



T.C.

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

3 EKSEN TEL BÜKME MAKİNESİ

DOĞUKAN ORBAY

2014010226046

Tez Danışmanı

Prof. Dr. AHMET DEMİR

KARABÜK-2019

İçindekiler

ÖNSÖZ	4
TEŞEKKÜR.....	5
KABUL VE ONAY	6
ÖZET.....	7
ABSTRACT.....	7
GİRİŞ	8
1. TEL	9
1.1. Telin Tanımı.....	9
1.2. Tel Çeşitleri	10
1.2.1. Çelik Tel.....	10
1.2.2. Paslanmaz Çelik Tel.....	10
1.2.3. Alüminyum Tel	11
1.2.4. Galvaniz Tel.....	11
1.2.5. Bakır Tel.....	12
1.2.6. Pirinç Tel.....	12
2. EĞME BÜKME.....	13
2.1. Eğme Bükmenin Tanımı	13
2.2. Eğme Bükmenin Gereği Ve Önemi	13
3. TEL BÜKME MAKİNELERİ.....	14
3.1. Manuel Tel Bükme Makineleri	14
3.2. Yarı Otomatik Tel Bükme Makineleri	15
3.3. Bilgisayar Kontrollü Tam Otomatik Tel Bükme Makineleri	15
4. 3 EKSEN TEL BÜKME MAKİNESİ UYGULAMASI	16
4.1 Tasarım Aşaması	16
4.2. Tasarlanan Parçaların 3 Boyutlu Yazıcı ile Çıkarılması ve Montajlanması ..	18
4.3. Elektronik Kart Tasarımı ve Elektronik Bileşenlerin Montajı	19
4.4. Programlama Aşaması.....	23
4.4.1. Arduino Processing (Arduino Arayüz Programı).....	23
5. KULLANILAN MALZEMELER	26
5.1. ARDUINO UNO R3 SMD.....	26
5.1.1. Arduino Uno R3 Smd Teknik Özellikleri.....	28
5.2.1. Step Motorun Adım Açısının ve Adım Sayısının Hesaplanması	29
5.2.2.1. Sabit Mıknatıslı Step Motorlar	30

5.2.2.1.1. Unipolar Step Motor.....	31
5.2.2.1.1. Bipolar Step Motor.....	31
5.2.3. Uygulamada Kullanılan Nema 17 ve Nema 23 Step Motorlar.....	31
5.3. DRV8825 Step Motor Sürücü	32
5.4. Servo Motor.....	34
5.4.1. Servo Motorun Çalışma Prensibi.....	34
5.4.2. Servo Motor Çeşitleri.....	35
5.5. Rulman	36
5.5.1. Rulmanın Çalışma Prensibi	37
5.7. Limit Switch.....	38
5.7.1. Limit Switchlerin Kullanım Alanları.....	38
5.7.2. Limit Switchlerin Sensörlere Göre Avantajları	38
5.8. Pirinç Boru	39
5.8.1. Pirinç Nedir.....	39
5.9. Baskı Devre Plaketi	39
5.9.1. Baskı Devre Teknikleri.....	40
5.10. Metrik Cıvata ve Somunlar.....	40
6. UYGULAMADA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜMLERİ.....	41
SONUÇ	41
ŞEKİL LİSTESİ.....	42
KAYNAKÇA.....	43

ÖNSÖZ

Bu çalışmada ve uygulamada Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde yapılan “3 Eksen Tel Bükme Makinesi” adlı bitirme tezi konu alınmıştır.

Öncelikle bu çalışma telin ne olduğu, hangi aşamalar izlenerek üretildiği, hangi malzemelerden yapılabildiği ve kullanım alanları konu alınmıştır. Ayrıca tel bükme makinesi çeşitleri, hangi makinelerin neden ve nerelerde tercih edildiği, 3 eksen tel bükme makinesi uygulamasında hangi yöntem ve metotlar kullanıldığı, karşılaşılan sorunların nasıl çözüldüğü gibi birçok konuya değinilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda tecrübeleri ve bilgisi ile tezin ve projenin her aşamasında yardımcı olan ve yol gösteren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Ahmet Demir'e ve maddi manevi her türlü desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KABUL VE ONAY

KABUL VE ONAY

Doğukan ORBAY tarafından hazırlanan "Bektaş tel. bilme" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 30/05/2019.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ahmet Demir
Uzun

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 30/05/2019.

Tez Jürisi

Başkan: Prof. Dr. Ahmet Demir

Üye : Prof. Dr. İbrahim Çayiroğlu

Üye : Arş. Gör. Ömer KARALTEPE

Uzun
İT
K. Tepe

KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. / / 20....

Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.

ÖZET

Günlük kullandığımız bazı eşyalarımız, aletlerimiz farkında olmasak da tel bükme makinesi aracılığı ile yapılmıştır. Bu makinelerin geneli sanayi tipidir ve ev kullanımına uygun değildir. Bu projede yapılacak 3 eksen tel bükme makinesinin boyutları, kullanım kolaylığından besleme gerilimine kadar tamamen ev kullanımına uygun olacaktır.

Kendimiz bilgisayar ortamında çizeceğimiz 3 veya 2 boyutlu olarak tasarlanan çizimleri bu makine ile evimizde kendimiz üreteceğiz. Üreteceğimiz tasarımlar tamamen kendi hayal gücümüze bağlı olacaktır. Makine 3 eksenli olacağı için karmaşık şekilleri de üretebilecektir.

ABSTRACT

Even though we are not aware of some of the tools and tools we use daily, they are made by wire bending machine. These machines are generally industrial type and are not suitable for domestic use. The dimensions of the 3 axis wire bending machine to be made in this project will be completely suitable for home use from ease of use to supply voltage.

We will produce the 3 or 2 dimensional drawings that we will draw in computer environment by ourselves with this machine. The designs we will produce will depend entirely on our own imagination. Since the machine will be 3 axis, it will be able to produce complex shapes.

GİRİŞ

Günümüzde maker’lık giderek çoğalmakta ve insanlar bu üretim kültürüne merakla yaklaşmakta. Üç boyutlu yazıcıların ciddi oranda gelişme gösterdiği ve evlerimize kadar girdiği günümüzde, bu sistemler ile ortaklaşa kullanılabilecek diğer teknolojiler üzerinde de çalışmalara devam ediliyor. Bunun güzel örneklerinden biri ise tel bükme makineleri, ev içerisinde kullanılabilecek yapısıyla tel bükücü görevini gören ve isteğimiz şekilleri hayata geçiren bu makineler son yıllarda büyük ilgi görmektedir.

Ancak tel bükme makineleri günümüzde çoğunlukla sanayide kullanılmakta. Ev kullanımına uygun veya prototip parçalar üretebilecek tel bükme makinesi bulmak zor. Yapılan bu 3 eksen tel bükme makinesi projesi tüm bu olanaklara imkân sunabilir. Evimizde kendi tasarladığımız tel formundaki ürünleri bu makine gerçeğe dönüştürülebilir. Proje USB kablosu aracılığı ile bilgisayara bağlanarak belirlediğimiz komutlarla teli bükecektir.

1. TEL

1.1. Telin Tanımı

Tel, madenlerin ince iplik haline getirilmiş şeklidir. Genellikle ince, uzun ve eğilebilen, kesit dairesel olarak hazırlanmış metal veya sentetik malzemedir. Teller genellikle çelik, bakır, alüminyum ve paslanmaz çelikten üretilmektedir ve son zamanlarda otomotiv ve havacılık endüstrisinde küçük miktarda magnezyum teller kullanılmaktadır. Endüstride de çeşitli teller kullanılır ve her çeşit telin de kullanıldığı alana göre değişik özellikleri vardır. Telleri genel olarak ikiye ayrılırlar.

Birinci bölümdeki teller yalnız mekanik mukavemetleriyle öne çıkarlar. Bu çeşit tellerin taşıyacakları ağırlık kesitlerine, yapıldıkları malzemeye, alaşımlarına bağlı olarak değişir. Asansör taşıyan teller bu çeşide örnek verilebilir. Bir de, büyük ağırlıklar taşımamakla birlikte, iplik şeklinde oldukları için kullanılan teller vardır. Tel iplik gibi olduğu halde maden özelliklerini de gösterdiği için birçok işe yarar. Somyaların, yatakların ve kanepelerin yaylanmasını sağlayan teller, piyano, keman gibi müzik aletlerinin sesini veren teller, insanlar, hayvanlar için bir engel olarak kullanılan dikenli teller bu çeşit arasında sayılabilir.

Bunun dışında başka bir tel çeşidi de elektrik telleridir. Elektrik akımının bir noktadan başka bir noktaya iletilmesine yarar. Bu çeşit tellerin üstü bazı zamanlar açıktır. Bu tip elektrik teline çıplak iletken denir. İnsanlara yakın yerlerde ise elektrik telinin üstü elektriği geçirmeyen bir yalıtkanla kaplanır ve buna da kablo denir.

Madenleri ya da maden alaşımlarını tel haline getirmek için haddeler kullanılır. Çeşitli haddelerden geçen maden gittikçe incelerek sonunda tel halini alır. Bugün endüstride tel en çok çelik ile karışımından yapılır. Bunun dışında örneğin elektrik ampullerinin içinde akkor hale gelen tungsten teller de vardır. Bu tellerin mümkün olduğu kadar ince ve ısıya dayanıklı olması istenir.



Şekil 1.1 Tel Üretim Safhaları

1.2. Tel Çeşitleri

Teller üretildikleri malzemeye göre çeşitlere ayrılır. Sıkça kullanılan çeşitleri; çelik teller, paslanmaz çelik teller, alüminyum teller, galvaniz teller, bakır teller, pirinç tellerdir.

1.2.1. Çelik Tel

Çelik teller en çok inşaat sektöründe donatı ve donatı bağ teli olarak kullanılırlar. Donatı telleri kullanımının basit ve hızlı oluşundan dolayı manuel tel bükme aletleri kullanılarak bükülürler. Bu bükülen teller bağ teli ile birbirlerine bağlanır. Basit bir kerpeten ile bükülerek kesilir.



Şekil 1.2 Çeşitli Açılarda Bükülmüş Donatı Telleri

1.2.2. Paslanmaz Çelik Tel

Paslanmaz çelik çubukların 5 mm altında olan ticari ürünlere paslanmaz tel denir. Endüstride geniş kullanım alanı vardır. Belli başlı kullanım alanları, yüksek ısıya ve

aside dayanıklı örgülü konveyör bantları, mutfak gereçleri, flex hortum örgü telleri, vida yapımı, somun yapımı, özel yaylık tellerdir.

