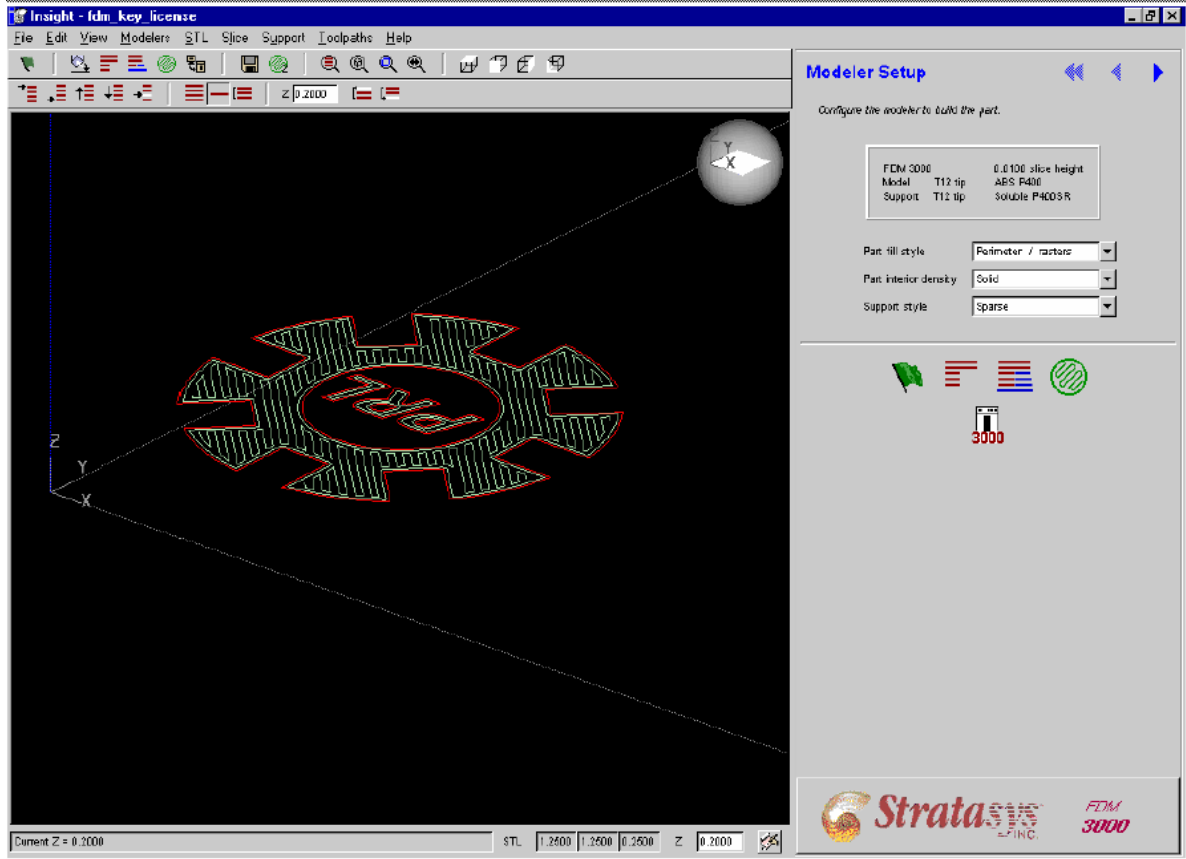
Resim 1.6: Modelin programda dilimlenmiş hali

- Sıra destek parçaların yapılmasına geldi. Bunun için  komutunun kullanılması gerekecektir. Bu komuttan sonra insight programı otomatik olarak destekleri yerleştirecektir. “View all slices” komutuna tıklandığında aşağıdaki görüntü görünecektir.




Resim 1.7: Modelin ve desteklerin programda dilimlenmiş hali

- Şimdi sıra takım yolunun belirlenmesinde. Takım yolu makine kafasının inşa esnasında takip edeceği yollar olarak tanımlanabilir. Bunun için programda  komutu kullanılmalıdır. Program otomatik olarak takım yolunu belirleyecektir. Görüntü aşağıdaki gibi olacaktır.



**Resim 1.7: Takım yolunun belirlenmesi**

- Son olarak yapılan işlemlerin kaydedilmesi gerekir. Bunun için 'file>save' komutu kullanılır.
- Bütün bu işlem basamakları bittikten sonra tasarım tezgaha gönderilir. Bunun

için bilgisayardaki 'built'  komutu kullanılır.

## 1.8. Makineyi Çalıştırma

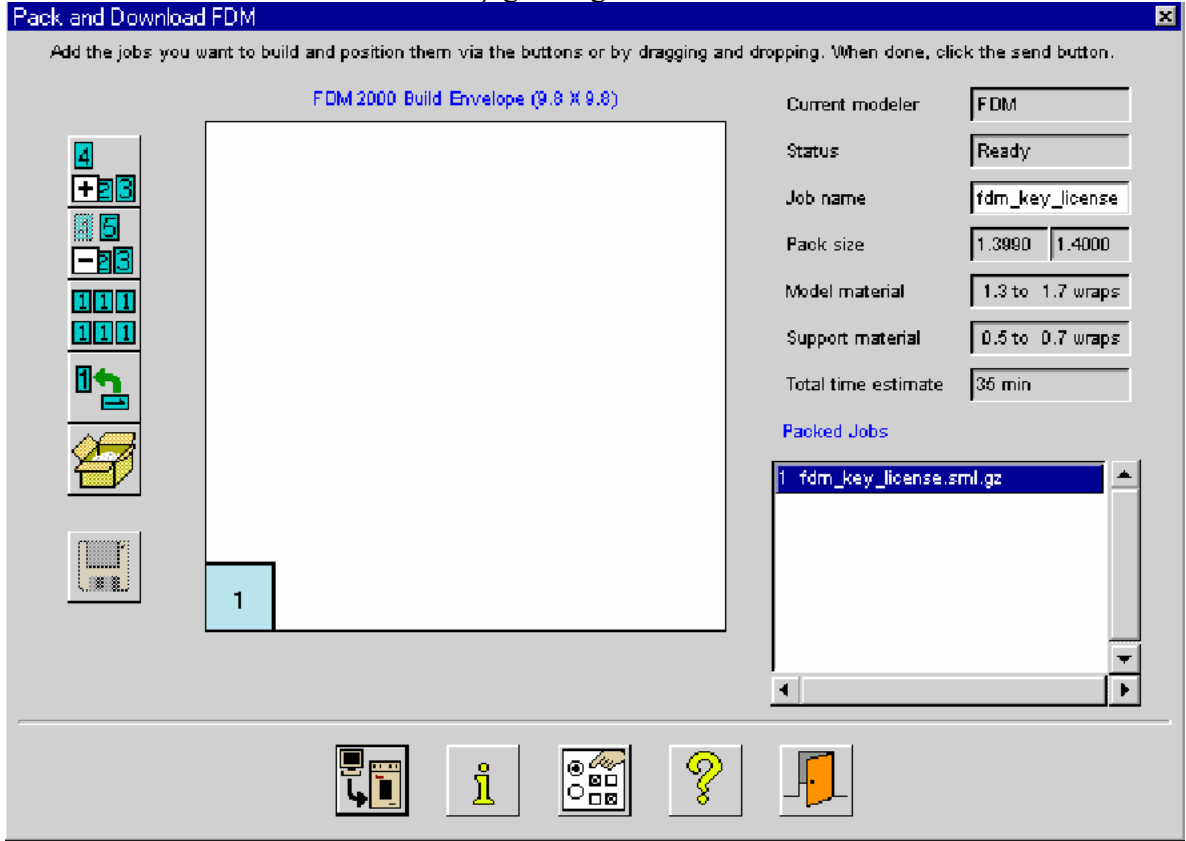
- Makinenin gücünü açınız.
- Makine ve bilgisayar arasındaki bağlantıyı kontrol ediniz.
- Ekranda hata görünmediğine dikkat ediniz.
- Makinenin boşta durduğuna emin olunuz (pause butonunun yanması gerekir).
- FDM makinesini ve model-destek malzemesini uygun sıcaklığa getiriniz.
- Malzemenin yüklü olduğuna dikkat ediniz.
- Makine taban plakasının temizliğine dikkat ediniz.

- Plaka üzerine modelin kolay kalkması için ince tabakalı köpük malzemeyi kullanınız.
- Makine kafasının başlayacağı orijin noktasını ayarlayınız.
- Makine üzerindeki üç gösterge malzemelerin sıcaklıklarını ve plakanın sıcaklığını gösterir. Bu sıcaklıkların işleme başlamadan önce istenilen değerde olması gerekir. FDM 2000 makinesi için yüklenen malzeme ABS 400 ise sıcaklıklar şu şekilde olmalıdır.

Model: 270 °C      Destek: 265 °C      Zarf: 70 °C

Ancak kullanılan malzeme ve makine değişirse bu değerler de değişebilir.

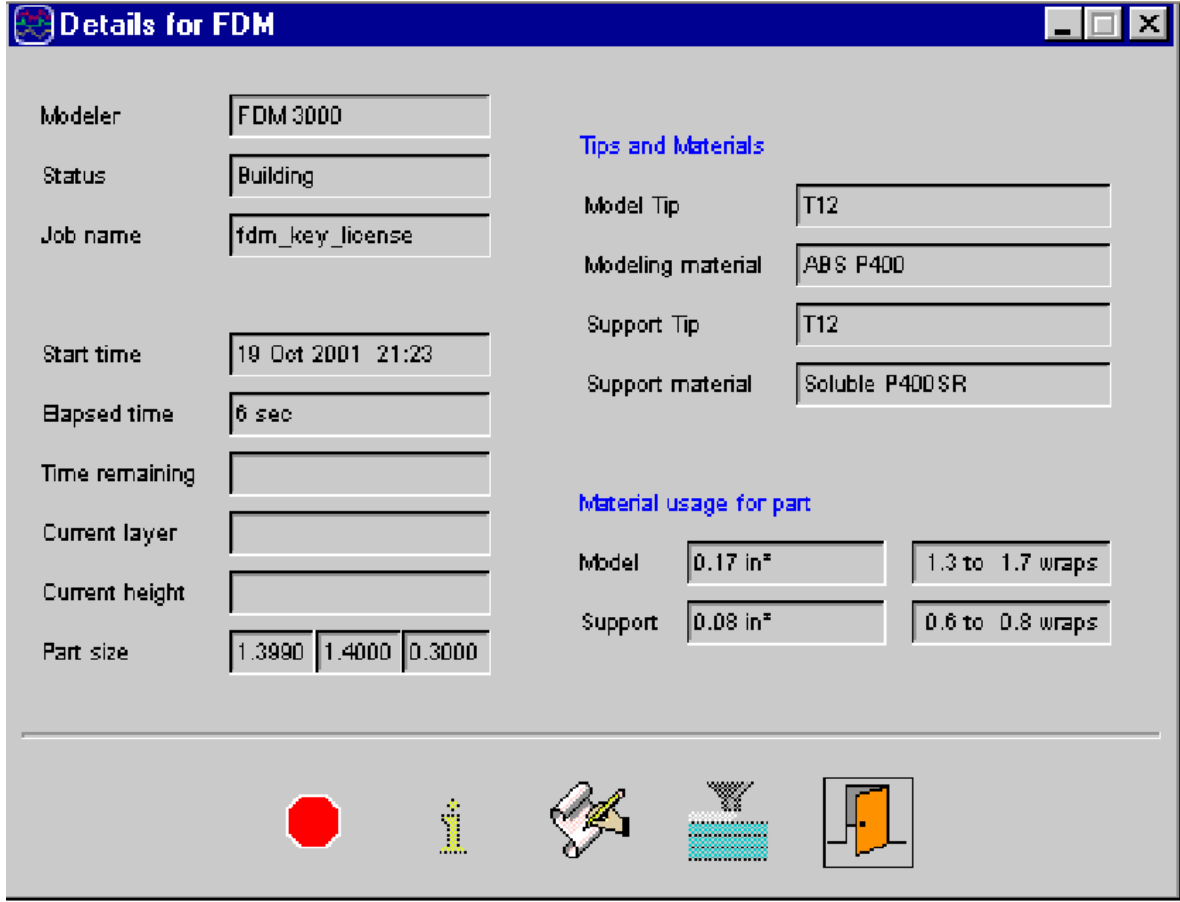
- Makineye bilgisayardan ‘Built’ komutuyla gönderdikten sonra FDM makinesinin ekranında aşığıdaki görüntü belirir.



