

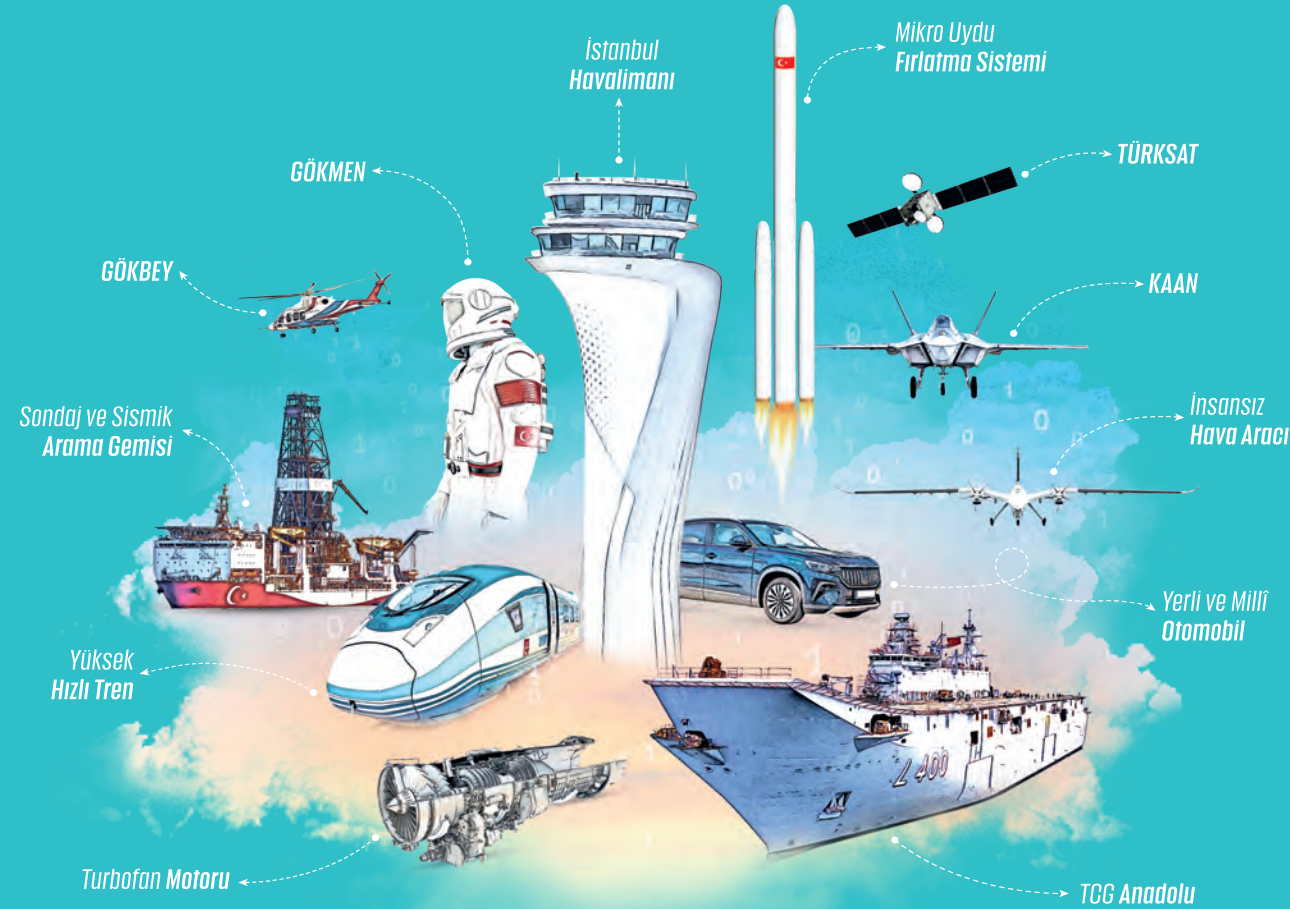
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-8878-6

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

TERSİNE MÜHENDİSLİK VE HASSAS MODELLEMELER 11-12 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MAKİNE VE TASARIM TEKNOLOJİSİ ALANI

11-12

DERS MATERYALİ



TERSİNE MÜHENDİSLİK VE HASSAS MODELLEMELER



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MAKİNE VE TASARIM TEKNOLOJİSİ ALANI

**TERSİNE MÜHENDİSLİK
VE
HASSAS MODELLEMELER**

11-12
DERS MATERYALİ

Yazarlar

Levent YILDIRIM

Süleyman TİLKİ

Yüksel DEMİRER



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI : 9946
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ : 3398

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı

Hikmet GÜNDÜZ

Program Geliştirme Uzmanı

Pelin KILIÇ KOÇAK

Rehberlik Uzmanı

Feyza SÜNBÜL

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı

Serpil DURMUŞ AKGEYİK

Görsel Tasarım Uzmanı

Necip Eser AKSEL

ISBN: 978-975-11-8878-6

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerâhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

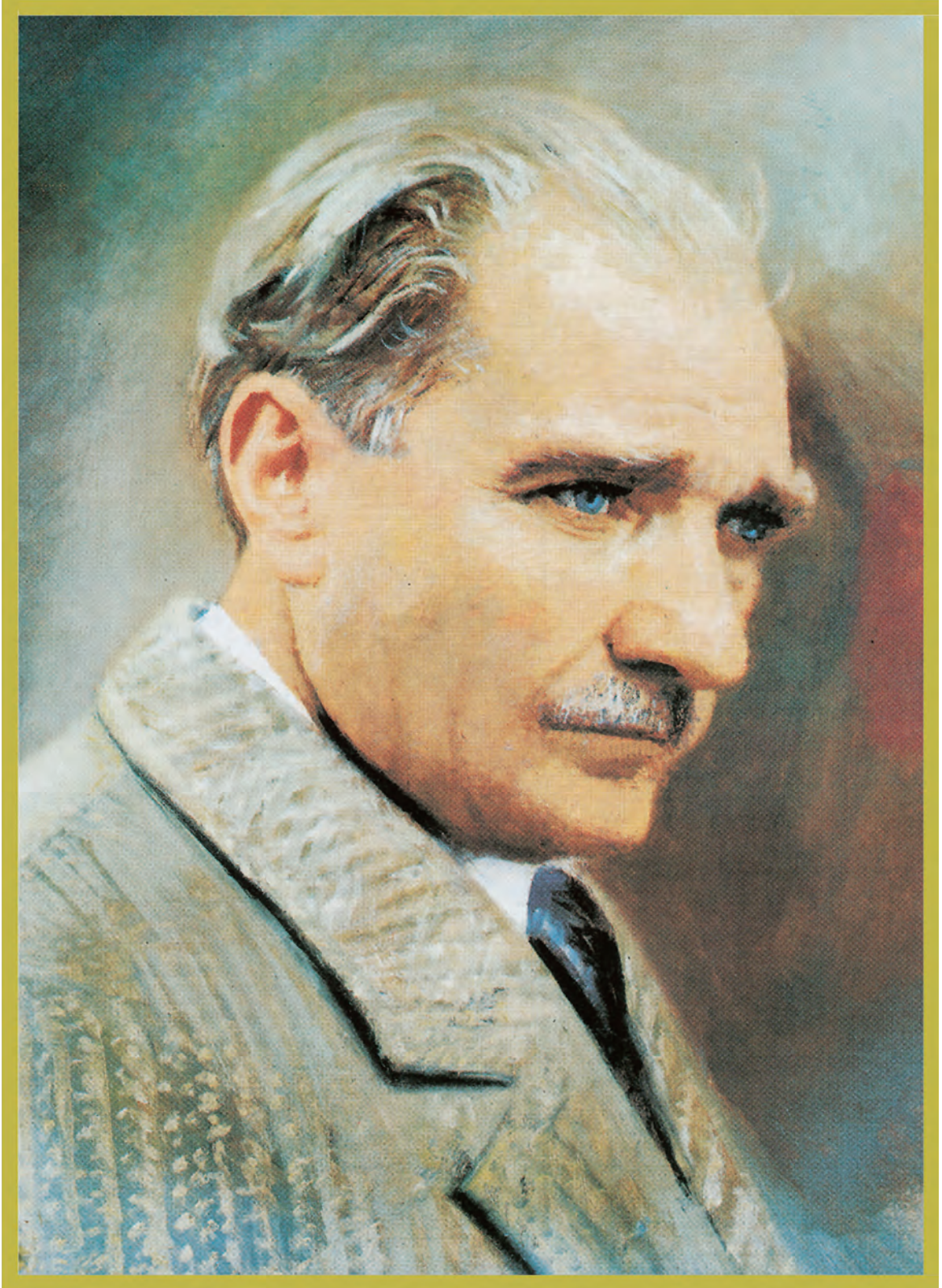
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER



DERS MATERYALİNİN TANITIMI	12
İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	16
1.1. SİSTEM KURULUMU	26
1.1.1. Cihazı Tripoda Takma	26
1.1.2. Bilgisayar Bağlantı Kablolarını Bağlama ve Kontrol Kutusu Bağlantı Kablolarını Takma	28
1.1.3. Kamera ve Projektörün Kablolarını Takma	28
1.2. KALİBRASYON YAPIMI	32
1.2.1. Kalibrasyona Göre Lensleri Takma	32
1.2.2. Kameraların Konumlarını Ayarlama	33
1.2.3. Kalibrasyon Plakasını Konumlandırma	34
1.2.4. Kalibrasyon Parametrelerini Belirleme	34
1.2.5. İki Ayrı Lensi Tek Bir Yere Odaklama	34
1.3. TARAMA BAŞLATMA	36
1.3.1. Yüzeyi Matlaştırma	36
1.3.2. Tarama Parametrelerini Belirleme	36
1.3.3. Işık Ayarlarını Yapma	37
1.3.4. Mesafe Ayarını Yapma	37
1.3.5. Taramaya Başlama İşlemi	38
1.4. VERİLERİ OPTİMİZE ETME	40
1.4.1. Pozları Birleştirme İşlemi	40
1.4.2. Boşlukları Kapama	41
1.5. POLİGONLARI TAMİR ETME	43
1.5.1. Tersine Mühendislik Programını Açma	43
1.5.2. Taranan Dosyayı Çağırma	43
1.5.3. Poligonları Tamir Etme	44
1.5.4. Resme Gereken İlaveleri Yapma	44
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	47



ANA MODELLEME VE SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ	50
2.1. CAD ORTAMINDA ANA MODELLEME RESİMLERİNİ ÇİZME	55
2.1.1. Üretimi Yapılacak Olan Ana Modelin ve Silikon Kalıba Ait Parçaların Modelleme Resimlerini CAD Ortamında Çizme	55
2.2. ANA MODELLEME YAPMA	58
2.2.1. Ana Modelleme Yapma Yöntemini Belirleme	58
2.2.2. Tezgâh ve Malzeme Ayarlarını Yapma	58

2.2.3. Ana Modeli İşleme	58
2.3. ANA MODELLEMEDEN SİLİKON KALIP YAPMA VE KALIP İÇERİSİNDEN MODELİ ÇIKARMA	62
2.3.1. Ana Modeli Kasaya Alma	62
2.3.2. Model Yüzeylerine Kalıp Ayırıcı Sürme	63
2.3.3. Hacim Hesapları	64
2.3.4. Silikonu Kalıba Dökme	69
2.3.5. Silikon Katılaştıktan Sonra Ana Modeli Kalıp İçerisinden Çıkarma	71
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	73



3. HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİLERİ	76
3.1. HASSAS DÖKÜM	76
3.1.1. Hassas Dökümün Tanımı ve Yöntemleri	76
3.1.2. Hassas Dökümde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	79
3.2. MUM MODEL KALIBI YAPMA	80
3.2.1. Mum Model Kalıpları ve Özellikleri	81
3.2.2. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıbın CAD Ortamında Modelleme Resimlerinin Çizimi	82
3.2.3. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CAM Programına Kaydedilmesi ve İşleme Operasyonlarının Oluşturulması	84
3.2.4. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CNC Tezgâhlarında Üretimi	86
3.2.5. 3D Yazıcıda Mum Model Kalıp Yapımı	89
3.3. KALIBA MUM ENJEKTE ETME	93
3.3.1. Hassas Dökümde Kullanılan Mumlar	93
3.3.2. Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etmekte Kullanılan Araç Gereç ve Yöntemler	97
3.3.3. Kalıp İçerisinden Mum Modellemeyi Çıkarma	97
3.3.4. Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etme ve Kalıp İçerisinden Mum Model Çıkarma ..	98
3.4. MODELLEMELERDEN SALKIM OLUŞTURMA	100
3.4.1. Kalıp İçerisinden Çıkarılan Mum Modellerin Mala Yüzeyinin Tespiti	100
3.4.2. Yolluk Sistemi, Dağıtıcı ve Salkım Oluşturma	100
3.4.3. Modellerin Rezistansla Birleştirilmesi	101
3.4.4. Mum Modellerden Salkım Oluşturma	102
3.5. SALKIM MODELLEMELERİ DÖKÜME HAZIRLAMA	103
3.5.1. Salkım Modellemeleri Kaplamada Kullanılacak Malzemeler	103
3.5.2. Üzeri Kaplama Yapılmış Salkım Modellemelerden Mum Giderme İşlemi	105
3.5.3. Salkım Modellemeleri Döküme Hazırlama	106
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	107



OTO İNŞA TEKNOLOJİLERİ	110
4.1. 3D YAZICILARDA İMALAT İŞLEMLERİ	110
4.1.1. 3D Yazıcılarda İmalat Yöntemleri	110
4.1.2. 3D Yazıcılarda İmalat İçin Kullanılan İnşa Malzemeleri	119
4.2. FOTO KÜR YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA	123
4.2.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma	123
4.2.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme	124
4.2.3. İşleme Simülasyonunu Yapma	124
4.2.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme	124
4.2.5. Modeli İşleme	124
4.2.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma	124
4.3. TOZ BAĞLAMA YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA	127
4.3.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma	127
4.3.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme	127
4.3.3. İşleme Simülasyonunu Yapma	128
4.3.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme	128
4.3.5. Modeli İşleme	128
4.3.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma	128
4.4. YIĞMA YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA	131
4.4.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma	131
4.4.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme	136
4.4.3. İşleme Simülasyonunu Yapma	138
4.4.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme	138
4.4.5. Modeli İşleme	139
4.4.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma	139
4.5. LAMİNASYON YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA	142
4.5.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma	142
4.5.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme	143
4.5.3. İşleme Simülasyonunu Yapma	143
4.5.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme	143
4.5.5. Modeli İşleme	143
4.5.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma	144
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	148
CEVAP ANAHTARI	149
KAYNAKÇA	150

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

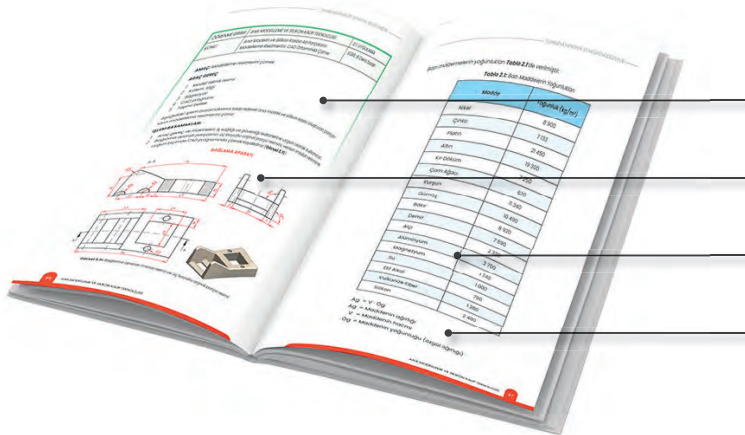


Öğrenme birimi numarası

Öğrenme birimi başlığı

Öğrenme birimi içerik bilgisi

Etkileşimli karekod ve içerik bağlantısı



Uygulama sayfası

Uygulama teknik çizimi

İçerik tablosu

Metin alanı



Etkileşimli kitap, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Daha fazlası için <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=>
adresini karekod numarasını ekleyerek ziyaret edebilirsiniz.

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=16401>

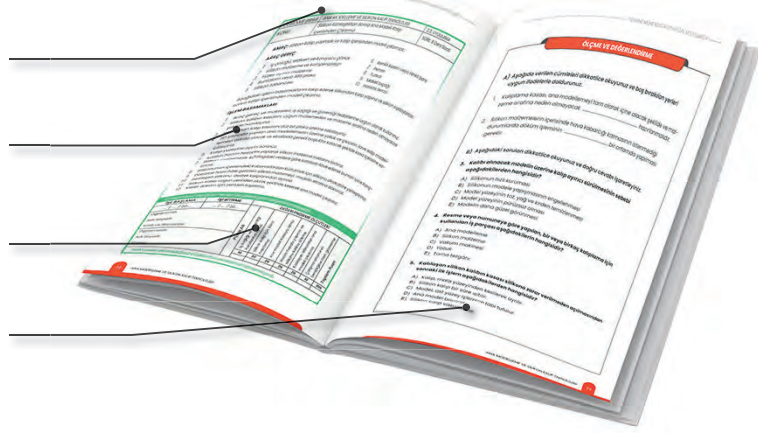
DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Uygulama başlığı

Uygulama yönergesi

Uygulama değerlendirme
ölçütü

Öğrenme birimine ait ölçme
ve değerlendirme sayfası



Alt başlık

İçerik görseli

Örnek çizim alanı

Sayfa numarası

Öğrenme birimi hatırlatma başlığı



Not: Bu ders materyalinde ölçü birimlerinin uluslararası kısaltmaları kullanılmıştır.

T.

ÖĞRENME BİRİMİ

İKİ VE ÜÇ BOYUTLU
TARAMA İŞLEMLERİ



KONULAR

- 1.1. Sistemi Kurma
- 1.2. Kalibrasyon Yapma
- 1.3. Taramayı Başlatma
- 1.4. Verileri Optimize Etme
- 1.5. Poligonları Tamir Etme

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- 3D Tarayıcıyı Kurma
- 3D Tarayıcının Kalibrasyonunu Yapma
- 3D Tarama İşlemini Yapma
- 3D Tarama Verilerini Optimize Etme
- 3D Tarama Poligonlarını Tamir Etme

TEMEL KAVRAMLAR

- 3D cihazlar, tarama işlemi, tarama düzenleme

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Mevcut bir ürünün geliştirilmesinde hangi yöntemler kullanılabilir?

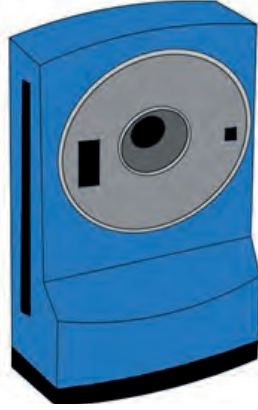
1. İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ

Üretimi daha önceden yapılmış endüstriyel bir ürün, geleneksel üretim şekillerinin dışında, farklı tarama yöntemleri kullanılarak da çoğaltılabilir. Bu üretim şekline **tersine mühendislik** denmektedir. Diğer bir deyişle tersine mühendislik işlemi, hazır bir ürünün tarama cihazları ile iki veya üç boyutlu olarak taranması, bu taramanın bilgisayarlarda CAM programları ile düzenlenmesi ve ortaya çıkan üç boyutlu resmin CNC makineleri, üç boyutlu yazıcılar vb. ile ürüne dönüştürülmesidir.

Tarama işlemi, kullanılan yöntemine göre iki boyutlu tarama veya üç boyutlu tarama olarak isimlendirilmektedir.

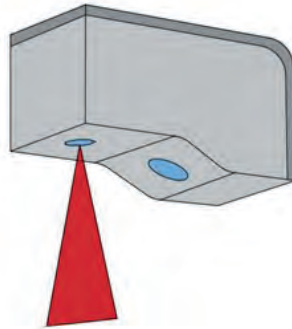
• İki Boyutlu Tarama

Endüstriyel ürünlerin iki boyutlu taraması, genellikle yüzeylere temas etmeden kullanılan cihazlarla yapılır. Bu cihazlar; üretim bandında ürün denetleme, kalite denetleme, birçok farklı yüzey ve malzemenin ölçümünü yapma, kod okuma gibi işlemlerde kullanılır (**Görsel 1.1**).



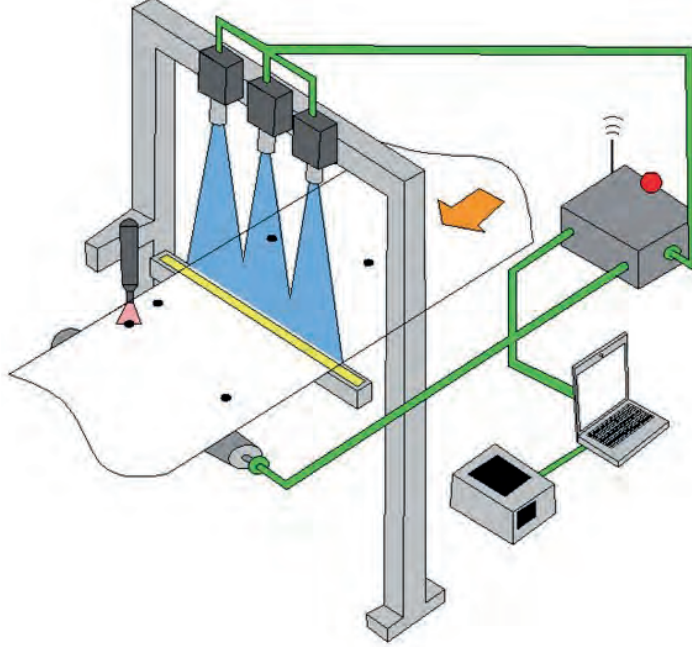
Görsel 1.1: İki boyutlu tarama cihazı

İki boyutlu tarayıcılar, üçgensel yapıda çizgisel ışık yansıtma teknolojisini kullanarak çalışır. Ölçümü yapılacak ürün üzerine lazer ışık gönderilir. Cismin üzerinden geri yansıyan lazer ışık, yüksek kaliteli optik sistem tarafından CMOS kamera üzerine düşürülür. Bu sayede cismin dikey (yükseklik) mesafe (Z) değeri ile yatay (uzunluk) mesafe (X) değeri ölçülmüş ve koordinatları iki boyutlu olarak hesaplanmış olur (**Görsel 1.2**).



Görsel 1.2: İki boyutlu tarayıcılarda üçgensel yapıda tarama

İki boyutlu tarama yapan cihazlar otomasyon sistemlerinde daha çok tercih edilir. Bu sistemlerde lazer ışık kaynağı bant üzerine aktarılır. Bant üzerinden geçen parçalar kameralara yansır. Böylece tarama işlemi gerçekleştirilir (**Görsel 1.3**).



Görsel 1.3: Tarama işleminin gerçekleştirilmesi

İki Boyutlu Tarayıcıların Avantajları

1. Üç boyutlu sistemlere kıyasla daha ucuz olması
2. Kullanımının kolay olması
3. Tarama sonuçlarının güvenilir olması

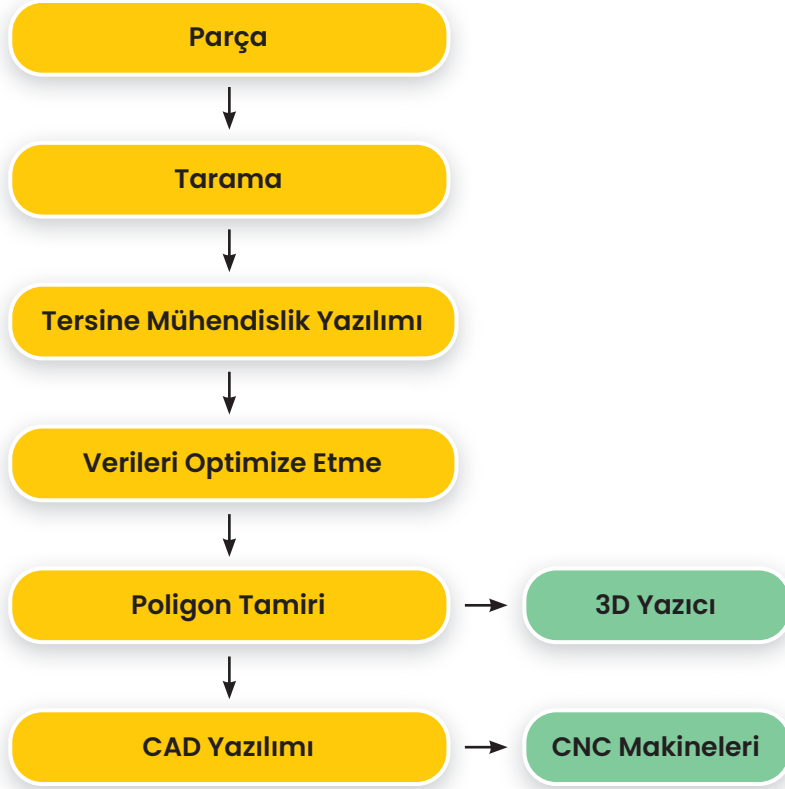
İki Boyutlu Tarayıcıların Dezavantajları

1. Bazı ürünleri net tarayamaması
2. Derinlik taramasının olmaması
3. Yükseklik taramasının olmaması
4. Düşük ışık yoğunluğunda iyi sonuçlar vermemesi
5. Açılı parçalarda farklı sonuçlar vermesi

• Üç Boyutlu Tarama

Endüstriyel ürünlerin ölçülerinin hassas bir şekilde ortaya çıkarılarak sayısal ortama aktarılmasında üç boyutlu tarama işlemi kullanılır. Bu tarama işlemleri, verilerin CAD ortamına aktarılmasında kullanılır. CAD ortamına aktarılan bu veriler, gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra STL dosya uzantılı olarak kaydedilir. Kaydedilen çalışma üç boyutlu yazıcılarda çalışmaya hazır hâle gelir. Ayrıca CAM ortamına da aktarılarak CNC tezgâhlarında işleme imkânı sunulabilir.

Üç boyutlu tarama işleminin belirli bir işlem sırası (**Şema 1.1**) ile yapılması gereklidir. Bu işlem sırası takip edilmediğinde tarama işlemi sonuçlandırılmaz.



Şema 1.1: 3D tarama şeması

Üç boyutlu tarama sistemleri iki ana gruba ayrılır:

- A) Temas ederek (problu) üç boyutlu ölçüm yapan tarama cihazları (CMM)
- B) Temas etmeden üç boyutlu tarama yapan cihazlar

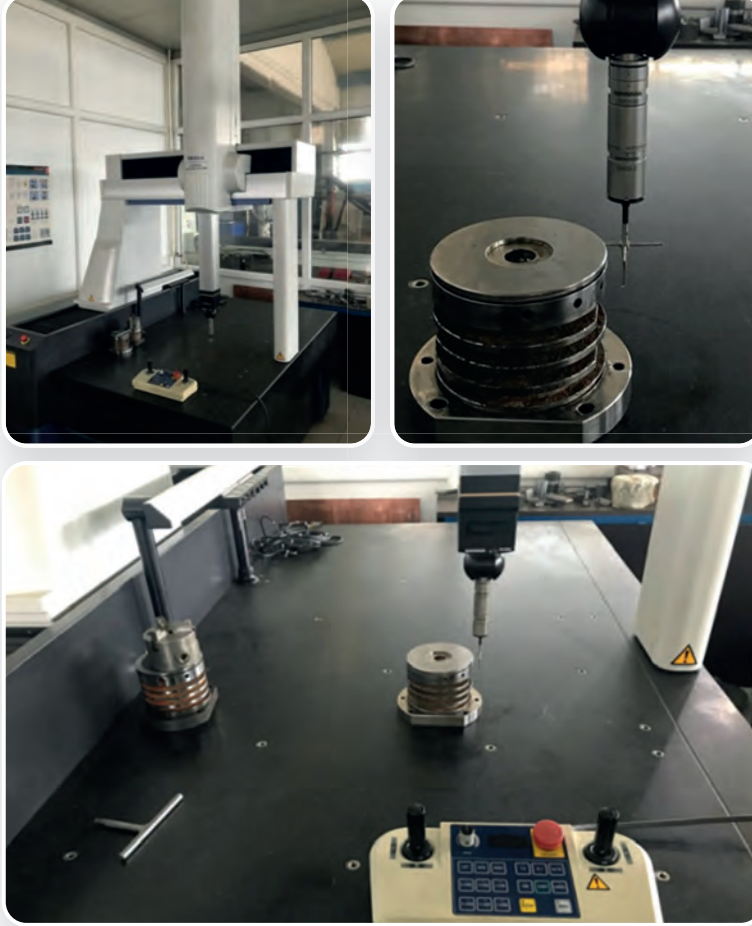
A) Temas Ederek (Problu) Üç Boyutlu Ölçüm Yapan Tarama Cihazları (CMM)

Koordinat ölçme makineleri [CMM (Coordinate Measuring Machine / Koordineyt Mesuring Maşin)] nesnelerin yüzeylerini bir prob yardımıyla algılayarak onların üç boyutlu ölçümlerini yapan elektromekanik sistemlerdir. Endüstride hassas ölçüm gerektiren tarama işlemlerinde genellikle CMM'ler tercih edilmektedir.

Temas ederek (problu) üç boyutlu ölçüm yapan tarama cihazları (CMM) çalışma prensiplerine göre üçe ayrılır:

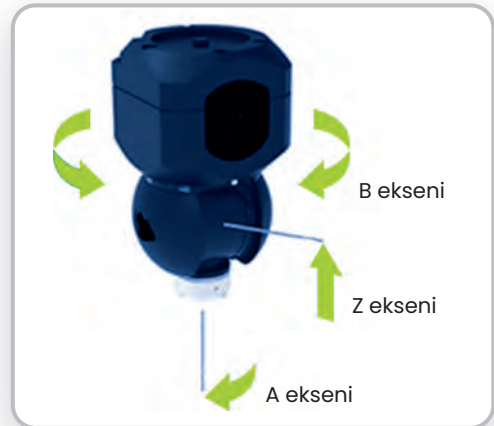
1. Sabit Tip CMM'ler
2. Dört Kolonlu Tip CMM'ler
3. Mafsallı Kol Tipi CMM'ler

1. Sabit Tip CMM'ler: Çok eksenli mekanik bir kolun ucuna takılan ve hassasiyeti çok yüksek olan bir ölçüm probu, üç boyutlu taraması yapılmak istenen parçanın belirli noktalarına temas ettirilerek bu noktaların parça üzerindeki koordinatları hassas bir biçimde ölçülür (**Görsel 1.4**).



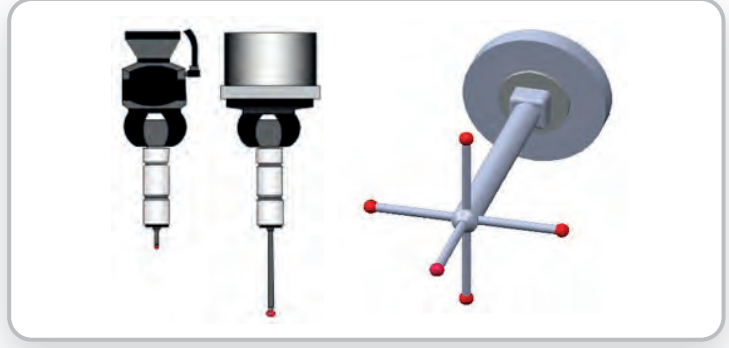
Görsel 1.4: Prob ile ölçüm

Sabit tip CMM'lerde A, B ve Z ekseninde hareket eden sistemin proba bağlı kafası, kendi ekseninde 360 derece dönerek çok yönlü ölçüm imkânı sunmaktadır. Mekanik kolun çalışma eksenleri **Görsel 1.5**'teki gibidir.



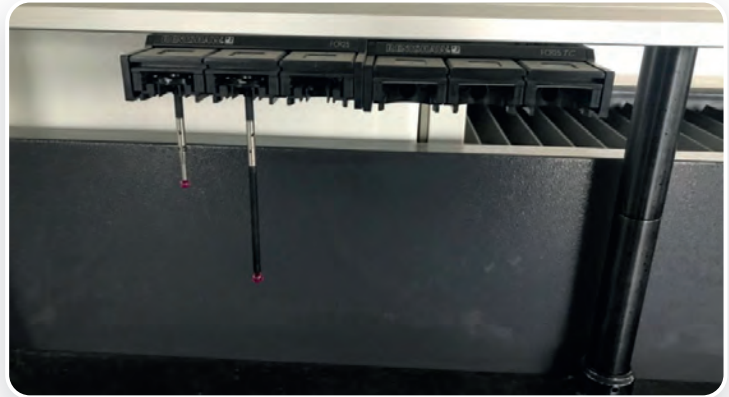
Görsel 1.5: Mekanik kolun çalışma eksenleri

Ölçüm taraması yapılacak parçanın yüzey şekillerine, delik çap ve derinliklerine göre prob uçları **Görsel 1.6**'da görülmektedir.



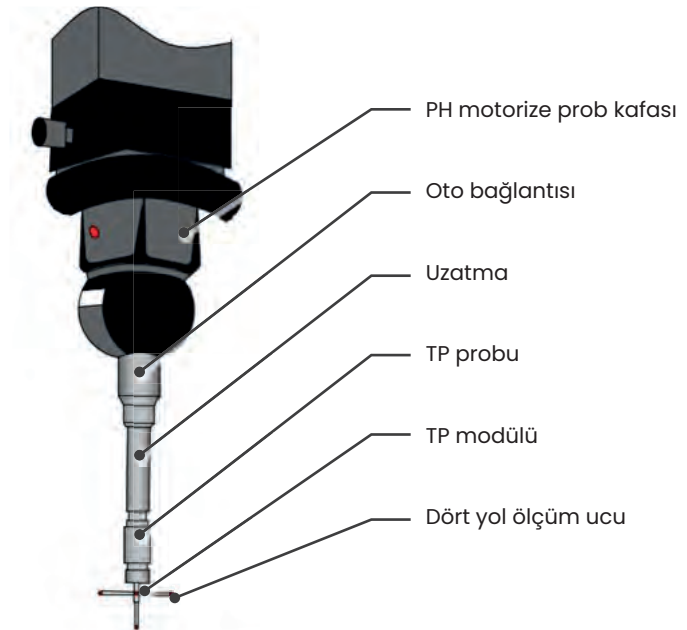
Görsel 1.6: Çeşitli prob uçları

3D ölçüm cihazında ölçümler yapılırken birden fazla tarama ucu gerekebilir. Çok hassas olan bu uçlar, cihaz üzerindeki güvenli bir yedek alanında konumlandırılır (**Görsel 1.7**) ve ihtiyaç durumunda bu alandan alınarak kullanılır.



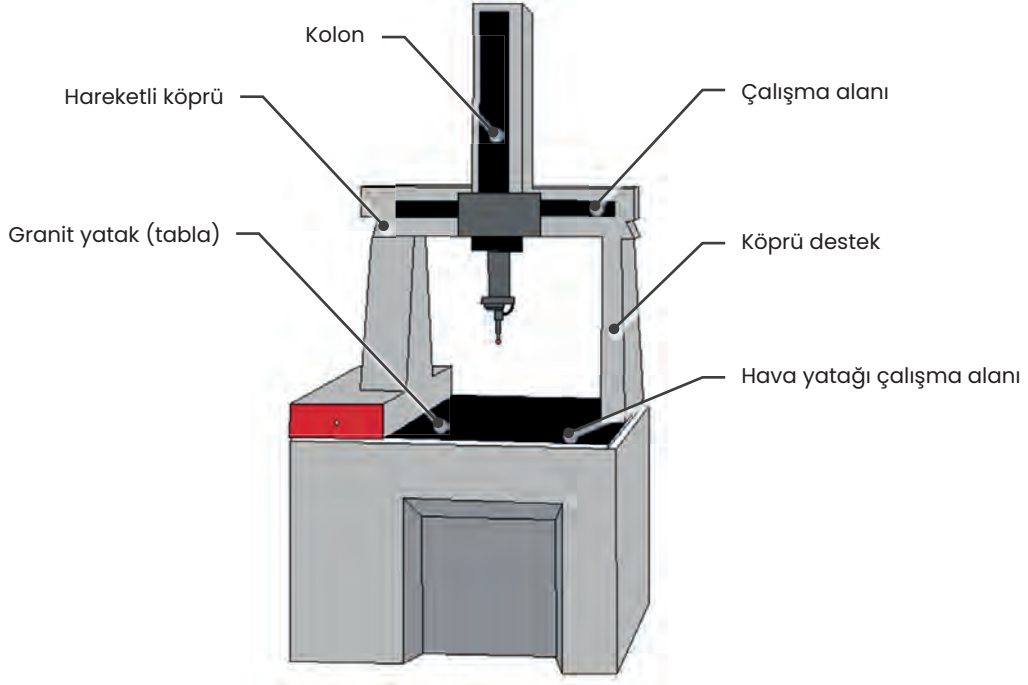
Görsel 1.7: Yedek prob uçlarının cihaz üzerinde konumlandırılması

Ölçümlerin doğru ve eksiksiz olarak yapılabilmesi için prob yapısının (**Görsel 1.8**) bilinmesi gereklidir. Prob yapısı bilinmeden yapılan özensiz taramalar hatalı sonuçlar verecektir.



Görsel 1.8: Probun yapısı

CMM tipleri yapı olarak köprü, destek ve tabladan oluşur. Sabit CMM'ler çok yüksek hassasiyet düzeylerine sahiptir ve CAD modeline bir bağlantı sağlar. Ayrıca ölçülecek parçanın oda sıcaklığına yakın değerlerde olması ve ölçüm tablasına sığabilmesi gerekmektedir.



Görsel 1.9: CMM'nin yapısı

CMM'leri kullanmak için kumanda paneline (**Görsel 1.9**) ihtiyaç duyulur. Kumanda paneli üzerinde ölçme ucunu kontrol eden kollar bulunur. Ayrıca panel üzerinde acil stop, hız ayarı, eksen ayarları, cihazın hareketi, hassas ilerlemesi, durdurulması vb. işlemleri sağlayan düğmeler mevcuttur (**Görsel 1.10**).



Görsel 1.10: Kumanda paneli

2. Dört Kolonlu Tip CMM'ler: Zemin-den yükselen dört dikey sütun ile desteklenen CMM'lerdir. Her üç eksen (A, B ve Z) de dikey sütunların tepesinde yer alır ve bu CMM'ler son derece büyük parçalar için elverişlidir (**Görsel 1.11**).

3. Mafsallı Kol Tipi CMM'ler: Mafsallı bir kolu bulunan bu cihazın probu, parçanın üç boyutlu taramasını yapar ve kaydeder. Daha sonra CAD yazılımı aracılığıyla bu tarama sonuçları düzenlenir.

Kol içerisindeki her bir hareketli bağlantı noktasının dönüş açısı, optik döner kodlayıcılar kullanılarak belirlenir. Bu kodlayıcılar, cam bir disk üzerine hassas şekilde çizilmiş çizgileri tespit ederek dönüş sayısını artışı bir şekilde belirler. Kollar genel olarak yedi dönüş eksenine sahiptir ve bu durum, cihazın çok farklı şekillerde hareket etmesine olanak sağlar (**Görsel 1.12**).

Probu Sistemin Avantajları

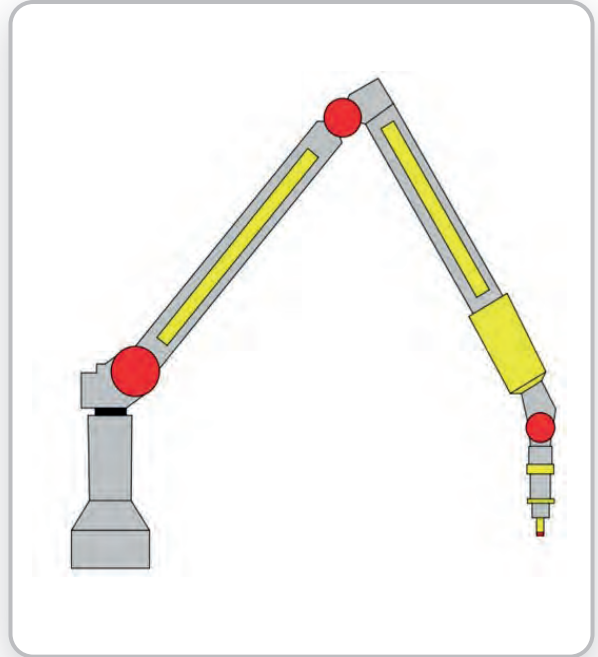
1. Yüksek çözünürlük
2. Düşük maliyet
3. Derin yarık ve cep geometrileri tarama kabiliyeti
4. Renk ve geçirgenlikten etkilenmeme

Probu Sistemin Dezavantajları

1. Üç boyutlu tarama için probun yüzeye değme zorunluluğu
2. Üç boyutlu taramada parçanın karmaşık şekilli olması durumunda istenen değerlerin alınamaması
3. Üç boyutlu tarama cihazının kalibrasyon kontrolünün devamlı yapılma zorunluluğu
4. Verilerin yavaş toplanması
5. Hassas nesnelerin prob temasıyla hasar görmesi



Görsel 1.11: Dört kolonlu tip CMM



Görsel 1.12: Mafsallı kol tipi CMM

B) Temas Etmeden Üç Boyutlu Tarama Yapan Cihazlar

Karmaşık yüzeyleri olmayan endüstri ürünlerini tarama işleminde, temas etmeden üç boyutlu tarama yapan cihazlar tercih edilmektedir.

Temas etmeden üç boyutlu tarama yapan cihazlar, çalışma prensiplerine göre ikiye ayrılır:

1. Lazerli tarama yapan cihazlar
2. Kameralı tarama yapan cihazlar (topometrik görüş)

1. Lazerli Tarama Yapan Cihazlar: Lazerli sistemlerde tarama, lazer ışınları kullanılarak gerçekleştirilir. Parçaya ait koordinat değerleri, parçanın tarama yapılmak istenen bölgelerine yollanan lazer ışınının kaynaktan çıkıp parçadan yansıyarak kaynağa geri dönme zamanının ışık hızıyla çarpılması yoluyla otomatik olarak hesaplanır. Koordinat değerleri, kol üzerindeki koordinat belirleyici sayesinde alınır. Lazer, doğrusal hareket ettiği için düzlemsel yüzeyler için oldukça idealdir.

Lazerli tarama sistemleri karmaşık parçaların taranması için önerilen bir sistem değildir. Bunun nedeni ise lazer ışınının geri dönmesinin mümkün olamayacağı boşluk, delik gibi unsurlar içeren karmaşık şekilli nesnelerin taranması sonucunda ulaşılan ölçümlerin hata içerebilmesidir. Hatasız ölçümlere ulaşılamadığından doğru bir katı model oluşturmak da mümkün olamamaktadır.

3D lazer tarayıcıda iyi sonuçlar almak için cihazın yapısının bilinmesi gerekir. Tarama cihazını tanımak, tarama işleminden en kısa zamanda en doğru sonuçları elde etmeyi sağlar. Lazerli 3D tarayıcının kısımları **Görsel 1.13**'te verilmiştir.



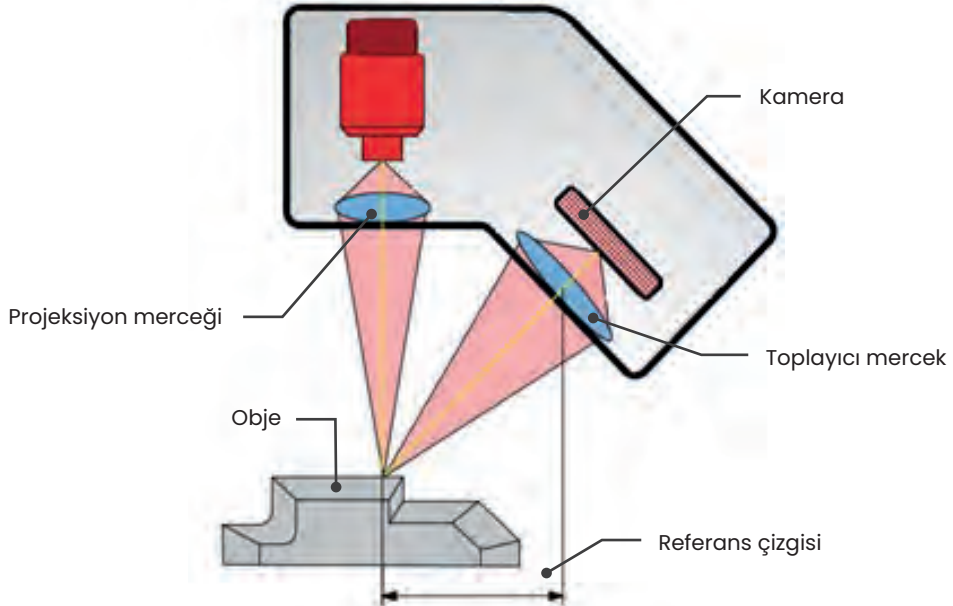
Görsel 1.13: Lazerli tarama cihazı

Lazerli tarama cihazı, yüksek doğruluk düzeyine ve geniş bir tarama aralığına sahiptir. Bu nitelik kullanıcının tecrübesi ve bilgisi doğrultusunda gerçekleşir (**Görsel 1.14**).



Görsel 1.14: Lazerli tarama cihazı kullanımı

Lazerli tarama cihazı; lazer kaynağı, kamera lazeri merceği, yansıyan lazeri toplayıcı mercek ve gövde yapısından oluşmaktadır. Lazerli tarama cihazının çalışma prensibi **Görsel 1.15**'te verilmiştir.



Görsel 1.15: Lazerli tarama cihazının çalışma prensibi

2. Kameralı Tarama Yapan Cihazlar (Topometrik Görüş): Üç boyutlu verilerin elde edilmesi için tarama yapılacak modellemenin yüzeyleri üzerine lazer ışını gönderilir. Gönderilen ışınlar, tarayıcıya monte edilmiş kamera sensörü ile geri toplanır ve gerekli verilerin elde edilmesi sağlanır (**Görsel 1.16**).



Görsel 1.16: Lazerli tarama cihazının çalışma prensibi

Temas Etmeden Üç Boyutlu Tarama Yapan Cihazların Avantajları

1. Hafiflik
2. Yüksek kaliteli 3D modelleme için yüksek doğruluk
3. Basit kullanım
4. Tarama sonrası veri işleme ve düzenleme imkânı
5. Ölçü kontrolü
6. Kolay taşınma
7. Fiziksel temas olmaması
8. Renk algılama kabiliyeti
9. Büyük parçaları hızlıca dijitalleştirebilme
10. Detay tarama kabiliyeti

Temas Etmeden Üç Boyutlu Tarama Yapan Cihazların Dezavantajları

1. Renkli, geçirgen ve yansıtıcı yüzeyler için uygun olmama
2. Düşük hassasiyete sahip olma

1.1. SİSTEM KURULUMU

Üç boyutlu tarayıcının kurulum işleminde tarayıcının her parçasını doğru bağlamak önemlidir. Öncelikle tarayıcı, tripoda sabitlenir ve taraması yapılacak ürüne odaklanır. Daha sonra bilgisayar ile cihaz arasındaki bağlantı uygun veri ve güç kabloları kullanılarak yapılır. Devamında güç düğmesi açılarak cihaz üzerindeki ışığın yanıp yanmadığına bakılır. Eğer ışık yanmıyorsa bağlantılar kontrol edilir.

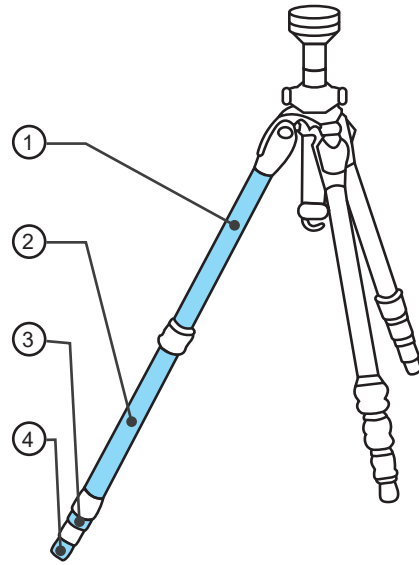
Üç boyutlu tarayıcılar kalibrasyona ihtiyaç duyabilir. Bunun için cihaza kalibrasyon plakası ile ayar yapılır.

1.1.1. Cihazı Tripoda Takma

Üç boyutlu tarayıcıların sabit kullanımlarında tripot desteğine ihtiyaç duyulur. Tripotlar genelde katlanıp açılır özellikte olduğu için sistemi oluştururken önce bunların kurulumunun yapılması gerekmektedir.