Kullanım amaçlarına göre paslanmaz çelik tel çeşitleri:

- Örgülü ve genel kullanım amaçlı teller; paslanmaz çelikten üretilen bu teller dayanıklı olmaları, yüksek ısı ve gerilime dayanıklı olması, parlak bir yüzeye sahip olmalarından dolayı örgü için kullanılmaktadır. Hortum, fırça üretimi, elek, sepet gibi ürünlerin üretimlerinde kullanılmaktadır. Bu tarz ürünler tam otomatik tel bükme makineleri yardımı ile üretilmektedirler.
- Yay amaçlı teller; bu teller enerji depolama ve enerji salınımına uygun kimyasal bileşenlerden üretilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı gerilime son derece dayanıklı olan bu teller, genel formlarını da korumaktadır. Bu yaylar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan bazıları otomotiv, beyaz eşya, inşaat, küçük ev aletleri şeklindedir. Bu ürünler tam otomatik tel bükme makineleri veya yarı otomatik tel bükme makineleri ile üretilmektedirler.
- Soğuk şekillendirme amaçlı; bu ürünler düşük sıcaklıklarda şekil alabilmektedir. Bu özelliği bazen ciddi avantajlar sağlamaktadır. Bu teller vida, somun gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu ürünler de tam otomatik tel bükme makineleri veya yarı otomatik tel bükme makineleri ile üretilmektedirler.

1.2.3. Alüminyum Tel

Alüminyum teller, alüminyumun yapısı gereği hafif ve kolay bükülebilir yapıdadırlar. Kalın sayılabilecek alüminyum teller bile manuel bükme aletlerinde çelik tellere göre çok daha kolay yani daha az efor tüketilerek bükülebilir. Kullanım alanları maliyetinin yüksek olmasından kaynaklı olarak fazla değildir. Genellikle ağırlığın sorun teşkil ettiği yerlerde kullanılır. Örnek olarak havacılık, spor otomobiller, deniz araçları verilebilir.

1.2.4. Galvaniz Tel

Galvanizli tel, sanayide neredeyse en çok kullanılan tel çeşididir. Sıcak daldırma yöntemi ile üretilirler. Galvanizli teller, üretilmiş olan çelik telin sıvı çinkoya

batırılması sayesinde elde edilir. Bu daldırma işlemi sayesinde çelik telin yüzeyi korunmuş olur, çinko tabakası çelik teli paslanmaya, kırılmaya ya da hasar almaya karşı korur. Galvanizli tel genel olarak sağlam, kaliteli ve dayanıklı teller üretmekte kullanılır. Çelik tel tarzındaki malzemelerin dış yüzeylerinin sıvı çinkoya daldırılması sayesinde paslanmaya karşı önlem alınmış olur. Kullanılan çelik telin sıvı çinkoya batırılmaması, telin kullanım yeri ve iklim şartlarına göre kısa sürede korozyona uğramasına yol açar. Bu gibi durumların engellenmesi için de galvanizli tel kullanımı oldukça önemlidir.

Özellikle bahçe duvar çiti için kullanılan tellerin galvanizli olması, iklim koşullarına karşı koruyuculuk sağlaması açısından oldukça önemlidir. Yağmur, rüzgar, kar ya da farklı sert hava koşullarına karşı tellerin korunması galvanizli teller sayesinde olmaktadır. Bu tellerin ve diğer malzemelerin kullanım süresi ise; yüzeyde kullanılan sıvı çinkonun kalitesine göre değişmektedir. Kullandığımız sıvı çinkoların performansı ve kalitesi oldukça yüksek olmakla beraber, kullandığımız çinko kaplama oranları da oldukça fazladır. Bu sayede çitlerimizin kullanım ömrü oldukça uzundur. Bu teller her tür bükme makinesi ile kolayca bükülebilir.

1.2.5. Bakır Tel

Bakır teller, elektriği en az kayıpla ileten teller oldukları için çoğunlukla elektrik kablosu yapımında kullanılır. Bükülmeleri alüminyum tellerden bile daha kolaydır. Bu sebeple tel bükme makineleri yardımı ile bükülerek yapılan ürünlerde çok fazla kullanılmazlar çünkü makine ile verilen form çok çabuk bozulabilir.

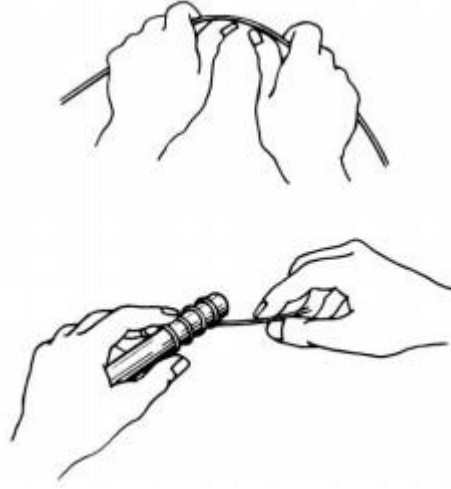
1.2.6. Pirinç Tel

Pirinç tellerin kullanım alanları oldukça geniştir fakat fazla tercih edilmezler. Aşırı harekete ve aşırı bükülmeye fazla dayanamaz, kırılabilir veya kopabilirler. Renklerinin hoş ve parlak olmasından dolayı dekoratif ürünlerde örneğin avizelerde tercih edilebilirler. Genelde prototip bir ürün yapımında, hobi alanlarında kullanılır. [2]. [3]. [5]. [6]. [7]. [8].

2. EĞME BÜKME

2.1. Eğme Bükmenin Tanımı

Metallerin ısı yardımı olmadan ve talaş kaldırmadan, kalıcı biçim değişimine (plastik şekil değişimine) uğrayacak şekilde, eğme kuvvetleri altında, şekil değiştirmesine bükme denir. Şekil 2.1’de, eğme kuvveti uygulanarak bükme işleminin yapılması gösterilmektedir.



Şekil 2.1 El İle Tel Bükme Uygulaması

Burada gerecin bir kısmı, mümkün olduğu kadar kesitini koruyarak ilk konumundan başka bir konuma geçer. Metal gereçleri istenilen şekilde ve açı altında bükmek için kullanılan çok çeşitli makineler olmakla birlikte bu işlem, bazen basit el takımları yardımıyla veya bu takımları kullanmadan kuvvet uygulanmasıyla da yapılabilir. [10].

2.2. Eğme Bükmenin Gereği Ve Önemi

İş parçalarının tasarlanması ve üretilmesinde değişik işlemler uygulanabilir. (markalama, kesme, delme, kaynak vb.) Bu işlemlerden biri de bükme işlemidir. Sacların, içi dolu malzemelerin, tellerin ve boru profillerin, eğme-bükme işlemlerini, çelik eşya, dekoratif demircilik, makine imalat, çelik yapı gibi birçok sektörde görmekteyiz. Bükme işlemi, İş parçasını amaçlarına uygun değişik şekillerde üretmek ve şekle bağlı olarak dayanım kazandırmak amacı ile yapılır.

3. TEL BÜKME MAKİNELERİ

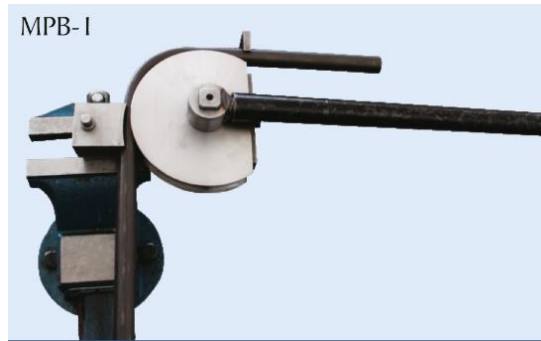
Tel bükme makineleri, makineleşme çağının başında ortaya çıkmıştır. Tellere bükme işlemi uygulayarak istenilen forma ve şekle getirilmesini sağlayan makinelerdir. Genel olarak manuel tel bükme, yarı otomatik tel bükme ve bilgisayar kontrollü tam otomatik tel bükme makineleri olarak üçe ayrılır. [9].

3.1. Manuel Tel Bükme Makineleri

Temel olarak 2 ekseninde "L", "U", "J" ve "S" formunda bükme gerçekleştirebilen aletlerdir. Geniş ağızlı tel bükme makinası aparatları basit bir şekilde ferforje ve dekoratif eşyaların tasarlanabilmesine yardımcı olur. Yapıları ve kullanımları çok basittir.



Şekil 3.1. Manuel Tel Bükme Aleti



Şekil 3.2. Mengene Tipi Manuel Tel Bükme Aleti

3.2. Yarı Otomatik Tel Bükme Makineleri

Mekanik ve elektrik otomasyon sistemi ile çalışan makinalardır. İnsan gücü yardımı ile çalıştıkları için yarı otomatik olarak adlandırılırlar. Genellikle inşaat sektöründe tercih edilirler. Tam otomatik makinelere göre daha az elektronik parça içerdiği için arıza yapma ihtimalleri daha azdır. İstenilen açı ayarı girilerek, örneğin inşaat demiri bükümlerinde en çok ihtiyaç duyulan açı ayarları (pilye, gönye ve kanca bükümleri) kolaylıkla yapılabilir. Sağa ve sola dönme özelliği olan makineler, otomatik ve manuel olarak kumanda edilebilir. Standart bükümlerin dışında, farklı bükümler (örneğin etriye, spiral bükümü) yapabilmek için makina üzerine farklı aparatlar takılabilir. İnşaat sektöründe en çok şantiye alanlarında ve demir işleme tesislerinde kullanılır.



Şekil 3.3. Yarı Otomatik İnşaat Demiri Bükme Makinesi

3.3. Bilgisayar Kontrollü Tam Otomatik Tel Bükme Makineleri

Tamamen, insan gücüne bağlı kalmadan kendi başına besleme ve büküm işlemini yapan makinelerdir. CAD programı yardımı ile bilgisayar ortamında çizilen tel çizimleri makineye gönderilir ve makine bu çizimi büküm açılarına göre sırasıyla bükür. Seri üretimin vazgeçilmezidir. Bir bükümü 0.2 saniye gibi çok hızlı bir sürede tamamlar. Hidrolik ve elektrik gücü ile çalışan çeşitleri vardır.