**Resim 1.8: Verileri makineye gönderme sırasında makinenin ekranında beliren pencere**

Bu görüntü makinenin platformunu gösterir. Sol alt köşe ise modelimizin durduğu yeri varsayılan olarak belirtir. Orijini istediğiniz yere hareket ettirebilirsiniz. Ayrıca bu pencere aynı modeli çoğaltmanıza da yarar. Aynı parçanın kopyalarını da modelleyebilirsiniz. Burada işleminiz bittikten sonra ‘Send’ butonuna tıklayınız. Elbette bu butona tıklarken tezgahın kapısının kapalı ve mandallı olmasını dikkatinizden kaçırmayın. Daha sonra detay penceresini göreceksiniz.





**Resim 1.9: Modelin makineden ıspatula ile alınması**

Bu pencere bütün işlem boyunca ekranda kalacak ve operatöre işlemin zamanı ve malzeme kullanımı hakkında daima bilgi verecektir.

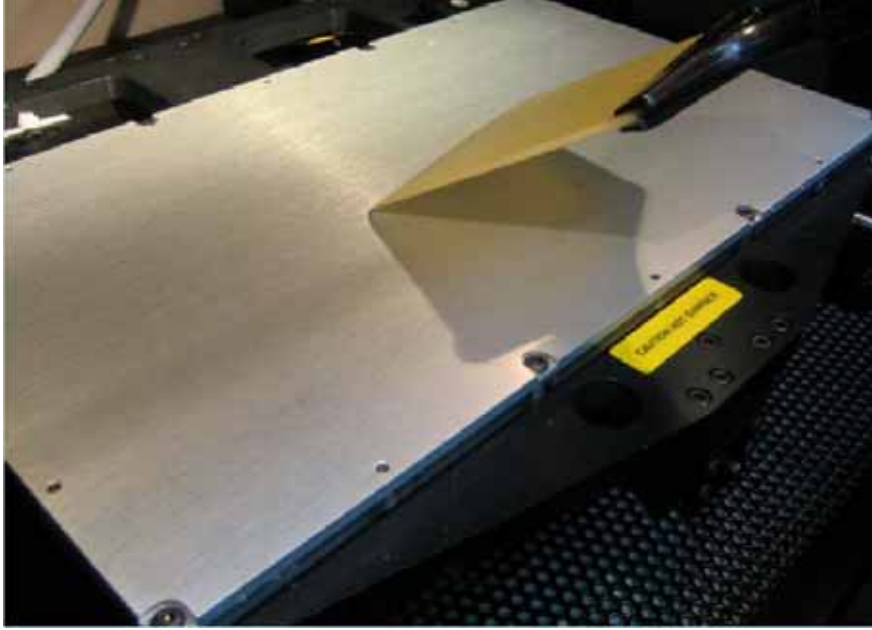
Daha sonra tezgah kafasının kalibrasyonu için pause butonuna basılır makine çalışır. Eğer istenilen orijin elde edilmişse pause butonuna basılarak işlem tekrar durdurulur.

Dikkat edilirse “stop”, “go” ve “reset” butonları pek kullanılmıyor. Bu butonlar ancak istenmeyen durum olduğunda kullanılır.

## 1.9. İşlem Bitince Modeli Makineden Alma

Modelleme işlemi başarılı bir şekilde tamamlandıktan sonra aşağıdaki adımlar uygulanacak model tezgahtan alınır.

- Isı ayarlarını düşürünüz. 70° (Model), 70° (Destek), 40° (Zarf). Isı düşmeden makineyi kapatmayınız.
- Köpük plakasını kaldırınız. Daha sonra modeli köpükten kaldırınız. Bunun için bıçak veya ıspatula kullanabilirsiniz.
- Modeli aldıktan sonra platform üzerini çapaklardan temizleyiniz.



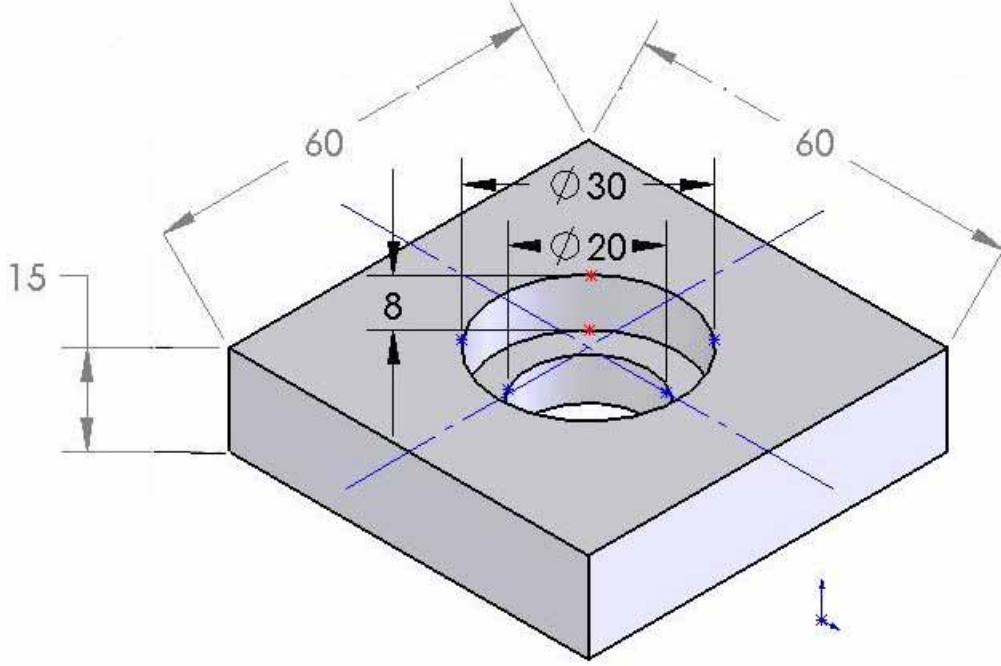
**Resim 1.10: Modelin makineden ıspatula ile alınması**



**Resim 1.11: Makinenin apaklardan temizlenmesi**

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki modeli yığma yöntemiyle modelleyiniz.



### İŞLEM BASAMAKLARI

- Modeli katı olarak çiziniz.
- Modeli .stl formatına dönüştürünüz.
- Modeli .stl formatında makineye gönderiniz. Modeli inşa etmek için gerekli olan parametreleri belirleyiniz.
- Makineye bağlı bilgisayardan modeli kontrol ederek koordinat sistemini belirleyiniz.
- Dilimleme işlemini yapacağınız modelin hassasiyetine göre yapınız.
- Makineyi çalıştırarak işe başlayınız.
- Modeli makineden dikkatlice alınız.

**Dikkat!**

Bu işlemleri öğretmeninizle birlikte gerçekleştiriniz.

İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Katı model tasarlayabileceğiniz yazılımları belirleyiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yazılımı belirlerken daha önce kullanmış olduğunuz programları seçebilirsiniz.</li> <li>➤ Farenin daha verimli kullanılacağı programları tercih ediniz.</li> <li>➤ Programınızın parametrik (geri düzeltme olanağı) olmasına dikkat ediniz.</li> <li>➤ Programınızın katı modelini teknik resim haline çevirebilmesine dikkat ediniz.</li> <li>➤ Programınızın analiz ve imalat modüllerinin de olması tercih sebebi olabilir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ .STL formatını bilgisayar destekli çizim programında nasıl elde edersiniz?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bilgisayar destekli çizim programında farklı kaydet "save as" komutunu dikkatle inceleyiniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Damlacık püskürtmeli oto inşa işleminde size uygun cihaz seçimi için dikkat edilecek özellikleri belirleyiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Makinenin hassasiyetlik derecesini belirleyiniz.</li> <li>➤ Yapacağınız işe göre kullanacağınız malzemeleri seçerken dikkatli olunuz. Her makine her malzeme ile alışmamaktadır. Buna dikkat ediniz.</li> <li>➤ Yapacağınızın işin boyutları da sizin seçeceğiniz makine açısından size bilgi verebilir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sıvayarak modelleme işleminde modeli makinenden alırken nelere dikkat edersiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Makinenin sıcaklığını unutmayınız.</li> <li>➤ Makinenin işlemini bitirdiğinden emin olunuz.</li> <li>➤ Modeli platformdan kaldırmak için gerekli aletleri unutmayınız.</li> </ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Karışık modelleri bilgisayar ortamına sokmak ve ölçekleme yapmak için kullanılan cihazlar aşağıdakilerden hangisidir?  
A) FDM 3000  
B) Koordinat ölçme (CMM)  
C) Invision  
D) Model maker
2. Damlacık püskürtmeli modelleme teknolojisi ile ofis ortamında model yapmak istediğinizde hangi cihazı tercih edersiniz?  
A) Solidscape  
B) Sanders  
C) FDM 1650  
D) 3D system
3. Damlacık püskürtmeli cihazlarda cihazın hassasiyetini belirleyen özellik aşağıdakilerden hangisidir?  
A) İnşa zarfı  
B) Katman kalınlığı  
C) Detay büyüklüğü  
D) Meme (Jet) sayısı
4. FDM 3000 cihazında malzeme kontrolünü nerden yaparsınız?  
A) Kartuşlardan  
B) Tezgah makarasından  
C) Cihazın kontrol panelinden  
D) Ekstrüzyon kafasından

Aşağıda boş bırakılan boşlukları uygun kelime ile doldurunuz.

5. ....teknîği, akışkan halde olan inşa malzemesi bilgisayar kontrollü tezgah yardımıyla bir veya birden fazla memelerden püskürtülen damlacıkların bir yüzeye katmanlar inşa edilmesiyle uygulanan bir tekniktir.
6. Çoğunlukla (memeden çıkış öncesi veya sonrası) sıcaklıkla eritilerek sıvı hale getirilmiş polimer (wax - mum) inşa malzemesi kullanılır ve sertleşme ..... veya ..... ışınlarla gerçekleşir.
7. FDM cihazlarında .....programı kullanılır.
8. FDM işlemlerinde .....destek sisteminde destek malzeme modelden kırılarak çıkartılır.

