

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



3D YAZICI
LİSANS BİTİRME TEZİ

HAZIRLAYAN:
Hakan TOPCUK 2011010225012

Tez Danışmanı:
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

KARABÜK-2016

ÖNSÖZ

Bitirme tezimi yaparken maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta ailem ve danışman hocam Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU olmak üzere, tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hakan TOPCUK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL ONAY.....	5
BÖLÜM 1.....	7
GİRİŞ.....	7
1.1 3D YAZICI TARHİ.....	9
1.2 3D YAZICI TİPLERİ.....	9
1.2.1KARTEZYEN 3D YAZICI.....	9
1.2.2 DELTA 3D YAZICI.....	10
BÖLÜM 2.....	11
2.1 3D YAZICILARDA DEFORMASYONA BAĞLI SORUNLAR.....	11
2.2 3D YAZICILARDAKİ ÖZEL SORUNLAR.....	12
2.2.1 3D YAZICININ BAŞLARKEN FLAMENT AKITMAMASI.....	12
2.2.2 ÜRETİMİN TABLAYA TUTUNAMAMASI.....	13
2.2.3 YETERSİZ VEYA FAZLA PLASTİK AKMASI.....	14
2.2.4 OBJELERİN ÜST TARAFINDA DELİKLER OLUŞMAŞI.....	15
2.2.5 OBJELER ÜZERİNDE SAÇAKLANMA.....	16
2.2.6 AŞIRI ISINMA SORUNU.....	17
2.2.7 EKSEN YADA KATMAN KAYMASI.....	18
BÖLÜM 3.....	20

3.1 ABS PLASTİK.....	20
3.2 PLA PLASTİK.....	21
BÖLÜM 4.....	22
4.1 ARDUINO MEGA 2560	22
4.2 RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) 1.4.....	24
4.3 Drv8825 MOTOR SÜRÜCÜ.....	25
4.4 12v 30a PSU.....	26
4.5 MK8 EKTRUDER(UZAKTAN.....	27
4.6 MOTORLAR (NEMA17).....	28
4.7 LCD PANEL(SMART CONTROLLER 2004 CD).....	29
4.8 ISITICILI ALT TABLA (HEATBED MK2B).....	30
4.9 TERMİSTÖR.....	31
4.10 END-STOP.....	31
4.11 HOT END.....	32
4.12 ŞASE (İ3 STEEL).....	33
4.13 MİLLER.....	34
4.14 RULMANLAR.....	34
4.15 GİJON.....	35
4.16 KAPLİN.....	35
4.17 GT2 KAYIŞ.....	36

BÖLÜM 5.....	37
5.1 SOLİDWORKS.....	37
5.2 CURA.....	37
BÖLÜM 6.....	38
6.1 MEKANİK AKSAMIN MONTAJI.....	38
6.2 ELEKTRONİK MONTAJI.....	40
6.3 PROGRAMLAR.....	43
BÖLÜM 7.....	44
ŞEKİLLER.....	44
KAYNAKÇA.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	47

KABUL VE ONAY

Hakan TOPCUK tarafından hazırlanan "3D YAZICI" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 23/08/2016..

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 23/08/2016.

Tez Jürisi

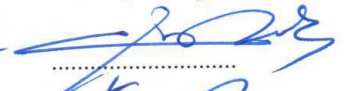
Başkan:

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU



Üye :

Yrd. Doç. Dr. Cihan LURDAR



Üye :

Prof. Dr. Ramazan ÖZMEN



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 23/08/2016..

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



ÖZET

3D Yazıcı bilgisayar üzerinde tasarlanmış veya 3 boyutlu olarak taranmış modelleri, bir çok farklı malzeme kullanarak çok hızlı ve ekstra bir kalıp yada fikstüre ihtiyaç duymadan üreten bir cihazdır.

FDM teknolojisi ile çalışan 3D Yazıcılar genellikle ABS ve PLA gibi termoplastik polimer malzemeler kullanmaktadır. Filaman formundaki malzeme yüksek sıcaklığa sahip bir nozle yardımı ile eritilerek katmanlar halinde inşa edilir.

3D Yazıcılar ile üretim yapabilmek için öncelikle bir 3 boyutlu modele ihtiyaç vardır. Bu alanda kullanılabilecek yazılımlardan bazıları, AutoCAD, SolidWorks, Google Sketchup, Rhino3D. Bu yazılımlar ile tasarlanan modeller STL dosyası olarak export edilerek 3D yazıcılar ile üretilmektedir.

3D yazıcıların tanımını yaptıktan sonra; 3D yazıcıların kronik sorunlarıyla ilgili araştırmalar yapıldı. Araştırmaların sonucunda genel olarak 2 tip problemle karşılaşıldı.

Kronik sorunlar ve özel sorunlar; bu problemlerin çözümü için daha rijit bir kasa kullanılması gerektiği, daha hafif ve stabil eksenler, ve mümkün olduğunca az plastik parça kullanılması olduğuna karar verildi.

Kasa seçimimi i3 steel tarafına kullanılmıştır. Eksenlerde stres oluşmaması içinde uzaktan Mk8 ekstruder kullanmayı tercih edilmiştir.

Yedek parça konusunda sıkıntılı olmasına karşın; diğer i3 tipi 3d yazıcılardan daha stabil ve verimli sonuçlar alınmıştır.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

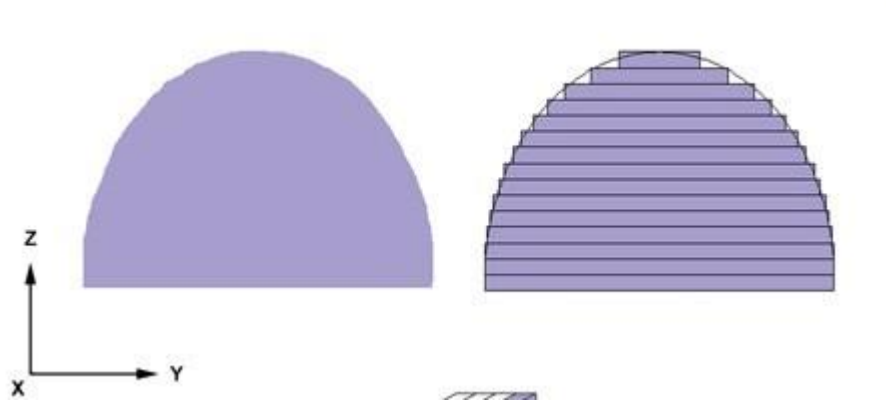
3D Printer, 3 boyutlu bilgisayar datasını katı, elinizle tutabileceğiniz gerçek nesnelere dönüştüren bir makinedir. Bu teknoloji geleneksel imalat yöntemleri gerçekleştirilmesi mümkün olmayan geometrileri üretebilmektedir.

3D yazıcı teknolojisi aslında yeni bir teknoloji değil ilk uygulaması 1984'e dayanıyor ancak geçtiğimiz 20 yılda bu yöntem hızlı prototipleme alanının dışında çok fazla ilgi görmedi. 2006 da başlayan Reprap projesi ile çok daha geniş kitlelere ulaştı. Bu proje sayesinde bir çok sıradan kullanıcı, hobi severler, kendin yap kültürüne sahip kişiler bir 3d yazıcıya sahip oldu. Hatta projenin başlangıcından 3 yıl sonra bir çok şirket açık kaynak 3d yazıcı üretmek ve satmak için Reprap projesinin getirdiklerinden faydalanarak teknolojiyi çok daha geniş bir kullanıcı kitlesine yaymayı başardı.

Teorik olarak çalışma mantığına bakıldığında 3 ana başlıkta ele alınabilir.

1- Modelleme: Üretilcek ürün 3 boyutlu tasarım programları (CAD) ya da 3 boyutlu tarama sistemleri ile bilgisayar datası oluşturulur. Oluşturulan model genellikle STL dosya formatına çevrilerek 3D baskı sürecine geçilir.

2-3D Baskı: 3d baskı işleminde obje katmanlar halinde üst üste serilerek oluşturulur. Günümüz teknolojisinde bu katmanlar plastik ergitme, laset sinterleme, sterolitografi gibi farklı yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Makinenin bu katmanlar sırasındaki takım yolunu takip etmesi için STL dosyası hazırlanmış model dilimleme yazılımı ile katmanlara ayrılır. Şekil 1.0 da temsil edilmiştir.



Şekil 1.0

3-Yüzey İyileştirme: 3D printer ile gerçekleştirilen objeler geleneksel teknolojiler ile karşılaştırıldığında boyutsal açıdan daha hatalı olabilmektedir. Bu nedenle kritik objelerde don bir yüzey temizleme, iyileştirme ve son ölçüye getirme işlemi uygulanabilmektedir.

3D Printerlar bir çok farklı teknolojileri kullanarak üretim yapabilmektedir. Günümüzde en popüler yöntem FDM (Fused Deposition Modelling) yada birleştirmeli yığma teknolojisidir. Bu yöntemde ısı ile şekillendirilebilen termoplastik polimer malzemeler (PLA, ABS) kullanılmaktadır. Plastik malzemeler grubunda en yüksek malzeme mukavemetine bu teknoloji ile ulaşılmaktadır. FDM teknolojisinde sarkıt tipi havada asılı duran yapıların üretilmesi oldukça sıkıntılı olabilmektedir. Yapının açısı nedeni ile herhangi bir destek malzemesi kullanılmasına gerek olmasa da en alt katmanda malzemenin az olması nedeni ile, üzerine yığılan diğer katmanları taşıyamaması ve çarpılması söz konusudur.

3D Printer teknolojilerinin tamamı katmanları üst üste yığma prensibi ile çalışır. Ancak katmanları nasıl oluşturdukları oldukça farklılaşabilmektedir. Katman yığma teknikleri günümüzde geçerli olan bir çok farklı teknolojiden faydalanabilmektedir. Örneğin lazerler, elektron ışın kaynakları, UV kürleme vb. Şimdi bu farklı katman yığma teknolojilerini detayları ile inceleyelim.

FDM den sonra en sık kullanılan ikinci yöntem SLS yani selective laser sinterleme ya da tam Türkçesi ile seçici lazer sinterlemedir. Sinterleme, genellikle toz metalurjisinde kullanılan ve toz metallerin ısı ve basınç altında katı cisimlere dönüştürülmesi ile ilgili bir teknolojidir. Lazer sinterleme tekniğinde yine adından da anlaşılabilceği gibi lazer kullanılmaktadır. Lazer ışını malzeme tozları üzerine, çok hızlı bir şekilde yansıtılarak katmanlar oluşturulur. Lazer ışını, lazer tarayıcı denen bir parça vasıtası ile insan gözünün algılamakta güçlük çekebileceği hızlarda, katmanları oluşturabilmektedir. Bu teknolojide kullanılan lazer gücüne bağlı olarak metal, plastik ve seramik olmak üzere neredeyse bir çok farklı malzeme ve malzeme kombinasyonu kullanılabilir.

SLS teknolojisinde FDM den farklı olarak parçalar ham madde olarak kullanılan toz içine gömülü olarak üretilmektedir bu nedenle bir çok modelde destek malzemesi kullanılmama ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Ancak FDM ile karşılaştırıldığında oldukça yavaş bir yöntemdir. Bunu sebebi ise her katman için düzgün bir toz yüzeyi serilmesi gerektirmesidir. Tozun düzgün serilebilmesi için serici kafa oldukça yavaş hareket etmektedir, bu durumda toplam üretim süresini arttırabilmektedir. SLS teknolojisi oldukça kompleks şekilleri kolaylıkla üretebilmesi nedeni endüstride tercih edilen metotlardan biridir.

