



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK KONTROLLÜ KAYNAK
AĞZI İZLEYEN KAYNAK ROBOTUNUN
TASARIMI VE İMALATI

Ahmet ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS

Makine Eğitimi Anabilim Dalını

Ekim-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “**Bulanık Mantık Kontrollü Kaynak Ağı İzleyen Kaynak Robotunun Tasarımı ve İmalatı**” adlı tez çalışması 13/10/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan
Prof. Dr. Necmettin TARAKCIOĞLU

Danışman
Doç. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU

Üye
Yrd. Doç. Dr. Ömer AYDOĞDU

İmza



Handwritten signatures of the jury members: Prof. Dr. Necmettin Tarakcioğlu, Doç. Dr. Hayrettin Düzçükoğlu, and Yrd. Doç. Dr. Ömer Aydoğdu.

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Bayram Sade
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 00384.STZ-2009-1 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ahmet ÖZTÜRK

13.10.2011

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

BULANIK MANTIK KONTROLLÜ KAYNAK AĞZI İZLEYEN KAYNAK ROBOTUNUN TASARIMI VE İMALATI

Ahmet ÖZTÜRK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU

2011, 106 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU
Prof. Dr. Necmettin TARAKCIOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Ömer AYDOĞDU

Kaynak uygulamalarında, kaynağın düzgün yapılabilmesi, torchun belirlenen kaynak ağız pozisyonunda ilerlemesini sağlamak için bulanık mantık kontrollü lazer sensörlü iz takip sistemi geliştirilmiş ve imalatı yapılmıştır. Kaynak yapılacak malzemenin kayması, kaynak izinin eğimli ve doğrusal olmaması durumunda kaynak torchunun uyumu bozulacaktır. Bu tez çalışmada; lazer sensör ile alınan kaynak izinin görüntüsü bulanık mantık algoritması ile bilgisayarda işlendikten sonra iki boyutlu olarak kızıklarda bulunan kontrol motorlarına iletilerek kaynak torchunun pozisyonunu otomatik olarak ayarlayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Aynı zamanda kaynak proses için Kolon- Bom sistemi tasarlanarak imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma farklı uygulamalara kolayca adapte edilebilmekte özellikle farklı proseslerde spiral boru, doğrusal ve doğrusal olmayan kaynak iz takibinde, standartlara uygun kaynak prosesi başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Bulanık mantık algoritması hem kaynak başlangıç noktasının belirlenmesinde hem de keskin veya eğrisel kaynak profillerinde kaynak ağızını ortalayarak kaynak prosesini gerçekleştirmiştir. Bulanık mantık algoritması kullanılarak ve kullanılmadan yapılan kaynak prosesleri, temaslı kaynak prosesleri ile mukayese edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, İz Takibi, Kaynak Otomasyonu, Lazer sensör, mekanik sensör, Robot

ABSTRACT

MS

DIZAYN AND MANUFACTURING OF ARC WELDING ROBOTIC WITH SEAM TRACKING BASED ON FUZZY LOGIC

Ahmet OZTURK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE DEPARTMENT OF MACHINE
EDUCATION**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hayrettin DUZCUKOGLU

2011, 106 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Hayrettin DUZCUKOGLU

Prof. Dr. Necmettin TARA KCIOGLU

Assist. Prof. Dr. Omer AYDOGDU

Welding applications, the welding proper and of the torch progress determined welding mouth position to ensure, fuzzy logic controlled seam tracking system the laser sensor was developed and manufactured. Slip of the materials to be welded, welding seam curved and non-linear will be compliance with welding torch. In this thesis, the with laser sensor to welding seam image after processing the with fuzzy logic algorithm a computer in two dimensions which slides controlled engines by transmitting the position of the welding torch to automatically adjust a computer program has been developed. The same time, Colon-boom system was designed for the manufacture of welding process. This study can be easily adapted to different applications especially in different processes in the spiral pipe, welding seam tracking of linear and nonlinear, welding process a successfully compliance with standards was applied. Fuzzy logic algorithm to determine both of the weld starting point of besides a sharp or weld profiles curved the weld mouth of average welding process has realized. Using fuzzy logic algorithm and without welding processes, contact welding processes with has been compared.

Keywords: Fuzzy Logic, Laser Sensor, Mechanical sensor, Robotic, Seam Tracking, Welding Automation

ÖNSÖZ

Selçuk Üniversitesi Makine Eğitimi'nde hazırladığım **Bulanık Mantık Kontrollü Kaynak Ağız İzleyen Kaynak Robotunun Tasarımı ve İmalatı** adlı tezin gerçekleştirilmesi esnasında her aşamada engin bilgi birikimi, fikirleri ve değerli katkılarını esirgemeyen sayın hocalarım Doç. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU, Yrd. Doç. Dr. İlhan ASİLTÜRK ve Yrd. Doç. Dr. Ömer AYDOĞDU'ya, çalışmalarım sırasında her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen aileme ayrıca bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen UKDE Mühendislik LTD. ŞTİ. çalışanlarına, Maddi olarak destek sağlayan Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ile Seykom Metal Makine LTD. ŞTİ. firmasına, kaynak deneylerinin yapılmasında yardımcı olan MPG A.Ş. firmasına teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmet ÖZTÜRK
KONYA-2011

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. KAYNAK İZİ TAKİBİNİN TAHMİN MODELİ	11
3.1. Bulanık Mantık Kontrollü İz Tahmin Modeli	11
3.1.1. Bulanık küme teorisi.....	11
3.1.2. Bulanık mantık prensipleri	12
3.1.3. Fuzzy logic kontrol (FLC)'ün temel yapısı.....	15
3.1.3.1. Sistem değişkenleri ve bulanık parametreler	16
3.1.3.1.1. Bulanıklaştırma	17
3.1.3.1.2. Kural tabanının oluşturulması	18
3.1.3.2. Bulanık muhakeme teknikleri	18
3.1.3.3. Durulaştırma.....	19
3.1.3.3.1. Maksimumların ortalaması metodu.....	19
3.1.3.3.2. Alan merkezi metodu	20
3.1.4. Bulanık kuralların kaynakları	20
3.1.4.1. Uzman tecrübesi/kontrol mühendisliği bilgisi	20
3.1.4.2. Operatörün kontrol hareketlerinin modellenmesi	20
3.1.4.3. Bulanık modelleme	21
3.2. PIC Mikro Denetleyici Kontrollü İz Tahmin Modeli	21
3.2.1. Mikroişlemciler	22
3.2.2. PIC Mikro denetleyiciler	22
3.2.2.1. PIC Mikro denetleyicilerinin özellikleri.....	23
3.2.2.2. PIC mikro denetleyicilerin donanımı.....	24
4. KAYNAK PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ	25
4.1. Gazaltı Kaynak Çeşitleri.....	25
4.1.1. MIG	25
4.1.2. MAG	26
4.1.3. TİG.....	26
4.2. Koruyucu gaz türü	28
4.3. Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler	31
4.3.1. Kaynak akım şiddeti	31
4.3.2. Kaynak gerilimi (ark boyu)	33
4.3.3. Kaynak hızı.....	35

4.4. İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler	39
4.4.1. Serbest tel uzunluğu	39
4.4.2. Torç açısı	39
4.4.3. Kaynak ağzı	41
5. LAZER SENSÖRLÜ İZ TAKİP SİSTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI 45	
5.1. Spiral boru üretiminde	45
5.2. Düz dikişli boru üretiminde	45
5.3. Tank - Tanker üretimi	46
5.4. Diğer sektörler	47
5.5. Lazerli İz Takip Sisteminin Uygulanabildiği Profil Türleri	47
5.5.1. Sol kat	47
5.5.2. Sağ kat	48
5.5.3. Alın altına	49
5.5.4. V boşluk	50
5.5.5. Sadece yükseklik	50
6. SİSTEM TASARIMI VE DENEY ELEMANLARI	52
6.1. Deney Elemanları	52
6.1.1. Lazer sensör	52
6.1.2. Mekanik(Temaslı) sensör	56
6.2. Kaynak ekipmanları	60
6.2.1. Tel sürme ünitesi	60
6.2.2. Akım üretici	61
6.2.3. Kolon- boom sistemi	62
6.2.3.1. Step motor özellikleri	64
6.3.1. Çalışmada kullanılan bulanık mantık kontrol algoritması	65
6.3.2. Programlanabilir arabirim denetleyicisi (PIC18F452)	69
7. MATERYAL VE MOTOD	72
7.1. Deneysel Çalışmalar	73
7.1.1. X düzlemine göre sağa ve sola açılı olan doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi	73
7.1.2. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa ve sola açılı olan kaynak prosesi	79
7.1.3. Doğrusal olan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi	82
7.1.4. Doğrusal olan kaynak izinin bulanık mantık algoritmasız kaynak prosesi	84
7.1.5. X düzleminde mekanik problu doğrusal kaynak izinin kaynak prosesi	85
7.1.6. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi	86
7.1.7. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesi	89

8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	92
KAYNAKLAR	94
EKLER.....	97
EK 1: Bulanık mantık kontrol algoritması.....	97
EK 2: Lazer iz takip sensör veri grafikleri.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	106

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Üyelik fonksiyonları ile tanımlanan hızın bulanık kümeleri.....	13
Şekil 3.2. Bulanık kümelerde yapılan temel işlemler (a) A ve B bulanık kümeleri (b) birleşim kümesi $A \cup B$ (c) kesişim kümesi $A \cap B$ (d) A kümesinin değili A^{-1}	14
Şekil 3.3. Bulanık mantık kontrol sistemi	15
Şekil 3.4. Bulanık mantık denetleyicisinin blok diyagramının konfigürasyonu	15
Şekil 4.1. Erime gücü, akım şiddeti ve elektrot çapı arasındaki ilişki.....	27
Şekil 4.2. Tel çapı ile akım yüklenebilirliğin ve eritme gücü ile nüfuziyet değişimi.....	27
Şekil 4.3. Çeşitli koruyucu gaz türlerinde elde edilen kaynak dikiş profiline şematik olarak gösteriliş.....	28
Şekil 4.4. Argon + O ₂ , Argon + CO ₂ ve CO ₂ gazlarının dikiş şekline ve nüfuziyete etkisi	29
Şekil 4.5. Kullanılan gazlara göre elde edilebilecek kaynak parametreleri.....	30
Şekil 4.6. Alaşımız çelik elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki	32
Şekil 4.7. ER4340 alüminyum elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki.....	32
Şekil 4.8. 300 serisi paslanmaz çelik elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki.....	33
Şekil 4.9. Aynı tel besleme hızında gerilimin değişmesinin etkisi.....	34
Şekil 4.10. Kaynak hızının kaynak dikişine etkisi.....	36
Şekil 4.11. Kaynak hızının ve kaynak pozisyonunun nüfuziyet derinliğine etkisi.....	37
Şekil 4.12. Alaşımız ve düşük alaşımız çeliklerde çeşitli elektrot çapları için elektrot besleme hızı arasındaki ilişki	38
Şekil 4.13. Serbest tel uzunluğunun dikiş formuna etkisi (Anık, 1989).....	39
Şekil 4.14. MIG/MAG kaynağında sola ve sağa kaynak halinde dikiş formunun değişimi.....	40
Şekil 4.15. Hareket, çalışma düzlemleri ve torç açıları	41
Şekil 4.16. MAG kaynağı için tavsiye edilen altlıklar	43
Şekil 5.1. Spiral boru kaynağı	45
Şekil 5.2. Düz dikiş kaynağı.....	46

Şekil 5.3. Tank-Tanker kaynağı	46
Şekil 5.4. Sol kat birleşme yeri.....	48
Şekil 5.5. Sensör pozisyonu.....	48
Şekil 5.6. Sağ kat birleşme yeri	48
Şekil 5.7. Alın altına birleşme yeri ve ölçümü	49
Şekil 5.8. Yuvarlak kenarlı izin birleşme yeri ve ölçümü	49
Şekil 5.9. V boşluk birleşme yeri ve ölçüm.....	50
Şekil 5.10. Sadece yüksekliğin birleşme yeri ve ölçümü	51
Şekil 6.1. Lazer sensör yapısı	52
Şekil 6.2. Scancontrol 2700-25 lazer iz takip sensörü.....	52
Şekil 6.3. Sistem ara yüzü	54
Şekil 6.4. Mekanik sensör.....	57
Şekil 6.5. Mekanik sensör ekran görüntüsü.....	57
Şekil 6.6. Hazırlanan mekanik sistem	58
Şekil 6.7. a) mekanik sensör uçları b) bağlantı aparatları	59
Şekil 6.8. Kontrol kutusu ön görünüşü	59
Şekil 6.9. Deneyde kullanılan tel sürme ünitesi	61
Şekil 6.10. Deneyde kullanılan akım üretici	62
Şekil 6.11. Kolon –boom sistemi.....	63
Şekil 6.12. 30×30 Taşıyıcı (slider)	63
Şekil 6.13. Fuzzy kontrol denetleyicisi	66
Şekil 6.14. Bulanık denetleyicinin temel yapısı	66
Şekil 6.15. Giriş (e, Δe) ve Çıkış (Δu) İçin Üyelik Fonksiyonları.....	68
Şekil 6.16. 18F452 pin yapısı	70
Şekil 6.17. PIC kontrol kartı.....	71
Şekil 7.1. Deney numunesi a) kaynak ağzı b) kaynak yapılacak parça(ölçek 1:3)	73
Şekil 7.2. Sistem gecikmesi tahmini modeli.....	74
Şekil 7.3. Sistemde kullanılan lazer iz takip sensörleri	75
Şekil 7.4. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmali deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	76
Şekil 7.5. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmali deney numunesinden elde edilen verilerin grafiği (ölçek 1:3)	77

Şekil 7.6. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmali sağa açılı kaynak yapılmış parçanın ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)	77
Şekil 7.7. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmali Deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi ölçek (1:3).....	78
Şekil 7.8. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmali kaynak yapılmış parçanın ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek2:1)	79
Şekil 7.9. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sola açılı olan kaynak prosesinin deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	80
Şekil 7.10. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sola açılı olan kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)	81
Şekil 7.11 X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa açılı olan kaynak prosesinin deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	82
Şekil 7.12. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa açılı olan kaynak prosesi ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1).....	82
Şekil 7.13. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulama görüntüsü (ölçek 1:3)	83
Şekil 7.14. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi ITAB bölgesi (ölçek 2:1).....	83
Şekil 7.15. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak uygulama görüntüsü (ölçek 1:3)	84
Şekil 7.16. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi (ölçek 2:1).....	84
Şekil 7.17. Mekanik sensör ile boom kaynağı numunesi (ölçek 1:3).....	85
Şekil 7.18. Mekanik sensör ile boom kaynağı numunesi ITAB bölgesi (ölçek 2:1).....	85
Şekil 7.19. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	86
Şekil 7.20. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1).....	87

Şekil 7.21. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	88
Şekil 7.22. Doğrusal olmayan bir başka kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)	88
Şekil 7.23. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık algoritmasız kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)	89
Şekil 7.24. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)	90
Şekil 7.25. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3).....	91
Şekil 7.26. Doğrusal olmayan bir başka kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)	91
Şekil Ek 2.1. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmalı kaynak numunesinin grafiği.....	101
Şekil Ek 2.2. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği.....	101
Şekil Ek 2.3. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği.....	102
Şekil Ek 2.4. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği	102
Şekil Ek 2.5. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği.....	103
Şekil Ek 2.6. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği.....	103
Şekil Ek 2.7. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği.....	104
Şekil Ek 2.8. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği	104

Şekil Ek 2.9. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması kaynak numunesinin grafiği..... 105

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. Çeşitli metaller için ark gerilimleri (V)*	35
Tablo 4.2. Kaynak gerilimi ve kaynak akımının koruyucu gaz türü ve kontak borusu mesafesiyle değişimi için kılavuz değerler, Tel çapı: 1.0 mm.....	38
Tablo 4.3. MIG kaynağında kullanılan ağız biçimleri	42
Tablo 6.1. Scancontrol 2700-25 lazer iz takip sensörü teknik özellikler	53
Tablo 6.2. Offline lazer iz takip veri örnekleri.....	56
Tablo 6.3. Step motor özellikleri.....	65
Tablo 7.2. bulanık mantık kural tabanı	68
Tablo 7.1. AISI 1040 çelik malzemenin kimyasal bileşimi (%)	722
Tablo 7.2. AISI 1040 çelik malzemenin mekanik özellikleri	722

1. GİRİŞ

2000 yılına yaklaşırken her alanda teknoloji gelişmekte ve teknolojik yenilikler insan hayatının birer parçası haline gelmektedir. Bu teknolojik gelişmeler tüm endüstri alanlarında yüksek kaliteli üretim gerçekleştirmek için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir.

Günümüzde, kaynak prosesinde otomasyon kullanımı önemli bir teknolojik gelişmedir. Bu teknolojik gelişmenin faydaları arasında gemi inşaat sanayinde kaynak sürecinin kalitesinin artırılması, basınçlı kapların kaynaklarında güvenli bir kaynak ve büyük çaplı boru kaynaklarının iç ve dış kaynakları kaynak kalitesi ve kolaylığını arttırmak vb. uygulamaları sayabiliriz. Mevcut eğilim ve yaşanan son gelişmeler nedeniyle otomatik kaynak sistemlerine yönelinmiştir. Ancak, insan gücü hala bazı kaynak işlemleri sırasında yarı otomatik kaynak sistemine kılavuzluk için gereklidir. Operatörlerin izleyemedikleri ve süreci çok yakından kontrol edemedikleri yüksek sıcaklıklarda ki kaynak süreçlerinde otomatik kaynak sistemleri kullanılır. İnsan operasyon hatası, doğal çevresel faktörler kaynak dikiş koordinatları hatalarına yol açar ki buda kaynak kalitesini etkiler. Bu sorunların düzeltilmesi insanın gücünü ve zamanını alır.

İnsanın fiziksel gücü sınırlı olduğundan fazla fiziksel güç gerektiren işler için insan tarafından yönetilen makineler geliştirilmiştir. Ancak bu makinelerin kendi kendine karar verme kabiliyeti yoktur ve çalışmalarını için genellikle sürekli bir kullanıcı gerekmektedir. Teknoloji alanındaki gelişmeler arttıkça insanın yerini alacak, kendi kendini kontrol edebilen ve karar verebilen yapay zekâ kontrolü destekli tam otomatik makineler geliştirilmiştir. Bu şekilde insan sadece kendinde var olan düşünebilme yeteneği sayesinde onun yerine çalışacak, belli bir iş yapma konusunda uzman, mekatronik elemanlar üretmiştir.

Robotların sanayiye girme süreci işçilik maliyetlerini düşürürken, dünya çapında bir üretim hızı kazandırmakta ve 24 saat kesintisiz üretim yapma imkânı tanımaktadır. Hızlı sanayileşme ve hızlı tüketimin bir sonucu olarak, farklı sınıflarda bulunan ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır.

Lazer iz takibi sistemlerinin temel amacı kaynak boşluğu geometrisini belirleyerek kaynak torcu pozisyonunun temassız bir şekilde kontrolüdür. Ancak,

robotik kontrol sistemlerinden doğru kaynak dikiş izleme doğruluğu ve tasarımı çok zordur.

Lazerli kaynak izi takibinin en büyük avantajı, yüksek hassasiyette otomatik takip yaparak, yapılan kaynağın kalitesinin artırılmasıdır. Lazer sensör kaynak operasyonu aşamasında devamlı olarak kaynak bölgesini tarama yaparak, kaynak elektrotunu kaynak profili üzerinde daima istenilen noktaya hizalanmasını sağlar. Sonuç olarak kaynak diğer metotlara kıyasla çok daha olumlu sonuçlarla hedeflenen noktalara yapılmış olur. Bu sayede kaynak yapılan malzemede hatalar azaltılabilir ve birleşim noktasında kaynak penetrasyonunun beklenen standartlarda oluşmasına yardımcı olur.

Sistemin bir diğer avantajı ise; kaynağın estetik görünümüne olan katkısıdır. Manüel kontrol ile yapılan uygulamalarda, kaynak pozisyonunda düzeltme yapabilmek için değişimin insan gözü ile görülebilecek bir boyutta olması gerekir. Lazer sensör yüksek teknoloji kullanarak çok daha yüksek hassasiyete sahiptir. İnsan gözü ile zor fark edilen oynamalarda, lazer sensör kaynak profilini yüksek çözünürlük de görerek, takibi yapılan noktanın konumunun daha hassas takibini yapar.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bulanık mantık denetleyicisi Mamdani'nin ilk uygulamalarından beri birçok deneyimli sistemlerde geniş çaplı uygulanmaktadır. Aslında, insanın uzmanlık bilgisi ve bilinmeyen ile birlikte her ikisiyle ilişkisi bulanık mantığın kullandığını gösterir. Araştırmalarımızda bu kaynak işlemlerinde bulanık mantık denetleyicilerinin otomatik kaynak kontrol sistemlerinin yerini aldığı gözlemlenmektedir. Bulanık mantık denetleyicisi iyi bir matematiksel modellere sahip olmayan, oldukça karışık ve çok doğrusal olmayan sistemlerde uygulanmaktadır.

Genellikle, bulanık kontrol kuralları uzman bilgisi ve gerçek performans ile elde edilir. Ancak, robot dinamik ve ark kaynak işleminin karışıklığından dolayı operatörün kontrol deneyimini gözetlemek zordur. Bu sorunu çözmek için, bulanık kontrol kuralları oluşturulabilir ve bulanıklaştırma yaklaşımına dayalı olarak konvansiyonel kontrol algoritmalarına modifiye edilebilir.

Zadeh (1965)'in bulanık mantık ile ilgili çalışmalarında ve Mamdani'nin 1974'de bulanık mantıklı kontrol uygulamalarından sonra, bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Bulanık mantığın birçok önemli avantajı vardır. Mesela bir sistemin kontrolünde, uzman kişilerden dilsel ifadeler olarak alınan bilgiler bulanık mantık kurallarıyla ifade edilebilmiştir. Bunun yanı sıra matematiksel modeli tam olarak bilinmeyen ve nonlinear sistemlere de uygulanabilmiştir. Mamdani tarafından gerçekleştirilen bulanık algoritma konu ile ilgili uzman kişinin sözel kontrol protokolünü sentez etmeye dayanmaktadır. Bundan sonra, Dr. Mamdani 1972 yılında buhar türbin denetiminde bulanık mantığı kullanmıştır. İlk endüstriyel uygulama 1980 yılında çimento sanayinde oldu. Daha sonra özellikle Japonya'da birçok uygulama yapılmıştır.

Craig (1989) yapmış olduğu çalışmalarında robotun çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesi için (malzeme, parça, takım taşıma) değişken programlanmış hareketler aracılığıyla, özel parçaları hareket ettirerek çok fonksiyonlu, yeniden programlanabilir özelliği olduğu belirtilmiştir.

Sameda (1992) yaptığı çalışmasında otomatik bir lazer kaynağındaki spot kaynağı oldukça küçük olduğundan dolayı kaynak pozisyonunun gerçek zamanlı kontrolünü gerektirmiştir. Geliştirdiği iz takibi denetleyicisinde bulanık mantık kullanmıştır. Bu denetleyici bir operatörün iz tanıma yeteneğine sahip ve bulanık mantık kurallarının otomatik olarak kullanılması için kullanılan bir metottur. Optik algılama iz

takip denetleyicinin çalışma yüzeyindeki şartlarında bozulma olduğunda ve böyle bir yüzey görüntüsünden iz bölgesini tahmin etmek oldukça zor olmaktadır. Kural çıkarımında iz belirlemede kullanılan bulanık mantıkta belirsiz tanımları birleştirmiştir. Dolayısıyla, durumu kötüleşmiş görüntüden uygun iz bölgesini bulmak ve bulanık mantık kurallarını uygulamanın zor olabileceğinden bahsetmiştir.

Kaneko ve ark. (1993) yaptıkları çalışmalarında kaynak robotları için köşe yörüngesi izlemenin kaynak sonunda iyi bir kalitede kaynak elde etmek için önemli olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmalarında bir sistemi CCD kamera ve dokunmatik sensör kullanarak yörüngenin izlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmalarında sadece bulanık mantık kullandıklarında köşe yörüngelerinde izleme gecikmesi meydana gelmektedir. İzleme performansını artırmak için denetimin de geliştirilmesi gerektiğini anlamışlardır. Tarama sonuçlarına göre denetleyici elle ayarlanır. Bulanık mantık denetleyicisi ve yapay sinir ağlarının geçerliliğini yaptıkları izleme deneyler ile sağlamışlardır.

Zhang ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada kaynak izi yörünge tanıma metodunun görüntü model özelliğine dayandığını öne sürmüşlerdir. Hazırladıkları algoritma kaynak izini birçok bölümlere ayırır ve her bölüm özel bir vektör ile tanımlanmıştır. Kaynak izini tanımlamada tekrarlayan mevcut vektör ve eski vektör arasındaki benzer özellikler karşılaştırmışlardır. Bu metodun hız dezavantajı vardır.

Tülbentçi (1998) çalışmasında ergitme esaslı kaynak yöntemleri içinde, MIG/MAG ve TIG yöntemlerinde robotların yoğun olarak kullanılmakta olduğu belirtilmiştir. Ancak ark kaynak yöntemlerinin uygulanmasında önemli teknik ve ekonomik problemlerle karşılaşmıştır. Sürekli ark kaynağındaki tehlikeler yüzünden, süreçte endüstriyel robotların kullanımı mantıklıdır. Bununla birlikte, robotların ark kaynağı için uygulanmasında karşılaşılan önemli teknik ve ekonomik problemler vardır. Sürekli ark kaynağı, düşük sayıda üretilen ve birçok bileşenden oluşan ürünlerin imalatında sıklıkla kullanılır. Bu şartlar altında herhangi bir otomasyon şeklinin uygulanması zordur. Ark kaynağı, depoların içi, basınçlı kaplar ve gemi gövdeleri gibi ulaşmanın güç olduğu sıkışık alanlarda gerçekleştirildiği için bir problem teşkil etmiştir. Bu tip alanlarda insanlar daha rahat çalışmışlardır.

Gök ve Afyon (1999) yapmış oldukları çalışmalarında ise büyük ölçekteki üretici kuruluşlar bugünün uluslararası pazarında rekabet edebilir bir çizgi yakalamak için robota dayalı kaynak sistemlerini tercih etmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Bu yeni

teknolojinin seçimi, uygulanacak imalat yöntemleri bakımından oldukça karmaşıktır. Genel amaçlı robot cinslerinden farklı olarak ark kaynak robotları, değişik otomasyon alanlarının ve yöntemlerinin kendilerine ait özelliklerin belirtilmesiyle satışa sunulmuştur. Robot sistemi seçiminde diğer bir önemli ön adım da doğru kaynak prosesini ve uygulama ekipmanını seçmektir. Üretici kuruluş kaynak prosesinin seçimi aşamasında, kaynak görünümünü, kaynak genişliğini, ilerleme hızını, üretim kapasitesini ve parça kalitesini göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Fung ve ark. (1999) geliştirdikleri bulanık mantıklı kayan kipli kontrolcüde giriş değeri olarak, kayma fonksiyonu ile kayma fonksiyonunun türevinin toplamını kullanmışlardır. Bu kural sayısının azalmasını sağlamıştır. Ayrıca kontrolcünün ölçekleme faktörlerini kayma fonksiyonunu kullanarak ayarlayan bir algoritma kullanarak kontrol performansını iyileştirmişlerdir.

Şeker ve ark. (2001)'nin yapmış oldukları çalışmalarında yapay sinir ağına girdi olarak robotun konumu, hızı ve ivmesi verilmiş, yapay sinir ağı çıktısı olarak gerekli kuvvetin kestirimi olarak kabul edilmiş ve istenen uyarlamalı model elde edilmiştir. Bulunan sonuca geri besleme denetleyicisinden gelen sinyal eklenmiş, ters model adı verilen bir yaklaşım elde edilmiştir. Bu yaklaşımın ilginç tarafı, yapay sinir ağının bağlantı katsayılarını uyarlamak için geri beslemedeki hata sinyalleri kullanılmıştır. Kuvvet kestirimi hatası geri besleme yanılıgısına tekdüze artan bir şekilde bağlanmıştır.

Xiangdong ve ark. (2001), yaptıkları çalışmalarda bir bulanık mantık kontrollü (FLC) ark kaynak robotunda iz takibinin kullanımından bahsetmektedirler. Bu akıllı iz takip denetleyicilerinde bulanık mantık uygulamaları ve uygun tasarımlarının sorunlarını tartışmışlardır. Bu denetleyiciyi kaynak izi takibinin belirsiz ortamlarda çalışmasına imkan sağlayacak bir şekilde tasarlamışlardır. Bir ark kaynak robotu ile doğru kaynak dikiş izlemesi sağlandı. Bulanık algoritmaların sağladığı bu etkinlik bilgisayar destekli simülasyon modelleriyle ispatlanmıştır. Geleneksel PID kontrollerle karşılaştırıldığında, bulanık denetleyicilerin bariz bir şekilde performans artışı sağladığı görülmüştür.

Kou ve ark. (2002) çalışmalarının temel amacı, otomatik kaynak işleminde yüksek hassasiyete olanak sağlayan ve kaynak dikiş izleme sürecinde önemli rol oynayacak bir optik kaynak sensörü tasarlamaktır. Bulanık teori görüntüleri tanımlamak için kullanılır hatta farklı ve bozuk kenarları her zaman kesin olarak tespit edebilmektedir. Otomasyon ve ark kaynak sürecinin gelişmesi, her iki oluk(iz) ve

kaynak dikiş izleme süreci arasında bir ilişki geliştirmişlerdir ve kaynak dikiş hataları tanımlandığı zaman kaynak işlemi otomatik olarak ayarlanır.

Fridenfalk ve ark. (2003) son yıllarda yaptıkları çalışmalarında lazer görüntü sensörlerini kaynak eklem yerlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanmışlardır. Ancak yüksek hızda kaynak eklem yerlerini belirlemede kullanılmadı. Bu çalışmada çok çizgili lazeri bu sorunun üstesinden gelebilmek için kullanmışlardır. Bir lazer kaynağı ile asferit lensten yapılmış beş lazer çizgisi kaynak eklem çizgilerinin bulunmasında bize önemli bilgileri sağlamaktadır. Temizlenmiş görüntüler orta, bir erezyon/ dilatasyon filtre ile elde edilmiş ve çıkarım metoduyla da 5 gelişmiş veri aralığı elde edilmişlerdir. Önerilen yöntem sayesinde saniyede 20 görüntü işlenebilmektedir. Deneyler bir robota bağlı MLVS ile yapıldı. Kaynak eklem çizgisi 10, 15 ve 20 m/dak hızlarla takip edildi, ortalama hata 0,3 mm max hata 0,6 mm olarak belirlenmiştir. Kullanılan bu MLVS sisteminin ara yüzü kaynak izlemek için çok elverişli olduğu anlaşılmıştır.

Beatti (2004) yaptığı çalışmasında lazer iz takibinde çok geçişli toz altı kaynağının kullanımında 2 temel yaklaşım belirlemiştir. Birinci kullanımı diğerlerine nazaran basit ve düşük maliyetli sistemdir ki, operatör manüel olarak kaynak geçişlerini ve hedef pozisyon girişlerini tek tek seçer. Diğer kullanımı da daha pahalı bir sistemdir ki, kendisi tarafından biriktirme işleminin yanı sıra kaynak geçiş yerlerinin yerini belirleme yeteneğine sahiptir. İlk yaklaşım diğerlerinden basit olan lazer görüntü sistemi diğerleri ile her kaynak geçişi için insan tarafından dizayn edilmiş ara yüzü kullanmıştır. İkinci yaklaşım daha çok kaynak geçişini yapmak ve tüm süreci otomatikleştirmek için daha gelişmiş sensörler, donanım ve yazılımlar kullanılmıştır.

Eğilmez (2005)'in yaptığı çalışmasında kartezyen koordinatlı kaynak robotu, elle veya otomatik araba ile yapılan kaynak işlemini daha yüksek hızlarda ve sağlıklı sonuç vereceğini ifade etmiştir. Robot, kaynak işlemi sırasında birim zamandaki hareket miktarını sabit düzeyde tuttuğu için yapılan işlem elle yapılan benzer kaynak işlemine nazaran daha az tel ve gaz harcamakta ve daha düzgün olmaktadır. Sisteme aynı parametreler girildiğinde ardışık kaynak işlemlerinde belirli bir standart yakalanmıştır. Bu da üretim aşamasında istenen bir durum olarak göze çarpmıştır.

Chen ve ark. (2007) çalışmalarına göre lazer görüntü algılamaya dayalı farklı kaynak boşluk şekillerine ayarlamak ve büyük çaplı alüminyum alaşım bileşenleri için TIG kaynak sistemi uyarlanarak kurulmuştur. Yeni bir tip lazer görüntü sensörü kaynak

boşluğunu hassas ölçmek için kullanılmıştır. Eğim açısı, boşluk, alan, uyuşmazlık vb. gibi eklem geometrisi verileri kaynak öncesinde büyük ölçekli üretim bileşenlerinin montajında yardımcı olmuştur. Ayrıca çalışmalarında enine kaynak, otomatik torç hizalama ve torç yüksekliğini ayarlama gibi otomatik iz takibi için uygulanmıştır. Uyarlanabilir bir kaynak işlemi boşluk şartlarına göre otomatik olarak tel hızını ve kaynak akımını gerçekleştirmiştir. Bu işlem ilgili standartların gereksinimlerini karşılayarak iyi bir kaynak formu ve kaynak kalitesi ile sonuçlanmıştır.

Shi ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarında kaynak izi tanımanın kaynak robotları için önemli bir teknoloji olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmalarında tek bir görüntüden alın kaynağı için kaynak izinin algılanmasında etkili bir algoritma hazırlamışlardır. Çalışmalarındaki temel yaklaşımları ilk yerel alan içerisinde kaynak ağzı çizgilerini bulmaktır. Ondan sonra ise iki kenarın en son noktasından başlayıp geriye kalan kenarların ilişkileri araştırmışlardır. Bu yöntem arka plan görüntüsünün değiştiği ve etkilenmediği kaynak izinde birçok alın kaynağında uygulayabilmişlerdir.

Chang-Hyun ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmalarda robotik lazer sistemi için akıllı kaynak profil sensörü yapmaktır. Kaynak işlemlerinde iyi kalite sağlamak için kaynak izi pozisyon hata aralığını ve lazer ışığın merkez noktasını 200 olması sağlamışlardır. Uygulamalarda sıkça yapılan kalibre ayarlarına rağmen hizalama ve model hataları yüzünden iz çizgisi bozuk olabilir. Bu yüzden izleme teknolojisinde lazer kaynak başının iz çizgisine tam ve kesin olarak ayarlamasına ihtiyaç vardır. Kaynağın amacı ticari olarak üretimdir. Ancak diğer uygulamalara göre çalışma aralığının sabit, maliyetleri hala yüksektir. Özellikle iz çizgisinin verilmemesi veya bozulması durumunda çalışma aralığının değişmesine ihtiyaç duymaktadır.

Kim ve ark. (2008) çalışmalarına göre iş parçası kaynak dikişini izlemek ve iş parçasına sensör mesafesini (yüksekliği) kontrol etmek için üç ayrı dedektör ve bir ikaz ediciyi içeren bir elektromanyetik sensör geliştirmişlerdir. Sağ ve sol dedektörler dikişi izlemek için kullanılmakta, ön ve sağ dedektörler yükseklik ve aralık genişliğini tayin etmek için kullanmışlardır. Bir dikiş içeren yumuşak çelikten bir plaka üzerine yerleştirilen sensörle bir dizi deneyi sensörün etkinliğini tayin etmek için yapmışlardır. Önerilen sensör istenilen dikişi iyi izleme özelliğine sahip olduğunu ve aralık genişliği değişse bile sabit olacak yüksekliği kontrol etme özelliğine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Liu ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarında geliştirmekte olan kaynak otomasyonu ve robotizasyonunun, kaynak robotlarının gelişimi için önemli bir yön olduğundan bahsetmişlerdir. Lazer görüntü algılamalı gerçek zamanlı bir robot iz takip sistem araştırması, lazer görüntü algılama ve iz görüntü edinimlerini, iz görüntülerinin tanımlanması ve belirlenmesini, sistem koordinatlarını ayarlanması ve transferi, robot ve PC arasındaki iletişimi, robot iz takibi için kontrolü ve robot iz takibinin deneylerini içermektedir. Bir diğeri ise görüntünün iyileştirilmesi ve filtrelenmesi için iz görüntüsünden tanımlama ve çıkarmanın 4 metodu olduğunu söylemişlerdir.

Moon ve ark. (2009) çalışmalarında otomatik kaynağın boru hattı projelerinde sıkça kullanıldığından bahsetmişlerdir. Verimlilik ve güvenilirlik otomatik kaynak sistemini en önemli özelliklerinden biridir. Gaz altı kayna makinesi kaynak sürecinde geniş çaplı olarak kullanılsa da, taşıma ve bant sistemi boru hattı döşemesinde en etkili kaynak sistemidir. Bu uygulamalarını odağında boru hattı inşaatı için kullanılan ikili tandem kaynak sürecinde yeni otomatik kaynak parçalarını sunmaktır. Bu fiziksel verimliliği en üst noktaya çıkarmayı pratik kaynağa ve kenar kesme tasarımlarına dayandırmaktadırlar. Sistemin bakım ve onarımı kolaylaştırıcı kendi kendine bakım ve onarım teşhis fonksiyonu, benzeri ağ fonksiyonları, kaynak görev verilerini ileten ve kaynak süreci verilerini ekranda göstermişlerdir. Ayrıca iz takip sensörünü iz takibini daha hassa ve dar bir kaynak boşluğunda tam otomatik bir çalışmayı elde etmek için tasarlamışlardır.