9. FDM teknolojisinde, elle ulaşılması ve temizlenmesi zor veya imkansız dar aralıklardan kolayca çıkarılabilen su banyolu sisteme ..... destek sistemi denir.
10. FDM tezgahında malzeme veya destek malzeme akışını görmek ve denemek için ..... komutu kullanılır.

## KONTROL LİSTESİ

Aşağıdaki önermeleri evet veya hayır ile cevaplayınız.

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Damlacık püskürtmeli cihazlarda destek malzemesi kırılarak model üzerinden çıkarılır.		
2	Stl formatında model üçgensel parçaların bir araya gelmesiyle oluşmuştur.		
3	Suyla destek malzemesinin çözümlenmesine BASS sistemleri denir.		
4	Tezgahtaki model ve destek malzemelerin kontrolü bilgisayardan yapılır.		
5	FDM cihazları insight isimli bir yazılım kullanır.		

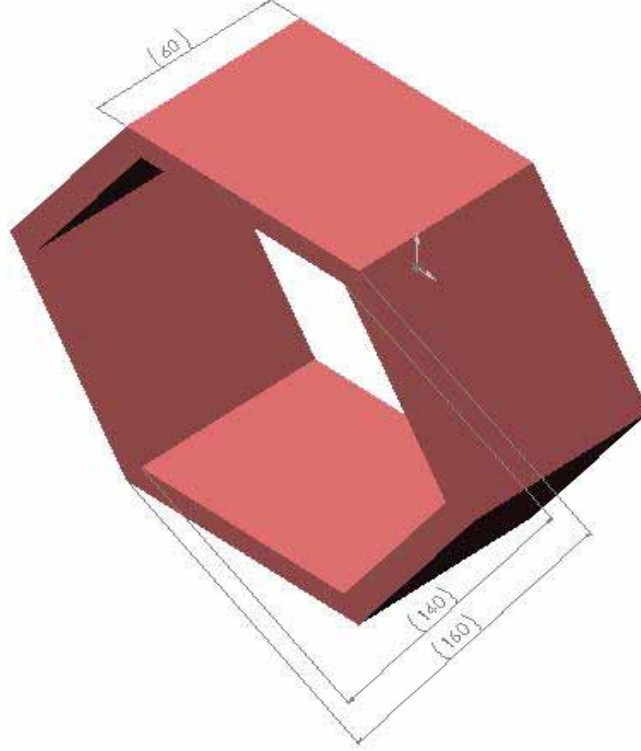
## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki resmi modelleyerek .stl formatına dönüştürüp inşa ediniz.



DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	İş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		
2	Modeli bilgisayar ortamında uygun ölçülerde katı olarak çizdiniz mi?		
3	Kullandığınız programda modeli stl formuna çevirdiniz mi?		
4	Makineye bağlı bilgisayara modelinizi aktardınız mı?		
5	Bilgisayarda öngörülen parametreleri girdiniz mi?		
6	Koordinat düzleminizi seçtiniz mi?		
7	Tezgâhınıza uygun malzeme kontrolü yaptınız mı?		
8	Tezgâhın ısınmasını beklediniz mi?		
9	Platform üzerine köpük koyup tezgâhı denediniz mi?		
10	Model bittikten sonra tezgâhın soğumasını beklediniz mi?		
11	Modelin destek malzemelerini dikkatlice temizlediniz mi?		
12	Temiz ve düzenli çalıştınız mı?		
13	Uygulamayı verilen sürede tamamlayabildiniz mi?		



# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Gerekli donanın kullanılarak standartlara uygun olarak laminasyon yöntemiyle modelleme yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Çalışma hayatında (iş ortamında) Laminasyon sistemi ile modellemenin avantajlarını ve dezavantajlarını araştırınız.
- Sistemde kullanılan tezgahlar hakkında araştırma yapınız.
- Laminasyon modelleme firmalarını dolaşarak araştırma ve gözlem yapınız.
- İnternet ortamında laminasyon yöntemi ile modellemeyi araştırınız.
- Araştırma ve gözlemlerinizi rapor haline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta tartışınız.

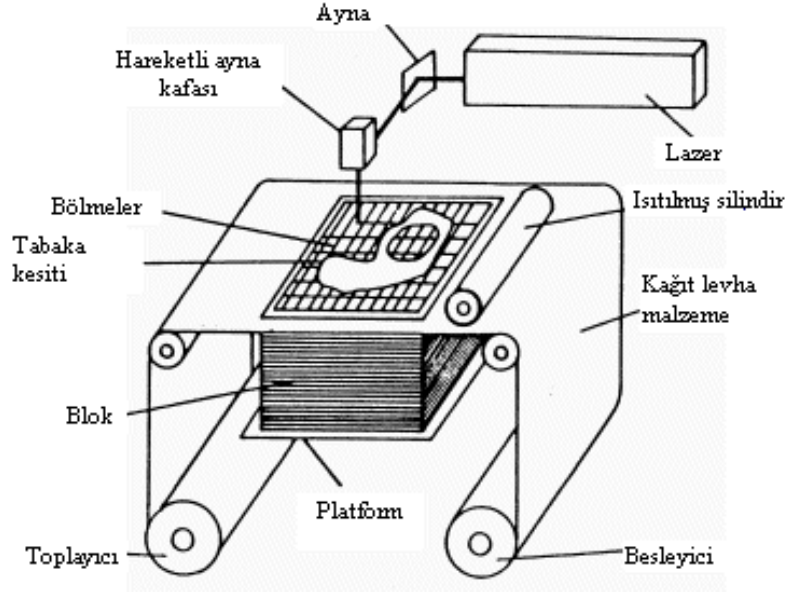
## 2. LAMİNASYON SİSTEMİ İLE MODELLEME YAPMAK

### 2.1. Laminasyon Makinelerinin Çalışma Sistemleri

Tabaka tabaka model yapım tekniğine laminasyon sistemiyle model yapımı denir. Buna kısaca LOM ( Laminate Object Manufacturing)' da denir.

Helisys adlı firmanın geliştirip sunduğu bu yöntemde, tabakaları kesme ve bunları yapıştırma prensibi uygulanır.

Her tabaka, yüzeyi altındaki bir yapıştırıcının silindir tarafından ısıtılarak basılması suretiyle bir önceki tabakaya yapıştırılır. Tabaka, takip eden dilim hatlarında bir lazer tarafından kesilir. Yapılacak modelin yapısına göre ortaya çıkan fazla malzemelerin ayrılması için model harici iç ve dış kısımlar taranır.



**Şekil 2.1: LOM sisteminin şematik görünümü**

Birçok şirket üretmek istediği parçanın tanıtılması için önce bir modele ya da prototipine ihtiyaç duyar. Bu gibi model veya prototiplerin fiziksel uygunluk ve fonksiyonellik bakımından denemeleri de gerekebilir. LOM sistemleri, daha doğru ve düşük maliyetli modelleri klasik metotlara göre daha kısa sürelerde sunabilmektedir. LOM, doğrudan üretilen parçanın BDT modelinden başka hiçbir yan elemana ihtiyaç duymadan prototipi üretebilme yeteneğine sahiptir. Sistem, girişleri STL formatında kabul etmektedir.

**Dikkat!**

FDM ve jet tipi oto inşa tekniklerinden farklı olarak, LOM sistemleri tasarlanan modellerin uygunluklarının denenmesi için gerçek parçalardan imal edebilmektedir.

### 2.1.1. İşlem Sırası

Kâğıt malzeme, tabakanın bir önceki tabakaya yapıştırılması için işleme bölümüne gönderilir. Daha sonra ısıtıcı silindirin tabakalanmış kısmın üzerinden geçmesi ile sıkıştırma ve ısıtma işlemleri birlikte yapılmış olur. İşlem tamamlandıktan sonra, ısıtıcı silindir ilk pozisyonuna geri çekilir. Sonra bir CO<sub>2</sub> lazer ışını ile yapıştırılmış tabaka BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) sisteminde oluşturulmuş kesitteki iç ve dış profilleri verecek şekilde kesilir. Kesmenin tamamlanması ile tabla Z ekseninde yavaşça aşağıya iner. Malzeme ileri doğru beslenir ve tabla Z ekseninde tekrar işleme konumuna gelir. İşlem, tüm bu aşamaların parça bitimine kadar tekrar edilmesiyle tamamlanır.

### 2.1.2. Hazırlama

LOM Slice yazılımı BDT dosyasını STL formatına çevirir, makinenin kullanacağı verileri otomatik olarak oluşturur. LOM sistemi yazılımı, makinayı ve dilimleme işlemini kontrol eder.

LOMSlice, windows NT işletim sisteminde çalışır ve dosyaları STL olarak (ikili (Binary) veya ASCII kodunda) alır.

### 2.1.3. İşleme

İşleme aşamasında, yapıştırıcılı kaplama malzemesi ince tabakalar şeklinde istenilen kesit formunda kesilir. İşleme çevrimi aşağıdaki adımları içerir.

- **LOMSlice** yazılımı 3D modelin bir kesitini, yüksekliğini ve yatay düzlemde dilimleme işlemlerini gerçekleştirir. Yazılım kesiti, görüntüleri ve parça çevresini bir destek yapısına çevirir.
- Bilgisayar, kesitteki dış hatları ve daha sonra da iç kısımları tarayabilmesi için lazer ışınını odaklama bilgilerini içerir. Lazer ışınının gücü bir tabaka kalınlığında bir kesme derinliği meydana getirecek şekilde oluşturulur.
- Platform işlenmiş tabakalarla alçalarak yeni tabaka malzemenin alınması pozisyonuna gelir. Platformun yükselmesi ile ısıtılmış silindirik tabaka üzerinden geçerek, basınç ve sıcaklık yardımıyla tabakanın bir öncekine yapışmasını sağlar.
- Düşey konum ölçücü, tabakaların yüksekliğini ölçer ve bu bilgiyi LOMSlice yazılımına iletir. Daha sonra tabaka, modelin kesitteki formuna getirilmesi için hesaplanır. Bu çevrim parça bitinceye kadar devam eder. Parça bittiğinde dikdörtgen bir blok içerisine alınır.

### 2.1.4. Son işlem

Bu aşamada parçadaki destek malzemesi temizlenip parçanın son işlemleri yapılır. İşlem aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir.

- Metal platform ve yeni üretilmiş parça LOM makinesinden alınır.
- Bir bıçak yardımıyla parça içerisinde bulunduğu bloktan ayrılır.
- Parçanın belirli kısımlarında kalan malzeme ağaç işleme aletleri ile temizlenir.

Anlatılan bu teknolojiye katmanlar, (istenilen inşa hassasiyetine ve hızına bağlı olarak) yeterince ince tabakalar halinde olan katı haldeki bir malzeme ile inşa edilir. Tabaka halindeki bu malzemenin çeperlerinin gerektiği gibi kesilmesi ve bir önceki katmana yapıştırılmasındaki sıralamaya bağlı olarak ise iki farklı gruplandırma yapılabilir:

Yapıştır + Kes tekniğinde, her tabaka, bir önce inşa edilmiş olan katmana yapıştırdıktan sonra çeperleri kesilir.

