

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

MAKİNA TEKNOLOJİSİ

OTO İNŞA TEKNOLOJİLERİ

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. FOTO KÜR YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA	3
1.1. Paket CAD Programları Kullanımı	3
1.2. Foto Kür Yöntemleri Bilgisi	5
1.2.1. Foto Kür	5
1.3. İnşa Malzemeleri Özellikleri	6
1.4. Tezgahta Güvenli Çalışma Sistemi	6
1.5. Kartuşu ve İnşa Malzemesini Makineye Yükleme	7
1.6. CAD Datalarını Makineye Gönderme	7
1.7. Kürleştirme Teknolojileri	7
1.7.1. Hazırlama	7
1.7.2. İşleme	8
1.7.3. Seviyeleme	8
1.7.4. Derine Dalma	8
1.7.5. Yükseltme	8
1.7.6. Süpürme	8
1.7.7. İşleme Pozisyonuna Hareket	8
1.7.8. Z Beklemesi	9
1.7.9. Lazerle Katılaştırma	9
1.7.10. Parça Tamamlama	9
1.7.11. Parça Alma ve Temizleme	9
1.7.12. Son Isıtma (PCA-Postcuring Apparatus)	9
1.7.13. Son İşlemler	10
1.8. Tezgâhın Pnömatik Kısımları	10
UYGULAMA FAALİYETİ	11
ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME	14
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	15
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	17
2. TOZ BAĞLAMA TEKNOLOJİSİ İLE MODELLEME YAPMAK	17
2.1. Toz Bağlama Yönteminin Genel Tanımı	17
2.2. Modeli Bilgisayar Ortamında Tasarlama	18
2.3. STL Dosyası Olarak Kayıt Etme	19
2.4. Tasarlanmış Model Datalarını Makineye Gönderme	19
2.5. Lazerle Sinterleme Yöntemi	20
2.5.1. SLS Sisteminin Çalışması	20
2.6. Maskeli Sinterleme Yöntemi	21
2.7. Makine Kartuşuna Malzeme Yükleme	22
2.8. Makinenin Çalışma Sistemi	23
2.9. İşlem Bitince Modeli Makineden Alma	24
2.10. Temel Elektrik Arızalarını Giderme	25
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME	28
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	29
MODÜL DEĞERLENDİRME	31
CEVAP ANAHTARLARI	32
KAYNAKLAR	33

AÇIKLAMALAR

KOD	521MMI088
ALAN	Makine Teknolojisi
DAL/MESLEK	Bilgisayar Destekli Endüstriyel Modelleme
MODÜLÜN ADI	Oto inşa Teknolojileri 1
MODÜLÜN TANIMI	CAD programları kullanılarak yapılan üç boyutlu tasarımların, toz bağlama ve foto kür yöntemleriyle çalışan hızlı prototip tezgahlarda, polimer malzemelerle, üç boyutlu prototiplerinin yapılmasıdır.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Modelleme malzemeleri ve CAD 2 modüllerini almış olmak.
YETERLİK	Foto kür ve toz bağlama yöntemi ile modelleme yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam, araç ve gereçler sağlandığında; foto kür ve toz bağlama yöntemleri ile teknolojisine uygun olarak modelleme yapabileceksiniz. Amaçlar <ul style="list-style-type: none">➤ Foto kür yöntemi ile çalışan hızlı prototip tezgahında modelleme yapabileceksiniz.➤ Toz bağlama yöntemi ile çalışan hızlı prototip tezgahında modelleme yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Bu modül programının işlenmesi için; atölye, foto kür hızlı prototip tezgahı, toz bağlama hızlı prototip tezgahı, polimer malzeme kartuşları, CAD programı yüklü bilgisayar gereklidir.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Bu modül programı süresince yapmış olduğunuz öğrenme faaliyetleri ve uygulamalı faaliyetlerden başarılı sayılabilmemiz için test ve uygulamaları istenilen seviyede yapabilmemiz gerekir. Bu nedenle her faaliyet sonunda kendinizi test ediniz. Başarısızlık halinde ise faaliyeti tekrarlayınız.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Makine teknolojileri içerisinde oto inşa tekniği (Hızlı prototip modelleme) giderek artan bir öneme sahip olmaktadır.

Makine imalatı yapılırken proje yapılır ve imalat gerçekleştirilme aşamasına geçilir. Günümüzde imalat için, proje yeterli olmamaktadır. Yeni tasarımların estetik, ergonomik, kullanılabilirlik denetimleri parça imalata geçmeden hızlı prototip ile mümkün olmakta, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmektedir. İmalat öncesi problemler hızlı prototip ile çözümlenmektedir.

Teknolojinin, dolayısıyla sanayi ve endüstriyel üretimin baş döndürücü hızla ilerlemekte olduğu bu dönemde sizlere de önemli görevler düşmektedir. Bu teknolojilere hakim kaliteli, yetişmiş elemanlara ihtiyaç ise artmaya devam etmektedir.

Tasarım ve üç boyutlu modelleme, hızlı prototip ile elle tutulabilir nesnelere halini almaktadır. Sizler günlük yaşamda kullanılan nesnelere de modellemelerini yapabilir, çeşitli yöntemlerle üç boyutlu nesnelere oluşturabilirsiniz.

Sizlerin başarı ve mutluluğu, bizlerin ve ülkemizin başarısıdır.

Bu nedenle severek gelmiş olduğunuz bölümünüzde başarılı olacağınıza inanıyoruz. Bu başarınız sayesinde rekabet gücümüzün artacağını da biliyoruz. Ülkemizin sizlerden beklediği de budur.

Endüstri alanında istihdam edilecek bütün personelin teknik ve modüler eğitimi tamamlamış olmaları gerekmektedir. Bu tür eğitim materyalleri, sizlere bu alanda büyük avantaj sağlayacaktır.

Modülün sizlere gerekli bilgiyi sunacağını biliyor, başarılar diliyoruz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Foto kür yöntemi ile modelleme yapmak.

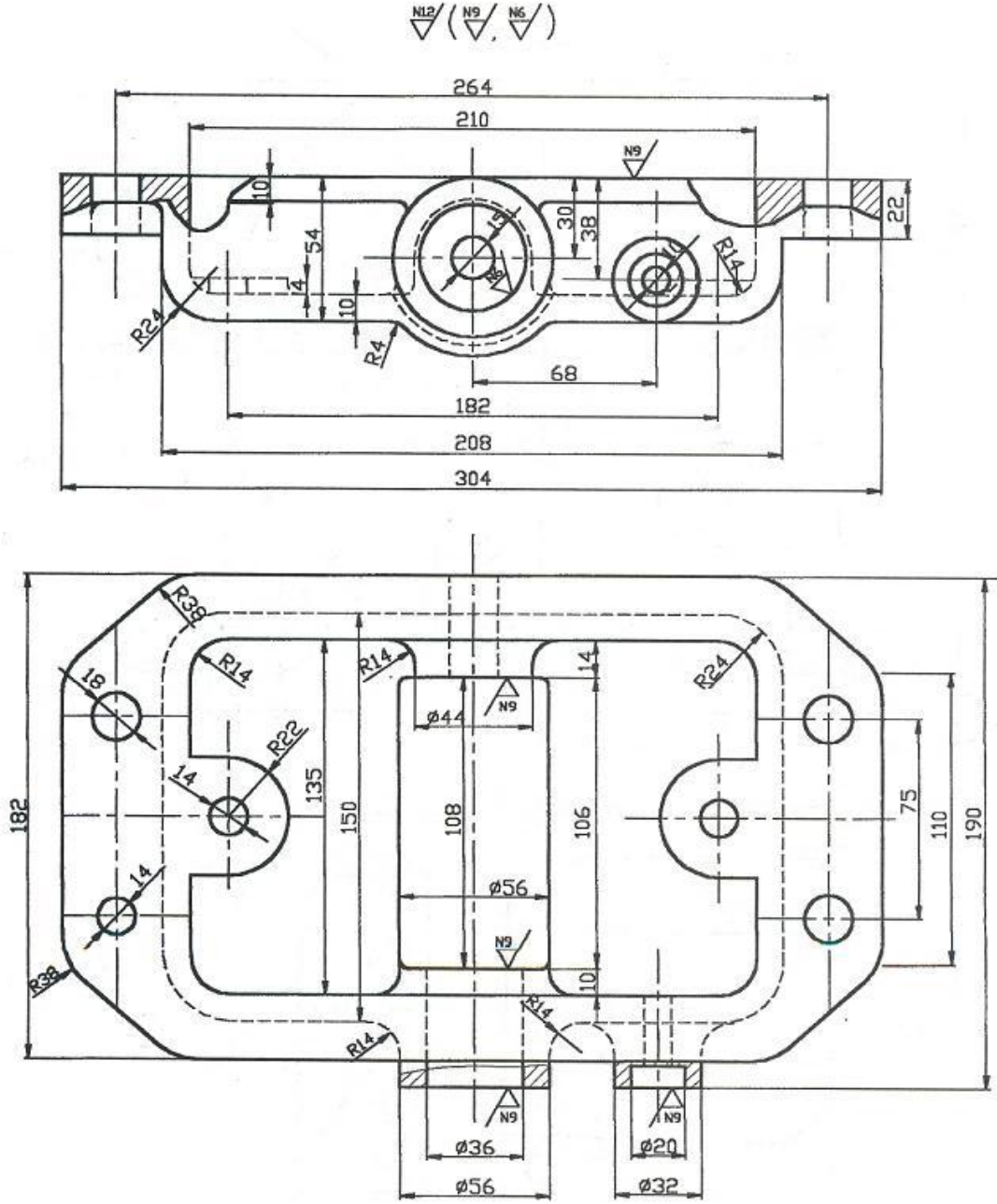
ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki işletmelerden bilgi alarak, foto kür yöntemi ile modelleme yapma yöntemi, kullanılan malzeme ve yapılabilen modellemeler hakkında araştırma yapınız.
- Ayrıca çevredeki işletmeler aracılığıyla ve internet üzerinden gerekli çalışmaları yaparak rapor haline getiriniz.
- Hazırlamış olduğunuz raporu sınıfta sununuz.