Ting ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarında mobil kaynak robotunun iz takibi problemini çözmek için mobil kaynak robotunun dinamik modeline dayalı yeni bir denetleyici tasarlamışlar. Kendinden bulanık denetleyicili çapraz kızıklarını komple koordine eden ve gerçek iz takibi kontrolörü kullanarak tasarım yapmışlardır. Daha sorunsuz ve hızlı izleme yapmak için, kendi kendine öğrenen ve kısmi belirsizliklerle kendi kendine yapay sinir ağlarına adapte kabiliyeti ile robot modelinin bozuk parametrelerinin telafisi için on-line dinamik kavramı kullanmışlardır.

Chu ve Chen (2010) yaptıkları çalışmada kaynak işleminde sırasında kaynak torcunu iz boyunca hareketini sağlamak, kaynak kalitesini yükseltmek ve eklem görüntüsünün profilini elde etmek için aktif vizyon teknolojisine dayalı yeni bir lazer görüntü sensörü kullandılar. Bu vizyon denetleyicisinin seçilen algoritma ile eklem karakterlerinin görüntüsünü ve tanınmasını PC ara yüzü üzerinde tanımladılar. Kalibre edilmiş referans konumu ve önceden ayarlanmış orana göre sonradan analog çıkış

sinyallerini ürettiler. Çapraz kızıakların üzerindeki servo motorları kaynak torcunun pozisyonunu düzletmek için hareket ettirdiler. Programlanabilir mantık denetleyicisini (PLC) kaynak torcunu sağ başlangıç pozisyonu için, manuel kontrol ve otomatik takibe geçiş için, güvenlik kilidi v.b. için kullandılar. Özel kaynak makineleri için otomatik takip uygulama sistem kümelerini kurdular. Test sonuçları özel sistemler ile izleme performansını pratik ve güvenli olduğunu göstermiştir.

Graff ve ark. (2010) yaptıkları çalışmalarında robotik lazer kaynağında doğruluk talepleriyle başa çıkabilmek için gerçek zamanlı iz takip algoritmalarını önerdiler. Gelişen bu iz takip algoritmaları için bir yörünge tabanlı kontrol mimarisi üzerinde çalıştılar. Kartezyen bölgelerini (konum ve yönlendirme) robot hareketleri sırasında robotun yörüngelerine eklediler. Bu şekilde robot hareketleri sırasında elde edilen sensör bilgilerini robot hareket ederken yörünge üretmede kullandılar. Deneylelerini de iz takip algoritmalarının özelliklerini kanıtlamak için yaptılar.

Hu ve ark. (2010) yatıları çalışmalarında iz takip teknoloji ile ilgili yapılan çalışmaların kaynak kalitesi ve verimliliğini sağlamak için çok önemli olduğunu vurgulamaktadırlar. Ark sensör sisteminin analizinde karakteristik harmonik yöntem ile kaynak izi değişim bilgileri algılandı ve tasarladıkları bir Fuzzy denetleyicisinde test ve simule ettiler. Sonuçların kontrol sistemi tarafından da elde edildiğini görmüşlerdir.

Yın ve ark. (2010) Fuzzy-PID kontrol tabanlı iz takip sistemleri üzerine çalışmışlardır. Sistem manuel çizgi olarak fotoelektrik sensör tarafından kaynak izi belirlenir. Hareketli iz takip sistemi temelli, döner sensör modellen yapılar üzerinde çalışmışlardır. Tasarlanan Fuzzy-PID denetleyici hazırlanan Fuzzy kontrol tablosu ile çalışılan makinelerin uygulamalarında kullanmışlardır. İz takip sistemini bu teknolojiye dayandırarak ürettiler. Yapılan deneylerse döner sensör model uygulamaları ve kullanılan Fuzzy-PID denetleyicisi izleme hassasiyetini büyük ölçüde arttırdığını görmüşlerdir. Yapılan kaynak izi takip deneyleri iz takip sistemlerinin talep edilen endüstriyel üretimler için uygun olduğunu göstermiştir.

Wang ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmalarında göstermiştir ki otomatik kaynak doğru ve hızlı iz takibi için önemli bir araçtır. Çalışmalarında bir tür kaynak izinin otomatik takibinde ışık kaynağına dayalı bir sistem uyguladılar. Güvenilir ve kesin bir iz bilgisi alabilmek için genelde kaynak izlerine (V boşluk, alın altına, sağ/sol kat, şerit ve sadece yükseklik) özel görüntü işleme yöntemleri kullandılar. Transfer

fonksiyonunu sabit sürüş kontrole dayalı Bode diyagramı ile çözdüler. Deneylerinde bu sistemin gerçek zamanlı iz takibi ihtiyacını karşıladığını göstermektedir.

3. KAYNAK İZİ TAKİBİNİN TAHMİN MODELİ

3.1. Bulanık Mantık Kontrollü İz Tahmin Modeli

3.1.1. Bulanık küme teorisi

Günümüzde, teknolojik gelişmeler ve bununla bağlantılı olarak daha mükemmeli arayan müşteri talepleri beraberinde daha karmaşık sistem ve yaklaşımları zorunlu hale getirmiştir. Bu karmaşık sistemlerle ilgili problemleri çözmek geleneksel mühendislik yöntemleriyle çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu noktada uzman bilgisini öğrenebilen, karmaşık eşleştirmeleri yapabilen ve nonlinear problemleri daha hızlı ve yüksek doğrulukta çözebilen akıllı sistemler ya da modern mühendislik yöntemleri (bulanık mantık, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları) geleneksel yöntemlere alternatif olmaya başlamıştır (Hamamcı 2004).

1960'ların ortasında meydana çıkan Yapay Zekâ (YZ) yöntemleri normal insan zekası ile modellenmesi ve çözümü zor mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılır. Yapay zekâ yöntemlerinin yaygın olanları; yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar, uzman sistemler, bilgi tabanlı uzman sistem yaklaşımı, benzetilmiş tavlama, nesne tabanlı programlama, coğrafi bilgi sistemleri, karar destek sistemlerinin gelişimi, esnek programlama, karınca kolonileri, veri madenciliği ve bunların hibrid kullanımınıdır. Günümüzde YZ üretimin her alanında kullanılmaktadır (Asiltürk 2007).

"Fuzzy Logic" kuramı ilk kez, 1965 yılında Prof. Lutfi A.Zadeh isminde Azerbaycan'lı bir bilim adamı tarafından ortaya atılmış olup dilimize "Bulanık Mantık" veya "Bulanık Küme Teorisi" olarak geçmiştir. Kesin kümelerde, bir eleman ya bir kümeye aittir (tam üyelik) ya da değildir. Fakat bulanık kümelerde bir eleman birden fazla kümeye kısmen ait olabilmektedir. Yani bulanık küme teorisinde, kesin kümelerin aksine kısmi üyeliğe izin verilmektedir. Bir bulanık küme, üyelik fonksiyonu ile karakterize edilmektedir. Bu üyelik fonksiyonu her objenin bir kümedeki ağırlık derecesini vermektedir. Bu ağırlık derecesi 0'dan 1'e kadar olan bir aralıkta olabilmekte, yani tam üyelikten üye olmamaya kadar değişmektedir.

Bulanık kümelere dayalı olan bulanık mantık genelde, insan düşüncesine benzer işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlamakla, gerçek dünyada sık sık meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellemede yardımcı olmaktadır. Klasik mantıkta bir

önerme doğru ya da yanlıştır. Fakat gerçek dünyadaki olayların ne derecede doğru ya da yanlış olmasının belirlenmesi gerekmektedir. Örnek vermek gerekirse 100°C suyun sıcaklığı “sıcak” olarak kabul edilirse 95°C ve 80°C suyun sıcaklığı için “Sıcak değildir” demek doğru olmadığı gibi yanlıştadır değildir. Bu yüzden önermelerin “doğru” ve yanlış değerleri arasındaki değerler “az sıcak”, “ılık”, “az soğuk” gibi değerler kullanılarak bulanık küme kavramı ortaya atılmıştır (Gündüz 2006).

Karmaşık sistemlerin analizinde ve kontrolünde bulanık kümelerin kullanımı ile ilgili çalışma Zadeh tarafından sunulduktan sonra, Mamdani bu çalışmayı bulanık mantık denetleyicilerinin (Fuzzy Logic Controller-FLC) tasarımına uygulamıştır (Mamdani 1975).

Bulanık kontrol, son yıllarda özellikle endüstriyel işlem alanında bulanık küme teorisi uygulamalarındaki araştırmalar için en aktif ve faydalı alanlardan biri olmuştur. Bulanık mantık insan düşüncesine ve doğal dile geleneksel mantık sistemlerinden daha yakın bir sistemdir. Bulanık mantık denetleyicisi uzman bilgisine ve tecrübesine dayalı olan sözel kontrol stratejisini otomatik kontrol stratejisine çevirme işlemi yapmaktadır. Temel olarak gerçek dünyadaki kesin olmayan ve yaklaşık değerlerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi işlemini yapmaktadır (Bay 1996).

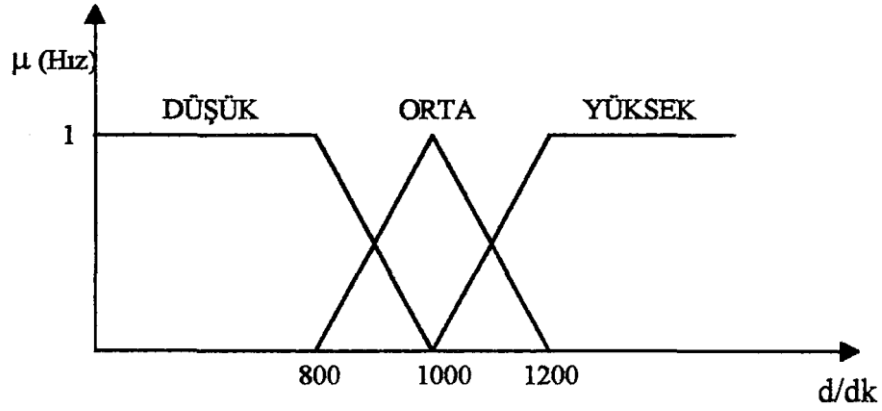
Kısacası bulanık mantık teorisi, makineler insanların sübjektif verilerini işleyebilme ve onların tecrübeleri ve sezgilerinden faydalanarak çalışabilme kabiliyeti kazandırmaktadır.

3.1.2. Bulanık mantık prensipleri

Klasik Boolean mantık tabanlı küme teorisinde belli bir nesne veya değişken verilen kümenin ya üyesidir (mantık 1) ya da değildir (mantık 0). Yani bir eleman birden fazla kümenin elemanı olamaz. Diğer taraftan bulanık mantık tabanlı bulanık küme teorisinde, belli bir nesne veya değişken verilen bir kümenin belirli bir üyelik derecesine sahiptir. Bu üyelik derecesi 0 ile 1 aralığında herhangi bir yerde olabilmektedir. Bu özellik bulanık mantığın kesin olmayan durumlarla ilgilenmesine izin vermektedir.

Bir bulanık değişken doğal Türkçe bir dille ifade edilen değerlere sahiptir. Mesela Şekil 3.1'de gösterildiği gibi bir makinenin hızı sözel değişkenlerle (DÜŞÜK, ORTA ve YÜKSEK) tanımlanabilmektedir. Burada her bir bulanık alt küme üçgen tipi üyelik fonksiyonları (membership functions) ile tanımlanmıştır. Üyelik fonksiyonunun şekli aynı zamanda çan eğrisi veya yamuk da olabilmektedir. Bu tiplerdeki üyelik fonksiyonları

simetrik veya asimetrik bir yapıya sahip olabilmektedir. Örnekte, eğer hız 800 d/dk'nın altında ise, bu tamamen DÜŞÜK kümesine aittir, buna karşılık 900 d/dk için, bu %50 ($\mu_f=0.5$) oranında DÜŞÜK kümeye %50 ($\mu_f=0.5$) oranında ORTA kümeye ait olmaktadır (Bay 1996).



Şekil 3.1. Üyelik fonksiyonları ile tanımlanan hızın bulanık kümeleri

Boolean mantıkta 0'dan 1'e geçiş anı olmasına rağmen, Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi bulanık mantıkta böyle bir durum söz konusu olmamaktadır. Bulanık küme terminolojisinde, bir değişkenin alması muhtemel bütün değerler, evrensel küme olarak adlandırılmakta ve bu üyelik fonksiyonları ile tanımlanan bütün bulanık kümeleri örtmektedir (Karşil 1996).

Boolean mantığın temel özellikleri bulanık küme teorisinde de geçerlidir ve aşağıdaki şekilde verilmektedir:

Birleşim (union): X adlı evrensel küme üzerinde tanımlanan A ve B kümeleri verilsin, aynı zamanda X'in bir bulanık kümesidir ve bunun üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$(3.1)$$

Burada x, X evrensel kümesinin herhangi bir elemanıdır.

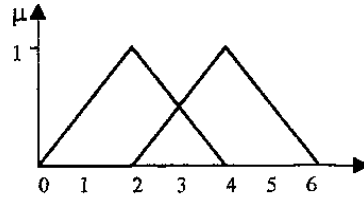
Kesişim (intersection): X evrensel kümesinin bulanık iki A ve B kümelerinin kesişimi şeklinde ifade edilir ve üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$(3.2)$$

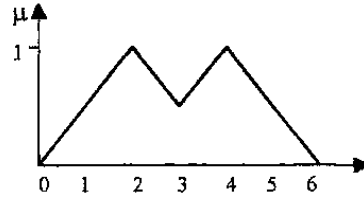
Tümleme (complement): X evrensel kümesinde verilen bir A kümesinin tümleyeni A^{-1} ile ifade edilir ve üyelik fonksiyonu şöyledir:

$$\mu_{A^{-1}} = 1 - \mu_A(x) \quad (3.3)$$

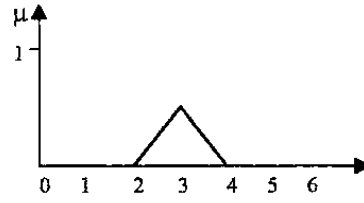
Şekil 3.2'de birleşim, kesişim ve tümleme işlemlerine ait grafikler verilmektedir.



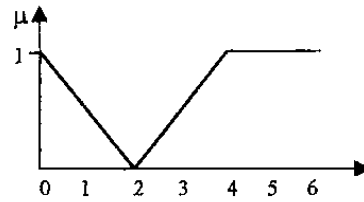
(a)



(b)



(c)



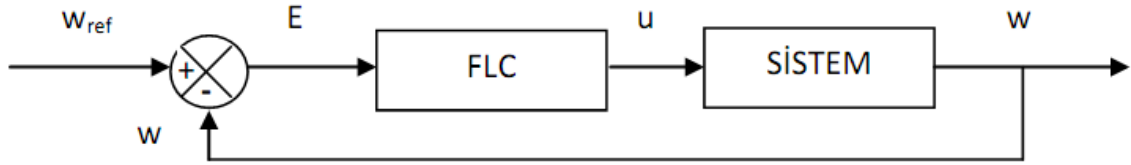
(d)

Şekil 3.2. Bulanık kümelerde yapılan temel işlemler (a) A ve B bulanık kümeleri (b) birleşim kümesi $A \cup B$ (c) kesişim kümesi $A \cap B$ (d) A kümesinin değili A^{-1}

3.1.3. Fuzzy logic kontrol (FLC)'ün temel yapısı

Bir FLC tipik olarak Şekil 3.3'te görüldüğü gibi kapalı çevrim kontrol sistemi şeklindedir. Şekil 3.4'te bir FLC'nin temel elemanları; bulanıklaştırma ünitesi, bulanık mantık muhakeme ünitesi, bilgi taban ve durulaştırma ünitesi görülmektedir.

Bulanık bilgi tabanı, veri tabanı (data base) ve kural tabanı (rule base) olmak üzere iki ana tip bilgiyi ifade etmektedir. Veri tabanı bulanık kümeler kullanılarak her bir sistem değişkeninin tanımlanmasını içermektedir. Kural tabanı ise bulanık şart cümlelerinin toplamını içermektedir (Başbüyük 1994).



Şekil 3.3. Bulanık mantık kontrol sistemi

Sistem değişkenleri, denetlenen işlemde ölçülen giriş değişkenleri (e, ce) ve işlemi kontrol etmek için FLC tarafından kullanılan çıkış değişkenleri (u) olmak üzere iki çeşittir. Kuralların ifadesinde kullanılan her bir sistem değişkeni için izin verilen değerler uygun evrensel kümede bulanık değerler olarak tanımlanmaktadır. Bu kümelerin tanımlanmaları, tasarım işleminde en kritik işlemlerden biridir ve sistem performansını doğrudan etkilemektedir. Denetlenen işlemde alınan veya gönderilen gerçek değerler genellikle kesin değerlerdir ve FLC tarafından dâhili olarak kullanılan bu değerlerin bulanık değerlerini elde etmek için bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Başbüyük 1994).



Şekil 3.4. Bulanık mantık denetleyicisinin blok diyagramının konfigürasyonu

3.1.3.1. Sistem değişkenleri ve bulanık parametreler

Genellikle kesin değerler olan giriş ve çıkış değerleri ile bulanık kümelere karşılık gelen ve özellikle sözel olan sistem değerleri veya bulanık parametreleri birbirinden ayırmak büyük önem arz etmektedir. Bu bulanık sistem değişkenleri giriş ve çıkış değerlerini içermektedir. Giriş değişkenleri işlem durum (process state) değişkenleri olarak bilinmekte ve kontrol edilen işlemde türetilen değerler olmaktadır. Çıkış değişkenleri veya işlem kontrol (process control) değişkenleri ise FLC tarafından belirlenen değerler olmaktadır. Her bir sistem değişkeni için izin verilen değerleri belirleyerek bulanık kümelerin tasarımı, bir bulanık kontrol sisteminin tasarımının başarılı olması için kritiktir (Bay 1996).

Bulanık sistemin karmaşıklığına bağlı olarak giriş ve çıkış değişkenlerinin sayısı değişmektedir, n giriş değişkenli ve m çıkış değişkenli bir sistem n -giriş m -çıkış olarak tanımlanabilmektedir. Eğer $n = 1$ ve $m = 1$ ise, bu tip sistemlere tek-girişli tek-çıkışlı (SISO) sistemler, $n \geq 2$ ve $m = 1$ ise, çok-girişli tek-çıkışlı (MISO) sistemler, $n \geq 2$ ve $m \geq 2$ ise böyle sistemler de çok-girişli çok-çıkışlı (MIMO) sistemler olarak adlandırılır.

Her bir sistem değişkeni için bulanık kümeler pozitif büyük (PB), pozitif orta (PO), pozitif küçük (PK), sıfır (S), negatif küçük (NK), negatif orta (NO), negatif büyük (NB) vb gibi sözel terimlerle ifade edilmektedirler. Her bir değişken için tanımlanan bulanık kümelerin sayısı onun ne kadar farklı değer alabileceğini ve FLC ile elde edilebilecek kontrol sayısını belirlemektedir. Her bulanık küme için belirli üyelik fonksiyonları sözel değerlerin anlamını belirlemekte ve o değişkenin evrensel kümesi içinde tanımlanmaktadır (Karşil 1996).

Bir bulanık küme için üyeliği belirlemenin nümerik ve fonksiyonel olmak üzere iki yolu bulunmaktadır. Nümerik tanımlama bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonunun derecesini sayılar vektörü olarak açıklamaktadır. Bu vektörün boyutu ise evrensel kümenin bölümlenmesinin derecesine bağlı olmaktadır. Fonksiyonel tanımlama ise bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonunu fonksiyonel formda ifade etmektedir. Buna misal olarak π - fonksiyonu, üçgen, çan eğrisi, yamuk ve üstel fonksiyonu verilebilir.

Bir değişken için üyelik fonksiyonlarının şekli, aralığı ve sayısının seçimi nihayetinde subjektif tasarım seçimlerine bağlı olmasına ve bunun da sistem performansını etkilemesine rağmen, aşığıdaki bazı açıklamaların bilinmesinde fayda vardır:

1. Evrensel kümede tanımlanan bulanık kümeleri simetrik olarak dağıtılmalıdır.
2. Her bir değişken için tek sayıda bulanık kümelerin kullanılması ve böylece bazı bulanık kümelerin ortada yer alması sağlanmalıdır. Tipik olarak her sistem değişkeni için 5 veya 7 tane bulanık küme kullanılmaktadır.
3. Hiç bir kesin değer herhangi bir bulanık kümede tanımsız kalmaması için yan yana bulanık kümelerin belli bir yüzde ile üst üste örtüşmesi sağlanmalıdır. Böylece çıkışın belirlenmesinde de birden fazla kuralın kullanılması sağlanmış olmaktadır.
4. Daha az hesaplama zamanı gerektiren üçgen veya yamuk üyelik fonksiyonlarının seçilmesi daha kullanışlı olmaktadır (Başbüyük 1994).

3.1.3.1.1. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma işleminin amacı, gerçek sayılarla tanımlanan giriş değişkenlerini bulanık ifadelerle çevirmektir. Burada, kesin olmayan ölçümleri ifade eden her giriş değişkeni için, bir bulanıklaştırma fonksiyonu tanımlanır. Bulanıklaştırma işlemi için öncelikle üyelik fonksiyonlarının tiplerinin, sayılarının ve sınır değerlerinin seçilmesi gereklidir.

Diğer bir ifadeyle bulanıklaştırma, giriş değişkenlerinin çeşitli giriş evrensel kümelerinde bulanık kümelere yerleştirme işlemidir. İşlem kontrolünde, giriş verisi genellikle kesindir (nümerik) ve bulanıklaştırma sistem giriş değişkenleri için kesin girişlerin aralığının karşılık gelen bulanık değerlere yerleştirilmesini gerektirmektedir. Yerleştirilmiş veriler sistem giriş değişkenleri için tanımlanmış bulanık kümelerin etiketleri olarak uygun sözel terimlere de çevrilmelidir. Bu işlem şu şekilde açıklanabilir:

(3.4)

Burada (e, ce) işlemden alınan bir giriş değişkeninin kesin değerinin bir vektörüdür. e bir değişken için tanımlanmış bir bulanık kümeler vektörüdür. Bulanıklaştırıcı ise kesin verileri bulanık kümelere yerleştiren bir bulanıklaştırma operatörüdür.

Bulanıklaştırma işlemi için kullanılan birçok bulanık küme yapısı mevcuttur. Bunlar üçgen, yamuk, çan eğrisi vs.

Birçok bulanıklaştırma stratejileri vardır. Bunlardan bazıları bulanık teklik (singleton), bulanık sayı ve karma bulanık/random sayıdır (Akkuş 2010).

3.1.3.1.2. Kural tabanının oluşturulması

Bulanık kontrol kural tabanı uzmanlar tarafından verilen kontrol hedefleri ve kontrol planına bağlı olarak oluşturulmuş bulanık kontrol kurallarının toplamıdır. FLC’de bir bulanık kontrol kuralı genellikle EĞER O HALDE formundadır. Bir MISO sistem için bulanık kontrol kural tabanı şu şekilde olabilir:

Kural- 1: EĞER $x_{11} = A_{11}$ VE VE $x_{1m} = A_{1m}$ O HALDE $y = B_1$

Kural - 2 : EĞER $x_{22} = A_{21}$ VE VE $x_{2m} = A_{2m}$ O HALDE $y = B_2$

.

.

.

Kural - n : EĞER $x_{nm} = A_{n1}$ VE VE $x_{3m} = A_{nm}$ O HALDE $y = B_n$

Burada x_{ij} sistem giriş değişkenleri için kullanılmaktadır, mesela hata, hatadaki değişim vb gibi; A_{ij} x_{ij} için bir bulanık kümedir. Mesela PB, PO, PK, S vb gibi; y sistem çıkış değişkenine karşılık gelmektedir, mesela motor için sürücü sinyal akımı vb gibi; VE bulanık operatördür; $i = 1, \dots, n$; ve $j = 1, \dots, m$ dir (Karşil 1996).

3.1.3.2. Bulanık muhakeme teknikleri

Bulanık mantık denetleyicisindeki sonuç çıkarma işlemi, bulanık değişkenleri (c, ce) değerlerini bir dizi sözel kurallar üzerinden bulanık kontrol hareketi (u)'ya aktarılmasıdır.

Alınan giriş bilgileri için hangi kuralların uygulanacağı ve hangi uygun bulanık kontrol hareketinin çıkarılacağını belirlemek için birçok yol vardır. Bulanık çıkarım metotları arasında endüstriyel FLC’lerde en çok aşağıdaki metotlar kullanılmaktadır:

1. MAX-MIN bulanık çıkarım metodu.
2. MAX-DOT bulanık çıkarım metodu.

Endüstriyel işlem kontrolünün tabiatından dolayı giriş verisi kesindir. Bulanıklaştırma işleminden sonra ya MAX-MIN ya da MAX-DOT bulanık çıkarım metodu kullanılmaktadır. Bu şu şekilde açıklanabilir:

İki tane bulanık kurala sahip bir bulanık kontrol kural tabanı olsun:

Kural-1: EĞER $x = A_1$ VE $y = B_1$ O HALDE $z = C_1$

Kural - 2: EĞER $x = A_2$ VE $y = B_2$ O HALDE $z = C_2$

i. kuralın kullanılma ağırlığı (fire strength) α_i olsun. x_0 ve y_0 girişleri için kural tabanının α_1 ve α_2 kullanılma ağırlığı şu şekilde olmaktadır:

(3.5)

(3.6)

3.1.3.3. Durulaştırma

Bulanık çıkarım mekanizmasının çıkışı, çıkış evrensel kümesinde bulanık bir kümedir. Bu yüzden bunun bulanık olmayan bir değere çevrilmesi gerekmektedir. Bu çevirme işlemi durulaştırma (defuzzification) olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle bulanık çıkarım sonucu elde edilen bulanık kontrol işlevinin bulanık olmayan (kesin) kontrol işlevine çevrilmesi işlemine durulaştırma denmektedir. Durulaştırma stratejisi ise bulanık çıkarım sonucu elde edilen bulanık kontrol işlevini en iyi şekilde temsil edecek bulanık olmayan kontrol işlevini elde etmeye yardım etmektir. Bu şu şekilde açıklanabilir:

(3.7)

Burada; y bulanık kontrol işlevi; y_0 kesin çıkışı ve durulaştırıcı ise durulaştırma operatörüdür.

Bulanık mantık kontrol sisteminde durulaştırma işleminin gerçek zamanlı gerçekleştirilmesinde en çok maksimumların ortalaması (mean of maxima-MOM) ve alan merkezi (center of area-COA) durulaştırma teknikleri kullanılmaktadır (Akkuş 2010).

3.1.3.3.1. Maksimumların ortalaması metodu

Maksimumların ortalaması durulaştırma metodu bazen yükseklik durulaştırması (height defuzzification) olarak da adlandırılmaktadır. MOM stratejisi üyelik fonksiyonları

maksimuma ulaşan bütün yerel kontrol çıkışlarının ortalama değerlerini temsil eden bir kontrol çıkışı üretmektedir.

— (3.10)

3.1.3.3.2. Alan merkezi metodu

Bu metotta her bir kural için çıkış üyelik fonksiyonunun alan merkezi öncelikle değerlendirilir. Daha sonra son çıkış aşağıda verildiği şekilde üyeliğin derecesi ağırlandırılarak her bir ağırlık merkezinin ortalaması olarak hesaplanır.

_____ (3.11)

3.1.4. Bulanık kuralların kaynakları

3.1.4.1. Uzman tecrübesi/kontrol mühendisliği bilgisi

Şimdiye kadar, FLC tasarımlarının çoğunda kural tabanı o alanla ilgili uzmanların tecrübeleri ve hüneleri ile kontrol mühendisliği bilgisinin birleştirilmesinden elde edilmiştir. Bu genelde şu gerçeğe dayanmaktadır:

- Bulanık kontrol kuralları uzman bilgisinin alınması için doğal bir çerçeve sağlamaktadır.
- Bulanık kontrol kuralları uzmanların alan bilgilerini açıklamaları için uygun bir yol sağlamaktadır.

3.1.4.2. Operatörün kontrol hareketlerinin modellenmesi

Bir çok kontrol sistemlerinde, giriş-çıkış ilişkileri yeterince hassas olarak bilinmediğinden dolayı bunu modelleme ve simülasyon yapmak için klasik kontrol teorisine uygulamak mümkün olmamaktadır. Ama tecrübeli operatörler kafalarında herhangi bir nicel modele sahip olmadan böyle sistemleri oldukça başarılı bir şekilde modelleyebilmektedirler. Operatörün kontrol hareketini modelleyerek bulanık kontrol kurallarının türetilmesi mümkün olmaktadır.

3.1.4.3. Bulanık modelleme

Bulanık modellemede kontrol edilecek sistemin davranışı bulanık değerler (veya sözel ifadeler) kullanılarak nitelik balonundan tanımlanmaktadır. Denetlenen işlemin bu şekildeki dinamik karakteristiğinin tanımı işlemin bulanık modeli olarak görülebilir. Bulanık modele bağlı olarak, sistemin en uygun performansı sağlaması için bir dizi bulanık kontrol kuralları üretmek mümkündür. Bulanık modellemede, en önemli şey kontrol kurallarının yapısını ve parametrelerini belirlemektir. Böylece kontrol sistemi kontrol amacını gerçekleştirebilir (Asiltürk 2007).

3.2. PIC Mikro Denetleyici Kontrollü İz Tahmin Modeli

PIC serisi mikro denetleyici Microchip firması tarafından geliştirilen bir mikro denetleyici ürünüdür. Üretilmesindeki amaç, çok fonksiyonlu sayısal uygulamaların hızlı ve ucuz bir mikroişlemci ve yazılım yoluyla gerçekleştirilmesidir.

PIC (Peripheral Interface Controller) çevresel arabirim kontrolörü anlamına gelmektedir. İlk olarak 1994 yılında 16 bitlik ve 32 bitlik büyük işlemcilerin giriş ve çıkışlarındaki yükü azaltmak ve denetlemek amacıyla çok hızlı ve ucuz bir çözüme ihtiyaç duyulduğu için geliştirilmiştir. Çok geniş bir ürün ailesinin ilk üyesi olan PIC16C54 bu ihtiyacın ilk ürünüdür. PIC işlemcileri RISC benzeri işlemciler olarak anılmaktadır.

PIC16C54 12 bitlik komut hafıza genişliği olan, 8 bitlik bir CMOS işlemcisidir. 18 bacaklı ve dip kılıfta olup 13 adet giriş veya çıkışa (I/O) sahiptir. En fazla 20 MHz osilator hızına kadar kullanılabilir. 33 adet program komutu, 512 byte program EPROM 'u ve 25 byte RAM 'ı bulunmaktadır.

PIC serisi tüm işlemciler, herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış arabirim devresi gerektirmeden sadece 2 adet kondansatör, 1 adet direnç ve bir kristal ile çalıştırılabilmektedir. Tek bacadan 25 mA akım olmak üzere, tüm devre toplam olarak 300 mA akım verebilme gücüne sahiptir. Tüm devre 4 MHz osilator frekansında çektiği akım, çalışırken 2 mA, stand-by durumunda ise 20uA kadardır.

Görüldüğü gibi mikroişlemcilerin, PIC mikro denetleyici gibi bünyesinde RAM, ROM, EPROM gibi gerekli çevre bileşimlerinin bulunmaması kontrol aşamasında uygulamada maliyeti arttırdığı gibi sistemin tasarımını zorlaştırır.

3.2.1 Mikroişlemciler

Ön belleğine yazılmış programı işleyerek, programda belirtilen çıkışlara yönlendiren ve belirtilen girişlerden bilgi alarak işlem yapan bir tüm devredir. Mikroişlemcilerde üç temel ünite bulunmaktadır. Bunlar merkezi işlem birimi (CPU), I/O, hafızalar ve ek olarak bazı destek birimlerinden oluşur.

I/O sayısal analog ve özel fonksiyonlardan oluşur. Mikroişlemcinin dış dünya ile ilişkisini sağlar. Bu hat üzerinden, mikroişlemciye verilen ve işlemlerden alınan veriler sağlanır.

CPU program içinde belirtilen hesaplamaları yapmak ve verileri işlemek için kullanılır. 32 bit, 16 bit ve 8 bit verilerle çalışır. Bir mikroşlemcide temelde kullanılan üç farklı işlem yolu (BUS) vardır.

- Bellek ve çevre birimleri arasında veri iletmek için kullanılan "Veri Yolu",
- İşlemcinin program komutlarına ve veri saklama alanlarına erişimi sağlayan bellek adreslerini, ROM ve RAM belleklerine göndermek için kullanılan "Adres Yolu",
- RAM belleğine veri yazıldığı veya ondan veri okunduğuna dair bilgi vermek gibi, denetim amaçları için kullanılan "Denetim Yolu" dur. Bu yol aynı zamanda kesmelerin kullanımına olanak tanıyan bağlantıları da içerir.

3.2.2. PIC Mikro denetleyiciler

Bir mikroşlemcinin çalışabilmesi için gerekli temel birimlerden RAM, I/O ünitelerinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimine mikro denetleyici denilmektedir. Mikroşlemcilere göre daha kolay kullanım olanaklarına sahiptirler. Ayrıca ucuz ve kolay temin edilebilmelerinden dolayı otomobillerde, kameralarda v.b. gibi birçok elektronik cihazda kullanılmaktadır.

PIC mikro denetleyicilerin avantajları veya tercih edilmelerinin nedenleri aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralanabilir.

- Sayısal uygulamalarda hızlı ve pratik, fiyatının oldukça ucuz olması
- Bellek ve veri için ayrı yerleşik işlem yollarının bulunması
- Veri ve belleğe hızlı bir şekilde erişilebilmesi
- PIC'e göre diğer Mikro denetleyicilerde veri ve programı taşıyan bir tek BUS bulunması, dolayısıyla PIC'in bu özelliği ile diğer mikro denetleyicilerden iki kat daha

hızlı olması.

- Herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 kondansatör ve bir direnç ile çalışabilmeleri.
- Yüksek frekanslarda çalışabilme özelliği
- Uyku modu (Sleep Mode) durumunda çok düşük akım çekmesi.
- Kesme kapasitesi ve 14 bit komut işleme hafızası.

3.2.2.1. PIC Mikro denetleyicilerinin özellikleri

PIC komutları bellekte çok az yer kaplarlar. Dolayısıyla bu komutlar 12 veya 14 bitlik bir program bellek sözcüğüne sığarlar. Harvard mimari teknolojisi kullanılmayan Mikro denetleyicilerde, yazılım programda veri kısmına atlama yapılarak, verilerin komut gibi çalıştırılması sağlanmaktadır. Bu da büyük hatalara yol açmaktadır. PIC Merde ise bu durum söz konusu değildir.

PIC oldukça hızlı bir mikro denetleyicidir. Her bir komut döngüsü 1 u.s kadardır. Örneğin 5 milyon komutluk bir programın 20MHz 'lik bir kristalle döngüsü yalnızca 1 saniye sürer. Bu süre 386SX33 bilgisayar işlemcisi hızının yaklaşık 2 katıdır. RISC işlemcisi olması nedeniyle PIC işlem hızını arttırmıştır.

PIC tamamıyla statik bir işlemcidir, yani saat durdurulduğunda da tüm yazmaç (Register) içeriğindeki bilgi korunur. Programı çalışmadığı zaman PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çekmesi sağlanabilir. PIC uyuma moduna geçtiğinde, saati (clock) durur ve uyuma işleminden önce hangi durumda olduğunu çeşitli bayraklarla (flag) ifade eder.

PIC Merde her türlü ihtiyaçlara cevap verebilen çeşitli hız, sıcaklık, kılıf, I/O, zamanlayıcı (timer), iletişim portları, analog sayısal dönüştürücü (A/D) ve bellek seçenekleri bulunmaktadır.

Tüm devre endüstrisinde en üstünler arasında yer alan bir kod koruma özelliğine sahiptir. Koruma biti programlandıktan sonra program belleği içindeki bilginin okunmasını önlenir.

PIC program geliştirme amacıyla programlanabilir ve tekrar silinebilir özelliğe sahiptir. Aynı zamanda seri üretim amacıyla bir kere programlanabilir (OTP) özelliği de mevcuttur (Gardner, 1998).

3.2.2.2. PIC mikro denetleyicilerin donanımı

PIC mikro denetleyicisinin en önemli kısmı olan aritmetik sayısal ünitesi (ALU) bir yazmaç (W) içerir. PIC, diğer mikroişlemcilerden farklı olarak aritmetik ve mantık işlemleri için bir tek ana yazmacı olmasındır. W yazmacı 8 bit genişliğinde olup, CPU 'deki herhangi bir veriyi başka bir adrese transfer etmek için kullanılır. CPU alanında ayrıca iki kategoriye ayırabileceğimiz veri dosya listeleri bulunur. Bu veri dosya listelerinden biri, I/O ve diğeri kontrol işlemlerinde kullanılan RAM'dir.

4. KAYNAK PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ

Kaynak parametreleri kaynak işlemini ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Bunlar, kaynak edilen metal ve alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi göz önünde bulundurularak belirlenir.

Kaynak parametreleri, kaynak öncesi belirlenen ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler (koruyucu gaz türü, elektrot tür ve çapı), kaynak dikişini kontrol altında tutan, dikişin biçimini, boyutlarını, ark kararlılığını ve kaynaklı bağlantının emniyetini etkileyen birinci derecede ayarlanabilir parametreler (akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızı) ve kaynak işlemi boyunca sürekli olarak değişen ve kaynak dikişinin biçimini oldukça şiddetli bir şekilde etkileyen ikinci derecede ayarlanabilir parametreler (torç açısı ve elektrot serbest tel uzunluğu) olmak üzere üç gruba ayrılır (Anık, 1989).