Kes + Yapıştır tekniğinde ise, tabakalar önce gerektiği gibi çeperlerinden kesilir ve sonra da bir önceki katmana yapıştırılır. Yapıştırma için genellikle katmanlar arasında farklı bir yapıştırıcı malzeme kullanılır.

Yapıştır + Kes tekniğinde, kullanılmayan malzeme inşa sırasında destek rolü üstlenir. Fakat inşa sonrasında ayırmak güç olmasın diye inşa sırasında bu kısımların küçük parçalara bölünmesi gerekir. Kes + Yapıştır tekniği ise destekleme için ayırması kolay, farklı malzemeler kullanmaya daha müsaittir.

Tabaka malzemesi olarak kâğıt, plastik, köpük, metal kullanılabilceği gibi sinterleme sonrası tam yoğunluk elde edilebilecek, seramik veya metal tozu emdirilmiş malzemeler de kullanılabilir.

Şimdi laminasyon makinelerine bir göz atalım.

Lom makinelerinin donanımı temel olarak 6 kısımdan oluşur;

- **Kontrol konsolu:** Bu kısım, Kablo yardımıyla kabine bağlıdır. Konsol bilgisayar kontrol sisteminin ve lazer soğutucu sistemin içinde bulunduğu bir kısımdır. Bilgisayar makineye BDT dosyalarının gönderildiği kısımdır. LOM makineleri kesim işlemi için lazer kullandığı için bu lazerin soğutulmasında devir daim yapan bir su kullanılır. Bu soğutucu kısım konsolun alt tarafında bulunur.
- **Kabin:** Sistemi kapatan çeşitli kapılardan oluşur.
- **Lazer kesici sistemi:** Lom makineleri 25 ve 50 wattlık CO2 lazer kullanır. Lazer kesici sistemi XY pozisyonlarında merceklerle ve ayna ile hareket eden bir mekanizmaya sahiptir.
- **Kâğıt besleme sistemi:** Kabin içerisinde bulunan bu sistem iki tane makaradan oluşur. Kâğıt besleme makarası makinenin içerisine kâğıt göndermekle görevlidir. Kâğıt sarma makarası da makinenin kestiği artık kâğıtları sarmakla görevlidir.
- **Laminasyon sistemi:** Bu sistem her yeni tabaka için ısı ve basıncı kullanarak tabakaları birbirine yapıştıran sistemdir. Sistem basit olarak bir ısıtıcı ve iki sınır belirleyici kontakten oluşur. Isıtıcı bir merdaneden ibaret olup her yeni tabaka yapışkanlı kâğıt için sağa ve sola hareket eder. Bu şekilde hem ısıtır hem de kâğıt üzerinde basınç uygular. Sınır belirleyici kontaklar ise merdanenin çok uzun mesafelere gitmesini önleyip merdaneyi sadece çalışma platformunda tutmaya yararlar.
- **Z-tabla sistemi:** Bu sistem asansör görevini görür. Platform üzerinde her yeni tabaka inşa edildiğinde Z tablası tabaka kalınlığı kadar aşağıya iner. Yine Z tablasında sınır belirleyici kontaklar vardır.

Lom teknolojisinde kullanılan çok sayıda makine vardır. Şimdi bunları kısaca tanıyalım.

**1-Helisys LOM Makineleri: LOM, (Laminated Object Manufacturing) teknolojisinde, yapıştır + kes tekniğine dayalı helisys model makinelerde modelleme işlemi genel olarak şu adımlardan meydana gelir.**

- Herhangi bir BDT yazılımıyla model tasarlanıp .stl formatında bir dosyaya dönüştürülür.
- Dosya, Lom kontrol bilgisayarına gönderilir.
- Bilgisayarda dış çeperler ve tabakalar tanımlanır.
- Model katman katman inşa edilir. Yeni bir katman kâğıt gelip sıcak bir merdane ile bir önceki katmana yapıştırılır. Yapışma, kâğıdın alt yüzeyinde bulunan polimer yapıştırıcının erimesi ile gerçekleşir.
- Daha sonra kâğıt, bir CO2 lazer kullanılarak çeperlerinden kesilir. Bu lazer X, Y koordinat düzleminde çalışır. Model makinelerde 25 Watt, LOM 2030 model makinelerde ise 50 Watt kapasiteli lazerler kullanılır.
- Artık malzemeler model üzerinden kaldırılır.
- Model gerekirse sinterleme, polisaj veya vernikleme gibi işlemlerle modifiye edilir.



**Resim 2.1: Helisys firmasının 2030H model makinesinin görünümü**

Helisys LOM teknolojisi ile kâğıt ve yapıştırıcıdan imal edilmiş bir insan kemiği modeli, seramik tozu yüklenmiş kâğıt kullanılıp inşa sonrası fırında sinterlenirse direkt olarak insan vücudunda kullanılacak protezler imal edilebilir. Hatta kemiğin iç malzeme yapısı istenildiği gibi kontrol edilerek mukavemet ve biyolojik uyumluluk açısından optimum bir sonuca ulaşılabilir.

Helisys firmasının ürettiği iki makinenin özelliklerinin inceleyelim.

### LOM 1015 modeli

- Çalışma hacmi:** 14,5", 10", 14"  
**Hassasiyet:** 0,010"  
**Lazer:** 25 Watt CO2, 0,010" - 0,015" ışın çapı, 15 inç/sn. Kesme hızı  
**Kontrol bilgisayarı:** Özel yazılımlı IBM PC  
**Veri formatı:** STL  
**İletişim:** Ethernet  
**Malzeme:** Kâğıt, polyester vb. kalınlık 0,002"-0,020", malzeme yuvarlanma çapı: 3"-17" malzeme genişliği 13,5"  
**Makine boyutları:** 44" uzunluk, 40" genişlik ve 45" yükseklik  
**Güç:** 115V AC, 15 A, 60 Hz.  
**Çevre koşulları:** Havalandırılmalı alanlar.

### LOM 2030 modeli

- Çalışma hacmi:** 32", 22", 20"  
**Hassasiyet:** 0,010"  
**Lazer:** 50 Watt CO2, 0,010" - 0,015" ışın çapı, 24 inç/sn kesme hızı  
**Kontrol bilgisayarı:** Özel yazılımlı IBM PC  
**Veri formatı:** STL  
**İletişim:** Ethernet  
**Malzeme:** Kâğıt, polyester vb. kalınlık 0,002"-0,020", malzeme yuvarlanma çapı: 20" malzeme genişliği 32"  
**Makine boyutları:** 81" uzunluk, 60" genişlik ve 57" yükseklik  
**Güç:** 220V AC, 20 A, 60 Hz.  
**Çevre koşulları:** Havalandırılmalı alanlar.



Resim 2.2: Helisys 2030E model makinenin görünümü





**Resim 2.3: 2030 E model makinenin inşa etmiş olduğu krank mili modeli**

**2-Kira Corp. Makineleri:** CNC tezgah üretimi konusunda geniş bir ürün yelpazesine sahip olan Kira Corp., 1992 yılında oto inşa teknolojileri konusunda çalışmalara başlamış ve 1994 yılında ise ilk ticari cihazını üretmiştir.



**Resim 2.4: Kira makinesinin görünümü**

Kira makinelerinin, Helisys LOM teknolojisinden farkları şunlardır;

- Lazer yerine bir bıçak ile kağıdın çeperleri kesilir.
- Rulo halinde olan, bir yüzü yapıştırıcılı kâğıt yerine A3 ebadında düz kâğıt kullanır.
- Yapıştırıcı özelliğine sahip bir toner lazer yazıcı prensibi ile sadece gerekli yerlere tatbik eder, bu sayede destek malzemesinin ayrıştırılması daha kolay olur.
- Yapıştırma için sıcak bir rulo yerine sıcak bir press ile yüzeye basılır.

Kira KSC-50 model makinenin özellikleri şunlardır;

**Malzemesi:** Kâğıt

**Model Boyutları:** 400 mm x 280 mm x 300 mm (15,7" x 11,0" x 11,8")

**Hassasiyet:**  $\pm 0,2$  mm ( $\pm 0,008$ " )

**Çıktı hızı:** 1 tabaka/dakika

**Güç:** 3 fazlı voltaj AC 220 V  $\pm$  10V, 50/60Hz

**Çevre koşulları:** Sıcaklık: 10-30 derece, Nem: %35-75 RH

**Ağırlık:** Yaklaşık 600 kg

**Makinenin boyutları:** 2130 mm x 1000 mm x 1400 mm (83,9" x 39,4" x 55,1")

**3-Solidimension Makineleri:** Solidimension sistemlerini Japonya'da bir firma yapmaktadır. Makineleri hakkında fazla bilgi bulunmamaktadır.

A SD300 modelinin özellikleri ve çalışma sistemi şu şekildedir;

B rulo halinde yüklenen plastik malzeme özel bir kimyasal malzeme tatbikiyle yüzeye yapıştırılır ve ardından çevresi bıçakla kesilir.

C Yapışmaması gereken destek malzemesi yüzeylerine ise yapıştırıcının etkisini durduran bir kimyasal "antiglue (yapıştırılmaz)" püskürtülür.

D İnşa sonrasında destek yapısı "portakal kabuğu gibi" soyulur.

SD 300 modelinin bazı özellikleri şunlardır:



**Resim 2.5: Masaüstü solidimension makinesi**

**İnşa zarfı:** 170 x 220 x 145 mm (XYZ)

**Katman kalınlığı:** 0.165 mm

**Malzeme:** PVC (polyvinyl chloride, şeffaf)

**Hassasiyet:**  $\pm$  0.2 mm (XY)

**4-CAM-LEM Inc., Makineleri:** CAM-LEM, "Computer-Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials" yani "tabaka halindeki mühendislik malzemelerinin bilgisayar destekli imalatı" anlamına gelmektedir. Şubat 2000'den itibaren seramik ve metal parça imalat hizmetleri vermeye başlamıştır. Makineleri Kes + Yapıştır tekniği ile çalışmaktadır.



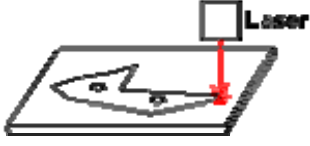


**Resim 2.6: Kes yapıştır tekniği ile çalışan CL-100 makinesi**

**CL-100** modeli otoinşa cihazı 150 x 150 x 150 mm inşa hacmine sahiptir.

CL-100 makinesi tek bir otomatik inşa çevriminde 5 farklı tip (kimyasal özellik veya kalınlık olarak) malzemeyi kullanabilir. Destek yapısı olarak ise sinterleme sırasında yanarak bünyeden atılabilen "fugitive" malzemeler kullanılır. Bu sayede inşa edilen parçalarda iç boşluklar ve kanallar oluşturulabilir. İnşa sırasında 0.1-0.6 mm veya daha kalın katmanlar kullanılır. Sinterleme sırasında, malzemeye göre %12-18 arasında değişen çekmeyi tamamlayacak şekilde parçalar biraz büyük şekilde inşa edilir.