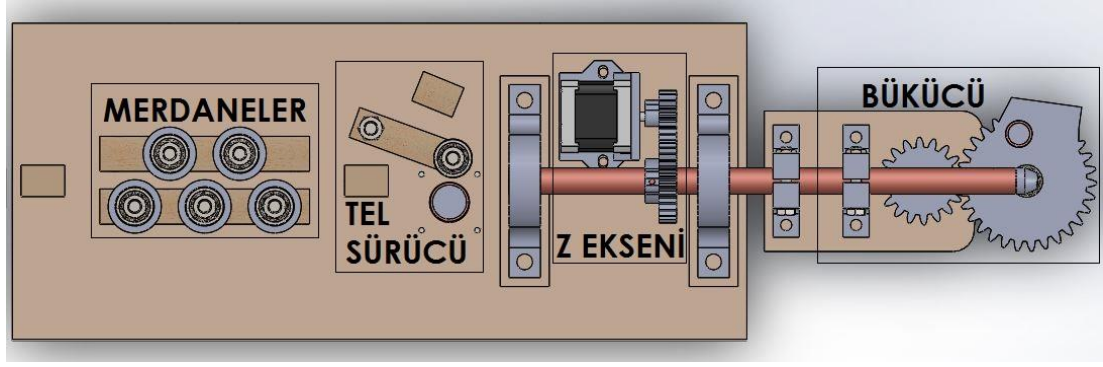


Şekil 3.4. Bilgisayar Kontrollü Tam Otomatik Tel Bükme Makineleri

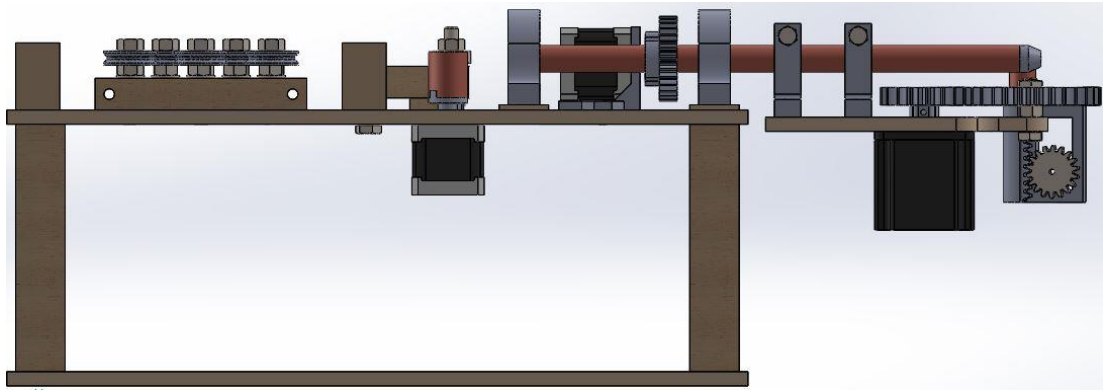
4. 3 EKSEN TEL BÜKME MAKİNESİ UYGULAMASI

4.1 Tasarım Aşaması

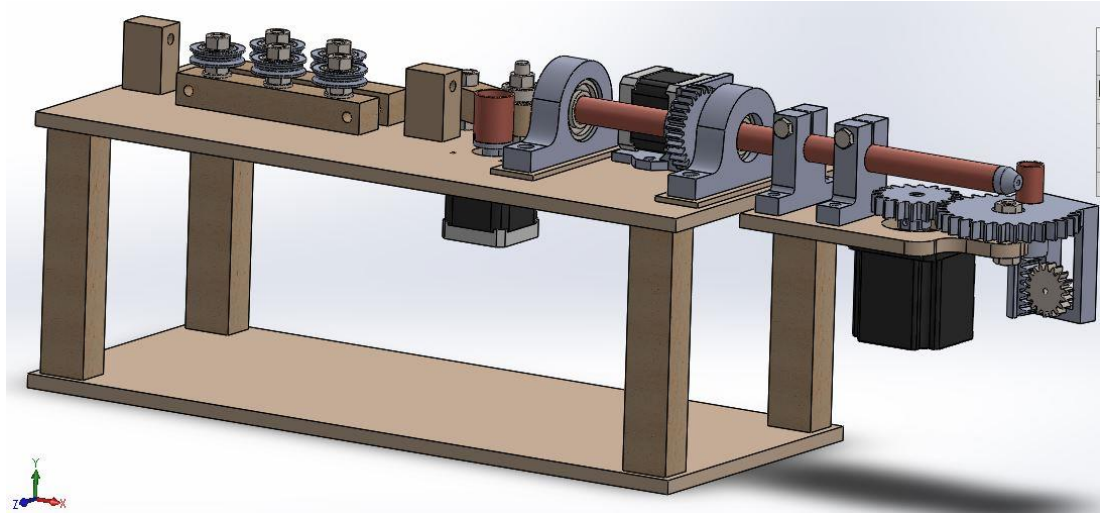
Makinenin tasarımı Solidwork programı kullanılarak yapılmıştır. Toplamda 32 ayrı parça çizilmiştir. Bu parçalardan 26 tanesi 3 Boyutlu yazıcı ile çıktı alınacak plastik parçalar, 2 tanesi şaseyi oluşturacak suntalam levha, 1 tane boru ve 3 tanede motordan oluşmaktadır. Cıvata ve rulman gibi parçalar, solidwork montaj aşamasında solidwork kütüphanesinden çağırılarak montajlanmıştır.



Şekil 4.1. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin Üst Görünüşü



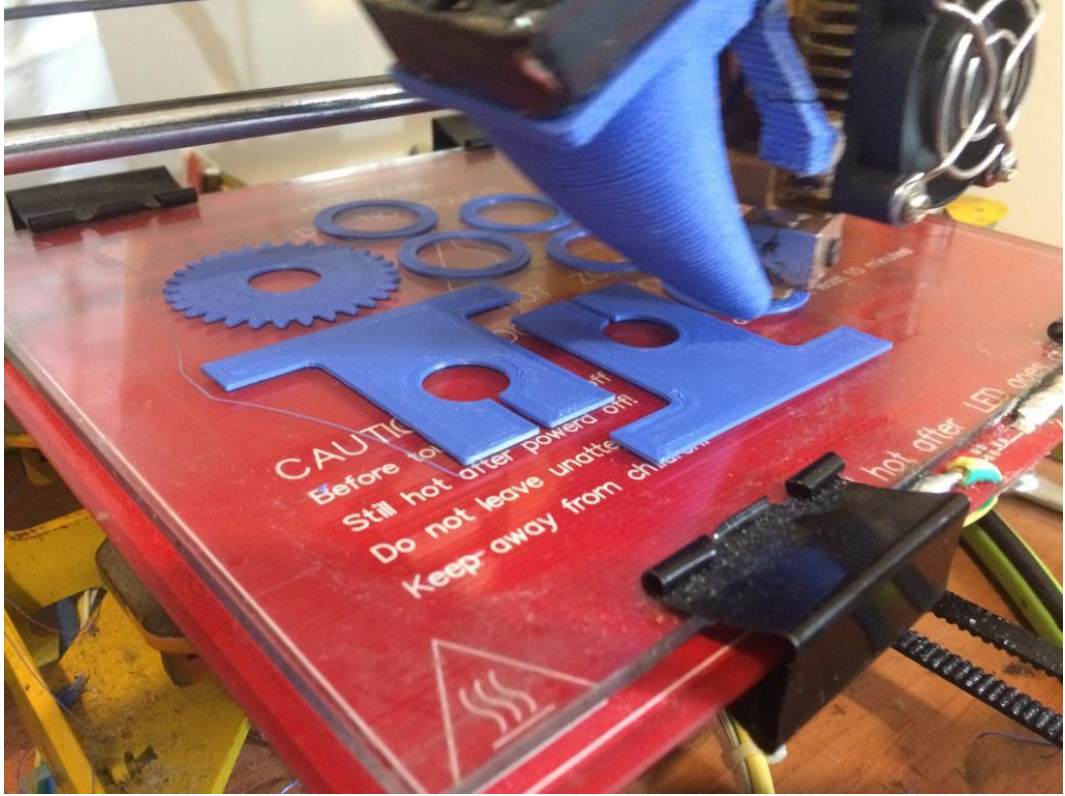
Şekil 4.2. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin Yan Görünüşü



Şekil 4.3. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin 3 Boyutlu Perspektif Görünüşü

4.2. Tasarlanan Parçaların 3 Boyutlu Yazıcı ile Çıkartılması ve Montajlanması

Tasarlanan parçalar 3 Boyutlu yazıcı kullanılarak basılmıştır. Toplamda 26 parça basılmış ve 350 gram ABS filament kullanılmıştır. Bu parçalar referans alınarak suntalam levha üzerine matkap ile delikler açılmıştır. Aynı zamanda bu suntalam levha makinenin şasisini oluşturacaktır. Tel sürücü olarak kullanılacak olan Nema 17 motorun çapı büyük olduğu için levhaya 25 mm çapında dekupaj testeresi yardımı ile delik açılmıştır.

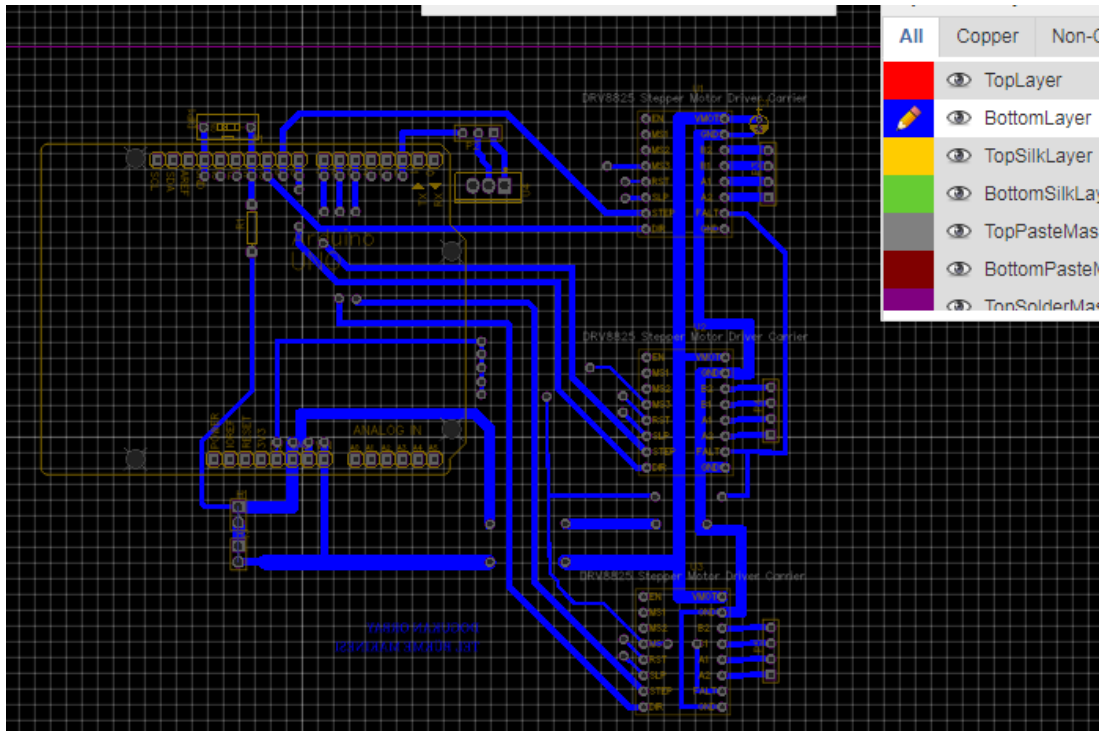


Şekil 4.4. Parçaların 3 Boyutlu Yazıcı İle Çıkarılması İşlemi

Parçalar yerlerine yaklaşık 30 adet M8, M6 ve M5 cıvata, somun ve pul kullanılarak monte edildi.