1. FOTO KÜR YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA

1.1. Paket CAD Programları Kullanımı

Makine imalatı, tasarım ve proje ile başlar. Bunun ilk aşamasını tasarım oluşturur. Tasarım CAD (computer aided design) programları kullanılarak yapılır. Bu programlar AutoCAD, SolidWorks, Catia gibi katı modelleme programlarıdır. Her programın dosya türü farklıdır. Özellikle katı modellemelerde, AutoCAD dwg, SolidWorks prt, Catia .cgr dosya türlerini kullanır.

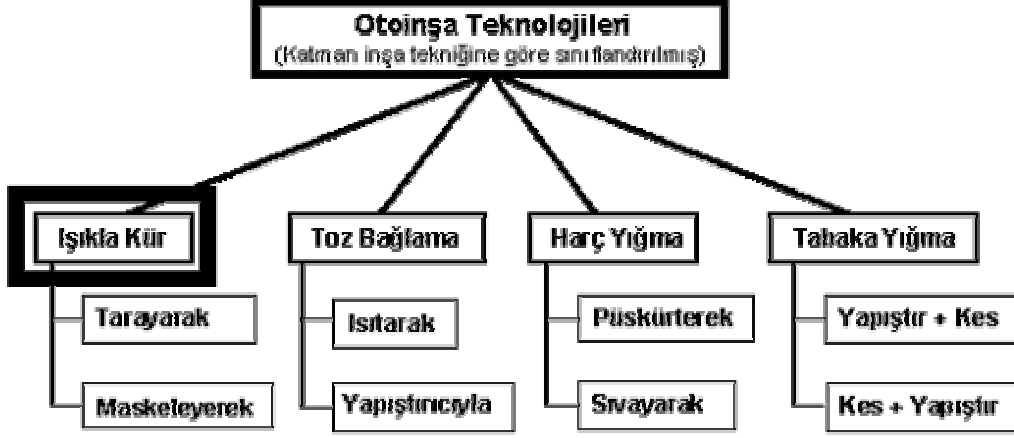


Şekil 1.1. Dişli kutusu imalat resmi

İmalat resmi verilen dişli kutusunun CAD ortamında, bu programlar kullanılarak CAD dosyası oluşturulur.

Tasarım bu programlar yapıldıktan sonra, STL (Stereolithography) veya WRML uzantılı dosya türüne dönüştürülür. Stereolithography, iki boyutlu baskılar için kullanılan litografi tekniğinin üç boyuta aktarılmış şeklidir.

1.2. Foto Kür Yöntemleri Bilgisi



Şekil 1.2. Oto inşa teknolojileri şeması

1.2.1. Foto Kür

Işık ile sıvı fotopolimerin (ışık enerjisi ile aktive olarak kimyasal reaksiyona başlayan bir tür polimer) seçilen bölgelerde kür edilerek katılaştırılmasıdır.

- **Lazerli Kür:** Lazer ışını ile seçilen bölgeler taranarak kür edilir.
- **Maskeli Kür:** Bir maske üzerinden tek bir ışık kaynağı ile yüzeyin aynı anda kür edilmesidir.
- **Lazerli Kür SLA (StereoLitography Apparatus)**

Seçilen bölgeler lazer ışını ile taranarak kür işlemi gerçekleştirilirken, aynı zamanda gereken yerlere yine aynı malzemenin destek sütunları inşa edilir. İnşa bitiminde bunlar, manuel (elde) kırılarak alınır.

Bu teknikte, lazer ile fotopolimer sıvı yüzeyin taranmasıyla gerekli kısımlar kür edilerek sertleştirilir. Bir katman bittikten sonra parçanın bulunduğu platform (elevatör), katman kalınlığı kadar aşağı indirilir ve bir kanat yardımıyla yeni bir kat sıvı fotopolimer kaplanır. Lazer, parçanın önce kesit sınırlarını daha sonra iç bölgelerini katılaştırır.

İnşa bittikten sonra platform yukarı çekilir. Dayanımı arttırmak için parça, bir süre daha özel bir fırında UV (mor ötesi) lamba altında bekletilir. Bu işlem polimerizasyona uğramamış sıvı bölgelerin katılaştırılması amacıyla uygulanır.

Parçanın sıvı ortamda üretilmesi nedeniyle, iç kısımlarda kalan sıvı bölgelere destek elemanları gerekir. Destek elemanları, parçanın daha rijit olmasını sağlar ve belli bölgelerde mukavemetsiz kısımların akmasını engeller. Bu destek elemanları ile parça işlem bittikten sonra zarar görmeden platformdan alınır.

➤ **Maskeli Kür SGC (Solid Ground Curing)**

Seçilen bölgeler, bir maske üzerinden tek bir ışık kaynağı ile yüzeyin aynı anda kür edilmesidir.

İşlemler şu aşamalarla gerçekleştirilir:

- Yüzeğe ince bir tabaka fotopolimer püskürtülür.
- Cihazın başka bir kısmında cam plaka üzerinde maske oluşturulur.
- Maske, fotopolimer tabakası üzerine getirilerek yukarıdan güçlü bir ampül ile UV (morötesi) ışık verilir. Bu esnada maskelenmemiş bütün alanlar kür olur. Işık yeterince şiddetli olduğundan ikinci bir kür işlemine gerek kalmaz.
- Sıvı halde kalan fotopolimer, elektrikli süpürge gibi bir vakum kafası ile emilir. Bu sıvı ana depoya gider ve tekrar kullanılabilir.
- Vakum ile temizlenen boşluklara destek malzemesi olarak erimiş mum püskürtülür.

1.3. İnşa Malzemeleri Özellikleri

Lazerli foto kür yönteminde, lazer ışını kür edilebilen sıvı fotopolimer malzeme kullanılır. Bu fotopolimer malzemeler, lazer ile sertleştirilebilme özelliğine sahiptir. Özel fotopolimer malzemeler ile **esnek** prototip modeller üretilebilir.

Sıvıyı katılaştıran Helyum-Kadmiyum (He-Cd) kullanılır. He-Ne lazeri ise sıvı yüzeyinin doğru pozisyonda olduğundan emin olmak için kullanılır.

Maskeli Foto Kür Yönteminde, UV (morötesi) ışık ile sertleşebilen sıvı fotopolimer malzemeler kullanılır.

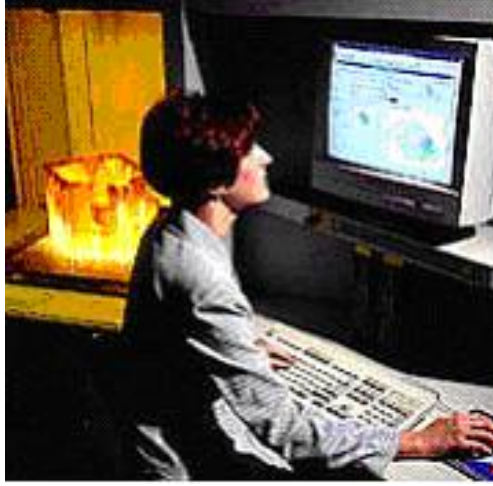
1.4. Tezgahta Güvenli Çalışma Sistemi

Tezgahta güvenli çalışma için aşağıdaki çalışma aşamalarına dikkat edilmesi gerekir:

- Tezgahın data ve elektrik kablolarının uygun takılı olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Malzeme yüklemesi yapılırken koruyucu eldiven ve gözlük kullanılmalıdır.
- Bitmiş parça platform üzerinden alınırken ellerin reçine ile temasını önlemek için özel eldivenler kullanılmalıdır.
- Fazla reçinenin platform ve parçadan temizlenmesi için kağıt havlular kullanılmalıdır.

1.5. Kartuş ve İnşa Malzemesini Makineye Yükleme

Kartuş ve sıvı fotopolimer malzeme, makinenin sıvı haznesine doldurulur. Sıvı fotopolimer malzemenin kullanılmayan kısmı tekrar kullanılabilir.