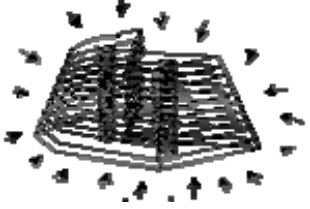
**CAM-LEM işlemleri:** 5 adımdan oluşan CAM-LEM işleminin işlem basamakları şu şekildedir:



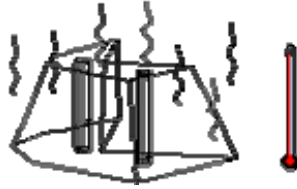
1- Lazer ile, bilgisayar kontrollü olarak seramik veya metal toz karışımı ham katmanlar kesilir.



2- Kesilen katmanlar vakumla çalışan robotlarla otomatik olarak üst üste eklenir. Aynı katmanda birden çok farklı malzeme kullanılabilir. Destek amacıyla sinterleme sırasında yanabilen uçucu (fugitive) malzemeler kullanılır.



3- "Yeşil hal" ismi verilen pişmemiş haldeki ham parçaya sıcak ortamda basınç uygulanarak katmanlar arası yapışma sağlanır. Buna "tabakalanma" ismi verilir.

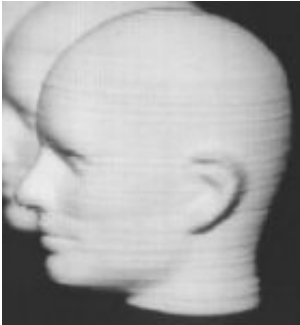


4- Parça, sıcaklık kontrollü bir fırında tam yoğunluk ve dayanıklı bir yapıya erişinceye kadar sinterlenir. Bu esnada %12-18 çekme olur.



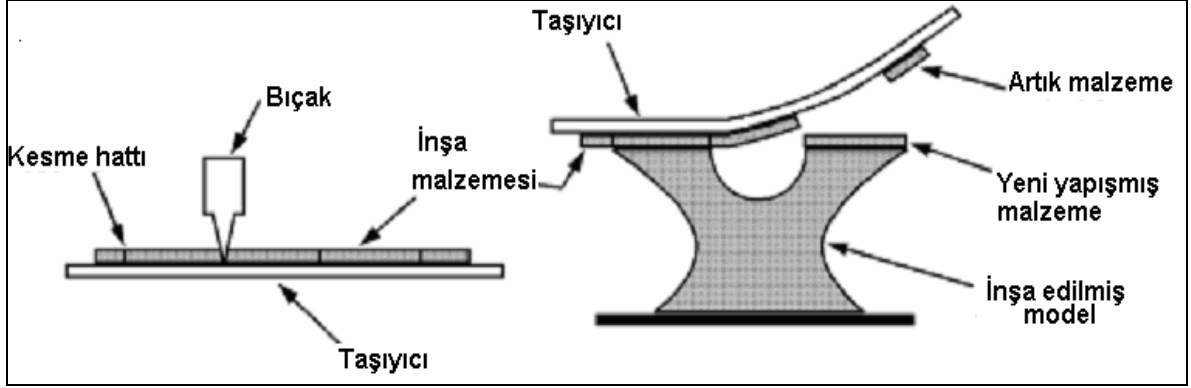
5- Sinterleme sonrası parça %100 yoğunluğa ve yüksek mukavemete erişir.

**Aşağıda,** CAM-LEM cihazıyla inşa edilmiş bazı seramik parça örnekleri görülmektedir:



**Şekil 2.1:** Kes + Yapıştır tekniğini kullanan CAM-LEM cihazının işlem sırası

## 5-Ennex Makineleri



**Şekil 2.2: Ennex makinelerinin çalışma sistemleri**

Bir bıçak (knife) kullanılarak destekleyici taşıyıcı (carrier) üzerindeki ince tabaka halindeki inşa malzemesi kesilir. Kesim sonrasında taşıyıcı şerit inşa edilmekte olan parçanın üzerine getirilerek kesilen parçalar yüzeye yapıştırılır. Sonra taşıyıcı şerit kaldırılarak yüzey bir sonraki tabakanın yapıştırılması için hazır hale getirilir.

Aşağıda, oto inşa safhasındaki bir cihazla inşa edilmiş model görülmektedir.



**Resim: 2.7: Enneks makinelerle üretilmiş araba modeli**

## 2.2. Lamine Malzemelerinin Çeşitlerini ve Özellikleri

Kâğıt, LOM işleminin en önemli malzemesidir. Kâğıt gözenekli, lifli malzemeden oluşan selülozik yapıdadır. Kâğıt hamuru, kâğıt yapımında en önemli içeriktir. Kâğıt hamuru; ağaç hamuru, geri dönmüş kâğıt, pamuk, keten, saman ve bambu gibi malzemelerin farklı oranlarda karıştırılması ile yapılabilir. Kâğıtlar gramajı ve kalınlıkları ile standartlaştırılmışlardır. Kâğıtların mekanik özelliklerini tanımlamak zordur. Genellikle kâğıtların mekanik özelliklerinde sıcaklık ve neme duyarlılık ön planda olmuştur.



**Resim 2. 8: Laminasyon işleminden çıkan bir modelin dayanım testi**

HELİSYS makineleri tabaka malzemesi olarak kâğıt, plastik, köpük, metal kullanılabilceği gibi sinterleme sonrası tam yoğunluk elde edilebilecek, seramik veya metal tozu emdirilmiş malzemeler de kullanılabilir. Fakat genel olarak kullanılan malzeme arkası yapışkanlı kâğıttır. Bu yapışkanın yapısında ısıya duyarlı polietilen malzeme vardır. Maliyeti düşüktür. Lom modellemede kullanılan malzemeler kalınlıklarına göre isimlendirilmişlerdir. Örneğin;

LPH 042, Kâğıt kalınlığı=0,0042" (0,107 mm)

LPH 082, Kâğıt kalınlığı=0,0082" (0,200 mm)

LPS 038, Kâğıt kalınlığı=0,0038" (0,097 mm)

Kira makineleri ise kendilerine özgü kâğıt kullanırlar. Bu kâğıt, toner tipi yapışkan yardımıyla yapıştırılır. Bu makineler sadece model kısmına bu yapışkandan püskürtür. Bunun nedeni işlem bitiminde artık malzemelerin model üzerinden kolayca kaldırılması içindir. Bu toner püskürtülen kâğıt malzeme 175°C sıcak pres yardımıyla diğer katmanlara yapıştırılır.

### **2.3. Lamine Malzemelerini Makineye Bağlama**

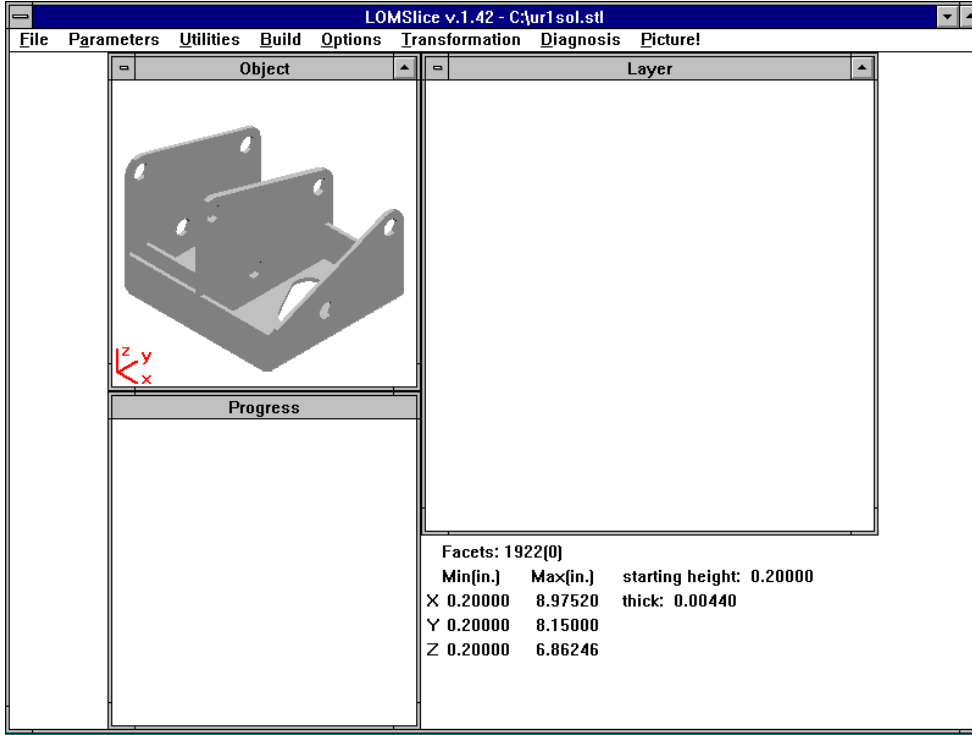
Daha önceki bölümlerde kâğıt besleme sisteminin iki makaradan oluştuğunu söylemiştik. Bu makaralar besleme ve artık kâğıt makarasıdır. Yapışkanlı kâğıtlar LOM tezgahlarına bağlanırken yeni rulo besleme makarasına bağlanıp platform üzerinde gergin ve buruşuksuz olmak kaydı ile bir ucu artık kâğıt makarasına bağlanır.



**Resim 2. 9: Helisys 2030E**

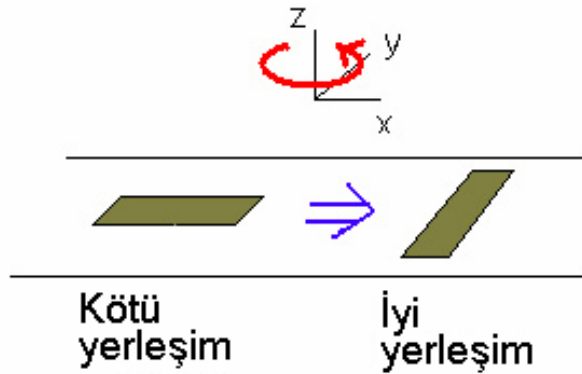
Şimdi geniş olarak helisys lom tezgahlarında tabaka modelleme işlem hazırlığını ve üretimini adım adım görelim;

- **Üretilcek modelin BDT ortamında tasarımı:** Önceki almış olduğunuz modüllerde modelleme işlemini geniş olarak gördünüz ve uyguladınız. Bu modelleme işlemi için çok sayıda BDT programı kullanılabilir. Ve referans koordinat sistemimizi belirleyip modelimizi .stl formatına yönlendirildikten sonra, bu formatta dosya 3.5" floppy diske kopyalanır.
- **Üretim öncesi hazırlık (Pre-processing):** model için uygun tezgah seçilir. Bu aşamada LOM 1015 tezgahı için işlem adımları kısaca anlatılacaktır. Elbette bu tezgahların tehlikeli olduğu unutulmamalıdır. İş kıyafetleri (önlük, eldiven, gözlük) olmadan tezgah başına geçilmemelidir.
- Tezgahın sağ tarafında ön kabin kapısı açıldığında bilgisayar görülecektir. Bu bilgisayar açılıp LOMslice yazılımı çalıştırılmalıdır. Bu yazılım bizim modelimizi makinemize göndermemize yardımcı olacaktır.
- Diskette hazırlanmış olan model bilgisayarda açılır.