1.1 3D YAZICI TARİHİ

3D yazıcıların temelleri 1970'li yıllara kadar uzanmaktadır. 1971 yılında, Pierre Ciraud isimli Fransız bilim adamı, ışın yardımıyla metal tozlarının birleştirilmesiyle gerçekleştirilen bir üretim yöntemine ilişkin bir patent başvurusu yaptı. Aynı yıl, Wyn Kelly Swainson SLA teknolojisine benzeyen ve üç boyutlu cisimlerin lazer ışınlarının kesiştirilmesiyle üretildiği bir yöntemi anlattığı başka bir patent başvurusunda bulundu. 1979 yılında ise Ross Housholder SLS teknolojisini hatırlatan ve hammaddenin lazer ışınlarıyla katman katman katılaştırılarak üç boyutlu cisimlerin üretildiği bir üretim işlemi için patent başvurusu yaptı.

3 boyutlu baskı teknolojisine yönelik bu ilk çabalar ticarileştirilemese de, 1984 yılında Charles Hull SLA teknolojiyle üç boyutlu cisimler üreten bir makineye ilişkin patent başvurusunda bulundu. İki yıl sonra, patent başvurusu kabul edilen Hull söz konusu teknolojinin hayata geçirilmesi amacıyla 3D Systems Corporation şirketini kurdu. 1986 yılında ayrıca, Carl Deckard SLS teknolojisini buldu ve toz halindeki hammaddeyi bilgisayar kontrollü lazer yardımıyla tabakalar halinde birleştiren bir üretim cihazı ve yöntemine ilişkin patent başvurusunu yaptı. Deckard ve akademik danışmanı olan Joe Beaman Desktop Manufacturing (DTM) şirketini kurdu. Daha sonra, 1989 yılında Scott Crump FDM teknolojisini icat etti ve Stratasys Ltd'yi kurdu.

3 boyutlu yazıcılara ilişkin bu ilk gelişmelerin ardından, farklı 3 boyutlu baskı teknolojilerinde birbirini izleyen ilerlemeler kaydedildi. Bu sayede, 3 boyutlu yazıcılar çok geniş bir uygulama sahası buldu. Hızlı prototipleme ve hızlı üretim üç boyutlu yazıcıların en yoğun olarak kullanıldığı alanlar oldu. Öyle ki, 3 boyutlu baskı ismi bu iki yöntem ile aynı anlamda kullanılır hale geldi.

Devam eden teknolojik gelişmeler, süresi dolan patentler, giderek düşen hammadde ve 3 boyutlu yazıcı fiyatları gibi faktörlerin etkisiyle 3 boyutlu yazıcı teknolojisi bireyler tarafından da kullanılmaya başlandı. 2006 yılında başlatılan ve RepRap (Replicating Rapid Prototyper) ismi verilen bir açık kaynak projesi 3 boyutlu yazıcıların kişisel kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynadı. RepRap 3 boyutlu yazıcılar yüzde 50 oranında kendi kendini yeniden üretebilme özelliğine sahip. RepRap'ın geriye kalan parçaları ise düşük maliyetle temin edilebilecek şekilde tasarlandı.

1.2 3D YAZICI ÇEŞİTLERİ

1.2.1 KARTEZYEN 3D YAZICILAR

Bu yazıcılar FSM sistemi kullanan yazıcılar arasında en çok tercih edilenidir. Çünkü diğer yazıcı tiplerine göre daha kolay montaj edilebilmektedir. Ve verim yüzdesi yüksektir.

Kartezyen 3d yazılar adından da anlaşılabilceği gibi kartezyen kordinat sistemi kullanmaktadır. Aynı zamanda bir kartezyen robottur. Bu tip yazıcılarda ekstruder ve tabla

hareket eder.Özellikle tablanın ileri geri hareket ettiği sistemlerde ürün kalitesinde düşme gözlenebilir. Tablanın Z ekseninde hareketli olması (aşağı doğru hareket etmesi) daha kaliteli sonuçlar verir.Benim yaptığım 3d yazıcıda bu sınıfa girmektedir. Şekil 1.2.1 benim yaptığım kartezyen 3d yazıcı görülmektedir.



Şekil 1.2.1

1.2.2 DELTA 3D YAZICILAR

Delta tipi robotlar endüstride birçok alanda kullanılmaktadır. Bu robotlar daha çok hafif ve küçük objelerin yapımında daha çok tercih edilmektedir. Bu robotların 3 koldan oluşması ve her kolun hareketli olması ile aşağı yukarı hareketi mümkündür, 3 kolun ortak hareketi ile üretilmek istenen ürünler bu şekilde üretilabilmektedir. Bunun sonucu olarak üretilen ürünün sabit olması üretim ve kalitesi açısından önem arz etmektedir.

Kartezyen 3d yazıcı gibi Delta 3d yazıcıda FSM sistemi kullanılmaktadır. Delta 3d yazıcının dezavantajı montajının ve ayarlarının zor olması ve kalibrasyonunun çabuk bozula bilmesidir.Şekil 1.2.2 de delta 3d yazıcı görülmektedir.



Şekil1.2.2

BÖLÜM 2

2.1 3D YAZICILARDA DEFORMASYONA BAĞLI SORUNLAR

3D yazıcıların büyük kısmı maliyet açısından kasanın ham maddesi olarak orman ürünleri tercih etmektedir. Zamanla nem, yorulma ve diğer etkenlerle bu tip kasalar deforme olmaktadır. Bu sebeb ile baskı kalitesi düşmektedir. Çözümü alimunyum yada çelik kasa kullanmaktır. Şekil 2.1 de deforme olmuş bir kasa görülmektedir.

Bir diğer etken ise ekstruder'in X ekseni üzerine yerleştirilmesidir. Ekstruder x ekseni üstünde stres oluşturmakta, ve nozzle dan gelen sıcaklık ile filament'in erken erimesine sebebiyet vermektedir.

Adaptör secimi dikkatli yapılmalıdır. Yüksek veya alçak özelliklerdeki bir adaptör elektronik aksamı zarar verebilmektedir.

Bu sorunlar uzun vadede sıkıntı çıkartabilmektedir. Ama kesin çıkartırda diyemeyiz.



Şekil 2.1

2.2 3D YAZICILARDA ÖZEL SORUNLAR

2.2.1 3D YAZICININ BAŞLARKEN FLAMENT AKITMAMASI

Bu durum yeni 3D yazıcıları olan kullanıcılar için çok yaygın bir sorundur.. Eğer yazıcınız başta flamenti çıkartamıyorsa bunun 4 ana sebebi vardır.

Astar kısmında plastik akıtmaması;

Bunun sebebi extruder'ı ısıtırken plastiği akarak içinden boşalması. Bu boşalma içeride bir boşluk oluşturur ve objemizi üretmeye başladığımızda arkadan gelen plastik bu boşluğu doldurana kadar uç kısımdan çıkmaz ve objemizin alt kısmında yapılmamış bir bölge olur ve dahası bu yapılmayan bölge yüzeye tutunmadığı için baskının ilerleyen zamanlarında objede tabladan kalkma olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bunu önlemek için arayüz programında objemizin oluşturulacağı yerin çevresine çizgi çekmek suretiyle bu boşluğun doldurulması sağlanır. Veyahut baskıya başlamadan hemen önce flamenti akıtırıp o boşluğu doldurabilirsiniz.

Exruder dişlisinin karşısındaki plastiğin soyulmuş olması;

Bir çok 3D printer flamenti itmek için küçük dişliler kullanır. Bu dişli plastiği sıkıştırıp aşağı doğru iter. Eğer dişli plastiği sıkıştıramayacak kadar aşınmış ise boşa döner ve plastik aşağı itilmediği için printer başından plastik çıkmaz ve akıtmama sorunu yaşanır. Bu sorunu çözmek için dişlinin karşısındaki plastiği aşınmamış konuma getirmek ve baskıyı tekrardan başlatmak. Yazıcının kafasının tablaya çok yakın olması ittirici dişlinin karşısındaki plastiğin aşınmasının sebeplerinden biridir.

3D Yazıcısının kafasının tablaya çok yakın olması;

3D yazıcının kafasının tablaya çok yakın olması plastiğin kafadan kaçabilecek bir konumunun olmamasına sebebiyet verir ve objeyi yapamamla sonuçlanır. Bu sorunu çözmek için G-code dan offset vermeniz yeterli olacaktır. Biraz yukarıda başlattığınız kafadan çıkan plastik ile artık objenizi oluşturabilirsiniz. Başka yöntem olarak ise donanımsal müdahale etmeniz. Tablayı biraz aşağı aldığınızda sorun çözülecektir.

Yazıcı Başının Tıkanması

Eğer yukarıda bahsedilenler çözüm getirmediyse son olarak yazıcınızı kafasının tıkanmış olma ihtimali geriye kalıyor. Bası plastik kalıntılar veya plastiğin uzun bir süre ucunda beklemesi yazıcı başının tıkanmasına sebep olabiliyor. bu sorunu düzeltmek için 3D yazıcınızın başını söküp temizlemeniz gerekmektedir.

2.2.2 ÜRETİMİN TABLAYA TUTUNAMAMASI

3D üretimde ilk katmanın tablaya çok iyi bir şekilde tutunması çok önemlidir. Çünkü bütün geri kalan üretim bunun üzerine inşa edilir. Eğer ilk katman güzel yapışmıyorsa üretimin ilerleyen sürecinde sıkıntı yapar. Yapışma sorunu ile başa çıkmanın birçok yolu var.

Tablanın Ayarının Bozuk Olması;

Çoğu printer ayrılanabilir tabla şeklinde gelir. Eğer tablaya yapışmama sorunu yaşıyorsanız. İlk kontrol etmek isteyeceğiniz yer tablanın düz olup olmadığıdır. Düz olmassa tablanın bir ucu printer başına çok yakın diğer ucu ise gereğinden daha uzak olur.

Printer'ın Kafasının Olması Gerekinden Yukarıda Olması;

Tablanızı ayarladığınız zaman printer kafasına olan uzaklığına göre düz yapmanız gerekir. Tabla ile kafa arasındaki mesafe yaklaşık A4 kağıdı kadar olmalıdır. Eğer yazıcı kafanız biraz yukarıda olursa içinden çıkan hammadde tablaya yapışmaz ve üretimin devamını gerçekleştirmekte sıkıntı yaşanabilmektedir.

İlk Katmanın Çok Hızlı Sürülmesi,

İlk katmanı hızlı bir şekilde inşa ettiğimizde kullandığımız plastik 2. katmana geçildiğinde tablaya yapışmak için yeterli zamanı bulamayacaktır. Bu sebepten ötürü ilk katmanı diğer katmanlardan %50 daha yavaş inşa etmek objenin tabladan kalkmasını engellemek için yapılacaklardan biridir.

Sıcaklık veya Soğutma Ayarları;

Plastikler yapı itibariyle soğuduklarında kendilerine doğru çekerler. Bu soğuma tabla yüzeyinde hızlı gerçekleşirse objenin tabladan kaktığı gözlemlenir. Bunu önlemek için ısıtıcı tablalar kullanılmaktadır. Isıtıcı tablalar ABS plastik için 100-120 derece arasında tutulursa daha uygun PLA plastik için ise 60-70 derece arasında tutmak daha uygun oluyor. 250 derecede eriyen ABS plastik bir anda oda sıcaklığı ile tanışmıyor onun yerine yarı sıcaklık olan tabla sıcaklığı ile karşılaşılıyor ve çekme gerçekleşmiyor. Tabla sıcaklığı ise üretim sonuna kadar aynı sıcaklıkta tutulması gerekmektedir.

Üretim Yüzeyi;

Üretimde objenin kalkmasını önlemek kullandığınız plastiğin güzelce yapışabileceği bir yüzey kullanmak uygun olacaktır. Bunun için bir çok yöntem kullanılmakta. Bunlardan bazıları mavi bantlarla kaplanmış yüzey, cam olan yüzey, poliamid film ile kaplanmış yüzey, pai ile yapılmış yüzeyler. Bunların haricinde yüzeye sürülen yapıştırıcılarda yardımcı olmaktadır.

