

Ütü Masası İmalatında Kullanılan Nokta Direnç Kaynak Manipülatörün Tasarım ve İmalatı

Resistance Spot Welding Manipulator Design and Manufacture in order to Fabricate Ironing Board

Yasin Altun¹, Muciz Özcan², Kazim Kaplan³

^{1,3} Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Selçuk Üniversitesi, 42035, Selçuklu, Konya, Türkiye
¹ysnaltn@gmail.com, ³kzm.kaplan@hotmail.com

² Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Necmettin Erbakan Üniversitesi, 42090, Meram, Konya, Türkiye
²mozcan@konya.edu.tr

Özet

Günümüzde otomatik kontrole dayalı üretim, modern sanayinin temel yapıtaşdır. Gelişen teknolojiyle beraber firmaların kaliteli, daha ekonomik ve seri bir şekilde imalat yapabilmeleri gerekmektedir. Üretimde kullanılan makine ve teçhizatların; seri üretime elverişli, verimli çalışan ve kaliteli ürünler verebilecek nitelikte oluşu dünya firmaları ile rekabette yerli firmaların elini güçlendirecektir. Bu bağlamda, endüstriyel otomasyon ve robotların kullanıldığı uzman sistemlere olan ihtiyaç artmaktadır. Bu çalışmada, ütü masası üretiminde kullanılan senkron servolu ileri seviye bir Elektrik Direnç Nokta Kaynak makinesinin tasarım, imalat ve kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Abstract

Today, the automatic control based on the production is the cornerstone of modern industry. Companies together with the developing technology with high-quality more economical and quickly need to carry out manufacturing. Machine and equipment will use in the production for suitable mass production, which are efficient and high quality products that could strengthen the hand of nature fact that domestic firms compete with companies in the world. In this respect, it is increasing the need for expert systems used in industrial automation and robots. In this study, an advanced synchronous servo Resistance Spot Welding machine which uses in the production of ironing board has been designed, manufactured and controlled.

1. Giriş

Gündelik hayatta evlerimizde kullandığımız ütü masaları basit ama önemli işleve sahip ürünlerdir. Metalik ince saclardan yapılmış ütü masası tablası; çerçeve profil, raylar, ütülük ve üst delikli sacın birleşiminden oluşmaktadır. Bu parçaların kaynatılmasında elektrik direnç nokta kaynağından (EDNK) faydalanılır. EDNK; iki elektrot arasına yerleştirilen bu

iletken iş parçalarının oluşturduğu kısa devre kaynak direncinin, sistemden geçen yüksek değerdeki elektrik akımına karşı zamana bağlı oluşturduğu ısı enerjisi ile, elektrot sistemine uygulanan basıncın bir arada tatbiki; ve bu işlem sonucunda oluşan metal eriyiğin basınç altında gerekli soğuma süresince kalıcı bir yapı oluşturmaya esasına dayanır.

Ütü masası çok ince sacların (DKP – SAE 1010, 0.70 mm) EDNK metodu ile birleştirilmesinden elde edilir ve sacların birleştirilmesi oldukça hassas bir işlemdir. Kaynak işleminde kullanılacak makine ve işlem parametrelerinin doğru şekilde belirlenmemesi ısının doğru bölgede oluşmamasına, görüntü ve şekil bozukluklarına neden olur. Bununla birlikte uygun aralıkta düzgün ve gerekli kaynak işleminin yapılmaması ileriki zamanlarda puntaların atmasına ve bu iki yüzeyin birbirinden ayrılarak üst sünger ve bezin yırtılmasına sebep olmaktadır. Bu çıktılar kaynak kalitesinin üretim aşamasında oldukça önemli bir yere sahip olduğunun göstergeleridir. Sonuçta, kaynak işlemini yapacak manipülatörün tasarımı ve sürecin kontrolü açısından oldukça kompleks bir uğraş karşımıza çıkar [1].