Tripodun Kurulumu

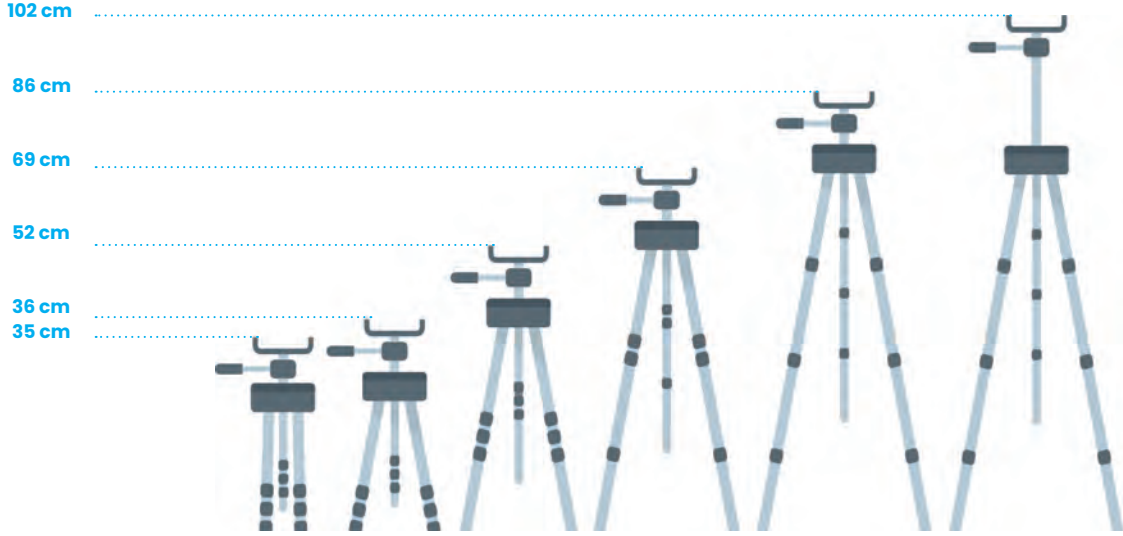
1. Tripodun bacaklarını uzatın ve bacak açısı klipslerini kilitleyin.
2. Tripodun sabit, ayakların sağlam ve platformun mümkün olduğunca düz olduğundan emin olun.
3. Tripodun ayak üstünde bulunan uzatmalarını tarama yapacağınız uygun yüksekliğe ayarlayın ve bunların kilitleme somunlarını sıkın.
4. Sıkılan somunları ve klipsleri kontrol edin.
5. Tripodu mümkün olduğu kadar az uzatın. Daha az yükseklik, daha fazla doğruluk anlamına gelir.
6. Bacakların kalın kısımlarını ince kısımlarından önce uzatın.
7. Tripodun uzatılabilen dört bacak bölümü vardır. Bunları **Görsel 1.17**'de verilen numara sırasına göre uzatın.
8. Tripot, büyük ve ayarlanabilir lastik ayaklarla donatılmıştır. Tripodu hareket ettirdiğiniz her durumdan sonra ayaklarının yere doğru şekilde bastığından emin olun. Tripodu dengesiz bir zemine (çim, çakıl, çamur vb.) yerleştirirken gerekiyorsa lastik ayaklar yerine, birlikte verilen çivileri kullanın. Sabit, yük taşıyabilen bir katmana ulaşana kadar sivri uçları tek tek yere bastırın.
9. Tripodu yere koyduktan sonra bacak mandallarını kontrol edin. Mandallardan herhangi biri gevşekse mandallar hareket edemeyecek duruma gelinceye kadar bacakları hafifçe açın. Bu, tripodun yere sağlam bir şekilde yerleşmesini ve tarama sırasında sallanma veya titreme olasılığının düşük olmasını sağlar.



Görsel 1.17: Tripot kurulumunda bacakların uzatılma sırası

10. Orta sütunun kullanılması tripodun sağlamlığını önemli ölçüde azaltır. Orta sütunu kullanmaktan kaçının.
11. Yere yakın taramalarda bacak açısını düz olarak ayarlamadan önce tüm bacak bölümlerini birbirine doğru kaydırın.

Tripotların ayaklarının kademeli olarak açılmasıyla ilgili standart ölçüler **Görsel 1.18**'de verilmiştir.



Görsel 1.18: Tripot ayak ölçüleri

Tarayıcıyı Tripodun Üzerine Takma

1. Üç boyutlu tarayıcı ve tripodun bağlantı yerlerini tespit edin (**Görsel 1.19**).
2. Üç boyutlu tarayıcıyı tripodun üzerinde bulunan sabitleme vidasına takın.
3. Üç boyutlu tarayıcıyı döndürerek vidayı sıkın.
4. Tarayıcıyı tripodun üzerine, tarama işlemi için en uygun olacak açıda konumlandırın.



Görsel 1.19: Tarayıcı ve tripodun bağlantı yerleri

1.1.2. Bilgisayar Bağlantı Kablolarını Bağlama ve Kontrol Kutusu Bağlantı Kablolarını Takma

3D tarayıcının kullanılabilir olması için bilgisayara bağlı olması gereklidir. Tarayıcının bilgisayara nasıl bağlanacağıyla ilgili talimatlar tarayıcıya ait kullanım kılavuzunda bulunur. Bilgisayarı tarayıcıya doğrudan bağlamak için tarayıcı ile birlikte verilen bağlantı kablolarının kullanılması uygun olmalıdır. Bundan sonra tarayıcının bir güç kaynağına takılması yeterlidir. Eğer daha önce kurulmadıysa bu aşamada, 3D tarayıcıyla uyumlu tasarım yazılımının bilgisayara indirilip kurulması da gerekecektir.

3D tarayıcının veri kablolarının bir ucu USB girişi şeklindedir, diğer ucu kullanılan tarayıcının bağlantı özelliğine göre yapılmıştır. Veri iletişim kablolarının bir ucu bilgisayar USB girişine, diğer ucu ise tarayıcıya bağlanır (**Görsel 1.20**).



Görsel 1.20: Veri kablolarının bağlanması

1.1.3. Kamera ve Projektörün Kablolarını Takma

3D tarayıcıyı çalıştırmak için elektrik güç kablosuna ihtiyaç duyulur (**Görsel 1.21**). Kullanılacak kablo cihaz için özel yapılmış şekilde gelecektir. Bunun dışında bir kabloların kullanılması 3D tarama cihazına zarar verecektir.



Görsel 1.21: Güç kablosu

Tarayıcının güç kablosu (**Görsel 1.22**) cihazda giriş jakının olduğu yere (**Görsel 1.23**) takılmalıdır. Güç kablosunun diğer ucu adaptör kısmına bağlıdır.



Görsel 1.22: Güç kablosu girişi



Görsel 1.23: Cihaza takılmış güç kablosu

Cihazın kullanımı için gerekli program bilgisayar ortamına yüklenir ve cihazla eşleştirilir. Cihazla kullanılacak bu bilgisayarın üç boyutlu tasarımları çalıştıracak yapısal özellikte olmasına dikkat edilmelidir.

ÖĞRENME BİRİMİ	İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	1.1. UYGULAMA
KONU	Sistem Kurulumu	SÜRE: 2 Ders Saati

AMAÇ: 3D tarayıcı kurulumu yapmak.

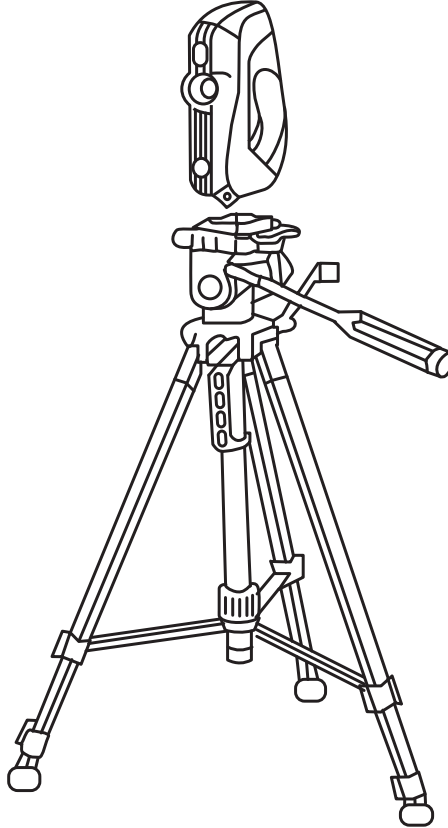
ARAÇ GEREÇ

1. Cihaz kurulum teknik resmi
2. Bilgisayar
3. Tripot
4. 3D tarama cihazı
5. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D tarayıcının kurulumunu yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. 3D tarama cihazı ve bilgisayara uygun çalışma alanı belirleyiniz.
3. Tripodun ve 3D tarayıcı cihazın sistem kurulumunu (**Görsel 1.24**) aşağıdaki sıralamaya uygun biçimde yapınız:



Görsel 1.24: Üç boyutlu tarayıcı ve tripot kurulum resmi

- Tripodun ayaklarını tek tek açınız.
- Açma işlemi bittikten sonra ayakların üzerinde bulunan sabitleme civatalarını sıkınız.
- Tarama yüksekliğini kontrol ediniz.
- Tripodun yüksekliğini tarayıcının algılama özelliğine göre ayarlayınız. Ayar işleminde boy uzatma işlemini ayakların üst kısmından başlayarak yapınız.
- Sabitleme civatalarını sıkınız.
- Tripodun zemine düzgün biçimde oturduğundan emin olunuz.
- 3D tarayıcıyı tripodun üzerine yerleştiriniz.
- Tripodun üzerindeki bağlama civatasını döndürerek sıkınız.
- 3D tarayıcının güç kablosunu takınız. Güç kablosunun sıkılaştırma vidasını sıkınız.
- 3D tarayıcının veri kablosunu takınız.
- Veri kablosunu bilgisayara bağlayınız.
- Güç kablosunu prize takınız. Kablonun ayağınıza takılmamasına dikkat ediniz.
- 3D tarayıcı üzerindeki "Başlat" tuşuna basınız ve tarayıcının çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
.... / / 20....	 / / 20....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Tripodun kurulumunu yapma	Tripodu, tarama mesafesine uygun şekilde sabitleme	Tarayıcının tripoda montajını yapma	Bilgisayarın ayarlarını yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:			10	20	20	20	20	10	100
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

1.2. KALİBRASYON YAPIMI

Kalibrasyon, test ve ölçüm aletinin doğruluğunun uygun koşullar altında, bilinen ölçü standartlarında ölçülmesi ve bu ölçüm sonuçlarının doküman hâline getirilmesidir. 3D tarayıcı kalibrasyonu ise tarayıcının nesnelerin boyutlarını doğru bir şekilde ölçtüğünden ve şekillerini doğru biçimde yakaladığından emin olmak için yapılan ayarlama işlemidir.

Kalibrasyon, tarama sonuçları için son derece önemlidir. Tarama cihazının teknik özelliklerini kullanabilmek için kamera açısının ve kullanılan lazer ışınının parçaya göre doğru konumlandırılması gereklidir.

Kamera kalibrasyonu tarama işleminin en önemli adımıdır. Çünkü sağlıklı bir sonuç elde edebilmek için kamera kalibrasyonu iyi olmalıdır. Kalibrasyon yapılırken ilk olarak karmaşık, parlak ve saydam olmayan bir malzeme seçilmelidir. Döner tabla üzerinde seçilen bir nokta, kalibrasyona yardımcı olması açısından işaretlenmelidir. Bu nokta, kamera algılaması için referans noktası olmaktadır. Lazerlerin kesişim noktası da bu nokta üzerinde oluşturulur. Ayrıca bu işlem, kalibrasyon yapımı için özel olarak tasarlanmış kalibrasyon plakası ile de yapılabilmektedir (**Görsel 1.25**).



Görsel 1.25: Tarama cihazı ve kalibrasyon plakası

1.2.1. Kalibrasyona Göre Lensleri Takma

3D tarayıcılar; nesneleri, alanları ve insanları uygulama seçeneklerinden daha doğru bir şekilde taramaya olanak tanıyan fiziksel cihazlardır ve taramanın ne kadar başarılı olacağına dair ipuçları veren uzman yazılımlarla birlikte gelir. Bu cihazlar, maliyet ve kalite açısından büyük farklılıklar gösterebilir. Genellikle özel lensler kullanarak derinliği ölçebilir ve ayrıntıları yakalayabilir. 3D tarayıcılarda kullanılan özel lensler, kalibrasyon işlemi bittikten sonra gerekli ise tarayıcının kamera kısımlarına takılır (**Görsel 1.26**).



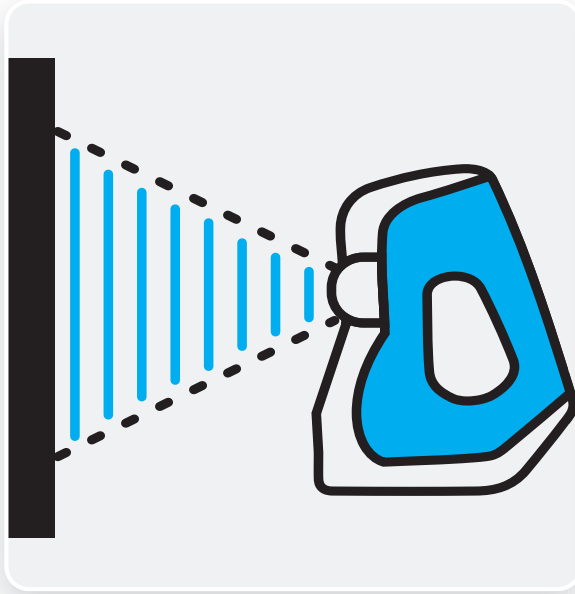
Görsel 1.26: Tarama cihazı ve lensler

1.2.2. Kameraların Konumlarını Ayarlama

Yüksek kaliteli 3D taramalar elde etmek için her projede doğru planlama ve hazırlık çok önemlidir. Hazırlanmaya zaman ayrılarak en zorlu projeler bile kolaylaştırılabilir. Amaç, kötü planlama nedeniyle nesneyi tekrar tekrar tarayarak sürekli bir döngü içinde çalışmak yerine, tarama işlemini tek seferde yapmaktır.

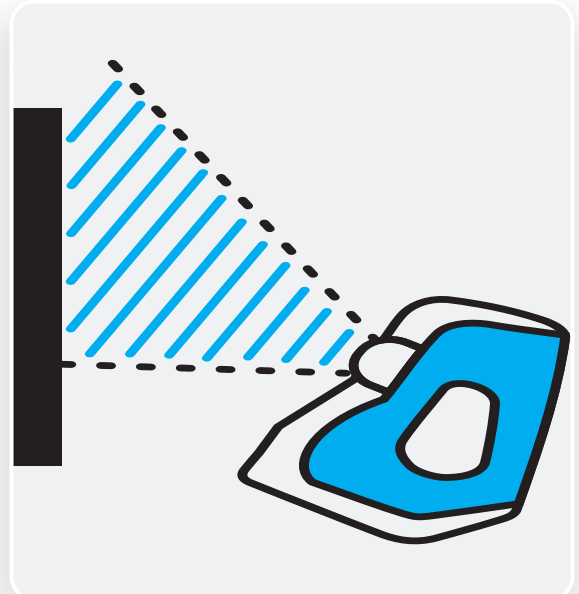
Bir nesnenin tarama şeklinde küçük ayarlamalar yapmak, bazı durumlarda sonuçların üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle parlak yüzeyler taranırken işlem, belirli bir mesafeden ve hafif eğimli bir açıyla yapılmalıdır.

Taraması yapılacak ürün ile cihazın arasındaki mesafe genel olarak 30 cm ile 50 cm arasındır. 3D tarama cihazı bu mesafeye uygun şekilde konumlandırılmalıdır. Taramalarda konumlandırma **Görsel 1.27**'deki gibi yapılır.



Normal Durumlar

Normal durumlarda en iyi taramanın elde edilebilmesi için 3D tarayıcının nesneye dik olarak konumlandırılması gerekir.



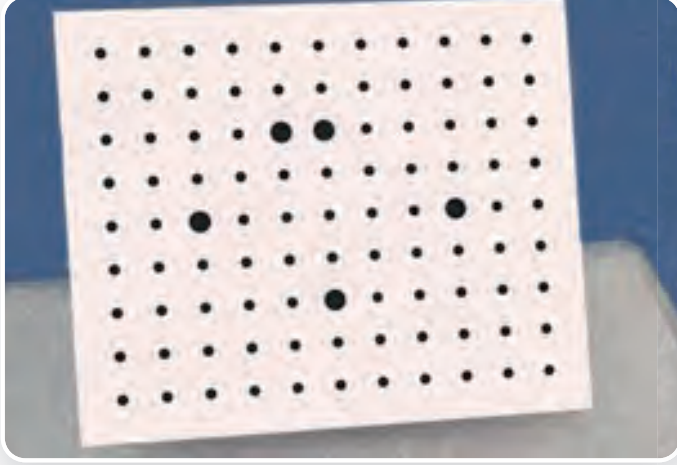
Parlak Parçalar

Parlak parçalarda en iyi taramanın elde edilebilmesi için 3D tarayıcının nesneye hafif eğimli bir açıyla konumlandırılması gerekir. Farklı yüzey türleri için en doğru konumlandırmanın nasıl olduğu ise deneme yanılma yöntemiyle bulunabilir.

Görsel 1.27: Taramalarda konumlandırma

1.2.3. Kalibrasyon Plakasını Konumlandırma

Tarama cihazlarının kalibrasyonu için en yaygın yöntem, tarama cihazıyla birlikte verilen tarama programının ve kalibrasyon plakasının kullanılmasıdır (**Görsel 1.28**). Bu kalibrasyon yönteminde kalibrasyon plakası düz bir zemine yerleştirilir, tarama cihazıyla birlikte alınan programda kalibrasyon için oluşturulmuş modül açılır ve tarama cihazı kalibrasyon plakasını göreceği şekilde yerleştirilir. Tarama cihazı, programda belirtilen alan ile tarayıcının kalibrasyon plakasında gördüğü alan aynı olacak şekilde hizalanır. Tarayıcı doğru konuma geldiğinde kalibrasyon işlemi gerçekleşmiş olur (**Görsel 1.29**).



Görsel 1.28: Kalibrasyon plakası



Görsel 1.29: Kalibrasyon işlemi

1.2.4. Kalibrasyon Parametrelerini Belirleme

Parametre sözcüğünün anlamı, Türk Dil Kurumunun yayınladığı Türkçe Sözlük'te "değişken" olarak verilmektedir. Kalibrasyon parametrelerinin ayarlanması da cihazın ölçümlemeyle ilgili ayarlarının ihtiyaca uygun olarak değiştirilmesi demektir.

Kalibrasyon parametrelerin belirlenmesi için önce cihaz yazılımında bulunan ayarlar kısmına, ardından da parametre ile ilgili özellikler bölümüne girilir. Burada cihazla ilgili istenilen ayarlamalar yapılabilir.

1.2.5. İki Ayrı Lensi Tek Bir Yere Odaklama

Tarama işleminde görüntü kalitesi ve ölçü hassasiyetinin yüksek olması için kameranın odak ayarının yapılması gereklidir. Kamera üzerinde iki ayrı lens olduğunda cihaz açılır ve odaklanma istenilen seviyede olana kadar netleme halkası sağa ve sola çevrilir (**Görsel 1.30**).



Görsel 1.30: İki ayrı lensi tek bir yere odaklama

ÖĞRENME BİRİMİ	İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	1.2. UYGULAMA
KONU	Kalibrasyon Yapma	SÜRE: 2 Ders Saati

AMAÇ: 3D tarayıcının kalibrasyonunu yapmak.

ARAÇ GEREÇ

1. 3D tarama cihazı
2. Kalibrasyon plakası
3. Kalibrasyon programı
4. Masa
5. Bilgisayar

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D tarayıcının kalibrasyonunu yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Kalibrasyon plakasını masaya koyunuz.
3. 3D tarama cihazının kurulumunu yapınız.
4. 3D tarama cihazıyla birlikte alınan programda kalibrasyon modülünü açınız.
5. Kalibrasyon plakasını, tarama cihazının görebileceği şekilde yerleştiriniz.
6. Tarama cihazını, programda belirtilen alan ile tarayıcının kalibrasyon plakasında gördüğü alan aynı olacak şekilde hizalayınız.
7. Kalibrasyon ayarını tamamlayınız ve 3D tarama cihazını öğretmeninize teslim ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ													
.... / / 20....	 / / 20....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Kalibrasyon plakasını sabitleme	Tripodun kurulumunu yapma	Kalibrasyon plakasını, 3D tarayıcının tarama mesafesine uygun olarak sabitleme	Bilgisayardaki ilgili modülü kullanarak kalibrasyon ayarlarını yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan						
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:															
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:															
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.															

1.3. TARAMA BAŞLATMA

Tarama işlemine başlanmadan önce ürün üzerinde bazı ayarlamaların yapılması gerekir. Bununla birlikte cihazın ışık, parametre gibi ayarları da yapılmalıdır. Ayarları yapılmış ışık veya lazerler veri noktaları oluşturmak için ürün üzerine gelir. Bilgisayardaki yazılım daha sonra, oluşturulan bu binlerce veri noktasını birleştirir. Veri noktalarının bütünü, özel bir program içinde ayrıntılı, doğru ve gerçekçi bir model elde edilecek şekilde düzenlenir.

1.3.1. Yüzeyi Matlaştırma

3D tarayıcılar çoğu nesneyi sorunsuz bir şekilde tarayabilir ancak taranması zor olan bazı yüzeyler de vardır. Bu tür yüzeyler koyu, parlak ve şeffaf niteliktedir. Tarama yapılacak modelleme parçasının yüzeyinde parlama, yansıma gibi ışık dağıtıcı özellikler varsa üç boyutlu tarama işleminden önce kaplama yapılarak ürün matlaştırılmalıdır. Bu durumlarda, 3D tarama spreyi kullanılır. Ortam koşullarına bağlı olarak, uygulama sonrası 2-4 saat içinde ve yoğunlukla temizlik gerektirmeden kaybolan bu spreyle, taranacak tüm yüzeylere ihtiyaca göre yaklaşık 15-20 cm uzaklıktan ve 8-15 µm kalınlığında püskürtülerek uygulanır. Bu işlem için spreynin düğmesine hafifçe bastırılır ve sprej kutusu eşit biçimde, sağ ve sol hareketlerle alan boyunca hareket ettirilir. Eşit bir katman elde etmek için duraklanmadan sabit bir hızda hareket edilmelidir. Uygulama bittiğinde, normal tarama işlemine geçilebilir.

3D tarama spreyleri iki çeşittir. Bunlar;

- Yansıtıcı olmayan, nesnede hiçbir kalıntı bırakmayan ve kendi kendine buharlaşan 3D tarama spreji,
- Yansıtıcı olmayan, nesnede kalıcı olan 3D tarama sprejidir.

3D tarama spreyleri, büyük tarama işlemlerinde sprej tabancası ile de atılabilir. Bu sprejler sayesinde tarayıcı tarafından algılanması çok daha kolay olan opak ve mat bir yüzey oluşturulur.

1.3.2. Tarama Parametrelerini Belirleme

3D tarama işlemine geçmeden önce, taraması yapılacak nesnenin özelliklerine göre bazı parametreler (veriler, yüzeyler ve model) tarama programındaki ilgili kısımdan seçilir.

• Yalnızca Verileri Tara

Yalnızca ham tarama verilerini içeren bir STL dosyası alınır. Bu parametre, renk veya doku temsili olmaksızın nesnenin yalnızca yüzey geometrisini görüntüler. Elde edilen nesne, tek renk ve malzemede 3D baskı için kullanılabilir veya fiziksel bir nesnenin dijital kopyası olarak saklanabilir.

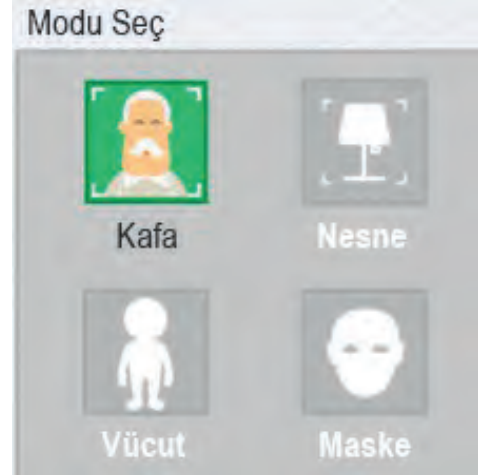
• Otomatik Yüzey

Denetim ve sapma analizi için ideal olan, CAD uyumlu bir STEP dosyası edinmektir. Otomatik yüzey [auto-surface (oto-sörfis)] kaplama, kusurlar da dâhil olmak üzere nesnenin tam geometrisinin doğru bir temsili oluşturur. Hızlı bir geri dönüş ve tasarım esnekliğine ihtiyaç varsa otomatik yüzey kaplama doğru yol olabilir. Model ayrıca bir CAD yazılımına aktarılabilir ve daha fazla işlenebilir.

• Parametrik Model

Parametrik modelleme oldukça uzun sürer ve tarama verilerini yalnızca referans olarak kullanır. Bu modelleme; nesnenin tüm deliklerinin, özelliklerinin ve kenarlarının tamamen pürüzsüz ve boyutlandırılmış olduğu, hiçbir kusuru olmayan yeni bir dijital versiyonunu oluşturmak gibidir. Bu modelleme, belirlenen kurallar ayarlanarak gelecekteki değişikliklerin kolayca yapılmasına da olanak tanır.

Bir adım olarak sunulan parametrik modeller, aynı zamanda çok daha küçük dosya boyutları sağlar. Düzenli olarak yinelemeler gerektirebilecek orijinal tasarımları ve üç boyutlu baskı ürünlerini yeniden oluşturmak için mükemmel sonuçlar verir. Bu anlatılan parametreler ışığında, modelleme parçasının 3D tarayıcıya uygun özellik modları tarayıcının programı üzerinden seçilir (**Görsel 1.31**).



Görsel 1.31: Tarama parametre ayarları

1.3.3. Işık Ayarlarını Yapma

3D taramalarda en yaygın sorunlardan biri de aydınlatmadır. Taraması yapılacak yüzeylerde en az oranda gölge olmalıdır. Yüzeye gelen ışık, taramaya engel oluşturacak oranda az veya çok olmamalıdır. Genellikle normal iç mekan aydınlatması tarama için yeterli olur. Çok parlak ışık, taramaların soluklaşmasına; çok loş bir ortam da eksik noktalara veya taranan nesnenin gerçekte olduğundan daha koyu görünmesine neden olabilir.

1.3.4. Mesafe Ayarını Yapma

Üç boyutlu taramalarda cihaz ile parça arasındaki mesafe, tarama kalitesi açısından önem arz eder. Ayrıca taraması yapılacak ürünün etrafında 3D tarama cihazının rahat hareket ettirilebileceği bir alan olmalıdır. Taraması yapılacak ürünün ve bilgisayarın yerleştirilebileceği düz zeminler ayarlanmalıdır. Taraması yapılacak ürün, cihazın çalışma alanına uygun bu düz zemine yerleştirilir. 3D tarama cihazlarında ürün ile cihaz arasındaki uzaklık 30 ila 50 cm çapında, çevresel bir alandır (**Görsel 1.32**).



Görsel 1.32: Mesafe ayarını yapma

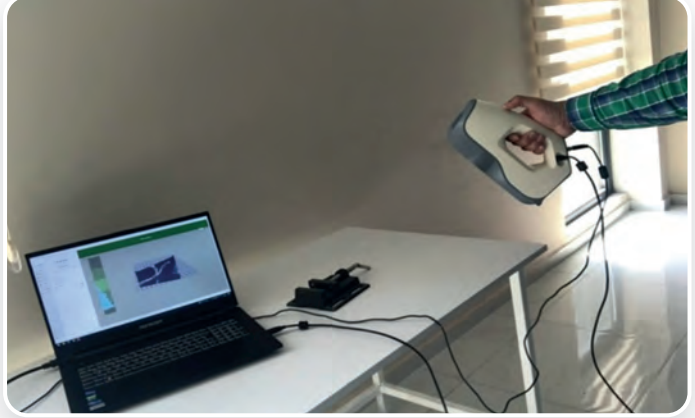
1.3.5. Taramaya Başlama İşlemi

3D tarama cihazının kullanımı için üretici firmalar tarafından yazılmış programlar mevcuttur. Bu programlar cihazla birlikte gelebileceği gibi internet ortamında cihaza ait site üzerinden de ücretsiz olarak indirilebilir.

Cihazın programı, tarama işleminde kullanılacak bilgisayara kurulur. Sonrasında cihaz, bilgisayara tanıtılarak yükleme işlemi yapılır.

Bilgisayarda yüklü program açılır. Tarama cihazı, üzerinde bulunan açma tuşuna basılarak veya bilgisayardaki programda yer alan "Tarama Başlat" ikonuna fare ile tıklanarak başlatılır (**Görsel 1.33**).

Tarama cihazı üzerinde bulunan kırmızı ışığın yanıp cihazdan parça yüzeyine lazer ışınının gönderiliyor olması, tarama işleminin başladığını gösterir (**Görsel 1.34**). 3D tarayıcı tarama işlemine başladığında çevredeki diğer nesneleri de görebilir. Tarama yapılırken cihazın görüş açısında başka nesnelerin olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca tarama işlemi yapılırken cihazın parça yüzeyini net görecek şekilde hareket ettirilmesi önemlidir (**Görsel 1.35**).



Görsel 1.33: 3D cihazının tarama başlatma tuşuna basma



Görsel 1.34: Taramaya başlama



Görsel 1.35: Cihazın parça yüzeyini görecek şekilde hareket ettirilmesi

ÖĞRENME BİRİMİ	İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	1.3. UYGULAMA
KONU	Taramayı Başlatma ve 3D Tarama Yapma	SÜRE: 2 Ders Saati

AMAÇ: 3D tarayıcı ile tarama yapmak.

ARAÇ GEREÇ

1. Bilgisayar
2. Taşınır bellek
3. Tripot
4. 3D tarama cihazı
5. Matlaştırma spreyi
6. Masa
7. Taranacak model/parça

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D tarayıcı ile tarama yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Üç boyutlu taraması yapılacak parçaya matlaştırma işlemi yapınız.
3. Üç boyutlu taraması yapılacak parçayı düz bir masa üzerine yerleştiriniz.
4. Tripot kurulumunu gerçekleştiriniz.
5. 3D tarayıcının kurulumunu gerçekleştiriniz.
6. Bilgisayarda 3D tarama programını açınız.
7. 3D tarayıcıyı modelden 50 cm uzaklıkta ve tekniğine uygun biçimde tutarak "tarama" düğmesine basınız.
8. Tarama işlemine başlayınız ve işlemi modeli çeşitli açılardan görecektir şekilde sürdürünüz.
9. Tarama işlemi bittiğinde bilgisayardaki tarama verilerini ve işlemin tamamlanıp tamamlanmadığını kontrol ediniz.
10. Tarama işlemi tamamlandı ise tarama sonucunuzu bilgisayarda oluşturacağınız uygun bir klasör içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
11. 3D tarayıcının işi bittiğinde gerekli malzemeleri toplayınız.
12. 3D tarama dosyanızı içeren klasörü taşınır belleğe kaydederek öğretmeninize teslim ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
.... / / 20....	 / / 20....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Yüzey matlaştırma işlemi yapma	Tarama parametrelerini belirleme	Mesafe ayarlarını yapma	Tarama işlemi yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:			10	20	20	20	20	10	
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

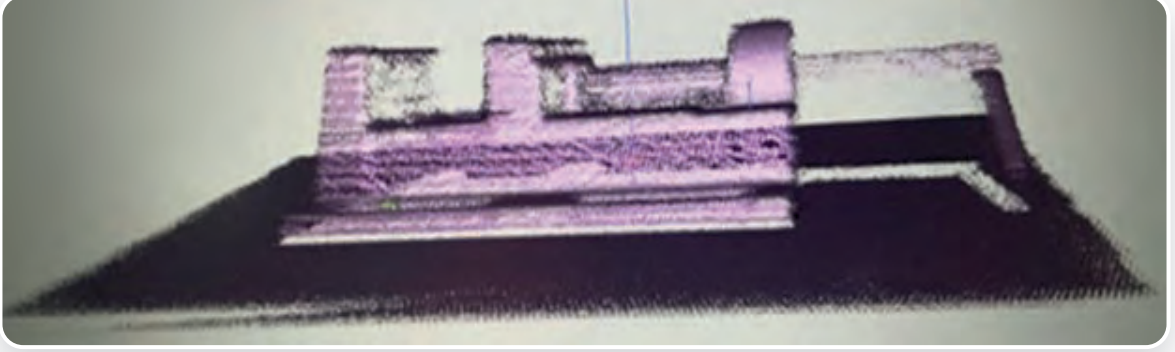
1.4. VERİLERİ OPTİMİZE ETME

Tarama sonucu elde edilen verilerin kullanıma en uygun hâle getirilmesi işlemine **optimizasyon** denir.

3D tarama cihazıyla ürünün tarama işlemi bittiğinde tarama sonucu bilgisayarda kontrol edilir. İstenilen sonuç elde edilemediyse tarama işlemi tekrar edilir. Sonuç uygun ise tarama verileri bilgisayara kaydedilir. Bundan sonraki işlem, veriler üzerinde düzenleme yapılmasıdır.

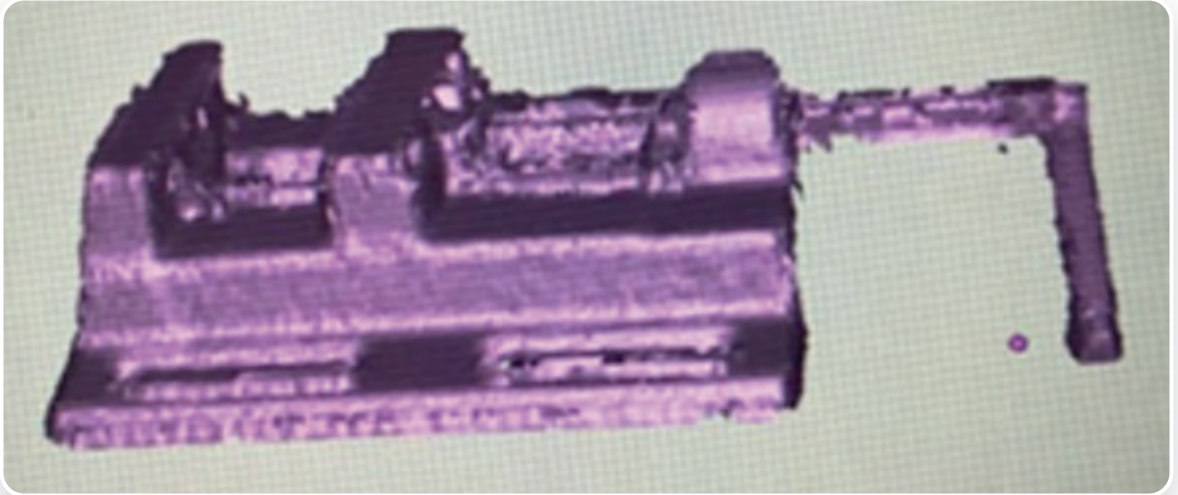
1.4.1. Pozları Birleştirme İşlemi

3D tarayıcılar veri olarak, tarama yaptıkları ürünün çeşitli açılardan çekilmiş pozlarını biriktirir. 3D tarayıcı tarafından çekilen bu pozlar, bilgisayarda uygun bir yazılım kullanılarak birleştirilir ve bir nokta bulutu hâline getirilir (**Görsel 1.36**).



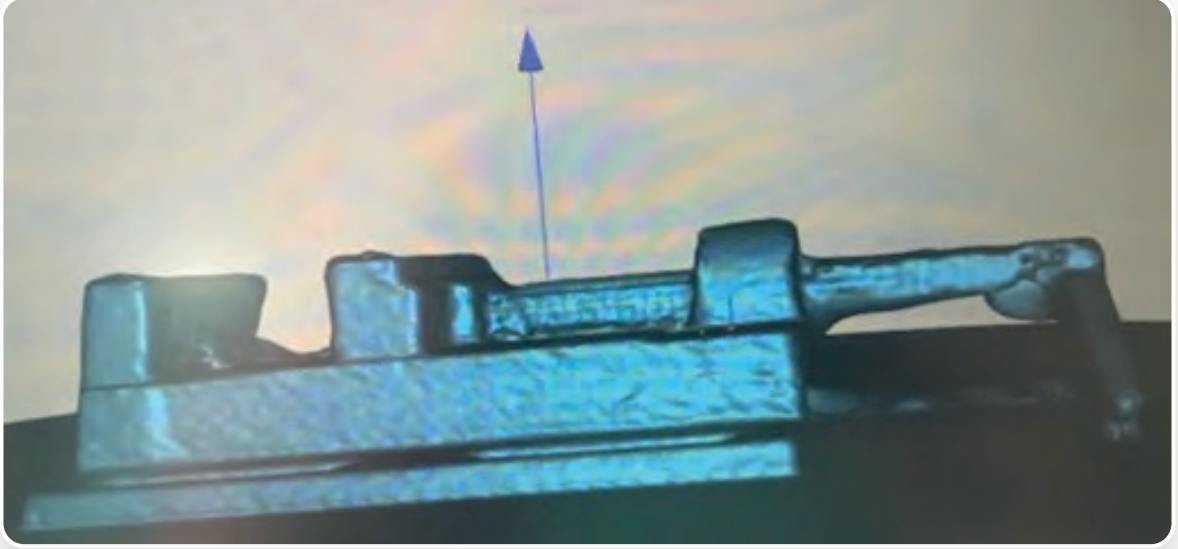
Görsel 1.36: Nokta bulutu

Nokta bulutu hâlinde olan taranmış parçaya düzenleme programında boşluk doldurma ve onarma işlemleri yapılır. Bu işleme, mesh (meş) yapma işlemi denir (**Görsel 1.37**).



Görsel 1.37: Mesh yapma

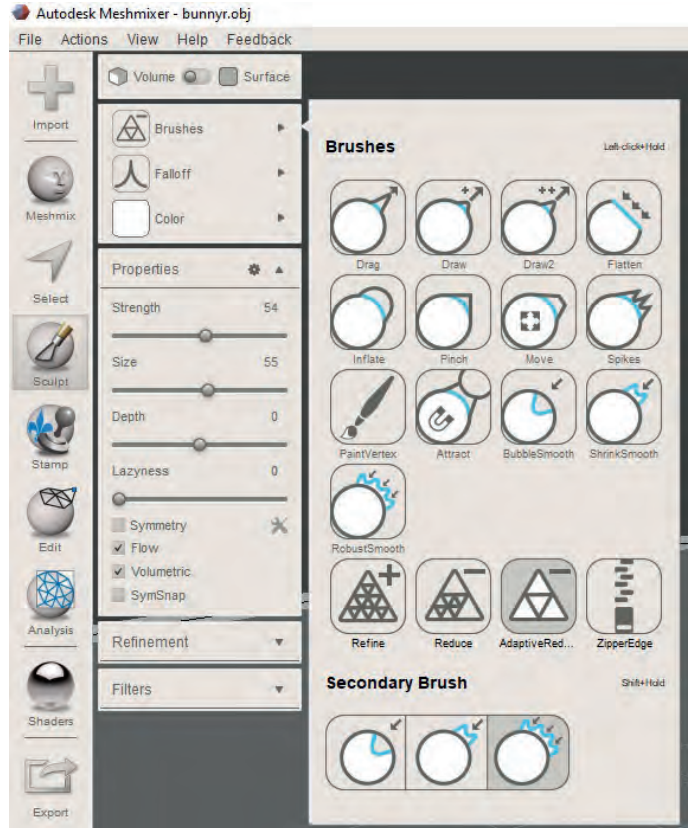
Mesh işlemi yapıldıktan sonra CAD programlarına aktarılan modele de eksik yüzeyleri tamamlama yani örme işlemleri yapılır (**Görsel 1.38**).



Görsel 1.38: Yüzey örme

1.4.2. Boşlukları Kapama

Mesh yapıdan yüzey ya da katı model oluşturmanın birden fazla yolu vardır. Bu yollardan biri, programın kullanıcıya sunduğu basit geometrik yapıları kullanarak parça yüzeylerini oluşturmaktır. Mesh yapının farklı yüzlerinde düzlemler oluşturulur, bu düzlemlerle parçanın farklı yüzlerinden kesitler alınır. Programda bulunan çizim modülleriyle önceden oluşturulan kesit çizgilerinden yararlanılarak mesh yapının geometrisi oluşturulur. Oluşturulan çizim, katı düzenleme modülleriyle katı yapıya dönüştürülür. Mümkünse çizgi düzenleme işlemleri yapılmadan kesit çizgilerinden, katı düzenleme modülleriyle de katı yapı oluşturulabilir (**Görsel 1.39**).



Görsel 1.39: Mesh düzenleme programı kullanılarak katı yapı oluşturma

ÖĞRENME BİRİMİ	İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	1.4. UYGULAMA
KONU	Verileri Optimize Etme	SÜRE: 2 Ders Saati

AMAÇ: 3D taramadan gelen resmi optimize etmek.

ARAÇ GEREÇ

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1. Bilgisayar | 5. 3D düzenleme programı |
| 2. Tripot | 6. Masa |
| 3. 3D tarama cihazı | 7. Taranacak model/parça |
| 4. Taşınır bellek | |

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D taramadan gelen resmi optimize ediniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Üç boyutlu taraması yapılacak parçayı düz bir masa üzerine yerleştiriniz.
3. Tripot kurulumunu gerçekleştiriniz.
4. 3D tarayıcının kurulumunu gerçekleştiriniz.
5. Bilgisayarda 3D tarama programını açınız.
6. 3D tarayıcıyı modelden 50 cm uzaklıkta ve tekniğine uygun biçimde tutarak "tarama" düğmesine basınız.
7. Tarama işlemine başlayınız ve işlemi modeli çeşitli açılardan görecektir şekilde sürdürünüz.
8. Tarama işlemi bittiğinde bilgisayardaki tarama verilerini ve işlemin tamamlanıp tamamlanmadığını kontrol ediniz.
9. Tarama işlemi tamamlandı ise tarama sonucunuzu daha önce bilgisayarda oluşturduğunuz klasörün içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
10. Kaydettiğiniz taramayı 3D düzenleme programına çağırma (import) işlemini yapınız.
11. Tarama pozlarını birleştirme işlemini yapınız.
12. Taramanın boşluklarını kapama işlemini yapınız.
13. 3D tarayıcı ve tripodu iş bitiminde toplayınız.
14. 3D düzenleme dosyanızı daha önce bilgisayarda oluşturduğunuz klasörün içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
15. 3D tarama ve düzenleme dosyalarınızı içeren klasörü taşınır belleğe kaydederek öğretmeninize teslim ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güven- liği kurallarına uyma	3D tarama işlemini yaparak sonucu bil- gisayara kaydetme	3D taramayı dü- zenleyici programa yükleme	Pozları birleştirme işlemini yapma	Boşlukları kapama işlemini yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:		10	20		20	20	20	10	100		
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:											
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.											

1.5. POLİGONLARI TAMİR ETME

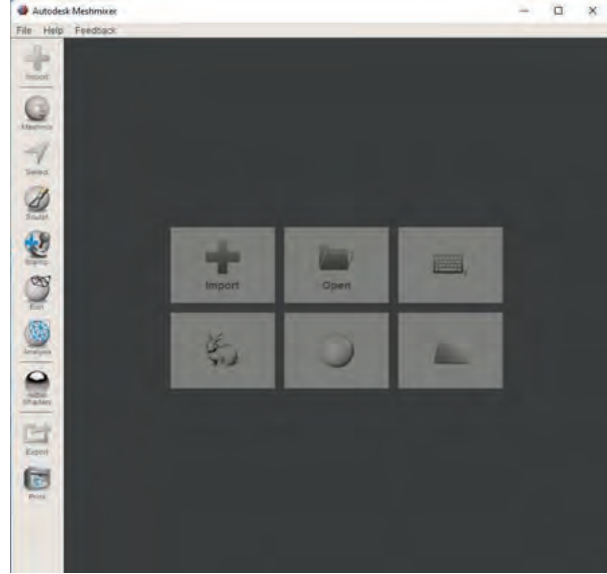
Poligonları tamir etme, geometrik çokgen tamiri olarak izah edilebilir; diğer bir deyişle 3D tarayıcıdan gelen nokta bulutunun CAD programlarında düzenlenme işlemidir. Bu düzenleme işlemi, 3D tarama işleminin kalitesi yüksek olduğunda daha kısa sürede gerçekleşir.

1.5.1. Tersine Mühendislik Programını Açma

Tersine mühendislik; bir objenin koordinat ölçme makinesi (CMM), optik ve lazer tarayıcılar kullanılarak üç boyutlu çizim hâline getirilip bilgisayar kontrollü makinalarda yeniden üretilmesi işlemidir. Tersine mühendislik programı ise 3D tarayıcılardan nokta bulutu hâlinde elde edilen verilerin CAD programlarında 3D modellemeye dönüştürülme işleminde kullanılır. Programın, taraması yapılacak ürünün kullanımına uygun olarak seçilmesi önemlidir.

Tersine mühendislik programları çok çeşitlidir. "Meshmixer" bu tür programlardan biridir ve poligon tamiri için kullanılır.

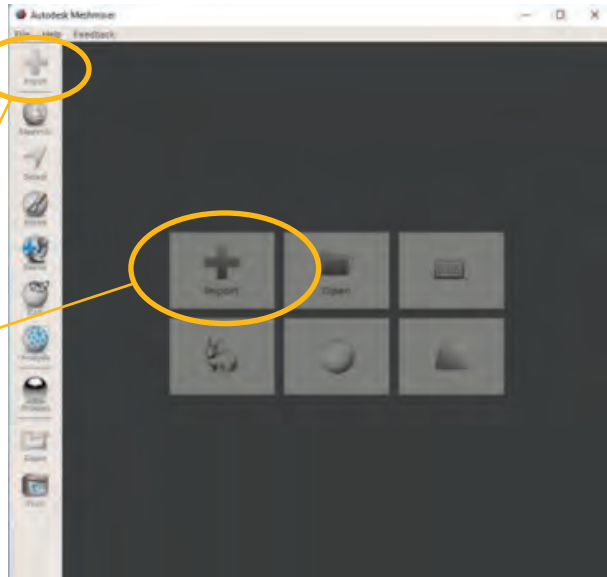
Meshmixer programı bilgisayarda açılır (**Görsel 1.40**).



Görsel 1.40: Tersine mühendislik programını açma

1.5.2. Taranan Dosyayı Çağırma

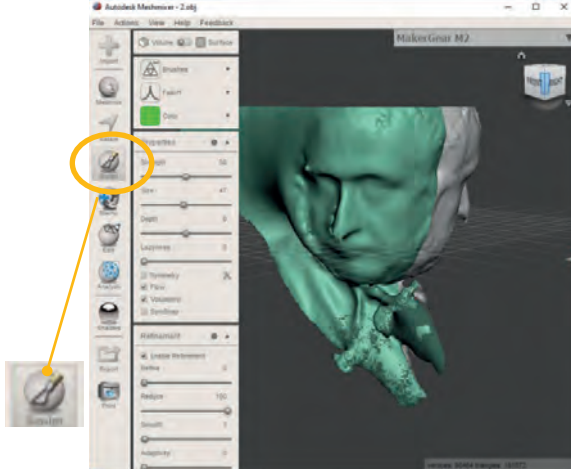
3D taraması yapılan nesne, bilgisayarın hafıza birimine kaydedilmiştir. Bu dosya, düzenleme için bilgisayarda bulunan programa çağırılır. Bu çağırma işlemi programda bulunan "Import" seçeneğinden yapılır (**Görsel 1.41**).



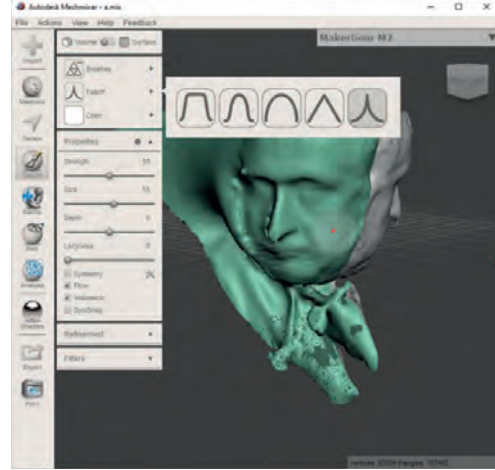
Görsel 1.41: Taranan dosyayı çağırma

1.5.3. Poligonları Tamir Etme

Düzenleme programında açılan tarama resminin poligon tamiri için sculpt (skalpt) sekmesi seçilir (**Görsel 1.42**). Bu sekme üzerinde 3D poligonlar için boyutlandırma, renklendirme, fazlalıkları silme, şekillendirme gibi işlemler yapılmaktadır. Bu menünün içinde bulunan falloff (folaf) seçeneği de poligon tamiri için kullanılabilir (**Görsel 1.43**). Açılan menüde yüzeyde daraltma, genişletme, sivirtme gibi işlemler yapılır.



Görsel 1.42: Sculpt sekmesi



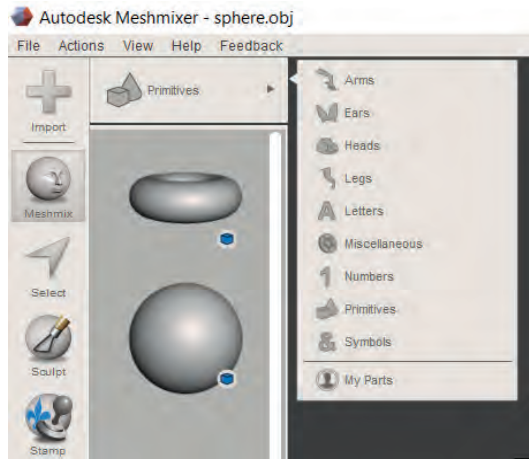
Görsel 1.43: Falloff seçeneği

1.5.4. Resme Gereken İlaveleri Yapma

Yazılım programı sol menüsü üzerinde bulunan “Meshmix” sekmesinden istenilen ilave özellikler resme eklenebilir.

Programın sunduğu silindir, koni, bspline (biespileyn) gibi hazır geometrik yapılarla mesh yapının yüzeyi kaplanır. Programdaki yüzey düzenleme ile ilgili modüller yardımıyla yüzeylerdeki fazla kısımları kırma, eksik kısımları uzatma gibi işlemler yapılarak modelin yüzeyleri elde edilir (**Görsel 1.44**).

Tersine mühendislik süreci **Görsel 1.45**'teki gibi işletilir.



Görsel 1.44: Resme gereken ilaveleri yapma



Nokta bulutu



Mesh yapma



Yüzey örme



Detaylandırma

Görsel 1.45: Tersine mühendislik süreci

ÖĞRENME BİRİMİ	İKİ VE ÜÇ BOYUTLU TARAMA İŞLEMLERİ	1.5. UYGULAMA
KONU	Poligonları Tamir Etme	SÜRE: 2 Ders Saati

AMAÇ: 3D taramadan sonra poligon tamiri yapmak.