4.1. Gazaltı Kaynak Çeşitleri

4.1.1. MIG

MIG kaynağı, “Metal Inert Gas” kelimesinin baş harfleri alınarak adlandırılır. Bu kaynakta kullanılan gazlar asal olduklarından ark, helyum veya argon gazları altında oluşur. Genellikle çelik dışındaki metallerde uygulanan bir yöntemdir. Kaynak için gerekli olan ark, kaynak torcundan gelen çıplak kaynak teli aracılığıyla oluşur.

Torç içerisindeki telin, şasinin bağlı olduğu iş parçasına değmesiyle başlayan kaynak, kaynakçının isteğine bağlı olarak devam eder. Kaynakçının, oksijen kaynağında olduğu gibi ayrıca tel kullanmasına gerek yoktur. Kaynak için gerekli olan kaynak teli (elektrot) örtüsüz şekilde, otomatik tel verme sisteminden kaynak banyosuna iletilir. Bu yönüyle kaynakçının, fazla oranda becerili olmasını gerektirmeyen bir kaynak yöntemidir. Geliştirilen kaynak donanımlarıyla kaynak mesafesi, kaynak hızı ve kaynak şiddeti otomatik olarak düzenlenmiştir.

Kaynak teli, tel verme sisteminden sürekli kaynak banyosuna iletiildiğinden, örtülü elektrotla yapılan ark kaynağında olduğu gibi elektrot değiştirme ile zaman kaybı ve atılan elektrot uçları ile elektrot kaybı söz konusu değildir. Örtüsüz elektrotların üzeri

oksitlenmeyi önlemek ve telin kaynak akımını iletmesi için bakır kaplanmışır (Eryürek, 2003).

4.1.2. MAG

MAG kaynağı, “Metal Active Gas” kelimesinin baş harfleri alınarak adlandırılır. Bu kaynakta kullanılan gazlar karbondioksit ve karışım gazlardır. Genellikle çelik, düşük 5 karbonlu çelik ve alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılır. Prensip olarak MIG kaynağından farkı yoktur (Tülbentçi, 1993).

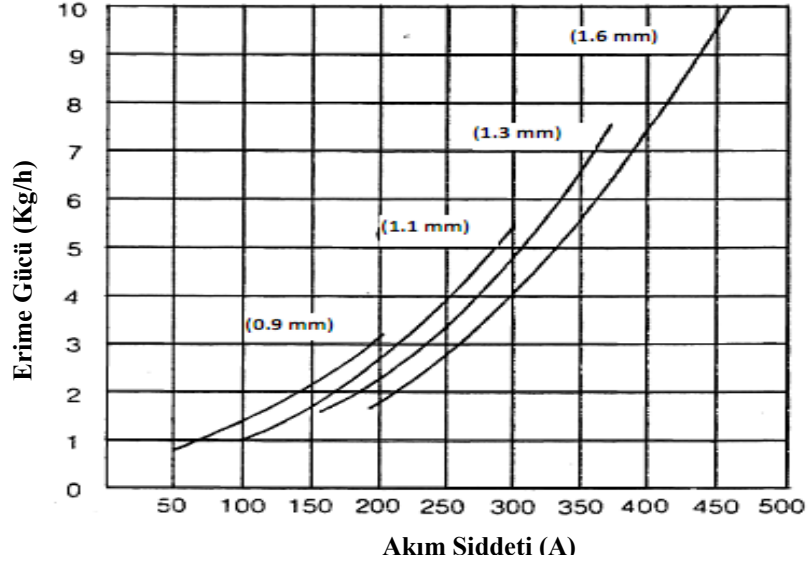
4.1.3. TİG

TİG (Tungusten Inert Gaz Kaynağı) kaynağı da bir gazaltı kaynağı çeşididir. Yöntem olarak MIG-MAG kaynağından farklılıklar gösterir. İlave tel, oksijen kaynağında olduğu gibi el ile verilmektedir. Arkı oluşturan ilave tel ise tungstendir. Tungstenin ergime sıcaklığı yüksek olduğu için erimeyen elektrot olarak da sınıflandırılmaktadır. Seri üretime ve robot teknolojisine uygun olmayan bu yöntemde demir dışı metallerin kaynağında üstün nüfuziyet elde edilir (Tülbentçi, 1993).

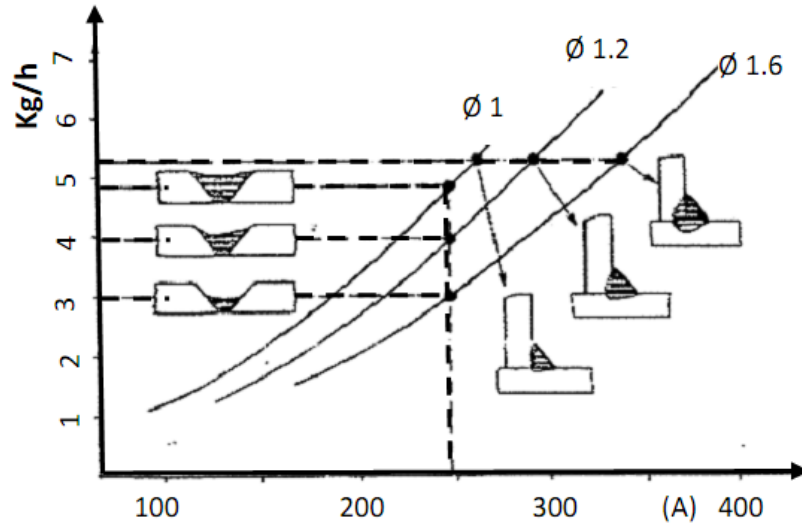
4.2. Kaynak Öncesi Belirlenen Parametreler

4.2.1. Elektrot çapı

Her tür elektrot için çapa bağlı olarak bir akım şiddeti aralığı vardır. Büyük çaplı elektrotlar daha yüksek akım şiddeti ile kullanılabilirlerinden daha yüksek bir erime gücüne sahiptirler ve daha derin nüfuziyetli dikişler oluştururlar. Erime gücü, akım yoğunluğunun bir fonksiyonudur. Akım şiddeti, tel çapı ve erime gücü arasındaki ilişkiler Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Erime gücü, akım şiddeti ve elektrot çapı arasındaki ilişki



Şekil 4.2. Tel çapı ile akım yüklenebilirliğin ve eritme gücü ile nüfuziyet değişimi

Elektrot çapının seçiminde kaynak edilen parçanın kalınlığı, nüfuziyet derecesi, erime gücü, istenilen kaynak dikiş profili, kaynak pozisyonu ve elektrotların fiyatı göz önünde bulundurulur. Küçük çaplı elektrotlar ağırlık ölçüsünde daha pahalıdır, fakat her uygulama için kaynak maliyetini en aza indiren bir elektrot çapı bulmak mümkündür.

Şekil 4.2 sırasıyla 1.0, 1.2, 1.6 mm çaplı üç tel elektrota ait üç erime gücü eğrisini akım şiddetine bağlı olarak göstermektedir. Tel kesitleri aşağıdaki gibidir:

$$1.0 \text{ mm çaplı elektrotun kesit alanı} = 0.78 \text{ mm}^2$$

$$1.2 \text{ mm çaplı elektrotun kesit alanı} = 1.13 \text{ mm}^2$$

1.6 mm çaplı elektrotun kesit alanı = 2.0 mm²

Yaklaşık 250 amperlik akımın her üç tele de uygulanması durumunda, özgül akım yüklenmeleri aşağıdaki gibi olur:

1.0 mm çaplı elektrotun özgül akım şiddeti = 320 Amper/ mm²

1.2 mm çaplı elektrotun özgül akım şiddeti = 220 Amper/ mm²

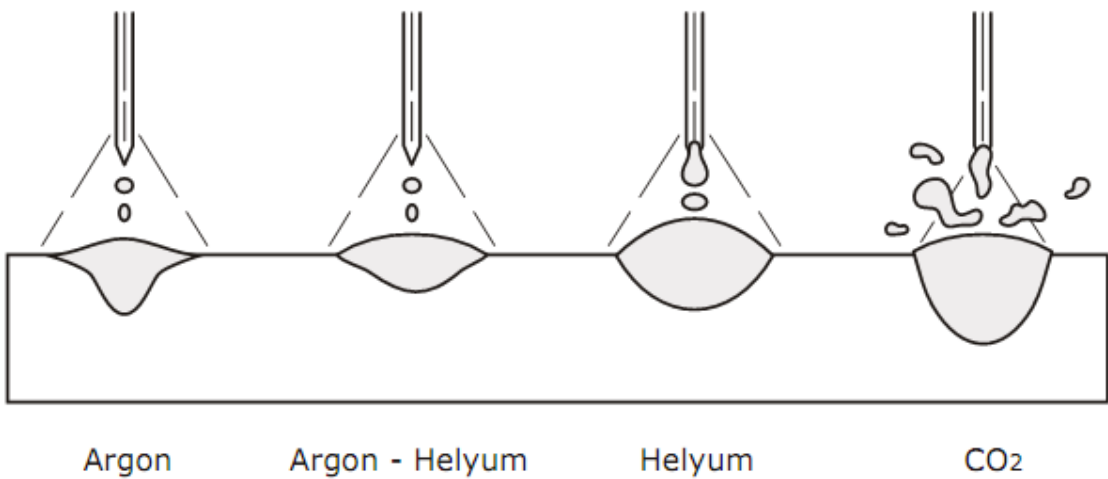
1.6 mm çaplı elektrotun özgül akım şiddeti = 125 Amper/ mm²

Bu nedenle 1.0 mm çaplı tel, 4.8 kg/saat'lik en yüksek eritme gücüne sahiptir. Ancak bu, ince tel elektrotların daima en yüksek eritme gücünü gösteren dikey koordinat ekseninden çizilen yatay çizginin üç eğriyi kestikleri noktalar görülebilir. Burada kalın tellerin daha yüksek akım değerleriyle yüklendikleri görülür (Ertürk, 1987).

4.2. Koruyucu gaz türü

Gaz altı kaynağında çeşitli türlerde koruyucu gazlar kullanılır ve her gazın oluşturduğu erime gücü, dikiş biçimi ve nüfuziyet birbirinden farklıdır. Koruyucu gaz türünün aynı zamanda kaynak sırasında sıçrama miktarına, kaynak hızına, kaynak metalinin arktaki transfer şekline ve elde edilen bağlantının mekanik özelliklerine etkisi vardır.

Demir esaslı metallerin kaynağında saf karbondioksit ile argon-karbondioksit ve argon-oksijen karışımları kullanılır. Şekil 4.3'te çeşitli gaz türlerinde elde edilen kaynak dikişi profili şematik olarak gösterilmiştir.

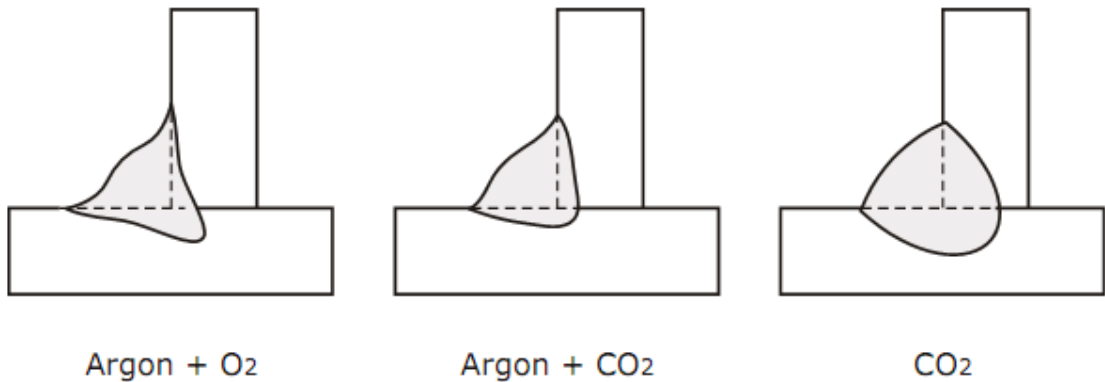


Şekil 4.3. Çeşitli koruyucu gaz türlerinde elde edilen kaynak dikişi profillerinin şematik olarak gösterilişi

Gaz altı ark kaynağında, kaynağın kalitesine etki eden en önemli faktörlerden birisi de koruyucu gazdır. Koruyucu gazlar kaynak işlemi boyunca kaynak banyosunun atmosferin zararlı etkilerinden korunması görevini üstlenir. Bu etki hidrojen ve azot gazlarının parçaya girmesiyle oluşan kırılmalık ve oksijenin sebep olduğu oksitleme reaksiyonlarıdır (Gültekin 1991).

Koruyucu gaz karışımlarındaki (Argon, Helyum, Karbondioksit, O_2 vb) son yıllardaki gelişmeler ilsem performansını, üretkenliği ve kontrolü arttıracak, erime hatası risklerini azaltacak olan stabil arkı oluşturmak amaçlanmaktadır. Stabil ark ile düzgün bir kaynak yüzeyi ve düşük duman emisyonları elde edilir. Üretkenlik ve kalite otomasyon söz konusu olduğunda zaruri unsurlardır ve koruyucu gazlar ile bağlantılıdır (Pires ve ark. 2007).

Kaynak metallerinin oksijenle reaksiyonların önlenmesi için kaynak işleminde soy gaz olan Argon ve Helyum koruyucu gaz olarak kullanılır. Koruyucu gaz olarak karbondioksit gazı kullanıldığında ise durum biraz farklıdır. Yaklaşık $6500\text{ }^\circ\text{C}$ civarında karbondioksit gazı karbon monoksit ve oksijene ayrışır. Kaynak banyosuna ulaşan bu karbon monoksit gazı burada tekrar oksijenle reaksiyona girer. Bu ekzotermik bir reaksiyondur ve kaynak banyosunun sıcaklığını artırır.



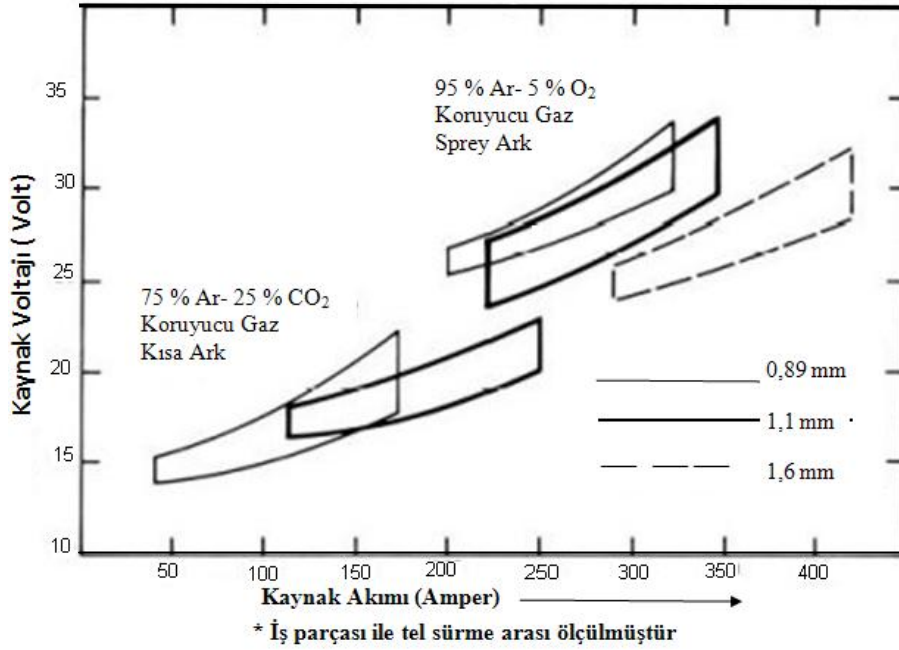
Şekil 4.4. Argon + O_2 , Argon + CO_2 ve CO_2 gazlarının dikiş şekline ve nüfuziyete etkisi

Karbondioksit ile kaynak yaparken görülen problemlerden biri de arkın üst taraflarında ayrışıp, ark dibinde tekrar bileşik yapan karbondioksit gazının yukarıya doğru oluşturduğu ark doğrultusunda ters yönlü bir elektriksel konveksiyon akımıdır. Bu akım arkın gezinmesine ve sıçramaya yol açar. Argon ve Argon esaslı karışım gazlarında yukarıdaki kuvvetler oluşmadığı için ark kararlıdır, gezinmez. Ayrıca koruyucu gaz içine ilave edilen düşük oranlı oksijen gazı arkın kökünü hareketliliğini

azaltır. Bu sebeple koruyucu gaz kompozisyonu damlacık büyüklüğü ve kısa devre zamanı üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahiptir (ESAB 1999).

Karbondiyoksit gazı genel olarak inert gazlara göre daha fazla sıçramalara sebep olmakta, fakat yüksek bir nüfuziyet vermektedir. Bu sebeple günümüzde sıçrama ve nüfuziyeti optimize etmek için karbondiyoksit ve argon karışımı gazlar tercih edilmektedir. Ayrıca karbondiyoksit gazının ark gezinmesine sebep olması sebebiyle kısa devre frekansı sürekli değişir. Bu da damlacık çapının sürekli olarak değişerek sıçramalara yol açmasını ve kötü bir kaynak dikişine yol açar.

Küresel geçişlerde kullanılan koruyucu gazlara az miktarda oksijen ilavesi damlacığın yüzey gerilimini düşürerek kopmayı kolaylaştırır, bu da transferi olumlu yönde etkiler.



Şekil 4.5. Kullanılan gazlara göre elde edilebilecek kaynak parametreleri

Kaynak dikişinin kalitesi yeterli nüfuziyet, yüksek ısılatma oranı ve düzgün kaynak profili ile belirlenir. Bu parametreler üzerinde koruyucu gazın da önemli bir etkisi vardır.

Çelikler kullanım amacına uygun olarak pek çok alaşım elementi içerirler. Kaynak işleminde esas metalin özelliklerinin korunabilmesi için bu alaşım elementlerinin kaybolması gerekir. Bu elementlerin bir kısmı esas metale kaynak teli sayesinde ilave edilir. Karbondiyoksit ile yapılan kaynaklarda açığa çıkan oksijen gazı

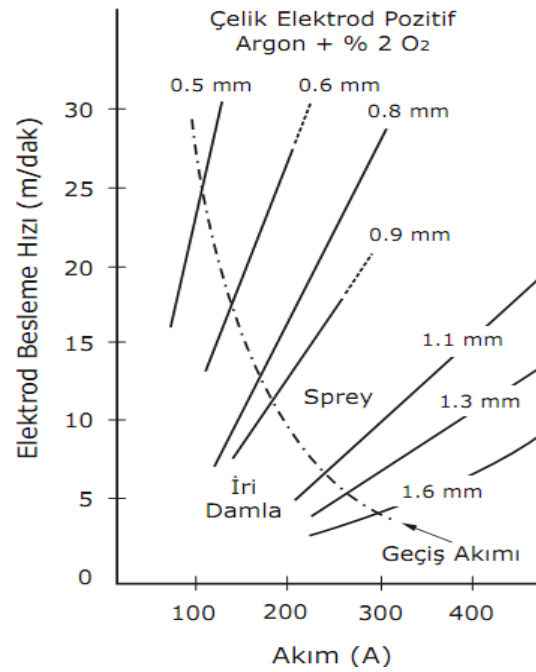
pek çok alaşım elementinin oksitlenmesine yol açtığı için kullanımı sınırlıdır. Oksitlenen alaşım elementlerinden karbon, mangan ve silis kullanılan kaynak teli sayesinde kaynak banyosuna takviye edilir. Argon ve Helyum gazları ise tamamen soy gaz oldukları için bu gazlarla yapılan kaynaklarda oksitlenme türü sorunlar yaşanmaz. Bu yüzden paslanmaz çelikler ve alüminyum kaynaklarında yüksek saflıkta argon veya argon-helyum karışımları kullanılır (ESAB 1999).

4.3. Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

4.3.1. Kaynak akım şiddeti

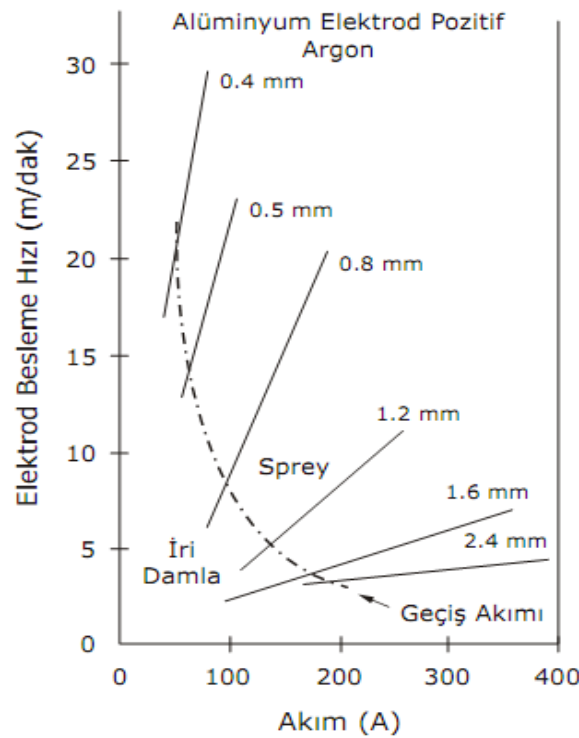
Kaynakta kullanılan akım şiddetinin erime gücüne, kaynak dikiş biçim ve boyutlarına ve nüfuziyete etkisi diğer bütün parametrelerden daha büyüktür. Sabit gerilim sistemli olan MIG/MAG kaynak makinelerinde, kaynak akım şiddeti, tel hızı ile beraberce, tel hız ayarı düğmesinden ayarlanır; tel ilerleme hızı arttıkça, kaynak akım şiddeti de artar.

Düşük akım değerlerinde her bir elektrot çapı için eğriler yaklaşık olarak doğrusaldır. Ancak daha yüksek akım değerlerinde özellikler küçük elektrot çaplarında eğriler doğrusallıktan sapar ve kaynak akımı arttıkça bu sapma daha da artar. Bu değişim serbest elektrot uzunluğunda oluşan direnç ısıtmasına bağlanmaktadır. Elektrot besleme hızı ile kaynak akımı arasındaki bu ilişki elektrotun kimyasal birleşiminden de etkilenir. Şekil 4.6, 4.7, 4.8’de sırasıyla alaşımsız çelik, alüminyum ve paslanmaz çelik elektrotlar için verilen eğriler kıyaslanarak bu etki görülebilir (Eryürek, 2003).

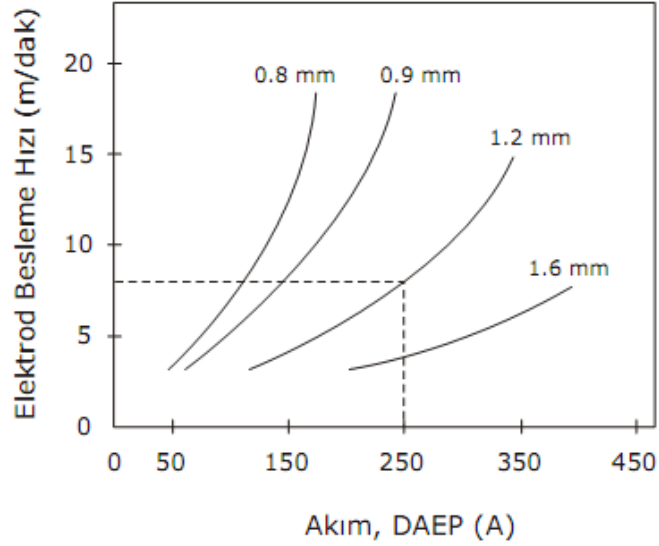


Şekil 4.6. Alaşımız çelik elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki

Eğrilerin farklı konumlarda eğimlerde olmasının nedeni metallerin ergime sıcaklıklarının ve elektrik dirençlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Serbest elektrot uzunluğu da bu ilişkiyi etkiler.



Şekil 4.7. ER4340 alüminyum elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki



Şekil 4.8. 300 serisi paslanmaz çelik elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki

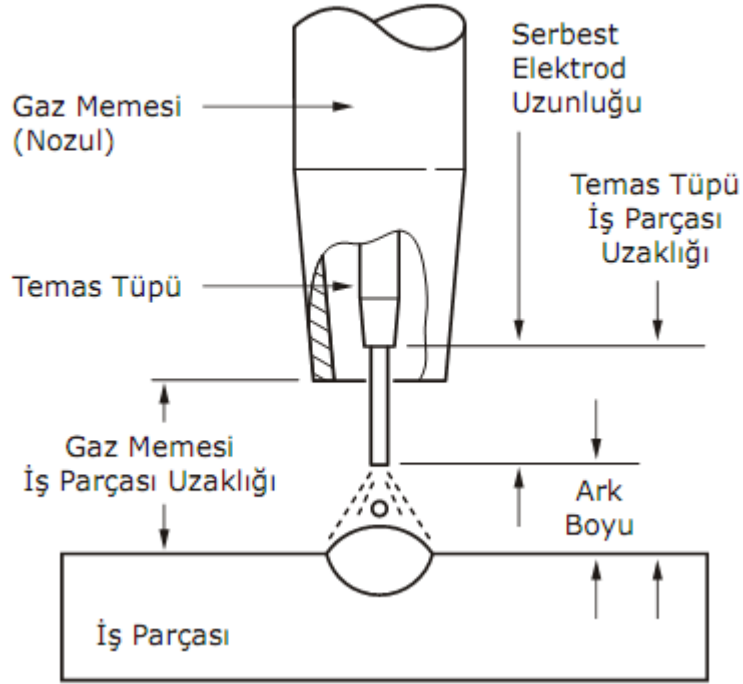
Bütün diğer parametreler sabit tutulduğu zaman artan akım şiddeti ile kaynak dikişinin eninin, yüksekliğinin, nüfuziyetinin ve boyutlarının arttığı görülür.

4.3.2. Kaynak gerilimi (ark boyu)

Ark gerilimi ve ark boyu genellikle birbirlerinin yerine kullanılan terimlerdir. Ancak bunların aralarında bir ilişki olmakla birlikte farklı şeyler olduklarını belirtmekte yarar vardır. Gaz altı kaynağında ark boyu dikkatle kontrol edilmesi gereken bir kritik değişkendir. Örneğin, argon koruması altındaki spreyci ark tipinde çok kısa ark, zaman zaman kısa devreye maruz kalır. Bu kısa devreler basınç değişimleri oluşturarak ark sütununun içine havanın pompalanmasına neden olur. Bu olay havadan absorbe edilen oksijen ve azot nedeniyle gevrekliğe ve gözenekliliğe neden olur. Eğer ark çok uzun ise gezinme eğilimi gösterir ve hem nüfuziyeti hem de dikiş profilini etkiler. Uzun bir ark aynı zamanda gaz korumasını da bozar. Karbondioksit korumalı gömülü ark halinde, uzun bir ark hem gözenekliliğe hem de aşırı sıçramaya neden olur. Ark çok kısa ise, elektrodun ucu kaynak banyosuyla kısa devre yaparak kararsızlığa neden olur.

Ark boyu bağımsız bir değişkendir. Ancak ark gerilimi hem diğer birçok değişkenlere hem de ark boyuna bağlı olarak değişir. Ark geriliminin ark boyu dışında bağlı olduğu değişkenler şunlardır; elektrodun bileşimi ve çapı, koruyucu gazın cinsi, kaynak tekniği ve kaynak kablosunun uzunluğu. Ark gerilimi, serbest elektrot uzunluğu

boyunca gerilim düşümünü de içermekle birlikte fiziksel ark boyunu elektriksel bir terimle yaklaşık olarak belirtmede ve ayarlama da kullanılan bir vasıtasıdır (Tülbentçi, 1993).



Şekil 4.9. Aynı tel besleme hızında gerilimin değişmesinin etkisi

Diğer bütün değişkenler sabit tutulduğunda, ark gerilimi doğrudan ark boyuna bağlıdır. Üzerinde durulan ve kontrol edilmesi gereken değişken ark boyu olmakla birlikte, ark geriliminin kontrol edilmesi çok daha kolaydır. Bu nedenle ve kaynak işlemlerinde ark geriliminin belirtilmesi doğal bir gereklilik olduğundan ark uzunluğunun ayarı, ark gerilimi kontrol edilerek yapılır. Ark gerilimi ayarları malzemeye, koruyucu gaza ve damla iletim tipine bağlı olarak değişir.

Tipik ark gerilimi değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. En uygun ark karakteristiği ve en iyi dikiş görüntüsü oluşturan ark gerilimi ayarı için deneme pasoları çekmek gereklidir. En uygun ark gerilimi metal kalınlığı, bağlantı tipi, kaynak pozisyonu, tel çapı, koruyucu gazın bileşimi ve kaynağın tipi gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğundan, bu tür denemeler gereklidir. Ark geriliminin bu en uygun değerden daha yüksek olması, kaynak dikişinin düzleşmesine ve erime bölgesinin genişliğinin artmasına neden olur. Aşırı yükseklikteki ark gerilimleri ise, gözenekliliğe, sıçramaya ve yanma oluşuna neden olur. Gerilimin azalması ise, daha dar ve daha yüksek kaynak dikişine ve daha

derin nüfuziyete neden olur. Aşırı derecede düşük gerilim ise, elektrodun iş parçasına yapışmasına neden olur (Eryürek 2003).

Tablo 4.1. Çeşitli metaller için ark gerilimleri (V)*

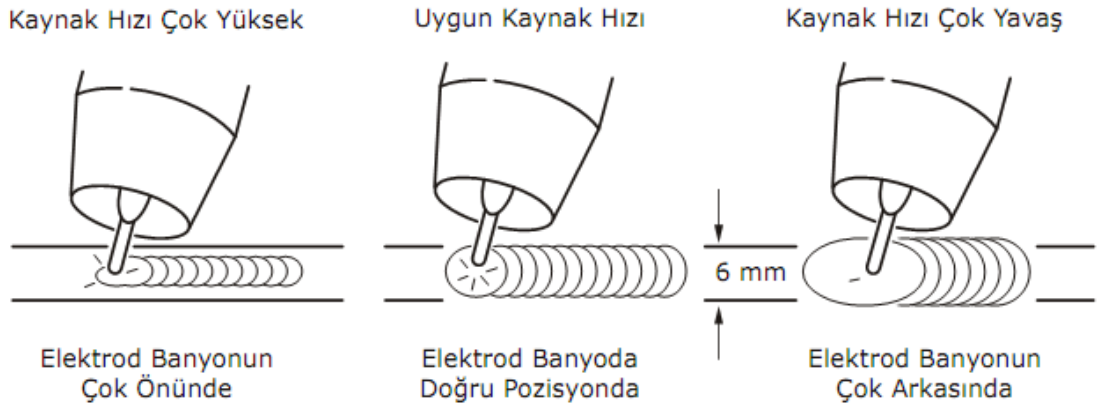
Metal	Sprey ** ve İri Damla İletimi (1.6 mm çapında elektrod)					Kısa Devre İletimi (0.8 mm çapında elektrod)			
	Argon	Helyum	% 25 Ar % 75 He	Ar+O ₂ (% 1-1.5 O ₂)	CO ₂	Argon	Ar+O ₂ (% 1-1.5 O ₂)	% 75 Ar % 25 CO ₂	CO ₂
Alüminyum	25	30	29	-	-	19	-	-	-
Magnezyum	26	-	28	-	-	16	-	-	-
Alaşımız Çelik	-	-	-	28	30	17	18	19	20
Düşük Alaşımız Çelik	-	-	-	28	30	17	18	19	20
Paslanmaz Çelik	24	-	-	26	-	18	19	21	-
Nikel	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Nikel-Bakır Alaşımı	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Nikel-Krom-Demir	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Bakır	30	36	33	-	-	24	22	-	-
Bakır-Nikel Alaşımı	28	32	30	-	-	23	-	-	-
Silisyum Bronzu	28	32	30	28	-	23	-	-	-
Alüminyum Bronzu	28	32	30	-	-	23	-	-	-
Fosfor Bronzu	28	32	30	23	-	23	-	-	-

*) +/- % 10 sınırlar içindedir. Düşük gerilimler, düşük akımlarla birlikte ince malzemelerde, yüksek gerilimler yüksek akımlarla birlikte kalın malzemelerde kullanılır.

**) Darbeli spreyletimde ark gerilimi kullanılan akım aralığına bağlı olarak, 18-28 V arasındadır.

4.3.3. Kaynak hızı

Kaynak hızı yan otomatik yöntemlerde kaynakçı, otomatik veya mekanize yöntemlerde ise makine tarafından ayarlanır. Kaynak hızı, kaynak arkının iş parçası boyunca olan hareketi veya birim zamanda yapılan kaynak dikişi boyu olarak tanımlanır. En derin nüfuziyet, kaynak hızının uygun değerinde elde edilir ve bu hızın artması ya da azalması hallerinde nüfuziyet azalır. Şekil 4.10'da kaynak hızının kaynak dikişine olan etkisi görülmektedir.



Şekil 4.10. Kaynak hızının kaynak dikişine etkisi

Çok düşük kaynak hızlarında, kaynak arkı esas metal yerine erimiş kaynak banyosu üzerinde yanar ve bu nedenle nüfuziyet azalır. Bu sırada geniş bir kaynak dikişi de oluşur.

Kaynak hızı arttırılırsa ark esas metale daha doğrudan etki ettiğinden, birim kaynak dikişi uzunluğu başına, arktan esas metale iletilen ısı enerjisi önce artar. Kaynak hızının daha da arttırılması, birim kaynak dikişi uzunluğu başına, esas metale daha az ısı enerjisi verilmesi sonucunu doğurur. Bu nedenle, artan kaynak hızıyla esas metalin erimesi önce artar ve daha sonra azalır. Kaynak hızı daha da arttırılacak olursa, ark tarafından eritilen yolu doldurmaya yetmeyecek miktarda dolgu metali yığılması olduğundan kaynak dikişinin kenarlarında yanma olukları meydana gelir.

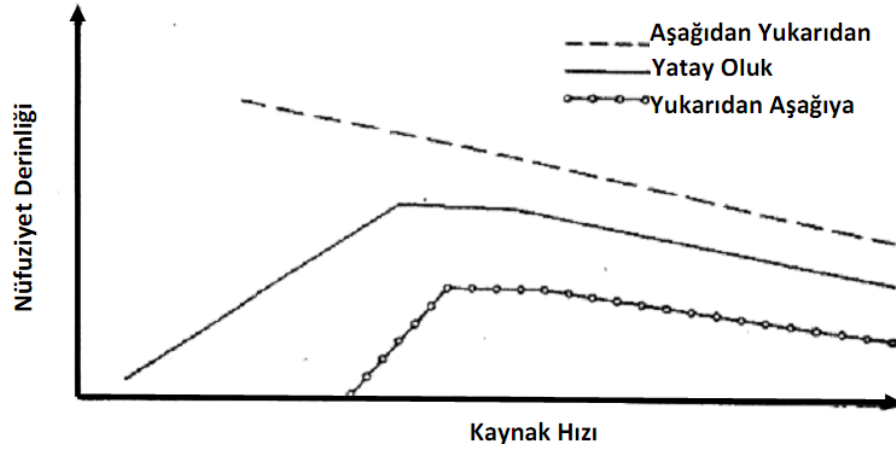
Sabit ark gücüyle kaynakta enerji girdisi, torcun ileri hareketinin yavaşlaması ile birim dikiş uzunluğunda artar (çizgisel enerji). Bu gerçek, nüfuziyet formu ile doğrudan ilişkili değildir. Çoğu kaynak işleminde, düşük kaynak hızlarında da yeterli nüfuziyete erişilebilir. Kaynak hızı düşürüldüğünde, kaynak banyosu öne akar. Bu durumda ark, kaynak ağız yüzeyleri yerine önceki eriyen metal ile temas eder.

Enerji taşıyıcı olarak ark, öne akan eriyiğin kalınlığı arttıkça, erimesi gereken kaynak ağız yüzeylerinden az ya da çok izole olur. Eriyen banyonun ısı içeriği, çoğunlukla kaynak ağız yüzeylerini güvenli şekilde eritemez.

Kaynak banyosunun öne akması, özellikle dar kaynak ağızlarında, geniş salımlı pasolarda ve yukarıdan aşağıya kaynakta şiddetlenir. Bu nedenle kaynak hızı, eriyen kaynak banyosu miktarı ve doldurulacak kaynak en kesit oranına dikkat edilerek ayarlanmalıdır. Sabit erime gücünde daha ince pasolarla çalışılması, boşuna masraf olarak görülmemelidir. Zira daha küçük kesitli pasolar, sadece nüfuziyeti ve kaynak

metali özelliklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda gözenek rizikosunu da ortadan kaldırır.

Sabit ark gücünde kaynak hızının artırılmasının etkileri Şekil 4.11' de aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya, yatay ve oluklu pozisyonları için gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kaynak hızının ve kaynak pozisyonunun nüfuziyet derinliğine etkisi

Aşağıdan yukarıya kaynakta, kaynak banyosu öne akmadığı için azalan kaynak hızında nüfuziyet artmaktadır.