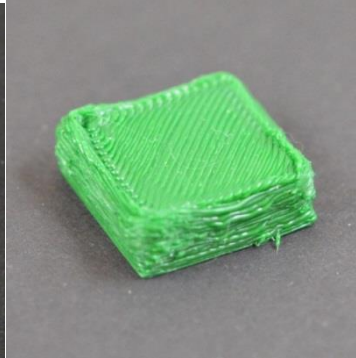
2.2.3 YETERSİZ VEYA FAZLA PLASTİK AKMASI

Arayüz programında ittirme yoğunluğu girmiş olduğunuz nuzzle ucu ile tahmin edilmeye çalışılır. Ama bazen tahmin edilen değer yeterli olmamaktadır. Yazıcınızın filamenti ittirme yoğunluğunun uygun değerde olup olmadığını test etmek için 3 cm lik bir küp üretebilir ve deneme yanılmayla sorunu çözebiliriz.

Arayüz programından ittirme yoğunluğu ve nozzle ucunu doğru olup olmadığına bakmamız lazım. Eğer değilse ittirme yoğunluğunu arttırmamız gerekir. Şekil 2.2.3-a ve Şekil 2.2.3-b de görüldüğü gibi.



Şekil 2.2.3-a

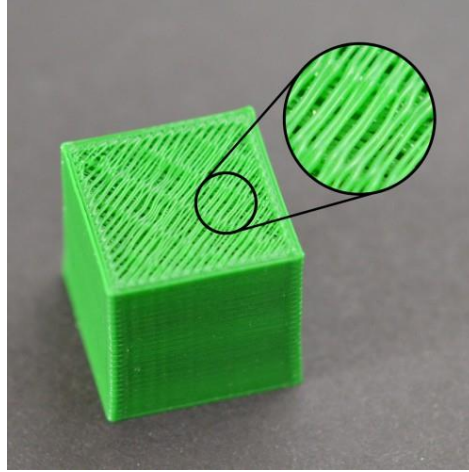


Şekil 2.2.3-b

2.2.4 OBJELERİN ÜST TARAFINDA DELİKLER OLUŞMAŞI

Çoğu yazıcılar plastikten tasarruf yapmak için iç kısmını delikli kabuk kısmını ise tam kapanacak şekilde üretir. Örnek verirsek iç doluluk oranı %20 olan bir objenin kabuk kısmından sonraki yerde %20 dolulukla doldurur sonra üst kısma gelince kabuk yapıp kapatılır. Kabuğun katman sayısını 5 vermiş isek kabuk kısmına gelindiğinde 5 katman tam dolu olacak şekildeakıtma işlemi yapılır. Bu işlem yine istediğimiz objeyi katı bir şekilde almak için yapılır. ama daha öncede belirttiğimiz gibi içinin hepsi kabuklar gibi tam dolu değildir. Belirtilen değerde doluluk sağlanır diğer kalan kısımlarda hava kalır. Maddeden ve zamandan tasarruf etmek için yaptığımız bu hareket daha sağlam bir obje istendiğinde terk edilip %100 doluluk verilirse tam dolu daha sağlam bir madde elde ederiz.

Üst kısmın tamamen kapanmaması 3 ana sebepten olabilmektedir.Şekil 2.2.4'te bu sorunla ilgili bir foto bulunmaktadır.



Şekil 2.2.4

Yeteri Kadar Kabuk Katman Sayısı Verilmemesi:

Objenin en az 0,5 mm kabuk kalınlığının olması gerekmektedir. Eğer 200 mikronluk üretim yapıyorsanız en az 3 kat katman vermenizi 100 mikronluk üretim yapıyorsanız en az 5 kat katman sayısı verilmelidir.

İç Doluluk Yüzdesi Çok Az Olması:

Eğer iç doluluğu çok az yaparsak kabuk kısmını sürerken çökmeler yaşanacaktır ve bu da objenin tepesinde açıklıklar meydana getirecektir. Böyle bir durumda iç doluluğu arttırmak gerekir. İç doluluk yaygın olarak en düşük %20 verilerek üretim yapılır.

Yazıcının Az Plastik Akıtması:

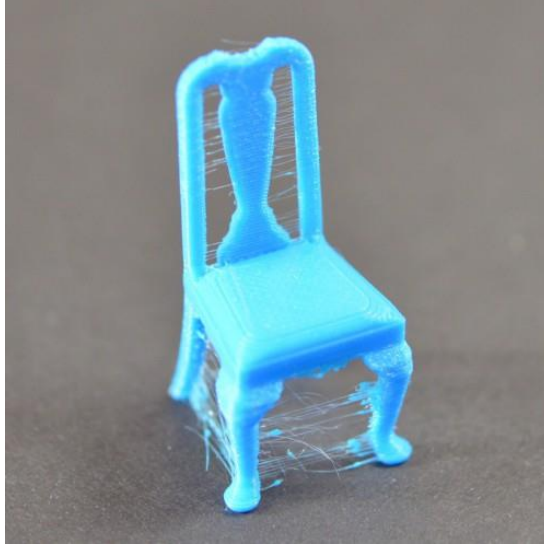
Yazıcının az plastik akıtması buna benzer sonuçlar doğurabilir. Bu konuyu daha önce deyinmiştik.

2.2.5 OBJELER ÜZERİNDE SAÇAKLANMA

Objenin üzerinde ip oluşması yada başka deyişle sızma yapması yada saçaklı üretim yapması yazıcının bir noktadan uzak başka bir noktaya geçerken gerçekleşmektedir.

Geri çekme ayarları yazıcının kafasının bir yerden başka bir yere giderken yazıcının kafasından plastiğin sızmasını engellemek için yapılan bir ayardır. Ayarda belirttiğimiz değer filamentin kaç mm geri çekileceğini belirtir.

Bu sorun 3 adımda çözülebilmektedir. Şekil 2.2.5'te temsili resim görülmektedir.



Şekil 2.2.5

Geri Çekme Mesafesi;

İlk önce kontrol etmemiz gereken ayar geri çekme mesafesidir. Bu ayar yazıcının kafasının bir noktadan başka uzak bir noktaya hareket ederken filamentin ne kadar geri çekileceğini belirtir. Direk beslemeli yazıcılarda geri çekme ayarı 0,5-2mm arası yeterli olmakta ama uzaktan beslemeli yazıcılarda 15mm veya daha fazla geri çekmek gerekebilmektedir. Saçaklı bir üretimle karşılaştığınızda geri çekme ayarını 1mm arttırarak tekrar denenmelidir. Sorun çözülmesse bir kaç defa tekrarlanmalıdır.

Geri Çekme Hızı:

Sorunumuz hala çözüme ulaşmadıysa bir sonraki geri çekme ayarı olan geri çekme hızını kontrol etmek gerekmektedir. Bu ayar filamentin ne kadar hızlı geri çekileceğini belirtir. Eğer

geri çekme hızı yavaş olursa yolun yarısına geldiğinde istenilen ölçüde geri çekme yapılmış olucak o zamanda kadar olan mesafe de ise yine saçaklar belirecektir. Eğer geri çekme çok hızlı olursa filamentin ucundaki sıcak bölme ,le soğuk bilme birbirinden ayrılır ve sıcak olan bölge aşağıda kaldığı için yine sızma meydana gelir. Hızlı hareket etmenin başka zararlı bir yanı ise ittirici dişlinin flamenti oymas. oyulan filament o oyuk kısmı atlatılınca kadar itilemez ve filament itilemediği için üretim gerçekleştirilemez üst katmanlar doldurulamaz. En iyi geri çekme ayarlarını söylemek gerekirse 20-100 mm/s dir. Bu ayar aslında kullandığınız flamente değişmektedir. En iyi değeri bulmak için biraz deneme yapmanız gerekmektedir.

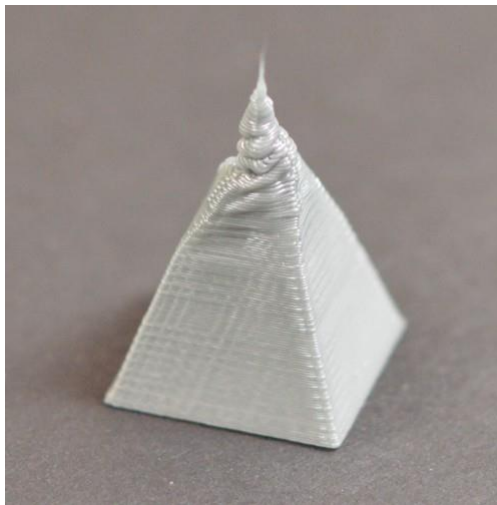
Sıcaklık Ayarı;

Geriçekme mesafesi ve geri çekme hızını kontrol ettiniz ve hala aynı sorunla karşılaşıyorsa muhtemelen printerin kafasını çok ısıtıyordur. Çok ısının yazıcı kafasında sızmalar meydana geliyor ve böyle sorunla karşılaşmaktadır. Lakin sıcaklıkta yeteri kadar olmayınca ittirme gerçekleşmiyor. Tam ara değeri bulması çok önemlidir.

2.2.6 AŞIRI ISINMA SORUNU

Kullanılan plastik 190 – 240 derece arasında yazıcı kafasından çıkış gerçekleştirir. Bu sıcaklıktaki plastik kolayca bükülebilir ve kolayca şekillendirilebilir. Soğuduğunda ise hemen katı bir hal alır ve şeklini korur. Bizim yapmamız gereken işlem ise plastiğin yazıcının kafasından çıkarken ki sıcaklığı ve soğumasındaki dengeyi kurmak olmalıdır. Bu denge kurulamassa eğer parçalarda heryerinde olmasada bazı yerlerinde üretim hataları ile karşılaşabilmektedir.

Bu sorunu 3 adımla çözülmelidir.Şekil 2.2.6’da temsili resim görülmektedir.



Şekil 2.2.6

Yetersiz Soğutma;

En yaygın aşırı ısıtma sorununun aslında yeteri kadar hızlı bir şekilde soğutmamasından ötürü oluşmaktadır. Bu sorunu plastiğin çıktığı yere fan koyarak halletmeye çalışılmalıdır. Eğer fan varsa daha güçlü çalışmayı denenmelidir.

Isının Çok Yüksek Olması;

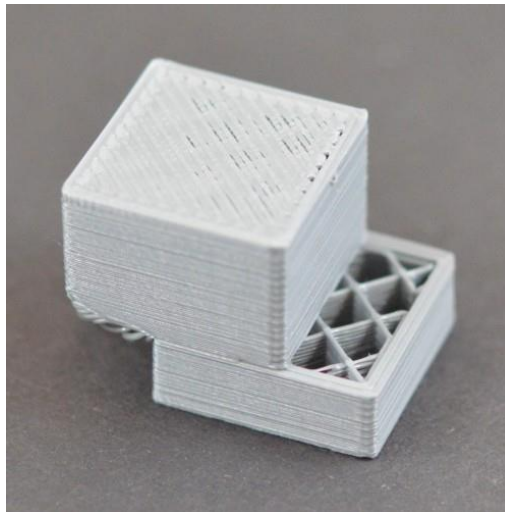
Eğer soğutucu pervane kullanıyor ve hızını maksimum yaptığınızda dahi aynı sorunla karşılaşıyorsanız. Yazıcı kafasının sıcaklığını 5-10 derece azaltılması denenmelidir. Sıcaklığı plastiğin kafadan çıkamayacağı kadar düşürmemeye dikkat edilmelidir.