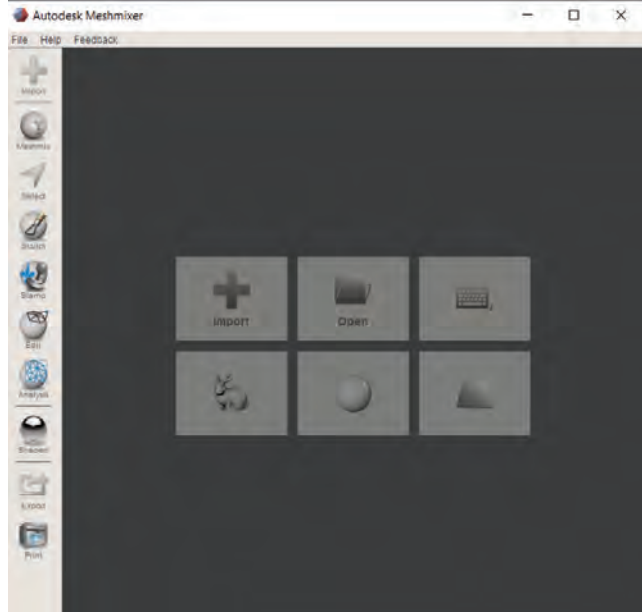
ARAÇ GEREÇ

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Bilgisayar | 5. Poligon tamir programı |
| 2. Tripot | 6. Masa |
| 3. 3D tarama cihazı | 7. Taranacak model/parça |
| 4. Taşınır bellek | |

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D tarama sonrası poligon tamiri yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Üç boyutlu taraması yapılacak parçayı düz bir masa üzerine yerleştiriniz.
3. Tripot kurulumunu gerçekleştiriniz.
4. 3D tarayıcının kurulumunu gerçekleştiriniz.
5. Bilgisayarda 3D tarama programını açınız.
6. 3D tarayıcıyı modelden 50 cm uzaklıkta ve tekniğine uygun biçimde tutarak “tarama” düğmesine basınız.
7. Tarama işlemine başlayınız ve işlemi modeli çeşitli açılardan göreceğ şekilde sürdürünüz.
8. Tarama işlemi bittiğinde bilgisayardaki tarama verilerini ve işlemin tamamlanıp tamamlanmadığını kontrol ediniz.
9. Tarama işlemi tamamlandı ise tarama sonucunuzu daha önce bilgisayarda oluşturduğunuz klasörün içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
10. Kaydettiğiniz taramayı 3D düzenleme programına çağırma (import) işlemini yapınız.
11. Tarama pozlarını birleştirme işlemini yapınız.
12. Taramanın boşluklarını kapa- ma işlemini yapınız.
13. 3D düzenleme dosyasını daha önce bilgisayarda oluşturduğunuz klasörün içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
14. Son kaydettiğiniz dosyayı 3D düzenleme programına çağırınız (**Görsel 1.46**).



Görsel 1.46: Dosyanın 3D düzenleme programına çağırılması (import)

15. Program üzerinde poligonları tamir işlemini yapınız (**Görsel 1.47**).



Görsel 1.47: Program üzerinde poligonları tamir işleminin yapılması

16. Program üzerinde, tarama resmine gereken ilaveleri yapınız.
17. 3D tarayıcı ve tripodlu iş bitiminde toplayınız.
18. 3D tarama ve düzenleme dosyalarınızı içeren klasörü taşıyır belleğe kaydederek öğretmeninize teslim ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Tersine mühendislik programını açma	Taranan dosyaları çağırma işlemini yapma	Poligonları tamir etme işlemini yapma	Resme gerekli ilaveleri yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin									
Adı Soyadı:									
Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin									
Adı Soyadı:		10	20	20	20	20	10	100	
İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

- A) Aşağıda verilen cümleleri dikkatlice okuyunuz ve boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle doldurunuz.
1. Endüstriyel ürünlerin ölçülerinin hassas bir şekilde ortaya çıkarılarak sayısal ortama aktarılmasında kullanılır.
 2. Üç boyutlu tarama sistemleri ana gruba ayrılır.
- B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.
3. Aşağıdakilerden hangisi temas ederek (probu) ölçüm yapan üç boyutlu tarama cihazı çeşitlerindendir?
 - A) Beş kollu
 - B) Dört kollu
 - C) Dört kolonlu tip
 - D) Hareketli tip
 - E) Sallanır kollu
 4. Aşağıdakilerden hangisi temas etmeden üç boyutlu tarama yapan cihaz çeşitlerindendir?
 - A) Hareketli tipte
 - B) Kamerasız
 - C) Kollu
 - D) Lazerli
 - E) Sabit tipte
 5. Aşağıdakilerden hangisi temas etmeden üç boyutlu tarama yapan cihazların avantajlarından biri değildir?
 - A) Ağırlık
 - B) Detay tarama kabiliyeti
 - C) Kolay taşınma
 - D) Kullanım kolaylığı
 - E) Yüksek doğruluk

2.

ÖĞRENME BİRİMİ

**ANA MODELLEME
VE
SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ**



KONULAR

- 2.2. Ana Modellemeyi Yapma
- 2.3. Ana Modellemeden Silikon Kalıp Yapma ve Kalıp İçerisinden Model Çıkarma

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Üretimi Yapılacak Olan Ana Modellemenin ve Silikon Kalıba Ait Parçaların Resimlerini CAD Ortamında Çizme
Ana Modellemeyi Resme veya Numuneye Göre Yapma
Ana Modellemeyi Silikon Kalıba Alma ve Silikon Kalıptan Çıkarma

TEMEL KAVRAMLAR

ana modelleme, silikon kalıp, CAD kalıp çizimi, kalıp ayrılma yüzeyi, kalıptan modeli çıkarma

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Bir modelin kalıbını oluşturmada hangi malzemeler kullanılabilir?

2. ANA MODELLEME VE SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ

Resme veya numuneye göre yapılan model, kalıplama için bir veya birkaç modelin hazırlanmasında kullanılacaksa buna **ana model** denir.

Silikon kalıplama, hassas dökümde, ana modellemenin kalıplamasında ve hızlı prototip imalat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte ana model imalatı, 3D yazıcı teknolojisi sayesinde artık daha hızlı ve kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

Çift komponentli (bileşenli) **RTV (Room Temperature Vulcanizing/oda sıcaklığında kürlenen)** silikon malzemeler, büzülme ve şişmeye uğramadan sıvı hâlden katı hâle kısa sürede geçebilmektedir. Silikon, yüksek akışkanlığa sahip bir kalıplama malzemesidir; kalıba döküldüğünde ana model üzerine basınç uygulanmadan da bu akışkanlığı sayesinde modeli çevreleyerek parmak izi gibi en küçük detayların ve yüzey desenlerinin kalıplanabilmesini sağlamaktadır.

Oda sıcaklığında vulkanize olabilen (kürlenebilen) silikon malzemeler, istenirse çabuk vulkanize olması için daha sıcak bir ortamda bekletilebilir.

İki katalizörden meydana gelen silikonların karıştırılarak kasaya dökülmesi esnasında hava kabarcıklarının oluşması ve bu kabarcıklar nedeniyle hatalı kalıpların çıkması sıkça karşılaşılan durumlardandır. Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde bu kabarcıkların önlenmesi için vakumlu döküm sistemleri (**Görsel 2.1**) geliştirilmiştir. Esasen hızlı prototip laboratuvarlarında kullanılmak üzere tasarlanan bu sistemler, hassas dökümün vazgeçilmezlerinden olan silikon kalıplama uygulamaları için de idealdir.



Görsel 2.1: Vakumlu döküm sistemi

RTV silikon malzemelerden önce sadece yüksek sıcaklıkta vulkanize olabilen kauçuk/silikon malzemeler kullanılıyordu. Bu uygulamalarda mat renkli ve macun kıvamlı ham kauçuğun ana model etrafına konulup yaklaşık 200 °C sıcaklık ve basınç altında bir süre bekletilerek moleküller arası çapraz bağlama ile vulkanize olması sağlanmaktadır.

Kauçuk kalıpların en önemli dezavantajı, modelin basınç ve sıcaklığa dayanabilecek bir mukavemette olması gerekliliğidir. Bir diğer dezavantajı da kauçuk şeffaf olmadığı için kesim sırasında, kalıp ayırma noktalarının tespitinin güç olmasıdır. Bunun yanında kauçuk kalıplar, iki önemli avantaja sahip olmaları nedeniyle hâlâ uygulama alanı bulabilmektedir. Bu avantajlar, kauçuk malzemenin RTV silikona kıyasla düşük maliyetli olması ve bu malzemeden yapılan vulkanize kauçuk kalıpların daha esnek, mukavemetli ve sıcaklığa dayanıklı olduğu için daha uzun süre kullanılabilmesidir.

Pişirme kalıplarında, yüksek sıcaklıkta ve pres altında vulkanize olan kauçuk kalıplar (**Görsel 2.2**), özellikle kuyumculukta ve merkezkaç yöntemiyle metal döküm uygulamalarında kullanılmaktadır.

Kauçuğun pişirme kalıplarında pişirilmesi için kauçuk pişirme presine ihtiyaç vardır. Hazırlanan kalıp malzemesi, madenî kapakla kapatılıp kauçuk pişirme preslerinde pişirilir ve kauçuk kalıp elde edilir (**Görsel 2.3**).



Görsel 2.2: Kauçuk kalıp



Görsel 2.3: Pişirme kalıpları

Kauçuk kalıpların kullanıldığı merkezkaç dökümde zamak (alüminyum ve çinko alaşımı) gibi düşük ergime ısısına sahip metallere kemer tokası, anahtarlık, çanta aksesuarları, hediyelik eşya gibi farklı sektörlerle yönelik karmaşık geometrili parçalar hızlı ve kolay bir şekilde üretilmektedir. Ayrıca bu teknik, seri imalatı pres metal döküm ile yapılacak parçaların prototiplerini üretmekte de kullanılır.

Silikon kalıpların ömürlerini, önemli oranda, ana modelin geometrisi ve kalıba dökülecek malzemenin aşındırıcılığı belirlemektedir. Kuyumculuk sektöründe ise çok daha karmaşık silikon kalıplar, hassas döküm yöntemiyle seri imalat için mum model üretiminde yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

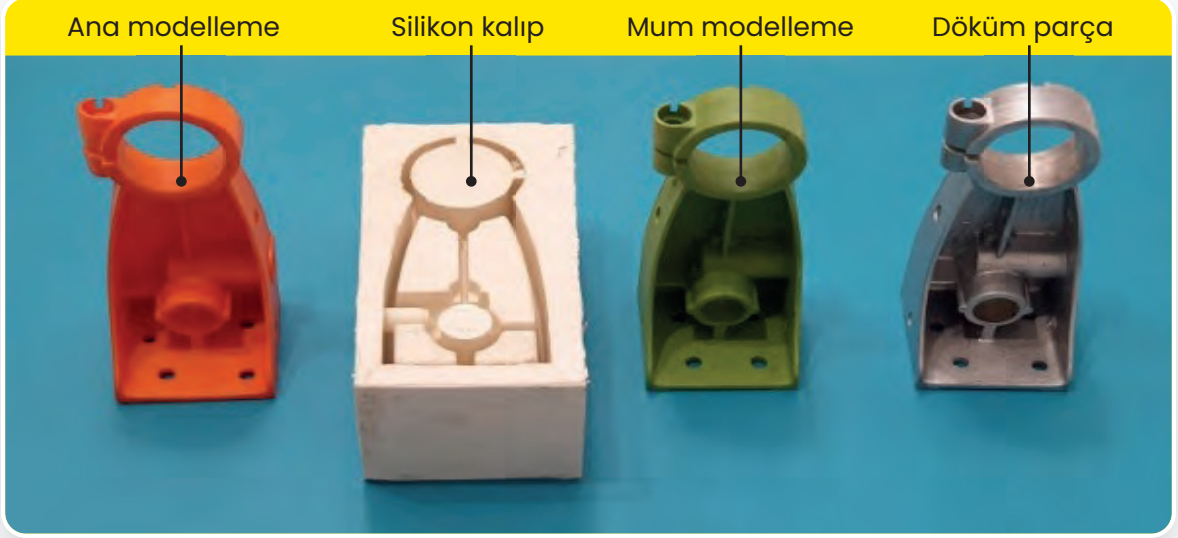
Silikon kalıplama teknolojisi ile fonksiyonel, teknik ve mekanik değerleri karşılayan prototip üretimleri yapılır (**Görsel 2.4**).



Görsel 2.4: Silikon kalıp ile elde edilen ürünler

Model kopyalama işlemi, çok adetli üretime (seri imalat) geçmeden önce, parça üzerinde gerekli analiz ve testlerin uygulanabilmesi için orijinal ya da orijinale yakın (muadil) malzemeler ile yapılan hızlı imalat yöntemidir.

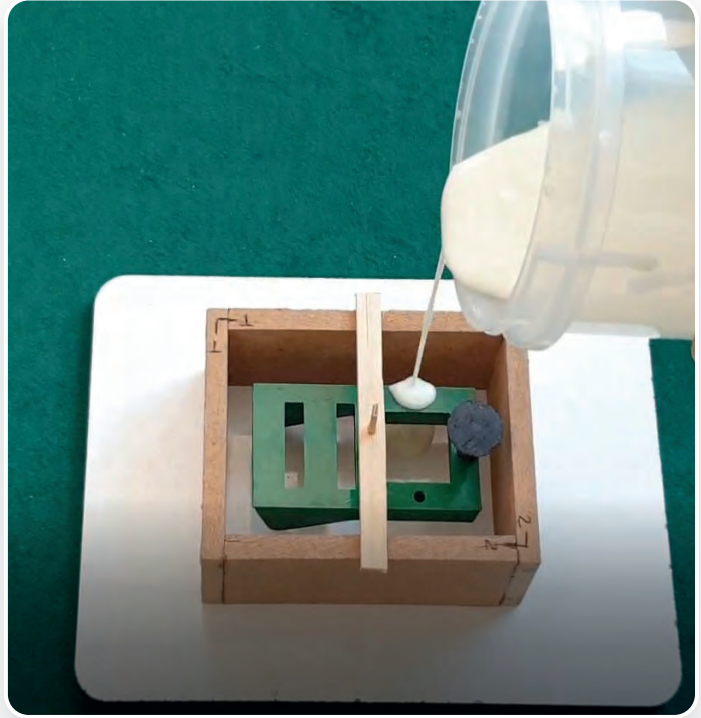
Silikon kalıplama, karmaşık ve zor geometriye sahip parçaların üretimine izin verir; freze, taşlama ve diğer işlemlere gerek kalmadan kaliteli parçalar üretmeye olanak tanır (**Görsel 2.5**).



Görsel 2.5: Silikon kalıp ile elde edilen karmaşık geometrili parça

Silikon kalıplama ile üretim yapmak için önce, üretilecek parçanın 3D tasarımına ihtiyaç vardır. 3D tasarımı olan parçanın ana modelinin üretimi iş güvenliği tedbirlerine uyularak yapılmalıdır. Ana modeli geleneksel yöntem (el işçiliği), CNC ya da 3D yazıcı ile üretmek mümkündür. Bu üretim yöntemlerinden biriyle üretilen ana model, gerekli yüzey işlemleri yapılarak kalıplanmaya hazır hâle getirilir. İstenilen ölçülerde üretilmiş bu ana model üzerine silikon dökülerek modelin kalıbı oluşturulur (**Görsel 2.6**).

Oluşturulan silikon kalıp, açılma veya kapanma sırasında boşluktuz ve tam merkezlenmiş olmalıdır. Merkezlenmenin iyi yapılması durumunda modeller hatalı basılır.

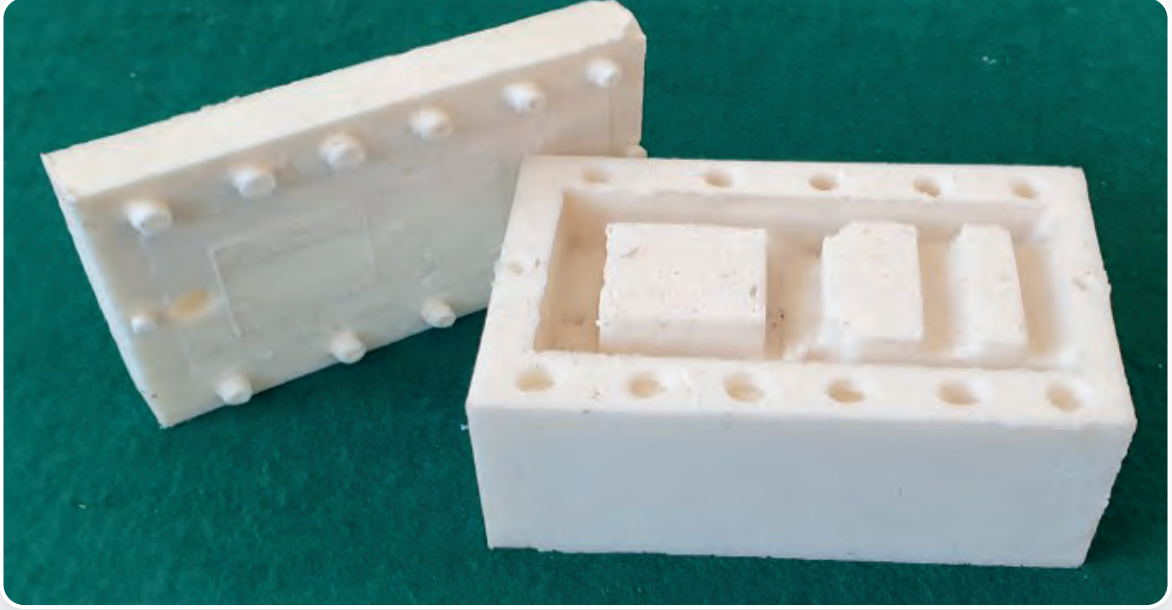


Görsel 2.6: Ana model üzerine silikon dökümü

Yumuşak ve esnek bir malzeme olan silikonun kalıp merkezlenmesi iki şekilde yapılır:

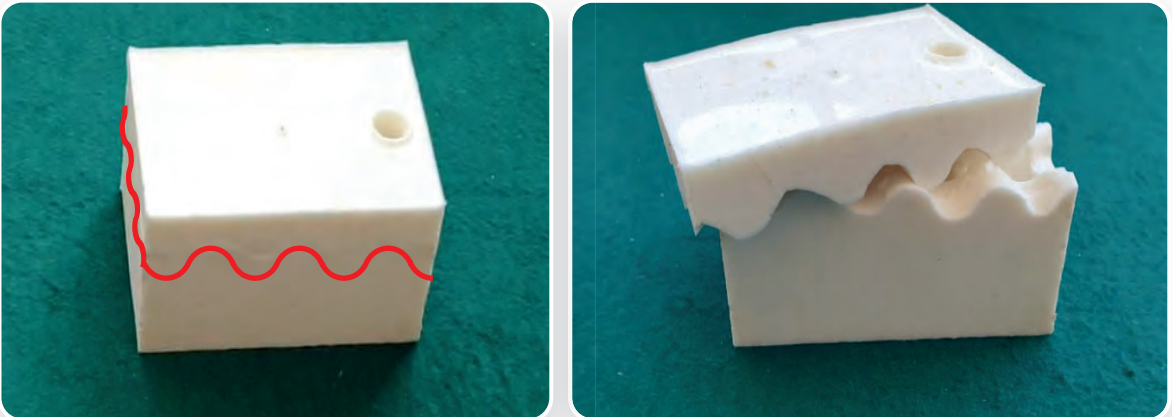
1. Pimli merkezleme
2. Zikzaklı kesim ile merkezleme

Pimli merkezleme yapılacaksa pim yerleri silikon kalıp hazırlanırken tespit edilip oluşturulmalı ve silikon kalıp birleşme yüzeylerine silikonunun birbirine yapışmasını önleyen ayırıcı sürülmelidir. Pimli silikon kalıplarda kesim yapmaya ihtiyaç yoktur. Bu tür kalıplar rahatlıkla ikiye ayrılabilmekte ve kalıp içindeki model kolayca çıkarılabilmektedir (**Görsel 2.7**).



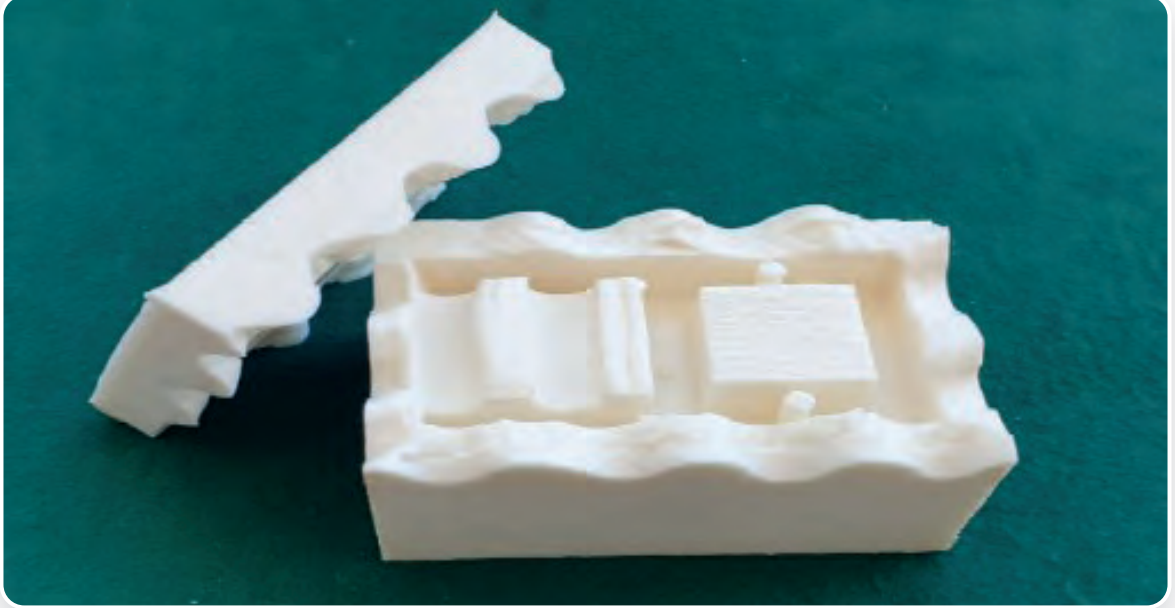
Görsel 2.7: Pimli merkezleme

Zikzaklı kesim ile merkezlemenin sağlıklı bir biçimde yapılabilmesi için kesimi yapacak kişinin modeli tanıması gerekir. Ayrıca hassas bir kesme işleminin yapılabilmesi için model ayırım yüzeyinin boyanması (**Görsel 2.8**) ya da uygun bant çekim işleminin yapılması gereklidir.



Görsel 2.8: Model ayırım yüzeyinin boyanması ve kesilmesi

Zikzaklı merkezlemede amaç, silikon kalıbın ayrılma yüzeylerinin tekrar birleşme esnasında da kesimden önceki bütünlüğünü yakalamasıdır. Bunu sağlaması için silikon, uygun kısımlarından zikzaklar çizilerek kesilmelidir. Zikzak çizerek kesme, modellemelerdeki pim ve kavelanın yaptığı görevi yapmaktadır. Bu durum, kalıbın tekrar birleştirilmesi sırasında kalıplar arasındaki kaymayı önlemektedir (**Görsel 2.9**).



Görsel 2.9: Zikzaklı kesim ile merkezleme

Kalıba alınan ana modellemenin, mala (kalıp ayırma) yüzeyi uygun şekilde kesilerek çıkarılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle silikon kalıplama sonrası, kalıp ayırma yüzeyini belirlemek ve hassas kesim yapabilmek için ana modelin ayırma yüzeyi gerektiği durumlarda renkli kalemle işaretlenmeli veya yüzeye renkli bant çekilmelidir. Hassas kesim için gerekli malzemeler **Görsel 2.10**'da gösterilmiştir.



Görsel 2.10 : Hassas kesim için gerekli malzemeler

Zikzaklar çizilerek hassas kesimi yapılan silikon kalıbın içerisinden ana modelleme çıkarılır ve kalıp tekrar düzgün bir şekilde kapatılır. İstenilen malzeme kalıba dökülerek parça üretimi başlatılır. Silikon kalıp ile üretilen parçalara ardıl işlem uygulanır. Yani parçalar istenilen renkte boyanabilir, doku çalışması ya da kaplama yapılabilir. Silikon kalıptan elde edilen parçaların son kontrolleri yapılarak üretim tamamlanır.

Bir silikon kalıptan alınabilecek parça sayısı, parçanın geometrisine göre değişir. Karmaşık ve zor geometrili parçalar silikon kalıbı erken yıpratır ve bu kalıptan alınabilecek parça sayısını azaltır. Silikon kalıplama; başta otomotiv, kalıpcılık, savunma sanayisi, medikal, elektronik, beyaz eşya ve küçük ev aletleri endüstrileri olmak üzere birçok farklı sektör ve alan tarafından tercih edilen bir teknolojidir.

2.1. CAD ORTAMINDA ANA MODELLEME RESİMLERİNİ ÇİZME

Modeli yapılacak parça veya parçaların üç boyutlu olacak şekilde, gerçek ölçülerinde, CAD ortamında modelleme resimleri çizilerek tasarımları yapılır ve bilgisayara kaydedilir.

Parçanın imalat resmine göre hazırlanan üç boyutlu çizimi, farklı kaydedilerek ana modelleme resmine dönüştürülür, varsa gerekli ilaveler yapılır. Silikon kalıptan elde edilen parça sonradan kalıplamada model olarak kullanılacaksa ana modelde bazı ilave ve değişiklikler olur. Bunlar; kalıp ayırma yüzeyi, çekme payı, işleme payı, modele verilecek eğim, koniklikler, gerektiği durumlarda çift çekme miktarı ve ana model işleme paylarıdır. Eğer silikon kalıptan elde edilen parça doğrudan kullanılacak ise silikon kalıbı oluşturan ana model üzerinde bir değişiklik yapılmasına ihtiyaç yoktur.

Ana modelin kalıba alınma aşamalarının, model kasasının ve modelin kasa içerisindeki konumunun çizimi yapılır. Silikon kalıbın elde edilebilmesi için gerekli olan kalıp boşluğu belirtilir. Yolluk sistemi elemanlarının kalıp içerisindeki durumlarını gösteren üç veya iki boyutlu kalıplama resimleri de çizilerek çizim aşaması tamamlanır.

2.1.1. Üretimi Yapılacak Olan Ana Modelin ve Silikon Kalıba Ait Parçaların Modelleme Resimlerini CAD Ortamında Çizme

Üretilen modelin ve kalıba ait parçaların belirlenen ölçekte imalat resmi çizilir. Bu imalat resmine göre parçanın üç boyutlu çizimi hazırlanıp farklı kaydedilerek modelleme resmine dönüştürülür. Üç boyutlu çizim programında gerekli ilaveler yapılır.



GEREKSİZ ARAMA

GEREKSİZ MEŞGUL ETME

BİR CANA KIYMA

ÖĞRENME BİRİMİ	ANA MODELLEME VE SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ	2.1. UYGULAMA
KONU	Ana Modelin ve Silikon Kalıba Ait Parçaların Modelleme Resimlerini CAD Ortamında Çizme	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Modelleme resimlerini çizmek.

ARAÇ GEREÇ

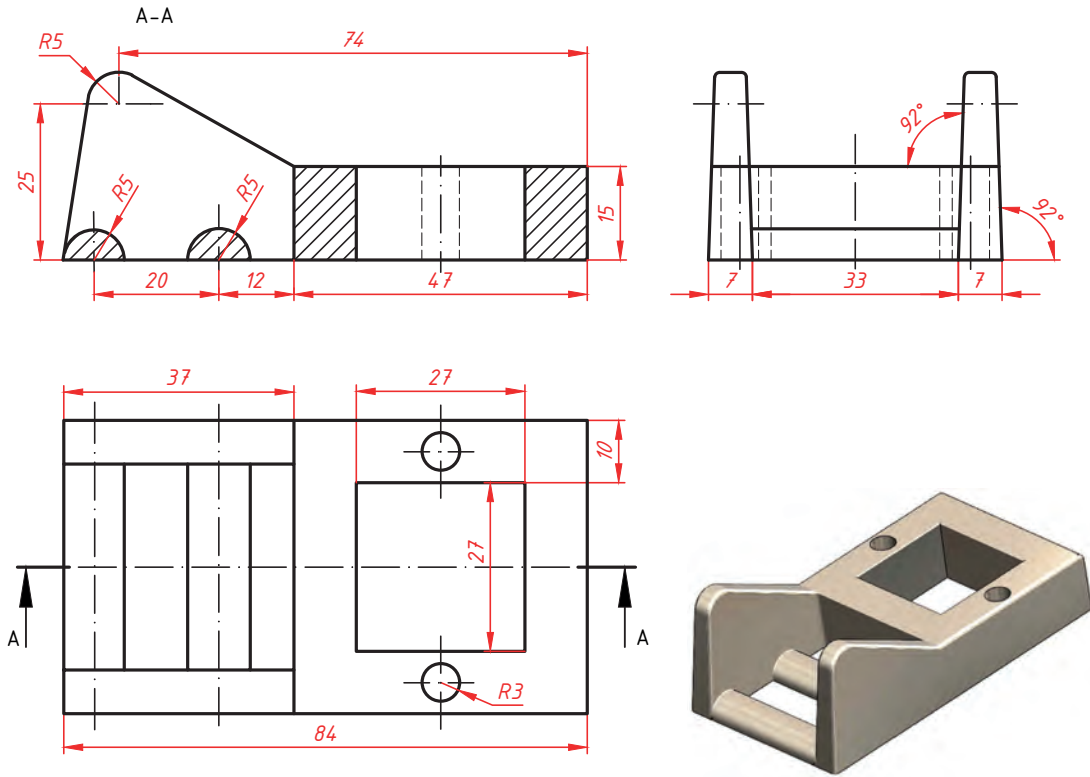
1. Model teknik resmi
2. Kalem, silgi
3. Bilgisayar
4. CAD programı
5. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek ana modeli ve silikon kalıbı oluşturan parçaların modelleme resimlerini çizin.

İŞLEM BASAMAKLARI

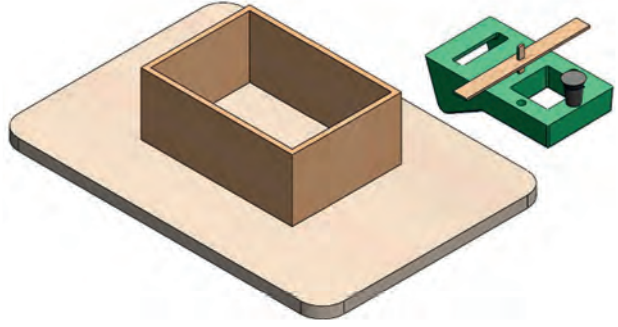
1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Bağlama aparatı parçasının üç boyutlu orijinal parça resmini, verilen imalat resmine uygun biçimde CAD programında çizerek kaydediniz (**Görsel 2.11**).

BAĞLAMA APARATI

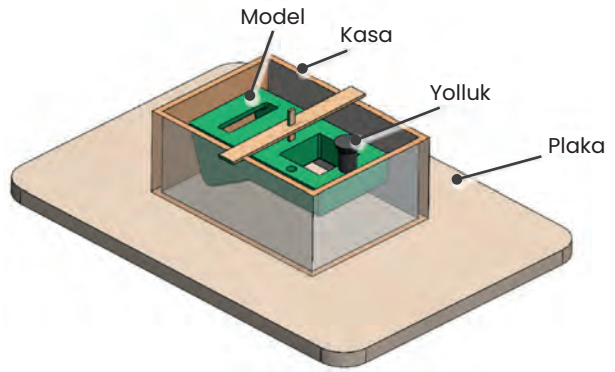


Görsel 2.11: Bağlama aparatı imalat resmi ve üç boyutlu orijinal parça resmi

3. Ana model yapımında işleme paylarını ve çift çekme miktarını gerektiği durumlarda ilave ediniz.
4. Orijinal parça resmini farklı kaydediniz. Farklı kaydettiğiniz orijinal parça resminden iki boyutlu teknik resim görünüşlerini elde ediniz.
5. Bağlama aparatı üretim yöntemi ve kullanılacak malzeme seçimini yapınız.
6. Silikon kalıba ait kasa, plaka, yolluk sistemleri ve modelin kasa içerisinde askıda kalması için gerekli parçaların resmini çiziniz (**Görsel 2.12**).
7. Bağlama aparatı ana modelinin kasa içerisindeki durumunu gösteren resmini çiziniz (**Görsel 2.13**).
8. Çizdiğiniz resimleri, daha önceden bilgisayarınızda oluşturduğunuz ilgili klasör içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
9. Klasörü taşınır belleğe aktararak öğretmeninize teslim ediniz.



Görsel 2.12: Kalıbı oluşturan parçalar



Görsel 2.13: Ana modelin kalıp içerisindeki durumu

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Ana modelleme orijinal resmini çizme	Kalıba ait parçaları çizme	Ana modellemenin kalıp içerisindeki resmini çizme	Kalıplama resmini çizme	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:			10	20	20	20	20	10	100
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

2.2. ANA MODELLEME YAPMA

Ana modellemenin yapılabilmesi için öncelikle modellemenin kaç parçadan meydana geleceği tespit edilerek yapım yöntemi belirlenmeli ve işleme operasyonları planlanmalıdır.

2.2.1. Ana Modelleme Yapma Yöntemini Belirleme

İşleme operasyonları oluşturulurken ana modellemenin hangi malzemeden yapılacağı dikkate alınır. Ana model CNC tezgâhlarda yapılacaksa CAM programı içinde tezgâh seçimi, seçilen tezgâhin ayarları, operasyon tipi, iş parçası sıfır noktası tanımlama, işlenecek parça veya parçaların seçimi gibi işlemler yapılır. İşleme operasyonu, takımlarla ilgili seçimlerin ve işleme ayarlarının yapılması, bu operasyonlardan elde edilen G kodlarının çıkarılıp düzenlenerek kaydedilmesiyle tamamlanır.

Üç boyutlu modelleme programlarında tasarımı yapılan ana model parçaları, 3D yazıcılarda üretilecekse ona göre kaydedilir. 3D yazıcı programında G kodları çıkartılır ve yazıcıya aktarılır.

2.2.2. Tezgâh ve Malzeme Ayarlarını Yapma

Ana modelin 3D yazıcılarda yapılabilmesi için önce CAD programında üç boyutlu çizimi yapılır ve çizilen parça STL formatında kaydedilir. STL formatında kaydedilen parça 3D yazıcı programında açılır ve model, yazıcı tabla üzerine, uygun olacak biçimde ve yazdırma konumuna göre döndürülerek oturtulur. Sonra ihtiyaca göre model çoğaltma ya da ölçeklendirme işlemleri yapılır ve model seçilerek baskıya hazırlanır.

Baskıya hazırlanan modelin hangi malzemeden yapılacağı, katman kalınlığı, destek yoğunluğu, destekleyici taban olup olmayacağı ve iç doluluk miktarı ayarlanır ve "dilimle" sekmesi çalıştırılır.

2.2.3. Ana Modeli İşleme

3D yazıcıda kullanılması gereken G kodları CAD ortamında oluşturulur, sonra da taşınır bellek ile 3D yazıcıya aktarılır. 3D yazıcıya aktarılan tasarım verisi yani G kodu yazıcıya okutulur ve yazıcı çalıştırılır. Ön ısıtmaları yapılan yazıcıya uygun filament takılır ve ana model, 3D yazıcıda üretilir.

ÖĞRENME BİRİMİ	ANA MODELLEME VE SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ	2.2. UYGULAMA
KONU	Ana Modellemeyi Yapma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Ana modellemeyi 3D yazıcıda yapmak.

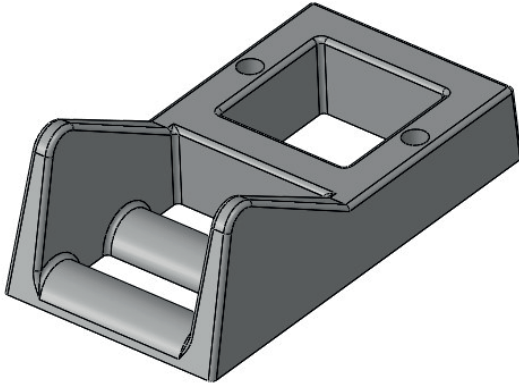
ARAÇ GEREÇ

1. 3D yazıcı
2. PLA veya ABS filament
3. Bilgisayar
4. CAD-CAM programı
5. CAM yapılacak model resimleri
6. Taşınır bellek
7. Çekmeli metre veya kumpas
8. Zımpara
9. Kalem ve silgi
10. Fırça
11. Vernik veya boya
12. Tiner

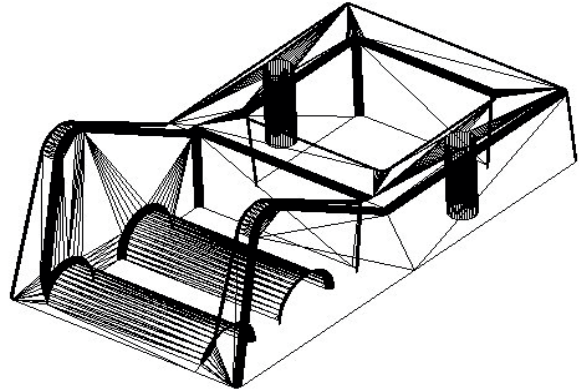
Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek 3D yazıcıda ana modelleme yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Ana modeli 3D yazıcılarda yapabilmek için CAD programında modelin üç boyutlu çizimini hazırlayınız (**Görsel 2.14**).
3. CAD (üç boyutlu katı modelleme) programında çizilen parçayı STL formatında kaydediniz (**Görsel 2.15**).
4. STL formatında kaydettiğiniz parçayı kullanmakta olduğunuz 3D yazıcı programında açınız.

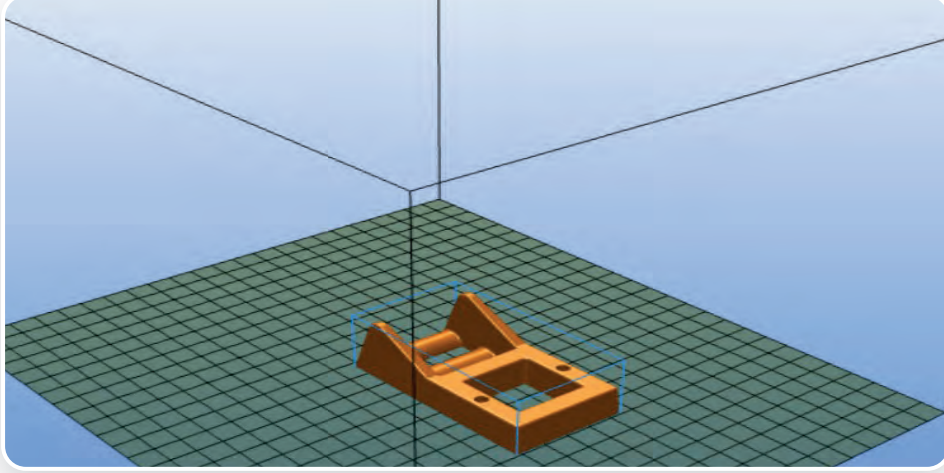


Görsel 2.14: Modelin CAD programında üç boyutlu çizimi



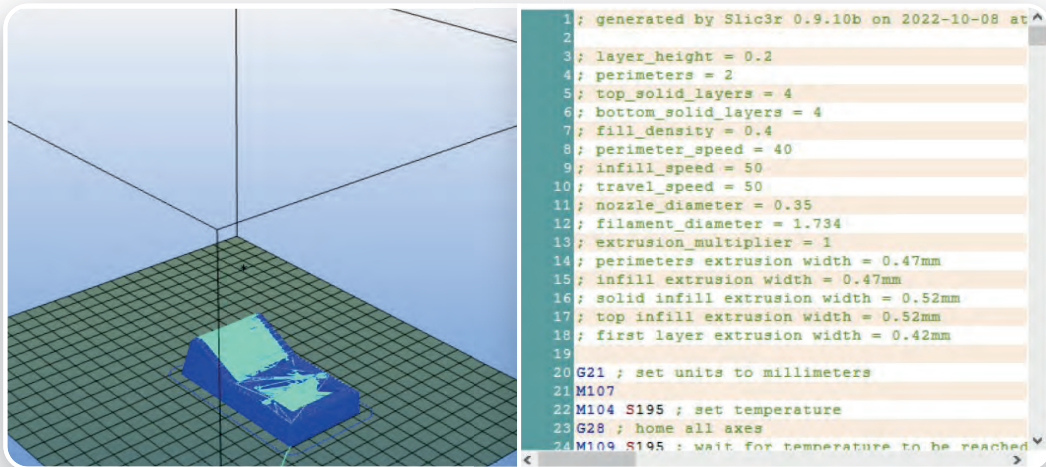
Görsel 2.15: Modelin STL formatında kaydedilmesi

5. Modeli, yazıcı kabini içerisinde tabla üzerine, uygun olacak biçimde ve yazdırma konumuna göre döndürerek oturtunuz (**Görsel 2.16**).
6. Gerekli durumlarda model çoğaltma veya ölçeklendirme işlemlerini yapınız.
7. Yazıcı modelini seçerek modeli baskıya hazırlayınız.



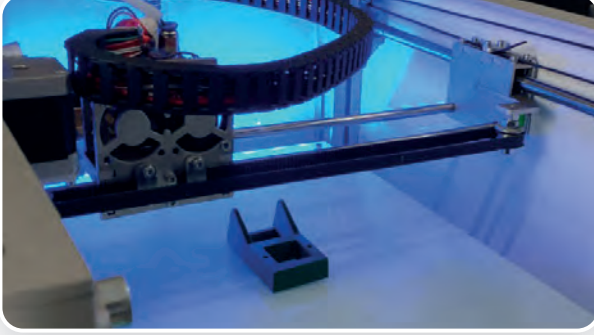
Görsel 2.16: Modelin yazdırma konumuna göre döndürülmesi

8. Baskıya hazırlanan modelin hangi malzemeden yapılacağını, katman kalınlığını, destek yoğunluğunu, destekleyici taban olup olmayacağını, iç doluluk miktarını ayarlayarak "dilimle" sekmesini çalıştırınız.
9. Model, ekranda katmanlar hâlinde oluşturulduktan sonra baskı detaylarından modelin ne kadar sürede yazılacağını ve malzeme miktarını gözlemleyiniz.
10. 3D yazıcıda kullanılması gereken G kodlarını oluşturup (**Görsel 2.17**) farklı kaydediniz.
11. 3D yazıcıyı çalıştırıp taşınır belleği yazıcıya takınız ve ön ısıtmaları yapınız. Daha sonra yazıcıya model için uygun filamentı takınız.



Görsel 2.17: Modelin G kodlarının oluşturulması

12. Ana modelin G kodlarını 3D yazıcıya tanımlayınız.
13. Modeli 3D yazıcıda üretiniz (**Görsel 2.18**).
14. Modelin üst yüzey işlemlerini yapınız.
15. Çalışma ortamlarınızı temiz bırakarak modeli öğretmeninize teslim ediniz.



Görsel 2.18: Ana modeli 3D yazıcıda üretme

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CAD programında modelin üç boyutlu resmini çizme ve çizimi STL formatına aktarma	3D yazıcı katman ayarlarını yapma	3D yazıcıyı hazırlama	Üretim ve üst yüzey işlemlerini yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:											
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:											
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.											



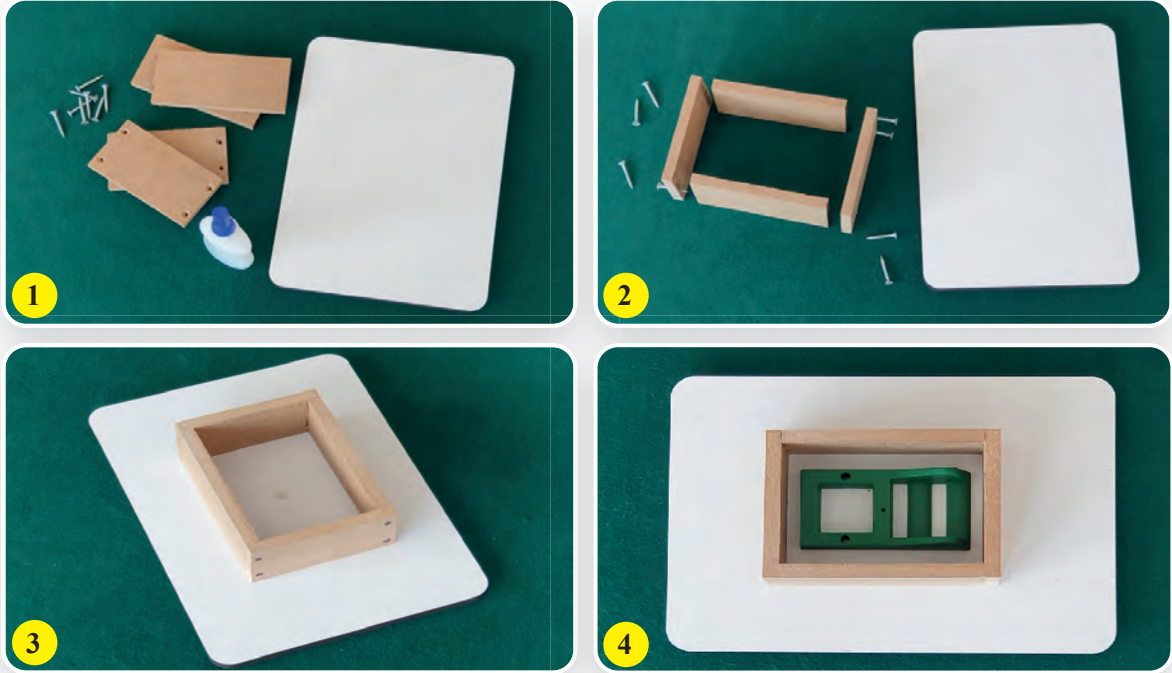
Sen olmazsan başaramayız.

2.3. ANA MODELLEMEDEN SİLİKON KALIP YAPMA VE KALIP İÇERİSİNDEN MODELİ ÇIKARMA

Kalıp alma çalışmalarının en önemli kısmı, modelin ve kalıbın hazırlanmasıdır. Kalıplama, ana modellemenin CNC, 3D yazıcı ya da geleneksel yöntemlerle ve atölye şartları dikkate alınarak üretilmesinden sonra gerçekleşir.

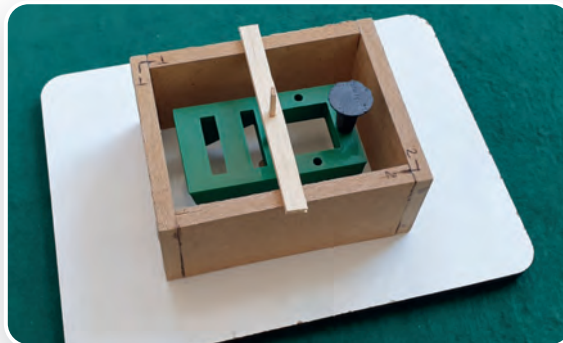
2.3.1. Ana Modeli Kasaya Alma

Kalıplamaya geçmeden önce, kalıplama kasası hazırlanır. Kalıplama kasası, ana modeli tam anlamıyla içine alacak şekilde ve malzeme israfına neden olmayacak ölçülerde hazırlanmalıdır (**Görsel 2.19**).



Görsel 2.19: Kalıplama kasasının hazırlanması

Aynı zamanda model, kasanın içinde askıya alındığında modelin altında ve üstünde yine yeterli silikon et payları kalmalıdır (**Görsel 2.20**).



Görsel 2.20: Kasa içerisinde askıya alınan ana modelleme

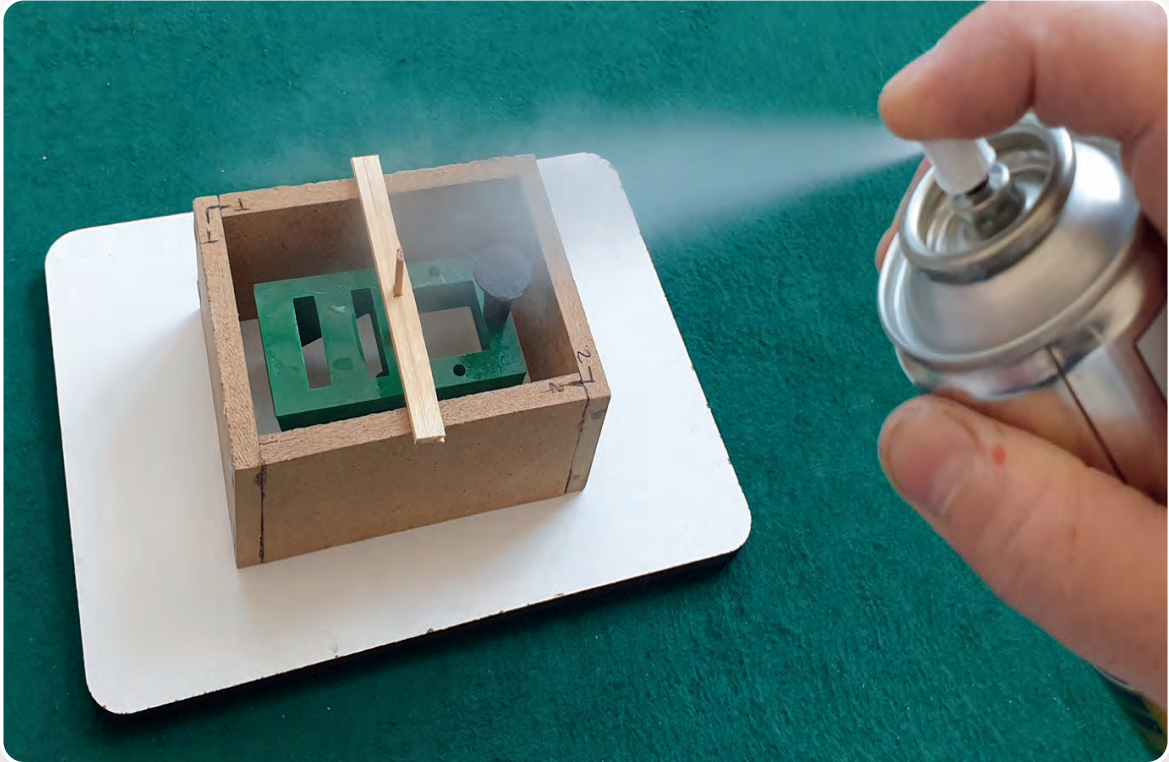
Modelin kasa içerisinde boşlukta kalması ve etrafını silikonun sağlıklı bir şekilde sarması için kullanılan malzemeler atölye şartları ve modelin yapıldığı malzemeye göre farklılıklar gösterebilir. Önemli olan, modeli kasa içerisinde askıda tutan bu malzemenin aynı zamanda çıkıcı görevi yapacak kanalları oluşturmasıdır.