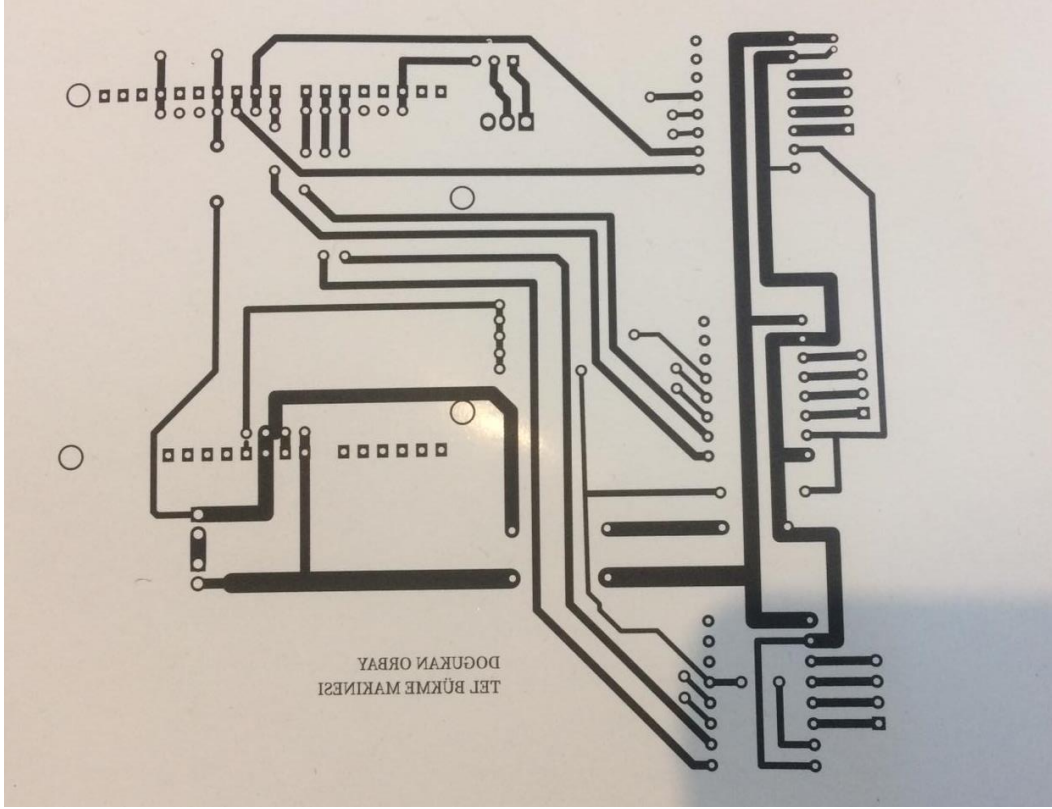
4.3. Elektronik Kart Tasarımı ve Elektronik Bileşenlerin Montajı

Mekanik montaj tamamlandığında elektronik montaj aşamasına geçildi. Elektronik PCB tasarımı EasyEda programı kullanılarak yapıldı. PCB tasarımında ana güç girişi ve step motor güç kısımlarından yüksek akım geçeceği için bu kısımların yolları kalın çizildi. Diğer dijital sinyal taşıyacak olan yollar fazla önem arz etmediği için ince çizildi. Çizilen PCB devre tasarımı A4 kağıdı formunun içine konularak kaydedildi ve pdf formatında tasarım programından indirildi.



Şekil 4.5. EasyEda Programı İle PCB Tasarımı

PCD tasarımı hazırlandığında bu tasarımı bakır plakete aktararak ütü, perhidrol ve tuz ruhu yardımıyla baskı devre alınması aşamasına geçildi. Öncelikle bu pdf kırtasiyede kuşe kağıda baskı alınarak çıkartıldı. Kuşe kağıt olmasının sebebi kuşe kağıdın toneri emmeyerek sadece yüzeyinde bulundurduğu içindir. Böylece ısı uygulandığında yüzeydeki toner kolaylıkla kalkabilecektir.



Şekil 4.6. Kuşe Kağıt Üzerine Alınmış PCB Tasarımı

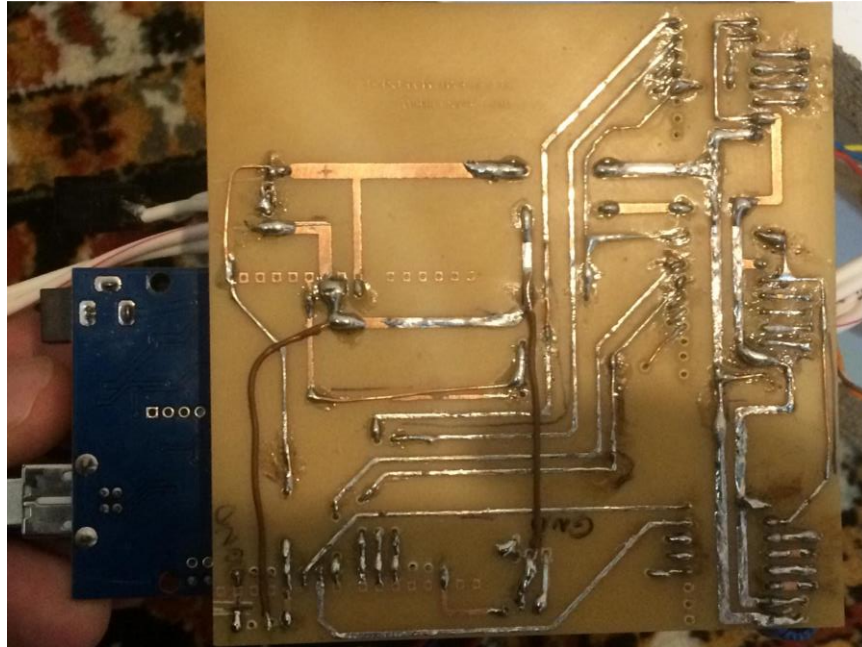
Kuşe kağıt, bakır plaket ile aynı ölçüde olacak şekilde kesildi çünkü kenarlardan kabarma yapması kağıttaki baskının tam olarak bakır plakete geçmesine engel olabilir. Ütü yardımı ile yeterli miktarda ısı uygulanarak kuşe kağıt yüzeyindeki toner bakır plakete aktarıldı.

Bakır plaket bir süre soğuduktan sonra kuşe kağıt çıkarıldı eksik ve çıkmayan kısımlar asetat kalemi ile çizildi. Daha sonra bakır plaket, perhidrol ve tuz ruhu karışımına atıldı. Bu asitli sıvı bakır plaketin açıkta kalan tonersiz kısımlarını eriterek sadece tonerli yüzeyin bakır yol olmasını sağladı.

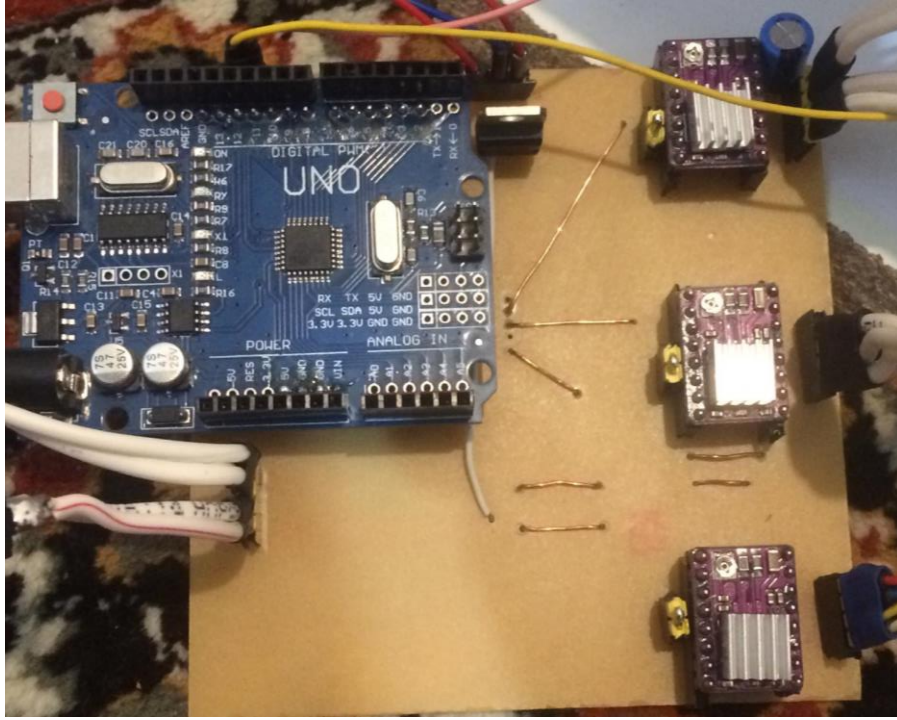


Şekil 4.7. Perhidrol ve Tuz Ruhü Karışımına Atılmış Bakır Plaket

Bakır yolları açılan plakete sıra 1 mm çapında delikler açmaya geldi. Elektronik parça ve malzemeler bu deliklere monte olacaktır. Delikler açıldıktan sonra pürüzlü kalan kısımlar ve toner artıkları kalmaması için plaket zımparalanmıştır. Elektronik malzemeler teker teker plakete lehimlenerek bağlantılarının kurulması sağlanmıştır. Tüm lehimler tamamlandığında avometrenin kısa devre modunda bakır yollar test edilmiştir. İletken olan birkaç yola, ince bakır tel veya lehim takviyesi yapılmıştır.

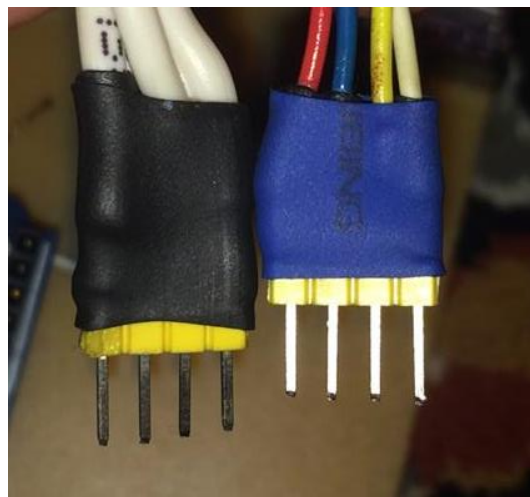


Şekil 4.8. Düzeltme İşlemleri Sonrası Devre Kartı



Şekil 4.9. Devre Kartının Montaj Sonrası Üst Görünümü

Motorların devre kartındaki dişi header yuvalarına rahatça takılması için motor kablolarının uçlarına erkek header montajı yapıldı.