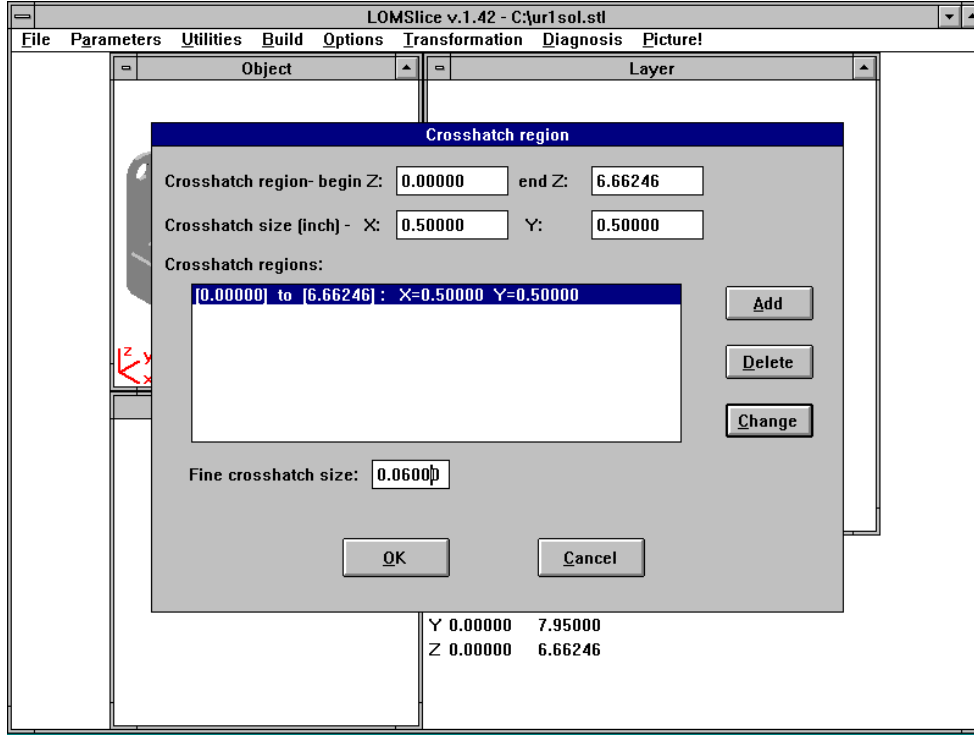
**Resim 2.10: LOMslice programının görünümü**

- Programda koordinat sistemi ayarlanır. Çeşitli döndürme, yer değiştirme işlemleri yapılır. Burada modelimizin şekilde görüldüğü gibi tezgah üzerinde uzunlamasına yerleşmesi istenmeyen bir biçimdir. Buna dikkat edilmelidir. Bütün bu işlemlerden sonra dosyayı tekrar kaydedilir.



**Şekil 2.3: Yapılacak modelin doğru yerleşimi**

- Programdan “connect machine” komutuyla makineye bağlanılır. Daha sonra program üzerinden artık (destek) malzeme üzerinde kesilecek yerlerin (modelin daha kolay çıkması için) parametreleri belirlenir. Bu işleme dilimleme işlemi denir.



**Resim 2.11: Destek malzemenin taranması için parametrelerin ayarlanması**

- Tabaka kalınlığı, platform hızı gibi verilerin belirlenmesi işi “Parameters” menüsünden yapılabilir. Tabaka kalınlığının kâğıt kalınlığı değerlerinde olduğundan emin olunmalıdır. Bizim bu işlem için bu değerimiz 0,0044” dir.

**Layer Thickness** 0.0044” (Tabaka Kalınlığı)

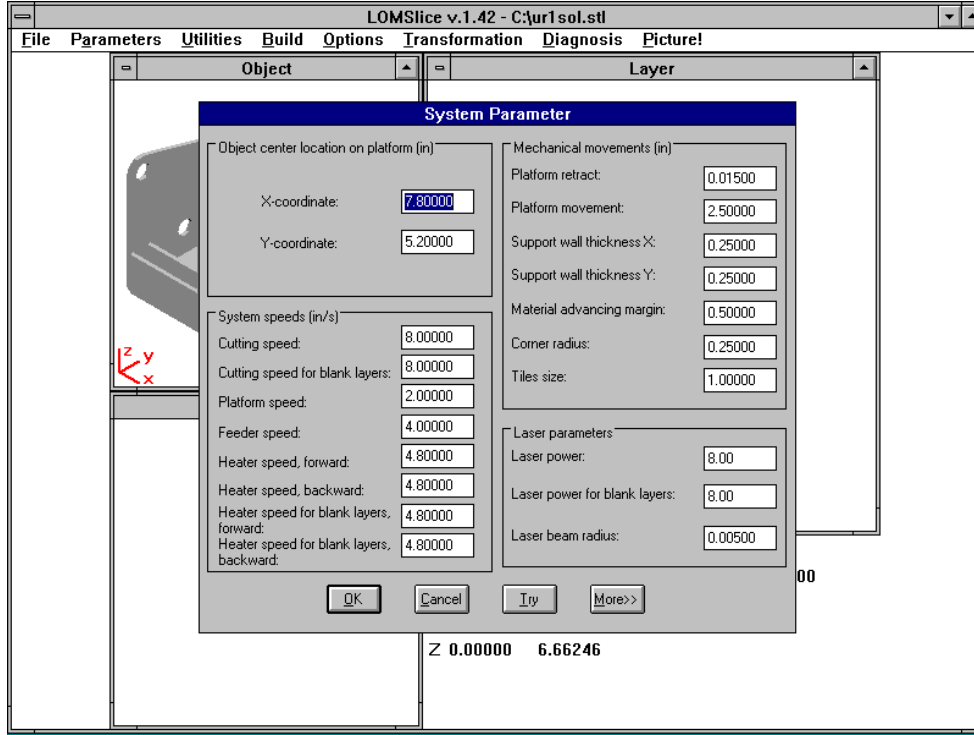
**Cutting Speed:** 8 (Kesme Hızı)

**Heater Speed:** 4.8 (Merdane Hızı)

**Material advancing magrin:** 2” (Malzeme İlerleme Parametresi)

**Laser power:** 8.0 (Lazer Gücü)

**Tiles size:** 1” (Kaplama Boyutu)



**Resim 2.12: Makine sisteminin parametrelerinin belirlenmesi**

Bu ayarlar her işlem için farklı olabilir. Ayrıca helisys LOM tezgahları İngiliz ölçü birimine göre çalışmaktadırlar.

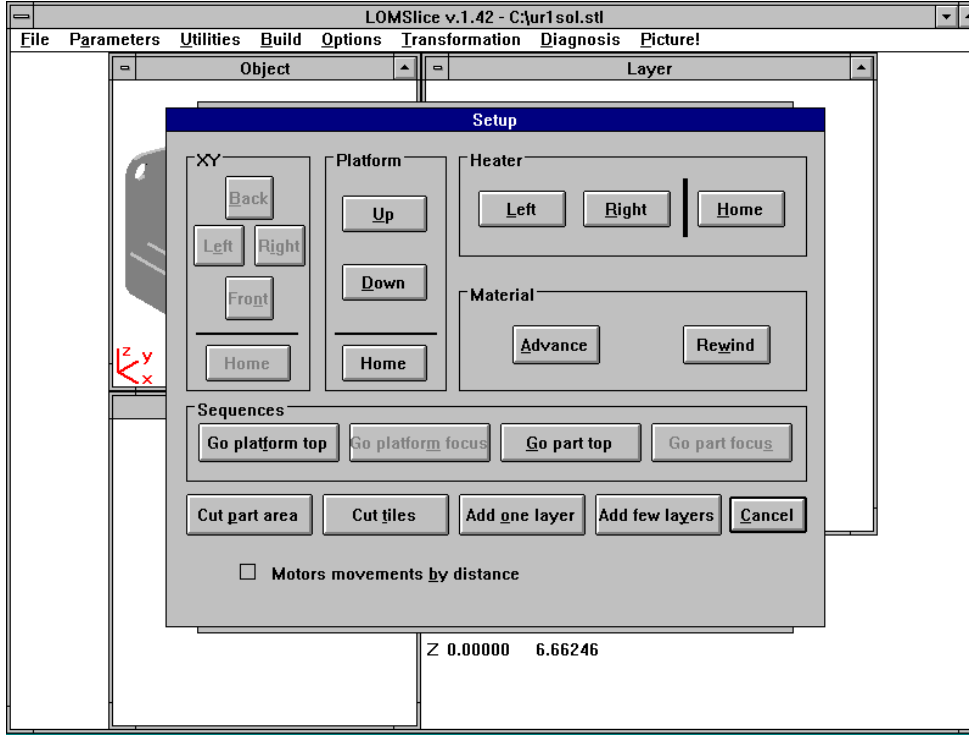
- Makinenin arkasındaki led ışıklarından makinenin yeterli ısınıp ısınmadığı kontrol edilir.



**Resim 2.13: Makinenin arka kısmının görünümü**

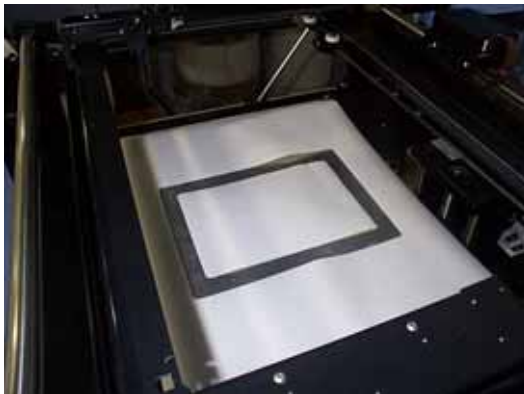
Isı yeterli seviyeye ulaştığında bilgisayarın “setup” menüsü üzerinde “**Material Advance**” butonuna basılarak kâğıt malzeme makineye sürülür.





**Resim 2.14: Kâğıt malzemenin makineye sürülmesi**

- Isıtıcı merdane ve Z-tablası, bilgisayarın “setup” menüsünden en üst seviyeye çıkartılır.
- Yine “setup” menüsünden “cut part area” komutuyla parça alanını belirlemek üzere kâğıt üzerinde bir çerçeve kesilir. Bu kesilen çerçeve çıkartılır. Yerine iki tarafı köpük malzemeden yapılan kâğıt, platform üzerine yapıştırılır. Bu işlemlerin yapılma sebebi modelin platform üzerinden kolayca kalkması içindir. Bu işlemler aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.



**Resim 2.15: Kâğıt üzerinden çerçeve kesilmesi ve iki tarafı köpüklü kağıdın kesilen kısma yapıştırılması**

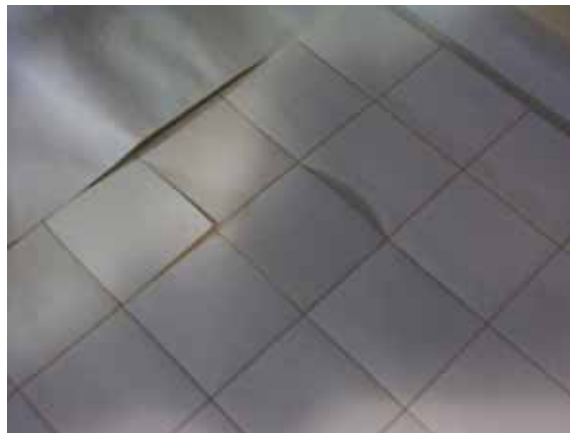


**Resim 2.16: Köpük kâğıtlar kullanıp modelleme alanının hazırlanması**



**Resim 2.17: Dış kâğıt çerçevesini kaldırma**

- Bu işlemlerden sonra deneme için “setup” menüsünden tek tabaka kesilir. Kesim kontrol edilir. Model tek tabaka halinde oluşturulacağı gibi tabakalar halinde de meydana getirilebilir.