Silikon kalıplamada unutulmaması gereken unsurlardan biri de yolluk sistemidir. Yolluk sistemi; dökülecek parçanın ağırlığı, derece yüksekliği, döküm zamanı gibi unsurlar hesaplanarak ölçülendirilir. Yolluğu ana modellemenin genellikle orta kısmından ve et kalınlığı en fazla olan yerinden vermek gerekmektedir. Böylece, silikon kalıba dökülen malzemenin kalıp boşluğunun en uç noktalarına ulaşması sağlanmış, çöküntü ve çekme de önlenmiş olur.

Kalıplama kasası, suntalam parçadan hazırlanabileceği gibi plexiglass malzemeden de hazırlanabilmektedir. Bu tür malzemelerin seçilmesindeki amaç, düzgün yapılarından ve yapışmama özelliklerinden istifade etmektir.

2.3.2. Model Yüzeylerine Kalıp Ayırıcı Sürme

Kalıbı alınacak modelin üzerinde toz, yağ, kir vb. olumsuz ne varsa temizlenmelidir. Silikonun modele yapışma ihtimali dikkate alınarak yüzeylere kalıp ayırıcı sürülmesi de tavsiye edilir (**Görsel 2.21**).



Görsel 2.21: Yüzeylere kalıp ayırıcı sürme

2.3.3. Hacim Hesapları

Döküm yolu ile model elde edilirken kullanılacak malzemenin miktarının hesaplanabilmesi için hacim hesaplarının bilinmesi gerekmektedir. Kasada kullanılacak silikon malzemeye veya muma ne kadar ihtiyaç olduğu hacim hesaplamaları yapılarak bulunur.

Geometrik Şekillerin Hacim Hesapları

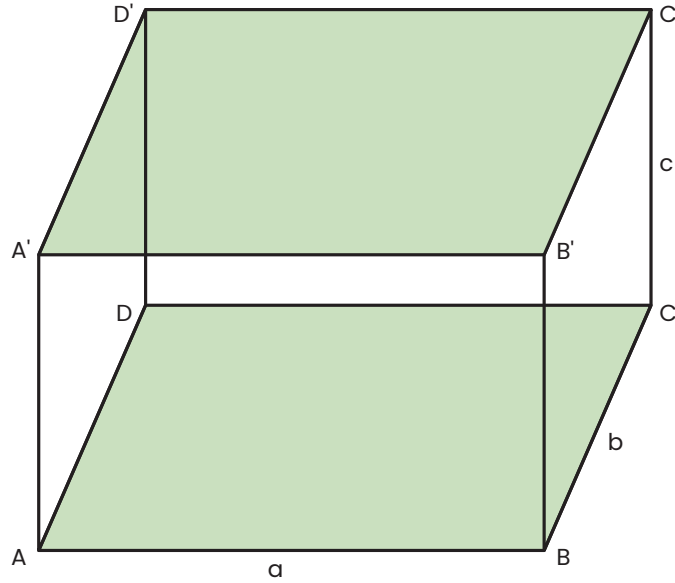
Dikdörtgenler Prizması: Yan yüzeyleri karşılıklı olarak eş olan, altı adet dikdörtgenden oluşan geometrik şekle **dikdörtgenler prizması** denir. Dikdörtgenler prizmasının hacmi ve taban alanı aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$V = a \cdot b \cdot c \quad T A = a \cdot b$$

$$V = \text{Hacim} \quad a = \text{Boy}$$

$$A = \text{Alan} \quad b = \text{En}$$

$$T = \text{Taban} \quad c = \text{Yükseklik}$$



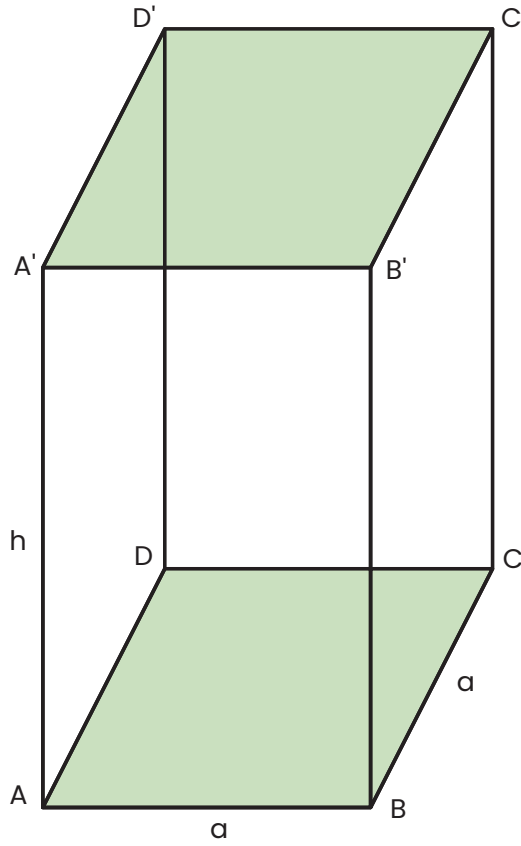
Örnek: Eni 50 mm, boyu 100 mm ve yüksekliği 40 mm olan bir dikdörtgenler prizmasının hacmini bulunuz.

Çözüm: $a = 100 \text{ mm}$ $V = a \cdot b \cdot c$
 $b = 50 \text{ mm}$ $V = 100 \cdot 50 \cdot 40$
 $c = 40 \text{ mm}$ $V = 200\,000 \text{ mm}^3$
 $V = ?$

Kare Prizma: Tabanı kare olan prizmalara kare prizma denir. Kare prizmanın taban alanı ve hacmi aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$T A = a^2$$

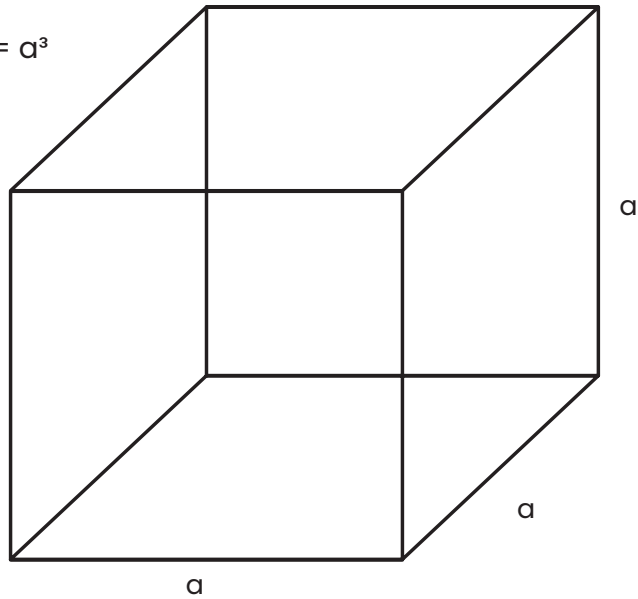
$$V = a^2 \cdot h$$



Küp: Bütün ayrıtları birbirine eşit olan dik prizmadır.

$$T A = a^2$$

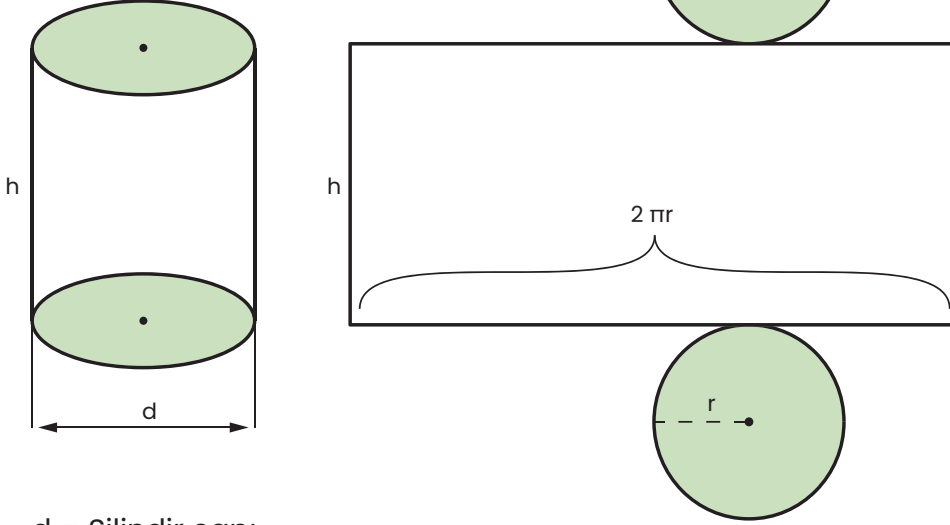
$$V = a^2 \cdot a = a^3$$



Silindir: Tabanı daire olan prizmalardır. Silindirin taban alanı ve hacmi aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$T A = \pi \cdot r^2$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$



d = Silindir çapı

h = Silindir yüksekliği

Örnek: Çapı 30 mm olan bir silindirin yüksekliği 50 mm'dir. Silindirin hacmini bulunuz. ($\pi = 3,14$ alınız.)

Çözüm: d = 30 mm r = 15 mm

h = 50 mm

V = ?

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3,14 \cdot 15^2 \cdot 50$$

$$V = 3,14 \cdot 225 \cdot 50$$

$$V = 35\,325 \text{ mm}^3$$

Malzemelerin ağırlığının hesaplanabilmesi için iki değer bilinmesi gerekir:

- Parçanın hacmi
- Parçanın yoğunluğu (özellik ağırlığı)

Yoğunluk değerleri her malzeme için farklılık arz etmektedir. Bu iki değer birbirleriyle çarpımı o malzemenin ağırlığını vermektedir.

Bazı malzemelerin yoğunlukları **Tablo 2.1**'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Bazı Maddelerin Yoğunlukları

Madde	Yoğunluk (kg/m ³)
Nikel	8 900
Çinko	7 133
Platin	21 450
Altın	19 300
Kır Döküm	7 250
Çam Ağacı	630
Kurşun	11 340
Gümüş	10 490
Bakır	8 920
Demir	7 890
Alçı	2 320
Alüminyum	2 700
Magnezyum	1 740
Su	1 000
Etil Alkol	790
Vulkanize Fiber	1 280
Silikon	2 400

$$Ag = V \cdot \text{Ög}$$

Ag = Maddenin ağırlığı

V = Maddenin hacmi

Ög = Maddenin yoğunluğu (ölgül ağırlığı)

Örnek: Yoğunluğu $2\,700\text{ kg/m}^3$ olan alüminyumdan iş parçası dökülecektir. Parçanın boyu 10 cm , eni 5 cm ve yüksekliği 4 cm 'dir. Dökülecek parçanın ağırlığını bulunuz.

Çözüm:

$$a = 10\text{ cm} = 0,1\text{ m}$$

$$b = 5\text{ cm} = 0,05\text{ m}$$

$$c = 4\text{ cm} = 0,04\text{ m}$$

$$V = a \cdot b \cdot c$$

$$V = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,04$$

$$V = 0,0002\text{ m}^3$$

$$\text{Ög} = 2\,700\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ag} = ?$$

$$\text{Ag} = V \cdot \text{Ög}$$

$$\text{Ag} = 0,0002 \cdot 2\,700$$

$$\text{Ag} = 0,54\text{ kg}$$

$$\text{Ag} = 540\text{ g}$$

Örnek: Çapı 120 mm ve yüksekliği 100 mm olan bir silindirin içine silikon dökülecektir. Silikonun yoğunluğu $2\,400\text{ kg/m}^3$ 'tür. Buna göre silikonun ağırlığını bulunuz. ($\pi = 3,14$ alınız.)

Çözüm:

$$D = 120\text{ mm} = 0,12\text{ m}$$

$$r = 0,06\text{ m}$$

$$h = 100\text{ mm} = 0,1\text{ m}$$

$$\text{Ög} = 2\,400\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ag} = ?$$

$$\text{Ag} = V \cdot \text{Ög}$$

$$V = A \cdot h$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = 3,14 \cdot 0,06^2$$

$$A = 3,14 \cdot 0,0036$$

$$A = 0,011304\text{ m}^2$$

$$V = A \cdot h$$

$$V = 0,011304 \cdot 0,1$$

$$V = 0,0011304\text{ m}^3$$

$$\text{Ag} = V \cdot \text{Ög}$$

$$\text{Ag} = 0,0011304 \cdot 2\,400$$

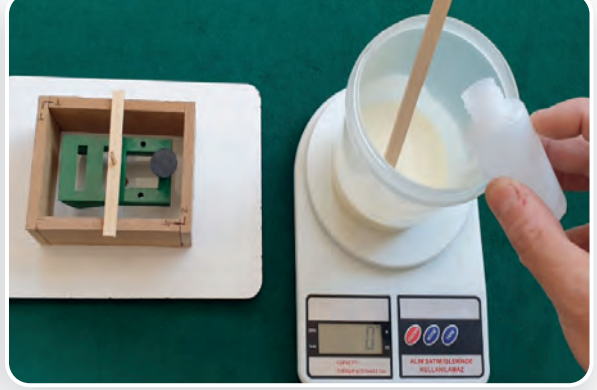
$$\text{Ag} = 2,71296\text{ kg}$$

2.3.4. Silikonu Kalıba Dökme

Ambalajı açılan silikon, iyice karıştırılır ve kullanılacak miktarda alınıp temiz bir kaba konarak tartılır (**Görsel 2.22**). Ambalajın kapağı hemen kapatılır, asla açık bırakılmaz. Silikona yeteri kadar katalizör ilave edilir (**Görsel 2.23**), ilave edilecek katalizör miktarı katalogdaki verilere göre belirlenir.

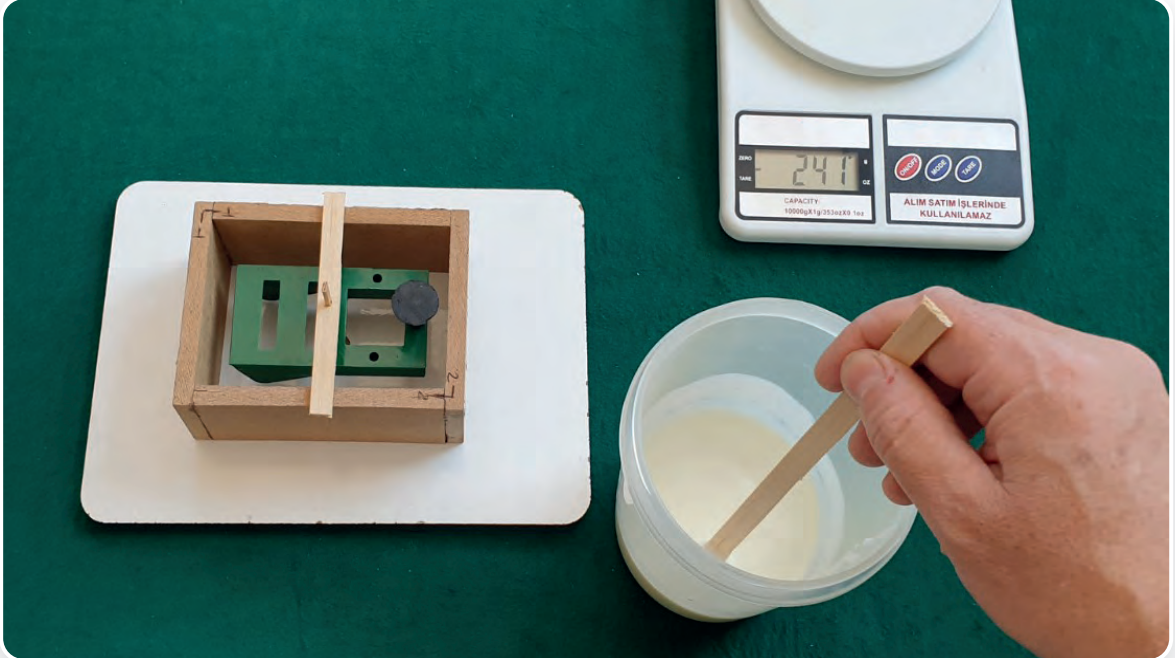


Görsel 2.22: Kullanılacak silikonun tartılması



Görsel 2.23: Silikona katalizör ilave edilmesi

Katalizör ilave edildikten sonra silikon temiz bir spatula ile homojen bir şekilde karıştırılmalı ve katalizör silikona tamamen yedirilmelidir. Bu karıştırma işlemi çırpıcı ile yapılacak olursa daha homojen bir karışım elde edilmiş olur (**Görsel 2.24**).



Görsel 2.24: Silikon ve katalizörün iyice karıştırılması

Karıştırma işlemi esnasında ve reaksiyon sonucunda oluşan hava kabarcıklarından kurtulmak için karıştırma kabı bir desikatöre yerleştirilerek karışım içerisindeki hava vakumlanır. Bu işlem sırasında silikon, beş katına kadar kabarmabilir. Bu vakumlama sürecinde silikonun kaptan taşmamasına dikkat edilmeli, 2 bar basıncın üzerine çıkılmamalı ve 15 dakikalık süre aşılmamalıdır (**Görsel 2.25**).



Görsel 2.25: İçerisindeki kabarcıklardan kurtulmak için silikonun desikatöre yerleştirilmesi

Döküm esnasında hava kabarcıklarının oluşmasını engellemek için silikonun, modelin en üst kısmındaki tek bir noktadan ve sabit hızla dökülmesi gerekir (**Görsel 2.26**). Silikon, girift ve komplike modellerde önce fırça ile ince bir tabaka hâlinde sürülür; oluşan hava kabarcıkları basınçlı hava ile giderilir ve 5 dakika sonra silikonun tamamı modelin üzerine dökülür.



Görsel 2.26: Silikonun model üzerine dökülmesi

2.3.5. Silikon Katılaştıktan Sonra Ana Modeli Kalıp İçerisinden Çıkarma

Belirtilen süre tamamlanıp silikon donduktan sonra destek kalıplar çıkartılır. Kasadan ayrılan silikon kalıbın içerisindeki ana modelin çıkartılabilmesi için kalıp yüzeyine renkli kalem ile uygun yerlerinden zikzak şeklinde çizgi çizilir ve çizgiden kesilerek içerisinden model çıkartılır.

Silikon kalıp, modelden ayrıldıktan sonra 2-3 saat oda sıcaklığında ve açık alanda bırakılmalıdır. Açık havada dinlendirilip döküme hazır hâle getirilen silikon kalıplardan daha fazla döküm alınır ve kalıplar daha uzun ömürlü olur.

Ana model silikon kalıp içerisinden çıkarılırken aşağıdaki işlem sırası takip edilmelidir:

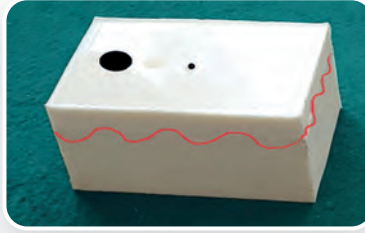


1

İçerisine silikon dökülen kalıbın katılaşma sürecini bekleyiniz.

Katılaşan silikon kalıbın kasasını silikona zarar vermeden açınız.

2



3

Silikon kalıp ayrılma yüzeyini renkli bir kalem ile belirleyiniz.

Silikon kalıbı, belirlediğiniz çizgilerden kesiniz.

4



5

Silikon kalıbı ayırarak ana modeli çıkarınız.

Silikon kalıbı döküm için tekrar kapatınız.

6



ÖĞRENME BİRİMİ	ANA MODELLEME VE SİLİKON KALIP TEKNOLOJİSİ	2.3. UYGULAMA
KONU	Silikon Katılaştıktan Sonra Ana Modeli Kalıp İçerisinden Çıkarma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Silikon kalıp yapmak ve kalıp içerisinden modeli çıkarmak.

ARAÇ GEREÇ

1. İş önlüğü, eldiven ve koruyucu gözlük	6. Renkli kalem veya renkli bant
2. Silikon malzeme ve komponentleri	7. Pense
3. Yüzey ayırıcı malzeme	8. Tutkal
4. Suntalam veya ABS plaka	9. Maket bıçağı
5. Silikon tabancası	10. Hassas terazi

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek silikondan kalıp yapınız ve silikon katılaştıktan sonra kalıp içerisinden modeli çıkarınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Silikon kalıbın kasasını uygun malzemeden ve malzeme israfına neden olmayacak şekilde hazırlayınız.
3. Hazırlanan kalıp kasasını düz bir plaka üzerine sabitleyiniz.
4. 3D yazıcıda yapılan ana modellemenin üzerine yolluk ve çıkıcıları ilave edip modellemeyi askıda olacak ve etrafında gerekli boşluklar kalacak şekilde kasa içerisine sabitleyiniz.
5. Kalıp yüzeyine ayırıcı sürünüz.
6. Kalıbın hacim hesabını yaparak silikon malzeme miktarını tartınız.
7. Silikon malzemeye katalogdaki verilere göre katalizör ilave ederek bunları iyice karıştırınız.
8. Silikonunun içerisindeki kabarcıklardan kurtulmak için silikonu desikatöre yerleştiriniz.
9. Döküme hazır hâle getirilen silikon malzemeyi modelin etrafına dökünüz.
10. Sertleşen silikonu destek kalıplarından ayırınız.
11. Silikon kalıbı uygun yerinden zikzak şeklinde keserek ana modeli çıkarınız.
12. Kalıbı döküm için yeniden kapatınız.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş Sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Silikon kalıp için kasa hazırlama	Ana modeli kasaya alma	Hacim hesabı yaparak, silikon kalıba dökme	Katılaştıran silikondan ana modeli çıkarma	Çalışma ortamının temizliğine özen gösterme	Toplam Puan
Öğrencinin									
Adı Soyadı:									
Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin									
Adı Soyadı:									
İmzası:									

Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümleleri dikkatlice okuyunuz ve boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle doldurunuz.

1. Kalıplama kasası, ana modellemeyi tam olarak içine alacak şekilde ve malzeme israfına neden olmayacak hazırlanmalıdır.
2. Silikon malzemelerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının istenmediği durumlarda döküm işleminin bir ortamda yapılması gerekir.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

3. Kalıbı alınacak modelin üzerine kalıp ayırıcı sürülmesinin sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Silikonun hızlı kuruması
 - B) Silikonun modele yapışmasının engellenmesi
 - C) Model yüzeyinin toz, yağ ve kirden temizlenmesi
 - D) Model yüzeyinin pürüzsüz olması
 - E) Modelin daha güzel görünmesi
4. Resme veya numuneye göre yapılan bir veya birkaç kalıplama için kullanılan iş parçası aşağıdakilerin hangisidir?
 - A) Ana modelleme
 - B) Silikon malzeme
 - C) Vakum makinesi
 - D) Yolluk
 - E) Torna tezgâhı
5. Katılaştıran silikon kalıbın kasası silikona zarar verilmeden açılmasından sonraki ilk işlem aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Kalıp, mala yüzeyinden kesilerek ayrılır.
 - B) Silikon kalıp bir süre ısıtılır.
 - C) Model, üst yüzey işlemine tabi tutulur.
 - D) Ana model boyanır.
 - E) Silikon kalıp vakumlanır.

3.

ÖĞRENME BİRİMİ

HASSAS DÖKÜM
TEKNOLOJİSİ



KONULAR

- 3.1. Hassas Dökümün Tanımı ve Yöntemleri
- 3.2. Mum Model Kalıbını Yapma
- 3.3. Kalıba Mum Enjekte Etme
- 3.4. Modellemelerden Salkım Oluşturma
- 3.5. Salkım Modellemeleri Döküme Hazırlama

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Hassas Dökümün Önemi
Mum Model Kalıpları ve Özellikleri
Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etme ve Mum Modeli Kalıptan Çıkarma
Mum Modellemelerden Salkım Oluşturma
Salkım Modellemeleri Seramikle Kaplama

TEMEL KAVRAMLAR

hassas döküm, mum model kalıbı, salkım modelleme, seramik kalıp

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

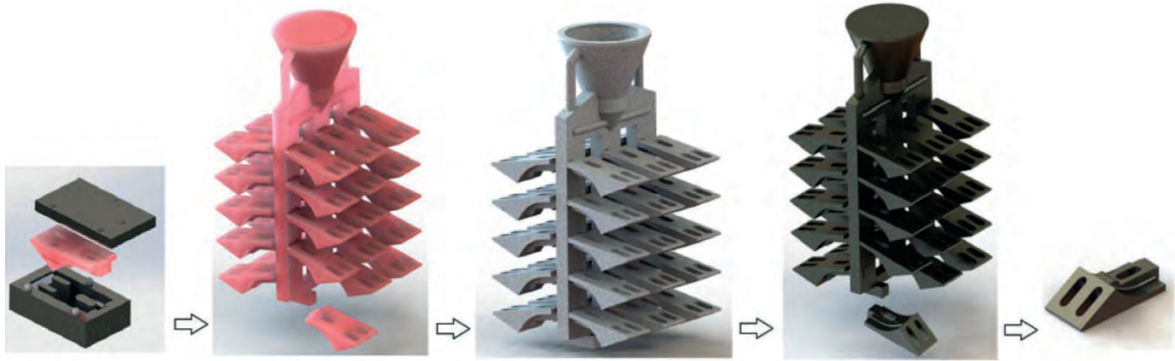
1.

3. HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİLERİ

Mum model kullanılarak tek kullanımlık bir seramik kalıbın oluşturulduğu, ergitilmiş metalin bu kalıba dökülerek şekillendirildiği üretim sürecine **hassas döküm teknolojisi** denir.

3.1. HASSAS DÖKÜM

Hassas döküm, hazırlanmış mum modelin refrakter (seramik) ile kaplandıktan sonra ısıtılıp eritilerek kalıptan çıkarılması ve bu işlemde geriye kalan kalıp boşluğuna ergiyik metalin dökülerek şekillendirilmesi işlemidir (**Görsel 3.1**).



Görsel 3.1: Hassas döküm

3.1.1. Hassas Dökümün Tanımı ve Yöntemleri

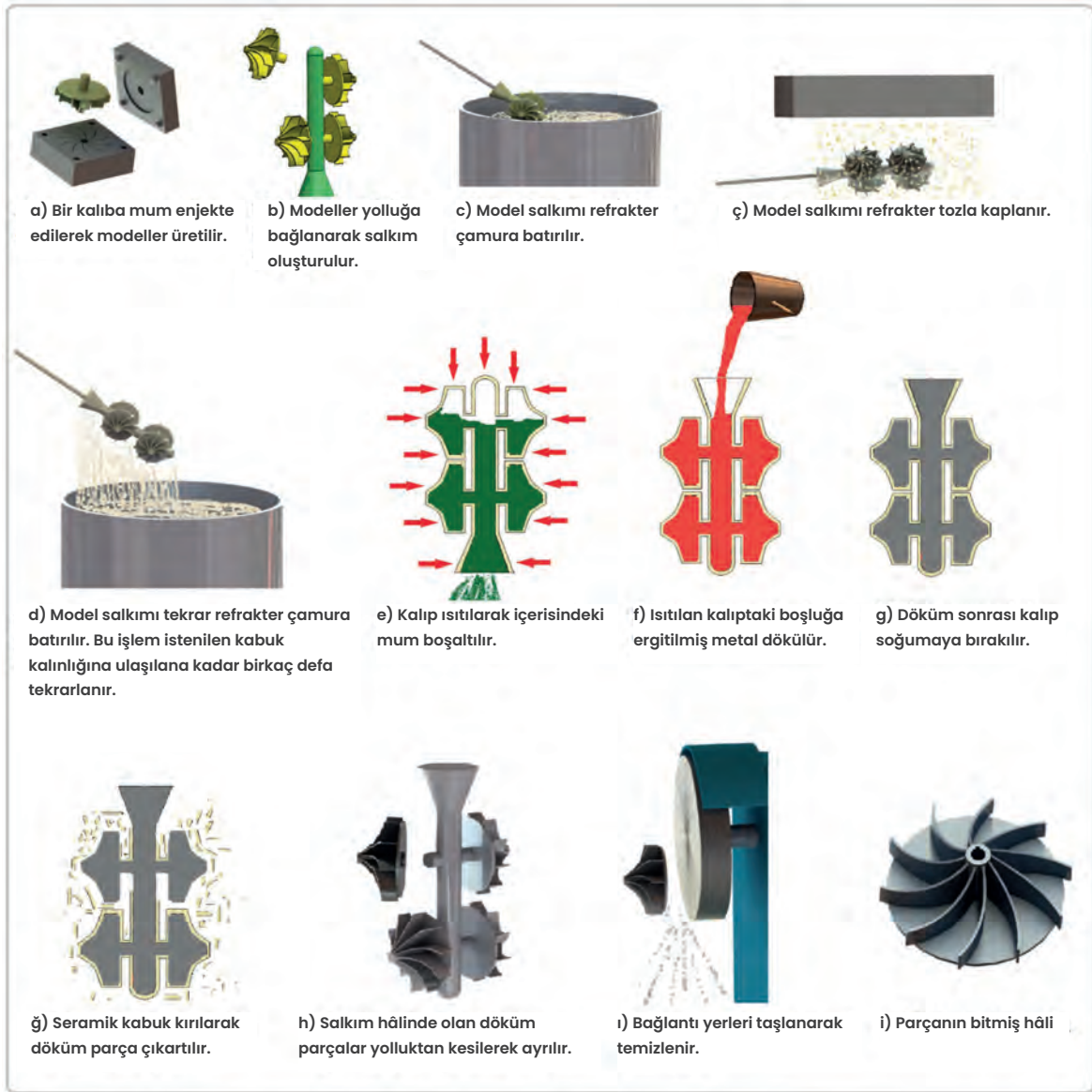
Hassas döküm, yüksek boyutsal doğruluğu ve yüksek yüzey kalitesini koruyarak karmaşık geometriye sahip döküm parçalar üretmeye olanak tanıyan en gelişmiş döküm işlemlerinden biridir. “Kayıp mum tekniği” olarak da bilinen hassas döküm, asırlardan beri kullanılan çok eski bir döküm yöntemidir. Önceden çoğunlukla kuyumcular ve dişçiler tarafından uygulanan bu yöntem, günümüzde hassas parçalara duyulan ihtiyaçtan dolayı özellikle uzay ve otomotiv teknolojileri, tıbbi ve ortopedik araçlar, sanatsal ürünler, tekstil makineleri, havacılık ve savunma sanayisi gibi alanlarda da tercih edilir olmuştur.

Genellikle küçük ve karmaşık parçalar üretmek için kullanılan hassas dökümde mumdaki yapılmış bir model, refrakter banyosu yardımıyla istenilen kalınlığa ulaşana kadar kaplanır. Kaplama kurudukça daldırma işlemi birkaç kez daha tekrarlanarak kaplama kalınlığı ve mukavemeti artırılır. Kaplama tamamen kuruduktan sonra kaplamanın içerisindeki mum eritilip dışarı atılır ve seramik kabuk kalıplar, dökümden önce 900-1000 °C sıcaklıktaki fırında pişirilir. Mum modelin bırakmış olduğu kalıp boşluğuna eritilmiş metal dökülür. Metal, kalıp içinde katılaştıktan sonra seramik kalıp kırılarak metal döküm parça çıkarılır.

Hassas döküm; dökülen metalin türü, parça boyutları, istenilen soğutma hızı gibi etkenlere göre “seramik kabuklu hassas döküm” ve “dereceli hassas döküm” olmak üzere iki ana başlıkta ele alınır.

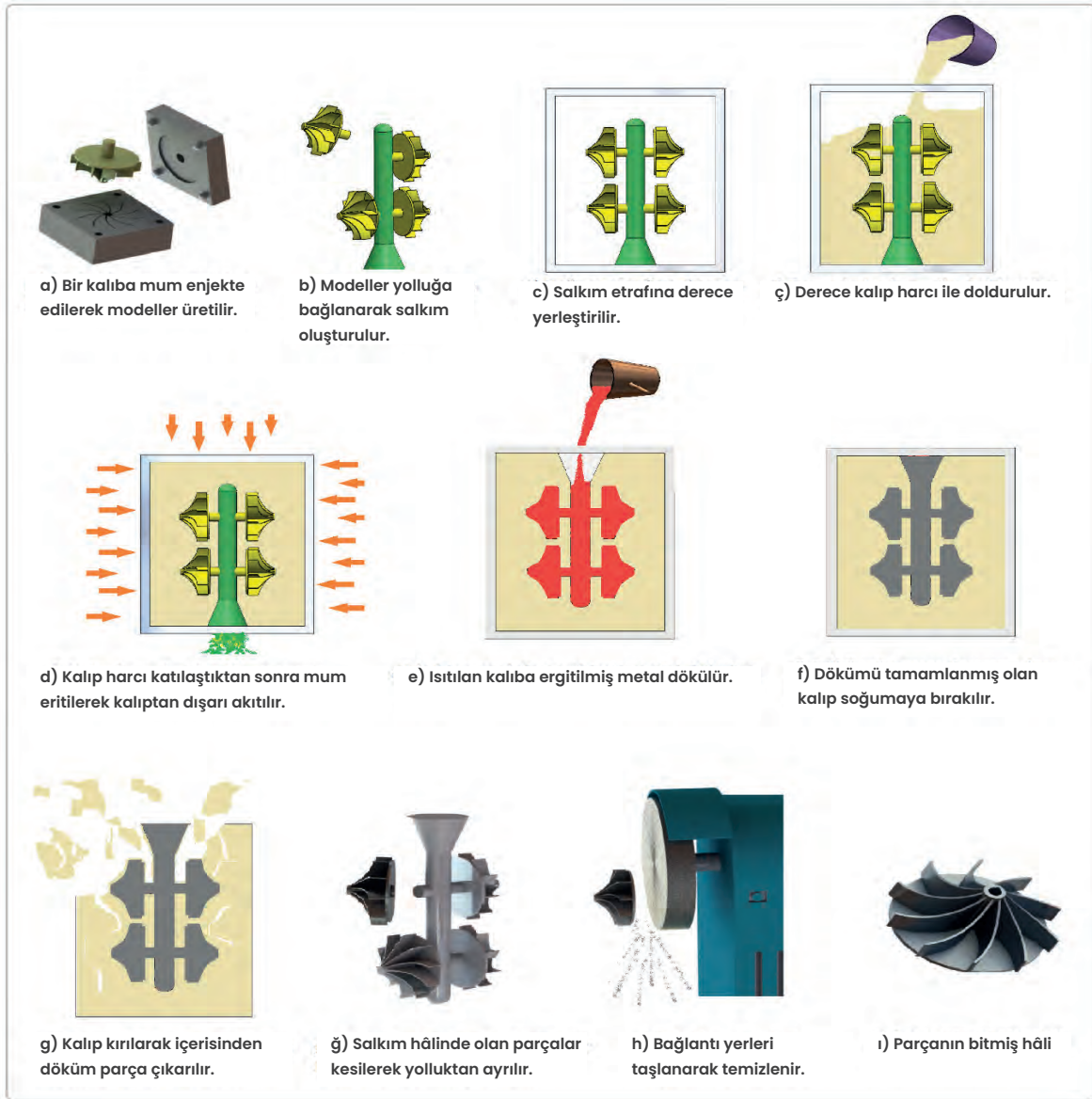
1. **Seramik Kabuklu Hassas Döküm:** Bu yöntemde seramik harç, bir kabuk şeklinde modelin etrafını örter.
2. **Dereceli Hassas Döküm:** Bu yöntemde belli bir kalıplama derecesi içinde kalıp boşluğu haricindeki tüm hacim, seramik/alçı malzeme ile doldurulur.

1. Seramik Kabuklu Hassas Döküm: Yüksek sıcaklıklarda eriyen alaşımlarda daha iyi refrakterliğe sahip bir kalıp malzemesi gereklidir. Genellikle seramik olan bu kalıp malzemesi, sadece model salkımı çevresinde bir kabuk oluşturur. Mum salkım, çabuk sertleşen bir refrakter çamura daldırıldıktan sonra yağmurlama kabiniinde refrakter toz ile kaplanır. Oluşturulan ince kabuğun sertleşmesi sonrası aynı işlem istenilen kabuk kalınlığına ulaşılan kadar tekrarlanır. Kabuk kalınlığı elde edildikten sonra kalıp kurumaya bırakılır. Kuruyan kalıp ısıtılır ve içerisindeki mumun eriyerek dışarı çıkması sağlanır. Fırınlarda pişirilen kalıp, ön ısıtma vasıtasıyla döküme hazır hâle getirilir. Ergitilip kalıba doldurulan metalin katılaşmasından sonra kalıp kırılır ve metal salkımdan parçalar kesilerek ayrılır. Bağlantı yerleri taşlama yoluyla düzeltilir. Yüzey temizleme, parlatma ve taşlama işlemi yapılır. Parçalar, kalite testlerinden geçirildikten sonra kullanıma hazır hâle gelir (**Görsel 3.2**).



Görsel 3.2: Seramik kabuklu hassas dökümde üretim aşamaları

2. Dereceli Hassas Döküm: Hassas döküm için öncelikle mum modellerin elde edilmesi gerekmektedir. Bir kalıba mum enjekte edilerek üretilen modeller önceden hazırlanmış mum yolluk etrafına yapıştırılıp bir salkım oluşturulur. Mum model salkımı, kalıpla ma derecesine yerleştirilir ve titreşim uygulanarak kalıp harcının mum modeli tümüyle sarması sağlanır. Harç kuruduktan sonra kalıplar ters çevrilerek pişirme fırınına dizilir ve 95-150 °C sıcaklıktaki fırında ısıtılır, böylece içerisindeki mumun eriyip dışarıya akması sağlanır. Döküm öncesinde kalıp, dökülecek metale uygun bir ön sıcaklığa getirilmelidir. Ergitilmiş metalin kalıba doldurulup katılaşması sonrası kalıp kırılır, metal salkımdan parçalar kesilerek ayrılır ve bağlantı yerleri taşlama yoluyla düzeltilir. Yüzey temizleme, parlatma ve taşlama işlemi yapılır. Parçalar, kalite testlerinden geçirildikten sonra kullanıma hazır hâle gelir (**Görsel 3.3**).



Görsel 3.3: Dereceli hassas dökümde üretim aşamaları

Hassas Döküm Yönteminin Avantajları

Hassasiyet: Boyutsal hassasiyet ve kaliteli yüzeyler elde etme, bu döküm yönteminin en önemli avantajlarıdır. Bu yöntem ile daha hassas ve ince kesitli parçalar üretilebilir. Bu nedenle yöntem, hassas döküm olarak adlandırılır.

Malzemenin Yeniden Kullanılabilirliği: Kalıp mum malzemesi, bir sonraki döküm için geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir.

Yüksek Yüzey Kalitesi: Hassas döküm yöntemi, pürüzsüz ve mükemmel bir yüzey kalitesi sunar. Bu nedenle, üst yüzey işlemine ihtiyaç büyük ölçüde azalır.

Karmaşık ve İnce Detaylı Şekiller: Hassas döküm yöntemi kullanılarak çok karmaşık geometrilere sahip parçalar dökülebilir.

Döküm Boyut Değişimi: Hassas döküm, çeşitli boyut ve şekillerde parça imalatına olanak tanır. Bu sayede küçük ve büyük model parçaları kolayca dökülebilir.

Malzeme Çeşitliliği: Çelik, alüminyum, bronz, kobalt, pirinç, dökme demir gibi farklı ergime noktalarına sahip hemen hemen tüm metalleri ve alaşımları bu yöntemle dökmek mümkündür.

Hassas Döküm Yönteminin Dezavantajları

Döküm Döngülerinin Uzunluğu: Hassas döküm süreci birçok adımdan oluşmaktadır. Bundan dolayı, her döküm döngüsünün tamamlanması zaman almaktadır.

Yüksek Maliyet: Hassas döküm, diğer işlemlere göre oldukça maliyetlidir. Bu durum özellikle düşük hacimli parçaların üretimi söz konusu olduğunda daha belirgin hâle gelir.

Yoğun Emek ve İşçilik: Süreç karmaşık birçok adım içerdiğinden harcanan emek oldukça yükündür. Bu durum, işçilik maliyetlerini de yükseltmektedir.

Maça Gerektiren Parçaların Zorluğu: Maça gerektiren parçaların dökümü, daha fazla özen ve daha yoğun emek gerektirdiğinden çok daha zordur.

3.1.2. Hassas Dökümde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Çelik, alüminyum, bronz, bakır, kobalt, dökme demir, pirinç gibi farklı ergime noktalarına sahip hemen hemen tüm metalleri ve alaşımları dökmek mümkündür. Hassas döküm için malzeme seçim sürecinde tercih edilebilecek geniş bir alaşım yelpazesi vardır.

Paslanmaz Çelik: Paslanmaz çelikler, diğer birçok malzemeye kıyasla üstün dayanıklılık özelliğine sahiptir. Malzemenin potansiyeli, tasarımcılar ve mühendisler tarafından hassas dökümde kullanımının artmasını sağlamıştır. Paslanmaz çelik uygulamaları; yiyecek ve içecek ekipmanları, otomotiv parçaları, endüstriyel ekipmanlar, dişli kutusu parçaları gibi başlıkları içerir.

Düşük Alaşımlı Çelik: Düşük alaşımlı çelikler, mukavemetleri, toklukları ve korozyon gibi etkilere karşı dirençleri nedeniyle dünyada en sık kullanılan çelikler arasındadır. Özel ısıtım işlem süreçleri, aynı iş parçasının farklı alanlarında farklı özelliklere sahip parçaların tasarlanmasını mümkün kılar. Örneğin parçanın bir yüzeyi çeşitli ısıtım işlemleri kullanılarak sert ve darbeye dayanıklı hâle getirilebilirken diğer yüzeyi aşınmaya dayanıklı hâle getirilebilir. Kullanım alanları inşaat araçları, pompalar ve valflerdir.

Karbon Çeliği: Bu çelikler çoğunlukla karbondan oluşur. Dünyada en yaygın kullanılan çeliklerdir. Karbon çeliğinin mukavemeti, sünekliği ve performansı, endüstriyel uygulamalarda ısıtılıp işlemlerle geliştirilebilir. Karbon çeliğinin kullanımı motor parçalarında ve elektrikli ev aletlerinde yaygındır. Güvenli, dayanıklı ve yüksek yapısal bütünlüğe sahiptir; bu da karbon çeliğini dünyanın en sık kullanılan alaşımlarından biri yapar.

Alüminyum Alaşımı: Hassas dökümde en çok kullanılan malzeme alüminyum alaşımıdır. Bu alaşımı en sık kullanan endüstriler arasında havacılık, aviyonik, elektronik ve savunma sanayisi yer alır. Malzemenin iyileştirilmiş mukavemeti ve alüminyum-silikon-magnezyum alaşımından yapılmış kaliteli dökümlerin mevcudiyeti sayesinde uçak gövdesi bileşenleri gibi zorlu uygulamalar için dökümler sunulmaktadır.

Süper Alaşım: Nikel ve kobalt bazlı süper alaşımlar; havacılık, enerji, tıp, kimya ve denizcilik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nikel bazlı alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda daha güçlüdür. Kobalt bazlı alaşımlar ise nikel bazlı muadillerine göre üstün korozyon, oksidasyon ve aşınma direncine sahiptir.

Dökme Demir: Genellikle gri demir ve sfero döküm içeren demir dökümler, yüksek doğrulukları ve uygun fiyat etiketleri ile bilinir. Sfero döküm; yüksek mukavemete, ısı direncine ve tokluğa sahiptir ancak diğer çeliklere göre daha karmaşık bir üretim süreci gerektirir.

Bakır Alaşımı: Bakır bazlı alaşımlar korozyona dayanıklıdır ve düşük aşınma oranlarına sahiptir. Gemi veya pompa pervaneleri, elektrikli bileşenler, sıhhi tesisat bileşenleri gibi uygulamalarda sıklıkla kullanılır.

3.2. MUM MODEL KALIBI YAPMA

Hassas dökümde mum model ve seramik kalıp tek kullanımlıdır, bu nedenle her döküm yeni bir mum model gerektirir. Bu modeller için de mum model kalıbına ihtiyaç vardır. Mumun enjekte edileceği kalıp boşluğu, mum malzemenin ve döküm metalinin büzülmesi hesaba katılarak nihai ürünün boyutlarından daha büyük yapılır yani çekme miktarı hesaplanarak kalıp ölçülerine ilave edilir.

Mum model, hazırlanmış bir kalıp içerisine gerekli sıcaklık ve basınç ile birlikte mum enjekte edilerek üretilebildiği gibi gelişen 3D teknolojisi kullanılarak üç boyutlu yazıcılar ile de yapılabilir (Görsel 3.4). 3D mum yazıcıların en önemli faydası, kalıp maliyetini ve işçiliğini ortadan kaldırmasıdır. Üretilecek parça üç boyutlu tarayıcılar ile taranarak CAD ortamına aktarılır ya da parçanın resmi bilgisayarda çizilerek bu çizim yazıcıya yüklenir. Yazdırma komutu ile üretim alanına serilen toz hâlindeki polimerlerin üzerine çizime uygun reçine püskürtülür. Püskürtülen reçine, polimerleri birbirine bağlar. İstenilen modeller, katmanlı olarak bu şekilde oluşturulur. Elde edilen mum modeller, salkım oluşturmak için yolluk sistemine eklenir.



Görsel 3.4: 3D yazıcıda üretilmiş mum modelleme

3.2.1. Mum Model Kalıpları ve Özellikleri

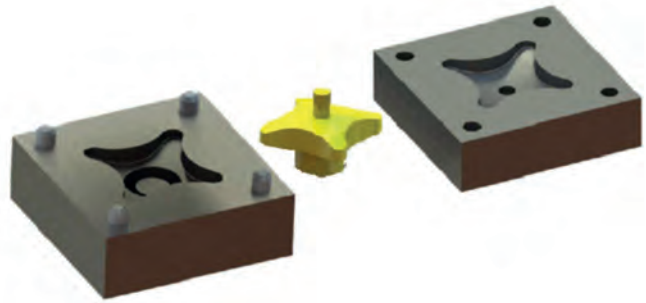
Mum model kalıpları temelde iki ana başlıkta incelenir:

1. Metal mum model kalıpları
2. Kauçuk/silikon mum model kalıpları

Hassas dökümü yapılacak olan parçanın modelleme resmi, CAD ortamında çizilerek tasarlanır. Simülasyon programlarında gerekli analiz ve kontroller yapıldıktan sonra kalıp yapımına geçilir.

Mum modelin kalıbı, metal malzemeden yapılacaksa CNC tezgâhında, kalıp ayrılma yüzeyi ve yolluk sistemleri de dikkate alınarak işlenir (**Görsel 3.5**). Bu tür kalıplar manuel veya otomatik olarak çalışır. Bir çalışan tarafından mum enjeksiyon makinesinde elle kontrol edilen ve genelde alüminyum veya çelikten yapılan manuel kalıplar, küçük ve orta ölçekli dökümler için daha uygundur.

Otomatik kontrollü kalıplarda ise mum enjeksiyon döngüsü, mum enjeksiyon makinesi tarafından elektronik olarak kontrol edilir. Tasarım açısından çok karmaşık olan otomatik kalıplar; elektronik, hidrolik ve pnömatik sistemler içermektedir. Genellikle sertleştirilmiş çelikten yapılan bu kalıpların sınırsız kullanım ömürleri vardır. Bu kalıplar, büyük döküm parçaları ve uzun süreli işler için daha uygundur.



Görsel 3.5: CNC tezgâhında yapılmış metal mum model kalıbı

Mum modelin kalıbı kauçuk/silikon malzemeden yapılacak ise öncelikle, kalıbı meydana getirecek ana modelin yapılması gerekmektedir. Ana model CNC, 3D yazıcı ya da geleneksel yöntemlerden biri ile yapılabilir. Bu üç yöntemden biri ile oluşturulan ana model bir kasa içerisine yerleştirilerek modelin silikon kalıbı yapılır. Silikon kalıp sertleştikten sonra içerisindeki ana model çıkartılarak mum model kalıp boşluğu elde edilir. Elde edilen bu kalıp boşluğuna mum enjekte edilmek suretiyle mum modeller oluşturulur (**Görsel 3.6**).

Mum modelin üzerindeki her ayrıntı, dökülen parçada da çıkacaktır. Mum model kalıpları ne kadar özenli ve tasarlanan biçime yakın olursa dökümden çıkan parça da o denli az tesviye ve cila gerektirir.



Görsel 3.6: Silikon malzemeden yapılmış mum model kalıbı

3.2.2. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıbın CAD Ortamında Modelleme Resimlerinin Çizimi

Blok malzemelerden üretilcek sıkma kolu kalıbının imalat resmi, belirlenen ölçülere uygun biçimde çizilir. İmalat resmine göre üç boyutlu olarak çizilen parça, farklı kaydedilerek modelleme resmine dönüştürülür. Üç boyutlu çizim programında gerekli ilaveler yapılır.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.1. UYGULAMA
KONU	Mum Modelin Elde Edileceği Kalıbın Modelleme Resimlerinin CAD Ortamında Çizimi	SÜRE: 4 Ders Saati

AMAÇ: Kalıp resimlerinin CAD ortamında çizimini yapmak.