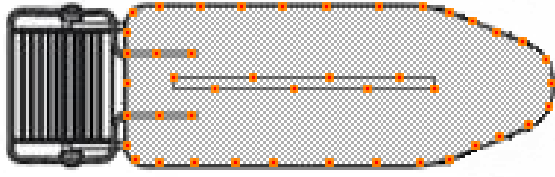
2. Tasarım

2.1. Ürün Geometrisi ve Malzeme

EDNK, Elektrik Direnç Kaynak (EDK) yöntemleri çatısı altındaki bir metottur. EDNK, EDK metodunu açıklamak için kullanılan temel yöntemdir. Diğer EDK yöntemleri; kabartılı nokta kaynak, dikiş kaynak ve alın kaynağıdır [2].

Makinenin çerçeve profil ile üst delikli sacının kaynatılmasında kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda; kalınlık [2], fişür şekli ve üretim hızı bakımından sistem için en uygun metodun EDNK olduğu görülmektedir [2,3]. Diğer kaynak çeşitlerinden kabartılı nokta kaynak ilave düzeltme işlemleri gerektirmektedir. Dikiş kaynak, ürün geometrisine uymayacak ve hız problemlerine neden olacaktır. Alın kaynak ise yığılmanın sağlanacağı kalınlıkta malzeme içermiyor oluşu

nedeniyle metot gereği bu çalışma için uygun görülmemiştir. [1]



Şekil 1 : Ürün Geometrisi ve Kaynak Noktalarının Yerleşimi

Soğuk şekillendirme ve çekme işlemine uygun DKP sacın ütü masası üretiminde, 0.70 mm kalınlıklı olanı tercih edilmektedir. Bu sac üst delikli ızgara, alt çerçeve profil ve ray şeklinde ayrı ayrı işlenip daha sonra EDNK makinası ile birleştirilmektedir.

EDNK tasarım parametreleri araştırmalar ve gözlemler ile hazırlanan uygulama tablolarının kullanımı ile mümkün kılınabilir. Bu tablolar sistem için ilk tasarım parametrelerini vermeye yeterlidir. Ancak bir çok parametreye bağlı gerçek kaynak çevrimi uygulama sırasında iyi analiz edilmelidir [1].

Çizelge 1. DKP Sac için Kaynak Parametreleri [4]

Kalınlık [mm]	Kaynak Akımı [A]	Basınç [kg.f]	Süre [periyot*]
0.25	4000	72.58	4
0.53	6500	110.67	6
0.79	8000	147.87	8
1.02	8800	186.88	10

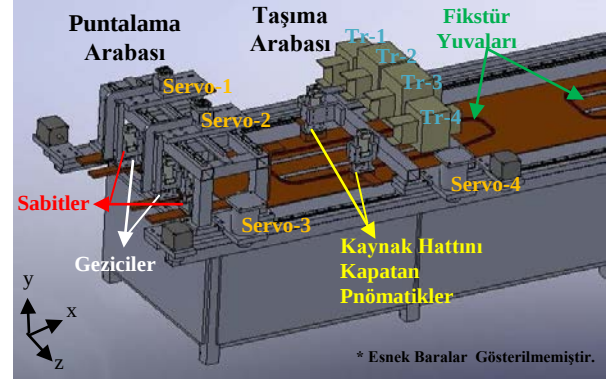
* Bir periyot 1/60 s alınmalıdır.

2.2. EDNK Makine Bileşenleri

EDNK metodu ile kaynak joule kanunu esaslı bir uğraştır. Bu proses, günümüzde, her ne kadar otomotiv sanayisinde yaygın olarak kullanılsa da, ütü masası gibi fason üretim gereken kullanımlar için de yaygındır. Fason üretimin temel gayesinin birim zamanda üretilen ürün miktarını artırmak oluşu, uygulamada, ölü zamanları minimuma indirmeyi ve makinenin dinamik performansını artırmayı gerektirir. Bununla birlikte, ürün gamı düşünüldüğünde, çeşitli tip ve ebattaki ütü masalarının üretiminde kaynak parametreleri ve düzlemindeki kaynak noktalarının her bir ürün için ayrı ayrı belirlenme ihtiyacı göz önünde bulundurulmalıdır.