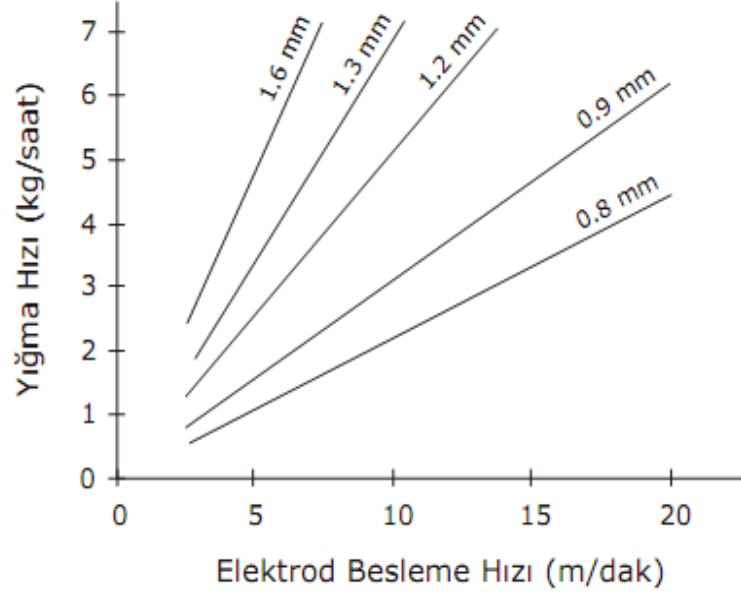
Kaynak hızı, sadece nüfuziyeti değil, kaynak dikişinin taşkınlığını ve dikiş geçişlerine ve dikiş geçiş açılarının büyümesine dikkat edilmelidir. Eritme gücü-kaynak hızı: Eritme gücü değiştirildiğinde, kaynak hızı da buna uygun şekilde ayarlanmalıdır.

Yüksek eritme güçlerinde, çok düşük kaynak hızları, kaynak banyosunun öne akması nedeni ile nüfuziyet azalması ve birleşme hatası oluşmasına yol açar.

Düşük erime hızlarında ve yüksek kaynak hızlarında, nüfuziyet yetersiz olabilmektedir. Aynı zamanda dikiş kalınlığı da aşırı fazlalaşmaktadır.

Gerekli paso sayısı aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$\text{Gerekli paso sayısı} = \text{Dikiş kesiti (taşkınlık yok)} / \text{paso kesiti}$$



Şekil 4.12. Alaşimsız ve düşük alaşımlı çeliklerde çeşitli elektrot çapları için elektrot besleme hızı arasındaki ilişki

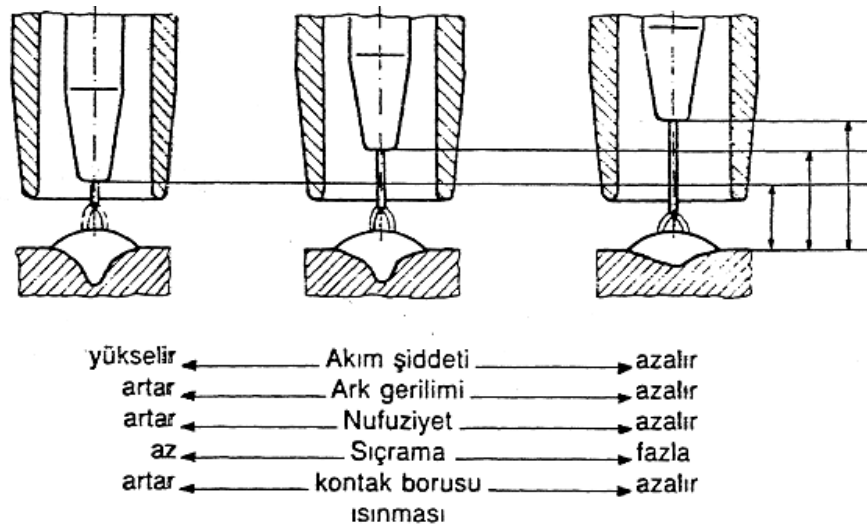
Tablo 4.2. Kaynak gerilimi ve kaynak akımının koruyucu gaz türü ve kontak borusu mesafesiyle değişimi için kılavuz değerler, Tel çapı: 1.0 mm

Tel besleme		Koruyucu gaz EN 439 M21 %-15-25CO ₂ ,			Koruyucu gaz EN 439 C1 %100CO ₂			Kontak borusu
Eğri No.	m/dak	Kaynak gerilim V	Kaynak akımı A	Güç kW	Kaynak gerilim V	Kaynak akımı A	Güç kW	mm
1	3,0	16	140	2,2	17	130	2,2	12...16
2	4,5	19	190	3,6	21	175	3,7	
3	6,0	21	220	4,6	23	200	4,6	
4	8,0	24	260	6,2	26	240	6,2	18...20
5	9,0	30	300	9,0	32	285	9,1	
6	10,0	31	325	10,0	33	310	10,2	

4.4. İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

4.4.1. Serbest tel uzunluğu

Elektrot tel uzunluğu, üfleç içindeki kontak borusunun en uç noktası ile tel elektrotun uç kısmı arasındaki mesafedir. Serbest tel uzunluğunun artması erime gücünün artmasına, nüfuziyetin azalmasına neden olur, sonuç olarak serbest tel uzunluğunun aşırı artması, fazla miktarda soğuk kaynak metalinin (düşük sıcaklıkta) kaynak dikişine yığılmasına neden olur.



Şekil 4.13. Serbest tel uzunluğunun dikiş formuna etkisi (Anık, 1989)

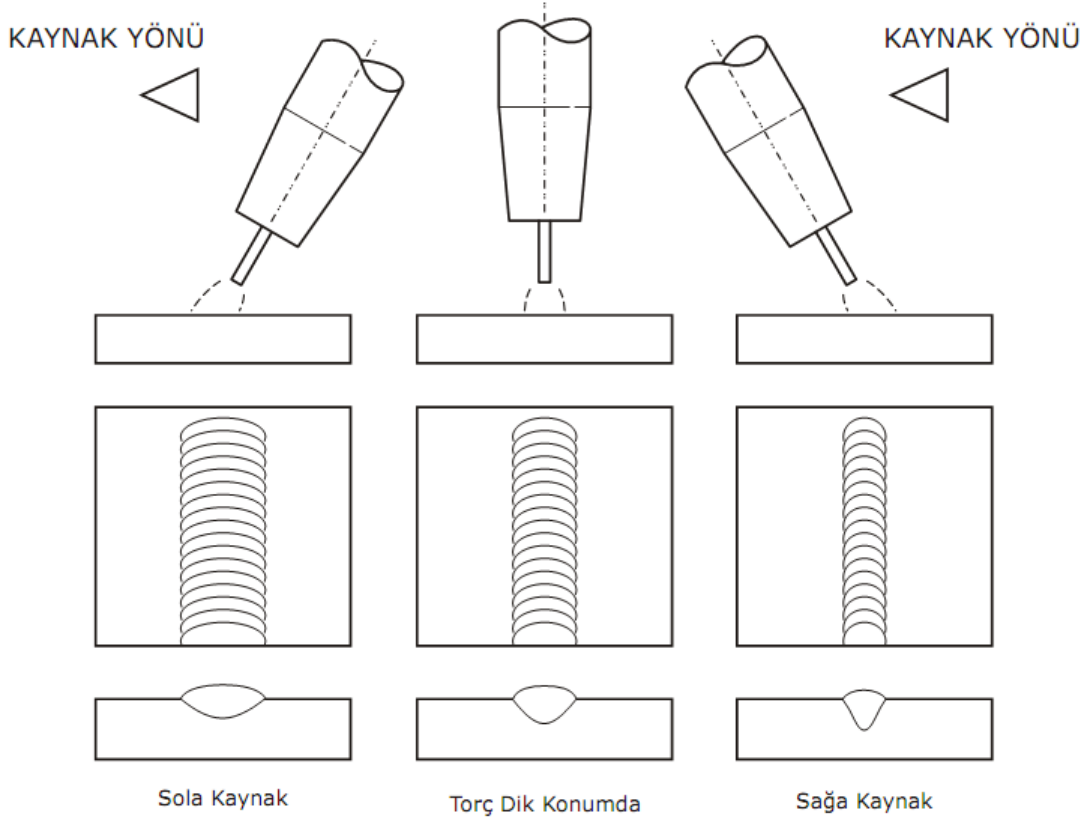
Genel olarak serbest tel uzunluğu, kaynak ağzında kısa bir bölgede kök açıklığının değiştiği hallerde, dikişi kompanze edebilmek amacıyla kullanılır.

Örneğin geniş kök açıklığı durumunda nüfuziyetin azalmasının gerekli olduğu yerlerde serbest tel uzunluğu artırılarak akım şiddetinin ve nüfuziyetin azalması sağlanmış olur.

4.4.2. Torç açısı

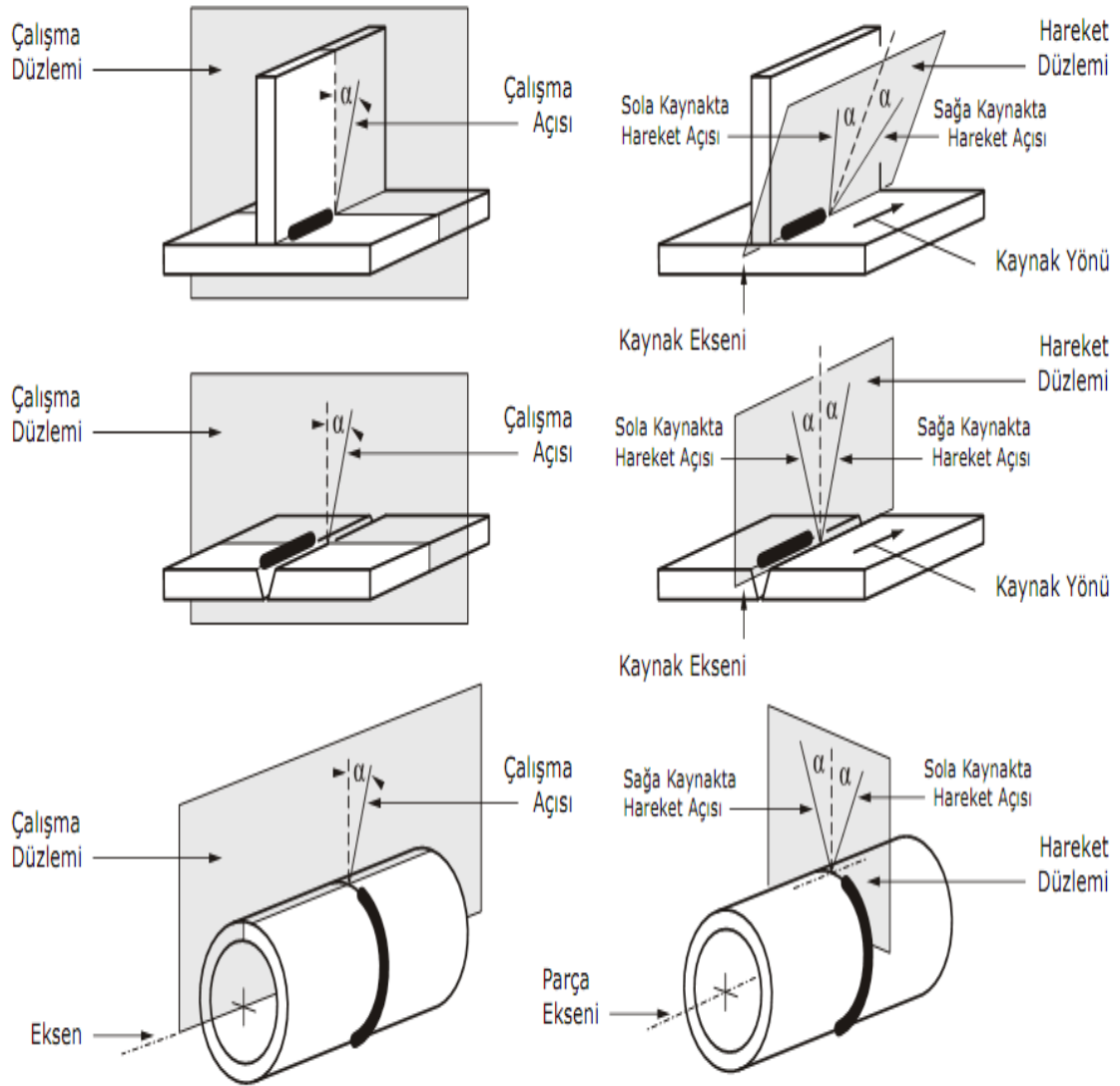
Torcun kaynak yapılan iş parçasına tam dik olarak tutulması halinde sağ veya sol kaynak arasında sonuç yönünden bir fark görülmez, buna karşın kaynak hamlacı 30° ye kadar bir hareket açısı ile tutulduğu zaman sol ve sağ kaynağın dikiş üzerine olan etkisi açık

bir şekilde görülür. Hareket açısı 30° 'yi aşmadığı sürece, bu açı, kaynağın, kaynakçı tarafından kontrolüne yardımcı olur, kaynakçı kaynak banyosunu ve elektrot ucunun erimesini rahatlıkla görebildiği için dikişin kalitesi yükselir. Buna karşın bu değer aşıldığında nüfuziyet azalır ve dikiş incelir, bu durumda kaynak hızının artırılması gerekir, aksi halde sıvı kaynak banyosunun önüne doğru ilerler ve dikişte gözenek ve kalıntı oluşumu olasılığı artar; eğilimin fazlaşması diğer yönden koruyucu gaz akımını da etkilediğinden gazın koruma etkinliği azalır.



Şekil 4.14. MIG/MAG kaynağında sola ve sağa kaynak halinde dikiş formunun değişimi

Sağa kaynak pozitif hareket açısı ile daha dar, daha yüksek ve daha derin nüfuziyetli dikiş elde edilir, ark daha stabildir ve sıçrama daha azdır; sağa kaynak daha ziyade çeliklerin kaynağında tercih edilen bir yöntemdir. Sola kaynak (hareket açısı negatif) ise kontaminasyona engel olmak ve esas metale intikal eden ısı miktarını azaltmak gayesi ile alüminyum kaynağında tercih edilen bir yöntemdir.



Şekil 4.15. Hareket, çalışma düzlemleri ve torç açıları

4.4.3. Kaynak ağızı

Kaynak ağız dizaynını etkileyen en önemli faktör bağlantıdan beklenen mukavemettir.

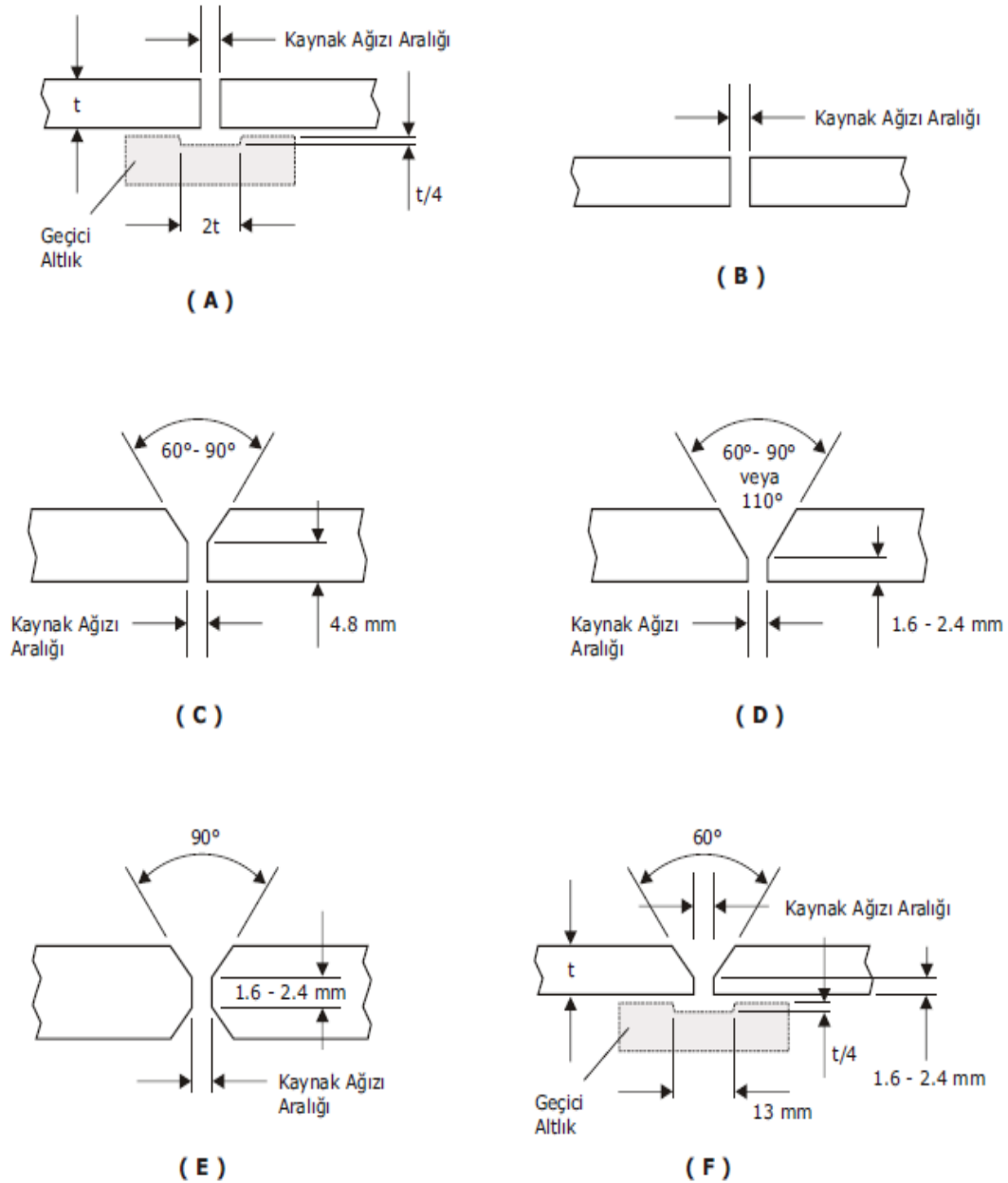
Kaynak ağız şekil seçimini etkileyen faktörlerden bir tanesi de kaynak pozisyonudur. Örneğin oluk pozisyonunda ağız açısının dar tutulabilmesine karşın dik pozisyonda daha geniş ağız açısına gerek vardır.

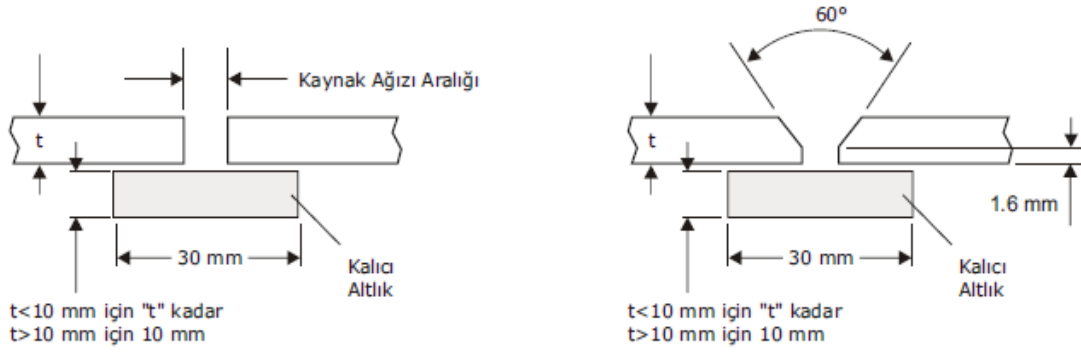
Kaynak ağız dizaynında en önemli etkenlerden bir tanesi de parça kalınlığıdır. MIG/MAG kaynağında iki taraftan kaynak yapmanın mümkün olduğu hallerde, uygun

kök aralığı bırakmak ve akım şiddetini üst sınırlarda seçmek koşulu ile 10 mm kalınlığındaki parçalar dahi küt alın ağız ile kaynatılabilirler (Eryürek, 2003).

MIG/MAG kaynağında kullanılan başlıca ağız formları Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

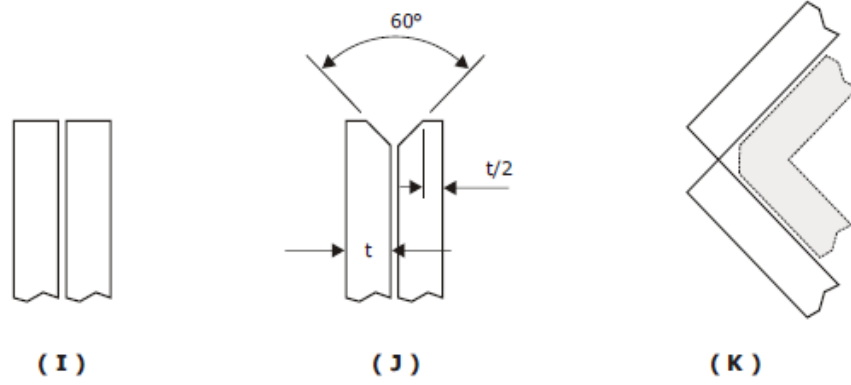
Tablo 4.3. MIG kaynağında kullanılan ağız biçimleri





(G)

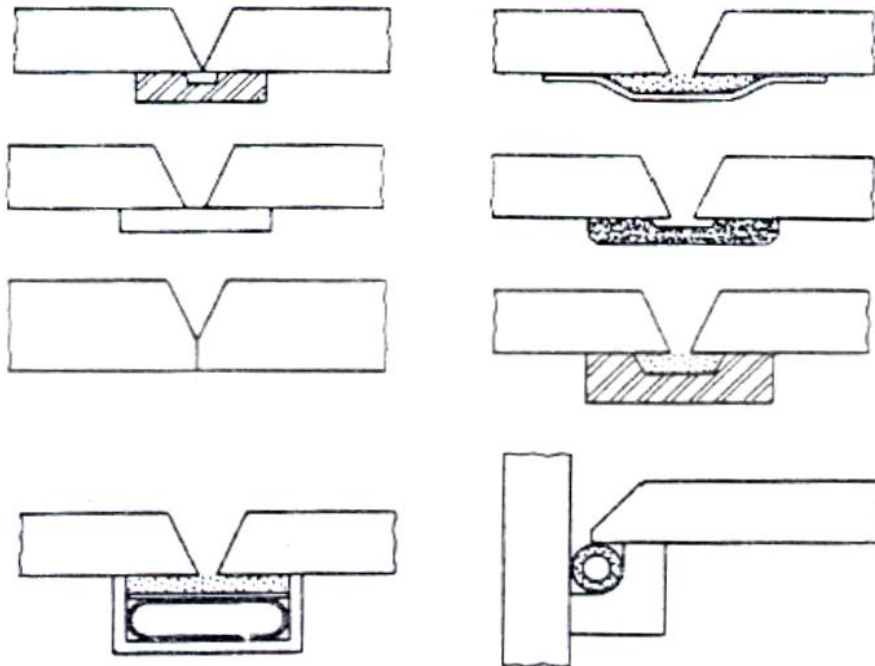
(H)



(I)

(J)

(K)



Şekil 4.16. MAG kaynağı için tavsiye edilen altlıklar

Kaynak parametreleri kaynak işlemini ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Kaynak parametreleri (elektrot çapı ve cinsi, koruyucu gaz türü, kaynak akım şiddeti ve gerilimi, kaynak hızı ve kaynak ağızı) kaynak edilen metal ve alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi göz önünde bulundurularak belirlenir.

5. LAZER SENSÖRLÜ İZ TAKİP SİSTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI

5.1. Spiral boru üretiminde

Spiral boru makineleri üzerine entegre edilen lazer iz takip sensörü, hem iç hem de dış kaynak uygulamasında iz takibinin otomatik olarak yapılmasını sağlamaktadır. Özellikle iç kaynak uygulamalarında gözle takibin mümkün olmaması ve bu takibin kamera veya bir benzeri görüntüleme cihazıyla uzaktan yapılıyor olması ise işletme açısından maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca iç kaynak uygulamalarında kullanılan kameraların kaynak ısısından etkilenerek kısa sürede bozulması ve operatör maliyetinin ortadan kaldırılması lazerli takip sisteminin cazip kılmaktadır. Şekil 5.1’de spiral boru kaynağı gözükmemektedir.



Şekil 5.1. Spiral boru kaynağı

5.2. Düz dikişli boru üretiminde

Standart kaynak proseslerinde kaynak izi takibi düz dikişli boru üretiminde, kaynak yapılacak parçaların hata ile kaymaları esnasında kaynak izi takibi oldukça zordur. Bu nedenle birçok kaynak kusurlarına ve kaynak proses sürelerinin artmasına neden olacaktır. Lazer sensörü ile iz takibinde ise bu sorunlar bulanık mantık algoritması ile çözülebilmektedir. Seri üretim uygulamalarında devamlı takip eden akışı insan gözü yerine, daha yüksek kararlılık ve hassasiyette çalışan lazerli kaynak izi takibi ile yapılması ile üretimde verimliliğin arttığı gözlenmektedir. Şekil 5.2’de düz dikişli kaynak uygulama örneği gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Düz dikiş kaynağı

5.3. Tank - Tanker üretimi

Yüksek basınçlı tank, tanker üreticileri için, depolama ve taşınan malzemenin özelliğinden kaynağın kalitesi çok önemlidir. Kaynak penetrasyonunun istenilen kalitede yapılması ve kaynak prosesinde kaynak izinin ortalanması sızdırmazlık için önem arz etmektedir. Eğer kaynak yapılan parçalarda kaynak prosesi kaynak ağzını ortalamaması durumunda çalışma ortamında hasarlara neden olabilmektedir. Şekil 5.3'te basınçlı tank kaynak uygulama örneği gösterilmektedir. Bu nedenle bu gibi prosesler de kaynak izinin takibini sağlayacak yeni tasarımlar geliştirilmiştir. Bunların biri de lazer sensörlü iz takibinde bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak yapılan iz takibidir. Lazerli iz takip sayesinde, çıkan ürünün kalitesi artırılmıştır. Tamir ve fire miktarlarında düşüş sağlanmıştır.



Şekil 5.3. Tank-Tanker kaynağı

5.4. Diğer sektörler

Bom imalatçıları, konstrüksiyon sektörü ve diğer kaynak uygulamalarının uygulandığı tüm alanlarda kullanılacak olan lazerli kaynak iz takip sistemi, hataların oluşmadan önüne geçerek işletmelerde verimlilik ve karlılık artışını sağlamaktadır.

5.5. Lazerli İz Takip Sisteminin Uygulanabildiği Profil Türleri

Lazerli iz takip sistemlerinin yazılımlarına aşağıdaki profiller tanımlanabilmektedir. Bu profiller sayesinde çeşitli kaynaklar yapılabilmektedir.

Standard iz tipleri operatör kontrol paneli kullanılarak çok basitçe seçilebilir. Fakat bazen bir uygulama olağandışı bir iz şekline sahip olabilmektedir. Eğer bu şekil standart iz numaralarından biri ile tanınmıyorsa, o zaman sistem programı kullanılarak yeni şekli tanımak için ayarlanabilir.

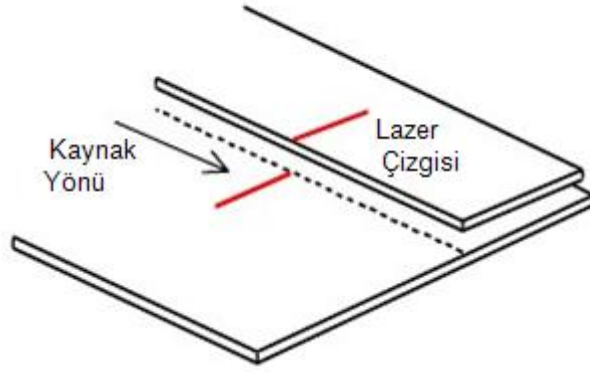
Standart iz tipleri lazer şeridini birleşmeyi kestiği noktada görüntüleyerek ve bölerek bulunur. Birleşmenin şekli pozisyonu ve çizgilerin şeklini belirler. Sistem bu çizgileri ve pozisyonlarını tanımlar ve sonra bunlardan da takip pozisyonunu bulmaktadır.

Standart iz tipleri şunlardır;

- Sol Kat
- Sağ Kat
- Alın Alına
- V-Oluk
- Sadece Yükseklik

5.5.1. Sol kat

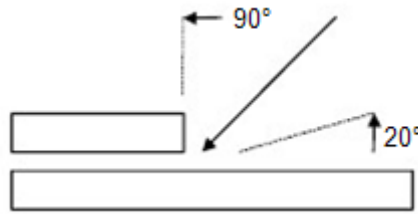
Sistem Şekil 5.4'te gösterildiği gibi sol el tarafı (kaynak yönünde bakılınca) yüksekte olan kabaca birbirine paralel iki çizgi arar. Çizgiler arasındaki maksimum açı 20°'dir.



Şekil 5.4. Sol kat birleşme yeri

Takip noktası düşük çizginin solundaki son noktadır. Sensörün parçaya konumlandırılması Şekil 5.5'te gösterilmiştir.

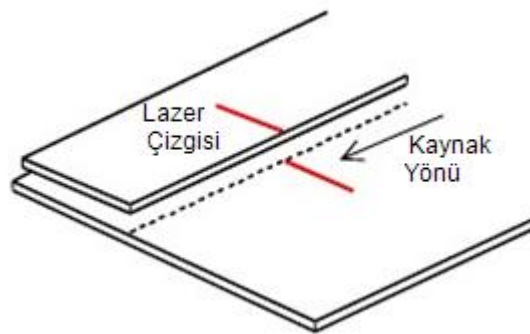
Tipik olarak sensör parçaya 45° açı ile konumlandırılır fakat bu 20° 'den 90° 'ye kadar değişebilir.



Şekil 5.5. Sensör pozisyonu

5.5.2. Sağ kat

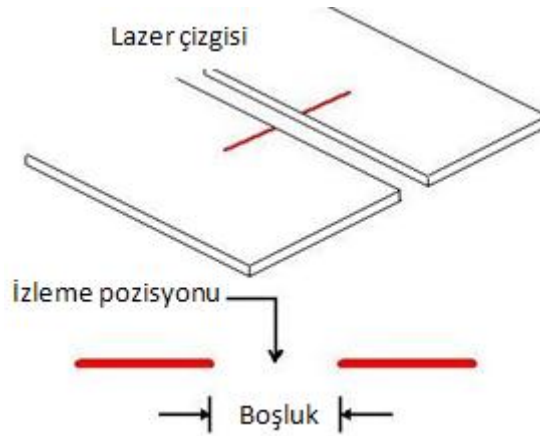
Bu takip pozisyonu sol kat ile aynıdır ancak sağ taraftaki çizgi yüksekte olmalıdır. Takip noktası Şekil 5.6'da gösterildiği gibi düşük çizginin sağındaki son noktadır. Önceki gibi çizgiler arasındaki maksimum açı 20° 'dir.



Şekil 5.6. Sağ kat birleşme yeri

5.5.3. Alın altına

Sistem Şekil 5.7’de gösterildiği gibi aynı yükseklikte sonlarında boşluk olan bir birine paralel iki çizgi arar. Takip noktası bu iki noktanın ortasındaki boşluğun merkezidir. İki çizginin birbirine göre maksimum açısı 30° ’dir. 30° ’den fazla olan lazer lazer iz tanımlamalarında hata mesajı vermekte ve algılamamaktadır. Bu amaçla operatör kaynak ağzı seçiminde daha dikkatli olması gerekmektedir.



Şekil 5.7. Alın altına birleşme yeri ve ölçümü

Sistem Şekil 5.8’de gösterildiği gibi yuvarlak kenarları da yerleştirebilir fakat çizginin sonu olarak düz çizgiden sapmanın (çözünürlükten fazla) başladığı yeri kabul eder. Bu nedenle boşluk aşağıda gösterildiği olur ve takip noktası boşluğun ortası olacaktır.



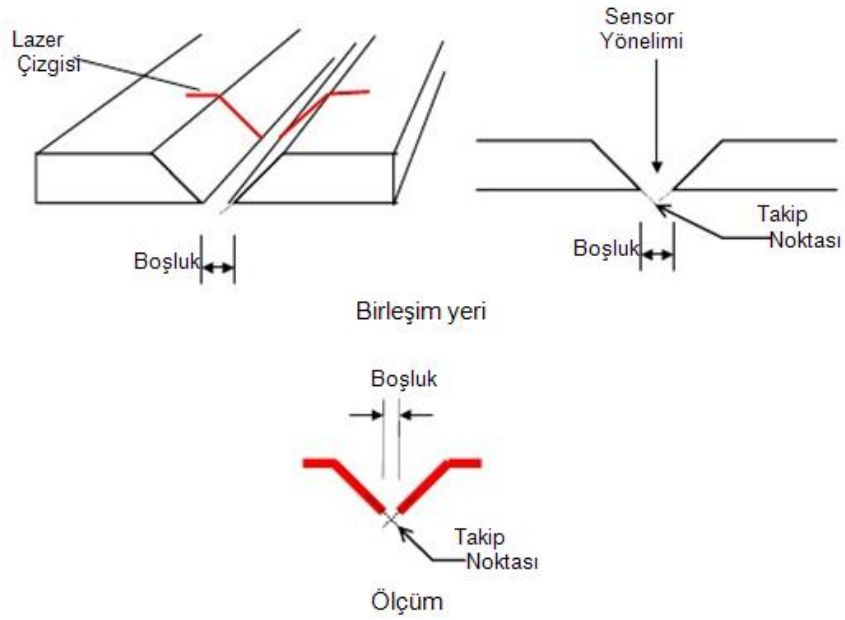
Şekil 5.8. Yuvarlak kenarlı izin birleşme yeri ve ölçümü

Minimum boşluk sensörün çözünürlüğünden büyük olmalı. En büyük boşluk sensörün görüş alanının $1/3$ ’ünden küçük olmalı. İki çizgi arasındaki yükseklik farkı sensörün görüş alanının $1/3$ ’ünden az olmalı.

5.5.4. V boşluk

V oluk iz tipi bu tiplerde bulunan biraz kaba yüzeylerde daha iyi çalışabilmek için alternatif görüntü ayarları sağlamak için tasarlanmıştır. V boşluk profillerinin gösterimi Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

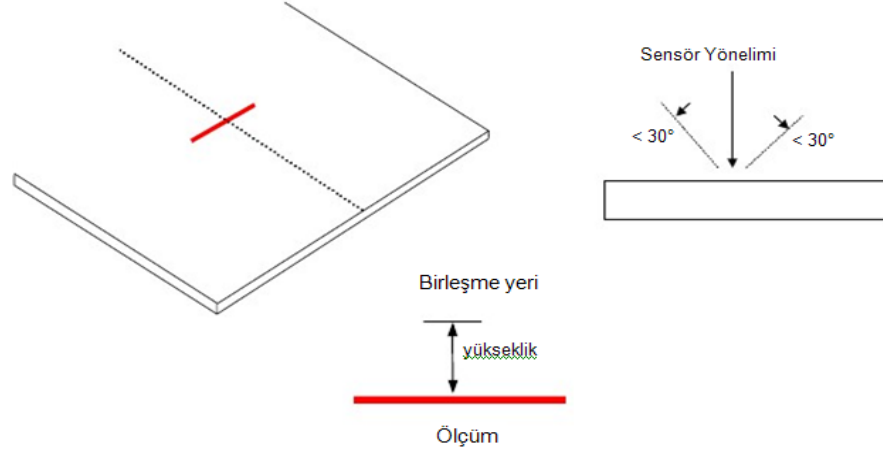
Eğer çok geçitli kaynak kullanılacaksa, ikinci ve sonrasındaki geçişler için alın altına kaynak tipini kullanabilmek için V boşluğun içindeki sahayı ihmal eder.



Şekil 5. 9. V boşluk birleşme yeri ve ölçüm

5.5.5. Sadece yükseklik

Bu iz tipini kullanırken sensör sadece yüksekliği ölçer. Yüzey makul düzlükte olmalıdır ve yükseklik esas olarak görüş alanının merkezinden hesaplanır. Bu iz tipini kullanırken sensörün kenar pozisyonları hareket butonlarıyla kontrol edilebilir.



Şekil 5.10. Sadece yüksekliğin birleşme yeri ve ölçümü

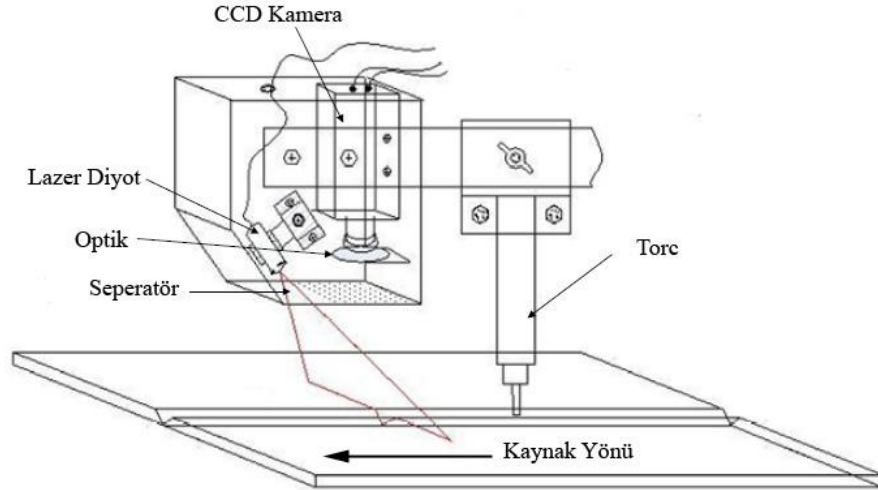
Bu metot parçalar üzerinde kaynak izi olmayan parçaların iz takibi yapılabilmesi için kullanılmaktadır. Eğer metal levhalar mükemmel bir şekilde birbirlerine yanaştırılmışsa ya da iz önceden kaynatılmış ve üzerine kapama gerektiriyorsa bu iz tipi kullanılabilir.