Resim 1.1. Foto kür prototip tezgahında kürleştirme işlemi

1.6. CAD Datalarını Makineye Gönderme

Lazerli foto kür sisteminde azami 250x250x250 ölçülerindeki parçaların dataları ile çalışmak mümkündür. Tabaka kalınlığı 0.1-0.9 mm, doğruluksa 0.2 mm olmaktadır.

Maskeli foto kür sisteminde, 500x500x350 ölçülerindeki parçaların dataları ile çalışmak mümkündür. Tabaka kalınlığı 0.05-0.15 mm, doğruluk ise %0.1 olmaktadır.

Dişli kutusunun, CAD sisteminde hazırlanan modelleme dataları, hızlı prototip tezgahının kullanıp işleyebileceği STL veya WRML uzantılı dosya sistemine dönüştürülür. Bu işlem, parça sınırlarının ve yüzeylerinin üçgen elemanlar kullanılarak döşemesi ile gerçekleştirilir.

1.7. Kürleştirme Teknolojileri

Kürleştirme işlemleri şu aşamalarla gerçekleşmektedir:

1.7.1. Hazırlama

Bu adımda işleme sırasında kullanılacak parametrelerin değerleri seçilir. Bunlar sıyırıcı elemanın süpürme sayısı ve periyodu ile istenilen Z-beklemesidir. Z beklemesi kaplama işleminden sonra sistemin, belirli bir bekleme yapması, reçine yüzeyindeki düzensizliklerin ortadan kaldırılmasıdır.

1.7.2. İşleme

Bu aşamada sıvı fotopolimer malzemenin polimerizasyonu ve parçanın üç boyutlu olarak oluşmasını sağlar.

1.7.3. Seviyeleme

Lazerin her tabakada katılaştırma yapmasından sonra, bir sezgi elemanı vasıtasıyla reçine seviyesi kontrol edilir. Bu kontrol sırasında, seviyenin tolerans sınırları içerisinde kalmadığı tespit edildiğinde, bilgisayar kontrollü hassas bir step motor tarafından, bir pompa, aktif hale getirilir. Pompanın hareketi ile reçine seviyesi basit sıvı hareketleri ile doğru konuma getirilir. Bu seviye, tespit lazeri tarafından sağlanır.

1.7.4. Derine Dalma

Bilgisayar kontrollü olarak, Z eksenine doğrultusunda platformdan aşağıya hareket eder. Bu işlem geniş düz alanlara sahip parçaların uygun bir şekilde kaplanabilmesi için yapılır. Derine dalma değerleri 7.62 mm ile 17.72 mm'dir.

1.7.5. Yükseltme

Önceki adımda oluşan basınç bölgesi, yerçekimi etkisiyle reçineyle doldurulur. Z eksenine bilgisayar kontrollü olarak parçanın en üst düzeyindeki tabakaya yani serbest reçine yüzeyine yükseltilir. Yükseltme işlemi tamamlandığında, önceki katılaştırılan tabakanın üst yüzeyi ile sıyrıcı elemanın alt kısmı arasında, bir tabaka kalınlığı sağlanacak şekilde konumlandırma yapılmış olur.

1.7.6. Süpürme

Bu aşamada süpürücü eleman, reçine kabını önden arkaya doğru geçer. Bu sırada da fazla reçineyi parça yüzeyinden uzaklaştırır. Süpürücü eleman hareketini tamamladığında, sistem bir sonraki adıma hazırdır.

- İzafe olarak hızlı bir işlem gerçekleştirilir. Parça geometrisinin büyük kısmı için, uygun değer süpürme zamanı, biraz daha artabilir.
- Uygun ve aynı düzeyde ince tabakalar sağlanabilir. Tabaka kalınlıklarındaki ölçülen değişimler çok küçük değerdedir.

1.7.7. İşleme Pozisyonuna Hareket

Dişli kutusu süpürme işleminin tamamlanması ile, bilgisayar kontrolünde olan Z eksenine aşağı hareket eder. Durduğunda kaplanmış reçine tabakasının üst kısmı, reçine kabındaki serbest yüzey seviyesinde olur.

1.7.8. Z Beklemesi

Platform işleme pozisyonuna geldikten sonra, önceki tabaka üzerinde kalan reçine, kap içerisindeki reçine ile karıştırılmalıdır. Farklı formdaki kırışıklıklar, sıvı ile ara katı yüzeyi arasındaki kısmın etrafında görülebilir. Küçük düzensizlikler özellikle ince tabakalarda problem yaratır. Bu nedenle genelde kalın tabaka tercih edilmesi durumlarında, daha büyük Z beklemesi gerekir.

1.7.9. Lazerle Katılaştırma

Dişli kutusu resim datası itibar alınarak platform üzerinde düz bir fotopolimer reçine yüzeyi elde etmek için bu işlem gerçekleştirmeye başlar. İlk adım, verilmiş tabaka kesiti için parça sınırlarının çizimi işlemidir. Dilimleme işlemi sırasında, sınırlarda arzu edilen katılaştırma derinliği için, bilgisayar otomatik olarak uygun lazer tarama hızını hesaplar. Önce sınırlar çizilir, sistem daha sonra tarama veya tüm alanın katılması için doldurma işlemini yapar. Lazerle katılaştırma zamanının büyük bir kısmını, bu tarama işlemi alır. Tarama prototipin doğruluğunu etkileyen kritik bir aşamadır. Çok küçük aralıklı paralel vektör serileriyle, tüm yüzey lazerle çizilir.

1.7.10. Parça Tamamlama

Dişli kutusu CAD datası verileri itibar alınarak, verilmiş bir tabaka için yukarıda anlatılan lazer işleminin tamamlanması ile önceki adım (Z beklemesi), parçanın sonradan gelen tabakaları için de tekrarlanacaktır. SLA ile %90 oranında başarılı parça elde etme oranı tespit edilmiştir. %10 ise çeşitli hatalar sonucunda (güç problemleri, dosya hataları, kötü çalışma gibi) üretim çevriminin durdurulduğu gözlenmiştir.

1.7.11. Parça Alma ve Temizleme

Platform ve üzerinde bulunan bitmiş parça SLA'dan alınır. Parça ve platform içinde çözücü bulunan bir temizleme kabına yerleştirilir. Bu aşamanın sonunda parça, fazla reçineden temizlenmiş olur. Daha sonra dişli kutusu ve platform, düşük basınçlı hava ile kurutulur. Bu şekilde kurutma işlemi hızlandırılmış olur. Bu aşamanın son kısmında, dişli kutusunun platformdan ayrılması vardır. Genelde bu işlem, düz ağızlı bir kesici yardımıyla desteklerin olduğu kısımdan yapılır. Prototipin kalitesini düşürmemek için bu aşamada çok dikkatli olunmalıdır.

1.7.12. Son Isıtma (PCA-Postcuring Apparatus)

Bir son ısıtma ile dişli kutusunun iç kısımları kısmen polimerizasyona tâbi tutulur. Bu şekilde dişli kutusu, yeşil görünümünden, daha iyi mekanik özelliklere sahip prototiplere dönüştürülür. Mor ötesi ışınların etkilediği bir ortamda yapılır. Bu tekniği kullanan cihazlarda, daha ucuz olan, düşük güçlü ışık kaynakları (lazer) kullanmak ve/veya daha hızlı bir şekilde katman inşasını bitirmek için genellikle fotopolimere, tam olarak kür olmasına yetecek kadar enerji verilmez ve %100 kür seviyesine ulaşmak için ise inşa sonrasında ek bir kür işlemi

yapılır. "Post-cure" denilen bu işlemde, yarı kür olmuş parçalar, içinde güçlü (kızılötesi) ışık veren ampüller bulunan bir kabinde yeterli sürede bekletilir. Doğal olarak ek kür uygulaması için fotopolimerin yeterince şeffaf olması gerekir, aksi halde kür işleminin katman inşası sırasında bitirilmesi gerekir. Işıklı kür teknolojisi, ışığın nasıl yönlendirildiği ve kontrol edildiğinden bağılı olarak kendi arasında tarayarak ve maskeleyerek olmak üzere ikiye ayrılır.

1.7.13. Son İşlemler

Elde edilen parça prototipi üzerinde, kullanım teknolojisine göre değişik işlemler yapılabilir. Bu işlemler metal kaplama, seramik kaplama olabilir. Bu işlemde önce taşıyıcı desteklerin parçadan tamamen uzaklaştırılması gerekir. İsteğe göre kumlama, parlatma, cilalama, boyama veya sprey metal kaplama gibi işlemler yapılabilir. Bu tür işlemler, genelde fonksiyonel modeller için tercih edilir.