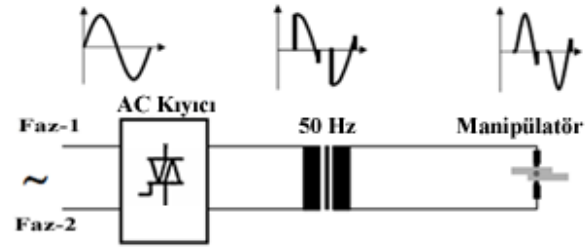
Tüm bu değerlendirmeler neticesinde, imalat için 4 adet kaynak manipülatörü ve 2 adet fikstür yuvası bulunan (Şekil 2) yapı üzerinde karar kılınmıştır.

Bu tasarımda, Puntalama Arabası ile taşıma arabası elektriki bağlantısı esnek baralar ile sağlanmıştır ve bu yapı X ekseninde senkronize hareket etmektedir. Puntalama uçlarından sadece 2 tanesi (Geziciler) Z eksenı boyunca hareket etmektedirler. Puntalama arabası, taşıma arabası ve gezicilerin pozisyonlanmaları servo motorlarla sağlanmaktadır. Kaynak işlemini gerçekleştirecek kaynak manipülatörleri ile kaynak hattını kapatan fazın Y eksenı boyunca hareketinde ise pnömatik tahrikten faydalanılmıştır.



Şekil 2 : Ütü Masası EDNK Makinası CAD Çizimi

2.2.1. Güç Hattı



Şekil 3 : Bir Manipülatöre Ait Güç Hattı

EDNK metodu ve tasarım yönünden bakıldığında, transformatörlerin elektriki - mekaniki irtibatlandırılması ile ağırlıkları tasarım açısından oldukça önemlidir. Sistemde kullanılacak transformatörlere ilişkin bilgiler Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. EDNK Transformatörleri

No*	Nominal Gücü [kVA]	Nominal Gerilim Çevrimi** [V]	Nominal Primer Akımı [A]	Ağırlığı [kg]
Tr-1	45	400/5.7	113	136
Tr-2	60	400/6	150	140
Tr-3	60	400/6	150	140
Tr-4	45	400/5.7	113	136

* Transformatörler su soğutmalıdır.

** Çalışma frekansı 50 Hz' dir.

2.2.2. Pozisyonlama

1 d/dk' lık hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışan, hız-pozisyon-moment kontrolü yapan yardımcı motorlara servo motor (servo) denilmektedir [5]. Özellikle eksenel pozisyonlamanın hassas olduğu endüstriyel uygulamalarda konum, hız ve tork kontrolünü periyodik, hassas ve kararlı bir şekilde gerçekleştirmek servolarla mümkün olmaktadır.

Yatay hareket eksenleri için gerekli olan servo hesaplamalarında makinenin konumlama hızı, hareket eden bölümlerin mekanik yükleri ve sürtünmeleri ile ataletleri dikkate alınmalıdır [6]. Aksi halde, servoların kısa süreli gereksiz yere yüklenmeleri hareket yeteneklerini kısıtlayabilir.

Buna göre, Taşıma Arabasının toplam ağırlığı Puntalama Arabasının ağırlığından fazladır. Taşıma arabası transformatörler, soğutma suyu, diğer mekanik ve elektrikli birleştirme elemanları hesaba katıldığında toplam ağırlığı yaklaşık 900 kg kadardır. Bu değere tahrik grubunun ağırlığı da ilave edilmektedir.

Gerekli tahrik gücünü belirlemede kütlenin (m; kg) yanı sıra ivme de (a; m/s²) önemlidir. Makine fason üretimde kullanılacağı için ivme değeri mümkün olduğunca yüksek seçilmiştir. Tabiki bu noktada servonun bu ivmeye karşı göstereceği tepkide önemlidir.