Çok Hızlı Üretim Yapılması;

Eğer her katmanı çok hızlı üretirseniz plastik soğumaya vakit bulamayabilir. Bu genellikle küçük parçalarda olur. Yazıcınızın hızını arayüz programından ayarlayıp düşürülmelidir

2.2.7 EKSEN YADA KATMAN KAYMASI

Çoğu 3D yazıcı açık döngülü control mekanizması kullanmaktadır. Bu şu demektir ki makina nuzzle'ın bulunması gereken nokta ile aslında bulunduğu noktayı karşılaştıramaz. Geri bildirim mekanizması yok demektir. Yazıcı nuzzle'ı belirli bir noktaya götürebilmek için hareket eder ve oraya varacağını ümit eder. Çoğu durumda gayet güzel çalışır. Güzel çalışmasını step motorların kafayı gayet güzel ittirilmesi ve üzerinde aşırı yük olmamasından dolayıdır. Lakin herhangi bir şeyin yanlış gitmesi halinde yazıcı bunu edemez. Örneğin üretim esnasında yazıcıya çarpmanız yazıcının kafasında oynama meydana gelirse yazıcının geri bildirim mekanizması olmadığından bu değişim fark edilemez. Sonra sanki hiçbir değişiklik olmamış gibi işleme devam eder. Ne yazık ki böyle bir durum gerçekleştiğinde yazıcının bunu fark edip düzeltilmesi gibi bir seçenek yoktur. Bu yüzden üretimi tekrar başlatmak gerekir. Şekil 2.2.7'de temsili fotoğraf görülmektedir.



Şekil 2.2.7

Yazıcı Kafasının Çok Hızlı İlerlemesi;

Eğer çok hızlı bir üretim gerçekleştireniz kullandığınız motorlar bu hızı devam ettirmeye dayanamayabilir. Motorlarda çok yükleme olduğunda zaten “klick” sesleri gelmeye başlar. Böyle olduğunda yazıcının kafası daha önce üretilmiş kısmın üzerine dökmemeye başlar. Bu durumda yazıcının hızı %50 azaltılmalıdır. Hızı yarıya indirdiğinizde sorun hala devam ediyorsa motorların ivmelenmesinide azaltmayı deneyebilirsiniz.

Mekanik ve Elektriksel Sorunlar;

Eğer eksen kayması sorunu devam ederse. Sorun makinanın mekaniğinde veya elektrigiindedir. Birçok yazıcı yazıcının kafasını oynatmak için kayış kullanır. Bu kayışlar zamanla gevşemiş olabilir. Kayışı gerdirip tekrar üretim almayı denenebilir. Kayış gerginliği ise motorun dönmesini engelleyecek boyutta olmamalı eksen kayması yaşatacak kadarda gevşek olmamalı. İkisi arasında uygun bir gerginlikte bulunmalıdır.

Başka mekanik sorun ise motor mili ile kasnağı birbirine tutturan setskur’un gevşemiş olmasıdır. Böyle bir durumda motorun mili döner ama kasnak dönmez. Bunun akabininde dönme hareketi kasnağa aktarılmadığı için kasnakda hareket etmez. Bunu düzeltmek için setskur’u sıkmak gerekir.

Ayrıca birçok elektriksel sorunda eksen kaymasına sebep olabilmektedir. Örneğin Motorlara yeterince akım gitmemesi motorların adım kaçırmasına sebep olur ve eksen kayması yaşatır. Başka elektriksel sorun ise motor sürücünün çok ısınmasıdır. Çok ısınan motor sürücü soğuyana kadar çalışmaz ve adım kaçırmasına sebep olur. Bunu önlemek için kartların olduğu bölgeye fan koymak gerekir.

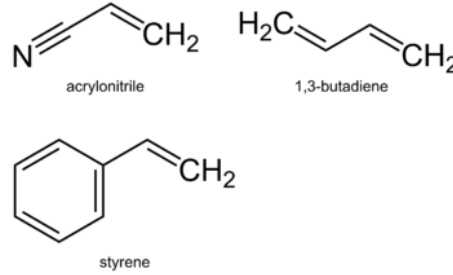
BÖLÜM 3

3.1 ABS PLASTİK

Akrilonitril bütadien stiren veya kısaltılmış ismi ile ABS, (kimyasal formülü $(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_x$) kalıp yolu ile üretilen ürünlerde çok yaygın olarak kullanılan hafif ve sert bir polimerdir. Borular, otomotiv parçaları, koruyucu kasklar ve oyuncaklar (örneğin: Lego) kullanım alanlarında birkaçıdır.

Bu malzeme polibütadien içinde stiren ve akrilonitrilin polimerizasyonu ile elde edilen bir kopolimerdir. İçerdiği madde oranları 15% - 35% arası akrilonitril, 5% - 30% arası butadien ve 40% - 60% arası stiren olarak değişiklik gösterebilir. Sonuç olarak, Poli(stiren ve akrilonitrilin) kısa zincirleri ile polibütadienin uzun zincirlerinin çapraz bağlanmasıdır. Komşu zincirlerden nitril grupları, kutupsal olarak diğer zincirleri çekip bağlayarak, saf polistirenden daha dayanıklı olan, ABS oluşturular. Stiren plastiğe parlaklık ve iyi yüzey verir. Bütadien, kauçuk özelliklerini, düşük sıcaklıkta esnek olabilmeyi sağlar. ABS, $-25^{\circ}C$ ve $60^{\circ}C$ arasında kullanılabilir.

1 kg ABS üretimi için, hammadde olarak 2 kg petrol e ve enerjiye ihtiyaç vardır. Dünyadaki en büyük ABS hammadde üreticisi Tayvan'dadır. Şekil 3.1.0 da kimyasal yapısı görülmektedir. Şekil 3.1.1 de kullanıma hazır versiyonu görülmektedir.



Şekil 3.1.0



Şekil 3.1.1

3.2 PLA PLASTİK

PLA veya Poliaktik Asit bio bazlı materyallerden çıkarılan dekstroz (şeker)'dan yapılmaktadır. En bilinen bio plastik veya bio polimerdir ve dünya ölçeğinde sadece bir fabrikada üretilmektedir. Natureworks Blair/Nebraska'da 130.000 ton'luk bir fabrikaya sahip olup Ingeo markası altında PLA üretimi yapmaktadır.

PLA, en iyi şekilde PET-A ile karşılaştırılabilir ve aynı hatlarda dönüştürülebilir (şişirme kalıp, ISBM ve termoform). Enjeksiyon kalıplama uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilen, Polistiren (PS) yerine kullanılabilen daha yüksek MFI sınıfları da vardır.

Bu biopolimer aynı zamanda, Polipropilen (PP) yerine kullanılabilen fiber ekstrüzyonu için de çok uygundur.

PLA, belli koşullar altında biyolojik olarak ayrıştırılabilir. PLA (poliaktik asit) ürünler, ısı (70°C veya daha yüksek) ve nem (minimum %70 RH) kontrolü yapılabilen endüstriyel tesislerde yapılabilir. Materyal, higroskopik olup çoğu durumda dönüştürme öncesi ön-kurumaya ihtiyaç duyar. Tüm sınıflar, biyolojik olarak tamamen çözünebilirlik sertifikasına (EN12342) sahiptir.

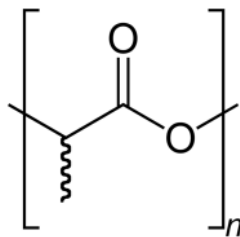
Materyal, özellikleri zenginleştirmek için blendler veya kompaundlar içinde sıkça kullanılmaktadır.

Standart PLA sınıfları saydamdır ve yüksek parlaklığa sahiptir.

Tipik PLA (Polilaktik Asit) uygulamaları şunlardır:

- # Fiber ekstrüzyonu: çay poşetleri, kıyafet.
- # Enjeksiyon kalıplama: mücevher kutuları.
- # Kompaundlar: ahşap ile, PMMA.
- # Termoform: kepekler, kurabiye tepkileri, fincanlar, kahve pod'ları
- # Şişirme kalıplama: su şişeleri (karbonsuz), meyve suyu ve kozmetik şişeleri.

Şekil 3.2.0 da kimsayal formulu verilmiştir.



Şekil 3.2.0

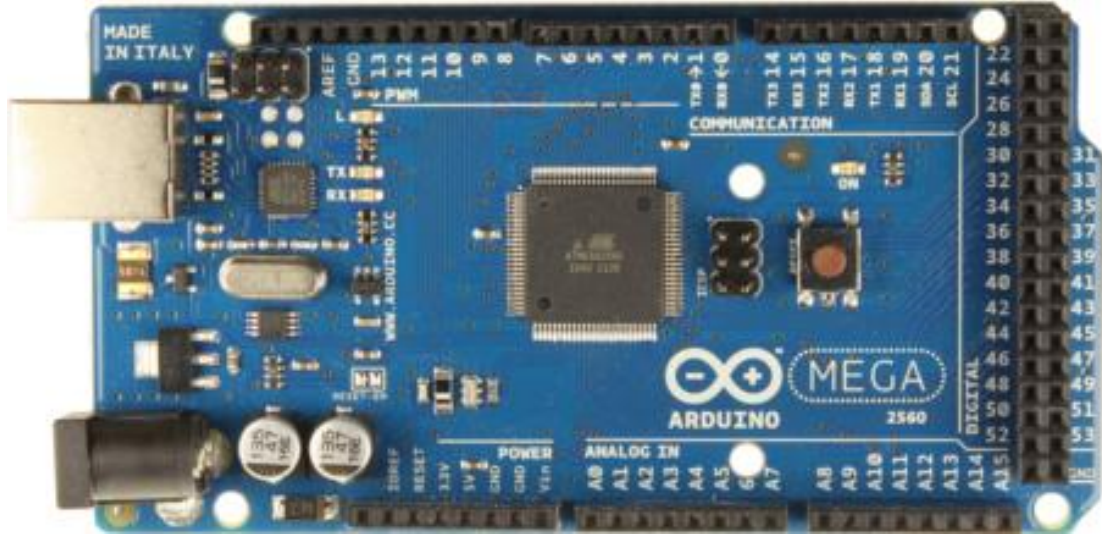
BÖLÜM 4

3D yazıcıda kullanılan parçalar.

4.1 Arduino Mega 2560

ATmega2560 (datasheet) tabanlı bir Arduino kartıdır. 54 dijital I/O pini vardır. Bunların 14 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. 16 analog girişi, 4 UART (serial port), 16 MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, adaptör girişi, ICSP çıkışı ve bir reset butonu vardır. Arduino Duemilanove ve Diecimila için tasarlanmış tüm eklentilere(shield) uyumludur.

Arduino Mega 2560 Arduino Mega'nın yerini alan gelişmiş versiyonudur. Şekil 4.1.0 da görülmektedir.



Şekil 4.1.0

Özellikler

Mikrodenetleyici	ATmega2560
Çalışma Gerilimi	5V
Besleme Voltajı (Önerilen)	7-12V
Besleme Voltajı (Limit)	6-20V
Dijital I/O Pinleri	54 (14ü PWM çıkışı)
Analog Giriş Pinleri	16
I/O Pinlerinin Akımı	40 mA

3.3V Pini Akımı	50 mA
Flash Bellek	256 KB (8kB'ını bootloader kullanıyor)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Frekansı	16 MHz

Arduino Mega 2560 Güç Özellikleri

The Arduino Mega 2560 USB 'den ve harici bir adaptör veya batarya ile beslenebilir. Güç kaynağı otomatik olarak seçilir.

Kart 6-20V arasında bir harici kaynaktan beslenebilir. Eğer 7Vun aşağısında besleme kullanılırsa 5V çıkış pini 5V veremez ve kart dengesiz çalışabilir. 12V'tan yukarı bir harici güç kaynağı kullanılırsa voltaj regülatörü fazla ısınıp karta zarar verebilir. Dolayısıyla 7 ila 12 Volt kullanılması önerilir.

Arduino Mega2560 'ın diğer kartlardan farkı FTDI USB-to-serial sürücü entegresi kullanılmamış olmasıdır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır.