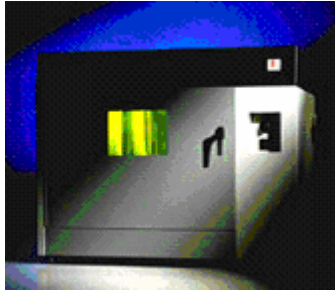
Resim 1.2. Taşlı yüzük



Resim 1.3. Oto pano kalıbı



Resim 1.4. Sla ile üretilmiş kalıp



Resim 1.5. Sla makinesi



Resim 1.6. Telefon kalıbı



Resim 1.7. Esnek huni

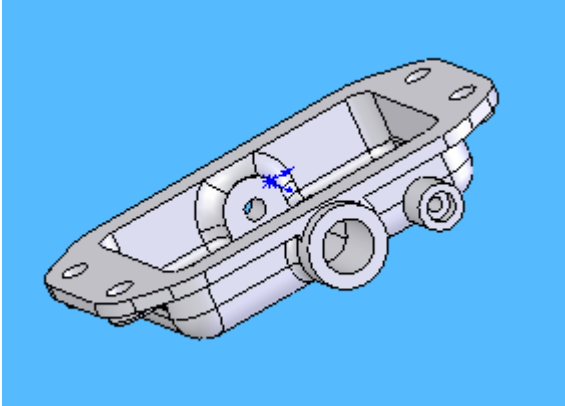
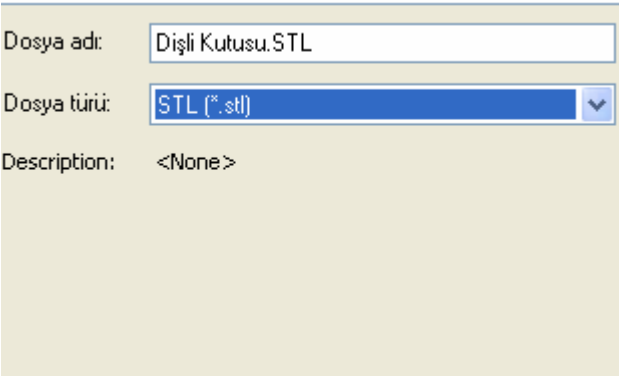
1.8. Tezgâhın Pnömatik Kısımları

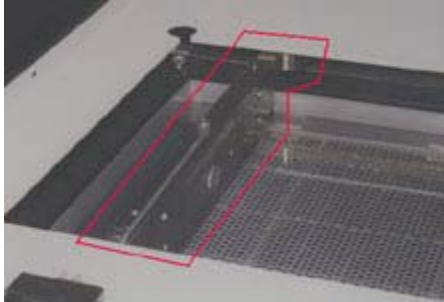
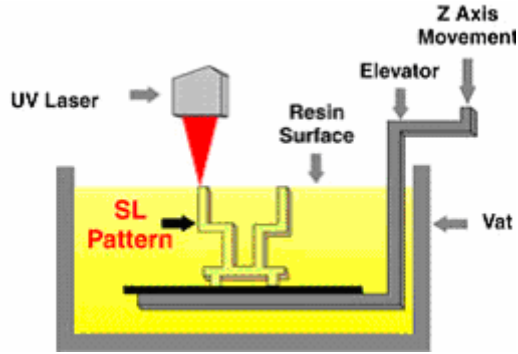
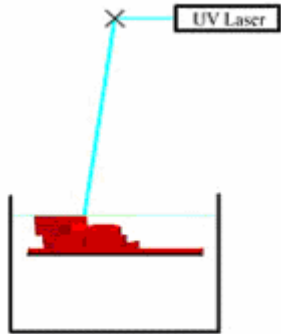
- Tezgâh üzerinde bulunan lazer başlığı,
 - Tezgâh inşa tablası,
 - İnşa pistonu,
- Tezgâhın pnömatik kısımlarıdır.

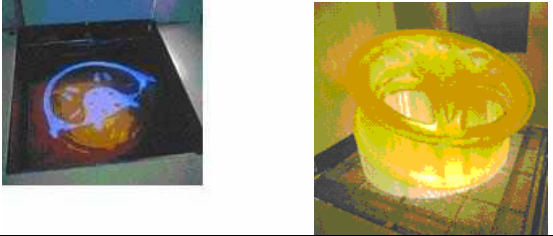
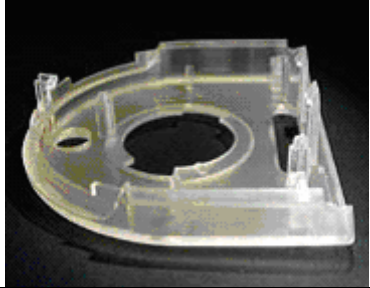
1.9. Temel Elektrik Arızalarını Giderme

Tezgâh elektrik ve elektronik sistemleri arasında, birbirine bağlantılı olan çalışma kombinasyonunda herhangi bir parçadan kaynaklanabilecek elektrik arızaları, sistemin otomatik şalterleri tarafından algılanarak, tezgâh devre dışı bırakılır. Tezgâh incelenerek bu tür arızalar giderilebilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<p>➤ Modeli CAD ortamında tasarlamak</p>	<p>➤ Örnek modelin CAD (AutoCAD, SolidWorks, Catia, vb.) ortamında tasarımını yapınız.</p> 
<p>➤ STL dosyası oluşturmak</p>	<p>➤ Tasarlanan örnek model dosyasını (dwg, egr, solidpart'tan) STL dosyasına dönüşümünü yapınız.</p>  <p>Dosya adı: Dişli Kutusu.STL Dosya türü: STL (*.stl) Description: <None></p>

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotopolimer sıvı malzemenin makine deposuna doldurulması ve CAD datalarının makineye gönderilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotopolimer sıvı malzemeyi makinenin ilgili haznesine koruyucu, eldiven ve gözlük kullanarak doldurunuz. Makinenin, CAD yazılım ara yüzünü açarak, CAD dosyanızı bu yazılım ile açınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Makinenin kumanda panosundan çalıştırılması ve prototip modelleme oluşturulması 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Makine power (on) ile çalıştırılarak CAD datalarının yazılımdan, scan taramayla prototip oluşturma işlemini başlatınız. 
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotopolimer kürleşme işleminin gerçekleşmesini kontrol ediniz. Katmanlaştırma işleminin gerçekleşmesinin aşamalarını kontrol ediniz. Hatalı işlemde çalışmayı durdurunuz. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seviye kontrol işleminin gerçekleşmesini kontrol ediniz. 	

<p>➤ Modeli oluřturunuz.</p>	
<p>➤ Bitmiş modeli tabladan ayırınız, destek parçalarını modelden ayırarak modelinizin üst yüzey işlemlerini yapınız.</p>	

ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları dikkatlice okuyunuz. Doğru olduğunu düşündüğünüz cevabı şıkkın üzerini daire içine alarak işaretleyiniz. Bunu tek başınıza yapınız.

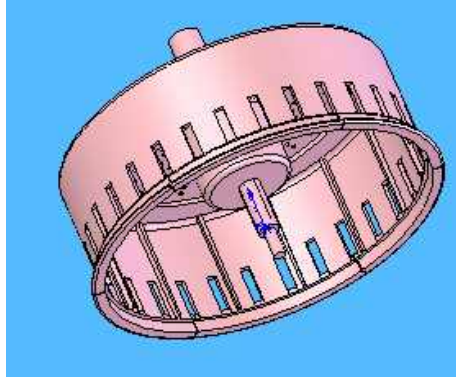
1. Fotokür yönteminin esası aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?
A) Toz malzemeyi bağlamak
B) Metal tozlarını lazerle bağlamak
C) Fotopolimer sıvı malzemeyi kürleştirmeyi
D) Katı katmanlarını keserek prototip oluşturmak
2. Fotokür yönteminde kullanılan ana malzeme hangisidir?
A) Nylon B) ABS C) Toz fotopolimer D) Sıvı fotopolimer
3. Fotokür prototip oluşumunda prototipin inşa özelliği aşağıdakilerden hangisidir?
A) Toz katmanlarının bağlanması
B) Fotokür esnasında desteklerin oluşturulması
C) Tozların destek olarak kullanılması
D) Metal tozları ile destek çubukları oluşurmadan modelin inşası
4. Fotokür yönteminde prototip oluşuktan sonra hangi işlemin gerçekleştirilmesi gerekir?
A) Prototipin tozlarının temizlenmesi
B) Prototipin metal yüzeyinin temiz işlemeye tabi tutulması
C) Prototip'in üst yüzey işlemine tabi tutulması
D) Prototipin ikinci bir kür işlemine tabi tutulması
5. Foto kür yönteminde elde edilen prototip özellikleri nelerdir?
A) Prototip ölçü ve hacim olarak küçüktür.
B) Prototip ölçü ve hacim olarak büyük modellemeye ve hassas döküme uygundur.
C) Prototip tezgâhta işlemeye uygundur.
D) Prototip üst yüzey işlemlerine uygundur.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarınızı karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise performans değerlendirme testine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda belirtilen uygulama faaliyetini, gözlenecek davranışları dikkate alarak gerçekleştiriniz. İşlemi yapabilme süresi 6 ders saatidir.



Resim 1.8. Mutfak robotu kesici silindiri

➤ **Soru**

Üç boyutlu resmi verilen mutfak robotu kesme silindirini CAD programında oluşturarak fotokür tezgâhında prototipini yapınız.