Şekil 4.10. Motor Kablolarına Erkek Header Montajı

Tüm yolların hatasız olduğu görüldükten sonra devreye ilk enerji yani +12 Volt verildi. Herhangi bir terslik olup olmadığı gözlemlendi.

4.4. Programlama Aşaması

4.4.1. Arduino Processing (Arduino Arayüz Programı)

Processing dili 2001 yılından bu yana görsel odaklı geliştirilen basit seviyede bir programlama dili ve ortamıdır. Hızlı prototip çıkarma ve eskiz çalışması yapabilme için geliştirilse de zaman içinde programlama temellerini anlayabilmek ve anlatabilmek için programlamaya giriş aşamasında eğitim aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Processing, programlamaya yeni başlamış insanların rahatça kullanabileceği bir tümleşik geliştirme ortamıdır. Bu tümleşik ortam kolay bir şekilde programlamayı öğretirken aynı kolaylıkla zengin görsellikler yaratmaya yardımcı oluyor.

Programlamaya başlamadan önce kullandığım malzemelerin arduino ile haberleşebilmesi için gerekli olan kütüphaneler bilgisayara indirilerek kurulumu yapıldı.

```
#include <AccelStepper.h>
#include <Servo.h>
```

Şekil 4.11. Eklenen Kütüphaneler

Yazılan program arduino seri port ekranı aracılığıyla manuel olarak makineyi kontrol edebiliyor. Manuel modu açmak için seri port ekranına “manuel” yazmamız yeterlidir.

```
void loop() {
  String mode = Serial.readString();
  if (mode.startsWith("manuel")) {
    manuel();
  }
}
```

Şekil 4.12 Seri Port Ekranından Gönderilen Manuel Yazısını Okuyan Program

“Manuel” yazdıktan sonra makinenin bükücü kafası kendini sıfır derece noktasına getirmek için referans aldığı endstop switchine çarpana kadar döner. Bu işlemi tamamladıktan sonra manuel moda geçer. Manuel moda geçildiğinde seri port ekranı bize manuel moda geçildiğini belirten // MANUEL MOD \ yazısını gönderir ve makineyi manuel olarak kontrol edebiliriz.

Öncelikle bükülecek olan telin büküm nozzle’una ulaşabilmesi için teli bükücüye doğru sürmemiz gerekiyor. Bunun için programda atanmış olan t harfini kullanabiliriz. Örneğin t50 yazıp gönderdiğimiz zaman teli 50 mm kadar sürer ve durur aynı zamanda ekranda 50 mm tel suruldu yazısı çıkar.

```
if (dataIn.startsWith("t")) {  
    dataInS = dataIn.substring(1, dataIn.length()); // sayıyı oku  
    dist = dataInS.toInt();  
    Serial.print(" ");  
    Serial.print(dist);  
    Serial.println("mm tel suruldu.");  
    dist = dist * 48;  
    while (feederStepper.currentPosition() != dist) {  
        feederStepper.setSpeed(1200);  
        feederStepper.run();  
    }  
    feederStepper.setCurrentPosition(0);  
    delay(100);  
}
```

Şekil 4.13. Teli İstenilen mm Uzunluğunda Süren Program

Bu sürülen teli bükebilmek için b harfi programda atanmıştır. Örneğin b75 yazarsak teli sağa doğru 75 derece açıyla bükerek ve ekranda 75 derece bukuldu yazar. Sola doğru bükmek için açı değerini eksili vermemiz gerek. b-75 yazarsak sola doğru 75 derece bükerek ve yine ekranda -75 derece bukuldu yazar. Makinenin büküm açı sınırları +85 ve -105 derece olmak üzere toplamda 190 derecedir. Yani büküm kafası 190 derece hareket kabiliyetine sahiptir.


```

if (dataIn.startsWith("b")) {
  if (dataIn.charAt(1) == '-') {
    dataInS = dataIn.substring(2, dataIn.length()); ///bukulecek açiyi oku
    angle = dataInS.toInt();
    Serial.print(" -");
    Serial.print(angle);
    Serial.println(" derece bukuldu.");
    angleConst = 16;
    // "Negatif" bükme başlangıç pozisyonuna ayarla
    while (benderStepper.currentPosition() != -43 * angleConst) {
      benderStepper.setSpeed(-1200);
      benderStepper.run();
    }
  }
}

```

Şekil 4.14. Teli Sola Doğru Bükme İsteddiğimizde Çalışan Program

```

else {
  dataInS = dataIn.substring(1, dataIn.length());
  angle = dataInS.toInt();
  Serial.print(" ");
  Serial.print(angle);
  Serial.println(" derece bukuldu.");
  angleConst = 16;
  servo01.write(40);
  delay(450);
  while (benderStepper.currentPosition() != (-1) *angle * angleConst)
    benderStepper.setSpeed(-700);
    benderStepper.run();
}

```

Şekil 4.15. Teli Sağa Doğru Bükme İsteddiğimizde Çalışan Program

Eğer teli 3. Eksende bükme istersek z komutunu kullanmalıyız. Örneğin z35 yazarsak 3. Eksende 35 derecelik açığa ulaşır. Aynı bükme açısında olduğu gibi z değerini eksili yazdığımızda 3. Eksen eksi yöne doğru istenilen açığa gider. Z35 yazdıysak ekranda Z eksen 35 derecede yazısı gönderilir.

```
// Z-ekseni kontrolu
if (dataIn.startsWith("z")) {
  if (dataIn.charAt(1) == '-') {
    dataInS = dataIn.substring(2, dataIn.length());
    angle = dataInS.toInt();
    Serial.print("Z eksenini -");
    Serial.print(angle);
    Serial.println(" derecede.");
    angleConst = 16;
    while (zAxisStepper.currentPosition() != angle * angleConst)
      zAxisStepper.setSpeed(500);
    zAxisStepper.run();
  }
}
```

Şekil 4.16. Z eksenini Eksi Yönde Çalıştıran Program

```
else {
  dataInS = dataIn.substring(1, dataIn.length());
  angle = dataInS.toInt();
  Serial.print("Z eksenini ");
  Serial.print(angle);
  Serial.println(" derecede.");
  angleConst = 16;
  while (zAxisStepper.currentPosition() != (-1) * angle * angleConst)
    zAxisStepper.setSpeed(-500);
  zAxisStepper.run();
}
zAxisStepper.setCurrentPosition(0);
delay(100);
```

Şekil 4.17. Z Eksenini Artı Yönde Çalıştıran Program

Bu üç komut ile teli adım adım bükümleriz. İstenilen son büküm işlemini de gerçekleştirdikten sonra teli nozzle kısmından keserek elde ettiğimiz parçayı makineden ayırabiliriz. [12].

5. KULLANILAN MALZEMELER

5.1. ARDUINO UNO R3 SMD

Arduino UNO R3, Arduino Uno'un son çıkan modelidir. Bundan önceki modellerde (Uno, Duemilanove) bulunan tüm özellikleri desteklemektedir. UNO R3 modeliyle birlikte önceki sürümlerindeki 8U2 modeli yerine 16U2 modeli kullanılmıştır.

Böylelikle daha hızlı veri aktarımı daha az hafıza kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arduino Uno R3 SMD kartı, mikrodenetleyici olarak Arduino Uno R3 gibi ATmega328 bulundurur fakat Arduino Uno R3 de DIP tip, bu üründe ise SMD tip mikrodenetleyici bulunmaktadır.

Arduino Uno R3 SMD Klon kartının Arduino Uno R3 den bir diğer farkı ise haberleşme çipidir. Arduino Uno R3 de Atmega 16U2 çipi yerine, Arduino Uno R3 SMD Klon kartında USB CH340 Serial Dönüştürücüsü kullanılmıştır.

Arduino Uno R3 SMD Klon kartında, kristalin yakınında 4 x GND, 2 x 5V, 2 x 3.3V, 1 x RX/TX, 1 x SCL/SDA pinleri bulunmaktadır ve dişi headerların yanında birer sıra pin girişi bulunmaktadır. Bu pin girişlerine erkek headerlar lehimlenerek kullanılabilir ve Arduino yanında hâlihazırda 40 lık erkek header da gönderilmektedir. 3 eksen tel bükme makinesi projesinde de bu pinlere erkek headerlar lehimlenerek PCB ye montajı yapılmıştır.

UNO R3 ayrıca SDA ve SCL pinlerine sahiptir bu pinler karttaki AREF pininin yanında bulunmaktadır. Bununla birlikte kart üzerinde önceki modellerinden farklı olarak reset pininin yanına iki adet yeni pin eklenmiştir. Biri shieldlere kart üzerinden besleme sağlamak amacıyla IOREF pini diğeri ise ileride kullanılmak üzere ayrılmış boş bağlantısız pindir. UNO R3 piyasada bulunan tüm shieldler ile tam uyumlu olup yeni pinleri ile de bundan sonra üretilecek olan yeni shieldlere de uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır.



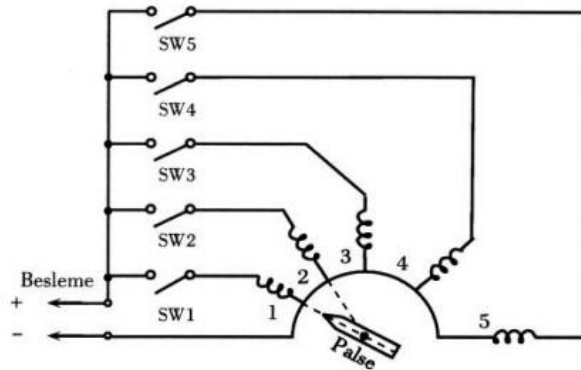
Şekil 5.1. Arduino UNO R3 SMD

5.1.1. Arduino Uno R3 Smd Teknik Özellikleri

- ATmega328 Mikrodenetleyici
- 7-12V Giriş Voltajı
- 14 Dijital G/Ç Pini
- 6 PWM Çıkışı
- 6 ADC Girişi
- 16 MHz Çalışma Frekansı
- 32 KB Flash Hafıza [1].

5.2. Step motor

Step motorlar elektrik enerjisini dönme hareketi ile fiziksel enerjiye çeviren elektromekanik cihazlardır. İsimlerinden de anlaşıldığı üzere adım adım hareket eden motor çeşitlerinden biridir. Biraz daha detaylı olarak açıklayacak olursak, girişlerine uygulanan pals sinyallerine karşı analog dönme hareketi çıkışı üreten, bu dönme hareketini adım adım ve çok hassas kontrolle sağlayan sabit mıknatıs kutuplu motorlardır. Step motorların yapıları rotor, stator ve rulmanlardan oluşmaktadır. Rulmanlar, rotora bağlı şaftın rahat hareket etmesini sağlarlar. Statorun birden fazla kutbu vardır ve kutup sayısı motordan motora değişmektedir ancak genellikle bu sayı sekizdir. Kutupların polaritesi elektronik anahtarlar vasıtasıyla sürekli değişir aynı zamanda rotorun mıknatıslığı ya sabit mıknatıs ile ya da dış uyarım teknikleri ile meydana getirilir.