6. SİSTEM TASARIMI VE DENEY ELEMANLARI

6.1. Deney Elemanları

6.1.1. Lazer sensör

Kaynak uygulamalarında, kaynağın düzgün yapılabilmesi için torc ile kaynak izinin belirlenen pozisyonda ilerlemesi gerekmektedir. Kaynak yapılacak malzemenin kayması, profilin eğimli olması veya operatörden kaynaklanan v.b nedenlerden dolayı kaynak izi ve torcun uyumu bozulabilir. Bu bozulma malzemenin fireye dönüşmesine, istenmeyen tamirlara, kalitenin düşmesine ve zaman kaybına neden olmaktadır. Bu istenmeyen durumların oluşumlarını engellemek için lazerli iz takip sistemini geliştirmiştir. Şekil 6.1’de lazer sensörün yapısı görülmektedir.



Şekil 6. 1. Lazer sensör yapısı

Bu çalışmada lazer sensör olarak Şekil 6.2’deki Scancontrol 2700-25 modeli kullanılmıştır. Lazer iz takip sensörünün genel özellikleri Tablo 6.1’de verilmiştir.



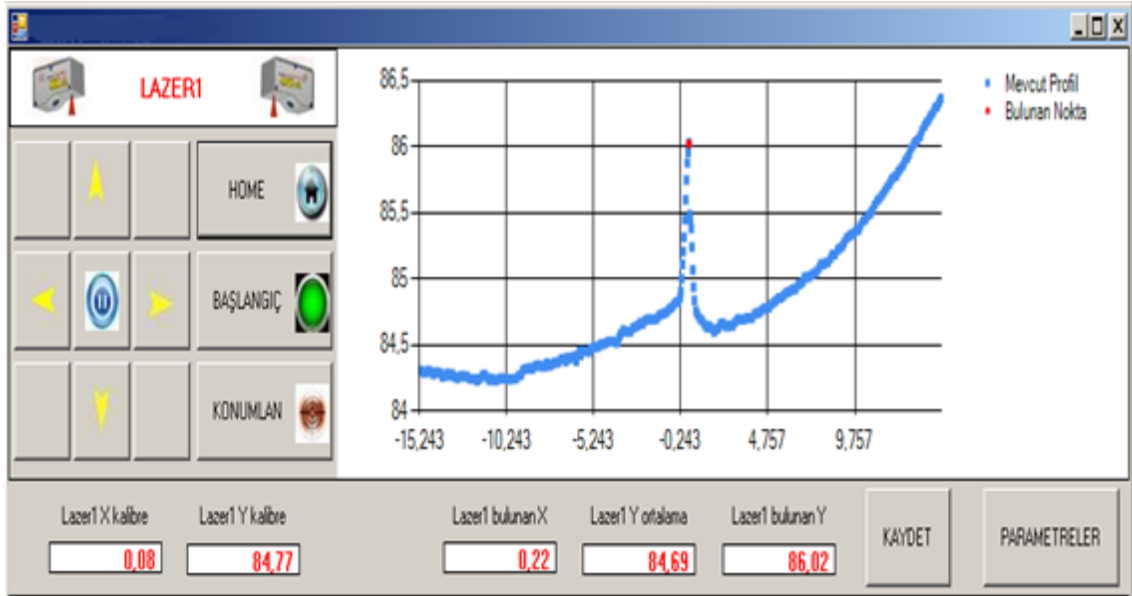
Şekil 6. 2. Scancontrol 2700-25 lazer iz takip sensörü

Tablo 6. 1. Scancontrol 2700-25 lazer iz takip sensörü teknik özellikler

	LLT27x0-25
Z eksen ölçüm aralığı	25 mm
Ölçme başlama aralığı	90 mm
Ölçme bitiş aralığı	115 mm
Genişletilmiş yaklaşık ölçüm aralık başlangıcı	85 mm
Genişletilmiş yaklaşık ölçüm aralık bitişi	125 mm
Orta mesafeli satır uzunluğu, X eksen	25 mm
Doğruluk	$\pm 0.2 \% \text{ FSO } (3 \sigma)$
X eksen çözünürlüğü	640 nokta /profil
Profil frekansı	100 Hz
Işık kaynağı	Yarı iletken lazer, yaklaşık 658 nm, 20 ⁰ 'lik açı
Kablo uzunluğu	Hub olmadan tam veri hızı ile 10 m Hub ve kısıtlamalı olarak 50 m
Koruma sınıfı	IP 64
Çalışma sıcaklığı	0 °C ile +50 °C (+32 °F ile +122 °F)
Çıkış/ Giriş	Firewire veya Ethernet
Güç kaynağı	11 ... 30 VDC, 500 mA
Ağırlık	700 g

Sistem ara yüzünde lazer sensörün hareketleri manüel olarak kontrol edilebilmektedir. Lazer sensör X ekseninde 5 cm ve Y ekseninde 85- 115 mm aralarında okuma yapabilmektedir. Lazer sensörümüzün iki ekseninde hareketleri kızaklara montaj yapılmış iki step motor ve bunlara bağlı step motor sürücüler sayesinde bilgisayar kontrollü sağlanmaktadır. Kızaklarda çalışma mesafesini sınırlayıcı limit sensörler konulmuştur. Bunlar sayesinde kızaklarda herhangi bir sorun çıkmasının önüne geçilmiştir.

Üzerinde çalışılan ve geliştirilmiş olan kaynak iz takip sisteminin ara yüzü aşağıdaki gibi tasarlanmıştır.



Şekil 6. 3. Sistem ara yüzü



Kızakları manüel olarak yukarıya hareket ettirme butonu,



Kızakları manüel olarak aşağıya hareket ettirme butonu,



Kızakları manüel olarak sağa hareket ettirme butonu,



Kızakları manüel olarak sola hareket ettirme butonu,



Başlangıç ve konumlan konutları sırasında herhangi bir olumsuzluk meydana gelmesi durumunda kızakların hareketlerini durdurma butonu,



Kaynak işlemini bitmesi ve iş sırasında meydana gelen bir aksilik durumunda ilk önce Y ekseninde limit sensör daha sonrada X ekseninde limit sensöre gidilmesini sağlayan işlem butonu,



Kaynak yapılacak kaynak izine konumlanma butonudur. Yaklaşık olarak girilen X ve Y eksen değerlerine kızakların hareket ettirilmesini sağlar.



Konumlan komutuyla belirli bir mesafeye gelen X ve Y eksenlerindeki kızakların tam olarak X ekseninde 0, Y ekseninde 80 mm'ye konumlanmasını sağlayan butondur.

Lazer sensörün çalışma aralığını yakalayabilmek için lazer sensörümüz ilk önce manüel olarak belirli bir mesafede çalışma bölgesine hareketlendirilir. Bu hareketleri sistem ara yüzünde görülen sağ, sol, yukarı ve aşağı tuşları ile dokunmatik panel üzerinde yapılabildiği gibi uzaktan kumanda koluyla da yapılabilmektedir. Bu şekilde belirli bir mesafe de yaklaşıldıktan sonra konumlan butonuyla kaynak yapılacak bölgedeki kaynak izine konumlanır. Daha sonra başlangıç butonuna basılarak kaynak izi takibine hazır konumuna getirilir. Kaynak izlemeye hazır hale gelen lazer sensör iş parçasının hareketlenmesi veya bağlı bulunduğu sistemin hareketlenmesiyle kaynak izini takibe başlar. İş parçasından alınan x ve y koordinatları hazırlanan bulanık mantık algoritmalarında işlenerek eksenlerdeki step motorların hareket koordinatlarını düzenler. Bu sayede kaynak izini daha hassas bir şekilde takibinin yapılması sağlandı. İş parçasının hareketlenmesi parçanın bağlı olduğu bir pozisyoner veya rotartör v.b. sistemlerle yapılabilmektedir. Kontrol panelindeki mavi çizgiler lazer sensörün kaynak bölgesinde okuduğu mevcut profili göstermektedir. Şekil 6.3'te kırmızı nokta ise profildeki izlenecek noktayı göstermektedir. Ayrıca sistemimize bağlı bir encoder sayesinde de o dereceye karşılık gelen X ve Y eksenlerindeki verilerimizi de kaydedebilmekte ve gerekirse bu şekilde de offline iz takibi de yapabilmektedir. Bu değerlerin sadece ilk 10^0 'si Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6. 2. Offline lazer iz takip veri örnekleri

Açı	X Yön	X_Step	X_Bulunan	Y_Yön	Y_Step	Y_Avg
1 ⁰	0	0,04	0,08	1	0,0300000000000001	84,05
2 ⁰	0	0,13	0,17	0	0,0100000000000005	84,1
3 ⁰	0	0,13	0,17	1	0,0100000000000005	84,07
4 ⁰	0	0,04	0	0	0,0100000000000005	84,09
5 ⁰	0	0,13	0,17	1	0,0399999999999992	84,04
6 ⁰	0	0,13	0,17	1	0,0499999999999997	84,03
7 ⁰	0	0,26	0,3	1	0,0600000000000002	84,02
8 ⁰	0	0,35	0,39	1	0,0399999999999992	84,04
9 ⁰	0	0,31	0,35	1	0,0399999999999992	84,04
10 ⁰	0	0,21	0,25	1	0,0499999999999997	84,03

Ara yüzümüzde bulunan lazer bulunan X ve Y lazer bulunan gösterge kutuları sayesinde de bulunan profilin takip edilecek profilden ne kadar uzaklıkta olduğu hesaplanmaktadır. Kaynak işleminin bitmesiyle lazer sensörümüz başlangıç (home) pozisyonuna gitmektedir. Bu işlemi yaparken step motorlar ilk önce lazer sensörü Y ekseninde limit sensörü algılayıncaya kadar yukarıya çeker ve lazer sensör algılandıktan sonrada X eksenine bağlı step motor devreye girerek X ekseninde lazer sensörü limit sensörü görünceye kadar hareket ettirir.

6.1.2. Mekanik(Temash) sensör

Mekanik sensör Şekil 6.4'te gösterilmiştir. Kaynak izi içinde kayan bir mekanik prob sayesinde aksenal yönlerdeki değişmelere karşılık elektrik voltaj üreterek, kızaklara montajlanan kaynak torcunun kaynak bölgesindeki değişmelere göre kaynak torcunu konumlanmasını sağlar.

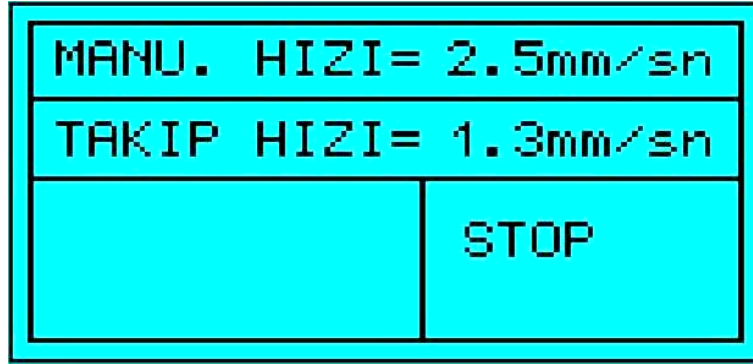
Mekanik sensörlü sistemde, mekanik sensör kaynak torcunun 4-5 cm önüne montajı yapılır. Bu mekanik sensör sistemde gecikme uygulanamayacağından bu sistemi genellikle fazla aksenal değişikliği olmayan parçalarda uygulanabilir.

Sistem iki eksenden oluşan bir taşıyıcı, mekanik sensör tutucusu, kontrol ünitesi ve bu kontrol ünitesinin içerisinde bulunan bir adet güç kaynağı ve iki adet step motor

sürücüsünden meydana gelmektedir. Sistemin ekran görüntüsü Şekil 6.5'te görülmektedir.



Şekil 6. 4. Mekanik sensör



Şekil 6. 5. Mekanik sensör ekran görüntüsü

Sistem aksenal değişimler sırasında mekanik sensörde meydana gelen potansiyel değişimler metoduyla çalışır. Mekanik sensör belirli bir mesafeye kadar manüel olarak iş parçasına yaklaştırılır. Daha sonra on tuşuna basılır ve sistem aşağıya doğru hareket eder. Mekanik sensörde herhangi bir potansiyel değişim oluncaya kadar bu hareket devam eder. Değişim meydana geldiğinde sistem durur. Bu durulan yer sıfır noktasıdır.

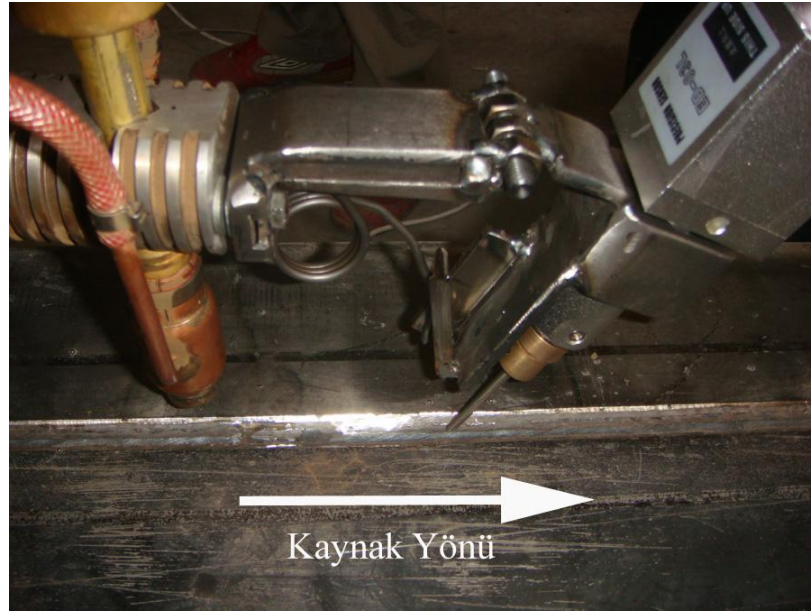
Sensörün Y eksen konumlanmasında iki kademesi vardır. Bu kademelerden ilki sıfır pozisyonudur. Yani takip işlemi başlatıldığında aksenal hiçbir hareketin olmadığı konumdur. İkinci kademesi ise bu sıfır pozisyonunda farklı olduğu konumlardır. Eğer iş parçasında -Y yönünde bir değişme olursa step motorlar hemen sensörden aldıkları veri ile aşağıya hareket ederek mekanik sensörü sıfır pozisyonuna getirir. İş parçasında +Y yönünde değişme olursa step motorlar gelen veri sayesinde hareket ederek mekanik

sensörü yeniden sıfır pozisyonuna getirirler. Sıfır noktamızı ayarladıktan sonra iş parçamıza hareket verilerek iz takibinin yapılması sağlanır. Diğer kaynak parametreleri operatör tarafından ayarlanır.

Mekanik sensörün X ekseninde bir kademesi vardır oda sıfır pozisyonudur. Gelen verilere göre step motorlara +X veya -X yönünde hareket vererek mekanik sensörü her zaman sıfır pozisyonunda tutmaya çalışırlar.

Mekanik sensör tutucusunun içerisinde koruma amaçlı bir yay bulunmaktadır. Bu yay sayesinde kaynak izi bölgelerinde bulunan punta noktalarındaki aşırı yüklenme önlenerek mekanik sensör üzerindeki yük azaltılmış olur.

Aynı zamanda mekanik problarda punta veya ani çıkıntılara denk geldiğinde probun kırılmaması için özel bir düzenek hazırlanmaktadır. Şekil 6.6'da bu çalışma için tasarlanmış düzenek görülmektedir.



Şekil 6. 6. Hazırlanan mekanik sistem

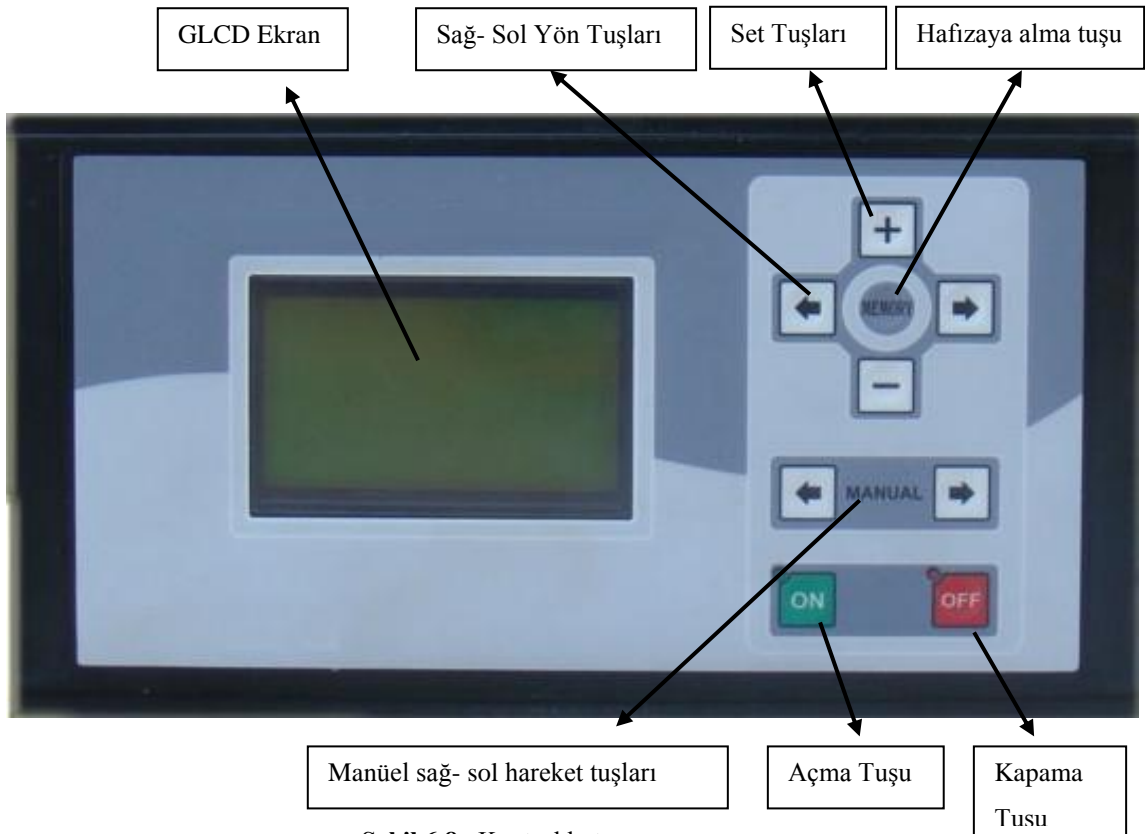
Aynı zamanda mekanik tasarımlı sensörlerde farklı boşluk şekillerinde farklı uç tiplerini gerektirirler. Şekil 6.7'de bu uç tipleri görülmektedir. Problar deforme olmalarının yanında bir de aşınırlar. Punta kaynakları mekanik tasarımlı sensörlerin ortak kullanımını imkânsız yapar. Mekanik sensörler yüksek hız kaynakları için kullanılmazlar.



Şekil 6.7. a) mekanik sensör uçları b) bağlantı aparatları

Bu tip sensörler kaplama, köşe, alın kaynağında ve diğer farklı firmaların benzer kaynak yöntemlerinde kullanılabilir. Bu probun mantar tipli, Y tipli ve silindir v.b. tipleri vardır. Farklı iş parçalarında kullanılırlar.

Mekanik sensörün kontrol kutusu ve üzerinde ki butonların ne işe yaradıkları Şekil 6.8’de gösterilmektedir.



Şekil 6.8. Kontrol kutusu ön görünüşü



İmleci sağa doğru değiştirilmek istenilen fonksiyonun üzerine getirilmesini sağlar.



İmleci sola doğru değiştirilmek istenilen fonksiyonun üzerine getirilmesini sağlar.



İmlecin üzerinde olduğu fonksiyonun değerinin arttırılmasını sağlar.



İmlecin üzerinde olduğu fonksiyonun değerinin azaltılmasını sağlar.



Memory (hafızaya alma tuşu) ise ayarların hafızaya alınmasını sağlar. Ayar menüsüne girişi sağlar.



Manüel olarak kızakların hareket ettirilmesini sağlar.



Cihazın açılmasını sağlar.



Çalışan programının sonlandırılıp kapanmasını sağlar.

6.2. Kaynak ekipmanları

6.2.1. Tel sürme ünitesi

Tel elektrot sürme tertibatı Şekil 6.9'da gösterilmektedir. Teli makaradan alarak önceden saptanmış bir hızla ark bölgesine gönderen mekanizmadır. Çalışma sistemlerine göre çekme, itme ve hem çekme hem itme türü tertibatlar diye ayrılmasına karşılık prensip olarak çalışma bakımından birbirlerinden pek farkları yoktur. Hız ayarı gerilimi değiştirerek hızı ayarlanan bir doğru akım motoru tarafından gerçekleştirilmektedir.

Makaradan alınan kaynak teli doğrultma makaralarını geçerek doğrultulduktan sonra sürücü makara gelir. Bu makaralar üzerlerine telin cinsine ve boyutuna uygun

kanallar açılmıştır. Kullanılan elektrodun sert olması halinde makaraların üzerine tırtıl çekilmesi de mümkündür.



Şekil 6. 9. Deneyde kullanılan tel sürme ünitesi

Makaralar sürücü üniteye bağlı olmak üzere bir tanesi motor tahrikli ve diğeri de avara olarak bir veya iki çift makaradan oluşur. Bu makaralardan avara motor tahrikli olan makara üzerine yaylı bir mekanizmayla baskı uygulayarak kaynak elektrodunun kesintisiz ve sabit bir hızla, tahrikli makara üzerinde kaymadan kaynak yerine iletilmesini sağlar.

6.2.2. Akım üretici

MIG-MAG kaynağında kullanılan akım üreteçleri elektrik ark kaynağı ve TIG kaynağı akım üreteçlerinden farklı bir akım-gerilim diyagramına sahiptirler. Bu tip makineler yatay karakteristiktir. Gerilim düşümü kaynak akımından hemen hemen bağımsızdır. Bu tip makinelerde her 100 amper kaynak akımı artışı için 2-5 voltluk bir gerilim düşümü görülür. Sabit gerilimli olarak bilinen bu tip akım üreteçlerinin kullanıldığı makinelerde telin yanma hızını belirleyen kaynak akımı parçaya göre sürekli ayarlanır. Kaynak teli kaynak akımına göre hızı otomatik olarak ayarlayan bir motor yardımıyla sürülür (Gültekin 1991).

Sistem karmaşık bir kontrol devresine ihtiyaç duymadan kendi kendini ayarlayacak şekilde tasarlanmıştır. Söyle ki, tel hızı arttırıldığında kaynak akımı da orantılı olarak artar. Tel hızı düşürüldüğünde de kaynak hızı otomatik olarak azalır.

Akım üreticinin seçiminde üreticinin akım kapasitesi oldukça önemli rol oynar. Kullanılacak akım üreticinin gücü belli bir boşta çalışma oranında üreticinin verebildiği maksimum kaynak akımıyla belirtilir. Örneğin %60 devrede kalma oranında 300 amper kapasiteli bir makine, 10 dakikalık çalışma süresinin 6 dakikası süresince 300 amper kaynak akımıyla robota kaynak yaptırabilir. Burada önemli olan husus kaynak robotlarında pozisyonlama ve benzeri boşta çalışma süreleri elde yapılan gaz altı kaynağına göre daha az olduğu için, robotik ark kaynağı uygulamalarında daha yüksek akım üreticilerinin kullanılması zorunludur. Deneylerde kullanılan akım üretici Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Deneyde kullanılan akım üretici

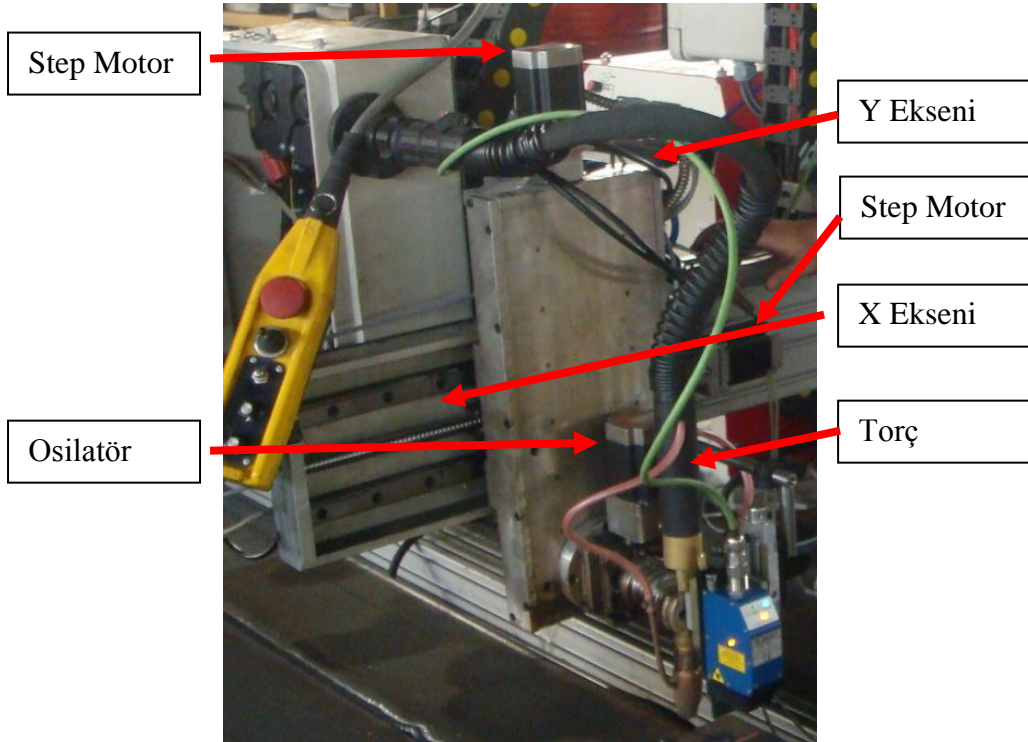
6.2.3. Kolon- boom sistemi

Yapılan çalışmada Şekil 6.11'de 3×3 m boyutlarındaki Kolon- boom sistemi imal edilmiştir. Bu sistemin üzerine yerleştirilen kaynak makinesi sistemle birlikte hareket etmektedir. Boom'un ucuna yerleştirilen 30×30 cm boyutunda 2 eksenli kızaklara kaynak torcu montajlanmıştır. Bu kolon-boom sistemimiz 30×30 cm'lik kızaklardan bağımsız olarak aşağı-yukarı, sağa-sola hareket edebilmektedir. Kolon-boom sisteminin hareketleri el kumandası üzerinden hızları değiştirilerek yapılmaktadır.

Kızak sisteminin hareketleri bilgisayar üzerinden manüel olarak yapıldığı gibi sistem çalıştığında bu hareketler kaynak izi takip sensörünün okuma hassasiyeti aralığında almış olduğu verilere göre otomatik olarak algılar ve konumlanır. Şekil 6.12'de 30×30'luk kızakların resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.11. Kolon –boom sistemi



Şekil 6.12. 30×30 Taşıyıcı (slider)

6.2.3.1. Step motor özellikleri

Genel olarak Step Motorlar, dijitalden anloğa çevrilme, hız ve pozisyon kontrol amaçlarına yönelik olarak kullanılmaktadır. Genellikle lineer hareket hassas mil kontrolü gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu motorların temeli 1935 senelerinde atılmış olup, günümüzde bilgisayar disketlerinin yazılıp okunmasındaki sistemlerde, bilgisayar yardımcı devrelerinde, yazıcı, çizici ve bazı robotların milimetrik hareket kontrollerinde geniş bir uygulama alanı vardır.

Özellikleri;

1. Step motorun dönüş hızı belirli bir zaman içinde, girişlerine gelen palsların darbe sayısı ile doğru orantılıdır.
2. Adımlardaki hata sayısı çok düşüktür. Bir adımdaki hata kendinden sonra gelen hatayı etkilemez.
3. Harekete geçmeye, durmaya ya da ters dönmeye hızlı yanıt verebilir.
4. Darbe sinyallerinin frekansı ile orantılı olarak, geniş bir dönme hızı bölgesine sahiptir.
5. Dijital kontrol edebilme özelliği nedeniyle bilgisayar kontrolüne çok yatkındır. Bu iyi özelliklerinin yanı sıra, Step motorlarda bazı sorunlarla da karşılaşılır.
 1. Yüksek frekanslarda adım atlama.
 2. Diğer motorlara kıyasla daha karmaşık bir devreye ihtiyaç göstermesi.
 3. Düşük verim.
 4. Sabit adım açısı.
 5. Diğer motorlara kıyasla daha düşük bir tork.

Bir elektrik motoruna enerji verildiği zaman rotoru sürekli olarak döner. Şayet motora uygulanan enerji kesilirse dönme olayı son bulur. Hâlbuki step motorlarda, rotorun dönmesi girişe uygulanan pals adedine göre değişir. Girişe bir tek pals verildiğinde, rotor tek bir adım hareket eder ve durur. Daha fazla pals uygulanırsa, pals adedi kadar adım hareket eder. Rotorun dönme miktarı step motorun yapısına göre belli bir açı ile sınırlanmıştır. Örneğin bir palste 15 derece dönen bir motorumuz olsun. Motora ilk palsin uygulanmasıyla Rotor 15 derecelik bir dönme yapar ve durur. Rotorun 15 derece daha dönmesi için ikinci bir pulse ihtiyacı vardır. Palslerin art arda verilmesi halinde rotor devamlı döner. Motorun mili rotorun ortasına bağlıdır. Rotor dönünce milde döner. Milin hareketi bilgisayarda istediğimiz işin yapılmasını sağlar.

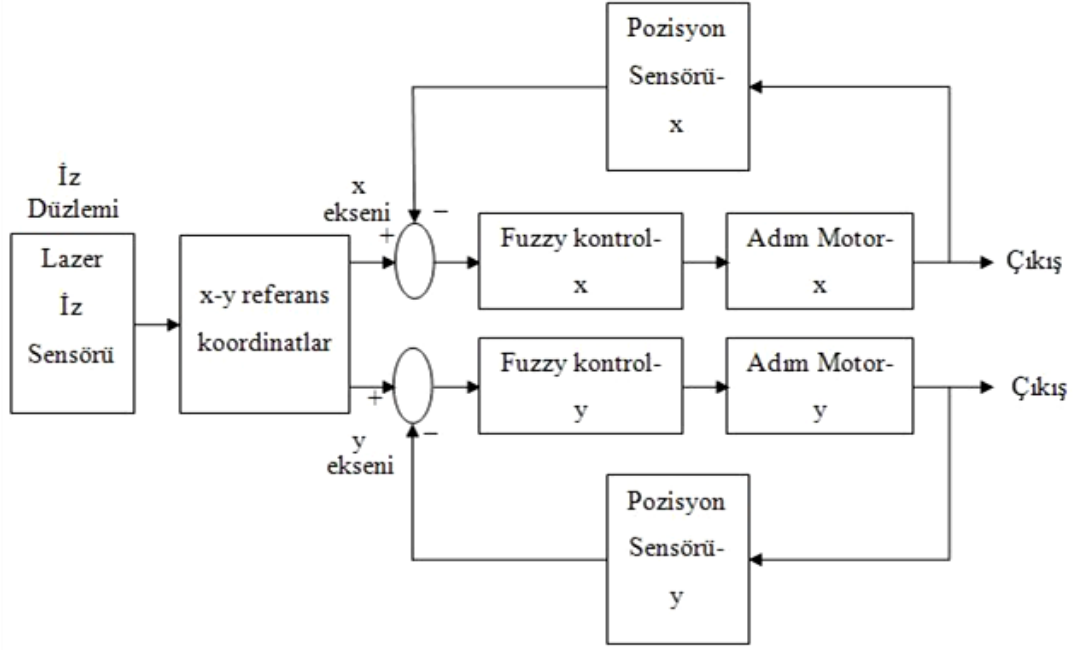
Kullanılan step motor özellikleri Tablo 6.3’de verilmiştir.

Tablo 6.3. Step motor özellikleri

MODEL	A16K –M569
MAX. TUTMA TORKU	1.66 N.m
ROTOR EYLEMSİZLİK MOMENTİ	560 g. cm ²
AKIM ORANI	1.4 A/ FAZ
TEMEL ADIM AÇISI	0,72 ⁰ / 0,36 ⁰ (FULL/YARIM ADIM)
UYARI VOLTAJ ORANI	24 VDC
UYARI AKIM ORANI	0.33 A
STATİK SÜRTÜNME TORKU	4kgf. cm

6.3.1. Çalışmada kullanılan bulanık mantık kontrol algoritması

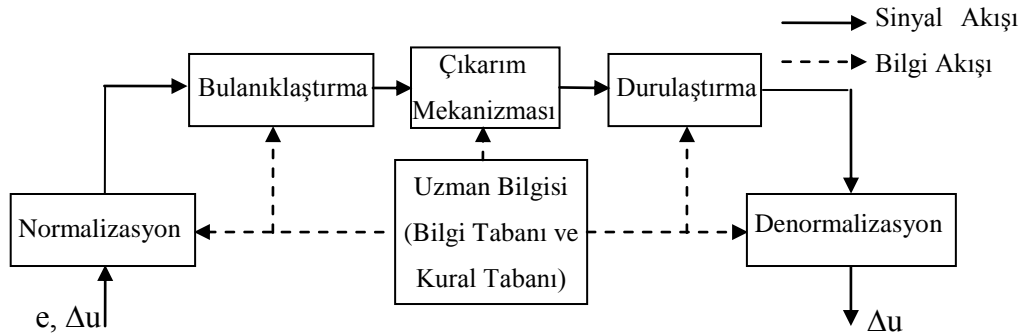
Gerçekleştirilen kaynak izi takip sisteminin kontrol blok şeması Şekil 6.13’teki gibidir. Sistemde ilk olarak, lazer iz sensörü ile torcun takip edeceği izin düzlemdeki çizgisi $f(x,y)$ olarak belirlenmektedir. Daha sonra, düzlemsel $f(x,y)$ iz bilgisinden, x ve y eksenlerinde hareketi sağlayan x ve y adım motorları için, referans koordinatlar ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Daha sonra her bir motor pozisyonu ölçülerek geri besleme alınmaktadır. Referans koordinatlar ile geri besleme ile elde edilen bilgiler kıyaslanarak hata x ve y şeklinde Fuzzy Kontrol-x ve Fuzzy Kontrol-y denetleyicilerine uygulanmaktadır. Denetleyiciler hataları sıfırlayacak biçimde x ve y adım motorlarına kontrol sinyali üretmektedir. Kontrol sinyalleri x ve y adım motorlarını hareket ettirerek torcun kaynak koordinatına yerleşmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.13. Fuzzy kontrol denetleyicisi

Aşağıda Şekil 6.14'te, çalışmada kullanılan Fuzzy Kontrol-x ve Fuzzy Kontrol-y denetleyicilerin her ikisi içinde kullanılan temel denetleyici yapısı görülmektedir. Fuzzy Kontrol-x ve Fuzzy Kontrol-y yapıları birbirlerinin eşleniği ve aşağıdaki gibidir. Şekilde görüldüğü gibi, bulanık denetleyiciler beş kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Giriş değerinin normalize edilmesi,
- Normalize edilen giriş değerinin bulanıklaştırılması,
- Kural tabanına göre çıkarım mekanizmasının çalıştırılması,
- Çıkış değerlerinin durulaştırılması,
- Çıkışın ters yönde normalize edilmesidir.



Şekil 6.14. Bulanık denetleyicinin temel yapısı

Şekil 6.14'te verilen Normalizasyon ve Denormalizasyon işlemleri, birer lineer ölçekleme işlemidir. Fuzzy Kontrol sistemlerinde ya doğrudan kullanılır ya da üyelik fonksiyonlarının içine gömülür. Doğrudan kullanımı, tasarım işleminde kolaylık sağlamaktadır.

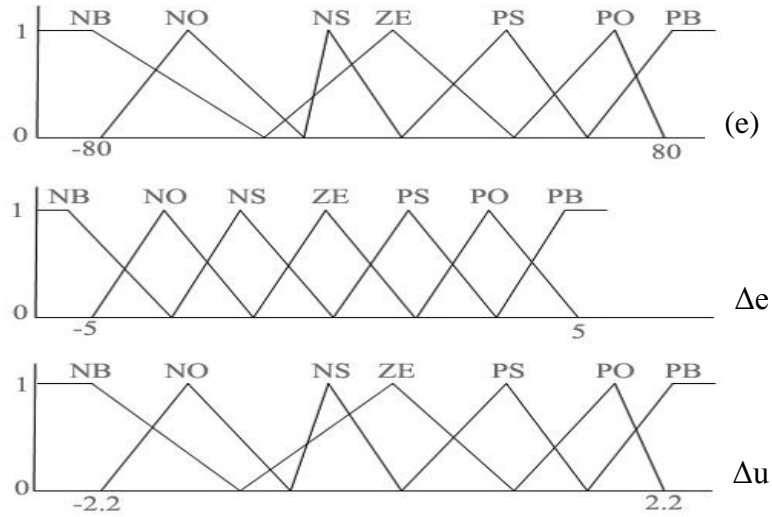
Kontrol sistemlerinde hata ve hata değişiminin giriş olarak kullanılması sık kullanılan bir yaklaşımdır. Bu çalışmada da her bir denetleyici için hata (e) ve hata değişimi (Δe) giriş olarak kullanılmıştır. Çalışmada hata değerleri, her bir denetleyici için referans girişlerden geri besleme değeri çıkartılarak elde edilmiştir. Buna göre hata değerleri; e_x ifadesi denetleyici-x için hata girişi, r_x ifadesi x ekseni için referans giriş, s_x ifadesi ise motor-x için gerçek çıkış konumu olmak üzere ve benzer şekilde e_y ifadesi denetleyici-y için hata girişi, r_y ifadesi y ekseni için referans giriş, s_y ifadesi ise motor-y için gerçek çıkış konumu olmak üzere aşağıda denklem 1'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} e_x(k) &= r_x(k) - s_x(k) \\ e_y(k) &= r_y(k) - s_y(k) \end{aligned} \quad (1)$$

Her iki denetleyici için hata değişimleri Δe_x ifadesi denetleyici-x için hata değişimi ve Δe_y ifadesi ise denetleyici-y için hata değişimi olmak üzere, şu anki hata değerinden bir önceki hata değeri çıkartılarak denklem 2'de verildiği gibi elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta e_x(k) &= e_x(k) - e_x(k-1) \\ \Delta e_y(k) &= e_y(k) - e_y(k-1) \end{aligned} \quad (2)$$

Denklemlerde verilen k ifadesi zamana karşılık örnek değeridir. Hesaplanarak denetleyici girişlerine uygulanan hata ve hata değişim değerleri, bulanık denetleyiciler içinde dilsel tanımlamalarla bulanıklaştırılmalıdır. Bunun için çalışmada, PB-pozitif büyük, PO- pozitif orta, PS-pozitif küçük, ZE-sıfır, NS-negatif küçük, NO- negatif orta, NB-negatif büyük şeklinde dilsel terimler tanımlanmıştır. Bu dilsel tanımlamaları kullanarak her iki denetleyici için giriş ve çıkışların bulanıklaştırılması ve durulaştırılması işlemlerinde kullanılmak üzere aşağıdaki Şekil 6.15'te görüldüğü gibi üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır.