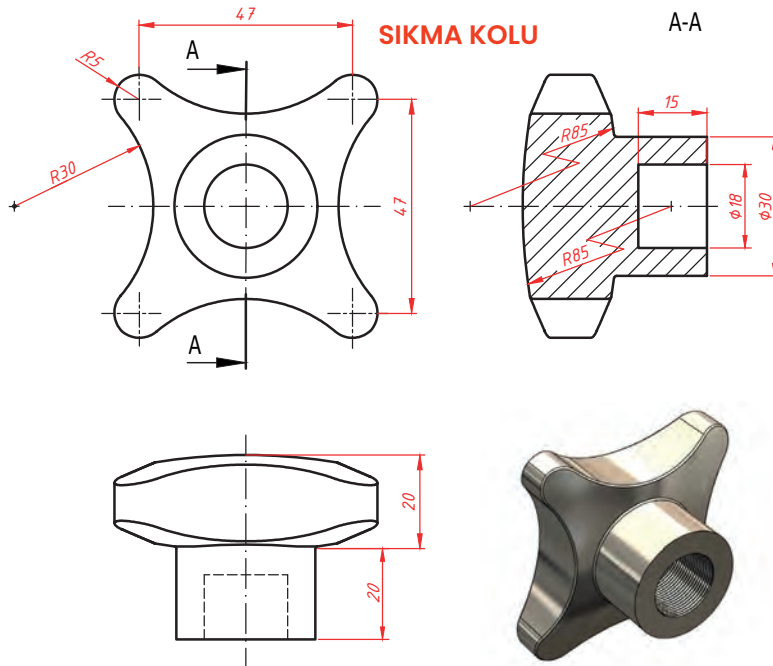
ARAÇ GEREÇ

1. Model teknik resmi
2. Bilgisayar
3. CAD-CAM programı
4. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek kalıp resimlerini CAD ortamında çiziniz.

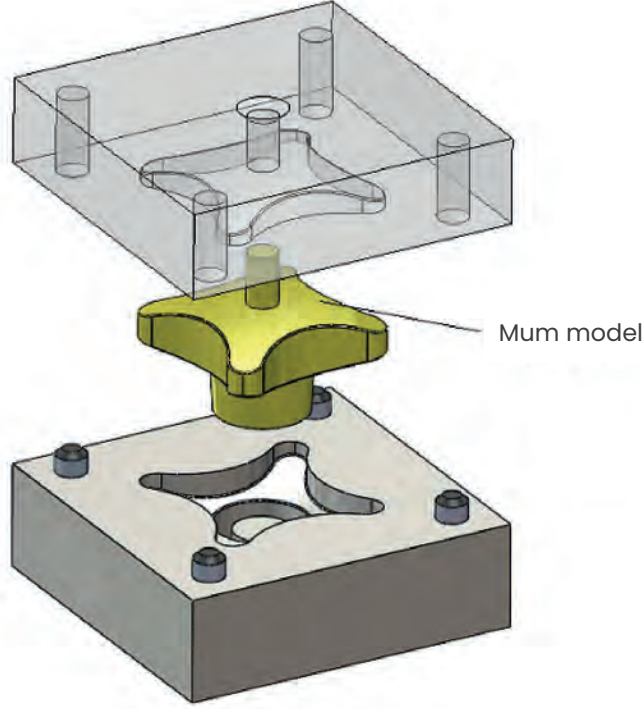
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. İş yeri kurallarına uygun olarak çalışınız.
3. Sıkma kolu parçasını, verilen imalat resmine göre üç boyutlu orijinal parça resmini çizerek kaydediniz (**Görsel 3.7**).



Görsel 3.7: Sıkma kolu parçası imalat resmi ve üç boyutlu orijinal resmi

4. Orijinal parça resmini farklı kaydederek sıkma kolu mum kalıp resmini çiziniz (**Görsel 3.8**).
5. Çizdiğiniz resimleri, daha önceden bilgisayarınızda oluşturduğunuz ilgili klasör içine ad, soyad ve numaranızla kaydediniz.
6. Klasörü taşınır belleğe aktararak öğretmeninize teslim ediniz.



Görsel 3.8: Sıkma kolu parçası kalıp resmi

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Orijinal parça resmi çizimi	Kalıp ayrılma yüzeyinin tespiti	Mum kalıp resmi çizimi	Çizimi yapılmış resimleri klasöre kaydetme	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:											
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:											
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.											

3.2.3. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CAM Programına Kaydedilmesi ve İşleme Operasyonlarının Oluşturulması

Üretimi yapılacak mum model kalıplarına ait parçalar öncelikle CAD ortamında çizilir. Daha sonra CAD ortamında çizilen ve blok malzemelerden yapılacak olan her bir parçanın CAM programına kaydedilmesi ve işleme operasyonlarının oluşturulması gerçekleştirilir.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.2. UYGULAMA
KONU	Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CAM Programına Kaydedilmesi ve İşleme Operasyonlarının Oluşturulması	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Kalıba ait parçaların işleme operasyonunu oluşturmak.

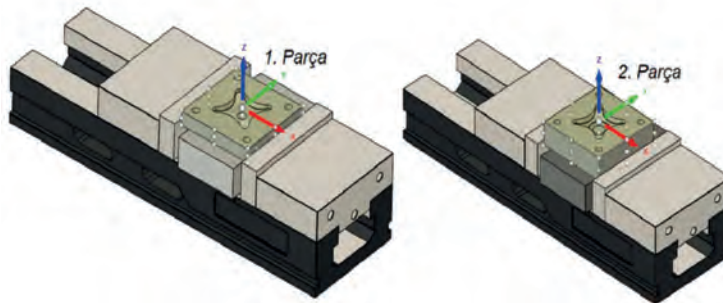
ARAÇ GEREÇ

1. Model resmi
2. Model yapım resmi
3. Bilgisayar
4. CAD-CAM programı
5. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek kalıp parçalarının CAM programında işleme operasyonlarını oluşturunuz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Model yapım resmine göre, sıkma kolu kalıbının kaç parçadan oluşacağına ve hangi malzeme kullanılarak yapılacağına karar veriniz.
3. Sıkma kolu kalıbını iki parça hâlinde ve model yapım resmindeki ölçülere uygun tasarlayınız.
4. Sıkma kolu kalıbını blok malzemeden yapınız. Blok malzemenin cinsini, sağlayacağı birçok avantaj nedeniyle alüminyum tercih ediniz.
5. CAD programında çizimi tamamlanmış olan sıkma kolu kalıbının CNC tezgâhında üretilebilmesi için gerekli olan G kodlarını CAM programında hazırlayınız. G kodlarının, üretimi yapacağınız CNC tezgâhıyla uyumlu olması gerektiğini unutmayınız.
6. CAM programında G kodlarını hazırlarken makine tipini (freze) seçiniz, ham parça (blok parça) tanımlamasını yapınız ve iş parçası sıfır noktasını belirleyiniz (**Görsel 3.9**).

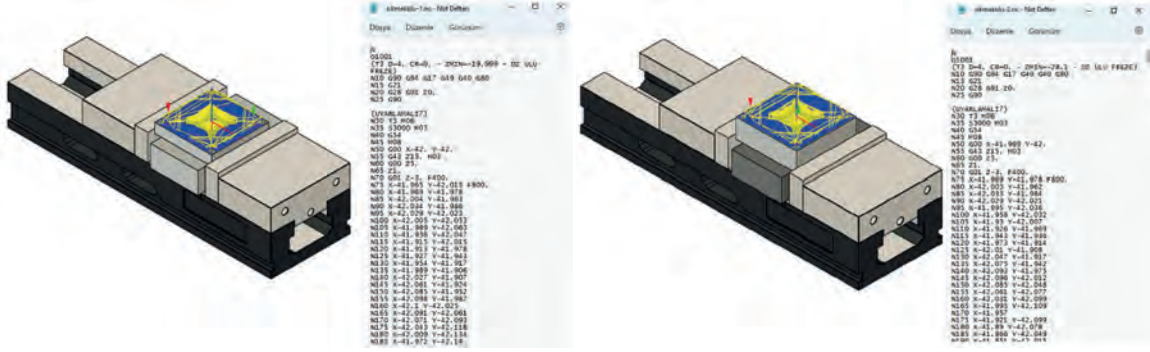


Görsel 3.9: Blok parça tanımlaması ve iş parçası sıfır noktası seçimi

7. Parçanın şekline uygun işleme yöntemlerinden işe uygun sekmeyi açınız. Açılan sekmede aşağıdaki seçenekleri belirleyiniz.

- Parçanın şekline uygun kesici ve parametreler
- Parça geometrisi
- İşleme yükseklikleri
- Kesme ayarları
- Kesicinin parçaya giriş ve çıkışları
- Takım yollarının iki veya üç boyutlu simülasyonu

8. Post alma yani G kodu çıkarma işlemine geçiniz (**Görsel 3.10**).



Görsel 3.10: G kodu çıkarma işlemi

9. Hangi isimle, nereye ve hangi formatla kaydedileceğini belirleyerek G kodlarını elde ediniz.
10. Sıkma kolu kalıbı için elde ettiğiniz G kodlarının düzenlemelerini yapınız ve CNC tezgâhına yüklemek üzere kodları taşınır belleğe kaydediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	G kodunu oluşturma	Takım yolunu oluşturma	G kodunu kaydetme	Operasyon hazırlığı	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin									
Adı Soyadı:									
Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin									
Adı Soyadı:		10	20	20	20	20	10	100	
İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

3.2.4. Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CNC Tezgâhlarında Üretimi

Mum model oluşturma kalıbına ait parçaların hangi malzemeden üretileceği; hedeflenen kalıplama sayısına, CNC tezgâhının özelliklerine ve kullanılacak üretim tekniğine göre belirlenir.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.3. UYGULAMA
KONU	Mum Modelin Elde Edileceği Kalıba Ait Parçaların CNC Tezgâhlarında Üretimi	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Kalıba ait parçaların işleme operasyonunu oluşturmak.

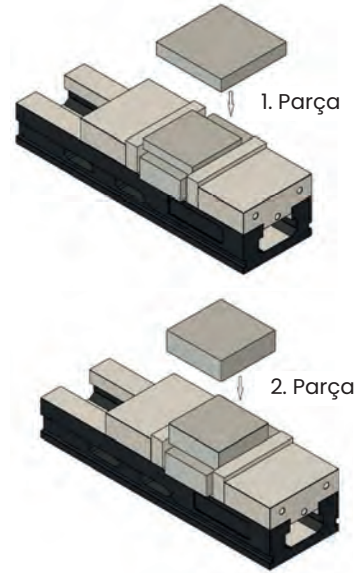
ARAÇ GEREÇ

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. Model resmi | 7. CNC freze makinesi |
| 2. Model yapım resmi | 8. Disk veya bant zımpara makinesi |
| 3. Bilgisayar | 9. İş parçaları |
| 4. CAD-CAM programı | 10. Çekmeli metre veya kumpas |
| 5. Taşınır bellek | 11. Zımpara |
| 6. Matkap tezgâhı | 12. Fırça |

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek kalıp parçalarını CNC tezgâhında üretiniz.

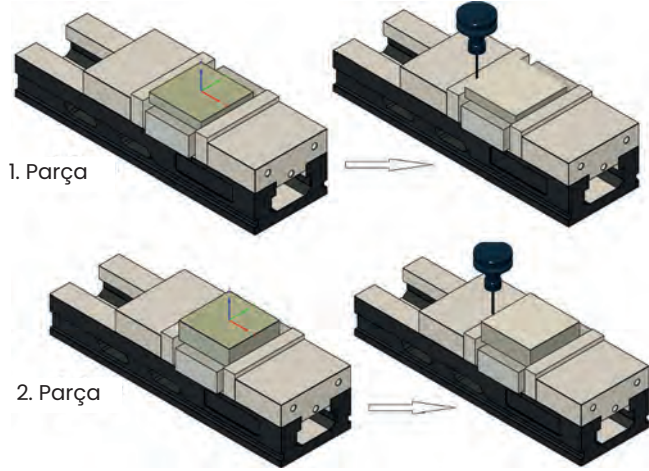
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Sıkma kolu kalıbını CNC tezgâhında yapabilmek için CAM modülündeki stok ölçülerine uygun blok malzemeyi hazırlayınız. Bu malzemeyi hazırlarken CNC tezgâhına iş parçasının nasıl bağlanacağını göz önünde bulundurunuz (**Görsel 3.11**).
3. İşe başlamadan önce çalışma alanının düzenlenmesi, güvenliği ve temizliği ile ilgili önlemleri alınız.
4. Kullanılacak ekipman, takım, malzeme, ölçüm aletleri ve donanımların uygunluğunu kontrol ederek seçiminizi yapınız.
5. Tezgâh üzerindeki yağ ve kesme sıvısı seviyelerini kontrol ediniz.
6. Kontrol tuşlarını kullanarak eksen seçimi, magazin döndürme, iş milini çalıştırma/durdurma, soğutma sistemini açma/kapama, acil durdurma, devir sayısı gibi ayarları yapınız.
7. Çalışma için gerekli aparat, makine, tezgâh ve donanımları çalışmaya hazır hâle getiriniz.

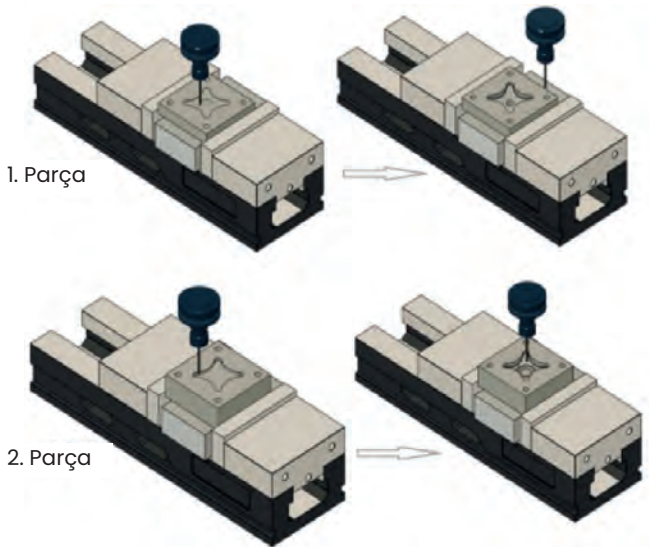


Görsel 3.11: Blok malzemeyi CNC tezgâhına bağlama

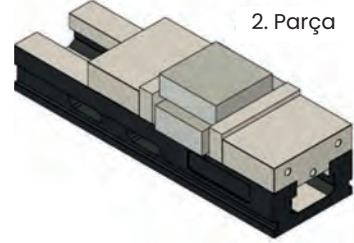
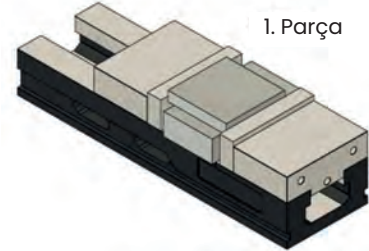
8. CAM programında modellemeyi işleyecek takımların magazindeki sırada olmasına dikkat ederek gerekli takım ayarlamasını yapınız.
9. İş parçalarını uygun bağlama aparatı ile tezgâha bağlayınız (**Görsel 3.12**).
10. Üretim için hazırlanmış kodları tezgâha veya tezgâha bağlı bilgisayara yükleyiniz.



Görsel 3.13: İş parçalarını CNC tezgâhlarında sıfırlama işlemini yapma



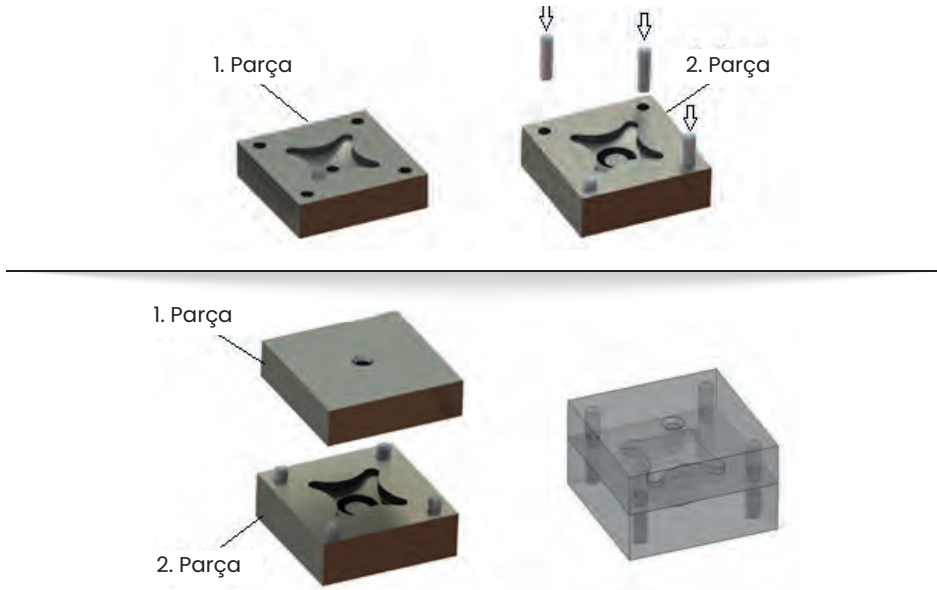
Görsel 3.14: CNC tezgâhında sıkma kolu kalıplarının işlenmesi



Görsel 3.12: CNC tezgâha iş parçalarını bağlama

11. Bir numaralı takımın X, Y ve Z eksenini sıfırlama işlemlerini, uygun şekilde tezgâha bağlanmış olan stok parçaya göre yapınız (**Görsel 3.13**). Bir numaralı takımın sıfırlanması çok önemlidir. Çünkü diğer takımlar bu takımın değerlerini alarak çalışacaktır.
12. Birinci takım sıfırlandıktan sonra diğer takımları sadece Z ekseninde sıfırlayarak takım ölçme işlemini yapınız.
13. CNC tezgâhının kapaklarını kapatarak gerekli ayarlarını yapınız.
14. Tezgâhı çalıştırıp önce ilerleme miktarını kontrol edilebilecek kadar az vererek, her şey normal gidiyorsa tezgâh ilerlemesini artırarak üretimi yapılacak olan sıkma kolu kalıplarını CNC tezgâhında işleyiniz (**Görsel 3.14**).
15. Basınç seviyesi, çapak miktarı gibi kritik durumları gözlemleyerek tezgâhı kontrol altında tutunuz.
16. Kesici takım uçlarının aşınma, kırılma gibi durumlara maruz kalıp kalmadığını işlem boyunca gözleyiniz.

17. Üretimi tamamlanan sıkma kolu kalıplarının ölçme ve kontrollerini yapınız.
18. Kullanılan donanım ve iş parçalarını iş bitiminde talimatlarda belirtilen şekilde temizleyiniz.
19. Kullanılan tezgâhı talimatlara uygun şekilde temiz bırakınız.
20. Sıkma kolu kalıplarının varsa fazla kısımlarını keserek temizleyiniz. Her iki kalıbın birbiriyle uyumlu olacak şekilde gerekli pimlemesini yapınız. Hazırladığınız kalıbı, üst yüzey işlemlerini yaparak öğretmeninize teslim ediniz (Görsel 3.15).



Görsel 3.14: Üretimi tamamlanıp üst yüzey işlemleri yapılan sıkma kolu kalıpları

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CNC tezgâhını hazırlama	Parça referansını hazırlama	Simülasyon yapma ve işleme	Kalıpların pimlenmesi	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:			10	20	20	20	20	10	100
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

3.2.5. 3D Yazıcıda Mum Model Kalıp Yapımı

Tasarımı yapılan sıkma kolu parçasının mum model kalıbını yapmak için farklı imalat yöntemleri kullanılabilir. Mum model kalıpları CNC veya 3D yazıcılarda yapılabildiği gibi bir ana model oluşturulup bu ana modelden faydalanılarak silikon mum model kalıbı da yapılabilir.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.4. UYGULAMA
KONU	3D Yazıcıda Mum Model Kalıp Yapımı	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Mum model kalıbı yapmak.

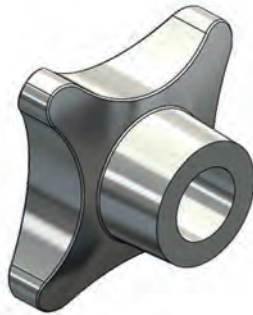
ARAÇ GEREÇ

1. Model teknik resmi
2. Kalem
3. Silgi
4. Bilgisayar
5. CAD-CAM programı
6. Taşınır bellek
7. 3D yazıcı ve ekipmanları

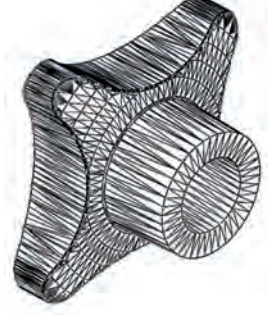
Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek mum modelleri meydana getirecek kalıbı yapınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Sıkma kolu modelinin üç boyutlu orijinal parçasını bilgisayar ortamında çizip kaydediniz (**Görsel 3.16**).
3. 3D yazıcıda üretilen sıkma kolu parçası modelini çizin ve STL formatında (**Görsel 3.17**) farklı kaydediniz (Günümüzde çok çeşitli 3D yazıcı bulunmaktadır. Bunlar arasından eğitim alanında en çok kullanılanları ise PLA ham maddesiyle üretim yapan 3D yazıcılardır. Bu tür yazıcılarda üretim yapılmak istendiğinde üretimi yapılacak parçanın model çizimi, 3D yazıcının çalışma ve üretme mantığına uygun olmalıdır.).
4. STL formatında kaydettiğiniz parçayı kullanmakta olduğunuz 3D yazıcı programında açınız.

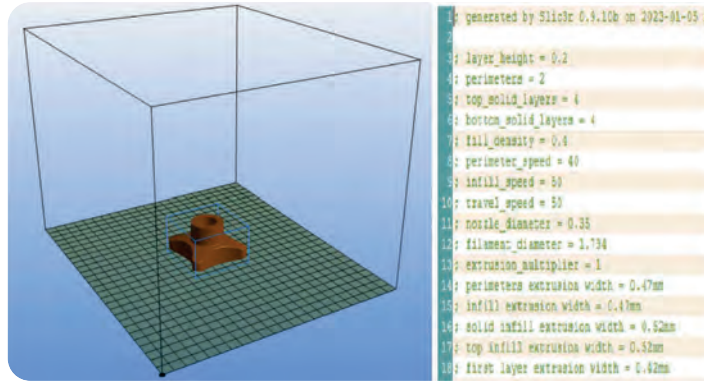


Görsel 3.16: Orijinal parça çizimi



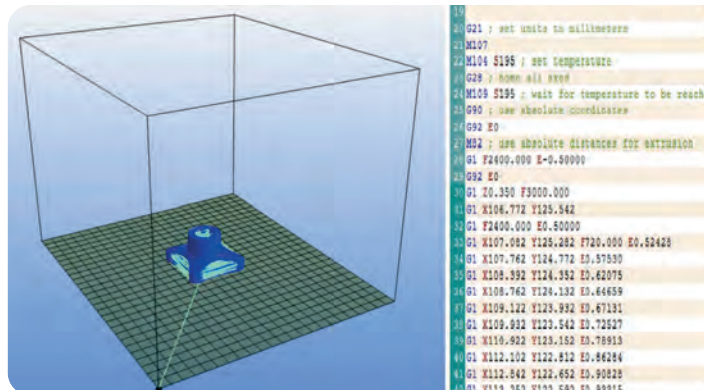
Görsel 3.17: STL formatında kayıt

5. 3D yazıcı programında açılan parçanın katman ve diğer ayarlarını yapınız. Bu ayarları yaparken 3D yazıcının üretim mantığını dikkate alınız (**Görsel 3.18**).
6. 3D yazıcıda kullanılması gereken G kodlarını oluşturarak farklı kaydediniz (**Görsel 3.19**).



Görsel 3.18: 3D yazıcıda gerekli ayarların yapılması

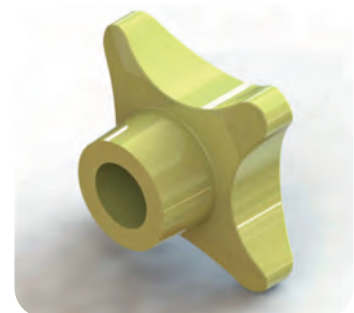
7. Üretimi yapılacak parçanın G kodlarını 3D yazıcıya tanımlayınız.
8. Parçayı 3D yazıcıda üretiniz ve üretilen parçanın üst yüzey işlemlerini yaparak modeli



Görsel 3.19: 3D yazıcıda kullanılacak G kodları

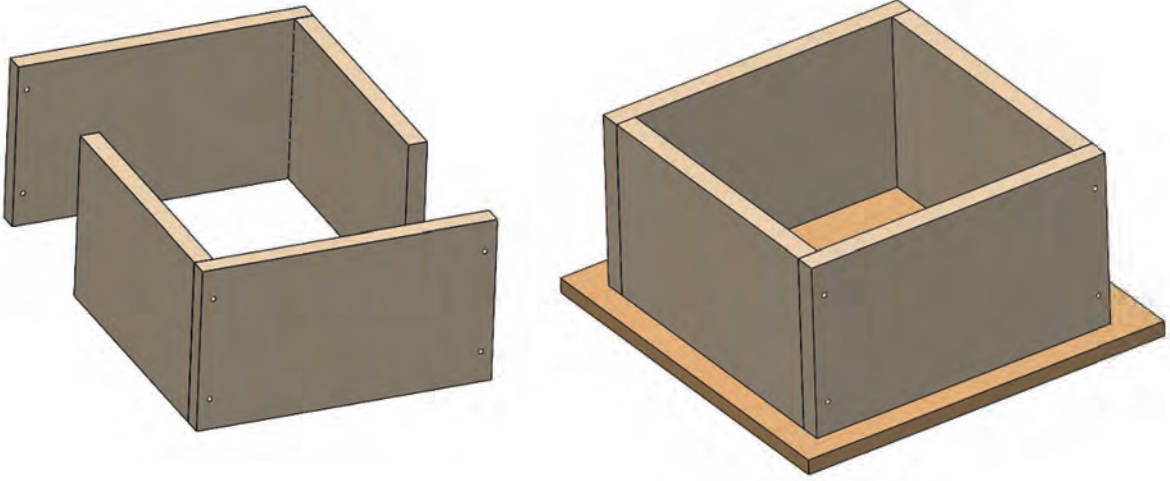
kalıplamaya hazır hâle getiriniz (**Görsel 3.20**).

9. Kalıplamaya geçmeden önce, model ölçülerini dikkate alarak suntalam, plexglass gibi malzemelerden kalıplama kasası hazırlayınız (**Görsel 3.21**).



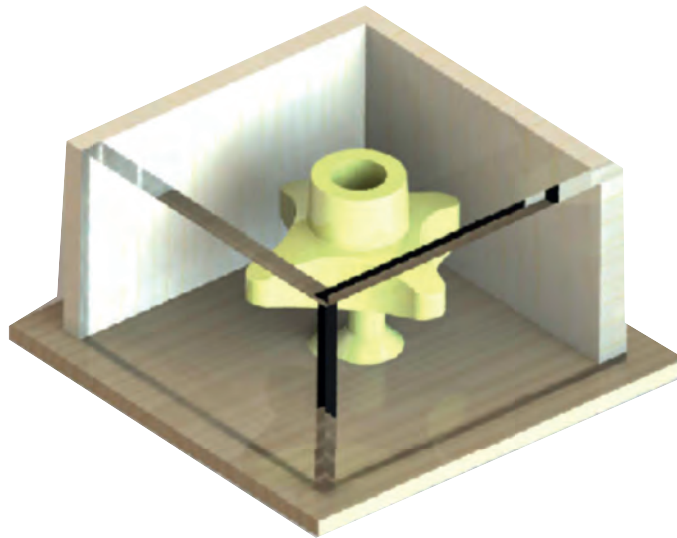
Görsel 3.20: 3D yazıcıda üretilip üst yüzey işlemleri tamamlanmış model

10. Kalıplama kasasını ana modeli tam anlamıyla içine alacak ve malzeme israfına neden olmayacak ölçüde hazırlayınız.



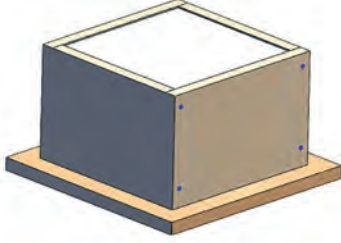
Görsel 3.21: Kalıplama kasasının hazırlanması

11. Hazırlamış olduğunuz modele yolluk ilave ederek modeli kasa içerisine uygun bir şekilde sabitleyiniz (**Görsel 3.22**) (Modelin kasa içerisinde boşlukta kalabilmesi için kullanılacak malzeme ve yöntemler, atölye şartları ve modelin şekline göre farklılıklar gösterebilir.).
12. Model yüzeyine kalıp ayırıcı sürünüz.
13. Kullanmanız gereken silikon miktarını hesaplayınız ve silikon malzemeyi buna göre hazırlayınız. Hazırladığınız silikon malzemeyi, içerisinde hava kabarcığı kalmaması amacıyla bir süre vakumlu ortamda tutunuz.
14. Döküme hazır hâle getirdiğiniz silikon malzemeyi hava kabarcıkları oluşturmayacak uygun bir yükseklikten kalıp içerisine dökünüz (**Görsel 3.23**).

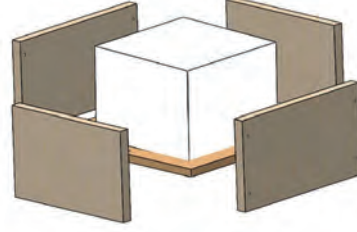


Görsel 3.22: Kalıplama kasasının hazırlanması

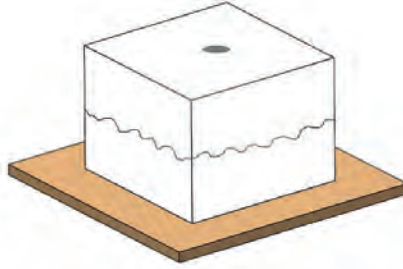
15. Döküm işlemi tamamlandıktan sonra kalıbı sertleşmesi için bekletiniz. Bu işlem için silikon malzemenin kataloğundaki bekletme ve sertleşme süresini esas alınız.
16. Sertleşen silikon kalıbı kasa içerisinde çıkartınız (**Görsel 3.24**).
17. Kalıp ayrılma yüzeyini belirlemek için silikon yüzeyine renkli bir kalemle zikzak şeklinde markalama yapınız. Daha sonra bu markalama çizgisinden zikzaklı kesim yaparak silikon içerisindeki ana modeli çıkartınız (**Görsel 3.25**).



Görsel 3.23: Dökümü yapılmış silikon



Görsel 3.24: Sertleşen silikon, kasa içerisinde çıkartılır.



Görsel 3.25: Silikonun kesilerek içerisindeki ana modelin çıkartılması

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Ana modelin 3D yazıcıda üretimi	Kalıplama kasesına modelin yerleştirilmesi	Silikonun hazırlanıp kalıp içerisine dökülmesi	Silikonun kesilerek ana modelin çıkartılması	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:			10	20	20	20	20	10	100
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

3.3. KALIBA MUM ENJEKTE ETME

Hassas döküm yöntemiyle dökülmek istenen parçanın öncelikle mum modeli yapılmalıdır. Mum modelleri yapmak ve çoğaltmak için kalıplardan yararlanılır. Sıvı hâldeki mum, belli bir basınçla kalıplara enjekte edilir. Kalıp içindeki sıvı mum katılaştıktan sonra kalıptan dışarı çıkarılarak mumdan model hazır hâle getirilir. Kalıp kapatılır ve yeni bir mum model yapımı için işlem tekrarlanır. Mum model üretimi için izlenen süreç, mum yolluk sistemi üretimi için de tekrarlanır.

3.3.1. Hassas Dökümde Kullanılan Mumlar

Dolgulu Mum: Dolgulu mum, hassas döküm mumuna bir tür dolgu maddesinin eklenmesi anlamına gelmektedir. Bu dolgu maddesi döküme mukavemet, boyutsal kararlılık, daha düşük termal genleşme, minimum büzülme gibi belirli bazı özellikler kazandırmaktadır. Dolgulu mum, her türlü mum presine enjekte edilebilir; aynı zamanda yüksek kaliteli, karmaşık, ince cidarlı desenler üretmek söz konusu olduğunda en yaygın kullanılan mumlardan biridir. Bu mumun özellikleri, kullanım alanlarına göre özelleştirilebilir.

Dolgunsuz Mum: Dolgulu mumun aksine, dolgunsuz mum karışımları daha az dolgu malzemesi içerir. Geri dönüştürülmesi nispeten kolay olan bu tip mum, ayrıca tutarlı mekanik ve termal performans sunar. Küçük ve orta ölçekli mum modeller, karmaşık geometriler ve iyi tanımlanmış modeller içeren hassas dökümler için kullanılır. Dolgunsuz veya düz mum, düşük kül içeriğine ve yüksek akış özelliklerine sahiptir.

Hassas Dökümde Kullanılacak Mum Seçimi

Mumlar farklı özellikler sergileyebilir. Mum seçimi; kalıbın şekli, durumu ve üretilen hassas dökümlerin nihai kalitesi üzerinde etkili olabilir. Kullanılacak mum tipi; akış özellikleri, mumun geri dönüştürülüp dönüştürülmeyeceği, boyutsal tutarlılık ve yüzey kalitesi olmak üzere çeşitli faktörlere göre seçilmelidir.

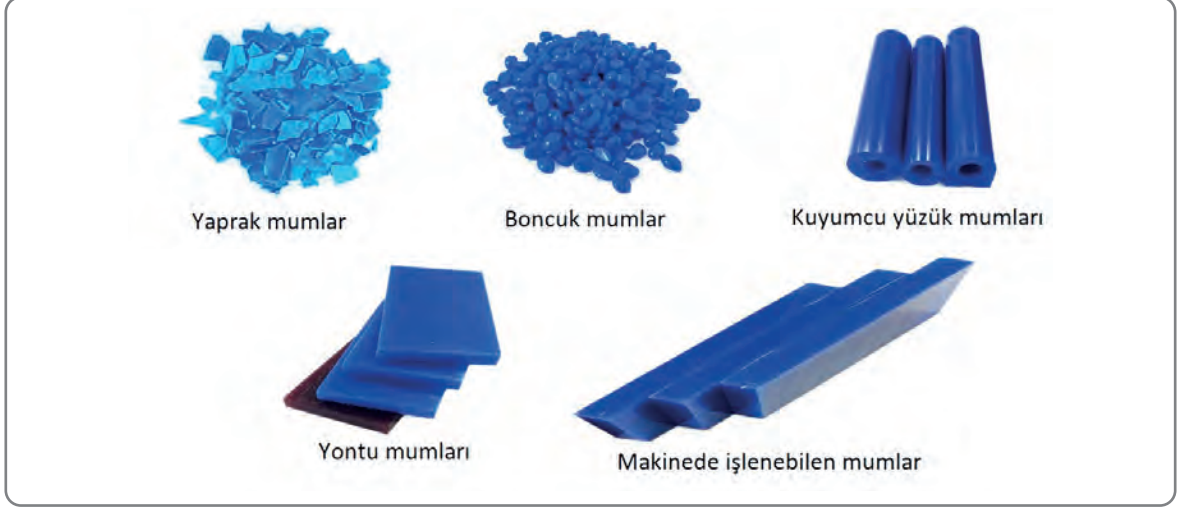
Döküm için mum seçerken şu özellikler dikkate alınır:

- Mumun kavitasyonu ve büzülmesi
- Erime noktası
- Donma/sertleşme noktası
- Sertliği ve viskozitesi
- Donma/sertleşme hızı
- Kül içeriği
- Oksidasyon kararlılığı
- Esnekliği
- Geri dönüştürülebilir olması

Hassas dökümde mum kullanılmasının başlıca sebepleri şunlardır:

- Ucuz ve pratiktir.
- Kolay şekil alma özelliği vardır.
- Kalıbı doldurma özelliği mükemmeldir.
- Ergime ve katılma değeri birbirine yakındır.
- Geri kazanılma özelliği vardır.
- Kendini çekmeme özelliği vardır.

Hatasız ve döküme elverişli mum kullanabilmek için mumların çeşit ve özellikleri (**Görsel 3.26**) hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Kuyumcu ve dişçilerin çoğunlukla hassas ve küçük döküm işlerinde kullandıkları mum çeşitleri ve bunlara ait teknik özellikler **Tablo 3.1**, **Tablo 3.2** ve **Tablo 3.3**'te gösterilmiştir.



Görsel 3.26: Hassas dökümde kullanılan mumların çeşitleri

Tablo 3.1: Boncuk Enjeksiyon Mumlarının Teknik Özellikleri

Ürünün Çeşidi	Enjeksiyon Sıcaklığı	Çekme	Esneklik	Akışkanlık	Uygulama Özellikleri
Sapphire (Safir)	68 °C	Düşük	Orta	Yüksek	Çok amaçlı kullanıma uygundur. Mükemmel detay verir. Kalıptan kırılmadan çıkarılmaya uygundur.
					
Blue Zircon (Mavi Zirkon)	68 °C	Düşük	Orta	Yüksek	Çok amaçlı kullanıma uygundur. Mükemmel detay verir. Kalıptan kırılmadan çıkarılmaya uygundur.
					
Pink Tourmaline (Pembe Turmalin)	68 °C	Düşük	Orta	Orta	Çok amaçlı kullanıma uygundur. Mükemmel detay verir. Kalıptan kırılmadan çıkarılmaya uygundur.
					

Tablo 3.2: Yaprak Mumlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Ürünün Çeşidi	Enjeksiyon Sıcaklığı	Açıklama
Agua Green (Su Yeşili) 	65 °C	Birçok alanda kullanılabilen bu yaprak mum; kusursuz akışa, mükemmel hafızaya, minimum büzülmeye ve yeterli esnekliğe sahiptir. Bu ideal özellikleri sebebiyle tasarımcı ve dökümcüler tarafından sıkça tercih edilmektedir.
Turquoise (Turkuaz) 	65 °C	Aqua Green mum ile aynı özelliklere sahiptir, tek farkı rengidir. Görece koyu rengi sebebiyle ince detayları daha kolay görünür kılar. Tasarımcı ve dökümcülerin en çok tercih ettiği mum çeşididir.
Ruby Red (Yakut Kırmızısı) 	65 °C	Aqua Green mum ile aynı özelliklere sahip olan bu yaprak mum, koyu rengi sebebiyle ince detayları çok daha kolay görünür kıldığı ve ideal özelliklere sahip olduğu için birçok alanda tercih edilmektedir. Tasarımcı ve dökümcülerin sıkça tercih ettiği mumlardan bir diğeridir.
Tuf Guy Green (Yeşil) 	73 °C	Yaprak mumlar içerisinde en sert olanıdır. İyi şekil alması, dayanıklı ve esnek olması sebebiyle büyük parçalar için idealdir.
Filigree Pink (Telkâri Pembe) 	68 °C	Tuf Guy Green'in esnekliği ile Aqua Green'in mükemmel akıcılığını birleştirir. İnce detaylı modellerde tercih edilir. Modellerin kalıptan kırılmadan çıkarılmasını sağlar.
Super Pink (Süper Pembe) 	65 °C	En hızlı katılaştıran yaprak mumdur. Hızlı donma özelliği sayesinde çöküntü yapmaz. Tırnaklı işler ve kanal mihlama için idealdir. Işık geçirmediği için gözle kontrolü kolaydır.
Flexible Blue (Esnek Mavi) 	68 °C	Yaprak mumlar içerisinde en esnek ve raf ömrü en uzun olanıdır. Özellikle metal kalıplar ve taşlı dökümler için idealdir.
Carvable Purple (Oyulabilir Mor) 	77 °C	Bu yaprak mum, oluşturulan model üzerinde değişiklik yapmak isteyen tasarımcı ve dökümcüler için geliştirilmiştir. Yaprak mumlar içerisinde enjeksiyon sıcaklığı en yüksek olanıdır. Yapısı, eğelenmeye ve kolaylıkla yontulmaya olanak sağlar. Kolay kolay kırılmaz ve elde rahatlıkla işlenebilir.

Tablo 3.3: Yaprak Enjeksiyon Mumlarının Teknik Özellikleri

Ürünün Çeşidi	Enjeksiyon Sıcaklığı	Çekme	Esneklik	Akışkanlık	Uygulama Özellikleri
Agua Green (Su Yeşili) 	65 °C	Düşük	Orta	Yüksek	İyi detay verir. Taşlı döküm için tavsiye edilir.
Turquoise (Turkuaz) 					
Ruby Red (Yakut Kırmızısı) 	65 °C	Düşük	Orta	Orta	İyi detay verir. Taşlı döküm için tavsiye edilir.
Tuf Guy Green (Yeşil) 					
Filigree Pink (Telkâri Pembe) 	68 °C	Düşük	Orta	Orta	Yüksek detay verir. Kalıptan kırılmadan çıkarılmaya uygundur.
Super Pink (Süper Pembe) 					
Flexible Blue (Esnek Mavi) 	68 °C	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek esnekliğe ve uzun raf ömrüne sahiptir. Metal kalıplar için tavsiye edilir.
Carvable Purple (Oyulabilir Mor) 					
Carvable Purple (Oyulabilir Mor) 	77 °C	Düşük	Orta	Yüksek	Yontularak işlenmeye uygundur. Enjeksiyon sıcaklığı yüksektir.

3.3.2. Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etmekte Kullanılan Araç Gereç ve Yöntemler

Hassas döküm model mumları, esas olarak çeşitli doğal ya da sentetik mum ve reçinelerin istenilen özellikleri sağlayabilecek şekilde karıştırılması ile oluşturulur. Mumun kalıp içerisine enjeksiyonu için çok farklı ve çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır. Bunların içerisinde basit yapıda olanları olduğu gibi gelişmiş nitelikte, değişik ebat ve teknik özelliklerde mum enjeksiyon makineleri de vardır (**Görsel 3.27**).

Mum Enjeksiyon Kazanının Hazırlanması

Mum kazanına öncelikle enerji verilir. Kazan içindeki mum kontrol edilir ve kazana yeteri kadar mum ilave edilerek kapak kapatılır. Termostat 100 °C'a getirilir. Kazan sıcaklığının istenilen dereceye geldiğini bildiren uyarı lambası yandığında termostat, yazın 70 ila 75 °C'a, kışın ise 75 ila 80 °C'a düşürülür. Bu işlemler yapılırken üst emniyet vidasının açık olmasına dikkat edilmelidir. Kazan istenilen sıcaklığa geldiğinde üst emniyet vidası kapatılır ve kazanın içine hava pompalanır. Kazanın ulaştığı basınç, kazan barometresinden takip edilebilmektedir (**Görsel 3.28**).

Termostat: Termostatlar sıcaklık derecesinin ayarlanmasında kullanılan cihazlardır. Katı, sıvı ve gaz sıcaklıklarını belirli bir derecede sabit tutarlar. Ayrıca bu maddelerin sıcaklık derecelerinin arzulanan bir değerden aşağıya düşmesine veya yukarıya çıkmasına mani olurlar. Termostatlar, elektrikle çalışan ısıtıcı ve soğutucuların bulunduğu sistemlerde kullanılır. Termostat ibresi (kırmızı olanı) istenilen sıcaklığa getirilir, şalter açılır ve kazanın çalışması sağlanır. Siyah ibre kırmızının üstüne geldiğinde termostat otomatik olarak devreyi kapatacaktır. Böylece kazan ısısı istenilen seviyeye gelmiş olur (**Görsel 3.29**).



Görsel 3.27: Otomatik mum enjeksiyon makinesi



Görsel 3.28: Mum enjeksiyon kazanı



Görsel 3.29: Termostat ayar göstergesi

3.3.3. Kalıp İçerisinden Mum Modellemeyi Çıkarma

Metal malzemeden yapılan kalıplar, mum enjeksiyon makinesine bağlanabilir. Sıvı hâldeki mum, enjeksiyon makinesine bağlanan metal kalıba belli bir basınçla enjekte edilir. Metal kalıp içerisindeki sıvı mum kısa sürede katılaşır ve böylece mum model kalıptan dışarı çıkarılacak hâle gelmiş olur. Metal kalıp açılıp mum model dışarı alınır. Kalıp kapatılarak yeni bir mum model yapımı gerçekleştirilir. Kalıp esnek ve yumuşak bir malzeme olan silikondan yapılmış ise kalıp ayrılma yüzeyi en uygun yerinden kesilerek ya da pimleme yöntemiyle ayrılarak mum model hasar görmeden kalıptan çıkarılır.

3.3.4. Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etme ve Kalıp İçerisinden Mum Model Çıkarma

Sıvı hâldeki mum, enjeksiyon makinesine bağlanan kalıba basınçla enjekte edilir. Kalıp içindeki sıvı mum kısa sürede katılaşır. Katılaşan mum, kalıptan dışarı çıkarılarak mumdaki model elde edilir. Yeni bir mum model yapmak için kalıp tekrar kapatılarak işlem tekrarlanır.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.5. UYGULAMA
KONU	Kalıp İçerisine Mum Enjekte Etme ve Kalıp İçerisinden Mum Model Çıkarma	SÜRE: 4 Ders Saati

AMAÇ: Mum model yapmak.

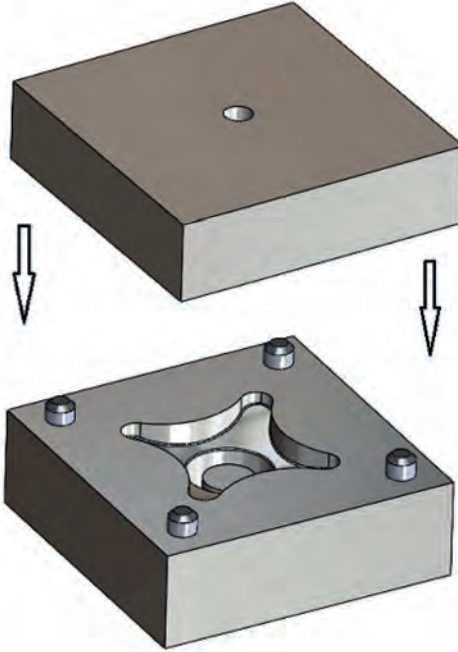
ARAÇ GEREÇ

1. Mum enjeksiyon makinesi
2. Mum model kalıbı
3. Mum

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek dökümü istenen parçanın mum modelini üretiniz.

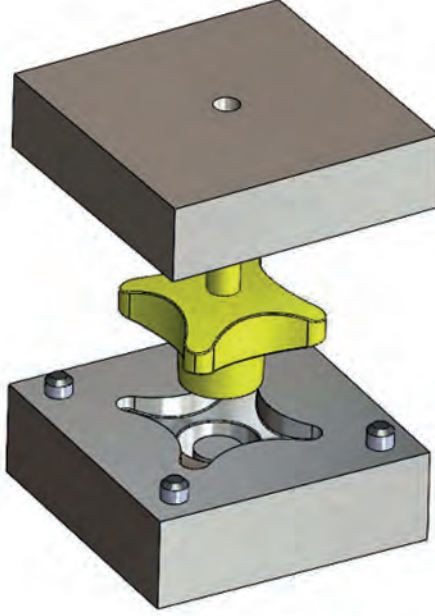
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. İş yeri kurallarına uygun çalışınız.
3. Mum model kalıbının parçalarını birbiri ile birleştiriniz (**Görsel 3.30**).



Görsel 3.30: Mum model kalıbı

4. Enjeksiyon makinesini çalıştırınız.
5. Eriyik mumu kalıp içine enjekte ediniz.
6. Kalıptaki mumun katılaşmasını bekleyiniz.
7. Kalıbı açarak mum modeli dışarı alınız (**Görsel 3.31**).
8. Mum yolluk sistemi için de aynı işlemleri takip ediniz.



Görsel 3.31: Mum modelin kalıptan alınması

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Mum model kalıbını birbiri ile birleştirme	Mum enjeksiyon makinesini çalıştırma	Kalıba mum enjekte ederek mum model elde etme	Yolluk sistemi mum modelini elde etme	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin											
Adı Soyadı:											
Sınıfı ve Numarası:											
Öğretmenin											
Adı Soyadı:											
İmzası:											
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.											

3.4. MODELLEMELERDEN SALKIM OLUŞTURMA

Mum modeller ve mum yolluk üretildikten sonra salkım düzeneğinin oluşturulmasına geçilir. Bunun için mum modeller, merkezî bir mum yolluk üzerine uygun şekilde eklenir ve böylece bir salkım şekli oluşturulur. Salkım oluşturmada en önemli faktör, oluşturulan salkım modellerinin tek seferde dökülebilir olmasıdır.

3.4.1. Kalıp İçerisinden Çıkarılan Mum Modellerin Mala Yüzeyinin Tespiti

Kalıbın muhtelif kısımlarını birbirinden ayıran yüzeye **mala yüzeyi** denir. Hassas döküm işlemlerinde mala yüzeyi kavramı genelde kullanılmamaktadır. Bunun sebebi ise mumun etrafını saran seramiğin içinden mumun ısı yardımıyla kolayca dışarı çıkmasıdır.

Hassas dökümde mala yüzeyi tespiti ve kullanımı, kalıp yapımında mum modelin kalıptan çıkarılması için gereklidir. Mala yüzeyi ana modellemenin şekline uygun olarak düz ve değişik profilli olabilir.

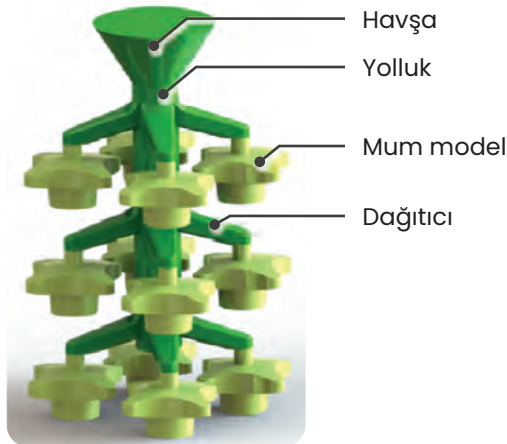
3.4.2. Yolluk Sistemi, Dağıtıcı ve Salkım Oluşturma

Yolluk Sistemi: Ergimiş madenin kalıp boşluğuna ulaşmasını sağlayan kanallara **yolluk** adı verilir. Yolluklar parçanın şekline ve malzemenin cinsine göre değişiklik gösterir (**Görsel 3.32**).