Arduino Mega 2560 Giriş Çıkışları

54 dijital giriş çıkış pinlerinin hepsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, ve `digitalRead()` fonksiyonları kullanılarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. 5 voltta çalışırlar ve her pin maksimum 40mA giriş veya çıkış sağlar. Pinlerde 20-50 kOhm pull-up dirençleri (normalde bağlantısız) vardır. Bu pinlerin haricinde özel görevi olan pinler de mevcuttur:

Seri: 0 (RX) ve 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) ve 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) ve 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) ve 14 (TX). Seri data almak (RX) ve göndermek (TX) için kullanılır. 0 and 1 pinleri aynı zamanda ATmega16U2 USB-to-TTL seri entegresinin(bkz. bir üst başlık) alakalı pinlerine bağlıdır.

Harici Kesme: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). Bu pinler harici kesmeler için kullanılır, düşen kenar, yükselen kenar kesmeleri, interrupt on change kesmeleri gibi... `attachInterrupt()` fonksiyonunun kullanılarak hangi interruptın ne şekilde kullanılacağı belirtilir.

PWM: 0 to 13. 8-bit PWM çıkış verir. `analogWrite()` fonksiyonu kullanılır.

SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Bu pinler SPI kütüphanesi kullanılarak SPI iletişim kurulmasını sağlar. SPI pinleri aynı zamanda ICSP headerdan da kullanılır.

LED: 13. 13 nolu pinde bir LED bulunmaktadır. Çıkış High edildiğinde LED yanar, LOW edildiğinde söner.

TWI: 20 (SDA) and 21 (SCL). Wire kütüphanesi kullanılarak TWI iletişim sağlayabilir.

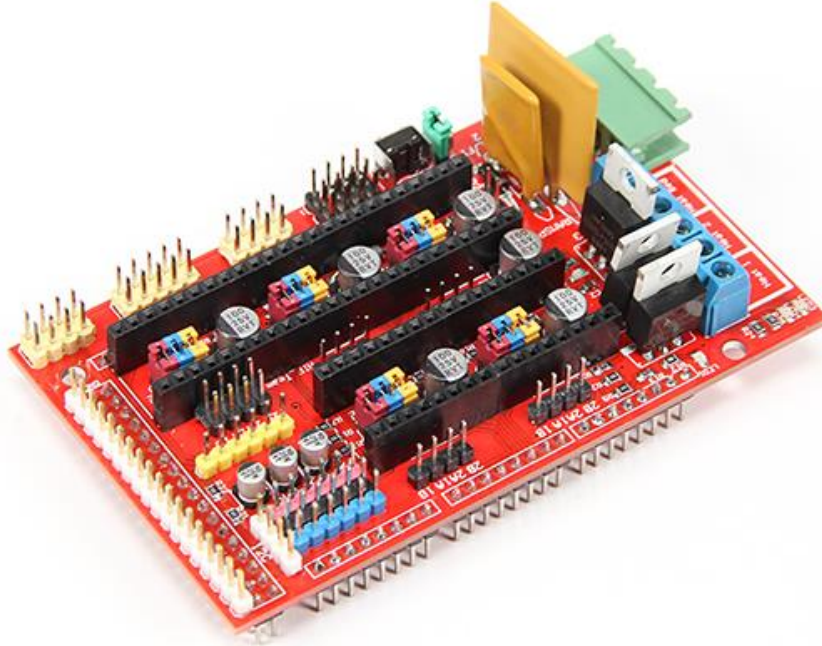
Mega2560'ın her biri 10 bit çözünürlükte 16 analog girişi bulunur. Default olarak 0-5V aralığında çalışır ama AREF pini ve analogReference() fonksiyonuyla referans gerilim aralığı değiştirilebilir.

Arduino Mega 2560 Programlaması

Arduino IDE'si üzerinden programlanır. Bootloader(karta yazılım yüklemeye yarayan kod parçası) ı üzerinde gelir. İsterseniz bootloaderı atlayıp kendiniz ICSP üzerinden direkt olarak mikrodnetleyiciyi programlanabilmektedir.

4.2 RAMPS 1.4(RepRap Arduino Mega Pololu Shield)

Ramps(RepRap Arduino Mega Pololu Shield) 1.4; 3D printerlarda oldukça sık kullanılan bir kontrol kartıdır. Arduino Mega modeli veya benzer pin dizilimine sahip bir çok kart ile beraber kullanılabilir olan Ramps 1.4; shield yapısı sayesinde Arduino Mega'nın direk olarak üzerine oturtularak kullanılabilir. Şekil 4.2.0 da görülmektedir.



Şekil 4.2.0

Reprap, Mendel ve Prusa uyumlu olan Ramps, 5 adet step motorun kontrolüne imkan vermektedir.

Ürün üzerine 5 adet A4988 motor sürücü kartı takılarak uygun step motorların kontrolleri sağlanabilir. X eksenini için 1, Y eksenini için 1 Z eksenini için 2 motor desteği sunan Ramps, 2 tane de Extruder için step motor desteğini sunmaktadır. Bu özelliklere ek olarak yine 3

adet ısıtıcı çıkışı ve 3 adet de limit-switch girişi yer almaktadır. Ayrıca Ramps ile uyumlu LCD ekran girişi de yine ürün üzerinde yer alan konnektörden sağlanmaktadır.

Özellikleri:

Farklı aksesuarları kontrol etmek için genişletilebilir altyapı,

Isıtıcı ve Fan için 3 Mosfet Çıkışı,

3 Termistör Çıkışı

Yüksek güvenlik ve korumaya ek 5A'lık sigorta

11A'lık Isı tablası sigortası

5 A4988 Step Motor Sürücü Kartı Desteği

Dişi Headerlar sayesinde sürücüler kolayca takılıp, çıkarılabilir.

Gelecekteki kullanımlar için bırakılmış I2C ve SPI pinleri

Tüm mosfetler çok yönlü kullanım için PWM çıkışlarına bağlanmıştır. Erkek headerlar sayesinde limit switch, motor ve LED bağlantıları kolaylıkla yapılabilinmektedir. Bu konnektörler 3A'e kadar dayanabilecek şekildedir.

Dahili SD kart yuvası ürün üzerinde bulunmamaktadır ancak SD kart modülleri karta bağlanabilir.

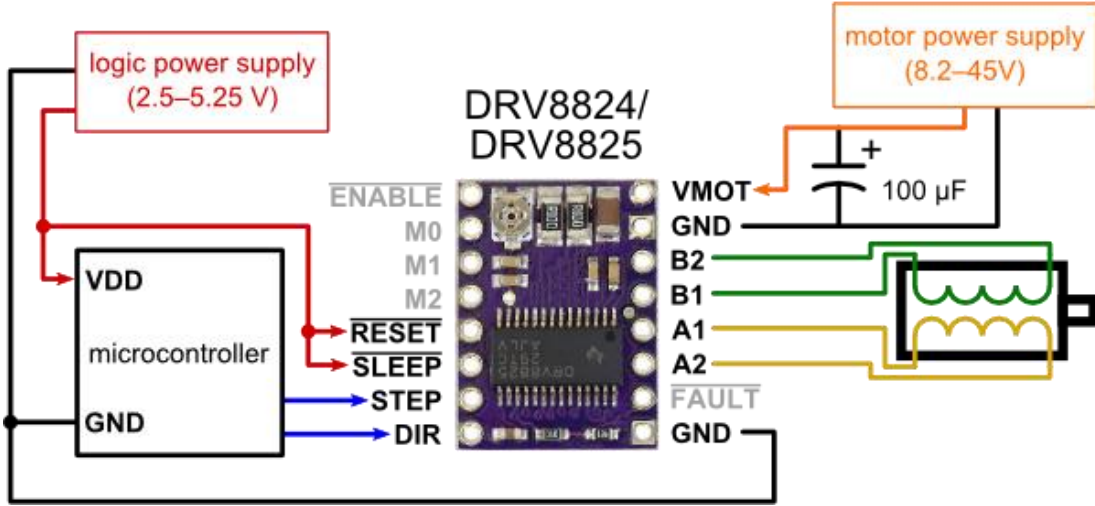
Isıtıcı çıkışları aktif edildiğinde LED'ler yanacaktır.

Prusa Mendel modelinde Z eksenini için iki motor bağlayabilme özelliği bulunmaktadır.

4.3 Drv8825 MOTOR SÜRÜCÜ

DRV8825 Step Motor Sürücüsü devresi bipolar step motorların kontrolü için üzerinde TI firmasının DRV8825 entegresini barındırır. Aşırı akım, aşırı sıcaklık, ayarlanabilir akım sınırlayıcı, aşırı voltaj ve düşük voltaj koruması özelliklerini ve altı mikrostep çözünürlüklerini (1/32 step) barındırır. 8.2V-45V aralığında çalışan bu devre, bobin başına 1.5A (soğutma sistemi kullanılmadan) çıkış akımı sağlamaktadır. Soğutucu bağlanarak çıkış akımı 2.2A seviyesine çıkartılabilir. A4988 step motor sürücü devresinin bağlantı yapısıyla neredeyse aynı bacak yapısına sahiptir.

Şekil 4.3.0 da bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 4.3.0

Özellikleri;

- # Basit bir adım ve yön kontrol arayüzü
- # 6 farklı adım çözünürlüğü; full-step, half-step, 1/4-step, 1/8-step, 1/16-step ve 1/32-step
- # Ayarlanabilir akım kontrolü size yüksek çözünürlüklü step oranları elde etmenizi sağlar.
- # Otomatik Akım Sınırlama Modu(Hızlı Sınırlama-Yavaş Sınırlama)
- # Motor Voltaj Aralığı:8.2- 45V
- # A4988 motor sürücü entegresi ile pin arayüzü ile aynıdır.

4.4 12v 30a PSU

PSU: Tam açılımı Power Suply Unit'dir. Adaptöre yakın bir çalışma mantığı vardır. Gelen yüksek gerilimi düşürür ve depolar ihtiyaç oldukça verir. Bilgisayar, 3d yazıcı ve pekçok cihazda kullanılmaktadır. Şekil 4.4.0 da görülmektedir. Giriş AC 100-260v 60hz, Çıkış ise DC12v 30a 360w'tır.

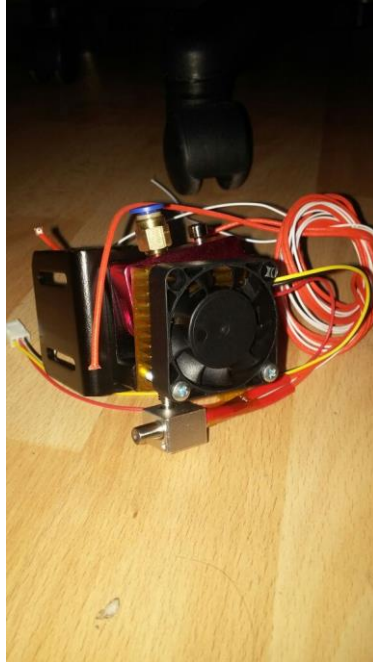


Şekil 4.4.0

4.5 MK8 EKTRUDER(UZAKTAN)

Flamenti nozzle'a göndermek için kullanılan bir alettir. Ben uzaktan olanı tercih ettim. Hem sıcaklıktan muhafaza etmek hemde x eksenine yük bindirmemek için. Kasanın üst tarafına monte etdilmişir. Bir boru yardımı ile nozzle'a filament gönderilmektedir.

Şekil 4.5.0 da görölmektedir.



Şekil 4.5.0

Özellikleri;

- # 42mm yüksek kaliteli step motor daha büyük tork ve daha az ısı birikimini.
- # Özel seramik izolasyon pamuk Isıtma istikrar sağlar; elektrik tasarrufu.
- # Doğrudan iletim, ağır dişlileri, kompakt boyutları ve ağırlığı olmadan.
- # Seçmek için en iyisi en uygun özellikleri çeşitli.