➤ **Kullanılacak Program, Tezgâh ve Malzemeler**

- CAD programı yüklü bilgisayar,
- Fotokür prototip tezgahı,
- Ek kurlştırme tezgâhı,
- Fotopolimer sıvı malzeme,
- Dijital ölçü aletleri,
- İş önlüğü, eldiven ve gözlük.

KONTROL LİSTESİ

Alan Adı	MAKİNE TEKNOLOJİLERİ	Tarih	
Modül Adı	Oto inşa teknolojileri 1	Öğrencinin	
Faaliyetin Adı	Foto kür yöntemi ile modelleme yapmak	Adı Soyadı	
		No	
Faaliyetin Amacı	Foto kür yöntemi ile modelleme yapabileceksiniz.	Sınıfı	
		Bölümü	
AÇIKLAMA	Bitirdiğiniz faaliyetin sonunda aşağıdaki performans testini doldurunuz. Hayır olarak işaretlediğiniz işlemleri öğretmeninize başvurarak tekrarlayınız.		
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Hızlı prototip tezgahının data ve elektrik bağlantılarının takılı olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
2	Prototip modelleme için CAD data dosyanızı oluşturduunuz mu?		
3	CAD data dosyanızı STL dosya türüne dönüştürdünüz mü?		
4	Sıvı fotopolimer malzemenin yüklenip yüklenmediğini kontrol ettiniz mi?		
5	CAD data dosyanızı stereolitografi yazılımı ile açtınız mı?		
6	Makinenin tarama ölçeğine uygun model tasarımınızı kontrol ettiniz mi?		
7	Makinenin menüsünde dosya ismini kontrol ettiniz mi?		
8	Parça prototip modellemesi esnasında scanning (tarama) işleminin hatasız olarak gerçekleştiğini kontrol ettiniz mi?		
9	Yükseltme, derine dalma, süpürme işlemlerinin gerçekleştiğini kontrol ettiniz mi?		
10	Modellemenin yükselmesini kontrol ettiniz mi?		
11	Modellemenin sonucunda, modellemenizi tekrar (post cure) ek kür işlemine tabi tuttunuz mu?		
12	Yaptığınız bütün işlemlerde iş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirmedeki davranışları sırasıyla doğru olarak uygulayabilmelisiniz. Uygulayamadığınız davranıştan diğer davranışa geçmeniz mümkün olmayacaktır. Ölçme soruları ve performans değerlendirme testi sonunda başarısız olduğunuz kısımlar hakkında yeniden konu ve uygulama tekrarı yapınız. Cevaplarınızın hepsi doğru ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Toz bağlama yöntemi ile modelleme yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

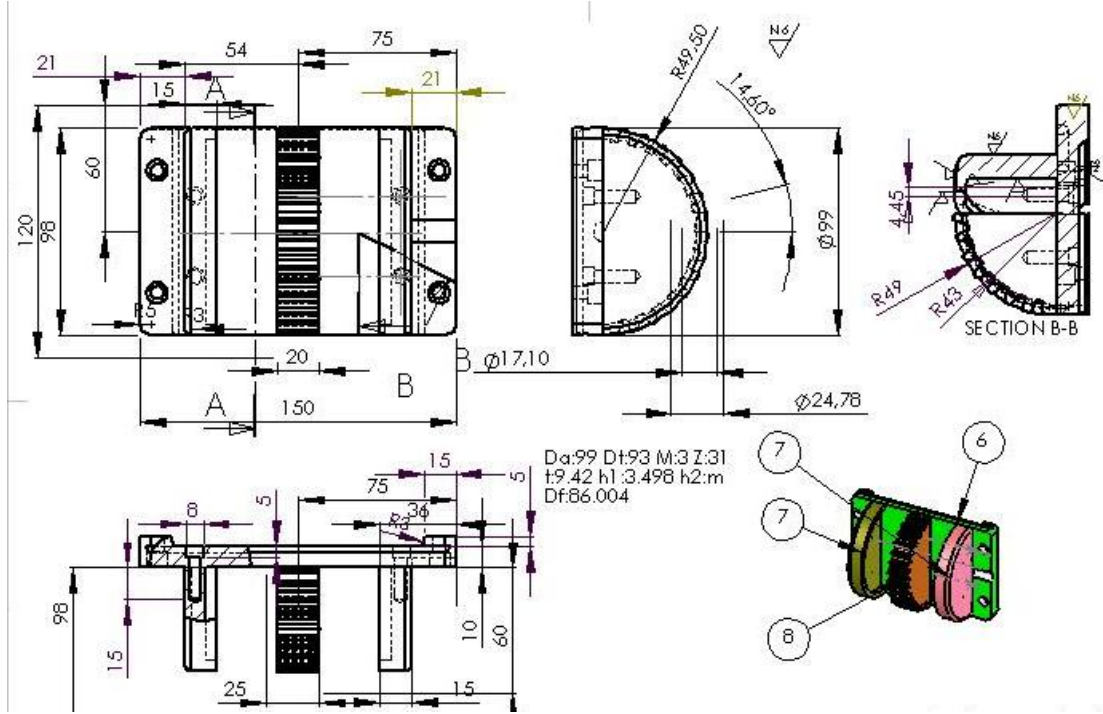
- Çevrenizdeki işletmelerden bilgi alarak, değişik toz bağlama prototip modelleme işlemlerini araştırınız.
- Ayrıca, internet üzerinden gerekli araştırmaları yaparak rapor haline getiriniz.
- Hazırlamış olduğunuz raporu sınıfta sununuz.

2. TOZ BAĞLAMA TEKNOLOJİSİ İLE MODELLEME YAPMAK

2.1. Toz Bağlama Yönteminin Genel Tanımı

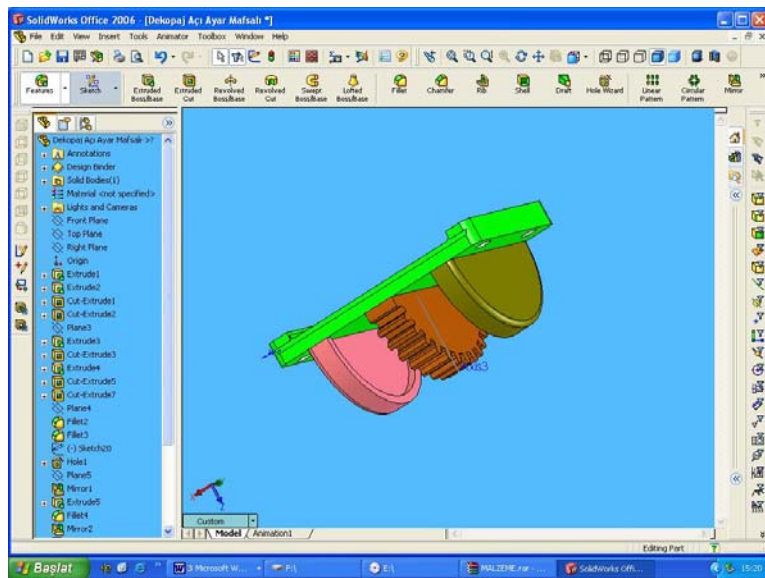
Bu teknolojiye, her katmanın inşası için, toz halindeki bir ham inşaat malzemesi ince bir tabaka halinde yayılarak gerekli bölgelerdeki toz zerreleri ısıyla veya yapıştırıcıyla birbirlerine bağlanır. Bağlanmayan kısımlardaki kullanılmamış tozlarsa bir destek malzemesi işlevi görür ve bu sayede ayrı bir destek yapısı inşasına ihtiyaç ortadan kalkar. İnşaat malzemesi olarak, plastik, metal, seramik ve ABS veya bunların karışımlarından oluşan tozlar kullanılmaktadır.

2.2. Modeli Bilgisayar Ortamında Tasarlama



Şekil 2.1. Açılı ayar mafsahı imalat resmi

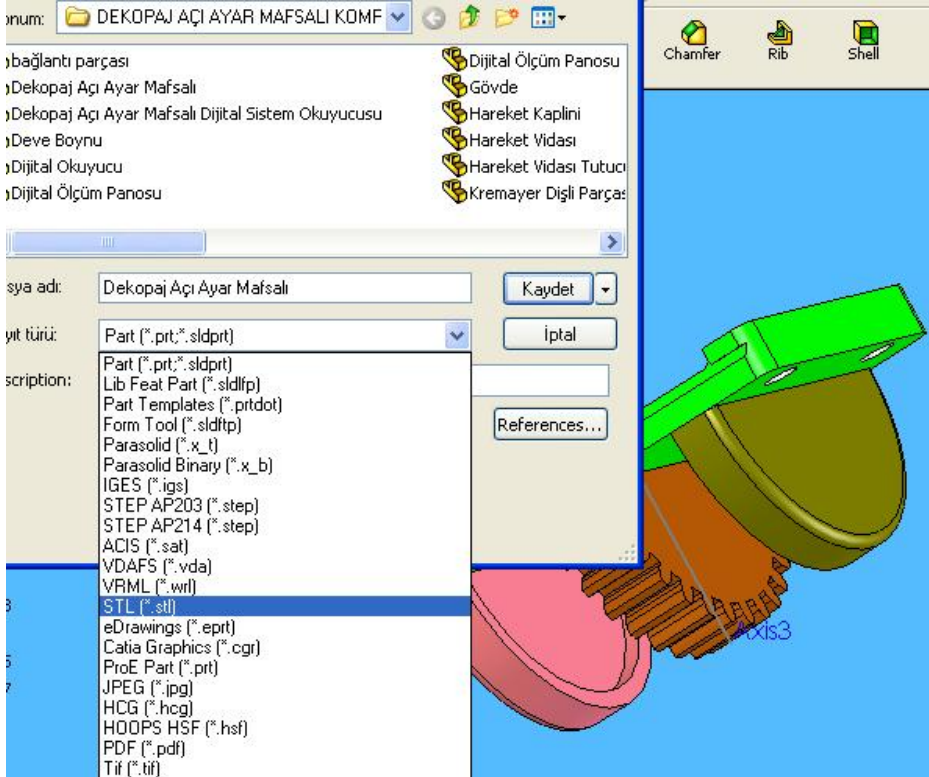
İmalat resmi verilen açı ayar mafsahının CAD ile katı modellemesi, bilgisayar ortamında AutoCAD, SolidWORKS, Catia gibi CAD programlarından biri yapılır.