Şekil 5.2. Step Motorun Çalışma Prensibi

Step motorların avantajları: Çok hassas pozisyon ve hız kontrolü, düşük devirde yüksek tork sağlar.

Step motorların dezavantajları: Verim, geribildirim mekanizması barındırmadığından harici konum limitlemeye gerek duyulur.

5.2.1. Step Motorun Adım Açısının ve Adım Sayısının Hesaplanması

360° dönen step motorlarda gerekli adım açısının (**Qs**) bulunması için faz sayısını (**Ns**) ve motordaki rotorun çıkıntılı kutup sayısını (**Nr**) bilmek gerekir.

$$\theta_s = \frac{360^\circ}{N_s \cdot N_r}$$

Adım sayısının (**S**) hesaplanması için bir adımın açısını (**Qs**) bulmak yeterli olacaktır.

$$S = \frac{360^\circ}{\theta_s}$$

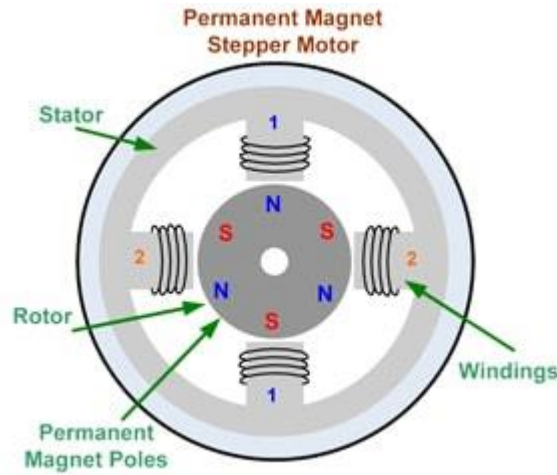
5.2.2. Step Motor Çeşitleri

Step motorlar yapılarına göre beşe ayrılırlar.

- Sabit mıknatıslı step motorlar (PM)
- Değişken relüktanslı step motorlar (VR)
- Hibrit step motorlar (HB)
- Hidrolik step motorlar
- Lineer step motorlar

5.2.2.1. Sabit Mıknatıslı Step Motorlar

Bu uygulamada kullanılan step motor çeşididir. PM (Permanent Magnet Stepper Motors) motorların yapılarında rotorda sabit mıknatıslar bulunur. Stator bobinlerine uygulanan gerilime ve akımın yönüne göre motorun dönmesi gerçekleşir. Bu tip motorlardaki rotorlarda bulunan mıknatıslar, manyetik akımın artmasını sağlarlar. Stator bobinlerindeki akım arttıkça manyetik alan, buna bağlı olarak tork da artar. Sabit motorlu step motorlar, değişken relüktanslı step motorlara göre daha yüksek torklarda çalışırlar.



Şekil 5.3. Sabit Mıknatıslı Step Motor Yapısı

Sabit mıknatıslı step motorlar kendi içlerinde dörde ayrılırlar.

- İki fazlı sabit mıknatıslı iki fazlı step motor
- Orta uçlu sargılara sahip sabit mıknatıslı step motor
- Disk tipi sabit mıknatıslı step motor
- Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motor

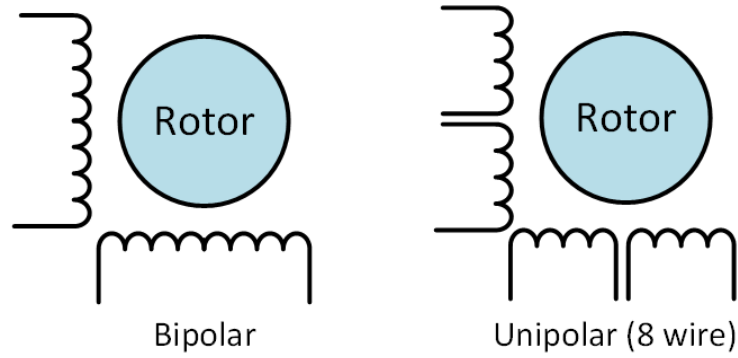
İki fazlı step motorlarda bobin sarım tipi ikiye ayrılır. Bunlar, Unipolar ve bipolar step motor olarak adlandırılırlar.

5.2.2.1.1. Unipolar Step Motor

Unipolar step motorlar tek yönlü beslemeye sahip olup akımın tek yönde iletildiği motorlardır. Bu tip motorlarda 4 bobin bulunur. Unipolar motorların kablolarından birisi ortak uç (negatif) olarak kullanılır. Kolay sürülebilmelerine karşın her bir adımda sadece fazlardaki sarımların yarısı aktif olacağından sağlayacağı maksimum tork elde edilemez.

5.2.2.1.1. Bipolar Step Motor

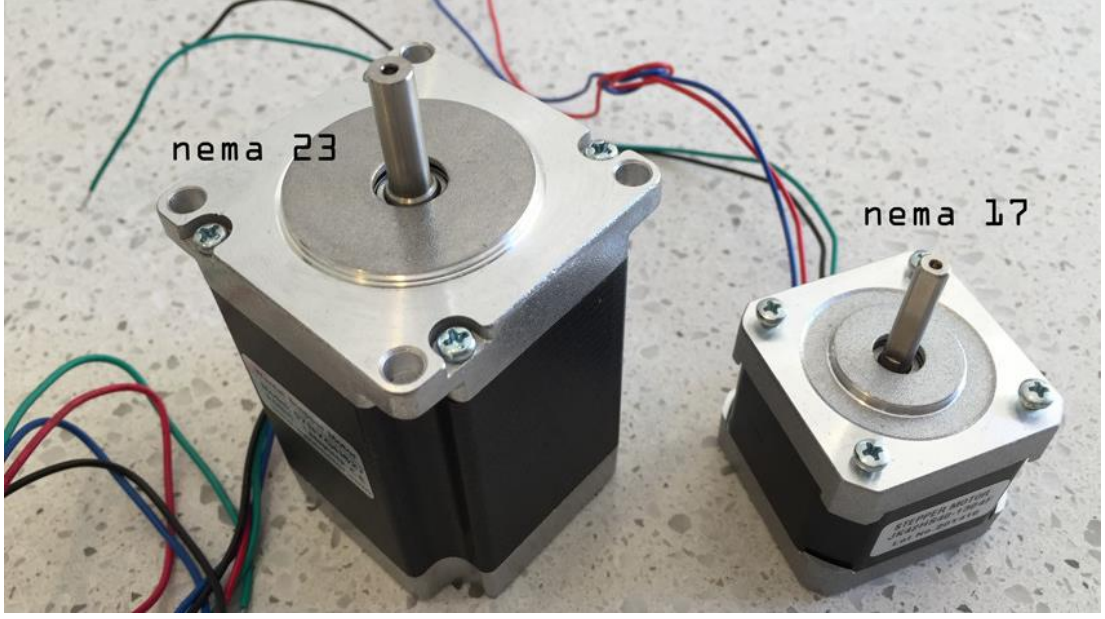
Bipolar motorların sarımlarında ortak uç bulunmaz ve her fazı ayrı ayrı sürmek gerekir. İki yönlü beslenirler ve akım her iki yönden de akar. Daha karmaşık sürücü yapısına ihtiyaç duymalarına karşın, her fazdaki sarımların tamamı kullanıldığından motorun verebileceği torkun tamamı kullanılabilir. [13].



Şekil 5.4. Bipolar ve 8 kablo unipolar motor bobin yapısı

5.2.3. Uygulamada Kullanılan Nema 17 ve Nema 23 Step Motorlar

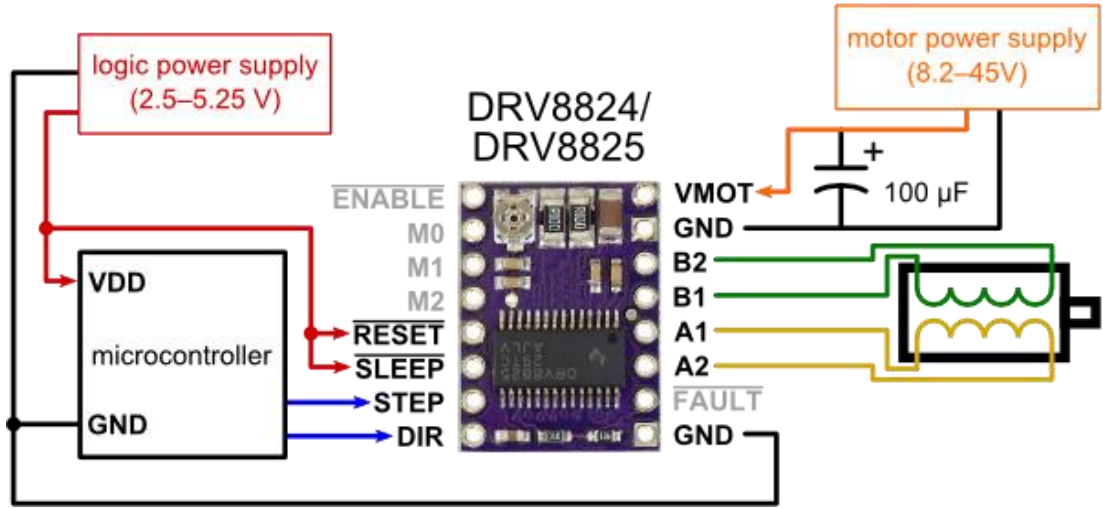
Step motorlar “boyut 11”, “boyut 17”, “boyut 23” gibi boyutlarla kategorize edilirler. The National Electrical Manufacturers Association (Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği) step motorlar da dahil bütün elektrikli ürünler için standartlar belirler. NEMA standartları step motorların boyutlarıyla ilgilidir. NEMA 17: 1.7 Inch kare, NEMA 23: 2.3 Inch karelik step motor oldukları anlamına gelmektedir.



Şekil 5.5. Nema 23 ve Nema 17 Step Motor

5.3. DRV8825 Step Motor Sürücü

DRV8825 mikroadım yöntemiyle elimizdeki step motorun adımını 32 parçaya bölerek daha hassas açılarla adımlama yapabilmemizi sağlamaktadır. Örnek olarak elimizde 7.5 derecelik bir step motor olduğunu varsayalım. Biz DRV8825'i 1/32 microstepping moduna aldığımızda $7,5/32=0,234375$ derecelik adımlara kavuşmuş oluruz. Motorumuz normalde 48 adımda bir tam tur atacakken 1/32 mikroadım seçimini uyguladığımızda 1536 adımda bir tam tur tamamlamış olacaktır. Buradan da görülebildiği üzere DRV8825 step motor sürücüsü bizim için işleri oldukça kolaylaştırmaktadır.