Teknik Özellikler;

- # Ekstrüzyon meme: 0,3 mm, 0,35 mm, 0,4 mm, 0,5 mm (isteğe bağlı)
- #. Baskı malzeme: 1,75 mm veya 3mm PLA/ABS
- # Başlık akış oranı: 24cc hakkında / s
- #. Spor Milli Küçük hız: 40 mm/s
- #. Meme Isıtma voltajı: 12V
- # Termistör: 100K NTC
- # Soğutma fanı işletme gerilimi: 12V
- # Normal çalışma sıcaklığı: 190° - 230°
- # Net ağırlık: 450g

4.6 MOTORLAR (NEMA17)

Nema17 bir step motor çeşididir. Bu motordan 5 adet kullanılmıştır. 0.9° Derece adım açısına (400 adım/devir) sahip bu bipolar step motor 3 V'ta 1.7 A akım çeker ve 4.8 kg.cm tutma torku elde ededilir.

İki tane Y eksenini için 1 tane X eksenini için, 1 tane Z eksenini için ve 1 tanede ekstruder için kullanılmıştır. Motorlar Ramps 1.4 üzerinde sürücülerin bağlı oldukları pinlere bağlanırlar. X, Y ve Z eksen hareketlerini sağlarlar. X ve Y de birer tane Z de ise 2 tane kullanılır kalan bir tanesinde ekstruder kısmı içindir. Extruder kısmındaki görevi ise filament(ham maddeyi) sıcak uca ittirmektir. Konum kontrolünün önemli olduğu bir çok uygulamada step motorlar kullanılmaktadır.Şekil 4.6.0 da fotosu bulunmaktadır.

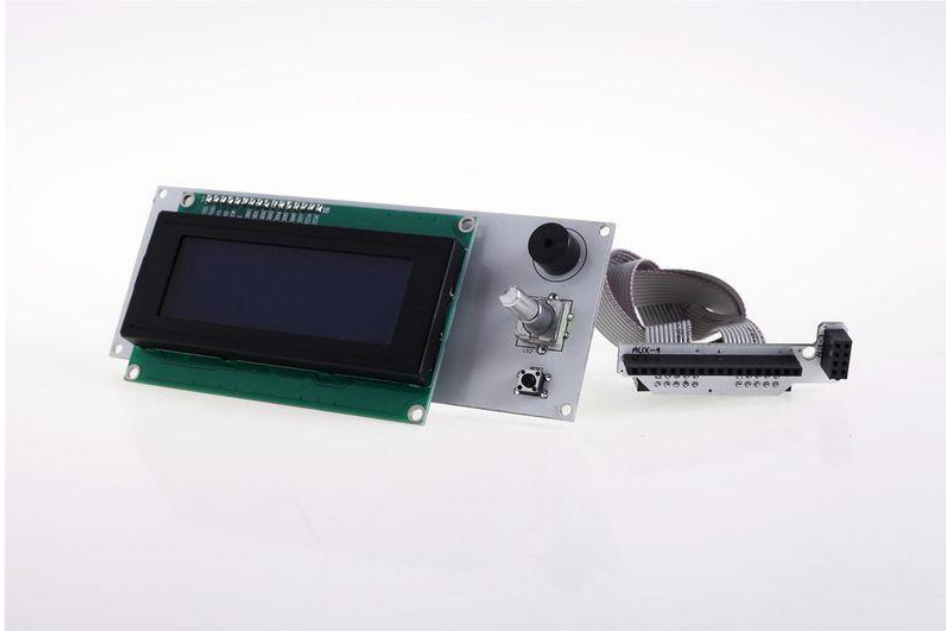


Şekil 4.6.0

4.7 LCD PANEL(SMART CONTROLLER 2004 CD)

RepRap Ramps 1.4 ile uyumlu bu 4x20 Karakter LCD kiti, 3 boyutlu yazıcılarda basılacak dosyayı seçmek ve kalibrosyanları bilgisayardan bağımsız olarak yapmak için kullanabileceğiniz akıllı bir kontrol kartıdır.

LCD Kartı üzerinde 4x20 karakter mavi üzerine beyaz yazılı LCD ekran, menülerdeki geçişleri yapmak için potansiyometre (buton olarak da potansiyometre kullanılmaktadır), durdurmak için buton, uyarı çıkışı için buzzer, LCD'nin kontrastını ayarlamak için trimpot ve SD kart soketi yer almaktadır.Şekil 4.7.0 da görülmektedir.



Şekil 4.7.0

4.8 ISITICILI ALT TABLA (HEATBED MK2B)

3d yazıcılarda kullanılan eriyik filamentin akıtıldığı zemindir. Genellikle üzerine cam veya farklı malzemeler yerleştirilerek bu ısıtıcı tabla yardımıyla yüzey ısıtılmaktadır.

Prusa ve Mendel ile tam uyumludur. Isıtıcı tabla hem 12V hem de 24V ile beslenebilmektedir

Tablanın 4 köşesinde de montaj için sabitleme delikleri yer almaktadır. Bu sayede montajı oldukça kolaydır.

Ürün üzerinde ters polariteli iki adet LED'de bulunmaktadır. Bu sayede ısıtıcı tablanın durumu ledler üzerinden takip edilebilir.Şekil 4.8.0 da görülmektedir.



Şekil 4.8.0

Özellikleri:

Renk: Kırmızı

Etching (PCB Derinliği): 35 uM

Ürün Ölçüleri: 214x214mm

Malzeme: Çift Taraflı, FR4

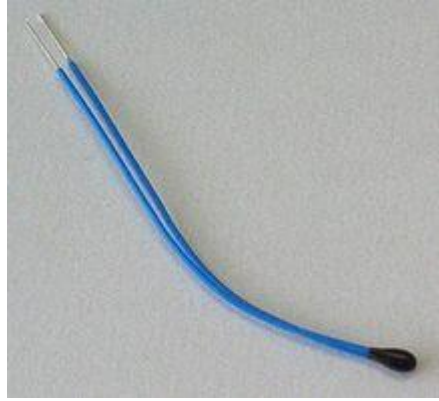
Çift taraflı Kırmızı Maske

Güç Girişi: 12-24V

İç Direnç: 1,0-1,2 Ohm

4.9 TERMİSTÖR

Sıcaklık kontrolleri için kullanılan 100k'lık termistördür. 2 adet kullanılmıştır.Şekil 4.9.0 da görülmektedir.



Şekil 4.9.0

4.10 END-STOP

Endstop ve limit switch olarak adlandırılan bu anahtarlar, 3 boyutlu yazıcıların eksenleri üzerine yerleştirilerek, eksenin sonuna gelindiğinde sistemin durmasını sağlamaktadır.

Minik boyutlu kart üzerine yerleştirilmiş bıyık switch ufak bir tepkide mekaniksel olarak kapanmakta ve kontrol kartına bunun sinyalini göndermektedir. Bu sayede eksen sonuna gelindiği anlaşılarak o eksenindeki hareket noktalanmaktadır.

Ürün dahilinde bağlantıların kolay yapılabilmesi için aynı zamanda 4 pinli dupont kablo da yer almaktadır. Bir ucu 4'lü JST konnektörü olan kablonun diğer ucu ise tekli dişli heade şeklindedir.

Başta Ramps olmak üzere bir çok 3 boyutlu yazıcı kontrol kartları ile beraber kullanılabilir.Şekil 4.10.0 da görülmektedir.



Şekil 4.10.0

Özellikleri:

Ürün Ölçüleri: 40x15x10mm

Kablo Uzunluğu: 20cm

4.11 HOT END

Isıtıcı uç (Hot End) ekstrüderden gelen filaman malzemeyi eriten ve ince bir ip haline getiren parçadır. Bu nedenle 3d yazıcının performansını direkt olarak etkileyen en kritik parçadır diyebiliriz. İyi tasarlanmış ve kaliteli olarak üretilmiş bir ısıtıcı uç çok iyi sonuçlar verirken, kalitesiz olarak üretilmiş (genellikle Çin'den gelenler) bir ısıtıcı uç 3d printer işinden tümüyle nefret etmenize sebep olabilir. Bunlara ek olarak kaliteli ısıtıcı uçlar farklı malzemeler ile kullanıldıklarında da sorun yaratabilmektedir. Bu nedenle Makerbot / Ultimaker gibi 3d printer üreticileri filaman üreticileri ile anlaşmalar yaparak kendi makineleri için filaman makine uyumluluğunu garanti altına almaktadırlar. Şekil 4.11.0 da görülmektedir.



Şekil 4.11.0

4.12 ŞASE (İ3 STEEL)

Bu mekanik sistemin en önemli bölümünde baskı kafasının 3 boyutlu olarak hareket etmesini sağlayan eksenlerdir. Kısaca 3 boyutlu yazıcıyı ayakta tutan, motorların düzgün hareket etmesini sağlayan en önemli parçalardan biri ana gövdedir. Gövdeyi metal, pleksiglass ya da ahşap malzemeden kestirebilir. Kesim işi lazer kesim ile yapılmaktadır. Çünkü gövde üzerinde 3mm'lik delikler vardır ve cnc plazma uçları çok hassas kesim yapamadığından milimetrik kesemeyecektir.

Yazıcımız da kullandığımız gövde 2 parçadan oluşuyor ve desteksiz diye geçiyor. Ana parça ve tablayı tutan kısımdır.

Gövdenin boyu 370mm, eni 370mm kalınlığı ise eğer metalden ve 2 parça halinde kestirilecekse 6mm idealdir, ahşaptan kesilecekse 10-12mm olması gerekmektedir.

Ben metal şase tercih ettim daha stabil ve sağlam.Şekil 4.12.0 Temsili resim.



Şekil 4.12.0

4.13 MİLLER

Eksenlerin ileri geri, sağ sol, yukarı aşağı rahat bir şekilde hareket etmesi için kullanılır. Hareketin sağlanması için hareket ettirilecek nesneye rulman takılır ve bu rulmanın içinden kromlu mil geçirilir. Prusa i3 3b yazıcısı için 6 adet kromlu mil gereklidir. Bunlardan 4 tanesi 37 cm boyutunda diğer ikisi 32 cm dir.32 cm olan Z ekseninde kullanılır.

Bunların haricinde birde cıva çeliği mil vardır. Fakat cıva çeliğinin sertliği düşüktür ve rulmanların içerisindeki bilyalar kısa sürede yol yapar, ezilir.

4.14 RULMANLAR

Dairesel veya eksenel hareketle iş yapan veya çalıştırılan birçok makinede rulmanlar kullanılır. Rulmanların asıl vazifesi; verilmesi gereken hareketin mümkün olan en az sürtünmeyle yani güçten en az ödün verilerek iletimini sağlamaktır.

Bu projede 2 adet m8 rulman ve 4 adet m8 lineer rulaman kullanılmıştır.

Şekil 4.14.0 lineer rulman, Şekil 4.14.1 normel rulman



Şekil 4.14.0



Şekil 4.14.1

4.15 GİJON

Gijon, kaplin ismindeki eleman ile motor miline dikey olarak sabitlendiğinde motorun dönmesi ile gijonun dönmesi sağlanır. Gijonun üzerine vidalanıp yerleştirilecek bir somun eğer taşıyıcı bir unsura sabitlenirse bu parça motorun ve gijonun dönmesiyle yukarı aşağı hareket ettirilir.Şekil 4.15.0 da görülmektedir.



Şekil 4.15.0

4.16 KAPLİN

Kaplin bir hareketi diğer bir ekipmana iletmek için kullanılan makina parçası. Bu hareketi iletme esnasında mekanik titreşimleri ortadan kaldırmak için kaplin lastiği denilen titreşim sönümleyici bir malzeme kullanılmak zorundadır. Kullanılmadığı takdirde ortaya çıkacak mekanik titreşimler makinaya zarar verebilir ve kulağa hoş gelmeyen sesler üretebilir.Şekil 4.16.0 da görülmektedir.