Yatay bir eksende yük taşımak için gerekli tahrik motoru hesabında Newton' un II. Yasası geçerlidir: [6]

$$F = m \cdot a \quad [\text{Newton}] \quad (1)$$

Burada sistem için ivme, $a = 2.50 \text{ m/s}^2$ alındığında;

$$F = 1000 \text{ kg} \cdot 2.50 \text{ m/s}^2 = 2500 \text{ N}$$

değerinde ataleti karşılayabilecek itme gücüne ihtiyaç vardır. Makinenin X eksen hareket alanı 4.60 m' dir. Yatay hareket hız değeri $V_{\max} = 1.25 \text{ m/s}$ seçildiğinde; makinenin hızlanma süresi :

$$t_{\text{acc}} = V_{\max} / a = 0.5 \text{ s} \quad (2)$$

'dir. Bu esnada katedeceği yol miktarı ise;

$$x_{\text{acc}} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0.313 \text{ m} \quad (3)$$

'dir. Hızlanma ve yavaşlama değerleri eşit olacağından, motorun tüm eksen kat edebileceği süre;

$$t_{\text{sum}} = t_{\text{acc}} + t_{\text{max_V}} + t_{\text{dec}} \quad (4)$$

formülünden 4.18 s gibi uygun bir değere tekabül edecektir. Makine üzerinde iki ayrı fikstür yuvası (kalıp) bulunduğundan, 1 adet ürün için hiçbir zaman pozisyonlama sırasında bu kadar uzun süre geçmeyecektir. Motor gücü hesabında motorun etiket devri 1500 d/dk alındığında motor momenti (M_0 ; N.m) ;

$$M_0 \cdot 1.25 \text{ m/s} \cdot 2\pi \cdot 1500/60 = 2500 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} \quad (5)$$

eşitliğinden $M_0 = 12.13 \text{ N.m}$ olarak hesaplanır. Momentten motor gücüne geçildiğinde :

$$P_{\text{kw}} = M_0 \cdot \frac{\text{Nominal Motor Devri (d/d)}}{9550} \quad (6)$$

güç 1.97 kW bulunur. Bu değer 1.25 gibi bir emniyet katsayısı ile çarpılırsa;

$$P_{\text{kw}} = 1.97 \cdot 1.25 = 2.46 \text{ kW}$$

değeri elde edilir. Benzeri hesap işlemleri geziciler içinde yapılmıştır. Gerçek servo değerleri, standart servo katalog [7] bilgilerine göre aşağıdaki şekilde seçilebilir.

Çizelge 3. Sistemde Kullanılacak Servo Etiket Değerleri

No*	Güç [kW]	Gerilim [V]	Hız [d/dk]	Tork [Nm]
Servo-1	0.75	220	3000	2.39
Servo-2	0.75	220	3000	2.39
Servo-3	3	380	1500	19.10
Servo-4	3	380	1500	19.10

* Sürücü dahili frenleme dirençleri dikkate alınmalıdır.

Makinenin X eksen boyunca çalıştığı dur/kalk sistemlerinde harici fren direnci kullanımı, sistem pozisyonlama performansını artıracaktır.

2.2.3. Pnömatik Yapı

EDNK makinesinde, basma kuvveti aynı zamanda akımda ileten elektrotlar vasıtasıyla [8]; basınç ise pnömatik, hidrolik veya mekanik [9] tahrikle sağlanır. Uygulamada hızlı ve ucuz olması nedeniyle pnömatik tahrik öncelikli tercih sebebidir. [1] EDNK manipülatörler için sistem tasarım parametrelerine uygun basıncı verecek silindir kesitleri, hesaplamalar neticesinde, Çizelge 4' de verilmiştir.

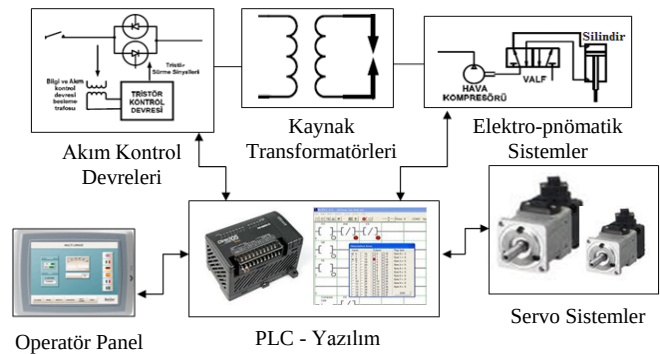
Çizelge 4. Manipülatörlerde Kullanılan Silindirler

Çalışma Basıncı [Bar]	Kesit [mm]	Verimlilik Çarpanı [%]	Strok Uzunluğu [mm] *
6.5	63	75	100

* Bu değer silindir çalışma hızını etkiler.