Şekil 5.6. DRV8825 Bağlantı Şeması

M0,M1 ve M2 uçları kullanılarak sürücünün adım hassasiyeti ayarlanmaktadır. Aşağıdaki şekilde seçilen değerlere göre sürücünün kullanacağı adımlama modu görülmektedir. [16].

MODE2	MODE1	MODE0	STEP MODE
0	0	0	Full step (2-phase excitation) with 71% current
0	0	1	1/2 step (1-2 phase excitation)
0	1	0	1/4 step (W1-2 phase excitation)
0	1	1	8 microsteps/step
1	0	0	16 microsteps/step
1	0	1	32 microsteps/step
1	1	0	32 microsteps/step
1	1	1	32 microsteps/step

Şekil 5.6.1. DRV8825 Adımlama Modu Seçimi

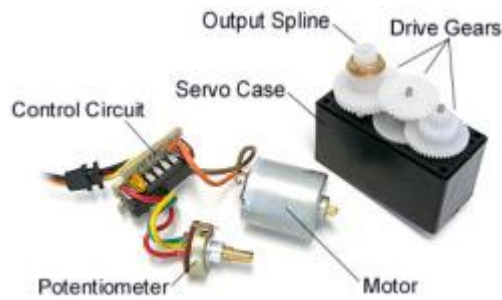
Bu uygulamada sadece mod2 kullanılarak 16 mikroadım/adım elde edilmiştir. Sürücünün kullanımı oldukça basittir. Step ucundan uyguladığımız kare dalga sinyalin her yükselen kenarında motorumuz seçilen adım hassasiyetinde bir adım atmaktadır. DIR ucu ise motorun döneceği yönü belirlemektedir. DIR ucuna 1 uygularsak motor bir yöne, 0 uygularsak aksi yöne dönmektedir.

5.4. Servo Motor

Servo, mekanizmalardaki açısal-doğrusal pozisyon, hız ve ivme kontrolünü hatasız bir şekilde yapan tahrik sistemi olarak tanımlanabilir. Yani hareket kontrolü yapılan bir düzendir. Servo motorlar, robot teknolojilerinde en çok kullanılan motor çeşidi olmakla birlikte, RC (Radio Control) uygulamalarda da kullanılmaktadırlar. RC Servo Motorlar ilk olarak uzaktan kumandalı model araçlarda kullanılmışlardır. Servolar, istenilen pozisyonu alması ve yeni bir komut gelmediği sürece bulunduğu pozisyonu değiştirmemesi amacıyla tasarlanmıştır.

5.4.1. Servo Motorun Çalışma Prensibi

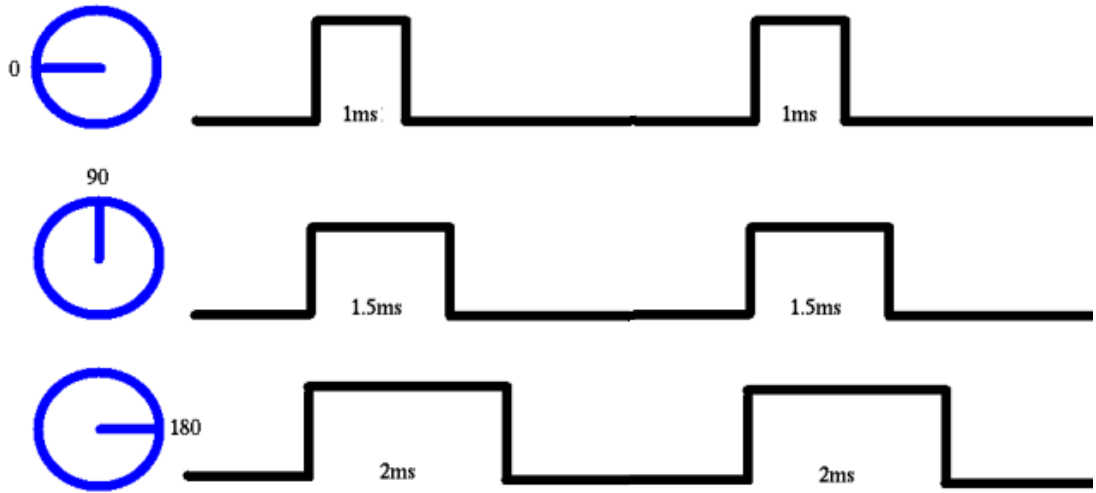
Servo motorların içerisinde motorun hareketini sağlayan bir DC motor bulunmaktadır. Bu motorun dışında bir dişli mekanizması, potansiyometre ve bir motor sürücü devresi bulunmaktadır. Potansiyometre, motor milinin dönüş miktarını ölçmektedir. Servo içerisindeki DC motor hareket ettikçe potansiyometre döner ve kontrol devresi motorun bulunduğu pozisyon ile istenilen pozisyonu karşılaştırarak motor sürme işlemi yapar. Yani, servolar diğer motorlar gibi harici bir motor sürücüyeye ihtiyaç duymadan çalışmaktadırlar. Genellikle çalışma açıları 180 derece ile sınırlıdır fakat 360 derece çalışma açısına sahip özel amaçlı servo motorlar da vardır. Servolar genellikle 4.8-6V gerilim ile çalışmaktadırlar. 7.4V ve daha yüksek gerilimle çalışan servolar da bulunmaktadır.



Şekil 5.7. Servo Motorun İç Yapısı

Servo motorlar PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) sinyal ile çalışmaktadırlar. Bu PWM sinyaller bir mikrokontrolciden (örneğin arduino) veya uzaktan kumandadan sağlanabilmektedir. Servo, her 20 ms içerisinde bir pals değeri okumaktadır. Pals uzunluğu motorun dönüşünü belirlemektedir. Örnek olarak 1.5 ms'lik bir pals,

motorun 90 derece pozisyonunu almasını sağlayacaktır (Nötr Pozisyon). Servolar hareket etmeleri için bir komut aldıklarında önce istenilen pozisyona hareket ederler, sonrasında ise o pozisyonda kalırlar. Servolar bulundukları pozisyonu korurken kendilerine dışarıdan bir güç uygulandığında bu güce direnirler. Bulundukları konumu sonsuza kadar koruyamazlar, pozisyonlarını koruyabilmeleri için palsin tekrar edilmesi gerekebilir. Hareket etmeleri için gereken pals genişliklerinin minimumları ve maksimumları vardır ve bu değerler değişkendir. Fakat genellikle minimum pals genişliği 1 ms, maksimum pals genişliği ise 2 ms'dir.



Şekil 5.8. PWM Sinyallerine Göre Servoların Açı Pozisyonları

5.4.2. Servo Motor Çeşitleri

Servo motorlar, AC-DC servo, dijital-analog servo ve çekirdeksiz-fırçasız servo motorlar olmak üzere 3'e ayrılırlar. Bu uygulamada DC servo motor kullanılmıştır. [17].



Şekil5.9. 3 Eksen Tel Bükme Makinesi Uygulamasında Kullanılan Servo Motor

5.5. Rulman

Rulman, içinde bilyelerin dizili olduğu ve çevresinde de hareket edebilecek metal bir çemberin bulunduğu bir parçadır. Birbirine göre farklı yönlerde dönen parçaların bu hareketi minimum sürtünme ile yapmasını sağlayan, daha az güç harcanarak, daha yüksek devirlere çıkabilmesine olanak sağlayan bir makine elemanıdır.



Şekil 5.10. Bilyeli Rulmanın İç Yapısı

5.5.1. Rulmanın Çalışma Prensibi

Basit bir rulman iç halka ve bir dış halkanın iç içe geçirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu halkaların birbiri içerisinde rahatça dönebilmesi içinse, ara kısma yerleştirilmiş bir dizi makara serisi bulunur. Bu makaraların hepsinin aynı boyut ve pürüzsüzlükte hizalı ve düzgün şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Kullanılan yağ bile rulmanın kalitesi ve ömrü açısından hayati önem taşır. [18.]



Şekil 5.11. Uygulamada Kullanılan 608ZZ Ve 6202ZZ Tip Rulmanlar

5.6. Elektrik Anahtarı

Elektrik devrelerinde elektrik enerjisini iletmeye ve istenildiği zaman kolayca kesmeye yarayan devre elemanıdır. 0 konumunda devre açık olarak adlandırılır ve elektrik enerjisi iletilmez, tam tersi 1 konumunda devre kapalı olarak adlandırılır ve elektrik enerjisi iletilir.



Şekil 5.12. Uygulamada kullanılan elektrik anahtarı

5.7. Limit Switch

Limit switch ya da diğer adıyla sınır şalteri, bir hareketli mekanizmanın temas etmesi sonucu mekanik olarak tahrik edilerek elektriksel kontakları pozisyon değiştiren elektriksel bir anahtardır. Limit switchin kontaklarının pozisyon değiştirmesi, yani açık konumdan kapalı konuma veya kapalı konumdan açık konuma geçmesi sonucu herhangi bir elektrik akımı iletilir veya kesilir.

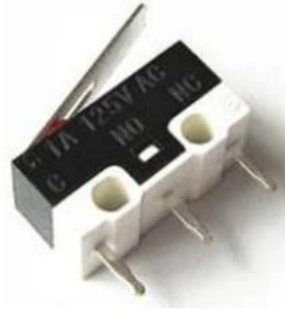
5.7.1. Limit Switchlerin Kullanım Alanları

Bir elektrik motoru vasıtasıyla otomatik olarak açılıp kapanan bir garaj kapısı, açılma ve kapanma son noktalarında bir limit switchi tahrik ederek motorun durmasını sağlayabilir. Açılma üst noktasında, bu noktaya limit ve ya nihayet noktası da denebilir, limit switche temas ederek onu tahrik eden garaj kapısı, limit switchin kapalı pozisyonunda olan kontağını açık konuma getirir. Böylece motora yol veren elektrik kumanda devresinin enerjisi kesilmiş olur. Motora yol veren kumanda devresi kontaktör, röle gibi bir elektromekanik anahtarın bobini olabileceği gibi limit switchin kontak verisi PLC, arduino gibi programlanabilen bir işlemci tarafından da değerlendirilebilir. Limit switch, kendisini tahrik eden mekanizmayı durdurabileceği gibi başka bir fonksiyonu da yerine getirebilir.

Limit switchler, tüm makinaların, otomatik hareket eden sistemlerin, geçiş turnikelerinin, otopark giriş çıkış kapılarının, yolcu ve yük asansörlerinin, yürüyen merdivenlerin, konveyörlerin, hidrolik ve pnömatik sistemlerin, yüksek tonajlı vinç sistemlerinin, motorlu vana aktüatörlerinin, otomatik açılıp kapanan kanatları olan merkezi havalandırma sistemlerinin, otomobil tamirhanelerinde kullanılan liftlerin vazgeçilmez elemanlarıdır.