Şekil 4.16.0

4.17 GT2 KAYIŞ

Dişli kayışlar kurulan eksen üzerinde hareketin sağlanması için kullanılmaktadır. Motorun dairesel hareketi kayış sayesinde eksen boyunca doğrusal harekete çevrilir, böylece örneğin baskı ucu X eksenini üzerinde sağa veya sola hareket ettirilebilir.

Dişli kayışlar dikey hareket açısından fiyatları ve performansları karşılaştırıldığında oldukça avantajlıdır. Hareket sırasında fazla ses çıkartmazlar. Hızlı hareket sağlarlar. Ancak kayışın gergin tutulması sağlanmalıdır.

Dişli kayış sistemi motor üzerinde dişli bir kasnağa (triger kasnak) ihtiyaç duymaktadır. Bu kasnak ve zıt noktasına bağlı kayışı geren diğer bir dönen eleman ile kayışa eksenlerden birinde hareket elemanı sabitlenerek dikey hareket sağlanabilir. 3 boyutlu yazıcılarda rastladığımız diğer bir kullanım yöntemi de dişli kayışın iki ucunun eksenlerdeki iki uca sabitlenmesi ve kayışın gerilecek şekilde motordaki kasnağa yaslanmasıdır. 3 boyutlu yazıcılarda 2,3 veya 5 mm diş aralığına sahip GT2 kayışlar kullanılmaktadır.

Dişli kayışın gergin kalması için kayışı geren unsurlar kullanılmaktadır. Bunun dışında çeşitli aralıklarla gerginliğin kontrol edilmesi gerekir. Kayışın motorun üstündeki dişli kasnakla en fazla sayıda dişin temas etmesi tercih edilmelidir, aksi takdirde hem güç aktarımı sorunlu olacak, hem de kaymalara imkan verilecektir.

Delta yazıcıların tüm eksenlerinde, kartezyen yazıcılarda ise yatay eksenlerde dişli kayış tercih edilmektedir. Motorların yük taşıma kapasiteleri sınırlı olduğundan yükün taşınmasını motora bırakmak iyi bir tasarım tercihi değildir. Delta yazıcılarda baskı ucunun bulunduğu platformun ağırlığı 3 ayrı kola bölündüğünden dişli kayış kullanılması büyük problem oluşturmamaktadır.

Prusa i3 3b yazıcıda 2 metre kayış ve 2 adet GT2 dişli kasnak kullanılmaktadır. Farklı diş sayısında kasnaklar vardır. Bendeki kasnaklar 20 dişlidir. Yani kullanacağınız diş sayısına göre motorun adım sayısını yazılım kısmına girmelisiniz. Şekil 4.17.0 da görülmektedir.



3BOYUTLUYAZICILAR.NET

Şekil 4.17.0

BÖLÜM 5 KULLANILAN PROGRAMLAR

5.1 SOLIDWORKS

SolidWorks (Stilize edilmiş hali ile SOLIDWORKS, 3 Boyutlu bir bilgisayar destekli tasarım (3D CAD) yazılımıdır.

SolidWorks Corporation 1993 yılında Jon Hirschtick tarafından Concord, Massachusetts'te kuruldu. Yazılımın ilk versiyonunu 1995'te piyasaya çıkardıktan sonra 1997 yılında Dassault Systemes SolidWorks Corp. tarafından satın alındı. Windows'a entegre ilk 3 boyutlu katı modelleme (3D CAD) yazılımıdır. Tek bir çizgi çizmeksizin parça ve montaj modelinin teknik resimlerini çıkartır. Parça ve Montajda yapılan değişiklikleri teknik resimlere ve malzeme listesine (BOM) otomatik olarak yansıtır. Bunun yanında Kurumsal entegrasyonu tamamlayacağınız Kurumsal Veri Yönetimi çözümü Enterprise PDM ile ERP programlarına kadar entegre olabilmektedir. Ürün gamına en son eklediği 3DVIA Composer ürünü ile ürün dokümantasyonunda devrimsel bir çözüm sunmaktadır. Tüm ürün kılavuzlarının çok daha kaliteli ve zengin içerikli sağlanmasını sağlayan 3DVIA composer, direk 3B CAD modelle bağlı olarak ilgili kılavuz imajlarını oluşturmakta ve ürünlerdeki tüm revizyonları kataloglardaki imajlara kadar güncellemesini sağlamaktadır.

SolidWorks internette bulunabilecek birçok ücretsiz eğitim notu ile kolaylıkla öğrenilebilir. En yaygın kullanılan 3 boyutlu katı modelleme yazılımıdır. Birçok Üniversite, Meslek Yüksek Okulu ve Teknik Liselerde eğitimi verilmektedir. AutoCAD kullanıcılarının çoğu, 2 boyuttan 3 boyuta geçiş için SolidWorks'ü tercih etmiştir. Bunun sebebi AutoCAD dosyaları ile en uyumlu 3D CAD yazılımının SolidWorks olmasıdır. SolidWorks makine, mobilya, plastik/sac kalıpcılığı, otomasyon, mekatronik, endüstriyel ürün tasarımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca birçok ipucu bulunmaktadır.

5.2 CURA

Cura programı Ultimaker firmasının yaptığı, Ultimaker 3D yazıcılarda ve bir çok RepRap 3d yazıcıda kullanılan açık kaynak kodlu bir arayüz programı. Çok hızlı ve kullanımı oldukça kolay bir program Cura. Ayarları çok fazla kurcalamak istemeyen kullanıcılar için hızlı baskı, 3d yazıcısını tüm özellikleriyle kullanıp tam performans almak isteyen kullanıcılar için ise tüm ayarlar seçeneği mevcut.

Cura ile modelinizi baskıya vermeden önce kolayca boyutlandırabilir, yönünü değiştirebilir, et kalınlığını ve doluluk oranını ayarlayabilirsiniz. Hatta baskıya başlamadan önce baskının ön izlemesini yapabilir, ne kadar sürede yapılacağını ve ne kadar ham madde harcanacağını öğrenebilirsiniz.Cura, piyasadaki programların çoğuna göre daha kullanışlı bir programdır.

BÖLÜM 6

Bu bölümde projenin yapımı anlatılacaktır.

6.1 MEKANİK AKSAMIN MONTAJI

Öncelikle şasenin montajı gerekli şekilde yapılmıştır ve boyanmıştır.Şekil 6.1.0 da görüldüğü gibi



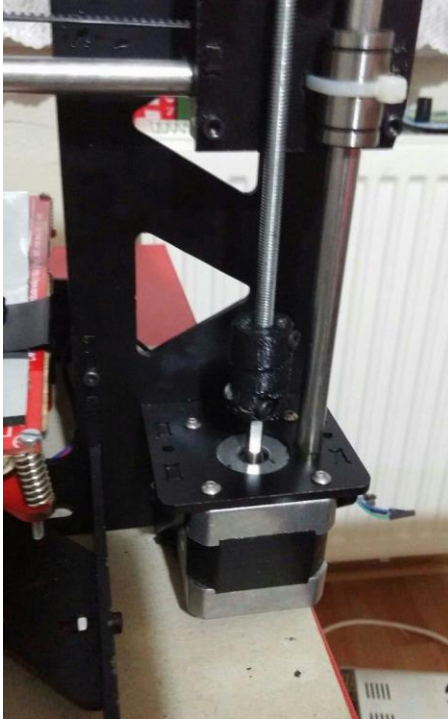
Şekil 6.1.0

Z ekseni üzerin deki motor ,miller ve tabla yerleştirilmiştir. Z eksenin kayışının diğer tarafına rulman yerleştirilmiştir.Millere lineer ruman takılmıştır.Şekil 6.1.1 de görüldüğü gibi



Şekil 6.1.1

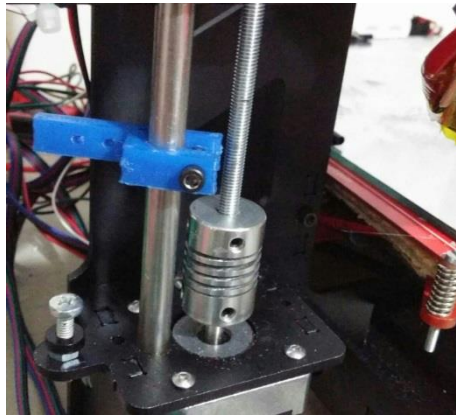
Y eksenli motorları takılmıştır motorların ucuna kaplinler ve kaplinlerin ucuna gijon miller takılmıştır. Lineer rulmanlar takılmıştır. İlk etapta Şekil 6.1.3 de görüldüğü gibi kaplinlerin birinin yanlış gelmesi sebebi ile başka bir 3d yazıcıdan çıkartılan pla bir kablin takılmıştır. Daha sonra doğru kablinin gelmesi ile değiştirilmiştir. Şekil 6.1.2 yapılan işlem. Şekil 6.1.3 doğru ve yanlış kablın soldaki doğru kablin iç çapı 5mm. Şekil 6.1.4 ve Şekil 6.1.5 yapılan işlemler.



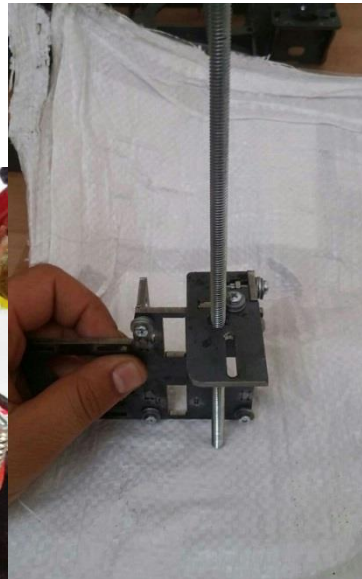
Şekil 6.1.2



Şekil 6.1.3



Şekil 6.1.4



Şekil 6.1.5

X eksenini tamamlanmıştır. Millerin üzerine lineer rulmanlar takılmış, lineer rulmanların üzerine taşıyıcı plaka bağlanmıştır. Ve X eksenini Y eksenine monte edilmiştir. Extruder şasesinin üst kısmına bağlanmıştır. X eksenini kayışı monte edilmiştir. Şekil 6.1.6 da görüldüğü gibi



Şekil 6.1.6

6.2 ELEKTRONİK MONTAJI

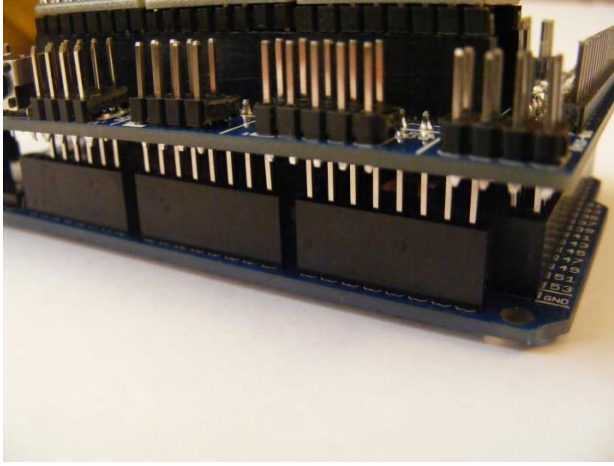
Hot End, end stop'lar takılmıştır. Ekstruder ile hot end'in arasına filament aktarımı için boru takılmıştır. Sıcak tabla takılıp kalibrasyonu yapılmıştır. Şekil 6.2.0 ve Şekil 6.2.1 yapılan işlemler



Şekil 6.2.0

Şekil 6.2.1

Arduino üzerinde 54 adet G/Ç pimi bulunuyor; bu pimler 5V ile çalışıyor ve 40 mA lik giriş ya da çıkış sağlıyor. Bu pim girişlerine RAMPS ın alt kısmında bulunan pimler takılır ve gerekli olan veri akışı sağlanır. RAMPS 'ı Aduino üzerine tam olarak oturttuğunuzda bundan sonraki aşamada RAMPS üzerine motor sürücülerini yerleştirdik. Motor sürücüler de RAMPS üzerine yerleştirilir ve üzerlerine soğutucuları takılmıştır.Şekil 6.2.2 ,Şekil 6.2.3 Temsili fotolar