Şekil 6.15. Giriş (e, Δe) ve Çıkış (Δu) İçin Üyelik Fonksiyonları

Şekil 6.15'te verilen üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırılan değerler, aşağıda Tablo 6.4 ile verilen kural tabanı kullanılarak,

Eğer Hata (e) değeri **PB** **and** Hata değişimi (Δe) değeri **NB** **ise** Çıkış (Δu) değeri **PS** olsun, şeklinde, dilsel tanımlamalar yapılır. Tablodan görüldüğü gibi, hata ve hata değişimleri için 7'şer adet dilsel değişken tanımlandığı için $7 \times 7 = 49$ adet dilsel tanımlama yapılmalıdır. Bu tanımlamalar kullanılarak bulanık çıkarım işlemi gerçekleştirilir.

Tablo 6.4. Bulanık mantık kural tabanı

Çıkış (Δu)		Hata Değişimi (Δe)						
		NB	NO	NS	ZE	PS	PO	PB
		1	2	3	4	5	6	7
Hata (e)	NB (1)	PB	PB	PO	PO	PS	PS	ZE
	NO (2)	PB	PO	PO	PS	PS	ZE	NS
	NS (3)	PO	PS	PS	PS	ZE	NS	NS
	ZE (4)	PO	PS	PS	ZE	NS	NS	NO
	PS (5)	PS	ZE	ZE	NS	NS	NO	NO
	PO (6)	PS	NS	NS	NS	NO	NO	NB
	PB (7)	ZE	NS	NS	NO	NO	NB	NB

Her iki bulanık denetleyici çıkışında kontrol sinyallerini elde etmek için, bulanık çıkarım işlemleri sonucunda elde edilen bulanık değerler, başlangıçta yapılan bulanıklaştırma işleminin tersine durulaştırma işlemine tabi tutulurlar. Bu çalışmada her

iki denetleyici için durulaştırma işlemi, aşağıda denklem 3 ile verilen ağırlık merkezi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

$$\Delta u = \frac{\sum_i \mu(x_i) x_i}{\sum_i \mu(x_i)} \quad (3)$$

Burada elde edilen değerler, kontrol sinyalleri (u_x , u_y)'nin elde edilebilmesi için, $u = u + \Delta u$ olarak her örnekleme periyodunda hesaplanmaktadır.

Program kodları Ek-1'de liste halinde verilmiştir.

6.3.2. Programlanabilir arabirim denetleyicisi (PIC18F452)

Bu çalışmada 18F452 mikro denetleyici kullanıldı. PIC olarak 18F452 kullandığım için bu denetleyicinin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz;

- Yüksek hızlı RISC'e sahiptir
- 75 adet komut mevcuttur;
- Tüm komutlar 1 saykıl çeker
- 40 Mhz'ye kadar işlemci hızına sahiptir
- 32Kbyte flash hafıza
- 256 byte eeprom bellek
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT)
- Watchdog Timer (WDT)
- 10 bit analog/dijital çevirici
- Programlanabilen kod koruma
- Enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu
- Tamamen statik dizayn
- Devre üzerinde seri programlama
- 5 V'luk kaynak ile çalışma
- Düşük güç harcama
- < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
- 20 mA typical @ 3V, 32 kHz
- < 1 mA typical standby

Şekil 6.16'da 18F452'nin pin bağlantıları verilmiştir. Bu bağlantıları kısaca açıklarsak; Denetleyici toplam 5 porttan meydana gelmektedir. Bunlar A, B, C, D ve E portlarıdır. Bütün portlar dijital giriş/çıkış olarak kullanılabilir.

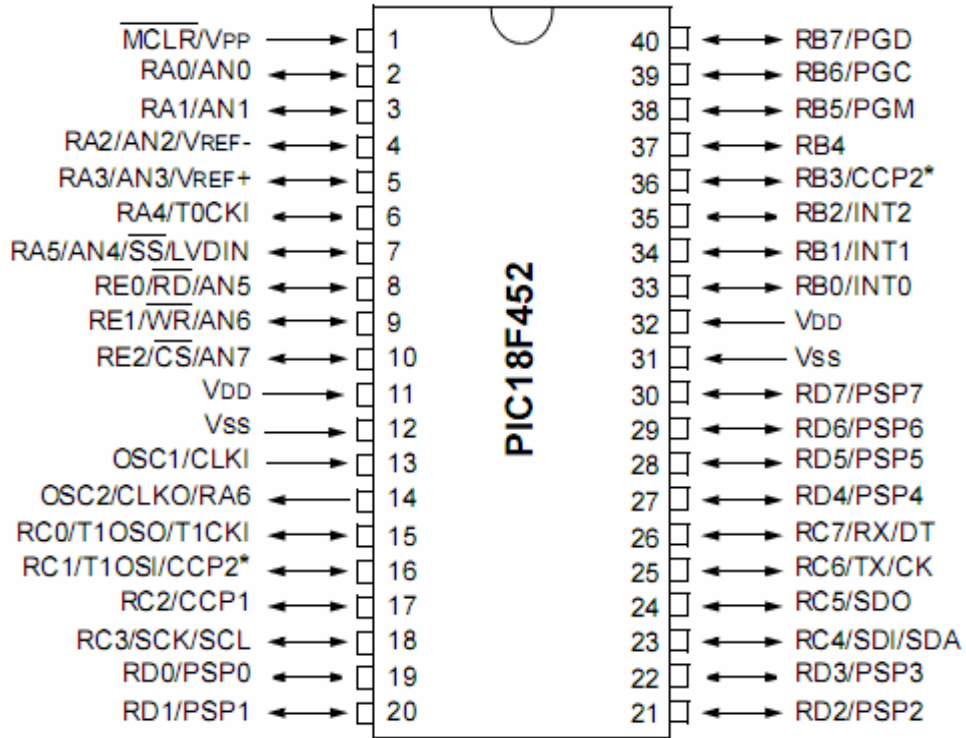
A portu 6 giriş/çıkışa sahiptir ve dijital giriş çıkış olarak kullanılabilir.

B portu 8 giriş/çıkışa sahiptir. Bu portun 0,1,2,3,4 nolu pinleri harici kesme girişi olarak kullanılabilir.

C portu 8 giriş/çıkışa sahiptir. Pwm, capture/compare, spi ve bilgisayar ile seri iletişim kurma gibi işlevleri vardır.

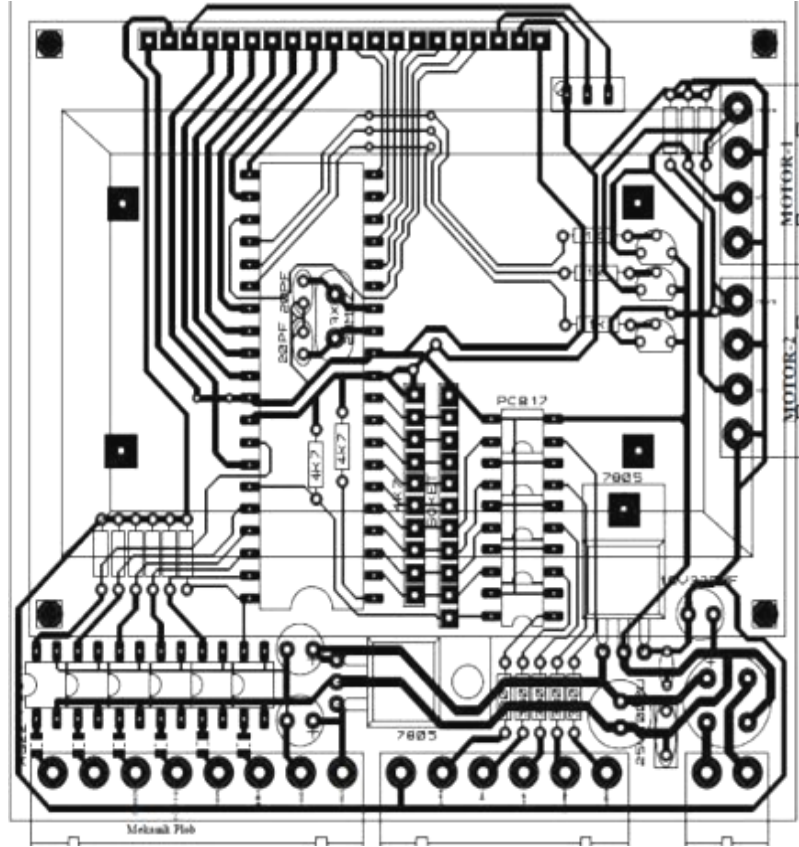
D portu 8 giriş/çıkışa sahiptir. Paralel slave port ile mikroişlemci portu olarak kullanılabilir.

E portu 3 giriş/çıkışa sahiptir. Analog/dijital çevirici olarak kullanılabilir.



Şekil 6.16. 18F452 pin yapısı

Şekil 6.17’de mekanik sensörün kontrolünde kullanılan PIC18F452’nin de yer aldığı kontrol kartının devre şemasıdır.



Şekil 6.17. PIC kontrol kartı

7. MATERYAL VE MOTOD

Yapılan bu tez çalışmasında kaynağın düzgün yapılabilmesi, torc ile kaynak ağzının belirlenen pozisyonda ilerlemesi sağlamak için bulanık mantık kontrollü lazer sensörlü iz takip sistemi geliştirilmiş ve imalatı yapılmıştır. Ayrıca kaynak proseslerinin yapılabilmesi için kolon- boom sisteminin tasarımı yapılarak imal edilmiştir. Kaynak izi takibinde özellikle doğrusal olmayan kaynak izi takiplerinde günümüzde bazı zorluklar oluşmaktadır. Aynı zamanda kaynak iz takibinin yeterli olmaması ve kaynak ağzının standartlara göre açılmamış olması durumunda kaynak kusurları oluşmaktadır. Özellikle yüksek basınçlı kaplarda sızdırmazlık ve hatalara beklenmeyen zamanlarda işletme esnasında meydana gelir.

Bu çalışma çerçevesinde özellikle kaynak izinin lazer sensör ile iz takibini sağlamak için bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Yapılan ön çalışmada Konya Sanayisinde Seykom Metal Makine San. ve Tic. Ltd. Şti. şirketi ile anlaşma yapılarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığı destekleri kapsamında SAN-TEZ projesi olarak kabul edilmiş ve onaylanmıştır.

Yapılan deneylerde kaynak makinesi olarak Lincoln Cool Arc TM 25 kullanılmıştır. Kaynak parametreleri; tel kalınlığı 1,2 mm, kaynak gazı olarak ArCO₂, torc yüksekliği cm ve tel sürme hızımızda 8,07 mm/s olarak ayarlanmıştır.

Kaynak prosesleri için AISI 1040 çelik malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin kimyasal Tablo 7.1'de ve mekanik özellikleri de Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.1. AISI 1040 çelik malzemenin kimyasal bileşimi (%)

Karbon (C)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)
0.37-0.40	0.60	0.04	0.05

Tablo 7.2. AISI 1040 çelik malzemenin mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Kesme Mukavemeti (MPa)	Elastiklik Modülü (MPa)	Yüzde Uzama (%)	Sertlik (HB)
600	361	410	190-210	25	190

Kullanılan sistemde deneysel çalışmalar 3 değişik kaynak izi takibinde uygulanarak yapılmıştır. Bunlar;

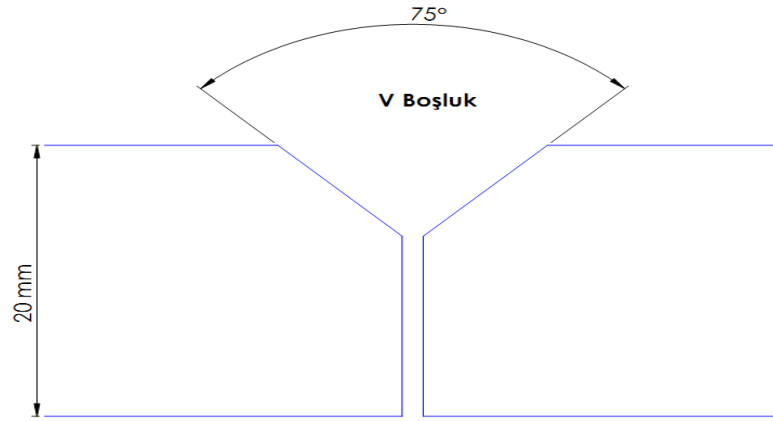
1. X düzlemine göre sağa ve sola açılı olan doğrusal kaynak iz takibi
2. Doğrusal olmayan radüslü kaynak iz takibi
3. Doğrusal kaynak iz takibi

3 farklı kaynak yönünde kaynak izi takipleri yapılarak bulanık mantık kontrollü, kontrolsüz ve mekanik prob ile yapılan kaynaklar mukayese edilmiştir.

7.1. Deneysel Çalışmalar

7.1.1. X düzlemine göre sağa ve sola açılı olan doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi

Bu çalışmada, 43×18 cm ölçülerinde AISI 1040 malzemeye standartlara uygun kaynak ağzı açma makinesi olan Alfra Kfk-1300 ile açılmıştır. Kaynak ağzı ve kaynak edilecek parça Şekil 7.1'de görülmektedir.



(a)



(b)

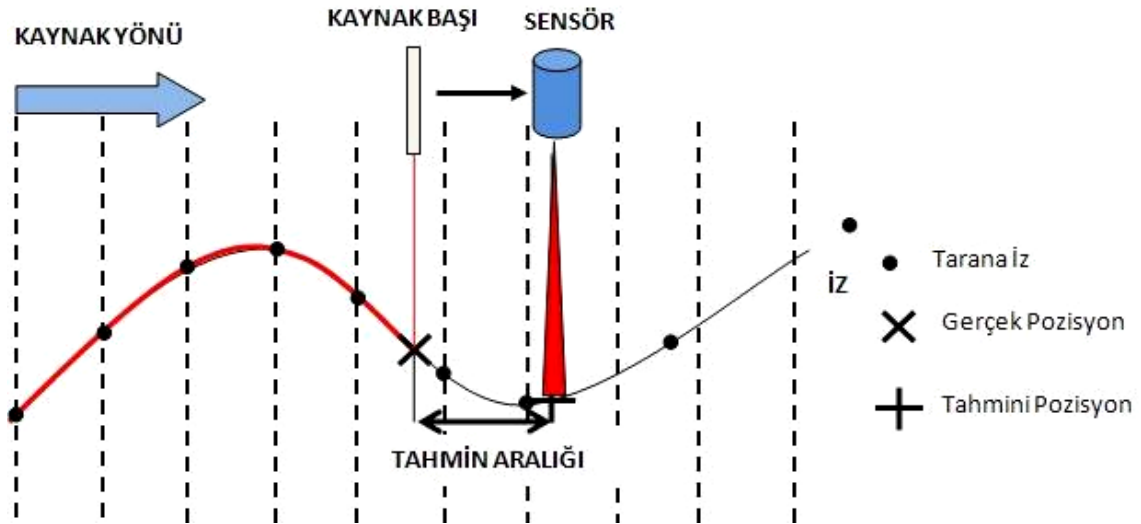
Şekil 7.1. Deney numunesi a) kaynak ağzı b) kaynak yapılacak parça(ölçek 1:3)

Kaynak yapılan parçalar kolon-boom yatay eksenine 15° açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Sistemde kullanılan lazer iz takip sensörünün okuma aralığı 8-15 cm olduğundan, operatör tarafından kaynağın ilk başlama konumu için parçadan 15 cm yüksekliğe kadar manüel olarak getirilir. Bu konuma getirilen lazer sensör hazırlana



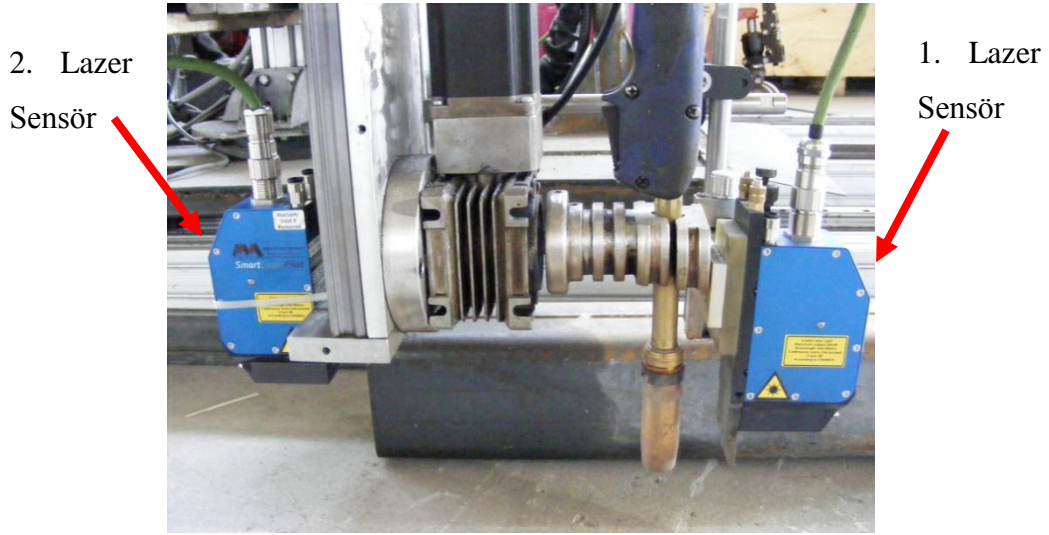
bilgisayar programı yardımı ile konutuna basılarak lazer sensör kaynak bölgesini tarayarak kaynak izi başlangıç noktasına konumlandırılır. Lazer iz takip sensörü parçanın uç noktasında olacağından kaynak torcu parçanın dışında kalmaktadır. Belirlenen gecikme süresince kaynak prosesi geç uygulanır.

Lazer sensörlü sistemde kaynak torcu ile lazer sensör arasında ki mesafeden dolayı sistemde iz takip gecikmesi uygulanmaktadır. Bu gecikmenin tahmini modellenmesi de Şekil 7.2'de gösterilmektedir.



Şekil 7. 2. Sistem gecikmesi tahmini modeli

Lazer iz takip sensörü kaynak izini belirlediği esnada izleyeceği kaynak ağzı verilerini data olarak almaktadır. Şekil 7.3'te görüldü gibi sisteme ikinci bir sensör dahil edilmiştir. 1. Sensör yardımı ile kaynak önce kaynak ağzı verileri, 2. Sensör yardımı ile kaynak yaptıktan sonra kaynak izinin her iki bitiş kıyılarını belirleyerek bu verileri data olarak kaydetmektedir. Bu sensörlerden alınan veriler sayesinde kaynak torcunun kaynak ağzını ortalayıp ortalamadığını kaynak öncesi ve sonrası data verileri kaynak bölgesi üzerinde karşılaştırılarak belirlenmektedir. Bu karşılaştırma parçaları ve data verileri aynı oranda küçültme yapılarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 7.3. Sistemde kullanılan lazer iz takip sensörleri

Kaynak iz takibinde kullanılan lazer iz takip sensörü kolon-boom sistemi yatayda hareket ederek kaynak iz bölgesini tanımlar. Bu tanımlamayı bulanık mantık kontrol algoritması kullanarak yapmaktadır. Hazırlanan bulanık mantık kural tabanı yapılan kaynak prosesini tanımlamaktadır. Yapılan mantıksal çıkarımlar Ek- 1’de verilmiştir. Kaynak iz takibinde X ve Y koordinatlarındaki değişimler bulanık mantık kontrol algoritması sayesinde tahmin edilmektedir. Bu hız değişim yönleri veya açısal değişimler ani olmadığında X ve Y yönlerindeki hareketleri sağlayan step motorlarının hızları sabit olmaktadır. Eğer kaynak izi değişimleri ani olarak değiştiği zaman bulanık mantık algoritması hata değişim miktarının yardımı ile step motorlara sinyal göndererek hızlarını değiştirir. Bu sayede kayna torcunun takibi kaynak izi ile aynı konumda olmaktadır.

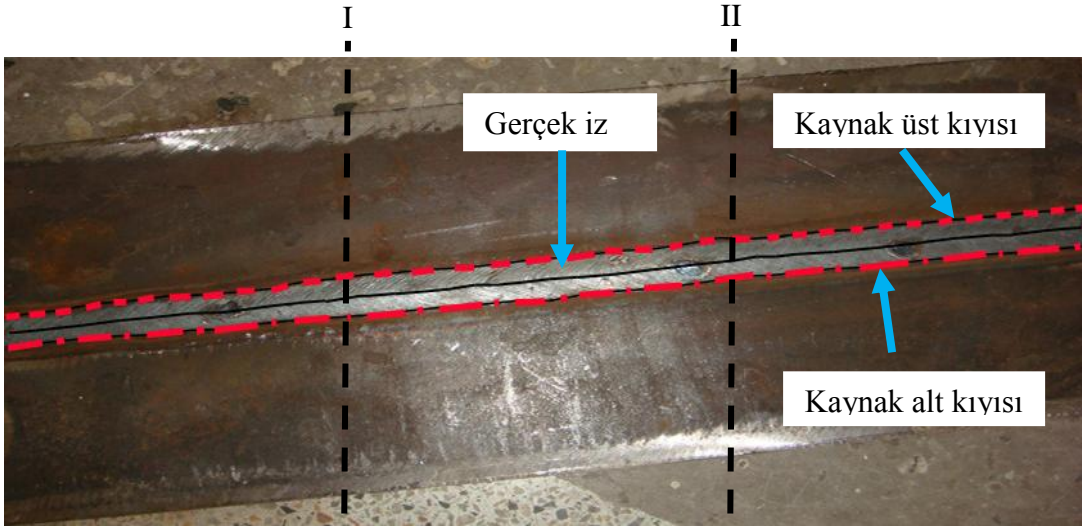
Şekil 7.4’te görülen lazer iz takip sistemi sağa açılı bulanık mantık algoritması yardımıyla kaynak izi parametrelerini alarak X ve Y koordinatlarında ki değerlerini sistemde ki X ve Y motorlarına konumlanma noktalarına göre Δe farkları kadar X ve Y noktalarına hareket ettirir. Bu şekilde çok olan değişimler bile sistem otomatik olarak algılar. Şekilde görüldüğü gibi kaynak öncesi parça ile lazer iz takip sensöründen alınan veriler karşılaştırılarak herhangi bir sorun görülmemiştir. Şekil 7.5’te bu deney numunesinin kaynak öncesi ve kaynak sonrasında alınan verilerinin grafiği gösterilmektedir.

Bununla birlikte Şekil 7.4 (b)’de görülen I ve II belirlene yerlerden şerit testere ile kesilerek alından kaynak bölgeleri incelenmiştir. Kesilen bu kaynak numunelerinin

kaynak izleri belirginleştirmek için alın bölgeleri taşlanmıştır. Daha sonra taşlanan bölgelere saf alkol dökülerek kaynak izleri daha belirgin hale getirilmiştir. Şekil 7.6'da bu sistemde yapılan kaynağın ITAB bölgelerinde kaynak ağzını ortaladığı görülmüştür.

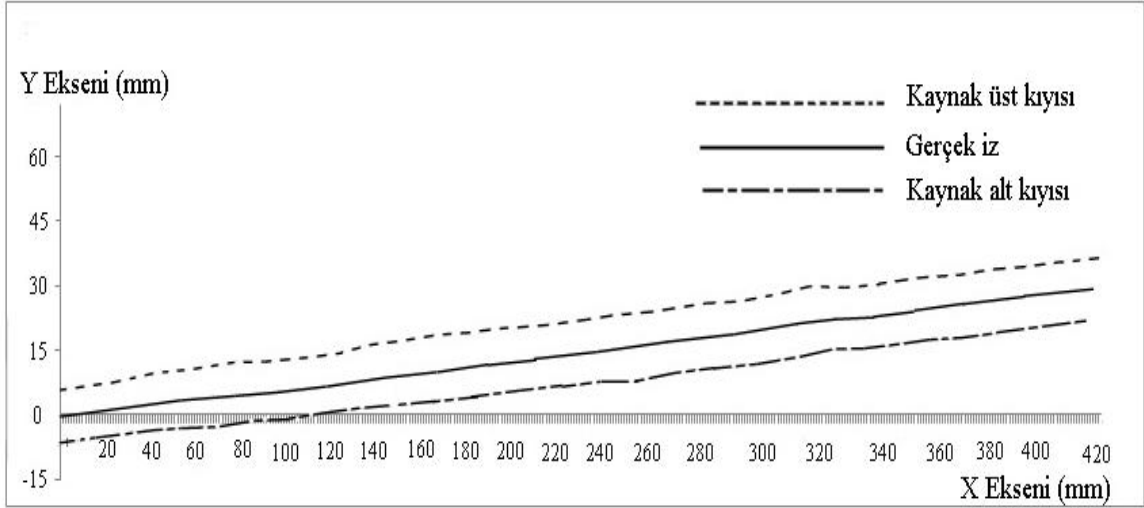


(a)

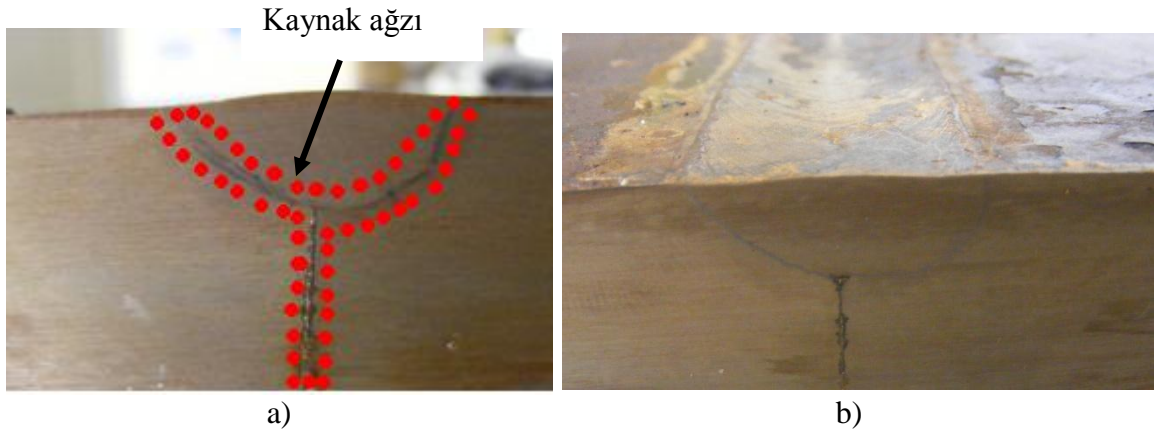


(b)

Şekil 7.4. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmali deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)



Şekil 7.5. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmalı deney numunesinden elde edilen verilerin grafiği (ölçek 1:3)

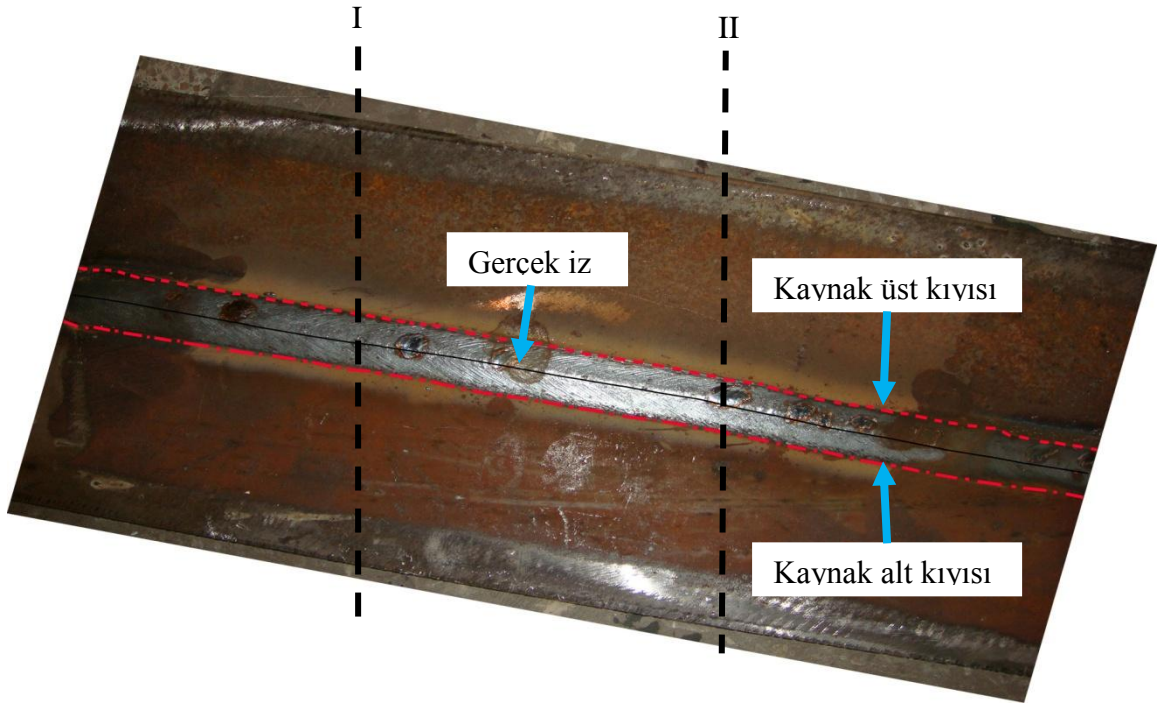


Şekil 7.6. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmalı sağa açılı kaynak yapılmış parçanın ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

Şekil 7.7'de lazer iz takip sistemi sola açılı bulanık mantık kontrollü olarak kaynak prosesini gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirilen kaynak numunesi üzerine elde edilen data verileri karşılaştırılarak kaynak ağzının ortalanmasında bir sorun olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte Şekil 7.7'de gösterilen I ve II nolu bölgelerden kaynak numunesi kesilerek alından incelenmiştir. Bu incelemenin neticesinde kaynağın kaynak ağzını ortaladığı Şekil 7.8'de görülmektedir. Bu kaynak numunesinin verilerinden elde edilen grafiği Ek-2'de verilmiştir.

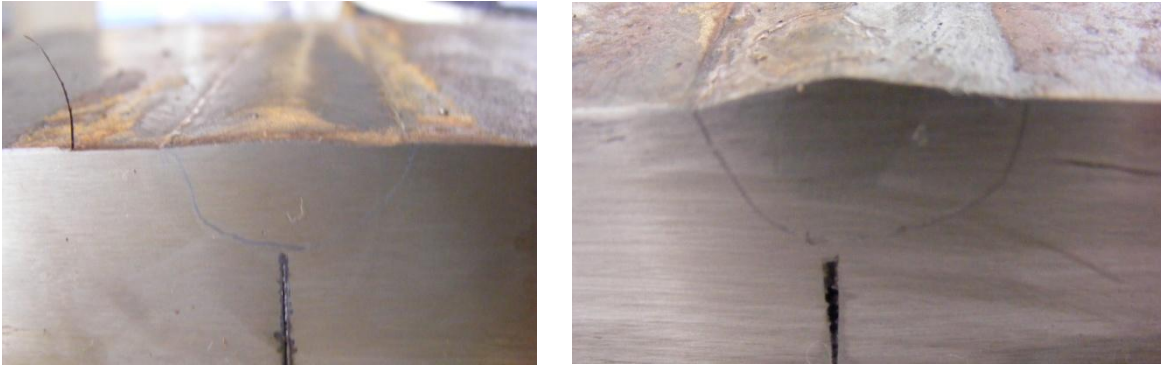


(a)



(b)

Şekil 7.7. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmali Deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi ölçek (1:3)



a)

b)

Şekil 7.8. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmali kaynak yapılmış parçanın ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek2:1)

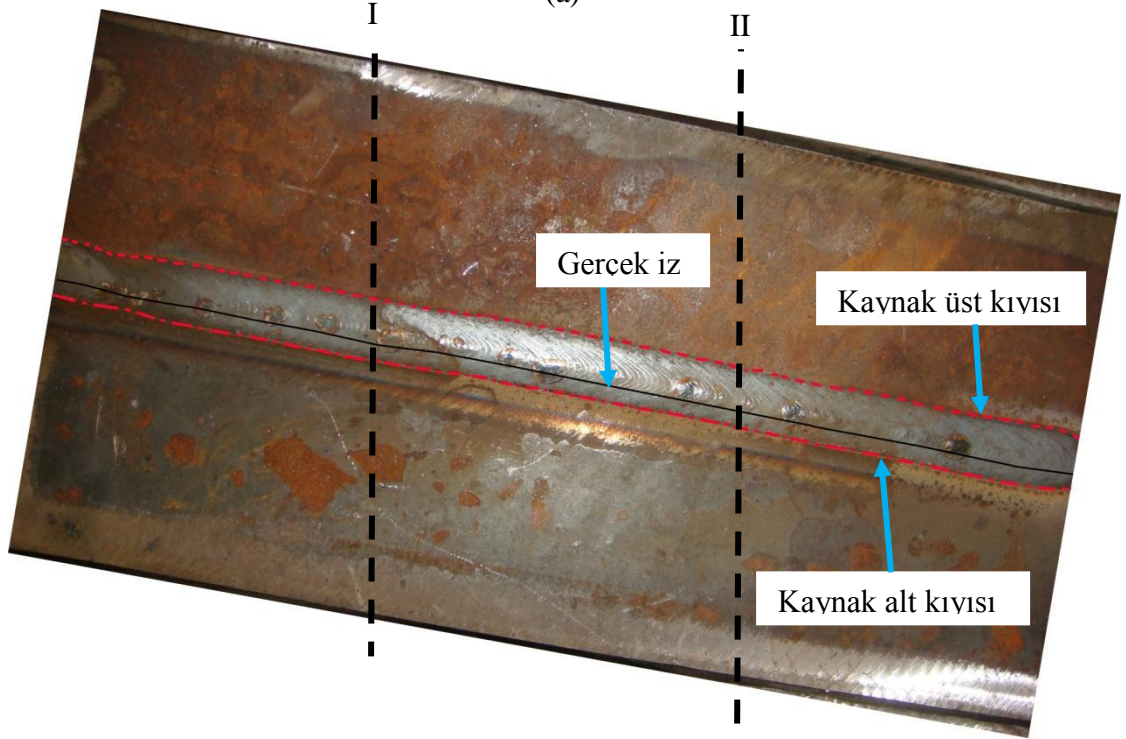
7.1.2. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa ve sola açılı olan kaynak prosesi

Bu deneyde kaynaklar bulanık mantık kontrol algoritması kullanılmadan yapılmıştır. Kaynak yapılacak parçalara standartlara uygun kaynak ağızları açılmıştır. Kaynak malzemesi ASIS 1040 çelik malzemesidir.

Şekil 7.9'da sola bulanık mantık kontrol algoritması olmadan yapılan kaynak öncesi ve kaynak sonrası lazer sensörden alınan veriler ile karşılaştırılması gösterilmiştir. Bu karşılaştırma incelendiğinde kaynak torcunun kaynak ağızını ortalamadığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak X ve Y eksenlerinde meydana gelen eksenel değişiklikler bulanık mantık kontrol algoritmasında değişken oranlarda motorlara hareket sinyali göndermekteydi. Ancak bu deneyde bulanık mantık kontrol algoritması olmadığından eksen motorlarına gönderilen hız sinyalleri sabit oranda tutulmaktadır. Sabit olan hız değişimleri de eksenden gelen ani hız değişikliklerini karşılayamadığından dolayı kaynak ağızı ortalanamamıştır. Şekil 7.9'da gösterildiği gibi iki yerden kesilen deney numunesi Şekil 7.10'da görüldüğü alın bölgesinden incelendiğinde kaynak ağızının ortalanamadığı görülmüştür.