**Resim 2.18: Deneme kesimleri**

- Model bu şekilde inşa edilir. Herhangi olumsuz bir olay gerçekleştiğinde “ctrl p” tuşlarına basılarak işlem anında durdurulabilir.
- Tabaka yığma işleminde tabaka malzemelerin kesiminde CO<sub>2</sub> lazer kullanılır. Bu tabaka malzemelerin bir yüzeyi yapışkanlıdır. Ayrıca bu metot geniş parçaların modellenmesi için elverişli bir işlemdir.
- Tabaka, malzeme besleme makarasından platform üzerinde bulunan blok yüzeyine serilir.
- Isıtılmış merdane yapışkanlı tabakayı eritir. Bu tabaka tabana yapıştırılır.
- Modelin kesiti lazer tarafından kesilir.
- Tabakanın kullanılmayan kısımları kare şeklinde kesilir. Bu modelleme işlemi bittiğinde modelin artık malzemeler içerisinden daha kolay çıkarılması içindir. Ayrıca bu kare kesitler modele destek olacak parçaların yerinde kullanılır. Bu nedenle bu işlemde ayrıca destek malzemelere gerek duyulmaz.
- Bu adımlar tekrarlanarak modelleme işlemi tamamlanır.

#### **Tabaka yığma imalatının avantajları**

- Geniş modeller için çok uygundur.
- Malzeme maliyeti çok düşüktür.
- Model fiziksel ve kimyasal değişikliklere maruz kalmayacağı gibi çekme de yapmaz.
- Diğer metotlara göre işlem zamanı daha kısadır.
- Lazer, modelin bütün yüzeyini değil sadece kesitleri keser.
- Model yapısına ekstra destek elemanı gerekmez.

#### **Tabaka yığma imalatının dezavantajları**

- Artık malzemeler tekrar kullanılamaz.
- Malzeme yönünden sınırlı malzeme kullanılır. Daha çok yapışkanlı kâğıt kullanıldığı gibi bunun yanında az da olsa plastik ve metal tabakalar da kullanılabilir.
- Modeller en çok kâğıttan yapıldığı için, tamamlanan ürünler, sıcaklıktan, nemden ve başka etkilerden korunmak için vernikle veya boyayla izole edilmek zorundadır.
- Bitirme hassasiyeti diğer yöntemlere göre iyi değildir.

## **2.4. Makineyi Güvenli Kullanma**

Modellemeye başlamadan önce tabaka yığma makinelerinin tehlikeli makineler olduğu dikkatten kaçmamalıdır. Lazer, ısıtıcı ve mekanik elemanlar oldukça tehlikelidir. Ayrıca tabaka yığma makineleri çok pahalı makinelerdir. Bu tehlikelerden kaçınmak için aşağıdaki kurallara uymak gerekir.

- Makine başındayken devamlı koruyucu gözlük kullanınız.
- Mutlaka makine kullanım kılavuzunu okuyunuz ve ondan sonra işe başlayınız.
- Modelleme bitmeden kesinlikle makinenin veya modelin herhangi bir kısmına dokunmayınız. İnşa işleminden sonra sıcaklık yaklaşık 250-260 derecedir. Parça soğumadan model makineden alınmamalıdır.

## 2.5. Modeli Makineden Alma

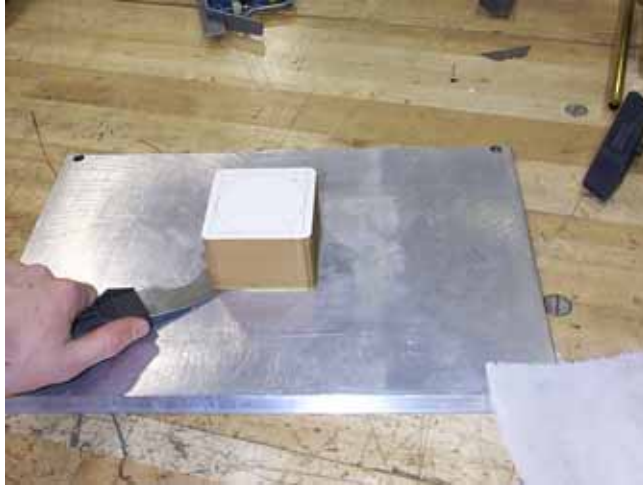
Önceki konularımızda modeli adım adım inşa etmenin ana hatları helisys makineler için anlatılmıştı. Şimdi aynı cihaz için modeli makineden alma işlemini adım adım inceleyeceğiz.

- Kauçuk mandalları çözerek tezgahın üst kapağı dikkatlice açılır.
- Alüminyum plakayı tutan civatalar gevşetilir. Plakanın soğumuş olduğuna dikkat edilmelidir.



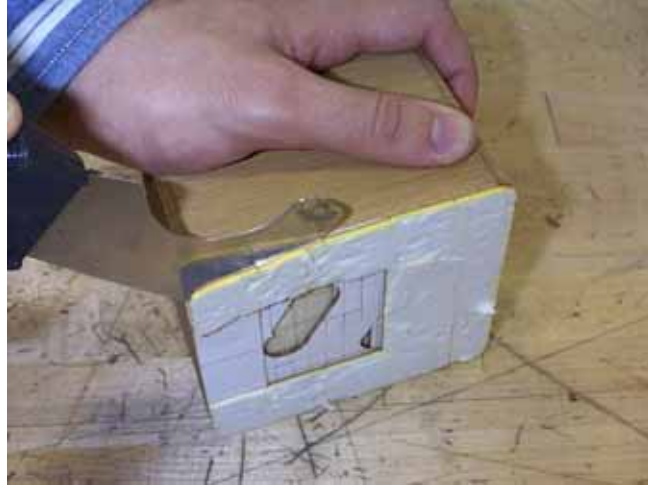
**Resim 2.19: Plakanın sökülmesi**

- Plaka sökülerek çalışma masası üzerine konulur.
- Bir bıçak yardımıyla model plaka üzerinden dikkatlice kazınır. Burada modele ve plakaya zarar gelememelidir.



**Resim 2.20: Modelin plaka üzerinden kazınması**

- Plaka, sprey yağlayıcılar sürülerek tekrar makineye yerleştirilir.
- Modeldeki işlem öncesinde yerleştirilmiş köpükler ve diğer artık malzemeler şekilde görüldüğü gibi dikkatlice temizlenir.

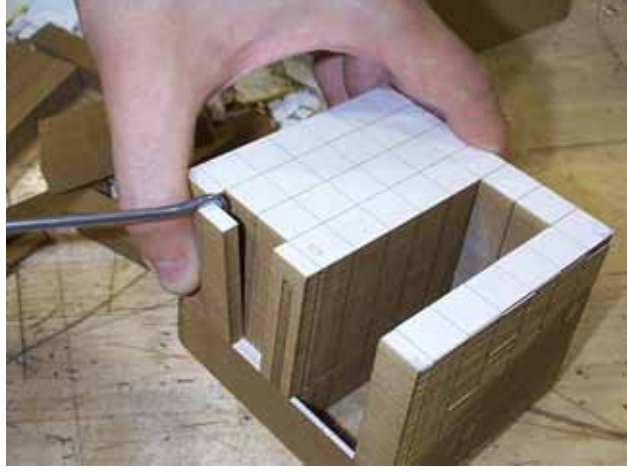


**Resim 2.21: Köpük malzemenin model üzerinden temizlenmesi**



**Resim 2.22: Model harici destek malzemelerin dikkatlice kazanması**

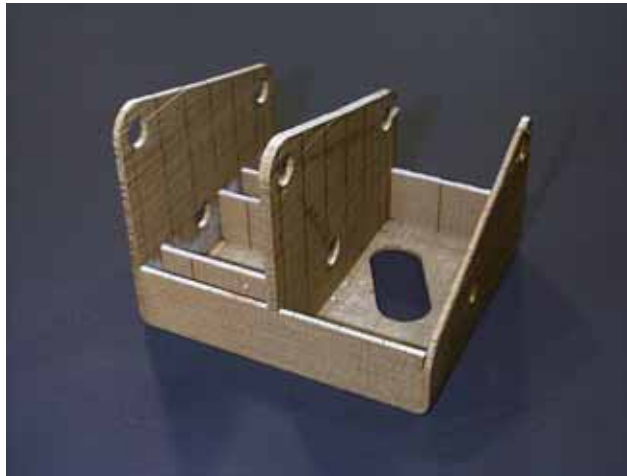
- Boşluklardaki artık malzemeler dikkatlice temizlenir.



**Resim 2.23: Boşluklardaki destek malzemelerin temizlenmesinde özel aletlerin kullanılması**



**Resim 2.24: Bitmiş model ve destek kutusu**



**Resim 2.25: Tamamen bitmiş model.**

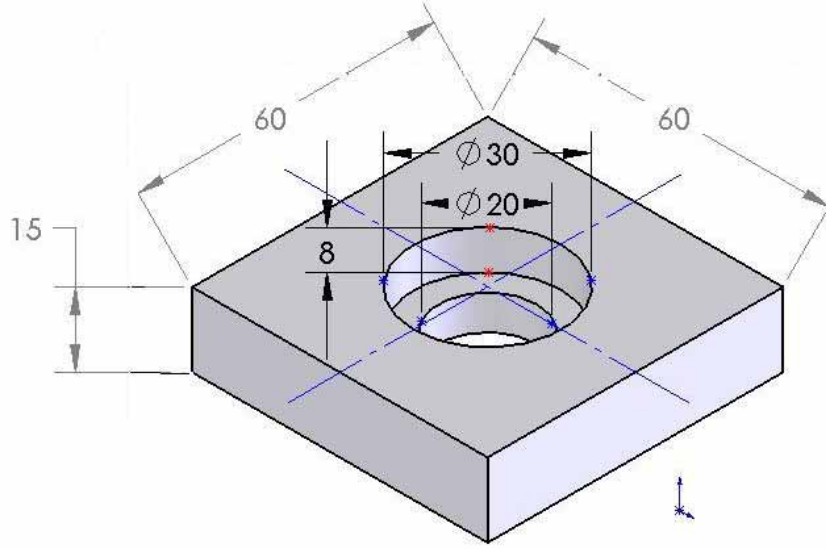
- Plaka üzeri alkol ile temizlenir, allen civatalar sprej gres yardımı ile tekrar sıkılır.
- Lomslice programından çıkılır ve bilgisayar kapatılır. Makinenin gücü kesilir. Bu şekilde model bitirilmiş olur.