Yolluk şu bölümlerden meydana gelir: havşa, gidici, topuk, cürüflük ve meme. Bu bölümlerin tamamına yolluk sistemi denir. Yolluk sistemindeki bölümler dökülecek modelin ağırlığı, döküm yüksekliği ve döküm zamanına bağlı olarak hesaplanıp ölçülendirilir.

Hassas dökümde, salkım oluşturmada kullanılan havşaya bağlı kalın kütleye ana yolluk denir. Ana yolluk, sıvı metal için bir depo ve geçiş yolu olarak düşünülmüştür. Genellikle ana yolluk, dökülecek metalin cinsine ve modelin şekline göre ölçülendirilir. Yolluk sisteme ek olarak kalıp boşluğundaki havanın ve oluşacak gazların kalıp boşluğundan dışarı çıkabilmesi için çıkıcı adı verilen kanallara ihtiyaç vardır. Bu kanallar parçanın ve kalıbın şekline göre değişiklik gösterir.

Dağıtıcı: Ana yolluktan dökülen madenin memeler yardımıyla kalıp boşluğuna ulaşmasını sağlayan kısımdır.



Görsel 3.32: Mum yolluk sistemi ve salkım modelleme

Mum modeller ile salkım oluşturulurken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Kolay birleştirilebilir olması
- Salkımdaki model sayısı
- Salkımda aynı tip ve ağırlıkta modellerin olması
- Dökülecek metalin miktarı
- Taşıma dayanıklılığı
- Kalıp oluşturma ve kurutma kolaylığı
- Mumun boşaltılması
- Sıvı metalin akıcılığı
- İnce kesitli yerlerin doldurulabilmesi
- Katılaşma çekmesinin beslenmesi
- Dökümden sonra kalıbın bozulması
- Seramik kaplamada kullanılan yöntem
- Kesme ve temizleme kolaylığı

3.4.3. Modellerin Rezistansla Birleştirilmesi

Mum modeller ana yolluğa 10-20 derecelik bir açıyla dizilmelidir. Bunun sebebi ergimiş metalin kalıp içerisine rahatça girmesini, aynı zamanda mumun seramik kalıp içerisinden kolayca dışarı çıkmasını sağlamaktır. Ana yolluğa mum model dizimi yolluğun üst kısmından başlamalı ve aşağı doğru inmelidir. Modelin yolluk üzerinde birleştirileceği yer rezistans yardımıyla hafifçe eritilir (**Görsel 3.33**). Mum model, eriyen yere bekletilmeden yapıştırılır. Aynı işlem diğer mum modellerin yolluk üzerine birleştirilmesi için de tek tek uygulanır.



Görsel 3.33: Rezistans ve kalem uçları

3.4.4. Mum Modellerden Salkım Oluşturma

Mum modellerden salkım oluşturulurken göz önünde bulundurulması gereken faktörler vardır: salkımdaki model sayısı, montajın kolaylığı, dökülecek metal miktarı, taşıma dayanıklılığı, kalıp oluşturma ve kurutma kolaylığı, mumun boşaltılması, sıvı metal akışı, ince kesitlerin doldurulabilmesi, çekme miktarı kadar beslemenin yapılması, seramik kalıbın bozulması, kesme ve temizlemenin kolaylığı.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.6. UYGULAMA
KONU	Mum Modellerden Salkım Oluşturma	SÜRE: 4 Ders Saati

AMAÇ: Mum modelleri, mum yolluk sistemine bağlayarak salkım oluşturmak.

ARAÇ GEREÇ

1. Mum modeller
2. Mum yolluk sistemi
3. Rezistans
4. Spatula
5. Saf su
6. Askılık

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek mum modelleri yolluk sistemine bağlayınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Rezistansı çalıştırınız.
3. Mum yolluk sisteminde mum modelin bağlanacağı yeri rezistans ile ısıtarak mumun biraz erimesini sağlayınız ve mum modeli buraya bekletmeden yapıştırınız.
4. Model ve yolluğun birleşim yerini spatula ile düzleyiniz.
5. Diğer mum modelleri de aynı şekilde yolluğa bağlayınız (**Görsel 3.34**).



Görsel 3.34: Mum modellerin yolluğa bağlanması

6. Oluşturduğunuz salkım mum modeli saf su dolu kazana daldırıp çıkarınız.
7. Salkım mum modeli askıya asarak kurumaya bırakınız.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Mum model kalıbını birbirini ile birleştirme	Mum enjeksiyon makinesini çalıştırma	Kalıba mum enjekte ederek mum model elde etme	Yolluk sistemi mum modelini elde etme	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

3.5. SALKIM MODELLEMELERİ DÖKÜME HAZIRLAMA

Salkım modellemeler seramik malzemeyle kaplanarak döküm yapılacak kabuk oluşturulur. Seramik kalıp malzemesi, refrakter ve bağlayıcıların karışımından oluşur (Görsel 3.35).

3.5.1. Salkım Modellemeleri Kaplamada Kullanılacak Malzemeler

Refrakter Malzemeler: Seramik kabuklar için refrakter olarak en uygun malzeme, düşük ısı genleşmeye sahip olan yanmış silikadır. Yanmış silika, 1.650 °C'lık döküm sıcaklıklarına dayanıklı bir refrakter malzemedir.

Zirkon, oldukça fazla kullanılan bir diğer refrakter çeşididir. Zirkon taneleri, küresel bir yapıya sahip olduğundan iyi sıkışma gösterir. Bu da zirkonun iyi bir yüzey kalitesi ortaya koymasını sağlar. Yüksek sıcaklığa dayanıklı olması, bu refrakterin olumlu yanıdır fakat döküm sırasında ince kesitli parçalarda yürümeme, eksik kalma gibi döküm hatalarına neden olabilir.

Alumina, ısı şoklara fazla dayanıklı olmadığı için pek tercih edilmez ama silika ile reaksiyona giren metal alaşımlarının dökümünde kullanılabilir. Birincil kaplama malzemesi olarak kullanılan refrakterlerin tanelerinin büyüklüğü 200-1.000 meshe kadar değişir. Genellikle uygulamalarda 350-400 mesh arası taneler seçilir. İkincil kaplamalarda daha çok alumina silikat kullanılır. Alumina silikat yüksek sıcaklıklarda kararlıdır. Tane iriliği 100-200 mesh arasındır.



Görsel 3.35: Seramik kalıp

Bağlayıcılar: Refrakter malzemelerin birbirine bağlanması bağlayıcılar ile sağlanır. Bunlar etil silikat, sodyum silikat ve koloidal silikadır.

Bağlayıcıların ortak özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Bağlayıcılar, kalıbın refrakterlik niteliğini azaltacak maddeler içermemelidir. İstenen sıcaklıklarda metalle reaksiyona girmemelidir.
- Seramik çamuru belirli bir zaman için istenen dayanımı verecek şekilde sertleşmelidir.
- Çamurun akışkanlığı, modelleri iyice sıvayacak kıvamda olmalıdır. Özellikle etil silikat ve koloidal silika bu özellikleri taşıyan uygun bağlayıcılardır.

Seramik Kalıp Malzemesi Bileşimi: Refrakter malzeme olarak bağlayıcılarla birlikte alumina, yanmış silikat, zirkon veya alumina silikat kullanılır. Bağlayıcının refrakter malzeme-oranı, dikkatle üzerinde durulması gereken bir noktadır. Bu oran, çamurun yoğunluğu ve akışkanlığı ile kontrol edilmelidir.

Seramik kalıp için birincil ve ikincil olmak üzere iki çeşit kalıp çamuru hazırlanır. Birincil kaplama için ince taneli kalıp malzemesi, ikincil kaplama için iri taneli kalıp malzemesi hazırlanmalıdır.

Seramik kalıp malzemesi bileşimi şu şekildedir:

Birincil kaplama için

Bağlayıcı: Koloidal Silika %29

Refrakter: Yanmış Silika %71

İkincil kaplama için

Bağlayıcı: Koloidal Silika %38

Refrakter: Yanmış Silika %62

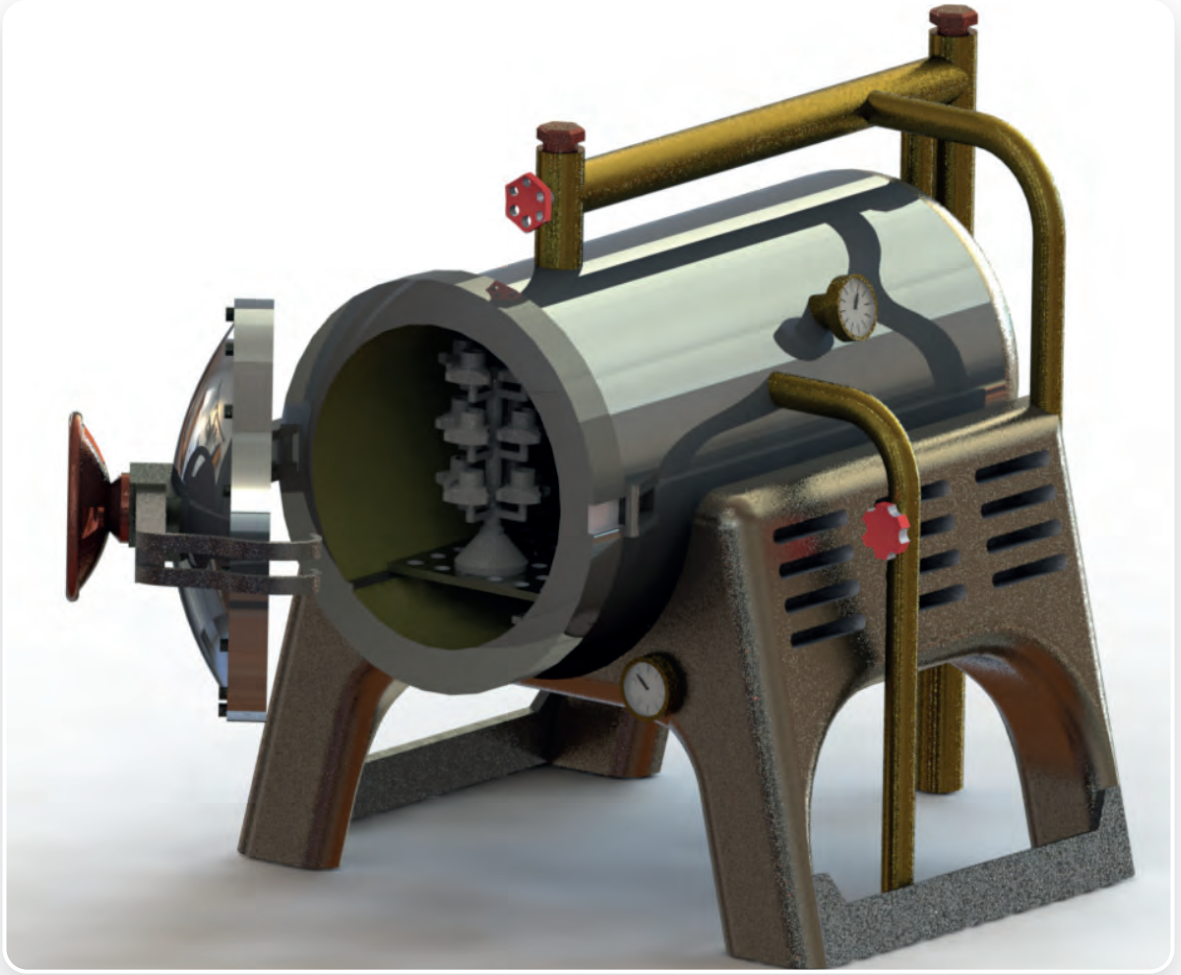
Mum Modeli Seramikle Kaplama: Salkım mum model, önce ince taneli seramik çamuruna birkaç kez daldırılıp çıkarılır. Seramikle kaplı salkım model, seramik toz püskürten makinede seramik tozuyla kaplanır. Model bir süre kurumaya bırakılır. İstenen kabuk kalınlığı oluşuncaya kadar bu işlemler tekrar edilir. Bu işleme **birincil kaplama** denir. Birincil kaplamadan sonra salkım model, iri taneli seramik çamuruna birkaç kez daldırılıp çıkarılır. Sonra seramik toz ile kaplanır. Model bir süre kurumaya bırakılır. Salkım model üzerinde yeterli kalınlık oluşuncaya kadar bu işlemler tekrar edilir (**Görsel 3.36**). Bu işleme **ikincil kaplama** denir.



Görsel 3.36: Salkım mum modelin seramik ile kaplanması

3.5.2. Üzeri Kaplama Yapılmış Salkım Modellemelerden Mum Giderme İşlemi

Seramik kaplama işlemi tamamlanan salkım modele sıvı metalin dökülebilmesi için öncelikle model içerisindeki mumun boşaltılması gerekir. Mumun seramik kalıp dışına alınmasında kullanılan en yaygın yöntem otoklavla mum boşaltma yöntemidir. Otoklavda yüksek basınç ve sıcaklık altında buhar oluşur. Oluşan buhar, seramik kalıp içindeki mumun eriyerek dışarı akmasını sağlar. Otoklavda oluşan buharın en önemli özelliği, seramik kalıbı kırmadan ve çatlatmadan mumun boşaltılmasını sağlamasıdır. Seramik kalıplardan mumun boşaltılması, salkım modelin boyutuna göre 10 ila 20 dakika arasında değişir. Eriyen mumlar, özelliğine göre tekrar model yapımında kullanılabilir (**Görsel 3.37**).



Görsel 3.37: Mum giderme otoklavı

3.5.3. Salkım Modellemeleri Döküme Hazırlama

Kuruyan seramik kalıplar baş aşağı olacak şekilde otoklava yerleştirilir. Otoklav, 7-9 bar basınca ve 130 °C sıcaklığa ayarlanır. Otoklavda oluşan sıcak ve basınçlı buhar, mumu eriterek seramik kalıbın boşalmasını sağlar.

Mumu boşaltılan seramik kalıplar, kalıntı mum malzemesinin ve içinde kullanılan herhangi bir organik maddenin yanması ve seramiğin sinterlenmesi için pişirilir. Daha sonra döküm için gerekli sıcaklığa getirmek amacıyla ön ısıtma yapılır.

ÖĞRENME BİRİMİ	HASSAS DÖKÜM TEKNOLOJİSİ	3.7. UYGULAMA
KONU	Salkım Modellemeleri Döküme Hazırlama	SÜRE: 4 Ders Saati

AMAÇ: Mumu seramik kalıptan boşaltmak.

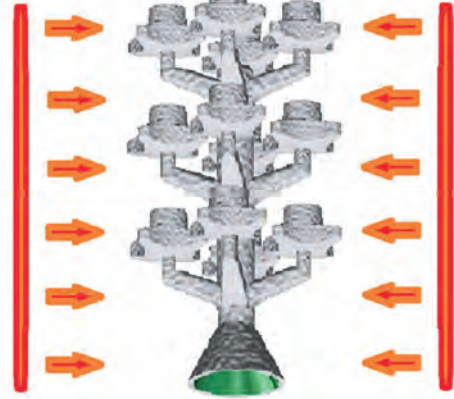
ARAÇ GEREÇ

1. Seramik kalıplar
2. Otoklav

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek seramik kalıp içerisindeki mumu boşaltınız.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Seramik kalıpları yolluk aşağı gelecek şekilde otoklava yerleştiriniz.
3. Otoklavı belirlenen basınca ve sıcaklığa göre çalıştırınız.
4. Belirlenen sürede mumun seramik kalıptan boşalmasını bekleyiniz (**Görsel 3.38**).
5. Seramik kalıpları otoklavdan dışarı alınız.



Görsel 3.38: Mumun seramik kalıptan boşaltılması

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	Seramik kalıpları otoklava yerleştirme	Otoklavda basınç ve sıcaklık ayarı yapma	Mumu seramik kalıptan boşaltma	Çalışma ortamının temizliğine özen gösterme	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin									
Adı Soyadı:									
Sınıfı ve Numarası:									
Öğretmenin									
Adı Soyadı:		10	20	20	20	20	10	100	
İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen boşluklara cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. [.....] Mala yüzeyi modelin en dar yüzeyinden geçer.
2. [.....] Hassas döküm kullanılarak çok karmaşık geometrilere sahip parçalar dökülür.
3. [.....] Hassas döküm ile kalın kesitli parçalar üretilir.
4. [.....] Kalıp boşluğuna maden ve malzeme götüren kanallara yolluk sistemi adı verilir.
5. [.....] Seramik kabuk döküm yönteminde seramik harç bir kabuk şeklinde modelin etrafını örter.
6. [.....] Dereceli hassas döküm yönteminde bir kalıplama derecesi içerisindeki kalıp boşluğu hariç tüm hacim, seramik/alçı malzeme ile doldurulur.
7. [.....] Kalıp mum malzemesi, bir sonraki döküm için geri dönüştürülemez ve yeniden kullanılamaz.
8. [.....] Mumun seramik kalıp dışına alınmasında kullanılan en yaygın yöntem, otoklavla mum boşaltma yöntemidir.
9. [.....] Mum modeller 3D yazıcılar ile de yapılabilir.
10. [.....] Ana modelleme sadece CNC tezgâhlarda yapılır.

4.

ÖĞRENME BİRİMİ

OTO İNŞA
TEKNOLOJİLERİ



KONULAR

- 4.1. 3D Yazıcılarda İmalat İşlemleri
- 4.2. Foto Kür Yöntemi ile Modelleme Yapma
- 4.3. Toz Bağlama Yöntemi ile Modelleme Yapma
- 4.4. Yiğma Yöntemi ile Modelleme Yapma
- 4.5. Laminasyon Yöntemi ile Modelleme Yapma

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Günümüzde Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri
Sıvı Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri
Katı Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri
Toz Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri

TEMEL KAVRAMLAR

3D modelleme, dilimleme, dosya transferi, katmanlı imalat, model destek yapısı, prototip

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. 3D yazıcıların imalatatta daha çok tercih edilmesinin sebepleri nelerdir?

4. OTO İNŞA TEKNOLOJİLERİ

Bilgisayar tarafından oluşturulan bir tasarımı kullanarak üç boyutlu bir nesneyi katman katman oluşturma yöntemidir. Farklı makine ve malzemeler kullanılarak çeşitli 3D baskı işlemleri yapılabilmektedir. 3D yazıcıların çok çeşitli boyutları ve türleri vardır ancak özünde hepsi bilgisayar ile kontrol edilen katmanlı üretim makineleridir.

4.1. 3D YAZICILARDA İMALAT İŞLEMLERİ

Türkiye, son yıllarda birbiri ardına savunma sanayisine ait projeler gerçekleştirmekte ve bu projeler için de üstün nitelikli bazı parçalara ihtiyaç duymaktadır. Tasarım ve imalat teknolojileri alanında daha üstün kabiliyetlere, yüksek hassasiyetli parçalara ihtiyaç duyan savunma, uzay ve havacılık gibi sektörler için katmanlı imalat teknolojileri [additive manufacturing methodology (editiv menyufakçuring metodolici)], yenilikçi imalat çözümleri sunarak bu sektörlerin ihtiyaç duyduğu parçaları imal edebilmektedir.

İlk 3D baskı teknolojileri 1980'lerin sonunda görünür hâle gelmiş, dünyanın ilk 3D yazıcısı 1986 yılında yapılmıştır. O zamanlar bu teknoloji, "hızlı prototipleme (RP)" olarak adlandırılmıştır. Ancak yüksek fiyatı ve olgunlaşmamış teknolojisi nedeniyle ilk zamanlarda popüler olamamıştır. 30 yılı aşkın geliştirmenin ardından, 3D baskı teknolojisi daha kullanışlı hâle gelmiş ve maliyeti düşmüştür.

4.1.1. 3D Yazıcılarda İmalat Yöntemleri

Geleneksel imalatın birtakım sınırlamaları vardır. İşleme, döküm, şekillendirme, kalıplama gibi işlemlerin tümü makine, bilgisayar ve robot teknolojisi gerektiren karmaşık süreçlerdir. Bunlara ek olarak talaşlı imalat gibi eksiltici üretim süreçleri, orijinal malzeme kütüğünün %90 kadarının boşa gitmesine neden olabilir. Buna karşılık 3D baskı, kullanılan teknolojiye bağlı olarak, uygun malzemeyi çeşitli şekillerde ve katman katman ekleyerek doğrudan nesneler yapma işlemidir.

Katmanlı imalat, üretimi gerçekleştirilmek istenen tasarımı, dilimleme yöntemini kullanarak, geleneksel imalat yöntemlerine gerek kalmadan fiziksel objelere dönüştüren bilgisayar destekli bir süreçtir. **Görsel 4.1'**de katmanlı imalat adımları sıralanmıştır.



Görsel 4.1: Katmanlı imalat adımları

A) Katmanlı İmalatın Avantaj ve Dezavantajları

Katmanlı üretim teknolojisi, diğer üretim yöntemlerine göre daha verimli ve daha düşük maliyetli olmak gibi bazı önemli avantajlara sahip olsa da her türlü ürün ve üretim için uygun değildir. Bu nedenle, bu teknolojinin planlanan üretim ihtiyaçlarına uygun olup olmadığının değerlendirilebilmesi için katmanlı üretimin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi gerekmektedir.

Katmanlı İmalatın Avantajları

1. Hızla değişen ürün gamına sahip üreticiler için üretim-yatırım maliyetlerini azaltmaktadır.
2. Kişiye özel üretimin önünü açmaktadır.
3. Çok karmaşık geometriler üretilebilmektedir.
4. Geleneksel yöntemlere kıyasla montaj işlem sayısını düşürmektedir.
5. Prototip üretim zamanını düşürerek ürün geliştirme faaliyetlerini hızlandırmaktadır.
6. Talaşlı imalat için yetkin çalışanlar gerekiyken katmanlı imalat için yetkin üretim operatörleri çoğunlukla gerekmez.
7. Talaşlı imalat tekniklerine göre daha az malzeme israfı (geri dönüşüm dâhil) oluşturur.
8. Renkli malzemeler üretilebildiğinden parçaların tekrar boyanması gerekmez.

Katmanlı İmalatın Dezavantajları

1. Birçok teknolojinin üretim hızı hâlâ düşüktür.
2. Kullanılan güç kaynaklarına bağlı olarak maliyetleri oldukça yüksek olabilmektedir.
3. Üretim aşamasının dışında mekanik tasarım, malzeme ve proses bilgisi gerektirdiğinden uzman eksikliği yaşanabilir.
4. İmalat sonrası yüzey pürüzlülüğü, iç gerilme, iç boşluk gibi sorunlar olabileceğinden ek işlemler gerekebilir.
5. Ek işlemlerden sonra bile mekanik özellikler, gereksinimleri karşılamayabilir.
6. İmalatta kullanılacak malzemelerin türleri henüz sınırlıdır.

B) Katmanlı İmalatın Kullanım Alanları

Havacılık sektöründe katmanlı imalat teknolojisi büyük bir potansiyele sahiptir. Havacılık sektörü, az sayıda ancak yüksek maliyetlerde imalatlar gerektirdiğinden birçok teknolojiye olduğu gibi katmanlı imalat teknolojisinde de öncelikli uygulama alanıdır. Katmanlı imalat teknolojisinin, hava araçlarında kullanılan parça ve malzemelerin üretiminde efektif olmasının en temel nedenleri hız, ağırlık ve dayanıklılık olarak göze çarpmaktadır.

Otomotiv sektöründe dünya devi olan araba üreticileri arabalarında 3D baskı parçaları kullanmaktadır. Hem maliyet hem de zaman açısından far, kumanda paneli gibi parçaları bu yöntemle üretmektedirler.

Katmanlı imalat teknolojileri, mühendislik ve AR-GE firma atölyelerinin vazgeçilmezi hâline gelmiştir. Bulunmayan, zor bulunan veya diğer üretim teknikleri ile üretilmesi imkânsız olan parçaları 3D yazıcılar kolayca basabilir. AR-GE firmaları, bir ürün tasarlarken katmanlı imalat teknolojileri sayesinde ürünün neresinde hata olup olmadığını hızlıca görebilir ve gerekli düzeltmeleri yaptıktan sonra seri üretime geçebilir.

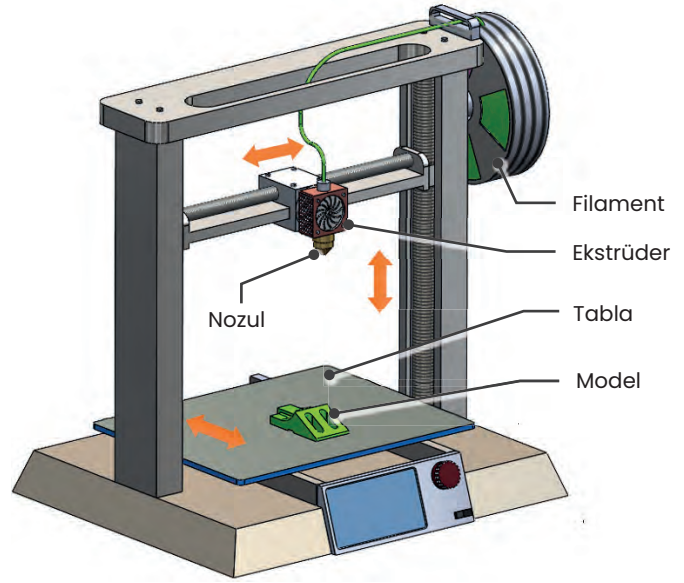
Mimarlıkta 3D yazıcılar ilk başlarda maket üretimi için kullanılsa da artık 3D yazıcılarla çok

değişik projeler yapılmaktadır. 3D yazıcılar, kuyumculuk ve aksesuar üretiminde de kullanılmaktadır. Yüzük, kolye, bileklik gibi birçok takı 3D yazıcılar ile üretilmektedir. Sağlık sektöründe de protez, ortopedik implant, cerrahi alet imalatı gibi birçok alanda 3D baskı kullanılmaktadır. Beyaz eşya parçalarının üretiminde de 3D yazıcılara sıkça başvurulmaktadır.

C) 3D Baskı Teknolojisi

Herhangi bir 3D baskı işleminin başlangıç noktası, çeşitli 3D yazılım programları kullanılarak oluşturulabilen bir üç boyutlu dijital modeldir. Üreticiler ve tüketiciler için basit, erişilebilir programlar bulmak mümkündür. 3D tarayıcı ile modelin katmanları oluşturulur ve böylece tasarım, 3D yazıcı tarafından okunabilen bir dosyaya dönüştürülür. Model, 3D yazıcı tarafından tasarıma ve işleme göre basılır. 3D yazıcı türlerinin her biri, çeşitli malzemeleri farklı şekillerde işleyen bir teknoloji kullanır (**Görsel 4.2**).

Katmanlı imalata yönelik birçok yöntem bulunmakla birlikte bu yöntemler kullanılan malzemeye, malzeme işleme şekline ve imalat makinesi sistemine göre sınıflandırılabilir. **Tablo 4.1**'de katmanlı imalat en çok kullanılan temel uygulama yöntemleri listelenmiştir.



Görsel 4.2: 3D yazıcı teknolojisi

Tablo 4.1: Katmanlı İmalat Yöntemleri

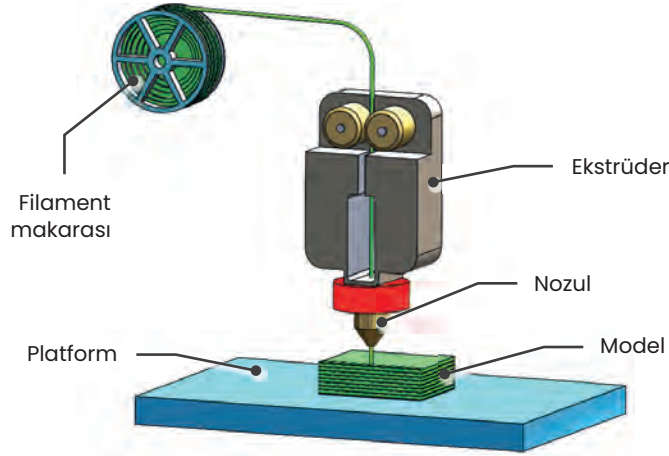
Sıvı malzeme kullanılan katmanlı imalat yöntemleri	- Malzeme ekstrüzyonu (FDM) - Fotopolimerizasyon (SLA, DLP, CDLP, KDV) - Malzeme püskürtme (PJ)
Katı malzeme kullanılan katmanlı imalat yöntemleri	Lamine nesne üretimi (LOM)
Toz malzeme kullanılan katmanlı imalat yöntemleri	- Toz yataklı eritme (SLS, DMSL, SLM, EBM) - Direkt enerji depolama (LENS, EBAM) - Yapıştırıcı püskürtme (BJ)

Ç) Sıvı Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri

Sıvı malzeme kullanılan katmanlı imalat yönteminde, ışığa duyarlı polimerler, katı bir model oluşturulmak üzere ışık vasıtasıyla seçici biçimde kürlenmektedir. Bu modellerin yüzey kalitesi ve doğruluğu, enjeksiyonla kalıplanmış benzerleriyle karşılaştırılabilecek kadar yüksek olsa da fiziksel özellikleri ışığa ve kullanım şartlarına göre zamanla değişmektedir. Modellerin fiziksel özelliklerinde bu değişiklik, ışığa duyarlı malzemelerin özellikle güneş ışığına maruz kaldıklarında sürekli olarak sertleşmesinden kaynaklanmaktadır.

a) Malzeme Ekstrüzyonu (FDM)

Genelde plastik ve polimer malzemelerin kullanıldığı bu yöntemde malzemeler, filamentler hâlinde eritilir ve uygulama yapan hareketli bir kafaya iletilir. Eriyik filamentler katmanlar hâlinde üst üste yapıştırılarak oluşturulan şekil ortam sıcaklığında sertleştirilir. Bu yöntem genellikle hızlı prototipleme ve az sayıda seri imalat durumlarında tercih edilmektedir (**Görsel 4.3**). Karmaşık tasarımı olmayan birçok modelin üretimi için idealdir.



Görsel 4.3: Malzeme ekstrüzyonu imalat yöntemi

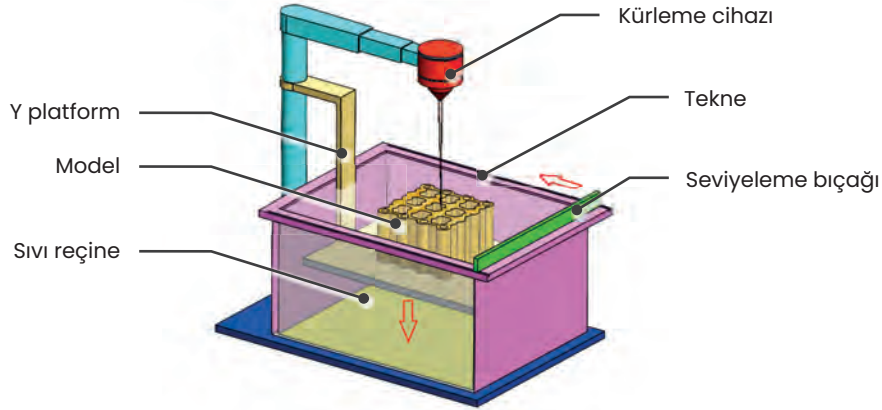
b) Fotopolimerizasyon (SLA, DLP, CLIP)

Fotopolimerizasyon 3D baskı teknolojisi, aynı temel amaca ulaşmak için yapılan birkaç farklı işlemi kapsar. Bir teknenin içinde bulunan sıvı fotopolimer, ısıya maruz kaldığında kimyasal yapısını değiştirerek sertleşir. Üç boyutlu fiziksel bir nesne bu yöntemle katman katman oluşturulur. Bu yöntem karmaşık tasarımlı modellerin üretimi için ideal çözümler sunar. Geniş malzeme seçeneği sayesinde birçok sektör için uygundur. En popüler tekne fotopolimerizasyonu 3D baskı teknolojileri şunlardır:

Stereolithography (SLA): SLA makinesi, sıvı fotopolimer yüzeyine ultraviyole lazerle önce destek yapılarının katmanlarını ve ardından parçanın kendisini çizmeye başlar. Katman görüntüledikten sonra tabla aşağı kayar ve bir sonraki katmanını uygulamak için ultraviyole lazer, tabla boyunca yeniden hareket eder. İşlem, yapı tamamlanana kadar katman katman tekrarlanır.

Dijital Işık Projektörü (DLP): Çalışma mantığı SLA 3D yazıcı ile aynı olan DLP 3D yazıcıda temel fark, baskı işlemi için kullanılan ışık kaynağıdır. DLP 3D yazıcıda ışık kaynağı olarak dijital ışık projektörü kullanılır. DLP, tabladaki her katmanın tek bir görüntüsünü flaşlamak için dijital projektör ekranı kullandığından her katman piksellerden oluşur.

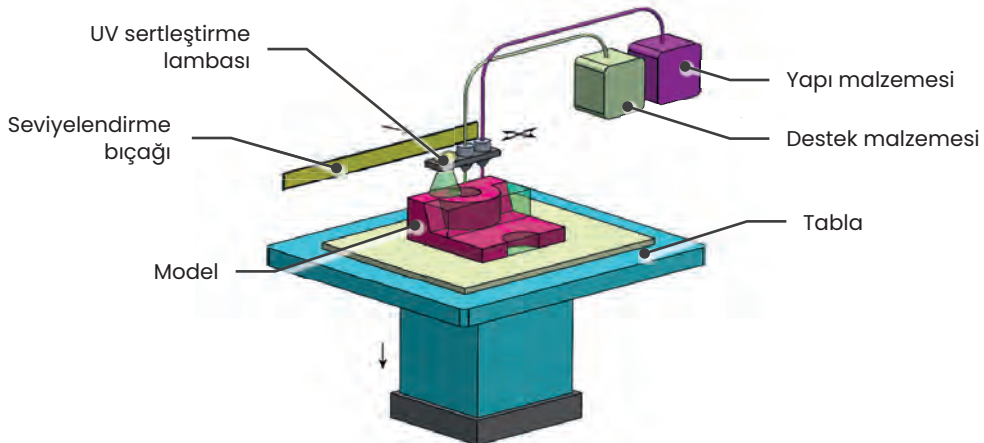
Karbon ile Sürekli Sıvı Arayüz Üretimi (CLIP): Görsel 4.4'te görülen CLIP tekne fotopolimerizasyon tekniğinde temel malzeme olarak bir reçine deposu kullanılır. Diğer baskı makinelerinden farklı olarak ışık ve oksijeni geçiren özel transparan bir pencere bulunur. Bir ultraviyole ışık hüzmesi, bu pencereden geçerek nesnenin kesitini aydınlatır. Işık, reçinenin katılaşmasını (fotopolimerleşme) sağlar. Nesne, reçinenin altından akmasına ve tabanıyla teması sürdürmesine izin verecek kadar yavaş yükselir. Oksijen geçirgen bir zar, ölü bir bölge oluşturan reçinenin altında bulunur. Bu kalıcı sıvı ara yüz, reçinenin pencereye yapışmasını önler. SLA'dan farklı olarak 3D baskı süreci sürekli ve diğer 3D baskı yöntemlerinden daha hızlıdır.



Görsel 4.4: CLIP tekne fotopolimerizasyon 3D baskı teknolojisi

c) Malzeme Püskürtme (PJ)

Bu işlemde malzeme, yaygın bir mürekkep püskürtmeli kâğıt yazıcısının çalışmasına benzer şekilde, 3D nesneyi oluşturan bir yapı platformuna küçük çaplı bir ağızlıktan damlacıklar biçiminde kat kat püskürtülerek uygulanır ve daha sonra UV ışığı ile sertleştirilir (**Görsel 4.5**). Bu yöntem kullanılarak ince duvarlı ve karmaşık geometrili parçalar, mikroskobik katman çözünürlüğü ve 0,014 mm'ye varan doğruluk ile üretilir. Plastik, esnek ve şeffaf malzemeler aynı anda kullanılarak tek seferde hibrit prototipler üretilir. Malzeme püskürtme teknolojisi ile üretilen parçalar yüksek yüzey kalitesinde olduğu için boyama ve parlatma gibi işlemler hızlı ve kolay yapılır.



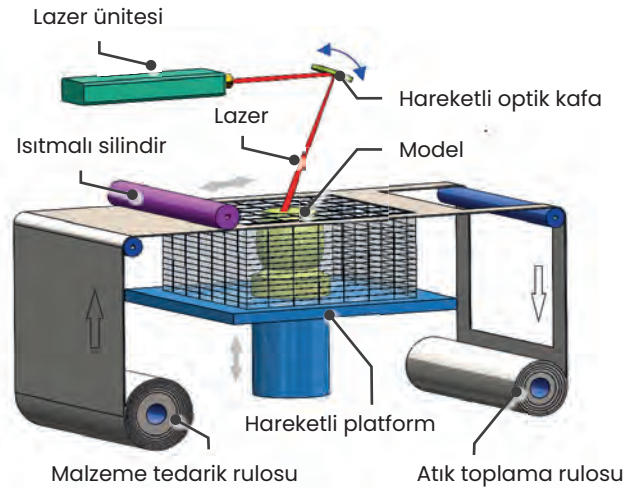
Görsel 4.5: Malzeme püskürtme teknolojisi

D) Katı Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri

Katı malzeme kullanarak nesne üretimi, folyodan oluşan malzeme katmanlarının üst üste yerleşiminden oluşur.

a) Lamine Nesne Üretimi (LOM)

Tabaka tabaka model yapım tekniğine laminasyon sistemiyle model yapımı denir. Buna kısaca LOM [Laminate Object Manufacturing (laminated object manufacturing)] da denmektedir. Lamine nesne üretimi, folyodan meydana gelen malzeme katmanlarının istenilen nesnenin meydana getirilmesi amacıyla üst üste yerleştirilmesinden oluşur (**Görsel 4.6**). Yapışkanla kaplanmış kâğıt, plastik veya metal plakalar kullanılır. Malzemeler genellikle, bir besleme silindiri tarafından ısıtılan yapışkan tabaka ile kaplanır. Bu şekilde, bir nesne oluşturmak için her katman bir öncekine yapıştırılabilir. Nesnenin geometrisini çizmek, atıkların çıkarılmasını kolaylaştırmak ve fazla malzemeyi taramak için bir bıçak veya lazer kullanılır. Bir katman yerine yapıştırıldıktan ve gerekli boyutlar çizildikten sonra tabla aşağı doğru hareket eder; böylece başka bir malzeme katmanı, ısıtılmış silindir ile yerine yuvarlanır. Bu işlem, model tamamlanana kadar tekrarlanır.



Görsel 4.6: Lamine nesne üretim tekniği

E) Toz Malzeme Kullanılan Katmanlı İmalat Yöntemleri

Bu teknolojiye her bir katmanın inşası için toz hâlindeki ham inşa malzemesi ince bir tabaka oluşturacak şekilde yayılır ve yalnızca gerekli bölgelerdeki toz zerrecikleri, kontrollü ısı veya yapıştırıcıyla birbirlerine bağlanır. Bağlanmayan kısımlardaki kullanılmamış tozlar ise bir destek malzemesi işlevi görür ve bu sayede ayrı bir destek yapısı inşasına ihtiyaç ortadan kalkar. İnşa malzemesi olarak plastik, metal, seramik, ABS veya bunların karışımlarından oluşan tozlar kullanılmaktadır.

a) Toz Yataklı Eritme (DMLS, SLS, SLM, MJF, EBM)

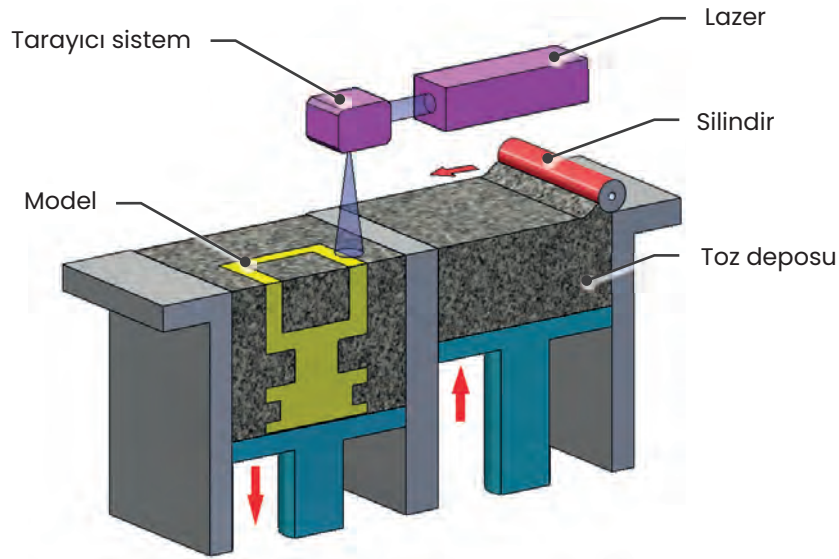
Toz yataklı eritme 3D baskı teknolojisi, toz parçacıklarını ısı kaynağı kullanarak katman katman kaynaştırır ve katı bir parça oluşturur [Powder Bed Fusion (pavdır bed fūjin) (PBF)] (**Görsel 4.7**). Özellikle lazer veya elektron ışınlarını kullanarak, geometrik olarak karmaşık ürünlerin üretilmesini sağlar. Toz yataklı eritme özellikle şunları içerir:



Görsel 4.7: Toz yataklı eritme

Seçici Lazer Sinterleme (SLS): Temel olarak SLS 3D baskı teknolojisinde, toz hâline getirilmiş malzeme lazerlerle katman katman sinterlenerek veya birleştirilerek katı bir yapı oluşturulur. Gevşek tozla kaplanan nihai ürün daha sonra fırçalar ve basınçlı hava ile temizlenir. SLS 3D baskı işleminde kullanılan ana malzemeler arasında polyamid (nylon), alümit (gri alüminyum tozu ve polyamid karışımı) ve kauçuk benzeri malzemeler bulunur.

Seçici Lazer Eritme (SLM): Doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) olarak da adlandırılır. Seçici lazer eritme (SLM), metalik tozları tamamen eritmek ve kaynaştırmak için yüksek güç yoğunluklu lazer kullanan özel bir 3D baskı tekniğidir (**Görsel 4.8**). SLM, yalnızca metal parçalar üretmek için kullanılır. Alüminyum gibi tek bileşenli metallerden hafif ve sağlam yedek parçalar oluşturabilmek için tozun tamamen erimesini sağlar. Kuyumculuk ve dışçılık endüstrisi, yedek parça ve prototip üretimi gibi kullanım alanları vardır.



Görsel 4.8: Seçici lazer eritme (SLM)

Elektron Işını Eritme (EBM): EBM 3D baskı teknolojisi, metal tozlardan katı bir model ortaya çıkardığı için doğrudan metal lazer sinterlemeye (DMLS) benzer bir metottur. EBM'nin temel farkı, ısı kaynağı olarak elektron ışınlarını kullanmasıdır. EBM teknolojisi, tamamen yoğun metal tozlarını güçlü bir elektron ışını ile eriterek modeli katman katman inşa eder. Tıp, havacılık, savunma ve otomotiv alanlarında başarılı bir şekilde kullanılan katmanlı imalat teknolojisidir. Güvenli ve çevre dostu bir teknolojidir.

Multi Jet Fusion (MJF): Parçalar, bir bağlayıcının ince polimer toz partikülleri üzerine püskürtülmesi ve daha sonra bir kızılötesi ısı kaynağı kullanılarak sinterlenmesi suretiyle oluşturulur. Toz yatağı başlangıçta eşit olarak ısıtılır. Toz parçacıklarını eritmek için gereken yerlere kaynaştırıcı madde, parça çözünürlüğünü iyileştirmek için de konturların etrafına detaylandırma maddesi püskürtülür. Kızılötesi ısı kaynağı toz yatağının yüzeyinden geçerken, püskürtülen malzeme sıcaklığı yakalar ve onun eşit olarak dağıtılmasına yardımcı olur. Karmaşık tasarımlar dâhil birçok modelin üretimi için idealdir. Az adetli seri üretimler için enjeksiyon kalıp kalitesinde üretim mümkündür.

Toz yataklı, lazer eritmeli sistemlerde en çok kullanılan metal alaşımları **Tablo 4.2'**de listelenmiştir.

Tablo 4.2: Toz Yataklı, Lazer Eritmeli Sistemlerde En Çok Kullanılan Metal Alaşımlar

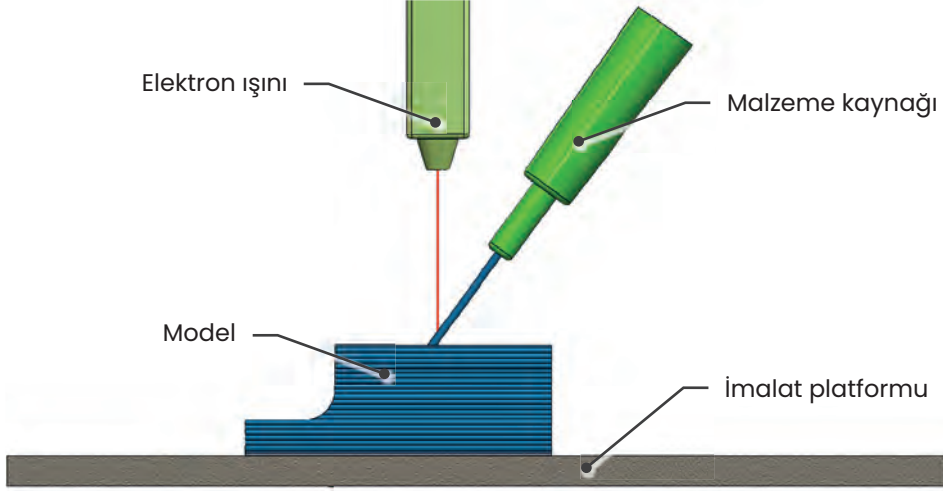
Sınıflandırma	Malzeme
Alüminyum Alaşımlar	AlSi10Mg / AlSi7Mg / AlSi12
Kobalt Tabanlı Alaşımlar	ASTM F75 / CoCrWC
Alet Çeliği	AlSi420 / Marage 300 / H13 / AISI D2-A2-S7
Nikel Tabanlı Alaşımlar	Inconel 718-625-713-738 / Hastelloy X
Paslanmaz Çelik	SS 304-316L-410-440 / 15-5 PH / 17-4 PH
Titanyum Alaşım	Titanyum Grade 2 / Ti6Al4V / Ti6Al4V ELI / TiAl6Nb7
Değerli Metaller	Altın türevleri / Gümüş türevleri
Bakır Alaşım	CC 480 K

b) Direkt Enerji Depolama (LENS, EBAM)

Direkt enerji depolama (DED) 3D baskı teknolojisi, erittiği malzemeleri doğrudan iş parçası üzerinde katman katman biriktirerek parçalar oluşturur. Eriyik maddeyi katmanlar hâlinde yığarak parçayı oluşturması ile klasik FDM sistemlere benzese de gerek ham madde gerekse enerji kaynağı bakımından büyük farklılıkları vardır. Bu eklemeli imalat tekniği, çoğunlukla metal tozları veya tel kaynaklı malzemeler ile kullanılır. Sıfırdan parça üretme kabiliyetine ek olarak türbin kanatları, pervaneler gibi karmaşık parçaların hasarlarını da tamir edebilir. Direkt enerji depolama terimi birkaç farklı teknolojiyi kapsayabilir. En popüler olanları şunlardır:

Lazerle Tasarlanmış Net Şekil (LENS) Üretimi: Nesneleri doğrudan toz metallerden, alaşımlardan, seramiklerden veya kompozitlerden katman katman oluşturmak için lazerler kullanır. LENS işlemi, oksijen ve nem seviyelerinin çok düşük kalması için argonla dolu, hermetik olarak kapatılmış bir bölmede gerçekleştirilmelidir. Bu, parçayı temiz tutar ve oksidasyonu önler. Metal toz malzeme doğrudan malzeme biriktirme kafasına iletilir. Tek bir katman yerleştirildikten sonra malzeme yerleştirme kafası bir sonraki katmana geçer. Ardışık katmanlar oluşturarak tüm parça inşa edilir. Tamamlandığında parça çıkarılıp ısıtılma işlemi tabi tutulabilir, sıcak izostatik preslenebilir, makinede işlenebilir veya gerekli herhangi bir şekilde bitirilebilir.

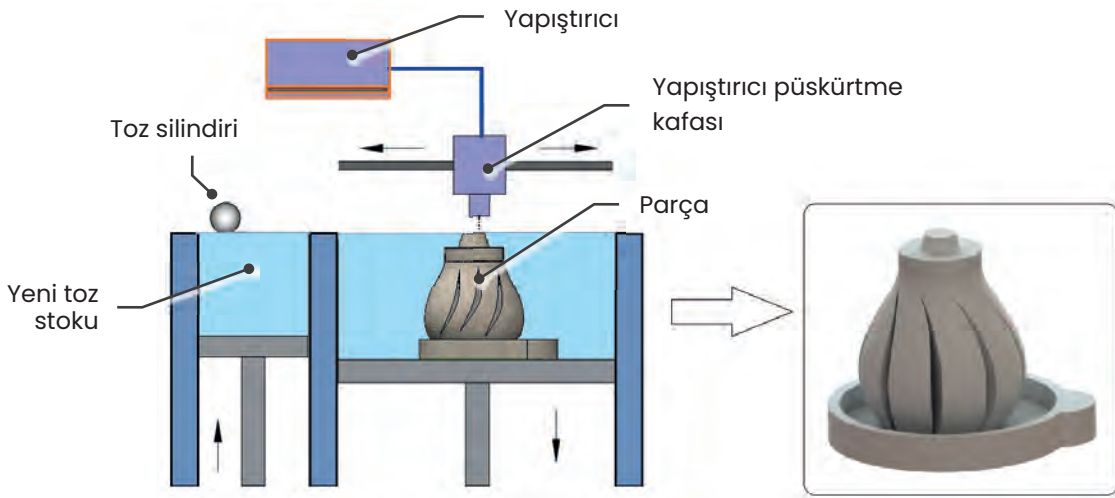
Elektron Işın Eklemeli Üretim (EBAM): Büyük ölçekli metal yapılar üretmek amacıyla kullanılan bir eklemeli imalat teknolojisidir. Parça net şekle ulaşana ve son işleme için hazır olana kadar bir tel besleme stoku aracılığıyla metali katman katman biriktirir (**Görsel 4.9**). Malzeme biriktirme oranları saatte 3 ila 9 kg metal arasında değişir. Uyumlu metaller arasında titanyum, tantal ve nikel bulunur. Bu direkt enerji depolama (DED) tekniği, hasarlı parçaları onarmak için de kullanılabilir.