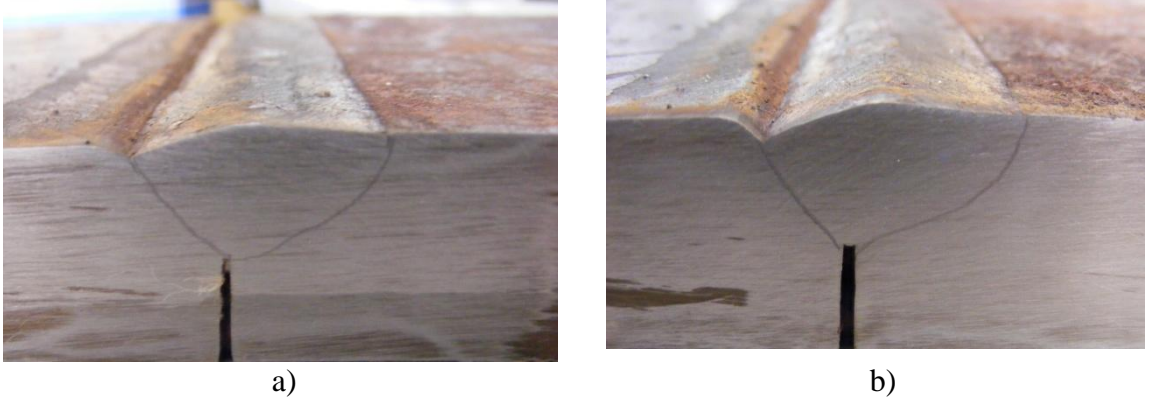


(a)



(b)

Şekil 7.9. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sola açılı olan kaynak prosesinin deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)

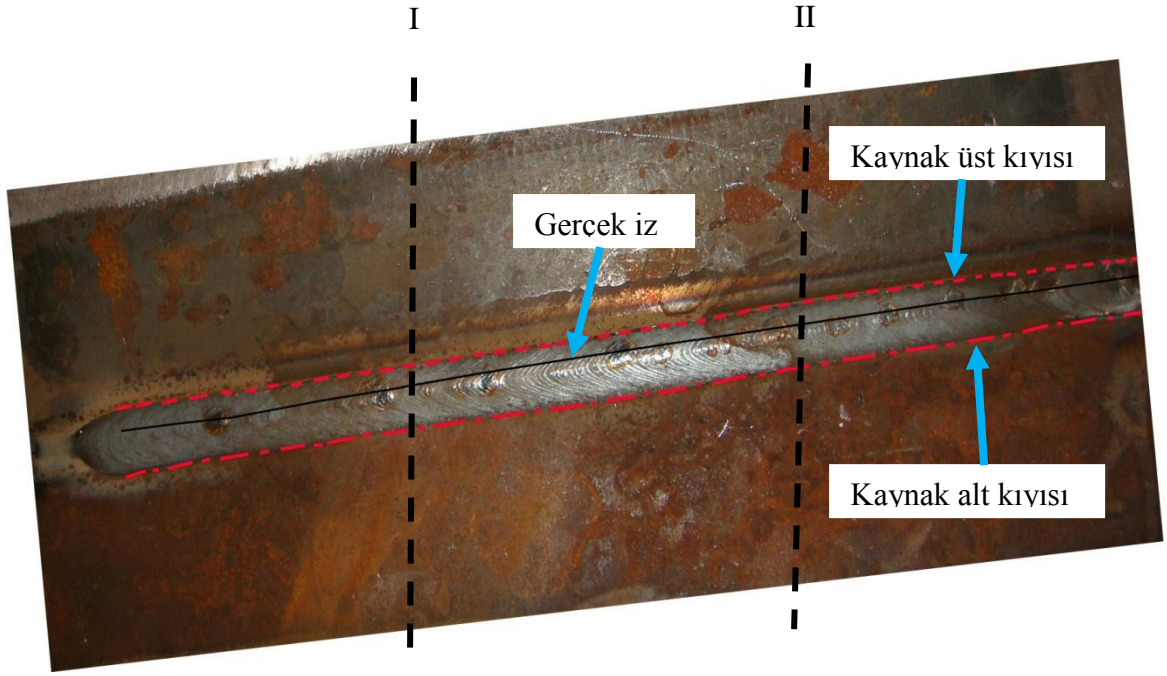


Şekil 7.10. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sola açılı olan kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

Şekil 7.11'de X düzleminde sağa doğru bulanık mantık kontrol algoritması olmadan yapılan kaynak ve lazer iz takip sensörden alınan veriler ile karşılaştırılması gösterilmiştir. Yine bu deneyde bulanık mantık kontrol algoritması devre dışı bırakılmıştır. Şekil 7.11 (b)'de gösterilen iki yerden numunemiz kesilerek alın bölgesinden incelenmiştir. Gerek lazer iz takip sensör verilerini karşılaştırılması, gerekse şekil 7.12'de görülen kesilen parçanın alın bölgesindeki görüntüsünden kaynak torcunun kaynak izini ortalamadığı gözükmemektedir.

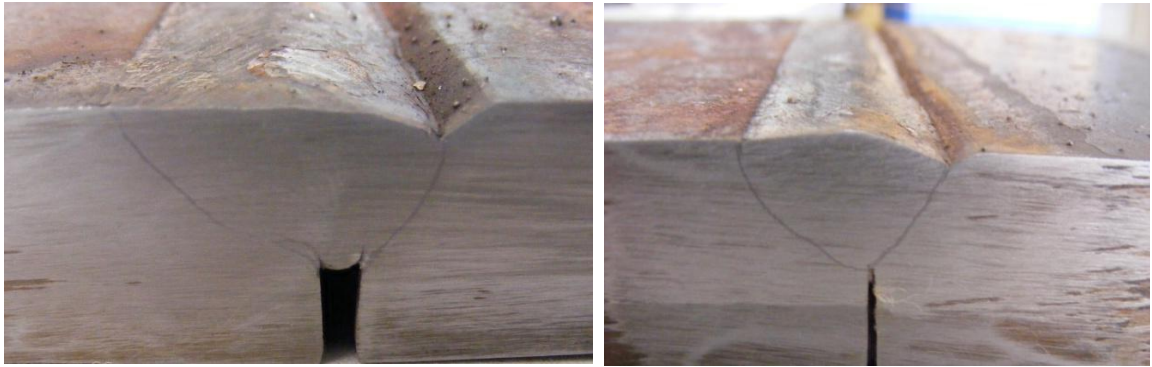


(a)



(b)

Şekil 7.11 X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa açılı olan kaynak prosesinin deney numunesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)



a)

b)

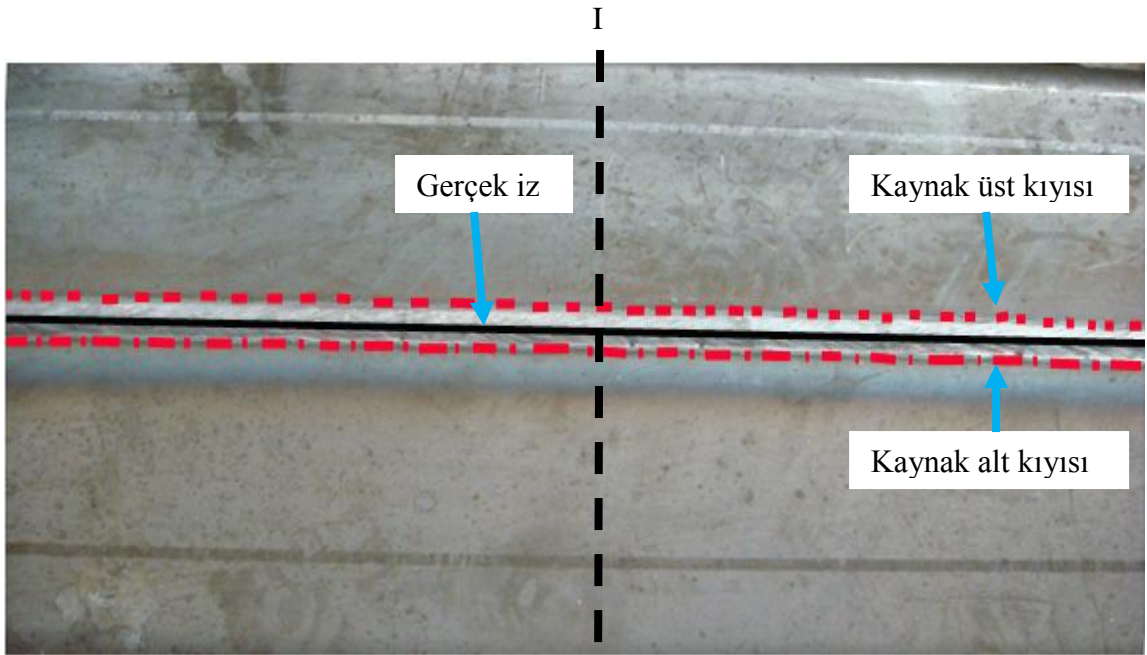
Şekil 7.12. X düzlemine göre bulanık mantık kontrol algoritmasız sağa açılı olan kaynak prosesi ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

7.1.3. Doğrusal olan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi

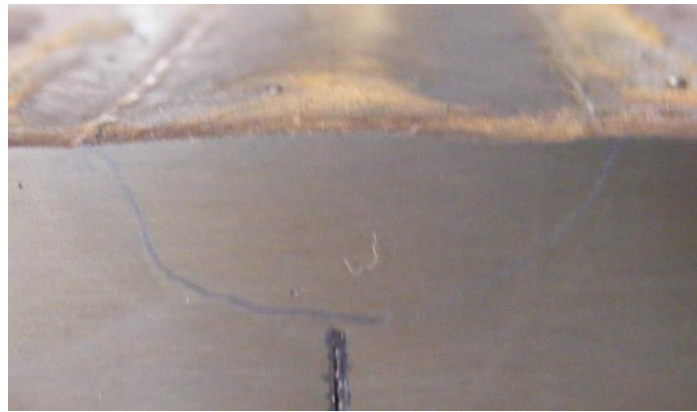
Lazer sensörlü doğrusal kaynak uygulamaları yapıldı. Kaynak ağızları makine ile açıldığı zaman iz takibinde herhangi bir sorunla karşılaşılmadı. Ancak kaynak ağızları fleksle açıldığı zaman iz kıyılarında deformeler olduğundan lazer sensör bu

deformelere göre tepkiler vermektedir. Bu deformeler iz kıyılarının dışarı taşmasına sebep olur. İz takibi yapılırken iz kıyıları bulunduğundan dolayı torcun bulunan kıyılara göre ortalanması iz takibinde problemlerin ortaya çıkmasına sebep olur. Bu yüzden tercih edilmemektedir.

Şekil 7.13'te lazer sensörün doğrusal uygulaması ve lazer sensörlerden alınan verilerin kaynak sonrası fotoğrafı ile karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 7.13'te gösterilen iki bölgeden kesilerek ITAB bölgeleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Şekil 7.14'te deney numunesinin ITAB bölgeleri gösterilmiştir.



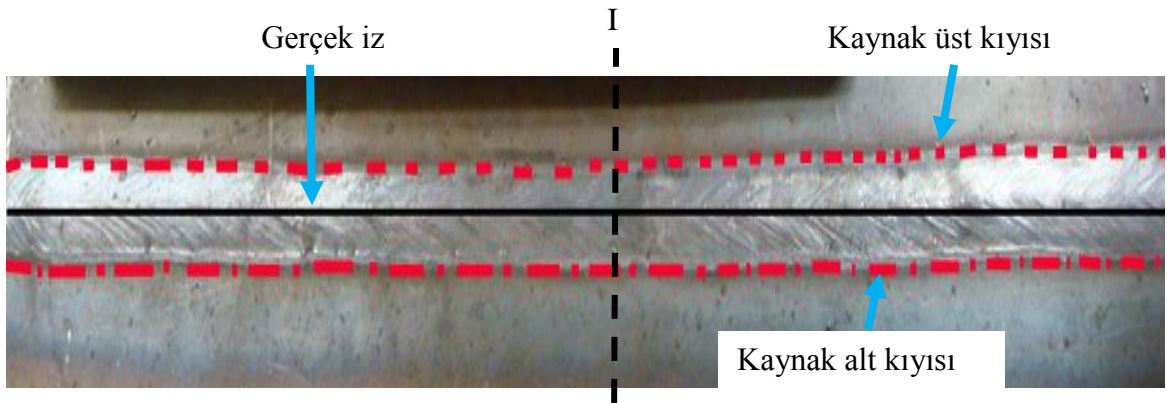
Şekil 7.13. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulama görüntüsü (ölçek 1:3)



Şekil 7.14. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi ITAB bölgesi (ölçek 2:1)

7.1.4. Doğrusal olan kaynak izinin bulanık mantık algoritmasız kaynak prosesi

Bu deneyde lazer sensörlü iz takip sisteminde uygulanan bulanık mantık kontrol algoritması devre dışı bırakılarak yapılmıştır. Ancak bu uygulama devre dışı bırakılsa da kaynak prosesi düzlemsel bir deney olduğundan ve step motorlara iletilen hız değişim miktarlarının çok az olmasında dolayı herhangi bir hata meydana gelmemiştir. Bu sistem bulanık mantık algoritmasında olduğu gibi hatasız çalışmıştır. Şekil 7.15'te bu uygulamanın kaynak sonrası görüntüsü gösterilmektedir. Kaynaktan sonra Şekil 7.15'te gösterile bölgeden kesilip Şekil 7.16'da gösterilen alın ITAB bölgesi incelenmiştir. Bu incelemelerin sonucunda doğrusal bir kaynak olduğundan dolayı da bulanık mantık algoritması olmadan da iyi bir takip yapılmıştır.



Şekil 7.15. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak uygulama görüntüsü (ölçek 1:3)



Şekil 7.16. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi (ölçek 2:1)

7.1.5. X düzleminde mekanik problu doğrusal kaynak izinin kaynak prosesi

X düzleminde doğrusal kaynakta malzeme olarak AISI 1040 malzeme kullanılmıştır. Genellikle düzlemsel kaynaklarda mekanik sensör tercih edilir. Açılan kaynak ağzı genişliklerine uygun proplar kullanılmalıdır. Açılan kaynak ağzı geniş olduğundan dolayı ince uçlu prob kullanılırsa prob sağ veya sol kıyıya yanaşarak gideceğinden dolayı torç da hep bu iki kıyadan birini takip ederek gidecektir. Buda bize kaynakta problemler çıkaracaktır.

Mekanik sensörün kaynak boşluğuna göre ucu değiştirildiği zaman ise bu tür problemler ortadan kalkmış olur. Kaynak torçuda kaynak boşluğunu ortalayarak kaynak yapmaya devam eder.

Şekil 7.17’de X düzleminde mekanik sensörlü kaynak uygulaması ve kaynak sonrası görüntüsü görülmektedir.



Şekil 7.17. Mekanik sensör ile boom kaynağı numunesi (ölçek 1:3)

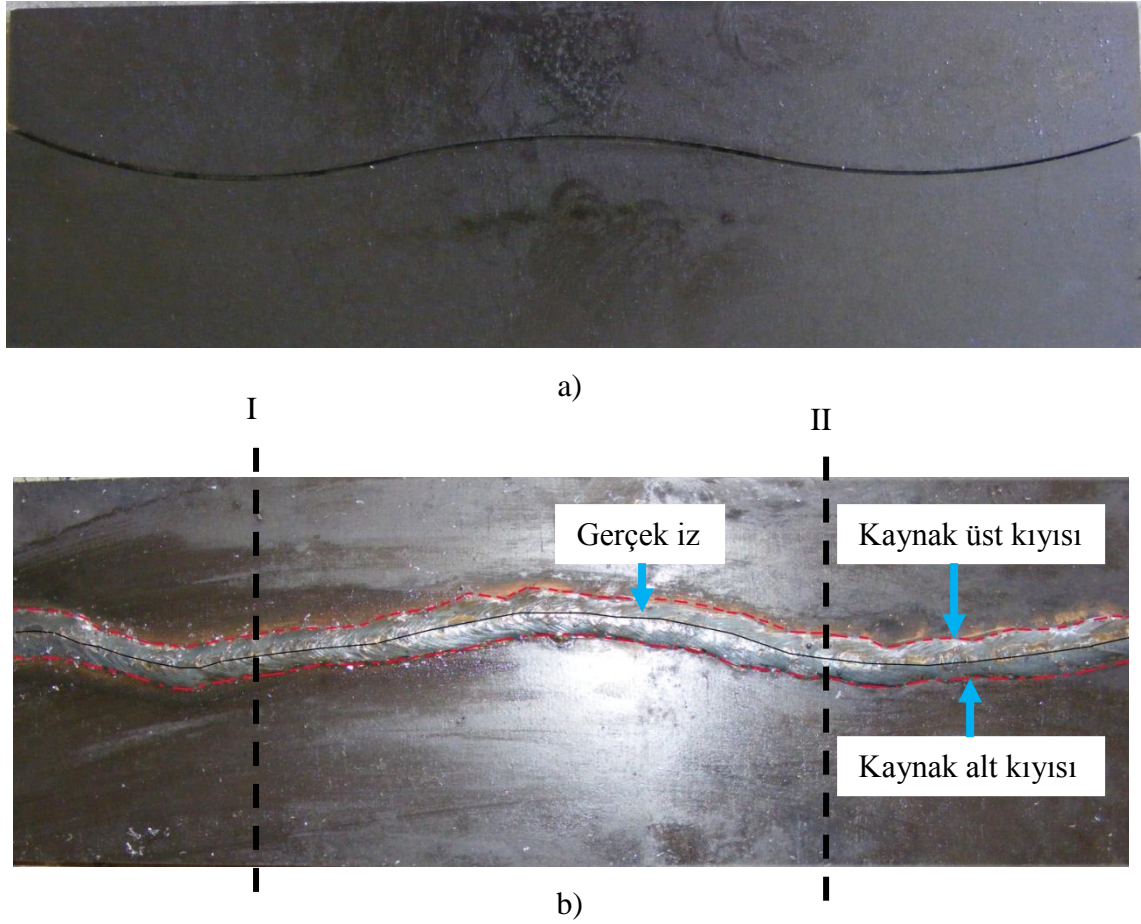


Şekil 7.18. Mekanik sensör ile boom kaynağı numunesi ITAB bölgesi (ölçek 2:1)

X düzlemine doğrusal olan deneyler sonucunda görülmüştür ki, ister bulanık mantık kontrol algoritmalı, kontrol algoritmasız isterse de mekanik problu olsun bu sistemleri kaynak ağzını ortalayarak kaynak yaptıkları görülmüştür.

7.1.6. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi

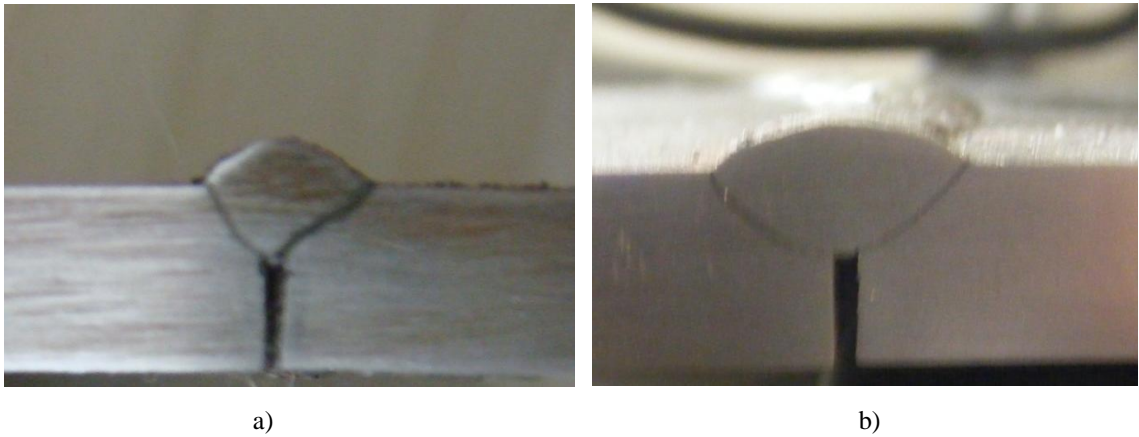
Şekil 7.19’da doğrusal olmayan kaynak izi bulunan bulanık mantık kontrollü bir kaynak uygulaması görülmektedir. Bu deneyimiz bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak yapılmıştır. Bu denetleyici sayesinde eksenlerde meydana gelen ani değişikliklere kontrol algoritmasında değerlendirilen verilere göre eksen motorlarına farklı hız sinyalleri gönderilir bu sayede kaynak torcu kaynak ağzını ortalayarak kaynağını yapar.



Şekil 7.19. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)

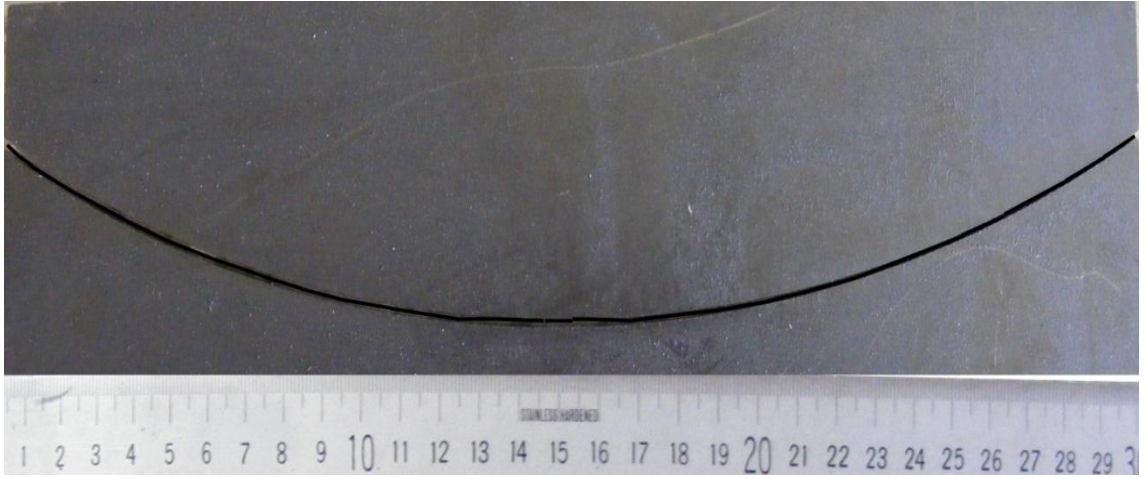
Şekil 7.19 b)'de kaynak sırasında elde edilen kaynak grafiği ile kaynak sonrası kaynak izi fotoğrafının birleştirilmesi gösterilmiştir. Ayrıca şekilde belirtilen noktadan kaynak numunesi kesilerek alın bölgesi incelenmiştir. Şekil 7.19 ve 7.20 göstermektedir ki bulanık mantık sistemi değişen eksenlerde eksen motorlarını kontrolünde en iyi sonuçları elde etmiştir.

Kaynak verileri Excel formatına alındıktan sonra grafikleri çizdirilmiştir. Parçalar belirlenen noktalardan kesilerek ITAB bölgesi incelenmiştir. Şekil 7.20'da doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak yapılmış parçanın ITAB bölgesi görülmektedir.

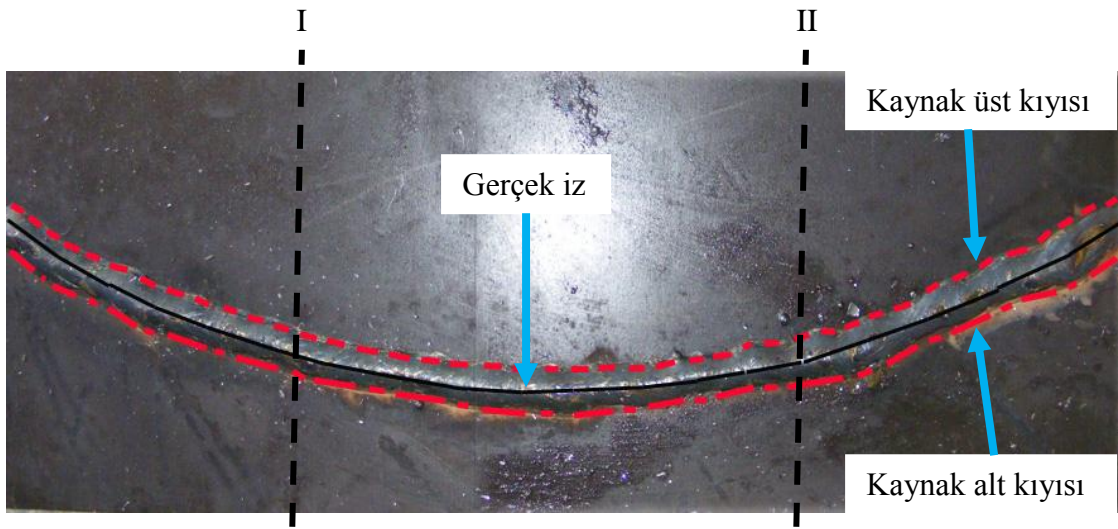


Şekil 7.20. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

Şekil 7.21'de yine doğrusal olmayan başka bir kaynak numunesi bulanık mantık kontrol algoritması devreye alınarak yine aynı şekilde 30×10 cm boyutlarında, 8 mm kalınlığında ve kaynak ağızları açılmadan alın alına kaynak olacak şekilde hazırlanmıştır. Numunelerimiz doğrusal olamayacak şekillerde hazırlanmıştır. Şekil 7.21 b)'de birinci ve ikinci lazer sensörden alınan kaynak öncesi ve kaynak sonrası iz veri datalarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Şekil 7.21 b)'de gösterildiği yerlerden kesilmiştir. Şekil 7.22'de gösterilen ITAB bölgesi alınından incelendiğinde bulanık mantık kontrol algoritmali sistemin sorunsuz çalıştığı anlaşılmaktadır.

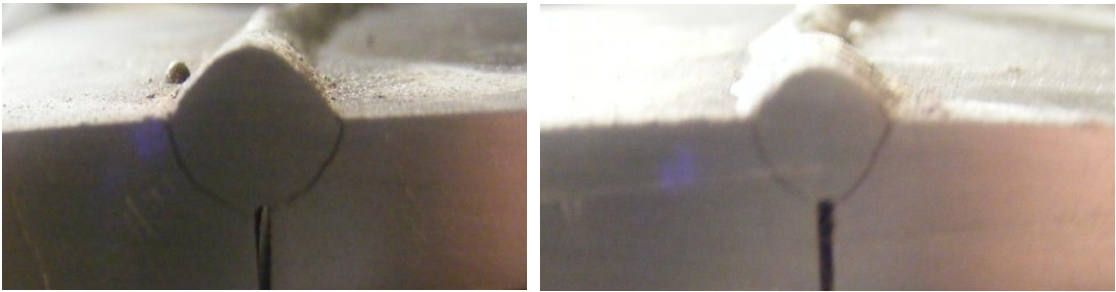


a)



b)

Şekil 7.21. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)



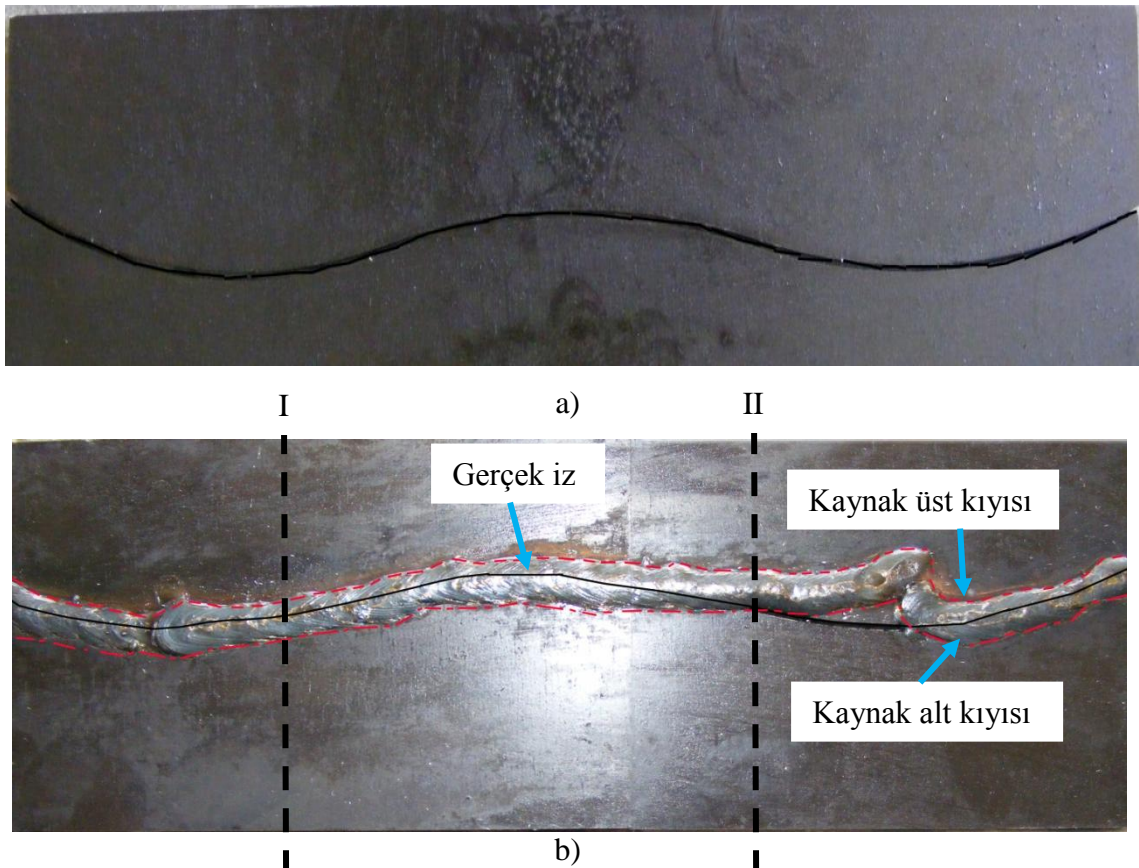
a)

b)

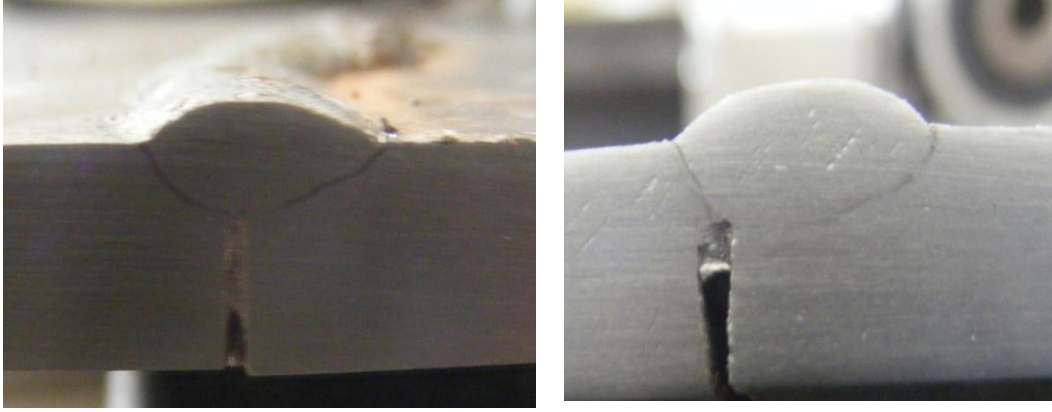
Şekil 7.22. Doğrusal olmayan bir başka kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

7.1.7. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesi

Bu deneylerde Şekil 7.23 a)'da gösterildiği gibi doğrusal olmayan bulanık mantık kontrol algoritması devre dışı bırakılarak yapılmış kaynak numuneleridir. Bu numuneler 30×10 cm boyutlarında, 8 mm kalınlığında ve kaynak ağızları açılmadan alın altına kaynak olacak şekilde hazırlanmıştır. Kaynak sırasında 1. Lazer sensörden veriler alınarak kaynak ağzının grafiği çıkarılmıştır. Bulanık mantık algoritması devre dışı olduğundan dolayı sistem eksen motorlarına sabit oranda değişim sinyalleri göndermektedir. Buda sistemde belirli bir süre sonra hataya yani iz takibini kontrol dışına çıkmasına neden olmaktadır. Bu yüzden sisteme eklenen ikinci lazer sensörden kaynak sonrası elde edilen grafiklerin alınamamasına neden olmaktadır. Şekil 7.23 b)'de gösterildiği gibi 3 eşit parçaya kesilen kaynak numuneleri Şekil 7.24'te gösterilen ITAB bölgeleri alınından incelenmiştir. Görülmüştür ki algoritmanın devre dışı olduğu deneylerde kaynak ağzının ortalanmasında problemler oluşmaktadır.



Şekil 7.23. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık algoritmasız kaynak prosesi a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)

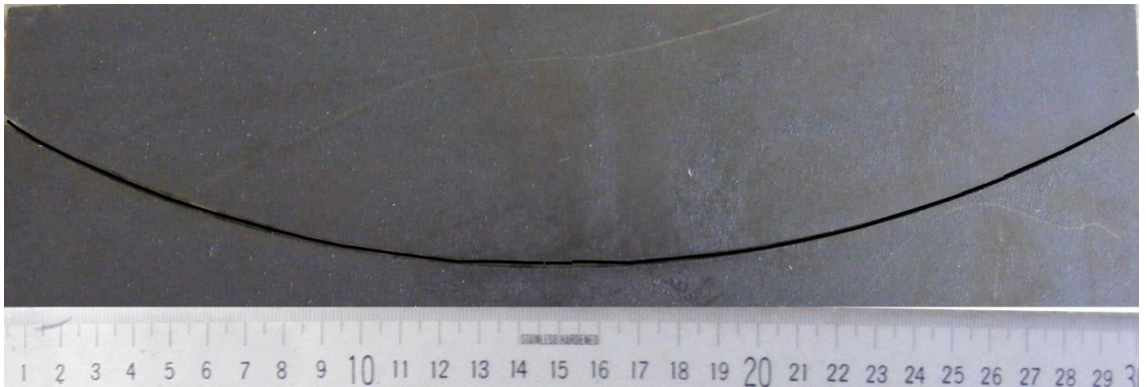


a)

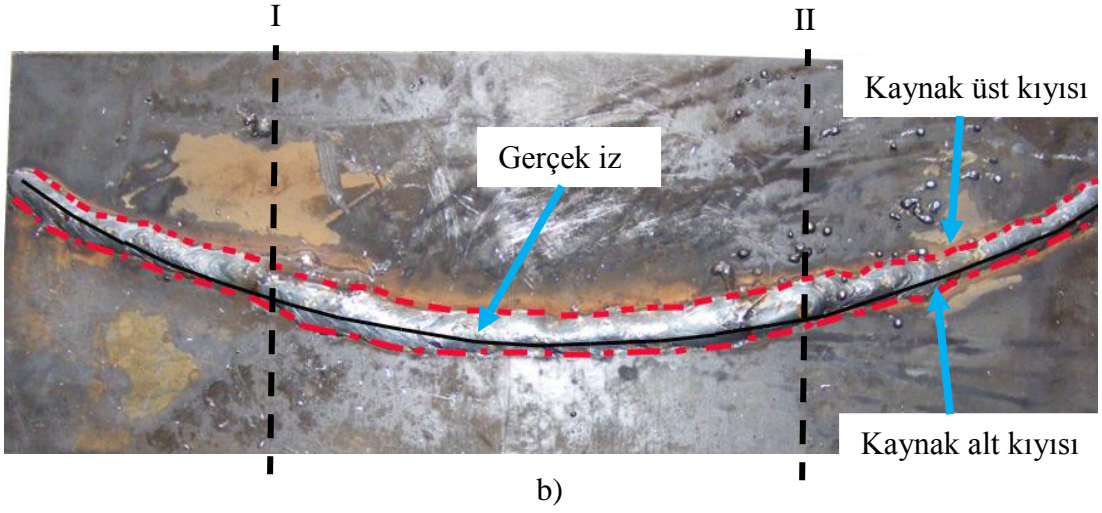
b)

Şekil 7.24. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

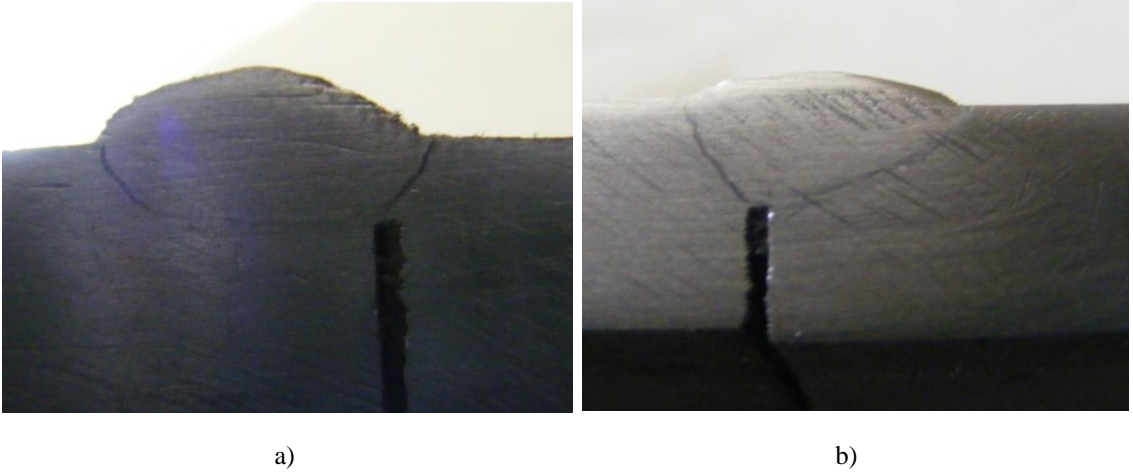
Şekil 7.25 a)'da gösterilen kaynak numunesinin uygulanmasında bulanık mantık kontrol algoritması devre dışı bırakılarak yapılmıştır. Tüm deneylerde olduğu gibi bu deneyde de lazer iz takip sensöründen kaynak öncesi ve sonrasında alın veriler Şekil 7.25 b)'de karşılaştırılmıştır. Daha sonra gösterildiği bölgelerden kesilen kaynak numunesinin alın bölgeleri Şekil 7.26'te görüldüğü gibi alın ITAB bölgelerinden incelenmiştir. Çakıştırılan grafikler ve incelenen ITAB bölgesinin sonucunda kaynağın kaynak ağzını ortalayarak gitmediği görülmüştür.



a)



Şekil 7.25. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesi
 a) puntalı kaynak örneği b) kaynak sonrası kaynak numunesi ve kaynak izi verilerinin gösterimi (ölçek 1:3)



Şekil 7.26. Doğrusal olmayan bir başka kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak prosesinin ITAB bölgesi a) I. Bölge b) II. Bölge (ölçek 2:1)

8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Robotik kaynak uygulaması ülkemizde gittikçe artan bir hızla otomotiv sanayinde kullanılmaktadır. Özellikle yurdumuzda işçilik ücretlerinin çok düşük olması ve sistemin yatırım maliyeti bu uygulamaya geçiş için dezavantaj olmakla birlikte hız, üretkenlik ve kalitenin yüksek olması ayrıca kalitenin devamlılığının sağlanabilmesi gibi avantajlar otomotiv sektöründe robotik kaynağa geçişte en önemli sebepler olmaktadır.