Resim 2.1: Açılı ayar mafsahı

2.3. STL Dosyası Olarak Kayıt Etme

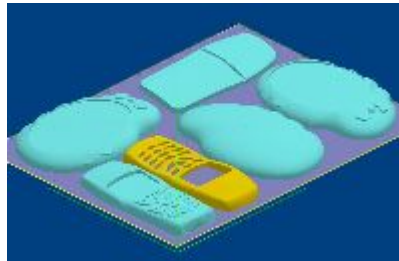
CAD ortamında tasarlanan açılı ayar mafsalı, dosya datası STL veya VRML dosya türüne çevrilerek dosya prototip tezgahı yazılımı içerisinde açılır.



Resim 2.2. Modellemeyi .Stl dosyası olarak kayıt etme

2.4. Tasarlanmış Model Datalarını Makineye Gönderme

Açılı ayar mafsalı CAD dosyası STL veya WRLM dosya türüne çevrilerek aktarılır. STL dosyasına çevrilmiş olan modelleme yüzey hataları, magic ve edit z, ara programlarında düzeltilir. Renklendirme işlemleri yapılır.



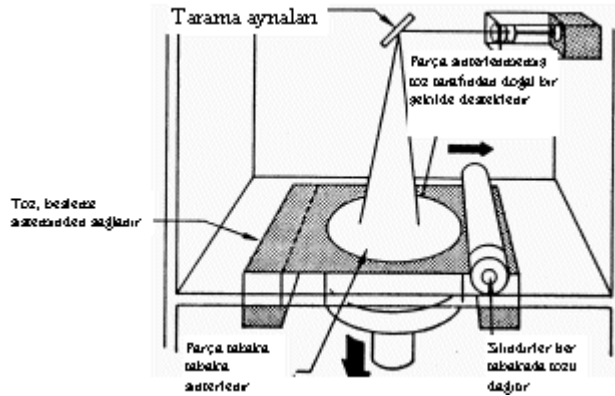
Resim 2.3. Thermojet Bilgisayar data görüntüsü

2.5. Lazerle Sinterleme Yöntemi

Toz hammadde, ince tabakalar halinde inşa mahalline serilir. Her seferindeyse gerekli kısımlar lazer ile taranıp eritilerek yapıştırılır. Bu işlemden sonra inşa tabanı katman kalınlığı kadar aşağı çekilir. İşlem bittikten sonra serbest olan tozlar fırça ile (elle) temizlenir ve ortaya inşa edilmiş parça çıkar.

2.5.1. SLS Sisteminin Çalışması

Toz halindeki termoplastik malzeme, tezgahın işleme bölümüne bir silindir yardımıyla düzgünce yayılır. Sonra, açı ayar mafsalı kesitine uygun numune, toz yüzeyinde lazerle çizilir (Şekil 2.7). Amorf malzemede, lazer ısı, toz parçacıklarının eriyerek birbirlerine yapışıp kütle oluşturmaya neden olur. Bu işlem eritme veya sinterleme olarak tanımlanır. Kristalin malzemede ısı, toz tabakasının erimesine ve soğutulunca katılacak sıvıya dönüşmesine neden olur. Her tabaka, üzerinde kalan tozla şekillenir. Tüm tabakalar şekillendirildiğinde bitmiş açı ayar mafsalı, daha sonra alınacak olan serbest toz kalıbı içerisinde, gömülü durumdadır. Parça, bir hareket eden piston tarafından desteklenen toz silindiri içinde şekillendirilir (Şekil 2.7). Silindir iki taraftan beslenen tozu içeren taşınabilir kartuşlarla kuşatılmıştır. Bir dönme/seviyeleme silindiri, tozu, bir kartuştan diğerine hareket etmesi için, diğer yöne dağıtır. Bir 50 W CO₂ lazer, 10.600 nm dalga boyunda kızıl ötesi radyasyon üretir. Bu, birçok malzeme tarafından emilip sıcaklıkların yükselmesine neden olur. Lazer radyasyonu parça silindiri içindeki toz yüzeyine odaklanır. Bilgisayar kontrollü tarama aynaları, ışığın pozisyonunu yönlendirir.



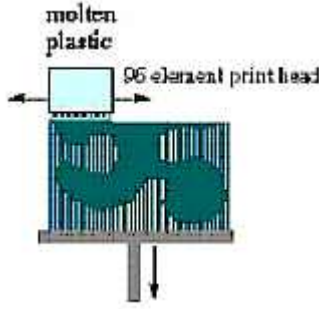
Şekil 2.2 SLS sisteminin çalışması

Parça işleme bölümü asal gazdan temizlenir ve ısıtılarak tozun üstteki tabakaları, malzeme erime sıcaklığına yakın değerlere getirilir. Ortamın ısınması, tozu erime sıcaklığına getirmek için harcanan ilave lazer enerjisini düşürür. Ayrıca imalat sırasında tabakaların çekmesi dolayısıyla çarpılmayı engeller. Açılı ayar mafsalı tüm tabakaları işledikten sonra, parça pistonu yükselir. Kalan toz, parça üzerinden bir spatula veya bıçakla alınır. Sıvı polimer yerine farklı malzeme tozları bir silindir tarafından bir platforma yayılır. Bir lazer, erimesine daha sonra da katılmasına neden olan seçilmiş alanları sinterler. Sinterlemede iki

çeşit geçiş vardır: Katıdan sıvıya ve tekrar katıya. Bu yöntem **seçici lazer sinterleme** olarak adlandırılır.

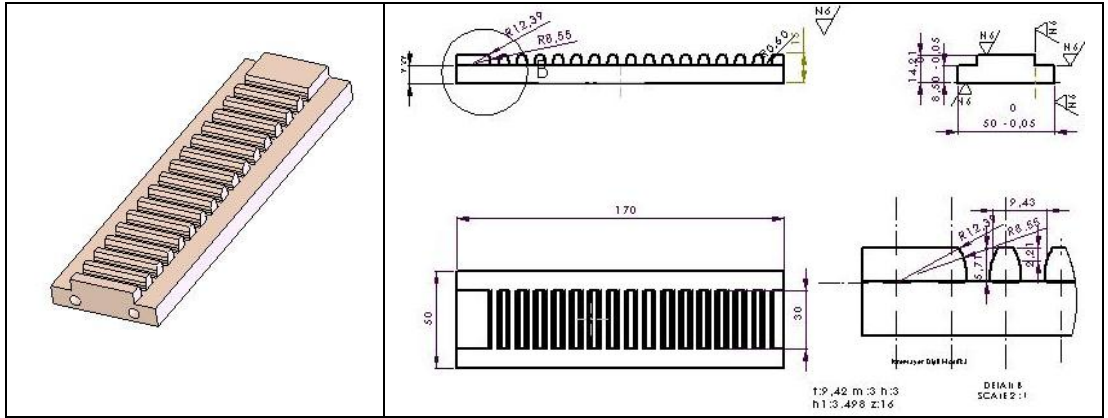
Tüm işlemler sonunda tezgah programlarının birbirleriyle bağlantılı olarak gerçekleştirdikleri tabakalarla, açılı mafsalsal prototipi ortaya çıkar.

2.6. Maskeli Sinterleme Yöntemi



Şekil 2.3. SLS sisteminin çalışması

3D Systems 3D yazıcı kategorisinde ürettiği ilk oto-inşa cihazı olan Actua 2100, piezo-elektrik prensibiyle çalışan 96 enjeksiyon başlığı kullanarak, erimiş parafin tabanlı termoplastik (mum) damlacıkları püskürterek prototipi imal eder. Sistem, destek için farklı bir malzeme kullanmaz. İnce çubuklar halinde olan destekler, bir fırça görünümündedir ve manuel olarak, kırılır ve temizlenir



Resim 2.5. Kremayer Dişli

Şekil 2.4. Kremayer dişli imalat resmi

Kremayer dişli imalat resmine göre katı modellemesi meydana getirilen ve STL dosyasına dönüştürülen modellemenin oluşturulması için, piezo elektrik prensibi ile çalışan 96 termojet başlıktan, erimiş parafin damlacıklar halinde püskürtülür. Tezgah, 3D sistem prensibine göre prototipi oluşturur.