3. Uygulama

Gerçekleştirilen makinenin (Ek-A) çalışmasına ilişkin ana kontrol blok şeması Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4 : Makine Ana Kontrol Blok Şeması

Mekanik sistemin tasarım ve modellenmesinde Solidworks programı kullanılmıştır (Şekil 2). Bu aşamada tüm sistem elemanları birebir modellenmiş ve assembly haline

getirilmiştir. Bu sayede sistem tasarımında oluşabilecek hatalar analiz edilerek sistemin optimum çalışması sağlanmıştır. Bu düzeneğin hazırlanmasında ağırlıklı olarak metal malzemeler kullanılmıştır. Mekanik sistemi oluşturan bileşenler şunlardır:

- Metal profil lama ve saclar,
- Bakır elektrotlar ve esnek bara bağlantıları,
- Lineer raylar, bilya sistemleri ile helisel kramiyer ve pinyon dişliler,
- Senkron - servo mekanizması ve hassas servo redüktörler,
- 6 silindri pnömatik devre,
- Transformatörler ve soğutma devreleri,
- Hareketli kablo kanalları, endüktif sensörler ve butonlar,
- Akım kontrol kartları ve güç elektroniği yapıları,
- Merkezi kontrol biriminde motion PLC ve ilave modülleri,
- Sistemi izlemek ve reçeteleri tutmak için 10" dokunmatik operatör panel ekran kullanılmıştır.

Bu yapı içinde bulunan kaynak transformatörleri ve akım kontrol kartları düşük gerilimde kaynatılacak malzemelerin gereksinimi olan kaynak ısı değerine ulaştıracak akımı verebilecek özelliklerde tespit edilmiş ve daha sonra piyasadan temin yoluna gidilmiştir. Kaynak kartları ile PLC arasında kumanda ve analog haberleşme yapıları kurulmuştur. Bu aşamada, her bir kaynak kartı için, kapı işaretleri ile kaynak akımının açılma değerleri PLC' den akım kontrol devresine; transformatörün bağlı olduğu faz-faz gerilimi ise akım kontrol devresinden PLC' ye iletilmektedir.

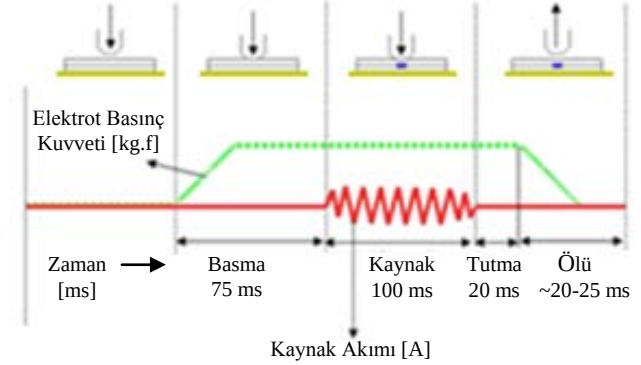
Punta kaynak elektrotunun malzemeye gereken kuvvette bastırması için pnömatik manipülatörler (geziciler ve sabitler) puntalama arabası üzerine yerleştirilmiştir. Bu noktada EDNK metodu gereği ısının istenilen noktada oluşması için gerekli kesit hesaplamaları ve denemelerde bulunulmuş ve böylelikle ısı kayıpları minimum seviyeye indirgenmeye çalışılmıştır.

Sistemde pozisyonlama hareketleri; x ekseninde puntalama ve taşıma arabası arasında kurulan senkron-servo yapıyla, z ekseninde ise gezici manipülatörleri konumlandırılan 2 ayrı servo ile sağlanmıştır. Bu noktada uygun servo setler; motor, sürücü, motor kablosu, haberleşme kabloları ve frenleme dirençleri seçilip gerekli bağlantıları oluşturulmuştur.