Görsel 4.9: Elektron ışın eklemeli üretim (EBAM)

c) Yapıştırıcı Püskürtme (BJ)

Genelde kalıp imalatı için kullanılan bu yöntemde, toz materyal üzerine mürekkepli yazıcılardakine benzeyen hareketli bir kafa ile yapıştırıcı uygulanır ve üzerine yeni materyal katmanı serilerek malzeme sertleştirilir (**Görsel 4.10**). Böylece ilk katman meydana getirilmiş olur. Daha sonra yazıcı tabanı aşağı doğru hareket ettirilir ve yeni toz tabakası eşit bir şekilde katman üzerine yayılır. Bu işlem ürün elde edilinceye kadar tekrarlanarak devam ettirilir.



Görsel 4.10: Yapıştırıcı ile katmanlı imalat

4.1.2. 3D Yazıcılarda İmalat İçin Kullanılan İnşa Malzemeleri

Baskılardan en iyi sonucu elde etmek için doğru malzemeleri seçmek çok önemlidir. 3D baskı için kullanılan malzemeler, süreçten kaynaklanan ürünler kadar çeşitlidir. Bu nedenle 3D baskı, üreticilerin bir ürünün şeklini, dokusunu ve dayanıklılığını belirlemesine izin verecek kadar esnekler. Günümüzde 3D yazdırılabilir materyallerin çoğu polimerler, metaller ve kompozitler şeklinde kategoriye ayrılır.

A) Polimerler

Günümüzde hızlı prototipleme için en yaygın kullanılan malzeme olan polimerler doğada biyolojik veya inorganik olarak bulunabilir. Plastikler genellikle polimer olarak adlandırılır. Plastik filamentler, makaralar üzerinde satılır ve mat veya parlak bir dokuya sahip olabilir. Plastik; sertliği (**Tablo 4.3**), esnekliği, pürüzsüzlüğü, parlak renk seçenekleri ve uygun fiyatıyla üreticiler tarafından en çok tercih edilen ham maddelerden biridir. Oyuncak, ev eşyası, hediyelik eşya, masa gereci, vazo, aksiyon figürü gibi ürünlerin 3D baskı ile yapımında çoğunlukla plastikler tercih edilir. Plastik ürünler genellikle filamentlerin eritildiği ve katman katman şekillendirildiği FDM yazıcılarda kullanılır. 3D yazıcılarda kullanılan plastik türleri genellikle poliasitik asit (PLA), akrilonitril bütadien stiren (ABS), polivinil alkol plastiği (PVA), high impact polystyrene [hay impekt polistiren (HIPS)], termoplastik poliüretan (TPU) ve polikarbonat (PC) malzemelerden yapılır.

Tablo 4.3: Shore (Şoor) Sertlik Değeri

	ÇOK YUMUŞAK					YUMUŞAK					ORTA YUMUŞAK	ORTA SERT					SERT	ÇOK SERT					
SHORE 00	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100												
SHORE A					0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100								
SHORE D												0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
																							
	Jöle		Jel Ayakkabı Tabanlığı		Paket Lastiği		Silgi		Araba Lastiği		Ayakkabı Topuğu		Teker		Baret								

Poliastik Asit (PLA): 3D yazıcılar için en çevre dostu seçeneklerden biri olan poliasitik asit, şeker kamışı ve mısır nişastası gibi doğal ürünlerden elde edilir ve bu sayede biyolojik olarak parçalanabilir. Yumuşak ve sert formlarda bulunan poliasitik asitten üretilen plastiklerin yakın gelecekte 3D baskı endüstrisine hâkim olması beklenmektedir. Sert PLA daha güçlüdür ve bu nedenle daha geniş bir ürün yelpazesi için daha ideal bir malzemedir.

Katkılı PLA Filamentler: Gerçek bir ahşap görünümü ve kokusu katmak için ahşap filament iyi bir seçimdir. Diğer termoplastik filamentler (ABS, PLA) gibi ahşap filament de benzer bir baskı sürecinden geçer. Gerekli işleme ısısı 175–250 °C arasında değişir ve baskı hızı 20 mm/s'dir.

Metal filament, metal parçaların basılması için içine metal parçacıklarının eşit şekilde aşılandığı plastik alaşımdan oluşur. Bakır-bronz-bambu, %30 karışımli yapısıyla gerçek bir bakır veya bronz dokunmuş gibi bir izlenim bırakır. Bu baskı yöntemi, imal edilecek parçalara doku olarak farklı bir değer katar. Naylon filament, oldukça dayanıklı ve güçlü yapısıyla daha çok medikal alanda sıkça kullanılır. En çok kullanılan filamentlere Nylon618 ve Nylon615 örnek verilebilir.

PET, kristalimsi ve renksiz bir ham maddedir. Isıtıldığında ve soğutulduğunda saydamlığı değişir. PET-G gibi modifikasyona uğramış versiyonu da mevcuttur. Baskı işlem sıcaklığı olarak 160-170 °C önerilmektedir.

Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS): Gücü ve güvenliği için değer verilen ABS, ev tabanlı 3D yazıcılar için popüler bir seçenektir. ABS, sağlamlığını ve esnekliğini içeriğindeki makarna benzeri liflerden almaktadır. Çıkartma ve oyuncak gibi ürünler için malzemeyi uygun hâle getiren çeşitli renklerde bulunur. Giderek daha popüler hâle gelen ABS, mücevher ve vazo yapımında da kullanılır.

Polivinil Alkol Plastiği (PVA): Düşük kaliteli ev tipi yazıcılarda kullanılan PVA, çözünabilir çeşitliliğe sahip destek malzemeleri için uygun bir plastiktir. Yüksek mukavemet gerektiren ürünler için uygun olmasa da geçici kullanım öğeleri için düşük maliyetli bir seçenek olabilir.

High Impact Polystyrene (HIPS): Genellikle destek malzemesi olarak ABS filamentleri ile kullanılan, eriyebilen bir polimerdir. Karmaşık tasarımlara sahip modelleri destek malzemesi ile basmak, üretim kalitesini artırır. Modele zarar verebilecek kazıma, kırma veya kesme işlemlerine gerek duyulmaması için destek malzemesini limonen içeren suyun içinde bekletmek yeterlidir.

Termoplastik Poliüretan (TPU): Termoplastik poliüretan, aşınma direnci yüksek olan esnek bir malzemedir. TPU malzemesinin ısı iletimi oldukça düşüktür. Mukavemet açısından diğer polimerlere kıyasla üstünlüğü vardır. Kolay işlenebilmesi sebebiyle 3D yazıcılar dışında farklı sektörlerde ayakkabı tabanlılığı, yollardaki sarı bantlar, beyaz eşya, mobilya, boru aksamaları gibi materyallerin yapılmasında da kullanılır.

Polikarbonat (PC): Tanıtılan diğer plastik türlerinden daha az kullanılan polikarbonat, yalnızca nozul tasarımlarına sahip ve yüksek sıcaklıklarda çalışan 3D yazıcılarda işlenir. Düşük maliyetli plastik bağlantı elemanları ve kalıp tepsileri yapmak için polikarbonat kullanılır.

B) Tozlar

Günümüzün en gelişmiş 3D yazıcıları, ürünleri oluşturmak için toz malzemeler kullanmaktadır. Toz, yazıcının içinde eritilir ve istenilen kalınlık, doku ve desenler elde edilene kadar katmanlar hâlinde dağıtılır. Tozlar birçok farklı malzemeden yapılabilir, en yaygın olanları polyamid (nylon) ve alümittir.

Polyamid (Naylon): Polyamid, gücü ve esnekliği ile 3D baskılı bir üründe yüksek düzeyde ayrıntıya izin verir. Malzeme, özellikle 3D baskılı bir modelde parçaları birleştirmek ve birbirine kenetlemek için uygundur. Polyamid, bağlantı elemanları ve kulplardan oyuncak arabalara ve figürlere kadar her ürünü basmak için kullanılır.

Alümit: Polyamid ve gri alüminyum karışımından oluşan alümit tozu, en güçlü 3D baskılı modellerden bazılarını oluşturur. Taneli ve kumlu görünümüyle toz, endüstriyel modeller ve prototipler için güvenilirdir. Toz formdaki çelik, bakır ve diğer metal türlerinin taşınması ve istenen şekillerde kalıplanması daha kolaydır.

C) Reçineler

3D baskıda daha sınırlayıcı ve bu nedenle daha az kullanılan malzemelerden biri reçinedir. Diğer 3D uygulanabilir malzemelerle karşılaştırıldığında reçine sınırlı esneklik ve güç sunar. Sıvı polimerden yapılan reçine, UV ışığına maruz kaldığında son durumuna ulaşır. Reçine genellikle siyah, beyaz ve şeffaf renklerde bulunur ancak bazı baskılı ürünler; turuncu, kırmızı, mavi ve yeşil olarak da üretilmiştir.

3D yazıcıda kullanılan reçineler; yüksek detay reçinesi, boyanabilir reçine ve şeffaf reçine olarak üç kategoriye ayrılır.

Yüksek Detay Reçinesi: Genellikle karmaşık, detay gerektiren küçük modeller için kullanılır. Örneğin karmaşık şekil ve yüz detaylarına sahip heykelticikler genellikle bu reçine sınıfıyla basılır.

Boyanabilir Reçine: Pürüzsüz yüzeyli 3D baskılarda kullanılır. Bu sınıftaki reçineler estetik görünüşleri ile dikkat çeker.

Şeffaf Reçine: En güçlü reçine sınıfıdır ve bu nedenle bir dizi 3D baskılı ürün için en uygun olanıdır. Genellikle dokunuşta yumuşak, görünüşte şeffaf olması gereken modeller için kullanılır. Berrak ve renkli çeşitleri olan şeffaf reçineler; satranç taşları, yüzükler ve küçük ev aksesuarları yapmak için tercih edilir.

Ç) Metal

3D baskı endüstrisindeki ikinci en popüler malzeme, doğrudan metal lazer sinterleme veya DMLS olarak bilinen bir işlemle kullanılan metallerdir. Metallerle daha güçlü ve muhtemelen daha çeşitli günlük ürünler üretilebilir. Örneğin kuyumcular, 3D yazıcılarda yapılmış bilezikler üretmek için çelik ve bakır kullanırlar ve bu işlemin en önemli avantajlarından biri gravür işinin yazıcı tarafından yapılmasıdır.

Metal tabanlı 3D baskı teknolojisi, makine üreticilerinin mevcut montaj ekipmanlarıyla imkânsız olan hız ve hacimlerde üretim yapmalarının kapılarını açmıştır. Havacılık endüstrisinde de 3D parçaların kullanımı çok hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. DMLS tekniği ile yapılan metal parçalar, 3D yazıcıda kullanılan plastik türleri kadar çeşitlidir.

Baskı işleminde metal, toz hâlinde kullanılır. Metal tozu çoğunlukla metal aletlerin prototiplerini basmak için kullanılır, aynı zamanda mücevherat gibi pazarlanabilir ürünler üretmek için de tercih edilir. Toz hâline getirilmiş metal, tıbbi cihazlar yapmak amacıyla da kullanılmaktadır. 3D baskı için metal tozu kullanıldığında işlemi bitmiş ürün, daha az sayıda parçadan oluşur. Örneğin 3D yazıcılarla üretilen roket enjektörleri sadece iki parçadan oluşurken geleneksel yöntemlerle üretilen benzer bir enjektör 100'den fazla parçadan oluşmaktadır. Metal tabanlı 3D yazıcılarda en çok kullanılan metal çeşitleri şunlardır:

Paslanmaz Çelik: Son kullanımda suyla temas edebilecek mutfak eşyaları, pişirme kapları ve diğer öğeleri yazdırmak için idealdir.

Bronz: Vazo ve diğer demirbaşların yapımında kullanılır.

Altın: Baskılı yüzükler, küpeler, bilezikler ve kolyeler için idealdir.

Nikel: Havacılık, enerji ve proses endüstrileri, gemi yapımı gibi geniş bir uygulama yelpazesi için idealdir.

Alüminyum: İnce metal nesneler için idealdir.

Titanyum: Savunma sanayisi, havacılık, eklem değiştirmeleri, cerrahi aletler, yarış arabaları, bisiklet çerçeveleri, elektronik ve diğer yüksek performanslı ürünler için katmanlı imalatla en yaygın kullanılan metaldir.

D) Karbon Fiber

Karbon fiber gibi kompozitler, 3D yazıcılarda plastik malzemelerin üzerine son kat olarak kullanılmaktadır. Amaç, plastiği daha güçlü hâle getirmektir. Malzemeyi güçlendirmek için kullanılan karbon fiber kompozit, çelikten daha hafif ve daha dayanıklıdır. Karbon fiber, yüksek sıcaklıklara dayanabildiğinden uçak frenlerinde de kullanılmaktadır. Baskı işlemi sırasında hoş olmayan kokular yaymadığı ve yapısı biyolojik olarak parçalanabildiği için çevre dostu olarak kabul edilmektedir.

Çok güçlü olan esnek parçalar basmak için TPU bazlı karbon fiber filament kullanılabilir. Bu filament genellikle kahverengi veya siyah olarak üretilir. Filamentin en ilginç yanı, yeterince esnek olmasının yanı sıra iletken de olmasıdır.

E) Grafen ve Grafit

Grafen, hafif ama güçlü bir bileşiktir. Gücü ve iletkenliği sayesinde de 3D baskı için popüler bir malzeme hâline gelmiştir. Bu malzeme, dokunmatik ekranlar gibi esnek olması gereken cihaz parçaları için idealdir. Grafen ayrıca güneş panelleri, yapı parçaları gibi bir dizi ürün için de uygun bir malzemedir.

Grafit, gayet yumuşak, dokunumu yağsı ve ince levhalar hâlinde bükülme özelliğine sahip bir karbon mineralidir. Rengi siyah ve gri, çizgi rengi kül renginde ve yağlıcadır. Doğada kristal, pul ve amorf diye tanımlanan şekilleri mevcuttur ve en iyi formu kristal grafitir.

F) Nitinol

Medikal implantlarda yaygın olarak kullanılan bir malzeme olan nitinol, süper esnekliği nedeniyle 3D baskı dünyasında değerlidir. Nikel ve titanyum karışımından yapılan nitinol, kırılmadan önemli derecelerde bükülebilir. İkiye katlansa bile orijinal şekline geri dönebilir. Bu nedenle nitinol, esnek niteliklere sahip en güçlü malzemelerden biridir.

G) Kâğıt

Tasarımlar, düz bir illüstrasyondan çok daha gerçekçi bir prototip elde etmek için 3D teknolojisi vasıtasıyla kâğıda basılabilir. Tasarımın onay sunumunu yapan bir kişi, bu 3D baskılı model sayesinde tasarımın özünü daha ayrıntılı ve daha doğru bir biçimde ilgililere aktarabilir.

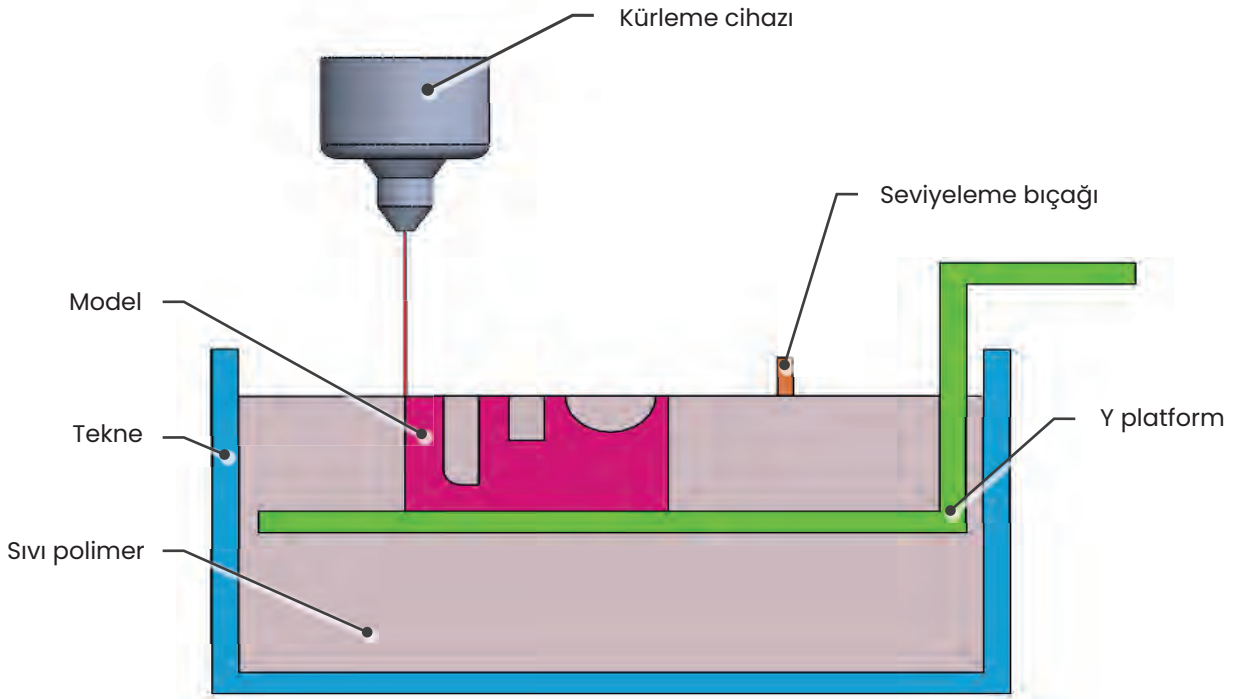
4.2. FOTO KÜR YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA

Yazıcılar kullanılmaya başlanmadan önce tüm kişisel güvenlik önlemleri alınmalı; gözlük, maske, eldiven gibi güvenlik elemanları mutlaka kullanılmalıdır.

Tekne polimerizasyonunda, modelin katman katman oluşturulduğu bir sıvı fotopolimer reçine teknesi ve reçineyi sertleştirmek için ultraviyole (UV) ışık kullanılır. Her yeni katman kürlendikten sonra bir platform, yapılan nesneyi aşağı doğru hareket ettirir.

Desteğin bağlanmamış malzemeye verildiği toz bazlı yöntemlerin aksine bu yöntemde, modeller sıvı kullanılarak oluşturulduğu için yapım aşamasında modelin doğal olarak herhangi bir yapısal desteği yoktur. Bu durumda genellikle destek yapılarının eklenmesi gerekecektir.

Reçineler, bir fotopolimerizasyon işlemiyle veya motor kontrollü aynalar yardımıyla reçinenin yüzeyine yönlendirilen UV ışığı kullanılarak sertleştirilir. Reçine ışıkla temas ettiğinde sertleşir (**Görsel 4.11**).



Görsel 4.11: Fotopolimerizasyon 3D baskı teknolojisi

4.2.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma

Tezgâh ayarları yapılırken öncelikle 3D yazıcı üreticisinin hazırladığı kullanma kılavuzundaki tavsiyelere uyulmalıdır. Tezgâhın bulunduğu ortamın tozsuz ve temiz olmasına dikkat edilmeli, ortam havalandırması ideal olmalıdır. Yazıcının vidaları kontrol edilmeli, gevşeyen varsa sıkılmalıdır. Vidaların sıkılması, olası arızaların sayısını azaltacak ve sorun gidermeyi daha kolay hâle getirecektir. Lineer çubuklar, raylar gibi tüm kayan yüzeyler yağlanmalıdır. Yazıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantılar kontrol edilmelidir. Güç düğmesi açılarak 3D yazıcıya akım gelip gelmediği değerlendirilmelidir.

4.2.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme

3D baskıda iyi sonuçlar elde edebilmek için sadece modeli yazıcıya yüklemek ve baskıyı başlatmak yeterli değildir. Baskısı yapılan parçaların doğruluğunu ve yüzey kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin en önemlisi, parçanın, yazdırılacağı alana en iyi ve en uygun şekilde yerleştirilip konumlandırılmasıdır. Parça yerleştirme ve konumlandırma, üç boyutlu yazdırılmış bir parçanın yazıcı tablasına nasıl temas ettiğini tanımlar.

4.2.3. İşleme Simülasyonunu Yapma

İşleme simülasyonu tasarım ve baskı arasındaki süreci kapsamaktadır. Tüm 3D baskı süreçleri, bir 3D model veya CAD dosyasının tasarımı ile başlar. CAD (bilgisayar destekli tasarım), bir nesnenin 3D görüntüsünü içeren ve CAD yazılımı tarafından yapılan dijital dosya biçimleridir. CAD modeli, baskı ayarlarını belirleyen bir dilimleme yazılımına aktarılır ve bu yazılım dijital modeli parçanın yatay kesitlerini temsil eden katmanlara dilimler. 3D yazıcıdaki ayarlar; yönlendirme, katman yüksekliği, destek yapıları ve değerlerini içerir. Model inşasına başlanmadan önce parça, tüm bu unsurlar gözetilerek simüle edilir.

4.2.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme

3D baskı reçineleri ışığa maruz kaldıklarında katılaşıyor veya sertleşir; bu nedenle reçineler serin ve karanlık bir yerde saklanmalı, kapaklarının sıkıca kapatıldığından emin olunmalıdır. Reçine kullanılmadan önce gözlük ve maske takılıp eldiven giyilmeli, dökülen reçinelerin silinmesi için kâğıt havlular bulundurulmalıdır.

Gerekli ön hazırlıklar yapıp önlemler alındıktan sonra yazıcının kapağı açılır ve yapı platformu, reçine teknesinin tepesinden aşağı doğru, katman kalınlığı kadar alçaltılır. Tekneye boşaltılmadan önce içerisindeki reçine ve pigmentin homojen karışması için reçine şişesi iyice sallanır. Reçine, kullanım kılavuzundaki yönergeler doğrultusunda yazıcı teknesine boşaltılır ve yazıcının kapağı kapatılarak baskı başlatılmaya hazır hâle getirilir.

4.2.5. Modeli İşleme

Bir UV ışığı, reçineyi katman katman sertleştirir. Platform aşağı doğru hareket etmeye devam eder ve bir öncekinin üzerine ek katmanlar inşa edilir. Bu işlem, model tamamlanana kadar tekrar eder. Baskı işlemi bittikten sonra parça hâlâ tam kürlenmemiş durumda olabilir. Mekanik dayanım veya ısı dayanımı isteniyorsa parça temizlendikten sonra UV ışığı ile kürlenme işlemi yapılabilir.

4.2.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma

Model inşa süreci bitince tezgâh otomatik olarak durur. Kalan reçine tekrar kullanılabilirliğinden proses tamamlandığında, reçinenin kirlenmemesi için model reçineden çıkartılmalı ve fazla reçine teknedeki boşaltılmalıdır. Proses sonrasında destekler bir bıçak ya da keskin başka bir alet yardımıyla modelden ayrılmalıdır. Model önce alkol, sonra da su ile durulanmalıdır. Durulama sonrasında model hava tabancasıyla ya da normal hava koşullarında ortam sıcaklığıyla kurutulmalıdır. Üst yüzey işlemleri de yapılarak model işleme süreci tamamlanmalıdır.

ÖĞRENME BİRİMİ	OTO İNŞA TEKNOJİLERİ	4.1. UYGULAMA
KONU	Foto Kür Yöntemi ile Modelleme Yapma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Fotopolimerizasyon baskı teknolojisi ile imalat yapmak.

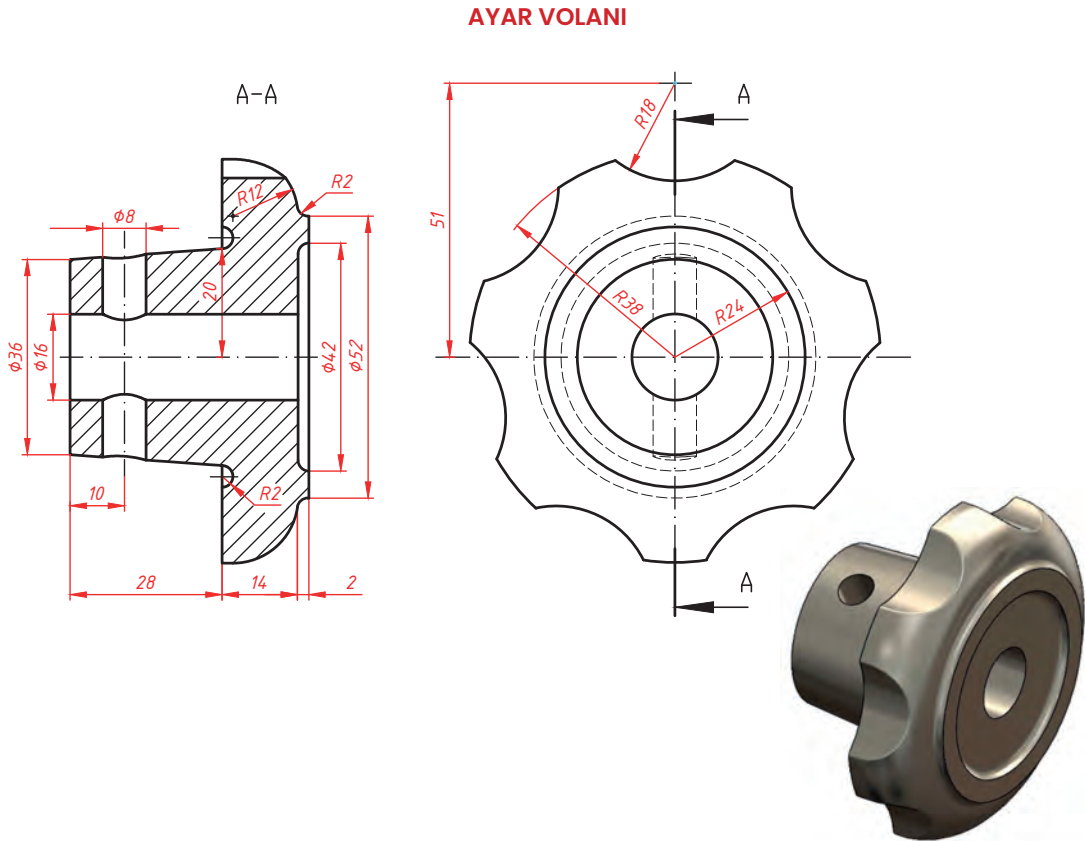
ARAÇ GEREÇ

1. Fotopolimerizasyon (SLA) makinesi
2. 3D baskı reçinesi
3. Model teknik resmi
4. Bilgisayar
5. CAD-CAM programı
6. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek ayar volanı parçasını fotopolimerizasyon yöntemi ile üretiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Verilen imalat resmini (**Görsel 4.12**) 3D model olarak tasarlayınız.



Görsel 4.12: İmalat resminin 3D olarak tasarlanması

3. Çizdiğiniz 3D modeli STL dosyasına dönüştürünüz.
4. Çizmiş olduğunuz modeli makine programında açınız ve üzerinde gerekli işlemleri yaparak, yazdıracağınız alana en iyi ve en uygun şekilde konumlandırırsınız.
5. Yazdırma işlemine başlamadan önce katman yüksekliği, destek yapıları gibi ayarlamaları yaparsınız.
6. Yazıcının bulunduğu ortamın tozsuz olmasına ve havalandırmasının iyi yapılmasına özen gösterirsiniz.
7. Yazıcının vidalarını, lineer çubuklarını ve tüm hareketli yüzeylerini kontrol edersiniz.
8. Reçineyi kullanmadan önce gözlük ve maske takıp eldiven giyersiniz.
9. İçerisindeki reçine ve pigmentin iyice karışması için açmadan önce reçine kabını bir süre sallarsınız.
10. Kullanım kılavuzundaki yönerge doğrultusunda reçineyi tekne içerisine boşaltırsınız.
11. Baskı işlemini işlem sırasını kontrol ettikten sonra başlatırsınız.
12. Model inşası devam ederken ara ara tezgâhı kontrol edersiniz.
13. Modelin inşası bittiğinde tezgâhın otomatik olarak kapanmasını beklersiniz.
14. Tekne içerisindeki fazla reçineyi temiz bir kaba alırsınız.
15. İşlem sonrası destekleri bir kesici yardımıyla modelden ayırırsınız.
16. Modeli önce alkol, sonra da su ile durulayıp hava tabancasıyla kurularsınız.
17. Üst yüzey işlemlerini yaparak tamamladığınız modeli öğretmeninize teslim edersiniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CAD programında modelin üç boyutlu resmini çizme ve STL formatına aktarma	3D yazıcı katman ayarlarını yapma	3D yazıcıyı hazırlama	Üretim ve üst yüzey işlemlerini yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:											
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:		10	20		20	20	20	10	100		
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.											

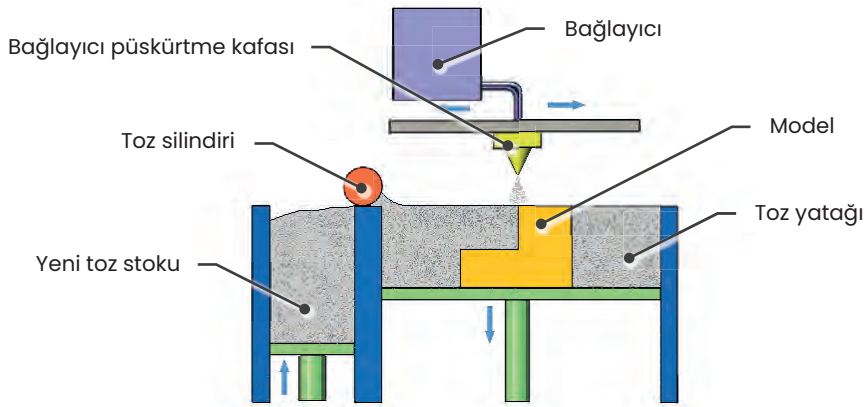


4.3. TOZ BAĞLAMA YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA

Bağlayıcı püskürtme işleminde iki malzeme kullanılır: yapı malzemesi ve bağlayıcı. Bağlayıcı genellikle sıvı formda, yapı malzemesi ise toz formundadır. Bağlayıcı, toz katmanları arasında bir yapıştırıcı görevi görür. Bir baskı kafası, makinenin X ve Y eksenleri boyunca yatay olarak hareket eder ve yapı malzemesi ile bağlayıcının dönüşümlü katmanlarını biriktirir (**Görsel 4.13**).

İlk olarak toz silindiri, yapı platformunun üzerine ince bir toz tabakası yayar. Ardından baskı kafası yatağın üzerinden geçerek toz parçacıklarını birbirine bağlamak için seçici olarak bağlayıcı madde damlacıkları bırakır.

Yapı platformu, modelin katman kalınlığı kadar aşağı doğru, toz stoku aynı artışla yukarı doğru hareket eder. Bir önceki katın üzerine başka bir toz tabakası yayılır. Model, tozun sıvıyla bağlandığı yerde oluşur. Bağlanmamış toz, modeli çevreleyen konumda kalır. İşlem, daha sonra tüm model tamamlana kadar tekrarlanır. Diğer toz bazlı üretim yöntemlerinde olduğu gibi, basılan model toz yatağı içinde kendi kendini taşır ve yeterince güçlü olana kadar toz yatağı içinde kürlenmeye bırakılır. Daha sonra model, bağlanmamış tozdan çıkarılır. Fazla toz toplanır ve tekrar kullanılabilir. Bu işlem, yapısal ve fonksiyonel parçalar için uygun değildir ve sonradan işlem gerektirir.



Görsel 4.13: Toz bağlama yöntemi ile katmanlı imalat

4.3.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma

Tezgâh ayarları yapılırken öncelikle 3D yazıcı üreticisinin hazırladığı kullanma kılavuzundaki tavsiyelere uyulmalıdır. Tezgâhın bulunduğu ortamın tozsuz ve temiz olmasına dikkat edilmeli, ortam havalandırması ideal olmalıdır. Yazıcının vidaları kontrol edilmeli, gevşeyen varsa sıkılmalıdır. Vidaların sıkılması, olası arızaların sayısını azaltacak ve sorun gidermeyi daha kolay hâle getirecektir. Lineer çubuklar, raylar gibi tüm kayan yüzeyler yağlanmalıdır. Yazıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantılar kontrol edilmelidir. Güç düğmesi açılarak 3D yazıcıya akım gelip gelmediği değerlendirilmelidir.

4.3.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme

Tüm 3D baskı yöntemlerinde olduğu gibi toz bağlama yönteminde de ilk adım 3D model oluşturmaktır. Daha sonra dosya, bir dilimleme yazılımı kullanılarak, katmanlara bölünebilen bir STL dosyasına dönüştürülmelidir. Dilimlenmiş bir 3D modelden iyi sonuçlar elde edebilmek için sadece modeli yazıcıya yüklemek ve baskıyı başlatmak yeterli değildir.

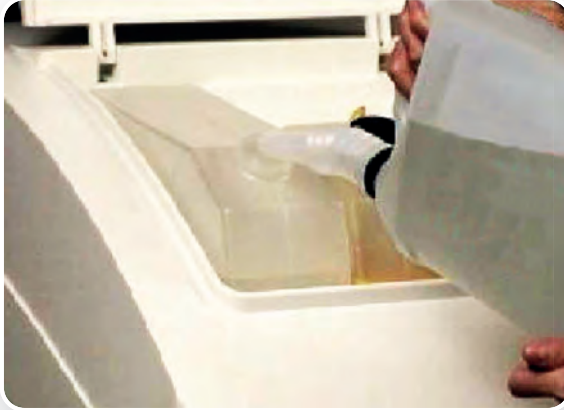
Baskısı yapılan parçaların doğruluğunu ve yüzey kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin en önemlisi parça yerleştirme ve konumlandırma. Parça yerleştirme ve konumlandırma, 3D yazdırılmış bir parçanın yazıcı tablasına nasıl temas ettiğini tanımlar. Toz bağlama yönteminde, inşa süresinden kazanmak için modeli inşa alanına mümkün olduğu kadar yatay yerleştirmeye dikkat etmek gerekir.

4.3.3. İşleme Simülasyonunu Yapma

İşleme simülasyonu, diğer bir deyişle ön işleme, tasarım ve baskı arasındaki süreci kapsar. 3D baskı süreci, CAD programında tasarım yapmakla başlar. Daha sonra yazıcı yazılımı, 3D CAD dosyasını katmanlara ayırır. Yazılım, her dilim için verileri makinenin izleyeceği takım yollarını belirleyen makine koduna dönüştürerek simülasyonu yapar.

4.3.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme

Makinenin püskürtme haznesi bağlayıcı sıvı ile doldurulur (**Görsel 4.14**). Makine malzeme kazanı pistonu alt seviyeye indirilir ve toz inşa malzemesi kazana doldurulur (**Görsel 4.15**). Toz sıkıştırılır, ardından toz yüzeyi düzeltilir. İnşa alanındaki piston 4-5 mm kalana kadar yukarı kaldırılır. İnşa alanında model yatağı oluşturularak yazıcı çalışmaya hazır hâle getirilir.



Görsel 4.14: Haznenin bağlayıcı sıvı ile doldurulması



Görsel 4.15: Toz polimerin doldurulması

4.3.5. Modeli İşleme

Silindir, yapı platformu üzerine ince bir toz tabakasını eşit şekilde serer. Bağlayıcı püskürtmeli baskı kafası daha sonra yatağın üzerinden X ve Y yönlerinde geçerek parçanın birinci katmanını oluşturacak şekilde seçici olarak bağlayıcı sıvıyı püskürtür. İlk katmanı bitirdikten sonra yapı platformu Z yönünde aşağı doğru hareket eder ve toz stoku aynı artışla yukarı yönde hareket eder. Bu işlem, parça tamamlanana kadar tekrarlanır.

4.3.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma

Model inşa süreci bitince tezgâh otomatik olarak durur. Model tamamen toz yatağına gömülmüş hâledir. Mukavemetinin artması için toz yatağı içinde yaklaşık bir saat kürlenmeye bırakılır. Daha sonra, inşa alanında modele destek olan fazla toz malzeme, model kurtulana kadar vakumla çekilir. Model, inşa alanından çıkarılır. Basınçlı hava ile temizlenip üst yüzey işlemleri yapılan modelin işleme süreci tamamlanmış olur.

ÖĞRENME BİRİMİ	OTO İNŞA TEKNOJİLERİ	4.2. UYGULAMA
KONU	Toz Bağlama Yöntemi ile Modelleme Yapma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Yapıştırıcı ile katmanlı imalat yapmak.

ARAÇ GEREÇ

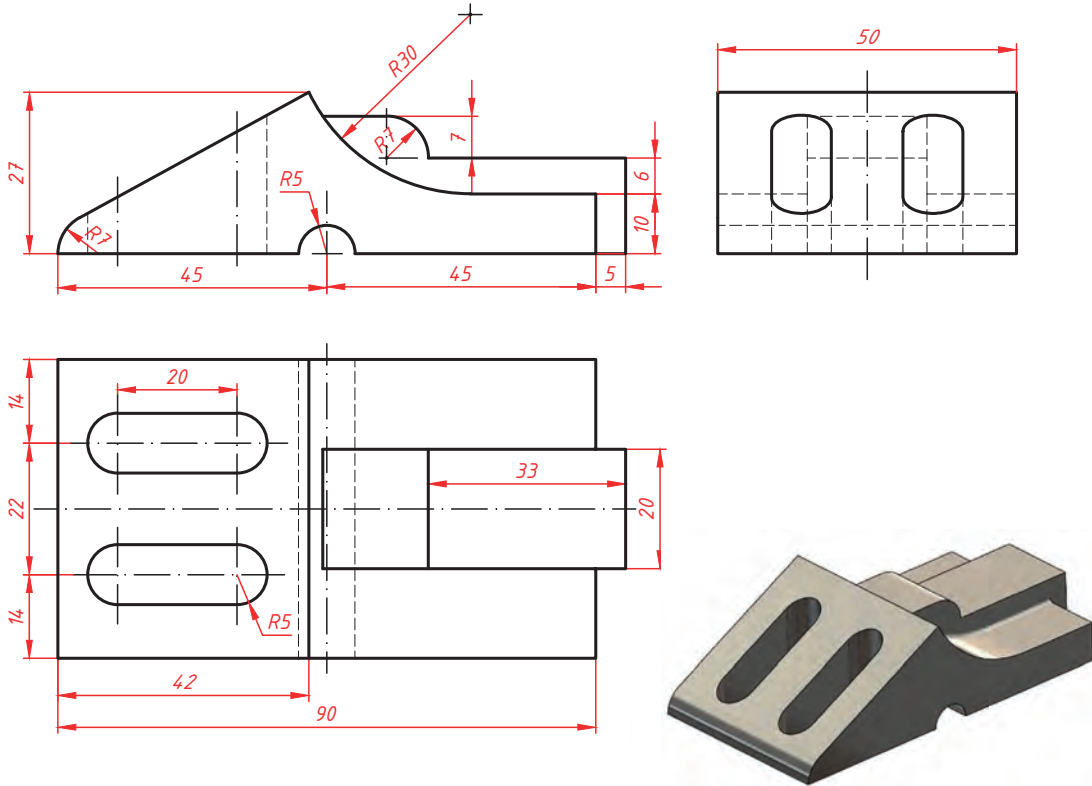
1. Yapıştırıcı püskürtme (BJ) makinesi
2. Toz bazlı malzeme
3. Bağlayıcı malzeme
4. Model teknik resmi
5. Bilgisayar
6. CAD-CAM programı
7. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek kilitleme aparatı parçasını yapıştırıcı püskürtme yöntemi ile üretiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Verilen imalat resmini (**Görsel 4.16**) 3D model olarak tasarlayınız.

KİLİTLEME APARATI



Görsel 4.16: İmalat resminin 3D olarak tasarlanması

3. Çizdiğiniz 3D modeli STL dosyasına dönüştürünüz.
4. Çizmiş olduğunuz modeli makine programında açınız ve üzerinde gerekli işlemleri yaparak, yazdıracağınız alana en iyi ve en uygun şekilde konumlandırırsınız.
5. Yazıcının bulunduğu ortamın tozsuz olmasına ve havalandırmasının iyi yapılmasına özen gösterirsiniz.
6. Yazıcının vida ve lineer çubukları ile tüm hareketli yüzeylerini kontrol edersiniz.
7. Makinenin püskürtme haznesini bağlayıcı sıvı ile doldurursunuz.
8. Makinenin malzeme kazanını alt seviyeye indirip kazan içerisine toz inşa malzemesini doldurursunuz.
9. Kazan içerisindeki toz malzemeyi sıkıştırıp üst yüzeyini düzeltirsiniz.
10. Makineyi başlatırsınız ve işleyişi ara ara kontrol edersiniz.
11. Modelin inşası bittiğinde tezgahın otomatik olarak kapanmasını beklersiniz.
12. Modelin toz yatağı içerisindeki gömülü hâlini gözlemlersiniz.
13. Mukavemetinin artması için modeli toz yatağı içerisinde yaklaşık 1 saat kürlenmeye bırakırsınız.
14. İnşa alanındaki modele destek olan toz malzemeyi model kurtulana kadar vakumla çekersiniz.
15. Modeli inşa alanından çıkartırsınız.
16. Model yüzeyini basınçlı hava ile temizlersiniz.
17. Üst yüzey işlemlerini yaparak tamamladığınız modeli öğretmeninize teslim edersiniz.

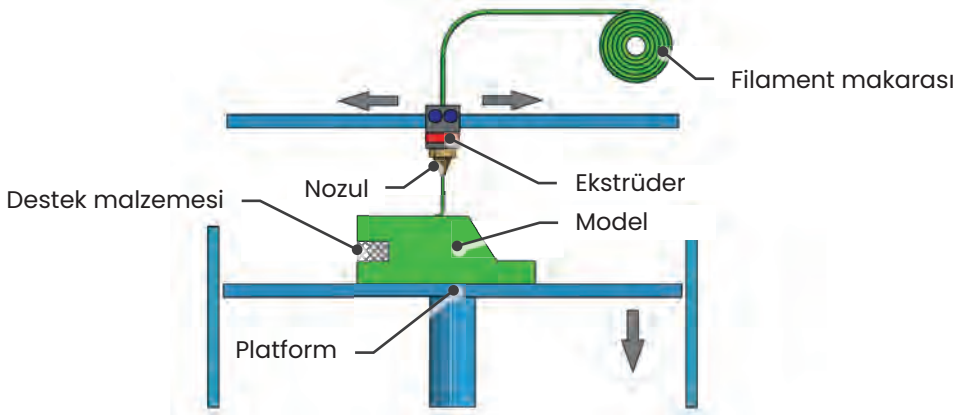
Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA		İŞİ BİTİRME		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ								
..... / / 20.....		 / / 20.....		PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CAD programında modelin üç boyutlu resmini STL formatına aktarma	3D yazıcı katman ayarlarını yapma	3D yazıcıyı hazırlama	Üretim ve üst yüzey işlemlerini yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan	
Öğrencinin												
Adı Soyadı:												
Sınıfı ve Numarası:												
Öğretmenin												
Adı Soyadı:		10	20	20	20	20	10	100				
İmzası:												
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.												

4.4. YIĞMA YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA

Genelde plastik ve polimer malzemelerin kullanıldığı yığma yönteminde, malzemeler filamentler hâlinde eritilip uygulama yapan hareketli bir kafaya iletilir ve katmanlar hâlinde üst üste yapıştırılarak oluşturulan şekil ortam sıcaklığında sertleştirilir.

Malzeme ekstrüzyonu (FDM) olarak da adlandırılan bu yöntem, genellikle hızlı prototipleme ve az sayıda seri imalat durumlarında tercih edilmektedir (**Görsel 4.17**). Karmaşık tasarımı olmayan birçok modelin üretimi için idealdir.



Görsel 4.17: Malzeme ekstrüzyonu imalat yöntemi

4.4.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma

Yazıcının vidaları tam olarak sıkılmamış olabilir. Vidalar kontrol edilmeli, gevşeyen varsa sıkılmalıdır (**Görsel 4.18**). Vidaların sıkılması, olası arızaların sayısını azaltacak ve sorun gidermeyi daha kolay hâle getirecektir.

Malzeme ekstrüzyonu imalat yönteminde baskı öncesi gerekli kalibrasyon işlemlerinin yapılması son derece önemlidir.



Görsel 4.18: 3D yazıcı vidalarını sıkma

3D Yazıcı Kalibrasyonu

Kalibrasyon, baskı oluşturmak için kullanılan ekipmandan bağımsız olarak her baskının tamamen aynı olmasını sağlar. 3D yazıcılar çok karmaşık makinelerdir ve bu nedenle kalibrasyon tek tıklamayla yapılacak bir görev değildir. Ortaya çıkabilecek sorunların asgari seviyeye indirilebilmesi için bu göreve belli bir vaktin ayrılması gerekir. Üstelik tüm yazıcılar farklı şekillerde kalibre edilir. Bazılarının fiziksel ayar kolları bulunurken bazıları ise tamamen yazılımla kontrol edilir. Bir 3D yazıcının tabla, ekstrüder ve motorları olmak üzere kalibrasyon gerektiren üç ana kısmı vardır. Bu bölümlerden her biri, aşağıda ayrıntısıyla verilecek bilgiler doğrultusunda kalibre edilmelidir.

a) Tabla Ayarı

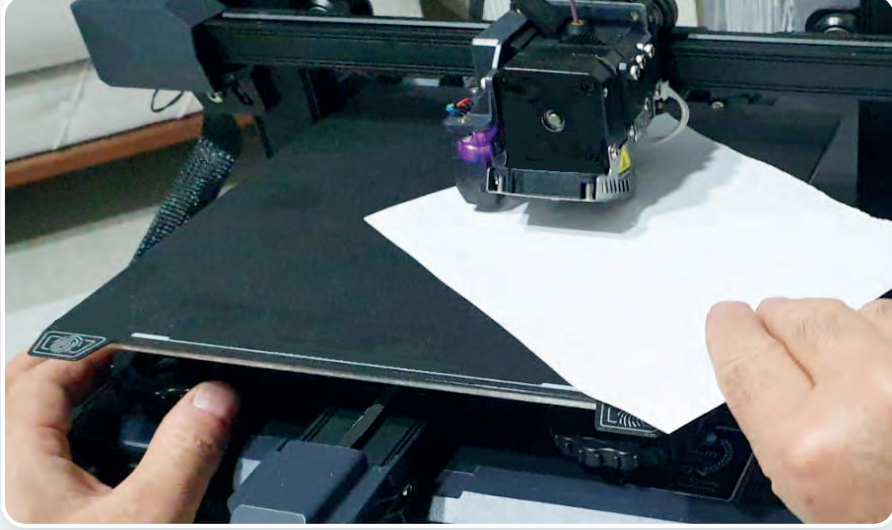
Katmanlar çok inceyse veya nozulun etrafında filament toplanıyorsa taban plakasının düzlemselliğinin ayarlanması gerekir. Bu, en önemli ve aynı zamanda gözden kaçırılması en kolay kalibrasyon ayarlarından biridir. Tablayı ayarlamak (**Görsel 4.19**), baskılarınızın yüzey kalitesini iyileştiren basit ve hızlı bir iştir. Üç boyutlu yazıcıda tabla ayarı yapılmadan önce iki eksende bulunan gerdirmе kayışları ayarlanmalıdır. Tabla ayarı yapıldıktan sonra gerdirmе kayış ayarları yapılırsa tabla ayarı yeniden bozulur. Gerdirmе kayışları bir defa düzgün şekilde ayarlandıktan sonra sık sık ayarlanma gerektirmez. Gerdirmе kayışları gevşek bir şekilde ayarlanırsa kayışlarda atlamalar olur ve dolayısıyla baskıda hatalar oluşur. Sert bir şekilde ayarlanırsa motorlar çabuk yorulur ve mekanik parçalarda bozulmalar çabuk oluşur. Gerdirmе kayışı ne çok sert ne de çok gevşek olmalıdır.



Görsel 4.19: Tabla ayarı

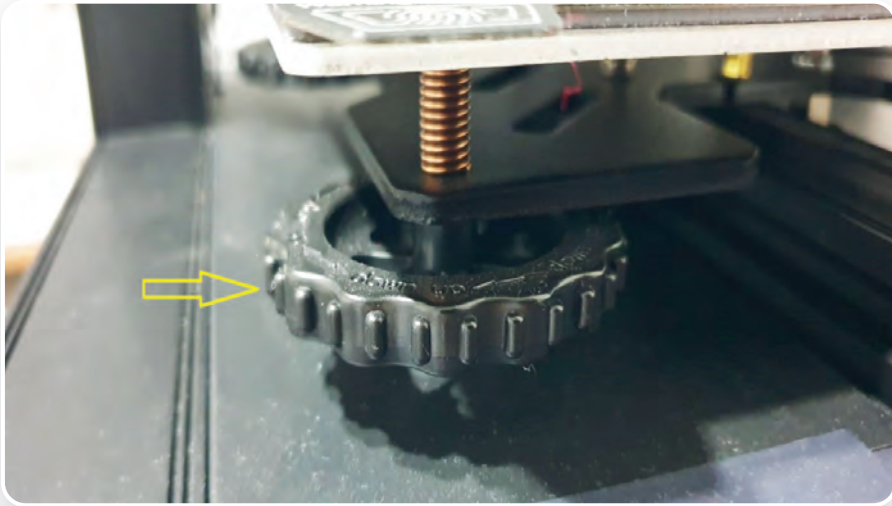
Tabla düzlemselliği ayarlanırken takip edilmesi gereken adımlar, sırasıyla şunlardır:

1. Baskı kafasını ortalayın.
2. Nozul (baskı kafası) ile tabla arasında yeterli mesafe olduğundan emin olmak için baskı kafası ile tabla arasına ince bir kâğıt yerleştirin. Z ekseninde kâfının tabandan uzaklığına hafif bir direnç hissedene kadar ince ayar yapın (**Görsel 4.20**).