2.7. Makine Kartuşuna Malzeme Yükleme



Resim 2.6. 3D Z corp tezgahının genel görünüşü

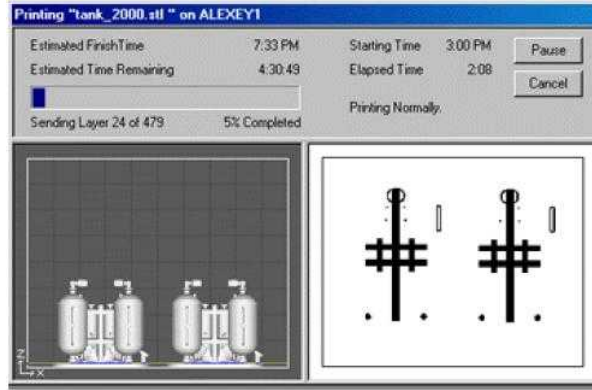
Toz bağlama yönteminde 3D printer polimer ve suport kartuş yuvalarına malzemeler doldurulur. Bu malzeme türleri, tezgah çalışma sistemine göre fotopolimer malzeme, ABS, termoplastik malzemeler olabilmektedir.



Resim 2.7. Suport yapıştırıcısının doldurulması



Resim 2.8. Toz polimerin doldurulması



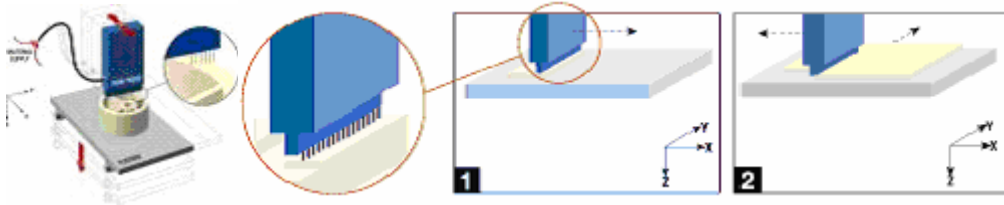
Resim 2.9: SLS Malzeme tankı kontrolü

İşlem	SLA 250	FDM 1650	SOLIDER 5600	SLS 2000	3D Z corp	LOM 1015
<i>Firma</i>	<i>3D Systems</i>	<i>Stratasys</i>	<i>Cubital Ltd.</i>	<i>DTM Corp.</i>	<i>ZCORP</i>	<i>Helisys</i>
<i>Malzemeler</i>	<i>Fotopolimer reçineler</i>	<i>ABS, Hassas döküm mumu, Bazı elastomerler</i>	<i>Fotopolimer reçineler, mum</i>	<i>Termoplastik malzemeler, (PVC,naylon, ABS/SAN), mum</i>	<i>Toz polimer malzemeler</i>	<i>Kağıt, naylon, polyester</i>

Şekil 2.5: tezgah üreticileri, tezgahlar ve kullanılan malzemeler.

2.8. Makinenin Çalışma Sistemi

Termojet'in çalışma yöntemi:



Resim 2.10: Thermojet seçici lazerbaşlığı

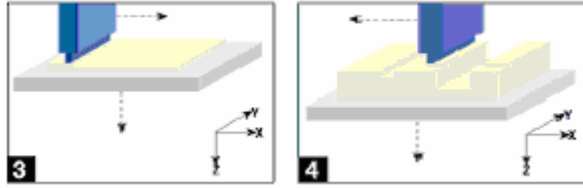
Resim 2.11: Thermojet seçici lazer X,Y hareketi

ThermoJet MJM, diğer otomatik model inşa teknolojilerinde olduğu gibi parçayı düzgün katmanlar halinde inşa eder. Desteklenmesi gereken kısımlara ise ince destek çubukları inşa eder.

Kartuşlarla makineye beslenmiş olan plastik inşa malzemesi, sıcaklıkla eritilerek damlacık püskürten kafaya pompalanır. Kremayer dişli prototipinin oto inşa teknolojisine göre, işlem sırasını şu şekilde açıklayabiliriz:

Piezoelektrik valfli 352 memeden jet halinde damlacık püskürtebilen MJM yazıcı kafası X ekseninde (sağa doğru) hareket ederek platform üzerindeki gerekli noktalara termopolimer inşa malzemesini püskürtür.

Yazıcı kafa, platformun sonuna geldiğinde, platform Y ekseninde (arkaya doğru) hareket eder ve yazıcı kafa, bu sefer X ekseninde geriye (sola doğru) ilerleyerek inşaya devam eder ve dönüşüm dosyasının verilerini gerçekleştirir. Kremayer dişli inşası bittiğinde program sonlanır.



Resim 2.12. Thermojet seçici lazer, Z düşey hareketi

2.9. İşlem Bitince Modeli Makineden Alma

Modelleme inşası bitiminde koruyucu kapak açılarak prototip platformun üzerinden alınır.

Tozlar vakum ile temizlenir ve model üst yüzey işlemlerine tabi tutulur.



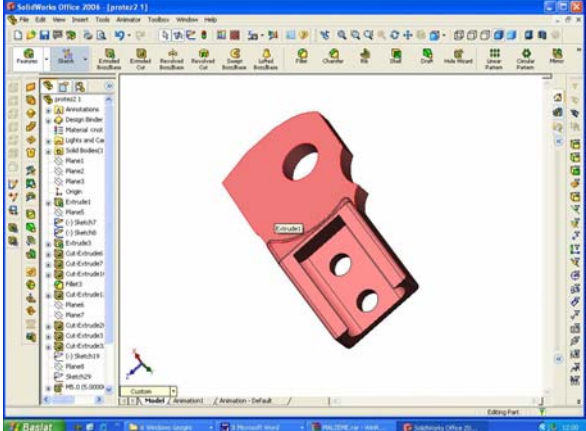
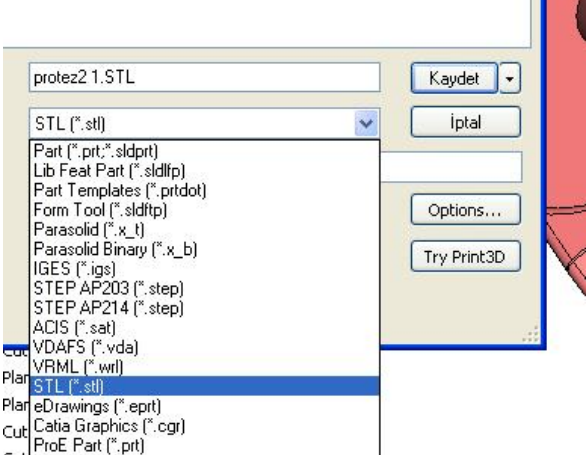
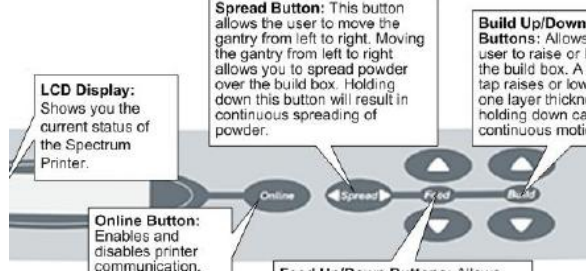
Resim 2.13. Prototipin tezgahtan alınması

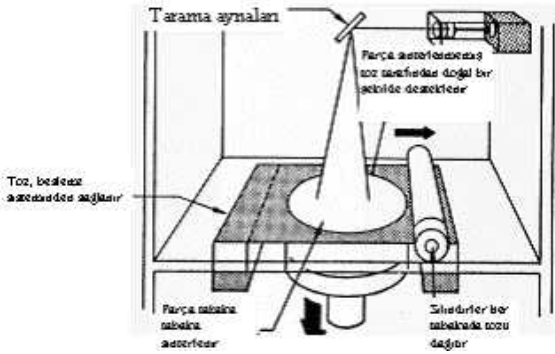

2.10. Temel Elektrik Arızalarını Giderme

Tezgâhın oluşabilecek elektrik arızalarında elektrik bağlantıları ve otomatik sigorta sistemleri kontrol edilir. Tezgâhın kullanım rehberindeki açıklamalar dikkate alınarak arıza taraması yapılır. Sistem gözden geçirilir. Sorun çözümlenmeye çalışılır.