Ütü masaları değişik ebatlarda ve türlerde üretilmektedir. PLC kontrollü reçeteli çalışma sağlayan operatör paneller mevcut ürün gamını içeren uzman bir sistem ekran yazılımı oluşturulmuştur. Dinamik izleme, makine ayarları, referans alma ve program öğretme modları PLC programı ile entegre çalışan operatör panel programı ile mümkün kılınmıştır (Ek-B).

Sistemin merkezinde tüm kontrol, haberleşme, kumanda ve izleme işlevlerini gerçekleştiren PLC bulunmaktadır (Şekil 4). Tüm bu fonksiyonları gerçekleştirmesi amacıyla kontrol algoritmasına bağlı kalınarak yapısal bir program yazılmıştır (Ek-D).

Makine programının tamamlanmasıyla, optimum kaynak değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çeşitli kaynak denemelerinde bulunulmuş ve Ek-C' de verilen çıktılara elde edilmiştir. Sonuç olarak, sinüs kesme açısı $\alpha=20^\circ$ için kaynak çevrimi Şekil 5' verilmiştir.



Şekil 5 : Makine Kaynak Çevrimi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; hedef ürün grubuna uygun bir EDNK makinesi tasarlanıp imal edilmiştir. Ütü masası imalinde karşılaşılan sorunlara çözüm üretmenin yanı sıra fason üretime elverişli modern bir makine gerçekleştirilmiştir.

Üretim hattına 120.000 TL gibi bir maliyetle dahil edilen bu makine ile günlük, 1.600-1.800 adet ütü masası imal edilmektedir. Bir ütü masası imalatı için geçen süre ortalama 20 - 24 s civarındadır. Bu makine vardiya başına 1 elemanla çalıştırılabilmektedir.

Yine aynı işlevi görecektir bantlı bir ithal makine, çalışılan firmanın üretim hatına daha sonradan ilave edilmiştir. Bu makinenin fiyatı 650.000 TL' dir. İthal makine günlük 4.500 - 4.800 adet ütü masası kaynatmaktadır. Bir ütü masasını ortalama 10 - 14 s sürede kaynatan makine, vardiya başına 2 elemanla çalıştırılabilmektedir. İmalatı gerçekleştirilen punta kaynak manipülatörünün ülke imkanları dahilinde üretilmesi rakamlardan da anlaşılacağı üzere her açıdan kazanç sağlamaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] Altun, Y., Özcan, M., "Ütü Masası Üretiminde Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Makinesi Tasarım Parametrelerinin Tespiti ", *Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2012-2., Sayfa numaraları, 2012.
- [2] Anık, S., Anık, E.S., Vural, M., "1000 Soruda Kaynak Teknolojileri El Kitabı", Birsan Yayınevi, İstanbul, 2000.
- [3] L.M., Gourd, "Kaynak Teknolojisinin Esasları", Çeviri: Bodur, O., Eryürek, İ. B., Dikicioğlu, A., Birsan Yayınevi, İstanbul, 1995.
- [4] www.seedorffwelders.com
- [5] Akar, M., "Bulanık Mantık Yöntemiyle Bir Servo Motorun Kontrolü ve Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üni. FBE*, İstanbul, 1-15, 2005.
- [6] Akbaş, H.G., "Servo Kontrollü CNC Cam Delme Makinesi", Yüksek Lisans Tezi, Kayseri Üni., FBE, 2010.

- [7] Delta Electronics Inc, "New Servo Product Launch Announcement Newsletter", 2011.
- [8] E. Ünlükal, "Otomotiv Sanayinde Kullanılan Direnç Nokta Kaynak Kalitesinin Artırılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, FBE, 2007.
- [9] M.D. Gugel, "Electrode Wear Mechanisms During The Resistance Spot Welding Of Hot-Dipped Galvanized Steel", PhD Thesis, MTU, Michigan, 1995.