5.7.2. Limit Switchlerin Sensörlere Göre Avantajları

Her ne kadar, günümüzde daha teknolojik olan endüktif sensör, kapasitif sensör, fotoelektrik sensör vb. temassız algılayıcılar da limit switch yerine kullanılabilirse de limit switchler, düşük maliyetleri, basit yapıları, montajında daha az teknik bilgi gerektirmeleri, elektronik parçası olmadığından dolayı voltaj değişimlerinden ve pik akımlarından etkilenmemeleri, sensörlere göre daha mukavim bir yapıya sahip olmaları onları avantajlı kılar. [19].



Şekil 5.13. Uygulamada Kullanılan Limit Switch

5.8. Pirinç Boru

5.8.1. Pirinç Nedir

Pirinç, bakıra çinko katılarak elde edilen sarı renkteki alaşımların genel ismi. Pirinçte bulunabilen diğer bazı elementler, kalay, kurşun, nikel, mangan, demir, alüminyum, arsenik, antimon ve fosfordur. Mangan ihtiva eden bazı pirinçlere tunç da denilmektedir. Maliyetleri nispeten düşüktür.



Şekil 5.14. Uygulamada Kullanılan Pirinç Boru

5.9. Baskı Devre Plaketi

Elektronik devre kartını oluşturmak için bir veya iki yüzeyi bakır kaplı levhalardır. Yüzeyine asetat kalemi ile çizilen veya çeşitli aktarma yöntemleriyle yüzeyine aktarılan devre yolları, bu yolların haricindeki fazla bakırın kimyasal bir sıvı ile eritilmesiyle ortaya çıkarılır. Elektronik parçaların konumlanacağı yerlere uygun çapta delikler açılarak komponentler lehim ile monte edilir.

5.9.1. Baskı Devre Teknikleri

Baskı devre yapmak için öncelikle devrenizi bir devre çizim programında tasarlamamız ve çizmeniz gerekir. En yaygın kullanılan devre çizim programları Proteus ve Eagle'dır. Baskı devre çizimin bakır plakete üzerine aktarılması ve baskı devre kartı üzerinde devre elemanlarının bağlantı yollarının çıkarılması için farklı yöntemler mevcuttur. Evde uygulayabileceğiniz başlıca yöntemler: maskeleme yöntemi, baskı devre kalemi kullanma yöntemi, PnP (press and peel) yöntemi, pozitif 20 yöntemi ve hazır kart yöntemidir. Çok sayıda kart basımı ve / veya karmaşık bir devre söz konusu olduğunda baskı devre üreten atölyelerde uygulanan serigrafî tekniği de tercih edilebilir.

Baskı devre yapımında devreyi çizerken devre elemanları arasındaki bağlantı yollarının kalınlığı önemlidir. Devrenizdeki bağlantı yollarının taşıyacağı akım miktarı yükseldikçe yolun kalınlığının da artırılması gerekir. [20].

Bağlantı Yolu Genişliği	Taşınabilecek Maksimum Akım Değeri
0,2 mm	100 mA
0,5 mm	300 mA
1,0 mm	2,5 A
2,0 mm	5 A
3,0 mm	6 A
4,0 mm	7 A
5,0 mm	9 A

şekil 5.15. Baskı Devre Bağlantı Yolu Genişliğine Göre Taşınabilecek Maksimum Akım Değeri

5.10. Metrik Cıvata ve Somunlar

Cıvata ve somun bir arada kullanılarak sökülebilir bir şekilde parçaları birbirine birleştirir. Uygulamada M8, M6 ve M5 tipi cıvata ve somunlar kullanılmıştır.

6. UYGULAMADA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜMLERİ

1. Karşılaşılan ilk sorun baskı devre yollarının tam olarak oluşmaması oldu. Tam çıkmayan yolların üzerinden lehim ile geçerek kesik kısımlar tamamlandı. Daha büyük eksiklerde ise tel ile takviye yapıldı.
2. Makineye 12V güç kaynağı bağlandığında sürekli kısa devre uyarısı veriyordu. Bunun sebebi güç kaynağının makineye yetersiz gelmesiymiş. 3 Amperlik güç kaynağını 6 Amper olanı ile değiştirince sorun ortadan kalktı
3. Teli nozzle'a süren motorun teli tam olarak kavrayamayıp teli sıyırdığı için nozzle'a tel ulaşmıyordu. Bunun için telin temans ettiği sürücü kısma zımpara yapıştırıldı ve sürtünme kuvveti yeterli olduğu için tel rahatlıkla ilerleyebildi.
4. Step motor sürücüleri aşırı ısındığı için motorlar belli bir süre çalıştıklarında kendi kendilerine gücü kesiliyordu. Isınma sorununu çözebilmek için sürücülerin üzerine fan takıldı.
5. Tel bükücü kısımdaki ilk alınan step motorun tork kuvveti yeterli seviyede olmadığı için teli bükmekte zorlanıyordu. Daha yüksek tork sağlayan başka bir NEMA 23 motor ile değiştirildi.

SONUÇ

Bu çalışmamda telin ve tel bükme makinelerinin ne olduğunu, çeşitlerini ve hangi amaçla nerelerde kullanıldığını öğrendim. Uygulamamda, arduino üzerinden step ve servo motorların istenilen komutlara uygun olarak çeşitli hareketlerini gözlemledim. Bu açısal hareketlerin bir tele nasıl şekil verdiğini, ortaya kendi tasarımı olan bir ürün çıkarabileceğini görmüş oldum.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Tel Üretim Safhaları	10
Şekil 1.2 Çeşitli Açılarda Bükülmüş Donatı Telleri	10
Şekil 2.1 El İle Tel Bükme Uygulaması.....	13
Şekil 3.1. Manuel Tel Bükme Aleti	14
Şekil 3.2. Mengene Tipi Manuel Tel Bükme Aleti.....	14
Şekil 3.3. Yarı Otomatik İnşaat Demiri Bükme Makinesi	15
Şekil 3.4. Bilgisayar Kontrollü Tam Otomatik Tel Bükme Makineleri.....	16
Şekil 4.1. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin Üst Görünüşü.....	17
Şekil 4.2. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin Yan Görünüşü	17
Şekil 4.3. 3 Eksen Tel Bükme Makinesinin 3 Boyutlu Perspektif Görünüşü	17
Şekil 4.4. Parçaların 3 Boyutlu Yazıcı İle Çıkarılması İşlemi	18
Şekil 4.5. EasyEda Programı İle PCB Tasarımı.....	19
Şekil 4.6. Kuşe Kağıt Üzerine Alınmış PCB Tasarımı	20
Şekil 4.7. Perhidrol ve Tuz Ruhu Karışımına Atılmış Bakır Plaket	21
Şekil 4.8. Düzeltme İşlemleri Sonrası Devre Kartı.....	21
Şekil 4.9. Devre Kartının Montaj Sonrası Üst Görünümü	22
Şekil 4.10. Motor Kablolarına Erkek Header Montajı.....	22
Şekil 4.11. Eklenen Kütüphaneler.....	23
Şekil 4.12 Seri Port Ekranından Gönderilen Manuel Yazısını Okuyan Program	23
Şekil 4.13. Teli İstenilen mm Uzunluğunda Süren Program	24
Şekil 4.14. Teli Sola Doğru Bükme İstedğimizde Çalışan Program.....	25
Şekil 4.15. Teli Sağa Doğru Bükme İstedğimizde Çalışan Program	25
Şekil 4.16. Z eksenini Eksi Yönde Çalıştıran Program.....	26
Şekil 4.17. Z Eksenini Artı Yönde Çalıştıran Program.....	26
Şekil 5.1. Arduino UNO R3 SMD	27
Şekil 5.2. Step Motorun Çalışma Prensibi	28
Şekil 5.3. Sabit Mıknatıslı Step Motor Yapısı	30
Şekil 5.4. Bipolar ve 8 kablo unipolar motor bobin yapısı	31
Şekil 5.5. Nema 23 ve Nema 17 Step Motor.....	32
Şekil 5.6. DRV8825 Bağlantı Şeması.....	33
Şekil 5.6.1. DRV8825 Adımlama Modu Seçimi	33
Şekil 5.7. Servo Motorun İç Yapısı.....	34
Şekil 5.8. PWM Sinyallerine Göre Servoların Açılış Pozisyonları	35
Şekil 5.9. 3 Eksen Tel Bükme Makinesi Uygulamasında Kullanılan Servo Motor....	36
Şekil 5.10. Bilyeli Rulmanın İç Yapısı	36
Şekil 5.11. Uygulamada Kullanılan 608ZZ Ve 6202ZZ Tip Rulmanlar	37
Şekil 5.12. Uygulamada kullanılan elektrik anahtarı	37
Şekil 5.13. Uygulamada Kullanılan Limit Switch	39
Şekil 5.14. Uygulamada Kullanılan Pirinç Boru.....	39
Şekil 5.15. Baskı Devre Bağlantı Yolu Genişliğine Göre Taşınabilecek Maksimum Akım Değeri.....	40

KAYNAKÇA

- [1]. http://www.robotiksisitem.com/arduino_uno_r3_smd_klon.html
- [2]. <http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVGVs>
- [3]. <http://www.fermotel.com/tel-hakkinda/tel-nedir>
- [4]. <https://www.donanimhaber.com/Ev-kullanimina-uygun-ilk-masaustu-tel-bukucu-DiWire--52514>
- [5]. <https://www.karacapaslanmaz.com/paslanmaz-tel>
- [6]. <https://armages.com/beton-fiber-mix-celik-tel-steel-fibre/steel-wire/>
- [7]. <http://www.ustuntel.com/galvanizli-tel.html>
- [8]. <https://bursatelorgu.com/galvanizli-tel-nedir-kullanim-alanlari-nelerdir/>
- [9]. <https://www.altinkuralmetal.com/tel-bukme-makinesi-nedir.html>
- [10]. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/E%C4%9Fme-B%C3%BCkme.pdf
- [11]. <https://www.altinkuralmetal.com/tel-bukme-makineleri.html>
- [12]. <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/processing-dili-nedir-elektrikport-akademi/8928#ad-image-0>
- [13]. <https://maker.robotistan.com/step-motor-nedir/>
- [14]. <https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors/types-of-steppers>
- [15]. <https://howtomechatronics.com/projects/arduino-3d-wire-bending-machine/>
- [16]. <https://mikrodunya.wordpress.com/2016/12/15/drv8825-step-motor-surucu/>
- [17]. <https://maker.robotistan.com/rc-servo-motor-nedir/>
- [18]. <https://www.ensonhaber.com/rulman-nedir.html>
- [19]. http://www.trerk.com/teknik/6/limit_switch/index.html
- [20]. http://www.robotiksisitem.com/baski_devre_yapimi.html