Şekil 6.2.2

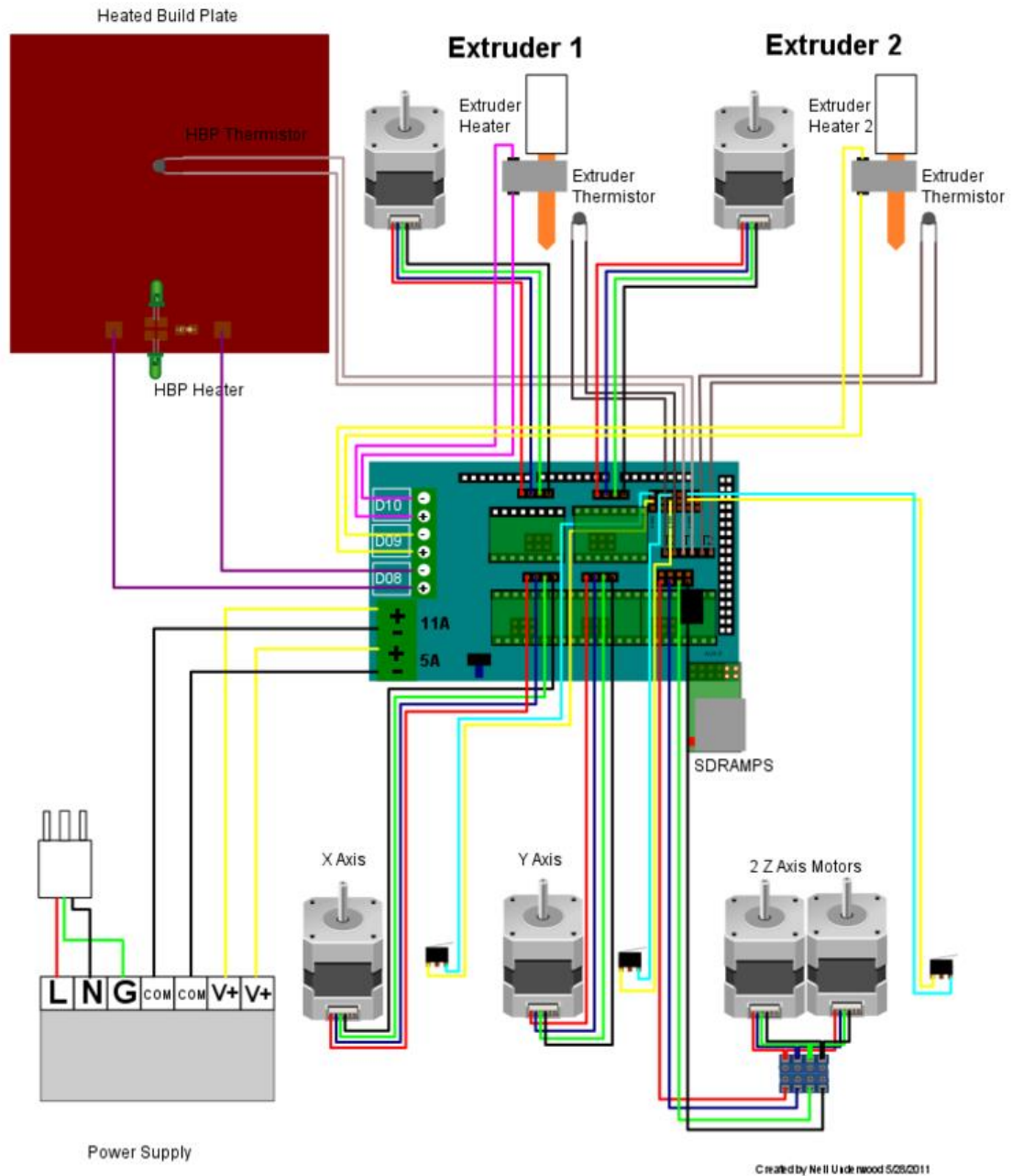


Şekil 6.2.3

Ve son olarak sıcak tablaya , motorlara ekstruder ve güç kaynağına; Arduino ile ramps kitinin bağlantılarını yapılmıştır.

Not: Şekil 6.2.4 de 2 tane extruder gösterilmektedir sistem 2. Ekstruderı da desteklemektedir. Ben 1 tane yeterli buldum.

RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.4



Şekil 6.2.4

6.3 PROGRAMLAR

Öncelikle arduino sitesinden doğru arduino yazılımı seçilmelidir. Ben arduino 1.0.10.5 windows versiyonunu indirdim ve kurdum. Arduino bilgisayarıma taktım. Başta tanımadı harici bir sürücü yükledim. Arduino programında kart tipini ve port numarasını seçildi.

Repetier programının sitesinden yazıcının özelliklerini seçtikten sonra uygun repetier programını indirildi.

Repetier'in sitesinde yazınızın tüm özelliklerini neredeyse girmelisiniz. Yoksa yazıcınız büyük ihtimalle yanlış çalışacaktır.

İndirme işlemi tamamlandıktan sonra arduino programından file-new-(repetier-frimware'in indirilen klasörü)-repetier(arduino simgesi olan) açılır. Karsımıza gelen ekranda yükle simgesine basarak Repetier-frimware programını Arduino mega'nın içine yüklemiş oluruz.

Repetier'in ayrıca bilgisayar için Repetier-Host adında bir programı var. Bu program indirilip kuruldu. Repetier host programında yapılandır-yazıcı ayarları-Bağlantı ekranında port: Auto, transfer hızı: 115200 seçilmelidir. Yoksa yazıcıya bağlantı yapamayız.

Repetier host programı ile yazıcı hareket ettirebiliriz. Herhangibi yazılımsal yada donanımsal hatamız olup olmadığını bu sayede anlarız.

Repetier host programının yapılandır ayarlarından X-Y-Z ve ekstruder ayarları yapılmaktadır. Buna kısaca kalibrasyon ayarları denmektedir.

Kalibrasyonun yapılması:

Kumpas ile 100mm'ye ayarlandı. Filament üzerine 100mm arayla 2 nokta işaretlendi. Noktaların ilkinin ekstruderin filament girişine getirilip; yazıcıdan 100mm filament istendi. Filament'teki 2. Nokta yaklaşık 10mm kadar ekstruder girişinden geride kaldı. Bu da bize ekstruderin motorunun step sayısını %10 arttırmamız gerektiğini belirtmektedir.

Bilgisayar üzerinden Repetier-Host programı yardımı ile yazıcıya bağlanılır. Repetier host programında yapılandırma-EEPROM yazılımı yapılandırması-Extr.1 steps perm. Değerini %10 artırdım. Değer 711 idi, 782 yaptım. Tekrar 100mm ile 2 nokta attım. Noktalar istediğim konumda oldu. Böylece ekstruder in kalibre etmiş oldum.

Eksen kalibrasyonlarında kumpas yardımı ile çeşitli yöntemlerde yaptım.

Cura programından g-code çıkarma başta olmak üzere katman kalınlığı, katman yüksekliği gibi pekçok ayar yapılabilmektedir. Ayrıca balkon çıktısı benzeri olan parçalarda otomatik olarak destek atama özelliği vardır.

Genel olarak ben solidworks de çizip .str dosyası haline getirip, cura da g-code ceviri repetier e atıyorum.

BÖLÜM 7

ŞEKİLLER

Şekil 1.0 Temsili katman yapımı

Şekil 1.2.1 kartezyen 3d yazıcı

Şekil 1.2.2 Delta 3d yazıcı

Şekil 2.1 deforme olmuş şase

Şekil 2.2.3-a Flamentin az gelmesi ile oluşmuş imalat hatası

Şekil 2.2.3-b Flamentin fazla gelmesi ile oluşmuş imalat hatası

Şekil 2.2.4 üst yüzeyinde hata olan ürün

Şekil 2.2.5 imalat hatası saçaklanma

Şekil 2.2.6 nozzle ' ın fazla ısınmasın dan kaynaklanan imalat hatası

Şekil 2.2.7 eksen kaymasına bağlı imalat hatası

Şekil 3.1.0 abs plastigin kimysal şeması

Şekil 3.1.1 3d yazıcıda kullanıma hazır abs plastik

Şekil 3.2.0 pla plastiğin kimysal şeması

Şekil 4.1.0 Arduino mega

Şekil 4.2.0 RAMPS 1.4

Şekil 4.3.0 Drv8825 bağlantı şeması

Şekil 4.4.0 12v 30 a psu

Şekil 4.5.0 mk8 uzaktan ekstruder

Şekil 4.6.0 nema17 motor

Şekil 4.7.0 LCD PANEL(SMART CONTROLLER 2004 CD)

Şekil 4.8.0 ısıtmalı tabla

Şekil 4.9.0 Termistör

Şekil 4.10.0 end-stop

Şekil 4.11.0 hot end

Şekil 4.12.0 i3 steel şase

Şekil 4.14.0 lineer rulman

Şekil 4.14.1 normel rulman

Şekil 4.15.0 gijon

Şekil 4.16.0 kaplin

Şekil 4.17.0 gt2 kayış

Şekil 6.1.0 şase montajı

Şekil 6.1.1 z ekseni montajı

Şekil 6.1.2 y ekseni montajı

Şekil 6.1.4 y ekseni montajı

Şekil 6.1.5 gijon montajı

Şekil 6.1.6 x ekseni montajı

Şekil 6.2.0 tabla montajı

Şekil 6.2.1 tabla kalibrasyonu

Şekil 6.2.2 arduino ve ramps takılma biçimi

Şekil 6.2.3 motor sürücülerin bağlantıları

Şekil 6.2.4 Genel bağlantı şeması

KAYNAKÇA

1. <http://3dprintertr.com/3d-printer-nedir> (2016)
2. <http://www.tricomgroupltd.com/index.php/ramps-1-4-3d-printer-seti/> (2016)
3. <http://www.f1depo.com/DRV8825-Step-Motor-Surucu-Devresi-DRV8825-Stepper-Motor-Driver,PR-212.html> (2016)
4. <http://tr.sz-kuongshun.com/3d-printer/3d-printer-extruders/all-complete-mk8-extruder.html> (2016)
5. <http://www.roboweb.net/step-motor-bipolar-400-adim-devir-nema-17-3-v-rw-sf-10846.html> (2016)
6. <http://3boyutluyazicilar.net/3-boyutlu-yazici-yapimi/> (2016)
7. <http://www.gnexlab.com/3d-yazici-elektronigi/> (2016)
8. <https://www.youtube.com/watch?v=iKTVjWAnENs&t=172s> (2016)
9. <http://minifab.com.tr/blog/3-boyutlu-yazici-teknolojisinin-tarihi-ve-anlami.html> (2016)
10. <http://www.priyoid.com/kendin-yap/baski-sorunlarini-giderme-kitapcigi-1-baslangicta-flament-akitmamasi/> (2016)
11. https://tr.wikipedia.org/wiki/Akrilonitril_b%C3%BCtadien_stiren (2016)
12. <http://www.resinex.com.tr/polimer-turleri/pla.html> (2016)
13. <http://arduinoturkiye.com/arduino-mega-2560-nedir/> (2016)

ÖZGEÇMİŞ



Hakan TOPCUK Denizli 1992 doğumluyum. İlkokul, ortaokul ve lise yi aynı şehirde bitirdim. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümüne girdim halende bu bölümde eğitimime devam etmekteyim.

İletişim bilgileri:

Adres: 100. Yıl mahallesi 1009. Cadde no:86 hasbay apartmanı daire:9

e-mail: hakan_topcuk@hotmail.com

Tel: 0553 201 33 43