Tezgâhın genelini etkileyen elektrik arızası durumunda, teknik servis bilgilendirilerek yardım alınır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<p>➤ Modeli CAD ortamında tasarlamak</p>	 <p>➤ Toz bağlama yöntemine uygun ölçülerdeki parçanın CAD ortamında tasarımını yapınız.</p>
<p>➤ STL dosyası oluşturmak</p>	
<p>➤ Makine menüsünden makineyi çalıştırmak.</p>	 <p>➤ Online butonu kullanılarak makine ile haberleşme açılır.</p>

<p>➤ Makineyi güvenli çalıştırmak</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Makinenin data ve elektrik kablolarının bağlı olup olmadığını kontrol ediniz. ➤ Makine malzeme kartuşlarının dolu olarak yuvalarına takılı olup olmadığını kontrol ediniz. ➤ Makinenin kontrol panosu menüsünde model adımızın görünüp görünmediğini kontrol ediniz. ➤ Makine kontrol panosunda ENTER tuşu ile makineyi çalıştırınız.
<p>➤ Lazerle sinterleme metodunu bilmek</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lazer, lazer ışını ile eriyebilen ve tekrar kısa sürede sertleşen toz polimer malzemeyi eriterek sertleştirir. Bu durumu dikkate alarak tabaka kalınlıkları ölçüsünde platform üzerinde modeli inşa ediniz.
<p>➤ Modelin platformdan alınması</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bitmiş prototip model platformdan alınarak gerekli üst yüzey işlemleri yapılır. <div style="text-align: center;">  </div>

ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları dikkatlice okuyunuz. Doğru olduğunu düşündüğünüz cevabı şıkkın üzerini daire içine alarak işaretleyiniz. Bunu tek başınıza yapınız.

1. CAD tasarımından sonra dosya dönüşüm türü aşağıdakilerden hangisidir?
A) DWG
B) CGR
C) STL
D) WMF
2. Toz bağlama yönteminin esası aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?
A) Sıvı foto polimer malzemeyi kürleştirmek.
B) Katı ahşap katmanlar kesmek.
C) Lazerle metal eritmek.
D) Toz foto polimer malzemeyi lazerle eritmek.
3. Toz bağlama yönteminde kullanılan ana malzeme hangisidir?
A) Sıvı foto polimer
B) Toz foto polimer malzemeler
C) Katı metal
D) Plastik plakalar
4. Toz bağlama yönteminde kullanılan tezgahların çalışma prensibi aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?
A) Lazer kafasının x,y,z ekseninde hareket etmesi ile inşa
B) Sıvı kürleştirme l ile inşa .
C) Ahşap malzemeyi kesme ile inşa .
D) Harç sıvama ile inşa
5. Toz bağlama yönteminde elde edilen prototipler
A) Üst yüzey işlemlerine ve mekanik deneylere uygundur.
B) Hassas döküm imalatına uygundur..
C) Tezgahlarda işlemeye uygundur.
D) Tekrar kullanılmaya uygundur.

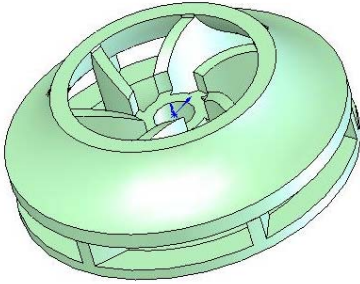
DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarınızı karşılaştırmış, cevaplarınız doğru ise performans değerlendirme testine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

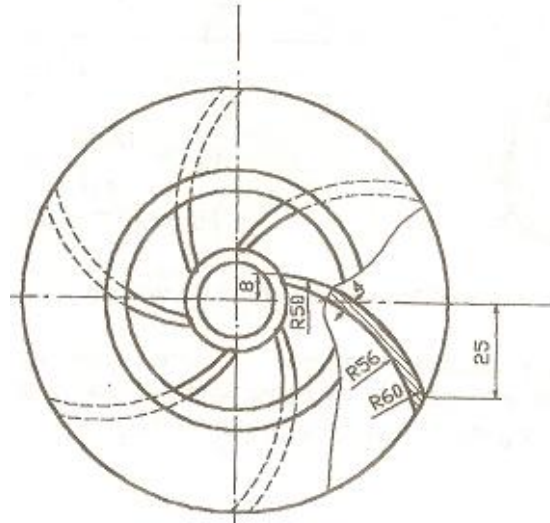
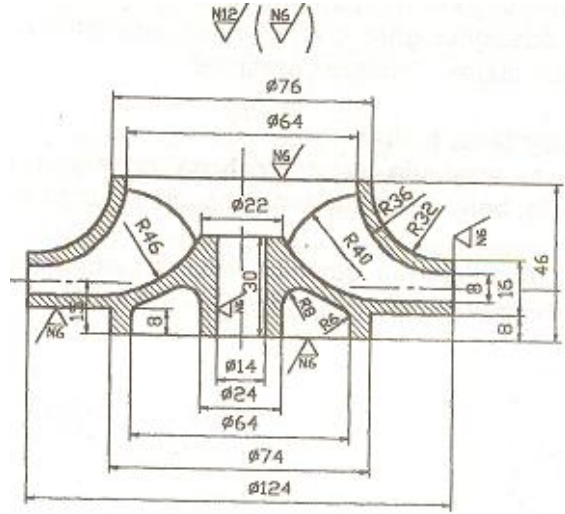
PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda belirtilen uygulama faaliyetini gözlenecek davranışları dikkate alarak gerçekleştiriniz. İşlemi yapabilme süresi 6 ders saatidir.

3 Boyutlu resmi ve imalat resmi verilen santrifüj fanın, CAD programı ile prototip modellemesini yapınız.



Resim 2.14: Santrifüj katı modelleme



Şekil 2.6. Santrifüj teknik resmi

➤ Kullanılacak Program, Tezgah ve Malzemeler

- CAD programı yüklü bilgisayar,
- Foto kür prototip tezgahı,
- Ek kürleştirme tezgahı,
- Foto polimer sıvı malzeme,
- Dijital ölçü aletleri,
- İş önlüğü, eldiven ve gözlük.

KONTROL LİSTESİ

Alan Adı	MAKİNE TEKNOLOJİLERİ	Tarih		
Modül Adı	Oto inşa teknolojileri 1	Öğrencinin		
Faaliyetin Adı	Toz bağlama yöntemiyle modelleme yapmak	Adı Soyadı		
		No		
Faaliyetin Amacı	Toz bağlama yöntemi ile modelleme yapabileceksiniz.	Sınıfı		
	Bölümü			
AÇIKLAMA	Bitirdiğiniz faaliyetin sonunda aşağıdaki performans testini doldurunuz. Hayır olarak işaretlediğiniz işlemleri öğretmeninize başvurarak tekrarlayınız.			
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			Evet	Hayır
1	CAD programında prototip modellemenizi yaptınız mı?			
2	CAD datanızı STL veya WRML dosya türüne dönüştürdünüz mü?			
3	Prototip tezgahın data ve elektrik kablolarını kontrol ettiniz mi?			
4	Makinenin yapıştırıcı sıvısını ve toz malzemeyi deposuna doldurdunuz mu?			
5	Makinenin kontrol menüsünden makinenizi çalıştırdınız mı?			
6	Makine yazılımında dosyanızı açtınız mı?			
7	Makine yazılımından CAD datası yüzey hatalarını giderdiniz mi?			
8	Prototip oluşumunu takip ettiniz mi? Prototip modelleme inşası bitiminde modelinizi platformdan bir spatula ile aldınız mı?			
9	Prototip modellemeyi kontrol edip tozları modellemeden temizlediniz mi?			
10	Prototip modellemenizi üst yüzey işlemlerine tabi tuttunuz mu?			

DEĞERLENDİRME

Değerlendirmedeki davranışları sırasıyla doğru olarak uygulayabilmelisiniz. Uygulayamadığınız davranıştan diğer davranışa geçmeniz mümkün olmayacaktır. Ölçme soruları ve performans değerlendirme testi sonunda başarısız olduğunuz kısımlar hakkında yeniden konu ve uygulama tekrarı yapınız. Cevaplarınızın hepsi doğru ise modül değerlendirmeye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Modülü bitirdiniz tebrikler...

Modül sonunda kazanacağınız yeterliliği kazanıp kazanmadığınızı ölçen bir ölçme aracı öğretmeniniz tarafından size uygulanacaktır.

Bu uygulama sonucu bir üst modüle geçip geçmeyeceğiniz size öğretmeniniz tarafından bildirilecektir.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	B
4	A
5	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	B
4	D
5	B

KAYNAKLAR

- Lazerli kür 3D systems Inc,(ABD) **AAROFLEX** Inc (ABD),**EOS** Gmbh (Almanya), **TejinSeiki** (Japonya) **CMET** Mitsubishi (Japonya).
- **LEVI,H.,**Cubital's Solider 5600 System: A Second Generation, Accurate Rapid Prototyping System, 1996.
- **COMP,J.,** Stratasys FDM Speed and Accuracy, Stratasys Inc., 1996.
- **JACOBS,P,F.,** Rapid Prototyping&Manufacturing: Fundamental of StereoLithography, First Edition, Society of Manufacturing Engineers, Deaborn, Michigan, 1992.
- www.zcorp.com internet sitesi
- www.stratasys.com internet sitesi
- www.cadem.com.tr internet sitesi
- www.4c.com.tr internet sitesi
- 4 C Mühendislik ve Bilgisayar Dış.Tic.Ltd.Şti.Zcorp Software