## **2.6. Modele Üst Yüzey İşlemleri Yapma**

Parça bitirildikten sonra, kumlama, parlatma ve boyama işlemleri gibi klasik işlemler LOM parça üzerinde uygulanabilir. Parça; nem almaması için üretilen, epoksi veya silikon ile kaplanır. LOM parçalarında delme, frezeleme veya tornalama işlemleri uygulanabilir.



## UYGULAMA FAALİYETİ



### İŞLEM BASAMAKLARI

- Modeli katı olarak çiziniz.
- Modeli .stl formatına dönüştürünüz.
- Modeli .stl formatında makineye gönderiniz. Modeli inşa etmek için gerekli olan parametreleri belirleyiniz.
- Makineyi çalıştırarak işe başlayınız.
- Modeli makineden alınız.

**Dikkat!**

Bu işlemleri öğretmeninizle birlikte gerçekleştiriniz.



İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Katı model tasarlayabileceğiniz yazılımları belirleyiniz. Modeli katı olarak çiziniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yazılımı belirlerken daha önce kullanmış olduğunuz programları seçebilirsiniz.</li> <li>➤ Farenin daha verimli kullanılacağı programları tercih ediniz.</li> <li>➤ Programınızın parametrik (geri düzeltme olanağı) olmasına dikkat ediniz.</li> <li>➤ Programınızın katı modelini teknik resim haline çevirebilmesine dikkat ediniz.</li> <li>➤ Programınızın analiz ve imalat modüllerinin de olması tercih sebebi olabilir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ .STL formatına dönüştürünüz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Programda “save as” veya “export” komutlarını kullanabilirsiniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tasarımı .stl formatında makineye gönderiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lomslice yazılımını kullanınız.</li> <li>➤ Connect machine komutunu kullanarak makine ile bilgisayarınızı bağlantı durumuna getiriniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Laminasyon makinelerinin özelliklerini öğreniniz. Bu özelliklere göre parametrelerinizi belirleyiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Makinenin hassasiyetini, kullandığı kâğıt tipini, kesme hızını, kesici tipini vb. gibi parametreleri kullanım kılavuzunu okuyarak öğrenebilirsiniz.</li> <li>➤ Yapacağınız işin boyutları da sizin seçeceğiniz makine açısından size bilgi verebilir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Makineyi çalıştırarak işe başlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mutlaka gözlük kullanınız.</li> <li>➤ İşe başlamadan köpük malzemeyi platforma yapıştırmayı unutmayınız.</li> <li>➤ Yapacağınız işin boyutlarını ve makine özelliklerini tekrar göz önüne alınız.</li> <li>➤ Makinenin sıcaklık değerlerini unutmayınız.</li> <li>➤ Makaralarda kâğıt malzeme kontrolünü yapınız.</li> <li>➤ Diğer güvenlik önlemlerini de düşünüp işe başlayabilirsiniz.</li> <li>➤ Modeli platformdan kaldırmak için gerekli aletleri unutmayınız.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Modeli makineden alınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mandalları gevşeterek kapağı açınız.</li> <li>➤ Kapak altındaki havayı teneffüs etmemeye gayret ediniz.</li> <li>➤ Modelin soğumasını bekleyiniz.</li> <li>➤ Platform üzerinden ıspatula ile dikkatlice modeli kazıyınız.</li> <li>➤ Destek malzemeyi model üzerinden temizleyiniz.</li> </ul>

## ÖLÇME DEĞERLENDİRME

1. Helisys Lom tezgahlarında kâğıt malzeme nasıl kesilir?
  - A) Bıçakla
  - B) Yakarak
  - C) Lazerle
  - D) Presle
2. Kira Lom tezgahlarında kâğıt malzeme nasıl kesilir?
  - A) Bıçakla
  - B) Yakarak
  - C) Lazerle
  - D) presle
3. Düz kâğıt malzemeyi ayrıca yapışkan toner kullanarak yapıştırıp modelleme yapan teknoloji hangisidir?
  - A) Helisys teknolojisi
  - B) Kira teknolojisi
  - C) Solidimension teknolojisi
  - D) Cam-Lem teknolojisi
4. Düz kâğıt malzemeyi ayrıca yapışkan toner kullanarak yapıştıran, fakat destek malzemesinin olduğu yerlere Antiglue (yapışmayan) malzeme püskürten teknoloji hangisidir?
  - A) Helisys teknolojisi
  - B) Kira teknolojisi
  - C) Solidimension teknolojisi
  - D) Cam-Lem teknolojisi
5. Helisys Lom tezgahlarında kesme hızı nasıl belirlenir?
  - A) Tezgahın kontrol panelinden
  - B) Tezgah otomatik olarak kendisi belirler.
  - C) Kesme hızı modelleme açısından önemli olmadığından ayara gerek yoktur.
  - D) Lomslice yazılımında “parameters” menüsünden

### Aşağıdaki önermeleri “Evet” veya “Hayır” kelimeleriyle cevaplayınız.

Aslına uygun ve gerçek koşullarda deneme yapılacak modeller LOM cihazları ile yapılır.

Helisys makineleri kes+yapıştır tekniğine göre çalışır.

LOM tezgahlarından model tezgah üzerinde uzunlamasına yerleştirilir.

Kira makineleri malzeme olarak bir yüzü yapıştırıcılı kâğıt kullanır.

Ennex makineleri kesici olarak lazer kullanır.

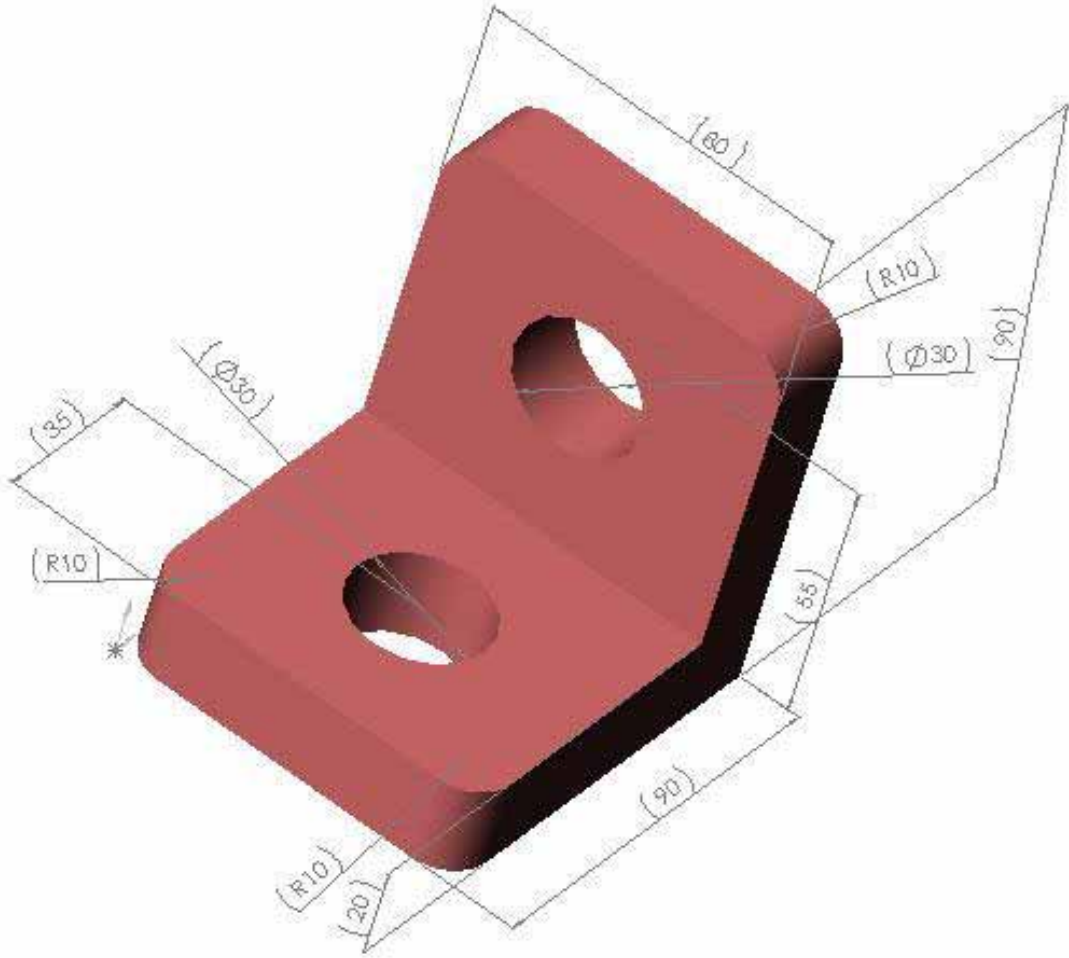
LOM makinelerinde ısıtıcı merdane bir tabakayı diğer tabakaya yapıştırmak için kullanılır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki resmi bilgisayarda modelleyip .stl formatına dönüştürüp uygun cihaz seçerek laminasyon yöntemiyle inşa ediniz.



## KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	İş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		
2	Modeli bilgisayar ortamında uygun ölçülerde katı olarak çizdiniz mi?		
3	Kullandığınız programda modeli .stl formuna çevirdiniz mi?		
4	Makineye bağlı bilgisayara modelinizi aktardınız mı?		
5	Bilgisayarda öngörülen parametreleri girdiniz mi?		
6	Tezgahınıza uygun malzeme kontrolü yaptınız mı?		
7	Tezgahın ısınmasını beklediniz mi?		
8	Platform üzerine köpük kâğıt koyup tezgahı denediniz mi?		
9	Model bittikten sonra tezgahın soğumasını beklediniz mi?		
10	Modeli alarak artık ve destek malzemeleri dikkatlice çıkardınız mı?		
11	Temiz ve düzenli çalıştınız mı?		
12	Uygulamayı verilen sürede tamamlayabildiniz mi?		

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİTETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	B
4	C
5	Püskürterek harç yığma
6	soğuma, kızılötesi
7	client
8	bass
9	water Works
10	LOAD

## ÖĞRENME FAALİTETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	C
4	C
5	D
6	Evet
7	Hayır
8	Evet
9	Hayır
10	Hayır
11	Evet

## KAYNAKÇA

- YAĞMUR Levent, ERTEN Muzaffer, "**Hızlı Prototip Üretim Teknolojileri**" **Makina ve Metal Dergisi**, Temmuz, 1997, No.67, Sayfa.76-97.
- **ERMURAT Mehmet**, Hızlı prototip ve üretim teknolojilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 2002.
- **VANDITA Bhardwaj**, "An Enhanced New Product Development (NPD) Model and the application of Taguchi methods in upstream NPD activities", Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, August, 2000.
- **MARAIS Joachim**, "Complex Shaped Mold Manufacturing By Means Of Laminate Object Manufacturing," Center for Composite Materials, 2003.
- <http://www.mne.psu.edu/lamancusa/rapidpro/index.htm>
- <http://www.turkcadcam.net>
- <http://www.bilesim.com.tr>
- <http://www.designophy.com>
- <http://students.bath.ac.uk>
- <http://www.herts.ac.uk/artdes1/research/papers>
- <http://www.ipfonline.com/content/archive/MachineTools>
- <http://claymore.engineer.gvsu.edu>
- <http://www.wtec.org>
- <http://mtc.engr.mun.ca>
- <http://www.jobshop.net/>