Görsel 4.20: Baskı kafası ile tabla arasına kâğıt yerleştirilmesi

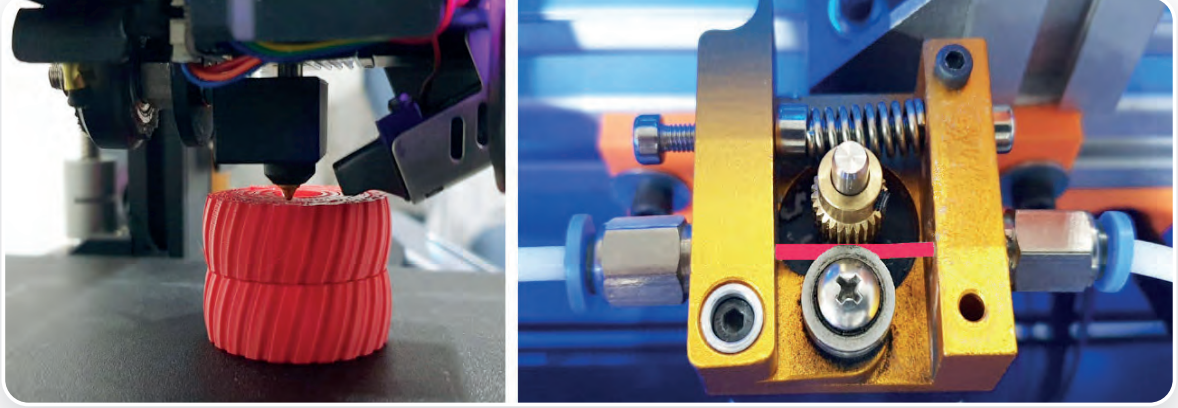
3. Yazıcı kafasını tablanın köşesine getirin.
4. Çoğu yazıcının her bir köşesinde çevirebileceğiniz vidalar bulunur (**Görsel 4.21**). Hafif bir sürtünme hissedene kadar kâğıdı ileri geri hareket ettirirken kontrolünü yaptığınız köşenin altındaki vidadan gerekli ayarları yapın.
5. Tüm tablanın düz olduğundan emin olmak için bu adımları dört köşede de tekrarlayın. Bu ayarları kaydetmeniz gerektiğini unutmayın.



Görsel 4.21: Tabla ayar vidası

b) Ekstrüderin Kalibre Edilmesi

Ekstrüder kalibrasyonunun amacı, bir baskı sırasında 3D yazıcının doğru miktarda filamenti sıcak uçtan itmesini sağlamaktır (**Görsel 4.22**). Ekstrüder parçasında oluşabilecek iki ana sorun vardır. Bunlar, filament akışının çok fazla ya da çok az olması sorunlarıdır. Yanlış filament kalınlığı kullanımı da bir sorundur ancak bu yanlış düzeltmek çok kolaydır.



Görsel 4.22: Ekstrüder

Çok fazla filament akışı hatası ile yapılan baskılar lekelerle, iplere, ekstrüderde tıkanmaya ve filament sıkışmasına neden olur. Çok az filament akışı hatası ile yapılan baskılarda ise katmanlar arasında boşluklar ve katman yapısında zayıflık veya eksiklikler olur (**Görsel 4.23**). Katmanlar arasındaki yapışma da çok iyi olmayacaktır. Bu sorunlardan kaçınmak için ekstrüderi kalibre etme işlemi basit birkaç adımda yapılabilir.



Görsel 4.23: Filament akış hatası

Bir 3D yazıcının E-adımlarını (ekstrüder adımları) kalibre etmek için bilgisayar, filament (esnek olmayan, PLA, ABS veya PETG), ölçü aleti (kumpas vb.) ve kalem gereklidir. Aşağıdaki adımlar, E-adım kalibrasyonunda size yol gösterecektir. Yazıcının LCD arayüzünü kullanarak da E-adımlarını kalibre edebilirsiniz.

E-adımları kalibre etme basamakları sırasıyla şunlardır:

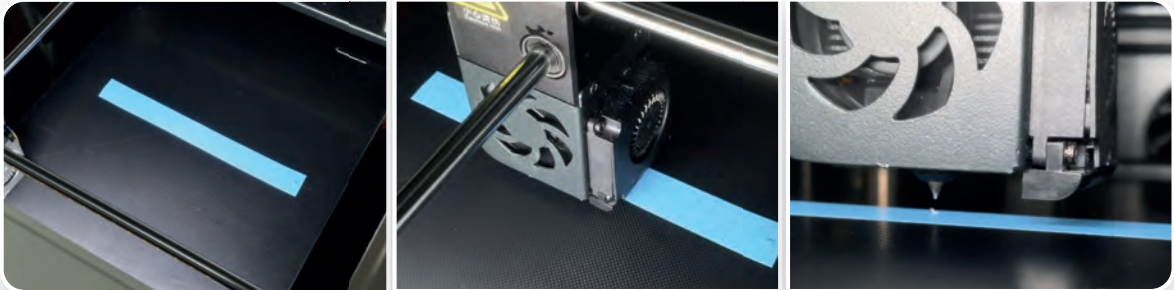
1. Filamentinizi ekstrüderinizin ayar noktasından 100 mm'ye kadar ölçün ve bu noktayı işaretleyin. Daha sonra, ölçümü kolaylaştırmak için bu 100 mm'lik işaretin üstüne ve altına fazladan 10 mm'lik işaretler ekleyin.
2. Nozulu (sıcak uç) ısıtın -ekstrüderin çalışması için nozulun en az 180 °C sıcaklığa ulaşması gerekebilir- ve filamenti 100 mm ilerletin. Bunu, "1 mm taşı" seçeneğine tıklayarak ve ardından 100 mm'ye ulaşana kadar düğmeyi yavaşça döndürerek yapın.
3. Yazıcı filament göndermeyi bitirene kadar bekleyin ve ucun filamentteki 100 mm işaretinden ne kadar uzakta durduğunu ölçün. İşaret ekstrüderi geçtiyse ekstrüderiniz aşırı filament akışı yapıyor, işaret ekstrüdere ulaşmadıysa yetersiz ekstrüzyon yapıyor demektir.
4. Nozula (sıcak ağızlık) gönderilen filament miktarını bulmak için 100 mm işaretinin üstündeki ve altındaki işaretlemeleri kullanın.
5. Mevcut E-adımlarını 100 ile çarparak ve ardından sonucu filamentinizin ekstrüde edildiği gerçek mesafeye bölerek doğru E-adımlarını hesaplayın. Ortaya çıkan değer, yeni ve doğru E-adımı değeridir.
6. Eski E-adımı değerlerini, yeni E-adımı değerinize değiştirin.
7. Yazıcıyı kapatıp tekrar açın, ardından E-adımı değerinin değişip değişmediğini kontrol etmek için birinci adımı tekrarlayın. Değer değişmişse ekstrüder kalibrasyonu tamamlanmıştır.

Belirli bir malzemeden yapılmış filamentin doğru miktarda ekstrüde edilebilmesi için akış hızının doğru ayarlanmış olması gerekir. Dilimleme yazılımları, farklı malzeme türleri için ayrı ayrı akış hızları belirlemiştir. Ekstrüzyon sırasında çok büzülen malzemeler daha yüksek bir akış hızı gerektirirken çok şişen malzemeler daha düşük bir akış hızı gerektirir.

c) X, Y ve Z Motorlarını Kalibre Etme

Yazıcının kullandığı ölçümlerin doğru olduğundan emin olunmalıdır. Bunun için eksen motorlarının kalibre edilmesi gerekir. Kalibre işlemi gerçekleştirilirken taban plakasındaki 100 mm'lik kenarlara sahip bir alan, bir bant kullanılarak işaretlenir. Nozul, bandın kenarlarından birine yerleştirilir ve 100 mm boyunca uygun yönde hareket ettirilir. Bu esnada nozulun tam olarak bandın üzerinde olup olmadığını kontrol edilir. Değilse gerekli düzeltmeler yapılır (**Görsel 4.24**).

100,01 mm ile 100 mm dahi kesinlikle aynı değildir, bu küçük farklılık daha sonra büyük hatalara neden olur. Bu hataları en aza indirmek için motor ayarlarının her yazdırma işlemi öncesinde yapılması gerekir.



Görsel 4.24: Tabla üzerinde X, Y, Z motor kalibrasyonu

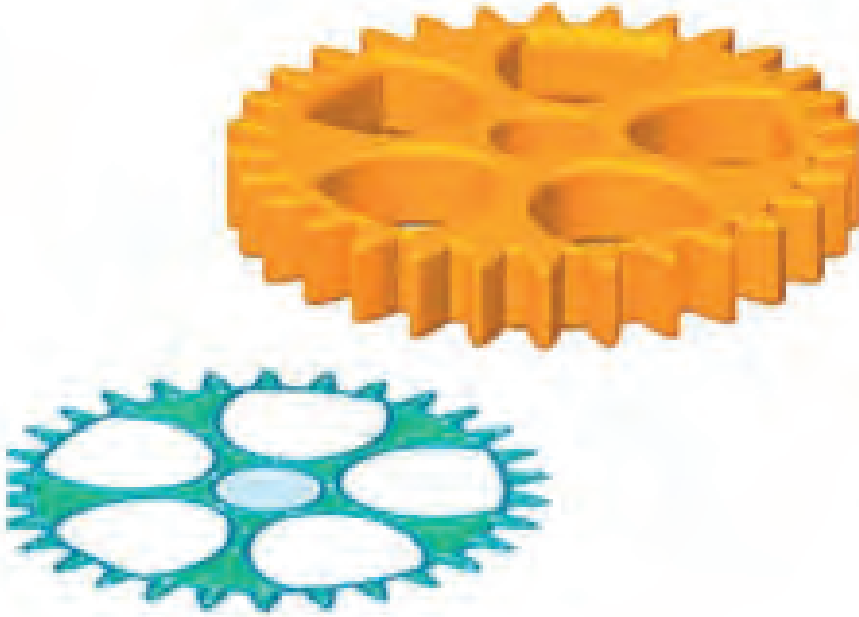
4.4.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme

3D baskıda iyi sonuçlar elde edebilmek için sadece modeli yazıcıya yüklemek ve baskıyı başlatmak yeterli değildir. Baskısı yapılan parçaların doğruluğunu ve yüzey kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin en önemlisi, parça yerleştirme ve konumlandırma. Parça yerleştirme ve konumlandırma, 3D yazdırılmış bir parçanın yazıcı tablasına nasıl temas edeceğini tanımlar.

Parça yerleştirme ve konumlandırma için dikkate alınması gereken faktörler şunlardır:

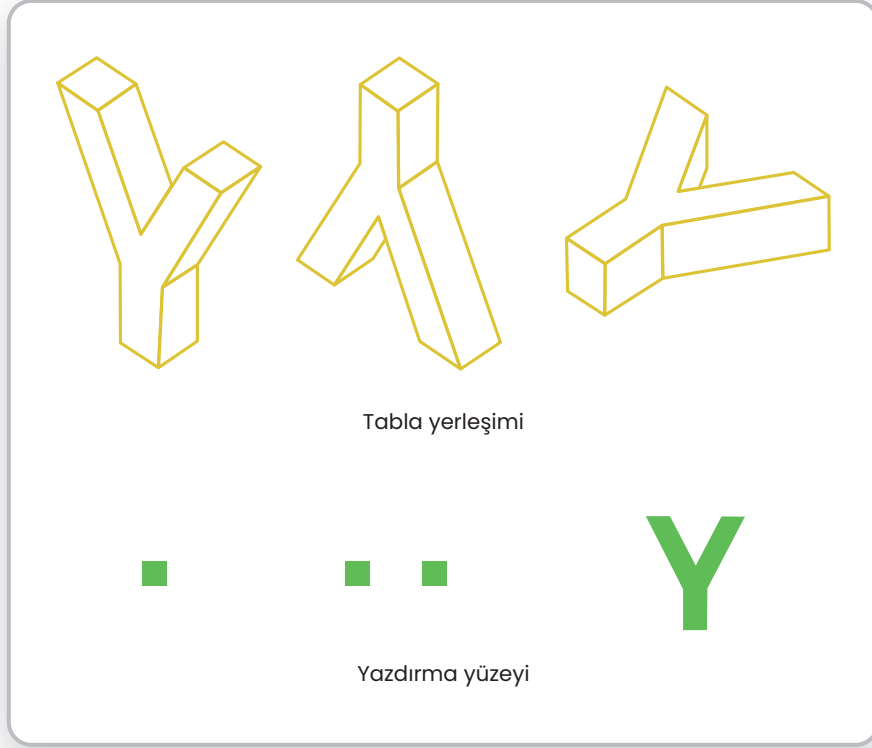
- Tablaya yapışması gereken parça yüzeyinin belirlenmesi
- Bir cismi, üzerine etki eden kuvvetleri en aza indirecek şekilde yönlendirmek için mekanik gerilme yaşayacak parça yüzlerinin belirlenmesi
- Konumlandırmanın 3D yazıcı tablasının kapasitesi dâhilinde olup olmadığının belirlenmesi
- Yazdırma süresinin belirlenmesi
- Karmaşıklığı ve malzeme kullanımını azaltmak için destek gereksinimlerini en aza indirmenin yollarının belirlenmesi

3D baskının ilk katmanı, yazdırılan en önemli katmandır. Baskı tablaya kötü bir şekilde yapışmışsa hareket etmeye, sallanmaya ve bükülmeye karşı direnç gösteremez. Bunlar gibi ciddi durumlarda baskı hatalarıyla karşılaşılır. Baskının ilk katmanının baskıyı tablaya sabitleyebilecek kadar büyük olması ve uygun şekilde yerleştirilmesi önemlidir. 3D yazıcı tablasına modelin geniş ve düz yüzeylerinin yapışması için planlama yapılmalıdır. Örneğin bir dişlinin yanları düz yüzeylerdir, bu nedenle dişliyi yan yüzeyinde yazdırmak destek malzemesi gerektirmez (**Görsel 4.25**).



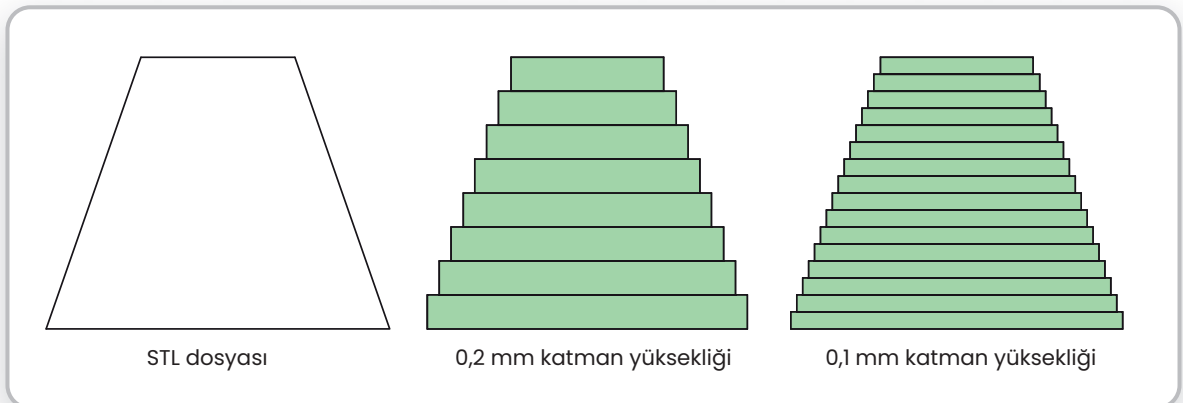
Görsel 4.25: Parça yüzey seçimi

Yazdırma yüzeyinin doğru seçilmesi, yüzey kaplamasının ve mekanik performansın en iyi seviyede olmasını sağlar. **Görsel 4.26**'daki gibi pek çok uygulama için en iyi yüzey kalitesini elde etmek, işlem sonrası manuel temizliği en aza indirmek için kritik öneme sahiptir.



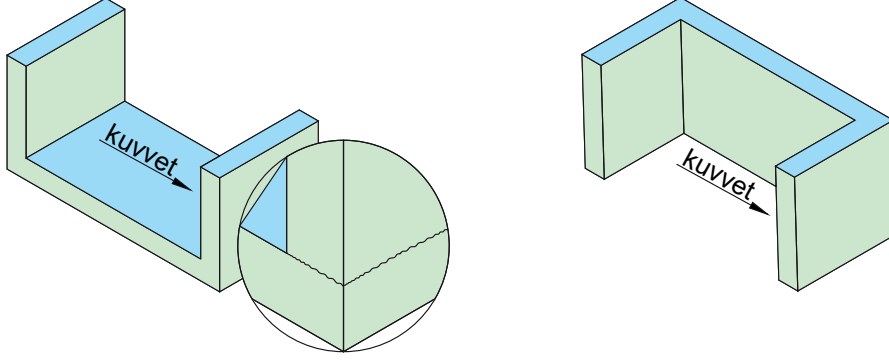
Görsel 4.26: Parça konumlandırma

Yazıcı, bir katmanı her yazdığında, Z ekseninde (yükseklik) katman çizgileri olarak bilinen görünür hatlar oluşur (**Görsel 4.27**). Bu hatlar, daha ince katman yükseklikleriyle azaltılır. Hatta modelin tablaya iyi yerleştirilmesi sağlanarak bu etkiler daha da azaltılabilir.



Görsel 4.27: Katman yüksekliği

Yazdırılan parçalar mekanik performans yönünden zayıf olabilir. Parçanın mekanik performansını iyileştirmek ve kırılmasını, katmanlarının ayrılmasını önlemek için tablaya buna göre yerleştirilmesi önemlidir. Örneğin kırılma riski olan ince kısımlar, tablayla paralel yerine dikey olarak konumlandırılabilir (**Görsel 4.28**).



Görsel 4.28: Konumlandırmanın mekanik performansa etkisi

4.4.3. İşleme Simülasyonunu Yapma

İşleme simülasyonu tasarım ve baskı arasındaki süreci kapsamaktadır. Tüm 3D baskı süreçleri, bir 3D model veya CAD dosyasının tasarımı ile başlar. CAD modeli, baskı ayarlarını belirleyen bir dilimleme yazılımına aktarılır ve bu yazılım dijital modeli parçanın yatay kesitlerini temsil eden katmanlara dilimler. 3D yazıcıdaki ayarlar; yönlendirme, katman yüksekliği, destek yapıları ve değerlerini içerir. Model inşasına başlanmadan önce parça, tüm bu unsurlar gözetilerek simüle edilir.

4.4.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme

İnşa malzemesini manuel olarak yüklemek için nozul, değiştirilecek malzemeye uygun yazdırma sıcaklığına önceden ısıtılmalıdır. Örneğin daha önce naylon ile yazdırma işlemi yapıldıysa ve PLA'ya geçiliyorsa nozul, tamamen temizlenmesi için naylonun yazdırma sıcaklığına kadar önceden ısıtılır.

Malzemeyi başarılı bir şekilde beslemek için yazıcının doğru sıcaklığa getirilmesi önemlidir. Filament baskı sıcaklıkları, filament tür ve markaları arasında farklılıklar gösterebilir (**Tablo 4.4**). Kullanılacak filamentlerin doğru baskı sıcaklıkları, genellikle makarası üzerinde veya üreticisinin web sitesinde bulunabilmektedir.

Tablo 4.4: Yaygın olarak kullanılan filamentlerin baskı sıcaklıkları

Filament Türü	Baskı Sıcaklığı
PLA	210 °C ± 10 °C
ABS	230 °C ± 10 °C
TPU	220 °C - 240 °C
PETG	245 °C ± 10 °C
NAYLON	250 °C ± 10 °C

İnşa malzemesini tezgâha yükleme adımları sırasıyla şöyledir:

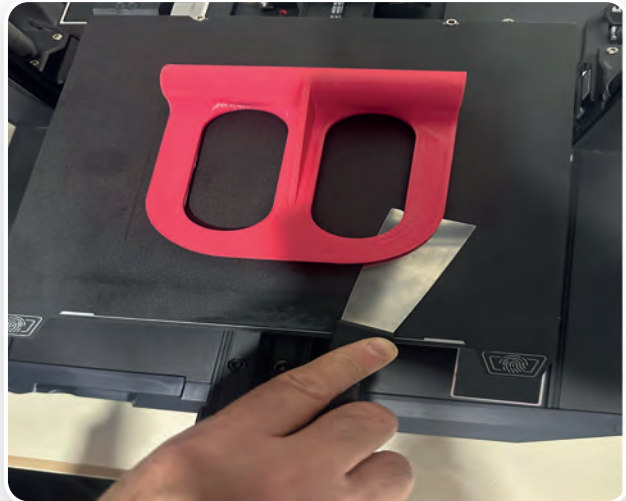
1. Filamentin ucunu açılı olarak kesin. Bu, filamentin ekstrüder yoluna yönlendirilmesini kolaylaştıracaktır.
2. Düzleştirmek ve kıvrılarak ekstrüderin içinde kaybolmasını önlemek için filamenti hafifçe bükün.
3. Kolu kullanarak veya kelebek vidayı gevşeterek ekstrüder üzerindeki basıncı azaltın.
4. Diğer elinizle filamenti ekstrüdere yerleştirin. Bu işlem, ekstrüderin yazıcı kafasına takılı olduğu bir doğrudan tahrik vasıtasıyla ve filamentin nozulden dışarı çıktığı görülene kadar, hissedilerek yapılmalıdır.
5. Filament nozule ulaştığında gerginliği yeniden ayarlayın.
6. Önceki malzemenin yeterince temizlendiğinden emin olmak veya önceki filamentten yenisine tamamen geçiş yapmak için LCD aracılığıyla 100 mm filamenti sıkın. Yazıcınızda bir LCD veya ekstrüderi hareket ettirecek bir yol yoksa gerilimi serbest bırakarak filamenti ekstrüderden geçirin. Aynı etkiyi elde etmek için kabaca 100 mm'lik filamenti elle itmeniz yeterli olacaktır.

4.4.5. Modeli İşleme

Yazıcıya bir 3D model dosyası gönderildiğinde süreç başlar. Dosya, nozulun hangi sıcaklıklarda tutulacağı, platform oluşturma yanısıra nozulun nasıl hareket ettirileceği ve ne kadar filamentin ekstrüde edileceği de dâhil olmak üzere her şey için bir dizi talimat içerir. Yazdırma işi başladığında nozul ısınır. Nozul gereken sıcaklığa ulaştığında ekstrüder filamenti nozula doğru iter. Bu noktada yazıcı, parçayı 3D yazmaya başlamak için hazırdır. Baskı kafası alçalar ve erimiş filamenti biriktirmeye başlar, nozul ile yapı yüzeyi arasındaki ilk katmanı sıkıştırır. Parça soğutma fanı veya fanları sayesinde malzeme nozulden çıktıktan kısa bir süre sonra soğur ve sertleşmeye başlar. Katman tamamlandıktan sonra yazıcı kafası Z eksenı boyunca belirli bir miktar yukarı yönde hareket eder ve parça tamamlanana kadar bu işlemler tekrarlanır.

4.4.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma

Baskının yapı plakasından çıkarılması, özellikle baskıyı hareket ettirmenin zorlaştığı, tablaya yapışma gibi durumlarda riskli bir süreç olabilir. Baskının parçaya ve yapı plakasına zarar verilmeden kolayca çıkarılması için öncelikle 3D yazıcının ısı ayarı düşürülür, yapı plakası yukarı kaldırılır. Daha sonra bir spatula yardımıyla model plakadan ayrılır (**Görsel 4.29**). Model alındıktan sonra platform üzeri, kalan artık ve çapaklardan temizlenir. Model yüzeyindeki fazlalıklar temizlendikten sonra üst yüzey işlemleri yapılarak model işleme süreci tamamlanır.



Görsel 4.29: Spatula yardımıyla modeli plakadan ayırma

ÖĞRENME BİRİMİ	OTO İNŞA TEKNOLOJİLERİ	4.3. UYGULAMA
KONU	Yığıma Yöntemi ile Modelleme Yapma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Malzeme ekstrüzyonu ile imalat yapmak.

ARAÇ GEREÇ

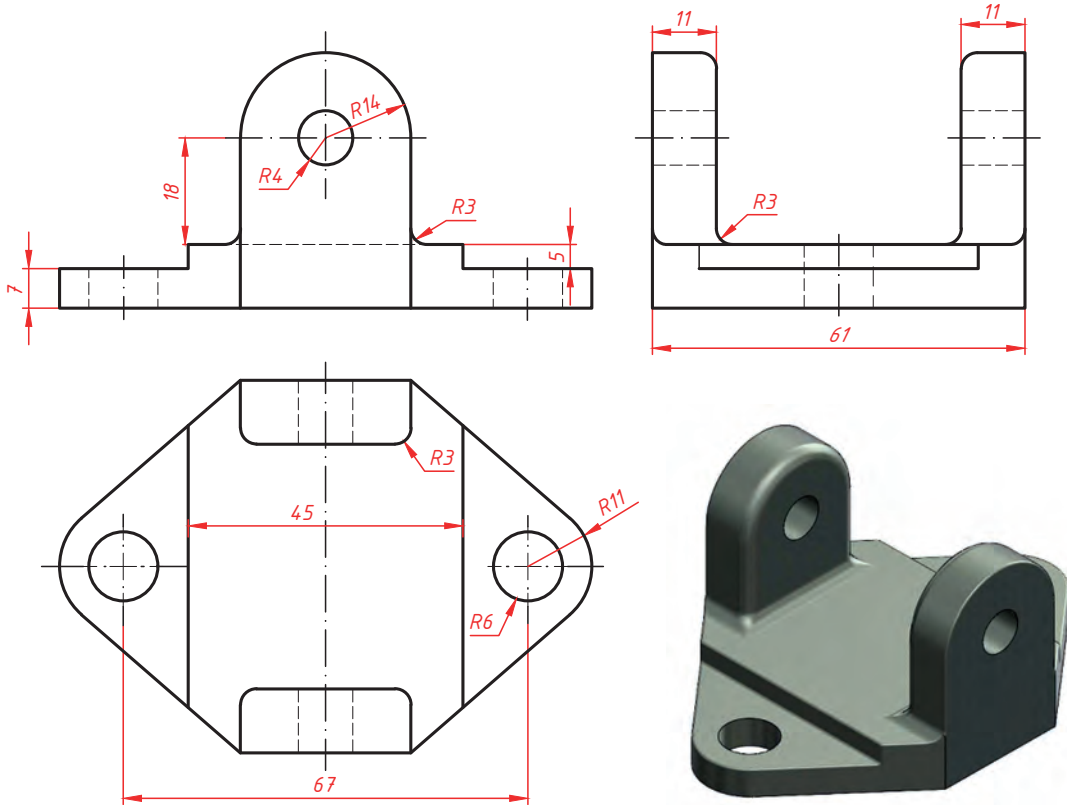
1. Malzeme ekstrüzyon (FDM) makinesi
2. Filament
3. Model teknik resmi
4. Bilgisayar
5. CAD-CAM programı
6. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek aktarma parçasını malzeme ekstrüzyonu yöntemi ile üretiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Verilen imalat resmini (**Görsel 4.30**) 3D model olarak tasarlayınız.

AKTARMA PARÇASI



Görsel 4.30: İmalat resminin 3D olarak tasarlanması

3. Çizdiğiniz 3D modeli STL dosyasına dönüştürerek gerekli ayarlamaları yapınız.
4. Çizmiş olduğunuz modeli makine programında açınız ve üzerinde gerekli işlemleri yaparak, yazdıracağınız alana en iyi ve en uygun şekilde konumlandırınız.
5. Yazıcının bulunduğu ortamın tozsuz olmasına ve havalandırmasının iyi yapılmasına özen gösteriniz.
6. Yazıcının vida ve lineer çubukları ile tüm hareketli yüzeylerini kontrol ediniz.
7. Kullanacağınız filament türüne göre baskı sıcaklığını ayarlayınız.
8. Ucunu açılı kestiğiniz filamentin ekstrüdere yönlendirilmesini sağlayınız. Bir tahrik vasıtasıyla filament, nozulden dışarı çıktığını görene kadar ilerletiniz.
9. Yazıcı tablasının kalibre edildiğinden emin olunuz.
10. Hazır olan yazıcıya 3D model dosyasını göndererek yazdırma işlemini başlatınız.
11. Birkaç katman oluşturma kadar yazıcıyı gözlemleyiniz.
12. Modelin inşası bittiğinde tezgahın otomatik olarak kapanmasını bekleyiniz.
13. Yazdırma işlemi biten modeli inşa alanından çıkarınız.
14. Model üzerindeki çapakları ve destek yapıları bir kesici ya da pense yardımıyla gide-
riniz.
15. Üst yüzey işlemlerini yaparak tamamladığınız modeli öğretmeninize teslim ediniz.

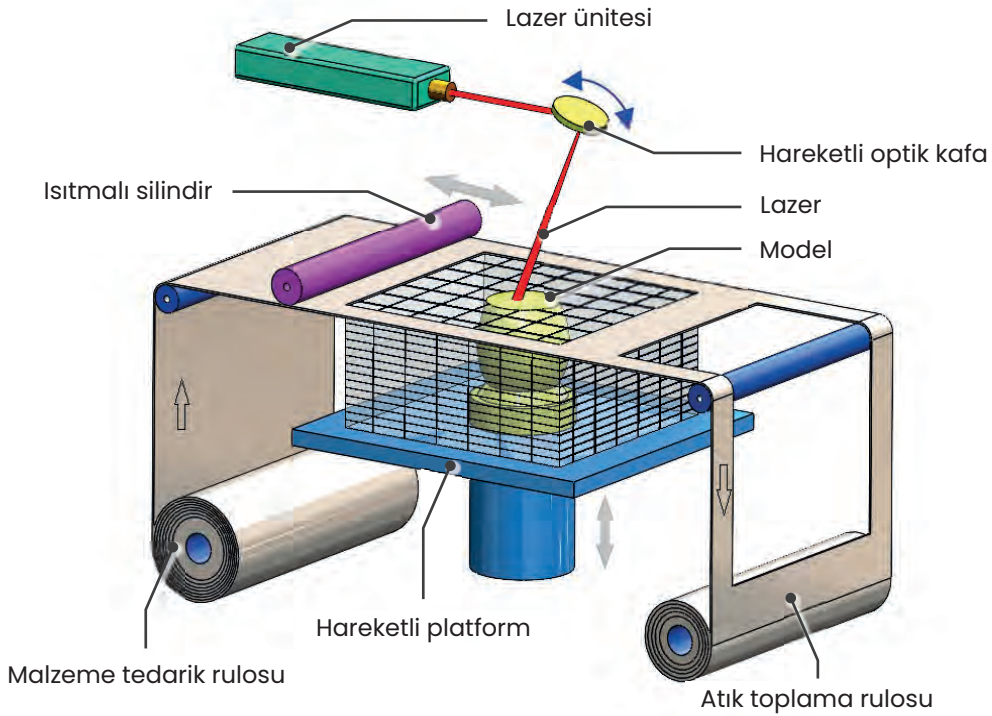
Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ						
.... / / 20....	 / / 20....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CAD programında modelin üç boyutlu resmini STL formatına aktarma	3D yazıcı katman ayarlarını yapma	3D yazıcıyı hazırlama	Üretim ve üst yüzey işlemlerini yapma	Zamanı verimli kullanma
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:								
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:			10	20	20	20	20	10
Toplam Puan								
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.								

4.5. LAMİNASYON YÖNTEMİ İLE MODELLEME YAPMA

Tabaka tabaka model yapım tekniğine laminasyon sistemiyle model yapımı denir. Buna lamine nesne üretimi yani kısaca LOM (Laminate Object Manufacturing) da denmektedir. Lamine nesne üretimi, bir nesneyi üretmek için folyodan oluşan birkaç malzeme katmanının üst üste yerleştirilmesinden meydana gelir. Malzeme olarak yapışkan kaplı kâğıt, plastik veya metal plakalar kullanılır. Malzemeler genellikle, bir besleme silindiri tarafından ısıtılan yapışkan tabaka ile kaplanır. Bu şekilde, bir nesne oluşturmak için her katman bir öncekine yapıştırılabilir (**Görsel 4.31**).

Nesnenin geometrisini çizmek, atıkların çıkarılmasını kolaylaştırmak ve fazla malzemeyi taramak için bir bıçak veya lazer kullanılır. Bir katman yerine yapıştırıldıktan ve gerekli boyutlar çizildikten sonra tabla aşağı doğru hareket eder, böylece başka bir malzeme katmanını ısıtılmış rulo ile yerine yuvarlanır. Bu işlem, model tamamlanana kadar tekrarlanır.



Görsel 4.31: Lamine nesne üretimi

4.5.1. Tezgâh Ayarlarını Yapma

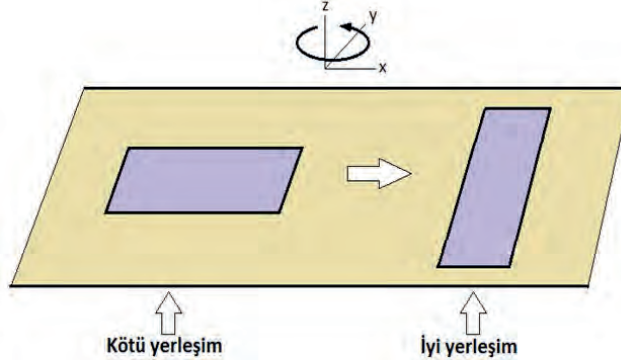
Makinenin hassasiyeti, kullanılan malzeme tipi, kesme hızı, kesici tipi vb. parametreler 3D yazıcı üreticisinin hazırladığı kullanım kılavuzu okunarak öğrenilmelidir. Tezgâhın bulunduğu ortamın tozsuz, temiz ve iyi havalandırılmış olmasına dikkat edilmelidir. Yazıcının hareketli aksamaları kontrol edilmeli, gevşeyen vidalar varsa sıkılmalıdır. Vidaların sıkılması, olası arızaların sayısını azaltacak ve sorun gidermeyi daha kolay hâle getirecektir. Lineer çubuklar, raylar gibi tüm kayan yüzeyler yağlanmalıdır.

Yazıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantılar kontrol edilmelidir. Güç düğmesi açılıp 3D yazıcıya akım gelip gelmediği kontrol edilerek yazıcı kullanıma hazır hâle getirilmelidir.

4.5.2. Resmi Sanal Olarak Tezgâh Tablasına Yerleştirme

Tüm 3D baskı yöntemlerinde olduğu gibi bu baskıda da ilk adım 3D model oluşturmaktır. Daha sonra dosya, bir dilimleme yazılımı kullanılarak, katmanlara bölünebilen bir STL dosyasına dönüştürülmelidir. Bu dilimlenmiş 3D modelden iyi sonuçlar elde edebilmek için sadece modeli yazıcıya yüklemek ve baskıyı başlatmak yeterli değildir.

Baskısı yapılan parçaların doğruluğunu ve yüzey kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin en önemlisi parça yerleştirme ve konumlandırma. Parça yerleştirme ve konumlandırma, 3D yazdırılmış bir parçanın yazıcı platformuna nasıl yerleştirildiğini tanımlar (**Görsel 4.32**).



Görsel 4.32: Modelin doğru konumlandırılması

4.5.3. İşleme Simülasyonunu Yapma

İşleme simülasyonu, diğer bir deyişle ön işleme, tasarım ve baskı arasındaki süreci kapsar. 3D baskı süreci, CAD programında tasarım yapmakla başlar. Daha sonra yazıcı yazılımı, 3D CAD dosyasını katmanlara ayırır. Yazılım, her dilim için verileri makinenin izleyeceği takım yollarını belirleyen makine koduna dönüştürerek sanal ortamda yaptığı bir ön çalışmayla simüle eder.

4.5.4. İnşa Malzemesini Tezgâha Yükleme

Malzeme besleme sistemi genelde iki makaradan oluşur. Bu makaralar, besleme ve atık malzeme makarasıdır. Malzeme LOM tezgâhına yüklenirken yeni rulo, besleme makarasına takılır ve bu rulonun ucu, platform üzerinden geçirilerek atık malzeme makarasına bağlanır. Platform üstündeki malzemenin daima gergin ve buruşuksuz olmasına dikkat edilmelidir.

4.5.5. Modeli İşleme

Makineye ait kullanım kılavuzu okunduktan sonra işe başlanılmalı, modelleme bitmeden kesinlikle makinenin veya modelin herhangi bir kısmına dokunulmamalıdır.

Polietilen kaplı bir kâğıt, plastik veya metal laminat, ısıtılmış bir rulo ile baskı yatağı üzerine yuvarlanır. Isıtılan merdane, polietilen kaplamayı eriterek malzemenin yapışmasını sağlar. İlk tabaka, makineye gönderilen koda uygun olarak bir bıçak veya lazer aracılığıyla kesilir. Kullanılmayan malzeme, destek görevi görmesi için çapraz tarama düzeninde dilimlenir. Bu işlemin yapılmasındaki amaç söz konusu modelin çıkarılmasını kolaylaştırmaktır. Platform aşağı doğru hareket eder ve önceki katmanın üzerine başka bir malzeme tabakası yuvarlanır. Parça tamamlanana kadar işlem tekrarlanır.

4.5.6. İş Bitince Tezgâhtan Modeli Çıkarma

Yazdırma işlemi tamamlandığında tezgâhın üst kapağı dikkatlice açılıp plakayı tutan cıvatalar gevşetilir. Bu esnada plakanın soğumuş olmasına dikkat edilmelidir (**Görsel 4.33**). Plaka sökülerek çalışma masası üzerine konur.



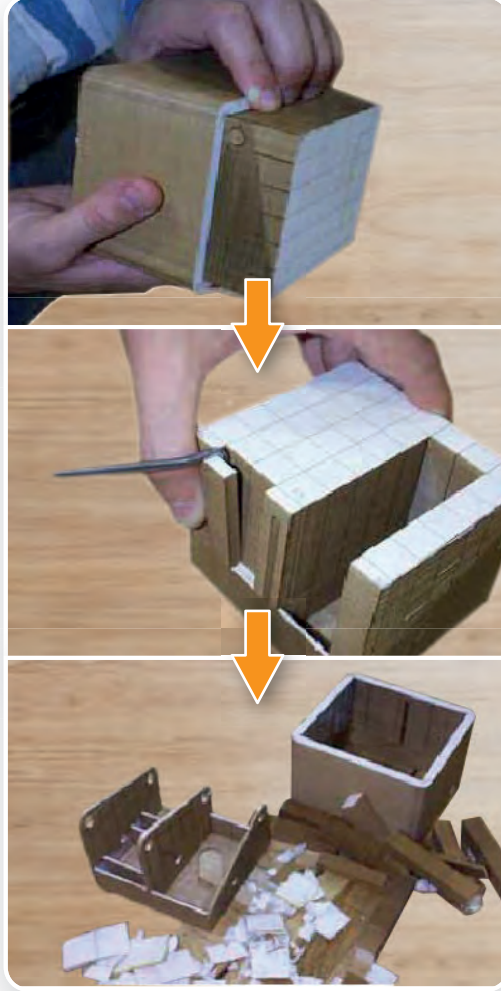
Görsel 4.33: Plakayı tutan cıvataların gevşetilmesi

Katmanı ağdan ayırabilmek için fazlalık malzeme kesilir ve atık malzeme bir sarma ru-losuna sarılır. Model, bir spatula yardımıyla dikkatlice kazınarak plaka üzerinden alınır (**Görsel 4.34**). Bu esnada modele ve plakaya zarar gelmemelidir.



Görsel 4.34: Modelin plaka üzerinden alınması

Plaka üzerinden alınan modelin çevresindeki destek görevini üstlenen fazlalık malzemeler kesilerek temizlenir (**Görsel 4.35**). Gerekli üst yüzey işlemleri uygulanarak model kullanıma hazır hâle getirilir (**Görsel 4.36**).



Görsel 4.35: Modelin çevresindeki destek görevini üstlenen fazlalık malzemelerin kesilerek temizlenmesi



Görsel 4.36: Kullanıma hazır hâle getirilen model

ÖĞRENME BİRİMİ	OTO İNŞA TEKNOJİLERİ	4.4. UYGULAMA
KONU	Laminasyon Yöntemi ile Modelleme Yapma	SÜRE: 8 Ders Saati

AMAÇ: Lamine nesne üretimi yapmak.

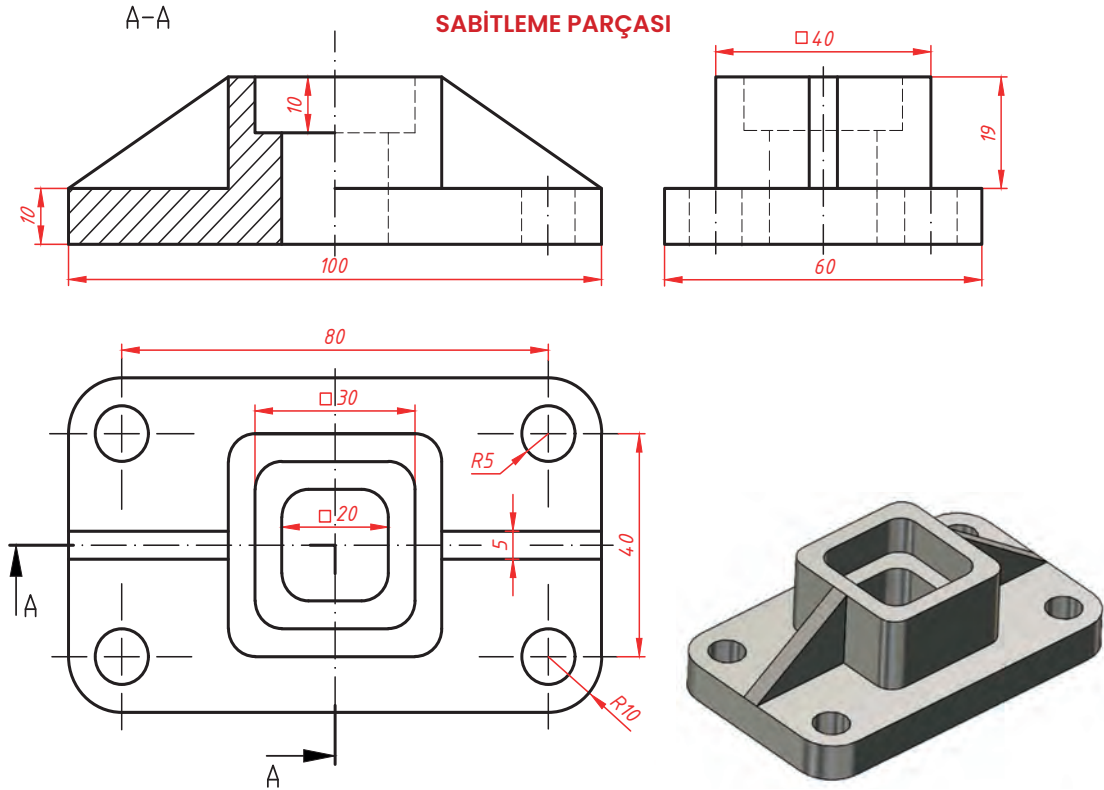
ARAÇ GEREÇ

1. Lamine nesne üretim (LOM) makinesi
2. Tabaka malzeme
3. Model teknik resmi
4. Bilgisayar
5. CAD-CAM programı
6. Taşınır bellek

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek aktarma parçasını lamine nesne üretim yöntemi ile üretiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Araç gereç ve makineleri, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uygun olarak kullanınız.
2. Verilen imalat resmini (**Görsel 4.37**) 3D model olarak tasarlayınız.



Görsel 4.37: İmalat resminin 3D olarak tasarlanması

3. Çizmiş olduğunuz resmi makine programında açarak tabaka kalınlığı, platform hızı gibi ayarları yapınız ve modeli, yazdırılacak alana en uygun şekilde konumlandırınız.
4. Konumlandırma yaparken, modeli kolay çıkarabileceğiniz bir dilimleme işlemi belirleyiniz.
5. Yazıcının bulunduğu ortamın temiz ve havalandırılmış olmasına özen gösteriniz.
6. Yazıcının vida ve lineer çubukları ile tüm hareketli yüzeylerini kontrol ediniz.
7. Kâğıt malzemeyi yeni rulo besleme makarasına takıp platform üzerinden gergin ve buruşuksuz olacak bir biçimde geçirerek ucunu diğer taraftaki atık kâğıt makarasına bağlayınız.
8. Makinenin yeteri kadar ısınıp ısınmadığını ilgili göstergesinden kontrol ediniz.
9. Isı yeterli seviyeye ulaştığında materyal butonuna basarak kâğıt malzemeyi makineye sürünüz.
10. Deneme için tek tabaka kesip kesimi kontrol ediniz, problem görünmüyor ise işleme devam ediniz.
11. Model inşa sürecinde işlemi ara ara kontrol ediniz.
12. Modelleme bitmeden kesinlikle makinenin veya modelin herhangi bir kısmına dokunmayınız.
13. Modelin inşası bittiğinde tezgahın otomatik olarak kapanıp soğumasını bekleyiniz.
14. Makinenin üst kapağını açınız ve plakanın soğumuş olduğundan emin olunuz.
15. Plakayı yerinden alarak çalışma masası üzerine koyunuz.
16. Bir spatula yardımıyla modeli plakadan ayırınız.
17. Plakayı temizleyerek tekrar makineye yerleştiriniz.
18. Modeli diğer artık malzemelerden ve destek yapılarından temizleyiniz.
19. Üst yüzey işlemlerini yaparak tamamladığınız modeli öğretmeninize teslim ediniz.

Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir.

İŞE BAŞLAMA	İŞİ BİTİRME	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ							
..... / / 20.....	 / / 20.....	PUANLAR	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma	CAD programında modelin üç boyutlu resmini STL formatına aktarma	3D yazıcı katman ayarlarını yapma	3D yazıcıyı hazırlama	Üretim ve üst yüzey işlemlerini yapma	Zamanı verimli kullanma	Toplam Puan
Öğrencinin Adı Soyadı: Sınıfı ve Numarası:			10	20	20	20	20	10	100
Öğretmenin Adı Soyadı: İmzası:									
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.									

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Foto kür yönteminin esası aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Toz malzemeyi bağlamak
- B) Metal tozlarını lazerle bağlamak
- C) Fotopolimer sıvı malzemeyi kürleştirmek
- D) Katı katmanları keserek prototip oluşturmak
- E) Yapıştırıcı püskürtmek

2. Genelde plastik ve polimer malzemelerin filamentler hâlinde eritilip katmanlar hâlinde üst üste yapıştırılmasıyla şekil oluşturulan imalat yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Foto kür
- B) Toz bağlama
- C) Laminasyon
- D) Yığma
- E) Yapıştırıcı püskürtme

3. CAD tasarımından sonra yapılan dosya dönüşüm türü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) CGR
- B) DWG
- C) LVT
- D) STL
- E) WMF

4. Toz bağlama yönteminde kullanılan ana malzeme aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kâğıt malzeme
- B) Katı metal
- C) Plastik plakalar
- D) Sıvı fotopolimer
- E) Toz inşa malzemesi

5. Katmanlı imalat adımları aşağıdakilerin hangisinde doğru sıralanmıştır?

- A) 3D modelleme (CAD)-Dosya kaydetme-Dilimleme-Dosya transferi-3D baskı
- B) Dosya kaydetme-3D modelleme (CAD)-Dilimleme-Dosya transferi-3D baskı
- C) Dosya transferi-3D modelleme (CAD)-3D baskı-Dilimleme-Dosya kaydetme
- D) Dilimleme-Dosya kaydetme-3D modelleme (CAD)-Dosya transferi-3D baskı
- E) 3D baskı-Dilimleme-3D modelleme (CAD)-Dosya transferi-Dosya kaydetme

1. Öğrenme Birimi

- 1- üç boyutlu tarayıcı
- 2- iki
- 3- C
- 4- D
- 5- A

2. Öğrenme Birimi

- 1- ölçülerde
- 2- vakumlu
- 3- B
- 4- A
- 5- A

3. Öğrenme Birimi

- 1- Y
- 2- D
- 3- Y
- 4- D
- 5- D
- 6- D
- 7- Y
- 8- D
- 9- D
- 10- Y

4. Öğrenme Birimi

- 1- C
- 2- D
- 3- D
- 4- E
- 5- A

BASILI KAYNAKÇA

- ÇELİK, M., İRKİN, O. Z., UĞUN, T., ANLAŞAN, İ., & AKALIN, M. (1989). *Makine Modelciliği İş ve İşlem Yaprakları Sınıf 1*. Ankara: Millî Eğitim Basımevi.
- DEMİRER, Y. (2023). *Makine ve Modelcilik Ders Notları ve Model Çizimleri*. Balıkesir.
- EKMEKÇİ, N. (2001). *Makine Model Meslek Resmi*. Ankara: SHÇEK Basımevi.
- FİLİZER, Z., & İRKİN, O. Z. (1978). *Genel Makine Modelciliği 1*. İstanbul: Millî Eğitim Basımevi.
- İRKİN, O. Z., & FİLİZER, Z. (1979). *Genel Makine Modelciliği 2*. İstanbul: Millî Eğitim Basımevi.
- IŞIK, U. (2019). *Üç Boyutlu Koordinat Ölçme Cihazı (CMM) ile Optik Tarama Cihazının Performanslarının Karşılaştırılması Yüksek Lisans Tezi*. Karabük: Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZER, H., BÜYÜKBOĞA, Ö., & ALTAY, R. (2004). *Kuyumculuk Meslek Bilgisi*. İstanbul: Millî Eğitim Basımevi.
- TILKI, S. (2023). *Makine ve Kalıp Ders Notları ve Çizimleri*. Kocaeli.
- YILDIRIM, L. (2023). *Makine ve Modelcilik Ders Notları ve Model Çizimleri*. Kayseri.

Kaynakça atıf sistemi, APA kaynak gösterme biçimine göre düzenlenmiştir.

Genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçası için karekodu taratabilir veya aşağıdaki adresi ziyaret edebilirsiniz.

GENEL AĞ VE GÖRSEL KAYNAKÇASI



<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2191>