Lazerli iz takip sistemi edinmek isteyen firmaların ihtiyaçlarını ve taleplerini dikkatlice tespit etmeleri öncelikle önemlidir. Kaynak işleminin yapılacağı çevre şartları ve elemanları konumlandırma olanakları, istenilen üretim hızı, gerekli kalite seviyesi ve kaynak edilecek parçaların çeşitliliği öncelikle belirlenmelidir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda öncelikle uygulanacak kaynak yöntemi belirlenmelidir.

Bu çalışmada bulanık mantık kontrol algoritmaları lazer sensör ve mekanik sensör ile kaynak izinin takibi yapılmıştır. Lazer sensör ve mekanik sensör uygun çalışma ortamları sağlandığında her türlü kaynak ve uygulamalarında kullanılabilir. Bu sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

1. Bulanık mantık kontrol algoritmaları lazer iz takip sensörü eksen motorlarına değişken hızla uygulayarak kaynak torcunun kaynak ağzını ortalayarak işlem yapmasını sağlar.

2. Kontrol algoritması olmayan iz takip sistemlerinde eksen motorlarına sabit hızlar gönderildiğinden iz takibinde problemler olmaktadır.

3. Bulanık mantık kontrol algoritmaları lazer iz takip sistemi farklı eksenel yönlerdeki kaynak iz takibini sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmiştir.

4. Lazer sensörlü iz takip sistemlerinde de iki adet kaynak izi takip sensörü kullanılarak kaynak öncesi ve sonrası kaynak verileri alınmış, kaynak grafikleri çıkarılıp kaynak sonrası fotoğraflarıyla karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

5. Bulanık mantık kontrol algoritmasının devre dışı bırakıldığı eksenel değişimlerin fazla olduğu yerlerde kaynak ağzı takiplerinde sapmalar meydana gelmiştir.

6. Düzlemsel iz takip sistemlerinde eksenel değişimlerin az olmasından dolayı bulanık mantık kontrollü iz takip sistemi ile kontrolsüz iz takip sistemi arasında iz takibi bakımından bir fark olmamaktadır.

7. Lazer sensörlü iz takip sistemlerinde kaynak yapılacak numunelerin kaynak ağızları standartlara göre açılmıştır. Eğer standartlara göre açılmazsa kaynak izinin takibinde problemlerle karşılaşmaktadır.

8. Mekanik sensör sadece anlık takip yaptığı ve kaynak torcuyla aynı hareket sistemine bağlı olduğundan dolayı gecikme verilememektedir. Dolayısıyla aksel değişiklikleri fazla olan iş parçalarında kullanıldığında problemlerle karşılaşmıştır.

9. Mekanik sensörde aşırı yüklemelerden dolayı eğilme veya kırılma olasılığı da vardır. Bunların önüne geçebilmek amacıyla mekanik sensör tutucusu yaylı yapılmıştır.

Tezde uygulanan bulanık mantık sayesinde kaynak izi takibinin daha iyi takip edildiği uygulanan deneylerde görülmüştür. Bulanık mantık uygulanmayan deneylerde ise kaynak izi takibinde gecikmeler, köşelerde takip hızını yakalayamama ve kaynak ağızlarının kenarlarından takip gibi olumsuzluklarla karşılaşmıştır. Ayrıca yapılan farklı deneylerde kaynak osilatörü de kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akkuş H., 2010, “Tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün istatistiksel ve yapay zeka yöntemleriyle tahmin edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Anık S., 1989, MIG-MAG Kaynağında Dikiş Formunu Etkileyen Faktörler, Metal ve Kaynak, Yıl:2,Sayı:9.
- Asiltürk İ., 2007, “Testere ile kesme işleminde yapay zeka tabanlı adaptif kontrol Uygulaması”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Başbüyük Y., 1994, Bulanık Mantık, Bitirme Projesi, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Bay Ö., 1996, Bulanık Mantık Tabanlı Anahtarlama Relüktans Motorun Modellenmesi ve Kontrolü, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Beatti J., 2004, Applications of laser seam tracking in welding thick wall vessels, Meta Vision Systems Ltd, UK.
- Chen Z., Song Y., Zhang J., Zhang W., Jiang I. ve Xia X., 2007, Laser vision sensing based on adaptive welding for aluminum alloy, *Frontiers of Mechanical Engineering*, China, 218–223.
- Chu D., ve Chen Z., 2010, Application of laser seam tracking for special welding machine, *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, China.
- Craig J., 1989, Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Course Textbook.
- Eğilmez M., 2005, Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ertürk İ., 1987, Gazaltı Kaynak Teknikleri, Küçük Sanayi İşletmelerinde Danışmanlık Hizmetleri Projesi, Türkiye Halk Bankası A.Ş. Yayını, Ankara.
- Eryürek İ., 2003, Gazaltı Kaynağı (MIG-MAG), Kaynak Tekniği ve Sanayi A.Ş. (ASKAYNAK) yayınları, İstanbul.
- ESAB Group Inc., 1999, MIG Handbook.
- Fung R.F., Chen, K.W. ve Yen, J.Y., 1999, Fuzzy sliding mode controlled slider-crank mechanism using a PM synchronous servo motor drive, *International journal of mechanical sciences*, 41 (3), 337-355.
- Fridenfalk M., Bolmsjö G., 2003, Design ve validation of a universal 6D seam tracking system in robotic weldig based on laser scanning, *The Industrial Robot*; pg. 437.

- Gardner N., Çev: Yalçın, C, 1998, PIC Programlama El Kitabı, Bileşim Yayıncılık, İstanbul.
- Gök G. ve Afyon, Ç., 2003, 1999, Kaynak Uygulamalarında Robot Teknolojisi, *Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi*, Ankara.
- Gültekin N., 1991, *Kaynak Tekniği*, Ergin Ofset, İstanbul.
- Gündüz A., 2006, Tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetlerinin bulanık mantık ve yapay sinir ağlarıyla tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Graaf M., Aarts R., Jonker B., ve Meijer J., 2010, Real-time seam tracking for robotic laser welding using trajectory-based control, *Control Engineering Practice*, 944-953.
- Hamamcı E., 2004, Frezeleme işleminde takım ömrünün akustik emisyon sinyalleri ile akıllı yöntemler kullanılarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Hu R., Tu K., Zhang H., ve Liu G., 2010, The application of fuzzy control in underwater welding seam-tracking system, *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)* pg. 748-751, China.
- Kaneko Y., Yamane S., Kubota T. ve Ohshima K., 1993, Neural Network and Fuzzy Control in the Welding Robots Using CCD Camera and Touch Sensor, *International Joint Conference on Neural Networks*, Japan.
- Karşil F., 1996, Fuzzy Logic, Elektronik Ara Proje-1, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Kim C.H., Choi T.Y., Le J.J., Suh J., Park K.T. ve Kang H.S, 2008, Intelligent vision sensor for the robotic laser welding, *IEEE International Conference on Industrial Informatic*, 406-411.
- Kuo H. ve Wu L., 2002, An image tracking system for welded seams using fuzzy logic, *Journal of Materials Processing Technology*, 169-185.
- Liu S., Liu L., Zhang H., Bai J. and Wang G., 2009, Study of Robot Seam Tracking System with Laser Vision, *International Conference on Mechatronics and Automation*, pg. 1296-1301, China.
- Mamdani E.H., 1975, Applications of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant, *Proc. IEE*, 121 (12), pp. 1585-1588.
- Moon H., Ko S., ve Kim J., 2009, Automatic seam tracking in pipeline welding with narrow Groove, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 41, pg. 234-241.

- Pires I., Quintino L. ve Miranda R.M., 2007, Analysis of the influence of shielding gas mixtures on the gas metal arc welding metal transfer modes and fume formation rate, *Materials and Design* Vol. 28.
- Sameda Y., 1992, Fuzzy Seam-Tracking Controller, *Heavy Apparatus Engineering Laboratory Toshiba Corporation*, Jopan.
- Shi F., Zhou L., Lin T. ve Chen S. 2007, Efficient Weld Seam Detection for Robotic welding from a Single Image, *Intellige & Automation, LNCIS 362*, pp. 289–294.
- Şeker M. ve Ersin.,E., 2001, Robotların Yörünge Planlamasında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı, I.Otomasyon Sempozyumu, İzmir.
- Ting Z., Kai L., Shijie D., Shumei X. ve He H., 2009, Research on Seam Tracking Controller of Mobile Welding Robot , *International Conference on Automation and Logistics Shenyang*, pg. 2011-2015, China.
- Tülbentçi K., 1993, Gazaltı kaynağı MIG-MAG, Artech A.Ş. Yayını, İstanbul.
- Tülbentçi K., 1998, MIG-MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Rem Matbaacılık, İstanbul.
- Wang H.,Ma H., ve Yan C., 2010, A kind of automatic tracking system of welding seam basing on structure light, *Electric Welding Machine*, China.
- Xiangdong G., Yamamoto M. ve Mohri A., 2001, Application of fuzzy logic controller in the seam tracking of arc-welding robot, *IECON 97. 23rd International Conference*, 1367 – 1372.
- Yin Y., Zhang C., Ye J., ve Zhang L., 2010, Study on Seam Tracking System Based on Fuzzy-PID Control, *Hot Working Technology*, China.
- Zadeh L.A., 1965, Fuzzy sets, *Information and control*, 8, 338-353.
- Zhang H., Chen Q., Jin J. ve Pan J., 1996, Welding Seam Track Recognition Based On Welding Seam Ccd Image Pattern Feature, *Chinese J. of Mechanical Engineering*, 32(6):31-36,1996.

EKLER

EK 1: Bulanık mantık kontrol algoritması

```

#region FUZY LOGIC
////////// fuzy logic//////////
double wr = 0, wref = 0;
double ui = 2.2, outt = 0;
int[,] rule_base;
public void fuzzy()
{
    int n;
    /* Bulanık denetleyici parametreleri */
    double[] ei = { 80, 5 }; // Normalizasyon değerleri
    //double ui = 2.2; // ei[1]=Ne*10=80;
    ei[2]=Ndot_e*10=5; ui=Nu*10=2.2;
    rule_base = new int[7, 7]; //new int[7,7];

    //7, 7, 6, 6, 5, 5, 4, //Kural Tablosu
    rule_base[0, 0] = 7;
    rule_base[0, 1] = 7;
    rule_base[0, 2] = 6;
    rule_base[0, 3] = 6;
    rule_base[0, 4] = 5;
    rule_base[0, 5] = 5;
    rule_base[0, 6] = 4;
    //7, 6, 6, 5, 5, 4, 3,
    rule_base[1, 0] = 7;
    rule_base[1, 1] = 6;
    rule_base[1, 2] = 6;
    rule_base[1, 3] = 5;
    rule_base[1, 4] = 5;
    rule_base[1, 5] = 4;
    rule_base[1, 6] = 3;

    //6, 6, 5, 5, 4, 3, 3,
    rule_base[2, 0] = 6;
    rule_base[2, 1] = 6;
    rule_base[2, 2] = 5;
    rule_base[2, 3] = 5;
    rule_base[2, 4] = 4;
    rule_base[2, 5] = 3;
    rule_base[2, 6] = 3;

    //6, 5, 5, 4, 3, 3, 2,
    rule_base[3, 0] = 6;
    rule_base[3, 1] = 5;
    rule_base[3, 2] = 5;
    rule_base[3, 3] = 4;
    rule_base[3, 4] = 3;
    rule_base[3, 5] = 3;
    rule_base[3, 6] = 2;

    //5, 5, 4, 3, 3, 2, 2,
    rule_base[4, 0] = 5;
    rule_base[4, 1] = 5;
    rule_base[4, 2] = 4;
    rule_base[4, 3] = 3;
}

```



```

rule_base[4, 4] = 3;
rule_base[4, 5] = 2;
rule_base[4, 6] = 2;

//5, 4, 3, 3, 2, 2, 1,
rule_base[5, 0] = 5;
rule_base[5, 1] = 4;
rule_base[5, 2] = 3;
rule_base[5, 3] = 3;
rule_base[5, 4] = 2;
rule_base[5, 5] = 2;
rule_base[5, 6] = 1;

//4, 3, 3, 2, 2, 1, 1};
rule_base[6, 0] = 4;
rule_base[6, 1] = 3;
rule_base[6, 2] = 3;
rule_base[6, 3] = 2;
rule_base[6, 4] = 2;
rule_base[6, 5] = 1;
rule_base[6, 6] = 1;

//Üyelik fonksiyonları
double[] mm1, mm2;
mm1 = new double[3];
mm2 = new double[3];
for (int kl = 0; kl < 3; kl++)
{
    mm1[kl] = 1;
    mm2[kl] = 2;
}

// Değişkenler tanımlanıyor
//double wr=2200,wref=2000;

double e0 = 198; //e0 statik değişken olarak dışarda
tanımlansın
double sum1 = 0, sum2 = 0;
double[] e = new double[2];
double[] a1 = new double[2];
double[] a2 = new double[2];
double[] a3 = new double[2];
double[,] mu_E = new double[2, 2];
int[,] E = new int[2, 2];
int[] U = new int[4];
double[] h = new double[4];
double[] area = new double[4];
double[] umc = new double[7];
/*Hata ve hata değişiminin hesaplanması*/
e[0] = (wr - wref);
e[1] = (e[0] - e0);
e0 = e[0];
/*Bulanıklaştırma işlemi aşağıda yapılmaktadır*/
for (n = 0; n <= 1; n++)
{
    a1[n] = 3 * ei[n];
    a2[n] = mm2[n] * ei[n];
    a3[n] = mm1[n] * ei[n];

    if (e[n] <= -a1[n])

```

```

{
    mu_E[n, 0] = 1;
    E[n, 0] = 0;
    mu_E[n, 1] = 1;
    E[n, 1] = 0;
}
else if (e[n] > -a1[n] && e[n] <= -a2[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1 - (e[n] + a1[n]) / (a1[n] - a2[n]);
    E[n, 0] = 0;
    mu_E[n, 1] = 1 - (-a2[n] - e[n]) / (a1[n] -
a2[n]);
    E[n, 1] = 1;
}
else if (e[n] > -a2[n] && e[n] <= -a3[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1 - (e[n] + a2[n]) / (a2[n] - a3[n]);
    E[n, 0] = 1;
    mu_E[n, 1] = 1 - (-a3[n] - e[n]) / (a2[n] -
a3[n]);
    E[n, 1] = 2;
}
else if (e[n] > -a3[n] && e[n] <= 0)
{
    mu_E[n, 0] = 1 - (e[n] + a3[n]) / a3[n];
    E[n, 0] = 2;
    mu_E[n, 1] = 1 + e[n] / a3[n];
    E[n, 1] = 3;
}
else if (e[n] > 0 && e[n] <= a3[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1 - e[n] / a3[n];
    E[n, 0] = 3;
    mu_E[n, 1] = 1 - (a3[n] - e[n]) / a3[n];
    E[n, 1] = 4;
}
else if (e[n] > a3[n] && e[n] <= a2[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1 - (e[n] - a3[n]) / (a2[n] - a3[n]);
    E[n, 0] = 4;
    mu_E[n, 1] = 1 - (a2[n] - e[n]) / (a2[n] - a3[n]);
    E[n, 1] = 5;
}
else if (e[n] > a2[n] && e[n] < a1[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1 - (e[n] - a2[n]) / (a1[n] - a2[n]);
    E[n, 0] = 5;
    mu_E[n, 1] = 1 - (a1[n] - e[n]) / (a1[n] - a2[n]);
    E[n, 1] = 6;
}
else if (e[n] >= a1[n])
{
    mu_E[n, 0] = 1;
    E[n, 0] = 6;
    mu_E[n, 1] = 1;
    E[n, 1] = 6;
}
}
/* Kural çıkarım (if e is PB and Delta_e is PB then
delta_u is PB gibi)*/

```

```

U[0] = rule_base[E[0, 0], E[1, 0]];
U[1] = rule_base[E[0, 0], E[1, 1]];
U[2] = rule_base[E[0, 1], E[1, 0]];
U[3] = rule_base[E[0, 1], E[1, 1]];
/* Bulanık çıkarım işlemi (min max yöntemi ile) */
h[0] = min(mu_E[0, 0], mu_E[1, 0]);
h[1] = min(mu_E[0, 0], mu_E[1, 1]);
h[2] = min(mu_E[0, 1], mu_E[1, 0]);
h[3] = min(mu_E[0, 1], mu_E[1, 1]);

// Durulaştırma (defuzzification)
area[0] = 2 * ui * h[0] * (1 - h[0] / 2); // Ağırlık
merkezi yöntemi
area[1] = 2 * ui * h[1] * (1 - h[1] / 2);
area[2] = 2 * ui * h[2] * (1 - h[2] / 2);
area[3] = 2 * ui * h[3] * (1 - h[3] / 2);
umc[0] = -3 * ui; // Durulaştırma için
üyelik fonksiyonu
umc[1] = -mm2[2] * ui; // umc:center of
membership func. of u
umc[2] = -mm1[2] * ui;
umc[3] = 0;
umc[4] = mm1[2] * ui;
umc[5] = mm2[2] * ui;
umc[6] = 3 * ui;

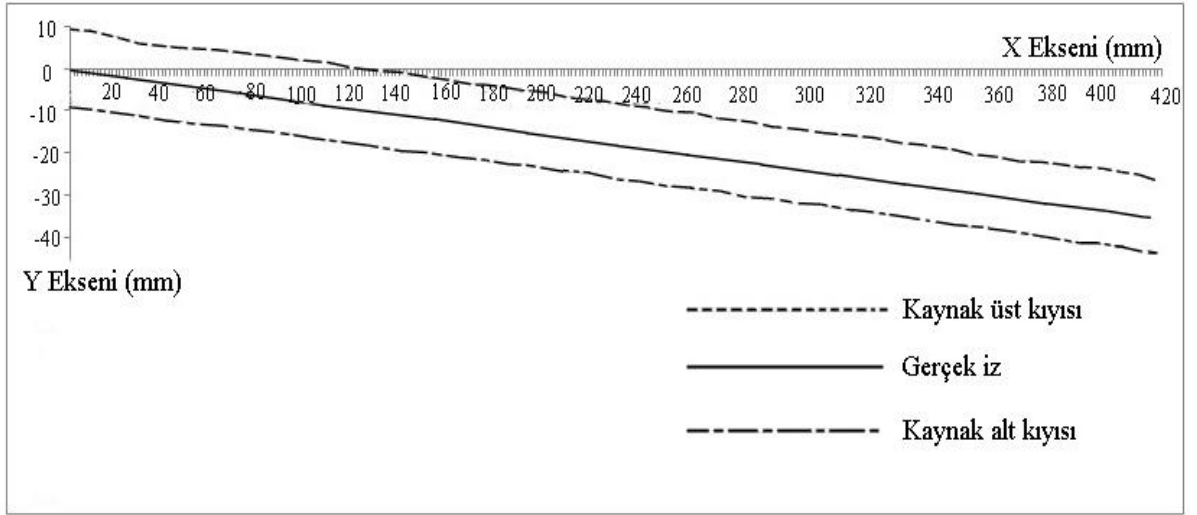
for (n = 0; n <= 3; n++)
{
    h[n] = umc[U[n] - 1];
    sum1 = sum1 + h[n] * area[n];
    sum2 = sum2 + area[n];
}
outt = (sum1 / (sum2 + 0.0001));
/*
iref=u/kt;
if (iref>ibase) iref=ibase; end;
if (iref<-ibase) iref=-ibase;end;*/

//printf("out = %f, ui = %f, rule_base =
%f",out,ui,rule_base[6][6]);getch();
}
public double min(double a, double b)
{
    double sonuc;
    if (a < b)
    {
        sonuc = a;
    }
    else
    {
        sonuc = b;
    }
    return sonuc;
}

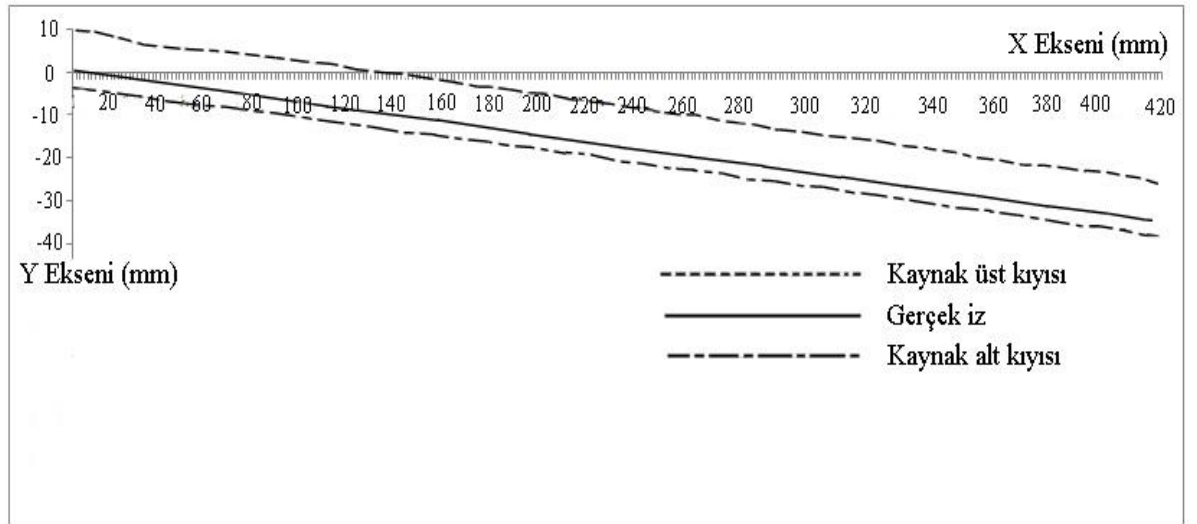
#endregion

```

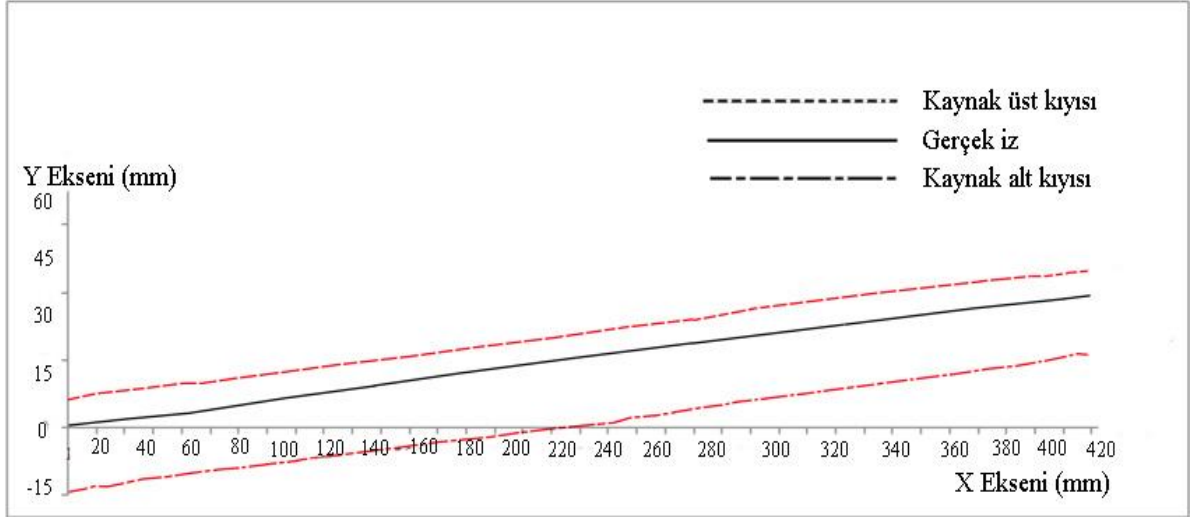
EK 2: Lazer iz takip sensör veri grafikleri



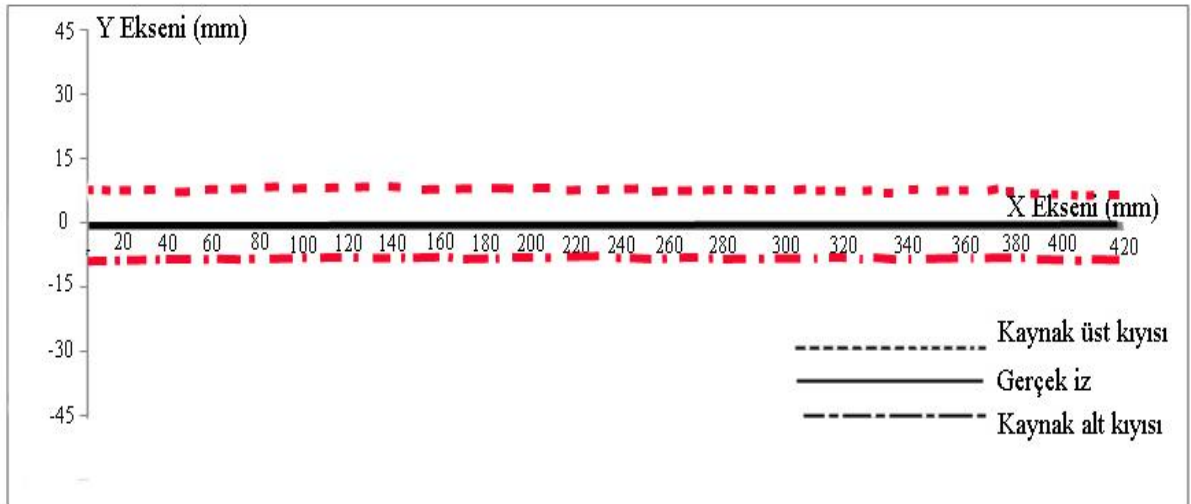
Şekil Ek 2.1. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmalı kaynak numunesinin grafiği



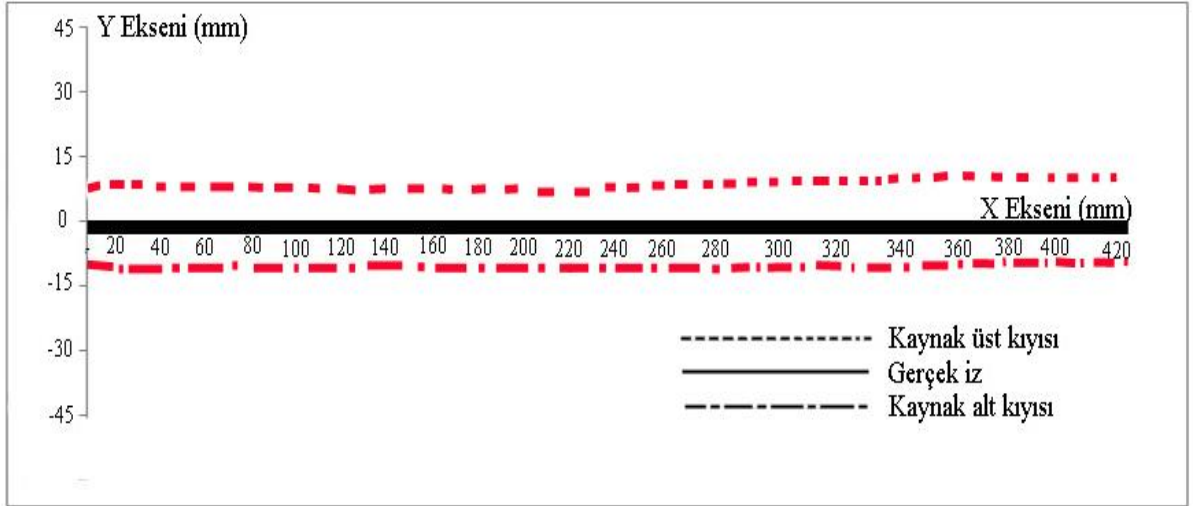
Şekil Ek 2.2. X düzlemine göre sola açılı bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği



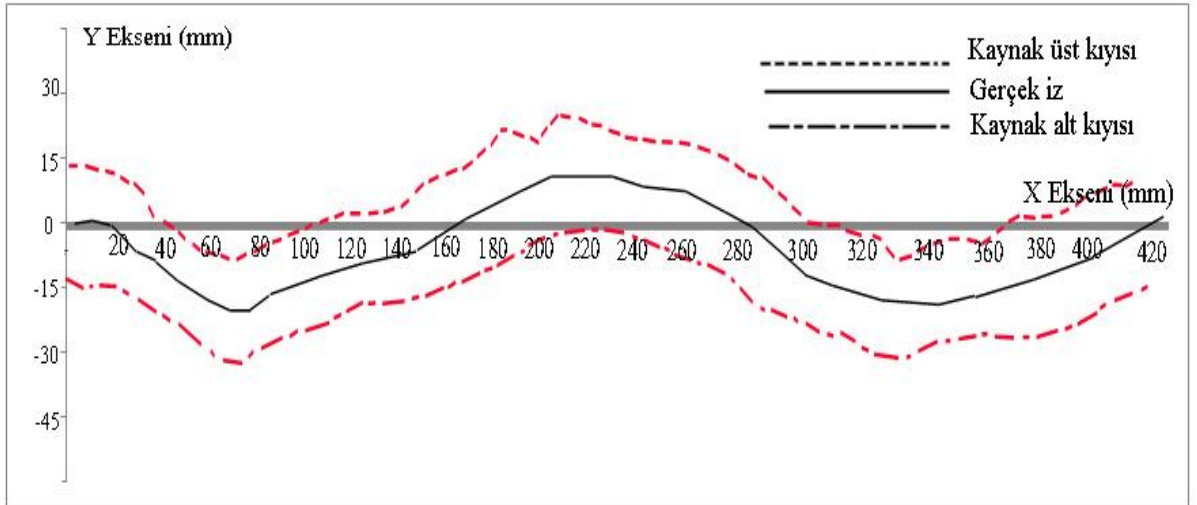
Şekil Ek 2.3. X düzlemine göre sağa açılı bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği



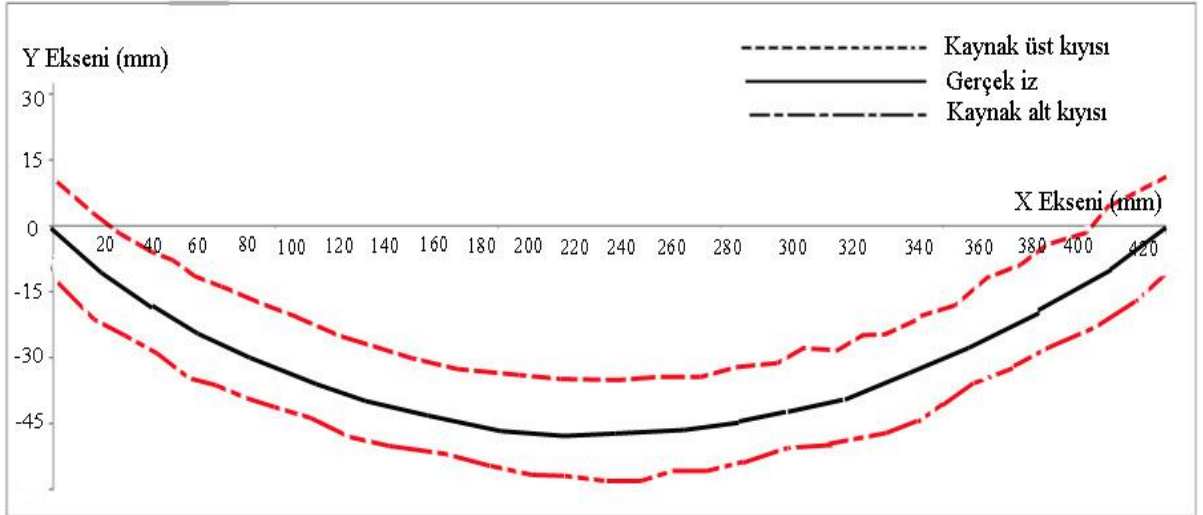
Şekil Ek 2.4. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği



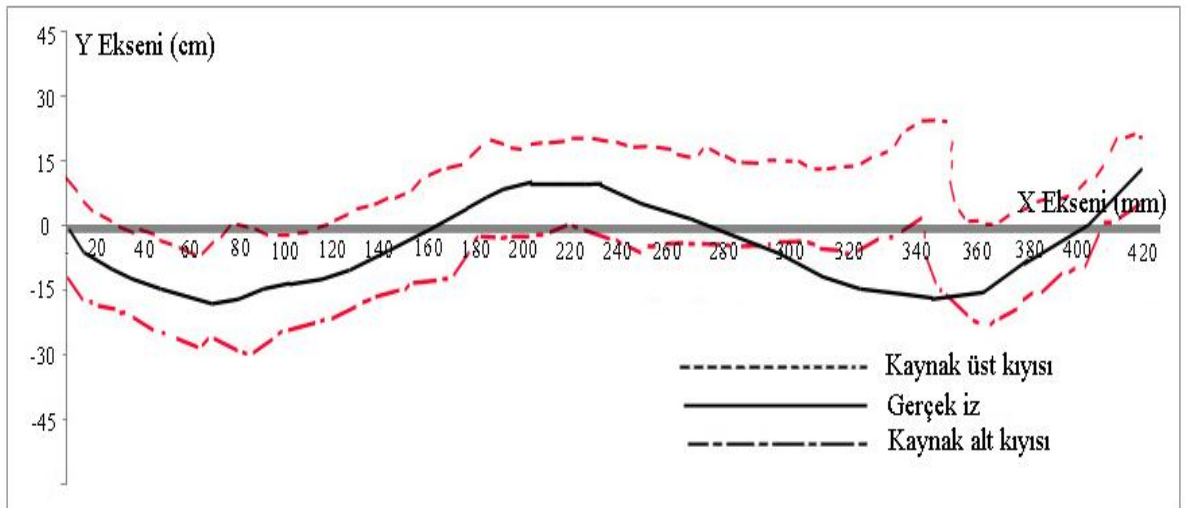
Şekil Ek 2.5. Doğrusal kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasıız kaynak numunesinin grafiği



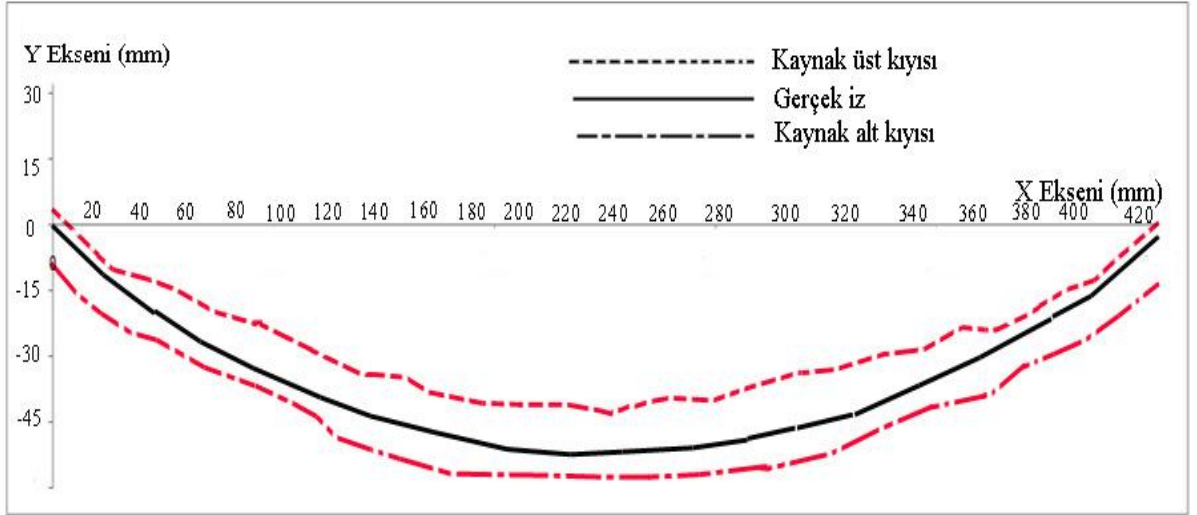
Şekil Ek 2.6. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği



Şekil Ek 2.7. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması ile uygulanan kaynak numunesinin grafiği



Şekil Ek 2.8. Doğrusal olmayan kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritması kaynak numunesinin grafiği



Şekil Ek 2.9. Doğrusal olmayan başka bir kaynak izinin bulanık mantık kontrol algoritmasız kaynak numunesinin grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet ÖZTÜRK
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA, 25.09.1985
Telefon : 544 697 88 43
Faks : -
e-mail : ozturkahmet16@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Bursa Çınar Lisesi, Osmangazi, BURSA	2002
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2008
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2011

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-	UKDE Mühendislik	AR-GE