Ek A



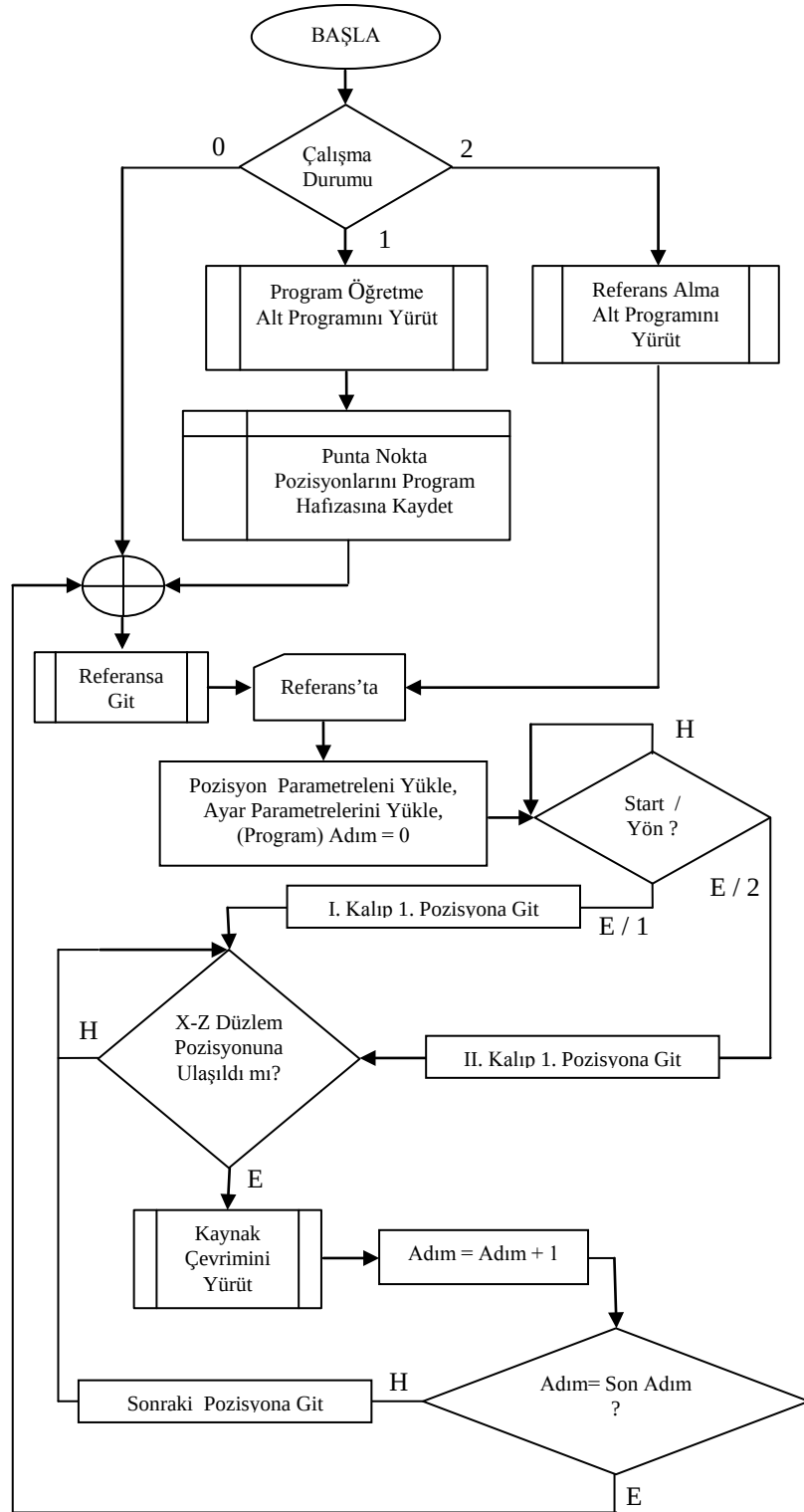
Ek B



Ek C



Ek D



Teşekkür

Projenin gerçekleşmesinde katkı ve desteklerini esirgemeyen Doğrular Madeni Eşya Tic. Ltd. Şti.' ne ve değerli çalışanlarına teşekkür ederiz.